

---

# The Python/C API

发布 3.12.0rc3

Guido van Rossum and the Python development team

十月 01, 2023

Python Software Foundation  
Email: [docs@python.org](mailto:docs@python.org)



<b>1</b>	<b>概述</b>	<b>3</b>
1.1	代码标准	3
1.2	包含文件	3
1.3	有用的宏	4
1.4	对象、类型和引用计数	6
1.4.1	引用计数	7
1.4.2	类型	9
1.5	异常	10
1.6	嵌入 Python	11
1.7	调试构建	12
<b>2</b>	<b>C API 的稳定性</b>	<b>13</b>
2.1	不稳定 C API	13
2.2	应用程序二进制接口的稳定版	14
2.2.1	受限 C API	14
2.2.2	稳定 ABI	14
2.2.3	受限 API 的作用域和性能	14
2.2.4	受限 API 警示	15
2.3	平台的考虑	15
2.4	受限 API 的内容	15
<b>3</b>	<b>极高层级 API</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>引用计数</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>异常处理</b>	<b>47</b>
5.1	打印和清理	47
5.2	抛出异常	48
5.3	发出警告	50
5.4	查询错误指示器	51
5.5	信号处理	54
5.6	Exception 类	55
5.7	异常对象	55
5.8	Unicode 异常对象	56
5.9	递归控制	57
5.10	标准异常	57
5.11	标准警告类别	59
<b>6</b>	<b>工具</b>	<b>61</b>
6.1	操作系统实用工具	61
6.2	系统功能	64

6.3	过程控制	66
6.4	导入模块	66
6.5	数据 marshal 操作支持	69
6.6	解析参数并构建值变量	70
6.6.1	解析参数	70
6.6.2	创建变量	75
6.7	字符串转换与格式化	77
6.8	反射	78
6.9	编解码器注册与支持功能	79
6.9.1	Codec 查找 API	79
6.9.2	用于 Unicode 编码错误处理程序的注册表 API	80
6.10	对 Perf Maps 的支持	80
<b>7</b>	<b>抽象对象层</b>	<b>83</b>
7.1	对象协议	83
7.2	调用协议	87
7.2.1	<i>tp_call</i> 协议	87
7.2.2	Vectorcall 协议	88
7.2.3	调用对象的 API	89
7.2.4	调用支持 API	92
7.3	数字协议	92
7.4	序列协议	95
7.5	映射协议	96
7.6	迭代器协议	97
7.7	缓冲协议	98
7.7.1	缓冲区结构	99
7.7.2	缓冲区请求的类型	100
7.7.3	复杂数组	102
7.7.4	缓冲区相关函数	103
7.8	旧缓冲协议	105
<b>8</b>	<b>具体的对象层</b>	<b>107</b>
8.1	基本对象	107
8.1.1	类型对象	107
8.1.2	None 对象	113
8.2	数值对象	113
8.2.1	整数型对象	113
8.2.2	布尔对象	116
8.2.3	浮点数对象	117
8.2.4	复数对象	119
8.3	序列对象	120
8.3.1	bytes 对象	120
8.3.2	字节数组对象	122
8.3.3	Unicode 对象和编码解码器	123
8.3.4	元组对象	139
8.3.5	结构序列对象	140
8.3.6	列表对象	141
8.4	容器对象	142
8.4.1	字典对象	142
8.4.2	集合对象	146
8.5	Function 对象	147
8.5.1	Function 对象	147
8.5.2	实例方法对象	149
8.5.3	方法对象	150
8.5.4	Cell 对象	150
8.5.5	代码对象	151
8.5.6	附加信息	153
8.6	其他对象	154

8.6.1	文件对象	154
8.6.2	模块对象	155
8.6.3	迭代器对象	162
8.6.4	描述符对象	163
8.6.5	切片对象	163
8.6.6	MemoryView 对象	165
8.6.7	弱引用对象	165
8.6.8	Capsule 对象	166
8.6.9	帧对象	168
8.6.10	生成器对象	170
8.6.11	协程对象	170
8.6.12	上下文变量对象	170
8.6.13	DateTime 对象	172
8.6.14	类型注解对象	175
<b>9</b>	<b>初始化, 终结和线程</b>	<b>177</b>
9.1	在 Python 初始化之前	177
9.2	全局配置变量	178
9.3	初始化和最终化解释器	181
9.4	进程级参数	182
9.5	线程状态和全局解释器锁	185
9.5.1	从扩展扩展代码中释放 GIL	186
9.5.2	非 Python 创建的线程	186
9.5.3	Cautions about fork()	187
9.5.4	高阶 API	187
9.5.5	底层级 API	189
9.6	子解释器支持	192
9.6.1	A Per-Interpreter GIL	195
9.6.2	错误和警告	195
9.7	异步通知	196
9.8	分析和跟踪	196
9.9	高级调试器支持	198
9.10	线程本地存储支持	198
9.10.1	Thread Specific Storage (TSS) API	199
9.10.2	Thread Local Storage (TLS) API	200
<b>10</b>	<b>Python 初始化配置</b>	<b>201</b>
10.1	示例	201
10.2	PyWideStringList	202
10.3	PyStatus	203
10.4	PyPreConfig	204
10.5	使用 PyPreConfig 预初始化 Python	206
10.6	PyConfig	207
10.7	使用 PyConfig 初始化	217
10.8	隔离配置	218
10.9	Python 配置	219
10.10	Python 路径配置	219
10.11	Py_RunMain()	220
10.12	Py_GetArgcArgv()	220
10.13	多阶段初始化私有暂定 API	221
<b>11</b>	<b>内存管理</b>	<b>223</b>
11.1	概述	223
11.2	分配器域	224
11.3	原始内存接口	224
11.4	内存接口	225
11.5	对象分配器	226
11.6	默认内存分配器	227
11.7	自定义内存分配器	227

11.8	Python 内存分配器的调试钩子	229
11.9	pymalloc 分配器	230
11.9.1	自定义 pymalloc Arena 分配器	230
11.10	tracemalloc C API	231
11.11	例子	231
<b>12</b>	<b>对象实现支持</b>	<b>233</b>
12.1	在堆上分配对象	233
12.2	公用对象结构体	234
12.2.1	基本的对象类型和宏	234
12.2.2	实现函数和方法	236
12.2.3	访问扩展类型的属性	238
12.3	类型对象	241
12.3.1	快速参考	242
12.3.2	PyTypeObject 定义	246
12.3.3	PyObject 槽位	247
12.3.4	PyVarObject 槽位	248
12.3.5	PyTypeObject 槽	248
12.3.6	Static Types	266
12.3.7	堆类型	266
12.4	Number Object Structures	266
12.5	Mapping Object Structures	269
12.6	Sequence Object Structures	269
12.7	Buffer Object Structures	270
12.8	Async Object Structures	271
12.9	Slot Type typedefs	272
12.10	例子	273
12.11	使对象类型支持循环垃圾回收	275
12.11.1	控制垃圾回收器状态	278
12.11.2	查询垃圾回收器状态	278
<b>13</b>	<b>API 和 ABI 版本管理</b>	<b>279</b>
<b>A</b>	<b>术语对照表</b>	<b>281</b>
<b>B</b>	<b>文档说明</b>	<b>293</b>
B.1	Python 文档的贡献者	293
<b>C</b>	<b>历史和许可证</b>	<b>295</b>
C.1	该软件的历史	295
C.2	获取或以其他方式使用 Python 的条款和条件	296
C.2.1	用于 PYTHON 3.12.0rc3 的 PSF 许可协议	296
C.2.2	用于 PYTHON 2.0 的 BEOPEN.COM 许可协议	297
C.2.3	用于 PYTHON 1.6.1 的 CNRI 许可协议	298
C.2.4	用于 PYTHON 0.9.0 至 1.2 的 CWI 许可协议	299
C.2.5	ZERO-CLAUSE BSD LICENSE FOR CODE IN THE PYTHON 3.12.0rc3 DOCUMENTATION	299
C.3	收录软件的许可与鸣谢	300
C.3.1	Mersenne Twister	300
C.3.2	套接字	301
C.3.3	异步套接字服务	301
C.3.4	Cookie 管理	302
C.3.5	执行追踪	302
C.3.6	UUencode 与 UUdecode 函数	303
C.3.7	XML 远程过程调用	303
C.3.8	test_epoll	304
C.3.9	Select kqueue	304
C.3.10	SipHash24	305
C.3.11	strtod 和 dtoa	305

C.3.12	OpenSSL	306
C.3.13	expat	309
C.3.14	libffi	309
C.3.15	zlib	310
C.3.16	cfuhash	310
C.3.17	libmpdec	311
C.3.18	W3C C14N 测试套件	311
C.3.19	audioop	312
<b>D</b>	<b>版权所有</b>	<b>313</b>
	<b>索引</b>	<b>315</b>





本手册描述了希望编写扩展模块并将 Python 解释器嵌入其应用程序中的 C 和 C++ 程序员可用的 API。同时可以参阅 [extending-index](#)，其中描述了扩展编写的一般原则，但没有详细描述 API 函数。



---

## 概述

---

Python 的应用编程接口 (API) 使得 C 和 C++ 程序员可以在多个层级上访问 Python 解释器。该 API 在 C++ 中同样可用，但为简化描述，通常将其称为 Python/C API。使用 Python/C API 有两个基本的理由。第一个理由是为了特定目的而编写扩展模块；它们是扩展 Python 解释器功能的 C 模块。这可能是最常见的使用场景。第二个理由是将 Python 用作更大规模应用的组件；这种技巧通常被称为在一个应用中 *embedding* Python。

编写扩展模块的过程相对来说更易于理解，可以通过“菜谱”的形式分步骤介绍。使用某些工具可在一定程度上自动化这一过程。虽然人们在其他应用中嵌入 Python 的做法早已有之，但嵌入 Python 的过程没有编写扩展模块那样方便直观。

许多 API 函数在你嵌入或是扩展 Python 这两种场景下都能发挥作用；此外，大多数嵌入 Python 的应用程序也需要提供自定义扩展，因此在尝试在实际应用中嵌入 Python 之前先熟悉编写扩展应该是个好主意。

## 1.1 代码标准

如果你想要编写可包含于 CPython 的 C 代码，你 **必须** 遵循在 **PEP 7** 中定义的指导原则和标准。这些指导原则适用于任何你所要扩展的 Python 版本。在编写你自己的第三方扩展模块时可以不遵循这些规范，除非你准备在日后向 Python 贡献这些模块。

## 1.2 包含文件

使用 Python/C API 所需要的全部函数、类型和宏定义可通过下面这行语句包含到你的代码之中：

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>
```

这意味着包含以下标准头文件：<stdio.h>，<string.h>，<errno.h>，<limits.h>，<assert.h> 和 <stdlib.h>（如果可用）。

---

**备注：**由于 Python 可能会定义一些能在某些系统上影响标准头文件的预处理器定义，因此在包含任何标准头文件之前，你必须先包含 Python.h。

推荐总是在 `Python.h` 前定义 `PY_SSIZE_T_CLEAN`。查看[解析参数并构建值变量](#)来了解这个宏的更多内容。

`Python.h` 所定义的全部用户可见名称（由包含的标准头文件所定义的除外）都带有前缀 `Py` 或者 `_Py`。以 `_Py` 打头的名称是供 Python 实现内部使用的，不应被扩展编写者使用。结构成员名称没有保留前缀。

**备注：**用户代码永远不应该定义以 `Py` 或 `_Py` 开头的名称。这会使读者感到困惑，并危及用户代码对未来 Python 版本的可移植性，这些版本可能会定义以这些前缀之一开头的其他名称。

头文件通常会与 Python 一起安装。在 Unix 上，它们位于 `prefix/include/pythonversion/` 和 `exec_prefix/include/pythonversion/` 目录，其中 `prefix` 和 `exec_prefix` 是由向 Python 的 `configure` 脚本传入的对应形参定义，而 `version` 则为 `'%d.%d' % sys.version_info[:2]`。在 Windows 上，头文件安装于 `prefix/include`，其中 `prefix` 是为安装程序指定的安装目录。

要包括这些头文件，请将两个目录（如果不同）都放到你所用编译器用于包括头文件的搜索目录中。请不要将父目录放入搜索路径然后使用 `#include <pythonX.Y/Python.h>`；这将使得多平台编译不可用，因为 `prefix` 下与平台无关的头文件包括了来自 `exec_prefix` 的平台专属头文件。

C++ 用户应该注意，尽管 API 是完全使用 C 来定义的，但头文件正确地将入口点声明为 `extern "C"`，因此 API 在 C++ 中使用此 API 不必再做任何特殊处理。

## 1.3 有用的宏

Python 头文件中定义了一些有用的宏。许多是在靠近它们被使用的地方定义的（例如 `Py_RETURN_NONE`）。其他更为通用的则定义在这里。这里所显示的并不是一个完整的列表。

### PyMODINIT\_FUNC

声明扩展模块 `PyInit` 初始化函数。函数返回类型为 `PyObject*`。该宏声明了平台所要求的任何特殊链接声明，并针对 C++ 将函数声明为 `extern "C"`。

初始化函数必须命名为 `PyInit_name`，其中 `name` 是模块名称，并且应在模块文件中定义的唯一非 `static` 项。例如：

```
static struct PyModuleDef spam_module = {
    PyModuleDef_HEAD_INIT,
    .m_name = "spam",
    ...
};

PyMODINIT_FUNC
PyInit_spam(void)
{
    return PyModule_Create(&spam_module);
}
```

### Py\_ABS(x)

返回 `x` 的绝对值。

3.3 新版功能。

### Py\_ALWAYS\_INLINE

让编译器始终内联静态的内联函数。编译器可以忽略它并决定不内联该函数。

它可被用来在禁用函数内联的调试模式下构建 Python 时内联严重影响性能的静态内联函数。例如，MSC 在调试模式下构建时就禁用了函数内联。

随意使用 `Py_ALWAYS_INLINE` 标记内联函数可能导致极差的性能（例如由于增加了代码量）。对于成本/收益分析来说计算机通常都比开发者更聪明。

如果 Python 是在调试模式下构建 (即定义了 `Py_DEBUG` 宏), 则 `Py_ALWAYS_INLINE` 宏将不做任何事情。

它必须在函数返回类型之前指明。用法:

```
static inline Py_ALWAYS_INLINE int random(void) { return 4; }
```

3.11 新版功能.

#### **Py\_CHARMASK** (c)

参数必须为 `[-128, 127]` 或 `[0, 255]` 范围内的字符或整数类型。这个宏将 `c` 强制转换为 `unsigned char` 返回。

#### **Py\_DEPRECATED** (version)

弃用声明。该宏必须放置在符号名称前。

示例:

```
Py_DEPRECATED(3.8) PyAPI_FUNC(int) Py_OldFunction(void);
```

在 3.8 版更改: 添加了 `MSVC` 支持。

#### **Py\_GETENV** (s)

与 `getenv(s)` 类似, 但是如果从命令行传入了 `-E` 则返回 `NULL` (参见 `PyConfig.use_environment`)。

#### **Py\_MAX** (x, y)

返回 `x` 和 `y` 当中的最大值。

3.3 新版功能.

#### **Py\_MEMBER\_SIZE** (type, member)

返回结构 (type) member 的大小, 以字节表示。

3.6 新版功能.

#### **Py\_MIN** (x, y)

返回 `x` 和 `y` 当中的最小值。

3.3 新版功能.

#### **Py\_NO\_INLINE**

启用内联某个函数。例如, 它会减少 C 栈消耗: 适用于大量内联代码的 `LTO+PGO` 编译版 (参见 `bpo-33720`)。

用法:

```
Py_NO_INLINE static int random(void) { return 4; }
```

3.11 新版功能.

#### **Py\_STRINGIFY** (x)

将 `x` 转换为 C 字符串。例如 `Py_STRINGIFY(123)` 返回 `"123"`。

3.4 新版功能.

#### **Py\_UNREACHABLE** ()

这个可以在你有一个设计上无法到达的代码路径时使用。例如, 当一个 `switch` 语句中所有可能的值都已被 `case` 子句覆盖了, 就可将其用在 `default:` 子句中。当你非常想在某个位置放一个 `assert(0)` 或 `abort()` 调用时也可以用这个。

在 `release` 模式下, 该宏帮助编译器优化代码, 并避免发出不可到达代码的警告。例如, 在 `GCC` 的 `release` 模式下, 该宏使用 `__builtin_unreachable()` 实现。

`Py_UNREACHABLE()` 的一个用法是调用一个不会返回, 但却没有声明 `_Py_NO_RETURN` 的函数之后。

如果一个代码路径不太可能是正常代码，但在特殊情况下可以到达，就不能使用该宏。例如，在低内存条件下，或者一个系统调用返回超出预期范围值，诸如此类，最好将错误报告给调用者。如果无法将错误报告给调用者，可以使用 `Py_FatalError()`。

3.7 新版功能.

#### **Py\_UNUSED** (arg)

用于函数定义中未使用的参数，从而消除编译器警告。例如：`int func(int a, int Py_UNUSED(b)) { return a; }`。

3.4 新版功能.

#### **PyDoc\_STRVAR** (name, str)

创建一个可以在文档字符串中使用的，名字为 `name` 的变量。如果不和文档字符串一起构建 Python，该值将为空。

如 **PEP 7** 所述，使用 `PyDoc_STRVAR` 作为文档字符串，以支持不和文档字符串一起构建 Python 的情况。

示例:

```
PyDoc_STRVAR(pop_doc, "Remove and return the rightmost element.");

static PyMethodDef deque_methods[] = {
    // ...
    {"pop", (PyCFunction)deque_pop, METH_NOARGS, pop_doc},
    // ...
}
```

#### **PyDoc\_STR** (str)

为给定的字符串输入创建一个文档字符串，或者当文档字符串被禁用时，创建一个空字符串。

如 **PEP 7** 所述，使用 `PyDoc_STR` 指定文档字符串，以支持不和文档字符串一起构建 Python 的情况。

示例:

```
static PyMethodDef sqlite_row_methods[] = {
    {"keys", (PyCFunction)sqlite_row_keys, METH_NOARGS,
     PyDoc_STR("Returns the keys of the row.")},
    {NULL, NULL}
};
```

## 1.4 对象、类型和引用计数

多数 Python/C API 函数都有一个或多个参数以及一个 `PyObject*` 类型的返回值。这种类型是指向任意 Python 对象的不透明数据类型的指针。由于所有 Python 对象类型在大多数情况下都被 Python 语言用相同的方式处理（例如，赋值、作用域规则和参数传递等），因此用单个 C 类型来表示它们是很适宜的。几乎所有 Python 对象都存在于堆中：你不可声明一个类型为 `PyObject` 的自动或静态的变量，只能声明类型为 `PyObject*` 的指针变量。唯一的例外是 `type` 对象；因为这种对象永远不能被释放，所以它们通常都是静态的 `PyTypeObject` 对象。

所有 Python 对象（甚至 Python 整数）都有一个 `type` 和一个 `reference count`。对象的类型确定它是什么类型的对象（例如整数、列表或用户定义函数；还有更多，如 `types` 中所述）。对于每个众所周知的类型，都有一个宏来检查对象是否属于该类型；例如，当（且仅当）`a` 所指的对象是 Python 列表时 `PyList_Check(a)` 为真。

### 1.4.1 引用计数

引用计数之所以重要是因为现有计算机的内存大小是有限的（并且往往限制得很严格）；它会计算有多少不同的地方对一个对象进行了 *strong reference*。这些地方可以是另一个对象，也可以是全局（或静态）C 变量，或是某个 C 函数中的局部变量。当某个对象的最后一个 *strong reference* 被释放时（即其引用计数变为零），该对象就会被取消分配。如果该对象包含对其他对象的引用，则会释放这些引用。如果不再有其他对象的引用，这些对象也会同样地被取消分配，依此类推。（在这里对象之间的相互引用显然是个问题；目前的解决办法，就是“不要这样做”。）

对于引用计数总是会显式地执行操作。通常的做法是使用 `Py_INCREF()` 宏来获取对象的新引用（即让引用计数加一），并使用 `Py_DECREF()` 宏来释放引用（即让引用计数减一）。`Py_DECREF()` 宏比 `incr` 宏复杂得多，因为它必须检查引用计数是否为零然后再调用对象的释放器。释放器是一个函数指针，它包含在对象的类型结构体中。如果对象是复合对象类型，如列表，则特定于类型的释放器会负责释放对象中包含的其他对象的引用，并执行所需的其他终结化操作。引用计数不会发生溢出；用于保存引用计数的位数至少会与虚拟内存中不同内存位置的位数相同（假设 `sizeof(Py_ssize_t) >= sizeof(void*)`）。因此，引用计数的递增是一个简单的操作。

没有必要为每个包含指向对象指针的局部变量持有 *strong reference*（即增加引用计数）。理论上说，当变量指向对象时对象的引用计数就会加一，而当变量离开其作用域时引用计数就会减一。不过，这两种情况会相互抵消，所以最后引用计数并没有改变。使用引用计数的唯一真正原因在于只要我们的变量指向对象就可以防止对象被释放。只要我们知道至少还有一个指向某对象的引用与我们的变量同时存在，就没有必要临时获取一个新的 *strong reference*（即增加引用计数）。出现引用计数增加的一种重要情况是对象作为参数被传递给扩展模块中的 C 函数而这些函数又在 Python 中被调用；调用机制会保证在调用期间对每个参数持有一个引用。

然而，一个常见的陷阱是从列表中提取对象并在不获取新引用的情况下将其保留一段时间。某个其他操作可能在无意中从列表中移除该对象，释放这个引用，并可能撤销分配其资源。真正的危险在于看似无害的操作可能会发起调用任意的 Python 代码来做这件事；有一条代码路径允许控制权从 `Py_DECREF()` 流回到用户，因此几乎任何操作都有潜在的危險。

安全的做法是始终使用泛型操作（名称以 `PyObject_`、`PyNumber_`、`PySequence_` 或 `PyMapping_` 开头的函数）。这些操作总是为其返回的对象创建一个新的 *strong reference*（即增加引用计数）。这使得调用者有责任在获得结果之后调用 `Py_DECREF()`；这种做法很快就能习惯成自然。

#### 引用计数细节

Python/C API 中函数的引用计数最好是使用引用所有权来解释。所有权是关联到引用，而不是对象（对象不能被拥有：它们总是会被共享）。“拥有一个引用”意味着当不再需要该引用时必须在其上调用 `Py_DECREF`。所有权也可以被转移，这意味着接受该引用所有权的代码在不再需要它时必须通过调用 `Py_DECREF()` 或 `Py_XDECREF()` 来最终释放它 --- 或是继续转移这个责任（通常是转给其调用方）。当一个函数将引用所有权转给其调用方时，则称调用方收到一个新的引用。当未转移所有权时，则称调用方是借入这个引用。对于 *borrowed reference* 来说不需要任何额外操作。

相反地，当调用方函数传入一个对象的引用时，存在两种可能：该函数窃取了一个对象的引用，或是没有窃取。窃取引用意味着当你向一个函数传入引用时，该函数会假定它拥有该引用，而你不再对它负有责任。

很少有函数会窃取引用；两个重要的例外是 `PyList_SetItem()` 和 `PyTuple_SetItem()`，它们会窃取对条目的引用（但不是条目所在的元组或列表！）。这些函数被设计为会窃取引用是因为在使用新创建的对象来填充元组或列表时有一个通常的惯例；例如，创建元组 `(1, 2, "three")` 的代码看起来可以是这样的（暂时不要管错误处理；下面会显示更好的代码编写方式）：

```
PyObject *t;

t = PyTuple_New(3);
PyTuple_SetItem(t, 0, PyLong_FromLong(1L));
PyTuple_SetItem(t, 1, PyLong_FromLong(2L));
PyTuple_SetItem(t, 2, PyUnicode_FromString("three"));
```

在这里，`PyLong_FromLong()` 返回了一个新的引用并且它立即被 `PyTuple_SetItem()` 所窃取。当你想要继续使用一个对象而对它的引用将被窃取时，请在调用窃取引用的函数之前使用 `Py_INCREF()`



来抓取另一个引用。

顺便提一下, `PyTuple_SetItem()` 是设置元组条目的唯一方式; `PySequence_SetItem()` 和 `PyObject_SetItem()` 会拒绝这样做因为元组是不可变数据类型。你应当只对你自己创建的元组使用 `PyTuple_SetItem()`。

等价于填充一个列表的代码可以使用 `PyList_New()` 和 `PyList_SetItem()` 来编写。

然而, 在实践中, 你很少会使用这些创建和填充元组或列表的方式。有一个通用的函数 `Py_BuildValue()` 可以根据 C 值来创建大多数常用对象, 由一个格式字符串来指明。例如, 上面的两个代码块可以用下面的代码来代替 (还会负责错误检测):

```
PyObject *tuple, *list;

tuple = Py_BuildValue("iis)", 1, 2, "three");
list = Py_BuildValue("[iis]", 1, 2, "three");
```

在对条目使用 `PyObject_SetItem()` 等操作时更常见的做法是只借入引用, 比如将参数传递给你正在编写的函数。在这种情况下, 它们在引用方面的行为更为清晰, 因为你不必为了把引用转走而获取一个新的引用 (“让它被偷取”)。例如, 这个函数将列表 (实际上是任何可变序列) 中的所有条目都设为给定的条目:

```
int
set_all(PyObject *target, PyObject *item)
{
    Py_ssize_t i, n;

    n = PyObject_Length(target);
    if (n < 0)
        return -1;
    for (i = 0; i < n; i++) {
        PyObject *index = PyLong_FromSsize_t(i);
        if (!index)
            return -1;
        if (PyObject_SetItem(target, index, item) < 0) {
            Py_DECREF(index);
            return -1;
        }
        Py_DECREF(index);
    }
    return 0;
}
```

对于函数返回值的情况略有不同。虽然向大多数函数传递一个引用不会改变你对该引用的所有权责任, 但许多返回一个引用的函数会给你该引用的所有权。原因很简单: 在许多情况下, 返回的对象是临时创建的, 而你得到的引用是对该对象的唯一引用。因此, 返回对象引用的通用函数, 如 `PyObject_GetItem()` 和 `PySequence_GetItem()`, 将总是返回一个新的引用 (调用方将成为该引用的所有者)。

一个需要了解的重点在于你是否拥有一个由函数返回的引用只取决于你所调用的函数 --- 附带物 (作为参数传给函数的对象的类型) 不会带来额外影响! 因此, 如果你使用 `PyList_GetItem()` 从一个列表提取条目, 你并不会拥有其引用 --- 但是如果你使用 `PySequence_GetItem()` (它恰好接受完全相同的参数) 从同一个列表获取同样的条目, 你就会拥有一个对所返回对象的引用。

下面是说明你要如何编写一个函数来计算一个整数列表中条目的示例; 一个是使用 `PyList_GetItem()`, 而另一个是使用 `PySequence_GetItem()`。

```
long
sum_list(PyObject *list)
{
    Py_ssize_t i, n;
    long total = 0, value;
    PyObject *item;
```

(下页继续)



(续上页)

```

n = PyList_Size(list);
if (n < 0)
    return -1; /* Not a list */
for (i = 0; i < n; i++) {
    item = PyList_GetItem(list, i); /* Can't fail */
    if (!PyLong_Check(item)) continue; /* Skip non-integers */
    value = PyLong_AsLong(item);
    if (value == -1 && PyErr_Occurred())
        /* Integer too big to fit in a C long, bail out */
        return -1;
    total += value;
}
return total;
}

```

```

long
sum_sequence(PyObject *sequence)
{
    Py_ssize_t i, n;
    long total = 0, value;
    PyObject *item;
    n = PySequence_Length(sequence);
    if (n < 0)
        return -1; /* Has no length */
    for (i = 0; i < n; i++) {
        item = PySequence_GetItem(sequence, i);
        if (item == NULL)
            return -1; /* Not a sequence, or other failure */
        if (PyLong_Check(item)) {
            value = PyLong_AsLong(item);
            Py_DECREF(item);
            if (value == -1 && PyErr_Occurred())
                /* Integer too big to fit in a C long, bail out */
                return -1;
            total += value;
        }
        else {
            Py_DECREF(item); /* Discard reference ownership */
        }
    }
    return total;
}

```

## 1.4.2 类型

在 Python/C API 中扮演重要角色的其他数据类型很少；大多为简单 C 类型如 `int`, `long`, `double` 和 `char*` 等。有一些结构类型被用来燃烧液体于列出模块所导出的函数或者某个新对象类型的的一个，还有一个结构类型被用来描述复数的值。这些结构类型将与使用它们的函数放到一起讨论。

### type `Py_ssize_t`

*Part of the Stable ABI.* 一个使得 `sizeof(Py_ssize_t) == sizeof(size_t)` 的有符号整数类型。C99 没有直接定义这样的东西 (`size_t` 是一个无符号整数类型)。请参阅 [PEP 353](#) 了解详情。`PY_SSIZE_T_MAX` 是 `Py_ssize_t` 类型的最大正数值。

## 1.5 异常

Python 程序员只需要处理特定需要处理的错误异常；未处理的异常会自动传递给调用者，然后传递给调用者的调用者，依此类推，直到他们到达顶级解释器，在那里将它们报告给用户并伴随堆栈回溯。

然而，对于 C 程序员来说，错误检查必须总是显式进行的。Python/C API 中的所有函数都可以引发异常，除非在函数的文档中另外显式声明。一般来说，当一个函数遇到错误时，它会设置一个异常，丢弃它所拥有的任何对象引用，并返回一个错误标示。如果没有说明例外的文档，这个标示将为 NULL 或 -1，具体取决于函数的返回类型。有少量函数会返回一个布尔真/假结果值，其中假值表示错误。有极少的函数没有显式的错误标示或是具有不明确的返回值，并需要用 `PyErr_Occurred()` 来进行显式的检测。这些例外总是会被明确地记入文档中。

异常状态是在各个线程的存储中维护的（这相当于在一个无线程的应用中使用全局存储）。一个线程可以处在两种状态之一：异常已经发生，或者没有发生。函数 `PyErr_Occurred()` 可以被用来检查此状态：当异常发生时它将返回一个借入的异常类型对象的引用，在其他情况下则返回 NULL。有多个函数可以设置异常状态：`PyErr_SetString()` 是最常见的（尽管不是最通用的）设置异常状态的函数，而 `PyErr_Clear()` 可以清除异常状态。

完整的异常状态由三个对象组成（它们都可以为 NULL）：异常类型、相应的异常值，以及回溯信息。这些对象的含义与 Python 中 `sys.exc_info()` 的结果相同；然而，它们并不是一样的：Python 对象代表由 Python `try ... except` 语句所处理的最后一个异常，而 C 层级的异常状态只在异常被传入到 C 函数或在它们之间传递时存在直至其到达 Python 字节码解释器的主事件循环，该事件循环会负责将其转移至 `sys.exc_info()` 等处。

请注意自 Python 1.5 开始，从 Python 代码访问异常状态的首选的、线程安全的方式是调用函数 `sys.exc_info()`，它将返回 Python 代码的分线程异常状态。此外，这两种访问异常状态的方式的语义都发生了变化因而捕获到异常的函数将保存并恢复其线程的异常状态以保留其调用方的异常状态。这将防止异常处理代码中由一个看起来很无辜的函数覆盖了正在处理的异常所造成的常见错误；它还减少了在回溯由栈帧所引用的对象的往往不被需要的生命其延长。

作为一般的原则，一个调用另一个函数来执行某些任务的函数应当检查被调用的函数是否引发了异常，并在引发异常时将异常状态传递其调用方。它应当丢弃它所拥有的任何对象引用，并返回一个错误标示，但它不应设置另一个异常——那会覆盖刚引发的异常，并丢失有关错误确切原因的重要信息。

上面的 `sum_sequence()` 示例是一个检测异常并将其传递出去的简单例子。碰巧的是这个示例在检测到错误时不需要清理所拥有的任何引用。下面的示例函数展示了一些错误清理操作。首先，为了提醒你 Python 的受欢迎程度，我们展示了等价的 Python 代码：

```
def incr_item(dict, key):
    try:
        item = dict[key]
    except KeyError:
        item = 0
    dict[key] = item + 1
```

下面是对应的闪耀荣光的 C 代码：

```
int
incr_item(PyObject *dict, PyObject *key)
{
    /* Objects all initialized to NULL for Py_XDECREF */
    PyObject *item = NULL, *const_one = NULL, *incremented_item = NULL;
    int rv = -1; /* Return value initialized to -1 (failure) */

    item = PyObject_GetItem(dict, key);
    if (item == NULL) {
        /* Handle KeyError only: */
        if (!PyErr_ExceptionMatches(PyExc_KeyError))
            goto error;

        /* Clear the error and use zero: */
        PyErr_Clear();
```

(下页继续)

(续上页)

```

    item = PyLong_FromLong(0L);
    if (item == NULL)
        goto error;
}
const_one = PyLong_FromLong(1L);
if (const_one == NULL)
    goto error;

incremented_item = PyNumber_Add(item, const_one);
if (incremented_item == NULL)
    goto error;

if (PyObject_SetItem(dict, key, incremented_item) < 0)
    goto error;
rv = 0; /* Success */
/* Continue with cleanup code */

error:
    /* Cleanup code, shared by success and failure path */

    /* Use Py_XDECREF() to ignore NULL references */
    Py_XDECREF(item);
    Py_XDECREF(const_one);
    Py_XDECREF(incremented_item);

    return rv; /* -1 for error, 0 for success */
}

```

这个例子代表了 C 语言中 `goto` 语句一种受到认可的用法！它说明了如何使用 `PyErr_ExceptionMatches()` 和 `PyErr_Clear()` 来处理特定的异常，以及如何使用 `Py_XDECREF()` 来处理可能为 `NULL` 的自有引用（注意名称中的 'X'；`Py_DECREF()` 在遇到 `NULL` 引用时将会崩溃）。重要的一点在于用来保存自有引用的变量要被初始化为 `NULL` 才能发挥作用；类似地，建议的返回值也要被初始化为 `-1`（失败）并且只有在最终执行的调用成功后才会被设置为成功。

## 1.6 嵌入 Python

只有 Python 解释器的嵌入方（相对于扩展编写者而言）才需要担心的一项重要任务是它的初始化，可能还有它的最终化。解释器的大多数功能只有在解释器被初始化之后才能被使用。

基本的初始化函数是 `Py_Initialize()`。此函数将初始化已加载模块表，并创建基本模块 `builtins`，`__main__` 和 `sys`。它还将初始化模块搜索路径 (`sys.path`)。

`Py_Initialize()` 不会设置“脚本参数列表” (`sys.argv`)。如果稍后将要执行的 Python 代码需要此变量，则要设置 `PyConfig.argv` 并且还要设置 `PyConfig.parse_argv`：参见 [Python 初始化配置](#)。

在大多数系统上（特别是 Unix 和 Windows，虽然在细节上有所不同），`Py_Initialize()` 将根据对标准 Python 解释器可执行文件的位置的最佳猜测来计算模块搜索路径，并设定 Python 库可在相对于 Python 解释器可执行文件的固定位置上找到。特别地，它将相对于在 `shell` 命令搜索路径（环境变量 `PATH`）上找到的名为 `python` 的可执行文件所在父目录中查找名为 `lib/pythonX.Y` 的目录。

举例来说，如果 Python 可执行文件位于 `/usr/local/bin/python`，它将假定库位于 `/usr/local/lib/pythonX.Y`。（实际上，这个特定路径还将成为“回退”位置，会在当无法在 `PATH` 中找到名为 `python` 的可执行文件时被使用。）用户可以通过设置环境变量 `PYTHONHOME`，或通过设置 `PYTHONPATH` 在标准路径之前插入额外的目录来覆盖此行为。

嵌入的应用程序可以通过在调用 `Py_Initialize()` 之前调用 `Py_SetProgramName(file)` 来改变搜索次序。请注意 `PYTHONHOME` 仍然会覆盖此设置并且 `PYTHONPATH` 仍然会被插入到标准路径之前。需要完全控制权的应用程序必须提供它自己的 `Py_GetPath()`，`Py_GetPrefix()`，`Py_GetExecPrefix()` 和 `Py_GetProgramFullPath()` 实现（这些函数均在 `Modules/getpath.c` 中定义）。

有时，还需要对 Python 进行“反初始化”。例如，应用程序可能想要重新启动（再次调用 `Py_Initialize()`）或者应用程序对 Python 的使用已经完成并想要释放 Python 所分配的内存。这可以通过调用 `Py_FinalizeEx()` 来实现。如果当前 Python 处于已初始化状态则 `Py_IsInitialized()` 函数将返回真值。有关这些函数的更多信息将在之后的章节中给出。请注意 `Py_FinalizeEx()` 不会释放所有由 Python 解释器所分配的内存，例如由扩展模块所分配的内存目前是不会被释放的。

## 1.7 调试构建

Python 可以附带某些宏来编译以启用对解释器和扩展模块的额外检查。这些检查会给运行时增加大量额外开销因此它们默认未被启用。

各种调试构建版的完整列表见 Python 源代码颁发包中的 `Misc/SpecialBuilds.txt`。可用的构建版有支持追踪引用计数，调试内存分配器，或是对主解释器事件循环的低层级性能分析等等。本节的剩余部分将只介绍最常用的几种构建版。

附带定义 `Py_DEBUG` 宏来编译解释器将产生通常所称的 Python 调试编译版。`Py_DEBUG` 在 Unix 编译中启用是通过添加 `--with-pydebug` 到 `./configure` 命令来实现的。它也可通过提供非 Python 专属的 `_DEBUG` 宏来启用。当 `Py_DEBUG` 在 Unix 编译中启用时，编译器优化将被禁用。

除了下文描述的引用计数调试，还会执行额外检查，请参阅 `Python Debug Build`。

定义 `Py_TRACE_REFS` 将启用引用追踪（参见 `configure --with-trace-refs` 选项）。当定义了此宏时，将通过在每个 `PyObject` 上添加两个额外字段来维护一个活动对象的循环双链列表。总的分配量也会被追踪。在退出时，所有现存的引用将被打印出来。（在交互模式下这将在解释器运行每条语句之后发生）。

有关更多详细信息，请参阅 Python 源代码中的 `Misc/SpecialBuilds.txt`。

---

## C API 的稳定性

---

除非另有文档说明，Python 的 C API 将遵循 [PEP 387](#) 所描述的向下兼容策略。对它的大部分改变都是源代码级兼容的（通常只会增加新的 new API）。改变现有 API 或移除 API 只会在弃用期结束之后或需修复严重问题时才会发生。

CPython 的应用二进制接口（ABI）可以跨小版本实现前后兼容（只要以同样方式编译；参见下面的[平台的考虑](#)）。因此，用 Python 3.10.0 编译的代码可以在 3.10.8 上运行，反之亦然，但针对 3.9.x 和 3.10.x 则需分别进行编译。

存在具有不同稳定性预期的两个 C API 层次：

- **不稳定 API**，可能在次要版本中发生改变而没有弃用期。它的名称会以 `PyUnstable` 前缀来标记。
- **受限 API**，将会在多个次要版本间保持兼容。当定义了 `Py_LIMITED_API` 时，将只有这个子集会从 `Python.h` 对外公开。

这些将在下文中更详细地讨论。

带有一个下划线前缀的名称，如 `_Py_InternalState`，是可能不经通知就改变甚至是在补丁发布版中改变的私有 API。如果你需要使用这样的 API，请考虑联系 [CPython 开发团队](#) 来讨论为你的应用场景添加公有 API。

### 2.1 不稳定 C API

任何名称带有 `PyUnstable` 前缀的 API 都将对外公开 CPython 的实现细节，并可能不加弃用警告即在次要版本中发生改变（例如从 3.9 到 3.10）。但是，它不会在问题修正发布版中改变（例如从 3.10.0 到 3.10.1）。

它通常是针对专门的，低层级的工具如调试器等。

使用此 API 的项目需要跟随 CPython 开发进程并花费额外的努力来适应改变。

## 2.2 应用程序二进制接口的稳定版

简单起见，本文档只讨论了扩展，但受限 API 和稳定 ABI 对于 API 的所有用法都能发挥相同的作用—例如嵌入版的 Python 等。

### 2.2.1 受限 C API

Python 3.2 引入了受限 API，它是 Python 的 C API 的一个子集。只使用受限 API 扩展可以一次编译即适用于多个 Python 版本。受限 API 的内容如下所示。

#### Py\_LIMITED\_API

请在包括 `Python.h` 之前定义这个宏以选择只使用受限 API，并选择受限 API 的版本。

将 `Py_LIMITED_API` 定义为与你的扩展所支持的最低 Python 版本的 `PY_VERSION_HEX` 的值。扩展将无需重编译即可适用于从该指定版本开始的所有 Python 3 发布版，并可使用到该版本为止所引入的受限 API。

不直接使用 `PY_VERSION_HEX` 宏，而是硬编码一个最小的次要版本（例如 `0x030A0000` 表示 Python 3.10）以便在使用未来的 Python 版本进行编译时保持稳定。

你还可以将 `Py_LIMITED_API` 定义为 3。其效果与 `0x03020000` 相同（即 Python 3.2，引入受限 API 的版本）。

### 2.2.2 稳定 ABI

为启用此特性，Python 提供了一个稳定 ABI：将能跨 Python 3.x 版本保持兼容的一组符号。

稳定 ABI 包含在受限 API 中对外公开的符号，但还包含其他符号—例如，为支持旧版本受限 API 所需的函数。

在 Windows 上，使用稳定 ABI 的扩展应当被链接到 `python3.dll` 而不是版本专属的库如 `python39.dll`。

在某些平台上，Python 将查找并载入名称中带有 `abi3` 标签的共享库文件（例如 `mymodule.abi3.so`）。它不会检查这样的扩展是否兼容稳定 ABI。使用方（或其打包工具）需要确保这一些，例如，基于 3.10+ 受限 API 编译的扩展不可被安装于更低版本的 Python 中。

稳定 ABI 中的所有函数都会作为 Python 的共享库中的函数存在，而不仅是作为宏。这使得它们可以在不使用 C 预处理器的语言中使用。

### 2.2.3 受限 API 的作用域和性能

受限 API 的目标是允许使用在完整 C API 中可用的任何东西，但可能会有性能上的损失。

例如，虽然 `PyList_GetItem()` 是可用的，但其“不安全的”宏版本 `PyList_GET_ITEM()` 则是不可用的。这个宏的运行速度更快因为它可以利用版本专属的列表对象实现细节。

在未定义 `Py_LIMITED_API` 的情况下，某些 C API 函数将由宏来执行内联或替换。定义 `Py_LIMITED_API` 会禁用这样的内联，允许提升 Python 的数据结构稳定性，但有可能降低性能。

通过省略 `Py_LIMITED_API` 定义，可以使基于版本专属的 ABI 来编译受限 API 扩展成为可能。这能提升其在相应 Python 版本上的性能，但也将限制其兼容性。基于 `Py_LIMITED_API` 进行编译将产生一个可在版本专属扩展不可用的场合分发的扩展—例如，针对即将发布的 Python 版本的预发布包。



## 2.2.4 受限 API 警示

请注意使用 `Py_LIMITED_API` 进行编译 无法完全保证代码能够兼容受限 API 或稳定 ABI。`Py_LIMITED_API` 仅仅涵盖定义部分，但一个 API 还包括其他因素，如预期的语义等。

`Py_LIMITED_API` 不能处理的一个问题是附带在较低 Python 版本中无效的参数调用某个函数。例如，考虑一个接受 `NULL` 作为参数的函数。在 Python 3.9 中，`NULL` 现在会选择一个默认行为，但在 Python 3.8 中，该参数将被直接使用，导致一个 `NULL` 引用被崩溃。类似的参数也适用于结构体的字段。

另一个问题是当定义了 `Py_LIMITED_API` 时某些结构体字段目前不会被隐藏，即使它们是受限 API 的一部分。

出于这些原因，我们建议用要支持的所有 Python 小版本号来测试一个扩展，并最好是用其中最低的版本来编译它。

我们还建议查看所使用 API 的全部文档以检查其是否显式指明为受限 API 的一部分。即使定义了 `Py_LIMITED_API`，少数私有声明还是会出于技术原因（或者甚至是作为程序缺陷在无意中）被暴露出来。

还要注意受限 API 并不必然是稳定的：在 Python 3.8 上用 `Py_LIMITED_API` 编译扩展意味着该扩展能在 Python 3.12 上运行，但它将不一定能用 Python 3.12 编译。特别地，在稳定 ABI 保持稳定的情况下，部分受限 API 可能会被弃用并被移除。

## 2.3 平台的考虑

ABI 的稳定性不仅取决于 Python，取决于所使用的编译器、低层级库和编译器选项等。对于稳定 ABI 的目标来说，这些细节定义了一个“平台”。它们通常会依赖于 OS 类型和处理器架构等。

确保在特定平台上的所有 Python 版本都以不破坏稳定 ABI 的方式构建是每个特定 Python 分发方的责任。来自 `python.org` 以及许多第三方分发商的 Windows 和 macOS 发布版都必于这种情况。

## 2.4 受限 API 的内容

目前受限 API 包括下面这些项：

- `PY_VECTORCALL_ARGUMENTS_OFFSET`
- `PyAlter_Check()`
- `PyArg_Parse()`
- `PyArg_ParseTuple()`
- `PyArg_ParseTupleAndKeywords()`
- `PyArg_UnpackTuple()`
- `PyArg_VaParse()`
- `PyArg_VaParseTupleAndKeywords()`
- `PyArg_ValidateKeywordArguments()`
- `PyBaseObject_Type`
- `PyBool_FromLong()`
- `PyBool_Type`
- `PyBuffer_FillContiguousStrides()`
- `PyBuffer_FillInfo()`

- *PyBuffer\_FromContiguous()*
- *PyBuffer\_GetPointer()*
- *PyBuffer\_IsContiguous()*
- *PyBuffer\_Release()*
- *PyBuffer\_SizeFromFormat()*
- *PyBuffer\_ToContiguous()*
- *PyByteArrayIter\_Type*
- *PyByteArray\_AsString()*
- *PyByteArray\_Concat()*
- *PyByteArray\_FromObject()*
- *PyByteArray\_FromStringAndSize()*
- *PyByteArray\_Resize()*
- *PyByteArray\_Size()*
- *PyByteArray\_Type*
- *PyBytesIter\_Type*
- *PyBytes\_AsString()*
- *PyBytes\_AsStringAndSize()*
- *PyBytes\_Concat()*
- *PyBytes\_ConcatAndDel()*
- *PyBytes\_DecodeEscape()*
- *PyBytes\_FromFormat()*
- *PyBytes\_FromFormatV()*
- *PyBytes\_FromObject()*
- *PyBytes\_FromString()*
- *PyBytes\_FromStringAndSize()*
- *PyBytes\_Repr()*
- *PyBytes\_Size()*
- *PyBytes\_Type*
- *PyCFunction*
- *PyCFunctionWithKeywords*
- *PyCFunction\_Call()*
- *PyCFunction\_GetFlags()*
- *PyCFunction\_GetFunction()*
- *PyCFunction\_GetSelf()*
- *PyCFunction\_New()*
- *PyCFunction\_NewEx()*
- *PyCFunction\_Type*
- *PyCMethod\_New()*
- *PyCallIter\_New()*



- `PyCallIter_Type`
- `PyCallable_Check()`
- `PyCapsule_Destructor`
- `PyCapsule_GetContext()`
- `PyCapsule_GetDestructor()`
- `PyCapsule_GetName()`
- `PyCapsule_GetPointer()`
- `PyCapsule_Import()`
- `PyCapsule_IsValid()`
- `PyCapsule_New()`
- `PyCapsule_SetContext()`
- `PyCapsule_SetDestructor()`
- `PyCapsule_SetName()`
- `PyCapsule_SetPointer()`
- `PyCapsule_Type`
- `PyClassMethodDescr_Type`
- `PyCodec_BackslashReplaceErrors()`
- `PyCodec_Decompile()`
- `PyCodec_Decoder()`
- `PyCodec_Encode()`
- `PyCodec_Encoder()`
- `PyCodec_IgnoreErrors()`
- `PyCodec_IncrementalDecoder()`
- `PyCodec_IncrementalEncoder()`
- `PyCodec_KnownEncoding()`
- `PyCodec_LookupError()`
- `PyCodec_NameReplaceErrors()`
- `PyCodec_Register()`
- `PyCodec_RegisterError()`
- `PyCodec_ReplaceErrors()`
- `PyCodec_StreamReader()`
- `PyCodec_StreamWriter()`
- `PyCodec_StrictErrors()`
- `PyCodec_Unregister()`
- `PyCodec_XMLCharRefReplaceErrors()`
- `PyComplex_FromDoubles()`
- `PyComplex_ImagAsDouble()`
- `PyComplex_RealAsDouble()`
- `PyComplex_Type`

- `PyDescr_NewClassMethod()`
- `PyDescr_NewGetSet()`
- `PyDescr_NewMember()`
- `PyDescr_NewMethod()`
- `PyDictItems_Type`
- `PyDictIterItem_Type`
- `PyDictIterKey_Type`
- `PyDictIterValue_Type`
- `PyDictKeys_Type`
- `PyDictProxy_New()`
- `PyDictProxy_Type`
- `PyDictRevIterItem_Type`
- `PyDictRevIterKey_Type`
- `PyDictRevIterValue_Type`
- `PyDictValues_Type`
- `PyDict_Clear()`
- `PyDict_Contains()`
- `PyDict_Copy()`
- `PyDict_DelItem()`
- `PyDict_DelItemString()`
- `PyDict_GetItem()`
- `PyDict_GetItemString()`
- `PyDict_GetItemWithError()`
- `PyDict_Items()`
- `PyDict_Keys()`
- `PyDict_Merge()`
- `PyDict_MergeFromSeq2()`
- `PyDict_New()`
- `PyDict_Next()`
- `PyDict_SetItem()`
- `PyDict_SetItemString()`
- `PyDict_Size()`
- `PyDict_Type`
- `PyDict_Update()`
- `PyDict_Values()`
- `PyEllipsis_Type`
- `PyEnum_Type`
- `PyErr_BadArgument()`
- `PyErr_BadInternalCall()`

- `PyErr_CheckSignals()`
- `PyErr_Clear()`
- `PyErr_Display()`
- `PyErr_DisplayException()`
- `PyErr_ExceptionMatches()`
- `PyErr_Fetch()`
- `PyErr_Format()`
- `PyErr_FormatV()`
- `PyErr_GetExcInfo()`
- `PyErr_GetHandledException()`
- `PyErr_GetRaisedException()`
- `PyErr_GivenExceptionMatches()`
- `PyErr_NewException()`
- `PyErr_NewExceptionWithDoc()`
- `PyErr_NoMemory()`
- `PyErr_NormalizeException()`
- `PyErr_Occurred()`
- `PyErr_Print()`
- `PyErr_PrintEx()`
- `PyErr_ProgramText()`
- `PyErr_ResourceWarning()`
- `PyErr_Restore()`
- `PyErr_SetExcFromWindowsErr()`
- `PyErr_SetExcFromWindowsErrWithFilename()`
- `PyErr_SetExcFromWindowsErrWithFilenameObject()`
- `PyErr_SetExcFromWindowsErrWithFilenameObjects()`
- `PyErr_SetExcInfo()`
- `PyErr_SetFromErrno()`
- `PyErr_SetFromErrnoWithFilename()`
- `PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObject()`
- `PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObjects()`
- `PyErr_SetFromWindowsErr()`
- `PyErr_SetFromWindowsErrWithFilename()`
- `PyErr_SetHandledException()`
- `PyErr_SetImportError()`
- `PyErr_SetImportErrorSubclass()`
- `PyErr_SetInterrupt()`
- `PyErr_SetInterruptEx()`
- `PyErr_SetNone()`

- `PyErr_SetObject()`
- `PyErr_SetRaisedException()`
- `PyErr_SetString()`
- `PyErr_SyntaxLocation()`
- `PyErr_SyntaxLocationEx()`
- `PyErr_WarnEx()`
- `PyErr_WarnExplicit()`
- `PyErr_WarnFormat()`
- `PyErr_WriteUnraisable()`
- `PyEval_AcquireLock()`
- `PyEval_AcquireThread()`
- `PyEval_CallFunction()`
- `PyEval_CallMethod()`
- `PyEval_CallObjectWithKeywords()`
- `PyEval_EvalCode()`
- `PyEval_EvalCodeEx()`
- `PyEval_EvalFrame()`
- `PyEval_EvalFrameEx()`
- `PyEval_GetBuiltins()`
- `PyEval_GetFrame()`
- `PyEval_GetFuncDesc()`
- `PyEval_GetFuncName()`
- `PyEval_GetGlobals()`
- `PyEval_GetLocals()`
- `PyEval_InitThreads()`
- `PyEval_ReleaseLock()`
- `PyEval_ReleaseThread()`
- `PyEval_RestoreThread()`
- `PyEval_SaveThread()`
- `PyEval_ThreadsInitialized()`
- `PyExc_ArithmeticError`
- `PyExc_AssertionError`
- `PyExc_AttributeError`
- `PyExc_BaseException`
- `PyExc_BaseExceptionGroup`
- `PyExc_BlockingIOError`
- `PyExc_BrokenPipeError`
- `PyExc_BufferError`
- `PyExc_BytesWarning`

- PyExc\_ChildProcessError
- PyExc\_ConnectionAbortedError
- PyExc\_ConnectionError
- PyExc\_ConnectionRefusedError
- PyExc\_ConnectionResetError
- PyExc\_DeprecationWarning
- PyExc\_EOFError
- PyExc\_EncodingWarning
- PyExc\_EnvironmentError
- PyExc\_Exception
- PyExc\_FileExistsError
- PyExc\_FileNotFoundError
- PyExc\_FloatingPointError
- PyExc\_FutureWarning
- PyExc\_GeneratorExit
- PyExc\_IOError
- PyExc\_ImportError
- PyExc\_ImportWarning
- PyExc\_IndentationError
- PyExc\_IndexError
- PyExc\_InterruptedError
- PyExc\_IsADirectoryError
- PyExc\_KeyError
- PyExc\_KeyboardInterrupt
- PyExc\_LookupError
- PyExc\_MemoryError
- PyExc\_ModuleNotFoundError
- PyExc\_NameError
- PyExc\_NotADirectoryError
- PyExc\_NotImplementedError
- PyExc\_OSError
- PyExc\_OverflowError
- PyExc\_PendingDeprecationWarning
- PyExc\_PermissionError
- PyExc\_ProcessLookupError
- PyExc\_RecursionError
- PyExc\_ReferenceError
- PyExc\_ResourceWarning
- PyExc\_RuntimeError

- `PyExc_RuntimeWarning`
- `PyExc_StopAsyncIteration`
- `PyExc_StopIteration`
- `PyExc_SyntaxError`
- `PyExc_SyntaxWarning`
- `PyExc_SystemError`
- `PyExc_SystemExit`
- `PyExc_TabError`
- `PyExc_TimeoutError`
- `PyExc_TypeError`
- `PyExc_UnboundLocalError`
- `PyExc_UnicodeDecodeError`
- `PyExc_UnicodeEncodeError`
- `PyExc_UnicodeError`
- `PyExc_UnicodeTranslateError`
- `PyExc_UnicodeWarning`
- `PyExc_UserWarning`
- `PyExc_ValueError`
- `PyExc_Warning`
- `PyExc_WindowsError`
- `PyExc_ZeroDivisionError`
- `PyExceptionClass_Name()`
- `PyException_GetArgs()`
- `PyException_GetCause()`
- `PyException_GetContext()`
- `PyException_GetTraceback()`
- `PyException_SetArgs()`
- `PyException_SetCause()`
- `PyException_SetContext()`
- `PyException_SetTraceback()`
- `PyFile_FromFd()`
- `PyFile_GetLine()`
- `PyFile_WriteObject()`
- `PyFile_WriteString()`
- `PyFilter_Type`
- `PyFloat_AsDouble()`
- `PyFloat_FromDouble()`
- `PyFloat_FromString()`
- `PyFloat_GetInfo()`

- `PyFloat_GetMax()`
- `PyFloat_GetMin()`
- `PyFloat_Type`
- `PyFrameObject`
- `PyFrame_GetCode()`
- `PyFrame_GetLineNumber()`
- `PyFrozenSet_New()`
- `PyFrozenSet_Type`
- `PyGC_Collect()`
- `PyGC_Disable()`
- `PyGC_Enable()`
- `PyGC_IsEnabled()`
- `PyGILState_Ensure()`
- `PyGILState_GetThisThreadState()`
- `PyGILState_Release()`
- `PyGILState_STATE`
- `PyGetSetDef`
- `PyGetSetDescr_Type`
- `PyImport_AddModule()`
- `PyImport_AddModuleObject()`
- `PyImport_AppendInittab()`
- `PyImport_ExecCodeModule()`
- `PyImport_ExecCodeModuleEx()`
- `PyImport_ExecCodeModuleObject()`
- `PyImport_ExecCodeModuleWithPathnames()`
- `PyImport_GetImporter()`
- `PyImport_GetMagicNumber()`
- `PyImport_GetMagicTag()`
- `PyImport_GetModule()`
- `PyImport_GetModuleDict()`
- `PyImport_Import()`
- `PyImport_ImportFrozenModule()`
- `PyImport_ImportFrozenModuleObject()`
- `PyImport_ImportModule()`
- `PyImport_ImportModuleLevel()`
- `PyImport_ImportModuleLevelObject()`
- `PyImport_ImportModuleNoBlock()`
- `PyImport_ReloadModule()`
- `PyIndex_Check()`

- *PyInterpreterState*
- *PyInterpreterState\_Clear()*
- *PyInterpreterState\_Delete()*
- *PyInterpreterState\_Get()*
- *PyInterpreterState\_GetDict()*
- *PyInterpreterState\_GetID()*
- *PyInterpreterState\_New()*
- *PyIter\_Check()*
- *PyIter\_Next()*
- *PyIter\_Send()*
- *PyListIter\_Type*
- *PyListRevIter\_Type*
- *PyList\_Append()*
- *PyList\_AsTuple()*
- *PyList\_GetItem()*
- *PyList\_GetSlice()*
- *PyList\_Insert()*
- *PyList\_New()*
- *PyList\_Reverse()*
- *PyList\_SetItem()*
- *PyList\_SetSlice()*
- *PyList\_Size()*
- *PyList\_Sort()*
- *PyList\_Type*
- *PyLongObject*
- *PyLongRangeIter\_Type*
- *PyLong\_AsDouble()*
- *PyLong\_AsLong()*
- *PyLong\_AsLongAndOverflow()*
- *PyLong\_AsLongLong()*
- *PyLong\_AsLongLongAndOverflow()*
- *PyLong\_AsSize\_t()*
- *PyLong\_AsSsize\_t()*
- *PyLong\_AsUnsignedLong()*
- *PyLong\_AsUnsignedLongLong()*
- *PyLong\_AsUnsignedLongLongMask()*
- *PyLong\_AsUnsignedLongMask()*
- *PyLong\_AsVoidPtr()*
- *PyLong\_FromDouble()*



- `PyLong_FromLong()`
- `PyLong_FromLongLong()`
- `PyLong_FromSize_t()`
- `PyLong_FromSsize_t()`
- `PyLong_FromString()`
- `PyLong_FromUnsignedLong()`
- `PyLong_FromUnsignedLongLong()`
- `PyLong_FromVoidPtr()`
- `PyLong_GetInfo()`
- `PyLong_Type`
- `PyMap_Type`
- `PyMapping_Check()`
- `PyMapping_GetItemString()`
- `PyMapping_HasKey()`
- `PyMapping_HasKeyString()`
- `PyMapping_Items()`
- `PyMapping_Keys()`
- `PyMapping_Length()`
- `PyMapping_SetItemString()`
- `PyMapping_Size()`
- `PyMapping_Values()`
- `PyMem_Calloc()`
- `PyMem_Free()`
- `PyMem_Malloc()`
- `PyMem_Realloc()`
- `PyMemberDef`
- `PyMemberDescr_Type`
- `PyMember_GetOne()`
- `PyMember_SetOne()`
- `PyMemoryView_FromBuffer()`
- `PyMemoryView_FromMemory()`
- `PyMemoryView_FromObject()`
- `PyMemoryView_GetContiguous()`
- `PyMemoryView_Type`
- `PyMethodDef`
- `PyMethodDescr_Type`
- `PyModuleDef`
- `PyModuleDef_Base`
- `PyModuleDef_Init()`

- `PyModuleDef_Type`
- `PyModule_AddFunctions()`
- `PyModule_AddIntConstant()`
- `PyModule_AddObject()`
- `PyModule_AddObjectRef()`
- `PyModule_AddStringConstant()`
- `PyModule_AddType()`
- `PyModule_Create2()`
- `PyModule_ExecDef()`
- `PyModule_FromDefAndSpec2()`
- `PyModule_GetDef()`
- `PyModule_GetDict()`
- `PyModule_GetFilename()`
- `PyModule_GetFilenameObject()`
- `PyModule_GetName()`
- `PyModule_GetNameObject()`
- `PyModule_GetState()`
- `PyModule_New()`
- `PyModule_NewObject()`
- `PyModule_SetDocString()`
- `PyModule_Type`
- `PyNumber_Absolute()`
- `PyNumber_Add()`
- `PyNumber_And()`
- `PyNumber_AsSsize_t()`
- `PyNumber_Check()`
- `PyNumber_Divmod()`
- `PyNumber_Float()`
- `PyNumber_FloorDivide()`
- `PyNumber_InPlaceAdd()`
- `PyNumber_InPlaceAnd()`
- `PyNumber_InPlaceFloorDivide()`
- `PyNumber_InPlaceLshift()`
- `PyNumber_InPlaceMatrixMultiply()`
- `PyNumber_InPlaceMultiply()`
- `PyNumber_InPlaceOr()`
- `PyNumber_InPlacePower()`
- `PyNumber_InPlaceRemainder()`
- `PyNumber_InPlaceRshift()`

- `PyNumber_InPlaceSubtract()`
- `PyNumber_InPlaceTrueDivide()`
- `PyNumber_InPlaceXor()`
- `PyNumber_Index()`
- `PyNumber_Invert()`
- `PyNumber_Long()`
- `PyNumber_Lshift()`
- `PyNumber_MatrixMultiply()`
- `PyNumber_Multiply()`
- `PyNumber_Negative()`
- `PyNumber_Or()`
- `PyNumber_Positive()`
- `PyNumber_Power()`
- `PyNumber_Remainder()`
- `PyNumber_Rshift()`
- `PyNumber_Subtract()`
- `PyNumber_ToBase()`
- `PyNumber_TrueDivide()`
- `PyNumber_Xor()`
- `PyOS_AfterFork()`
- `PyOS_AfterFork_Child()`
- `PyOS_AfterFork_Parent()`
- `PyOS_BeforeFork()`
- `PyOS_CheckStack()`
- `PyOS_FSPath()`
- `PyOS_InputHook`
- `PyOS_InterruptOccurred()`
- `PyOS_double_to_string()`
- `PyOS_getsig()`
- `PyOS_mystricmp()`
- `PyOS_mystrnicmp()`
- `PyOS_setsig()`
- `PyOS_sighandler_t`
- `PyOS_snprintf()`
- `PyOS_string_to_double()`
- `PyOS_strtol()`
- `PyOS_strtoul()`
- `PyOS_vsnprintf()`
- `PyObject`

- `PyObject.ob_refcnt`
- `PyObject.ob_type`
- `PyObject_ASCII()`
- `PyObject_AsCharBuffer()`
- `PyObject_AsFileDescriptor()`
- `PyObject_AsReadBuffer()`
- `PyObject_AsWriteBuffer()`
- `PyObject_Bytes()`
- `PyObject_Call()`
- `PyObject_CallFunction()`
- `PyObject_CallFunctionObjArgs()`
- `PyObject_CallMethod()`
- `PyObject_CallMethodObjArgs()`
- `PyObject_CallNoArgs()`
- `PyObject_CallObject()`
- `PyObject_Calloc()`
- `PyObject_CheckBuffer()`
- `PyObject_CheckReadBuffer()`
- `PyObject_ClearWeakRefs()`
- `PyObject_CopyData()`
- `PyObject_DelItem()`
- `PyObject_DelItemString()`
- `PyObject_Dir()`
- `PyObject_Format()`
- `PyObject_Free()`
- `PyObject_GC_Del()`
- `PyObject_GC_IsFinalized()`
- `PyObject_GC_IsTracked()`
- `PyObject_GC_Track()`
- `PyObject_GC_UnTrack()`
- `PyObject_GenericGetAttr()`
- `PyObject_GenericGetDict()`
- `PyObject_GenericSetAttr()`
- `PyObject_GenericSetDict()`
- `PyObject_GetAIter()`
- `PyObject_GetAttr()`
- `PyObject_GetAttrString()`
- `PyObject_GetBuffer()`
- `PyObject_GetItem()`

- `PyObject_GetIter()`
- `PyObject_GetTypeData()`
- `PyObject_HasAttr()`
- `PyObject_HasAttrString()`
- `PyObject_Hash()`
- `PyObject_HashNotImplemented()`
- `PyObject_Init()`
- `PyObject_InitVar()`
- `PyObject_IsInstance()`
- `PyObject_IsSubclass()`
- `PyObject_IsTrue()`
- `PyObject_Length()`
- `PyObject_Malloc()`
- `PyObject_Not()`
- `PyObject_Realloc()`
- `PyObject_Repr()`
- `PyObject_RichCompare()`
- `PyObject_RichCompareBool()`
- `PyObject_SelfIter()`
- `PyObject_SetAttr()`
- `PyObject_SetAttrString()`
- `PyObject_SetItem()`
- `PyObject_Size()`
- `PyObject_Str()`
- `PyObject_Type()`
- `PyObject_Vectorcall()`
- `PyObject_VectorcallMethod()`
- `PyProperty_Type`
- `PyRangeIter_Type`
- `PyRange_Type`
- `PyReversed_Type`
- `PySeqIter_New()`
- `PySeqIter_Type`
- `PySequence_Check()`
- `PySequence_Concat()`
- `PySequence_Contains()`
- `PySequence_Count()`
- `PySequence_DelItem()`
- `PySequence_DelSlice()`

- `PySequence_Fast()`
- `PySequence_GetItem()`
- `PySequence_GetSlice()`
- `PySequence_In()`
- `PySequence_InPlaceConcat()`
- `PySequence_InPlaceRepeat()`
- `PySequence_Index()`
- `PySequence_Length()`
- `PySequence_List()`
- `PySequence_Repeat()`
- `PySequence_SetItem()`
- `PySequence_SetSlice()`
- `PySequence_Size()`
- `PySequence_Tuple()`
- `PySetIter_Type`
- `PySet_Add()`
- `PySet_Clear()`
- `PySet_Contains()`
- `PySet_Discard()`
- `PySet_New()`
- `PySet_Pop()`
- `PySet_Size()`
- `PySet_Type`
- `PySlice_AdjustIndices()`
- `PySlice_GetIndices()`
- `PySlice_GetIndicesEx()`
- `PySlice_New()`
- `PySlice_Type`
- `PySlice_Unpack()`
- `PyState_AddModule()`
- `PyState_FindModule()`
- `PyState_RemoveModule()`
- `PyStructSequence_Desc`
- `PyStructSequence_Field`
- `PyStructSequence_GetItem()`
- `PyStructSequence_New()`
- `PyStructSequence_NewType()`
- `PyStructSequence_SetItem()`
- `PyStructSequence_UnnamedField`

- `PySuper_Type`
- `PySys_AddWarnOption()`
- `PySys_AddWarnOptionUnicode()`
- `PySys_AddXOption()`
- `PySys_FormatStderr()`
- `PySys_FormatStdout()`
- `PySys_GetObject()`
- `PySys_GetXOptions()`
- `PySys_HasWarnOptions()`
- `PySys_ResetWarnOptions()`
- `PySys_SetArgv()`
- `PySys_SetArgvEx()`
- `PySys_SetObject()`
- `PySys_SetPath()`
- `PySys_WriteStderr()`
- `PySys_WriteStdout()`
- `PyThreadState`
- `PyThreadState_Clear()`
- `PyThreadState_Delete()`
- `PyThreadState_Get()`
- `PyThreadState_GetDict()`
- `PyThreadState_GetFrame()`
- `PyThreadState_GetID()`
- `PyThreadState_GetInterpreter()`
- `PyThreadState_New()`
- `PyThreadState_SetAsyncExc()`
- `PyThreadState_Swap()`
- `PyThread_GetInfo()`
- `PyThread_ReInitTLS()`
- `PyThread_acquire_lock()`
- `PyThread_acquire_lock_timed()`
- `PyThread_allocate_lock()`
- `PyThread_create_key()`
- `PyThread_delete_key()`
- `PyThread_delete_key_value()`
- `PyThread_exit_thread()`
- `PyThread_free_lock()`
- `PyThread_get_key_value()`
- `PyThread_get_stacksize()`

- `PyThread_get_thread_ident()`
- `PyThread_get_thread_native_id()`
- `PyThread_init_thread()`
- `PyThread_release_lock()`
- `PyThread_set_key_value()`
- `PyThread_set_stacksize()`
- `PyThread_start_new_thread()`
- `PyThread_tss_alloc()`
- `PyThread_tss_create()`
- `PyThread_tss_delete()`
- `PyThread_tss_free()`
- `PyThread_tss_get()`
- `PyThread_tss_is_created()`
- `PyThread_tss_set()`
- `PyTraceBack_Here()`
- `PyTraceBack_Print()`
- `PyTraceBack_Type`
- `PyTupleIter_Type`
- `PyTuple_GetItem()`
- `PyTuple_GetSlice()`
- `PyTuple_New()`
- `PyTuple_Pack()`
- `PyTuple_SetItem()`
- `PyTuple_Size()`
- `PyTuple_Type`
- `PyTypeObject`
- `PyType_ClearCache()`
- `PyType_FromMetaclass()`
- `PyType_FromModuleAndSpec()`
- `PyType_FromSpec()`
- `PyType_FromSpecWithBases()`
- `PyType_GenericAlloc()`
- `PyType_GenericNew()`
- `PyType_GetFlags()`
- `PyType_GetModule()`
- `PyType_GetModuleState()`
- `PyType_GetName()`
- `PyType_GetQualName()`
- `PyType_GetSlot()`



- `PyType_GetTypeDataSize()`
- `PyType_IsSubtype()`
- `PyType_Modified()`
- `PyType_Ready()`
- `PyType_Slot`
- `PyType_Spec`
- `PyType_Type`
- `PyUnicodeDecodeError_Create()`
- `PyUnicodeDecodeError_GetEncoding()`
- `PyUnicodeDecodeError_GetEnd()`
- `PyUnicodeDecodeError_GetObject()`
- `PyUnicodeDecodeError_GetReason()`
- `PyUnicodeDecodeError_GetStart()`
- `PyUnicodeDecodeError_SetEnd()`
- `PyUnicodeDecodeError_SetReason()`
- `PyUnicodeDecodeError_SetStart()`
- `PyUnicodeEncodeError_GetEncoding()`
- `PyUnicodeEncodeError_GetEnd()`
- `PyUnicodeEncodeError_GetObject()`
- `PyUnicodeEncodeError_GetReason()`
- `PyUnicodeEncodeError_GetStart()`
- `PyUnicodeEncodeError_SetEnd()`
- `PyUnicodeEncodeError_SetReason()`
- `PyUnicodeEncodeError_SetStart()`
- `PyUnicodeIter_Type`
- `PyUnicodeTranslateError_GetEnd()`
- `PyUnicodeTranslateError_GetObject()`
- `PyUnicodeTranslateError_GetReason()`
- `PyUnicodeTranslateError_GetStart()`
- `PyUnicodeTranslateError_SetEnd()`
- `PyUnicodeTranslateError_SetReason()`
- `PyUnicodeTranslateError_SetStart()`
- `PyUnicode_Append()`
- `PyUnicode_AppendAndDel()`
- `PyUnicode_AsASCIIString()`
- `PyUnicode_AsCharmapString()`
- `PyUnicode_AsDecodedObject()`
- `PyUnicode_AsDecodedUnicode()`
- `PyUnicode_AsEncodedObject()`

- `PyUnicode_AsEncodedString()`
- `PyUnicode_AsEncodedUnicode()`
- `PyUnicode_AsLatin1String()`
- `PyUnicode_AsMBCSString()`
- `PyUnicode_AsRawUnicodeEscapeString()`
- `PyUnicode_AsUCS4()`
- `PyUnicode_AsUCS4Copy()`
- `PyUnicode_AsUTF16String()`
- `PyUnicode_AsUTF32String()`
- `PyUnicode_AsUTF8AndSize()`
- `PyUnicode_AsUTF8String()`
- `PyUnicode_AsUnicodeEscapeString()`
- `PyUnicode_AsWideChar()`
- `PyUnicode_AsWideCharString()`
- `PyUnicode_BuildEncodingMap()`
- `PyUnicode_Compare()`
- `PyUnicode_CompareWithASCIIString()`
- `PyUnicode_Concat()`
- `PyUnicode_Contains()`
- `PyUnicode_Count()`
- `PyUnicode_Decode()`
- `PyUnicode_DecodeASCII()`
- `PyUnicode_DecodeCharmap()`
- `PyUnicode_DecodeCodePageStateful()`
- `PyUnicode_DecodeFSDefault()`
- `PyUnicode_DecodeFSDefaultAndSize()`
- `PyUnicode_DecodeLatin1()`
- `PyUnicode_DecodeLocale()`
- `PyUnicode_DecodeLocaleAndSize()`
- `PyUnicode_DecodeMBCS()`
- `PyUnicode_DecodeMBCSStateful()`
- `PyUnicode_DecodeRawUnicodeEscape()`
- `PyUnicode_DecodeUTF16()`
- `PyUnicode_DecodeUTF16Stateful()`
- `PyUnicode_DecodeUTF32()`
- `PyUnicode_DecodeUTF32Stateful()`
- `PyUnicode_DecodeUTF7()`
- `PyUnicode_DecodeUTF7Stateful()`
- `PyUnicode_DecodeUTF8()`

- `PyUnicode_DecodeUTF8Stateful()`
- `PyUnicode_DecodeUnicodeEscape()`
- `PyUnicode_EncodeCodePage()`
- `PyUnicode_EncodeFSDefault()`
- `PyUnicode_EncodeLocale()`
- `PyUnicode_FSConverter()`
- `PyUnicode_FSDecoder()`
- `PyUnicode_Find()`
- `PyUnicode_FindChar()`
- `PyUnicode_Format()`
- `PyUnicode_FromEncodedObject()`
- `PyUnicode_FromFormat()`
- `PyUnicode_FromFormatV()`
- `PyUnicode_FromObject()`
- `PyUnicode_FromOrdinal()`
- `PyUnicode_FromString()`
- `PyUnicode_FromStringAndSize()`
- `PyUnicode_FromWideChar()`
- `PyUnicode_GetDefaultEncoding()`
- `PyUnicode_GetLength()`
- `PyUnicode_InternFromString()`
- `PyUnicode_InternInPlace()`
- `PyUnicode_IsIdentifier()`
- `PyUnicode_Join()`
- `PyUnicode_Partition()`
- `PyUnicode_RPartition()`
- `PyUnicode_RSplit()`
- `PyUnicode_ReadChar()`
- `PyUnicode_Replace()`
- `PyUnicode_Resize()`
- `PyUnicode_RichCompare()`
- `PyUnicode_Split()`
- `PyUnicode_Splitlines()`
- `PyUnicode_Substring()`
- `PyUnicode_Tailmatch()`
- `PyUnicode_Translate()`
- `PyUnicode_Type`
- `PyUnicode_WriteChar()`
- `PyVarObject`

- `PyVarObject.ob_base`
- `PyVarObject.ob_size`
- `PyVectorcall_Call()`
- `PyVectorcall_NARGS()`
- `PyWeakReference`
- `PyWeakref_GetObject()`
- `PyWeakref_NewProxy()`
- `PyWeakref_NewRef()`
- `PyWrapperDescr_Type`
- `PyWrapper_New()`
- `PyZip_Type`
- `Py_AddPendingCall()`
- `Py_AtExit()`
- `Py_BEGIN_ALLOW_THREADS`
- `Py_BLOCK_THREADS`
- `Py_BuildValue()`
- `Py_BytesMain()`
- `Py_CompileString()`
- `Py_DecRef()`
- `Py_DecodeLocale()`
- `Py_END_ALLOW_THREADS`
- `Py_EncodeLocale()`
- `Py_EndInterpreter()`
- `Py_EnterRecursiveCall()`
- `Py_Exit()`
- `Py_FatalError()`
- `Py_FileSystemDefaultEncodeErrors`
- `Py_FileSystemDefaultEncoding`
- `Py_Finalize()`
- `Py_FinalizeEx()`
- `Py_GenericAlias()`
- `Py_GenericAliasType`
- `Py_GetBuildInfo()`
- `Py_GetCompiler()`
- `Py_GetCopyright()`
- `Py_GetExecPrefix()`
- `Py_GetPath()`
- `Py_GetPlatform()`
- `Py_GetPrefix()`

- `Py_GetProgramFullPath()`
- `Py_GetProgramName()`
- `Py_GetPythonHome()`
- `Py_GetRecursionLimit()`
- `Py_GetVersion()`
- `Py_HasFileSystemDefaultEncoding`
- `Py_IncRef()`
- `Py_Initialize()`
- `Py_InitializeEx()`
- `Py_Is()`
- `Py_IsFalse()`
- `Py_IsInitialized()`
- `Py_IsNone()`
- `Py_IsTrue()`
- `Py_LeaveRecursiveCall()`
- `Py_Main()`
- `Py_MakePendingCalls()`
- `Py_NewInterpreter()`
- `Py_NewRef()`
- `Py_ReprEnter()`
- `Py_ReprLeave()`
- `Py_SetPath()`
- `Py_SetProgramName()`
- `Py_SetPythonHome()`
- `Py_SetRecursionLimit()`
- `Py_UCS4`
- `Py_UNBLOCK_THREADS`
- `Py_UTF8Mode`
- `Py_VaBuildValue()`
- `Py_Version`
- `Py_XNewRef()`
- `Py_buffer`
- `Py_intptr_t`
- `Py_ssize_t`
- `Py_uintptr_t`
- `allocafunc`
- `binaryfunc`
- `descrgetfunc`
- `descrsetfunc`

- *destructor*
- *getattrfunc*
- *getattrofunc*
- *getbufferproc*
- *getiterfunc*
- *getter*
- *hashfunc*
- *initproc*
- *inquiry*
- *iternextfunc*
- *lenfunc*
- *newfunc*
- *objobjargproc*
- *objobjproc*
- *releasebufferproc*
- *reprfunc*
- *richcmpfunc*
- *setattrfunc*
- *setattrofunc*
- *setter*
- *ssizeargfunc*
- *ssizeobjargproc*
- *ssizessizeargfunc*
- *ssizessizeobjargproc*
- *symtable*
- *ternaryfunc*
- *traverseproc*
- *unaryfunc*
- *vectorcallfunc*
- *visitproc*

## 极高层级 API

本章节的函数将允许你执行在文件或缓冲区中提供的 Python 源代码，但它们将不允许你在更细节化的方式与解释器进行交互。

这些函数中有几个可以接受特定的语法前缀符号作为形参。可用的前缀符号有 `Py_eval_input`, `Py_file_input` 和 `Py_single_input`。这些符号会在接受它们作为形参的函数文档中加以说明。

还要注意这些函数中有几个可以接受 `FILE*` 形参。有一个需要小心处理的特别问题是针对不同 C 库的 `FILE` 结构体可能是不相同且不兼容的。(至少是)在 Windows 中，动态链接的扩展实际上有可能会使用不同的库，所以应当特别注意只有在确定这些函数是由 Python 运行时所使用的相同的库创建的情况下才将 `FILE*` 形参传给它们。

**int Py\_Main** (int argc, wchar\_t \*\*argv)

*Part of the Stable ABI.* 针对标准解释器的主程序。嵌入了 Python 的程序将可使用此程序。所提供的 `argc` 和 `argv` 形参应当与传给 C 程序的 `main()` 函数的形参相同（将根据用户的语言区域转换为）。一个重要的注意事项是参数列表可能会被修改（但参数列表中字符串所指向的内容不会被修改）。如果解释器正常退出（即未引发异常）则返回值将为 0，如果解释器因引发异常而退出则返回 1，或者如果形参列表不能表示有效的 Python 命令行则返回 2。

请注意如果引发了一个在其他场合下未处理的 `SystemExit`，此函数将不会返回 1，而是退出进程，只要 `PyConfig.inspect` 为零就会这样。

**int Py\_BytesMain** (int argc, char \*\*argv)

*Part of the Stable ABI since version 3.8.* 类似于 `Py_Main()` 但 `argv` 是一个包含字节串的数组。

3.8 新版功能。

**int PyRun\_AnyFile** (FILE \*fp, const char \*filename)

这是针对下面 `PyRun_AnyFileExFlags()` 的简化版接口，将 `closeit` 设为 0 而将 `flags` 设为 `NULL`。

**int PyRun\_AnyFileFlags** (FILE \*fp, const char \*filename, *PyCompilerFlags* \*flags)

这是针对下面 `PyRun_AnyFileExFlags()` 的简化版接口，将 `closeit` 参数设为 0。

**int PyRun\_AnyFileEx** (FILE \*fp, const char \*filename, int closeit)

这是针对下面 `PyRun_AnyFileExFlags()` 的简化版接口，将 `flags` 参数设为 `NULL`。

**int PyRun\_AnyFileExFlags** (FILE \*fp, const char \*filename, int closeit, *PyCompilerFlags* \*flags)

如果 `fp` 指向一个关联到交互设备（控制台或终端输入或 Unix 伪终端）的文件，则返回 `PyRun_InteractiveLoop()` 的值，否则返回 `PyRun_SimpleFile()` 的结果。`filename` 会使用文件系统的编码格式 (`sys.getfilesystemencoding()`) 来解码。如果 `filename` 为 `NULL`，此

函数会使用 "???" 作为文件名。如果 *closeit* 为真值，文件会在 `PyRun_SimpleFileExFlags()` 返回之前被关闭。

**int `PyRun_SimpleString` (const char \*command)**

这是针对下面 `PyRun_SimpleStringFlags()` 的简化版接口，将 `PyCompilerFlags*` 参数设为 `NULL`。

**int `PyRun_SimpleStringFlags` (const char \*command, *PyCompilerFlags* \*flags)**

根据 *flags* 参数，在 `__main__` 模块中执行 Python 源代码。如果 `__main__` 尚不存在，它将被创建。成功时返回 0，如果引发异常则返回 -1。如果发生错误，则将无法获得异常信息。对于 *flags* 的含义，请参阅下文。

请注意如果引发了一个在其他场合下未处理的 `SystemExit`，此函数将不会返回 -1，而是退出进程，只要 `PyConfig.inspect` 为零就会这样。

**int `PyRun_SimpleFile` (FILE \*fp, const char \*filename)**

这是针对下面 `PyRun_SimpleFileExFlags()` 的简化版接口，将 *closeit* 设为 0 而将 *flags* 设为 `NULL`。

**int `PyRun_SimpleFileEx` (FILE \*fp, const char \*filename, int closeit)**

这是针对下面 `PyRun_SimpleFileExFlags()` 的简化版接口，将 *flags* 设为 `NULL`。

**int `PyRun_SimpleFileExFlags` (FILE \*fp, const char \*filename, int closeit, *PyCompilerFlags* \*flags)**

类似于 `PyRun_SimpleStringFlags()`，但 Python 源代码是从 *fp* 读取而不是一个内存中的字符串。*filename* 应为文件名，它将使用 *filesystem encoding and error handler* 来解码。如果 *closeit* 为真值，则文件将在 `PyRun_SimpleFileExFlags()` 返回之前被关闭。

---

**备注：**在 Windows 上，*fp* 应当以二进制模式打开（即 `fopen(filename, "rb")`）。否则，Python 可能无法正确地处理使用 LF 行结束符的脚本文件。

---

**int `PyRun_InteractiveOne` (FILE \*fp, const char \*filename)**

这是针对下面 `PyRun_InteractiveOneFlags()` 的简化版接口，将 *flags* 设为 `NULL`。

**int `PyRun_InteractiveOneFlags` (FILE \*fp, const char \*filename, *PyCompilerFlags* \*flags)**

根据 *flags* 参数读取并执行来自与交互设备相关联的文件的一条语句。用户将得到使用 `sys.ps1` 和 `sys.ps2` 的提示。*filename* 将使用 *filesystem encoding and error handler* 来解码。

当输入被成功执行时返回 0，如果引发异常则返回 -1，或者如果存在解析错误则返回来自作为 Python 的组成部分发布的 `errcode.h` 包括文件的错误代码。（请注意 `errcode.h` 并未被 `Python.h` 所包括，因此如果需要则必须专门地包括。）

**int `PyRun_InteractiveLoop` (FILE \*fp, const char \*filename)**

这是针对下面 `PyRun_InteractiveLoopFlags()` 的简化版接口，将 *flags* 设为 `NULL`。

**int `PyRun_InteractiveLoopFlags` (FILE \*fp, const char \*filename, *PyCompilerFlags* \*flags)**

读取并执行来自与交互设备相关联的语句直至到达 EOF。用户将得到使用 `sys.ps1` 和 `sys.ps2` 的提示。*filename* 将使用 *filesystem encoding and error handler* 来解码。当位于 EOF 时将返回 0，或者当失败时将返回一个负数。

**int (\*`PyOS_InputHook`)(void)**

*Part of the Stable ABI.* 可以被设为指向一个原型为 `int func(void)` 的函数。该函数将在 Python 的解释器提示符即将空闲并等待用户从终端输入时被调用。返回值会被忽略。重载这个钩子可被用来将解释器的提示符集成到其他事件循环中，就像 Python 码中 `Modules/_tkinter.c` 所做的那样。

在 3.12 版更改：此函数只能被主解释器调用。

**char \*(\*`PyOS_ReadlineFunctionPointer`)(FILE\*, FILE\*, const char\*)**

可以被设为指向一个原型为 `char *func(FILE *stdin, FILE *stdout, char *prompt)` 的函数，重载被用来读取解释器提示符的一行输入的默认函数。该函数被预期为如果字符串 *prompt*



不为 NULL 就输出它，然后从所提供的标准输入文件读取一行输入，并返回结果字符串。例如，`readline` 模块将这个钩子设置为提供行编辑和 `tab` 键补全等功能。

结果必须是一个由 `PyMem_RawMalloc()` 或 `PyMem_RawRealloc()` 分配的字符串，或者如果发生错误则为 NULL。

在 3.4 版更改：结果必须由 `PyMem_RawMalloc()` 或 `PyMem_RawRealloc()` 分配，而不是由 `PyMem_Malloc()` 或 `PyMem_Realloc()` 分配。

在 3.12 版更改：此函数只能被主解释器调用。

**PyObject \*PyRun\_String** (const char \*str, int start, PyObject \*globals, PyObject \*locals)

返回值：新的引用。这是针对下面 `PyRun_StringFlags()` 的简化版接口，将 `flags` 设为 NULL。

**PyObject \*PyRun\_StringFlags** (const char \*str, int start, PyObject \*globals, PyObject \*locals, PyCompilerFlags \*flags)

返回值：新的引用。在由对象 `globals` 和 `locals` 指定的上下文中执行来自 `str` 的 Python 源代码，并使用以 `flags` 指定的编译器旗标。`globals` 必须是一个字典；`locals` 可以是任何实现了映射协议的对象。形参 `start` 指定了应当被用来解析源代码的起始形符。

返回将代码作为 Python 对象执行的结果，或者如果引发了异常则返回 NULL。

**PyObject \*PyRun\_File** (FILE \*fp, const char \*filename, int start, PyObject \*globals, PyObject \*locals)

返回值：新的引用。这是针对下面 `PyRun_FileExFlags()` 的简化版接口，将 `closeit` 设为 0 并将 `flags` 设为 NULL。

**PyObject \*PyRun\_FileEx** (FILE \*fp, const char \*filename, int start, PyObject \*globals, PyObject \*locals, int closeit)

返回值：新的引用。这是针对下面 `PyRun_FileExFlags()` 的简化版接口，将 `flags` 设为 NULL。

**PyObject \*PyRun\_FileFlags** (FILE \*fp, const char \*filename, int start, PyObject \*globals, PyObject \*locals, PyCompilerFlags \*flags)

返回值：新的引用。这是针对下面 `PyRun_FileExFlags()` 的简化版接口，将 `closeit` 设为 0。

**PyObject \*PyRun\_FileExFlags** (FILE \*fp, const char \*filename, int start, PyObject \*globals, PyObject \*locals, int closeit, PyCompilerFlags \*flags)

返回值：新的引用。类似于 `PyRun_StringFlags()`，但 Python 源代码是从 `fp` 读取而不是一个内存中的字符串。`filename` 应为文件名，它将使用 *filesystem encoding and error handler* 来解码。如果 `closeit` 为真值，则文件将在 `PyRun_FileExFlags()` 返回之前被关闭。

**PyObject \*Py\_CompileString** (const char \*str, const char \*filename, int start)

返回值：新的引用。Part of the *Stable ABI*。这是针对下面 `Py_CompileStringFlags()` 的简化版接口，将 `flags` 设为 NULL。

**PyObject \*Py\_CompileStringFlags** (const char \*str, const char \*filename, int start, PyCompilerFlags \*flags)

返回值：新的引用。这是针对下面 `Py_CompileStringExFlags()` 的简化版接口，将 `optimize` 设为 -1。

**PyObject \*Py\_CompileStringObject** (const char \*str, PyObject \*filename, int start, PyCompilerFlags \*flags, int optimize)

返回值：新的引用。解析并编译 `str` 中的 Python 源代码，返回结果代码对象。开始形符由 `start` 给出；这可被用来约束可被编译的代码并且应当为 `Py_eval_input`、`Py_file_input` 或 `Py_single_input`。由 `filename` 指定的文件名会被用来构造代码对象并可能出现在回溯信息或 `SyntaxError` 异常消息中。如果代码无法被解析或编译则此函数将返回 NULL。

整数 `optimize` 指定编译器的优化级别；值 -1 将选择与 -O 选项相同的解释器优化级别。显式级别为 0 (无优化；`__debug__` 为真值)、1 (断言被移除，`__debug__` 为假值) 或 2 (文档字符串也被移除)。

3.4 新版功能。

**PyObject \*Py\_CompileStringExFlags** (const char \*str, const char \*filename, int start, *PyCompilerFlags* \*flags, int optimize)

返回值: 新的引用。与 *Py\_CompileStringObject()* 类似, 但 *filename* 是以 *filesystem encoding* and *error handler* 解码出的字节串。

3.2 新版功能.

**PyObject \*PyEval\_EvalCode** (*PyObject* \*co, *PyObject* \*globals, *PyObject* \*locals)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 这是针对 *PyEval\_EvalCodeEx()* 的简化版接口, 只附带代码对象, 以及全局和局部变量。其他参数均设为 NULL。

**PyObject \*PyEval\_EvalCodeEx** (*PyObject* \*co, *PyObject* \*globals, *PyObject* \*locals, *PyObject* \*const \*args, int argcount, *PyObject* \*const \*kws, int kwcount, *PyObject* \*const \*defs, int defcount, *PyObject* \*kwdefs, *PyObject* \*closure)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 对一个预编译的代码对象求值, 为其求值给出特定的环境。此环境由全局变量的字典, 局部变量映射对象, 参数、关键字和默认值的数组, 仅限关键字 参数的默认值的字典和单元的封闭元组构成。

**PyObject \*PyEval\_EvalFrame** (*PyFrameObject* \*f)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 对一个执行帧求值。这是针对 *PyEval\_EvalFrameEx()* 的简化版接口, 用于保持向下兼容性。

**PyObject \*PyEval\_EvalFrameEx** (*PyFrameObject* \*f, int throwflag)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 这是 Python 解释运行不带修饰的主函数。与执行帧 *f* 相关联的代码对象将被执行, 解释字节码并根据需要执行调用。额外的 *throwflag* 形参基本可以被忽略——如果为真值, 则会导致立即抛出一个异常; 这会被用于生成器对象的 *throw()* 方法。

在 3.4 版更改: 该函数现在包含一个调试断言, 用以确保不会静默地丢弃活动的异常。

**int PyEval\_MergeCompilerFlags** (*PyCompilerFlags* \*cf)

此函数会修改当前求值帧的旗标, 并在成功时返回真值, 失败时返回假值。

**int Py\_eval\_input**

Python 语法中用于孤立表达式的起始符号; 配合 *Py\_CompileString()* 使用。

**int Py\_file\_input**

Python 语法中用于从文件或其他源读取语句序列的起始符号; 配合 *Py\_CompileString()* 使用。这是在编译任意长的 Python 源代码时要使用的符号。

**int Py\_single\_input**

Python 语法中用于单独语句的起始符号; 配合 *Py\_CompileString()* 使用。这是用于交互式解释器循环的符号。

**struct PyCompilerFlags**

这是用来存放编译器旗标的结构体。对于代码仅被编译的情况, 它将作为 *int flags* 传入, 而对于代码要被执行的情况, 它将作为 *PyCompilerFlags \*flags* 传入。在这种情况下, *from \_\_future\_\_ import* 可以修改 *flags*。

只要 *PyCompilerFlags \*flags* 是 NULL, *cf\_flags* 就会被视为等同于 0, 而由于 *from \_\_future\_\_ import* 而产生的任何修改都会被丢弃。

**int cf\_flags**

编译器旗标。

**int cf\_feature\_version**

*cf\_feature\_version* 是 Python 的小版本号。它应当被初始化为 *PY\_MINOR\_VERSION*。

该字段默认会被忽略, 当且仅当在 *cf\_flags* 中设置了 *PyCF\_ONLY\_AST* 旗标时它才会被使用。

在 3.8 版更改: 增加了 *cf\_feature\_version* 字段。

**int CO\_FUTURE\_DIVISION**

这个标志位可在 *flags* 中设置以使得除法运算符 / 被解读为 PEP 238 所规定的“真除法”。

## 引用计数

本节介绍的函数和宏被用于管理 Python 对象的引用计数。

`Py_ssize_t Py_REFCNT (PyObject *o)`

获取 Python 对象 *o* 的引用计数。

请注意返回的值可能并不真正反映对象的实际持有的引用数。例如，有些对象是“永生”的并具有非常高的 `refcount` 值，这并不反映实际的引用数。因此，除了 0 或 1 这两个值，不要依赖返回值的准确性。

使用 `Py_SET_REFCNT()` 函数来设置一个对象引用计数。

在 3.11 版更改: 形参类型不再是 `const PyObject*`。

在 3.10 版更改: `Py_REFCNT()` 被改为内联的静态函数。

`void Py_SET_REFCNT (PyObject *o, Py_ssize_t refcnt)`

将对象 *o* 的引用计数器设为 *refcnt*。

请注意此函数不会影响永生对象。

3.9 新版功能。

在 3.12 版更改: 永生对象不会被修改。

`void Py_INCREF (PyObject *o)`

表示为对象 *o* 获取一个新的 *strong reference*，指明该对象正在被使用且不应被销毁。

此函数通常被用来将 *borrowed reference* 原地转换为 *strong reference*。 `Py_NewRef()` 函数可被用来创建新的 *strong reference*。

当对象使用完毕后，可调用 `Py_DECREF()` 释放它。

此对象必须不为 `NULL`；如果你不能确定它不为 `NULL`，请使用 `Py_XINCREF()`。

不要预期此函数会以任何方式实际地改变 *o*。至少对某些对象来说，此函数将没有任何效果。

在 3.12 版更改: 永生对象不会被修改。

`void Py_XINCREF (PyObject *o)`

与 `Py_INCREF()` 类似，但对象 *o* 可以为 `NULL`，在这种情况下此函数将没有任何效果。

另请参阅 `Py_NewRef()`。

*PyObject* \*Py\_NewRef (*PyObject* \*o)

Part of the Stable ABI since version 3.10. 为对象创建一个新的**strong reference**: 在 *o* 上调用 *Py\_INCREF()* 并返回对象 *o*。

当不再需要这个**strong reference** 时, 应当在其上调用 *Py\_DECREF()* 来释放引用。

对象 *o* 必须不为 NULL; 如果 *o* 可以为 NULL 则应改用 *Py\_XNewRef()*。

例如:

```
Py_INCREF(obj);
self->attr = obj;
```

可以写成:

```
self->attr = Py_NewRef(obj);
```

另请参阅 *Py\_INCREF()*。

3.10 新版功能.

*PyObject* \*Py\_XNewRef (*PyObject* \*o)

Part of the Stable ABI since version 3.10. 类似于 *Py\_NewRef()*, 但对象 *o* 可以为 NULL。

如果对象 *o* 为 NULL, 该函数也将返回 NULL。

3.10 新版功能.

void Py\_DECREF (*PyObject* \*o)

释放一个指向对象 *o* 的**strong reference**, 表明该引用不再被使用。

当最后一个**strong reference** 被释放时 (即对象的引用计数变为 0), 将会发起调用该对象所属类型的 deallocation 函数 (它必须不为 NULL)。

此函数通常被用于在退出作用域之前删除一个**strong reference**。

此对象必须不为 NULL; 如果你不能确定它不为 NULL, 请使用 *Py\_XDECREF()*。

不要预期此函数会以任何方式实际地改变 *o*。至少对 某些对象 来说, 此函数将没有任何效果。

**警告:** 释放函数会导致任意 Python 代码被发起调用 (例如当一个带有 `__del__()` 方法的类实例被释放时就是如此)。虽然这些代码中的异常不会被传播, 但被执行的代码能够自由访问所有 Python 全局变量。这意味着在调用 *Py\_DECREF()* 之前任何可通过全局变量获取的对象都应该处于完好的状态。例如, 从一个列表中删除对象的代码应该将被删除对象的引用拷贝到一个临时变量中, 更新列表数据结构, 然后再为临时变量调用 *Py\_DECREF()*。

在 3.12 版更改: 永生对象不会被修改。

void Py\_XDECREF (*PyObject* \*o)

与 *Py\_DECREF()* 类似, 但对象 *o* 可以为 NULL, 在这种情况下此函数将没有任何效果。来自 *Py\_DECREF()* 的警告同样适用于此处。

void Py\_CLEAR (*PyObject* \*o)

释放一个指向对象 *o* 的**strong reference**。对象可以为 NULL, 在此情况下该宏将没有任何效果; 在其他情况下其效果与 *Py\_DECREF()* 相同, 区别在于其参数也会被设为 NULL。针对 *Py\_DECREF()* 的警告不适用于所传递的对象, 因为该宏会细心地使用一个临时变量并在释放引用之前将参数设为 NULL。

当需要释放指向一个在垃圾回收期间可能被会遍历的对象的引用时使用该宏是一个好主意。

在 3.12 版更改: 该宏参数现在只会被求值一次。如果该参数具有附带影响, 它们将不会再被复制。

void **Py\_IncRef** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 表示获取一个指向对象 *o* 的新 *strong reference*。 *Py\_XINCREF()* 的函数版本。它可被用于 Python 的运行时动态嵌入。

void **Py\_DecRef** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 释放一个指向对象 *o* 的 *strong reference*。 *Py\_XDECREF()* 的函数版本。它可被用于 Python 的运行时动态嵌入。

**Py\_SETREF** (dst, src)

该宏可安全地释放一个指向对象 *dst* 的 *strong reference*，并将 *dst* 设为 *src*。

在 *Py\_CLEAR()* 的情况中，这样“直观”的代码可能会是致命的：

```
Py_DECREF(dst);
dst = src;
```

安全的方式是这样：

```
Py_SETREF(dst, src);
```

这样使得在释放对旧 *dst* 值的引用 \_ 之前 \_ 将 *dst* 设为 *src*，从而让任何因 *dst* 被去除而触发的代码不再相信 *dst* 指向一个有效的对象。

3.6 新版功能.

在 3.12 版更改: 该宏参数现在只会被求值一次。如果某个参数具有附带影响，它们将不会再被复制。

**Py\_XSETREF** (dst, src)

使用 *Py\_XDECREF()* 代替 *Py\_DECREF()* 的 *Py\_SETREF* 宏的变种。

3.6 新版功能.

在 3.12 版更改: 该宏参数现在只会被求值一次。如果某个参数具有附带影响，它们将不会再被复制。



---

## 异常处理

---

本章描述的函数将让你处理和触发 Python 异常。了解一些 Python 异常处理的基础知识是很重要的。它的工作原理有点像 POSIX `errno` 变量: (每个线程) 有一个最近发生的错误的全局指示器。大多数 C API 函数在成功执行时将不理睬它。大多数 C API 函数也会返回一个错误指示器, 如果它们应当返回一个指针则会返回 `NULL`, 或者如果它们应当返回一个整数则会返回 `-1` (例外情况: `PyArg_*` 函数返回 `1` 表示成功而 `0` 表示失败)。

具体地说, 错误指示器由三个对象指针组成: 异常的类型, 异常的值, 和回溯对象。如果没有错误被设置, 这些指针都可以是 `NULL` (尽管一些组合使禁止的, 例如, 如果异常类型是 `NULL`, 你不能有一个非 `NULL` 的回溯)。

当一个函数由于它调用的某个函数失败而必须失败时, 通常不会设置错误指示器; 它调用的那个函数已经设置了它。而它负责处理错误和清理异常, 或在清除其拥有的所有资源后返回 (如对象应用或内存分配)。如果不准备处理异常, 则不应该正常地继续。如果是由于一个错误返回, 那么一定要向调用者表明已经设置了错误。如果错误没有得到处理或小心传播, 对 Python/C API 的其它调用可能不会有预期的行为, 并且可能会以某种神秘的方式失败。

---

**备注:** 错误指示器 **不是** `sys.exc_info()` 的执行结果。前者对应尚未捕获的异常 (异常还在传播), 而后者在捕获异常后返回这个异常 (异常已经停止传播)。

---

### 5.1 打印和清理

`void PyErr_Clear()`

*Part of the Stable ABI.* 清除错误指示器。如果没有设置错误指示器, 则不会有作用。

`void PyErr_PrintEx (int set_sys_last_vars)`

*Part of the Stable ABI.* 将标准回溯打印到 `sys.stderr` 并清除错误指示器。**除非** 错误是 `SystemExit`, 这种情况下不会打印回溯进程, 且会退出 Python 进程, 并显示 `SystemExit` 实例指定的错误代码。

只有在错误指示器被设置时才需要调用这个函数, 否则这会导致错误!

如果 `set_sys_last_vars` 为非零值, 则变量 `sys.last_exc` 将被设为要打印的异常。出于向下兼容性考虑, 已弃用的变量 `sys.last_type`, `sys.last_value` 和 `sys.last_traceback` 也会被分别设为该异常的类型, 值和回溯。

在 3.12 版更改: 增加了对 `sys.last_exc` 的设置。



void **PyErr\_Print** ()

*Part of the Stable ABI.* `PyErr_PrintEx(1)` 的别名。

void **PyErr\_WriteUnraisable** (*PyObject* \*obj)

*Part of the Stable ABI.* 使用当前异常和 *obj* 参数调用 `sys.unraisablehook()`。

当异常已被设置但解释器不可能实际引发该异常时，这个工具函数会向 `sys.stderr` 打印一条警告消息。例如，当异常发生在 `__del__()` 方法中时就会使用该函数。

该函数使用单个参数 *obj* 进行调用，该参数标识发生不可触发异常的上下文。如果可能，*obj* 的报告将打印在警告消息中。

调用此函数时必须设置一个异常。

void **PyErr\_DisplayException** (*PyObject* \*exc)

*Part of the Stable ABI since version 3.12.* 将 *exc* 的标准回溯显示打印到 `sys.stderr`，包括链式异常和注释。

3.12 新版功能。

## 5.2 抛出异常

这些函数可帮助你设置当前线程的错误指示器。为了方便起见，一些函数将始终返回 `NULL` 指针，以便于 `return` 语句。

void **PyErr\_SetString** (*PyObject* \*type, const char \*message)

*Part of the Stable ABI.* 这是设置错误指示器最常用的方式。第一个参数指定异常类型；它通常为某个标准异常，例如 `PyExc_RuntimeError`。你无需为其创建新的 *strong reference* (例如使用 `Py_INCREF()`)。第二个参数是一条错误消息；它是用 `'utf-8'` 解码的。

void **PyErr\_SetObject** (*PyObject* \*type, *PyObject* \*value)

*Part of the Stable ABI.* 此函数类似于 `PyErr_SetString()`，但是允许你为异常的“值”指定任意一个 Python 对象。

*PyObject* \***PyErr\_Format** (*PyObject* \*exception, const char \*format, ...)

返回值：总是为 `NULL`。*Part of the Stable ABI.* 这个函数设置了一个错误指示器并且返回了 `NULL`，*exception* 应当是一个 Python 中的异常类。*format* 和随后的形参会帮助格式化这个错误的信息；它们与 `PyUnicode_FromFormat()` 有着相同的含义和值。*format* 是一个 ASCII 编码的字符串。

*PyObject* \***PyErr\_FormatV** (*PyObject* \*exception, const char \*format, va\_list vargs)

返回值：总是为 `NULL`。*Part of the Stable ABI since version 3.5.* 和 `PyErr_Format()` 相同，但它接受一个 *va\_list* 类型的参数而不是可变数量的参数集。

3.5 新版功能。

void **PyErr\_SetNone** (*PyObject* \*type)

*Part of the Stable ABI.* 这是 `PyErr_SetObject(type, Py_None)` 的简写。

int **PyErr\_BadArgument** ()

*Part of the Stable ABI.* 这是 `PyErr_SetString(PyExc_TypeError, message)` 的简写，其中 *message* 指出使用了非法参数调用内置操作。它主要用于内部使用。

*PyObject* \***PyErr\_NoMemory** ()

返回值：总是为 `NULL`。*Part of the Stable ABI.* 这是 `PyErr_SetNone(PyExc_MemoryError)` 的简写；它返回 `NULL`，以便当内存耗尽时，对象分配函数可以写 `return PyErr_NoMemory();`。

*PyObject* \***PyErr\_SetFromErrno** (*PyObject* \*type)

返回值：总是为 `NULL`。*Part of the Stable ABI.* 这是一个便捷函数，当在 C 库函数返回错误并设置 C 变量 *errno* 时它会引发一个异常。它构造了一个元组对象，其第一项是整数值 *errno* 而第二项是对应的错误信息（从 `strerror()` 获取），然后调用 `PyErr_SetObject(type, object)`。在 Unix 上，当 *errno* 的值为 `EINTR` 时，表示有一个中断的系统调用，这将会调用 `PyErr_CheckSignals()`，



如果它设置了错误指示符，则让其保持该设置。该函数总是返回 `NULL`，因此当系统调用返回错误时该系统调用的包装函数可以写入 `return PyErr_SetFromErrno(type);`。

**`PyObject *PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObject(PyObject *type, PyObject *filenameObject)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI. 与 `PyErr_SetFromErrno()` 类似，但如果 `filenameObject` 不为 `NULL`，它将作为第三个参数传递给 `type` 的构造函数。在 `OSError` 异常的情况下，它将被用于定义异常实例的 `filename` 属性。

**`PyObject *PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObjects(PyObject *type, PyObject *filenameObject, PyObject *filenameObject2)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI since version 3.7. 类似于 `PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObject()`，但接受第二个 `filename` 对象，用于当一个接受两个 `filename` 的函数失败时触发错误。

3.4 新版功能。

**`PyObject *PyErr_SetFromErrnoWithFilename(PyObject *type, const char *filename)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI. 类似于 `PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObject()`，但文件名以 C 字符串形式给出。 `filename` 是用 *filesystem encoding and error handler* 解码的。

**`PyObject *PyErr_SetFromWindowsError(int ierr)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7. 这是一个用于引发 `WindowsError` 的便捷函数。如果在调用传入的 `ierr` 值为 0，则会改用对 `GetLastError()` 的调用所返回的错误代码。它将调用 Win32 函数 `FormatMessage()` 来获取 `ierr` 或 `GetLastError()` 所给出的错误代码的 Windows 描述，然后构造一个元组对象，其第一项为 `ierr` 值而第二项为相应的错误消息（从 `FormatMessage()` 获取），然后调用 `PyErr_SetObject(PyExc_WindowsError, object)`。该函数将总是返回 `NULL`。

可用性：Windows。

**`PyObject *PyErr_SetExcFromWindowsError(PyObject *type, int ierr)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7. 类似于 `PyErr_SetFromWindowsError()`，额外的参数指定要触发的异常类型。

可用性：Windows。

**`PyObject *PyErr_SetFromWindowsErrorWithFilename(int ierr, const char *filename)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7. 与 `PyErr_SetFromWindowsError()` 类似，额外的不同点是如果 `filename` 不为 `NULL`，则会使用文件系统编码格式 (`os.fsdecode()`) 进行解码并作为第三个参数传递给 `OSError` 的构造器用于定义异常实例的 `filename` 属性。

可用性：Windows。

**`PyObject *PyErr_SetExcFromWindowsErrorWithFilenameObject(PyObject *type, int ierr, PyObject *filename)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7. 与 `PyErr_SetExcFromWindowsError()` 类似，额外的不同点是如果 `filename` 不为 `NULL`，它将作为第三个参数传递给 `OSError` 的构造器用于定义异常实例的 `filename` 属性。

可用性：Windows。

**`PyObject *PyErr_SetExcFromWindowsErrorWithFilenameObjects(PyObject *type, int ierr, PyObject *filename, PyObject *filename2)`**

返回值：总是为 `NULL`。Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7. 类似于 `PyErr_SetExcFromWindowsErrorWithFilenameObject()`，但是接受第二个 `filename` 对象。

可用性：Windows。

3.4 新版功能。

**`PyObject *PyErr_SetExcFromWindowsErrorWithFilename(PyObject *type, int ierr, const char *filename)`**

返回值: 总是为 `NULL`。 *Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7.* 类似于 `PyErr_SetFromWindowsErrWithFilename()` , 额外参数指定要触发的异常类型。

可用性: Windows。

*PyObject* \***PyErr\_SetImportError** (*PyObject* \*msg, *PyObject* \*name, *PyObject* \*path)

返回值: 总是为 `NULL`。 *Part of the Stable ABI since version 3.7.* 这是触发 `ImportError` 的便捷函数。`msg` 将被设为异常的消息字符串。`name` 和 `path` , (都可以为 `NULL` ) , 将用来被设置 `ImportError` 对应的属性 `name` 和 `path`。

3.3 新版功能。

*PyObject* \***PyErr\_SetImportErrorSubclass** (*PyObject* \*exception, *PyObject* \*msg, *PyObject* \*name, *PyObject* \*path)

返回值: 总是为 `NULL`。 *Part of the Stable ABI since version 3.6.* 和 `PyErr_SetImportError()` 很类似, 但这个函数允许指定一个 `ImportError` 的子类来触发。

3.6 新版功能。

void **PyErr\_SyntaxLocationObject** (*PyObject* \*filename, int lineno, int col\_offset)

设置当前异常的文件, 行和偏移信息。如果当前异常不是 `SyntaxError` , 则它设置额外的属性, 使异常打印子系统认为异常是 `SyntaxError`。

3.4 新版功能。

void **PyErr\_SyntaxLocationEx** (const char \*filename, int lineno, int col\_offset)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 类似于 `PyErr_SyntaxLocationObject()` , 但 `filename` 是用 *filesystem encoding and error handler* 解码的字节串。

3.2 新版功能。

void **PyErr\_SyntaxLocation** (const char \*filename, int lineno)

*Part of the Stable ABI.* 类似于 `PyErr_SyntaxLocationEx()` , 但省略了 `col_offset` parameter 形参。

void **PyErr\_BadInternalCall** ()

*Part of the Stable ABI.* 这是 `PyErr_SetString(PyExc_SystemError, message)` 的缩写, 其中 `message` 表示使用了非法参数调用内部操作 (例如, `Python/C API` 函数)。它主要用于内部使用。

## 5.3 发出警告

这些函数可以从 C 代码中发出警告。它们仿照了由 Python 模块 `warnings` 导出的那些函数。它们通常向 `sys.stderr` 打印一条警告信息; 当然, 用户也有可能已经指定将警告转换为错误, 在这种情况下, 它们将触发异常。也有可能由于警告机制出现问题, 使得函数触发异常。如果没有触发异常, 返回值为 0; 如果触发异常, 返回值为 -1。(无法确定是否实际打印了警告信息, 也无法确定异常触发的原因。这是故意为之)。如果触发了异常, 调用者应该进行正常的异常处理 (例如, `Py_DECREF()` 持有引用并返回一个错误值)。

int **PyErr\_WarnEx** (*PyObject* \*category, const char \*message, *Py\_ssize\_t* stack\_level)

*Part of the Stable ABI.* 发出一个警告信息。参数 `category` 是一个警告类别 (见下面) 或 `NULL`; `message` 是一个 UTF-8 编码的字符串。`stack_level` 是一个给出栈帧数量的正数; 警告将从该栈帧中当前正在执行的代码行发出。`stack_level` 为 1 的是调用 `PyErr_WarnEx()` 的函数, 2 是在此之上的函数, 以此类推。

警告类别必须是 `PyExc_Warning` 的子类, `PyExc_Warning` 是 `PyExc_Exception` 的子类; 默认警告类别是 `PyExc_RuntimeWarning`。标准 Python 警告类别作为全局变量可用, 所有其名称见 *标准警告类别*。

有关警告控制的信息, 参见模块文档 `warnings` 和命令行文档中的 `-W` 选项。没有用于警告控制的 C API。

**int PyErr\_WarnExplicitObject** (*PyObject* \*category, *PyObject* \*message, *PyObject* \*filename, int lineno, *PyObject* \*module, *PyObject* \*registry)

发出一个对所有警告属性进行显式控制的警告消息。这是位于 Python 函数 `warnings.warn_explicit()` 外层的直接包装；请查看其文档了解详情。*module* 和 *registry* 参数可被设为 `NULL` 以得到相关文档所描述的默认效果。

3.4 新版功能。

**int PyErr\_WarnExplicit** (*PyObject* \*category, const char \*message, const char \*filename, int lineno, const char \*module, *PyObject* \*registry)

*Part of the Stable ABI.* 类似于 `PyErr_WarnExplicitObject()` 不过 *message* 和 *module* 是 UTF-8 编码的字符串，而 *filename* 是由 *filesystem encoding and error handler* 解码的。

**int PyErr\_WarnFormat** (*PyObject* \*category, *Py\_ssize\_t* stack\_level, const char \*format, ...)

*Part of the Stable ABI.* 类似于 `PyErr_WarnEx()` 的函数，但使用 `PyUnicode_FromFormat()` 来格式化警告消息。*format* 是使用 ASCII 编码的字符串。

3.2 新版功能。

**int PyErr\_ResourceWarning** (*PyObject* \*source, *Py\_ssize\_t* stack\_level, const char \*format, ...)

*Part of the Stable ABI since version 3.6.* 类似于 `PyErr_WarnFormat()` 的函数，但 *category* 是 `ResourceWarning` 并且它会将 *source* 传给 `warnings.WarningMessage()`。

3.6 新版功能。

## 5.4 查询错误指示器

*PyObject* \***PyErr\_Occurred** ()

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI.* 测试是否设置了错误指示器。如已设置，则返回异常 *type* (传给对某个 `PyErr_Set*` 函数或 `PyErr_Restore()` 的最后一次调用的第一个参数)。如未设置，则返回 `NULL`。你并不会拥有对返回值的引用，因此你不需要对它执行 `Py_DECREF()`。

呼叫者必须持有 GIL。

---

**备注：** 不要将返回值与特定的异常进行比较；请改为使用 `PyErr_ExceptionMatches()`，如下所示。（比较很容易失败因为对于类异常来说，异常可能是一个实例而不是类，或者它可能是预期的异常的一个子类。）

---

**int PyErr\_ExceptionMatches** (*PyObject* \*exc)

*Part of the Stable ABI.* 等价于 `PyErr_GivenExceptionMatches(PyErr_Occurred(), exc)`。此函数应当只在实际设置了异常时才被调用；如果没有任何异常被引发则将发生非法内存访问。

**int PyErr\_GivenExceptionMatches** (*PyObject* \*given, *PyObject* \*exc)

*Part of the Stable ABI.* 如果 *given* 异常与 *exc* 中的异常类型相匹配则返回真值。如果 *exc* 是一个类对象，则当 *given* 是一个子类的实例时也将返回真值。如果 *exc* 是一个元组，则该元组（以及递归的子元组）中的所有异常类型都将被搜索进行匹配。

*PyObject* \***PyErr\_GetRaisedException** (void)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.12.* 返回当前被引发的异常，同时清除错误指示器。

此函数会被需要捕获异常的代码，或需要临时保存和恢复错误指示器的代码所使用。

例如：

```
{
    PyObject *exc = PyErr_GetRaisedException();
```

(下页继续)

(续上页)

```

/* ... code that might produce other errors ... */

PyErr_SetRaisedException(exc);
}

```

参见:

`PyErr_GetHandledException()`，保存当前正在处理的异常。

3.12 新版功能.

void **PyErr\_SetRaisedException** (*PyObject* \*exc)

*Part of the Stable ABI since version 3.12.* 将 *exc* 设为当前被引发的异常，如果已设置则清空现有的异常。

**警告:** 此调用将偷取一个对 *exc* 的引用，它必须是一个有效的异常。

3.12 新版功能.

void **PyErr\_Fetch** (*PyObject* \*\*ptype, *PyObject* \*\*pvalue, *PyObject* \*\*ptraceback)

*Part of the Stable ABI. 3.12 版后已移除:* 使用 `PyErr_GetRaisedException()` 代替。

将错误指示符提取到三个变量中并传递其地址。如果未设置错误指示符，则将三个变量都设为 NULL。如果已设置，则将其清除并且你将得到对所提取的每个对象的引用。值和回溯对象可以为 NULL 即使类型对象不为空。

**备注:** 此函数通常只被需要捕获异常或临时保存和恢复错误指示符的旧式代码所使用。

例如:

```

{
    PyObject *type, *value, *traceback;
    PyErr_Fetch(&type, &value, &traceback);

    /* ... code that might produce other errors ... */

    PyErr_Restore(type, value, traceback);
}

```

void **PyErr\_Restore** (*PyObject* \*type, *PyObject* \*value, *PyObject* \*traceback)

*Part of the Stable ABI. 3.12 版后已移除:* 请改用 `PyErr_SetRaisedException()`。

根据 *type*, *value* 和 *traceback* 这三个对象设置错误指示符，如果已设置了错误指示符则先清除它。如果三个对象均为 NULL，则清除错误指示符。请不要传入 NULL 类型和非 NULL 的值或回溯。异常类型应当是一个类。请不要传入无效的异常类型或值。(违反这些规则将导致微妙的后继问题。) 此调用会带走对每个对象的引用：你必须在调用之前拥有对每个对象的引用并且在调用之后你将不再拥有这些引用。(如果你不理解这一点，就不要使用此函数。勿谓言之不预。)

**备注:** 此函数通常只被需要临时保存和恢复错误指示符的旧代码所使用。请使用 `PyErr_Fetch()` 来保存当前的错误指示符。

void **PyErr\_NormalizeException** (*PyObject* \*\*exc, *PyObject* \*\*val, *PyObject* \*\*tb)

*Part of the Stable ABI. 3.12 版后已移除:* 请改用 `PyErr_GetRaisedException()`，以避免任何可能的去正规化。

在特定情况下，下面 `PyErr_Fetch()` 所返回的值可以是“非正规化的”，即 `*exc` 是一个类对象而 `*val` 不是同一个类的实例。在这种情况下此函数可以被用来实例化类。如果值已经是正规化的，则不做任何操作。实现这种延迟正规化是为了提升性能。

**备注：**此函数不会显式地在异常值上设置 `__traceback__` 属性。如果想要适当地设置回溯，还需要以下附加代码片段：

```
if (tb != NULL) {
    PyException_SetTraceback(val, tb);
}
```

*PyObject* **PyErr\_GetHandledException** (void)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 提取激活的异常实例，就如 `sys.exception()` 所返回的一样。这是指一个已被捕获的异常，而不是刚被引发的异常。返回一个指向该异常的新引用或者 `NULL`。不会修改解释器的异常状态。Does not modify the interpreter's exception state.

**备注：**此函数通常不会被需要处理异常的代码所使用。它可被使用的场合是当代码需要临时保存并恢复异常状态的时候。请使用 `PyErr_SetHandledException()` 来恢复或清除异常状态。

3.11 新版功能.

void **PyErr\_SetHandledException** (*PyObject* \*exc)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 设置激活的异常，就是从 `sys.exception()` 所获得的。这是指一个已被捕获的异常，而不是刚被引发的异常。要清空异常状态，请传入 `NULL`。

**备注：**此函数通常不会被需要处理异常的代码所使用。它被使用的场合是在代码需要临时保存并恢复异常状态的时候。请使用 `PyErr_GetHandledException()` 来获取异常状态。

3.11 新版功能.

void **PyErr\_GetExcInfo** (*PyObject* \*\*ptype, *PyObject* \*\*pvalue, *PyObject* \*\*ptraceback)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 提取旧式的异常信息表示形式，就是从 `sys.exc_info()` 所获得的。这是指一个已被捕获的异常，而不是刚被引发的异常。返回分别指向三个对象的新引用，其中任何一个都可以为 `NULL`。不会修改异常信息的状态。此函数是为了向下兼容而保留的。更推荐使用 `PyErr_GetHandledException()`。

**备注：**此函数通常不会被需要处理异常的代码所使用。它被使用的场合是在代码需要临时保存并恢复异常状态的时候。请使用 `PyErr_SetExcInfo()` 来恢复或清除异常状态。

3.3 新版功能.

void **PyErr\_SetExcInfo** (*PyObject* \*type, *PyObject* \*value, *PyObject* \*traceback)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 设置异常信息，就是从 `sys.exc_info()` 所获得的，这是指一个已被捕获的异常，而不是刚被引发的异常。此函数会偷取对参数的引用。要清空异常状态，请为所有三个参数传入 `NULL`。此函数是为了向下兼容而保留的。更推荐使用 `PyErr_SetHandledException()`。

**备注：**此函数通常不会被需要处理异常的代码所使用。它被使用的场合是在代码需要临时保存并恢复异常状态的情况。请使用 `PyErr_GetExcInfo()` 来读取异常状态。

3.3 新版功能.

在 3.11 版更改：type 和 traceback 参数已不再被使用并且可以为 `NULL`。解释器现在会根据异常实例（即 value 参数）来推断出它们。此函数仍然会偷取对所有三个参数的引用。



## 5.5 信号处理

**int PyErr\_CheckSignals ()**

*Part of the Stable ABI.* 这个函数与 Python 的信号处理交互。

如果在主 Python 解释器下从主线程调用该函数，它将检查是否向进程发送了信号，如果是，则发起调用相应的信号处理句柄。如果支持 `signal` 模块，则可以发起调用以 Python 编写的信号处理句柄。

该函数会尝试处理所有待处理信号，然后返回 0。但是，如果 Python 信号处理句柄引发了异常，则设置错误指示符并且函数将立即返回 -1（这样其他待处理信号可能还没有被处理：它们将在下次发起调用 `PyErr_CheckSignals()` 时被处理）。

如果函数从非主线程调用，或在非主 Python 解释器下调用，则它不执行任何操作并返回 0。

这个函数可以由希望被用户请求（例如按 Ctrl-C）中断的长时间运行的 C 代码调用。

---

**备注：**针对 SIGINT 的默认 Python 信号处理句柄会引发 `KeyboardInterrupt` 异常。

---

**void PyErr\_SetInterrupt ()**

*Part of the Stable ABI.* 模拟一个 SIGINT 信号到达的效果。这等价于 `PyErr_SetInterruptEx(SIGINT)`。

---

**备注：**此函数是异步信号安全的。它可以不带 *GIL* 并由 C 信号处理句柄来调用。

---

**int PyErr\_SetInterruptEx (int signum)**

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 模拟一个信号到达的效果。当下次 `PyErr_CheckSignals()` 被调用时，将会调用针对指定的信号编号的 Python 信号处理句柄。

此函数可由自行设置信号处理，并希望 Python 信号处理句柄会在请求中断时（例如当用户按下 Ctrl-C 来中断操作时）按照预期被发起调用的 C 代码来调用。

如果给定的信号不是由 Python 来处理的（即被设为 `signal.SIG_DFL` 或 `signal.SIG_IGN`），它将会被忽略。

如果 *signum* 在被允许的信号编号范围之外，将返回 -1。在其他情况下，则返回 0。错误指示符不会被此函数所修改。

---

**备注：**此函数是异步信号安全的。它可以不带 *GIL* 并由 C 信号处理句柄来调用。

---

3.10 新版功能.

**int PySignal\_SetWakeupFd (int fd)**

这个工具函数指定了一个每当收到信号时将被作为以单个字节的形式写入信号编号的目标的文件描述符。*fd* 必须是非阻塞的。它将返回前一个这样的文件描述符。

设置值 -1 将禁用该特性；这是初始状态。这等价于 Python 中的 `signal.set_wakeup_fd()`，但是没有任何错误检查。*fd* 应当是一个有效的文件描述符。此函数应当只从主线程来调用。

在 3.5 版更改：在 Windows 上，此函数现在也支持套接字处理。

## 5.6 Exception 类

**PyObject \*PyErr\_NewException** (const char \*name, PyObject \*base, PyObject \*dict)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 这个工具函数会创建并返回一个新的异常类。 *name* 参数必须为新异常的名称，是 module.classname 形式的 C 字符串。 *base* 和 *dict* 参数通常为 NULL。这将创建一个派生自 Exception 的类对象（在 C 中可以通过 PyExc\_Exception 访问）。

新类的 \_\_module\_\_ 属性将被设为 *name* 参数的前半部分（最后一个点号之前），而类名将被设为后半部分（最后一个点号之后）。 *base* 参数可被用来指定替代基类；它可以是一个类或是一个由类组成的元组。 *dict* 参数可被用来指定一个由类变量和方法组成的字典。

**PyObject \*PyErr\_NewExceptionWithDoc** (const char \*name, const char \*doc, PyObject \*base, PyObject \*dict)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 和 `PyErr_NewException()` 一样，除了可以轻松地将新的异常类一个文档字符串：如果 *doc* 属性非空，它将用作异常类的文档字符串。

3.2 新版功能。

## 5.7 异常对象

**PyObject \*PyException\_GetTraceback** (PyObject \*ex)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 将与异常相关联的回溯作为一个新引用返回，可以通过 \_\_traceback\_\_ 在 Python 中访问。如果没有已关联的回溯，则返回 NULL。

**int PyException\_SetTraceback** (PyObject \*ex, PyObject \*tb)

*Part of the Stable ABI*. 将异常关联的回溯设置为 *tb*。使用 Py\_None 清除它。

**PyObject \*PyException\_GetContext** (PyObject \*ex)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 将与异常相关联的上下文（在处理 *ex* 的过程中引发的另一个异常实例）作为一个新引用返回，可以通过 \_\_context\_\_ 在 Python 中访问。如果没有已关联的上下文，则返回 NULL。

**void PyException\_SetContext** (PyObject \*ex, PyObject \*ctx)

*Part of the Stable ABI*. 将与异常相关联的上下文设置为 *ctx*。使用 NULL 来清空它。没有用来确保 *ctx* 是一个异常实例的类型检查。这将窃取一个指向 *ctx* 的引用。

**PyObject \*PyException\_GetCause** (PyObject \*ex)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 将与异常相关联的原因（一个异常实例，或为 None，由 raise ... from ... 设置）作为一个新引用返回，可在从 Python 通过 \_\_cause\_\_ 来访问。

**void PyException\_SetCause** (PyObject \*ex, PyObject \*cause)

*Part of the Stable ABI*. 将与异常相关联的原因设为 *cause*。使用 NULL 来清空它。不存在类型检查用来确保 *cause* 是一个异常实例或为 None。这个偷取一个指向 *cause* 的引用。

\_\_suppress\_context\_\_ 会被此函数隐式地设为 True。

**PyObject \*PyException\_GetArgs** (PyObject \*ex)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.12*. 返回异常 *ex* 的 args。

**void PyException\_SetArgs** (PyObject \*ex, PyObject \*args)

*Part of the Stable ABI since version 3.12*. 将异常 *ex* 的 args 设为 *args*。

**PyObject \*PyUnstable\_Exc\_PrepReraiseStar** (PyObject \*orig, PyObject \*excs)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

解释器的 except\* 实现的实现部分。 *orig* 是被捕获的原始异常，而 *excs* 是由需要被引发的异常组成的列表。该列表包含 *orig* 可能存在的未被处理的部分，以及在 except\* 子句中被引发的异常

(因而它们具有与 *orig* 不同的回溯) 和被重新引发的异常 (因而它们具有与 *orig* 相同的回溯)。返回需要被最终引发的 `ExceptionGroup`, 或者如果没有要被引发的异常则返回 `None`。

3.12 新版功能.

## 5.8 Unicode 异常对象

下列函数被用于创建和修改来自 C 的 Unicode 异常。

*PyObject* \***PyUnicodeDecodeError\_Create** (const char \*encoding, const char \*object, *Py\_ssize\_t* length, *Py\_ssize\_t* start, *Py\_ssize\_t* end, const char \*reason)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 创建一个 `UnicodeDecodeError` 对象并附带 *encoding*, *object*, *length*, *start*, *end* 和 *reason* 等属性。*encoding* 和 *reason* 为 UTF-8 编码的字符串。

*PyObject* \***PyUnicodeDecodeError\_GetEncoding** (*PyObject* \*exc)

*PyObject* \***PyUnicodeEncodeError\_GetEncoding** (*PyObject* \*exc)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回给定异常对象的 *encoding* 属性

*PyObject* \***PyUnicodeDecodeError\_GetObject** (*PyObject* \*exc)

*PyObject* \***PyUnicodeEncodeError\_GetObject** (*PyObject* \*exc)

*PyObject* \***PyUnicodeTranslateError\_GetObject** (*PyObject* \*exc)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回给定异常对象的 *object* 属性

int **PyUnicodeDecodeError\_GetStart** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* \*start)

int **PyUnicodeEncodeError\_GetStart** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* \*start)

int **PyUnicodeTranslateError\_GetStart** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* \*start)

Part of the Stable ABI. 获取给定异常对象的 *start* 属性并将其放入 \*start。start 必须不为 NULL。成功时返回 0, 失败时返回 -1。

int **PyUnicodeDecodeError\_SetStart** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* start)

int **PyUnicodeEncodeError\_SetStart** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* start)

int **PyUnicodeTranslateError\_SetStart** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* start)

Part of the Stable ABI. 将给定异常对象的 *start* 属性设为 start。成功时返回 0, 失败时返回 -1。

int **PyUnicodeDecodeError\_GetEnd** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* \*end)

int **PyUnicodeEncodeError\_GetEnd** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* \*end)

int **PyUnicodeTranslateError\_GetEnd** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* \*end)

Part of the Stable ABI. 获取给定异常对象的 *end* 属性并将其放入 \*end。end 必须不为 NULL。成功时返回 0, 失败时返回 -1。

int **PyUnicodeDecodeError\_SetEnd** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* end)

int **PyUnicodeEncodeError\_SetEnd** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* end)

int **PyUnicodeTranslateError\_SetEnd** (*PyObject* \*exc, *Py\_ssize\_t* end)

Part of the Stable ABI. 将给定异常对象的 *end* 属性设为 end。成功时返回 0, 失败时返回 -1。

*PyObject* \***PyUnicodeDecodeError\_GetReason** (*PyObject* \*exc)

*PyObject* \***PyUnicodeEncodeError\_GetReason** (*PyObject* \*exc)

*PyObject* \***PyUnicodeTranslateError\_GetReason** (*PyObject* \*exc)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回给定异常对象的 *reason* 属性

int **PyUnicodeDecodeError\_SetReason** (*PyObject* \*exc, const char \*reason)

int **PyUnicodeEncodeError\_SetReason** (*PyObject* \*exc, const char \*reason)

int **PyUnicodeTranslateError\_SetReason** (*PyObject* \*exc, const char \*reason)

Part of the Stable ABI. 将给定异常对象的 *reason* 属性设为 reason。成功时返回 0, 失败时返回 -1。



## 5.9 递归控制

这两个函数提供了一种在 C 层级上进行安全的递归调用的方式，在核心模块与扩展模块中均适用。当递归代码不一定会发起调用 Python 代码（后者会自动跟踪其递归深度）时就需要用到它们。它们对于 `tp_call` 实现来说也无必要因为调用协议会负责递归处理。

int **Py\_EnterRecursiveCall** (const char \*where)

*Part of the Stable ABI since version 3.9.* 标记一个递归的 C 层级调用即将被执行的点位。

如果定义了 `USE_STACKCHECK`，此函数会使用 `PyOS_CheckStack()` 来检查 OS 栈是否溢出。在这种情况下，它将设置一个 `MemoryError` 并返回非零值。

随后此函数将检查是否达到递归限制。如果是的话，将设置一个 `RecursionError` 并返回一个非零值。在其他情况下，则返回零。

`where` 应为一个 UTF-8 编码的字符串如 " in instance check"，它将与由递归深度限制所导致的 `RecursionError` 消息相拼接。

在 3.9 版更改: 此函数现在也在受限 API 中可用。

void **Py\_LeaveRecursiveCall** (void)

*Part of the Stable ABI since version 3.9.* 结束一个 `Py_EnterRecursiveCall()`。必须针对 `Py_EnterRecursiveCall()` 的每个成功的发起调用操作执行一次调用。

在 3.9 版更改: 此函数现在也在受限 API 中可用。

正确地针对容器类型实现 `tp_repr` 需要特别的递归处理。在保护栈之外，`tp_repr` 还需要追踪对象以防止出现循环。以下两个函数将帮助完成此功能。从实际效果来说，这两个函数是 C 中对应 `reprlib.recursive_repr()` 的等价物。

int **Py\_ReprEnter** (PyObject \*object)

*Part of the Stable ABI.* 在 `tp_repr` 实现的开头被调用以检测循环。

如果对象已经被处理，此函数将返回一个正整数。在此情况下 `tp_repr` 实现应当返回一个指明发生循环的字符串对象。例如，`dict` 对象将返回 `{...}` 而 `list` 对象将返回 `[...]`。

如果已达到递归限制则此函数将返回一个负正数。在此情况下 `tp_repr` 实现通常应当返回 `NULL`。

在其他情况下，此函数将返回零而 `tp_repr` 实现将可正常继续。

void **Py\_ReprLeave** (PyObject \*object)

*Part of the Stable ABI.* 结束一个 `Py_ReprEnter()`。必须针对每个返回零的 `Py_ReprEnter()` 的发起调用操作调用一次。

## 5.10 标准异常

所有的标准 Python 异常都可作为名称为 `PyExc_` 跟上 Python 异常名称的全局变量来访问。这些变量的类型为 `PyObject*`；它们都是类对象。下面完整列出了全部的变量：

C 名称	Python 名称	备注
<code>PyExc_BaseException</code>	<code>BaseException</code>	1
<code>PyExc_Exception</code>	<code>Exception</code>	Page 58, 1
<code>PyExc_ArithmeticError</code>	<code>ArithmeticError</code>	Page 58, 1
<code>PyExc_AssertionError</code>	<code>AssertionError</code>	
<code>PyExc_AttributeError</code>	<code>AttributeError</code>	
<code>PyExc_BlockingIOError</code>	<code>BlockingIOError</code>	
<code>PyExc_BrokenPipeError</code>	<code>BrokenPipeError</code>	
<code>PyExc_BufferError</code>	<code>BufferError</code>	
<code>PyExc_ChildProcessError</code>	<code>ChildProcessError</code>	

下页继续

表 1 - 续上页

C 名称	Python 名称	备注
PyExc_ConnectionAbortedError	ConnectionAbortedError	
PyExc_ConnectionError	ConnectionError	
PyExc_ConnectionRefusedError	ConnectionRefusedError	
PyExc_ConnectionResetError	ConnectionResetError	
PyExc_EOFError	EOFError	
PyExc_FileExistsError	FileExistsError	
PyExc_FileNotFoundError	FileNotFoundError	
PyExc_FloatingPointError	FloatingPointError	
PyExc_GeneratorExit	GeneratorExit	
PyExc_ImportError	ImportError	
PyExc_IndentationError	IndentationError	
PyExc_IndexError	IndexError	
PyExc_InterruptedError	InterruptedError	
PyExc_IsADirectoryError	IsADirectoryError	
PyExc_KeyError	KeyError	
PyExc_KeyboardInterrupt	KeyboardInterrupt	
PyExc_LookupError	LookupError	Page 58, 1
PyExc_MemoryError	MemoryError	
PyExc_ModuleNotFoundError	ModuleNotFoundError	
PyExc_NameError	NameError	
PyExc_NotADirectoryError	NotADirectoryError	
PyExc_NotImplementedError	NotImplementedError	
PyExc_OSError	OSError	Page 58, 1
PyExc_OverflowError	OverflowError	
PyExc_PermissionError	PermissionError	
PyExc_ProcessLookupError	ProcessLookupError	
PyExc_RecursionError	RecursionError	
PyExc_ReferenceError	ReferenceError	
PyExc_RuntimeError	RuntimeError	
PyExc_StopAsyncIteration	StopAsyncIteration	
PyExc_StopIteration	StopIteration	
PyExc_SyntaxError	SyntaxError	
PyExc_SystemError	SystemError	
PyExc_SystemExit	SystemExit	
PyExc_TabError	TabError	
PyExc_TimeoutError	TimeoutError	
PyExc_TypeError	TypeError	
PyExc_UnboundLocalError	UnboundLocalError	
PyExc_UnicodeDecodeError	UnicodeDecodeError	
PyExc_UnicodeEncodeError	UnicodeEncodeError	
PyExc_UnicodeError	UnicodeError	
PyExc_UnicodeTranslateError	UnicodeTranslateError	
PyExc_ValueError	ValueError	
PyExc_ZeroDivisionError	ZeroDivisionError	

3.3 新版功能: PyExc\_BlockingIOError, PyExc\_BrokenPipeError, PyExc\_ChildProcessError, PyExc\_ConnectionError, PyExc\_ConnectionAbortedError, PyExc\_ConnectionRefusedError, PyExc\_ConnectionResetError, PyExc\_FileExistsError, PyExc\_FileNotFoundError, PyExc\_InterruptedError, PyExc\_IsADirectoryError, PyExc\_NotADirectoryError, PyExc\_PermissionError, PyExc\_ProcessLookupError and PyExc\_TimeoutError 介绍如下 [PEP 3151](#).

3.5 新版功能: PyExc\_StopAsyncIteration 和 PyExc\_RecursionError.

<sup>1</sup> 这是其他标准异常的基类。

3.6 新版功能: PyExc\_ModuleNotFoundError.

这些是兼容性别名 PyExc\_OSError:

C 名称	备注
PyExc_EnvironmentError	
PyExc_IOError	
PyExc_WindowsError	<sup>2</sup>

在 3.3 版更改: 这些别名曾经是单独的异常类型。

注:

## 5.11 标准警告类别

所有的标准 Python 警告类别都可以用作全局变量, 其名称为 PyExc\_ 加上 Python 异常名称。这些类型是 *PyObject\** 类型; 它们都是类对象。以下列出了全部的变量名称:

C 名称	Python 名称	备注
PyExc_Warning	Warning	<sup>3</sup>
PyExc_BytesWarning	BytesWarning	
PyExc_DeprecationWarning	DeprecationWarning	
PyExc_FutureWarning	FutureWarning	
PyExc_ImportWarning	ImportWarning	
PyExc_PendingDeprecationWarning	PendingDeprecationWarning	
PyExc_ResourceWarning	ResourceWarning	
PyExc_RuntimeWarning	RuntimeWarning	
PyExc_SyntaxWarning	SyntaxWarning	
PyExc_UnicodeWarning	UnicodeWarning	
PyExc_UserWarning	UserWarning	

3.2 新版功能: PyExc\_ResourceWarning.

注:

<sup>2</sup> 仅在 Windows 中定义; 检测是否定义了预处理程序宏 MS\_WINDOWS, 以便保护用到它的代码。

<sup>3</sup> 这是其他标准警告类别的基类。



本章中的函数执行各种实用工具任务，包括帮助 C 代码提升跨平台可移植性，在 C 中使用 Python 模块，以及解析函数参数并根据 C 中的值构建 Python 中的值等等。

## 6.1 操作系统实用工具

*PyObject* \*PyOS\_FSPath (*PyObject* \*path)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.6.* 返回 *path* 在文件系统中的表示形式。如果该对象是一个 str 或 bytes 对象，则返回一个新的 *strong reference*。如果对象实现了 os.PathLike 接口，则只要它是一个 str 或 bytes 对象就将返回 \_\_fspath\_\_()。在其他情况下将引发 TypeError 并返回 NULL。

3.6 新版功能。

int Py\_FdIsInteractive (FILE \*fp, const char \*filename)

如果名称为 *filename* 的标准 Return true (nonzero) if the standard I/O 文件 *fp* 被确认为可交互的则返回真（非零）值。所有 isatty(fileno(fp)) 为真值的文件都属于这种情况。如果 *PyConfig.interactive* 为非零值，此函数在 *filename* 指针为 NULL 或者其名称等于字符串 '<stdin>' 或 '???' 之一时也将返回真值。

此函数不可在 Python 被初始化之前调用。

void PyOS\_BeforeFork ()

*Part of the Stable ABI on platforms with fork() since version 3.7.* 在进程分叉之前准备某些内部状态的函数。此函数应当在调用 fork() 或者任何类似的克隆当前进程的函数之前被调用。只适用于定义了 fork() 的系统。

**警告：** C fork() 调用应当只在“main”线程（位于“main”解释器）中进行。对于 PyOS\_BeforeFork() 来说也是如此。

3.7 新版功能。

void PyOS\_AfterFork\_Parent ()

*Part of the Stable ABI on platforms with fork() since version 3.7.* 在进程分叉之后更新某些内部状态的函数。此函数应当在调用 fork() 或任何类似的克隆当前进程的函数之后被调用，无论进程克隆是否成功。只适用于定义了 fork() 的系统。

**警告：** C `fork()` 调用应当只在“*main*”线程（位于“*main*”解释器）中进行。对于 `PyOS_AfterFork_Parent()` 来说也是如此。

3.7 新版功能.

void **PyOS\_AfterFork\_Child()**

*Part of the Stable ABI on platforms with fork() since version 3.7.* 在进程分叉之后更新内部解释器状态的函数。此函数必须在调用 `fork()` 或任何类似的克隆当前进程的函数之后在子进程中被调用，如果该进程有机会回调到 Python 解释器的话。只适用于定义了 `fork()` 的系统。

**警告：** C `fork()` 调用应当只在“*main*”线程（位于“*main*”解释器）中进行。对于 `PyOS_AfterFork_Child()` 来说也是如此。

3.7 新版功能.

参见：

`os.register_at_fork()` 允许注册可被 `PyOS_BeforeFork()`, `PyOS_AfterFork_Parent()` 和 `PyOS_AfterFork_Child()` 调用的自定义 Python 函数。

void **PyOS\_AfterFork()**

*Part of the Stable ABI on platforms with fork().* 在进程分叉之后更新某些内部状态的函数；如果要继续使用 Python 解释器则此函数应当在新进程中被调用。如果已将一个新的可执行文件载入到新进程中，则不需要调用此函数。

3.7 版后已移除：此函数已被 `PyOS_AfterFork_Child()` 取代。

int **PyOS\_CheckStack()**

*Part of the Stable ABI on platforms with USE\_STACKCHECK since version 3.7.* 当解释器耗尽栈空间时返回真值。这是一个可靠的检查，但仅在已定义 `USE_STACKCHECK` 时可用（目前是在使用 Microsoft Visual C++ 编译器的特定 Windows 版本上）。`USE_STACKCHECK` 将被自动定义；你绝不应该在你自己的代码中改变此定义。will be defined automatically; you should never change the definition in your own code.

PyOS\_sighandler\_t **PyOS\_getsig**(int i)

*Part of the Stable ABI.* 返回信号 *i* 的当前信号处理句柄。这是一个对 `sigaction()` 或 `signal()` 的简单包装器。请勿直接调用这两个函数！`PyOS_sighandler_t` 是对应于 `void (*)(int)` 的类型定义别名。

PyOS\_sighandler\_t **PyOS\_setsig**(int i, PyOS\_sighandler\_t h)

*Part of the Stable ABI.* 将信号 *i* 的信号处理句柄设为 *h*；返回旧的信号处理句柄。这是一个对 `sigaction()` 或 `signal()` 的简单包装器。请勿直接调用这两个函数！`PyOS_sighandler_t` 是对应于 `void (*)(int)` 的类型定义别名。

wchar\_t \***Py\_DecodeLocale**(const char \*arg, size\_t \*size)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.*

**警告：** 此函数不应当被直接调用：请使用 `PyConfig` API 以及可确保对 Python 进行预初始化的 `PyConfig_SetBytesString()` 函数。

此函数不可在 This function must not be called before 对 Python 进行预初始化 之前被调用以便正确地配置 `LC_CTYPE` 语言区域：请参阅 `Py_PreInitialize()` 函数。

使用 *filesystem encoding and error handler* 来解码一个字节串。如果错误处理句柄为 `surrogateescape` 错误处理句柄，则不可解码的字节将被解码为 `U+DC80..U+DCFF` 范围内的字符；而如果一个字节序列可被解码为代理字符，则其中的字节会使用 `surrogateescape` 错误处理句柄来转义而不是解码它们。

返回一个指向新分配的由宽字符组成的字符串的指针，使用 `PyMem_RawFree()` 来释放内存。如果 `size` 不为 `NULL`，则将排除了 `null` 字符的宽字符数量写入到 `*size`

在解码错误或内存分配错误时返回 `NULL`。如果 `size` 不为 `NULL`，则 `*size` 将在内存错误时设为 `(size_t)-1` 或在解码错误时设为 `(size_t)-2`。

*filesystem encoding and error handler* 是由 `PyConfig_Read()` 来选择的：参见 `PyConfig` 的 *filesystem\_encoding* 和 *filesystem\_errors* 等成员。

解码错误绝对不应当发生，除非 C 库有程序缺陷。

请使用 `Py_EncodeLocale()` 函数来将字符串编码回字节串。

参见：

`PyUnicode_DecodeFSDefaultAndSize()` 和 `PyUnicode_DecodeLocaleAndSize()` 函数。

3.5 新版功能.

在 3.7 版更改：现在此函数在 Python UTF-8 模式下将使用 UTF-8 编码格式。

在 3.8 版更改：现在如果在 Windows 上 `PyPreConfig.legacy_windows_fs_encoding` 为零则此函数将使用 UTF-8 编码格式；

char **\*Py\_EncodeLocale** (const wchar\_t \*text, size\_t \*error\_pos)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 将一个由宽字符组成的字符串编码为 *filesystem encoding and error handler*。如果错误处理句柄为 `surrogateescape` 错误处理句柄，则在 `U+DC80..U+DCFF` 范围内的代理字符会被转换为字节值 `0x80..0xFF`。

返回一个指向新分配的字节串的指针，使用 `PyMem_Free()` 来释放内存。当发生编码错误或内存分配错误时返回 `NULL`。

如果 `error_pos` 不为 `NULL`，则成功时会将 `*error_pos` 设为 `(size_t)-1`，或是在发生编码错误时设为无效字符的索引号。

*filesystem encoding and error handler* 是由 `PyConfig_Read()` 来选择的：参见 `PyConfig` 的 *filesystem\_encoding* 和 *filesystem\_errors* 等成员。

请使用 `Py_DecodeLocale()` 函数来将字节串解码回由宽字符组成的字符串。

**警告：** 此函数不可在 `This function must not be called before` 对 *Python* 进行预初始化之前被调用以便正确地配置 `LC_CTYPE` 语言区域：请参阅 `Py_PreInitialize()` 函数。

参见：

`PyUnicode_EncodeFSDefault()` 和 `PyUnicode_EncodeLocale()` 函数。

3.5 新版功能.

在 3.7 版更改：现在此函数在 Python UTF-8 模式下将使用 UTF-8 编码格式。

在 3.8 版更改：现在如果在 Windows 上 `PyPreConfig.legacy_windows_fs_encoding` 为零则此函数将使用 UTF-8 编码格式。



## 6.2 系统功能

这些是使来自 `sys` 模块的功能可以让 C 代码访问的工具函数。它们都可用于当前解释器线程的 `sys` 模块的字典，该字典包含在内部线程状态结构体中。

**`PyObject* PySys_GetObject (const char *name)`**

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回来自 `sys` 模块的对象 `name` 或者如果它不存在则返回 `NULL`，并且不会设置异常。

**`int PySys_SetObject (const char *name, PyObject *v)`**

*Part of the Stable ABI*. 将 `sys` 模块中的 `name` 设为 `v` 除非 `v` 为 `NULL`，在此情况下 `name` 将从 `sys` 模块中被删除。成功时返回 0，发生错误时返回 -1。

**`void PySys_ResetWarnOptions ()`**

*Part of the Stable ABI*. 将 `sys.warnoptions` 重置为空列表。此函数可在 `Py_Initialize()` 之前被调用。

**`void PySys_AddWarnOption (const wchar_t *s)`**

*Part of the Stable ABI*. 此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.warnoptions`，参见 *Python 初始化配置*。

将 `s` 添加到 `sys.warnoptions`。此函数必须在 `Py_Initialize()` 之前被调用以便影响警告过滤器列表。

3.11 版后已移除。

**`void PySys_AddWarnOptionUnicode (PyObject *unicode)`**

*Part of the Stable ABI*. 此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.warnoptions`，参见 *Python 初始化配置*。

将 `unicode` 添加到 `sys.warnoptions`。

注意：目前此函数不可在 CPython 实现之外使用，因为它必须在 `Py_Initialize()` 中的 `warnings` 显式导入之前被调用，但是要等运行时已初始化到足以允许创建 `Unicode` 对象时才能被调用。

3.11 版后已移除。

**`void PySys_SetPath (const wchar_t *path)`**

*Part of the Stable ABI*. 此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.module_search_paths` 和 `PyConfig.module_search_paths_set`，参见 *Python 初始化配置*。

将 `sys.path` 设为由在 `path` 中找到的路径组成的列表对象，该参数应为使用特定平台的搜索路径分隔符（在 Unix 上为 `:`，在 Windows 上为 `;`）分隔的路径的列表。

3.11 版后已移除。

**`void PySys_WriteStdout (const char *format, ...)`**

*Part of the Stable ABI*. 将以 `format` 描述的输出字符串写入到 `sys.stdout`。不会引发任何异常，即使发生了截断（见下文）。

`format` 应当将已格式化的输出字符串的总大小限制在 1000 字节以下 -- 超过 1000 字节后，输出字符串会被截断。特别地，这意味着不应出现不受限制的 `"%s"` 格式；它们应当使用 `"%.<N>s"` 来限制，其中 `<N>` 是一个经计算使得 `<N>` 与其他已格式化文本的最大尺寸之和不会超过 1000 字节的十进制数字。还要注意 `"%f"`，它可能为非常大的数字打印出数以百计的数位。

如果发生了错误，`sys.stdout` 会被清空，已格式化的消息将被写入到真正的 (C 层级) `stdout`。

**`void PySys_WriteStderr (const char *format, ...)`**

*Part of the Stable ABI*. 类似 `PySys_WriteStdout()`，但改为写入到 `sys.stderr` 或 `stderr`。



void **PySys\_FormatStdout** (const char \*format, ...)

*Part of the Stable ABI.* 类似 `PySys_WriteStdout()` 的函数将会使用 `PyUnicode_FromFormatV()` 来格式化消息并且不会将消息截短至任意长度。

3.2 新版功能.

void **PySys\_FormatStderr** (const char \*format, ...)

*Part of the Stable ABI.* 类似 `PySys_FormatStdout()`，但改为写入到 `sys.stderr` 或 `stderr`。

3.2 新版功能.

void **PySys\_AddXOption** (const wchar\_t \*s)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.xoptions`，参见 *Python 初始化配置*。

将 `s` 解析为一个由 `-X` 选项组成的集合并将它们添加到 `PySys_GetXOptions()` 所返回的当前选项映射。此函数可以在 `Py_Initialize()` 之前被调用。

3.2 新版功能.

3.11 版后已移除.

*PyObject \****PySys\_GetXOptions** ()

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7.* 返回当前 `-X` 选项的字典，类似于 `sys._xoptions`。发生错误时，将返回 `NULL` 并设置一个异常。

3.2 新版功能.

int **PySys\_Audit** (const char \*event, const char \*format, ...)

引发一个审计事件并附带任何激活的钩子。成功时返回零值或在失败时返回非零值并设置一个异常。

如果已添加了任何钩子，则将使用 `format` 和其他参数来构造一个用入传入的元组。除 `N` 以外，在 `Py_BuildValue()` 中使用的格式字符均可使用。如果构建的值不是一个元组，它将被添加到一个单元元素元组中。（格式选项 `N` 会消耗一个引用，但是由于没有办法知道此函数的参数是否将被消耗，因此使用它可能导致引用泄漏。）

请注意 `#` 格式字符应当总是被当作 `Py_ssize_t` 来处理，无论是否定义了 `PY_SSIZE_T_CLEAN`。

`sys.audit()` 会执行与来自 Python 代码的函数相同的操作。

3.8 新版功能.

在 3.8.2 版更改：要求 `Py_ssize_t` 用于 `#` 格式字符。在此之前，会引发一个不可避免的弃用警告。

int **PySys\_AddAuditHook** (Py\_AuditHookFunction hook, void \*userData)

将可调用对象 `hook` 添加到激活的审计钩子列表。在成功时返回零而在失败时返回非零值。如果运行时已经被初始化，还会在失败时设置一个错误。通过此 API 添加的钩子会针对在运行时创建的所有解释器被调用。

`userData` 指针会被传入钩子函数。因于钩子函数可能由不同的运行时调用，该指针不应直接指向 Python 状态。

此函数可在 `Py_Initialize()` 之前被安全地调用。如果在运行时初始化之后被调用，现有的审计钩子将得到通知并可能通过引发一个从 `Exception` 子类化的错误静默地放弃操作（其他错误将不会被静默）。

这个钩子函数的类型为 `int (*)(const char *event, PyObject *args, void *userData)`，其中 `args` 会保证为 `PyTupleObject`。这个钩子函数总是会附带引发该事件的 Python 解释器所持有的 GIL 来调用。

请参阅 **PEP 578** 了解有关审计的详细描述。在运行时和标准库中会引发审计事件的函数清单见 审计事件表。更多细节见每个函数的文档。

引发一个审计事件 `sys.addaudithook`，不附带任何参数。

3.8 新版功能.

## 6.3 过程控制

void **Py\_FatalError** (const char \*message)

*Part of the Stable ABI.* 打印一个致命错误消息并杀死进程。不会执行任何清理。此函数应当仅在检测到可能令继续使用 Python 解释器会有危险的情况时被发起调用；例如对象管理已被破坏的时候。在 Unix 上，会调用标准 C 库函数 `abort()` 并将由它来尝试生成一个 core 文件。

The `Py_FatalError()` function is replaced with a macro which logs automatically the name of the current function, unless the `Py_LIMITED_API` macro is defined.

在 3.9 版更改：自动记录函数名称。

void **Py\_Exit** (int status)

*Part of the Stable ABI.* 退出当前进程。这将调用 `Py_FinalizeEx()` 然后再调用标准 C 库函数 `exit(status)`。如果 `Py_FinalizeEx()` 提示错误，退出状态将被设为 120。

在 3.6 版更改：来自最终化的错误不会再被忽略。

int **Py\_AtExit** (void (\*func)())

*Part of the Stable ABI.* 注册一个由 `Py_FinalizeEx()` 调用的清理函数。调用清理函数将不传入任何参数且不应返回任何值。最多可以注册 32 个清理函数。当注册成功时，`Py_AtExit()` 将返回 0；失败时，它将返回 -1。最后注册的清理函数会最先被调用。每个清理函数将至多被调用一次。由于 Python 的内部最终化将在清理函数之前完成，因此 Python API 不应被 `func` 调用。

## 6.4 导入模块

*PyObject* \***PyImport\_ImportModule** (const char \*name)

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 这是下面 `PyImport_ImportModuleEx()` 的简化版接口，将 `globals` 和 `locals` 参数设为 NULL 并将 `level` 设为 0。当 `name` 参数包含一个点号（即指定了一个包的子模块）时，`fromlist` 参数会被设为列表 `['*']` 这样返回值将为所指定的模块而不像在其他情况下那样为包含模块的最高层级包。（不幸的是，这在 `name` 实际上是指定一个子包而非子模块时将有一个额外的副作用：在包的 `__all__` 变量中指定的子模块会被加载。）返回一个对所导入模块的新引用，或是在导入失败时返回 NULL 并设置一个异常。模块导入失败同模块不会留在 `sys.modules` 中。

该函数总是使用绝对路径导入。

*PyObject* \***PyImport\_ImportModuleNoBlock** (const char \*name)

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 该函数是 `PyImport_ImportModule()` 的一个被遗弃的别名。

在 3.3 版更改：在导入锁被另一线程掌控时此函数会立即失败。但是从 Python 3.3 起，锁方案在大多数情况下都已切换为针对每个模块加锁，所以此函数的特殊行为已无必要。

*PyObject* \***PyImport\_ImportModuleEx** (const char \*name, *PyObject* \*globals, *PyObject* \*locals, *PyObject* \*fromlist)

返回值：新的引用。导入一个模块。请参阅内置 Python 函数 `__import__()` 获取完善的相关描述。

返回值是一个对所导入模块或最高层级包的新引用，或是在导入失败时则为 NULL 并设置一个异常。与 `__import__()` 类似，当请求一个包的子模块时返回值通常为该最高层级包，除非给出了一个非空的 `fromlist`。

导入失败将移动不完整的模块对象，就像 `PyImport_ImportModule()` 那样。

*PyObject* \***PyImport\_ImportModuleLevelObject** (*PyObject* \*name, *PyObject* \*globals, *PyObject* \*locals, *PyObject* \*fromlist, int level)

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 导入一个模块。关于此函数的最佳说明请参考内置 Python 函数 `__import__()`，因为标准 `__import__()` 函数会直接调用此函数。

返回值是一个对所导入模块或最高层级包的新引用，或是在导入失败时则为 NULL 并设置一个异常。与 `__import__()` 类似，当请求一个包的子模块时返回值通常为该最高层级包，除非给出了一个非空的 *fromlist*。

3.3 新版功能.

*PyObject* \*PyImport\_ImportModuleLevel (const char \*name, *PyObject* \*globals, *PyObject* \*locals, *PyObject* \*fromlist, int level)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 类似于 `PyImport_ImportModuleLevelObject()`，但其名称为 UTF-8 编码的字符串而不是 Unicode 对象。

在 3.3 版更改：不再接受 *level* 为负数值。

*PyObject* \*PyImport\_Import (*PyObject* \*name)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 这是一个调用了当前“导入钩子函数”的更高层级接口（显式指定 *level* 为 0，表示绝对导入）。它将发起调用当前全局作用域下 `__builtins__` 中的 `__import__()` 函数。这意味着将使用当前环境下安装的任何导入钩子来完成导入。

该函数总是使用绝对路径导入。

*PyObject* \*PyImport\_ReloadModule (*PyObject* \*m)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 重载一个模块。返回一个指向被重载模块的新引用，或者在失败时返回 NULL 并设置一个异常（在此情况下模块仍然会存在）。

*PyObject* \*PyImport\_AddModuleObject (*PyObject* \*name)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7*. 返回对应于某个模块名称的模块对象。*name* 参数的形式可以为 `package.module`。如果存在 `modules` 字典则首先检查该字典，如果找不到，则创建一个新模块并将其插入到 `modules` 字典。在失败时返回 NULL 并设置一个异常。

---

**备注：**此函数不会加载或导入指定模块；如果模块还未被加载，你将得到一个空的模块对象。请使用 `PyImport_ImportModule()` 或它的某个变体形式来导入模块。*name* 使用带点号名称的包结构如果尚不存在则不会被创建。

---

3.3 新版功能.

*PyObject* \*PyImport\_AddModule (const char \*name)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 类似于 `PyImport_AddModuleObject()`，但其名称为 UTF-8 编码的字符串而不是 Unicode 对象。object.

*PyObject* \*PyImport\_ExecCodeModule (const char \*name, *PyObject* \*co)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 给定一个模块名称（可能为 `package.module` 形式）和一个从 Python 字节码文件读取或从内置函数 `compile()` 获取的代码对象，加载该模块。返回对该模块对象的新引用，或者如果发生错误则返回 NULL 并设置一个异常。在发生错误的情况下 *name* 会从 `sys.modules` 中被移除，即使 *name* 在进入 `PyImport_ExecCodeModule()` 时已存在于 `sys.modules` 中。在 `sys.modules` 中保留未完全初始化的模块是危险的，因为导入这样的模块没有办法知道模块对象是否处于一种未知的（对于模块作者的意图来说可能是已损坏的）状态。

模块的 `__spec__` 和 `__loader__` 如果尚未设置的话，将被设为适当的值。相应 `spec` 的加载器（如果已设置）将被设为模块的 `__loader__` 而在其他情况下将被设为 `SourceFileLoader` 的实例。

模块的 `__file__` 属性将被设为代码对象的 `co_filename`。如果适用，还将设置 `__cached__`。

如果模块已被导入则此函数将重载它。请参阅 `PyImport_ReloadModule()` 了解重载模块的预定方式。

如果 *name* 指向一个形式为 `package.module` 的带点号的名称，则任何尚未创建的包结构仍然不会被创建。

另请参阅 `PyImport_ExecCodeModuleEx()` 和 `PyImport_ExecCodeModuleWithPathnames()`。

在 3.12 版更改：`__cached__` 和 `__loader__` 的设置已被弃用。替代设置参见 `ModuleSpec`。

*PyObject* \*PyImport\_ExecCodeModuleEx (const char \*name, *PyObject* \*co, const char \*pathname)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). 类似于 `PyImport_ExecCodeModule()`, 但如果 `pathname` 不为 NULL 则会被设为模块对象的 `__file__` 属性的值。

参见 `PyImport_ExecCodeModuleWithPathnames()`。

*PyObject* \*PyImport\_ExecCodeModuleObject (*PyObject* \*name, *PyObject* \*co, *PyObject* \*pathname, *PyObject* \*cpathname)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. 类似于 `PyImport_ExecCodeModuleEx()`, 但如果 `cpathname` 不为 NULL 则会被设为模块对象的 `__cached__` 值。在三个函数中, 这是推荐使用的一个。

3.3 新版功能.

在 3.12 版更改: `__cached__` 的设置已被弃用。替代设置参见 `ModuleSpec`。

*PyObject* \*PyImport\_ExecCodeModuleWithPathnames (const char \*name, *PyObject* \*co, const char \*pathname, const char \*cpathname)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). 类似于 `PyImport_ExecCodeModuleObject()`, 但 `name`, `pathname` 和 `cpathname` 为 UTF-8 编码的字符串。如果 `pathname` 也被设为 NULL 则还会尝试根据 `cpathname` 推断出前者的值。

3.2 新版功能.

在 3.3 版更改: 如果只提供了字节码路径则会使用 `imp.source_from_cache()` 来计算源路径。

在 3.12 版更改: 不再使用已移除的 `imp` 模块。

long PyImport\_GetMagicNumber ()

Part of the [Stable ABI](#). 返回 Python 字节码文件 (即 `.pyc` 文件) 的魔数。此魔数应当存在于字节码文件的开头四个字节中, 按照小端字节序。出错时返回 -1。

在 3.3 版更改: 失败时返回值 -1。

const char \*PyImport\_GetMagicTag ()

Part of the [Stable ABI](#). 针对 [PEP 3147](#) 格式的 Python 字节码文件名返回魔术标签字符串。请记住在 `sys.implementation.cache_tag` 上的值是应当被用来代替此函数的更权威的值。

3.2 新版功能.

*PyObject* \*PyImport\_GetModuleDict ()

返回值: 借入的引用。Part of the [Stable ABI](#). 返回用于模块管理的字典 (即 `sys.modules`)。请注意这是针对每个解释器的变量。

*PyObject* \*PyImport\_GetModule (*PyObject* \*name)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#) since version 3.8. 返回给定名称的已导入模块。如果模块尚未导入则返回 NULL 但不会设置错误。如果查找失败则返回 NULL 并设置错误。

3.7 新版功能.

*PyObject* \*PyImport\_GetImporter (*PyObject* \*path)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). 返回针对一个 `sys.path/pkg.__path__` 中条目 `path` 的查找器对象, 可能会从 `sys.path_importer_cache` 字典中获取。如果它尚未被缓存, 则会遍历 `sys.path_hooks` 直至找到一个能处理该路径条目的钩子。如果没有可用的钩子则返回 None; 这将告知调用方 *path based finder* 无法为该路径条目找到查找器。结果将缓存到 `sys.path_importer_cache` 中。返回一个指向查找器对象的新引用。

int PyImport\_ImportFrozenModuleObject (*PyObject* \*name)

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. 加载名称为 `name` 的已冻结模块。成功时返回 1, 如果未找到模块则返回 0, 如果初始化失败则返回 -1 并设置一个异常。要在加载成功后访问被导入的模块, 请使用 `PyImport_ImportModule()`。(请注意此名称有误导性 --- 如果模块已被导入此函数将重载它。)

3.3 新版功能.

在 3.4 版更改: `__file__` 属性将不再在模块上设置。



**int PyImport\_ImportFrozenModule** (const char \*name)

*Part of the Stable ABI.* 类似于 `PyImport_ImportFrozenModuleObject()`，但其名称为 UTF-8 编码的字符串而不是 Unicode 对象。

**struct \_frozen**

这是针对已冻结模块描述器的结构类型定义，与由 **freeze** 工具所生成的一致（请参看 Python 源代码发行版中的 `Tools/freeze/`）。其定义可在 `Include/import.h` 中找到：

```
struct _frozen {
    const char *name;
    const unsigned char *code;
    int size;
    bool is_package;
};
```

在 3.11 版更改：新的 `is_package` 字段指明模块是否为一个包。这替代了将 `size` 设为负值的做法。

**const struct \_frozen \*PyImport\_FrozenModules**

该指针被初始化为指向一个 `_frozen` 记录的数组，以一个所有成员均为 NULL 或零的记录表示结束。当一个冻结模块被导入时，它将在表中被搜索。第三方代码可以利用此方式来提供动态创建的冻结模块集。

**int PyImport\_AppendInittab** (const char \*name, *PyObject* \*(\*initfunc)(void))

*Part of the Stable ABI.* 向现有的内置模块表添加一个模块。这是对 `PyImport_ExtendInittab()` 的便捷包装，如果无法扩展表则返回 -1。新的模块可使用名称 *name* 来导入，并使用函数 *initfunc* 作为在第一次尝试导入时调用的初始化函数。此函数应当在 `Py_Initialize()` 之前调用。

**struct \_inittab**

描述内置模块列表中一个单独条目的结构体。嵌入 Python 的程序可以将这些结构体的数组与 `PyImport_ExtendInittab()` 结合使用以提供额外的内置模块。该结构体由两个成员组成：

**const char \*name**

模块名称，为一个 ASCII 编码的字符串。

**int PyImport\_ExtendInittab** (struct *\_inittab* \*newtab)

向内置模块表添加一组模块。*newtab* 数组必须以一个包含 NULL 作为 *name* 字段的哨兵条目结束；未提供哨兵值可能导致内存错误。成功时返回 0 或者如果无法分配足够内存来扩展内部表则返回 -1。当失败时，将不会向内部表添加任何模块。该函数必须在 `Py_Initialize()` 之前调用。

如果 Python 要被多次初始化，则 `PyImport_AppendInittab()` 或 `PyImport_ExtendInittab()` 必须在每次 Python 初始化之前调用。

## 6.5 数据 marshal 操作支持

这些例程允许 C 代码处理与 `marshal` 模块所用相同数据格式的序列化对象。其中有些函数可用来将数据写入这种序列化格式，另一些函数则可用来读取并恢复数据。用于存储 `marshal` 数据的文件必须以二进制模式打开。

数字值在存储时会最低位字节放在开头。

此模块支持两种数据格式版本：第 0 版为历史版本，第 1 版本会在文件和 `marshal` 反序列化中共享固化的字符串。第 2 版本会对浮点数使用二进制格式。`Py_MARSHAL_VERSION` 指明了当前文件的格式（当前取值为 2）。

**void PyMarshal\_WriteLongToFile** (long value, FILE \*file, int version)

将一个 long 整数 *value* 以 `marshal` 格式写入 *file*。这将只写入 *value* 中最低的 32 个比特位；无论本机的 long 类型的大小如何。*version* 指明文件格式的版本。

此函数可能失败，在这种情况下它半设置错误提示符。请使用 `PyErr_Occurred()` 进行检测。

**void PyMarshal\_WriteObjectToFile** (*PyObject* \*value, FILE \*file, int version)

将一个 Python 对象 *value* 以 marshal 格式写入 *file*。 *version* 指明文件格式的版本。

此函数可能失败，在这种情况下它半设置错误提示符。请使用 *PyErr\_Occurred()* 进行检测。

*PyObject* \***PyMarshal\_WriteObjectToString** (*PyObject* \*value, int version)

返回值：新的引用。 返回一个包含 *value* 的 marshal 表示形式的字节串对象。 *version* 指明文件格式的版本。

以下函数允许读取并恢复存储为 marshal 格式的值。

**long PyMarshal\_ReadLongFromFile** (FILE \*file)

从打开用于读取的 FILE\* 对应的数据流返回一个 C long。使用此函数只能读取 32 位的值，无论本机 long 类型的大小如何。

发生错误时，将设置适当的异常 (EOFError) 并返回 -1。

**int PyMarshal\_ReadShortFromFile** (FILE \*file)

从打开用于读取的 FILE\* 对应的数据流返回一个 C short。使用此函数只能读取 16 位的值，无论本机 short 类型的大小如何。

发生错误时，将设置适当的异常 (EOFError) 并返回 -1。

*PyObject* \***PyMarshal\_ReadObjectFromFile** (FILE \*file)

返回值：新的引用。 从打开用于读取的 FILE\* 对应的数据流返回一个 Python 对象。

发生错误时，将设置适当的异常 (EOFError, ValueError 或 TypeError) 并返回 NULL。

*PyObject* \***PyMarshal\_ReadLastObjectFromFile** (FILE \*file)

返回值：新的引用。 从打开用于读取的 FILE\* 对应的数据流返回一个 Python 对象。不同于 *PyMarshal\_ReadObjectFromFile()*，此函数假定将不再从该文件读取更多的对象，允许其将文件数据积极地载入内存，以便反序列化过程可以在内存中的数据上操作而不是每次从文件读取一个字节。只有当你确定不会再从文件读取任何内容时方可使用此形式。

发生错误时，将设置适当的异常 (EOFError, ValueError 或 TypeError) 并返回 NULL。

*PyObject* \***PyMarshal\_ReadObjectFromString** (const char \*data, *Py\_ssize\_t* len)

返回值：新的引用。 从包含指向 *data* 的 *len* 个字节的字节缓冲区对应的数据流返回一个 Python 对象。

发生错误时，将设置适当的异常 (EOFError, ValueError 或 TypeError) 并返回 NULL。

## 6.6 解析参数并构建值变量

在创建你自己的扩展函数和方法时，这些函数是有用的。其它的信息和样例见 *extending-index*。

这些函数描述的前三个，*PyArg\_ParseTuple()*，*PyArg\_ParseTupleAndKeywords()*，以及 *PyArg\_Parse()*，它们都使用 格式化字符串 来将函数期待的参数告知函数。这些函数都使用相同语法规则的格式化字符串。

### 6.6.1 解析参数

一个格式化字符串包含 0 或者更多的格式单元。一个格式单元用来描述一个 Python 对象；它通常是一个字符或者由括号括起来的格式单元序列。除了少数例外，一个非括号序列的格式单元通常对应这些函数的具有单一地址的参数。在接下来的描述中，双引号内的表达式是格式单元；圆括号 () 内的是对应这个格式单元的 Python 对象类型；方括号 [] 内的是传递的 C 变量 (变量集) 类型。

## 字符串和缓存区

这些格式允许将对象按照连续的内存块形式进行访问。你没必要提供返回的 `unicode` 字符或者字节区的原始数据存储。

除非另有说明，缓冲区是不会以空终止的。

有三种办法可以将字符串和缓冲区转换到 C 类型：

- 像 `y*` 和 `s*` 这样的格式会填充一个 `Py_buffer` 结构体。这将锁定下层缓冲区以便调用者随后使用这个缓冲区即使是在 `Py_BEGIN_ALLOW_THREADS` 块中也不会有可变数据因大小调整或销毁所带来的风险。因此，在你结束处理数据（或任何更早的中止场景）之前 **你必须调用 `PyBuffer_Release()`**。
- `es`, `es#`, `et` 和 `et#` 等格式会分配结果缓冲区。在你结束处理数据（或任何更早的中止场景）之后 **你必须调用 `PyMem_Free()`**。
- 其他格式接受一个 `str` 或只读的 *bytes-like object*，如 `bytes`，并向其缓冲区提供一个 `const char *` 指针。在缓冲区是“被借入”的情况下：它将由对应的 Python 对象来管理，并共享此对象的生命期。你不需要自行释放任何内存。

为确保下层缓冲区可以安全地被借入，对象的 `PyBufferProcs.bf_releasebuffer` 字段必须为 `NULL`。这将不允许普通的可变对象如 `bytearray`，以及某些只读对象如 `bytes` 的 `memoryview`。

在这个 `bf_releasebuffer` 要求以外，没有用于验证输入对象是否为不可变对象的检查（例如它是否会接受可写缓冲区的请求，或者另一个线程是否能改变此数据）。

---

**备注：**对于所有 `#` 格式的变体（`s#`、`y#` 等），宏 `PY_SSIZE_T_CLEAN` 必须在包含 `Python.h` 之前定义。在 Python 3.9 及更早版本上，如果定义了 `PY_SSIZE_T_CLEAN` 宏，则长度参数的类型为 `Py_ssize_t`，否则为 `int`。

---

**`s(str) [const char *]`** 将一个 `Unicode` 对象转换成一个指向字符串的 C 指针。一个指针指向一个已经存在的字符串，这个字符串存储的是传如的字符指针变量。C 字符串是已空结束的。Python 字符串不能包含嵌入的无效的代码点；如果由，一个 `ValueError` 异常会被引发。`Unicode` 对象被转化成 `'utf-8'` 编码的 C 字符串。如果转换失败，一个 `UnicodeError` 异常被引发。

---

**备注：**这个表达式不接受 *bytes-like objects*。如果你想接受文件系统路径并将它们转化成 C 字符串，建议使用 `O&` 表达式配合 `PyUnicode_FSConverter()` 作为转化函数。

---

在 3.5 版更改：以前，当 Python 字符串中遇到了嵌入的 `null` 代码点会引发 `TypeError`。

**`s*(str or bytes-like object) [Py_buffer]`** 这个表达式既接受 `Unicode` 对象也接受类字节类型对象。它为由调用者提供的 `Py_buffer` 结构赋值。这里结果的 C 字符串可能包含嵌入的 `NUL` 字节。`Unicode` 对象通过 `'utf-8'` 编码转化成 C 字符串。

**`s#(str, read-only bytes-like object) [const char *, Py_ssize_t]`** 像是 `s*`，区别在于它提供了一个借入的缓冲区。结果存储在两个 C 变量中，第一个是指向 C 字符串的指针，第二个是其长度。该字符串可能包含嵌入的空字节。`Unicode` 对象会使用 `'utf-8'` 编码格式转换为 C 字符串。

**`z(str or None) [const char *]`** 与 `s` 类似，但 Python 对象也可能为 `None`，在这种情况下，C 指针设置为 `NULL`。

**`z*(str, bytes-like object or None) [Py_buffer]`** 与 `s*` 类似，但 Python 对象也可能为 `None`，在这种情况下，`Py_buffer` 结构的 `buf` 成员设置为 `NULL`。

**`z#(str, read-only bytes-like object 或者 None) [const char *, Py_ssize_t]`** 与 `s#` 类似，但 Python 对象也可能为 `None`，在这种情况下，C 指针设置为 `NULL`。

**`y(read-only bytes-like object) [const char *]`** 这个格式会将一个类字节对象转换为一个指向借入的字符串的 C 指针；它不接受 `Unicode` 对象。字节缓冲区不可包含嵌入的空字节；如果包含这样的内容，将会引发 `ValueError` 异常。exception is raised.

在 3.5 版更改：以前，当字节缓冲区中遇到了嵌入的 `null` 字节会引发 `TypeError`。

**y\*** (*bytes-like object*) [`Py_buffer`] `s*` 的变式, 不接受 Unicode 对象, 只接受类字节类型变量。这是接受二进制数据的推荐方法。

**y#** (*read-only bytes-like object*) [`const char *`, `Py_ssize_t`] `s#` 的变式, 不接受 Unicode 对象, 只接受类字节类型变量。

**S** (`bytes`) [`PyBytesObject *`] 要求 Python 对象为 `bytes` 对象, 不尝试进行任何转换。如果该对象不为 `bytes` 对象则会引发 `TypeError`。C 变量也可被声明为 `PyObject*`。

**Y** (`bytearray`) [`PyByteArrayObject *`] 要求 Python 对象为 `bytearray` 对象, 不尝试进行任何转换。如果该对象不为 `bytearray` 对象则会引发 `TypeError`。C 变量也可被声明为 `PyObject*`。

**U** (`str`) [`PyObject *`] 要求 Python 对象为 Unicode 对象, 不尝试进行任何转换。如果该对象不为 Unicode 对象则会引发 `TypeError`。C 变量也可被声明为 `PyObject*`。

**w\*** (*可读写 bytes-like object*) [`Py_buffer`] 这个表达式接受任何实现可读写缓存区接口的对象。它为调用者提供的 `Py_buffer` 结构赋值。缓冲区可能存在嵌入的 `null` 字节。当缓冲区使用完后调用者需要调用 `PyBuffer_Release()`。

**es** (`str`) [`const char *encoding`, `char **buffer`] `s` 的变式, 它将编码后的 Unicode 字符存入字符缓冲区。它只处理没有嵌 NUL 字节的已编码数据。

此格式需要两个参数。第一个仅用作输入, 并且必须为 `const char*`, 它指向一个以 NUL 结束的字符串表示的编码格式名称, 或者为 `NULL`, 这种情况会使用 `'utf-8'` 编码格式。如果 Python 无法识别指定的编码格式则会引发异常。第二个参数必须为 `char**`; 它所引用的指针值将被设为带有参数文本内容的缓冲区。文本将以第一个参数所指定的编码格式进行编码。

`PyArg_ParseTuple()` 会分配一个足够大小的缓冲区, 将编码后的数据拷贝进这个缓冲区并且设置 `*buffer` 引用这个新分配的内存空间。调用者有责任在使用后调用 `PyMem_Free()` 去释放已经分配的缓冲区。

**et** (`str`, `bytes` 或 `bytearray`) [`const char *encoding`, `char **buffer`] 和 `es` 相同, 除了不用重编码传入的字符串对象。相反, 它假设传入的参数是编码后的字符串类型。

**es#** (`str`) [`const char *encoding`, `char **buffer`, `Py_ssize_t *buffer_length`] `s#` 的变式, 它将已编码的 Unicode 字符存入字符缓冲区。不像 `es` 表达式, 它允许传入的数据包含 NUL 字符。

它需要三个参数。第一个仅用作输入, 并且必须为 `const char*`, 它指向一个以 NUL 结束的字符串表示的编码格式名称, 或者为 `NULL`, 这种情况会使用 `'utf-8'` 编码格式。如果 Python 无法识别指定的编码格式则会引发异常。第二个参数必须为 `char**`; 它所引用的指针值将被设为带有参数文本内容的缓冲区。文本将以第一个参数所指定的编码格式进行编码。第三个参数必须为指向一个整数的指针; 被引用的整数将被设为输出缓冲区中的字节数。

有两种操作方式:

如果 `*buffer` 指向 `NULL` 指针, 则函数将分配所需大小的缓冲区, 将编码的数据复制到此缓冲区, 并设置 `*buffer` 以引用新分配的存储。呼叫者负责调用 `PyMem_Free()` 以在使用后释放分配的缓冲区。

如果 `*buffer` 指向非 `NULL` 指针 (已分配的缓冲区), 则 `PyArg_ParseTuple()` 将使用此位置作为缓冲区, 并将 `*buffer_length` 的初始值解释为缓冲区大小。然后, 它将编码的数据复制到缓冲区, 并终止它。如果缓冲区不够大, 将设置一个 `ValueError`。

在这两个例子中, `*buffer_length` 被设置为编码后结尾不为 NUL 的数据的长度。

**et#** (`str`, `bytes` 或 `bytearray`) [`const char *encoding`, `char **buffer`, `Py_ssize_t *buffer_length`] 和 `es#` 相同, 除了不用重编码传入的字符串对象。相反, 它假设传入的参数是编码后的字符串类型。

在 3.12 版更改: `u`, `u#`, `Z` 和 `Z#` 已被移除因为它们只用于旧式的 `Py_UNICODE*` 表示形式。



## 数字

**b(int) [unsigned char]** 将非负的 Python 整数转换为无符号的微整数，存储为一个 C unsigned char。

**B(int) [unsigned char]** 将 Python 整数转换为微整数并且不进行溢出检查，存储为一个 C unsigned char。

**h(int) [short int]** 将 Python 整数转换为 C short int。

**H(int) [unsigned short int]** 将 Python 整数转换为 C unsigned short int，不进行溢出检查。

**i(int) [int]** 将 Python 整数转换为 C int。

**I(int) [unsigned int]** 将 Python 整数转换为 C unsigned int，不进行溢出检查。

**l(int) [long int]** 将 Python 整数转换为 C long int。

**k(int) [unsigned long]** 将 Python 整数转换为 C unsigned long，不进行溢出检查。

**L(int) [long long]** 将 Python 整数转换为 C long long。

**K(int) [unsigned long long]** 将 Python 整数转换为 C:C:expr:'unsigned long-long'，而不进行溢出检查。

**n(int) [Py\_ssize\_t]** 将一个 Python 整型转化成一个 C Py\_ssize\_t Python 元大小类型。

**c(bytes 或者 bytearray 长度为 1) [char]** 将一个 Python 字节类型，如一个长度为 1 的 bytes 或 bytearray 对象，转换为 C char。

在 3.3 版更改：允许 bytearray 类型的对象。

**C(str 长度为 1) [int]** 将一个 Python 字符，如一个长度为 1 的 str 对象，转换为 C int。

**f(float) [float]** 将一个 Python 浮点数转换为 C float。

**d(float) [double]** 将一个 Python 浮点数转换为 C double。

**D(complex) [Py\_complex]** 将一个 Python 复数类型转化成一个 C Py\_complex Python 复数类型。

## 其他对象

**O(object) [PyObject\*]** 将 Python 对象（未经任何转换）存储到一个 C 对象指针中。这样 C 程序就能接收到实际传递的对象。对象的新 *strong reference* 不会被创建（即其引用计数不会增加）。存储的指针将不为 NULL。

**O!(object) [typeobject, PyObject\*]** 将一个 Python 对象存入一个 C 对象指针。这类似于 O，但是接受两个 C 参数：第一个是 Python 类型对象的地址，第二个是存储对象指针的 C 变量（类型为 PyObject\*）。如果 Python 对象不具有所要求的类型，则会引发 TypeError。

**O&(object) [converter, anything]** 通过 converter 函数将 Python 对象转换为 C 变量。这需要两个参数：第一个是函数，第二个是 C 变量（任意类型）的地址，转换为 void\*。转换器函数依次调用如下：

```
status = converter(object, address);
```

其中 object 是待转换的 Python 对象而 address 为传给 PyArg\_Parse\* 函数的 void\* 参数。返回的 status 应当以 1 代表转换成功而以 0 代表转换失败。当转换失败时，converter 函数应当引发异常并让 address 的内容保持未修改状态。

如果 converter 返回 Py\_CLEANUP\_SUPPORTED，则如果参数解析最终失败，它可能会再次调用该函数，从而使转换器有机会释放已分配的任何内存。在第二个调用中，object 参数将为 NULL；因此，该参数将为 NULL；因此，该参数将为 NULL，因此，该参数将为 NULL（如果值）为 NULL address 的值与原始呼叫中的值相同。

在 3.1 版更改：Py\_CLEANUP\_SUPPORTED 被添加。

**p(bool) [int]** 测试传入的值是否为真（一个布尔判断）并且将结果转化为相对应的 C true/false 整型值。如果表达式为真置 1，假则置 0。它接受任何合法的 Python 值。参见 truth 获取更多关于 Python 如何测试值为真的信息。

3.3 新版功能。

**(items) (tuple) [matching-items]** 对象必须是 Python 序列，它的长度是 *items* 中格式单元的数量。C 参数必须对应 *items* 中每一个独立的格式单元。序列中的格式单元可能有嵌套。

传递“long”整型（取值超出平台的 `LONG_MAX` 限制的整形）是可能的，然而不会进行适当的范围检测 --- 当接受字段太小而接收不到值时，最高有效比特位会被静默地截断（实际上，该语义是继承自 C 的向下转换 --- 你的计数可能会发生变化）。

格式化字符串中还有一些其他的字符具有特殊的涵义。这些可能并不嵌套在圆括号中。它们是：

| 表明在 Python 参数列表中剩下的参数都是可选的。C 变量对应的可选参数需要初始化为默认值——当一个可选参数没有指定时，`PyArg_ParseTuple()` 不能访问相应的 C 变量（变量集）的内容。

\$ `PyArg_ParseTupleAndKeywords()` only: 表明在 Python 参数列表中剩下的参数都是强制关键字参数。当前，所有强制关键字参数都必须也是可选参数，所以格式化字符串中 | 必须一直在 \$ 前面。

3.3 新版功能.

: 格式单元的列表结束标志；冒号后的字符串被用来作为错误消息中的函数名 (`PyArg_ParseTuple()` 函数引发的“关联值”异常)。

; 格式单元的列表结束标志；分号后的字符串被用来作为错误消息取代默认的错误消息。: 和 ; 相互排斥。

请注意提供给调用者的任何 Python 对象引用都是 借入引用；不要释放它们（即不要递减它们的引用计数）！

传递给这些函数的附加参数必须是由格式化字符串确定的变量的地址；这些都是用来存储输入元组的值。有一些情况，如上面的格式单元列表中所描述的，这些参数作为输入值使用；在这种情况下，它们应该匹配指定的相应的格式单元。

为了让转换成功，*arg* 对象必须匹配格式并且格式必须被用尽。当成功时，`PyArg_Parse*` 函数将返回真值，否则将返回假值并引发适当的异常。当 `PyArg_Parse*` 函数由于某个格式单元转换出错而失败时，该格式单元及其后续格式单元对应的地址上的变量都将保持原样。

## API 函数

`int PyArg_ParseTuple (PyObject *args, const char *format, ...)`

*Part of the Stable ABI.* 解析一个函数的参数，表达式中的参数按参数位置顺序存入局部变量中。成功返回 true；失败返回 false 并且引发相应的异常。

`int PyArg_VaParse (PyObject *args, const char *format, va_list vargs)`

*Part of the Stable ABI.* 和 `PyArg_ParseTuple()` 相同，然而它接受一个 `va_list` 类型的参数而不是可变数量的参数集。

`int PyArg_ParseTupleAndKeywords (PyObject *args, PyObject *kw, const char *format, char *keywords[], ...)`

*Part of the Stable ABI.* 分析将位置参数和关键字参数同时转换为局部变量的函数的参数。*keywords* 参数是关键字参数名称的 NULL 终止数组。空名称表示 *positional-only parameters*。成功时返回 true；发生故障时，它将返回 false 并引发相应的异常。

在 3.6 版更改：添加了 *positional-only parameters* 的支持。

`int PyArg_VaParseTupleAndKeywords (PyObject *args, PyObject *kw, const char *format, char *keywords[], va_list vargs)`

*Part of the Stable ABI.* 和 `PyArg_ParseTupleAndKeywords()` 相同，然而它接受一个 `va_list` 类型的参数而不是可变数量的参数集。

`int PyArg_ValidateKeywordArguments (PyObject*)`

*Part of the Stable ABI.* 确保字典中的关键字参数都是字符串。这个函数只被使用于 `PyArg_ParseTupleAndKeywords()` 不被使用的情况下，后者已经不再做这样的检查。

3.2 新版功能.

`int PyArg_Parse (PyObject *args, const char *format, ...)`

*Part of the Stable ABI.* 函数被用来析构“旧类型”函数的参数列表——这些函数使用的 METH\_OLDARGS 参数解析方法已从 Python 3 中移除。这不被推荐用于新代码的参数解析，并且在标准解释器中的大多数代码已被修改，已不再用于该目的。它仍然方便于分解其他元组，然而可能因为这个目的被继续使用。

`int PyArg_UnpackTuple (PyObject *args, const char *name, Py_ssize_t min, Py_ssize_t max, ...)`

*Part of the Stable ABI.* 一个更简单的形参提取形式，它不使用格式字符串来指定参数类型。使用此方法来提取其形参的函数应当在函数或方法表中声明为 METH\_VARARGS。包含实际形参的元组应当作为 *args* 传入；它必须确实是一个元组。该元组的长度必须至少为 *min* 且不超过 *max*；*min* 和 *max* 可能相等。额外的参数必须被传给函数，每个参数应当是一个指向 *PyObject\** 变量的指针；它们将来自 *args* 的值来填充；它们将包含借入引用。对应于 *args* 未给出的可选形参的变量不会被填充；它们应当由调用方来初始化。此函数在执行成功时返回真值而在 *args* 不为元组或包含错误数量的元素时返回假值；如果执行失败则还将设置一个异常。

这是一个使用该函数的示例，取自 `_weakref` 弱引用辅助模块的源代码：

```
static PyObject *
weakref_ref(PyObject *self, PyObject *args)
{
    PyObject *object;
    PyObject *callback = NULL;
    PyObject *result = NULL;

    if (PyArg_UnpackTuple(args, "ref", 1, 2, &object, &callback)) {
        result = PyWeakref_NewRef(object, callback);
    }
    return result;
}
```

这个例子中调用 `PyArg_UnpackTuple()` 完全等价于调用 `PyArg_ParseTuple()`：

```
PyArg_ParseTuple(args, "O|O:ref", &object, &callback)
```

## 6.6.2 创建变量

`PyObject *Py_BuildValue (const char *format, ...)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 基于类似 `PyArg_Parse*` 函数族所接受内容的格式字符串和一个值序列来创建一个新值。返回该值或在发生错误的情况下返回 `NULL`；如果返回 `NULL` 则将引发一个异常。

`Py_BuildValue()` 并不一直创建一个元组。只有当它的格式化字符串包含两个或更多的格式单元才会创建一个元组。如果格式化字符串是空，它返回 `None`；如果它包含一个格式单元，它返回由格式单元描述的任一对象。用圆括号包裹格式化字符串可以强制它返回一个大小为 0 或者 1 的元组。

当内存缓存区的数据以参数形式传递用来构建对象时，如 `s` 和 `s#` 格式单元，会拷贝需要的数据。调用者提供的缓冲区从来都不会被由 `Py_BuildValue()` 创建的对象来引用。换句话说，如果你的代码调用 `malloc()` 并且将分配的内存空间传递给 `Py_BuildValue()`，你的代码就有责任在 `Py_BuildValue()` 返回时调用 `free()`。

在下面的描述中，双引号的表达式使格式单元；圆括号 `()` 内的是格式单元将要返回的 Python 对象类型；方括号 `[]` 内的是传递的 C 变量（变量集）的类型。

字符例如空格，制表符，冒号和逗号在格式化字符串中会被忽略（但是不包括格式单元，如 `s#`）。这可以使很长的格式化字符串具有更好的可读性。

**s (str 或 None) [const char \*]** 使用 'utf-8' 编码将空终止的 C 字符串转换为 Python `str` 对象。如果 C 字符串指针为 `NULL`，则使用 `None`。

**s# (str 或 None) [const char \*, Py\_ssize\_t]** 使用 'utf-8' 编码将 C 字符串及其长度转换为 Python `str` 对象。如果 C 字符串指针为 `NULL`，则长度将被忽略，并返回 `None`。

- y (bytes) [const char \*]** 这将 C 字符串转换为 Python bytes 对象。如果 C 字符串指针为 NULL，则返回 None。
- y# (bytes) [const char \*, Py\_ssize\_t]** 这会将 C 字符串及其长度转换为一个 Python 对象。如果该 C 字符串指针为 NULL，则返回 None。
- z (str or None) [const char \*]** 和 s 一样。
- z# (str 或 None) [const char \*, Py\_ssize\_t]** 和 s# 一样。
- u (str) [const wchar\_t \*]** 将空终止的 wchar\_t 的 Unicode (UTF-16 或 UCS-4) 数据缓冲区转换为 Python Unicode 对象。如果 Unicode 缓冲区指针为 NULL，则返回 None。
- u# (str) [const wchar\_t \*, Py\_ssize\_t]** 将 Unicode (UTF-16 或 UCS-4) 数据缓冲区及其长度转换为 Python Unicode 对象。如果 Unicode 缓冲区指针为 NULL，则长度将被忽略，并返回 None。
- U (str 或 None) [const char \*]** 和 s 一样。
- U# (str 或 None) [const char \*, Py\_ssize\_t]** 和 s# 一样。
- i (int) [int]** 将一个基本 C int 转换为 Python 整数对象。
- b (int) [char]** 将一个基本 C char 转换为 Python 整数对象。
- h (int) [short int]** 将一个基本 C short int 转换为 Python 整数对象。
- l (int) [long int]** 将一个 C long int 转换为 Python 整数对象。
- B (int) [unsigned char]** 将一个 C unsigned char 转换为 Python 整数对象。
- H (int) [unsigned short int]** 将一个 C unsigned short int 转换为 Python 整数对象。
- I (int) [unsigned int]** 将一个 C unsigned int 转换为 Python 整数对象。
- k (int) [unsigned long]** 将一个 C unsigned long 转换为 Python 整数对象。
- L (int) [long long]** 将一个 C long long 转换为 Python 整数对象。
- K (int) [unsigned long long]** 将一个 C unsigned long long 转换为 Python 整数对象。
- n (int) [Py\_ssize\_t]** 将一个 C Py\_ssize\_t 类型转化为 Python 整型。
- c (bytes 长度为 1) [char]** 将一个代表单个字节的 C int 转换为长度为 1 的 Python bytes 对象。
- C (str 长度为 1) [int]** 将一个代表单个字符的 C int 转换为长度为 1 的 Python str 对象。
- d (float) [double]** 将一个 C double 转换为 Python 浮点数。
- f (float) [float]** 将一个 C float 转换为 Python 浮点数。
- D (complex) [Py\_complex \*]** 将一个 C Py\_complex 类型的结构转化为 Python 复数类型。
- O (object) [PyObject \*]** 原封不动地传递一个 Python 对象，但为其创建一个新的 *strong reference* (即其引用计数加一)。如果传入的对象是一个 NULL 指针，则会假定这是因为产生该参数的调用发现了错误并设置了异常。因此，`Py_BuildValue()` 将返回 NULL 但不会引发异常。如果尚未引发异常，则会设置 `SystemError`。
- S (object) [PyObject \*]** 和 O 相同。
- N (object) [PyObject \*]** 与 O 相同，但它不会创建新的 *strong reference*。如果对象是通过调用参数列表中的对象构造器来创建的则该方法将很有用处。
- O& (object) [converter, anything]** 通过 *converter* 函数将 *anything* 转换为 Python 对象。该函数在调用时附带 *anything* (它应当兼容 `void*`) 作为其参数并且应返回一个“新的” Python 对象，或者如果发生错误则返回 NULL。
- (items) (tuple) [matching-items]** 将一个 C 变量序列转换成 Python 元组并保持相同的元素数量。
- [items] (list) [相关的元素]** 将一个 C 变量序列转换成 Python 列表并保持相同的元素数量。
- {items} (dict) [相关的元素]** 将一个 C 变量序列转换成 Python 字典。每一对连续的 C 变量对作为一个元素插入字典中，分别作为关键字和值。
- 如果格式字符串中出现错误，则设置 `SystemError` 异常并返回 NULL。



*PyObject* \*Py\_VaBuildValue (const char \*format, va\_list args)

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 和Py\_BuildValue() 相同，然而它接受一个 va\_list 类型的参数而不是可变数量的参数集。

## 6.7 字符串转换与格式化

用于数字转换和格式化字符串输出的函数

int PyOS\_snprintf (char \*str, size\_t size, const char \*format, ...)

Part of the Stable ABI. 根据格式字符串 format 和额外参数，输出不超过 size 个字节到 str。参见 Unix 手册页面 snprintf(3)。

int PyOS\_vsnprintf (char \*str, size\_t size, const char \*format, va\_list va)

Part of the Stable ABI. 根据格式字符串 format 和变量参数列表 va，输出不超过 size 个字节到 str。参见 Unix 手册页面 vsnprintf(3)。

PyOS\_snprintf() 和PyOS\_vsnprintf() 包装 C 标准库函数 snprintf() 和 vsnprintf()。它们的目的是保证在极端情况下的一致行为，而标准 C 的函数则不然。

此包装器会确保 str[size-1] 在返回时始终为 '\0'。它们从不写入超过 size 字节 (包括末尾的 '\0') 到 str。两个函数都要求 str != NULL, size > 0, format != NULL 且 size < INT\_MAX。请注意这意味着不存在可确定所需缓冲区大小的 C99 n = snprintf(NULL, 0, ...) 的等价物。

这些函数的返回值 (rv) 应按照以下规则被解释：

- 当  $0 \leq rv < size$  时，输出转换即成功并将 rv 个字符写入到 str (不包括末尾 str[rv] 位置的 '\0' 字节)。
- 当  $rv \geq size$  时，输出转换会被截断并且需要一个具有  $rv + 1$  字节的缓冲区才能成功执行。在此情况下 str[size-1] 为 '\0'。
- 当  $rv < 0$  时，”会发生不好的事情。”在此情况下 str[size-1] 也为 '\0'，但 str 的其余部分是未定义的。错误的确切原因取决于底层平台。

以下函数提供与语言环境无关的字符串到数字转换。

double PyOS\_string\_to\_double (const char \*s, char \*\*endptr, PyObject \*overflow\_exception)

Part of the Stable ABI. 将字符串 s 转换为 double 类型，失败时会引发 Python 异常。接受的字符串集合对应于可被 Python 的 float() 构造器所接受的字符集集合，除了 s 必须没有前导或尾随空格。转换必须独立于当前的语言区域。

如果 endptr 是 NULL，转换整个字符串。引发 ValueError 并且返回 -1.0 如果字符串不是浮点数的有效的表达方式。

如果 endptr 不是 NULL，尽可能多的转换字符串并将 \*endptr 设置为指向第一个未转换的字符。如果字符串的初始段不是浮点数的有效的表达方式，将 \*endptr 设置为指向字符串的开头，引发 ValueError 异常，并且返回 -1.0。

如果 s 表示一个太大而不能存储在一个浮点数中的值（比方说，"1e500" 在许多平台上是一个字符串）然后如果 overflow\_exception 是 NULL 返回 Py\_HUGE\_VAL（用适当的符号）并且不设置任何异常。在其他方面，overflow\_exception 必须指向一个 Python 异常对象；引发异常并返回 -1.0。在这两种情况下，设置 \*endptr 指向转换值之后的第一个字符。

如果在转换期间发生任何其他错误（比如一个内存不足的错误），设置适当的 Python 异常并且返回 -1.0。

3.1 新版功能.

char \*PyOS\_double\_to\_string (double val, char format\_code, int precision, int flags, int \*ptype)

Part of the Stable ABI. 将 double val 转换为一个使用给定的 format\_code, precision 和 flags 的字符串。

格式码必须是以下其中之一，'e', 'E', 'f', 'F', 'g', 'G' 或者 'r'。对于 'r'，提供的精度必须是 0。'r' 格式码指定了标准函数 repr() 格式。

*flags* 可以为零或者其他值 `Py_DTST_SIGN`, `Py_DTST_ADD_DOT_0` 或 `Py_DTST_ALT` 或其组合:

- `Py_DTST_SIGN` 表示总是在返回的字符串前附加一个符号字符, 即使 *val* 为非负数。
- `Py_DTST_ADD_DOT_0` 表示确保返回的字符串看起来不像是一个整数。
- `Py_DTST_ALT` 表示应用“替代的”格式化规则。相关细节请参阅 `PyOS_snprintf()` ‘#’ 定义文档。

如果 *ptype* 不为 `NULL`, 则它指向的值将被设为 `Py_DTST_FINITE`, `Py_DTST_INFINITE` 或 `Py_DTST_NAN` 中的一个, 分别表示 *val* 是一个有限数字、无限数字或非数字。

返回值是一个指向包含转换后字符串的 *buffer* 的指针, 如果转换失败则为 `NULL`。调用方要负责调用 `PyMem_Free()` 来释放返回的字符串。

3.1 新版功能.

`int PyOS_stricmp (const char *s1, const char *s2)`

不区分大小写的字符串比较。除了忽略大小写之外, 该函数的工作方式与 `strcmp()` 相同。

`int PyOS_strnicmp (const char *s1, const char *s2, Py_ssize_t size)`

不区分大小写的字符串比较。除了忽略大小写之外, 该函数的工作方式与 `strncmp()` 相同。

## 6.8 反射

*PyObject* \*`PyEval_GetBuiltins` (void)

返回值: 借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回当前执行帧中内置函数的字典, 如果当前没有帧正在执行, 则返回线程状态的解释器。

*PyObject* \*`PyEval_GetLocals` (void)

返回值: 借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回当前执行帧中局部变量的字典, 如果没有当前执行的帧则返回 `NULL`。

*PyObject* \*`PyEval_GetGlobals` (void)

返回值: 借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回当前执行帧中全局变量的字典, 如果没有当前执行的帧则返回 `NULL`。

*PyFrameObject* \*`PyEval_GetFrame` (void)

返回值: 借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回当前线程状态的帧, 如果没有当前执行的帧则返回 `NULL`。

另请参阅 `PyThreadState_GetFrame()`。

`const char` \*`PyEval_GetFuncName` (*PyObject* \*func)

*Part of the Stable ABI*. 如果 *func* 是函数、类或实例对象, 则返回它的名称, 否则返回 *func* 的类型的名称。

`const char` \*`PyEval_GetFuncDesc` (*PyObject* \*func)

*Part of the Stable ABI*. 根据 *func* 的类型返回描述字符串。返回值包括函数和方法的“()”, “constructor”, “instance” 和 “object”。与 `PyEval_GetFuncName()` 的结果连接, 结果将是 *func* 的描述。

## 6.9 编解码器注册与支持功能

`int PyCodec_Register (PyObject *search_function)`

*Part of the Stable ABI.* 注册一个新的编解码器搜索函数。

作为其附带影响，如果 `encodings` 包尚未加载，则会尝试加载它，以确保它在搜索函数列表中始终排在第一位。

`int PyCodec_Unregister (PyObject *search_function)`

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 注销一个编解码器搜索函数并清空注册表缓存。如果指定搜索函数未被注册，则不做任何操作。成功时返回 0。出错时引发一个异常并返回 -1。

3.10 新版功能。

`int PyCodec_KnownEncoding (const char *encoding)`

*Part of the Stable ABI.* 根据注册的给定 `encoding` 的编解码器是否已存在而返回 1 或 0。此函数总能成功。

`PyObject *PyCodec_Encode (PyObject *object, const char *encoding, const char *errors)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 泛型编解码器基本编码 API。

`object` 使用由 `errors` 所定义的错误处理方法传递给 `encoding` 的编码器函数。`errors` 可以为 NULL 表示使用为编码器所定义的默认方法。如果找不到编码器则会引发 `LookupError`。

`PyObject *PyCodec_Decode (PyObject *object, const char *encoding, const char *errors)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 泛型编解码器基本解码 API。

`object` 使用由 `errors` 所定义的错误处理方法传递给 `encoding` 的解码器函数。`errors` 可以为 NULL 表示使用为编解码器所定义的默认方法。如果找不到编解码器则会引发 `LookupError`。

### 6.9.1 Codec 查找 API

在下列函数中，`encoding` 字符串会被查找并转换为小写字母形式，这使得通过此机制查找编码格式实际上对大小写不敏感。如果未找到任何编解码器，则将设置 `KeyError` 并返回 NULL。

`PyObject *PyCodec_Encoder (const char *encoding)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 为给定的 `encoding` 获取一个编码器函数。

`PyObject *PyCodec_Decoder (const char *encoding)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 为给定的 `encoding` 获取一个解码器函数。

`PyObject *PyCodec_IncrementalEncoder (const char *encoding, const char *errors)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 为给定的 `encoding` 获取一个 `IncrementalEncoder` 对象。

`PyObject *PyCodec_IncrementalDecoder (const char *encoding, const char *errors)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 为给定的 `encoding` 获取一个 `IncrementalDecoder` 对象。

`PyObject *PyCodec_StreamReader (const char *encoding, PyObject *stream, const char *errors)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 为给定的 `encoding` 获取一个 `StreamReader` 工厂函数。

`PyObject *PyCodec_StreamWriter (const char *encoding, PyObject *stream, const char *errors)`

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 为给定的 `encoding` 获取一个 `StreamWriter` 工厂函数。

## 6.9.2 用于 Unicode 编码错误处理程序的注册表 API

`int PyCodec_RegisterError (const char *name, PyObject *error)`

*Part of the Stable ABI.* 在给定的 *name* 之下注册错误处理回调函数 *error*。该回调函数将在一个编解码器遇到无法编码的字符/无法解码的字节数据并且 *name* 被指定为 `encode/decode` 函数调用的 *error* 形参时由该编解码器来调用。

该回调函数会接受一个 `UnicodeEncodeError`, `UnicodeDecodeError` 或 `UnicodeTranslateError` 的实例作为单独参数, 其中包含关于有问题字符或字节序列及其在原始序列的偏移量信息 (请参阅 *Unicode 异常对象* 了解提取此信息的函数详情)。该回调函数必须引发给定的异常, 或者返回一个包含有问题序列及相应替换序列的二元组, 以及一个表示偏移量的整数, 该整数指明应在什么位置上恢复编码/解码操作。

成功则返回 0, 失败则返回 -1。

`PyObject *PyCodec_LookupError (const char *name)`

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 查找在 *name* 之下注册的错误处理回调函数。作为特例还可以传入 `NULL`, 在此情况下将返回针对“strict”的错误处理回调函数。

`PyObject *PyCodec_StrictErrors (PyObject *exc)`

返回值: 总是为 `NULL`。 *Part of the Stable ABI.* 引发 *exc* 作为异常。

`PyObject *PyCodec_IgnoreErrors (PyObject *exc)`

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 忽略 unicode 错误, 跳过错误的输入。

`PyObject *PyCodec_ReplaceErrors (PyObject *exc)`

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 使用 `?` 或 `U+FFFD` 替换 unicode 编码错误。

`PyObject *PyCodec_XMLCharRefReplaceErrors (PyObject *exc)`

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 使用 XML 字符引用替换 unicode 编码错误。

`PyObject *PyCodec_BackslashReplaceErrors (PyObject *exc)`

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 使用反斜杠转义符 (`\x`, `\u` 和 `\U`) 替换 unicode 编码错误。

`PyObject *PyCodec_NameReplaceErrors (PyObject *exc)`

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7.* 使用 `\N{...}` 转义符替换 unicode 编码错误。

3.5 新版功能。

## 6.10 对 Perf Maps 的支持

在受支持的平台上 (在撰写本文档时, 只有 Linux), 运行时可以利用 *perf map* 文件来使得 Python 函数对于外部性能分析工具可见 (例如 *perf* 等)。正在运行的进行可以在 `/tmp` 目录中创建一个文件, 其中包含可将部分可执行代码映射到特定名称的条目。本接口的描述参见 *Linux Perf 工具文档*。

在 Python 中, 这些辅助 API 可供依赖于动态生成机器码的库和特性使用。

请注意这些 API 并不要求持有全局解释器锁 (GIL)。

`int PyUnstable_PerfMapState_Init (void)`

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

打开 `/tmp/perf-$pid.map` 文件, 除非它已经被打开, 并创建一个锁来确保线程安全地写入该文件 (如果写入是通过 `PyUnstable_WritePerfMapEntry()` 执行的)。通常, 没有必要显式地调用此函数; 只需使用 `PyUnstable_WritePerfMapEntry()` 这样它将在第一次调用时初始化状态。



成功时返回 0，创建/打开 perf map 文件失败时返回 -1，或者创建锁失败时返回 -2。可检查 `errno` 获取有关失败原因的更多信息。

**int PyUnstable\_WritePerfMapEntry** (const void \*code\_addr, unsigned int code\_size, const char \*entry\_name)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

向 `/tmp/perf-$pid.map` 文件写入一个单独条目。此函数是线程安全的。下面显示了一个示例条目：

```
# address      size  name
7f3529fcf759 b     py::bar:/run/t.py
```

将在写入条目之前调用 `PyUnstable_PerfMapState_Init()`，如果 perf map 文件尚未打开。成功时返回 0，或者在失败时返回与 `PyUnstable_PerfMapState_Init()` 相同的错误代码。

**void PyUnstable\_PerfMapState\_Fini** (void)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

关闭 `PyUnstable_PerfMapState_Init()` 所打开的 perf map 文件。此函数会在解释器关闭期间由运行时本身调用。通常，应该没有理由显式地调用此函数，除了处理特殊场景例如分叉操作。



## 抽象对象层

本章中的函数与 Python 对象交互，无论其类型，或具有广泛类的对象类型（例如，所有数值类型，或所有序列类型）。当使用对象类型并不适用时，他们会产生一个 Python 异常。

这些函数是不可能用于未正确初始化的对象的，如一个列表对象被 `PyList_New()` 创建，但其中的项目没有被设置为一些非 NULL 的值。

## 7.1 对象协议

*PyObject* \*Py\_NotImplemented

NotImplemented 单例，用于标记某个操作没有针对给定类型组合的实现。

## Py\_RETURN\_NOTIMPLEMENTED

正确处理从 C 语言函数中返回 *Py\_NotImplemented* 的问题（即新建一个指向 NotImplemented 的 *strong reference* 并返回它）。

## int PyObject\_Print (PyObject \*o, FILE \*fp, int flags)

打印对象 *o* 到文件 *fp*。出错时返回 -1。flags 参数被用于启用特定的打印选项。目前唯一支持的选项是 Py\_PRINT\_RAW；如果给出该选项，则将写入对象的 `str()` 而不是 `repr()`。

## int PyObject\_HasAttr (PyObject \*o, PyObject \*attr\_name)

*Part of the Stable ABI.* 如果 *o* 带有属性 *attr\_name*，则返回 1，否则返回 0。这相当于 Python 表达式 `hasattr(o, attr_name)`。此函数总是成功。

**备注：**在调用 `__getattr__()` 和 `__getattribute__()` 方法时发生的异常将被静默地忽略。想要进行适当的错误处理，请改用 `PyObject_GetAttr()`。

## int PyObject\_HasAttrString (PyObject \*o, const char \*attr\_name)

*Part of the Stable ABI.* 这与 `PyObject_HasAttr()` 相同，但 *attr\_name* 被指定为 `const char*` UTF-8 编码的字节串，而不是 `PyObject*`。

**备注：**在调用 `__getattr__()` 和 `__getattribute__()` 方法时或者在创建临时 `str` 对象期间发生的异常将被静默地忽略。想要进行适当的处理，请改用 `PyObject_GetAttrString()`。

*PyObject \****PyObject\_GetAttr** (*PyObject \*o*, *PyObject \*attr\_name*)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 从对象 *o* 中读取名为 *attr\_name* 的属性。成功返回属性值, 失败则返回 NULL。这相当于 Python 表达式 *o.attr\_name*。

*PyObject \****PyObject\_GetAttrString** (*PyObject \*o*, const char \**attr\_name*)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 这与 *PyObject\_GetAttr()* 相同, 但 *attr\_name* 被指定为 const char\* UTF-8 编码的字节串, 而不是 *PyObject\**。

*PyObject \****PyObject\_GenericGetAttr** (*PyObject \*o*, *PyObject \*name*)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 通用的属性获取函数, 用于放入类型对象的 *tp\_getattro* 槽中。它在类的字典中 (位于对象的 MRO 中) 查找某个描述符, 并在对象的 *\_\_dict\_\_* 中查找某个属性。正如 descriptors 所述, 数据描述符优先于实例属性, 而非数据描述符则不优先。失败则会触发 *AttributeError*。

int **PyObject\_SetAttr** (*PyObject \*o*, *PyObject \*attr\_name*, *PyObject \*v*)

Part of the Stable ABI. 将对象 *o* 中名为 *attr\_name* 的属性值设为 *v*。失败时引发异常并返回 -1; 成功时返回 0。这相当于 Python 语句 *o.attr\_name = v*。

如果 *v* 为 NULL, 该属性将被删除。此行为已被弃用而应改用 *PyObject\_DelAttr()*, 但目前还没有移除它的计划。

int **PyObject\_SetAttrString** (*PyObject \*o*, const char \**attr\_name*, *PyObject \*v*)

Part of the Stable ABI. 这与 *PyObject\_SetAttr()* 相同, 但 *attr\_name* 被指定为 const char\* UTF-8 编码的字节串, 而不是 *PyObject\**。

如果 *v* 为 NULL, 该属性将被删除, 但是此功能已被弃用而应改用 *PyObject\_DelAttrString()*。

int **PyObject\_GenericSetAttr** (*PyObject \*o*, *PyObject \*name*, *PyObject \*value*)

Part of the Stable ABI. 通用的属性设置和删除函数, 用于放入类型对象的 *tp\_setattro* 槽。它在类的字典中 (位于对象的 MRO 中) 查找数据描述器, 如果找到, 则将比在实例字典中设置或删除属性优先执行。否则, 该属性将在对象的 *\_\_dict\_\_* 中设置或删除。如果成功将返回 0, 否则将引发 *AttributeError* 并返回 -1。

int **PyObject\_DelAttr** (*PyObject \*o*, *PyObject \*attr\_name*)

删除对象 *o* 中名为 *attr\_name* 的属性。失败时返回 -1。这相当于 Python 语句 *del o.attr\_name*。

int **PyObject\_DelAttrString** (*PyObject \*o*, const char \**attr\_name*)

这与 *PyObject\_DelAttr()* 相同, 但 *attr\_name* 被指定为 const char\* UTF-8 编码的字节串, 而不是 *PyObject\**。

*PyObject \****PyObject\_GenericGetDict** (*PyObject \*o*, void \**context*)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI since version 3.10. *\_\_dict\_\_* 描述符的获取函数的一种通用实现。必要时会创建该字典。

此函数还可能被调用以获取对象 *o* 的 *\_\_dict\_\_*。当调用它时可传入 NULL 作为 *context*。由于此函数可能需要为字典分配内存, 所以在访问对象上的属性时调用 *PyObject\_GetAttr()* 可能会更为高效。

当失败时, 将返回 NULL 并设置一个异常。

3.3 新版功能.

int **PyObject\_GenericSetDict** (*PyObject \*o*, *PyObject \*value*, void \**context*)

Part of the Stable ABI since version 3.7. *\_\_dict\_\_* 描述符设置函数的一种通用实现。这里不允许删除该字典。

3.3 新版功能.

*PyObject \*\****PyObject\_GetDictPtr** (*PyObject \*obj*)

返回一个指向对象 *obj* 的 *\_\_dict\_\_* 的指针。如果不存在 *\_\_dict\_\_*, 则返回 NULL 并且不设置异常。

此函数可能需要为字典分配内存, 所以在访问对象上的属性时调用 *PyObject\_GetAttr()* 可能会更为高效。

**PyObject\*PyObject\_RichCompare** (PyObject \*o1, PyObject \*o2, int opid)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 使用由 *opid* 指定的操作来比较 *o1* 和 *o2* 的值，操作必须为 *Py\_LT*, *Py\_LE*, *Py\_EQ*, *Py\_NE*, *Py\_GT* 或 *Py\_GE* 中的一个，分别对应于 *<*, *<=*, *==*, *!=*, *>* 或 *>=*。这等价于 Python 表达式 *o1 op o2*，其中 *op* 是与 *opid* 对应的运算符。成功时返回比较结果值，失败时返回 NULL。

**int PyObject\_RichCompareBool** (PyObject \*o1, PyObject \*o2, int opid)

*Part of the Stable ABI.* 使用由 *opid* 指定的操作来比较 *o1* 和 *o2* 的值，操作必须为 *Py\_LT*, *Py\_LE*, *Py\_EQ*, *Py\_NE*, *Py\_GT* 或 *Py\_GE* 中的一个，分别对应于 *<*, *<=*, *==*, *!=*, *>* 或 *>=*。失败时返回 -1，结果为假值时返回 0，否则返回 1。这等价于 Python 表达式 *o1 op o2*，其中 *op* 是与 *opid* 对应的运算符。

---

**备注：** 如果 *o1* 和 *o2* 是同一个对象，*PyObject\_RichCompareBool()* 将总是为 *Py\_EQ* 返回 1 并为 *Py\_NE* 返回 0。

---

**PyObject\*PyObject\_Format** (PyObject \*obj, PyObject \*format\_spec)

*Part of the Stable ABI.* 格式 *obj* 使用 *format\_spec*。这等价于 Python 表达式 *format(obj, format\_spec)*。

*format\_spec* 可以为 NULL。在此情况下调用将等价于 *format(obj)*。成功时返回已格式化的字符串，失败时返回 NULL。

**PyObject\*PyObject\_Repr** (PyObject \*o)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 计算对象 *o* 的字符串形式。成功时返回字符串，失败时返回 NULL。这相当于 Python 表达式 *repr(o)*。由内置函数 *repr()* 调用。

在 3.4 版更改：该函数现在包含一个调试断言，用以确保不会静默地丢弃活动的异常。

**PyObject\*PyObject\_ASCII** (PyObject \*o)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 与 *PyObject\_Repr()* 一样，计算对象 *o* 的字符串形式，但在 *PyObject\_Repr()* 返回的字符串中用 *\x*、*\u* 或 *\U* 转义非 ASCII 字符。这将生成一个类似于 Python 2 中由 *PyObject\_Repr()* 返回的字符串。由内置函数 *ascii()* 调用。

**PyObject\*PyObject\_Str** (PyObject \*o)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 计算对象 *o* 的字符串形式。成功时返回字符串，失败时返回 NULL。这相当于 Python 表达式 *str(o)*。由内置函数 *str()* 调用，因此也由 *print()* 函数调用。

在 3.4 版更改：该函数现在包含一个调试断言，用以确保不会静默地丢弃活动的异常。

**PyObject\*PyObject\_Bytes** (PyObject \*o)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 计算对象 *o* 的字节形式。失败时返回 NULL，成功时返回一个字节串对象。这相当于 *o* 不是整数时的 Python 表达式 *bytes(o)*。与 *bytes(o)* 不同的是，当 *o* 是整数而不是初始为 0 的字节串对象时，会触发 *TypeError*。

**int PyObject\_IsSubclass** (PyObject \*derived, PyObject \*cls)

*Part of the Stable ABI.* 如果 *derived* 类与 *cls* 类相同或为其派生类，则返回 1，否则返回 0。如果出错则返回 -1。

如果 *cls* 是元组，则会对 *cls* 进行逐项检测。如果至少有一次检测返回 1，结果将为 1，否则将是 0。

正如 **PEP 3119** 所述，如果 *cls* 带有 *\_\_subclasscheck\_\_()* 方法，将会被调用以确定子类的状态。否则，如果 *derived* 是个直接或间接子类，即包含在 *cls.\_\_mro\_\_* 中，那么它就是 *cls* 的一个子类。

通常只有类对象（即 *type* 或派生类的实例）才被视为类。但是，对象可以通过设置 *\_\_bases\_\_* 属性（必须是基类的元组）来覆盖这一点。

**int PyObject\_IsInstance** (PyObject \*inst, PyObject \*cls)

*Part of the Stable ABI.* 如果 *inst* 是 *cls* 类或其子类的实例，则返回 1，如果不是则返回 0。如果出错则返回 -1 并设置一个异常。

如果 *cls* 是元组，则会对 *cls* 进行逐项检测。如果至少有一次检测返回 1，结果将为 1，否则将是 0。

正如 [PEP 3119](#) 所述，如果 *cls* 带有 `__subclasscheck__()` 方法，将会被调用以确定子类的状态。否则，如果 *derived* 是 *cls* 的子类，那么它就是 *cls* 的一个实例。

实例 *inst* 可以通过 `__class__` 属性来覆盖其所属的类。

对象 *cls* 可以通过设置 `__bases__` 属性（该属性必须是基类的元组）来覆盖其是否会被视为类，及其有哪些基类。

**Py\_hash\_t PyObject\_Hash (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 计算并返回对象的哈希值 *o*。失败时返回 -1。这相当于 Python 表达式 `hash(o)`。

在 3.2 版更改：现在的返回类型是 `Py_hash_t`。这是一个大小与 `Py_ssize_t` 相同的有符号整数。

**Py\_hash\_t PyObject\_HashNotImplemented (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 设置一个 `TypeError` 来指明 `type(o)` 不是 *hashable* 并返回 -1。此函数在存储于 `tp_hash` 槽位内时会获得特别对待，允许某个类型显式地向解释器指明它是不可哈希对象。

**int PyObject\_IsTrue (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 如果对象 *o* 被认为是 `true`，则返回 1，否则返回 0。这相当于 Python 表达式 `not not o`。失败则返回 -1。

**int PyObject\_Not (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 如果对象 *o* 被认为是 `true`，则返回 1，否则返回 0。这相当于 Python 表达式 `not not o`。失败则返回 -1。

**PyObject \*PyObject\_Type (PyObject \*o)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 当 *o* 不为 `NULL` 时，返回一个与对象 *o* 的类型相对应的类型对象。当失败时，将引发 `SystemError` 并返回 `NULL`。这等同于 Python 表达式 `type(o)`。该函数会新建一个指向返回值的 *strong reference*。实际上没有多少理由使用此函数来替代 `Py_TYPE()` 函数，后者将返回一个 `PyTypeObject*` 类型的指针，除非是需要一个新的 *strong reference*。

**int PyObject\_TypeCheck (PyObject \*o, PyTypeObject \*type)**

如果对象 *o* 是 *type* 类型或其子类型，则返回非零，否则返回 0。两个参数都必须非 `NULL`。

**Py\_ssize\_t PyObject\_Size (PyObject \*o)**

**Py\_ssize\_t PyObject\_Length (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 返回对象 *o* 的长度。如果对象 *o* 支持序列和映射协议，则返回序列长度。出错时返回 -1。这等同于 Python 表达式 `len(o)`。

**Py\_ssize\_t PyObject\_LengthHint (PyObject \*o, Py\_ssize\_t defaultvalue)**

返回对象 *o* 的估计长度。首先尝试返回实际长度，然后用 `__length_hint__()` 进行估计，最后返回默认值。出错时返回 -1。这等同于 Python 表达式 `operator.length_hint(o, defaultvalue)`。

3.4 新版功能.

**PyObject \*PyObject\_GetItem (PyObject \*o, PyObject \*key)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回对象 *key* 对应的 *o* 元素，或在失败时返回 `NULL`。这等同于 Python 表达式 `o[key]`。

**int PyObject\_SetItem (PyObject \*o, PyObject \*key, PyObject \*v)**

*Part of the Stable ABI.* 将对象 *key* 映射到值 *v*。失败时引发异常并返回 -1；成功时返回 0。这相当于 Python 语句 `o[key] = v`。该函数不会偷取 *v* 的引用计数。

**int PyObject\_DelItem (PyObject \*o, PyObject \*key)**

*Part of the Stable ABI.* 从对象 *o* 中移除对象 *key* 的映射。失败时返回 -1。这相当于 Python 语句 `del o[key]`。

**PyObject \*PyObject\_Dir (PyObject \*o)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 相当于 Python 表达式 `dir(o)`，返回一个（可能为空）适合对象参数的字符串列表，如果出错则返回 `NULL`。如果参数为 `NULL`，类似 Python 的 `dir()`，则



返回当前 `locals` 的名字；这时如果没有活动的执行框架，则返回 `NULL`，但 `PyErr_Occurred()` 将返回 `false`。

**`PyObject *PyObject_GetIter(PyObject *o)`**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 等同于 Python 表达式 `iter(o)`。为对象参数返回一个新的迭代器，如果该对象已经是一个迭代器，则返回对象本身。如果对象不能被迭代，会引发 `TypeError`，并返回 `NULL`。

**`PyObject *PyObject_GetAIter(PyObject *o)`**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI since version 3.10. 等同于 Python 表达式 `aiter(o)`。接受一个 `AsyncIterable` 对象，并为其返回一个 `AsyncIterator`。通常返回的是一个新迭代器，但如果参数是一个 `AsyncIterator`，将返回其自身。如果该对象不能被迭代，会引发 `TypeError`，并返回 `NULL`。

3.10 新版功能。

**`void *PyObject_GetTypeData(PyObject *o, PyTypeObject *cls)`**

Part of the Stable ABI since version 3.12. 获取一个指向为 `cls` 保留的子类专属数据的指针。

对象 `o` 必须为 `cls` 的实例，而 `cls` 必须使用负的 `PyType_Spec.basicsize` 来创建。Python 不会检查这一点。

发生错误时，将设置异常并返回 `NULL`。

3.12 新版功能。

**`Py_ssize_t PyType_GetTypeDataSize(PyTypeObject *cls)`**

Part of the Stable ABI since version 3.12. 返回为 `cls` 保留的实例内存空间大小，即 `PyObject_GetTypeData()` 所返回的内存大小。

这可能会大于使用 `-PyType_Spec.basicsize` 请求到的大小；可以安全地使用这个更大的值（例如通过 `memset()`）。

类型 `cls` 必须使用负的 `PyType_Spec.basicsize` 来创建。Python 不会检查这一点。

当失败时，将设置异常并返回一个负值。

3.12 新版功能。

**`void *PyObject_GetItemData(PyObject *o)`**

使用 `Py_TPFLAGS_ITEMS_AT_END` 获取一个指向类的单独条目数据的指针。

出错时，将设置异常并返回 `NULL`。如果 `o` 没有设置 `Py_TPFLAGS_ITEMS_AT_END` 则会引发 `TypeError`。

3.12 新版功能。

## 7.2 调用协议

CPython 支持两种不同的调用协议：`tp_call` 和 矢量调用。

### 7.2.1 `tp_call` 协议

设置 `tp_call` 的类的实例都是可调用的。槽位的签名为：

```
PyObject *tp_call(PyObject *callable, PyObject *args, PyObject *kwargs);
```

一个调用是用一个元组表示位置参数，用一个 `dict` 表示关键字参数，类似于 Python 代码中的 `callable(*args, **kwargs)`。`args` 必须是非空的（如果没有参数，会使用一个空元组），但如果没有关键字参数，`*kwargs` 可以是 `*NULL`。

这个约定不仅被 `*tp_call*` 使用：`tp_new` 和 `tp_init` 也这样传递参数。

要调用一个对象，请使用 `PyObject_Call()` 或者其他的调用 API。

## 7.2.2 Vectorcall 协议

3.9 新版功能.

vectorcall 协议是在 **PEP 590** 被引入的，它是使调用函数更加有效的附加协议。

作为经验法则，如果可调用程序支持 vectorcall，CPython 会更倾向于内联调用。然而，这并不是一个硬性规定。此外，一些第三方扩展直接使用 `tp_call` (而不是使用 `PyObject_Call()`)。因此，一个支持 vectorcall 的类也必须实现 `tp_call`。此外，无论使用哪种协议，可调对象的行为都必须是相同的。推荐的方法是将 `tp_call` 设置为 `PyVectorcall_Call()`。值得一提的是：

**警告：** 一个支持 Vectorcall 的类 **必须** 也实现具有相同语义的 `tp_call`。

在 3.12 版更改：现在 `Py_TPFLAGS_HAVE_VECTORCALL` 旗标在类的 `__call__()` 方法被重新赋值时将会从类中移除。（这将仅在内部设置 `tp_call`，因此可能使其行为不同于 vectorcall 函数。）在更早的 Python 版本中，vectorcall 应当仅被用于不可变对象 或静态类型。

如果一个类的 vectorcall 比 `*tp_call*` 慢，就不应该实现 vectorcall。例如，如果被调用者需要将参数转换为 args 元组和 kwargs dict，那么实现 vectorcall 就没有意义。

类可以通过启用 `Py_TPFLAGS_HAVE_VECTORCALL` 旗标并将 `tp_vectorcall_offset` 设为对象结构中 `vectorcallfunc` 出现位置偏移量来实现 vectorcall 协议。这是一个指向具有以下签名的函数的指针：

```
typedef PyObject *(*vectorcallfunc)(PyObject *callable, PyObject *const *args, size_t nargsf, PyObject *kwnames)
```

*Part of the Stable ABI since version 3.12.*

- `callable` 是指被调用的对象。
- `args` 是一个 C 语言数组，由位置参数和后面的 关键字参数的值。如果没有参数，这个值可以是 `NULL`。
- `nargsf` 是位置参数的数量加上可能的 `PY_VECTORCALL_ARGUMENTS_OFFSET` 旗标。要从 `nargsf` 获得位置参数的实际数量，请使用 `PyVectorcall_NARGS()`。
- `kwnames` 是一包含所有关键字名称的元组。换句话说，就是 kwargs 字典的键。这些名字必须是字符串 (str 或其子类的实例)，并且它们必须是唯一的。如果没有关键字参数，那么 `kwnames` 可以用 `NULL` 代替。

### PY\_VECTORCALL\_ARGUMENTS\_OFFSET

*Part of the Stable ABI since version 3.12.* 如果在 vectorcall 的 `nargsf` 参数中设置了此标志，则允许被调用者临时更改 `args[-1]` 的值。换句话说，`args` 指向分配向量中的参数 1（不是 0）。被调用方必须在返回之前还原 `args[-1]` 的值。

对于 `PyObject_VectorcallMethod()`，这个标志的改变意味着 `args[0]` 可能改变了。

只要调用方能以低代价（不额外分配内存）这样做，就推荐使用 `PY_VECTORCALL_ARGUMENTS_OFFSET`。这样做将允许诸如绑定方法之类的可调用对象非常高效地执行前向调用（这种调用将包括一个加在开头的 `self` 参数）。

要调用一个实现了 vectorcall 的对象，请使用某个 `call API` 函数，就像其他可调对象一样。`PyObject_Vectorcall()` 通常是最有效的。

**备注：** 在 CPython 3.8 中，vectorcall API 和相关的函数暂定以带开头下划线的名称提供：`_PyObject_Vectorcall`，`_Py_TPFLAGS_HAVE_VECTORCALL`，`_PyObject_VectorcallMethod`，`_PyVectorcall_Function`，`_PyObject_CallOneArg`，`_PyObject_CallMethodNoArgs`，`_PyObject_CallMethodOneArg`。此外，`PyObject_VectorcallDict` 以 `_PyObject_FastCallDict` 的名称提供。旧名称仍然被定义为不带下划线的新名称的别名。



## 递归控制

在使用 `tp_call` 时, 被调用者不必担心递归: CPython 对于使用 `tp_call` 进行的调用会使用 `Py_EnterRecursiveCall()` 和 `Py_LeaveRecursiveCall()`。

为保证效率, 这不适用于使用 `vectorcall` 的调用: 被调用方在需要时应当使用 `Py_EnterRecursiveCall` 和 `Py_LeaveRecursiveCall`。

## Vectorcall 支持 API

`Py_ssize_t PyVectorcall_NARGS (size_t nargsf)`

*Part of the Stable ABI since version 3.12.* 给定一个 `vectorcall nargsf` 实参, 返回参数的实际数量。目前等同于:

```
(Py_ssize_t)(nargsf & ~PY_VECTORCALL_ARGUMENTS_OFFSET)
```

然而, 应使用 `PyVectorcall_NARGS` 函数以便将来扩展。

3.8 新版功能.

*vectorcallfunc* `PyVectorcall_Function (PyObject *op)`

如果 `*op*` 不支持 `vectorcall` 协议 (要么是因为类型不支持, 要么是因为具体实例不支持), 返回 `*NULL*`。否则, 返回存储在 `*op*` 中的 `vectorcall` 函数指针。这个函数从不触发异常。

这在检查 `op` 是否支持 `vectorcall` 时最有用处, 可以通过检查 `PyVectorcall_Function(op) != NULL` 来实现。

3.9 新版功能.

`PyObject *PyVectorcall_Call (PyObject *callable, PyObject *tuple, PyObject *dict)`

*Part of the Stable ABI since version 3.12.* 调用 \* 可调对象 \* 的 *vectorcallfunc*, 其位置参数和关键字参数分别以元组和 `dict` 形式给出。

这是一个专用函数, 用于放入 `tp_call` 槽位或是用于 `tp_call` 的实现。它不会检查 `Py_TPFLAGS_HAVE_VECTORCALL` 旗标并且它也不会回退到 `tp_call`。

3.8 新版功能.

## 7.2.3 调用对象的 API

有多个函数可被用来调用 Python 对象。各个函数会将其参数转换为被调用对象所支持的惯例—可以是 `tp_call` 或 `vectorcall`。为了尽可能少地进行转换, 请选择一个适合你所拥有的数据格式的函数。

下表总结了可用的功能; 请参阅各个文档以了解详细信息。

函数	可调用对象 (Callable)	args	kwargs
<code>PyObject_Call()</code>	<code>PyObject *</code>	元组	<code>dict/NULL</code>
<code>PyObject_CallNoArgs()</code>	<code>PyObject *</code>	---	---
<code>PyObject_CallOneArg()</code>	<code>PyObject *</code>	1 个对象	---
<code>PyObject_CallObject()</code>	<code>PyObject *</code>	元组/ <code>NULL</code>	---
<code>PyObject_CallFunction()</code>	<code>PyObject *</code>	<code>format</code>	---
<code>PyObject_CallMethod()</code>	对象 + <code>char*</code>	<code>format</code>	---
<code>PyObject_CallFunctionObjArgs()</code>	<code>PyObject *</code>	可变参数	---
<code>PyObject_CallMethodObjArgs()</code>	对象 + 名称	可变参数	---
<code>PyObject_CallMethodNoArgs()</code>	对象 + 名称	---	---
<code>PyObject_CallMethodOneArg()</code>	对象 + 名称	1 个对象	---
<code>PyObject_Vectorcall()</code>	<code>PyObject *</code>	<code>vectorcall</code>	<code>vectorcall</code>
<code>PyObject_VectorcallDict()</code>	<code>PyObject *</code>	<code>vectorcall</code>	<code>dict/NULL</code>
<code>PyObject_VectorcallMethod()</code>	参数 + 名称	<code>vectorcall</code>	<code>vectorcall</code>

*PyObject* \***PyObject\_Call** (*PyObject* \*callable, *PyObject* \*args, *PyObject* \*kwargs)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 调用一个可调用的 Python 对象 *callable*, 附带由元组 *args* 所给出的参数, 以及由字典 *kwargs* 所给出的关键字参数。

*args* 必须不为 *NULL*; 如果不要参数请使用一个空元组。如果不要关键字参数, 则 *kwargs* 可以为 *NULL*。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

这等价于 Python 表达式 `callable(*args, **kwargs)`。

*PyObject* \***PyObject\_CallNoArgs** (*PyObject* \*callable)

*Part of the Stable ABI since version 3.10*. 调用一个可调用的 Python 对象 *callable* 并不附带任何参数。这是不带参数调用 Python 可调对象的最有效方式。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

3.9 新版功能。

*PyObject* \***PyObject\_CallOneArg** (*PyObject* \*callable, *PyObject* \*arg)

调用一个可调用的 Python 对象 *callable* 并附带恰好 1 个位置参数 *arg* 而没有关键字参数。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

3.9 新版功能。

*PyObject* \***PyObject\_CallObject** (*PyObject* \*callable, *PyObject* \*args)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 调用一个可调用的 Python 对象 *callable*, 附带由元组 *args* 所给出的参数。如果不要传入参数, 则 *args* 可以为 *NULL*。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

这等价于 Python 表达式 `callable(*args)`。

*PyObject* \***PyObject\_CallFunction** (*PyObject* \*callable, const char \*format, ...)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 调用一个可调用的 Python 对象 *callable*, 附带可变数量的 C 参数。这些 C 参数使用 *Py\_BuildValue()* 风格的格式字符串来描述。format 可以为 *NULL*, 表示没有提供任何参数。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

这等价于 Python 表达式 `callable(*args)`。

请注意如果你只传入 *PyObject\** 参数, 则 *PyObject\_CallFunctionObjArgs()* 是更快速的选择。

在 3.4 版更改: 这个 *format* 类型已从 `char *` 更改。

*PyObject* \***PyObject\_CallMethod** (*PyObject* \*obj, const char \*name, const char \*format, ...)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 调用 *obj* 对象中名为 *name* 的方法并附带可变数量的 C 参数。这些 C 参数由 *Py\_BuildValue()* 格式字符串来描述并应当生成一个元组。

格式可以为 *NULL*, 表示未提供任何参数。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

这和 Python 表达式 `obj.name(arg1, arg2, ...)` 是一样的。

请注意如果你只传入 *PyObject\** 参数, 则 *PyObject\_CallMethodObjArgs()* 是更快速的选择。

在 3.4 版更改: The types of *name* and *format* were changed from `char *`。

*PyObject* \***PyObject\_CallFunctionObjArgs** (*PyObject* \*callable, ...)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 调用一个 Python 可调对象 *callable*, 附带可变数量的 *PyObject\** 参数。这些参数是以 *NULL* 之后可变数量的形参的形式提供的。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

这和 Python 表达式 `callable(arg1, arg2, ...)` 是一样的。

*PyObject* \***PyObject\_CallMethodObjArgs** (*PyObject* \*obj, *PyObject* \*name, ...)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 调用 Python 对象 *obj* 中的一个访问, 其中方法名称由 *name* 中的 Python 字符串对象给出。它将附带可变数量的 *PyObject*\* 参数被调用。这些参数是以 *NULL* 之后可变数量的形参的形式提供的。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

*PyObject* \***PyObject\_CallMethodNoArgs** (*PyObject* \*obj, *PyObject* \*name)

调用 Python 对象 *obj* 中的一个方法并不附带任何参数, 其中方法名称由 *name* 中的 Python 字符串对象给出。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

3.9 新版功能.

*PyObject* \***PyObject\_CallMethodOneArg** (*PyObject* \*obj, *PyObject* \*name, *PyObject* \*arg)

调用 Python 对象 *obj* 中的一个方法并附带单个位置参数 *arg*, 其中方法名称由 *name* 中的 Python 字符串对象给出。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

3.9 新版功能.

*PyObject* \***PyObject\_Vectorcall** (*PyObject* \*callable, *PyObject* \*const \*args, size\_t nargsf, *PyObject* \*kwnames)

*Part of the Stable ABI since version 3.12*. 调用一个可调用的 Python 对象 *callable*。附带的参数与 *vectorcallfunc* 相同。如果 *callable* 支持 *vectorcall*, 则它会直接调用存放在 *callable* 中的 *vectorcall* 函数。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

3.9 新版功能.

*PyObject* \***PyObject\_VectorcallDict** (*PyObject* \*callable, *PyObject* \*const \*args, size\_t nargsf, *PyObject* \*kwdict)

调用 *callable* 并附带与在 *vectorcall* 协议中传入的完全相同的位置参数, 但会加上以字典 *kwdict* 形式传入的关键字参数。*args* 数组将只包含位置参数。

无论在内部使用哪种协议, 都需要进行参数的转换。因此, 此函数应当仅在调用方已经拥有作为关键字参数的字典, 但没有作为位置参数的元组时才被使用。

3.9 新版功能.

*PyObject* \***PyObject\_VectorcallMethod** (*PyObject* \*name, *PyObject* \*const \*args, size\_t nargsf, *PyObject* \*kwnames)

*Part of the Stable ABI since version 3.12*. 使用 *vectorcall* 调用惯例来调用一个方法。方法的名称以 Python 字符串 *name* 的形式给出。调用方法的对象为 *args[0]*, 而 *args* 数组从 *args[1]* 开始的部分则代表调用的参数。必须传入至少一个位置参数。*nargsf* 为包括 *args[0]* 在内的位置参数的数量, 如果 *args[0]* 的值可能被临时改变则还要加上 *PY\_VECTORCALL\_ARGUMENTS\_OFFSET*。关键字参数可以像在 *PyObject\_Vectorcall()* 中那样传入。

如果对象具有 *PY\_TPFLAGS\_METHOD\_DESCRIPTOR* 特性, 此函数将调用未绑定的方法对象并传入完整的 *args* vector 作为参数。

成功时返回结果, 在失败时抛出一个异常并返回 *NULL*。

3.9 新版功能.

## 7.2.4 调用支持 API

int **PyCallable\_Check** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 确定对象 *o* 是可调对象。如果对象是可调对象则返回 1，其他情况返回 0。这个函数不会调用失败。

## 7.3 数字协议

int **PyNumber\_Check** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 如果对象 *o* 提供数字的协议，返回真 1，否则返回假。这个函数不会调用失败。  
在 3.8 版更改: 如果 *o* 是一个索引整数则返回 1。

*PyObject* \***PyNumber\_Add** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o1*、*o2* 相加的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 *o1* + *o2*。

*PyObject* \***PyNumber\_Subtract** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o1* 减去 *o2* 的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 *o1* - *o2*。

*PyObject* \***PyNumber\_Multiply** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o1*、*o2* 相乘的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 *o1* \* *o2*。

*PyObject* \***PyNumber\_MatrixMultiply** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7.* 返回 *o1*、*o2* 做矩阵乘法的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 *o1* @ *o2*。

3.5 新版功能。

*PyObject* \***PyNumber\_FloorDivide** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o1* 除以 *o2* 向下取整的值，失败时返回 NULL。这等于 Python 表达式 *o1* // *o2*。

*PyObject* \***PyNumber\_TrueDivide** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o1* 除以 *o2* 的数学值的合理近似值，或失败时返回 NULL。返回的是“近似值”因为二进制浮点数本身就是近似值；不可能以二进制精确表示所有实数。此函数可以在传入两个整数时返回一个浮点值。此函数等价于 Python 表达式 *o1* / *o2*。

*PyObject* \***PyNumber\_Remainder** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o1* 除以 *o2* 得到的余数，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 *o1* % *o2*。

*PyObject* \***PyNumber\_Divmod** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 参考内置函数 `divmod()`。如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `divmod(o1, o2)`。

*PyObject* \***PyNumber\_Power** (*PyObject* \*o1, *PyObject* \*o2, *PyObject* \*o3)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 请参阅内置函数 `pow()`。如果失败，返回 NULL。等价于 Python 中的表达式 `pow(o1, o2, o3)`，其中 *o3* 是可选的。如果要忽略 *o3*，则需传入 `Py_None` 作为代替（如果传入 NULL 会导致非法内存访问）。

*PyObject* \***PyNumber\_Negative** (*PyObject* \*o)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回 *o* 的负值，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `-o`。

**PyObject \*PyNumber\_Positive (PyObject \*o)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o*，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `+o`。

**PyObject \*PyNumber\_Absolute (PyObject \*o)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o* 的绝对值，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `abs(o)`。

**PyObject \*PyNumber\_Invert (PyObject \*o)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o* 的按位取反后的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `~o`。

**PyObject \*PyNumber\_Lshift (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 左移 *o2* 个比特后的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `o1 << o2`。

**PyObject \*PyNumber\_Rshift (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 右移 *o2* 个比特后的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `o1 >> o2`。

**PyObject \*PyNumber\_And (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 和 *o2* “按位与”的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `o1 & o2`。

**PyObject \*PyNumber\_Xor (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 和 *o2* “按位异或”的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `o1 ^ o2`。

**PyObject \*PyNumber\_Or (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 和 *o2* “按位或”的结果，如果失败，返回 NULL。等价于 Python 表达式 `o1 | o2`。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceAdd (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1*、*o2* 相加的结果，如果失败，返回 NULL。当 *o1* 支持时，这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 `o1 += o2`。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceSubtract (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1*、*o2* 相减的结果，如果失败，返回 NULL。当 *o1* 支持时，这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 `o1 -= o2`。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceMultiply (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1*、*o2*\* 相乘的结果，如果失败，返回 “NULL”。当 *o1* 支持时，这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 `o1 *= o2`。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceMatrixMultiply (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI since version 3.7. 返回 *o1*、*o2* 做矩阵乘法后的结果，如果失败，返回 NULL。当 *o1* 支持时，这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 `o1 @= o2`。  
3.5 新版功能。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceFloorDivide (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 除以 *o2* 后向下取整的结果，如果失败，返回 NULL。当 *o1* 支持时，这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 `o1 //= o2`。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceTrueDivide (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 除以 *o2* 的数学值的合理近似值，或失败时返回 NULL。返回的是“近似值”因为二进制浮点数本身就是近似值；不可能以二进制精确表示所有实数。此函数可以在传入两个整数时返回一个浮点数。此运算在 *o1* 支持的时候会 原地执行。此函数等价于 Python 语句 `o1 /= o2`。



**PyObject \*PyNumber\_InPlaceRemainder (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 除以 *o2* 得到的余数, 如果失败, 返回 NULL。当 *o1* 支持时, 这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 *o1* %= *o2*。

**PyObject \*PyNumber\_InPlacePower (PyObject \*o1, PyObject \*o2, PyObject \*o3)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 请参阅内置函数 `pow()`。如果失败, 返回 NULL。当 *o1* 支持时, 这个运算直接使用它储存结果。当 *o3* 是 `Py_None` 时, 等价于 Python 语句 *o1* \*\*= *o2*; 否则等价于在原来位置储存结果的 `pow(o1, o2, o3)`。如果要忽略 *o3*, 则需传入 `Py_None` (传入 NULL 会导致非法内存访问)。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceLshift (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 左移 *o2* 个比特后的结果, 如果失败, 返回 NULL。当 *o1* 支持时, 这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 *o1* <<= *o2*。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceRshift (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *o1* 右移 *o2* 个比特后的结果, 如果失败, 返回 NULL。当 *o1* 支持时, 这个运算直接使用它储存结果。等价于 Python 语句 *o1* >>= *o2*。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceAnd (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回 *o1* 和 *o2* "按位与" 的结果, 失败时返回 NULL。在 *o1* 支持的前提下该操作将原地执行。等价于 Python 语句 *o1* &= *o2*。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceXor (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回 *o1* 和 *o2* "按位异或" 的结果, 失败时返回 NULL。在 *o1* 支持的前提下该操作将原地执行。等价于 Python 语句 *o1* ^= *o2*。

**PyObject \*PyNumber\_InPlaceOr (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回 *o1* 和 *o2* "按位或" 的结果, 失败时返回 NULL。在 *o1* 支持的前提下该操作将原地执行。等价于 Python 语句 *o1* |= *o2*。

**PyObject \*PyNumber\_Long (PyObject \*o)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回 *o* 转换为整数对象后的结果, 失败时返回 NULL。等价于 Python 表达式 `int(o)`。

**PyObject \*PyNumber\_Float (PyObject \*o)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回 *o* 转换为浮点对象后的结果, 失败时返回 NULL。等价于 Python 表达式 `float(o)`。

**PyObject \*PyNumber\_Index (PyObject \*o)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回 *o* 转换为 Python int 类型后的结果, 失败时返回 NULL 并引发 `TypeError` 异常。

在 3.10 版更改: 结果总是为 int 类型。在之前版本中, 结果可能为 int 的子类的实例。

**PyObject \*PyNumber\_ToBase (PyObject \*n, int base)**

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回整数 *n* 转换成以 *base* 为基数的字符串后的结果。这个 *base* 参数必须是 2, 8, 10 或者 16。对于基数 2, 8, 或 16, 返回的字符串将分别加上基数标识 '0b', '0o', 或 '0x'。如果 *n* 不是 Python 中的整数 *int* 类型, 就先通过 `PyNumber_Index()` 将它转换成整数类型。

**Py\_ssize\_t PyNumber\_AsSsize\_t (PyObject \*o, PyObject \*exc)**

Part of the Stable ABI. 如果 *o* 可以被解读为一个整数则返回 *o* 转换成的 `Py_ssize_t` 值。如果调用失败, 则会引发一个异常并返回 -1。

如果 *o* 可以被转换为 Python 的 int 值但尝试转换为 `Py_ssize_t` 值则会引发 `OverflowError`, 则 *exc* 参数将为所引发的异常类型 (通常为 `IndexError` 或 `OverflowError`)。如果 *exc* 为 NULL, 则异常会被清除并且值会在为负整数时被裁剪为 `PY_SSIZE_T_MIN` 而在为正整数时被裁剪为 `PY_SSIZE_T_MAX`。

**int PyIndex\_Check (PyObject \*o)**

Part of the Stable ABI since version 3.8. 返回 1 如果 *o* 是一个索引整数 (将 `nb_index` 槽位填充到 `tp_as_number` 结构体), 或者在其他情况下返回 0。此函数总是会成功执行。

## 7.4 序列协议

**int PySequence\_Check (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 如果对象提供了序列协议则返回 1，否则返回 0。请注意对于具有 `__getitem__()` 方法的 Python 类返回 1，除非它们是 `dict` 的子类，因为在通常情况下无法确定这种类支持哪种键类型。该函数总是会成功执行。

**Py\_ssize\_t PySequence\_Size (PyObject \*o)**

**Py\_ssize\_t PySequence\_Length (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 成功时返回序列中 \*o\* 的对象数，失败时返回 -1。相当于 Python 的 `len(o)` 表达式。

**PyObject \*PySequence\_Concat (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 成功时返回 `o1` 和 `o2` 的拼接，失败时返回 `NULL`。这等价于 Python 表达式 `o1 + o2`。

**PyObject \*PySequence\_Repeat (PyObject \*o, Py\_ssize\_t count)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回序列对象 `o` 重复 `count` 次的结果，失败时返回 `NULL`。这等价于 Python 表达式 `o * count`。

**PyObject \*PySequence\_InPlaceConcat (PyObject \*o1, PyObject \*o2)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 成功时返回 `o1` 和 `o2` 的拼接，失败时返回 `NULL`。在 `o1` 支持的情况下操作将 原地完成。这等价于 Python 表达式 `o1 += o2`。

**PyObject \*PySequence\_InPlaceRepeat (PyObject \*o, Py\_ssize\_t count)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* Return the result of repeating sequence object 返回序列对象 `o` 重复 `count` 次的结果，失败时返回 `NULL`。在 `o` 支持的情况下该操作会 原地完成。这等价于 Python 表达式 `o *= count`。

**PyObject \*PySequence\_GetItem (PyObject \*o, Py\_ssize\_t i)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回 `o` 中的第 `i` 号元素，失败时返回 `NULL`。这等价于 Python 表达式 `o[i]`。

**PyObject \*PySequence\_GetSlice (PyObject \*o, Py\_ssize\_t i1, Py\_ssize\_t i2)**

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回序列对象 `o` 的 `i1` 到 `i2` 的切片，失败时返回 `NULL`。这等价于 Python 表达式 `o[i1:i2]`。

**int PySequence\_SetItem (PyObject \*o, Py\_ssize\_t i, PyObject \*v)**

*Part of the Stable ABI.* 将对象 `v` 赋值给 `o` 的第 `i` 号元素。失败时会引发异常并返回 -1；成功时返回 0。这相当于 Python 语句 `o[i] = v`。此函数 不会改变对 `v` 的引用。

如果 `v` 为 `NULL`，元素将被删除，但是此特性已被弃用而应改用 `PySequence_DelItem()`。

**int PySequence\_DelItem (PyObject \*o, Py\_ssize\_t i)**

*Part of the Stable ABI.* 删除对象 `o` 的第 `i` 号元素。失败时返回 -1。这相当于 Python 语句 `del o[i]`。

**int PySequence\_SetSlice (PyObject \*o, Py\_ssize\_t i1, Py\_ssize\_t i2, PyObject \*v)**

*Part of the Stable ABI.* 将序列对象 `v` 赋值给序列对象 `o` 的从 `i1` 到 `i2` 切片。这相当于 Python 语句 `o[i1:i2] = v`。

**int PySequence\_DelSlice (PyObject \*o, Py\_ssize\_t i1, Py\_ssize\_t i2)**

*Part of the Stable ABI.* 删除序列对象 `o` 的从 `i1` 到 `i2` 的切片。失败时返回 -1。这相当于 Python 语句 `del o[i1:i2]`。

**Py\_ssize\_t PySequence\_Count (PyObject \*o, PyObject \*value)**

*Part of the Stable ABI.* 返回 `value` 在 `o` 中出现的次数，即返回使得 `o[key] == value` 的键的数量。失败时返回 -1。这相当于 Python 表达式 `o.count(value)`。

**int PySequence\_Contains (PyObject \*o, PyObject \*value)**

*Part of the Stable ABI.* 确定 `o` 是否包含 `value`。如果 `o` 中的某一项等于 `value`，则返回 1，否则返回 0。出错时，返回 -1。这相当于 Python 表达式 `value in o`。

*Py\_ssize\_t* **PySequence\_Index** (*PyObject* \*o, *PyObject* \*value)

*Part of the Stable ABI.* 返回第一个索引 \*i\*, 其中 `o[i] == value`. 出错时, 返回 -1. 相当于 Python 的 `o.index(value)` 表达式.

*PyObject* \***PySequence\_List** (*PyObject* \*o)

返回值: 新的引用. *Part of the Stable ABI.* 返回一个列表对象, 其内容与序列或可迭代对象 *o* 相同, 失败时返回 NULL. 返回的列表保证是一个新对象. 这等价于 Python 表达式 `list(o)`.

*PyObject* \***PySequence\_Tuple** (*PyObject* \*o)

返回值: 新的引用. *Part of the Stable ABI.* 返回一个元组对象, 其内容与序列或可迭代对象 *o* 相同, 失败时返回 NULL. 如果 *o* 为元组, 则将返回一个新的引用, 在其他情况下将使用适当的内容构造一个元组. 这等价于 Python 表达式 `tuple(o)`.

*PyObject* \***PySequence\_Fast** (*PyObject* \*o, const char \*m)

返回值: 新的引用. *Part of the Stable ABI.* 将序列或可迭代对象 *o* 作为其他 `PySequence_Fast*` 函数族可用的对象返回. 如果该对象不是序列或可迭代对象, 则会引发 `TypeError` 并将 *m* 作为消息文本. 失败时返回 NULL.

`PySequence_Fast*` 函数之所以这样命名, 是因为它们会假定 *o* 是一个 `PyTupleObject` 或 `PyListObject` 并直接访问 *o* 的数据字段.

作为 CPython 的实现细节, 如果 *o* 已经是一个序列或列表, 它将被直接返回.

*Py\_ssize\_t* **PySequence\_Fast\_GET\_SIZE** (*PyObject* \*o)

在 *o* 由 `PySequence_Fast()` 返回且 *o* 不为 NULL 的情况下返回 *o* 长度. 也可以通过在 *o* 上调用 `PySequence_Size()` 来获取大小, 但是 `PySequence_Fast_GET_SIZE()` 的速度更快因为它可以假定 *o* 为列表或元组.

*PyObject* \***PySequence\_Fast\_GET\_ITEM** (*PyObject* \*o, *Py\_ssize\_t* i)

返回值: 借入的引用. 在 *o* 由 `PySequence_Fast()` 返回且 *o* 不为 NULL, 并且 *i* 在索引范围内的情况下返回 *o* 的第 *i* 号元素.

*PyObject* \*\***PySequence\_Fast\_ITEMS** (*PyObject* \*o)

返回 `PyObject` 指针的底层数组. 假设 *o* 由 `PySequence_Fast()` 返回且 *o* 不为 NULL.

请注意, 如果列表调整大小, 重新分配可能会重新定位 `items` 数组. 因此, 仅在序列无法更改的上下文中使用基础数组指针.

*PyObject* \***PySequence\_ITEM** (*PyObject* \*o, *Py\_ssize\_t* i)

返回值: 新的引用. 返回 *o* 的第 *i* 个元素或在失败时返回 NULL. 此形式比 `PySequence_GetItem()` 理饅, 但不会检查 *o* 上的 `PySequence_Check()` 是否为真值, 也不会对负序号进行调整.

## 7.5 映射协议

参见 `PyObject_GetItem()`、`PyObject_SetItem()` 与 `PyObject_DelItem()`.

int **PyMapping\_Check** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 如果对象提供了映射协议或是支持切片则返回 1, 否则返回 0. 请注意它将为具有 `__getitem__()` 方法的 Python 类返回 1, 因为在通常情况下无法确定该类支持哪种键类型. 此函数总是会成功执行.

*Py\_ssize\_t* **PyMapping\_Size** (*PyObject* \*o)

*Py\_ssize\_t* **PyMapping\_Length** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 成功时返回对象 *o* 中键的数量, 失败时返回 -1. 这相当于 Python 表达式 `len(o)`.

*PyObject* \***PyMapping\_GetItemString** (*PyObject* \*o, const char \*key)

返回值: 新的引用. *Part of the Stable ABI.* 这与 `PyObject_GetItem()` 相同, 但 *key* 被指定为 `const char*` UTF-8 编码的字节串, 而不是 `PyObject*`.



**int PyMapping\_SetItemString** (*PyObject* \*o, const char \*key, *PyObject* \*v)

*Part of the Stable ABI.* 这与 *PyObject\_SetItem()* 相同, 但 *key* 被指定为 const char\* UTF-8 编码的字节串, 而不是 *PyObject\**。

**int PyMapping\_DelItem** (*PyObject* \*o, *PyObject* \*key)

这是 *PyObject\_DelItem()* 的一个别名。

**int PyMapping\_DelItemString** (*PyObject* \*o, const char \*key)

这与 *PyObject\_DelItem()* 相同, 但 *key* 被指定为 const char\* UTF-8 编码的字节串, 而不是 *PyObject\**。

**int PyMapping\_HasKey** (*PyObject* \*o, *PyObject* \*key)

*Part of the Stable ABI.* 如果映射对象具有键 *key* 则返回 1, 否则返回 0。这相当于 Python 表达式 `key in o`。此函数总是会成功执行。

---

**备注:** 在调用 `__getitem__()` 方法时发生的异常将被静默地忽略。想要进行适当的错误处理, 请改用 *PyObject\_GetItem()*。

---

**int PyMapping\_HasKeyString** (*PyObject* \*o, const char \*key)

*Part of the Stable ABI.* 这与 *PyMapping\_HasKey()* 相同, 但 *key* 被指定为 const char\* UTF-8 编码的字节串, 而不是 *PyObject\**。

---

**备注:** 在调用 `__getitem__()` 方法或创建临时 `str` 对象时发生的异常将被忽略。想要进行适当的错误处理, 请改用 *PyMapping\_GetItemString()*。

---

*PyObject* \***PyMapping\_Keys** (*PyObject* \*o)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 成功时, 返回对象 *o* 中的键的列表。失败时, 返回 NULL。  
在 3.7 版更改: 在之前版本中, 此函数返回一个列表或元组。

*PyObject* \***PyMapping\_Values** (*PyObject* \*o)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 成功时, 返回对象 *o* 中的值的列表。失败时, 返回 NULL。  
在 3.7 版更改: 在之前版本中, 此函数返回一个列表或元组。

*PyObject* \***PyMapping\_Items** (*PyObject* \*o)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 成功时, 返回对象 *o* 中条目的列表, 其中每个条目是一个包含键值对的元组。失败时, 返回 NULL。  
在 3.7 版更改: 在之前版本中, 此函数返回一个列表或元组。

## 7.6 迭代器协议

迭代器有两个函数。

**int PyIter\_Check** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI since version 3.8.* 如果对象 *o* 可以被安全地把传给 *PyIter\_Next()* 则返回非零值, 否则返回 0。此函数总是会成功执行。

**int PyAsyncIter\_Check** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 如果对象 *o* 提供了 `AsyncIterator` 协议则返回非零值, 否则返回 0。此函数总是会成功执行。

3.10 新版功能.

*PyObject \*PyIter\_Next (PyObject \*o)*

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 从迭代器 *o* 返回下一个值。对象必须可被 *PyIter\_Check()* 确认为迭代器（需要调用方来负责检查）。如果没有剩余的值，则返回 NULL 并且不设置异常。如果在获取条目时发生了错误，则返回 NULL 并且传递异常。

要为迭代器编写一个一个循环，C 代码应该看起来像这样

```
PyObject *iterator = PyObject_GetIter(obj);
PyObject *item;

if (iterator == NULL) {
    /* propagate error */
}

while ((item = PyIter_Next(iterator))) {
    /* do something with item */
    ...
    /* release reference when done */
    Py_DECREF(item);
}

Py_DECREF(iterator);

if (PyErr_Occurred()) {
    /* propagate error */
}
else {
    /* continue doing useful work */
}
```

type **PySendResult**

用于代表 *PyIter\_Send()* 的不同结果的枚举值。

3.10 新版功能.

*PySendResult PyIter\_Send (PyObject \*iter, PyObject \*arg, PyObject \*\*presult)*

Part of the Stable ABI since version 3.10. 将 *arg* 值发送到迭代器 *iter*。返回:

- PYGEN\_RETURN, 如果迭代器返回的话。返回值会通过 *presult* 来返回。
- PYGEN\_NEXT, 如果迭代器生成值的话。生成的值会通过 *presult* 来返回。
- PYGEN\_ERROR, 如果迭代器引发异常的话。 *presult* 会被设为 NULL。

3.10 新版功能.

## 7.7 缓冲协议

在 Python 中可使用一些对象来包装对底层内存数组或称 缓冲的访问。此类对象包括内置的 `bytes` 和 `bytearray` 以及一些如 `array.array` 这样的扩展类型。第三方库也可能会为了特殊的目的而定义它们自己的类型，例如用于图像处理和数值分析等。

虽然这些类型中的每一种都有自己的语义，但它们具有由可能较大的内存缓冲区支持的共同特征。在某些情况下，希望直接访问该缓冲区而无需中间复制。

Python 以缓冲协议的形式在 C 层级上提供这样的功能。此协议包括两个方面:

- 在生产者这一方面，该类型的协议可以导出一个“缓冲区接口”，允许公开它的底层缓冲区信息。该接口的描述信息在 *Buffer Object Structures* 一节中；
- 在消费者一侧，有几种方法可用于获得指向对象的原始底层数据的指针（例如一个方法的形参）。

一些简单的对象例如 `bytes` 和 `bytearray` 会以面向字节的形式公开它们的底层缓冲区。也可能会有其他形式；例如 `array.array` 所公开的元素可以是多字节值。

缓冲区接口的消费者的一个例子是文件对象的 `write()` 方法：任何可以输出为一系列字节流的对象都可以被写入文件。然而 `write()` 只需要对传入对象内容的只读权限，其他的方法如 `readinto()` 需要对参数内容的写入权限。缓冲区接口使用对象可以选择性地允许或拒绝读写或只读缓冲区的导出。

对于缓冲区接口的使用者而言，有两种方式来获取一个目的对象的缓冲：

- 使用正确的参数来调用 `PyObject_GetBuffer()` 函数；
- 调用 `PyArg_ParseTuple()` (或其同级对象之一) 并传入 `y*`, `w*` or `s*` 格式代码 中的一个。

在这两种情况下，当不再需要缓冲区时必须调用 `PyBuffer_Release()`。如果此操作失败，可能会导致各种问题，例如资源泄漏。

### 7.7.1 缓冲区结构

缓冲区结构 (或者简单地称为 “buffers”) 对于将二进制数据从另一个对象公开给 Python 程序员非常有用。它们还可以用作零拷贝切片机。使用它们引用内存块的能力，可以很容易地将任何数据公开给 Python 程序员。内存可以是 C 扩展中的一个大的常量数组，也可以是在传递到操作系统库之前用于操作的原始内存块，或者可以用来传递本机内存格式的结构化数据。

与 Python 解释器公开的大多数数据类型不同，缓冲区不是 `PyObject` 指针而是简单的 C 结构。这使得它们可以非常简单地创建和复制。当需要为缓冲区加上泛型包装器时，可以创建一个 `内存视图` 对象。

有关如何编写并导出对象的简短说明，请参阅 [缓冲区对象结构](#)。要获取缓冲区对象，请参阅 `PyObject_GetBuffer()`。

type `Py_buffer`

*Part of the Stable ABI (including all members) since version 3.11.*

`void *buf`

指向由缓冲区字段描述的逻辑结构开始的指针。这可以是导出程序底层物理内存块中的任何位置。例如，使用负的 `strides` 值可能指向内存块的末尾。

对于 `contiguous`，‘邻接’数组，值指向内存块的开头。

`PyObject *obj`

对导出对象的新引用。该引用由消费方拥有，并由 `PyBuffer_Release()` 自动释放（即引用计数递减）并设置为 `NULL`。该字段相当于任何标准 C-API 函数的返回值。

作为一种特殊情况，对于由 `PyMemoryView_FromBuffer()` 或 `PyBuffer_FillInfo()` 包装的 `temporary` 缓冲区，此字段为 `NULL`。通常，导出对象不得使用此方案。

`Py_ssize_t len`

`product(shape) * itemsize`。对于连续数组，这是基础内存块的长度。对于非连续数组，如果逻辑结构复制到连续表示形式，则该长度将具有该长度。

仅当缓冲区是通过保证连续性的请求获取时，才访问 `((char *)buf)[0]` up to `((char *)buf)[len-1]` 时才有效。在大多数情况下，此类请求将为 `PyBUF_SIMPLE` 或 `PyBUF_WRITABLE`。

`int readonly`

缓冲区是否为只读的指示器。此字段由 `PyBUF_WRITABLE` 标志控制。

`Py_ssize_t itemsize`

单个元素的项大小（以字节为单位）。与 `struct.calcsize()` 调用非 `NULL` `format` 的值相同。

重要例外：如果使用者请求的缓冲区没有 `PyBUF_FORMAT` 标志，`format` 将设置为 `NULL`，但 `itemsize` 仍具有原始格式的值。

如果 `shape` 存在，则相等的 `product(shape) * itemsize == len` 仍然存在，使用者可以使用 `itemsize` 来导航缓冲区。

如果 *shape* 是 NULL, 因为结果为 *PyBUF\_SIMPLE* 或 *PyBUF\_WRITABLE* 请求, 则使用者必须忽略 *itemsizes*, 并假设 *itemsizes* == 1。

**const char \*format**

在 struct 模块样式语法中 *NUL* 字符串, 描述单个项的内容。如果这是 NULL, 则假定为 "B" (无符号字节)。

此字段由 *PyBUF\_FORMAT* 标志控制。

**int ndim**

内存表示为 *n* 维数组形式对应的维度数。如果为 0, 则 *buf* 指向表示标量的单个条目。在这种情况下, *shape*, *strides* 和 *suboffsets* 必须为 NULL。最大维度数由 *PyBUF\_MAX\_NDIM* 给出。

*Py\_ssize\_t* \***shape**

一个长度为 *Py\_ssize\_t* 的数组 *ndim* 表示作为 *n* 维数组的内存形状。请注意, *shape*[0] \* ... \* *shape*[*ndim*-1] \* *itemsizes* 必须等于 *len*。

*Shape* 形状数组中的值被限定在 *shape*[*n*] >= 0。 *shape*[*n*] == 0 这一情形需要特别注意。更多信息请参阅 *complex arrays*。

*shape* 数组对于使用者来说是只读的。

*Py\_ssize\_t* \***strides**

一个长度为 *Py\_ssize\_t* 的数组 *ndim* 给出要跳过的字节数以获取每个尺寸中的新元素。

*Stride* 步幅数组中的值可以为任何整数。对于常规数组, 步幅通常为正数, 但是使用者必须能够处理 *strides*[*n*] <= 0 的情况。更多信息请参阅 *complex arrays*。

*strides* 数组对用户来说是只读的。

*Py\_ssize\_t* \***suboffsets**

一个长度为 *ndim* 类型为 *Py\_ssize\_t* 的数组。如果 *suboffsets*[*n*] >= 0, 则第 *n* 维存储的是指针, *suboffset* 值决定了解除引用时要给指针增加多少字节的偏移。*suboffset* 为负值, 则表示不应解除引用 (在连续内存块中移动)。

如果所有子偏移均为负 (即无需取消引用), 则此字段必须为 NULL (默认值)。

Python Imaging Library (PIL) 中使用了这种类型的数组表达方式。请参阅 *complex arrays* 来了解如何从这样一个数组中访问元素。

*suboffsets* 数组对于使用者来说是只读的。

**void \*internal**

供输出对象内部使用。比如可能被输出程序重组为一个整数, 用于存储一个标志, 标明在缓冲区释放时是否必须释放 *shape*、*strides* 和 *suboffsets* 数组。消费者程序 不得修改该值。

常量:

**PyBUF\_MAX\_NDIM**

内存表示的最大维度数。导出程序必须遵守这个限制, 多维缓冲区的使用者应该能够处理最多 *PyBUF\_MAX\_NDIM* 个维度。目前设置为 64。

## 7.7.2 缓冲区请求的类型

通常, 通过 *PyObject\_GetBuffer()* 向输出对象发送缓冲区请求, 即可获得缓冲区。由于内存的逻辑结构复杂, 可能会有很大差异, 缓冲区使用者可用 *flags* 参数指定其能够处理的缓冲区具体类型。

所有 *Py\_buffer* 字段均由请求类型无歧义地定义。

## 与请求无关的字段

以下字段不会被 *flags* 影响，并且必须总是用正确的值填充：*obj*, *buf*, *len*, *itemsz*, *ndim*。

## 只读，格式

### PyBUF\_WRITABLE

控制 *readonly* 字段。如果设置了，输出程序 必须提供一个可写的缓冲区，否则报告失败。若未设置，输出程序 可以提供只读或可写的缓冲区，但对所有消费者程序 必须保持一致。

### PyBUF\_FORMAT

控制 *format* 字段。如果设置，则必须正确填写此字段。其他情况下，此字段必须为 NULL。

*PyBUF\_WRITABLE* 可以和下一节的所有标志联用。由于 *PyBUF\_SIMPLE* 定义为 0，所以 *PyBUF\_WRITABLE* 可以作为一个独立的标志，用于请求一个简单的可写缓冲区。

*PyBUF\_FORMAT* 可以被设为除了 *PyBUF\_SIMPLE* 之外的任何标志。后者已经按暗示了 B (无符号字节串) 格式。

## 形状，步幅，子偏移量

控制内存逻辑结构的标志按照复杂度的递减顺序列出。注意，每个标志包含它下面的所有标志。

请求	形状	步幅	子偏移量
<b>PyBUF_INDIRECT</b>	是	是	如果需要的话
<b>PyBUF_STRIDES</b>	是	是	NULL
<b>PyBUF_ND</b>	是	NULL	NULL
<b>PyBUF_SIMPLE</b>	NULL	NULL	NULL

## 连续性的请求

可以显式地请求 C 或 Fortran 连续，不管有没有步幅信息。若没有步幅信息，则缓冲区必须是 C-连续的。

请求	形状	步幅	子偏移量	邻接
<b>PyBUF_C_CONTIGUOUS</b>	是	是	NULL	C
<b>PyBUF_F_CONTIGUOUS</b>	是	是	NULL	F
<b>PyBUF_ANY_CONTIGUOUS</b>	是	是	NULL	C 或 F
<i>PyBUF_ND</i>	是	NULL	NULL	C

## 复合请求

所有可能的请求都由上一节中某些标志的组合完全定义。为方便起见，缓冲区协议提供常用的组合作为单个标志。

在下表中，*U* 代表连续性未定义。消费者程序必须调用 `PyBuffer_IsContiguous()` 以确定连续性。

请求	形状	步幅	子偏移量	邻接	只读	format
<b>PyBUF_FULL</b>	是	是	如果需要的话	U	0	是
<b>PyBUF_FULL_RO</b>	是	是	如果需要的话	U	1 或 0	是
<b>PyBUF_RECORDS</b>	是	是	NULL	U	0	是
<b>PyBUF_RECORDS_RO</b>	是	是	NULL	U	1 或 0	是
<b>PyBUF_STRIDED</b>	是	是	NULL	U	0	NULL
<b>PyBUF_STRIDED_RO</b>	是	是	NULL	U	1 或 0	NULL
<b>PyBUF_CONTIG</b>	是	NULL	NULL	C	0	NULL
<b>PyBUF_CONTIG_RO</b>	是	NULL	NULL	C	1 或 0	NULL

## 7.7.3 复杂数组

### NumPy-风格：形状和步幅

NumPy 风格数组的逻辑结构由 *itemsizes*、*ndim*、*shape* 和 *strides* 定义。

如果 *ndim* == 0，*buf* 指向的内存位置被解释为大小为 *itemsizes* 的标量。这时，*shape* 和 *strides* 都为 NULL。

如果 *strides* 为 NULL，则数组将被解释为一个标准的 *n* 维 C 语言数组。否则，消费者程序必须按如下方式访问 *n* 维数组：

```
ptr = (char *)buf + indices[0] * strides[0] + ... + indices[n-1] * strides[n-1];
item = *((typeof(item) *)ptr);
```

如上所述，*buf* 可以指向实际内存块中的任意位置。输出者程序可以用该函数检查缓冲区的有效性。

```
def verify_structure(memlen, itemsize, ndim, shape, strides, offset):
    """Verify that the parameters represent a valid array within
    the bounds of the allocated memory:
    char *mem: start of the physical memory block
    memlen: length of the physical memory block
    offset: (char *)buf - mem
    """
    if offset % itemsize:
```

(下页继续)



(续上页)

```

    return False
if offset < 0 or offset+itemsiz > memlen:
    return False
if any(v % itemsiz for v in strides):
    return False

if ndim <= 0:
    return ndim == 0 and not shape and not strides
if 0 in shape:
    return True

imin = sum(strides[j]*(shape[j]-1) for j in range(ndim)
            if strides[j] <= 0)
imax = sum(strides[j]*(shape[j]-1) for j in range(ndim)
            if strides[j] > 0)

return 0 <= offset+imin and offset+imax+itemsiz <= memlen

```

### PIL-风格：形状，步幅和子偏移量

除了常规项之外，PIL 风格的数组还可以包含指针，必须跟随这些指针才能到达维度的下一个元素。例如，常规的三维 C 语言数组 `char v[2][2][3]` 可以看作是一个指向 2 个二维数组的 2 个指针：`char (*v[2])[2][3]`。在子偏移表示中，这两个指针可以嵌入在 *buf* 的开头，指向两个可以位于内存任何位置的 `char x[2][3]` 数组。

这是一个函数，当 *n* 维索引所指向的 N-D 数组中有 NULL 步长和子偏移量时，它返回一个指针

```

void *get_item_pointer(int ndim, void *buf, Py_ssize_t *strides,
                      Py_ssize_t *suboffsets, Py_ssize_t *indices) {
    char *pointer = (char*)buf;
    int i;
    for (i = 0; i < ndim; i++) {
        pointer += strides[i] * indices[i];
        if (suboffsets[i] >= 0) {
            pointer = *((char**)pointer) + suboffsets[i];
        }
    }
    return (void*)pointer;
}

```

## 7.7.4 缓冲区相关函数

`int PyObject_CheckBuffer(PyObject *obj)`

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 如果 *obj* 支持缓冲区接口，则返回 1，否则返回 0。返回 1 时不保证 `PyObject_GetBuffer()` 一定成功。本函数一定调用成功。

`int PyObject_GetBuffer(PyObject *exporter, Py_buffer *view, int flags)`

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 向 *exporter* 发送请求以按照 *flags* 指定的内容填充 *view*。如果 *exporter* 无法提供要求类型的缓冲区，则它必须引发 `BufferError`，将 *view->obj* 设为 NULL 并返回 -1。

成功时，填充 *view*，将 *view->obj* 设为对 *exporter* 的新引用，并返回 0。当链式缓冲区提供程序将请求重定向到一个对象时，*view->obj* 可以引用该对象而不是 *exporter* (参见缓冲区对象结构)。

`PyObject_GetBuffer()` 必须与 `PyBuffer_Release()` 同时调用成功，类似于 `malloc()` 和 `free()`。因此，消费者程序用完缓冲区后，`PyBuffer_Release()` 必须保证被调用一次。



void **PyBuffer\_Release** (*Py\_buffer* \*view)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 释放缓冲区 *view* 并释放对视图的支持对象 *view->obj* 的 *strong reference* (即递减引用计数)。该函数必须在缓冲区不再使用时调用, 否则可能会发生引用泄漏。

若该函数针对的缓冲区不是通过 *PyObject\_GetBuffer()* 获得的, 将会出错。

*Py\_ssize\_t* **PyBuffer\_SizeFromFormat** (const char \*format)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 从 *format* 返回隐含的 *itemsize*。如果出错, 则引发异常并返回 -1。

3.9 新版功能。

int **PyBuffer\_IsContiguous** (const *Py\_buffer* \*view, char order)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 如果 *view* 定义的内存是 C 风格 (*order* 为 'C') 或 Fortran 风格 (*order* 为 'F') *contiguous* 或其中之一 (*order* 是 'A'), 则返回 1。否则返回 0。该函数总会成功。

void \***PyBuffer\_GetPointer** (const *Py\_buffer* \*view, const *Py\_ssize\_t* \*indices)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 获取给定 *view* 内的 *indices* 所指向的内存区域。*indices* 必须指向一个 *view->ndim* 索引的数组。

int **PyBuffer\_FromContiguous** (const *Py\_buffer* \*view, const void \*buf, *Py\_ssize\_t* len, char fort)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 从 *buf* 复制连续的 *len* 字节到 *view*。*fort* 可以是 'C' 或 'F' (对应于 C 风格或 Fortran 风格的顺序)。成功时返回 0, 错误时返回 -1。

int **PyBuffer\_ToContiguous** (void \*buf, const *Py\_buffer* \*src, *Py\_ssize\_t* len, char order)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 从 *src* 复制 *len* 字节到 *buf*, 成为连续字节串的形式。*order* 可以是 'C' 或 'F' 或 'A' (对应于 C 风格、Fortran 风格的顺序或其中任意一种)。成功时返回 0, 出错时返回 -1。

如果 *len != src->len* 则此函数将报错。

int **PyObject\_CopyData** (*PyObject* \*dest, *PyObject* \*src)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 将数据从 *src* 拷贝到 *dest* 缓冲区。可以在 C 风格或 Fortran 风格的缓冲区之间进行转换。

成功时返回 0, 出错时返回 -1。

void **PyBuffer\_FillContiguousStrides** (int ndims, *Py\_ssize\_t* \*shape, *Py\_ssize\_t* \*strides, int itemsize, char order)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 用给定形状的 *contiguous* 字节串数组 (如果 *order* 为 'C' 则为 C 风格, 如果 *order* 为 'F' 则为 Fortran 风格) 来填充 *strides* 数组, 每个元素具有给定的字节数。

int **PyBuffer\_FillInfo** (*Py\_buffer* \*view, *PyObject* \*exporter, void \*buf, *Py\_ssize\_t* len, int readonly, int flags)

*Part of the Stable ABI since version 3.11.* 处理导出程序的缓冲区请求, 该导出程序要公开大小为 *len* 的 *buf*, 并根据 *readonly* 设置可写性。*bug* 被解释为一个无符号字节序列。

参数 *flags* 表示请求的类型。该函数总是按照 *flag* 指定的内容填入 *view*, 除非 *buf* 设为只读, 并且 *flag* 中设置了 *PyBUF\_WRITABLE* 标志。

成功时, 将 *view->obj* 设为对 *exporter* 的新引用并返回 0。否则, 引发 *BufferError*, 将 *view->obj* 设为 NULL 并返回 -1;

如果此函数用作 *getbufferproc* 的一部分, 则 *exporter* 必须设置为导出对象, 并且必须在未修改的情况下传递 *flags*。否则, *exporter* 必须是 NULL。

## 7.8 旧缓冲协议

3.0 版后已移除。

这些函数是 Python 2 中“旧缓冲协议”API 的组成部分。在 Python 3 中，此协议已不复存在，但这些函数仍然被公开以便移植 2.x 的代码。它们被用作新缓冲协议的兼容性包装器，但它们并不会在缓冲被导出时向你提供对所获资源的生命周期控制。

因此，推荐你调用 `PyObject_GetBuffer()` (或者配合 `PyArg_ParseTuple()` 函数族使用 `y*` 或 `w*` 格式码) 来获取一个对象的缓冲视图，并在缓冲视图可被释放时调用 `PyBuffer_Release()`。

**int PyObject\_AsCharBuffer (PyObject \*obj, const char \*\*buffer, Py\_ssize\_t \*buffer\_len)**

*Part of the Stable ABI.* 返回一个指向可用作基于字符的输入的只读内存地址的指针。`obj` 参数必须支持单段字符缓冲接口。成功时返回 0，将 `buffer` 设为内存地址并将 `buffer_len` 设为缓冲区长度。出错时返回 -1 并设置一个 `TypeError`。

**int PyObject\_AsReadBuffer (PyObject \*obj, const void \*\*buffer, Py\_ssize\_t \*buffer\_len)**

*Part of the Stable ABI.* 返回一个指向包含任意数据的只读内存地址的指针。`obj` 参数必须支持单段可读缓冲接口。成功时返回 0，将 `buffer` 设为内存地址并将 `buffer_len` 设为缓冲区长度。出错时返回 -1 并设置一个 `TypeError`。

**int PyObject\_CheckReadBuffer (PyObject \*o)**

*Part of the Stable ABI.* 如果 `o` 支持单段可读缓冲接口则返回 1。否则返回 0。此函数总是会成功执行。请注意此函数会尝试获取并释放一个缓冲区，并且在调用对应函数期间发生的异常会被屏蔽。要获取错误报告则应改用 `PyObject_GetBuffer()`。

**int PyObject\_AsWriteBuffer (PyObject \*obj, void \*\*buffer, Py\_ssize\_t \*buffer\_len)**

*Part of the Stable ABI.* 返回一个指向可写内存地址的指针。`obj` 必须支持单段字符缓冲接口。成功时返回 0，将 `buffer` 设为内存地址并将 `buffer_len` 设为缓冲区长度。出错时返回 -1 并设置一个 `TypeError`。



---

## 具体的对象层

---

本章中的函数特定于某些 Python 对象类型。将错误类型的对象传递给它们并不是一个好主意；如果您从 Python 程序接收到一个对象，但不确定它是否具有正确的类型，则必须首先执行类型检查；例如，要检查对象是否为字典，请使用 `PyDict_Check()`。本章的结构类似于 Python 对象类型的“家族树”。

**警告：**虽然本章所描述的函数会仔细检查传入对象的类型，但是其中许多函数不会检查传入的对象是否为 NULL。允许传入 NULL 可能导致内存访问冲突和解释器的立即终止。

### 8.1 基本对象

本节描述 Python 类型对象和单一实例对象 `None`。

#### 8.1.1 类型对象

**type** `PyTypeObject`

*Part of the Limited API (as an opaque struct).* 对象的 C 结构用于描述 built-in 类型。

*PyTypeObject* **PyType\_Type**

*Part of the Stable ABI.* 这是属于 type 对象的 type object，它在 Python 层面和 `type` 是相同的对象。

**int** `PyType_Check (PyObject *o)`

如果对象 `o` 是一个类型对象，包括派生自标准类型对象的类型实例则返回非零值。在所有其它情况下都返回 0。此函数将总是成功执行。

**int** `PyType_CheckExact (PyObject *o)`

如果对象 `o` 是一个类型对象，但不是标准类型对象的子类型则返回非零值。在所有其它情况下都返回 0。此函数将总是成功执行。

**unsigned int** `PyType_ClearCache ()`

*Part of the Stable ABI.* 清空内部查找缓存。返回当前版本标签。

unsigned long **PyType\_GetFlags** (*PyTypeObject* \*type)

*Part of the Stable ABI.* 返回 *type* 的 *tp\_flags* 成员。此函数主要是配合 `Py_LIMITED_API` 使用；单独的旗标位会确保在各个 Python 发布版之间保持稳定，但对 *tp\_flags* 本身的访问并不是受限 API 的一部分。

3.2 新版功能.

在 3.4 版更改: 返回类型现在是 unsigned long 而不是 long。

*PyObject* \***PyType\_GetDict** (*PyTypeObject* \*type)

返回类型对象的内部命名空间，它在其他情况下只能通过只读代理 (`cls.__dict__`) 公开。这可以代替直接访问 *tp\_dict* 的方式。返回的字典必须当作是只读的。

该函数用于特定的嵌入和语言绑定场景，在这些场景下需要直接访问该字典而间接访问（例如通过代理或 `PyObject_GetAttr()` 访问）并不足够。

扩展模块在设置它们自己的类型时应当继续直接或间接地使用 *tp\_dict*。

3.12 新版功能.

void **PyType\_Modified** (*PyTypeObject* \*type)

*Part of the Stable ABI.* 使该类型及其所有子类型的内部查找缓存失效。此函数必须在对该类型的属性或基类进行任何手动修改之后调用。

int **PyType\_AddWatcher** (*PyType\_WatchCallback* callback)

注册 *callback* 作为类型监视器。返回一个非负的整数 ID，它必须传给将来对 `PyType_Watch()` 的调用。如果出错（例如没有足够的可用监视器 ID），则返回 -1 并设置一个异常。

3.12 新版功能.

int **PyType\_ClearWatcher** (int watcher\_id)

清除由 *watcher\_id* (之前从 `PyType_AddWatcher()` 返回) 所标识的 *watcher*。成功时返回 0，出错时（例如 *watcher\_id* 未被注册）返回 -1。

扩展在调用 `PyType_ClearWatcher` 时绝不能使用不是之前调用 `PyType_AddWatcher()` 所返回的 *watcher\_id*。

3.12 新版功能.

int **PyType\_Watch** (int watcher\_id, *PyObject* \*type)

将 *type* 标记为已监视。每当 `PyType_Modified()` 报告 *type* 发生变化时 `PyType_AddWatcher()` 赋予 *watcher\_id* 的回调将被调用。（如果在 *type* 的一系列连续修改之间没有调用 `_PyType_Lookup()`，则回调只能被调用一次；这是一个实现细节并可能发生变化）。

扩展在调用 `PyType_Watch` 时绝不能使用不是之前调用 `PyType_AddWatcher()` 所返回的 *watcher\_id*。

3.12 新版功能.

typedef int (\***PyType\_WatchCallback**)(*PyObject* \*type)

类型监视器回调函数的类型。

回调不可以修改 *type* 或是导致 `PyType_Modified()` 在 *type* 或其 MRO 中的任何类型上被调用；违反此规则可能导致无限递归。

3.12 新版功能.

int **PyType\_HasFeature** (*PyTypeObject* \*o, int feature)

如果类型对象 *o* 设置了特性 *feature* 则返回非零值。类型特性是用单个比特位旗标来表示的。

int **PyType\_IS\_GC** (*PyTypeObject* \*o)

如果类型对象包括了对循环检测器的支持则返回真值；这将测试类型旗标 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC`。

**int PyType\_IsSubtype** (*PyTypeObject* \*a, *PyTypeObject* \*b)

*Part of the Stable ABI.* 如果 *a* 是 *b* 的子类型则返回真值。

此函数只检查实际的子类型，这意味着 `__subclasscheck__()` 不会在 *b* 上被调用。请调用 `PyObject_IsSubclass()` 来执行与 `issubclass()` 所做的相同检查。

**PyObject \***`PyType_GenericAlloc` (*PyTypeObject* \*type, *Py\_ssize\_t* nitems)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 类型对象的 `tp_alloc` 槽位的通用处理句柄。请使用 Python 的默认内存分配机制来分配一个新的实例并将其所有内容初始化为 NULL。

**PyObject \***`PyType_GenericNew` (*PyTypeObject* \*type, *PyObject* \*args, *PyObject* \*kwargs)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 类型对象的 `tp_new` 槽位的通用处理句柄。请使用类型的 `tp_alloc` 槽位来创建一个新的实例。

**int PyType\_Ready** (*PyTypeObject* \*type)

*Part of the Stable ABI.* 最终化一个类型对象。这应当在所有类型对象上调用以完成它们的初始化。此函数会负责从一个类型的基类添加被继承的槽位。成功时返回 0，或是在出错时返回 -1 并设置一个异常。

---

**备注：** 如果某些基类实现了 GC 协议并且所提供的类型的旗标中未包括 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC`，则将自动从其父类实现 GC 协议。相反地，如果被创建的类型的旗标中确实包含 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` 则它 **必须** 自己实现 GC 协议，至少要实现 `tp_traverse` 句柄。

---

**PyObject \***`PyType_GetName` (*PyTypeObject* \*type)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.11.* 返回类型名称。等同于获取类型的 `__name__` 属性。

3.11 新版功能。

**PyObject \***`PyType_GetQualName` (*PyTypeObject* \*type)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.11.* 返回类型的限定名称。等同于获取类型的 `__qualname__` 属性。

3.11 新版功能。

**void \***`PyType_GetSlot` (*PyTypeObject* \*type, int slot)

*Part of the Stable ABI since version 3.4.* 返回存储在给定槽位中的函数指针。如果结果为 NULL，则表示或者该槽位为 NULL，或者该函数调用传入了无效的形参。调用方通常要将结果指针转换到适当的函数类型。

请参阅 `PyType_Slot.slot` 查看可用的 `slot` 参数值。

3.4 新版功能。

在 3.10 版更改: `PyType_GetSlot()` 现在可以接受所有类型。在此之前，它被限制为堆类型。

**PyObject \***`PyType_GetModule` (*PyTypeObject* \*type)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 返回当使用 `PyType_FromModuleAndSpec()` 创建类型时关联到给定类型的模块对象。

如果没有关联到给定类型的模块，则设置 `TypeError` 并返回 NULL。

此函数通常被用于获取方法定义所在的模块。请注意在这样的方法中，`PyType_GetModule(Py_TYPE(self))` 可能不会返回预期的结果。`Py_TYPE(self)` 可以是目标类的一个子类，而子类并不一定是在与其超类相同的模块中定义的。请参阅 `PyCMethod` 了解如何获取方法定义所在的类。请参阅 `PyType_GetModuleByDef()` 了解有关无法使用 `PyCMethod` 的情况。

3.9 新版功能。



void **PyType\_GetModuleState** (*PyTypeObject* \*type)

Part of the *Stable ABI* since version 3.10. 返回关联到给定类型的模块对象的状态。这是一个在 *PyType\_GetModule()* 的结果上调用 *PyModule\_GetState()* 的快捷方式。

如果没有关联到给定类型的模块，则设置 *TypeError* 并返回 *NULL*。

如果 *type* 有关联的模块但其状态为 *NULL*，则返回 *NULL* 且不设置异常。

3.9 新版功能。

*PyObject* \***PyType\_GetModuleByDef** (*PyTypeObject* \*type, struct *PyModuleDef* \*def)

找到所属模块基于给定的 *PyModuleDef* *def* 创建的第一个上级类，并返回该模块。

如果未找到模块，则会引发 *TypeError* 并返回 *NULL*。

此函数预期会与 *PyModule\_GetState()* 一起使用以便从槽位方法 (如 *tp\_init* 或 *nb\_add*) 及其他定义方法的类无法使用 *PyCMethod* 调用惯例来传递的场合获取模块状态。

3.11 新版功能。

int **PyUnstable\_Type\_AssignVersionTag** (*PyTypeObject* \*type)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

尝试为给定的类型设置一个版本标签。

如果类型已有合法的版本标签或已设置了新的版本标签则返回 1，或者如果无法设置新的标签则返回 0。

3.12 新版功能。

## 创建堆分配类型

下列函数和结构体可被用来创建堆类型。

*PyObject* \***PyType\_FromMetaclass** (*PyTypeObject* \*metaclass, *PyObject* \*module, *PyType\_Spec* \*spec, *PyObject* \*bases)

Part of the *Stable ABI* since version 3.12. 根据 *spec* (参见 *Py\_TPFLAGS\_HEAPTYPE*) 创建并返回一个堆类型。

元类 *metaclass* 用于构建结果类型对象。当 *metaclass* 为 *NULL* 时，元类将派生自 *bases* (或者如果 *bases* 为 *NULL* 则派生自 *Py\_tp\_base[s]* 槽位，见下文)。

不支持重载 *tp\_new* 的元类，除非 *tp\_new* 为 *NULL*。(为了向下兼容，其他 *PyType\_From\** 函数允许这样的元类。它们将忽略 *tp\_new*，可能导致不完整的初始化。这样的元类已被弃用并在 Python 3.14+ 中停止支持。)

*bases* 参数可被用来指定基类；它可以是单个类或由多个类组成的元组。如果 *bases* 为 *NULL*，则会改用 *Py\_tp\_bases* 槽位。如果该槽位也为 *NULL*，则会改用 *Py\_tp\_base* 槽位。如果该槽位同样为 *NULL*，则新类型将派生自 *object*。

*module* 参数可被用来记录新类定义所在的模块。它必须是一个模块对象或为 *NULL*。如果不为 *NULL*，则该模块会被关联到新类型并且可在之后通过 *PyType\_GetModule()* 来获取。这个关联模块不可被子类继承；它必须为每个类单独指定。

此函数会在新类型上调用 *PyType\_Ready()*。

请注意此函数 不能完全匹配调用 *type()* 或使用 *class* 语句的行为。对于用户提供的类型或元类，推荐调用 *type* (或元类) 而不是 *PyType\_From\** 函数。特别地：

- *\_\_new\_\_()* 不会在新类上被调用 (它必须被设为 *type.\_\_new\_\_*)。
- *\_\_init\_\_()* 不会在新类上被调用。
- *\_\_init\_subclass\_\_()* 不会在任何基类上调用。



- `__set_name__()` 不会在新的描述器上调用。

### 3.12 新版功能.

*PyObject* \***PyType\_FromModuleAndSpec** (*PyObject* \*module, *PyType\_Spec* \*spec, *PyObject* \*bases)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.10.* 等价于 `PyType_FromMetaclass(NULL, module, spec, bases)`。

### 3.9 新版功能.

在 3.10 版更改: 此函数现在接受一个单独类作为 *bases* 参数并接受 `NULL` 作为 *tp\_doc* 槽位。

在 3.12 版更改: 该函数现在可以找到并使用与所提供的基类相对应的元类。在此之前, 只会返回 *type* 实例。

元类的 *tp\_new* 将被忽略。这可能导致不完整的初始化。创建元类重载 *tp\_new* 的类的做法已被弃用并且在 Python 3.14+ 中将不再被允许。

*PyObject* \***PyType\_FromSpecWithBases** (*PyType\_Spec* \*spec, *PyObject* \*bases)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.3.* 等价于 `PyType_FromMetaclass(NULL, NULL, spec, bases)`。

### 3.3 新版功能.

在 3.12 版更改: 该函数现在可以找到并使用与所提供的基类相对应的元类。在此之前, 只会返回 *type* 实例。

元类的 *tp\_new* 将被忽略。这可能导致不完整的初始化。创建元类重载 *tp\_new* 的类的做法已被弃用并且在 Python 3.14+ 中将不再被允许。

*PyObject* \***PyType\_FromSpec** (*PyType\_Spec* \*spec)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 等价于 `PyType_FromMetaclass(NULL, NULL, spec, NULL)`。

在 3.12 版更改: 该函数现在可以找到并使用与 *Py\_tp\_base[s]* 槽位中提供的基类相对应的元类。在此之前, 只会返回 *type* 实例。

元类的 *tp\_new* 将被忽略。这可能导致不完整的初始化。创建元类重载 *tp\_new* 的类的做法已被弃用并且在 Python 3.14+ 中将不再被允许。

## type **PyType\_Spec**

*Part of the Stable ABI (including all members).* 定义一个类型的行为的结构体。

`const char *name`

类型的名称, 用来设置 `PyTypeObject.tp_name`。

`int basicsize`

如果为正数, 则以字节为单位指定实例的大小。它用于设置 `PyTypeObject.tp_basicsize`。

如果为零, 则指定应当继承 *tp\_basicsize*。

如果为负数, 则以其绝对值指定该类的实例在超类的基础上还需要多少空间。使用 `PyObject_GetTypeData()` 来获取通过此方式保留的子类专属内存的指针。

在 3.12 版更改: 在之前版本中, 此字段不能为负数。

`int itemsize`

可变大类型中一个元素的大小, 以字节为单位。用于设置 `PyTypeObject.tp_itemsize`。注意事项请参阅 *tp\_itemsize* 文档。

如果为零, 则会继承 *tp\_itemsize*。扩展任意可变大小的类是很危险的, 因为某些类型使用固定偏移量来标识可变大小的内存, 这样就会与子类使用的固定大小的内存相重叠。为了防止出错, 只有在以下情况下才可以继承 *itemsize*:

- 基类不是可变大小的 (即其 *tp\_itemsize*)。
- 所请求的 `PyType_Spec.basicsize` 为正值, 表明基类的内存布局是已知的。

- 所请求的 `PyType_Spec.basicsize` 为零, 表明子类不会直接访问实例的内存。
- 具有 `Py_TPFLAGS_ITEMS_AT_END` 旗标。

unsigned int **flags**

类型旗标, 用来设置 `PyTypeObject.tp_flags`。

如果未设置 `Py_TPFLAGS_HEAPTYPE` 旗标, 则 `PyType_FromSpecWithBases()` 会自动设置它。

`PyType_Slot` \***slots**

`PyType_Slot` 结构体的数组。以特殊槽位值 {0, NULL} 来结束。

每个槽位 ID 应当只被指定一次。

type **PyType\_Slot**

*Part of the Stable ABI (including all members).* 定义一个类型的可选功能的结构体, 包含一个槽位 ID 和一个值指针。

int **slot**

槽位 ID。

槽位 ID 的类名像是结构体 `PyTypeObject`, `PyNumberMethods`, `PySequenceMethods`, `PyMappingMethods` 和 `PyAsyncMethods` 的字段名附加一个 `Py_` 前缀。举例来说, 使用:

- `Py_tp_dealloc` 设置 `PyTypeObject.tp_dealloc`
- `Py_nb_add` 设置 `PyNumberMethods.nb_add`
- `Py_sq_length` 设置 `PySequenceMethods.sq_length`

下列字段完全无法使得 `PyType_Spec` 和 `PyType_Slot` 来设置:

- `tp_dict`
- `tp_mro`
- `tp_cache`
- `tp_subclasses`
- `tp_weaklist`
- `tp_vectorcall`
- `tp_weaklistoffset` (改用 `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF`)
- `tp_dictoffset` (改用 `Py_TPFLAGS_MANAGED_DICT`)
- `tp_vectorcall_offset` (参见 `PyMemberDef`)

在某些平台上设置 `Py_tp_bases` 或 `Py_tp_base` 可能会有问题。为了避免问题, 请改用 `PyType_FromSpecWithBases()` 的 `bases` 参数。

在 3.9 版更改: `PyBufferProcs` 中的槽位可能会在不受限 API 中被设置。

在 3.11 版更改: 现在 `bf_getbuffer` 和 `bf_releasebuffer` 将在受限 API 中可用。

void \***pfunc**

该槽位的预期值。在大多数情况下, 这将是一个指向函数的指针。

`Py_tp_doc` 以外的槽位均不可为 NULL。

### 8.1.2 None 对象

请注意，Python/C API 中并没有直接公开 None 的 `PyTypeObject`。由于 None 是一个单例，测试对象标识号（在 C 语言中使用 `==` 运算符）就足够了。出于同样的原因也没有 `PyNone_Check()` 函数。

**`PyObject *Py_None`**

Python None 对象，表示空值。该对象没有任何方法并且是 永久性对象。

在 3.12 版更改: `Py_None` 是永久性对象。

**`Py_RETURN_NONE`**

从一个函数返回 `Py_None`。

## 8.2 数值对象

### 8.2.1 整数型对象

所有整数都实现为长度任意的长整数对象。

在出错时，大多数 `PyLong_As*` API 都会返回 `(return type)-1`，这与数字无法区分开。请采用 `PyErr_Occurred()` 来加以区分。

**`type PyLongObject`**

*Part of the Limited API (as an opaque struct).* 表示 Python 整数对象的 `PyObject` 子类型。

**`PyTypeObject PyLong_Type`**

*Part of the Stable ABI.* 这个 `PyTypeObject` 的实例表示 Python 的整数类型。与 Python 语言中的 `int` 相同。

**`int PyLong_Check (PyObject *p)`**

如果参数是 `PyLongObject` 或 `PyLongObject` 的子类型，则返回 `True`。该函数一定能够执行成功。

**`int PyLong_CheckExact (PyObject *p)`**

如果其参数属于 `PyLongObject`，但不是 `PyLongObject` 的子类型则返回真值。此函数总是会成功执行。

**`PyObject *PyLong_FromLong (long v)`**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 由 `v` 返回一个新的 `PyLongObject` 对象，失败时返回 `NULL`。

当前的实现维护着一个整数对象数组，包含 -5 和 256 之间的所有整数对象。若创建一个位于该区间的 `int` 时，实际得到的将是对已有对象的引用。

**`PyObject *PyLong_FromUnsignedLong (unsigned long v)`**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 基于 C `unsigned long` 返回一个新的 `PyLongObject` 对象，失败时返回 `NULL`。

**`PyObject *PyLong_FromSsize_t (Py_ssize_t v)`**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 由 C `Py_ssize_t` 返回一个新的 `PyLongObject` 对象，失败时返回 `NULL`。

**`PyObject *PyLong_FromSize_t (size_t v)`**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 由 C `size_t` 返回一个新的 `PyLongObject` 对象，失败则返回 `NULL`。

**`PyObject *PyLong_FromLongLong (long long v)`**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 基于 C `long long` 返回一个新的 `PyLongObject`，失败时返回 `NULL`。

*PyObject* \*PyLong\_FromUnsignedLongLong (unsigned long long v)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 基于 C unsigned long long 返回一个新的 *PyLongObject* 对象, 失败时返回 NULL。

*PyObject* \*PyLong\_FromDouble (double v)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 由 v 的整数部分返回一个新的 *PyLongObject* 对象, 失败则返回 NULL。

*PyObject* \*PyLong\_FromString (const char \*str, char \*\*pend, int base)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 根据 str 字符串值返回一个新的 *PyLongObject*, 它将根据 base 指定的基数来解读, 或是在失败时返回 NULL。如果 pend 不为 NULL, 则在成功时 \*pend 将指向 str 中末尾而在出错时将指向第一个无法处理的字符。如果 base 为 0, 则 str 将使用 integers 定义来解读; 在此情况下, 非零十进制数以零开头将会引发 ValueError。如果 base 不为 0, 则必须在 2 和 36, 包括这两个值。开头和末尾的空格以及基数标示符之后和数码之间的单下划线将被忽略。如果没有数码或 str 中数码和末尾空格之后不以 NULL 结束, 则将引发 ValueError。

参见:

Python 方法 `int.to_bytes()` 和 `int.from_bytes()` 用于 *PyLongObject* 到/从字节数组之间以 256 为基数进行转换。你可以使用 *PyObject\_CallMethod()* 从 C 调用它们。

*PyObject* \*PyLong\_FromUnicodeObject (*PyObject* \*u, int base)

返回值: 新的引用。将字符串 u 中的 Unicode 数字序列转换为 Python 整数值。

3.3 新版功能。

*PyObject* \*PyLong\_FromVoidPtr (void \*p)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 从指针 p 创建一个 Python 整数。可以使用 *PyLong\_AsVoidPtr()* 返回的指针值。

long PyLong\_AsLong (*PyObject* \*obj)

*Part of the Stable ABI*. 返回 obj 的 C long 表示形式。如果 obj 不是 *PyLongObject* 的实例, 则会先调用其 `__index__()` 方法 (如果存在) 将其转换为 *PyLongObject*。

如果 obj 的值超出了 long 的取值范围则会引发 *OverflowError*。

出错则返回 -1。请用 *PyErr\_Occurred()* 找出具体问题。

在 3.8 版更改: 如果可能将使用 `__index__()`。

在 3.10 版更改: 此函数将不再使用 `__int__()`。

long PyLong\_AsLongAndOverflow (*PyObject* \*obj, int \*overflow)

*Part of the Stable ABI*. 返回 obj 的 C long 表示形式。如果 obj 不是 *PyLongObject* 的实例, 则会先调用其 `__index__()` 方法 (如果存在) 将其转换为 *PyLongObject*。

如果 obj 的值大于 `LONG_MAX` 或小于 `LONG_MIN`, 则会把 \*overflow 分别置为 1 或 -1, 并返回 -1; 否则, 将 \*overflow 置为 0。如果发生其他异常则按常规把 \*overflow 置为 0 并返回 -1。

出错则返回 -1。请用 *PyErr\_Occurred()* 找出具体问题。

在 3.8 版更改: 如果可能将使用 `__index__()`。

在 3.10 版更改: 此函数将不再使用 `__int__()`。

long long PyLong\_AsLongLong (*PyObject* \*obj)

*Part of the Stable ABI*. 返回 obj 的 C long long 表示形式。如果 obj 不是 *PyLongObject* 的实例, 则会先调用其 `__index__()` 方法 (如果存在) 将其转换为 *PyLongObject*。

如果 obj 值超出 long long 的取值范围则会引发 *OverflowError*。

出错则返回 -1。请用 *PyErr\_Occurred()* 找出具体问题。

在 3.8 版更改: 如果可能将使用 `__index__()`。

在 3.10 版更改: 此函数将不再使用 `__int__()`。

`long long PyLong_AsLongLongAndOverflow(PyObject *obj, int *overflow)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *obj* 的 C `long long` 表示形式。如果 *obj* 不是 *PyLongObject* 的实例，则会先调用其 `__index__()` 方法（如果存在）将其转换为 *PyLongObject*。

如果 *obj* 的值大于 `LLONG_MAX` 或小于 `LLONG_MIN`，则会把 *\*overflow* 分别置为 1 或 -1，并返回 -1；否则，将 *\*overflow* 置为 0。如果发生其他异常则按常规把 *\*overflow* 置为 0 并返回 -1。

出错则返回 -1。请用 *PyErr\_Occurred()* 找出具体问题。

3.2 新版功能。

在 3.8 版更改：如果可能将使用 `__index__()`。

在 3.10 版更改：此函数将不再使用 `__int__()`。

`Py_ssize_t PyLong_AsSsize_t(PyObject *pylong)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *pylong* 的 C 语言 *Py\_ssize\_t* 形式。*pylong* 必须是 *PyLongObject* 的实例。

如果 *pylong* 的值超出了 *Py\_ssize\_t* 的取值范围则会引发 *OverflowError*。

出错则返回 -1。请用 *PyErr\_Occurred()* 找出具体问题。

`unsigned long PyLong_AsUnsignedLong(PyObject *pylong)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *pylong* 的 C `unsigned long` 表示形式。*pylong* 必须是 *PyLongObject* 的实例。

如果 *pylong* 的值超出了 `unsigned long` 的取值范围则会引发 *OverflowError*。

出错时返回 `(unsigned long)-1`，请利用 *PyErr\_Occurred()* 辨别具体问题。

`size_t PyLong_AsSize_t(PyObject *pylong)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *pylong* 的 C 语言 `size_t` 形式。*pylong* 必须是 *PyLongObject* 的实例。

如果 *pylong* 的值超出了 `size_t` 的取值范围则会引发 *OverflowError*。

出错时返回 `(size_t)-1`，请利用 *PyErr\_Occurred()* 辨别具体问题。

`unsigned long long PyLong_AsUnsignedLongLong(PyObject *pylong)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *pylong* 的 C `unsigned long long` 表示形式。*pylong* 必须是 *PyLongObject* 的实例。

如果 *pylong* 的值超出 `unsigned long long` 的取值范围则会引发 *OverflowError*。

出错时返回 `(unsigned long long)-1`，请利用 *PyErr\_Occurred()* 辨别具体问题。

在 3.1 版更改：现在 *pylong* 为负值会触发 *OverflowError*，而不是 *TypeError*。

`unsigned long PyLong_AsUnsignedLongMask(PyObject *obj)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *obj* 的 C `unsigned long` 表示形式。如果 *obj* 不是 *PyLongObject* 的实例，则会先调用其 `__index__()` 方法（如果存在）将其转换为 *PyLongObject*。

如果 *obj* 的值超出了 `unsigned long` 的取值范围，则返回该值对 `ULONG_MAX + 1` 求模的余数。

出错时返回 `(unsigned long)-1`，请利用 *PyErr\_Occurred()* 辨别具体问题。

在 3.8 版更改：如果可能将使用 `__index__()`。

在 3.10 版更改：此函数将不再使用 `__int__()`。

`unsigned long long PyLong_AsUnsignedLongLongMask(PyObject *obj)`

*Part of the Stable ABI.* 返回 *obj* 的 C `unsigned long long` 表示形式。如果 *obj* 不是 *PyLongObject* 的实例，则会先调用其 `__index__()` 方法（如果存在）将其转换为 *PyLongObject*。

如果 *obj* 的值超出了 `unsigned long long` 的取值范围，则返回该值对 `ULLONG_MAX + 1` 求模的余数。

出错时返回 `(unsigned long long)-1`，请利用 *PyErr\_Occurred()* 辨别具体问题。

在 3.8 版更改：如果可能将使用 `__index__()`。



在 3.10 版更改: 此函数将不再使用 `__int__()`。

**double PyLong\_AsDouble** (*PyObject* \*pylong)

*Part of the Stable ABI.* 返回 *pylong* 的 C double 表示形式。*pylong* 必须是 *PyLongObject* 的实例。

如果 *pylong* 的值超出了 double 的取值范围则会引发 `OverflowError`。

出错时返回 `-1.0`，请利用 `PyErr_Occurred()` 辨别具体问题。

**void \*PyLong\_AsVoidPtr** (*PyObject* \*pylong)

*Part of the Stable ABI.* 将一个 Python 整数 *pylong* 转换为 C void 指针。如果 *pylong* 无法被转换，则将引发 `OverflowError`。这只是为了保证将通过 `PyLong_FromVoidPtr()` 创建的值产生一个可用的 void 指针。

出错时返回 `NULL`，请利用 `PyErr_Occurred()` 辨别具体问题。

**int PyUnstable\_Long\_IsCompact** (const *PyLongObject* \*op)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

如果 *op* 为紧凑形式则返回 1，否则返回 0。

此函数使得显著影响性能的关键代码可以实现小整数的“快速路径”。对于紧凑形式的值使用 `PyUnstable_Long_CompactValue()`；对于其他值则回退为 `PyLong_As*` 函数或者调用 `int.to_bytes()`。

此项加速对于大多数用户来说是可以忽略的。

具体有哪些值会被视为紧凑形式属于实现细节并可能发生改变。

**Py\_ssize\_t PyUnstable\_Long\_CompactValue** (const *PyLongObject* \*op)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

如果 *op* 为紧凑形式，如 `PyUnstable_Long_IsCompact()` 所确定的，则返回它的值。

在其他情况下，返回值是未定义的。

## 8.2.2 布尔对象

在 Python 中布尔值是作为整数的子类实现的。只有两个布尔值，`Py_False` 和 `Py_True`。因此，正常的创建和删除功能不适用于布尔值。不过，下列的宏则是可用的。

**PyTypeObject PyBool\_Type**

*Part of the Stable ABI.* 这个 *PyTypeObject* 的实例代表一个 Python 布尔类型；它与 Python 层面的 `bool` 是相同的对象。

**int PyBool\_Check** (*PyObject* \*o)

如果 *o* 的类型为 `PyBool_Type` 则返回真值。此函数总是会成功执行。

**PyObject \*Py\_False**

Python False 对象。该对象没有任何方法并且是 永久性对象。

在 3.12 版更改: `Py_False` 是永久性对象。

**PyObject \*Py\_True**

Python True 对象。该对象没有任何方法并且是 永久性对象。

在 3.12 版更改: `Py_True` 是永久性对象。

**Py\_RETURN\_FALSE**

从一个函数返回 `Py_False`。

**Py\_RETURN\_TRUE**

从一个函数返回 `Py_True`。

**PyObject\*PyBool\_FromLong** (long v)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回 `Py_True` 或 `Py_False`，具体取决于 `v` 的逻辑值。

**8.2.3 浮点数对象****type PyFloatObject**

这个 C 类型 `PyObject` 的子类型代表一个 Python 浮点数对象。

**PyTypeObject PyFloat\_Type**

*Part of the Stable ABI*. 这是个属于 C 类型 `PyTypeObject` 的代表 Python 浮点类型的实例。在 Python 层面的类型 `float` 是同一个对象。

**int PyFloat\_Check** (PyObject \*p)

如果它的参数是一个 `PyFloatObject` 或者 `PyFloatObject` 的子类型则返回真值。此函数总是会成功执行。

**int PyFloat\_CheckExact** (PyObject \*p)

如果它的参数是一个 `PyFloatObject` 但不是 `PyFloatObject` 的子类型则返回真值。此函数总是会成功执行。

**PyObject\*PyFloat\_FromString** (PyObject \*str)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 根据字符串 `str` 的值创建一个 `PyFloatObject`，失败时返回 `NULL`。

**PyObject\*PyFloat\_FromDouble** (double v)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 根据 `v` 创建一个 `PyFloatObject` 对象，失败时返回 `NULL`。

**double PyFloat\_AsDouble** (PyObject \*pyfloat)

*Part of the Stable ABI*. 返回 `pyfloat` 的内容的 C `double` 表示形式。如果 `pyfloat` 不是一个 Python 浮点数对象但是具有 `__float__()` 方法，则会先调用此方法来将 `pyfloat` 转换为浮点数。如果 `__float__()` 未定义则将回退至 `__index__()`。此方法在失败时将返回 `-1.0`，因此开发者应当调用 `PyErr_Occurred()` 来检测错误。

在 3.8 版更改：如果可能将使用 `__index__()`。

**double PyFloat\_AS\_DOUBLE** (PyObject \*pyfloat)

返回 `pyfloat` 的 C `double` 表示形式，但不带错误检测。

**PyObject\*PyFloat\_GetInfo** (void)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个 `structseq` 实例，其中包含有关 `float` 的精度、最小值和最大值的信息。它是头文件 `float.h` 的一个简单包装。

**double PyFloat\_GetMax** ()

*Part of the Stable ABI*. 返回 C `double` 形式的最大可表示有限浮点数 `DBL_MAX`。

**double PyFloat\_GetMin** ()

*Part of the Stable ABI*. 返回 C `double` 形式的最小正规化正浮点数 `DBL_MIN`。



## 打包与解包函数

打包与解包函数提供了独立于平台的高效方式来将浮点数值存储为字节串。`Pack` 例程根据 C `double` 产生字节串, 而 `Unpack` 例程根据这样的字节串产生 C `double`。后缀 (2, 4 or 8) 指明字节串中的字节数。

在明显使用 IEEE 754 格式的平台这些函数是通过拷贝比特位来实现的。在其他平台上, 2 字节格式与 IEEE 754 binary16 半精度格式相同, 4 字节格式 (32 位) 与 IEEE 754 binary32 单精度格式相同, 而 8 字节格式则与 IEEE 754 双精度格式相同, 不过 INF 和 NaN (如果平台存在这两种值) 未得到正确处理, 而试图对包含 IEEE INF 或 NaN 的字节串执行解包将会引发一个异常。

在具有比 IEEE 754 所支持的更高精度, 或更大动态范围的非 IEEE 平台上, 不是所有的值都能被打包; 在具有更低精度, 或更小动态范围的非 IEEE 平台上, 则不是所有的值都能被解包。在这种情况下发生的事情有一部分将是偶然的 (无奈)。

3.11 新版功能.

## 打包函数

打包例程会写入 2, 4 或 8 个字节, 从 `p` 开始。`le` 是一个 `int` 参数, 如果你想要字节串为小端序格式 (指数部分放在后面, 位于 `p+1`, `p+3` 或 `p+6` `p+7`) 则其应为非零值, 如果你想要大端序格式 (指数部分放在前面, 位于 `p`) 则其应为零。`PY_BIG_ENDIAN` 常量可被用于使用本机端序: 在大端序处理器上等于 1, 在小端序处理器上则等于 0。

返回值: 如果一切正常则为 0, 如果出错则为 -1 (并会设置一个异常, 最大可能为 `OverflowError`)。

在非 IEEE 平台上存在两个问题:

- 如果 `x` 为 NaN 或无穷大则此函数的行为是未定义的。
- `-0.0` 和 `+0.0` 将产生相同的字节串。

`int PyFloat_Pack2 (double x, unsigned char *p, int le)`

将 C `double` 打包为 IEEE 754 binary16 半精度格式。

`int PyFloat_Pack4 (double x, unsigned char *p, int le)`

将 C `double` 打包为 IEEE 754 binary32 单精度格式。

`int PyFloat_Pack8 (double x, unsigned char *p, int le)`

将 C `double` 打包为 IEEE 754 binary64 双精度格式。

## 解包函数

解包例程会读取 2, 4 或 8 个字节, 从 `p` 开始。`le` 是一个 `int` 参数, 如果字节串为小端序格式 (指数部门放在后面, 位于 `p+1`, `p+3` 或 `p+6` 和 `p+7`) 则其应为非零值, 如果为大端序格式 (指数部分放在前面, 位于 `p`) 则其应为零。`PY_BIG_ENDIAN` 常量可被用于使用本机端序: 在大端序处理器上等于 1, 在小端序处理器上则等于 0。

返回值: 解包后的 `double`。出错时, 返回值为 `-1.0` 且 `PyErr_Occurred()` 为真值 (并且会设置一个异常, 最大可能为 `OverflowError`)。

请注意在非 IEEE 平台上此函数将拒绝解包表示 NaN 或无穷大的字节串。

`double PyFloat_Unpack2 (const unsigned char *p, int le)`

将 IEEE 754 binary16 半精度格式解包为 C `double`。

`double PyFloat_Unpack4 (const unsigned char *p, int le)`

将 IEEE 754 binary32 单精度格式解包为 C `double`。

`double PyFloat_Unpack8 (const unsigned char *p, int le)`

将 IEEE 754 binary64 双精度格式解包为 C `double`。

## 8.2.4 复数对象

从 C API 看, Python 的复数对象由两个不同的部分实现: 一个是在 Python 程序使用的 Python 对象, 另外的是一个代表真正复数值的 C 结构体。API 提供了函数共同操作两者。

### 表示复数的 C 结构体

需要注意的是接受这些结构体的作为参数并当做结果返回的函数, 都是传递“值”而不是引用指针。此规则适用于整个 API。

type **Py\_complex**

这是一个对应 Python 复数对象的值部分的 C 结构体。绝大部分处理复数对象的函数都用这类型的结构体作为输入或者输出值, 它可近似地定义为:

```
typedef struct {
    double real;
    double imag;
} Py_complex;
```

*Py\_complex* **\_Py\_c\_sum** (*Py\_complex* left, *Py\_complex* right)

返回两个复数的和, 用 C 类型 *Py\_complex* 表示。

*Py\_complex* **\_Py\_c\_diff** (*Py\_complex* left, *Py\_complex* right)

返回两个复数的差, 用 C 类型 *Py\_complex* 表示。

*Py\_complex* **\_Py\_c\_neg** (*Py\_complex* num)

返回复数 *num* 的负值, 用 C *Py\_complex* 表示。

*Py\_complex* **\_Py\_c\_prod** (*Py\_complex* left, *Py\_complex* right)

返回两个复数的乘积, 用 C 类型 *Py\_complex* 表示。

*Py\_complex* **\_Py\_c\_quot** (*Py\_complex* dividend, *Py\_complex* divisor)

返回两个复数的商, 用 C 类型 *Py\_complex* 表示。

如果 *divisor* 为空, 则此方法将返回零并将 *errno* 设为 EDOM。

*Py\_complex* **\_Py\_c\_pow** (*Py\_complex* num, *Py\_complex* exp)

返回 *num* 的 *exp* 次幂, 用 C 类型 *Py\_complex* 表示。

如果 *num* 为空且 *exp* 不是正实数, 则此方法将返回零并将 *errno* 设为 EDOM。

### 表示复数的 Python 对象

type **PyComplexObject**

这个 C 类型 *PyObject* 的子类型代表一个 Python 复数对象。

*PyTypeObject* **PyComplex\_Type**

Part of the Stable ABI. 这是个属于 *PyTypeObject* 的代表 Python 复数类型的实例。在 Python 层面的类型 *complex* 是同一个对象。

int **PyComplex\_Check** (*PyObject* \*p)

如果它的参数是一个 *PyComplexObject* 或者 *PyComplexObject* 的子类型则返回真值。此函数总是会成功执行。

int **PyComplex\_CheckExact** (*PyObject* \*p)

如果它的参数是一个 *PyComplexObject* 但不是 *PyComplexObject* 的子类型则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \***PyComplex\_FromCComplex** (*Py\_complex* v)

返回值: 新的引用。根据 C 类型 *Py\_complex* 的值生成一个新的 Python 复数对象。

*PyObject* \***PyComplex\_FromDoubles** (double real, double imag)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 根据 *real* 和 *imag* 返回一个新的 C 类型 *PyComplexObject* 对象。

double **PyComplex\_RealAsDouble** (*PyObject* \*op)

Part of the Stable ABI. 以 C 类型 double 返回 *op* 的实部。

double **PyComplex\_ImagAsDouble** (*PyObject* \*op)

Part of the Stable ABI. 以 C 类型 double 返回 *op* 的虚部。

*Py\_complex* **PyComplex\_AsCComplex** (*PyObject* \*op)

返回复数 *op* 的 C 类型 *Py\_complex* 值。

如果 *op* 不是一个 Python 复数对象但是具有 `__complex__()` 方法, 则会先调用该方法将 *op* 转换为 Python 复数对象。如果 `__complex__()` 未定义则将回退至 `__float__()`。如果 `__float__()` 未定义则将回退至 `__index__()`。当失败时, 该方法将返回实数值 `-1.0`。

在 3.8 版更改: 如果可能将使用 `__index__()`。

## 8.3 序列对象

序列对象的一般操作在前一章中讨论过; 本节介绍 Python 语言固有的特定类型的序列对象。

### 8.3.1 bytes 对象

这些函数在期望附带一个字节串形参但却附带了一个非字节串形参被调用时会引发 `TypeError`。

type **PyBytesObject**

这种 *PyObject* 的子类型表示一个 Python 字节对象。

*PyTypeObject* **PyBytes\_Type**

Part of the Stable ABI. *PyTypeObject* 的实例代表一个 Python 字节类型, 在 Python 层面它与 `bytes` 是相同的对象。

int **PyBytes\_Check** (*PyObject* \*o)

如果对象 *o* 是一个 `bytes` 对象或者 `bytes` 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

int **PyBytes\_CheckExact** (*PyObject* \*o)

如果对象 *o* 是一个 `bytes` 对象但不是 `bytes` 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \***PyBytes\_FromString** (const char \*v)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回一个以字符串 *v* 的副本为值的新字节串对象, 失败时返回 `NULL`。形参 *v* 不可为 `NULL`; 它不会被检查。

*PyObject* \***PyBytes\_FromStringAndSize** (const char \*v, *Py\_ssize\_t* len)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回一个以字符串 *v* 的副本为值且长度为 *len* 的新字节串对象, 失败时返回 `NULL`。如果 *v* 为 `NULL`, 则不初始化字节串对象的内容。

*PyObject* \***PyBytes\_FromFormat** (const char \*format, ...)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 接受一个 `Cprintf()` 风格的 *format* 字符串和可变数量的参数, 计算结果 Python 字节串对象的大小并返回参数值经格式化后的字节串对象。可变数量的参数必须均为 C 类型并且必须恰好与 *format* 字符串中的格式字符相对应。允许使用下列格式字符串:

格式字符	类型	注释
%%	不适用	文字% 字符。
%c	int	一个字节, 被表示为一个 C 语言的整型
%d	int	相当于 <code>printf("%d").</code> <sup>1</sup>
%u	unsigned int	相当于 <code>printf("%u").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%ld	长整型	相当于 <code>printf("%ld").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%lu	unsigned long	相当于 <code>printf("%lu").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%zd	<code>Py_ssize_t</code>	相当于 <code>printf("%zd").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%zu	<code>size_t</code>	相当于 <code>printf("%zu").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%i	int	相当于 <code>printf("%i").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%x	int	相当于 <code>printf("%x").</code> <a href="#">Page 121, 1</a>
%s	const char*	以 null 为终止符的 C 字符数组。
%p	const void*	一个 C 指针的十六进制表示形式。基本等价于 <code>printf("%p")</code> 但它会确保以面值 0x 开头, 不论系统平台上 <code>printf</code> 的输出是什么。

无法识别的格式字符会导致将格式字符串的其余所有内容原样复制到结果对象, 并丢弃所有多余的参数。

**PyObject\*PyBytes\_FromFormatV** (const char \*format, va\_list vargs)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 与 `PyBytes_FromFormat()` 完全相同, 除了它需要两个参数。

**PyObject\*PyBytes\_FromObject** (PyObject \*o)

返回值: 新的引用。Part of the Stable ABI. 返回字节表示实现缓冲区协议的对象 \*o\*。

**Py\_ssize\_t PyBytes\_Size** (PyObject \*o)

Part of the Stable ABI. 返回字节对象 \*o\* 中字节的长度。

**Py\_ssize\_t PyBytes\_GET\_SIZE** (PyObject \*o)

类似于 `PyBytes_Size()`, 但是不带错误检测。

**char\*PyBytes\_AsString** (PyObject \*o)

Part of the Stable ABI. 返回对应 *o* 的内容的指针。该指针指向 *o* 的内部缓冲区, 其中包含 `len(o) + 1` 个字节。缓冲区的最后一个字节总是为空, 不论是否存在其他空字节。该数据不可通过任何形式来修改, 除非是刚使用 `PyBytes_FromStringAndSize(NULL, size)` 创建该对象。它不可被撤销分配。如果 *o* 根本不是一个字节串对象, 则 `PyBytes_AsString()` 将返回 NULL 并引发 `TypeError`。

**char\*PyBytes\_AS\_STRING** (PyObject \*string)

类似于 `PyBytes_AsString()`, 但是不带错误检测。

**int PyBytes\_AsStringAndSize** (PyObject \*obj, char \*\*buffer, Py\_ssize\_t \*length)

Part of the Stable ABI. 通过输出变量 *buffer* 和 *length* 返回以 null 为终止符的对象 *obj* 的内容。

如果 *length* 为 NULL, 字节串对象就不包含嵌入的空字节; 如果包含, 则该函数将返回 -1 并引发 `ValueError`。

该缓冲区指向 *obj* 的内部缓冲, 它的末尾包含一个额外的空字节 (不算在 *length* 当中)。该数据不可通过任何方式来修改, 除非是刚使用 `PyBytes_FromStringAndSize(NULL, size)` 创建该对象。它不可被撤销分配。如果 *obj* 根本不是一个字节串对象, 则 `PyBytes_AsStringAndSize()` 将返回 -1 并引发 `TypeError`。

在 3.5 版更改: 以前, 当字节串对象中出现嵌入的空字节时将引发 `TypeError`。

**void PyBytes\_Concat** (PyObject \*\*bytes, PyObject \*newpart)

Part of the Stable ABI. 在 *\*bytes* 中创建新的字节串对象, 其中包含添加到 *bytes* 的 *newpart* 的内容; 调用者将获得新的引用。对 *bytes* 原值的引用将被收回。如果无法创建新对象, 对 *bytes* 的旧引用仍将被丢弃且 *\*bytes* 的值将被设为 NULL; 并将设置适当的异常。

<sup>1</sup> 对于整数说明符 (d, u, ld, lu, zd, zu, i, x): 当给出精度时, 0 转换标志是有效的。

void **PyBytes\_ConcatAndDel** (*PyObject* \*\*bytes, *PyObject* \*newpart)

*Part of the Stable ABI.* 在 \*bytes 中创建一个新的字节串对象，其中包含添加到 bytes 的 newpart 的内容。此版本将释放对 newpart 的 *strong reference* (即递减其引用计数)。

int **\_PyBytes\_Resize** (*PyObject* \*\*bytes, *Py\_ssize\_t* newsize)

改变字节串大小的一种方式，即使其为“不可变对象”。此方式仅用于创建全新的字节串对象；如果字节串在代码的其他部分已知则不可使用此方式。如果输入字节串对象的引用计数不为 1 则调用此函数将报错。传入一个现有字节串对象的地址作为 lvalue (它可能会被写入)，并传入希望的新大小。当成功时，\*bytes 将存放改变大小后的字节串对象并返回 0；\*bytes 中的地址可能与其输入值不同。如果重新分配失败，则 \*bytes 上的原字节串对象将被撤销分配，\*bytes 会被设为 NULL，同时设置 `MemoryError` 并返回 -1。

### 8.3.2 字节数组对象

type **PyByteArrayObject**

这个 *PyObject* 的子类型表示一个 Python 字节数组对象。

*PyTypeObject* **PyByteArray\_Type**

*Part of the Stable ABI.* Python bytearray 类型表示为 *PyTypeObject* 的实例；这与 Python 层面的 bytearray 是相同的对象。

#### 类型检查宏

int **PyByteArray\_Check** (*PyObject* \*o)

如果对象 o 是一个 bytearray 对象或者 bytearray 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

int **PyByteArray\_CheckExact** (*PyObject* \*o)

如果对象 o 是一个 bytearray 对象但不是 bytearray 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

#### 直接 API 函数

*PyObject* \***PyByteArray\_FromObject** (*PyObject* \*o)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 根据任何实现了缓冲区协议的对象 o，返回一个新的字节数组对象。

*PyObject* \***PyByteArray\_FromStringAndSize** (const char \*string, *Py\_ssize\_t* len)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 根据 string 及其长度 len 创建一个新的 bytearray 对象。当失败时返回 NULL。

*PyObject* \***PyByteArray\_Concat** (*PyObject* \*a, *PyObject* \*b)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 连接字节数组 a 和 b 并返回一个带有结果的新的字节数组。

*Py\_ssize\_t* **PyByteArray\_Size** (*PyObject* \*bytearray)

*Part of the Stable ABI.* 在检查 NULL 指针后返回 bytearray 的大小。

char \***PyByteArray\_AsString** (*PyObject* \*bytearray)

*Part of the Stable ABI.* 在检查 NULL 指针后返回将 bytearray 返回为一个字符数组。返回的数组总是会附加一个额外的空字节。

int **PyByteArray\_Resize** (*PyObject* \*bytearray, *Py\_ssize\_t* len)

*Part of the Stable ABI.* 将 bytearray 的内部缓冲区的大小调整为 len。



## 宏

这些宏减低安全性以换取性能，它们不检查指针。

`char *PyByteArray_AS_STRING (PyObject *bytearray)`

类似于 `PyByteArray_AsString()`，但是不带错误检测。

`Py_ssize_t PyByteArray_GET_SIZE (PyObject *bytearray)`

类似于 `PyByteArray_Size()`，但是不带错误检测。

## 8.3.3 Unicode 对象和编码解码器

### Unicode 对象

自从 python3.3 中实现了 **PEP 393** 以来，Unicode 对象在内部使用各种表示形式，以便在保持内存效率的同时处理完整范围的 Unicode 字符。对于所有代码点都低于 128、256 或 65536 的字符串，有一些特殊情况；否则，代码点必须低于 1114112（这是完整的 Unicode 范围）。

UTF-8 表示将按需创建并缓存在 Unicode 对象中。

---

**备注：**`Py_UNICODE` 表示形式在 Python 3.12 中同被弃用的 API 一起被移除了，查阅 **PEP 623** 以获得更多信息。

---

### Unicode 类型

以下是用于 Python 中 Unicode 实现的基本 Unicode 对象类型：

type **Py\_UCS4**

type **Py\_UCS2**

type **Py\_UCS1**

*Part of the Stable ABI.* 这些类型是无符号整数类型的类型定义，其宽度足以分别包含 32 位、16 位和 8 位字符。当需要处理单个 Unicode 字符时，请使用 `Py_UCS4`。

3.3 新版功能。

type **Py\_UNICODE**

这是 `wchar_t` 的类型定义，根据平台的不同它可能为 16 位类型或 32 位类型。

在 3.3 版更改：在以前的版本中，这是 16 位类型还是 32 位类型，这取决于您在构建时选择的是“窄”还是“宽”Unicode 版本的 Python。

type **PyASCIIObject**

type **PyCompactUnicodeObject**

type **PyUnicodeObject**

这些关于 `PyObject` 的子类型表示了一个 Python Unicode 对象。在几乎所有情形下，它们不应该被直接使用，因为所有处理 Unicode 对象的 API 函数都接受并返回 `PyObject` 类型的指针。

3.3 新版功能。

*PyTypeObject* **PyUnicode\_Type**

*Part of the Stable ABI.* 这个 `PyTypeObject` 实例代表 Python Unicode 类型。它作为 `str` 公开给 Python 代码。

以下 API 是 C 宏和静态内联函数，用于快速检查和访问 Unicode 对象的内部只读数据：

int **PyUnicode\_Check** (PyObject \*o)

如果对象 \*o\* 是 Unicode 对象或 Unicode 子类型的实例，则返回“真”。此函数始终成功。

**int PyUnicode\_CheckExact** (*PyObject* \*o)

如果对象 \*o\* 是 Unicode 对象，但不是子类型的实例，则返回“真”。此函数始终成功。

**int PyUnicode\_READY** (*PyObject* \*o)

返回 0。此 API 仅为向下兼容而保留。

3.3 新版功能。

3.10 版后已移除: 此 API 从 Python 3.12 起将不做任何事。

*Py\_ssize\_t* **PyUnicode\_GET\_LENGTH** (*PyObject* \*o)

返回 Unicode 字符串的长度（以代码点为单位）\*o\* 必须是“规范”表达方式中的 Unicode 对象（未选中）。

3.3 新版功能。

*Py\_UCS1* \***PyUnicode\_1BYTE\_DATA** (*PyObject* \*o)

*Py\_UCS2* \***PyUnicode\_2BYTE\_DATA** (*PyObject* \*o)

*Py\_UCS4* \***PyUnicode\_4BYTE\_DATA** (*PyObject* \*o)

返回一个用于直接字符访问的指向转换为 UCS1、UCS2 或 UCS4 整数类型的规范表示的指针。如果规范表示具有正确的字符大小，则不执行检查；使用 *PyUnicode\_KIND()* 选择正确的函数。

3.3 新版功能。

**PyUnicode\_1BYTE\_KIND**

**PyUnicode\_2BYTE\_KIND**

**PyUnicode\_4BYTE\_KIND**

返回 *PyUnicode\_KIND()* 宏的值。

3.3 新版功能。

在 3.12 版更改: *PyUnicode\_WCHAR\_KIND* 已被移除。

**int PyUnicode\_KIND** (*PyObject* \*o)

返回一个 *PyUnicode* 类常量（见上文），指示此 Unicode 对象用于存储其数据的每个字符的字节数 \*o\* 必须是“规范”表达方式中的 Unicode 对象（未选中）。

3.3 新版功能。

**void \*PyUnicode\_DATA** (*PyObject* \*o)

返回指向原始 Unicode 缓冲区的空指针 \*o\* 必须是“规范”表达方式中的 Unicode 对象（未选中）。

3.3 新版功能。

**void PyUnicode\_WRITE** (int kind, void \*data, *Py\_ssize\_t* index, *Py\_UCS4* value)

Write into a canonical representation *data* (as obtained with *PyUnicode\_DATA()*). This function performs no sanity checks, and is intended for usage in loops. The caller should cache the *kind* value and *data* pointer as obtained from other calls. *index* is the index in the string (starts at 0) and *value* is the new code point value which should be written to that location.

3.3 新版功能。

*Py\_UCS4* **PyUnicode\_READ** (int kind, void \*data, *Py\_ssize\_t* index)

Read a code point from a canonical representation *data* (as obtained with *PyUnicode\_DATA()*). No checks or ready calls are performed.

3.3 新版功能。

*Py\_UCS4* **PyUnicode\_READ\_CHAR** (*PyObject* \*o, *Py\_ssize\_t* index)

Read a character from a Unicode object *o*, which must be in the “canonical” representation. This is less efficient than *PyUnicode\_READ()* if you do multiple consecutive reads.

3.3 新版功能。



*Py\_UCS4* **PyUnicode\_MAX\_CHAR\_VALUE** (*PyObject* \*o)

返回适合于基于 \*o\* 创建另一个字符串的最大代码点，该字符串必须在“规范”表达方式中。这始终是一种近似，但比在字符串上迭代更有效。

3.3 新版功能。

int **PyUnicode\_IsIdentifier** (*PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI.* 如果字符串按照语言定义是合法的标识符则返回 1，参见 `identifiers` 小节。否则返回 0。

在 3.9 版更改: The function does not call *Py\_FatalError()* anymore if the string is not ready.

## Unicode 字符属性

Unicode 提供了许多不同的字符特性。最常需要的宏可以通过这些宏获得，这些宏根据 Python 配置映射到 C 函数。

int **Py\_UNICODE\_ISSPACE** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为空白字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISLOWER** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为小写字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISUPPER** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为大写字符返回 1 或 0

int **Py\_UNICODE\_ISTITLE** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为标题化的大小写返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISLINEBREAK** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为换行类字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISDECIMAL** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为十进制数字返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISDIGIT** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为数码类字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISNUMERIC** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为数值类字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISALPHA** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为字母类字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISALNUM** (*Py\_UCS4* ch)

根据 *ch* 是否为字母数字类字符返回 1 或 0。

int **Py\_UNICODE\_ISPRINTABLE** (*Py\_UCS4* ch)

Return 1 or 0 depending on whether *ch* is a printable character. Nonprintable characters are those characters defined in the Unicode character database as "Other" or "Separator", excepting the ASCII space (0x20) which is considered printable. (Note that printable characters in this context are those which should not be escaped when `repr()` is invoked on a string. It has no bearing on the handling of strings written to `sys.stdout` or `sys.stderr`.)

These APIs can be used for fast direct character conversions:

*Py\_UCS4* **Py\_UNICODE\_TOLOWER** (*Py\_UCS4* ch)

Return the character *ch* converted to lower case.

3.3 版后已移除: This function uses simple case mappings.

*Py\_UCS4* **Py\_UNICODE\_TOUPPER** (*Py\_UCS4* ch)

Return the character *ch* converted to upper case.

3.3 版后已移除: This function uses simple case mappings.

*Py\_UCS4* **Py\_UNICODE\_TOTITLE** (*Py\_UCS4* ch)

Return the character *ch* converted to title case.

3.3 版后已移除: This function uses simple case mappings.

int **Py\_UNICODE\_TODECIMAL** (*Py\_UCS4* ch)

Return the character *ch* converted to a decimal positive integer. Return  $-1$  if this is not possible. This function does not raise exceptions.

int **Py\_UNICODE\_TODIGIT** (*Py\_UCS4* ch)

Return the character *ch* converted to a single digit integer. Return  $-1$  if this is not possible. This function does not raise exceptions.

double **Py\_UNICODE\_TONUMERIC** (*Py\_UCS4* ch)

Return the character *ch* converted to a double. Return  $-1.0$  if this is not possible. This function does not raise exceptions.

These APIs can be used to work with surrogates:

int **Py\_UNICODE\_IS\_SURROGATE** (*Py\_UCS4* ch)

Check if *ch* is a surrogate ( $0xD800 \leq ch \leq 0xDFFF$ ).

int **Py\_UNICODE\_IS\_HIGH\_SURROGATE** (*Py\_UCS4* ch)

Check if *ch* is a high surrogate ( $0xD800 \leq ch \leq 0xDBFF$ ).

int **Py\_UNICODE\_IS\_LOW\_SURROGATE** (*Py\_UCS4* ch)

Check if *ch* is a low surrogate ( $0xDC00 \leq ch \leq 0xDFFF$ ).

*Py\_UCS4* **Py\_UNICODE\_JOIN\_SURROGATES** (*Py\_UCS4* high, *Py\_UCS4* low)

Join two surrogate characters and return a single *Py\_UCS4* value. *high* and *low* are respectively the leading and trailing surrogates in a surrogate pair. *high* must be in the range  $[0xD800; 0xDBFF]$  and *low* must be in the range  $[0xDC00; 0xDFFF]$ .

## Creating and accessing Unicode strings

To create Unicode objects and access their basic sequence properties, use these APIs:

*PyObject* \***PyUnicode\_New** (*Py\_ssize\_t* size, *Py\_UCS4* maxchar)

返回值: 新的引用。Create a new Unicode object. *maxchar* should be the true maximum code point to be placed in the string. As an approximation, it can be rounded up to the nearest value in the sequence 127, 255, 65535, 1114111.

This is the recommended way to allocate a new Unicode object. Objects created using this function are not resizable.

3.3 新版功能.

*PyObject* \***PyUnicode\_FromKindAndData** (int kind, const void \*buffer, *Py\_ssize\_t* size)

返回值: 新的引用。Create a new Unicode object with the given *kind* (possible values are *PyUnicode\_1BYTE\_KIND* etc., as returned by *PyUnicode\_KIND()*). The *buffer* must point to an array of *size* units of 1, 2 or 4 bytes per character, as given by the kind.

If necessary, the input *buffer* is copied and transformed into the canonical representation. For example, if the *buffer* is a UCS4 string (*PyUnicode\_4BYTE\_KIND*) and it consists only of codepoints in the UCS1 range, it will be transformed into UCS1 (*PyUnicode\_1BYTE\_KIND*).

3.3 新版功能.

*PyObject* \*PyUnicode\_FromStringAndSize (const char \*u, Py\_ssize\_t size)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object from the char buffer *u*. The bytes will be interpreted as being UTF-8 encoded. The buffer is copied into the new object. The return value might be a shared object, i.e. modification of the data is not allowed.

This function raises `SystemError` when:

- *size* < 0,
- *u* is NULL and *size* > 0

在 3.12 版更改: *u* == NULL with *size* > 0 is not allowed anymore.

*PyObject* \*PyUnicode\_FromString (const char \*u)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object from a UTF-8 encoded null-terminated char buffer *u*.

*PyObject* \*PyUnicode\_FromFormat (const char \*format, ...)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Take a `Cprintf()`-style *format* string and a variable number of arguments, calculate the size of the resulting Python Unicode string and return a string with the values formatted into it. The variable arguments must be C types and must correspond exactly to the format characters in the *format* ASCII-encoded string.

转换标记符包含两个或更多字符并具有以下组成, 且必须遵循此处规定的顺序:

1. '%' 字符, 用于标记转换符的起始。
2. 转换旗标 (可选), 用于影响某些转换类型的结果。
3. Minimum field width (optional). If specified as an '\*' (asterisk), the actual width is given in the next argument, which must be of type `int`, and the object to convert comes after the minimum field width and optional precision.
4. Precision (optional), given as a '.' (dot) followed by the precision. If specified as '\*' (an asterisk), the actual precision is given in the next argument, which must be of type `int`, and the value to convert comes after the precision.
5. 长度修饰符 (可选)。
6. 转换类型。

转换旗标为:

标志	含意
0	转换将为数字值填充零字符。
-	转换值将靠左对齐 (如果同时给出则会覆盖 0 旗标)。

The length modifiers for following integer conversions (`d`, `i`, `o`, `u`, `x`, or `X`) specify the type of the argument (`int` by default):

Modifier	类型
<code>l</code>	<code>long</code> 或 <code>unsigned long</code>
<code>ll</code>	<code>long long</code> 或 <code>unsigned long long</code>
<code>j</code>	<code>intmax_t</code> 或 <code>uintmax_t</code>
<code>z</code>	<code>size_t</code> 或 <code>ssize_t</code>
<code>t</code>	<code>ptrdiff_t</code>

针对以下转换 `s` 或 `v` 的长度修饰符 `l` 指明参数的类型为 `const wchar_t*`。

转换指示符如下:

转换指示符	类型	注释
%	不适用	字面的 % 字符。
d, i	由长度修饰符指明	有符号 C 整数的十进制表示。
u	由长度修饰符指明	无符号 C 整数的十进制表示。
o	由长度修饰符指明	无符号 C 整数的八进制表示。
x	由长度修饰符指明	无符号 C 整数的十六进制表示 (小写)。
X	由长度修饰符指明	无符号 C 整数的十六进制表示 (大写)。
c	int	单个字符。
s	const char* 或 const wchar_t*	以 null 为终止符的 C 字符数组。
p	const void*	The hex representation of a C pointer. Mostly equivalent to printf("%p") except that it is guaranteed to start with the literal 0x regardless of what the platform's printf yields.
A	PyObject*	ascii() 调用的结果。
U	PyObject*	一个 Unicode 对象。
V	PyObject*, const char* or const wchar_t*	A Unicode object (which may be NULL) and a null-terminated C character array as a second parameter (which will be used, if the first parameter is NULL).
S	PyObject*	The result of calling PyObject_Str().
R	PyObject*	The result of calling PyObject_Repr().

**备注:** The width formatter unit is number of characters rather than bytes. The precision formatter unit is number of bytes or wchar\_t items (if the length modifier l is used) for "%s" and "%V" (if the PyObject\* argument is NULL), and a number of characters for "%A", "%U", "%S", "%R" and "%V" (if the PyObject\* argument is not NULL).

**备注:** Unlike to C printf() the 0 flag has effect even when a precision is given for integer conversions (d, i, u, o, x, or X).

在 3.2 版更改: Support for "%lld" and "%llu" added.

在 3.3 版更改: Support for "%li", "%lli" and "%zi" added.

在 3.4 版更改: Support width and precision formatter for "%s", "%A", "%U", "%V", "%S", "%R" added.

在 3.12 版更改: Support for conversion specifiers o and X. Support for length modifiers j and t. Length modifiers are now applied to all integer conversions. Length modifier l is now applied to conversion specifiers s and V. Support for variable width and precision \*. Support for flag -.

An unrecognized format character now sets a SystemError. In previous versions it caused all the rest of the format string to be copied as-is to the result string, and any extra arguments discarded.

*PyObject\** **PyUnicode\_FromFormatV**(const char \*format, va\_list vargs)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). Identical to *PyUnicode\_FromFormat()* except that it takes exactly two arguments.

*PyObject\** **PyUnicode\_FromObject**(*PyObject\** obj)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). Copy an instance of a Unicode subtype to a new true Unicode object if necessary. If *obj* is already a true Unicode object (not a subtype), return a new *strong reference* to the object.

Objects other than Unicode or its subtypes will cause a `TypeError`.

**PyObject\* PyUnicode\_FromEncodedObject** (PyObject\* obj, const char\* encoding, const char\* errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Decode an encoded object *obj* to a Unicode object.

bytes, bytearray and other *bytes-like objects* are decoded according to the given *encoding* and using the error handling defined by *errors*. Both can be NULL to have the interface use the default values (see *Built-in Codecs* for details).

All other objects, including Unicode objects, cause a `TypeError` to be set.

The API returns NULL if there was an error. The caller is responsible for decref'ing the returned objects.

**Py\_ssize\_t PyUnicode\_GetLength** (PyObject\* unicode)

*Part of the Stable ABI since version 3.7*. Return the length of the Unicode object, in code points.

3.3 新版功能.

**Py\_ssize\_t PyUnicode\_CopyCharacters** (PyObject\* to, Py\_ssize\_t to\_start, PyObject\* from, Py\_ssize\_t from\_start, Py\_ssize\_t how\_many)

Copy characters from one Unicode object into another. This function performs character conversion when necessary and falls back to `memcpy()` if possible. Returns `-1` and sets an exception on error, otherwise returns the number of copied characters.

3.3 新版功能.

**Py\_ssize\_t PyUnicode\_Fill** (PyObject\* unicode, Py\_ssize\_t start, Py\_ssize\_t length, Py\_UCS4 fill\_char)

Fill a string with a character: write *fill\_char* into `unicode[start:start+length]`.

Fail if *fill\_char* is bigger than the string maximum character, or if the string has more than 1 reference.

Return the number of written character, or return `-1` and raise an exception on error.

3.3 新版功能.

**int PyUnicode\_WriteChar** (PyObject\* unicode, Py\_ssize\_t index, Py\_UCS4 character)

*Part of the Stable ABI since version 3.7*. Write a character to a string. The string must have been created through `PyUnicode_New()`. Since Unicode strings are supposed to be immutable, the string must not be shared, or have been hashed yet.

This function checks that *unicode* is a Unicode object, that the index is not out of bounds, and that the object can be modified safely (i.e. that its reference count is one).

3.3 新版功能.

**Py\_UCS4 PyUnicode\_ReadChar** (PyObject\* unicode, Py\_ssize\_t index)

*Part of the Stable ABI since version 3.7*. Read a character from a string. This function checks that *unicode* is a Unicode object and the index is not out of bounds, in contrast to `PyUnicode_READ_CHAR()`, which performs no error checking.

3.3 新版功能.

**PyObject\* PyUnicode\_Substring** (PyObject\* str, Py\_ssize\_t start, Py\_ssize\_t end)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7*. Return a substring of *str*, from character index *start* (included) to character index *end* (excluded). Negative indices are not supported.

3.3 新版功能.

**Py\_UCS4\* PyUnicode\_AsUCS4** (PyObject\* u, Py\_UCS4\* buffer, Py\_ssize\_t buflen, int copy\_null)

*Part of the Stable ABI since version 3.7*. Copy the string *u* into a UCS4 buffer, including a null character, if *copy\_null* is set. Returns NULL and sets an exception on error (in particular, a `SystemError` if *buflen* is smaller than the length of *u*). *buffer* is returned on success.

3.3 新版功能.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsUCS4Copy (*PyObject* \*u)

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. Copy the string *u* into a new UCS4 buffer that is allocated using *PyMem\_Malloc()*. If this fails, NULL is returned with a *MemoryError* set. The returned buffer always has an extra null code point appended.

3.3 新版功能.

## Locale Encoding

The current locale encoding can be used to decode text from the operating system.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeLocaleAndSize (const char \*str, *Py\_ssize\_t* len, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. Decode a string from UTF-8 on Android and VxWorks, or from the current locale encoding on other platforms. The supported error handlers are "strict" and "surrogateescape" ([PEP 383](#)). The decoder uses "strict" error handler if *errors* is NULL. *str* must end with a null character but cannot contain embedded null characters.

Use *PyUnicode\_DecodeFSDefaultAndSize()* to decode a string from the *filesystem encoding and error handler*.

This function ignores the Python UTF-8 Mode.

参见:

The *Py\_DecodeLocale()* 函数。

3.3 新版功能.

在 3.7 版更改: The function now also uses the current locale encoding for the surrogateescape error handler, except on Android. Previously, *Py\_DecodeLocale()* was used for the surrogateescape, and the current locale encoding was used for strict.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeLocale (const char \*str, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. Similar to *PyUnicode\_DecodeLocaleAndSize()*, but compute the string length using *strlen()*.

3.3 新版功能.

*PyObject* \*PyUnicode\_EncodeLocale (*PyObject* \*unicode, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. Encode a Unicode object to UTF-8 on Android and VxWorks, or to the current locale encoding on other platforms. The supported error handlers are "strict" and "surrogateescape" ([PEP 383](#)). The encoder uses "strict" error handler if *errors* is NULL. Return a bytes object. *unicode* cannot contain embedded null characters.

Use *PyUnicode\_EncodeFSDefault()* to encode a string to the *filesystem encoding and error handler*.

This function ignores the Python UTF-8 Mode.

参见:

The *Py\_EncodeLocale()* function.

3.3 新版功能.

在 3.7 版更改: The function now also uses the current locale encoding for the surrogateescape error handler, except on Android. Previously, *Py\_EncodeLocale()* was used for the surrogateescape, and the current locale encoding was used for strict.



## 文件系统编码格式

Functions encoding to and decoding from the *filesystem encoding and error handler* (PEP 383 and PEP 529).

To encode file names to bytes during argument parsing, the "O&" converter should be used, passing `PyUnicode_FSConverter()` as the conversion function:

int **PyUnicode\_FSConverter** (*PyObject* \*obj, void \*result)

*Part of the Stable ABI.* ParseTuple converter: encode str objects -- obtained directly or through the `os.PathLike` interface -- to bytes using `PyUnicode_EncodeFSDefault()`; bytes objects are output as-is. *result* must be a *PyBytesObject*\* which must be released when it is no longer used.

3.1 新版功能.

在 3.6 版更改: 接受一个 *path-like object*。

To decode file names to str during argument parsing, the "O&" converter should be used, passing `PyUnicode_FSDecoder()` as the conversion function:

int **PyUnicode\_FSDecoder** (*PyObject* \*obj, void \*result)

*Part of the Stable ABI.* ParseTuple converter: decode bytes objects -- obtained either directly or indirectly through the `os.PathLike` interface -- to str using `PyUnicode_DecodeFSDefaultAndSize()`; str objects are output as-is. *result* must be a *PyUnicodeObject*\* which must be released when it is no longer used.

3.2 新版功能.

在 3.6 版更改: 接受一个 *path-like object*。

*PyObject* \***PyUnicode\_DecodeFSDefaultAndSize** (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Decode a string from the *filesystem encoding and error handler*.

If you need to decode a string from the current locale encoding, use `PyUnicode_DecodeLocaleAndSize()`.

参见:

The `Py_DecodeLocale()` 函数。

在 3.6 版更改: The *filesystem error handler* is now used.

*PyObject* \***PyUnicode\_DecodeFSDefault** (const char \*s)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Decode a null-terminated string from the *filesystem encoding and error handler*.

If the string length is known, use `PyUnicode_DecodeFSDefaultAndSize()`.

在 3.6 版更改: The *filesystem error handler* is now used.

*PyObject* \***PyUnicode\_EncodeFSDefault** (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Encode a Unicode object to the *filesystem encoding and error handler*, and return bytes. Note that the resulting bytes object can contain null bytes.

If you need to encode a string to the current locale encoding, use `PyUnicode_EncodeLocale()`.

参见:

The `Py_EncodeLocale()` function.

3.2 新版功能.

在 3.6 版更改: The *filesystem error handler* is now used.

## wchar\_t Support

wchar\_t support for platforms which support it:

*PyObject* \***PyUnicode\_FromWideChar** (const wchar\_t \*w, *Py\_ssize\_t* size)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object from the wchar\_t buffer w of the given size. Passing -1 as the size indicates that the function must itself compute the length, using wcslen. Return NULL on failure.

*Py\_ssize\_t* **PyUnicode\_AsWideChar** (*PyObject* \*unicode, wchar\_t \*w, *Py\_ssize\_t* size)

*Part of the Stable ABI*. Copy the Unicode object contents into the wchar\_t buffer w. At most size wchar\_t characters are copied (excluding a possibly trailing null termination character). Return the number of wchar\_t characters copied or -1 in case of an error. Note that the resulting wchar\_t\* string may or may not be null-terminated. It is the responsibility of the caller to make sure that the wchar\_t\* string is null-terminated in case this is required by the application. Also, note that the wchar\_t\* string might contain null characters, which would cause the string to be truncated when used with most C functions.

wchar\_t \***PyUnicode\_AsWideCharString** (*PyObject* \*unicode, *Py\_ssize\_t* \*size)

*Part of the Stable ABI since version 3.7*. Convert the Unicode object to a wide character string. The output string always ends with a null character. If size is not NULL, write the number of wide characters (excluding the trailing null termination character) into \*size. Note that the resulting wchar\_t string might contain null characters, which would cause the string to be truncated when used with most C functions. If size is NULL and the wchar\_t\* string contains null characters a ValueError is raised.

Returns a buffer allocated by *PyMem\_New* (use *PyMem\_Free*() to free it) on success. On error, returns NULL and \*size is undefined. Raises a MemoryError if memory allocation is failed.

3.2 新版功能.

在 3.7 版更改: Raises a ValueError if size is NULL and the wchar\_t\* string contains null characters.

## Built-in Codecs

Python provides a set of built-in codecs which are written in C for speed. All of these codecs are directly usable via the following functions.

Many of the following APIs take two arguments encoding and errors, and they have the same semantics as the ones of the built-in str() string object constructor.

Setting encoding to NULL causes the default encoding to be used which is UTF-8. The file system calls should use *PyUnicode\_FSConverter*() for encoding file names. This uses the *filesystem encoding and error handler* internally.

Error handling is set by errors which may also be set to NULL meaning to use the default handling defined for the codec. Default error handling for all built-in codecs is "strict" (ValueError is raised).

The codecs all use a similar interface. Only deviations from the following generic ones are documented for simplicity.

## Generic Codecs

These are the generic codec APIs:

*PyObject* \***PyUnicode\_Decompile** (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*encoding, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding size bytes of the encoded string s. encoding and errors have the same meaning as the parameters of the same name in the str() built-in function. The codec to be used is looked up using the Python codec registry. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsEncodedString (*PyObject* \*unicode, const char \*encoding, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object and return the result as Python bytes object. *encoding* and *errors* have the same meaning as the parameters of the same name in the Unicode `encode()` method. The codec to be used is looked up using the Python codec registry. Return NULL if an exception was raised by the codec.

## UTF-8 编解码器

以下是 UTF-8 编解码器 API:

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeUTF8 (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the UTF-8 encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeUTF8Stateful (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, *Py\_ssize\_t* \*consumed)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. If *consumed* is NULL, behave like `PyUnicode_DecodeUTF8()`. If *consumed* is not NULL, trailing incomplete UTF-8 byte sequences will not be treated as an error. Those bytes will not be decoded and the number of bytes that have been decoded will be stored in *consumed*.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsUTF8String (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object using UTF-8 and return the result as Python bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

const char \*PyUnicode\_AsUTF8AndSize (*PyObject* \*unicode, *Py\_ssize\_t* \*size)

*Part of the Stable ABI since version 3.10*. Return a pointer to the UTF-8 encoding of the Unicode object, and store the size of the encoded representation (in bytes) in *size*. The *size* argument can be NULL; in this case no size will be stored. The returned buffer always has an extra null byte appended (not included in *size*), regardless of whether there are any other null code points.

In the case of an error, NULL is returned with an exception set and no *size* is stored.

This caches the UTF-8 representation of the string in the Unicode object, and subsequent calls will return a pointer to the same buffer. The caller is not responsible for deallocating the buffer. The buffer is deallocated and pointers to it become invalid when the Unicode object is garbage collected.

3.3 新版功能.

在 3.7 版更改: The return type is now `const char *` rather of `char *`.

在 3.10 版更改: This function is a part of the *limited API*.

const char \*PyUnicode\_AsUTF8 (*PyObject* \*unicode)

As `PyUnicode_AsUTF8AndSize()`, but does not store the size.

3.3 新版功能.

在 3.7 版更改: The return type is now `const char *` rather of `char *`.

## UTF-32 Codecs

These are the UTF-32 codec APIs:

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeUTF32 (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, int \*byteorder)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Decode *size* bytes from a UTF-32 encoded buffer string and return the corresponding Unicode object. *errors* (if non-NULL) defines the error handling. It defaults to "strict".

If *byteorder* is non-NULL, the decoder starts decoding using the given byte order:

```
*byteorder == -1: little endian
*byteorder == 0:  native order
*byteorder == 1:  big endian
```

If `*byteorder` is zero, and the first four bytes of the input data are a byte order mark (BOM), the decoder switches to this byte order and the BOM is not copied into the resulting Unicode string. If `*byteorder` is -1 or 1, any byte order mark is copied to the output.

After completion, `*byteorder` is set to the current byte order at the end of input data.

If `byteorder` is NULL, the codec starts in native order mode.

Return NULL if an exception was raised by the codec.

**PyObject \*PyUnicode\_DecodeUTF32Stateful** (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, int \*byteorder, *Py\_ssize\_t* \*consumed)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. If *consumed* is NULL, behave like `PyUnicode_DecodeUTF32()`. If *consumed* is not NULL, `PyUnicode_DecodeUTF32Stateful()` will not treat trailing incomplete UTF-32 byte sequences (such as a number of bytes not divisible by four) as an error. Those bytes will not be decoded and the number of bytes that have been decoded will be stored in *consumed*.

**PyObject \*PyUnicode\_AsUTF32String** (PyObject \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Return a Python byte string using the UTF-32 encoding in native byte order. The string always starts with a BOM mark. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

## UTF-16 Codecs

These are the UTF-16 codec APIs:

**PyObject \*PyUnicode\_DecodeUTF16** (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, int \*byteorder)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Decode *size* bytes from a UTF-16 encoded buffer string and return the corresponding Unicode object. *errors* (if non-NULL) defines the error handling. It defaults to "strict".

If `byteorder` is non-NULL, the decoder starts decoding using the given byte order:

```
*byteorder == -1: little endian
*byteorder == 0:  native order
*byteorder == 1:  big endian
```

If `*byteorder` is zero, and the first two bytes of the input data are a byte order mark (BOM), the decoder switches to this byte order and the BOM is not copied into the resulting Unicode string. If `*byteorder` is -1 or 1, any byte order mark is copied to the output (where it will result in either a `\ufeff` or a `\ufffe` character).

After completion, `*byteorder` is set to the current byte order at the end of input data.

If `byteorder` is NULL, the codec starts in native order mode.

Return NULL if an exception was raised by the codec.

**PyObject \*PyUnicode\_DecodeUTF16Stateful** (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, int \*byteorder, *Py\_ssize\_t* \*consumed)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. If *consumed* is NULL, behave like `PyUnicode_DecodeUTF16()`. If *consumed* is not NULL, `PyUnicode_DecodeUTF16Stateful()` will not treat trailing incomplete UTF-16 byte sequences (such as an odd number of bytes or a split surrogate pair) as an error. Those bytes will not be decoded and the number of bytes that have been decoded will be stored in *consumed*.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsUTF16String (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Return a Python byte string using the UTF-16 encoding in native byte order. The string always starts with a BOM mark. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

## UTF-7 Codecs

These are the UTF-7 codec APIs:

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeUTF7 (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the UTF-7 encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeUTF7Stateful (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, *Py\_ssize\_t* \*consumed)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. If *consumed* is NULL, behave like *PyUnicode\_DecodeUTF7()*. If *consumed* is not NULL, trailing incomplete UTF-7 base-64 sections will not be treated as an error. Those bytes will not be decoded and the number of bytes that have been decoded will be stored in *consumed*.

## Unicode-Escape 编解码器

These are the "Unicode Escape" codec APIs:

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeUnicodeEscape (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the Unicode-Escape encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsUnicodeEscapeString (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object using Unicode-Escape and return the result as a bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

## Raw-Unicode-Escape Codecs

These are the "Raw Unicode Escape" codec APIs:

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeRawUnicodeEscape (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the Raw-Unicode-Escape encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsRawUnicodeEscapeString (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object using Raw-Unicode-Escape and return the result as a bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

## Latin-1 Codecs

These are the Latin-1 codec APIs: Latin-1 corresponds to the first 256 Unicode ordinals and only these are accepted by the codecs during encoding.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeLatin1 (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the Latin-1 encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsLatin1String (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object using Latin-1 and return the result as Python bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

## ASCII Codecs

These are the ASCII codec APIs. Only 7-bit ASCII data is accepted. All other codes generate errors.

*PyObject* \***PyUnicode\_DecodeASCII** (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the ASCII encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \***PyUnicode\_AsASCIIString** (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object using ASCII and return the result as Python bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

## Character Map Codecs

This codec is special in that it can be used to implement many different codecs (and this is in fact what was done to obtain most of the standard codecs included in the `encodings` package). The codec uses mappings to encode and decode characters. The mapping objects provided must support the `__getitem__()` mapping interface; dictionaries and sequences work well.

These are the mapping codec APIs:

*PyObject* \***PyUnicode\_DecodeCharmap** (const char \*data, *Py\_ssize\_t* size, *PyObject* \*mapping, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the encoded string *s* using the given *mapping* object. Return NULL if an exception was raised by the codec.

If *mapping* is NULL, Latin-1 decoding will be applied. Else *mapping* must map bytes ordinals (integers in the range from 0 to 255) to Unicode strings, integers (which are then interpreted as Unicode ordinals) or None. Unmapped data bytes -- ones which cause a `LookupError`, as well as ones which get mapped to None, `0xFFFE` or `'\ufffe'`, are treated as undefined mappings and cause an error.

*PyObject* \***PyUnicode\_AsCharmapString** (*PyObject* \*unicode, *PyObject* \*mapping)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Encode a Unicode object using the given *mapping* object and return the result as a bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

The *mapping* object must map Unicode ordinal integers to bytes objects, integers in the range from 0 to 255 or None. Unmapped character ordinals (ones which cause a `LookupError`) as well as mapped to None are treated as "undefined mapping" and cause an error.

The following codec API is special in that maps Unicode to Unicode.

*PyObject* \***PyUnicode\_Translate** (*PyObject* \*str, *PyObject* \*table, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. Translate a string by applying a character mapping table to it and return the resulting Unicode object. Return NULL if an exception was raised by the codec.

The mapping table must map Unicode ordinal integers to Unicode ordinal integers or None (causing deletion of the character).

Mapping tables need only provide the `__getitem__()` interface; dictionaries and sequences work well. Unmapped character ordinals (ones which cause a `LookupError`) are left untouched and are copied as-is.

*errors* has the usual meaning for codecs. It may be NULL which indicates to use the default error handling.



## MBCS codecs for Windows

These are the MBCS codec APIs. They are currently only available on Windows and use the Win32 MBCS converters to implement the conversions. Note that MBCS (or DBCS) is a class of encodings, not just one. The target encoding is defined by the user settings on the machine running the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeMBCS (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7.* Create a Unicode object by decoding *size* bytes of the MBCS encoded string *s*. Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_DecodeMBCSStateful (const char \*s, *Py\_ssize\_t* size, const char \*errors, *Py\_ssize\_t* \*consumed)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7.* If *consumed* is NULL, behave like *PyUnicode\_DecodeMBCS()*. If *consumed* is not NULL, *PyUnicode\_DecodeMBCSStateful()* will not decode trailing lead byte and the number of bytes that have been decoded will be stored in *consumed*.

*PyObject* \*PyUnicode\_AsMBCSString (*PyObject* \*unicode)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7.* Encode a Unicode object using MBCS and return the result as Python bytes object. Error handling is "strict". Return NULL if an exception was raised by the codec.

*PyObject* \*PyUnicode\_EncodeCodePage (int code\_page, *PyObject* \*unicode, const char \*errors)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI on Windows since version 3.7.* Encode the Unicode object using the specified code page and return a Python bytes object. Return NULL if an exception was raised by the codec. Use CP\_ACP code page to get the MBCS encoder.

3.3 新版功能.

## Methods & Slots

### 方法与槽位函数

The following APIs are capable of handling Unicode objects and strings on input (we refer to them as strings in the descriptions) and return Unicode objects or integers as appropriate.

They all return NULL or -1 if an exception occurs.

*PyObject* \*PyUnicode\_Concat (*PyObject* \*left, *PyObject* \*right)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Concat two strings giving a new Unicode string.

*PyObject* \*PyUnicode\_Split (*PyObject* \*s, *PyObject* \*sep, *Py\_ssize\_t* maxsplit)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Split a string giving a list of Unicode strings. If *sep* is NULL, splitting will be done at all whitespace substrings. Otherwise, splits occur at the given separator. At most *maxsplit* splits will be done. If negative, no limit is set. Separators are not included in the resulting list.

*PyObject* \*PyUnicode\_Splitlines (*PyObject* \*s, int keepend)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Split a Unicode string at line breaks, returning a list of Unicode strings. CRLF is considered to be one line break. If *keepend* is 0, the line break characters are not included in the resulting strings.

*PyObject* \*PyUnicode\_Join (*PyObject* \*separator, *PyObject* \*seq)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI.* Join a sequence of strings using the given *separator* and return the resulting Unicode string.

*Py\_ssize\_t* PyUnicode\_Tailmatch (*PyObject* \*str, *PyObject* \*substr, *Py\_ssize\_t* start, *Py\_ssize\_t* end, int direction)

*Part of the Stable ABI.* Return 1 if *substr* matches *str[start:end]* at the given tail end (*direction* == -1 means to do a prefix match, *direction* == 1 a suffix match), 0 otherwise. Return -1 if an error occurred.

*Py\_ssize\_t* **PyUnicode\_Find** (*PyObject* \*str, *PyObject* \*substr, *Py\_ssize\_t* start, *Py\_ssize\_t* end, int direction)

Part of the [Stable ABI](#). Return the first position of *substr* in *str*[start:end] using the given *direction* (*direction* == 1 means to do a forward search, *direction* == -1 a backward search). The return value is the index of the first match; a value of -1 indicates that no match was found, and -2 indicates that an error occurred and an exception has been set.

*Py\_ssize\_t* **PyUnicode\_FindChar** (*PyObject* \*str, *Py\_UCS4* ch, *Py\_ssize\_t* start, *Py\_ssize\_t* end, int direction)

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. Return the first position of the character *ch* in *str*[start:end] using the given *direction* (*direction* == 1 means to do a forward search, *direction* == -1 a backward search). The return value is the index of the first match; a value of -1 indicates that no match was found, and -2 indicates that an error occurred and an exception has been set.

3.3 新版功能.

在 3.7 版更改: *start* and *end* are now adjusted to behave like *str*[start:end].

*Py\_ssize\_t* **PyUnicode\_Count** (*PyObject* \*str, *PyObject* \*substr, *Py\_ssize\_t* start, *Py\_ssize\_t* end)

Part of the [Stable ABI](#). Return the number of non-overlapping occurrences of *substr* in *str*[start:end]. Return -1 if an error occurred.

*PyObject* \***PyUnicode\_Replace** (*PyObject* \*str, *PyObject* \*substr, *PyObject* \*replstr, *Py\_ssize\_t* maxcount)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). Replace at most *maxcount* occurrences of *substr* in *str* with *replstr* and return the resulting Unicode object. *maxcount* == -1 means replace all occurrences.

int **PyUnicode\_Compare** (*PyObject* \*left, *PyObject* \*right)

Part of the [Stable ABI](#). Compare two strings and return -1, 0, 1 for less than, equal, and greater than, respectively.

This function returns -1 upon failure, so one should call *PyErr\_Occurred()* to check for errors.

int **PyUnicode\_CompareWithASCIIString** (*PyObject* \*uni, const char \*string)

Part of the [Stable ABI](#). Compare a Unicode object, *uni*, with *string* and return -1, 0, 1 for less than, equal, and greater than, respectively. It is best to pass only ASCII-encoded strings, but the function interprets the input string as ISO-8859-1 if it contains non-ASCII characters.

This function does not raise exceptions.

*PyObject* \***PyUnicode\_RichCompare** (*PyObject* \*left, *PyObject* \*right, int op)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). 对两个 Unicode 字符串执行富比较并返回以下值之一:

- NULL in case an exception was raised
- *Py\_True* or *Py\_False* for successful comparisons
- *Py\_NotImplemented* in case the type combination is unknown

Possible values for *op* are *Py\_GT*, *Py\_GE*, *Py\_EQ*, *Py\_NE*, *Py\_LT*, and *Py\_LE*.

*PyObject* \***PyUnicode\_Format** (*PyObject* \*format, *PyObject* \*args)

返回值: 新的引用。Part of the [Stable ABI](#). Return a new string object from *format* and *args*; this is analogous to *format % args*.

int **PyUnicode\_Contains** (*PyObject* \*container, *PyObject* \*element)

Part of the [Stable ABI](#). Check whether *element* is contained in *container* and return true or false accordingly. *element* has to coerce to a one element Unicode string. -1 is returned if there was an error.

void **PyUnicode\_InternInPlace** (*PyObject* \*\*string)

Part of the [Stable ABI](#). Intern the argument *\*string* in place. The argument must be the address of a pointer variable pointing to a Python Unicode string object. If there is an existing interned string that is the same as *\*string*, it sets *\*string* to it (releasing the reference to the old string object and creating a new [strong reference](#) to the interned string object), otherwise it leaves *\*string* alone and interns it (creating a new [strong reference](#)). (Clarification: even though there is a lot of talk about references, think of this function as reference-neutral; you own the object after the call if and only if you owned it before the call.)

*PyObject* \*PyUnicode\_InternFromString (const char \*v)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. A combination of *PyUnicode\_FromString()* and *PyUnicode\_InternInPlace()*, returning either a new Unicode string object that has been interned, or a new ("owned") reference to an earlier interned string object with the same value.

### 8.3.4 元组对象

type **PyTupleObject**

这个 *PyObject* 的子类型代表一个 Python 的元组对象。

*PyTypeObject* **PyTuple\_Type**

*Part of the Stable ABI*. *PyTypeObject* 的实例代表一个 Python 元组类型, 这与 Python 层面的 tuple 是相同的对象。

int **PyTuple\_Check** (*PyObject* \*p)

如果 *p* 是一个 tuple 对象或者 tuple 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

int **PyTuple\_CheckExact** (*PyObject* \*p)

如果 *p* 是一个 tuple 对象但不是 tuple 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PyTuple\_New (*Py\_ssize\_t* len)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 成功时返回一个新的元组对象, 长度为 *len*, 失败时返回 NULL。

*PyObject* \*PyTuple\_Pack (*Py\_ssize\_t* n, ...)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 成功时返回一个新的元组对象, 大小为 *n*, 失败时返回 NULL。元组值初始化为指向 Python 对象的后续 *n* 个 C 参数。PyTuple\_Pack(2, a, b) 和 Py\_BuildValue("(OO)", a, b) 相等。

*Py\_ssize\_t* **PyTuple\_Size** (*PyObject* \*p)

*Part of the Stable ABI*. 获取指向元组对象的指针, 并返回该元组的大小。

*Py\_ssize\_t* **PyTuple\_GET\_SIZE** (*PyObject* \*p)

返回元组 *p* 的大小, 它必须为非 NULL 并且指向一个元组; 不执行错误检查。

*PyObject* \*PyTuple\_GetItem (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos)

返回值: 借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回 *p* 所指向的元组中位于 *pos* 处的对象。如果 *pos* 为负值或超出范围, 则返回 NULL 并设置一个 *IndexError* 异常。

*PyObject* \*PyTuple\_GET\_ITEM (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos)

返回值: 借入的引用。类似于 *PyTuple\_GetItem()*, 但不检查其参数。

*PyObject* \*PyTuple\_GetSlice (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* low, *Py\_ssize\_t* high)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回 *p* 所指向的元组的从 *low* 到 *high* 的切片, 或者在失败时返回 NULL。这等价于 Python 表达式 *p*[*low*:*high*]。不支持从元组末尾进行索引。

int **PyTuple\_SetItem** (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos, *PyObject* \*o)

*Part of the Stable ABI*. 在 *p* 指向的元组的 *pos* 位置插入对对象 *o* 的引用。成功时返回 0; 如果 *pos* 越界, 则返回 -1, 并抛出一个 *IndexError* 异常。

---

**备注:** 此函数会“窃取”对 *o* 的引用, 并丢弃对元组中已在受影响位置的条目的引用。

---

void **PyTuple\_SET\_ITEM** (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos, *PyObject* \*o)

类似于 *PyTuple\_SetItem()*, 但不进行错误检查, 并且应该只是被用来填充全新的元组。

---

**备注:** 这个函数会“窃取”一个对 *o* 的引用, 但是, 不与 *PyTuple\_SetItem()* 不同, 它不会丢弃对任何被替换项的引用; 元组中位于 *pos* 位置的任何引用都将被泄漏。

---

**int `_PyTuple_Resize` (*PyObject* \*\*p, *Py\_ssize\_t* newsize)**

可以用于调整元组的大小。*newsize* 将是元组的新长度。因为元组被认为是不可变的，所以只有在对象仅有一个引用时，才应该使用它。如果元组已经被代码的其他部分所引用，请不要使用此项。元组在最后总是会增长或缩小。把它看作是销毁旧元组并创建一个新元组，只会更有效。成功时返回 0。客户端代码不应假定 \*p 的结果值将与调用此函数之前的值相同。如果替换了 \*p 引用的对象，则原始的 \*p 将被销毁。失败时，返回 -1，将 \*p 设置为 NULL，并引发 `MemoryError` 或者 `SystemError`。

### 8.3.5 结构序列对象

结构序列对象是等价于 `namedtuple()` 的 C 对象，即一个序列，其中的条目也可以通过属性访问。要创建结构序列，你首先必须创建特定的结构序列类型。

***PyObject* \*`PyStructSequence_NewType` (*PyStructSequence\_Desc* \*desc)**

返回值：新的引用。Part of the [Stable ABI](#). 根据 *desc* 中的数据创建一个新的结构序列类型，如下所述。可以使用 `PyStructSequence_New()` 创建结果类型的实例。

**void `PyStructSequence_InitType` (*PyTypeObject* \*type, *PyStructSequence\_Desc* \*desc)**

从 *desc* 就地初始化结构序列类型 *type*。

**int `PyStructSequence_InitType2` (*PyTypeObject* \*type, *PyStructSequence\_Desc* \*desc)**

与 `PyStructSequence_InitType` 相同，但成功时返回 0，失败时返回 -1。

3.4 新版功能。

**type `PyStructSequence_Desc`**

Part of the [Stable ABI](#) (including all members). 包含要创建的结构序列类型的元信息。

**const char \*`name`**

结构序列类型的名称。

**const char \*`doc`**

指向类型的文档字符串的指针或以 NULL 表示忽略。

***PyStructSequence\_Field* \*`fields`**

指向以 NULL 结尾的数组的指针，该数组包含新类型的字段名。

**int `n_in_sequence`**

Python 端可见的字段数（如果用作元组）。

**type `PyStructSequence_Field`**

Part of the [Stable ABI](#) (including all members). 描述结构序列的一个字段。由于结构序列是以元组为模型的，因此所有字段的类型都是 *PyObject*\*。 *PyStructSequence\_Desc* 的 *fields* 数组中的索引决定了描述结构序列的是哪个字段。

**const char \*`name`**

字段的名称或 NULL 表示结束已命名字段列表，设为 *PyStructSequence\_UnnamedField* 则保持未命名状态。

**const char \*`doc`**

字段文档字符串或 NULL 表示省略。

**const char \*const `PyStructSequence_UnnamedField`**

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.11. 字段名的特殊值将保持未命名状态。

在 3.9 版更改：这个类型已从 `char *` 更改。

***PyObject* \*`PyStructSequence_New` (*PyTypeObject* \*type)**

返回值：新的引用。Part of the [Stable ABI](#). 创建 *type* 的实例，该实例必须使用 `PyStructSequence_NewType()` 创建。

*PyObject* \*PyStructSequence\_GetItem (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos)

返回值：借入的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *p* 所指向的结构序列中，位于 *pos* 处的对象。不需要进行边界检查。

*PyObject* \*PyStructSequence\_GET\_ITEM (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos)

返回值：借入的引用。PyStructSequence\_GetItem() 的宏版本。

void PyStructSequence\_SetItem (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* pos, *PyObject* \*o)

Part of the Stable ABI. 将结构序列 *p* 的索引 *pos* 处的字段设置为值 *o*。与 PyTuple\_SET\_ITEM() 一样，它应该只用于填充全新的实例。

---

**备注：** 这个函数“窃取”了指向 *o* 的一个引用。

---

void PyStructSequence\_SET\_ITEM (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* \*pos, *PyObject* \*o)

类似于 PyStructSequence\_SetItem()，但是被实现为一个静态内联函数。

---

**备注：** 这个函数“窃取”了指向 *o* 的一个引用。

---

### 8.3.6 列表对象

type **PyListObject**

这个 C 类型 *PyObject* 的子类型代表一个 Python 列表对象。

*PyTypeObject* **PyList\_Type**

Part of the Stable ABI. 这是个属于 *PyTypeObject* 的代表 Python 列表类型的实例。在 Python 层面和类型 `list` 是同一个对象。

int **PyList\_Check** (*PyObject* \*p)

如果 *p* 是一个 `list` 对象或者 `list` 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

int **PyList\_CheckExact** (*PyObject* \*p)

如果 *p* 是一个 `list` 对象但不是 `list` 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \***PyList\_New** (*Py\_ssize\_t* len)

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 成功时返回一个长度为 *len* 的新列表，失败时返回 `NULL`。

---

**备注：** 当 *len* 大于零时，被返回的列表对象项目被设成 `NULL`。因此你不能用类似 C 函数 *PySequence\_SetItem*() 的抽象 API 或者用 C 函数 *PyList\_SetItem*() 将所有项目设置成真实对象前对 Python 代码公开这个对象。

---

*Py\_ssize\_t* **PyList\_Size** (*PyObject* \*list)

Part of the Stable ABI. 返回 *list* 中列表对象的长度；这等于在列表对象调用 `len(list)`。

*Py\_ssize\_t* **PyList\_GET\_SIZE** (*PyObject* \*list)

类似于 *PyList\_Size*()，但是不带错误检测。

*PyObject* \***PyList\_GetItem** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* index)

返回值：借入的引用。Part of the Stable ABI. 返回 *list* 所指向列表中 *index* 位置上的对象。位置值必须为非负数；不支持从列表末尾进行索引。如果 *index* 超出边界 ( $<0$  or  $\geq \text{len}(\text{list})$ )，则返回 `NULL` 并设置 `IndexError` 异常。

*PyObject* \***PyList\_GET\_ITEM** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* i)

返回值：借入的引用。类似于 *PyList\_GetItem*()，但是不带错误检测。



int **PyList\_SetItem** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* index, *PyObject* \*item)

*Part of the Stable ABI.* 将列表中索引为 *index* 的项设为 *item*。成功时返回 0。如果 *index* 超出范围则返回 -1 并设定 `IndexError` 异常。

---

**备注：**此函数会“偷走”一个对 *item* 的引用并丢弃一个对列表中受影响位置上的已有条目的引用。

---

void **PyList\_SET\_ITEM** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* i, *PyObject* \*o)

不带错误检测的宏版本 `PyList_SetItem()`。这通常只被用于新列表之前没有内容的位置进行填充。

---

**备注：**该宏会“偷走”一个对 *item* 的引用，但与 `PyList_SetItem()` 不同的是它不会丢弃对任何被替换条目的引用；在 *list* 的 *i* 位置上的任何引用都将被泄露。

---

int **PyList\_Insert** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* index, *PyObject* \*item)

*Part of the Stable ABI.* 将条目 *item* 插入到列表 *list* 索引号 *index* 之前的位置。如果成功将返回 0；如果不成功则返回 -1 并设置一个异常。相当于 `list.insert(index, item)`。

int **PyList\_Append** (*PyObject* \*list, *PyObject* \*item)

*Part of the Stable ABI.* 将对象 *item* 添加到列表 *list* 的末尾。如果成功将返回 0；如果不成功则返回 -1 并设置一个异常。相当于 `list.append(item)`。

*PyObject* \***PyList\_GetSlice** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* low, *Py\_ssize\_t* high)

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回一个对象列表，包含 *list* 当中位于 *low* 和 *high* 之间的对象。如果不成功则返回 `NULL` 并设置异常。相当于 `list[low:high]`。不支持从列表末尾进行索引。

int **PyList\_SetSlice** (*PyObject* \*list, *Py\_ssize\_t* low, *Py\_ssize\_t* high, *PyObject* \*itemlist)

*Part of the Stable ABI.* 将 *list* 当中 *low* 与 *high* 之间的切片设为 *itemlist* 的内容。相当于 `list[low:high] = itemlist`。*itemlist* 可以为 `NULL`，表示赋值为一个空列表（删除切片）。成功时返回 0，失败时返回 -1。这里不支持从列表末尾进行索引。

int **PyList\_Sort** (*PyObject* \*list)

*Part of the Stable ABI.* 对 *list* 中的条目进行原地排序。成功时返回 0，失败时返回 -1。这等价于 `list.sort()`。

int **PyList\_Reverse** (*PyObject* \*list)

*Part of the Stable ABI.* 对 *list* 中的条目进行原地反转。成功时返回 0，失败时返回 -1。这等价于 `list.reverse()`。

*PyObject* \***PyList\_AsTuple** (*PyObject* \*list)

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回一个新的元组对象，其中包含 *list* 的内容；等价于 `tuple(list)`。

## 8.4 容器对象

### 8.4.1 字典对象

type **PyDictObject**

这个 *PyObject* 的子类型代表一个 Python 字典对象。

*PyTypeObject* **PyDict\_Type**

*Part of the Stable ABI.* Python 字典类型表示为 *PyTypeObject* 的实例。这与 Python 层面的 `dict` 是相同的对象。



**int PyDict\_Check (PyObject \*p)**

如果 *p* 是一个 dict 对象或者 dict 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

**int PyDict\_CheckExact (PyObject \*p)**

如果 *p* 是一个 dict 对象但不是 dict 类型的子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

**PyObject \*PyDict\_New ()**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个新的空字典，失败时返回 NULL。

**PyObject \*PyDictProxy\_New (PyObject \*mapping)**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回 `types.MappingProxyType` 对象，用于强制执行只读行为的映射。这通常用于创建视图以防止修改非动态类类型的字典。

**void PyDict\_Clear (PyObject \*p)**

*Part of the Stable ABI*. 清空现有字典的所有键值对。

**int PyDict\_Contains (PyObject \*p, PyObject \*key)**

*Part of the Stable ABI*. 确定 *key* 是否包含在字典 *p* 中。如果 *key* 匹配上 *p* 的某一项，则返回 1，否则返回 0。返回 -1 表示出错。这等同于 Python 表达式 `key in p`。

**PyObject \*PyDict\_Copy (PyObject \*p)**

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回与 *p* 包含相同键值对的新字典。

**int PyDict\_SetItem (PyObject \*p, PyObject \*key, PyObject \*val)**

*Part of the Stable ABI*. 使用 *key* 作为键将 *val* 插入字典 *p*。 *key* 必须为 *hashable*；如果不是，则将引发 `TypeError`。成功时返回 0，失败时返回 -1。此函数 不会附带对 *val* 的引用。

**int PyDict\_SetItemString (PyObject \*p, const char \*key, PyObject \*val)**

*Part of the Stable ABI*. 这与 `PyDict_SetItem()` 相同，但 *key* 被指定为 `const char*` UTF-8 编码的字节串，而不是 `PyObject*`。

**int PyDict\_DelItem (PyObject \*p, PyObject \*key)**

*Part of the Stable ABI*. 移除字典 *p* 中键为 *key* 的条目。 *key* 必须是 *hashable*；如果不是，则会引发 `TypeError`。如果字典中没有 *key*，则会引发 `KeyError`。成功时返回 0 或者失败时返回 -1。

**int PyDict\_DelItemString (PyObject \*p, const char \*key)**

*Part of the Stable ABI*. 这与 `PyDict_DelItem()` 相同，但 *key* 被指定为 `const char*` UTF-8 编码的字节串，而不是 `PyObject*`。

**PyObject \*PyDict\_GetItem (PyObject \*p, PyObject \*key)**

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 从字典 *p* 中返回以 *key* 为键的对象。如果键名 *key* 不存在但没有设置一个异常则返回 NULL。

---

**备注：** 在调用 `__hash__()` 和 `__eq__()` 方法时发生的异常将被静默地忽略。建议改用 `PyDict_GetItemWithError()` 函数。

---

在 3.10 版更改：在不保持 *GIL* 的情况下调用此 API 曾因历史原因而被允许。现在已不再被允许。

**PyObject \*PyDict\_GetItemWithError (PyObject \*p, PyObject \*key)**

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. `PyDict_GetItem()` 的变种，它不会屏蔽异常。当异常发生时将返回 NULL 并且设置一个异常。如果键不存在则返回 NULL 并且不会设置一个异常。

**PyObject \*PyDict\_GetItemString (PyObject \*p, const char \*key)**

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 这与 `PyDict_GetItem()` 一样，但 *key* 是由一个 `const char*` UTF-8 编码的字节串来指定的，而不是 `PyObject*`。

---

**备注：** 在调用 `__hash__()` 和 `__eq__()` 方法时或者在创建临时 `str` 对象期间发生的异常将被静默地忽略。建议改用 `PyDict_GetItemWithError()` 函数并附带你自己的 `PyUnicode_FromString()` *key*。

---

*PyObject* \*PyDict\_SetDefault (*PyObject* \*p, *PyObject* \*key, *PyObject* \*defaultobj)

返回值：借入的引用。这跟 Python 层面的 `dict.setdefault()` 一样。如果键 `key` 存在，它返回在字典 `p` 里面对应的值。如果键不存在，它会和值 `defaultobj` 一起插入并返回 `defaultobj`。这个函数只计算 `key` 的哈希函数一次，而不是在查找和插入时分别计算它。

3.4 新版功能.

*PyObject* \*PyDict\_Items (*PyObject* \*p)

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回一个包含字典中所有键值项的 *PyListObject*。

*PyObject* \*PyDict\_Keys (*PyObject* \*p)

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回一个包含字典中所有键 (keys) 的 *PyListObject*。

*PyObject* \*PyDict\_Values (*PyObject* \*p)

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 返回一个包含字典中所有值 (values) 的 *PyListObject*。

*Py\_ssize\_t* PyDict\_Size (*PyObject* \*p)

Part of the Stable ABI. 返回字典中项目数，等价于对字典 `p` 使用 `len(p)`。

int PyDict\_Next (*PyObject* \*p, *Py\_ssize\_t* \*ppos, *PyObject* \*\*pkey, *PyObject* \*\*pvalue)

Part of the Stable ABI. 迭代字典 `p` 中的所有键值对。在第一次调用此函数开始迭代之前，由 `ppos` 所引用的 *Py\_ssize\_t* 必须被初始化为 0；该函数将为字典中的每个键值对返回真值，一旦所有键值对都报告完毕则返回假值。形参 `pkey` 和 `pvalue` 应当指向 *PyObject*\* 变量，它们将分别使用每个键和值来填充，或者也可以为 NULL。通过它们返回的任何引用都是暂借的。`ppos` 在迭代期间不应被更改。它的值表示内部字典结构中的偏移量，并且由于结构是稀疏的，因此偏移量并不连续。

例如：

```
PyObject *key, *value;
Py_ssize_t pos = 0;

while (PyDict_Next(self->dict, &pos, &key, &value)) {
    /* do something interesting with the values... */
    ...
}
```

字典 `p` 不应该在遍历期间发生改变。在遍历字典时，改变键中的值是安全的，但仅限于键的集合不发生改变。例如：

```
PyObject *key, *value;
Py_ssize_t pos = 0;

while (PyDict_Next(self->dict, &pos, &key, &value)) {
    long i = PyLong_AsLong(value);
    if (i == -1 && PyErr_Occurred()) {
        return -1;
    }
    PyObject *o = PyLong_FromLong(i + 1);
    if (o == NULL)
        return -1;
    if (PyDict_SetItem(self->dict, key, o) < 0) {
        Py_DECREF(o);
        return -1;
    }
    Py_DECREF(o);
}
```

int PyDict\_Merge (*PyObject* \*a, *PyObject* \*b, int override)

Part of the Stable ABI. 对映射对象 `b` 进行迭代，将键值对添加到字典 `a`。`b` 可以是一个字典，或任何支持 *PyMapping\_Keys()* 和 *PyObject\_GetItem()* 的对象。如果 `override` 为真值，则如果在 `b` 中找到相同的键则 `a` 中已存在的相应键值对将被替换，否则如果在 `a` 中没有相同的键则只是添加键值对。当成功时返回 0 或者当引发异常时返回 -1。

**int PyDict\_Update** (*PyObject* \*a, *PyObject* \*b)

*Part of the Stable ABI.* 这与 C 中的 `PyDict_Merge(a, b, 1)` 一样，也类似于 Python 中的 `a.update(b)`，差别在于 `PyDict_Update()` 在第二个参数没有“keys”属性时不会回退到迭代键值的序列。当成功时返回 0 或者当引发异常时返回 -1。

**int PyDict\_MergeFromSeq2** (*PyObject* \*a, *PyObject* \*seq2, int override)

*Part of the Stable ABI.* 将 `seq2` 中的键值对更新或合并到字典 `a`。`seq2` 必须为产生长度为 2 的用作键值对的元素的可迭代对象。当存在重复的键时，如果 `override` 真值则最后出现的键胜出。当成功时返回 0 或者当引发异常时返回 -1。等价的 Python 代码（返回值除外）：

```
def PyDict_MergeFromSeq2(a, seq2, override):
    for key, value in seq2:
        if override or key not in a:
            a[key] = value
```

**int PyDict\_AddWatcher** (*PyDict\_WatchCallback* callback)

在字典上注册 `callback` 来作为 watcher。返回值为非负数的整数 `id`，作为将来调用 `PyDict_Watch()` 的时候使用。如果出现错误（比如没有足够的可用 watcher ID），返回 -1 并且设置异常。

3.12 新版功能。

**int PyDict\_ClearWatcher** (int watcher\_id)

清空由之前从 `PyDict_AddWatcher()` 返回的 `watcher_id` 所标识的 watcher。成功时返回 0，出错时（例如当给定的 `watcher_id` 未被注册）返回 -1。

3.12 新版功能。

**int PyDict\_Watch** (int watcher\_id, *PyObject* \*dict)

将字典 `dict` 标记为已被监视。由 `PyDict_AddWatcher()` 授权 `watcher_id` 对应的回调将在 `dict` 被修改或释放时被调用。成功时返回 0，出错时返回 -1。

3.12 新版功能。

**int PyDict\_Unwatch** (int watcher\_id, *PyObject* \*dict)

将字典 `dict` 标记为不再被监视。由 `PyDict_AddWatcher()` 授权 `watcher_id` 对应的回调在 `dict` 被修改或释放时将不再被调用。该字典在此之前必须已被此监视器所监视。成功时返回 0，出错时返回 -1。

3.12 新版功能。

**type PyDict\_WatchEvent**

由以下可能的字典监视器事件组成的枚举: `PyDict_EVENT_ADDED`, `PyDict_EVENT_MODIFIED`, `PyDict_EVENT_DELETED`, `PyDict_EVENT_CLONED`, `PyDict_EVENT_CLEARED` 或 `PyDict_EVENT_DEALLOCATED`。

3.12 新版功能。

**typedef int (\*PyDict\_WatchCallback)**(*PyDict\_WatchEvent* event, *PyObject* \*dict, *PyObject* \*key, *PyObject* \*new\_value)

字典监视器回调函数的类型。

如果 `event` 是 `PyDict_EVENT_CLEARED` 或 `PyDict_EVENT_DEALLOCATED`，则 `key` 和 `new_value` 都将为 `NULL`。如果 `event` 是 `PyDict_EVENT_ADDED` 或 `PyDict_EVENT_MODIFIED`，则 `new_value` 将为 `key` 的新值。如果 `event` 是 `PyDict_EVENT_DELETED`，则将从字典中删除 `key` 而 `new_value` 将为 `NULL`。

`PyDict_EVENT_CLONED` 会在另一个字典合并到之前为空的 `dict` 时发生。为保证此操作的效率，该场景不会发出针对单个键的 `PyDict_EVENT_ADDED` 事件；而是发出单个 `PyDict_EVENT_CLONED`，而 `key` 将为源字典。

该回调可以检查但不能修改 `dict`；否则会产生不可预料的影响，包括无限递归。请不要在该回调中触发 Python 代码的执行，因为它可能产生修改 `dict` 的附带影响。

如果 *event* 是 `PyDict_EVENT_DEALLOCATED`，则在回调中接受一个对即将销毁的字典的新引用将使其重生并阻止其在此时被释放。当重生的对象以后再被销毁时，任何在当时已激活的监视器回调将再次被调用。

回调会在已通知的对 *dict* 的修改完成之前执行，这样在此之前的 *dict* 状态可以被检查。

如果该回调设置了一个异常，则它必须返回 `-1`；此异常将作为不可引发的异常使用 `PyErr_WriteUnraisable()` 打印出来。在其他情况下它应当返回 `0`。

在进入回调时可能已经设置了尚未处理的异常。在此情况下，回调应当返回 `0` 并仍然设置同样的异常。这意味着该回调可能不会调用任何其他可设置异常的 API 除非它先保存并清空异常状态，并在返回之前恢复它。

3.12 新版功能.

## 8.4.2 集合对象

这一节详细介绍了针对 `set` 和 `frozenset` 对象的公共 API。任何未在下面列出的功能最好是使用抽象对象协议 (包括 `PyObject_CallMethod()`, `PyObject_RichCompareBool()`, `PyObject_Hash()`, `PyObject_Repr()`, `PyObject_IsTrue()`, `PyObject_Print()` 以及 `PyObject_GetIter()`) 或者抽象数字协议 (包括 `PyNumber_And()`, `PyNumber_Subtract()`, `PyNumber_Or()`, `PyNumber_Xor()`, `PyNumber_InPlaceAnd()`, `PyNumber_InPlaceSubtract()`, `PyNumber_InPlaceOr()` 以及 `PyNumber_InPlaceXor()`)。

### type `PySetObject`

这个 `PyObject` 的子类型被用来保存 `set` 和 `frozenset` 对象的内部数据。它类似于 `PyDictObject` 的地方在于对小尺寸集合来说它是固定大小的 (很像元组的存储方式)，而对于中等和大尺寸集合来说它将指向单独的可变大小的内存块 (很像列表的存储方式)。此结构体的字段不应被视为公有并且可能发生改变。所有访问都应当通过已写入文档的 API 来进行而不可通过直接操纵结构体中的值。

### `PyTypeObject` `PySet_Type`

*Part of the Stable ABI.* 这是一个 `PyTypeObject` 实例，表示 Python `set` 类型。

### `PyTypeObject` `PyFrozenSet_Type`

*Part of the Stable ABI.* 这是一个 `PyTypeObject` 实例，表示 Python `frozenset` 类型。

下列类型检查宏适用于指向任意 Python 对象的指针。类似地，这些构造函数也适用于任意可迭代的 Python 对象。

### `int` `PySet_Check` (`PyObject *p`)

如果 *p* 是一个 `set` 对象或者是其子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

### `int` `PyFrozenSet_Check` (`PyObject *p`)

如果 *p* 是一个 `frozenset` 对象或者是其子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

### `int` `PyAnySet_Check` (`PyObject *p`)

如果 *p* 是一个 `set` 对象、`frozenset` 对象或者是其子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

### `int` `PySet_CheckExact` (`PyObject *p`)

如果 *p* 是一个 `set` 对象但不是其子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

3.10 新版功能.

### `int` `PyAnySet_CheckExact` (`PyObject *p`)

如果 *p* 是一个 `set` 或 `frozenset` 对象但不是其子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

### `int` `PyFrozenSet_CheckExact` (`PyObject *p`)

如果 *p* 是一个 `frozenset` 对象但不是其子类型的实例则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PySet\_New(*PyObject* \*iterable)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个新的 set，其中包含 *iterable* 所返回的对象。*iterable* 可以为 NULL 表示创建一个新的空集合。成功时返回新的集合，失败时返回 NULL。如果 *iterable* 实际上不是可迭代对象则引发 TypeError。该构造器也适用于拷贝集合 (*c*=set(*s*))。

*PyObject* \*PyFrozenSet\_New(*PyObject* \*iterable)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个新的 frozenset，其中包含 *iterable* 所返回的对象。*iterable* 可以为 NULL 表示创建一个新的空冻结集合。成功时返回新的冻结集合，失败时返回 NULL。如果 *iterable* 实际上不是可迭代对象则引发 TypeError。

下列函数和宏适用于 set 或 frozenset 的实例或是其子类型的实例。

*Py\_ssize\_t* PySet\_Size(*PyObject* \*anyset)

*Part of the Stable ABI*. 返回 set 或 frozenset 对象的长度。等同于 len(*anyset*)。如果 *anyset* 不是 set, frozenset 或其子类型的实例，则会引发 SystemError。

*Py\_ssize\_t* PySet\_GET\_SIZE(*PyObject* \*anyset)

宏版本的 *PySet\_Size()*，不带错误检测。

int PySet\_Contains(*PyObject* \*anyset, *PyObject* \*key)

*Part of the Stable ABI*. 如果找到则返回 1，如果未找到则返回 0，如果遇到错误则返回 -1。与 Python `__contains__()` 方法不同，该函数不会自动将不可哈希的集合转换为临时冻结集合。如果 *key* 是不可哈希对象则会引发 TypeError。如果 *anyset* 不是 set, frozenset 或其子类型的实例则会引发 SystemError。

int PySet\_Add(*PyObject* \*set, *PyObject* \*key)

*Part of the Stable ABI*. 添加 *key* 到一个 set 实例。也可用于 frozenset 实例 (与 *PyTuple\_SetItem()* 的类似之处是它也可被用来为全新的冻结集合在公开给其他代码之前填充全新的值)。成功时返回 0 而失败时返回 -1。如果 *key* 为不可哈希对象则会引发 TypeError。如果没有增长空间则会引发 MemoryError。如果 *set* 不是 set 或其子类型的实例则会引发 SystemError。

下列函数适用于 set 或其子类型的实例，但不可用于 frozenset 或其子类型的实例。

int PySet\_Discard(*PyObject* \*set, *PyObject* \*key)

*Part of the Stable ABI*. 如果找到并已删除则返回 1，如果未找到（无操作）则返回 0，如果遇到错误则返回 -1。对于不存在的键不会引发 KeyError。如果 *key* 为不可哈希对象则引发 TypeError。与 Python `discard()` 方法不同，该函数不会自动将不可哈希的集合转换为临时的冻结集合。如果 *set* 不是 set 或其子类型的实例则会引发 SystemError。

*PyObject* \*PySet\_Pop(*PyObject* \*set)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回 *set* 中任意对象的新引用，并从 *set* 中移除该对象。失败时返回 NULL。如果集合为空则会引发 KeyError。如果 *set* 不是 set 或其子类型的实例则会引发 SystemError。

int PySet\_Clear(*PyObject* \*set)

*Part of the Stable ABI*. 清空现有字典的所有键值对。

## 8.5 Function 对象

### 8.5.1 Function 对象

有一些特定于 Python 函数的函数。

type **PyFunctionObject**

用于函数的 C 结构体。



### *PyObject* **PyFunction\_Type**

这是一个 *PyObject* 实例并表示 Python 函数类型。它作为 `types.FunctionType` 向 Python 程序员公开。

**int PyFunction\_Check** (*PyObject* \*o)

如果 *o* 是一个函数对象 (类型为 *PyFunction\_Type*) 则返回真值。形参必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \***PyFunction\_New** (*PyObject* \*code, *PyObject* \*globals)

返回值: 新的引用。返回与代码对象 *code* 关联的新函数对象。*globals* 必须是一个字典, 该函数可以访问全局变量。

函数的文档字符串和名称是从代码对象中提取的。`__module__` 是从 *globals* 中提取的。参数 `defaults`, `annotations` 和 `closure` 被设为 NULL。`__qualname__` 被设为与代码对象的 `co_qualname` 字段相同的值。

*PyObject* \***PyFunction\_NewWithQualName** (*PyObject* \*code, *PyObject* \*globals, *PyObject* \*qualname)

返回值: 新的引用。类似 *PyFunction\_New()*, 但还允许设置函数对象的 `__qualname__` 属性。*qualname* 应当是一个 unicode 对象或 NULL; 如果是 NULL, 则 `__qualname__` 属性会被设为与代码对象的 `co_qualname` 字段相同的值。

3.3 新版功能.

*PyObject* \***PyFunction\_GetCode** (*PyObject* \*op)

返回值: 借入的引用。返回与函数对象 *op* 关联的代码对象。

*PyObject* \***PyFunction\_GetGlobals** (*PyObject* \*op)

返回值: 借入的引用。返回与函数对象 \*op\* 相关联的全局字典。

*PyObject* \***PyFunction\_GetModule** (*PyObject* \*op)

返回值: 借入的引用。向函数对象 *op* 的 `__module__` 属性返回一个 *borrowed reference*。该值可以为 NULL。

这通常为一个包含模块名称的字符串, 但可以通过 Python 代码设为任何其他对象。

*PyObject* \***PyFunction\_GetDefaults** (*PyObject* \*op)

返回值: 借入的引用。返回函数对象 *op* 的参数默认值。这可以是一个参数元组或 NULL。

**int PyFunction\_SetDefaults** (*PyObject* \*op, *PyObject* \*defaults)

为函数对象 *op* 设置参数默认值。*defaults* 必须为 `Py_None` 或一个元组。

失败时引发 `SystemError` 异常并返回 -1。

**void PyFunction\_SetVectorcall** (*PyFunctionObject* \*func, *vectorcallfunc* vectorcall)

设置给定函数对象 *func* 的 `vectorcall` 字段。

警告: 使用此 API 的扩展必须保留未修改的 (默认) `vectorcall` 函数的行为!

3.12 新版功能.

*PyObject* \***PyFunction\_GetClosure** (*PyObject* \*op)

返回值: 借入的引用。返回关联到函数对象 *op* 的闭包。这可以是 NULL 或 `cell` 对象的元组。

**int PyFunction\_SetClosure** (*PyObject* \*op, *PyObject* \*closure)

设置关联到函数对象 *op* 的闭包。*closure* 必须为 `Py_None` 或 `cell` 对象的元组。

失败时引发 `SystemError` 异常并返回 -1。

*PyObject* \***PyFunction\_GetAnnotations** (*PyObject* \*op)

返回值: 借入的引用。返回函数对象 *op* 的标注。这可以是一个可变字典或 NULL。

**int PyFunction\_SetAnnotations** (*PyObject* \*op, *PyObject* \*annotations)

设置函数对象 *op* 的标注。*annotations* 必须为一个字典或 `Py_None`。

失败时引发 `SystemError` 异常并返回 -1。



**int PyFunction\_AddWatcher** (*PyFunction\_WatchCallback* callback)

注册 *callback* 作为当前解释器的函数监视器。返回一个可被传给 *PyFunction\_ClearWatcher()* 的 ID。如果出现错误（比如没有足够的可用监视器 ID），则返回 -1 并设置一个异常。

3.12 新版功能。

**int PyFunction\_ClearWatcher** (int watcher\_id)

清空当前解释器在之前从 *Clear watcher identified by previously returned from PyFunction\_AddWatcher()* 返回的由 *watcher\_id* 所标识的监视器。成功时返回 0，或者出错时（比如当给定的 *watcher\_id* 未被注册）返回 -1 并设置一个异常。

3.12 新版功能。

**type PyFunction\_WatchEvent**

由以下可能的函数监视器事件组成的枚举： - *PyFunction\_EVENT\_CREATE*  
- *PyFunction\_EVENT\_DESTROY* - *PyFunction\_EVENT\_MODIFY\_CODE* -  
*PyFunction\_EVENT\_MODIFY\_DEFAULTS* - *PyFunction\_EVENT\_MODIFY\_KWDEFAULTS*

3.12 新版功能。

**typedef int (\*PyFunction\_WatchCallback)**(*PyFunction\_WatchEvent* event, *PyFunctionObject* \*func, *PyObject* \*new\_value)

函数监视器回调函数的类型。

如果 *event* 为 *PyFunction\_EVENT\_CREATE* 或 *PyFunction\_EVENT\_DESTROY* 则 *new\_value* 将为 NULL。在其他情况下，*new\_value* 将为被修改的属性持有一个指向要保存在 *func* 中的新值的 *borrowed reference*。

该回调可以检查但不能修改 *func*；这样做可能具有不可预知的影响，包括无限递归。

如果 *event* 是 *PyFunction\_EVENT\_CREATE*，则该回调会在 *func* 完成初始化之后被发起调用。在其他情况下，该回调会在对 *func* 进行修改之前被发起调用，这样就可以检查 *func* 之前的状态。如有可能函数对象的创建允许被运行时优化掉。在此情况下将不发出任何事件。虽然根据不同的优化决定这会产生可被观察到的运行时行为变化，但是它不会改变被运行的 Python 代码的语义。

如果 *event* 是 *PyFunction\_EVENT\_DESTROY*，则在回调中接受一个即将销毁的函数的引用将使其重生，并阻止其在此时被释放。当重生的对象以后再被销毁时，任何在当时已激活的监视器回调将再次被调用。

如果该回调设置了一个异常，则它必须返回 -1；此异常将作为不可引发的异常使用 *PyErr\_WriteUnraisable()* 打印出来。在其他情况下它应当返回 0。

在进入回调时可能已经设置了尚未处理的异常。在此情况下，回调应当返回 0 并仍然设置同样的异常。这意味着该回调可能不会调用任何其他可设置异常的 API 除非它先保存并清空异常状态，并在返回之前恢复它。

3.12 新版功能。

## 8.5.2 实例方法对象

实例方法是 *PyCFunction* 的包装器，也是将 *PyCFunction* 与类对象绑定的新方法。它取代了以前的调用 *PyMethod\_New(func, NULL, class)*。

**PyTypeObject PyInstanceMethod\_Type**

这个 *PyTypeObject* 实例代表 Python 实例方法类型。它并不对 Python 程序公开。

**int PyInstanceMethod\_Check** (*PyObject* \*o)

如果 *o* 是一个实例方法对象（类型为 *PyInstanceMethod\_Type*）则返回真值。形参必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

**PyObject \*PyInstanceMethod\_New** (*PyObject* \*func)

返回值：新的引用。返回一个新的实例方法对象，*func* 应为任意可调用对象。*func* 将在实例方法被调用时作为函数被调用。

*PyObject* \*PyInstanceMethod\_Function(*PyObject* \*im)

返回值：借入的引用。返回关联到实例方法 *im* 的函数对象。

*PyObject* \*PyInstanceMethod\_GET\_FUNCTION(*PyObject* \*im)

返回值：借入的引用。宏版本的 *PyInstanceMethod\_Function()*，略去了错误检测。

### 8.5.3 方法对象

方法是绑定的函数对象。方法总是会被绑定到一个用户自定义类的实例。未绑定方法（绑定到一个类的方法）已不再可用。

*PyTypeObject* PyMethod\_Type

这个 *PyTypeObject* 实例代表 Python 方法类型。它作为 `types.MethodType` 向 Python 程序公开。

int PyMethod\_Check(*PyObject* \*o)

如果 *o* 是一个方法对象（类型为 *PyMethod\_Type*）则返回真值。形参必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PyMethod\_New(*PyObject* \*func, *PyObject* \*self)

返回值：新的引用。返回一个新的方法对象，*func* 应为任意可调用对象，*self* 为该方法应绑定的实例。在方法被调用时 *func* 将作为函数被调用。*self* 必须不为 NULL。

*PyObject* \*PyMethod\_Function(*PyObject* \*meth)

返回值：借入的引用。返回关联到方法 *meth* 的函数对象。

*PyObject* \*PyMethod\_GET\_FUNCTION(*PyObject* \*meth)

返回值：借入的引用。宏版本的 *PyMethod\_Function()*，略去了错误检测。

*PyObject* \*PyMethod\_Self(*PyObject* \*meth)

返回值：借入的引用。返回关联到方法 *meth* 的实例。

*PyObject* \*PyMethod\_GET\_SELF(*PyObject* \*meth)

返回值：借入的引用。宏版本的 *PyMethod\_Self()*，略去了错误检测。

### 8.5.4 Cell 对象

“Cell”对象用于实现由多个作用域引用的变量。对于每个这样的变量，一个“Cell”对象为了存储该值而被创建；引用该值的每个堆栈框架的局部变量包含同样使用该变量的对外部作用域的“Cell”引用。访问该值时，将使用“Cell”中包含的值而不是单元格对象本身。这种对“Cell”对象的非关联化的引用需要支持生成的字节码；访问时不会自动非关联化这些内容。“Cell”对象在其他地方可能不太有用。

type PyCellObject

用于 Cell 对象的 C 结构体。

*PyTypeObject* PyCell\_Type

与 Cell 对象对应的类型对象。

int PyCell\_Check(*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 是一个 cell 对象则返回真值；*ob* 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PyCell\_New(*PyObject* \*ob)

返回值：新的引用。创建并返回一个包含值 *ob* 的新 cell 对象。形参可以为 NULL。

*PyObject* \*PyCell\_Get(*PyObject* \*cell)

返回值：新的引用。返回 cell 对象 *cell* 的内容。

*PyObject* \*PyCell\_GET(*PyObject* \*cell)

返回值：借入的引用。返回 cell 对象 *cell* 的内容，但是不检测 *cell* 是否非 NULL 并且为一个 cell 对象。

int PyCell\_Set(*PyObject* \*cell, *PyObject* \*value)

将 cell 对象 *cell* 的内容设为 *value*。这将释放任何对 cell 对象当前内容的引用。*value* 可以为 NULL。*cell* 必须为非 NULL；如果它不是一个 cell 对象则将返回 -1。如果设置成功则将返回 0。

void PyCell\_SET(*PyObject* \*cell, *PyObject* \*value)

将 cell 对象 *cell* 的值设为 *value*。不会调整引用计数，并且不会进行检测以保证安全；*cell* 必须为非 NULL 并且为一个 cell 对象。

## 8.5.5 代码对象

代码对象是 CPython 实现的低层级细节。每个代表一块尚未绑定到函数中的可执行代码。

type PyCodeObject

用于描述代码对象的对象的 C 结构。此类型字段可随时更改。

*PyTypeObject* PyCode\_Type

这是一个 *PyTypeObject* 实例，其表示 Python 的 code 类型。

int PyCode\_Check(*PyObject* \*co)

如果 *co* 是一个 code 对象则返回真值。此函数总是会成功执行。

int PyCode\_GetNumFree(*PyCodeObject* \*co)

返回 *co* 中的自由变量数。

*PyCodeObject* \*PyUnstable\_Code\_New(int argcount, int kwnonlyargcount, int nlocals, int stacksize, int flags, *PyObject* \*code, *PyObject* \*consts, *PyObject* \*names, *PyObject* \*varnames, *PyObject* \*freevars, *PyObject* \*cellvars, *PyObject* \*filename, *PyObject* \*name, *PyObject* \*qualname, int firstlineno, *PyObject* \*linetable, *PyObject* \*exceptiontable)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

返回一个新的代码对象。如果你需要一个用空代码对象来创建帧，请改用 *PyCode\_NewEmpty()*。

由于字节码的定义经常变化，可以直接调用 *PyUnstable\_Code\_New()* 来绑定某个确定的 Python 版本。

此函数的许多参数以复杂的方式相互依赖，这意味着参数值的细微改变可能导致不正确的执行或 VM 崩溃。使用此函数需要极度小心。

在 3.11 版更改：添加了 *qualname* 和 *exceptiontable* 形参。

在 3.12 版更改：由 *PyCode\_New* 更名而来，是 *不稳定 C API* 的一部分。旧名称已被弃用，但在签名再次更改之前仍然可用。

*PyCodeObject* \*PyUnstable\_Code\_NewWithPosOnlyArgs(int argcount, int posonlyargcount, int kwnonlyargcount, int nlocals, int stacksize, int flags, *PyObject* \*code, *PyObject* \*consts, *PyObject* \*names, *PyObject* \*varnames, *PyObject* \*freevars, *PyObject* \*cellvars, *PyObject* \*filename, *PyObject* \*name, *PyObject* \*qualname, int firstlineno, *PyObject* \*linetable, *PyObject* \*exceptiontable)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

与 `PyUnstable_Code_New()` 类似, 但额外增加了一个针对仅限位置参数的“`posonlyargcount`”。适用于 `PyUnstable_Code_New` 的适用事项同样适用于这个函数。

3.8 新版功能: 作为 `PyCode_NewWithPosOnlyArgs`

在 3.11 版更改: 增加了 `qualname` 和 `exceptiontable` 形参。

在 3.12 版更改: 重命名为 `PyUnstable_Code_NewWithPosOnlyArgs`。旧名称已被弃用, 但在签名再次更改之前将保持可用。

*PyObject* \***PyCode\_NewEmpty** (const char \*filename, const char \*funcname, int firstlineno)

返回值: 新的引用。返回一个具有指定用户名、函数名和首行行号的空代码对象。结果代码对象如果被执行则将引发一个 `Exception`。

int **PyCode\_Addr2Line** (*PyCodeObject* \*co, int byte\_offset)

返回在 `byte_offset` 位置或之前以及之后发生的指令的行号。如果你只需要一个帧的行号, 请改用 `PyFrame_GetLineNumber()`。

要高效地对代码对象中的行号进行迭代, 请使用在 [PEP 626](#) 中描述的 API。

int **PyCode\_Addr2Location** (*PyObject* \*co, int byte\_offset, int \*start\_line, int \*start\_column, int \*end\_line, int \*end\_column)

将传入的 `int` 指针设为 `byte_offset` 处的指令的源代码行编号和列编号。当没有任何特定元素的信息时则将值设为 0。

如果函数执行成功则返回 1 否则返回 0。

3.11 新版功能.

*PyObject* \***PyCode\_GetCode** (*PyCodeObject* \*co)

等价于 Python 代码 `getattr(co, 'co_code')`。返回一个指向表示代码对象中的字节码的 *PyBytesObject* 的强引用。当出错时, 将返回 `NULL` 并引发一个异常。

这个 *PyBytesObject* 可以由解释器按需创建并且不必代表 CPython 所实际执行的字节码。此函数的主要用途是调试器和性能分析工具。

3.11 新版功能.

*PyObject* \***PyCode\_GetVarnames** (*PyCodeObject* \*co)

等价于 Python 代码 `getattr(co, 'co_varnames')`。返回一个指向包含局部变量名称的 *PyTupleObject* 的新引用。当出错时, 将返回 `NULL` 并引发一个异常。

3.11 新版功能.

*PyObject* \***PyCode\_GetCellvars** (*PyCodeObject* \*co)

等价于 Python 代码 `getattr(co, 'co_cellvars')`。返回一个包含被嵌套的函数所引用的局部变量名称的 *PyTupleObject* 的新引用。当出错时, 将返回 `NULL` 并引发一个异常。

3.11 新版功能.

*PyObject* \***PyCode\_GetFreevars** (*PyCodeObject* \*co)

等价于 Python 代码 `getattr(co, 'co_freevars')`。返回一个指向包含自由变量名称的 *PyTupleObject* 的新引用。当出错时, 将返回 `NULL` 并引发一个异常。

3.11 新版功能.

int **PyCode\_AddWatcher** (*PyCode\_WatchCallback* callback)

注册 `callback` 作为当前解释器的代码对象监视器。返回一个可被传给 `PyCode_ClearWatcher()` 的 ID。如果出现错误 (例如没有足够的可用监视器 ID), 则返回 -1 并设置一个异常。

3.12 新版功能.

int **PyCode\_ClearWatcher** (int watcher\_id)

清除之前从 `PyCode_AddWatcher()` 返回的当前解释器中由 `watcher_id` 所标识的监视器。成功时返回 0, 或者出错时 (例如当给定的 `watcher_id` 未被注册) 返回 -1 并设置异常。

3.12 新版功能.

**type PyCodeEvent**

由可能的代码对象监视器事件组成的枚举: - PY\_CODE\_EVENT\_CREATE - PY\_CODE\_EVENT\_DESTROY

3.12 新版功能.

**typedef int (\*PyCode\_WatchCallback)(PyCodeEvent event, PyCodeObject \*co)**

代码对象监视器回调函数的类型。

如果 *event* 为 PY\_CODE\_EVENT\_CREATE, 则回调会在 *co* 完全初始化后被发起调用。否则, 回调会在 *co* 执行销毁之前被发起调用, 这样就可以检查 *co* 之前的状态。

如果 *event* 为 PY\_CODE\_EVENT\_DESTROY, 则在回调中接受一个即将被销毁的代码对象的引用将使其重生, 并阻止其在此时被释放。当重生的对象以后再被销毁时, 任何在当时已激活的监视器回调将再次被调用。

本 API 的用户不应依赖内部运行时的实现细节。这类细节可能包括但不限于创建和销毁代码对象的确切顺序和时间。虽然这些细节的变化可能会导致监视器可观察到的差异 (包括回调是否被发起调用), 但不会改变正在执行的 Python 代码的语义。

如果该回调设置了一个异常, 则它必须返回 -1; 此异常将作为不可引发的异常使用 `PyErr_WriteUnraisable()` 打印出来。在其他情况下它应当返回 0。

在进入回调时可能已经设置了尚未处理的异常。在此情况下, 回调应当返回 0 并仍然设置同样的异常。这意味着该回调可能不会调用任何其他可设置异常的 API 除非它先保存并清空异常状态, 并在返回之前恢复它。

3.12 新版功能.

**8.5.6 附加信息**

为了支持对帧求值的低层级扩展, 如外部即时编译器等, 可以在代码对象上附加任意的额外数据。

这些函数是不稳定 C API 层的一部分: 该功能是 CPython 的实现细节, 此 API 可能随时改变而不发出弃用警告。

**Py\_ssize\_t PyUnstable\_Eval\_RequestCodeExtraIndex (freefunc free)**

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

返回一个新的不透明索引值用于向代码对象添加数据。

通常情况下 (对于每个解释器) 你只需调用该函数一次然后将调用结果与 `PyCode_GetExtra` 和 `PyCode_SetExtra` 一起使用以操作单个代码对象上的数据。

如果 *free* 没有不为 NULL: 当代码对象被释放时, *free* 将在存储于新索引下的非 NULL 数据上被调用。当存储 `PyObject` 时使用 `Py_DecRef()`。

3.6 新版功能: 作为 `_PyEval_RequestCodeExtraIndex`

在 3.12 版更改: 重命名为 `PyUnstable_Eval_RequestCodeExtraIndex`。旧的私有名称已被弃用, 但在 API 更改之前仍将可用。

**int PyUnstable\_Code\_GetExtra (PyObject \*code, Py\_ssize\_t index, void \*\*extra)**

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

将 *extra* 设为存储在给定索引下的额外数据。成功时将返回 0。失败时将设置一个异常并返回 -1。

如果未在索引下设置数据, 则将 *extra* 设为 NULL 并返回 0 而不设置异常。

3.6 新版功能: 作为 `_PyCode_GetExtra`



在 3.12 版更改: 重命名为 `PyUnstable_Code_GetExtra`。旧的私有名称已被弃用, 但在 API 更改之前仍将可用。

`int PyUnstable_Code_SetExtra (PyObject *code, Py_ssize_t index, void *extra)`

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

将存储在给定索引下的额外数据设为 *extra*。成功时将返回 0。失败时将设置一个异常并返回 -1。

3.6 新版功能: 作为 `_PyCode_SetExtra`

在 3.12 版更改: Renamed to `PyUnstable_Code_SetExtra`. The old private name is deprecated, but will be available until the API changes.

## 8.6 其他对象

### 8.6.1 文件对象

这些 API 是对内置文件对象的 Python 2 C API 的最小化模拟, 它过去依赖于 C 标准库的带缓冲 I/O (`FILE*`) 支持。在 Python 3 中, 文件和流使用新的 `io` 模块, 该模块的操作系统的低层级无缓冲 I/O 之上定义了几个层。下面介绍的函数是针对这些新 API 的便捷 C 包装器, 主要用于解释器的内部错误报告; 建议第三方代码改为访问 `io` API。

*PyObject \****PyFile\_FromFd** (*int* fd, *const char \**name, *const char \**mode, *int* buffering, *const char \**encoding, *const char \**errors, *const char \**newline, *int* closefd)

返回值: 新的引用。Part of the *Stable ABI*. 根据已打开文件 *fd* 的文件描述符创建一个 Python 文件对象。参数 *name*, *encoding*, *errors* 和 *newline* 可以为 `NULL` 表示使用默认值; *buffering* 可以为 -1 表示使用默认值。*name* 会被忽略仅保留用于向下兼容。失败时返回 `NULL`。有关参数的更全面描述, 请参阅 `io.open()` 函数的文档。

**警告:** 由于 Python 流具有自己的缓冲层, 因此将它们与 OS 级文件描述符混合会产生各种问题 (例如数据的意外排序)。

在 3.2 版更改: 忽略 *name* 属性。

`int PyObject_AsFileDescriptor (PyObject *p)`

Part of the *Stable ABI*. 将与 *p* 关联的文件描述符作为 `int` 返回。如果对象是整数, 则返回其值。如果不是, 则如果对象存在 `fileno()` 方法则调用该方法; 该方法必须返回一个整数, 它将成为文件描述符的值返回。失败时将设置异常并返回 -1。

*PyObject \****PyFile\_GetLine** (*PyObject \**p, *int* n)

返回值: 新的引用。Part of the *Stable ABI*. 等价于 `p.readline([n])`, 这个函数从对象 *p* 中读取一行。*p* 可以是文件对象或具有 `readline()` 方法的任何对象。如果 *n* 是 0, 则无论该行的长度如何, 都会读取一行。如果 *n* 大于 0, 则从文件中读取不超过 *n* 个字节; 可以返回行的一部分。在这两种情况下, 如果立即到达文件末尾, 则返回空字符串。但是, 如果 *n* 小于 0, 则无论长度如何都会读取一行, 但是如果立即到达文件末尾, 则引发 `EOFError`。

`int PyFile_SetOpenCodeHook (Py_OpenCodeHookFunction handler)`

重载 `io.open_code()` 的正常行为, 将其形参通过所提供的处理程序来传递。

处理句柄是一个类型为 `PyObject *(*)(PyObject *path, void *userData)` 的函数, 其中 *path* 会确保为 `PyUnicodeObject`。

*userData* 指针会被传入钩子函数。因于钩子函数可能由不同的运行时调用, 该指针不应直接指向 Python 状态。



鉴于这个钩子专门在导入期间使用的，请避免在新模块执行期间进行导入操作，除非已知它们为冻结状态或者是在 `sys.modules` 中可用。

一旦钩子被设定，它就不能被移除或替换，之后对 `PyFile_SetOpenCodeHook()` 的调用也将失败，如果解释器已经被初始化，函数将返回 -1 并设置一个异常。

此函数可以安全地在 `Py_Initialize()` 之前调用。

引发一个审计事件 `setopencodehook`，不附带任何参数。

3.8 新版功能.

**int PyFile\_WriteObject** (*PyObject* \*obj, *PyObject* \*p, int flags)

*Part of the Stable ABI.* 将对象 *obj* 写入文件对象 *p*。 *flags* 唯一支持的旗标是 `Py_PRINT_RAW`；如果给定，则写入对象的 `str()` 而不是 `repr()`。成功时返回 0，失败时返回 -1；将设置适当的异常。

**int PyFile\_WriteString** (const char \*s, *PyObject* \*p)

*Part of the Stable ABI.* 将字符串 *s* 写入文件对象 *p*。成功返回 0 失败返回 -1；将设定相应的异常。

## 8.6.2 模块对象

*PyObject* \*PyModule\_Type

*Part of the Stable ABI.* 这个 C 类型实例 *PyModule\_Type* 用来表示 Python 中的模块类型。在 Python 程序中该实例被暴露为 `types.ModuleType`。

**int PyModule\_Check** (*PyObject* \*p)

当 *p* 为模块类型的对象，或是模块子类型的对象时返回真值。该函数永远有返回值。

**int PyModule\_CheckExact** (*PyObject* \*p)

当 *p* 为模块类型的对象且不是 *PyModule\_Type* 的子类型的对象时返回真值。该函数永远有返回值。

*PyObject* \*PyModule\_NewObject (*PyObject* \*name)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7.* 返回新的模块对象，其属性 `__name__` 为 *name*。模块的如下属性 `__name__`，`__doc__`，`__package__`，and `__loader__` 都会被自动填充。（所有属性除了 `__name__` 都被设为 None）。调用时应当提供 `__file__` 属性。

3.3 新版功能.

在 3.4 版更改：属性 `__package__` 和 `__loader__` 被设为 None。

*PyObject* \*PyModule\_New (const char \*name)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI.* 这类似于 `PyModule_NewObject()`，但其名称为 UTF-8 编码的字符串而不是 Unicode 对象。

*PyObject* \*PyModule\_GetDict (*PyObject* \*module)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI.* 返回实现 *module* 的命名空间的字典对象；此对象与模块对象的 `__dict__` 属性相同。如果 *module* 不是一个模块对象（或模块对象的子类型），则会引发 `SystemError` 并返回 NULL。

建议扩展使用其他 `PyModule_*` 和 `PyObject_*` 函数而不是直接操纵模块的 `__dict__`。

*PyObject* \*PyModule\_GetNameObject (*PyObject* \*module)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7.* 返回 *module* 的 `__name__` 值。如果模块未提供该值，或者如果它不是一个字符串，则会引发 `SystemError` 并返回 NULL。

3.3 新版功能.

const char \*PyModule\_GetName (*PyObject* \*module)

*Part of the Stable ABI.* 类似于 `PyModule_GetNameObject()` 但返回 'utf-8' 编码的名称。

`void *PyModule_GetState (PyObject *module)`

*Part of the Stable ABI.* 返回模块的“状态”，也就是说，返回指向在模块创建时分配的内存块的指针，或者 NULL。参见 `PyModuleDef.m_size`。

`PyModuleDef *PyModule_GetDef (PyObject *module)`

*Part of the Stable ABI.* 返回指向模块创建所使用的 `PyModuleDef` 结构体的指针，或者如果模块不是使用结构体定义创建的则返回 NULL。

`PyObject *PyModule_GetFilenameObject (PyObject *module)`

返回值：新的引用。*Part of the Stable ABI.* 返回使用 `module` 的 `__file__` 属性所加载的模块的文件名。如果属性未定义，或者如果它不是一个 Unicode 字符串，则会引发 `SystemError` 并返回 NULL；在其他情况下将返回一个指向 Unicode 对象的引用。

3.2 新版功能。

`const char *PyModule_GetFilename (PyObject *module)`

*Part of the Stable ABI.* 类似于 `PyModule_GetFilenameObject()` 但会返回编码为‘utf-8’的文件名。

3.2 版后已移除：`PyModule_GetFilename()` 对于不可编码的文件名会引发 `UnicodeEncodeError`，请改用 `PyModule_GetFilenameObject()`。

## 初始化 C 模块

模块对象通常是基于扩展模块（导出初始化函数的共享库），或内部编译模块（其中使用 `PyImport_AppendInittab()` 添加初始化函数）。请参阅 `building` 或 `extending-with-embedding` 了解详情。

初始化函数可以向 `PyModule_Create()` 传入一个模块定义实例，并返回结果模块对象，或者通过返回定义结构体本身来请求“多阶段初始化”。

type `PyModuleDef`

*Part of the Stable ABI (including all members).* 模块定义结构，它保存创建模块对象所需的所有信息。每个模块通常只有一个这种类型的静态初始化变量

`PyModuleDef_Base m_base`

始终将此成员初始化为 `PyModuleDef_HEAD_INIT`。

`const char *m_name`

新模块的名称。

`const char *m_doc`

模块的文档字符串；一般会使用通过 `PyDoc_STRVAR` 创建的文档字符串变量。

`Py_ssize_t m_size`

可以把模块的状态保存在为单个模块分配的内存区域中，使用 `PyModule_GetState()` 检索，而不是保存在静态全局区。这使得模块可以在多个子解释器中安全地使用。

这个内存区域将在创建模块时根据 `m_size` 分配，并在调用 `m_free` 函数（如果存在）在取消分配模块对象时释放。

将 `m_size` 设置为 -1，意味着这个模块具有全局状态，因此不支持子解释器。

将其设置为非负值，意味着模块可以重新初始化，并指定其状态所需要的额外内存大小。多阶段初始化需要非负的 `m_size`。

请参阅 [PEP 3121](#) 了解详情。

`PyMethodDef *m_methods`

一个指向模块函数表的指针，由 `PyMethodDef` 描述。如果模块没有函数，可以为 NULL。

***PyModuleDef\_Slot \*m\_slots***

由针对多阶段初始化的槽位定义组成的数组，以一个 {0, NULL} 条目结束。当使用单阶段初始化时，*m\_slots* 必须为 NULL。

在 3.5 版更改：在 3.5 版之前，此成员总是被设为 NULL，并被定义为：

*inquiry m\_reload*

***traverseproc m\_traverse***

在模块对象的垃圾回收遍历期间所调用的遍历函数，如果不需要则为 NULL。

如果模块状态已被请求但尚未分配则不会调用此函数。在模块创建之后至模块执行之前（调用 *Py\_mod\_exec* 函数）就属于这种情况。更确切地说，如果 *m\_size* 大于 0 且模块状态（由 *PyModule\_GetState()* 返回）为 NULL 则不会调用此函数。

在 3.9 版更改：在模块状态被分配之前不再调用。

***inquiry m\_clear***

在模块对象的垃圾回收清理期间所调用的清理函数，如果不需要则为 NULL。

如果模块状态已被请求但尚未分配则不会调用此函数。在模块创建之后至模块执行之前（调用 *Py\_mod\_exec* 函数）就属于这种情况。更确切地说，如果 *m\_size* 大于 0 且模块状态（由 *PyModule\_GetState()* 返回）为 NULL 则不会调用此函数。

就像 *PyTypeObject.tp\_clear* 那样，这个函数并不总是在模块被释放前被调用。例如，当引用计数足以确定一个对象不再被使用时，就会直接调用 *m\_free*，而不使用循环垃圾回收器。

在 3.9 版更改：在模块状态被分配之前不再调用。

***freefunc m\_free***

在模块对象的释放期间所调用的函数，如果不需要则为 NULL。

如果模块状态已被请求但尚未分配则不会调用此函数。在模块创建之后至模块执行之前（调用 *Py\_mod\_exec* 函数）就属于这种情况。更确切地说，如果 *m\_size* 大于 0 且模块状态（由 *PyModule\_GetState()* 返回）为 NULL 则不会调用此函数。

在 3.9 版更改：在模块状态被分配之前不再调用。

## 单阶段初始化

模块初始化函数可以直接创建并返回模块对象，称为“单阶段初始化”，使用以下两个模块创建函数中的一个：

***PyObject \*PyModule\_Create (PyModuleDef \*def)***

返回值：新的引用。根据在 *def* 中给出的定义创建一个新的模块对象。它的行为类似于 *PyModule\_Create2()* 将 *module\_api\_version* 设为 *PYTHON\_API\_VERSION*。

***PyObject \*PyModule\_Create2 (PyModuleDef \*def, int module\_api\_version)***

返回值：新的引用。Part of the Stable ABI. 创建一个新的模块对象，在参数 *def* 中给出定义，设定 API 版本为参数 *module\_api\_version*。如果该版本与正在运行的解释器版本不匹配，则会触发 *RuntimeWarning*。

---

**备注：**大多数时候应该使用 *PyModule\_Create()* 代替使用此函数，除非你确定需要使用它。

---

在初始化函数返回之前，生成的模块对象通常使用 *PyModule\_AddObjectRef()* 等函数进行填充。

## 多阶段初始化

指定扩展的另一种方式是请求“多阶段初始化”。以这种方式创建的扩展模块的行为更类似 Python 模块：初始化分为创建阶段即创建模块对象时和执行阶段即填充模块对象时。这种区分类似于类的 `__new__()` 和 `__init__()` 方法。

与使用单阶段初始化创建的模块不同，这些模块不是单例：如果移除 `sys.modules` 条目并重新导入模块，将会创建一个新的模块对象，而旧的模块则会成为常规的垃圾回收目标——就像 Python 模块那样。默认情况下，根据同一个定义创建的多个模块应该是相互独立的：对其中一个模块的更改不应影响其他模块。这意味着所有状态都应该是模块对象（例如使用 `PyModule_GetState()`）或其内容（例如模块的 `__dict__` 或使用 `PyType_FromSpec()` 创建的单独类）的特定状态。

所有使用多阶段初始化创建的模块都应该支持子解释器。保证多个模块之间相互独立，通常就可以实现这一点。

要请求多阶段初始化，初始化函数 (`PyInit_modulename`) 返回一个包含非空的 `m_slots` 属性的 `PyModuleDef` 实例。在它被返回之前，这个 `PyModuleDef` 实例必须先使用以下函数初始化：

**`PyObject* PyModuleDef_Init(PyModuleDef* def)`**

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.5.* 确保模块定义是一个正确初始化的 Python 对象，拥有正确的类型和引用计数。

返回转换为 `PyObject*` 的 `def`，如果发生错误，则返回 `NULL`。

3.5 新版功能。

模块定义的 `m_slots` 成员必须指向一个 `PyModuleDef_Slot` 结构体数组：

**`type PyModuleDef_Slot`**

**`int slot`**

槽位 ID，从下面介绍的可用值中选择。

**`void* value`**

槽位值，其含义取决于槽位 ID。

3.5 新版功能。

`m_slots` 数组必须以一个 id 为 0 的槽位结束。

可用的槽位类型是：

**`Py_mod_create`**

指定一个函数供调用以创建模块对象本身。该槽位的 `value` 指针必须指向一个具有如下签名的函数：

**`PyObject* create_module(PyObject* spec, PyModuleDef* def)`**

该函数接受一个 `ModuleSpec` 实例，如 **PEP 451** 所定义的，以及模块定义。它应当返回一个新的模块对象，或者设置一个错误并返回 `NULL`。

此函数应当保持最小化。特别地，它不应当调用任意 Python 代码，因为尝试再次导入同一个模块可能会导致无限循环。

多个 `Py_mod_create` 槽位不能在一个模块定义中指定。

如果未指定 `Py_mod_create`，导入机制将使用 `PyModule_New()` 创建一个普通的模块对象。名称是获取自 `spec` 而非定义，以允许扩展模块动态地调整它们在模块层级结构中的位置并通过符号链接以不同的名称被导入，同时共享同一个模块定义。

不要求返回的对象必须为 `PyModule_Type` 的实例。任何类型均可使用，只要它支持设置和获取导入相关的属性。但是，如果 `PyModuleDef` 具有非 `NULL` 的 `m_traverse`, `m_clear`, `m_free`；非零的 `m_size`；或者 `Py_mod_create` 以外的槽位则只能返回 `PyModule_Type` 的实例。

**`Py_mod_exec`**

指定一个供调用以执行模块的函数。这造价于执行一个 Python 模块的代码：通常，此函数会向模块添加类和常量。此函数的签名为：

`int exec_module (PyObject *module)`

如果指定了多个 `Py_mod_exec` 槽位，将按照它们在 `*m_slots*` 数组中出现的顺序进行处理。

#### **Py\_mod\_multiple\_interpreters**

指定以下的值之一：

##### **Py\_MOD\_MULTIPLE\_INTERPRETERS\_NOT\_SUPPORTED**

该模块不支持在子解释器中导入。

##### **Py\_MOD\_MULTIPLE\_INTERPRETERS\_SUPPORTED**

该模块支持在子解释器中导入，但是它们必须要共享主解释器的 GIL。(参见 `isolating-extensions-howto`。)

##### **Py\_MOD\_PER\_INTERPRETER\_GIL\_SUPPORTED**

该模块支持在子解释器中导入，即使它们有自己的 GIL。(参见 `isolating-extensions-howto`。)

此槽位决定在子解释器中导入此模块是否会失败。

在一个模块定义中不能指定多个 `Py_mod_multiple_interpreters` 槽位。

如果未指定 `Py_mod_multiple_interpreters`，则导入机制默认为 `Py_MOD_MULTIPLE_INTERPRETERS_NOT_SUPPORTED`。

3.12 新版功能。

有关多阶段初始化的更多细节，请参阅 [PEP:489](#)

## 底层模块创建函数

当使用多阶段初始化时，将会调用以下函数。例如，在动态创建模块对象的时候，可以直接使用它们。注意，必须调用 `PyModule_FromDefAndSpec` 和 `PyModule_ExecDef` 来完整地初始化一个模块。

*PyObject \****PyModule\_FromDefAndSpec** (*PyModuleDef* \*def, *PyObject* \*spec)

返回值：新的引用。根据在 *def* 中给出的定义和 `ModuleSpec` *spec* 创建一个新的模块对象。它的行为类似于 `PyModule_FromDefAndSpec2()` 将 `module_api_version` 设为 `PYTHON_API_VERSION`。

3.5 新版功能。

*PyObject \****PyModule\_FromDefAndSpec2** (*PyModuleDef* \*def, *PyObject* \*spec, int module\_api\_version)

返回值：新的引用。Part of the [Stable ABI since version 3.7](#). 创建一个新的模块对象，在参数 *def* 和 *spec* 中给出定义，设置 API 版本为参数 `module_api_version`。如果该版本与正在运行的解释器版本不匹配，则会触发 `RuntimeWarning`。

---

**备注：**大多数时候应该使用 `PyModule_FromDefAndSpec()` 代替使用此函数，除非你确定需要使用它。

---

3.5 新版功能。

**int** **PyModule\_ExecDef** (*PyObject* \*module, *PyModuleDef* \*def)

Part of the [Stable ABI since version 3.7](#). 执行参数 *\*def\** 中给出的任意执行槽 (`Py_mod_exec`)。

3.5 新版功能。

**int** **PyModule\_SetDocString** (*PyObject* \*module, const char \*docstring)

Part of the [Stable ABI since version 3.7](#). 将 *\*module\** 的文档字符串设置为 *\*docstring\**。当使用 `PyModule_Create` 或 `PyModule_FromDefAndSpec` 从 `PyModuleDef` 创建模块时，会自动调用此函数。

3.5 新版功能。



`int PyModule_AddFunctions (PyObject *module, PyMethodDef *functions)`

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 将以 NULL 结尾的 *\*functions\** 数组中的函数添加到 *\*module\** 模块中。有关单个条目的更多细节，请参与 *PyMethodDef* 文档（由于缺少共享的模块命名空间，在 C 中实现的模块级“函数”通常将模块作为它的第一个参数，与 Python 类的实例方法类似）。当使用 *PyModule\_Create* 或 *PyModule\_FromDefAndSpec* 从 *PyModuleDef* 创建模块时，会自动调用此函数。

3.5 新版功能。

## 支持函数

模块初始化函数（单阶段初始化）或通过模块的执行槽位调用的函数（多阶段初始化），可以使用以下函数，来帮助初始化模块的状态：

`int PyModule_AddObjectRef (PyObject *module, const char *name, PyObject *value)`

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 将一个名称为 *\*name\** 的对象添加到 *\*module\** 模块中。这是一个方便的函数，可以在模块的初始化函数中使用。

如果成功，返回 0。如果发生错误，引发异常并返回 -1。

如果 *\*value\** 为 NULL，返回 NULL。在调用它时发生这种情况，必须抛出异常。

用法示例：

```
static int
add_spam(PyObject *module, int value)
{
    PyObject *obj = PyLong_FromLong(value);
    if (obj == NULL) {
        return -1;
    }
    int res = PyModule_AddObjectRef(module, "spam", obj);
    Py_DECREF(obj);
    return res;
}
```

这个例子也可以写成不显式地检查 *obj* 是否为 NULL：

```
static int
add_spam(PyObject *module, int value)
{
    PyObject *obj = PyLong_FromLong(value);
    int res = PyModule_AddObjectRef(module, "spam", obj);
    Py_XDECREF(obj);
    return res;
}
```

注意在此情况下应当使用 *Py\_XDECREF()* 而不是 *Py\_DECREF()*，因为 *obj* 可能为 NULL。

3.10 新版功能。

`int PyModule_AddObject (PyObject *module, const char *name, PyObject *value)`

*Part of the Stable ABI.* 类似于 *PyModule\_AddObjectRef()*，但会在成功时偷取一个对 *value* 的引用（如果它返回 0 值）。

推荐使用新的 *PyModule\_AddObjectRef()* 函数，因为误用 *PyModule\_AddObject()* 函数很容易导致引用泄漏。

---

**备注：**与其他窃取引用的函数不同，*PyModule\_AddObject()* 只在 **成功** 时释放对 *value* 的引用。这意味着必须检查它的返回值，调用方必须在发生错误时手动为 *\*value\** 调用 *Py\_DECREF()*。

---



用法示例:

```
static int
add_spam(PyObject *module, int value)
{
    PyObject *obj = PyLong_FromLong(value);
    if (obj == NULL) {
        return -1;
    }
    if (PyModule_AddObject(module, "spam", obj) < 0) {
        Py_DECREF(obj);
        return -1;
    }
    // PyModule_AddObject() stole a reference to obj:
    // Py_DECREF(obj) is not needed here
    return 0;
}
```

这个例子也可以写成不显式地检查 *obj* 是否为 NULL:

```
static int
add_spam(PyObject *module, int value)
{
    PyObject *obj = PyLong_FromLong(value);
    if (PyModule_AddObject(module, "spam", obj) < 0) {
        Py_XDECREF(obj);
        return -1;
    }
    // PyModule_AddObject() stole a reference to obj:
    // Py_DECREF(obj) is not needed here
    return 0;
}
```

注意在此情况下应当使用 `Py_XDECREF()` 而不是 `Py_DECREF()`, 因为 *obj* 可能为 NULL。

int **PyModule\_AddIntConstant** (*PyObject* \*module, const char \*name, long value)

*Part of the Stable ABI.* 将一个名称为 *\*name\** 的整型常量添加到 *\*module\** 模块中。这个方便的函数可以在模块的初始化函数中使用。如果发生错误, 返回 -1, 成功返回 0。

int **PyModule\_AddStringConstant** (*PyObject* \*module, const char \*name, const char \*value)

*Part of the Stable ABI.* 将一个名称为 *\*name\** 的字符串常量添加到 *\*module\** 模块中。这个方便的函数可以在模块的初始化函数中使用。字符串 *\*value\** 必须以 NULL 结尾。如果发生错误, 返回 -1, 成功返回 0。

**PyModule\_AddIntMacro** (module, macro)

将一个整型常量添加到 *\*module\** 模块中。名称和值取自 *\*macro\** 参数。例如, `PyModule_AddIntMacro(module, AF_INET)` 将值为 *\*AF\_INET\** 的整型常量 *\*AF\_INET\** 添加到 *\*module\** 模块中。如果发生错误, 返回 -1, 成功返回 0。

**PyModule\_AddStringMacro** (module, macro)

将一个字符串常量添加到 *\*module\** 模块中。

int **PyModule\_AddType** (*PyObject* \*module, *PyTypeObject* \*type)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 将一个类型对象添加到 *module* 模块中。类型对象通过在函数内部调用 `PyType_Ready()` 完成初始化。类型对象的名称取自 *tp\_name* 最后一个点号之后的部分。如果发生错误, 返回 -1, 成功返回 0。

3.9 新版功能.

## 查找模块

单阶段初始化创建可以在当前解释器上下文中被查找的单例模块。这使得仅通过模块定义的引用，就可以检索模块对象。

这些函数不适用于通过多阶段初始化创建的模块，因为可以从一个模块定义创建多个模块对象。

**PyObject\*PyState\_FindModule** (*PyModuleDef* \*def)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回当前解释器中由 *def* 创建的模块对象。此方法要求模块对象此前已通过 *PyState\_AddModule()* 函数附加到解释器状态中。如果找不到相应的模块对象，或模块对象还未附加到解释器状态，返回 `NULL`。

**int PyState\_AddModule** (*PyObject* \*module, *PyModuleDef* \*def)

*Part of the Stable ABI since version 3.3*. 将传给函数的模块对象附加到解释器状态。这将允许通过 *PyState\_FindModule()* 来访问该模块对象。

仅在使用单阶段初始化创建的模块上有效。

Python 会在导入一个模块后自动调用 *PyState\_AddModule*，因此从模块初始化代码中调用它是没有必要的（但也没有害处）。显式的调用仅在模块自己的初始化代码后继调用了 *PyState\_FindModule* 的情况下才是必要的。此函数主要是为了实现替代导入机制（或是通过直接调用它，或是通过引用它的实现来获取所需的更新详情）。

调用时必须携带 GIL。

成功是返回 0 或者失败时返回 -1。

3.3 新版功能。

**int PyState\_RemoveModule** (*PyModuleDef* \*def)

*Part of the Stable ABI since version 3.3*. 从解释器状态中移除由 *def* 创建的模块对象。成功时返回 0，者失败时返回 -1。

调用时必须携带 GIL。

3.3 新版功能。

## 8.6.3 迭代器对象

Python 提供了两个通用迭代器对象。第一个是序列迭代器，它可与支持 `__getitem__()` 方法的任意序列一起使用。第二个迭代器使用一个可调用对象和一个哨兵值，为序列中的每个项目调用可调用对象，并在返回哨兵值时结束迭代。

**PyTypeObject PySeqIter\_Type**

*Part of the Stable ABI*. *PySeqIter\_New()* 返回迭代器对象的类型对象和内置序列类型内置函数 *iter()* 的单参数形式。

**int PySeqIter\_Check** (*PyObject* \*op)

如果 *op* 的类型为 *PySeqIter\_Type* 则返回真值。此函数总是会成功执行。

**PyObject\*PySeqIter\_New** (*PyObject* \*seq)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个与常规序列对象一起使用的迭代器 *seq*。当序列订阅操作引发 `IndexError` 时，迭代结束。

**PyTypeObject PyCallIter\_Type**

*Part of the Stable ABI*. 由函数 *PyCallIter\_New()* 和 *iter()* 内置函数的双参数形式返回的迭代器对象类型对象。

**int PyCallIter\_Check** (*PyObject* \*op)

如果 *op* 的类型为 *PyCallIter\_Type* 则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PyCallIter\_New (*PyObject* \*callable, *PyObject* \*sentinel)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个新的迭代器。第一个参数 *callable* 可以是任何可以在没有参数的情况下调用的 Python 可调对象; 每次调用都应该返回迭代中的下一个项目。当 *callable* 返回等于 *sentinel* 的值时, 迭代将终止。

## 8.6.4 描述符对象

“描述符”是描述对象的某些属性的对象。它们存在于类型对象的字典中。

*PyTypeObject* PyProperty\_Type

*Part of the Stable ABI*. 内建描述符类型的类型对象。

*PyObject* \*PyDescr\_NewGetSet (*PyTypeObject* \*type, struct *PyGetSetDef* \*getset)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*.

*PyObject* \*PyDescr\_NewMember (*PyTypeObject* \*type, struct *PyMemberDef* \*meth)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*.

*PyObject* \*PyDescr\_NewMethod (*PyTypeObject* \*type, struct *PyMethodDef* \*meth)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*.

*PyObject* \*PyDescr\_NewWrapper (*PyTypeObject* \*type, struct wrapperbase \*wrapper, void \*wrapped)

返回值: 新的引用。

*PyObject* \*PyDescr\_NewClassMethod (*PyTypeObject* \*type, *PyMethodDef* \*method)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*.

int PyDescr\_IsData (*PyObject* \*descr)

如果描述符对象 *descr* 描述的是一个数据属性则返回非零值, 或者如果它描述的是一个方法则返回 0。 *descr* 必须为一个描述符对象; 不会进行错误检测。

*PyObject* \*PyWrapper\_New (*PyObject*\*, *PyObject*\*)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*.

## 8.6.5 切片对象

*PyTypeObject* PySlice\_Type

*Part of the Stable ABI*. 切片对象的类型对象。它与 Python 层面的 *slice* 是相同的对象。

int PySlice\_Check (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 是一个 *slice* 对象则返回真值; *ob* 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PySlice\_New (*PyObject* \*start, *PyObject* \*stop, *PyObject* \*step)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回一个具有给定值的新切片对象。 *start*, *stop* 和 *step* 形参会被用作 *slice* 对象相应名称的属性的值。这些值中的任何一个都可以为 NULL, 在这种情况下将使用 None 作为对应属性的值。如果新对象无法被分配则返回 NULL。

int PySlice\_GetIndices (*PyObject* \*slice, *Py\_ssize\_t* length, *Py\_ssize\_t* \*start, *Py\_ssize\_t* \*stop, *Py\_ssize\_t* \*step)

*Part of the Stable ABI*. 从切片对象 *slice* 提取 *start*, *stop* 和 *step* 索引号, 将序列长度视为 *length*。大于 *length* 的序列号将被当作错误。

成功时返回 0, 出错时返回 -1 并且不设置异常 (除非某个索引号不为 None 且无法被转换为整数, 在这种情况下将返回 -1 并且设置一个异常)。

你可能不会打算使用此函数。

在 3.2 版更改: 之前 *slice* 形参的形参类型是 *PySliceObject* \*。

```
int PySlice_GetIndicesEx(PyObject *slice, Py_ssize_t length, Py_ssize_t *start, Py_ssize_t *stop,
                        Py_ssize_t *step, Py_ssize_t *slicelength)
```

Part of the [Stable ABI](#). `PySlice_GetIndices()` 的可用替代。从切片对象 `slice` 提取 `start`, `stop` 和 `step` 索引号, 将序列长度视为 `length`, 并将切片的长度保存在 `slicelength` 中, 超出范围的索引号会以与普通切片一致的方式进行剪切。

成功时返回 0, 出错时返回 -1 并且不设置异常。

**备注:** 此函数对于可变大小序列来说是不安全的。对它的调用应被替换为 `PySlice_Unpack()` 和 `PySlice_AdjustIndices()` 的组合, 其中

```
if (PySlice_GetIndicesEx(slice, length, &start, &stop, &step, &slicelength) < 0) {
    // return error
}
```

会被替换为

```
if (PySlice_Unpack(slice, &start, &stop, &step) < 0) {
    // return error
}
slicelength = PySlice_AdjustIndices(length, &start, &stop, step);
```

在 3.2 版更改: 之前 `slice` 形参的形参类型是 `PySliceObject*`。

在 3.6.1 版更改: 如果 `Py_LIMITED_API` 未设置或设置为 0x03050400 与 0x03060000 之间的值 (不包括边界) 或 0x03060100 或更大则 `PySlice_GetIndicesEx()` 会被实现为一个使用 `PySlice_Unpack()` 和 `PySlice_AdjustIndices()` 的宏。参数 `start`, `stop` 和 `step` 会被多被求值。

3.6.1 版后已移除: 如果 `Py_LIMITED_API` 设置为小于 0x03050400 或 0x03060000 与 0x03060100 之间的值 (不包括边界) 则 `PySlice_GetIndicesEx()` 为已弃用的函数。

```
int PySlice_Unpack(PyObject *slice, Py_ssize_t *start, Py_ssize_t *stop, Py_ssize_t *step)
```

Part of the [Stable ABI since version 3.7](#). 从切片对象中将 `start`, `stop` 和 `step` 数据成员提取为 C 整数。会静默地将大于 `PY_SSIZE_T_MAX` 的值减小为 `PY_SSIZE_T_MAX`, 静默地将小于 `PY_SSIZE_T_MIN` 的 `start` 和 `stop` 值增大为 `PY_SSIZE_T_MIN`, 并静默地将小于 `-PY_SSIZE_T_MAX` 的 `step` 值增大为 `-PY_SSIZE_T_MAX`。

出错时返回 -1, 成功时返回 0。

3.6.1 新版功能。

```
Py_ssize_t PySlice_AdjustIndices(Py_ssize_t length, Py_ssize_t *start, Py_ssize_t *stop, Py_ssize_t step)
```

Part of the [Stable ABI since version 3.7](#). 将 `start/end` 切片索引号根据指定的序列长度进行调整。超出范围的索引号会以与普通切片一致的方式进行剪切。

返回切片的长度。此操作总是会成功。不会调用 Python 代码。

3.6.1 新版功能。

## Ellipsis 对象

### *PyObject* \*Py\_Ellipsis

Python Ellipsis 对象。此没有没有任何方法。像 *Py\_None* 一样，它是一个 永久性对象 *immortal*。并且属于单例对象。

在 3.12 版更改: *Py\_Ellipsis* 是永久性对象。

## 8.6.6 MemoryView 对象

一个 *memoryview* 对象 C 级别的缓冲区接口 暴露为一个可以像任何其他对象一样传递的 Python 对象。

### *PyObject* \*PyMemoryView\_FromObject (*PyObject* \*obj)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 从提供缓冲区接口的对象创建 *memoryview* 对象。如果 *obj* 支持可写缓冲区导出，则 *memoryview* 对象将可以被读/写，否则它可能是只读的，也可以是导出器自行决定的读/写。

### *PyObject* \*PyMemoryView\_FromMemory (char \*mem, *Py\_ssize\_t* size, int flags)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.7*. 使用 *mem* 作为底层缓冲区创建一个 *memoryview* 对象。*flags* 可以是 *PyBUF\_READ* 或者 *PyBUF\_WRITE* 之一。

3.3 新版功能。

### *PyObject* \*PyMemoryView\_FromBuffer (const *Py\_buffer* \*view)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI since version 3.11*. 创建一个包含给定缓冲区结构 *view* 的 *memoryview* 对象。对于简单的字节缓冲区，*PyMemoryView\_FromMemory()* 是首选函数。

### *PyObject* \*PyMemoryView\_GetContiguous (*PyObject* \*obj, int buffertype, char order)

返回值: 新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 从定义缓冲区接口的对象创建一个 *memoryview* 对象 *contiguous* 内存块 (在 'C' 或 'Fortran order' 中)。如果内存是连续的，则 *memoryview* 对象指向原始内存。否则，复制并且 *memoryview* 指向新的 *bytes* 对象。

### int PyMemoryView\_Check (*PyObject* \*obj)

如果 *obj* 是一个 *memoryview* 对象则返回真值。目前不允许创建 *memoryview* 的子类。此函数总是会成功执行。

### *Py\_buffer* \*PyMemoryView\_GET\_BUFFER (*PyObject* \*mview)

返回指向 *memoryview* 的导出缓冲区私有副本的指针。*mview* 必须是一个 *memoryview* 实例；这个宏不检查它的类型，你必须自己检查，否则你将面临崩溃风险。

### *PyObject* \*PyMemoryView\_GET\_BASE (*PyObject* \*mview)

返回 *memoryview* 所基于的导出对象的指针，或者如果 *memoryview* 已由函数 *PyMemoryView\_FromMemory()* 或 *PyMemoryView\_FromBuffer()* 创建则返回 *NULL*。*mview* 必须是一个 *memoryview* 实例。

## 8.6.7 弱引用对象

Python 支持“弱引用”作为一类对象。具体来说，有两种直接实现弱引用的对象。第一种就是简单的引用对象，第二种尽可能地作用为一个原对象的代理。

### int PyWeakref\_Check (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 是一个引用或代理对象则返回真值。此函数总是会成功执行。

### int PyWeakref\_CheckRef (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 是一个引用对象则返回真值。此函数总是会成功执行。

### int PyWeakref\_CheckProxy (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 是一个代理对象则返回真值。此函数总是会成功执行。



*PyObject* \*PyWeakref\_NewRef (*PyObject* \*ob, *PyObject* \*callback)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回对象 *ob* 的一个弱引用对象。该函数总是会返回一个新引用，但不保证创建一个新的对象；它有可能返回一个现有的引用对象。第二个形参 *callback* 可以是一个可调用对象，它会在 *ob* 被作为垃圾回收时接收通知；它应当接受一个单独形参，即弱引用对象本身。*callback* 也可以为 None 或 NULL。如果 *ob* 不是一个弱引用对象，或者如果 *callback* 不是可调用对象、None 或 NULL，则该函数将返回 NULL 并引发 `TypeError`。

*PyObject* \*PyWeakref\_NewProxy (*PyObject* \*ob, *PyObject* \*callback)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回对象 *ob* 的一个弱引用代理对象。该函数将总是返回一个新的引用，但不保证创建一个新的对象；它有可能返回一个现有的代理对象。第二个形参 *callback* 可以是一个可调用对象，它会在 *ob* 被作为垃圾回收时接收通知；它应当接受一个单独形参，即弱引用对象本身。*callback* 也可以为 None 或 NULL。如果 *ob* 不是一个弱引用对象，或者如果 *callback* 不是可调用对象、None 或 NULL，则该函数将返回 NULL 并引发 `TypeError`。

*PyObject* \*PyWeakref\_GetObject (*PyObject* \*ref)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 返回弱引用 *ref* 的被引用对象。如果被引用对象不再存在，则返回 `Py_None`。

**备注：** 该函数返回被引用对象的一个 *borrowed reference*。这意味着应该总是在该对象上调用 `Py_INCREF()`，除非是当它在借入引用的最后一次被使用之前无法被销毁的时候。

*PyObject* \*PyWeakref\_GET\_OBJECT (*PyObject* \*ref)

返回值：借入的引用。类似于 `PyWeakref_GetObject()`，但是不带错误检测。

void PyObject\_ClearWeakRefs (*PyObject* \*object)

*Part of the Stable ABI*. 此函数将被 `tp_dealloc` 处理句柄调用以清空弱引用。

此函数将迭代 *object* 的弱引用并调用这些引用中可能存在的回调。它将在尝试了所有回调之后返回。

## 8.6.8 Capsule 对象

有关使用这些对象的更多信息请参阅 `using-capsules`。

### 3.1 新版功能.

type `PyCapsule`

这个 `PyObject` 的子类型代表一个隐藏的值，适用于需要将隐藏值（作为 `void*` 指针）通过 Python 代码传递到其他 C 代码的 C 扩展模块。它常常被用来让在一个模块中定义的 C 函数指针在其他模块中可用，这样就可以使用常规导入机制来访问在动态加载的模块中定义的 C API。

type `PyCapsule_Destructor`

*Part of the Stable ABI*. `Capsule` 的析构器回调的类型。定义如下：

```
typedef void (*PyCapsule_Destructor) (PyObject *);
```

参阅 `PyCapsule_New()` 来获取 `PyCapsule_Destructor` 返回值的语义。

int `PyCapsule_CheckExact` (*PyObject* \*p)

如果参数是一个 `PyCapsule` 则返回真值。此函数总是会成功执行。

*PyObject* \*PyCapsule\_New (void \*pointer, const char \*name, *PyCapsule\_Destructor* destructor)

返回值：新的引用。 *Part of the Stable ABI*. 创建一个封装了 *pointer* 的 `PyCapsule`。 *pointer* 参考可以不为 NULL。

在失败时设置一个异常并返回 NULL。

字符串 *name* 可以是 NULL 或是一个指向有效的 C 字符串的指针。如果不为 NULL，则此字符串必须比 `capsule` 长（虽然也允许在 *destructor* 中释放它。）



如果 *destructor* 参数不为 NULL，则当它被销毁时将附带 *capsule* 作为参数来调用。

如果此 *capsule* 将被保存为一个模块的属性，则 *name* 应当被指定为 *modulename*.  
*attributename*。这将允许其他模块使用 *PyCapsule\_Import()* 来导入此 *capsule*。

void **\*PyCapsule\_GetPointer** (*PyObject* \*capsule, const char \*name)

*Part of the Stable ABI.* 提取保存在 *capsule* 中的 *pointer*。在失败时设置一个异常并返回 NULL。

*name* 参数必须与 *capsule* 中存储的名称完全一致。如果存储在 *capsule* 中的名称是 NULL，传入的 *name* 也必须是 NULL。Python 使用 C 函数 *strcmp()* 来比较 *capsule* 名称。

*PyCapsule\_Destructor* **PyCapsule\_GetDestructor** (*PyObject* \*capsule)

*Part of the Stable ABI.* 返回保存在 *capsule* 中的当前析构器。在失败时设置一个异常并返回 NULL。

*capsule* 具有 NULL 析构器是合法的。这会使得 NULL 返回码有些歧义；请使用 *PyCapsule\_IsValid()* 或 *PyErr\_Occurred()* 来消除歧义。

void **\*PyCapsule\_GetContext** (*PyObject* \*capsule)

*Part of the Stable ABI.* 返回保存在 *capsule* 中的当前上下文。在失败时设置一个异常并返回 NULL。

*capsule* 具有 NULL 上下文是全法的。这会使得 NULL 返回码有些歧义；请使用 *PyCapsule\_IsValid()* 或 *PyErr\_Occurred()* 来消除歧义。

const char **\*PyCapsule\_GetName** (*PyObject* \*capsule)

*Part of the Stable ABI.* 返回保存在 *capsule* 中的当前名称。在失败时设置一个异常并返回 NULL。

*capsule* 具有 NULL 名称是合法的。这会使得 NULL 返回码有些歧义；请使用 *PyCapsule\_IsValid()* 或 *PyErr\_Occurred()* 来消除歧义。

void **\*PyCapsule\_Import** (const char \*name, int no\_block)

*Part of the Stable ABI.* 从一个模块内的包装属性导入一个指向 C 对象的指针。*name* 形参应当指定该属性的完整名称，就像 *module.attribute* 这样。储存在包装中的 *name* 必须与此字符串完全匹配。

成功时返回 *capsule* 的内部指针。在失败时设置一个异常并返回 NULL。

在 3.3 版更改: *no\_block* 不再有任何影响。

int **PyCapsule\_IsValid** (*PyObject* \*capsule, const char \*name)

*Part of the Stable ABI.* 确定 *capsule* 是否是一个有效的。有效的 *capsule* 必须不为 NULL，传递 *PyCapsule\_CheckExact()*，在其中存储一个不为 NULL 的指针，并且其内部名称与 *name* 形参相匹配。(请参阅 *PyCapsule\_GetPointer()* 了解如何对 *capsule* 名称进行比较的有关信息。)

换句话说，如果 *PyCapsule\_IsValid()* 返回真值，则对任何访问器（以 *PyCapsule\_Get* 开头的任何函数）的调用都保证会成功。

如果对象有效并且匹配传入的名称则返回非零值。否则返回 0。此函数一定不会失败。

int **PyCapsule\_SetContext** (*PyObject* \*capsule, void \*context)

*Part of the Stable ABI.* 将 *capsule* 内部的上下文指针设为 *context*。

成功时返回 0。失败时返回非零值并设置一个异常。

int **PyCapsule\_SetDestructor** (*PyObject* \*capsule, *PyCapsule\_Destructor* destructor)

*Part of the Stable ABI.* 将 *capsule* 内部的析构器设为 *destructor*。

成功时返回 0。失败时返回非零值并设置一个异常。

int **PyCapsule\_SetName** (*PyObject* \*capsule, const char \*name)

*Part of the Stable ABI.* 将 *capsule* 内部的名称设为 *name*。如果不为 NULL，则名称的存在期必须比 *capsule* 更长。如果之前保存在 *capsule* 中的 *name* 不为 NULL，则不会尝试释放它。

成功时返回 0。失败时返回非零值并设置一个异常。

int **PyCapsule\_SetPointer** (*PyObject* \*capsule, void \*pointer)

*Part of the Stable ABI.* 将 *capsule* 内部的空指针设为 *pointer*。指针不可为 NULL。

成功时返回 0。失败时返回非零值并设置一个异常。

## 8.6.9 帧对象

type **PyFrameObject**

*Part of the Limited API (as an opaque struct).* 用于描述帧对象的对象 C 结构体。

此结构体中无公有成员。

在 3.11 版更改: 此结构体的成员已从公有 C API 中移除。请参阅 [What's New entry](#) 了解详情。

可以使用函数 `PyEval_GetFrame()` 与 `PyThreadState_GetFrame()` 去获取一个帧对象。

可参考: [Reflection 1](#)

*PyObject* **PyFrame\_Type**

帧对象的类型。它与 Python 层中的 `types.FrameType` 是同一对象。

在 3.11 版更改: 在之前版本中, 此类型仅在包括 `<frameobject.h>` 之后可用。

int **PyFrame\_Check** (*PyObject* \*obj)

如果 *obj* 是一个帧对象则返回非零值。

在 3.11 版更改: 在之前版本中, 只函数仅在包括 `<frameobject.h>` 之后可用。

*PyFrameObject* \***PyFrame\_GetBack** (*PyFrameObject* \*frame)

获取 *frame* 为下一个外部帧。

参考返回一个 *strong reference*, 或者如果 *frame* 没有外部帧则返回 `NULL`。

3.9 新版功能.

*PyObject* \***PyFrame\_GetBuiltins** (*PyFrameObject* \*frame)

获取 *frame* 的 `f_builtins` 属性。

返回一个 *strong reference*。此结果不可为 `NULL`。

3.11 新版功能.

*PyCodeObject* \***PyFrame\_GetCode** (*PyFrameObject* \*frame)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 获取 *frame* 的代码。

返回一个 *strong reference*。

结果 (帧代码) 不可为 `NULL`。

3.9 新版功能.

*PyObject* \***PyFrame\_GetGenerator** (*PyFrameObject* \*frame)

获取拥有该帧的生成器、协程或异步生成器, 或者如果该帧不被某个生成器所拥有则为 `NULL`。不会引发异常, 即使其返回值为 `NULL`。

返回一个 *strong reference*, 或者 `NULL`。

3.11 新版功能.

*PyObject* \***PyFrame\_GetGlobals** (*PyFrameObject* \*frame)

获取 *frame* 的 `f_globals` 属性。

返回一个 *strong reference*。此结果不可为 `NULL`。

3.11 新版功能.

int **PyFrame\_GetLasti** (*PyFrameObject* \*frame)

获取 *frame* 的 `f_lasti` 属性。

如果 *frame.f\_lasti* 为 `None` 则返回 -1。

3.11 新版功能.

*PyObject* \***PyFrame\_GetVar** (*PyFrameObject* \*frame, *PyObject* \*name)

获取 *frame* 的变量 *name*。

- 成功时返回一个指向变量值的 *strong reference*。
- 引发 `NameError` 并返回 `NULL` 如果该变量不存在。
- 引发异常并返回 “NULL” 错误。

*name* 必须是 `str` 类型的。

3.12 新版功能。

*PyObject* \***PyFrame\_GetVarString** (*PyFrameObject* \*frame, const char \*name)

和 `PyFrame_GetVar()` 相似，但该变量名是一个使用 UTF-8 编码的 C 字符串。

3.12 新版功能。

*PyObject* \***PyFrame\_GetLocals** (*PyFrameObject* \*frame)

获取 *frame* 的 `f_locals` 属性 (dict)。

返回一个 *strong reference*。

3.11 新版功能。

int **PyFrame\_GetLineNumber** (*PyFrameObject* \*frame)

Part of the *Stable ABI* since version 3.10. 返回 *frame* 当前正在执行的行号。

## 内部帧

除非使用 :pep:523，否则你不会需要它。

struct **\_PyInterpreterFrame**

解释器的内部帧表示。

3.11 新版功能。

*PyObject* \***PyUnstable\_InterpreterFrame\_GetCode** (struct *\_PyInterpreterFrame* \*frame);

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

返回一个指向帧的代码对象的 *strong reference*。

3.12 新版功能。

int **PyUnstable\_InterpreterFrame\_GetLasti** (struct *\_PyInterpreterFrame* \*frame);

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

将字节偏移量返回到最后执行的指令中。

3.12 新版功能。

int **PyUnstable\_InterpreterFrame\_GetLine** (struct *\_PyInterpreterFrame* \*frame);

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

返回正在执行的指令的行数，如果没有行数，则返回 -1。

3.12 新版功能。

### 8.6.10 生成器对象

生成器对象是 Python 用来实现生成器迭代器的对象。它们通常通过迭代产生值的函数来创建，而不是显式调用 `PyGen_New()` 或 `PyGen_NewWithQualName()`。

**type `PyGenObject`**

用于生成器对象的 C 结构体。

**`PyTypeObject` `PyGen_Type`**

与生成器对象对应的类型对象。

**int `PyGen_Check` (`PyObject` \*ob)**

如果 `ob` 是一个 generator 对象则返回真值；`ob` 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int `PyGen_CheckExact` (`PyObject` \*ob)**

如果 `ob` 的类型是 `PyGen_Type` 则返回真值；`ob` 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

**`PyObject` \*`PyGen_New` (`PyFrameObject` \*frame)**

返回值：新的引用。基于 `frame` 对象创建并返回一个新的生成器对象。此函数会取走一个对 `frame` 的引用。参数必须不为 NULL。

**`PyObject` \*`PyGen_NewWithQualName` (`PyFrameObject` \*frame, `PyObject` \*name, `PyObject` \*qualname)**

返回值：新的引用。基于 `frame` 对象创建并返回一个新的生成器对象，其中 `__name__` 和 `__qualname__` 设为 `name` 和 `qualname`。此函数会取走一个对 `frame` 的引用。`frame` 参数必须不为 NULL。

### 8.6.11 协程对象

3.5 新版功能。

协程对象是使用 `async` 关键字声明的函数返回的。

**type `PyCoroObject`**

用于协程对象的 C 结构体。

**`PyTypeObject` `PyCoro_Type`**

与协程对象对应的类型对象。

**int `PyCoro_CheckExact` (`PyObject` \*ob)**

如果 `ob` 的类型是 `PyCoro_Type` 则返回真值；`ob` 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

**`PyObject` \*`PyCoro_New` (`PyFrameObject` \*frame, `PyObject` \*name, `PyObject` \*qualname)**

返回值：新的引用。基于 `frame` 对象创建并返回一个新的协程对象，其中 `__name__` 和 `__qualname__` 设为 `name` 和 `qualname`。此函数会取得一个对 `frame` 的引用。`frame` 参数必须不为 NULL。

### 8.6.12 上下文变量对象

在 3.7.1 版更改：

**备注：**在 Python 3.7.1 中，所有上下文变量 C API 的签名被 **更改** 为使用 `PyObject` 指针而不是 `PyContext`，`PyContextVar` 以及 `PyContextToken`，例如：

```
// in 3.7.0:
PyContext *PyContext_New(void);

// in 3.7.1+:
PyObject *PyContext_New(void);
```

请参阅 [bpo-34762](#) 了解详情。

### 3.7 新版功能.

本节深入介绍了 `contextvars` 模块的公用 C API。

#### type `PyContext`

用于表示 `contextvars.Context` 对象的 C 结构体。

#### type `PyContextVar`

用于表示 `contextvars.ContextVar` 对象的 C 结构体。

#### type `PyContextToken`

用于表示 `contextvars.Token` 对象的 C 结构体。

#### *PyTypeObject* `PyContext_Type`

表示 `context` 类型的类型对象。

#### *PyTypeObject* `PyContextVar_Type`

表示 `context variable` 类型的类型对象。

#### *PyTypeObject* `PyContextToken_Type`

表示 `context variable token` 类型的类型对象。

类型检查宏：

#### `int PyContext_CheckExact (PyObject *o)`

如果 *o* 的类型为 `PyContext_Type` 则返回真值。*o* 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

#### `int PyContextVar_CheckExact (PyObject *o)`

如果 *o* 的类型为 `PyContextVar_Type` 则返回真值。*o* 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

#### `int PyContextToken_CheckExact (PyObject *o)`

如果 *o* 的类型为 `PyContextToken_Type` 则返回真值。*o* 必须不为 NULL。此函数总是会成功执行。

上下文对象管理函数：

#### *PyObject* \*`PyContext_New` (void)

返回值：新的引用。创建一个新的空上下文对象。如果发生错误则返回 NULL。

#### *PyObject* \*`PyContext_Copy` (*PyObject* \*ctx)

返回值：新的引用。创建所传入的 *ctx* 上下文对象的浅拷贝。如果发生错误则返回 NULL。

#### *PyObject* \*`PyContext_CopyCurrent` (void)

返回值：新的引用。创建当前线程上下文的浅拷贝。如果发生错误则返回 NULL。

#### `int PyContext_Enter` (*PyObject* \*ctx)

将 *ctx* 设为当前线程的当前上下文。成功时返回 0，出错时返回 -1。

#### `int PyContext_Exit` (*PyObject* \*ctx)

取消激活 *ctx* 上下文并将之前的上下文恢复为当前线程的当前上下文。成功时返回 0，出错时返回 -1。

上下文变量函数：

#### *PyObject* \*`PyContextVar_New` (const char \*name, *PyObject* \*def)

返回值：新的引用。创建一个新的 `ContextVar` 对象。形参 *name* 用于自我检查和调试目的。形参 *def* 为上下文变量指定默认值，或为 NULL 表示无默认值。如果发生错误，这个函数会返回 NULL。

#### `int PyContextVar_Get` (*PyObject* \*var, *PyObject* \*default\_value, *PyObject* \*\*value)

获取上下文变量的值。如果在查找过程中发生错误，返回 `'-1'`，如果没有发生错误，无论是否找到值，都返回 `'0'`，

如果找到上下文变量，*value* 将是指向它的指针。如果上下文变量没有找到，*value* 将指向：

- *default\_value*, 如果非 NULL;
- *var* 的默认值, 如果不是 NULL;
- NULL

除了返回 NULL, 这个函数会返回一个新的引用。

*PyObject* \***PyContextVar\_Set** (*PyObject* \*var, *PyObject* \*value)

返回值: 新的引用。在当前上下文中将 *var* 设为 *value*。返回针对此修改的新凭据对象, 或者如果发生错误则返回 NULL。

int **PyContextVar\_Reset** (*PyObject* \*var, *PyObject* \*token)

将上下文变量 *var* 的状态重置为它在返回 *token* 的 *PyContextVar\_Set*() 被调用之前的状态。此函数成功时返回 0, 出错时返回 -1。

### 8.6.13 DateTime 对象

`datetime` 模块提供了各种日期和时间对象。在使用这些函数之前, 必须要在你的源代码中包含头文件 `datetime.h` (请注意此文件并未包括在 `Python.h` 中), 并且 `PyDateTime_IMPORT` 必须被发起调用, 通常是作为模块初始化函数的一部分。这个宏会将指向特定 C 结构体的指针放入一个静态变量 `PyDateTimeAPI` 中, 它将被下列的宏所使用。

type **PyDateTime\_Date**

*PyObject* 的这个子类型表示 Python 日期对象。

type **PyDateTime\_DateTime**

*PyObject* 的这个子类型表示 Python 日期时间对象。

type **PyDateTime\_Time**

*PyObject* 的这个子类型表示 Python 时间对象。

type **PyDateTime\_Delta**

*PyObject* 的这个子类型表示两个日期时间值之间的差值。

*PyTypeObject* **PyDateTime\_DateType**

这个 *PyTypeObject* 的实例代表 Python 日期类型; 它与 Python 层面的 `datetime.date` 对象相同。

*PyTypeObject* **PyDateTime\_DateTimeType**

这个 *PyTypeObject* 的实例代表 Python 日期时间类型; 它与 Python 层面的 `datetime.datetime` 对象相同。

*PyTypeObject* **PyDateTime\_TimeType**

这个 *PyTypeObject* 的实例代表 Python 时间类型; 它与 Python 层面的 `datetime.time` 对象相同。

*PyTypeObject* **PyDateTime\_DeltaType**

这个 *PyTypeObject* 的实例是代表两个日期时间值之间差值的 Python 类型; 它与 Python 层面的 `datetime.timedelta` 对象相同。

*PyTypeObject* **PyDateTime\_TZInfoType**

这个 *PyTypeObject* 的实例代表 Python 时区信息类型; 它与 Python 层面的 `datetime.tzinfo` 对象相同。

宏访问 UTC 单例:

*PyObject* \***PyDateTime\_TimeZone\_UTC**

返回表示 UTC 的时区单例, 与 `datetime.timezone.utc` 为同一对象。

3.7 新版功能.

类型检查宏:



**int PyDate\_Check** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_DateType* 类型或 *PyDateTime\_DateType* 的某个子类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyDate\_CheckExact** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_DateType* 类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyDateTime\_Check** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_DateTimeType* 类型或 *PyDateTime\_DateTimeType* 的某个子类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyDateTime\_CheckExact** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_DateTimeType* 类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyTime\_Check** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_TimeType* 类型或 *PyDateTime\_TimeType* 的某个子类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyTime\_CheckExact** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_TimeType* 类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyDelta\_Check** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_DeltaType* 类型或 *PyDateTime\_DeltaType* 的某个子类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyDelta\_CheckExact** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_DeltaType* 类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyTZInfo\_Check** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_TZInfoType* 类型或 *PyDateTime\_TZInfoType* 的某个子类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

**int PyTZInfo\_CheckExact** (*PyObject* \*ob)

如果 *ob* 为 *PyDateTime\_TZInfoType* 类型则返回真值。*ob* 不能为 NULL。此函数总是会成功执行。

用于创建对象的宏：

*PyObject* \***PyDate\_FromDate** (int year, int month, int day)

返回值：新的引用。返回指定年、月、日的 *datetime.date* 对象。

*PyObject* \***PyDateTime\_FromDateAndTime** (int year, int month, int day, int hour, int minute, int second, int usecond)

返回值：新的引用。返回具有指定 year, month, day, hour, minute, second 和 microsecond 属性的 *datetime.datetime* 对象。

*PyObject* \***PyDateTime\_FromDateAndTimeAndFold** (int year, int month, int day, int hour, int minute, int second, int usecond, int fold)

返回值：新的引用。返回具有指定 year, month, day, hour, minute, second, microsecond 和 fold 属性的 *datetime.datetime* 对象。

3.6 新版功能.

*PyObject* \***PyTime\_FromTime** (int hour, int minute, int second, int usecond)

返回值：新的引用。返回具有指定 hour, minute, second and microsecond 属性的 *datetime.time* 对象。

*PyObject* \***PyTime\_FromTimeAndFold** (int hour, int minute, int second, int usecond, int fold)

返回值：新的引用。返回具有指定 hour, minute, second, microsecond 和 fold 属性的 *datetime.time* 对象。

3.6 新版功能.

*PyObject* \***PyDelta\_FromDSU** (int days, int seconds, int useconds)

返回值: 新的引用。返回代表给定天、秒和微秒数的 `datetime.timedelta` 对象。将执行正规化操作以使最终的微秒和秒数处在 `datetime.timedelta` 对象的文档指明的区间之内。

*PyObject* \***PyTimeZone\_FromOffset** (*PyObject* \*offset)

返回值: 新的引用。返回一个 `datetime.timezone` 对象, 该对象具有以 `offset` 参数表示的未命名固定时差。

3.7 新版功能.

*PyObject* \***PyTimeZone\_FromOffsetAndName** (*PyObject* \*offset, *PyObject* \*name)

返回值: 新的引用。返回一个 `datetime.timezone` 对象, 该对象具有以 `offset` 参数表示的固定时差和时区名称 `name`。

3.7 新版功能.

一些用来从日期对象中提取字段的宏。参数必须是 `PyDateTime_Date` 包括其子类 (如 `PyDateTime_DateTime`) 的实例。参数不能为 `NULL`, 且不会检查类型:

int **PyDateTime\_GET\_YEAR** (*PyDateTime\_Date* \*o)

以正整数的形式返回年份值。

int **PyDateTime\_GET\_MONTH** (*PyDateTime\_Date* \*o)

返回月, 从 0 到 12 的整数。

int **PyDateTime\_GET\_DAY** (*PyDateTime\_Date* \*o)

返回日期, 从 0 到 31 的整数。

一些用来从日期时间对象中提取字段的宏。参数必须是 `PyDateTime_DateTime` 包括其子类的实例。参数不能为 `NULL`, 并且不会检查类型:

int **PyDateTime\_DATE\_GET\_HOUR** (*PyDateTime\_DateTime* \*o)

返回小时, 从 0 到 23 的整数。

int **PyDateTime\_DATE\_GET\_MINUTE** (*PyDateTime\_DateTime* \*o)

返回分钟, 从 0 到 59 的整数。

int **PyDateTime\_DATE\_GET\_SECOND** (*PyDateTime\_DateTime* \*o)

返回秒, 从 0 到 59 的整数。

int **PyDateTime\_DATE\_GET\_MICROSECOND** (*PyDateTime\_DateTime* \*o)

返回微秒, 从 0 到 999999 的整数。

int **PyDateTime\_DATE\_GET\_FOLD** (*PyDateTime\_DateTime* \*o)

返回折叠值, 为整数 0 或 1。

3.6 新版功能.

*PyObject* \***PyDateTime\_DATE\_GET\_TZINFO** (*PyDateTime\_DateTime* \*o)

返回 `tzinfo` (可以为 `None`)。

3.10 新版功能.

一些用来从时间对象中提取字段的宏。参数必须是 `PyDateTime_Time` 包括其子类的实例。参数不能为 `NULL`, 且不会检查类型:

int **PyDateTime\_TIME\_GET\_HOUR** (*PyDateTime\_Time* \*o)

返回小时, 从 0 到 23 的整数。

int **PyDateTime\_TIME\_GET\_MINUTE** (*PyDateTime\_Time* \*o)

返回分钟, 从 0 到 59 的整数。

int **PyDateTime\_TIME\_GET\_SECOND** (*PyDateTime\_Time* \*o)

返回秒, 从 0 到 59 的整数。

**int PyDateTime\_TIME\_GET\_MICROSECOND** (*PyDateTime\_Time* \*o)

返回微秒，从 0 到 999999 的整数。

**int PyDateTime\_TIME\_GET\_FOLD** (*PyDateTime\_Time* \*o)

返回折叠值，为整数 0 或 1。

3.6 新版功能。

**PyObject\* PyDateTime\_TIME\_GET\_TZINFO** (*PyDateTime\_Time* \*o)

返回 tzinfo (可以为 None)。

3.10 新版功能。

一些用来从时间差对象中提取字段的宏。参数必须是 *PyDateTime\_Delta* 包括其子类的实例。参数不能为 NULL，并且不会检查类型：

**int PyDateTime\_DELTA\_GET\_DAYS** (*PyDateTime\_Delta* \*o)

返回天数，从 -999999999 到 999999999 的整数。

3.3 新版功能。

**int PyDateTime\_DELTA\_GET\_SECONDS** (*PyDateTime\_Delta* \*o)

返回秒数，从 0 到 86399 的整数。

3.3 新版功能。

**int PyDateTime\_DELTA\_GET\_MICROSECONDS** (*PyDateTime\_Delta* \*o)

返回微秒数，从 0 到 999999 的整数。

3.3 新版功能。

一些便于模块实现 DB API 的宏：

**PyObject\* PyDateTime\_FromTimestamp** (*PyObject* \*args)

返回值：新的引用。创建并返回一个给定元组参数的新 `datetime.datetime` 对象，适合传给 `datetime.datetime.fromtimestamp()`。

**PyObject\* PyDate\_FromTimestamp** (*PyObject* \*args)

返回值：新的引用。创建并返回一个给定元组参数的新 `datetime.date` 对象，适合传给 `datetime.date.fromtimestamp()`。

## 8.6.14 类型注解对象

提供几种用于类型提示的内置类型。目前存在两种类型 -- `GenericAlias` 和 `Union`。只有 `GenericAlias` 会向 C 开放。

**PyObject\* Py\_GenericAlias** (*PyObject* \*origin, *PyObject* \*args)

*Part of the Stable ABI since version 3.9.* 创建一个 `GenericAlias` 对象。相当于调用 Python 类 `types.GenericAlias`。参数 *origin* 和 *args* 分别设置 `GenericAlias` 的 `__origin__` 和 `__args__` 属性。*origin* 应该是一个 *PyTypeObject\**，而 *args* 可以是一个 *PyTupleObject\** 或者任意 *PyObject\**。如果传递的 *args* 不是一个元组，则会自动构造一个单元组并将 `__args__` 设置为 `(args,)`。对参数进行了最小限度的检查，因此即使 *origin* 不是类型函数也会成功。`GenericAlias` 的 `__parameters__` 属性是从 `__args__` 懒加载的。如果失败，则会引发一个异常并返回 NULL。

下面是一个如何创建一个扩展类型泛型的例子：

```
...
static PyMethodDef my_obj_methods[] = {
    // Other methods.
    ...
    {"__class_getitem__", Py_GenericAlias, METH_O|METH_CLASS, "See PEP 585"}
    ...
}
```

参见:

数据模型方法 `__class_getitem__()`。

3.9 新版功能.

*PyTypeObject* **Py\_GenericAliasType**

*Part of the Stable ABI since version 3.9.* 由 `Py_GenericAlias()` 所返回的对象的 C 类型。等价于 Python 中的 `types.GenericAlias`。

3.9 新版功能.

---

## 初始化，终结和线程

---

请参阅Python 初始化配置。

### 9.1 在 Python 初始化之前

在一个植入了 Python 的应用程序中，`Py_Initialize()` 函数必须在任何其他 Python/C API 函数之前被调用；例外的只有个别函数和全局配置变量。

在初始化 Python 之前，可以安全地调用以下函数：

- 配置函数：

- `PyImport_AppendInittab()`
- `PyImport_ExtendInittab()`
- `PyInitFrozenExtensions()`
- `PyMem_SetAllocator()`
- `PyMem_SetupDebugHooks()`
- `PyObject_SetArenaAllocator()`
- `Py_SetPath()`
- `Py_SetProgramName()`
- `Py_SetPythonHome()`
- `Py_SetStandardStreamEncoding()`
- `PySys_AddWarnOption()`
- `PySys_AddXOption()`
- `PySys_ResetWarnOptions()`

- 信息函数：

- `Py_IsInitialized()`
- `PyMem_GetAllocator()`
- `PyObject_GetArenaAllocator()`

- `Py_GetBuildInfo()`
- `Py_GetCompiler()`
- `Py_GetCopyright()`
- `Py_GetPlatform()`
- `Py_GetVersion()`

- 工具

- `Py_DecodeLocale()`

- 内存分配器:

- `PyMem_RawMalloc()`
  - `PyMem_RawRealloc()`
  - `PyMem_RawCalloc()`
  - `PyMem_RawFree()`

---

**备注:** 以下函数不应该在 `Py_Initialize()`: `Py_EncodeLocale()`, `Py_GetPath()`, `Py_GetPrefix()`, `Py_GetExecPrefix()`, `Py_GetProgramFullPath()`, `Py_GetPythonHome()`, `Py_GetProgramName()` 和 `PyEval_InitThreads()` 前调用。

---

## 9.2 全局配置变量

Python 有负责控制全局配置中不同特性和选项的变量。这些标志默认被 命令行选项。

当一个选项设置一个旗标时, 该旗标的值将是设置选项的次数。例如, `-b` 会将 `Py_BytesWarningFlag` 设为 1 而 `-bb` 会将 `Py_BytesWarningFlag` 设为 2。

### `int Py_BytesWarningFlag`

此 API 仅为向下兼容而保留: 应当改为设置 `PyConfig.bytes_warning`, 参见 *Python 初始化配置*。

当将 `bytes` 或 `bytearray` 与 `str` 比较或者将 `bytes` 与 `int` 比较时发出警告。如果大于等于 2 则报错。

由 `-b` 选项设置。

3.12 版后已移除。

### `int Py_DebugFlag`

此 API 仅为向下兼容而保留: 应当改为设置 `PyConfig.parser_debug`, 参见 *Python 初始化配置*。

开启解析器调试输出 (限专家使用, 依赖于编译选项)。

由 `-d` 选项和 `PYTHONDEBUG` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。

### `int Py_DontWriteBytecodeFlag`

此 API 仅为向下兼容而保留: 应当改为设置 `PyConfig.write_bytecode`, 参见 *Python 初始化配置*。

如果设置为非零, Python 不会在导入源代码时尝试写入 `.pyc` 文件

由 `-B` 选项和 `PYTHONDONTWRITEBYTECODE` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。



**int Py\_FrozenFlag**

此 API 仅为向下兼容而保留：应当改为设置 `PyConfig.pathconfig_warnings`，参见 *Python 初始化配置*。

当在 `Py_GetPath()` 中计算模块搜索路径时屏蔽错误消息。

由 `_freeze_importlib` 和 `frozenmain` 程序使用的私有旗标。

3.12 版后已移除。

**int Py\_HashRandomizationFlag**

此 API 仅为向下兼容而保留：应当改为设置 `PyConfig.hash_seed` 和 `PyConfig.use_hash_seed`，参见 *Python 初始化配置*。

如果 `PYTHONHASHSEED` 环境变量被设为非空字符串则设为 1。

如果该旗标为非零值，则读取 `PYTHONHASHSEED` 环境变量来初始化加密哈希种子。

3.12 版后已移除。

**int Py\_IgnoreEnvironmentFlag**

此 API 仅为向下兼容而保留：应当改为设置 `PyConfig.use_environment`，参见 *Python 初始化配置*。

忽略所有 `PYTHON*` 环境变量，例如可能设置的 `PYTHONPATH` 和 `PYTHONHOME`。

由 `-E` 和 `-I` 选项设置。

3.12 版后已移除。

**int Py\_InspectFlag**

此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.inspect`，参见 *Python 初始化配置*。

当将脚本作为第一个参数传入或是使用了 `-c` 选项时，则会在执行该脚本或命令后进入交互模式，即使在 `sys.stdin` 并非一个终端时也是如此。

由 `-i` 选项和 `PYTHONINSPECT` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。

**int Py\_InteractiveFlag**

此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.interactive`，参见 *Python 初始化配置*。

由 `-i` 选项设置。

3.12 版后已移除。

**int Py\_IsolatedFlag**

此 API 被保留用于向下兼容：应当改为设置 `PyConfig.isolated`，参见 *Python 初始化配置*。

以隔离模式运行 Python。在隔离模式下 `sys.path` 将不包含脚本的目录或用户的 `site-packages` 目录。

由 `-I` 选项设置。

3.4 新版功能。

3.12 版后已移除。

**int Py\_LegacyWindowsFSEncodingFlag**

此 API 被保留用于向下兼容：应当改为设置 `PyPreConfig.legacy_windows_fs_encoding`，参见 *Python 初始化配置*。

如果该旗标为非零值，则使用 `mbcs` 编码和“replace”错误处理句柄，而不是 `UTF-8` 编码和 `surrogatepass` 错误处理句柄作用 *filesystem encoding and error handler*。

如果 `PYTHONLEGACYWINDOWSFSENCODING` 环境变量被设为非空字符串则设为 1。

更多详情请参阅 [PEP 529](#)。

可用性: Windows。

3.12 版后已移除。

#### **int Py\_LegacyWindowsStdioFlag**

此 API 被保留用于向下兼容: 应当改为设置 `PyConfig.legacy_windows_stdio`, 参见 *Python 初始化配置*。

如果该旗标为非零值, 则会使用 `io.FileIO` 而不是 `io._WindowsConsoleIO` 作为 `sys` 标准流。

如果 `PYTHONLEGACYWINDOWSSTDIO` 环境变量被设为非空字符串则设为 1。

有关更多详细信息, 请参阅 **PEP 528**。

可用性: Windows。

3.12 版后已移除。

#### **int Py\_NoSiteFlag**

此 API 被保留用于向下兼容: 应当改为设置 `PyConfig.site_import`, 参见 *Python 初始化配置*。

禁用 `site` 的导入及其所附带的基于站点对 `sys.path` 的操作。如果 `site` 会在稍后被显式地导入也会禁用这些操作 (如果你希望触发它们则应调用 `site.main()`)。

由 `-S` 选项设置。

3.12 版后已移除。

#### **int Py\_NoUserSiteDirectory**

此 API 被保留用于向下兼容: 应当改为设置 `PyConfig.user_site_directory`, 参见 *Python 初始化配置*。

不要将用户 `site-packages` 目录添加到 `sys.path`。

由 `-s` 和 `-I` 选项以及 `PYTHONNOUSERSITE` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。

#### **int Py\_OptimizeFlag**

此 API 被保留用于向下兼容: 应当改为 `PyConfig.optimization_level`, 参见 *Python 初始化配置*。

由 `-O` 选项和 `PYTHONOPTIMIZE` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。

#### **int Py\_QuietFlag**

此 API 被保留用于向下兼容: 应当改为设置 `PyConfig.quiet`, 参见 *Python 初始化配置*。

即使在交互模式下也不显示版权和版本信息。

由 `-q` 选项设置。

3.2 新版功能。

3.12 版后已移除。

#### **int Py\_UnbufferedStdioFlag**

此 API 被保留用于向下兼容: 应当改为设置 `PyConfig.buffered_stdio`, 参见 *Python 初始化配置*。

强制 `stdout` 和 `stderr` 流不带缓冲。

由 `-u` 选项和 `PYTHONUNBUFFERED` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。

**int Py\_VerboseFlag**

此 API 被保留用于向下兼容：应当改为设置 `PyConfig.verbose`，参见 [Python 初始化配置](#)。

每次初始化模块时打印一条消息，显示加载模块的位置（文件名或内置模块）。如果大于或等于 2，则为搜索模块时检查的每个文件打印一条消息。此外还会在退出时提供模块清理信息。

由 `-v` 选项和 `PYTHONVERBOSE` 环境变量设置。

3.12 版后已移除。

## 9.3 初始化和最终化解释器

**void Py\_Initialize()**

*Part of the Stable ABI.* 初始化 Python 解释器。在嵌入 Python 的应用程序中，它应当在使用任何其他 Python/C API 函数之前被调用；请参阅在 [Python 初始化之前](#) 了解少数的例外情况。

这将初始化已加载模块表 (`sys.modules`)，并创建基本模块 `builtins`、`__main__` 和 `sys`。它还会初始化模块搜索路径 (`sys.path`)。它不会设置 `sys.argv`；如有需要请使用 `PySys_SetArgvEx()`。当第二次调用时（在未事先调用 `Py_FinalizeEx()` 的情况下）将不会执行任何操作。它没有返回值；如果初始化失败则会发生致命错误。

使用 `Py_InitializeFromConfig()` 函数自定义 [Python 初始化配置](#)。

---

**备注：**在 Windows 上，将控制台模式从 `O_TEXT` 改为 `O_BINARY`，这还将影响使用 C 运行时的非 Python 的控制台使用。

---

**void Py\_InitializeEx(int initsigs)**

*Part of the Stable ABI.* 如果 `initsigs` 为 1 则该函数的工作方式与 `Py_Initialize()` 类似。如果 `initsigs` 为 0，它将跳过信号处理句柄的初始化注册，这在嵌入 Python 时可能会很有用处。

使用 `Py_InitializeFromConfig()` 函数自定义 [Python 初始化配置](#)。

**int Py\_IsInitialized()**

*Part of the Stable ABI.* 如果 Python 解释器已初始化，则返回真值（非零）；否则返回假值（零）。在调用 `Py_FinalizeEx()` 之后，此函数将返回假值直到 `Py_Initialize()` 再次被调用。

**int Py\_FinalizeEx()**

*Part of the Stable ABI since version 3.6.* 撤销 `Py_Initialize()` 所做的所有初始化操作和后续对 Python/C API 函数的使用，并销毁自上次调用 `Py_Initialize()` 以来创建但尚未销毁的所有子解释器（参见下文 [Py\\_NewInterpreter\(\)](#) 一节）。在理想情况下，这会释放 Python 解释器分配的所有内存。当第二次调用时（在未再次调用 `Py_Initialize()` 的情况下），这将不执行任何操作。正常情况下返回值是 0。如果在最终化（刷新缓冲数据）过程中出现错误，则返回 -1。

提供此函数的原因有很多。嵌入应用程序可能希望重新启动 Python，而不必重新启动应用程序本身。从动态可加载库（或 DLL）加载 Python 解释器的应用程序可能希望在卸载 DLL 之前释放 Python 分配的所有内存。在搜索应用程序内存泄漏的过程中，开发人员可能希望在退出应用程序之前释放 Python 分配的所有内存。

**程序问题和注意事项：**模块和模块中对象的销毁是按随机顺序进行的；这可能导致依赖于其他对象（甚至函数）或模块的析构器（即 `__del__()` 方法）出错。Python 所加载的动态加载扩展模块不会被卸载。Python 解释器所分配的少量内存可能不会被释放（如果发现内存泄漏，请报告问题）。对象间循环引用所占用的内存不会被释放。扩展模块所分配的某些内存可能不会被释放。如果某些扩展的初始化例程被调用多次它们可能无法正常工作；如果应用程序多次调用了 `Py_Initialize()` 和 `Py_FinalizeEx()` 就可能发生这种情况。

引发一个审计事件 `cpython._PySys_ClearAuditHooks`，不附带任何参数。

3.6 新版功能。

**void Py\_Finalize()**

*Part of the Stable ABI.* 这是一个不考虑返回值的 `Py_FinalizeEx()` 的向下兼容版本。

## 9.4 进程级参数

int **Py\_SetStandardStreamEncoding**(const char \*encoding, const char \*errors)

此 API 被保留用于向下兼容：应当改为设置 `PyConfig.stdio_encoding` 和 `PyConfig.stdio_errors`，参见 *Python 初始化配置*。

如果要调用该函数，应当在 `Py_Initialize()` 之前调用。它指定了标准 IO 使用的编码格式和错误处理方式，其含义与 `str.encode()` 中的相同。

它覆盖了 `PYTHONIOENCODING` 的值，并允许嵌入代码以便在环境变量不起作用时控制 IO 编码格式。

`encoding` 和/或 `errors` 可以为 NULL 以使用 `PYTHONIOENCODING` 和/或默认值（取决于其他设置）。

请注意无论是否有此设置（或任何其他设置），`sys.stderr` 都会使用“backslashreplace”错误处理句柄。

如果调用了 `Py_FinalizeEx()`，则需要再次调用该函数以便影响对 `Py_Initialize()` 的后续调用。

成功时返回 0，出错时返回非零值（例如在解释器已被初始化后再调用）。

3.4 新版功能。

3.11 版后已移除。

void **Py\_SetProgramName**(const wchar\_t \*name)

*Part of the Stable ABI.* 此 API 被保留用于向下兼容：应当改为设置 `PyConfig.program_name`，参见 *Python 初始化配置*。

如果要调用该函数，应当在首次调用 `Py_Initialize()` 之前调用它。它将告诉解释器程序的 `main()` 函数的 `argv[0]` 参数的值（转换为宽字符）。`Py_GetPath()` 和下面的某些其他函数会使用它在相对于解释器的位置上查找可执行文件的 Python 运行时库。默认值是 'python'。参数应当指向静态存储中的一个以零值结束的宽字符串，其内容在程序执行期间不会发生改变。Python 解释器中的任何代码都不会改变该存储的内容。

使用 `Py_DecodeLocale()` 对字节串进行解码以得到一个 `wchar_t*` 字符串。

3.11 版后已移除。

wchar\_t \***Py\_GetProgramName**()

*Part of the Stable ABI.* 返回用 `Py_SetProgramName()` 设置的程序名称，或默认的名称。返回的字符串指向静态存储；调用者不应修改其值。

此函数不应在 `Py_Initialize()` 之前被调用，否则将返回 NULL。

在 3.10 版更改：现在如果它在 `Py_Initialize()` 之前被调用将返回 NULL。

wchar\_t \***Py\_GetPrefix**()

*Part of the Stable ABI.* Return the *prefix* for installed platform-independent files. This is derived through a number of complicated rules from the program name set with `Py_SetProgramName()` and some environment variables; for example, if the program name is '/usr/local/bin/python', the prefix is '/usr/local'. The returned string points into static storage; the caller should not modify its value. This corresponds to the **prefix** variable in the top-level Makefile and the `--prefix` argument to the **configure** script at build time. The value is available to Python code as `sys.prefix`. It is only useful on Unix. See also the next function.

此函数不应在 `Py_Initialize()` 之前被调用，否则将返回 NULL。

在 3.10 版更改：现在如果它在 `Py_Initialize()` 之前被调用将返回 NULL。

wchar\_t \***Py\_GetExecPrefix**()

*Part of the Stable ABI.* Return the *exec-prefix* for installed platform-dependent files. This is derived through a number of complicated rules from the program name set with `Py_SetProgramName()` and some environment variables; for example, if the program name is '/usr/local/bin/python', the exec-prefix is '/usr/local'. The returned string points into static storage; the caller should not modify its value. This

corresponds to the `exec_prefix` variable in the top-level Makefile and the `--exec-prefix` argument to the `configure` script at build time. The value is available to Python code as `sys.exec_prefix`. It is only useful on Unix.

Background: The `exec-prefix` differs from the `prefix` when platform dependent files (such as executables and shared libraries) are installed in a different directory tree. In a typical installation, platform dependent files may be installed in the `/usr/local/plat` subtree while platform independent may be installed in `/usr/local`.

Generally speaking, a platform is a combination of hardware and software families, e.g. Sparc machines running the Solaris 2.x operating system are considered the same platform, but Intel machines running Solaris 2.x are another platform, and Intel machines running Linux are yet another platform. Different major revisions of the same operating system generally also form different platforms. Non-Unix operating systems are a different story; the installation strategies on those systems are so different that the `prefix` and `exec-prefix` are meaningless, and set to the empty string. Note that compiled Python bytecode files are platform independent (but not independent from the Python version by which they were compiled!).

System administrators will know how to configure the `mount` or `automount` programs to share `/usr/local` between platforms while having `/usr/local/plat` be a different filesystem for each platform.

此函数不应在 `Py_Initialize()` 之前被调用，否则将返回 `NULL`。

在 3.10 版更改：现在如果它在 `Py_Initialize()` 之前被调用将返回 `NULL`。

`wchar_t *Py_GetProgramFullPath()`

*Part of the Stable ABI.* Return the full program name of the Python executable; this is computed as a side-effect of deriving the default module search path from the program name (set by `Py_SetProgramName()` above). The returned string points into static storage; the caller should not modify its value. The value is available to Python code as `sys.executable`.

此函数不应在 `Py_Initialize()` 之前被调用，否则将返回 `NULL`。

在 3.10 版更改：现在如果它在 `Py_Initialize()` 之前被调用将返回 `NULL`。

`wchar_t *Py_GetPath()`

*Part of the Stable ABI.* Return the default module search path; this is computed from the program name (set by `Py_SetProgramName()` above) and some environment variables. The returned string consists of a series of directory names separated by a platform dependent delimiter character. The delimiter character is `':'` on Unix and macOS,  `';'`  on Windows. The returned string points into static storage; the caller should not modify its value. The list `sys.path` is initialized with this value on interpreter startup; it can be (and usually is) modified later to change the search path for loading modules.

此函数不应在 `Py_Initialize()` 之前被调用，否则将返回 `NULL`。

在 3.10 版更改：现在如果它在 `Py_Initialize()` 之前被调用将返回 `NULL`。

`void Py_SetPath(const wchar_t*)`

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 此 API 被保留用于向下兼容：应当改为采用设置 `PyConfig.module_search_paths` 和 `PyConfig.module_search_paths_set`，参见 *Python 初始化配置*。

Set the default module search path. If this function is called before `Py_Initialize()`, then `Py_GetPath()` won't attempt to compute a default search path but uses the one provided instead. This is useful if Python is embedded by an application that has full knowledge of the location of all modules. The path components should be separated by the platform dependent delimiter character, which is `':'` on Unix and macOS,  `';'`  on Windows.

This also causes `sys.executable` to be set to the program full path (see `Py_GetProgramFullPath()`) and for `sys.prefix` and `sys.exec_prefix` to be empty. It is up to the caller to modify these if required after calling `Py_Initialize()`.

Use `Py_DecodeLocale()` to decode a bytes string to get a `wchar_t*` string.

The path argument is copied internally, so the caller may free it after the call completes.

在 3.8 版更改：The program full path is now used for `sys.executable`, instead of the program name.

3.11 版后已移除。



const char \*Py\_GetVersion()

*Part of the Stable ABI.* Return the version of this Python interpreter. This is a string that looks something like

```
"3.0a5+ (py3k:63103M, May 12 2008, 00:53:55) \n[GCC 4.2.3]"
```

The first word (up to the first space character) is the current Python version; the first characters are the major and minor version separated by a period. The returned string points into static storage; the caller should not modify its value. The value is available to Python code as `sys.version`.

See also the `Py_Version` constant.

const char \*Py\_GetPlatform()

*Part of the Stable ABI.* Return the platform identifier for the current platform. On Unix, this is formed from the "official" name of the operating system, converted to lower case, followed by the major revision number; e.g., for Solaris 2.x, which is also known as SunOS 5.x, the value is 'sunos5'. On macOS, it is 'darwin'. On Windows, it is 'win'. The returned string points into static storage; the caller should not modify its value. The value is available to Python code as `sys.platform`.

const char \*Py\_GetCopyright()

*Part of the Stable ABI.* Return the official copyright string for the current Python version, for example

```
'Copyright 1991-1995 Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam'
```

返回的字符串指向静态存储；调用者不应修改其值。Python 代码可通过 `sys.copyright` 获取该值。

const char \*Py\_GetCompiler()

*Part of the Stable ABI.* 返回用于编译当前 Python 版本的编译器指令，为带方括号的形式，例如：

```
"[GCC 2.7.2.2]"
```

返回的字符串指向静态存储；调用者不应修改其值。Python 代码可以从变量 `sys.version` 中获取该值。

const char \*Py\_GetBuildInfo()

*Part of the Stable ABI.* 返回有关当前 Python 解释器实例的序列号和构建日期和时间的信息，例如：

```
"#67, Aug 1 1997, 22:34:28"
```

返回的字符串指向静态存储；调用者不应修改其值。Python 代码可以从变量 `sys.version` 中获取该值。

void PySys\_SetArgvEx(int argc, wchar\_t \*\*argv, int updatepath)

*Part of the Stable ABI.* This API is kept for backward compatibility: setting `PyConfig.argv`, `PyConfig.parse_argv` and `PyConfig.safe_path` should be used instead, see *Python Initialization Configuration*.

Set `sys.argv` based on `argc` and `argv`. These parameters are similar to those passed to the program's `main()` function with the difference that the first entry should refer to the script file to be executed rather than the executable hosting the Python interpreter. If there isn't a script that will be run, the first entry in `argv` can be an empty string. If this function fails to initialize `sys.argv`, a fatal condition is signalled using `Py_FatalError()`.

If `updatepath` is zero, this is all the function does. If `updatepath` is non-zero, the function also modifies `sys.path` according to the following algorithm:

- If the name of an existing script is passed in `argv[0]`, the absolute path of the directory where the script is located is prepended to `sys.path`.
- Otherwise (that is, if `argc` is 0 or `argv[0]` doesn't point to an existing file name), an empty string is prepended to `sys.path`, which is the same as prepending the current working directory (".").

Use `Py_DecodeLocale()` to decode a bytes string to get a `wchar_t*` string.

See also `PyConfig.orig_argv` and `PyConfig.argv` members of the *Python Initialization Configuration*.



**备注:** It is recommended that applications embedding the Python interpreter for purposes other than executing a single script pass 0 as *updatepath*, and update `sys.path` themselves if desired. See [CVE-2008-5983](#).

On versions before 3.1.3, you can achieve the same effect by manually popping the first `sys.path` element after having called `PySys_SetArgv()`, for example using:

```
PyRun_SimpleString("import sys; sys.path.pop(0)\n");
```

3.1.3 新版功能.

3.11 版后已移除.

void **PySys\_SetArgv** (int argc, wchar\_t \*\*argv)

*Part of the Stable ABI.* This API is kept for backward compatibility: setting `PyConfig.argv` and `PyConfig.parse_argv` should be used instead, see [Python Initialization Configuration](#).

This function works like `PySys_SetArgvEx()` with *updatepath* set to 1 unless the **python** interpreter was started with the `-I`.

Use `Py_DecodeLocale()` to decode a bytes string to get a `wchar_t*` string.

See also `PyConfig.orig_argv` and `PyConfig.argv` members of the [Python Initialization Configuration](#).

在 3.4 版更改: The *updatepath* value depends on `-I`.

3.11 版后已移除.

void **Py\_SetPythonHome** (const wchar\_t \*home)

*Part of the Stable ABI.* This API is kept for backward compatibility: setting `PyConfig.home` should be used instead, see [Python Initialization Configuration](#).

Set the default "home" directory, that is, the location of the standard Python libraries. See `PYTHONHOME` for the meaning of the argument string.

The argument should point to a zero-terminated character string in static storage whose contents will not change for the duration of the program's execution. No code in the Python interpreter will change the contents of this storage.

Use `Py_DecodeLocale()` to decode a bytes string to get a `wchar_t*` string.

3.11 版后已移除.

wchar\_t \***Py\_GetPythonHome** ()

*Part of the Stable ABI.* Return the default "home", that is, the value set by a previous call to `Py_SetPythonHome()`, or the value of the `PYTHONHOME` environment variable if it is set.

此函数不应在 `Py_Initialize()` 之前被调用, 否则将返回 `NULL`。

在 3.10 版更改: 现在如果它在 `Py_Initialize()` 之前被调用将返回 `NULL`。

## 9.5 线程状态和全局解释器锁

The Python interpreter is not fully thread-safe. In order to support multi-threaded Python programs, there's a global lock, called the *global interpreter lock* or *GIL*, that must be held by the current thread before it can safely access Python objects. Without the lock, even the simplest operations could cause problems in a multi-threaded program: for example, when two threads simultaneously increment the reference count of the same object, the reference count could end up being incremented only once instead of twice.

Therefore, the rule exists that only the thread that has acquired the *GIL* may operate on Python objects or call Python/C API functions. In order to emulate concurrency of execution, the interpreter regularly tries to switch threads (see

`sys.setswitchinterval()`). The lock is also released around potentially blocking I/O operations like reading or writing a file, so that other Python threads can run in the meantime.

The Python interpreter keeps some thread-specific bookkeeping information inside a data structure called *PyThreadState*. There's also one global variable pointing to the current *PyThreadState*: it can be retrieved using *PyThreadState\_Get()*.

### 9.5.1 从扩展扩展代码中释放 GIL

大多数操作 *GIL* 的扩展代码具有以下简单结构:

```
Save the thread state in a local variable.
Release the global interpreter lock.
... Do some blocking I/O operation ...
Reacquire the global interpreter lock.
Restore the thread state from the local variable.
```

这是如此常用因此增加了一对宏来简化它:

```
Py_BEGIN_ALLOW_THREADS
... Do some blocking I/O operation ...
Py_END_ALLOW_THREADS
```

*Py\_BEGIN\_ALLOW\_THREADS* 宏将打开一个新块并声明一个隐藏的局部变量;  
*Py\_END\_ALLOW\_THREADS* 宏将关闭这个块。

上面的代码块可扩展为下面的代码:

```
PyThreadState *_save;

_save = PyEval_SaveThread();
... Do some blocking I/O operation ...
PyEval_RestoreThread(_save);
```

Here is how these functions work: the global interpreter lock is used to protect the pointer to the current thread state. When releasing the lock and saving the thread state, the current thread state pointer must be retrieved before the lock is released (since another thread could immediately acquire the lock and store its own thread state in the global variable). Conversely, when acquiring the lock and restoring the thread state, the lock must be acquired before storing the thread state pointer.

---

**备注:** Calling system I/O functions is the most common use case for releasing the GIL, but it can also be useful before calling long-running computations which don't need access to Python objects, such as compression or cryptographic functions operating over memory buffers. For example, the standard *zlib* and *hashlib* modules release the GIL when compressing or hashing data.

---

### 9.5.2 非 Python 创建的线程

When threads are created using the dedicated Python APIs (such as the *threading* module), a thread state is automatically associated to them and the code showed above is therefore correct. However, when threads are created from C (for example by a third-party library with its own thread management), they don't hold the GIL, nor is there a thread state structure for them.

If you need to call Python code from these threads (often this will be part of a callback API provided by the aforementioned third-party library), you must first register these threads with the interpreter by creating a thread state data structure, then acquiring the GIL, and finally storing their thread state pointer, before you can start using the Python/C API. When you are done, you should reset the thread state pointer, release the GIL, and finally free the thread state data structure.

The `PyGILState_Ensure()` and `PyGILState_Release()` functions do all of the above automatically. The typical idiom for calling into Python from a C thread is:

```
PyGILState_STATE gstate;
gstate = PyGILState_Ensure();

/* Perform Python actions here. */
result = CallSomeFunction();
/* evaluate result or handle exception */

/* Release the thread. No Python API allowed beyond this point. */
PyGILState_Release(gstate);
```

Note that the `PyGILState_*` functions assume there is only one global interpreter (created automatically by `Py_Initialize()`). Python supports the creation of additional interpreters (using `Py_NewInterpreter()`), but mixing multiple interpreters and the `PyGILState_*` API is unsupported.

### 9.5.3 Cautions about fork()

Another important thing to note about threads is their behaviour in the face of the C `fork()` call. On most systems with `fork()`, after a process forks only the thread that issued the fork will exist. This has a concrete impact both on how locks must be handled and on all stored state in CPython's runtime.

The fact that only the "current" thread remains means any locks held by other threads will never be released. Python solves this for `os.fork()` by acquiring the locks it uses internally before the fork, and releasing them afterwards. In addition, it resets any lock-objects in the child. When extending or embedding Python, there is no way to inform Python of additional (non-Python) locks that need to be acquired before or reset after a fork. OS facilities such as `pthread_atfork()` would need to be used to accomplish the same thing. Additionally, when extending or embedding Python, calling `fork()` directly rather than through `os.fork()` (and returning to or calling into Python) may result in a deadlock by one of Python's internal locks being held by a thread that is defunct after the fork. `PyOS_AfterFork_Child()` tries to reset the necessary locks, but is not always able to.

The fact that all other threads go away also means that CPython's runtime state there must be cleaned up properly, which `os.fork()` does. This means finalizing all other `PyThreadState` objects belonging to the current interpreter and all other `PyInterpreterState` objects. Due to this and the special nature of the "main" interpreter, `fork()` should only be called in that interpreter's "main" thread, where the CPython global runtime was originally initialized. The only exception is if `exec()` will be called immediately after.

### 9.5.4 高阶 API

These are the most commonly used types and functions when writing C extension code, or when embedding the Python interpreter:

type **PyInterpreterState**

*Part of the Limited API (as an opaque struct).* This data structure represents the state shared by a number of cooperating threads. Threads belonging to the same interpreter share their module administration and a few other internal items. There are no public members in this structure.

Threads belonging to different interpreters initially share nothing, except process state like available memory, open file descriptors and such. The global interpreter lock is also shared by all threads, regardless of to which interpreter they belong.

type **PyThreadState**

*Part of the Limited API (as an opaque struct).* This data structure represents the state of a single thread. The only public data member is:

`PyInterpreterState *interp`

该线程的解释器状态。

void **PyEval\_InitThreads** ()

*Part of the Stable ABI.* 不执行任何操作的已弃用函数。

在 Python 3.6 及更老的版本中, 此函数会在 GIL 不存在时创建它。

在 3.9 版更改: 此函数现在不执行任何操作。

在 3.7 版更改: 该函数现在由 `Py_Initialize()` 调用, 因此你无需再自行调用它。

在 3.2 版更改: This function cannot be called before `Py_Initialize()` anymore.

3.9 版后已移除。

int **PyEval\_ThreadsInitialized** ()

*Part of the Stable ABI.* Returns a non-zero value if `PyEval_InitThreads()` has been called. This function can be called without holding the GIL, and therefore can be used to avoid calls to the locking API when running single-threaded.

在 3.7 版更改: The *GIL* is now initialized by `Py_Initialize()`.

3.9 版后已移除。

*PyThreadState* \***PyEval\_SaveThread** ()

*Part of the Stable ABI.* Release the global interpreter lock (if it has been created) and reset the thread state to NULL, returning the previous thread state (which is not NULL). If the lock has been created, the current thread must have acquired it.

void **PyEval\_RestoreThread** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Acquire the global interpreter lock (if it has been created) and set the thread state to *tstate*, which must not be NULL. If the lock has been created, the current thread must not have acquired it, otherwise deadlock ensues.

---

**备注:** Calling this function from a thread when the runtime is finalizing will terminate the thread, even if the thread was not created by Python. You can use `_Py_IsFinalizing()` or `sys.is_finalizing()` to check if the interpreter is in process of being finalized before calling this function to avoid unwanted termination.

---

*PyThreadState* \***PyThreadState\_Get** ()

*Part of the Stable ABI.* Return the current thread state. The global interpreter lock must be held. When the current thread state is NULL, this issues a fatal error (so that the caller needn't check for NULL).

*PyThreadState* \***PyThreadState\_Swap** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Swap the current thread state with the thread state given by the argument *tstate*, which may be NULL. The global interpreter lock must be held and is not released.

The following functions use thread-local storage, and are not compatible with sub-interpreters:

*PyGILState\_STATE* **PyGILState\_Ensure** ()

*Part of the Stable ABI.* Ensure that the current thread is ready to call the Python C API regardless of the current state of Python, or of the global interpreter lock. This may be called as many times as desired by a thread as long as each call is matched with a call to `PyGILState_Release()`. In general, other thread-related APIs may be used between `PyGILState_Ensure()` and `PyGILState_Release()` calls as long as the thread state is restored to its previous state before the `Release()`. For example, normal usage of the `Py_BEGIN_ALLOW_THREADS` and `Py_END_ALLOW_THREADS` macros is acceptable.

The return value is an opaque "handle" to the thread state when `PyGILState_Ensure()` was called, and must be passed to `PyGILState_Release()` to ensure Python is left in the same state. Even though recursive calls are allowed, these handles *cannot* be shared - each unique call to `PyGILState_Ensure()` must save the handle for its call to `PyGILState_Release()`.

When the function returns, the current thread will hold the GIL and be able to call arbitrary Python code. Failure is a fatal error.

---

**备注:** Calling this function from a thread when the runtime is finalizing will terminate the thread, even if the thread was not created by Python. You can use `_Py_IsFinalizing()` or `sys.is_finalizing()` to check if the interpreter is in process of being finalized before calling this function to avoid unwanted termination.

---

void **PyGILState\_Release** (PyGILState\_STATE)

*Part of the Stable ABI.* Release any resources previously acquired. After this call, Python's state will be the same as it was prior to the corresponding `PyGILState_Ensure()` call (but generally this state will be unknown to the caller, hence the use of the GILState API).

Every call to `PyGILState_Ensure()` must be matched by a call to `PyGILState_Release()` on the same thread.

*PyThreadState \****PyGILState\_GetThisThreadState** ()

*Part of the Stable ABI.* Get the current thread state for this thread. May return NULL if no GILState API has been used on the current thread. Note that the main thread always has such a thread-state, even if no auto-thread-state call has been made on the main thread. This is mainly a helper/diagnostic function.

int **PyGILState\_Check** ()

Return 1 if the current thread is holding the GIL and 0 otherwise. This function can be called from any thread at any time. Only if it has had its Python thread state initialized and currently is holding the GIL will it return 1. This is mainly a helper/diagnostic function. It can be useful for example in callback contexts or memory allocation functions when knowing that the GIL is locked can allow the caller to perform sensitive actions or otherwise behave differently.

### 3.4 新版功能.

The following macros are normally used without a trailing semicolon; look for example usage in the Python source distribution.

**Py\_BEGIN\_ALLOW\_THREADS**

*Part of the Stable ABI.* This macro expands to `{ PyThreadState *_save; _save = PyEval_SaveThread();`. Note that it contains an opening brace; it must be matched with a following `Py_END_ALLOW_THREADS` macro. See above for further discussion of this macro.

**Py\_END\_ALLOW\_THREADS**

*Part of the Stable ABI.* 此宏扩展为 `PyEval_RestoreThread(_save);` }。注意它包含一个右花括号; 它必须与之前的 `Py_BEGIN_ALLOW_THREADS` 宏匹配。请参阅上文以进一步讨论此宏。

**Py\_BLOCK\_THREADS**

*Part of the Stable ABI.* 这个宏扩展为 `PyEval_RestoreThread(_save);` : 它等价于没有关闭花括号的 `Py_END_ALLOW_THREADS`。

**Py\_UNBLOCK\_THREADS**

*Part of the Stable ABI.* 这个宏扩展为 `_save = PyEval_SaveThread();` : 它等价于没有开始花括号和变量声明的 `Py_BEGIN_ALLOW_THREADS`。

## 9.5.5 底层 API

All of the following functions must be called after `Py_Initialize()`.

在 3.7 版更改: `Py_Initialize()` now initializes the *GIL*.

*PyInterpreterState \****PyInterpreterState\_New** ()

*Part of the Stable ABI.* Create a new interpreter state object. The global interpreter lock need not be held, but may be held if it is necessary to serialize calls to this function.

Raises an auditing event `cpython.PyInterpreterState_New` with no arguments.

void **PyInterpreterState\_Clear** (*PyInterpreterState* \*interp)

*Part of the Stable ABI.* Reset all information in an interpreter state object. The global interpreter lock must be held.

Raises an auditing event `cpython.PyInterpreterState_Clear` with no arguments.

void **PyInterpreterState\_Delete** (*PyInterpreterState* \*interp)

*Part of the Stable ABI.* Destroy an interpreter state object. The global interpreter lock need not be held. The interpreter state must have been reset with a previous call to *PyInterpreterState\_Clear()*.

*PyThreadState* \***PyThreadState\_New** (*PyInterpreterState* \*interp)

*Part of the Stable ABI.* 创建属于给定解释器对象的新线程状态对象。全局解释器锁不需要保持，但如果需要序列化对此函数的调用，则可以保持。

void **PyThreadState\_Clear** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Reset all information in a thread state object. The global interpreter lock must be held.

在 3.9 版更改: This function now calls the `PyThreadState.on_delete` callback. Previously, that happened in *PyThreadState\_Delete()*.

void **PyThreadState\_Delete** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Destroy a thread state object. The global interpreter lock need not be held. The thread state must have been reset with a previous call to *PyThreadState\_Clear()*.

void **PyThreadState\_DeleteCurrent** (void)

Destroy the current thread state and release the global interpreter lock. Like *PyThreadState\_Delete()*, the global interpreter lock need not be held. The thread state must have been reset with a previous call to *PyThreadState\_Clear()*.

*PyFrameObject* \***PyThreadState\_GetFrame** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* Get the current frame of the Python thread state *tstate*.

Return a *strong reference*. Return NULL if no frame is currently executing.

See also *PyEval\_GetFrame()*.

*tstate* must not be NULL.

3.9 新版功能.

uint64\_t **PyThreadState\_GetID** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* Get the unique thread state identifier of the Python thread state *tstate*.

*tstate* must not be NULL.

3.9 新版功能.

*PyInterpreterState* \***PyThreadState\_GetInterpreter** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* Get the interpreter of the Python thread state *tstate*.

*tstate* must not be NULL.

3.9 新版功能.

void **PyThreadState\_EnterTracing** (*PyThreadState* \*tstate)

Suspend tracing and profiling in the Python thread state *tstate*.

Resume them using the *PyThreadState\_LeaveTracing()* function.

3.11 新版功能.

void **PyThreadState\_LeaveTracing** (*PyThreadState* \*tstate)

Resume tracing and profiling in the Python thread state *tstate* suspended by the *PyThreadState\_EnterTracing()* function.

See also *PyEval\_SetTrace()* and *PyEval\_SetProfile()* functions.

3.11 新版功能.



*PyInterpreterState* \***PyInterpreterState\_Get** (void)

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.9. 获取当前解释器。

Issue a fatal error if there no current Python thread state or no current interpreter. It cannot return NULL.

呼叫者必须持有 GIL。

3.9 新版功能。

int64\_t **PyInterpreterState\_GetID** (*PyInterpreterState* \*interp)

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.7. Return the interpreter's unique ID. If there was any error in doing so then -1 is returned and an error is set.

呼叫者必须持有 GIL。

3.7 新版功能。

*PyObject* \***PyInterpreterState\_GetDict** (*PyInterpreterState* \*interp)

Part of the [Stable ABI](#) since version 3.8. Return a dictionary in which interpreter-specific data may be stored. If this function returns NULL then no exception has been raised and the caller should assume no interpreter-specific dict is available.

This is not a replacement for *PyModule\_GetState()*, which extensions should use to store interpreter-specific state information.

3.8 新版功能。

typedef *PyObject* \*(\***\_PyFrameEvalFunction**)(*PyThreadState* \*tstate, *\_PyInterpreterFrame* \*frame, int throwflag)

帧评估函数的类型

The *throwflag* parameter is used by the *throw()* method of generators: if non-zero, handle the current exception.

在 3.9 版更改: 此函数现在可接受一个 *tstate* 形参。

在 3.11 版更改: The *frame* parameter changed from *PyFrameObject\** to *\_PyInterpreterFrame\**.

*\_PyFrameEvalFunction* **\_PyInterpreterState\_GetEvalFrameFunc** (*PyInterpreterState* \*interp)

Get the frame evaluation function.

See the [PEP 523](#) "Adding a frame evaluation API to CPython".

3.9 新版功能。

void **\_PyInterpreterState\_SetEvalFrameFunc** (*PyInterpreterState* \*interp, *\_PyFrameEvalFunction* eval\_frame)

Set the frame evaluation function.

See the [PEP 523](#) "Adding a frame evaluation API to CPython".

3.9 新版功能。

*PyObject* \***PyThreadState\_GetDict** ()

返回值: 借入的引用。 Part of the [Stable ABI](#). Return a dictionary in which extensions can store thread-specific state information. Each extension should use a unique key to use to store state in the dictionary. It is okay to call this function when no current thread state is available. If this function returns NULL, no exception has been raised and the caller should assume no current thread state is available.

int **PyThreadState\_SetAsyncExc** (unsigned long id, *PyObject* \*exc)

Part of the [Stable ABI](#). Asynchronously raise an exception in a thread. The *id* argument is the thread id of the target thread; *exc* is the exception object to be raised. This function does not steal any references to *exc*. To prevent naive misuse, you must write your own C extension to call this. Must be called with the GIL held. Returns the number of thread states modified; this is normally one, but will be zero if the thread id isn't found. If *exc* is NULL, the pending exception (if any) for the thread is cleared. This raises no exceptions.

在 3.7 版更改: The type of the *id* parameter changed from *long* to *unsigned long*.

void **PyEval\_AcquireThread** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Acquire the global interpreter lock and set the current thread state to *tstate*, which must not be NULL. The lock must have been created earlier. If this thread already has the lock, deadlock ensues.

---

**备注:** Calling this function from a thread when the runtime is finalizing will terminate the thread, even if the thread was not created by Python. You can use `_Py_IsFinalizing()` or `sys.is_finalizing()` to check if the interpreter is in process of being finalized before calling this function to avoid unwanted termination.

---

在 3.8 版更改: Updated to be consistent with `PyEval_RestoreThread()`, `Py_END_ALLOW_THREADS()`, and `PyGILState_Ensure()`, and terminate the current thread if called while the interpreter is finalizing.

`PyEval_RestoreThread()` is a higher-level function which is always available (even when threads have not been initialized).

void **PyEval\_ReleaseThread** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Reset the current thread state to NULL and release the global interpreter lock. The lock must have been created earlier and must be held by the current thread. The *tstate* argument, which must not be NULL, is only used to check that it represents the current thread state --- if it isn't, a fatal error is reported.

`PyEval_SaveThread()` is a higher-level function which is always available (even when threads have not been initialized).

void **PyEval\_AcquireLock** ()

*Part of the Stable ABI.* 获取全局解释器锁。锁必须是先前创建的。如果该线程已经拥有锁，则会出现死锁。

3.2 版后已移除: This function does not update the current thread state. Please use `PyEval_RestoreThread()` or `PyEval_AcquireThread()` instead.

---

**备注:** Calling this function from a thread when the runtime is finalizing will terminate the thread, even if the thread was not created by Python. You can use `_Py_IsFinalizing()` or `sys.is_finalizing()` to check if the interpreter is in process of being finalized before calling this function to avoid unwanted termination.

---

在 3.8 版更改: Updated to be consistent with `PyEval_RestoreThread()`, `Py_END_ALLOW_THREADS()`, and `PyGILState_Ensure()`, and terminate the current thread if called while the interpreter is finalizing.

void **PyEval\_ReleaseLock** ()

*Part of the Stable ABI.* Release the global interpreter lock. The lock must have been created earlier.

3.2 版后已移除: This function does not update the current thread state. Please use `PyEval_SaveThread()` or `PyEval_ReleaseThread()` instead.

## 9.6 子解释器支持

While in most uses, you will only embed a single Python interpreter, there are cases where you need to create several independent interpreters in the same process and perhaps even in the same thread. Sub-interpreters allow you to do that.

The "main" interpreter is the first one created when the runtime initializes. It is usually the only Python interpreter in a process. Unlike sub-interpreters, the main interpreter has unique process-global responsibilities like signal handling. It is also responsible for execution during runtime initialization and is usually the active interpreter during runtime finalization. The `PyInterpreterState_Main()` function returns a pointer to its state.

You can switch between sub-interpreters using the `PyThreadState_Swap()` function. You can create and destroy them using the following functions:

#### type `PyInterpreterConfig`

Structure containing most parameters to configure a sub-interpreter. Its values are used only in `Py_NewInterpreterFromConfig()` and never modified by the runtime.

3.12 新版功能.

结构体字段:

##### int `use_main_obmalloc`

If this is 0 then the sub-interpreter will use its own "object" allocator state. Otherwise it will use (share) the main interpreter's.

If this is 0 then `check_multi_interp_extensions` must be 1 (non-zero). If this is 1 then `gil` must not be `PyInterpreterConfig_OWN_GIL`.

##### int `allow_fork`

If this is 0 then the runtime will not support forking the process in any thread where the sub-interpreter is currently active. Otherwise fork is unrestricted.

Note that the `subprocess` module still works when fork is disallowed.

##### int `allow_exec`

If this is 0 then the runtime will not support replacing the current process via `exec` (e.g. `os.execv()`) in any thread where the sub-interpreter is currently active. Otherwise `exec` is unrestricted.

Note that the `subprocess` module still works when `exec` is disallowed.

##### int `allow_threads`

If this is 0 then the sub-interpreter's threading module won't create threads. Otherwise threads are allowed.

##### int `allow_daemon_threads`

If this is 0 then the sub-interpreter's threading module won't create daemon threads. Otherwise daemon threads are allowed (as long as `allow_threads` is non-zero).

##### int `check_multi_interp_extensions`

If this is 0 then all extension modules may be imported, including legacy (single-phase init) modules, in any thread where the sub-interpreter is currently active. Otherwise only multi-phase init extension modules (see [PEP 489](#)) may be imported. (Also see `Py_mod_multiple_interpreters`.)

This must be 1 (non-zero) if `use_main_obmalloc` is 0.

##### int `gil`

This determines the operation of the GIL for the sub-interpreter. It may be one of the following:

##### `PyInterpreterConfig_DEFAULT_GIL`

Use the default selection (`PyInterpreterConfig_SHARED_GIL`).

##### `PyInterpreterConfig_SHARED_GIL`

Use (share) the main interpreter's GIL.

##### `PyInterpreterConfig_OWN_GIL`

Use the sub-interpreter's own GIL.

If this is `PyInterpreterConfig_OWN_GIL` then `PyInterpreterConfig.use_main_obmalloc` must be 0.

#### `PyStatus Py_NewInterpreterFromConfig(PyThreadState **tstate_p, const PyInterpreterConfig *config)`

Create a new sub-interpreter. This is an (almost) totally separate environment for the execution of Python code. In particular, the new interpreter has separate, independent versions of all imported modules, including the fundamental modules `builtins`, `__main__` and `sys`. The table of loaded modules (`sys.modules`) and the module search path (`sys.path`) are also separate. The new environment has no `sys.argv` variable.

It has new standard I/O stream file objects `sys.stdin`, `sys.stdout` and `sys.stderr` (however these refer to the same underlying file descriptors).

The given *config* controls the options with which the interpreter is initialized.

Upon success, *tstate\_p* will be set to the first thread state created in the new sub-interpreter. This thread state is made in the current thread state. Note that no actual thread is created; see the discussion of thread states below. If creation of the new interpreter is unsuccessful, *tstate\_p* is set to `NULL`; no exception is set since the exception state is stored in the current thread state and there may not be a current thread state.

Like all other Python/C API functions, the global interpreter lock must be held before calling this function and is still held when it returns. Likewise a current thread state must be set on entry. On success, the returned thread state will be set as current. If the sub-interpreter is created with its own GIL then the GIL of the calling interpreter will be released. When the function returns, the new interpreter's GIL will be held by the current thread and the previously interpreter's GIL will remain released here.

### 3.12 新版功能.

Sub-interpreters are most effective when isolated from each other, with certain functionality restricted:

```
PyInterpreterConfig config = {
    .use_main_obmalloc = 0,
    .allow_fork = 0,
    .allow_exec = 0,
    .allow_threads = 1,
    .allow_daemon_threads = 0,
    .check_multi_interp_extensions = 1,
    .gil = PyInterpreterConfig_OWN_GIL,
};
PyThreadState *tstate = Py_NewInterpreterFromConfig(&config);
```

Note that the *config* is used only briefly and does not get modified. During initialization the *config*'s values are converted into various *PyInterpreterState* values. A read-only copy of the *config* may be stored internally on the *PyInterpreterState*.

Extension modules are shared between (sub-)interpreters as follows:

- For modules using multi-phase initialization, e.g. *PyModule\_FromDefAndSpec()*, a separate module object is created and initialized for each interpreter. Only C-level static and global variables are shared between these module objects.
- For modules using single-phase initialization, e.g. *PyModule\_Create()*, the first time a particular extension is imported, it is initialized normally, and a (shallow) copy of its module's dictionary is squirreled away. When the same extension is imported by another (sub-)interpreter, a new module is initialized and filled with the contents of this copy; the extension's *init* function is not called. Objects in the module's dictionary thus end up shared across (sub-)interpreters, which might cause unwanted behavior (see *Bugs and caveats* below).

Note that this is different from what happens when an extension is imported after the interpreter has been completely re-initialized by calling *Py\_FinalizeEx()* and *Py\_Initialize()*; in that case, the extension's *initmodule* function is called again. As with multi-phase initialization, this means that only C-level static and global variables are shared between these modules.

#### *PyThreadState* \***Py\_NewInterpreter** (void)

*Part of the Stable ABI.* Create a new sub-interpreter. This is essentially just a wrapper around *Py\_NewInterpreterFromConfig()* with a *config* that preserves the existing behavior. The result is an unisolated sub-interpreter that shares the main interpreter's GIL, allows fork/exec, allows daemon threads, and allows single-phase init modules.

#### void **Py\_EndInterpreter** (*PyThreadState* \*tstate)

*Part of the Stable ABI.* Destroy the (sub-)interpreter represented by the given thread state. The given thread state must be the current thread state. See the discussion of thread states below. When the call returns, the current thread state is `NULL`. All thread states associated with this interpreter are destroyed. The global

interpreter lock used by the target interpreter must be held before calling this function. No GIL is held when it returns.

`Py_FinalizeEx()` will destroy all sub-interpreters that haven't been explicitly destroyed at that point.

## 9.6.1 A Per-Interpreter GIL

Using `Py_NewInterpreterFromConfig()` you can create a sub-interpreter that is completely isolated from other interpreters, including having its own GIL. The most important benefit of this isolation is that such an interpreter can execute Python code without being blocked by other interpreters or blocking any others. Thus a single Python process can truly take advantage of multiple CPU cores when running Python code. The isolation also encourages a different approach to concurrency than that of just using threads. (See [PEP 554](#).)

Using an isolated interpreter requires vigilance in preserving that isolation. That especially means not sharing any objects or mutable state without guarantees about thread-safety. Even objects that are otherwise immutable (e.g. `None`, `(1, 5)`) can't normally be shared because of the refcount. One simple but less-efficient approach around this is to use a global lock around all use of some state (or object). Alternately, effectively immutable objects (like integers or strings) can be made safe in spite of their refcounts by making them "immortal". In fact, this has been done for the builtin singletons, small integers, and a number of other builtin objects.

If you preserve isolation then you will have access to proper multi-core computing without the complications that come with free-threading. Failure to preserve isolation will expose you to the full consequences of free-threading, including races and hard-to-debug crashes.

Aside from that, one of the main challenges of using multiple isolated interpreters is how to communicate between them safely (not break isolation) and efficiently. The runtime and stdlib do not provide any standard approach to this yet. A future stdlib module would help mitigate the effort of preserving isolation and expose effective tools for communicating (and sharing) data between interpreters.

3.12 新版功能.

## 9.6.2 错误和警告

Because sub-interpreters (and the main interpreter) are part of the same process, the insulation between them isn't perfect --- for example, using low-level file operations like `os.close()` they can (accidentally or maliciously) affect each other's open files. Because of the way extensions are shared between (sub-)interpreters, some extensions may not work properly; this is especially likely when using single-phase initialization or (static) global variables. It is possible to insert objects created in one sub-interpreter into a namespace of another (sub-)interpreter; this should be avoided if possible.

Special care should be taken to avoid sharing user-defined functions, methods, instances or classes between sub-interpreters, since import operations executed by such objects may affect the wrong (sub-)interpreter's dictionary of loaded modules. It is equally important to avoid sharing objects from which the above are reachable.

Also note that combining this functionality with `PyGILState_*` APIs is delicate, because these APIs assume a bijection between Python thread states and OS-level threads, an assumption broken by the presence of sub-interpreters. It is highly recommended that you don't switch sub-interpreters between a pair of matching `PyGILState_Ensure()` and `PyGILState_Release()` calls. Furthermore, extensions (such as `ctypes`) using these APIs to allow calling of Python code from non-Python created threads will probably be broken when using sub-interpreters.

## 9.7 异步通知

A mechanism is provided to make asynchronous notifications to the main interpreter thread. These notifications take the form of a function pointer and a void pointer argument.

int **Py\_AddPendingCall** (int (\*func)(void\*), void \*arg)

Part of the [Stable ABI](#). Schedule a function to be called from the main interpreter thread. On success, 0 is returned and *func* is queued for being called in the main thread. On failure, -1 is returned without setting any exception.

When successfully queued, *func* will be *eventually* called from the main interpreter thread with the argument *arg*. It will be called asynchronously with respect to normally running Python code, but with both these conditions met:

- on a *bytecode* boundary;
- with the main thread holding the *global interpreter lock* (*func* can therefore use the full C API).

*func* must return 0 on success, or -1 on failure with an exception set. *func* won't be interrupted to perform another asynchronous notification recursively, but it can still be interrupted to switch threads if the global interpreter lock is released.

This function doesn't need a current thread state to run, and it doesn't need the global interpreter lock.

To call this function in a subinterpreter, the caller must hold the GIL. Otherwise, the function *func* can be scheduled to be called from the wrong interpreter.

**警告：** This is a low-level function, only useful for very special cases. There is no guarantee that *func* will be called as quick as possible. If the main thread is busy executing a system call, *func* won't be called before the system call returns. This function is generally **not** suitable for calling Python code from arbitrary C threads. Instead, use the [PyGILState API](#).

在 3.9 版更改: If this function is called in a subinterpreter, the function *func* is now scheduled to be called from the subinterpreter, rather than being called from the main interpreter. Each subinterpreter now has its own list of scheduled calls.

3.1 新版功能.

## 9.8 分析和跟踪

The Python interpreter provides some low-level support for attaching profiling and execution tracing facilities. These are used for profiling, debugging, and coverage analysis tools.

This C interface allows the profiling or tracing code to avoid the overhead of calling through Python-level callable objects, making a direct C function call instead. The essential attributes of the facility have not changed; the interface allows trace functions to be installed per-thread, and the basic events reported to the trace function are the same as had been reported to the Python-level trace functions in previous versions.

typedef int (\***Py\_tracefunc**)(PyObject \*obj, PyFrameObject \*frame, int what, PyObject \*arg)

The type of the trace function registered using [PyEval\\_SetProfile\(\)](#) and [PyEval\\_SetTrace\(\)](#). The first parameter is the object passed to the registration function as *obj*, *frame* is the frame object to which the event pertains, *what* is one of the constants [PyTrace\\_CALL](#), [PyTrace\\_EXCEPTION](#), [PyTrace\\_LINE](#), [PyTrace\\_RETURN](#), [PyTrace\\_C\\_CALL](#), [PyTrace\\_C\\_EXCEPTION](#), [PyTrace\\_C\\_RETURN](#), or [PyTrace\\_OPCODE](#), and *arg* depends on the value of *what*:



<i>what</i> 的值	<i>arg</i> 的含义
<code>PyTrace_CALL</code>	总是 <code>Py_None</code> .
<code>PyTrace_EXCEPTION</code>	<code>sys.exc_info()</code> 返回的异常信息。
<code>PyTrace_LINE</code>	总是 <code>Py_None</code> .
<code>PyTrace_RETURN</code>	返回给调用方的值，或者如果是由异常导致的则返回 <code>NULL</code> 。
<code>PyTrace_C_CALL</code>	正在调用函数对象。
<code>PyTrace_C_EXCEPTION</code>	正在调用函数对象。
<code>PyTrace_C_RETURN</code>	正在调用函数对象。
<code>PyTrace_OPCODE</code>	总是 <code>Py_None</code> .

**int `PyTrace_CALL`**

The value of the *what* parameter to a `Py_tracefunc` function when a new call to a function or method is being reported, or a new entry into a generator. Note that the creation of the iterator for a generator function is not reported as there is no control transfer to the Python bytecode in the corresponding frame.

**int `PyTrace_EXCEPTION`**

The value of the *what* parameter to a `Py_tracefunc` function when an exception has been raised. The callback function is called with this value for *what* when after any bytecode is processed after which the exception becomes set within the frame being executed. The effect of this is that as exception propagation causes the Python stack to unwind, the callback is called upon return to each frame as the exception propagates. Only trace functions receives these events; they are not needed by the profiler.

**int `PyTrace_LINE`**

The value passed as the *what* parameter to a `Py_tracefunc` function (but not a profiling function) when a line-number event is being reported. It may be disabled for a frame by setting `f_trace_lines` to 0 on that frame.

**int `PyTrace_RETURN`**

The value for the *what* parameter to `Py_tracefunc` functions when a call is about to return.

**int `PyTrace_C_CALL`**

The value for the *what* parameter to `Py_tracefunc` functions when a C function is about to be called.

**int `PyTrace_C_EXCEPTION`**

The value for the *what* parameter to `Py_tracefunc` functions when a C function has raised an exception.

**int `PyTrace_C_RETURN`**

The value for the *what* parameter to `Py_tracefunc` functions when a C function has returned.

**int `PyTrace_OPCODE`**

The value for the *what* parameter to `Py_tracefunc` functions (but not profiling functions) when a new opcode is about to be executed. This event is not emitted by default: it must be explicitly requested by setting `f_trace_opcodes` to 1 on the frame.

**void `PyEval_SetProfile` (`Py_tracefunc` func, `PyObject` \*obj)**

Set the profiler function to *func*. The *obj* parameter is passed to the function as its first parameter, and may be any Python object, or `NULL`. If the profile function needs to maintain state, using a different value for *obj* for each thread provides a convenient and thread-safe place to store it. The profile function is called for all monitored events except `PyTrace_LINE`, `PyTrace_OPCODE` and `PyTrace_EXCEPTION`.

See also the `sys.setprofile()` function.

The caller must hold the *GIL*.

**void `PyEval_SetProfileAllThreads` (`Py_tracefunc` func, `PyObject` \*obj)**

Like `PyEval_SetProfile()` but sets the profile function in all running threads belonging to the current interpreter instead of the setting it only on the current thread.

The caller must hold the *GIL*.

As `PyEval_SetProfile()`, this function ignores any exceptions raised while setting the profile functions in all threads.

### 3.12 新版功能.

void **PyEval\_SetTrace** (*Py\_tracefunc* func, *PyObject* \*obj)

Set the tracing function to *func*. This is similar to *PyEval\_SetProfile()*, except the tracing function does receive line-number events and per-opcode events, but does not receive any event related to C function objects being called. Any trace function registered using *PyEval\_SetTrace()* will not receive *PyTrace\_C\_CALL*, *PyTrace\_C\_EXCEPTION* or *PyTrace\_C\_RETURN* as a value for the *what* parameter.

See also the `sys.settrace()` function.

The caller must hold the *GIL*.

void **PyEval\_SetTraceAllThreads** (*Py\_tracefunc* func, *PyObject* \*obj)

Like *PyEval\_SetTrace()* but sets the tracing function in all running threads belonging to the current interpreter instead of the setting it only on the current thread.

The caller must hold the *GIL*.

As *PyEval\_SetTrace()*, this function ignores any exceptions raised while setting the trace functions in all threads.

### 3.12 新版功能.

## 9.9 高级调试器支持

These functions are only intended to be used by advanced debugging tools.

*PyInterpreterState* \***PyInterpreterState\_Head** ()

Return the interpreter state object at the head of the list of all such objects.

*PyInterpreterState* \***PyInterpreterState\_Main** ()

返回主解释器状态对象。

*PyInterpreterState* \***PyInterpreterState\_Next** (*PyInterpreterState* \*interp)

Return the next interpreter state object after *interp* from the list of all such objects.

*PyThreadState* \***PyInterpreterState\_ThreadHead** (*PyInterpreterState* \*interp)

Return the pointer to the first *PyThreadState* object in the list of threads associated with the interpreter *interp*.

*PyThreadState* \***PyThreadState\_Next** (*PyThreadState* \*tstate)

Return the next thread state object after *tstate* from the list of all such objects belonging to the same *PyInterpreterState* object.

## 9.10 线程本地存储支持

The Python interpreter provides low-level support for thread-local storage (TLS) which wraps the underlying native TLS implementation to support the Python-level thread local storage API (`threading.local`). The CPython C level APIs are similar to those offered by pthreads and Windows: use a thread key and functions to associate a `void*` value per thread.

The GIL does *not* need to be held when calling these functions; they supply their own locking.

Note that `Python.h` does not include the declaration of the TLS APIs, you need to include `pythread.h` to use thread-local storage.

---

**备注：** None of these API functions handle memory management on behalf of the `void*` values. You need to allocate and deallocate them yourself. If the `void*` values happen to be `PyObject*`, these functions don't do refcount operations on them either.

---

### 9.10.1 Thread Specific Storage (TSS) API

TSS API is introduced to supersede the use of the existing TLS API within the CPython interpreter. This API uses a new type `Py_tss_t` instead of `int` to represent thread keys.

3.7 新版功能.

**参见：**

”A New C-API for Thread-Local Storage in CPython” ([PEP 539](#))

type `Py_tss_t`

This data structure represents the state of a thread key, the definition of which may depend on the underlying TLS implementation, and it has an internal field representing the key's initialization state. There are no public members in this structure.

When `Py_LIMITED_API` is not defined, static allocation of this type by `Py_tss_NEEDS_INIT` is allowed.

`Py_tss_NEEDS_INIT`

This macro expands to the initializer for `Py_tss_t` variables. Note that this macro won't be defined with `Py_LIMITED_API`.

#### Dynamic Allocation

Dynamic allocation of the `Py_tss_t`, required in extension modules built with `Py_LIMITED_API`, where static allocation of this type is not possible due to its implementation being opaque at build time.

`Py_tss_t *PyThread_tss_alloc()`

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Return a value which is the same state as a value initialized with `Py_tss_NEEDS_INIT`, or NULL in the case of dynamic allocation failure.

`void PyThread_tss_free(Py_tss_t *key)`

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Free the given `key` allocated by `PyThread_tss_alloc()`, after first calling `PyThread_tss_delete()` to ensure any associated thread locals have been unassigned. This is a no-op if the `key` argument is NULL.

---

**备注：** A freed key becomes a dangling pointer. You should reset the key to NULL.

---

#### 方法

The parameter `key` of these functions must not be NULL. Moreover, the behaviors of `PyThread_tss_set()` and `PyThread_tss_get()` are undefined if the given `Py_tss_t` has not been initialized by `PyThread_tss_create()`.

`int PyThread_tss_is_created(Py_tss_t *key)`

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Return a non-zero value if the given `Py_tss_t` has been initialized by `PyThread_tss_create()`.

int **PyThread\_tss\_create** (*Py\_tss\_t* \*key)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Return a zero value on successful initialization of a TSS key. The behavior is undefined if the value pointed to by the *key* argument is not initialized by *Py\_tss\_NEEDS\_INIT*. This function can be called repeatedly on the same key -- calling it on an already initialized key is a no-op and immediately returns success.

void **PyThread\_tss\_delete** (*Py\_tss\_t* \*key)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Destroy a TSS key to forget the values associated with the key across all threads, and change the key's initialization state to uninitialized. A destroyed key is able to be initialized again by *PyThread\_tss\_create* (). This function can be called repeatedly on the same key -- calling it on an already destroyed key is a no-op.

int **PyThread\_tss\_set** (*Py\_tss\_t* \*key, void \*value)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Return a zero value to indicate successfully associating a *void\** value with a TSS key in the current thread. Each thread has a distinct mapping of the key to a *void\** value.

void \***PyThread\_tss\_get** (*Py\_tss\_t* \*key)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* Return the *void\** value associated with a TSS key in the current thread. This returns NULL if no value is associated with the key in the current thread.

## 9.10.2 Thread Local Storage (TLS) API

3.7 版后已移除: This API is superseded by *Thread Specific Storage (TSS) API*.

---

**备注:** This version of the API does not support platforms where the native TLS key is defined in a way that cannot be safely cast to *int*. On such platforms, *PyThread\_create\_key* () will return immediately with a failure status, and the other TLS functions will all be no-ops on such platforms.

---

由于上面提到的兼容性问题，不应在新代码中使用此版本的 API。

int **PyThread\_create\_key** ()

*Part of the Stable ABI.*

void **PyThread\_delete\_key** (int key)

*Part of the Stable ABI.*

int **PyThread\_set\_key\_value** (int key, void \*value)

*Part of the Stable ABI.*

void \***PyThread\_get\_key\_value** (int key)

*Part of the Stable ABI.*

void **PyThread\_delete\_key\_value** (int key)

*Part of the Stable ABI.*

void **PyThread\_ReInitTLS** ()

*Part of the Stable ABI.*

---

Python 初始化配置

---

3.8 新版功能.

Python 可以使用 `Py_InitializeFromConfig()` 和 `PyConfig` 结构体来初始化。它可以使用 `Py_PreInitialize()` 和 `PyPreConfig` 结构体来预初始化。

有两种配置方式：

- **Python 配置** 可被用于构建一个定制的 Python，其行为与常规 Python 类似。例如，环境变量和命令行参数可被用于配置 Python。
- **隔离配置** 可被用于将 Python 嵌入到应用程序。它将 Python 与系统隔离开来。例如，环境变量将被忽略，`LC_CTYPE` 语言区域设置保持不变并且不会注册任何信号处理句柄。

`Py_RunMain()` 函数可被用来编写定制的 Python 程序。

参见 *Initialization, Finalization, and Threads*.

参见：

**PEP 587** “Python 初始化配置”。

## 10.1 示例

定制的 Python 的示例总是会以隔离模式运行：

```
int main(int argc, char **argv)
{
    PyStatus status;

    PyConfig config;
    PyConfig_InitPythonConfig(&config);
    config.isolated = 1;

    /* Decode command line arguments.
       Implicitly preinitialize Python (in isolated mode). */
    status = PyConfig_SetBytesArgv(&config, argc, argv);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }
}
```

(下页继续)

```

status = Py_InitializeFromConfig(&config);
if (PyStatus_Exception(status)) {
    goto exception;
}
PyConfig_Clear(&config);

return Py_RunMain();

exception:
PyConfig_Clear(&config);
if (PyStatus_IsExit(status)) {
    return status.exitcode;
}
/* Display the error message and exit the process with
   non-zero exit code */
Py_ExitStatusException(status);
}

```

## 10.2 PyWideStringList

type **PyWideStringList**

由 `wchar_t*` 字符串组成的列表。

如果 *length* 为非零值，则 *items* 必须不为 NULL 并且所有字符串均必须不为 NULL。

方法

**PyStatus PyWideStringList\_Append** (*PyWideStringList* \*list, const `wchar_t` \*item)

将 *item* 添加到 *list*。

Python 必须被预初始化以便调用此函数。

**PyStatus PyWideStringList\_Insert** (*PyWideStringList* \*list, *Py\_ssize\_t* index, const `wchar_t` \*item)

将 *item* 插入到 *list* 的 *index* 位置上。

如果 *index* 大于等于 *list* 的长度，则将 *item* 添加到 *list*。

*index* 必须大于等于 0。

Python 必须被预初始化以便调用此函数。

结构体字段:

***Py\_ssize\_t* length**

List 长度。

**`wchar_t` \*\*items**

列表项目。



## 10.3 PyStatus

type **PyStatus**

存储初始函数状态：成功、错误或退出的结构体。

对于错误，它可以存储造成错误的 C 函数的名称。

结构体字段：

**int exitcode**

退出码。传给 `exit()` 的参数。

**const char \*err\_msg**

错误信息

**const char \*func**

造成错误的函数的名称，可以为 `NULL`。

创建状态的函数：

*PyStatus* **PyStatus\_Ok** (void)

完成。

*PyStatus* **PyStatus\_Error** (const char \*err\_msg)

带消息的初始化错误。

*err\_msg* 不可为 `NULL`。

*PyStatus* **PyStatus\_NoMemory** (void)

内存分配失败（内存不足）。

*PyStatus* **PyStatus\_Exit** (int exitcode)

以指定的退出代码退出 Python。

处理状态的函数：

**int PyStatus\_Exception** (*PyStatus* status)

状态为错误还是退出？如为真值，则异常必须被处理；例如通过调用 `Py_ExitStatusException()`。

**int PyStatus\_IsError** (*PyStatus* status)

结果错误吗？

**int PyStatus\_IsExit** (*PyStatus* status)

结果是否退出？

**void Py\_ExitStatusException** (*PyStatus* status)

如果 *status* 是一个退出码则调用 `exit(exitcode)`。如果 *status* 是一个错误码则打印错误消息并设置一个非零退出码再退出。必须在 `PyStatus_Exception(status)` 为非零值时才能被调用。

---

**备注：**在内部，Python 将使用设置 `PyStatus.func` 的宏，而创建状态的函数则会将 `func` 设为 `NULL`。

---

示例：

```
PyStatus alloc(void **ptr, size_t size)
{
    *ptr = PyMem_RawMalloc(size);
    if (*ptr == NULL) {
        return PyStatus_NoMemory();
    }
}
```

(下页继续)

(续上页)

```

    return PyStatus_Ok();
}

int main(int argc, char **argv)
{
    void *ptr;
    PyStatus status = alloc(&ptr, 16);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        Py_ExitStatusException(status);
    }
    PyMem_Free(ptr);
    return 0;
}

```

## 10.4 PyPreConfig

type **PyPreConfig**

用于预初始化 Python 的结构体。

用于初始化预先配置的函数:

void **PyPreConfig\_InitPythonConfig** (*PyPreConfig* \*preconfig)

通过 *Python* 配置 来初始化预先配置。

void **PyPreConfig\_InitIsolatedConfig** (*PyPreConfig* \*preconfig)

通过 *隔离配置* 来初始化预先配置。

结构体字段:

int **allocator**

Python 内存分配器名称:

- PYMEM\_ALLOCATOR\_NOT\_SET (0): 不改变内存分配器 (使用默认)。
- PYMEM\_ALLOCATOR\_DEFAULT (1): 默认内存分配器。
- PYMEM\_ALLOCATOR\_DEBUG (2): 默认内存分配器 附带调试钩子。
- PYMEM\_ALLOCATOR\_MALLOC (3): 使用 C 库的 malloc()。
- PYMEM\_ALLOCATOR\_MALLOC\_DEBUG (4): 强制使用 malloc() 附带调试钩子。
- PYMEM\_ALLOCATOR\_PYMALLOC (5): *Python pymalloc* 内存分配器。
- PYMEM\_ALLOCATOR\_PYMALLOC\_DEBUG (6): *Python pymalloc* 内存分配器 附带调试钩子。

如果 Python 是使用 `--without-pymalloc` 进行配置则 PYMEM\_ALLOCATOR\_PYMALLOC 和 PYMEM\_ALLOCATOR\_PYMALLOC\_DEBUG 将不被支持。

参见 *Memory Management*。

默认值: PYMEM\_ALLOCATOR\_NOT\_SET。

int **configure\_locale**

将 LC\_CTYPE 语言区域设为用户选择的语言区域。

如果等于 0, 则将 *coerce\_c\_locale* 和 *coerce\_c\_locale\_warn* 的成员设为 0。

参见 *locale encoding*。

默认值: 在 Python 配置中为 1, 在隔离配置中为 0。

**int coerce\_c\_locale**

如果等于 2，强制转换 C 语言区域。

如果等于 1，则读取 LC\_CTYPE 语言区域来确定其是否应当被强制转换。

参见 *locale encoding*。

默认值: 在 Python 配置中为 -1，在隔离配置中为 0。

**int coerce\_c\_locale\_warn**

如为非零值，则会在 C 语言区域被强制转换时发出警告。

默认值: 在 Python 配置中为 -1，在隔离配置中为 0。

**int dev\_mode**

Python 开发模式: 参见 *PyConfig.dev\_mode*。

默认值: 在 Python 模式中为 -1，在隔离模式中为 0。

**int isolated**

隔离模式: 参见 *PyConfig.isolated*。

默认值: 在 Python 模式中为 0，在隔离模式中为 1。

**int legacy\_windows\_fs\_encoding**

如为非零值:

- 设置 *PyPreConfig.utf8\_mode* 为 0,
- 设置 *PyConfig.filesystem\_encoding* 为 "mbcs",
- 设置 *PyConfig.filesystem\_errors* 为 "replace".

初始化来自 PYTHONLEGACYWINDOWSFSENCODING 的环境变量值。

仅在 Windows 上可用。#ifdef MS\_WINDOWS 宏可被用于 Windows 专属的代码。

默认值: 0。

**int parse\_argv**

如为非零值, *Py\_PreInitializeFromArgs()* 和 *Py\_PreInitializeFromBytesArgs()* 将以与常规 Python 解析命令行参数的相同方式解析其 argv 参数: 参见 命令行参数。

默认值: 在 Python 配置中为 1，在隔离配置中为 0。

**int use\_environment**

使用 环境变量? 参见 *PyConfig.use\_environment*。

默认值: 在 Python 配置中为 1 而在隔离配置中为 0。

**int utf8\_mode**

如为非零值，则启用 Python UTF-8 模式。

通过 -X utf8 命令行选项和 PYTHONUTF8 环境变量设为 0 或 1。

如果 LC\_CTYPE 语言区域为 C 或 POSIX 也会被设为 1。

默认值: 在 Python 配置中为 -1 而在隔离配置中为 0。

## 10.5 使用 PyPreConfig 预初始化 Python

Python 的预初始化:

- 设置 Python 内存分配器 (*PyPreConfig.allocators*)
- 配置 LC\_CTYPE 语言区域 (*locale encoding*)
- 设置 Python UTF-8 模式 (*PyPreConfig.utf8\_mode*)

当前的预配置 (PyPreConfig 类型) 保存在 `_PyRuntime.preconfig` 中。

用于预初始化 Python 的函数:

**PyStatus Py\_PreInitialize** (const *PyPreConfig* \*preconfig)

根据 *preconfig* 预配置来预初始化 Python。

*preconfig* 不可为 NULL。

**PyStatus Py\_PreInitializeFromBytesArgs** (const *PyPreConfig* \*preconfig, int argc, char \*const \*argv)

根据 *preconfig* 预配置来预初始化 Python。

如果 *preconfig* 的 *parse\_argv* 为非零值则解析 *argv* 命令行参数 (字节串)。

*preconfig* 不可为 NULL。

**PyStatus Py\_PreInitializeFromArgs** (const *PyPreConfig* \*preconfig, int argc, wchar\_t \*const \*argv)

根据 *preconfig* 预配置来预初始化 Python。

如果 *preconfig* 的 *parse\_argv* 为非零值则解析 *argv* 命令行参数 (宽字符串)。

*preconfig* 不可为 NULL。

调用方要负责使用 *PyStatus\_Exception()* 和 *Py\_ExitStatusException()* 来处理异常 (错误或退出)。

对于 *Python* 配置 (*PyPreConfig\_InitPythonConfig()*), 如果 Python 是用命令行参数初始化的, 那么在预初始化 Python 时也必须传递命令行参数, 因为它们会对编码格式等预配置产生影响。例如, `-x utf8` 命令行选项将启用 Python UTF-8 模式。

*PyMem\_SetAllocator()* 可在 *Py\_PreInitialize()* 之后、*Py\_InitializeFromConfig()* 之前被调用以安装自定义的内存分配器。如果 *PyPreConfig.allocators* 被设为 *PYMEM\_ALLOCATOR\_NOT\_SET* 则可在 *Py\_PreInitialize()* 之前被调用。

像 *PyMem\_RawMalloc()* 这样的 Python 内存分配函数不能在 Python 预初始化之前使用, 而直接调用 *malloc()* 和 *free()* 则始终会是安全的。 *Py\_DecodeLocale()* 不能在 Python 预初始化之前被调用。

使用预初始化来启用 Python UTF-8 模式的例子:

```
PyStatus status;
PyPreConfig preconfig;
PyPreConfig_InitPythonConfig(&preconfig);

preconfig.utf8_mode = 1;

status = Py_PreInitialize(&preconfig);
if (PyStatus_Exception(status)) {
    Py_ExitStatusException(status);
}

/* at this point, Python speaks UTF-8 */

Py_Initialize();
/* ... use Python API here ... */
Py_Finalize();
```

## 10.6 PyConfig

type **PyConfig**

包含了大部分用于配置 Python 的形参的结构体。

在完成后，必须使用 `PyConfig_Clear()` 函数来释放配置内存。

结构体方法:

**void PyConfig\_InitPythonConfig** (*PyConfig* \*config)

通过 *Python* 配置 来初始化配置。

**void PyConfig\_InitIsolatedConfig** (*PyConfig* \*config)

通过隔离配置 来初始化配置。

**PyStatus PyConfig\_SetString** (*PyConfig* \*config, wchar\_t \*const \*config\_str, const wchar\_t \*str)

将宽字符串 *str* 拷贝至 \*config\_str。

在必要时预初始化 *Python*。

**PyStatus PyConfig\_SetBytesString** (*PyConfig* \*config, wchar\_t \*const \*config\_str, const char \*str)

使用 `Py_DecodeLocale()` 对 *str* 进行解码并将结果设置到 \*config\_str。

在必要时预初始化 *Python*。

**PyStatus PyConfig\_SetArgv** (*PyConfig* \*config, int argc, wchar\_t \*const \*argv)

根据宽字符串列表 *argv* 设置命令行参数 (*config* 的 *argv* 成员)。

在必要时预初始化 *Python*。

**PyStatus PyConfig\_SetBytesArgv** (*PyConfig* \*config, int argc, char \*const \*argv)

根据字节字符串列表 *argv* 设置命令行参数 (*config* 的 *argv* 成员)。使用 `Py_DecodeLocale()` 对字节字符串进行解码。

在必要时预初始化 *Python*。

**PyStatus PyConfig\_SetWideStringList** (*PyConfig* \*config, PyWideStringList \*list, Py\_ssize\_t length, wchar\_t \*\*items)

将宽字符串列表 *list* 设置为 *length* 和 *items*。

在必要时预初始化 *Python*。

**PyStatus PyConfig\_Read** (*PyConfig* \*config)

读取所有 Python 配置。

已经初始化的字段会保持不变。

调用此函数时不再计算或修改用于 *路径配置* 的字段，如 Python 3.11 那样。

`PyConfig_Read()` 函数只解析 *PyConfig.argv* 参数一次: 在参数解析完成后, *PyConfig.parse\_argv* 将被设为 2。由于 Python 参数是从 *PyConfig.argv* 中剥离的，因此解析参数两次会将应用程序选项解析为 Python 选项。

在必要时预初始化 *Python*。

在 3.10 版更改: *PyConfig.argv* 参数现在只会被解析一次，在参数解析完成后, *PyConfig.parse\_argv* 将被设为 2，只有当 *PyConfig.parse\_argv* 等于 1 时才会解析参数。

在 3.11 版更改: `PyConfig_Read()` 不会再计算所有路径，因此在 *Python 路径配置* 下列出的字段可能不会再更新直到 `Py_InitializeFromConfig()` 被调用。

**void PyConfig\_Clear** (*PyConfig* \*config)

释放配置内存

如有必要大多数 *PyConfig* 方法将会预初始化 *Python*。在这种情况下，Python 预初始化配置 (*PyPreConfig*) 将以 *PyConfig* 为基础。如果要调整与 *PyPreConfig* 相同的配置字段，它们必须在调用 *PyConfig* 方法之前被设置:

- `PyConfig.dev_mode`
- `PyConfig.isolated`
- `PyConfig.parse_argv`
- `PyConfig.use_environment`

此外，如果使用了 `PyConfig_SetArgv()` 或 `PyConfig_SetBytesArgv()`，则必须在调用其他方法之前调用该方法，因为预初始化配置取决于命令行参数（如果 `parse_argv` 为非零值）。

这些方法的调用者要负责使用 `PyStatus_Exception()` 和 `Py_ExitStatusException()` 来处理异常（错误或退出）。

结构体字段：

#### `PyWideStringList argv`

命令行参数: `sys.argv`。

将 `parse_argv` 设为 1 将以与普通 Python 解析 Python 命令行参数相同的方式解析 `argv` 再从 `argv` 中剥离 Python 参数。

如果 `argv` 为空，则会添加一个空字符串以确保 `sys.argv` 始终存在并且永远不为空。

默认值: `NULL`。

另请参阅 `orig_argv` 成员。

#### `int safe_path`

如果等于零，`Py_RunMain()` 会在启动时向 `sys.path` 开头添加一个可能不安全的路径：

- 如果 `argv[0]` 等于 `L"-m"` (`python -m module`)，则添加当前工作目录。
- 如果是运行脚本 (`python script.py`)，则添加脚本的目录。如果是符号链接，则会解析符号链接。
- 在其他情况下 (`python -c code` 和 `python`)，将添加一个空字符串，这表示当前工作目录。

通过 `-P` 命令行选项和 `PYTHONSAFEPATH` 环境变量设置为 1。

默认值: Python 配置中为 0，隔离配置中为 1。

3.11 新版功能。

#### `wchar_t *base_exec_prefix`

`sys.base_exec_prefix`。

默认值: `NULL`。

*Python 路径配置* 的一部分。

#### `wchar_t *base_executable`

Python 基础可执行文件: `sys._base_executable`。

由 `__PYENV_LAUNCHER__` 环境变量设置。

如为 `NULL` 则从 `PyConfig.executable` 设置。

默认值: `NULL`。

*Python 路径配置* 的一部分。

#### `wchar_t *base_prefix`

`sys.base_prefix`。

默认值: `NULL`。

*Python 路径配置* 的一部分。



**int buffered\_stdio**

如果等于 0 且 `configure_c_stdio` 为非零值，则禁用 C 数据流 `stdout` 和 `stderr` 的缓冲。

通过 `-u` 命令行选项和 `PYTHONUNBUFFERED` 环境变量设置为 0。

`stdin` 始终以缓冲模式打开。

默认值: 1.

**int bytes\_warning**

如果等于 1，则在将 `bytes` 或 `bytearray` 与 `str` 进行比较，或将 `bytes` 与 `int` 进行比较时发出警告。

如果大于等于 2，则在这些情况下引发 `BytesWarning` 异常。

由 `-b` 命令行选项执行递增。

默认值: 0.

**int warn\_default\_encoding**

如为非零值，则在 `io.TextIOWrapper` 使用默认编码格式时发出 `EncodingWarning` 警告。详情请参阅 `io-encoding-warning`。

默认值: 0.

3.10 新版功能.

**int code\_debug\_ranges**

如果等于 0，则禁用在代码对象中包括末尾行和列映射。并且禁用在特定错误位置打印回溯标记。

通过 `PYTHONNODEBUGRANGES` 环境变量和 `-X no_debug_ranges` 命令行选项设置为 0。

默认值: 1.

3.11 新版功能.

**wchar\_t \*check\_hash\_pycs\_mode**

控制基于哈希值的 `.pyc` 文件的验证行为: `--check-hash-based-pycs` 命令行选项的值。

有效的值:

- `L"always"`: 无论 `'check_source'` 旗标的值是什么都会对源文件进行哈希验证。
- `L"never"`: 假定基于哈希值的 `pyc` 始终是有效的。
- `L"default"`: 基于哈希值的 `pyc` 中的 `'check_source'` 旗标确定是否验证无效。

默认值: `L"default"`。

参见 [PEP 552](#) "Deterministic pycs"。

**int configure\_c\_stdio**

如为非零值，则配置 C 标准流:

- 在 Windows 中，在 `stdin`, `stdout` 和 `stderr` 上设置二进制模式 (`O_BINARY`)。
- 如果 `buffered_stdio` 等于零，则禁用 `stdin`, `stdout` 和 `stderr` 流的缓冲。
- 如果 `interactive` 为非零值，则启用 `stdin` 和 `stdout` 上的流缓冲 (Windows 中仅限 `stdout`)。

默认值: 在 Python 配置中为 1，在隔离配置中为 0。

**int dev\_mode**

如果为非零值，则启用 Python 开发模式。

通过 `-X dev` 选项和 `PYTHONDEVMODE` 环境变量设置为 1。

默认值: 在 Python 模式中为 -1，在隔离模式中为 0。

**int dump\_refs**

转储 Python 引用？

如果为非零值，则转储所有在退出时仍存活的对象。

由 PYTHONDUMPREFS 环境变量设置为 1。

需要定义了 `Py_TRACE_REFS` 宏的特殊 Python 编译版：参见 `configure --with-trace-refs` 选项。

默认值：0。

**wchar\_t \*exec\_prefix**

安装依赖于平台的 Python 文件的站点专属目录前缀：`sys.exec_prefix`。

默认值：NULL。

*Python 路径配置* 的一部分。

**wchar\_t \*executable**

Python 解释器可执行二进制文件的绝对路径：`sys.executable`。

默认值：NULL。

*Python 路径配置* 的一部分。

**int faulthandler**

启用 faulthandler？

如果为非零值，则在启动时调用 `faulthandler.enable()`。

通过 `-X faulthandler` 和 `PYTHONFAULTHANDLER` 环境变量设为 1。

默认值：在 Python 模式中为 -1，在隔离模式中为 0。

**wchar\_t \*filesystem\_encoding**

文件系统编码格式：`sys.getfilesystemencoding()`。

在 macOS, Android 和 VxWorks 上：默认使用 "utf-8"。

在 Windows 上：默认使用 "utf-8"，或者如果 *PyPreConfig* 的 *legacy\_windows\_fs\_encoding* 为非零值则使用 "mbcs"。

在其他平台上的默认编码格式：

- 如果 *PyPreConfig.utf8\_mode* 为非零值则使用 "utf-8"。
- 如果 Python 检测到 `nl_langinfo(CODESET)` 声明为 ASCII 编码格式，而 `mbstowcs()` 是从其他的编码格式解码（通常为 Latin1）则使用 "ascii"。
- 如果 `nl_langinfo(CODESET)` 返回空字符串则使用 "utf-8"。
- 在其他情况下，使用 *locale encoding*: `nl_langinfo(CODESET)` 的结果。

在 Python 启动时，编码格式名称会规范化为 Python 编解码器名称。例如，"ANSI\_X3.4-1968" 将被替换为 "ascii"。

参见 *filesystem\_errors* 的成员。

**wchar\_t \*filesystem\_errors**

文件系统错误处理句柄：`sys.getfilesystemencodeerrors()`。

在 Windows 上：默认使用 "surrogatepass"，或者如果 *PyPreConfig* 的 *legacy\_windows\_fs\_encoding* 为非零值则使用 "replace"。

在其他平台上：默认使用 "surrogateescape"。

支持的错误处理句柄：

- "strict"
- "surrogateescape"

- "surrogatepass" (仅支持 UTF-8 编码格式)

参见 *filesystem\_encoding* 的成员。

unsigned long **hash\_seed**

int **use\_hash\_seed**

随机化的哈希函数种子。

如果 *use\_hash\_seed* 为零，则在 Python 启动时随机选择一个种子，并忽略 *hash\_seed*。

由 PYTHONHASHSEED 环境变量设置。

默认的 *use\_hash\_seed* 值：在 Python 模式下为 -1，在隔离模式下为 0。

wchar\_t \***home**

Python 主目录。

如果 *Py\_SetPythonHome()* 已被调用，则当其参数不为 NULL 时将使用它。

由 PYTHONHOME 环境变量设置。

默认值: NULL.

*Python 路径配置* 输入的一部分。

int **import\_time**

如为非零值，则对导入时间执行性能分析。

通过 -X importtime 选项和 PYTHONPROFILEIMPORTTIME 环境变量设置为 1。

默认值: 0.

int **inspect**

在执行脚本或命令之后进入交互模式。

如果大于 0，则启用检查：当脚本作为第一个参数传入或使用了 -c 选项时，在执行脚本或命令后进入交互模式，即使在 sys.stdin 看来并非一个终端时也是如此。

通过 -i 命令行选项执行递增。如果 PYTHONINSPECT 环境变量为非空值则设为 1。

默认值: 0.

int **install\_signal\_handlers**

安装 Python 信号处理句柄？

默认值：在 Python 模式下为 1，在隔离模式下为 0。

int **interactive**

如果大于 0，则启用交互模式 (REPL)。

由 -i 命令行选项执行递增。

默认值: 0.

int **int\_max\_str\_digits**

配置 整数字符串转换长度限制。初始值为 -1 表示该值将从命令行或环境获取否则默认为 4300 (*sys.int\_info.default\_max\_str\_digits*)。值为 0 表示禁用限制。大于 0 但小于 640 (*sys.int\_info.str\_digits\_check\_threshold*) 的值将不被支持并会产生错误。

通过 -X int\_max\_str\_digits 命令行旗标或 PYTHONINTMAXSTRDIGITS 环境变量配置。

默认值：在 Python 模式下为 -1。在孤立模式下为 4300 (*sys.int\_info.default\_max\_str\_digits*)。

3.12 新版功能。

**int `isolated`**

如果大于 0，则启用隔离模式：

- 将 `safe_path` 设为 1: 在 Python 启动时将不在 `sys.path` 前添加有潜在不安全性的路径，如当前目录、脚本所在目录或空字符串。
- 将 `use_environment` 设为 0: 忽略 PYTHON 环境变量。
- 将 `user_site_directory` 设为 0: 不要将用户级站点目录添加到 `sys.path`。
- Python REPL 将不导入 `readline` 也不在交互提示符中启用默认的 `readline` 配置。

通过 `-I` 命令行选项设置为 1。

默认值: 在 Python 模式中为 0，在隔离模式中为 1。

另请参阅[隔离配置](#)和 `PyPreConfig.isolated`。

**int `legacy_windows_stdio`**

如为非零值，则使用 `io.FileIO` 代替 `io._WindowsConsoleIO` 作为 `sys.stdin`、`sys.stdout` 和 `sys.stderr`。

如果 `PYTHONLEGACYWINDOWSSTDIO` 环境变量被设为非空字符串则设为 1。

仅在 Windows 上可用。`#ifdef MS_WINDOWS` 宏可被用于 Windows 专属的代码。

默认值: 0。

另请参阅 [PEP 528](#) (将 Windows 控制台编码格式更改为 UTF-8)。

**int `malloc_stats`**

如为非零值，则在退出时转储 *Python pymalloc 内存分配器* 的统计数据。

由 `PYTHONMALLOCSTATS` 环境变量设置为 1。

如果 Python 是使用 `--without-pymalloc` 选项进行配置则该选项将被忽略。

默认值: 0。

**wchar\_t \*`platlibdir`**

平台库目录名称: `sys.platlibdir`。

由 `PYTHONPLATLIBDIR` 环境变量设置。

默认值: 由 `configure --with-platlibdir` 选项设置的 `PLATLIBDIR` 宏的值 (默认值: `"lib"`，在 Windows 上则为 `"DLLs"`)。

*Python 路径配置* 输入的一部分。

3.9 新版功能。

在 3.11 版更改: 目前在 Windows 系统中该宏被用于定位标准库扩展模块，通常位于 `DLLs` 下。不过，出于兼容性考虑，请注意在任何非标准布局包括树内构建和虚拟环境中，该值都将被忽略。

**wchar\_t \*`pythonpath_env`**

模块搜索路径 (`sys.path`) 为一个用 `DELIM(os.pathsep)` 分隔的字符串。

由 `PYTHONPATH` 环境变量设置。

默认值: `NULL`。

*Python 路径配置* 输入的一部分。

***PyWideStringList* `module_search_paths`**

**int module\_search\_paths\_set**

模块搜索路径: `sys.path`。

如果 `module_search_paths_set` 等于 0, `Py_InitializeFromConfig()` 将替代 `module_search_paths` 并将 `module_search_paths_set` 设为 1。

默认值: 空列表 (`module_search_paths`) 和 0 (`module_search_paths_set`)。

*Python* 路径配置的一部分。

**int optimization\_level**

编译优化级别:

- 0: Peephole 优化器, 将 `__debug__` 设为 `True`。
- 1: 0 级, 移除断言, 将 `__debug__` 设为 `False`。
- 2: 1 级, 去除文档字符串。

通过 `-O` 命令行选项递增。设置为 `PYTHONOPTIMIZE` 环境变量值。

默认值: 0。

**PyWideStringList orig\_argv**

传给 Python 可执行程序的原型命令行参数列表: `sys.orig_argv`。

如果 `orig_argv` 列表为空并且 `argv` 不是一个只包含空字符串的列表, `PyConfig_Read()` 将在修改 `argv` 之前把 `argv` 拷贝至 `orig_argv` (如果 `parse_argv` 不为空)。

另请参阅 `argv` 成员和 `Py_GetArgcArgv()` 函数。

默认值: 空列表。

3.10 新版功能。

**int parse\_argv**

解析命令行参数?

如果等于 1, 则以与常规 Python 解析 命令行参数相同的方式解析 `argv`, 并从 `argv` 中剥离 Python 参数。

`PyConfig_Read()` 函数只解析 `PyConfig.argv` 参数一次: 在参数解析完成后, `PyConfig.parse_argv` 将被设为 2。由于 Python 参数是从 `PyConfig.argv` 中剥离的, 因此解析参数两次会将应用程序选项解析为 Python 选项。

默认值: 在 Python 模式下为 1, 在隔离模式下为 0。

在 3.10 版更改: 现在只有当 `PyConfig.parse_argv` 等于 1 时才会解析 `PyConfig.argv` 参数。

**int parser\_debug**

解析器调试模式。如果大于 0, 则打开解析器调试输出 (仅针对专家, 取决于编译选项)。

通过 `-d` 命令行选项递增。设置为 `PYTHONDEBUG` 环境变量值。

需要 Python 调试编译版 (必须定义 `Py_DEBUG` 宏)。

默认值: 0。

**int pathconfig\_warnings**

如为非零值, 则允许计算路径配置以将警告记录到 `stderr` 中。如果等于 0, 则抑制这些警告。

默认值: 在 Python 模式下为 1, 在隔离模式下为 0。

*Python* 路径配置 输入的一部分。

在 3.11 版更改: 现在也适用于 Windows。

**wchar\_t \*prefix**

安装依赖于平台的 Python 文件的站点专属目录前缀: `sys.prefix`。

默认值: `NULL`。

*Python 路径配置* 的一部分。

**wchar\_t \*program\_name**

用于初始化 *executable* 和在 Python 初始化期间早期错误消息中使用的程序名称。

- 如果 `Py_SetProgramName()` 已被调用, 将使用其参数。
- 在 macOS 上, 如果设置了 `PYTHONEXECUTABLE` 环境变量则会使用它。
- 如果定义了 `WITH_NEXT_FRAMEWORK` 宏, 当设置了 `__PYENVV_LAUNCHER__` 环境变量时将会使用它。
- 如果 *argv* 的 `argv[0]` 可用并且不为空值则会使用它。
- 否则, 在 Windows 上将使用 `L"python"`, 在其他平台上将使用 `L"python3"`。

默认值: `NULL`。

*Python 路径配置* 输入的一部分。

**wchar\_t \*pycache\_prefix**

缓存 `.pyc` 文件被写入到的目录: `sys.pycache_prefix`。

通过 `-X pycache_prefix=PATH` 命令行选项和 `PYTHONPYCACHEPREFIX` 环境变量设置。

如果为 `NULL`, 则 `sys.pycache_prefix` 将被设为 `None`。

默认值: `NULL`。

**int quiet**

安静模式。如果大于 0, 则在交互模式下启动 Python 时不显示版权和版本。

由 `-q` 命令行选项执行递增。

默认值: 0。

**wchar\_t \*run\_command**

`-c` 命令行选项的值。

由 `Py_RunMain()` 使用。

默认值: `NULL`。

**wchar\_t \*run\_filename**

通过命令行传入的文件名: 不包含 `-c` 或 `-m` 的附加命令行参数。它会被 `Py_RunMain()` 函数使用。

例如, 对于命令行 `python3 script.py arg` 它将被设为 `script.py`。

另请参阅 *PyConfig.skip\_source\_first\_line* 选项。

默认值: `NULL`。

**wchar\_t \*run\_module**

`-m` 命令行选项的值。

由 `Py_RunMain()` 使用。

默认值: `NULL`。

**int show\_ref\_count**

在退出时显示总引用计数 (不包括永生对象)?

通过 `-X showrefcount` 命令行选项设置为 1。

需要 Python 调试编译版 (必须定义 `PY_REF_DEBUG` 宏)。



默认值: 0.

#### **int site\_import**

在启动时导入 site 模块?

如果等于零, 则禁用模块站点的导入以及由此产生的与站点相关的 `sys.path` 操作。

如果以后显式地导入 site 模块也要禁用这些操作 (如果你希望触发这些操作, 请调用 `site.main()` 函数)。

通过 `-S` 命令行选项设置为 0。

`sys.flags.no_site` 会被设为 `site_import` 取反后的值。

默认值: 1.

#### **int skip\_source\_first\_line**

如为非零值, 则跳过 `PyConfig.run_filename` 源的第一行。

它将允许使用非 Unix 形式的 `#!cmd`。这是针对 DOS 专属的破解操作。

通过 `-x` 命令行选项设置为 1。

默认值: 0.

#### **wchar\_t \*stdio\_encoding**

#### **wchar\_t \*stdio\_errors**

`sys.stdin`、`sys.stdout` 和 `sys.stderr` 的编码格式和编码格式错误 (但 `sys.stderr` 将始终使用 "backslashreplace" 错误处理句柄)。

如果 `Py_SetStandardStreamEncoding()` 已被调用, 则当其 `error` 和 `errors` 参数不为 NULL 时将使用它们。

如果 `PYTHONIOENCODING` 环境变量非空则会使用它。

默认编码格式:

- 如果 `PyPreConfig.utf8_mode` 为非零值则使用 "UTF-8"。
- 在其他情况下, 使用 *locale encoding*。

默认错误处理句柄:

- 在 Windows 上: 使用 "surrogateescape"。
- 如果 `PyPreConfig.utf8_mode` 为非零值, 或者如果 `LC_CTYPE` 语言区域为 "C" 或 "POSIX" 则使用 "surrogateescape"。
- 在其他情况下则使用 "strict"。

#### **int tracemalloc**

启用 tracemalloc?

如果为非零值, 则在启动时调用 `tracemalloc.start()`。

通过 `-X tracemalloc=N` 命令行选项和 `PYTHONTRACEMALLOC` 环境变量设置。

默认值: 在 Python 模式中为 -1, 在隔离模式中为 0。

#### **int perf\_profiling**

启用与 perf 性能分析器兼容的模式?

如果为非零值, 则初始化 perf trampoline。更多信息参见 `perf_profiling`。

通过 `-X perf` 命令行选项和 `PYTHONPERFSUPPORT` 环境变量设置。

默认值: -1。

3.12 新版功能。

**int use\_environment**

使用 环境变量?

如果等于零, 则忽略 环境变量。

由 `-E` 环境变量设置为 0。

默认值: 在 Python 配置中为 1 而在隔离配置中为 0。

**int user\_site\_directory**

如果为非零值, 则将用户站点目录添加到 `sys.path`。

通过 `-s` 和 `-I` 命令行选项设置为 0。

由 `PYTHONNOUSERSITE` 环境变量设置为 0。

默认值: 在 Python 模式下为 1, 在隔离模式下为 0。

**int verbose**

详细模式。如果大于 0, 则每次导入模块时都会打印一条消息, 显示加载模块的位置 (文件名或内置模块)。

如果大于等于 2, 则为搜索模块时每个被检查的文件打印一条消息。还在退出时提供关于模块清理的信息。

由 `-v` 命令行选项执行递增。

通过 `PYTHONVERBOSE` 环境变量值设置。

默认值: 0。

***PyWideStringList* warnoptions**

`warnings` 模块用于构建警告过滤器的选项, 优先级从低到高: `sys.warnoptions`。

`warnings` 模块以相反的顺序添加 `sys.warnoptions`: 最后一个 *PyConfig.warnoptions* 条目将成为 `warnings.filters` 的第一个条目并将最先被检查 (最高优先级)。

`-W` 命令行选项会将其值添加到 *warnoptions* 中, 它可以被多次使用。

`PYTHONWARNINGS` 环境变量也可被用于添加警告选项。可以指定多个选项, 并以逗号 (,) 分隔。

默认值: 空列表。

**int write\_bytecode**

如果等于 0, Python 将不会尝试在导入源模块时写入 `.pyc` 文件。

通过 `-B` 命令行选项和 `PYTHONDONTWRITEBYTECODE` 环境变量设置为 0。

`sys.dont_write_bytecode` 会被初始化为 *write\_bytecode* 取反后的值。

默认值: 1。

***PyWideStringList* xoptions**

`-X` 命令行选项的值: `sys._xoptions`。

默认值: 空列表。

如果 *parse\_argv* 为非零值, 则 *argv* 参数将以与常规 Python 解析 命令行参数相同的方式被解析, 并从 *argv* 中剥离 Python 参数。

*xoptions* 选项将会被解析以设置其他选项: 参见 `-X` 命令行选项。

在 3.9 版更改: `show_alloc_count` 字段已被移除。

## 10.7 使用 PyConfig 初始化

用于初始化 Python 的函数：

**PyStatus Py\_InitializeFromConfig** (const *PyConfig* \*config)

根据 *config* 配置来初始化 Python。

调用方要负责使用 *PyStatus\_Exception()* 和 *Py\_ExitStatusException()* 来处理异常（错误或退出）。

如果使用了 *PyImport\_FrozenModules()*、*PyImport\_AppendInittab()* 或 *PyImport\_ExtendInittab()*，则必须在 Python 预初始化之后、Python 初始化之前设置或调用它们。如果 Python 被多次初始化，则必须在每次初始化 Python 之前调用 *PyImport\_AppendInittab()* 或 *PyImport\_ExtendInittab()*。

当前的配置 (PyConfig 类型) 保存在 *PyInterpreterState.config* 中。

设置程序名称的示例：

```
void init_python(void)
{
    PyStatus status;

    PyConfig config;
    PyConfig_InitPythonConfig(&config);

    /* Set the program name. Implicitly preinitialize Python. */
    status = PyConfig_SetString(&config, &config.program_name,
                               L"/path/to/my_program");
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }

    status = Py_InitializeFromConfig(&config);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }
    PyConfig_Clear(&config);
    return;

exception:
    PyConfig_Clear(&config);
    Py_ExitStatusException(status);
}
```

更完整的示例会修改默认配置，读取配置，然后覆盖某些参数。请注意自 3.11 版开始，许多参数在初始化之前不会被计算，因此无法从配置结构体中读取值。在调用初始化之前设置的任何值都将不会被初始化操作改变：

```
PyStatus init_python(const char *program_name)
{
    PyStatus status;

    PyConfig config;
    PyConfig_InitPythonConfig(&config);

    /* Set the program name before reading the configuration
       (decode byte string from the locale encoding).

       Implicitly preinitialize Python. */
    status = PyConfig_SetBytesString(&config, &config.program_name,
                                     program_name);
```

(下页继续)

```

    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto done;
    }

    /* Read all configuration at once */
    status = PyConfig_Read(&config);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto done;
    }

    /* Specify sys.path explicitly */
    /* If you want to modify the default set of paths, finish
       initialization first and then use PySys_GetObject("path") */
    config.module_search_paths_set = 1;
    status = PyWideStringList_Append(&config.module_search_paths,
                                     L"/path/to/stdlib");
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto done;
    }
    status = PyWideStringList_Append(&config.module_search_paths,
                                     L"/path/to/more/modules");
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto done;
    }

    /* Override executable computed by PyConfig_Read() */
    status = PyConfig_SetString(&config, &config.executable,
                               L"/path/to/my_executable");
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto done;
    }

    status = Py_InitializeFromConfig(&config);

done:
    PyConfig_Clear(&config);
    return status;
}

```

## 10.8 隔离配置

`PyPreConfig_InitIsolatedConfig()` 和 `PyConfig_InitIsolatedConfig()` 函数会创建一个配置来将 Python 与系统隔离开来。例如，将 Python 嵌入到某个应用程序。

该配置将忽略全局配置变量、环境变量、命令行参数 (`PyConfig.argv` 将不会被解析) 和用户站点目录。C 标准流 (例如 `stdout`) 和 `LC_CTYPE` 语言区域将保持不变。信号处理句柄将不会被安装。

该配置仍然会使用配置文件来确定未被指明的路径。请确保指定了 `PyConfig.home` 以避免计算默认的路径配置。

## 10.9 Python 配置

`PyPreConfig_InitPythonConfig()` 和 `PyConfig_InitPythonConfig()` 函数会创建一个配置来构建一个行为与常规 Python 相同的自定义 Python。

环境变量和命令行参数将被用于配置 Python，而全局配置变量将被忽略。

此函数将根据 `LC_CTYPE` 语言区域、`PYTHONUTF8` 和 `PYTHONCOERCECLOCALE` 环境变量启用 C 语言区域强制转换 (PEP 538) 和 Python UTF-8 模式 (PEP 540)。

## 10.10 Python 路径配置

`PyConfig` 包含多个用于路径配置的字段：

- 路径配置输入：
  - `PyConfig.home`
  - `PyConfig.platlibdir`
  - `PyConfig.pathconfig_warnings`
  - `PyConfig.program_name`
  - `PyConfig.pythonpath_env`
  - 当前工作目录：用于获取绝对路径
  - `PATH` 环境变量用于获取程序的完整路径 (来自 `PyConfig.program_name`)
  - `__PYENV_LAUNCHER__` 环境变量
  - (仅限 Windows only) 注册表 `HKEY_CURRENT_USER` 和 `HKEY_LOCAL_MACHINE` 的“SoftwarePythonPythonCoreX.YPythonPath”项下的应用程序目录 (其中 X.Y 为 Python 版本)。
- 路径配置输出字段：
  - `PyConfig.base_exec_prefix`
  - `PyConfig.base_executable`
  - `PyConfig.base_prefix`
  - `PyConfig.exec_prefix`
  - `PyConfig.executable`
  - `PyConfig.module_search_paths_set`, `PyConfig.module_search_paths`
  - `PyConfig.prefix`

如果至少有一个“输出字段”未被设置，Python 就会计算路径配置来填充未设置的字段。如果 `module_search_paths_set` 等于 0，则 `module_search_paths` 将被覆盖并且 `module_search_paths_set` 将被设置为 1。

通过显式地设置上述所有路径配置输出字段可以完全忽略计算默认路径配置的函数。即使字符串不为空也会被视为已设置。如果 `module_search_paths_set` 被设为 1 则 `module_search_paths` 会被视为已设置。在这种情况下，`module_search_paths` 将不加修改地被使用。

将 `pathconfig_warnings` 设为 0 以便在计算路径配置时抑制警告 (仅限 Unix，Windows 不会记录任何警告)。

如果 `base_prefix` 或 `base_exec_prefix` 字段未设置，它们将分别从 `prefix` 和 `exec_prefix` 继承其值。

`Py_RunMain()` 和 `Py_Main()` 将修改 `sys.path`：

- 如果`run_filename`已设置并且是一个包含`__main__.py`脚本的目录, 则会将`run_filename`添加到`sys.path`的开头。
- 如果`isolated`为零:
  - 如果设置了`run_module`, 则将当前目录添加到`sys.path`的开头。如果无法读取当前目录则不执行任何操作。
  - 如果设置了`run_filename`, 则将文件名的目录添加到`sys.path`的开头。
  - 在其他情况下, 则将一个空字符串添加到`sys.path`的开头。

如果`site_import`为非零值, 则`sys.path`可通过`site`模块修改。如果`user_site_directory`为非零值且用户的`site-package`目录存在, 则`site`模块会将用户的`site-package`目录附加到`sys.path`。

路径配置会使用以下配置文件:

- `pyvenv.cfg`
- `._pth` 文件 (例如: `python._pth`)
- `pybuilddir.txt` (仅 Unix)

如果存在`._pth`文件:

- 将`isolated`设为1。
- 将`use_environment`设为0。
- 将`site_import`设为0。
- 将`safe_path`设为1。

`__PYENVENV_LAUNCHER__` 环境变量将被用于设置`PyConfig.base_executable`

## 10.11 Py\_RunMain()

`int Py_RunMain (void)`

执行在命令行或配置中指定的命令 (`PyConfig.run_command`)、脚本 (`PyConfig.run_filename`) 或模块 (`PyConfig.run_module`)。

在默认情况下如果使用了`-i`选项, 则运行 REPL。

最后, 终结化 Python 并返回一个可传递给 `exit()` 函数的退出状态。

请参阅[Python 配置](#) 查看一个使用 `Py_RunMain()` 在隔离模式下始终运行自定义 Python 的示例。

## 10.12 Py\_GetArgcArgv()

`void Py_GetArgcArgv (int *argc, wchar_t ***argv)`

在 Python 修改原始命令行参数之前, 获取这些参数。

另请参阅 `PyConfig.orig_argv` 成员。



## 10.13 多阶段初始化私有暂定 API

本节介绍的私有暂定 API 引入了多阶段初始化，它是 **PEP 432** 的核心特性：

- “核心” 初始化阶段，“最小化的基本 Python”：
  - 内置类型；
  - 内置异常；
  - 内置和已冻结模块；
  - `sys` 模块仅部分初始化（例如：`sys.path` 尚不存在）。
- ”主要” 初始化阶段，Python 被完全初始化：
  - 安装并配置 `importlib`；
  - 应用[路径配置](#)；
  - 安装信号处理句柄；
  - 完成 `sys` 模块初始化（例如：创建 `sys.stdout` 和 `sys.path`）；
  - 启用 `faulthandler` 和 `tracemalloc` 等可选功能；
  - 导入 `site` 模块；
  - 等等。

私有临时 API：

- `PyConfig._init_main`：如果设为 0，`Py_InitializeFromConfig()` 将在“核心”初始化阶段停止。

`PyStatus_Py_InitializeMain` (void)

进入“主要”初始化阶段，完成 Python 初始化。

在“核心”阶段不会导入任何模块，也不会配置 `importlib` 模块：[路径配置](#) 只会在“主要”阶段期间应用。这可能允许在 Python 中定制 Python 以覆盖或微调[路径配置](#)，也可能会安装自定义的 `sys.meta_path` 导入器或导入钩子等等。

在核心阶段之后主要阶段之前，将有可能在 Python 中计算[路径配置](#)，这是 **PEP 432** 的动机之一。

“核心”阶段并没有完整的定义：在这一阶段什么应该可用什么不应该可用都尚未被指明。该 API 被标记为私有和暂定的：也就是说该 API 可以随时被修改甚至被移除直到设计出适用的公共 API。

在“核心”和“主要”初始化阶段之间运行 Python 代码的示例：

```
void init_python(void)
{
    PyStatus status;

    PyConfig config;
    PyConfig_InitPythonConfig(&config);
    config._init_main = 0;

    /* ... customize 'config' configuration ... */

    status = Py_InitializeFromConfig(&config);
    PyConfig_Clear(&config);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        Py_ExitStatusException(status);
    }

    /* Use sys.stderr because sys.stdout is only created
       by _Py_InitializeMain() */
    int res = PyRun_SimpleString(
```

(下页继续)

(续上页)

```
    "import sys; "  
    "print('Run Python code before _Py_InitializeMain', "  
        "file=sys.stderr)");  
    if (res < 0) {  
        exit(1);  
    }  
  
    /* ... put more configuration code here ... */  
  
    status = _Py_InitializeMain();  
    if (PyStatus_Exception(status)) {  
        Py_ExitStatusException(status);  
    }  
}
```

## 11.1 概述

在 Python 中，内存管理涉及到一个包含所有 Python 对象和数据结构的私有堆（heap）。这个私有堆的管理由内部的 Python 内存管理器（*Python memory manager*）保证。Python 内存管理器有不同的组件来处理各种动态存储管理方面的问题，如共享、分割、预分配或缓存。

在最底层，一个原始内存分配器通过与操作系统的内存管理器交互，确保私有堆中有足够的空间来存储所有与 Python 相关的数据。在原始内存分配器的基础上，几个对象特定的分配器在同一堆上运行，并根据每种对象类型的特点实现不同的内存管理策略。例如，整数对象在堆内的管理方式不同于字符串、元组或字典，因为整数需要不同的存储需求和速度与空间的权衡。因此，Python 内存管理器将一些工作分配给对象特定分配器，但确保后者在私有堆的范围内运行。

Python 堆内存的管理是由解释器来执行，用户对它没有控制权，即使他们经常操作指向堆内内存块的对象指针，理解这一点十分重要。Python 对象和其他内部缓冲区的堆空间分配是由 Python 内存管理器按需通过本文档中列出的 Python/C API 函数进行的。

为了避免内存破坏，扩展的作者永远不应该试图用 C 库函数导出的函数来对 Python 对象进行操作，这些函数包括：`malloc()`、`calloc()`、`realloc()` 和 `free()`。这将导致 C 分配器和 Python 内存管理器之间的混用，引发严重后果，这是由于它们实现了不同的算法，并在不同的堆上操作。但是，我们可以安全地使用 C 库分配器为单独的目的分配和释放内存块，如下例所示：

```
PyObject *res;
char *buf = (char *) malloc(BUFSIZ); /* for I/O */

if (buf == NULL)
    return PyErr_NoMemory();
...Do some I/O operation involving buf...
res = PyBytes_FromString(buf);
free(buf); /* malloc'ed */
return res;
```

在这个例子中，I/O 缓冲区的内存请求是由 C 库分配器处理的。Python 内存管理器只参与了分配作为结果返回的字节对象。

然而，在大多数情况下，都建议专门基于 Python 堆来分配内存，因为后者是由 Python 内存管理器控制的。例如，当解释器使用 C 编写的新对象类型进行扩展时必须这样做。使用 Python 堆的另一个理由是需要能通知 Python 内存管理器有关扩展模块的内存需求。即使所请求的内存全部只用于内部的、高度特定的目的，将所有的内存请求交给 Python 内存管理器能让解释器对其内存占用的整体情况有更准确的了

解。因此，在特定情况下，Python 内存管理器可能会触发或不触发适当的操作，如垃圾回收、内存压缩或其他的预防性操作。请注意通过使用前面例子所演示的 C 库分配器，为 I/O 缓冲区分配的内存将完全不受 Python 内存管理器的控制。

参见：

环境变量 PYTHONMALLOC 可被用来配置 Python 所使用的内存分配器。

环境变量 PYTHONMALLOCSTATS 可以用来在每次创建和关闭新的 pymalloc 对象区域时打印 *pymalloc* 内存分配器的统计数据。

## 11.2 分配器域

所有分配函数都属于三个不同的“分配器域”之一（见 *PyMemAllocatorDomain*）。这些域代表了不同的分配策略，并为不同目的进行了优化。每个域如何分配内存和每个域调用哪些内部函数的具体细节被认为是实现细节，但是出于调试目的，可以在[此处](#)找到一张简化的表格。没有硬性要求将属于给定域的分配函数返回的内存，仅用于该域提示的目的（虽然这是推荐的做法）。例如，你可以将 *PyMem\_RawMalloc()* 返回的内存用于分配 Python 对象，或者将 *PyObject\_Malloc()* 返回的内存用作缓冲区。

三个分配域分别是：

- 原始域：用于为通用内存缓冲区分配内存，分配 \* 必须 \* 转到系统分配器并且分配器可以在没有 *GIL* 的情况下运行。内存直接请求自系统。
- “Mem”域：用于为 Python 缓冲区和通用内存缓冲区分配内存，分配时必须持有 *GIL*。内存取自于 Python 私有堆。
- 对象域：用于分配属于 Python 对象的内存。内存取自于 Python 私有堆。

当释放属于给定域的分配函数先前分配的内存时，必须使用对应的释放函数。例如，*PyMem\_Free()* 来释放 *PyMem\_Malloc()* 分配的内存。

## 11.3 原始内存接口

以下函数集封装了系统分配器。这些函数是线程安全的，不需要持有全局解释器锁。

默认原始内存分配器使用以下函数：*malloc()*、*calloc()*、*realloc()* 和 *free()*；当请求零个字节时则调用 *malloc(1)*（或 *calloc(1, 1)*）。

3.4 新版功能.

**void \*PyMem\_RawMalloc** (size\_t n)

分配 *n* 个字节并返回一个指向所分配内存的 *void\** 类型指针，如果请求失败则返回 *NULL*。

请求零字节可能返回一个独特的非 *NULL* 指针，就像调用了 *PyMem\_RawMalloc(1)* 一样。但是内存不会以任何方式被初始化。

**void \*PyMem\_RawCalloc** (size\_t nelem, size\_t elsize)

分配 *nelem* 个元素，每个元素的大小为 *elsize* 个字节，并返回指向所分配的内存的 *void\** 类型指针，如果请求失败则返回 *NULL*。内存会被初始化为零。

请求零字节可能返回一个独特的非 *NULL* 指针，就像调用了 *PyMem\_RawCalloc(1, 1)* 一样。

3.5 新版功能.

**void \*PyMem\_RawRealloc** (void \*p, size\_t n)

将 *p* 指向的内存块大小调整为 *n* 字节。以新旧内存块大小中的最小值为准，其中内容保持不变，

如果 *p* 是 *NULL*，则相当于调用 *PyMem\_RawMalloc(n)*；如果 *n* 等于 0，则内存块大小会被调整，但不会被释放，返回非 *NULL* 指针。

除非  $p$  是 `NULL`，否则它必须是之前调用 `PyMem_RawMalloc()`、`PyMem_RawRealloc()` 或 `PyMem_RawCalloc()` 所返回的。

如果请求失败，`PyMem_RawRealloc()` 返回 `NULL`， $p$  仍然是指向先前内存区域的有效指针。

**void `PyMem_RawFree` (void \*p)**

释放  $p$  指向的内存块。 $p$  必须是之前调用 `PyMem_RawMalloc()`、`PyMem_RawRealloc()` 或 `PyMem_RawCalloc()` 所返回的指针。否则，或在 `PyMem_RawFree(p)` 之前已经调用过的情况下，未定义的行为会发生。

如果  $p$  是 `NULL`，那么什么操作也不会进行。

## 11.4 内存接口

以下函数集，仿照 ANSI C 标准，并指定了请求零字节时的行为，可用于从 Python 堆分配和释放内存。

默认内存分配器使用了 `pymalloc` 内存分配器。

**警告：** 在使用这些函数时，必须持有全局解释器锁（*GIL*）。

在 3.6 版更改：现在默认的分配器是 `pymalloc` 而非系统的 `malloc()`。

**void \*`PyMem_Malloc` (size\_t n)**

*Part of the Stable ABI.* 分配  $n$  个字节并返回一个指向所分配内存的 `void*` 类型指针，如果请求失败则返回 `NULL`。

请求零字节可能返回一个独特的非 `NULL` 指针，就像调用了 `PyMem_Malloc(1)` 一样。但是内存不会以任何方式被初始化。

**void \*`PyMem_Calloc` (size\_t nelem, size\_t elsize)**

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 分配  $nelem$  个元素，每个元素的大小为  $elsize$  个字节，并返回指向所分配的内存的 `void*` 类型指针，如果请求失败则返回 `NULL`。内存会被初始化为零。

请求零字节可能返回一个独特的非 `NULL` 指针，就像调用了 `PyMem_Calloc(1, 1)` 一样。

3.5 新版功能。

**void \*`PyMem_Realloc` (void \*p, size\_t n)**

*Part of the Stable ABI.* 将  $p$  指向的内存块大小调整为  $n$  字节。以新旧内存块大小中的最小值为准，其中内容保持不变，

如果  $p$  是 `NULL`，则相当于调用 `PyMem_Malloc(n)`；如果  $n$  等于 0，则内存块大小会被调整，但不会被释放，返回非 `NULL` 指针。

除非  $p$  是 `NULL`，否则它必须是之前调用 `PyMem_Malloc()`、`PyMem_Realloc()` 或 `PyMem_Calloc()` 所返回的。

如果请求失败，`PyMem_Realloc()` 返回 `NULL`， $p$  仍然是指向先前内存区域的有效指针。

**void `PyMem_Free` (void \*p)**

*Part of the Stable ABI.* 释放  $p$  指向的内存块。 $p$  必须是之前调用 `PyMem_Malloc()`、`PyMem_Realloc()` 或 `PyMem_Calloc()` 所返回的指针。否则，或在 `PyMem_Free(p)` 之前已经调用过的情况下，未定义的行为会发生。

如果  $p$  是 `NULL`，那么什么操作也不会进行。

以下面向类型的宏为方便而提供。注意 *TYPE* 可以指任何 C 类型。

**`PyMem_New` (TYPE, n)**

与 `PyMem_Malloc()` 相同，但会分配  $(n * \text{sizeof}(\text{TYPE}))$  字节的内存。返回一个转换为 `TYPE*` 的指针。内存将不会以任何方式被初始化。

**PyMem\_Resize** (p, TYPE, n)

与 `PyMem_Realloc()` 相同，但内存块的大小被调整为  $(n * \text{sizeof}(\text{TYPE}))$  字节。返回一个转换为 `TYPE*` 的指针。在返回时，`p` 将为一个指向新内存区域的指针，如果执行失败则为 `NULL`。

这是一个 C 预处理宏，`p` 总是被重新赋值。请保存 `p` 的原始值，以避免在处理错误时丢失内存。

void **PyMem\_Del** (void \*p)

与 `PyMem_Free()` 相同

此外，我们还提供了以下宏集用于直接调用 Python 内存分配器，而不涉及上面列出的 C API 函数。但是请注意，使用它们并不能保证跨 Python 版本的二进制兼容性，因此在扩展模块被弃用。

- `PyMem_MALLOC(size)`
- `PyMem_NEW(type, size)`
- `PyMem_REALLOC(ptr, size)`
- `PyMem_RESIZE(ptr, type, size)`
- `PyMem_FREE(ptr)`
- `PyMem_DEL(ptr)`

## 11.5 对象分配器

以下函数集，仿照 ANSI C 标准，并指定了请求零字节时的行为，可用于从 Python 堆分配和释放内存。

**备注：**当通过自定义内存分配器部分描述的方法拦截该域中的分配函数时，无法保证这些分配器返回的内存可以被成功地转换成 Python 对象。

默认对象分配器使用 `pymalloc` 内存分配器。

**警告：**在使用这些函数时，必须持有全局解释器锁（GIL）。

void \***PyObject\_Malloc** (size\_t n)

*Part of the Stable ABI.* 分配 `n` 个字节并返回一个指向所分配内存的 `void*` 类型指针，如果请求失败则返回 `NULL`。

请求零字节可能返回一个独特的非 `NULL` 指针，就像调用了 `PyObject_Malloc(1)` 一样。但是内存不会以任何方式被初始化。

void \***PyObject\_Calloc** (size\_t nelem, size\_t elsize)

*Part of the Stable ABI since version 3.7.* 分配 `nelem` 个元素，每个元素的大小为 `elsize` 个字节，并返回指向所分配的内存的 `void*` 类型指针，如果请求失败则返回 `NULL`。内存会被初始化为零。

请求零字节可能返回一个独特的非 `NULL` 指针，就像调用了 `PyObject_Calloc(1, 1)` 一样。

3.5 新版功能。

void \***PyObject\_Realloc** (void \*p, size\_t n)

*Part of the Stable ABI.* 将 `p` 指向的内存块大小调整为 `n` 字节。以新旧内存块大小中的最小值为准，其中内容保持不变，

如果 `*p` 是 `NULL`，则相当于调用 `PyObject_Malloc(n)`；如果 `n` 等于 0，则内存块大小会被调整，但不会被释放，返回非 `NULL` 指针。

除非 `p` 是 `NULL`，否则它必须是之前调用 `PyObject_Malloc()`、`PyObject_Realloc()` 或 `PyObject_Calloc()` 所返回的。

如果请求失败，`PyObject_Realloc()` 返回 `NULL`，`p` 仍然是指向先前内存区域的有效指针。



void **PyObject\_Free** (void \*p)

*Part of the Stable ABI.* 释放  $p$  指向的内存块。 $p$  必须是之前调用 `PyObject_Malloc()`、`PyObject_Realloc()` 或 `PyObject_Calloc()` 所返回的指针。否则，或在 `PyObject_Free(p)` 之前已经调用过的情况下，未定义行为会发生。

如果  $p$  是 `NULL`，那么什么操作也不会进行。

## 11.6 默认内存分配器

默认内存分配器：

配置	名称	PyMem_RawMalloc	PyMem_Malloc	PyObject_Malloc
发布版本	"pymalloc"	malloc	pymalloc	pymalloc
调试构建	"pymalloc_debug"	malloc + debug	pymalloc + debug	pymalloc + debug
没有 pymalloc 的发布版本	"malloc"	malloc	malloc	malloc
没有 pymalloc 的调试构建	"malloc_debug"	malloc + debug	malloc + debug	malloc + debug

说明：

- 名称：PYTHONMALLOC 环境变量的值。
- malloc：来自 C 标准库的系统分配器，C 函数：`malloc()`、`calloc()`、`realloc()` 和 `free()`。
- pymalloc：*pymalloc* 内存分配器。
- "+ debug"：附带 *Python* 内存分配器的调试钩子。
- “调试构建”：调试模式下的 Python 构建。

## 11.7 自定义内存分配器

3.4 新版功能.

type **PyMemAllocatorEx**

用于描述内存块分配器的结构体。该结构体下列字段：

域	含意
void *ctx	作为第一个参数传入的用户上下文
void* malloc(void *ctx, size_t size)	分配一个内存块
void* calloc(void *ctx, size_t nelem, size_t elsize)	分配一个初始化为 0 的内存块
void* realloc(void *ctx, void *ptr, size_t new_size)	分配一个内存块或调整其大小
void free(void *ctx, void *ptr)	释放一个内存块

在 3.5 版更改：PyMemAllocator 结构被重命名为 *PyMemAllocatorEx* 并新增了一个 `calloc` 字段。

type **PyMemAllocatorDomain**

用来识别分配器域的枚举类。域有：

**PYMEM\_DOMAIN\_RAW**

函数

- `PyMem_RawMalloc()`
- `PyMem_RawRealloc()`
- `PyMem_RawCalloc()`
- `PyMem_RawFree()`

**PYMEM\_DOMAIN\_MEM**

函数

- `PyMem_Malloc()`,
- `PyMem_Realloc()`
- `PyMem_Calloc()`
- `PyMem_Free()`

**PYMEM\_DOMAIN\_OBJ**

函数

- `PyObject_Malloc()`
- `PyObject_Realloc()`
- `PyObject_Calloc()`
- `PyObject_Free()`

void **PyMem\_GetAllocator** (*PyMemAllocatorDomain* domain, *PyMemAllocatorEx* \*allocator)

获取指定域的内存块分配器。

void **PyMem\_SetAllocator** (*PyMemAllocatorDomain* domain, *PyMemAllocatorEx* \*allocator)

设置指定域的内存块分配器。

当请求零字节时，新的分配器必须返回一个独特的非 NULL 指针。

对于 `PYMEM_DOMAIN_RAW` 域，分配器必须是线程安全的：当分配器被调用时将不持有 *GIL*。

对于其余的域，分配器也必须是线程安全的：分配器可以在不共享 *GIL* 的不同解释器中被调用。

如果新的分配器不是钩子（不调用之前的分配器），必须调用 `PyMem_SetupDebugHooks()` 函数在新分配器上重新安装调试钩子。

另请参阅 `PyPreConfig.allocator` 和 *Preinitialize Python with PyPreConfig*。

**警告：** `PyMem_SetAllocator()` 没有以下合约：

- 可以在 `Py_PreInitialize()` 之后 `Py_InitializeFromConfig()` 之前调用它来安装自定义的内存分配器。对于所安装的分配器除了域的规定以外没有任何其他限制（例如 *Raw Domain* 允许分配器在不持有 *GIL* 的情况下被调用）。请参阅有关分配器域的章节 了解详情。
- 如果在 Python 已完成初始化之后（即 `Py_InitializeFromConfig()` 被调用之后）被调用则自定义分配器 **must** 必须包装现有的分配器。将现有分配器替换为任意的其他分配器是 **不受支持的**。

在 3.12 版更改：所有分配器都必须是线程安全的。

void **PyMem\_SetupDebugHooks** (void)

设置 *Python* 内存分配器的调试钩子 以检测内存错误。

## 11.8 Python 内存分配器的调试钩子

当 Python 在调试模式下构建, `PyMem_SetupDebugHooks()` 函数在 Python 预初始化时被调用, 以在 Python 内存分配器上设置调试钩子以检测内存错误。

PYTHONMALLOC 环境变量可被用于在以发行模式下编译的 Python 上安装调试钩子 (例如: PYTHONMALLOC=debug)。

`PyMem_SetupDebugHooks()` 函数可被用于在调用了 `PyMem_SetAllocator()` 之后设置调试钩子。

这些调试钩子用特殊的、可辨认的位模式填充动态分配的内存块。新分配的内存用字节 `0xCD` (`PYMEM_CLEANBYTE`) 填充, 释放的内存用字节 `0xDD` (`PYMEM_DEADBYTE`) 填充。内存块被填充了字节 `0xFD` (`PYMEM_FORBIDDENBYTE`) 的“禁止字节”包围。这些字节串不太可能是合法的地址、浮点数或 ASCII 字符串

运行时检查:

- 检测对 API 的违反。例如: 检测对 `PyMem_Malloc()` 分配的内存块调用 `PyObject_Free()`。
- 检测缓冲区起始位置前的写入 (缓冲区下溢)。
- 检测缓冲区终止位置后的写入 (缓冲区溢出)。
- 检测当调用 `PYMEM_DOMAIN_OBJ` (如: `PyObject_Malloc()`) 和 `PYMEM_DOMAIN_MEM` (如: `PyMem_Malloc()`) 域的分配器函数时是否持有 `GIL`。

在出错时, 调试钩子使用 `tracemalloc` 模块来回溯内存块被分配的位置。只有当 `tracemalloc` 正在追踪 Python 内存分配, 并且内存块被追踪时, 才会显示回溯。

让  $S = \text{sizeof}(\text{size\_t})$ 。将  $2 \times S$  个字节添加到每个被请求的  $N$  字节数据块的两端。内存的布局像是这样, 其中  $p$  代表由类似 `malloc` 或类似 `realloc` 的函数所返回的地址 ( $p[i:j]$  表示从  $*(p+i)$  左侧开始到  $*(p+j)$  左侧止的字节数据切片; 请注意对负索引号的处理与 Python 切片是不同的):

**$p[-2 \times S:-S]$**  最初所要求的字节数。这是一个 `size_t`, 为大端序 (易于在内存转储中读取)。

**$p[-S]$**  API 标识符 (ASCII 字符):

- 'r' 表示 `PYMEM_DOMAIN_RAW`。
- 'm' 表示 `PYMEM_DOMAIN_MEM`。
- 'o' 表示 `PYMEM_DOMAIN_OBJ`。

**$p[-S+1:0]$**  `PYMEM_FORBIDDENBYTE` 的副本。用于捕获下层的写入和读取。

**$p[0:N]$**  所请求的内存, 用 `PYMEM_CLEANBYTE` 的副本填充, 用于捕获对未初始化内存的引用。当调用 `realloc` 之类的函数来请求更大的内存块时, 额外新增的字节也会用 `PYMEM_CLEANBYTE` 来填充。当调用 `free` 之类的函数时, 这些字节会用 `PYMEM_DEADBYTE` 来重写, 以捕获对已释放内存的引用。当调用 `realloc` 之类的函数来请求更小的内存块时, 多余的旧字节也会用 `PYMEM_DEADBYTE` 来填充。

**$p[N:N+S]$**  `PYMEM_FORBIDDENBYTE` 的副本。用于捕获超限的写入和读取。

**$p[N+S:N+2 \times S]$**  仅当定义了 `PYMEM_DEBUG_SERIALNO` 宏时会被使用 (默认情况下将不定义)。

一个序列号, 每次调用 `malloc` 或 `realloc` 之类的函数时都会递增 1。大端序的 `size_t`。如果之后检测到了“被破坏的内存”, 此序列号提供了一个很好的手段用来在下次运行时设置中断点, 以捕获该内存块被破坏的瞬间。`obmalloc.c` 中的静态函数 `bumpserialno()` 是唯一会递增序列号的函数, 它的存在让你可以轻松地设置这样的中断点。

一个 `realloc` 之类或 `free` 之类的函数会先检查两端的 `PYMEM_FORBIDDENBYTE` 字节是否完好。如果它们被改变了, 则会将诊断输出写入到 `stderr`, 并且程序将通过 `Py_FatalError()` 中止。另一种主要的失败模式是当程序读到某种特殊的比特模式并试图将其用作地址时触发内存错误。如果你随即进入调试器并查看该对象, 你很可能会看到它已完全被填充为 `PYMEM_DEADBYTE` (意味着已释放的内存被使用) 或 `PYMEM_CLEANBYTE` (意味着未初始货摊内存被使用)。

在 3.6 版更改: `PyMem_SetupDebugHooks()` 函数现在也能在使用发布模式编译的 Python 上工作。当发生错误时, 调试钩子现在会使用 `tracemalloc` 来获取已分配内存块的回溯信息。调试钩子现在还会在 `PYMEM_DOMAIN_OBJ` 和 `PYMEM_DOMAIN_MEM` 作用域的函数被调用时检查是否持有 GIL。

在 3.8 版更改: 字节模式 `0xCB` (`PYMEM_CLEANBYTE`)、`0xDB` (`PYMEM_DEADBYTE`) 和 `0xFB` (`PYMEM_FORBIDDENBYTE`) 已被 `0xCD`、`0xDD` 和 `0xFD` 替代以使用与 Windows CRT 调试 `malloc()` 和 `free()` 相同的值。

## 11.9 pymalloc 分配器

Python 有为具有短生命周期的小对象 (小于或等于 512 字节) 优化的 `pymalloc` 分配器。它使用固定大小为 256 KiB 的称为“arenas”的内存映射。对于大于 512 字节的分配, 它回到使用 `PyMem_RawMalloc()` 和 `PyMem_RawRealloc()`。

`pymalloc` 是 `PYMEM_DOMAIN_MEM` (例如: `PyMem_Malloc()`) 和 `PYMEM_DOMAIN_OBJ` (例如: `PyObject_Malloc()`) 域的默认分配器。

arena 分配器使用以下函数:

- Windows 上的 `VirtualAlloc()` 和 `VirtualFree()`,
- `mmap()` 和 `munmap()`, 如果可用的话,
- 否则, `malloc()` 和 `free()`。

如果 Python 配置了 `--without-pymalloc` 选项, 那么此分配器将被禁用。也可以在运行时使用 `PYTHONMALLOC`` (例如: ``PYTHONMALLOC=malloc``) 环境变量来禁用它。

### 11.9.1 自定义 pymalloc Arena 分配器

3.4 新版功能.

type **PyObjectArenaAllocator**

用来描述一个 arena 分配器的结构体。这个结构体有三个字段:

域	含意
<code>void *ctx</code>	作为第一个参数传入的用户上下文
<code>void* alloc(void *ctx, size_t size)</code>	分配一块 <code>size</code> 字节的区域
<code>void free(void *ctx, void *ptr, size_t size)</code>	释放一块区域

void **PyObject\_GetArenaAllocator** (*PyObjectArenaAllocator* \*allocator)

获取 arena 分配器

void **PyObject\_SetArenaAllocator** (*PyObjectArenaAllocator* \*allocator)

设置 arena 分配器

## 11.10 tracemalloc C API

3.7 新版功能.

`int PyTraceMalloc_Track (unsigned int domain, uintptr_t ptr, size_t size)`

在 `tracemalloc` 模块中跟踪一个已分配的内存块。

成功时返回 0，出错时返回 -1 (无法分配内存来保存跟踪信息)。如果禁用了 `tracemalloc` 则返回 -2。

如果内存块已被跟踪，则更新现有跟踪信息。

`int PyTraceMalloc_Untrack (unsigned int domain, uintptr_t ptr)`

在 `tracemalloc` 模块中取消跟踪一个已分配的内存块。如果内存块未被跟踪则不执行任何操作。

如果 `tracemalloc` 被禁用则返回 -2，否则返回 0。

## 11.11 例子

以下是来自概述 小节的示例，经过重写以使 I/O 缓冲区是通过使用第一个函数集从 Python 堆中分配的：

```
PyObject *res;
char *buf = (char *) PyMem_Malloc(BUFSIZ); /* for I/O */

if (buf == NULL)
    return PyErr_NoMemory();
/* ...Do some I/O operation involving buf... */
res = PyBytes_FromString(buf);
PyMem_Free(buf); /* allocated with PyMem_Malloc */
return res;
```

使用面向类型函数集的同代码：

```
PyObject *res;
char *buf = PyMem_New(char, BUFSIZ); /* for I/O */

if (buf == NULL)
    return PyErr_NoMemory();
/* ...Do some I/O operation involving buf... */
res = PyBytes_FromString(buf);
PyMem_Del(buf); /* allocated with PyMem_New */
return res;
```

请注意在以上两个示例中，缓冲区总是通过归属于相同集的函数来操纵的。事实上，对于一个给定的内存块必须使用相同的内存 API 族，以便使得混合不同分配器的风险减至最低。以下代码序列包含两处错误，其中一个被标记为 *fatal* 因为它混合了两种在不同堆上操作的不同分配器。

```
char *buf1 = PyMem_New(char, BUFSIZ);
char *buf2 = (char *) malloc(BUFSIZ);
char *buf3 = (char *) PyMem_Malloc(BUFSIZ);
...
PyMem_Del(buf3); /* Wrong -- should be PyMem_Free() */
free(buf2);      /* Right -- allocated via malloc() */
free(buf1);      /* Fatal -- should be PyMem_Del() */
```

除了用于处理来自 Python 堆的原始内存块的函数，Python 中的对象还通过 `PyObject_New`、`PyObject_NewVar` 和 `PyObject_Del()` 进行分配和释放。

这些将在有关如何在 C 中定义和实现新对象类型的下一章中讲解。





本章描述了定义新对象类型时所使用的函数、类型和宏。

## 12.1 在堆上分配对象

*PyObject* \***\_PyObject\_New** (*PyTypeObject* \*type)

返回值：新的引用。

*PyVarObject* \***\_PyObject\_NewVar** (*PyTypeObject* \*type, *Py\_ssize\_t* size)

返回值：新的引用。

*PyObject* \***PyObject\_Init** (*PyObject* \*op, *PyTypeObject* \*type)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 用它的类型和初始引用来初始化新分配对象 *op*。返回已初始化的对象。如果 *type* 明该对象参与循环垃圾检测器，则将其添加到检测器的观察对象集中。对象的其他字段不受影响。

*PyVarObject* \***PyObject\_InitVar** (*PyVarObject* \*op, *PyTypeObject* \*type, *Py\_ssize\_t* size)

返回值：借入的引用。 *Part of the Stable ABI*. 它的功能和 `PyObject_Init()` 一样，并且会初始化变量大小对象的长度信息。

**PyObject\_New** (*TYPE*, *typeobj*)

使用 C 结构类型 *TYPE* 和 Python 类型对象 *typeobj* (*PyTypeObject*\*) 分配一个新的 Python 对象。f 未在该 Python 对象标头中定义的字段不会被初始化。调用方将拥有对该对象的唯一引用（即引用计数将为 1）。内存分配的大小由类型对象的 *tp\_basicsize* 字段决定。

**PyObject\_NewVar** (*TYPE*, *typeobj*, *size*)

使用 C 结构类型 *TYPE* 和 Python 类型对象 *typeobj* (*PyTypeObject*\*) 分配一个新的 Python 对象。未在该 Python 对象标头中定义的字段不会被初始化。被分配的内存允许 *TYPE* 结构加 *typeobj* 的 *tp\_itemsize* 字段所给出的 *size* (*Py\_ssize\_t*) 个字段。这对于实现像元组这样能够在构造时确定其大小的对象来说很有用。将字段数组嵌入到相同的内在分配中可减少内存分配的次数，这提高了内存管理效率。

**void PyObject\_Del** (*void* \*op)

释放使用 `PyObject_New` 或 `PyObject_NewVar` 分配给一个对象的内存。这通常由在对象的类型中指定的 *tp\_dealloc* 处理句柄来调用。在此调用之后该对象中的字段不应再被访问因为原来的内存已不再是一个有效的 Python 对象。

### `PyObject _Py_NoneStruct`

这个对象是像 `None` 一样的 Python 对象。它可以使用 `Py_None` 宏访问，该宏的拿到指向该对象的指针。

参见：

`PyModule_Create()` 分配内存和创建扩展模块

## 12.2 公用对象结构体

大量的结构体被用于定义 Python 的对象类型。这一节描述了这些的结构体和它们的使用方法。

### 12.2.1 基本的对象类型和宏

所有的 Python 对象最终都会在对象的内存表示的开始部分共享少量的字段。这些字段由 `PyObject` 和 `PyVarObject` 类型来表示，相应地，这些类型又是由一些宏扩展来定义的，它们也直接或间接地被用于所有其他 Python 对象的定义。附加的宏可以在[引用计数](#)下找到。

#### type `PyObject`

*Part of the Limited API. (Only some members are part of the stable ABI.)* 所有对象类型都是此类型的扩展。这是一个包含了 Python 将对象的指针当作对象来处理所需的信息的类型。在一个普通的“发行”编译版中，它只包含对象的引用计数和指向对应类型对象的指针。没有什么对象被实际声明为 `PyObject`，但每个指向 Python 对象的指针都可以被转换为 `PyObject*`。对成员的访问必须通过使用 `Py_REFCNT` 和 `Py_TYPE` 宏来完成。

#### type `PyVarObject`

*Part of the Limited API. (Only some members are part of the stable ABI.)* 这是一个添加了 `ob_size` 字段的 `PyObject` 扩展。它仅用于具有某些长度标记的对象。此类型并不经常在 Python/C API 中出现。对成员的访问必须通过使用 `Py_REFCNT`, `Py_TYPE` 和 `Py_SIZE` 宏来完成。

#### `PyObject_HEAD`

这是一个在声明代表无可变长度对象的新类型时所使用的宏。`PyObject_HEAD` 宏被扩展为：

```
PyObject ob_base;
```

参见上面 `PyObject` 的文档。

#### `PyObject_VAR_HEAD`

这是一个在声明代表每个实例具有可变长度的对象时所使用的宏。`PyObject_VAR_HEAD` 宏被扩展为：

```
PyVarObject ob_base;
```

参见上面 `PyVarObject` 的文档。

#### `int Py_Is(PyObject *x, PyObject *y)`

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 测试 `x` 是否为 `y` 对象，与 Python 中的 `x is y` 相同。

3.10 新版功能。

#### `int Py_IsNone(PyObject *x)`

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 测试一个对象是否为 `None` 单例，与 Python 中的 `x is None` 相同。

3.10 新版功能。

int **Py\_IsTrue** (*PyObject* \*x)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 测试一个对象是否为 True 单例, 与 Python 中的 `x is True` 相同。

3.10 新版功能.

int **Py\_IsFalse** (*PyObject* \*x)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 测试一个对象是否为 False 单例, 与 Python 中的 `x is False` 相同。

3.10 新版功能.

*PyTypeObject* \***Py\_TYPE** (*PyObject* \*o)

获取 Python 对象 *o* 的类型。

返回一个 *borrowed reference*。

使用 `Py_SET_TYPE()` 函数来设置一个对象类型。

在 3.11 版更改: `Py_TYPE()` 被改为一个内联的静态函数。形参类型不再是 `const PyObject*`。

int **Py\_IS\_TYPE** (*PyObject* \*o, *PyTypeObject* \*type)

如果对象 *o* 的类型为 *type* 则返回非零值。否则返回零。等价于: `Py_TYPE(o) == type`。

3.9 新版功能.

void **Py\_SET\_TYPE** (*PyObject* \*o, *PyTypeObject* \*type)

将对象 *o* 的类型设为 *type*。

3.9 新版功能.

*Py\_ssize\_t* **Py\_SIZE** (*PyVarObject* \*o)

获取 Python 对象 *o* 的大小。

使用 `Py_SET_SIZE()` 函数来设置一个对象大小。

在 3.11 版更改: `Py_SIZE()` 被改为一个内联静态函数。形参类型不再是 `const PyVarObject*`。

void **Py\_SET\_SIZE** (*PyVarObject* \*o, *Py\_ssize\_t* size)

将对象 *o* 的大小设为 *size*。

3.9 新版功能.

**PyObject\_HEAD\_INIT** (type)

这是一个为新的 *PyObject* 类型扩展初始化值的宏。该宏扩展为:

```
_PyObject_EXTRA_INIT
1, type,
```

**PyVarObject\_HEAD\_INIT** (type, size)

这是一个为新的 *PyVarObject* 类型扩展初始化值的宏, 包括 *ob\_size* 字段。该宏会扩展为:

```
_PyObject_EXTRA_INIT
1, type, size,
```

## 12.2.2 实现函数和方法

### type `PyCFunction`

*Part of the Stable ABI.* 用于在 C 中实现大多数 Python 可调用对象的函数类型。该类型的函数接受两个 `PyObject*` 形参并返回一个这样的值。如果返回值为 `NULL`，则将设置一个异常。如果不为 `NULL`，则返回值将被解读为 Python 中暴露的函数的返回值。此函数必须返回一个新的引用。

函数的签名为:

```
PyObject *PyCFunction(PyObject *self,
                      PyObject *args);
```

### type `PyCFunctionWithKeywords`

*Part of the Stable ABI.* 用于在 C 中实现具有 `METH_VARARGS | METH_KEYWORDS` 签名的 Python 可调用对象的函数类型。函数的签名为:

```
PyObject *PyCFunctionWithKeywords(PyObject *self,
                                   PyObject *args,
                                   PyObject *kwargs);
```

### type `_PyCFunctionFast`

用于在 C 中实现具有 `METH_FASTCALL` 签名的 Python 可调用对象的函数类型。函数的签名为:

```
PyObject *_PyCFunctionFast(PyObject *self,
                           PyObject *const *args,
                           Py_ssize_t nargs);
```

### type `_PyCFunctionFastWithKeywords`

用于在 C 中实现具有 `METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS` 签名的 Python 可调用对象的函数类型。函数的签名为:

```
PyObject *_PyCFunctionFastWithKeywords(PyObject *self,
                                       PyObject *const *args,
                                       Py_ssize_t nargs,
                                       PyObject *kwnames);
```

### type `PyMethod`

用于在 C 中实现具有 `METH_METHOD | METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS` 签名的 Python 可调用对象的函数类型。函数的签名为:

```
PyObject *PyMethod(PyObject *self,
                   PyTypeObject *defining_class,
                   PyObject *const *args,
                   Py_ssize_t nargs,
                   PyObject *kwnames)
```

3.9 新版功能.

### type `PyMethodDef`

*Part of the Stable ABI (including all members).* 用于描述一个扩展类型的方法的结构体。该结构体有四个字段:

`const char *ml_name`

方法的名称。

`PyCFunction ml_meth`

指向 C 语言实现的指针。

`int ml_flags`

指明调用应当如何构建的旗标位。

```
const char *ml_doc
```

指向文档字符串的内容。

`ml_meth` 是一个 C 函数指针。该函数可以为不同类型，但它们将总是返回 `PyObject*`。如果该函数不属于 `PyCFunction`，则编译器将要求在方法表中进行转换。尽管 `PyCFunction` 将第一个参数定义为 `PyObject*`，但该方法的实现使用 `self` 对象的特定 C 类型也很常见。

`ml_flags` 字段是可以包含以下旗标的位字段。每个旗标表示一个调用惯例或绑定惯例。

调用惯例有如下这些：

#### METH\_VARARGS

这是典型的调用惯例，其中方法的类型为 `PyCFunction`。该函数接受两个 `PyObject*` 值。第一个是用于方法的 `self` 对象；对于模块函数，它将为模块对象。第二个形参（常被命名为 `args`）是一个代表所有参数的元组对象。该形参通常是使用 `PyArg_ParseTuple()` 或 `PyArg_UnpackTuple()` 来处理的。

#### METH\_KEYWORDS

只能用于同其他旗标形成特定的组合：`METH_VARARGS | METH_KEYWORDS`，`METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS` 和 `METH_METHOD | METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS`。

**METH\_VARARGS | METH\_KEYWORDS** 带有这些旗标的方法必须为 `PyCFunctionWithKeywords` 类型。该函数接受三个形参：`self`，`args`，`kwargs` 其中 `kwargs` 是一个包含所有关键字参数的字典或者如果没有关键字参数则可以为 `NULL`。这些形参通常是使用 `PyArg_ParseTupleAndKeywords()` 来处理的。

#### METH\_FASTCALL

快速调用惯例仅支持位置参数。这些方法的类型为 `_PyCFunctionFast`。第一个形参为 `self`，第二个形参是由表示参数的 `PyObject*` 值组成的数组而第三个形参是参数的数量（数组的长度）。

3.7 新版功能。

在 3.10 版更改：`METH_FASTCALL` 现在是稳定 ABI 的一部分。

**METH\_FASTCALL | METH\_KEYWORDS** `METH_FASTCALL` 的扩展也支持关键字参数，它使用类型为 `_PyCFunctionFastWithKeywords` 的方法。关键字参数的传递方式与 `vectorcall` 协议中的相同：还存在额外的第四个 `PyObject*` 参数，它是一个代表关键字参数名称（它将保证为字符串）的元组，或者如果没有关键字则可以为 `NULL`。关键字参数的值存放在 `args` 数组中，在位置参数之后。

3.7 新版功能。

#### METH\_METHOD

只能与其他旗标组合使用：`METH_METHOD | METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS`。

**METH\_METHOD | METH\_FASTCALL | METH\_KEYWORDS** `METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS` 的扩展支持定义式类，也就是包含相应方法的类。定义式类可以是 `Py_TYPE(self)` 的超类。

该方法必须为 `PyCMethod` 类型，与在 `self` 之后添加了 `defining_class` 参数的 `METH_FASTCALL | METH_KEYWORDS` 一样。

3.9 新版功能。

#### METH\_NOARGS

如果通过 `METH_NOARGS` 旗标列出了参数则没有形参的方法无需检查是否给出了参数。它们必须为 `PyCFunction` 类型。第一个形参通常被命名为 `self` 并将持有对模块或对象实例的引用。在所有情况下第二个形参都将是 `NULL`。

该函数必须有 2 个形参。由于第二个形参不会被使用，`Py_UNUSED` 可以被用来防止编译器警告。

#### METH\_O

具有一个单独对象参数的方法可使用 `METH_O` 旗标列出，而不必发起调用 `PyArg_ParseTuple()` 并附带 "O" 参数。它们的类型为 `PyCFunction`，带有 `self` 形参，以及代表该单独参数的 `PyObject*` 形参。

这两个常量不是被用来指明调用惯例而是在配合类方法使用时指明绑定。它们不会被用于在模块上定义的函数。对于任何给定方法这些旗标最多只会设置其中一个。

#### METH\_CLASS

该方法将接受类型对象而不是类型的实例作为第一个形参。它会被用于创建类方法，类似于使用 `classmethod()` 内置函数所创建的结果。

#### METH\_STATIC

该方法将接受 `NULL` 而不是类型的实例作为第一个形参。它会被用于创建静态方法，类似于使用 `staticmethod()` 内置函数所创建的结果。

另一个常量控制方法是否将被载入来替代具有相同方法名的另一个定义。

#### METH\_COEXIST

该方法将被加载以替代现有的定义。如果没有 `METH_COEXIST`，默认将跳过重复的定义。由于槽位包装器会在方法表之前被加载，例如当存在 `sq_contains` 槽位时，将会生成一个名为 `__contains__()` 的已包装方法并阻止加载同名的相应 `PyCFunction`。如果定义了此旗标，`PyCFunction` 将被加载以替代此包装器对象并与槽位共存。因为对 `PyCFunction` 的调用相比对包装器对象调用更为优化所以这是很有帮助的。

### 12.2.3 访问扩展类型的属性

type `PyMemberDef`

*Part of the Stable ABI (including all members).* 描述与 C 结构成员相对应的类型属性的结构体。其字段依次为：

`const char *name`

成员名称。`NULL` 值表示 `PyMemberDef[]` 数组的结束。

字符串应当是静态的，它不会被复制。

`Py_ssize_t offset`

成员在类型的对象结构体中所在位置的以字节为单位的偏移量。

`int type`

C 结构体中成员的类型。请参阅[成员类型](#)了解可能的取值。

`int flags`

零个或多个[成员旗标](#)，使用按位或运算进行组合。

`const char *doc`

文档字符串，或者为空。该字符串应当是静态的，它不会被拷贝。通常，它是使用 `PyDoc_STR` 来定义的。

默认情况下(当 `flags` 为 0 时)，成员同时允许读取和写入访问。使用 `Py_READONLY` 旗标表示只读访问。某些类型，如 `Py_T_STRING`，隐含要求 `Py_READONLY`。只有 `Py_T_OBJECT_EX` (以及旧式的 `T_OBJECT`) 成员可以删除。

对于堆分配类型 (使用 `PyType_FromSpec()` 或类似函数创建)，`PyMemberDef` 可能包含特殊成员 `"__vectorcalloffset__"` 的定义，与类型对象中的 `tp_vectorcall_offset` 相对应。它们必须用 `Py_T_PYSSIZET` 和 `Py_READONLY` 来定义，例如：

```
static PyMemberDef spam_type_members[] = {
    {"__vectorcalloffset__", Py_T_PYSSIZET,
     offsetof(Spam_object, vectorcall), Py_READONLY},
    {NULL} /* Sentinel */
};
```

(您可能需要为 `offsetof()` 添加 `#include <stddef.h>`。)



旧式的偏移量 `tp_dictoffset` 和 `tp_weaklistoffset` 可使用 `"__dictoffset__"` 和 `"__weaklistoffset__"` 成员进行类似的定义，但强烈建议扩展程序改用 `Py_TPFLAGS_MANAGED_DICT` 和 `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF`。

在 3.12 版更改: `PyMemberDef` 将始终可用。在之前版本中，它需要包括 `"structmember.h"`。

**PyObject \*PyMember\_GetOne** (const char \*obj\_addr, struct *PyMemberDef* \*m)

*Part of the Stable ABI.* 获取属于地址 `obj_addr` 上的对象的某个属性。该属性是以 `PyMemberDef m` 来描述的。出错时返回 `NULL`。

在 3.12 版更改: `PyMember_GetOne` 将总是可用。在之前版本中，它需要包括 `"structmember.h"`。

**int PyMember\_SetOne** (char \*obj\_addr, struct *PyMemberDef* \*m, PyObject \*o)

*Part of the Stable ABI.* 将属于位于地址 `obj_addr` 的对象的属性设置到对象 `o`。要设置的属性由 `PyMemberDef m` 描述。成功时返回 0 而失败时返回负值。

在 3.12 版更改: `PyMember_SetOne` 将总是可用。在之前版本中，它需要包括 `"structmember.h"`。

## 成员标志

以下标志可被用于 `PyMemberDef.flags`:

### Py\_READONLY

不可写入。

### Py\_AUDIT\_READ

在读取之前发出一个 `object.__getattr__` 审计事件。

### Py\_RELATIVE\_OFFSET

表示该 `PyMemberDef` 条目的 `offset` 是指明来自子类专属数据的偏移量，而不是来自 `PyObject` 的偏移量。

只能在使用负的 `basicsize` 创建类时用作 `Py_tp_members` 槽位的组成部分。它在此种情况下是强制要求。

这个标志只能在 `PyTypeSlot` 中使用。在类创建期间中设置 `tp_members` 时，Python 会清除它并将 `PyMemberDef.offset` 设为相对于 `PyObject` 结构的偏移量。

在 3.10 版更改: 通过 `#include "structmember.h"` 提供的 `RESTRICTED`、`READ_RESTRICTED` 和 `WRITE_RESTRICTED` 宏已被弃用。`READ_RESTRICTED` 和 `RESTRICTED` 等同于 `Py_AUDIT_READ`；`WRITE_RESTRICTED` 则没有任何作用。

在 3.12 版更改: `READONLY` 宏被更名为 `Py_READONLY`。`Py_AUDIT_READ` 宏被更名为 `Py_` 前缀。新名称现在将始终可用。在之前的版本中，这些名称需要 `#include "structmember.h"`。该头文件仍然可用并提供了原有的名称。

## 成员类型

`PyMemberDef.type` 可以是下列与各种 C 类型相对应的宏之一。在 Python 中访问该成员时，它将被转换为对应的 Python 类型。当从 Python 设置成员时，它将被转换回 C 类型。如果无法转换，则会引发一个异常如 `TypeError` 或 `ValueError`。

除非标记为 (D)，否则不能使用 `del` 或 `delattr()` 删除以这种方式定义的属性。

宏名称	C 类型	Python 类型
<b>Py_T_BYTE</b>	char	int
<b>Py_T_SHORT</b>	short	int
<b>Py_T_INT</b>	int	int
<b>Py_T_LONG</b>	long	int
<b>Py_T_LONGLONG</b>	long long	int
<b>Py_T_UBYTE</b>	unsigned char	int
<b>Py_T_UINT</b>	unsigned int	int
<b>Py_T_USHORT</b>	unsigned short	int
<b>Py_T_ULONG</b>	unsigned long	int
<b>Py_T_ULONGLONG</b>	unsigned long long	int
<b>Py_T_PYSSIZET</b>	<i>Py_ssize_t</i>	int
<b>Py_T_FLOAT</b>	float	float
<b>Py_T_DOUBLE</b>	double	float
<b>Py_T_BOOL</b>	char (写为 0 或 1)	bool
<b>Py_T_STRING</b>	const char* (*)	str (RO)
<b>Py_T_STRING_INPLACE</b>	const char[] (*)	str (RO)
<b>Py_T_CHAR</b>	char (0-127)	str (**)
<b>Py_T_OBJECT_EX</b>	<i>PyObject*</i>	object (D)

(\*): 以零结束的 UTF8 编码的 C 字符串。使用:c:macro:!*Py\_T\_STRING* 时的 C 表示形式是指针；使用 *Py\_T\_STRING\_INLINE* 时字符串将直接存储在结构体中。

(\*\*): 长度为 1 的字符串。只接受 ASCII 字符。

(RO): 表示 `Py_READONLY`。

(D): 可以删除, 在这种情况下指针会被设为 NULL。读取 NULL 指针会引发 `AttributeError`。

3.12 新版功能: 在之前的版本中, 这些宏仅通过 `#include "structmember.h"` 提供并且其名称不带 `Py_` 前缀 (例如 `T_INT`)。头文件仍然可用并包含这些旧名称, 以及下列已被弃用的类型:

#### **T\_OBJECT**

与 `Py_T_OBJECT_EX` 类似, 但 NULL 会被转换为 None。这将在 Python 中产生令人吃惊的行为: 删除该属性实际上会将其设置为 None。

#### **T\_NONE**

总是为 None。必须与 `Py_READONLY` 一起使用。

## 定义读取器和设置器

### type `PyGetSetDef`

*Part of the Stable ABI (including all members).* 用于定义针对某个类型的特征属性式的访问的结构体。另请参阅 `PyTypeObject.tp_getset` 槽位的描述。

`const char *name`

属性名称

getter `get`

用于获取属性的 C 函数。

setter `set`

用于设置或删除属性的可选 C 函数, 如果省略则属性将为只读。

`const char *doc`

可选的文档字符串

`void *closure`

可选的函数指针, 为 getter 和 setter 提供附加数据。

get 函数接受一个 `PyObject*` 形参 (实例) 和一个函数指针 (关联的 closure):

```
typedef PyObject *(*getter)(PyObject *, void *);
```

它应当在成功时返回一个新的引用或在失败时返回 NULL 并设置异常。

set 函数接受两个 `PyObject*` 形参 (实例和要设置的值) 和一个函数指针 (关联的 closure):

```
typedef int (*setter)(PyObject *, PyObject *, void *);
```

对于属性要被删除的情况第二个形参应为 NULL。成功时应返回 0 或在失败时返回 -1 并设置异常。

## 12.3 类型对象

Python 对象系统中最重要一个结构体也许是定义新类型的结构体: `PyTypeObject` 结构体。类型对象可以使用任何 `PyObject_*` 或 `PyType_*` 函数来处理, 但并未提供大多数 Python 应用程序会感兴趣的東西。这些对象是对象行为的基础, 所以它们对解释器本身及任何实现新类型的扩展模块都非常重要。

与大多数标准类型相比, 类型对象相当大。这么大的原因是每个类型对象存储了大量的值, 大部分是 C 函数指针, 每个指针实现了类型功能的一小部分。本节将详细描述类型对象的字段。这些字段将按照它们在结构体中出现的顺序进行描述。

除了下面的快速参考, 例子 小节提供了快速了解 `PyTypeObject` 的含义和用法的例子。

## 12.3.1 快速参考

## "tp\_ 方法槽"

PyTypeObject 槽 <small>Page 243, 1</small>	Type	特殊方法/属性	信息 <small>Page 243, 2</small>			
			O	T	D	I
<R> tp_name	const char *	__name__	X	X		
tp_basicsize	Py_ssize_t		X	X		X
tp_itemsize	Py_ssize_t			X		X
tp_dealloc	destructor		X	X		X
tp_vectorcall_offset	Py_ssize_t			X		X
(tp_getattr)	getattrfunc	__getattribute__, __getattr__				G
(tp_setattr)	setattrfunc	__setattr__, __delattr__				G
tp_as_async	PyAsyncMethods *	子方法槽 (方法域)				%
tp_repr	reprfunc	__repr__	X	X		X
tp_as_number	PyNumberMethods *	子方法槽 (方法域)				%
tp_as_sequence	PySequenceMethods *	子方法槽 (方法域)				%
tp_as_mapping	PyMappingMethods *	子方法槽 (方法域)				%
tp_hash	hashfunc	__hash__	X			G
tp_call	ternaryfunc	__call__		X		X
tp_str	reprfunc	__str__	X			X
tp_getattro	getattrofunc	__getattribute__, __getattr__	X	X		G
tp_setattro	setattrofunc	__setattr__, __delattr__	X	X		G
tp_as_buffer	PyBufferProcs *					%
tp_flags	unsigned long		X	X		?
tp_doc	const char *	__doc__	X	X		
tp_traverse	traverseproc			X		G
tp_clear	inquiry			X		G
tp_richcompare	richcmpfunc	__lt__, __le__, __eq__, __ne__, __gt__, __ge__	X			G
(tp_weaklistoffset)	Py_ssize_t			X		?
tp_iter	getiterfunc	__iter__				X
tp_iternext	iternextfunc	__next__				X
tp_methods	PyMethodDef []		X	X		
tp_members	PyMemberDef []			X		
tp_getset	PyGetSetDef []		X	X		
tp_base	PyTypeObject *	__base__			X	
tp_dict	PyObject *	__dict__			?	
tp_descr_get	descrgetfunc	__get__				X
tp_descr_set	descrsetfunc	__set__, __delete__				X
(tp_dictoffset)	Py_ssize_t			X		?
tp_init	initproc	__init__	X	X		X
tp_alloc	allocfunc		X		?	?
tp_new	newfunc	__new__	X	X	?	?
tp_free	freefunc		X	X	?	?
tp_is_gc	inquiry			X		X
<tp_bases>	PyObject *	__bases__			~	
<tp_mro>	PyObject *	__mro__			~	
[tp_cache]	PyObject *					
[tp_subclasses]	void *	__subclasses__				
[tp_weaklist]	PyObject *					
(tp_del)	destructor					
[tp_version_tag]	unsigned int					

下页继续

表 1 – 续上页

PyTypeObject 槽 <sup>Page 243, 1</sup>	Type	特殊方法/属性	信息 <sup>Page 243, 2</sup>			
			O	T	D	I
<code>tp_finalize</code>	<code>destructor</code>	<code>__del__</code>				X
<code>tp_vectorcall</code>	<code>vectorcallfunc</code>					
<code>[tp_watched]</code>	<code>unsigned char</code>					

## 子方法槽（方法域）

方法槽	Type	特殊方法
<code>am_await</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__await__</code>
<code>am_aiter</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__aiter__</code>
<code>am_anext</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__anext__</code>
<code>am_send</code>	<code>sendfunc</code>	
<code>nb_add</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__add__</code> <code>__radd__</code>
<code>nb_inplace_add</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__iadd__</code>
<code>nb_subtract</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__sub__</code> <code>__rsub__</code>
<code>nb_inplace_subtract</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__isub__</code>
<code>nb_multiply</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__mul__</code> <code>__rmul__</code>
<code>nb_inplace_multiply</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__imul__</code>
<code>nb_remainder</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__mod__</code> <code>__rmod__</code>
<code>nb_inplace_remainder</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__imod__</code>
<code>nb_divmod</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__divmod__</code> <code>__rdivmod__</code>
<code>nb_power</code>	<code>ternaryfunc</code>	<code>__pow__</code> <code>__rpow__</code>
<code>nb_inplace_power</code>	<code>ternaryfunc</code>	<code>__ipow__</code>
<code>nb_negative</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__neg__</code>
<code>nb_positive</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__pos__</code>
<code>nb_absolute</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__abs__</code>
<code>nb_bool</code>	<code>inquiry</code>	<code>__bool__</code>
<code>nb_invert</code>	<code>unaryfunc</code>	<code>__invert__</code>
<code>nb_lshift</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__lshift__</code> <code>__rlshift__</code>
<code>nb_inplace_lshift</code>	<code>binaryfunc</code>	<code>__ilshift__</code>

下页继续

<sup>1</sup> 0: 括号中的插槽名称表示（实际上）已弃用。

&lt;&gt;: 尖括号内的名称在初始时应设为 NULL 并被视为是只读的。

[]: 方括号内的名称仅供内部使用。

&lt;R&gt; (作为前缀) 表示字段是必需的 (不能是 NULL)。

<sup>2</sup> 列:

"O": 在 PyBaseObject\_Type 上设置

"T": 在 PyType\_Type 上设置

"D": 默认设置 (如果方法槽被设置为 NULL)

X - PyType\_Ready sets this value if it is NULL

~ - PyType\_Ready always sets this value (it should be NULL)

? - PyType\_Ready may set this value depending on other slots

Also see the inheritance column ("I").

"I": 继承

X - type slot is inherited via \*PyType\_Ready\* if defined with a \*NULL\* value

% - the slots of the sub-struct are inherited individually

G - inherited, but only in combination with other slots; see the slot's description

? - it's complicated; see the slot's description

注意, 有些方法槽是通过普通属性查找链有效继承的。

表 2 - 续上页

方法槽	Type	特殊方法
<i>nb_rshift</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__rshift__</code> <code>__rrshift__</code>
<i>nb_inplace_rshift</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__irshift__</code>
<i>nb_and</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__and__</code> <code>__rand__</code>
<i>nb_inplace_and</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__iand__</code>
<i>nb_xor</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__xor__</code> <code>__rxor__</code>
<i>nb_inplace_xor</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__ixor__</code>
<i>nb_or</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__or__</code> <code>__ror__</code>
<i>nb_inplace_or</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__ior__</code>
<i>nb_int</i>	<i>unaryfunc</i>	<code>__int__</code>
<i>nb_reserved</i>	<b>void *</b>	
<i>nb_float</i>	<i>unaryfunc</i>	<code>__float__</code>
<i>nb_floor_divide</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__floordiv__</code>
<i>nb_inplace_floor_divide</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__ifloordiv__</code>
<i>nb_true_divide</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__truediv__</code>
<i>nb_inplace_true_divide</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__itruediv__</code>
<i>nb_index</i>	<i>unaryfunc</i>	<code>__index__</code>
<i>nb_matrix_multiply</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__matmul__</code> <code>__rmatmul__</code>
<i>nb_inplace_matrix_multiply</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__imatmul__</code>
<i>mp_length</i>	<i>lenfunc</i>	<code>__len__</code>
<i>mp_subscript</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__getitem__</code>
<i>mp_ass_subscript</i>	<i>objobjargproc</i>	<code>__setitem__</code> , <code>__delitem__</code>
<i>sq_length</i>	<i>lenfunc</i>	<code>__len__</code>
<i>sq_concat</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__add__</code>
<i>sq_repeat</i>	<i>ssizeargfunc</i>	<code>__mul__</code>
<i>sq_item</i>	<i>ssizeargfunc</i>	<code>__getitem__</code>
<i>sq_ass_item</i>	<i>ssizeobjargproc</i>	<code>__setitem__</code> <code>__delitem__</code>
<i>sq_contains</i>	<i>objobjproc</i>	<code>__contains__</code>
<i>sq_inplace_concat</i>	<i>binaryfunc</i>	<code>__iadd__</code>
<i>sq_inplace_repeat</i>	<i>ssizeargfunc</i>	<code>__imul__</code>
<i>bf_getbuffer</i>	<i>getbufferproc()</i>	
<i>bf_releasebuffer</i>	<i>releasebufferproc()</i>	



## 槽位 typedef

typedef	参数类型	返回类型
<i>allocfunc</i>	<i>PyTypeObject</i> * <i>Py_ssize_t</i>	<i>PyObject</i> *
<i>destructor</i>	void *	void
<i>freefunc</i>	void *	void
<i>traverseproc</i>	void * <i>visitproc</i> void *	int
<i>newfunc</i>	<i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> *	<i>PyObject</i> *
<i>initproc</i>	<i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> *	int
<i>reprfunc</i>	<i>PyObject</i> *	<i>PyObject</i> *
<i>getattrfunc</i>	<i>PyObject</i> * const char *	<i>PyObject</i> *
<i>setattrfunc</i>	<i>PyObject</i> * const char * <i>PyObject</i> *	int
<i>getattrofunc</i>	<i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> *	<i>PyObject</i> *
<i>setattrofunc</i>	<i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> *	int
<i>descrgetfunc</i>	<i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> *	<i>PyObject</i> *
<i>descrsetfunc</i>	<i>PyObject</i> * <i>PyObject</i> *	int
<b>12.3. 类型对象</b>	<i>PyObject</i> *	<b>245</b>
<i>hashfunc</i>	<i>PyObject</i> *	Py_hash_t
<i>richcmpfunc</i>		<i>PyObject</i> *

请参阅 *Slot Type typedefs* 里有更多详细信息。

### 12.3.2 PyObject 定义

*PyObject* 的结构定义可以在 `Include/object.h` 中找到。为了方便参考，此处复述了其中的定义：

```
typedef struct _typeobject {
    PyObject_VAR_HEAD
    const char *tp_name; /* For printing, in format "<module>.<name>" */
    Py_ssize_t tp_basicsize, tp_itemsize; /* For allocation */

    /* Methods to implement standard operations */

    destructor tp_dealloc;
    Py_ssize_t tp_vectorcall_offset;
    getattrofunc tp_getattr;
    setattrofunc tp_setattr;
    PyAsyncMethods *tp_as_async; /* formerly known as tp_compare (Python 2)
                                   or tp_reserved (Python 3) */
    reprfunc tp_repr;

    /* Method suites for standard classes */

    PyNumberMethods *tp_as_number;
    PySequenceMethods *tp_as_sequence;
    PyMappingMethods *tp_as_mapping;

    /* More standard operations (here for binary compatibility) */

    hashfunc tp_hash;
    ternaryfunc tp_call;
    reprfunc tp_str;
    getattrofunc tp_getattro;
    setattrofunc tp_setattro;

    /* Functions to access object as input/output buffer */
    PyBufferProcs *tp_as_buffer;

    /* Flags to define presence of optional/expanded features */
    unsigned long tp_flags;

    const char *tp_doc; /* Documentation string */

    /* Assigned meaning in release 2.0 */
    /* call function for all accessible objects */
    traverseproc tp_traverse;

    /* delete references to contained objects */
    inquiry tp_clear;

    /* Assigned meaning in release 2.1 */
    /* rich comparisons */
    richcmpfunc tp_richcompare;

    /* weak reference enabler */
    Py_ssize_t tp_weaklistoffset;

    /* Iterators */
    getiterfunc tp_iter;
    iternextfunc tp_iternext;
}
```

(下页继续)

(续上页)

```

/* Attribute descriptor and subclassing stuff */
struct PyMethodDef *tp_methods;
struct PyMemberDef *tp_members;
struct PyGetSetDef *tp_getset;
// Strong reference on a heap type, borrowed reference on a static type
struct _typeobject *tp_base;
PyObject *tp_dict;
descrgetfunc tp_descr_get;
descrsetfunc tp_descr_set;
Py_ssize_t tp_dictoffset;
initproc tp_init;
allocfunc tp_alloc;
newfunc tp_new;
freefunc tp_free; /* Low-level free-memory routine */
inquiry tp_is_gc; /* For PyObject_IS_GC */
PyObject *tp_bases;
PyObject *tp_mro; /* method resolution order */
PyObject *tp_cache;
PyObject *tp_subclasses;
PyObject *tp_weaklist;
destructor tp_del;

/* Type attribute cache version tag. Added in version 2.6 */
unsigned int tp_version_tag;

destructor tp_finalize;
vectorcallfunc tp_vectorcall;

/* bitset of which type-watchers care about this type */
unsigned char tp_watched;
} PyTypeObject;

```

### 12.3.3 PyObject 槽位

类型对象结构体扩展了 *PyVarObject* 结构体。*ob\_size* 字段用于动态类型（由 *type\_new()* 创建，通常由 *class* 语句调用）。请注意 *PyType\_Type*（元类型）会初始化 *tp\_itemsize*，这意味着它的实例（即类型对象）必须具有 *ob\_size* 字段。

*Py\_ssize\_t* *PyObject.ob\_refcnt*

*Part of the Stable ABI.* 这是类型对象的引用计数，由 *PyObject\_HEAD\_INIT* 宏初始化为 1。请注意对于静态分配的类型对象，类型的实例（其 *ob\_type* 指向该类型的对象）不会被计入引用。但对于动态分配的类型对象，实例会被计入引用。

**继承：**

子类型不继承此字段。

*PyTypeObject \*PyObject.ob\_type*

*Part of the Stable ABI.* 这是类型的类型，换句话说就是元类型，它由宏 *PyObject\_HEAD\_INIT* 的参数来做初始化，它的值一般情况下是 *&PyType\_Type*。可是为了使动态可载入扩展模块至少在 Windows 上可用，编译器会报错这是一个不可用的初始化。因此按照惯例传递 *NULL* 给宏 *PyObject\_HEAD\_INIT* 并且在模块的初始化函数开始时候其他任何操作之前初始化这个字段。典型做法是这样的：

```
Foo_Type.ob_type = &PyType_Type;
```

这应当在创建类型的任何实例之前完成。*PyType\_Ready()* 会检查 *ob\_type* 是否为 *NULL*，如果是，则将其初始化为基类的 *ob\_type* 字段。如果该字段为非零值则 *PyType\_Ready()* 将不会更改它。

**继承:**

此字段会被子类型继承。

*PyObject* \**PyObject*.\_ob\_next

*PyObject* \**PyObject*.\_ob\_prev

这些字段仅在定义了宏 `Py_TRACE_REFS` 时存在 (参阅 `configure --with-trace-refs option`)。

由 `PyObject_HEAD_INIT` 宏负责将它们初始化为 `NULL`。对于静态分配的对象, 这两个字段始终为 `NULL`。对于动态分配的对象, 这两个字段用于将对象链接到堆上所有活动对象的双向链表中。

它们可用于各种调试目的。目前唯一的用途是 `sys.getobjects()` 函数, 在设置了环境变量 `PYTHONDUMPREFS` 时, 打印运行结束时仍然活跃的对象。

**继承:**

这些字段不会被子类型继承。

### 12.3.4 PyVarObject 槽位

*Py\_ssize\_t* *PyVarObject*.ob\_size

*Part of the Stable ABI.* 对于静态分配的内存对象, 它应该初始化为 0。对于动态分配的类型对象, 该字段具有特殊的内部含义。

**继承:**

子类型不继承此字段。

### 12.3.5 PyTypeObject 槽

每个槽位都有一个小节来描述继承关系。如果 *PyType\_Ready()* 可以在字段被设为 `NULL` 时设置一个值那么还会有一个“默认”小节。(请注意在 *PyBaseObject\_Type* 和 *PyType\_Type* 上设置的许多字段实际上就是默认值。)

`const char` \**PyTypeObject*.tp\_name

指向包含类型名称的以 `NUL` 结尾的字符串的指针。对于可作为模块全局访问的类型, 该字符串应为模块全名, 后面跟一个点号, 然后再加类型名称; 对于内置类型, 它应当只是类型名称。如果模块是包的子模块, 则包的全名将是模块的全名的一部分。例如, 在包 `P` 的子包 `Q` 中的模块 `M` 中定义名为 `T` 的类型应当具有 *tp\_name* 初始化器 `"P.Q.M.T"`。

对于动态分配的类型对象, 这应为类型名称, 而模块名称将作为 `'__module__'` 键的值显式地保存在类型字典中。

对于静态分配的类型对象, *tp\_name* 字段应当包含一个点号。最后一个点号之前的所有内容都可作为 `__module__` 属性访问, 而最后一个点号之后的所有内容都可作为 `__name__` 属性访问。

如果不存在点号, 则整个 *tp\_name* 字段将作为 `__name__` 属性访问, 而 `__module__` 属性则将是未定义的 (除非在字典中显式地设置, 如上文所述)。这意味着你的类型将无法执行 `pickle`。此外, 用 `pydoc` 创建的模块文档中也不会列出该类型。

该字段不可为 `NULL`。它是 *PyTypeObject()* 中唯一的必填字段 (除了潜在的 *tp\_itemsize* 以外)。

**继承:**

子类型不继承此字段。

*Py\_ssize\_t* *PyTypeObject*.tp\_basicsize

*Py\_ssize\_t* *PyObject.tp\_itemsize*

通过这些字段可以计算出该类型实例以字节为单位的大小。

存在两种类型：具有固定长度实例的类型其 *tp\_itemsize* 字段为零；具有可变长度实例的类型其 *tp\_itemsize* 字段不为零。对于具有固定长度实例的类型，所有实例的大小都相同，具体大小由 *tp\_basicsize* 给出。

对于具有可变长度实例的类型，实例必须有一个 *ob\_size* 字段，实例大小为 *tp\_basicsize* 加上 *N* 乘以 *tp\_itemsize*，其中 *N* 是对象的“长度”。*N* 的值通常存储在实例的 *ob\_size* 字段中。但也有例外：举例来说，整数类型使用负的 *ob\_size* 来表示负数，*N* 在这里就是 `abs(ob_size)`。此外，在实例布局中存在 *ob\_size* 字段并不意味着实例结构是可变长度的（例如，列表类型的结构体有固定长度的实例，但这些实例却包含一个有意义的 *ob\_size* 字段）。

基本大小包括由宏 *PyObject\_HEAD* 或 *PyObject\_VAR\_HEAD*（以用于声明实例结构的宏为准）声明的实例中的字段，如果存在 *\_ob\_prev* 和 *\_ob\_next* 字段则将相应地包括这些字段。这意味着为 *tp\_basicsize* 获取初始化器的唯一正确方式是在用于声明实例布局的结构上使用 `sizeof` 操作符。基本大小不包括 GC 标头的大小。

关于对齐的说明：如果变量条目需要特定的对齐，则应通过 *tp\_basicsize* 的值来处理。例如：假设某个类型实现了一个 `double` 数组。*tp\_itemsize* 就是 `sizeof(double)`。程序员有责任确保 *tp\_basicsize* 是 `sizeof(double)` 的倍数（假设这是 `double` 的对齐要求）。

对于任何具有可变长度实例的类型，该字段不可为 `NULL`。

**继承：**

这些字段将由子类分别继承。如果基本类型有一个非零的 *tp\_itemsize*，那么在子类型中将 *tp\_itemsize* 设置为不同的非零值通常是不安全的（不过这取决于该基本类型的具体实现）。

*destructor* *PyObject.tp\_dealloc*

指向实例析构函数的指针。除非保证类型的实例永远不会被释放（就像单例对象 `None` 和 `Ellipsis` 那样），否则必须定义这个函数。函数声明如下：

```
void tp_dealloc(PyObject *self);
```

当新引用计数为零时，*Py\_DECREF()* 和 *Py\_XDECREF()* 宏会调用析构函数。此时，实例仍然存在，但已没有了对它的引用。析构函数应当释放该实例拥有的所有引用，释放实例拥有的所有内存缓冲区（使用与分配缓冲区时所用分配函数相对应的释放函数），并调用类型的 *tp\_free* 函数。如果该类型不可子类型化（未设置 *Py\_TPFLAGS\_BASETYPE* 旗标位），则允许直接调用对象的释放器而不必通过 *tp\_free*。对象的释放器应为分配实例时所使用的释放器；如果实例是使用 *PyObject\_New* 或 *PyObject\_NewVar* 分配的，则释放器通常为 *PyObject\_Del()*；如果实例是使用 *PyObject\_GC\_New* 或 *PyObject\_GC\_NewVar* 分配的，则释放器通常为 *PyObject\_GC\_Del()*。

如果该类型支持垃圾回收（设置了 *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_GC* 旗标位），则析构器应在清除任何成员字段之前调用 *PyObject\_GC\_UnTrack()*。

```
static void foo_dealloc(foo_object *self) {
    PyObject_GC_UnTrack(self);
    Py_CLEAR(self->ref);
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *)self);
}
```

最后，如果该类型是堆分配的（*Py\_TPFLAGS\_HEAPTYPE*），则在调用类型释放器后，释放器应释放对其类型对象的所有引用（通过 *Py\_DECREF()*）。为了避免悬空指针，建议的实现方式如下：

```
static void foo_dealloc(foo_object *self) {
    PyObject *tp = Py_TYPE(self);
    // free references and buffers here
    tp->tp_free(self);
    Py_DECREF(tp);
}
```

**继承:**

此字段会被子类型继承。

*Py\_ssize\_t* *PyObject*.**tp\_vectorcall\_offset**

一个相对使用 *vectorcall* 协议实现调用对象的实例级函数的可选的偏移量，这是一种比简单的 *tp\_call* 更有效的替代选择。

该字段仅在设置了 *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL* 旗标时使用。在此情况下，它必须为一个包含 *vectorcallfunc* 指针实例中的偏移量的正整数。

*vectorcallfunc* 指针可能为 NULL，在这种情况下实例的行为就像 *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL* 没有被设置一样：调用实例操作会回退至 *tp\_call*。

任何设置了 *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL* 的类也必须设置 *tp\_call* 并确保其行为与 *vectorcallfunc* 函数一致。这可以通过将 *tp\_call* 设为 *PyVectorcall\_Call()* 来实现。

在 3.8 版更改：在 3.8 版之前，这个槽位被命名为 *tp\_print*。在 Python 2.x 中，它被用于打印到文件。在 Python 3.0 至 3.7 中，它没有被使用。

在 3.12 版更改：在 3.12 版之前，不推荐可 *变堆类型* 实现 *vectorcall* 协议。当用户在 Python 代码中设置 *\_\_call\_\_* 时，只有 *tp\_call* 会被更新，很可能使它与 *vectorcall* 函数不一致。自 3.12 起，设置 *\_\_call\_\_* 将通过清除 *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL* 旗标来禁用 *vectorcall* 优化。

**继承:**

该字段总是会被继承。但是，*Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL* 旗标并不总是会被继承。如果它未被设置，则子类不会使用 *vectorcall*，除非显式地调用了 *PyVectorcall\_Call()*。

*getattrfunc* *PyObject*.**tp\_getattr**

一个指向获取属性字符串函数的可选指针。

该字段已弃用。当它被定义时，应该和 *tp\_getattro* 指向同一个函数，但接受一个 C 字符串参数表示属性名，而不是 Python 字符串对象。

**继承:**

分组: *tp\_getattr*, *tp\_getattro*

该字段会被子类和 *tp\_getattro* 所继承：当子类型的 *tp\_getattr* 和 *tp\_getattro* 均为 NULL 时该子类型将从它的基类型同时继承 *tp\_getattr* 和 *tp\_getattro*。

*setattrfunc* *PyObject*.**tp\_setattr**

一个指向函数以便设置和删除属性的可选指针。

该字段已弃用。当它被定义时，应该和 *tp\_setattro* 指向同一个函数，但接受一个 C 字符串参数表示属性名，而不是 Python 字符串对象。

**继承:**

分组: *tp\_setattr*, *tp\_setattro*

该字段会被子类型和 *tp\_setattro* 所继承：当子类型的 *tp\_setattr* 和 *tp\_setattro* 均为 NULL 时该子类型将同时从它的基类型继承 *tp\_setattr* 和 *tp\_setattro*。

*PyAsyncMethods* \**PyObject*.**tp\_as\_async**

指向一个包含仅与在 C 层级上实现 *awaitable* 和 *asynchronous iterator* 协议的对象相关联的字段的附加结构体。请参阅 *Async Object Structures* 了解详情。

3.5 新版功能：在之前被称为 *tp\_compare* 和 *tp\_reserved*。

**继承:**

*tp\_as\_async* 字段不会被继承，但所包含的字段会被单独继承。

*reprfunc* *PyObject*.**tp\_repr**

一个实现了内置函数 *repr()* 的函数的可选指针。

该签名与 *PyObject\_Repr()* 的相同：



```
PyObject *tp_repr(PyObject *self);
```

该函数必须返回一个字符串或 Unicode 对象。在理想情况下，该函数应当返回一个字符串，当将其传给 `eval()` 时，只要有合适的环境，就会返回一个具有相同值的对象。如果这不可行，则它应当返回一个以 '`<`' 开头并以 '`>`' 结尾的可被用来推断出对象的类型和值的字符串。

#### 继承：

此字段会被子类型继承。

#### 默认：

如果未设置该字段，则返回 `<%s object at %p>` 形式的字符串，其中 `%s` 将替换为类型名称，`%p` 将替换为对象的内存地址。

#### *PyNumberMethods* \**PyTypeObject*.**tp\_as\_number**

指向一个附加结构体的指针，其中包含只与执行数字协议的对象相关的字段。这些字段的文档参见 *Number Object Structures*。

#### 继承：

`tp_as_number` 字段不会被继承，但所包含的字段会被单独继承。

#### *PySequenceMethods* \**PyTypeObject*.**tp\_as\_sequence**

指向一个附加结构体的指针，其中包含只与执行序列协议的对象相关的字段。这些字段的文档参见 *Sequence Object Structures*。

#### 继承：

`tp_as_sequence` 字段不会被继承，但所包含的字段会被单独继承。

#### *PyMappingMethods* \**PyTypeObject*.**tp\_as\_mapping**

指向一个附加结构体的指针，其中包含只与执行映射协议的对象相关的字段。这些字段的文档参见 *Mapping Object Structures*。

#### 继承：

`tp_as_mapping` 字段不会继承，但所包含的字段会被单独继承。

#### *hashfunc* *PyTypeObject*.**tp\_hash**

一个指向实现了内置函数 `hash()` 的函数的可选项指针。

其签名与 `PyObject_Hash()` 的相同：

```
Py_hash_t tp_hash(PyObject *);
```

-1 不应作为正常返回值被返回；当计算哈希值过程中发生错误时，函数应设置一个异常并返回 -1。

When this field is not set (and `tp_richcompare` is not set), an attempt to take the hash of the object raises `TypeError`. This is the same as setting it to `PyObject_HashNotImplemented()`.

This field can be set explicitly to `PyObject_HashNotImplemented()` to block inheritance of the hash method from a parent type. This is interpreted as the equivalent of `__hash__ = None` at the Python level, causing `isinstance(o, collections.Hashable)` to correctly return `False`. Note that the converse is also true - setting `__hash__ = None` on a class at the Python level will result in the `tp_hash` slot being set to `PyObject_HashNotImplemented()`.

#### 继承：

Group: `tp_hash`, `tp_richcompare`

This field is inherited by subtypes together with `tp_richcompare`: a subtype inherits both of `tp_richcompare` and `tp_hash`, when the subtype's `tp_richcompare` and `tp_hash` are both `NULL`.

#### *ternaryfunc* *PyTypeObject*.**tp\_call**

An optional pointer to a function that implements calling the object. This should be `NULL` if the object is not callable. The signature is the same as for `PyObject_Call()`:

```
PyObject *tp_call(PyObject *self, PyObject *args, PyObject *kwargs);
```

**继承:**

此字段会被子类型继承。

*reprfunc* `PyTypeObject.tp_str`

An optional pointer to a function that implements the built-in operation `str()`. (Note that `str` is a type now, and `str()` calls the constructor for that type. This constructor calls `PyObject_Str()` to do the actual work, and `PyObject_Str()` will call this handler.)

The signature is the same as for `PyObject_Str()`:

```
PyObject *tp_str(PyObject *self);
```

The function must return a string or a Unicode object. It should be a "friendly" string representation of the object, as this is the representation that will be used, among other things, by the `print()` function.

**继承:**

此字段会被子类型继承。

**默认:**

When this field is not set, `PyObject_Repr()` is called to return a string representation.

*getattrfunc* `PyTypeObject.tp_getattro`

An optional pointer to the get-attribute function.

The signature is the same as for `PyObject_GetAttr()`:

```
PyObject *tp_getattro(PyObject *self, PyObject *attr);
```

It is usually convenient to set this field to `PyObject_GenericGetAttr()`, which implements the normal way of looking for object attributes.

**继承:**

分组: `tp_getattr`, `tp_getattro`

This field is inherited by subtypes together with `tp_getattr`: a subtype inherits both `tp_getattr` and `tp_getattro` from its base type when the subtype's `tp_getattr` and `tp_getattro` are both NULL.

**默认:**

`PyBaseObject_Type` uses `PyObject_GenericGetAttr()`.

*setattrfunc* `PyTypeObject.tp_setattro`

一个指向函数以便设置和删除属性的可选指针。

The signature is the same as for `PyObject_SetAttr()`:

```
int tp_setattro(PyObject *self, PyObject *attr, PyObject *value);
```

In addition, setting `value` to NULL to delete an attribute must be supported. It is usually convenient to set this field to `PyObject_GenericSetAttr()`, which implements the normal way of setting object attributes.

**继承:**

分组: `tp_setattr`, `tp_setattro`

This field is inherited by subtypes together with `tp_setattr`: a subtype inherits both `tp_setattr` and `tp_setattro` from its base type when the subtype's `tp_setattr` and `tp_setattro` are both NULL.

**默认:**

`PyBaseObject_Type` uses `PyObject_GenericSetAttr()`.

***PyBufferProcs* \*PyTypeObject.tp\_as\_buffer**

Pointer to an additional structure that contains fields relevant only to objects which implement the buffer interface. These fields are documented in *Buffer Object Structures*.

**继承:**

The *tp\_as\_buffer* field is not inherited, but the contained fields are inherited individually.

**unsigned long PyTypeObject.tp\_flags**

This field is a bit mask of various flags. Some flags indicate variant semantics for certain situations; others are used to indicate that certain fields in the type object (or in the extension structures referenced via *tp\_as\_number*, *tp\_as\_sequence*, *tp\_as\_mapping*, and *tp\_as\_buffer*) that were historically not always present are valid; if such a flag bit is clear, the type fields it guards must not be accessed and must be considered to have a zero or NULL value instead.

**继承:**

Inheritance of this field is complicated. Most flag bits are inherited individually, i.e. if the base type has a flag bit set, the subtype inherits this flag bit. The flag bits that pertain to extension structures are strictly inherited if the extension structure is inherited, i.e. the base type's value of the flag bit is copied into the subtype together with a pointer to the extension structure. The *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_GC* flag bit is inherited together with the *tp\_traverse* and *tp\_clear* fields, i.e. if the *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_GC* flag bit is clear in the subtype and the *tp\_traverse* and *tp\_clear* fields in the subtype exist and have NULL values. ... XXX are most flag bits *really* inherited individually?

**默认:**

PyBaseObject\_Type 使用 *Py\_TPFLAGS\_DEFAULT* | *Py\_TPFLAGS\_BASETYPE*。

**位掩码:**

目前定义了以下位掩码; 可以使用 | 运算符对它们进行 OR 运算以形成 *tp\_flags* 字段的值。宏 *PyType\_HasFeature()* 接受一个类型和一个旗标值 *tp* 和 *f*, 并检查 *tp->tp\_flags & f* 是否为非零值。

**Py\_TPFLAGS\_HEAPTYPE**

This bit is set when the type object itself is allocated on the heap, for example, types created dynamically using *PyType\_FromSpec()*. In this case, the *ob\_type* field of its instances is considered a reference to the type, and the type object is INCREMENTED when a new instance is created, and DECREMENTED when an instance is destroyed (this does not apply to instances of subtypes; only the type referenced by the instance's *ob\_type* gets INCREMENTED or DECREMENTED).

**继承:**

???

**Py\_TPFLAGS\_BASETYPE**

当此类型可被用作另一个类型的基类型时该比特位将被设置。如果该比特位被清除, 则此类型将无法被子类型化 (类似于 Java 中的“final”类)。

**继承:**

???

**Py\_TPFLAGS\_READY**

当此类型对象通过 *PyType\_Ready()* 被完全实例化时该比特位将被设置。

**继承:**

???

**Py\_TPFLAGS\_READYING**

当 *PyType\_Ready()* 处在初始化此类型对象过程中时该比特位将被设置。

**继承:**

???

**Py\_TPFLAGS\_HAVE\_GC**

This bit is set when the object supports garbage collection. If this bit is set, instances must be created using `PyObject_GC_New` and destroyed using `PyObject_GC_Del()`. More information in section 使对象类型支持循环垃圾回收. This bit also implies that the GC-related fields `tp_traverse` and `tp_clear` are present in the type object.

继承:

Group: `Py_TPFLAGS_HAVE_GC`, `tp_traverse`, `tp_clear`

The `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit is inherited together with the `tp_traverse` and `tp_clear` fields, i.e. if the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit is clear in the subtype and the `tp_traverse` and `tp_clear` fields in the subtype exist and have NULL values.

**Py\_TPFLAGS\_DEFAULT**

This is a bitmask of all the bits that pertain to the existence of certain fields in the type object and its extension structures. Currently, it includes the following bits: `Py_TPFLAGS_HAVE_STACKLESS_EXTENSION`.

继承:

???

**Py\_TPFLAGS\_METHOD\_DESCRIPTOR**

This bit indicates that objects behave like unbound methods.

If this flag is set for `type(meth)`, then:

- `meth.__get__(obj, cls)(*args, **kwds)` (with `obj` not None) must be equivalent to `meth(obj, *args, **kwds)`.
- `meth.__get__(None, cls)(*args, **kwds)` must be equivalent to `meth(*args, **kwds)`.

This flag enables an optimization for typical method calls like `obj.meth()`: it avoids creating a temporary "bound method" object for `obj.meth`.

3.8 新版功能.

继承:

This flag is never inherited by types without the `Py_TPFLAGS_IMMUTABLETYPE` flag set. For extension types, it is inherited whenever `tp_descr_get` is inherited.

**Py\_TPFLAGS\_MANAGED\_DICT**

This bit indicates that instances of the class have a `__dict__` attribute, and that the space for the dictionary is managed by the VM.

If this flag is set, `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` should also be set.

3.12 新版功能.

继承:

This flag is inherited unless the `tp_dictoffset` field is set in a superclass.

**Py\_TPFLAGS\_MANAGED\_WEAKREF**

This bit indicates that instances of the class should be weakly referenceable.

3.12 新版功能.

继承:

This flag is inherited unless the `tp_weaklistoffset` field is set in a superclass.

**Py\_TPFLAGS\_ITEMS\_AT\_END**

Only usable with variable-size types, i.e. ones with non-zero `tp_itemsize`.

Indicates that the variable-sized portion of an instance of this type is at the end of the instance's memory area, at an offset of `Py_TYPE(obj) -> tp_basicsize` (which may be different in each subclass).

When setting this flag, be sure that all superclasses either use this memory layout, or are not variable-sized. Python does not check this.

3.12 新版功能.

**继承:**

This flag is inherited.

**Py\_TPFLAGS\_LONG\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_LIST\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_TUPLE\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_BYTES\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_UNICODE\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_DICT\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_BASE\_EXC\_SUBCLASS****Py\_TPFLAGS\_TYPE\_SUBCLASS**

These flags are used by functions such as `PyLong_Check()` to quickly determine if a type is a subclass of a built-in type; such specific checks are faster than a generic check, like `PyObject_IsInstance()`. Custom types that inherit from built-ins should have their `tp_flags` set appropriately, or the code that interacts with such types will behave differently depending on what kind of check is used.

**Py\_TPFLAGS\_HAVE\_FINALIZE**

当类型结构体中存在 `tp_finalize` 槽位时会设置这个比特位。

3.4 新版功能.

3.8 版后已移除: 此旗标已不再是必要的, 因为解释器会假定类型结构体中总是存在 `tp_finalize` 槽位。

**Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL**

当类实现了 `vectorcall` 协议 时会设置这个比特位。请参阅 `tp_vectorcall_offset` 了解详情。

**继承:**

如果继承了 `tp_call` 则也会继承这个比特位。

3.9 新版功能.

在 3.12 版更改: This flag is now removed from a class when the class's `__call__()` method is reassigned.

This flag can now be inherited by mutable classes.

**Py\_TPFLAGS\_IMMUTABLETYPE**

不可变的类型对象会设置这个比特位: 类型属性无法被设置或删除。

`PyType_Ready()` 会自动对静态类型 应用这个旗标。

**继承:**

这个旗标不会被继承。

3.10 新版功能.

**Py\_TPFLAGS\_DISALLOW\_INSTANTIATION**

不允许创建此类型的实例：将 `tp_new` 设为 NULL 并且不会在类型字符中创建 `__new__` 键。  
这个旗标必须在创建该类型之前设置，而不是在之后。例如，它必须在该类型调用 `PyType_Ready()` 之前被设置。

The flag is set automatically on *static types* if `tp_base` is NULL or `&PyBaseObject_Type` and `tp_new` is NULL.

**继承：**

This flag is not inherited. However, subclasses will not be instantiable unless they provide a non-NULL `tp_new` (which is only possible via the C API).

---

**备注：** 要禁止直接实例化一个类但允许实例化其子类 (例如对于 *abstract base class*)，请勿使用此旗标。替代的做法是，让 `tp_new` 只对子类可用。

---

3.10 新版功能.

**Py\_TPFLAGS\_MAPPING**

This bit indicates that instances of the class may match mapping patterns when used as the subject of a match block. It is automatically set when registering or subclassing `collections.abc.Mapping`, and unset when registering `collections.abc.Sequence`.

---

**备注：** `Py_TPFLAGS_MAPPING` and `Py_TPFLAGS_SEQUENCE` are mutually exclusive; it is an error to enable both flags simultaneously.

---

**继承：**

This flag is inherited by types that do not already set `Py_TPFLAGS_SEQUENCE`.

**参见：**

**PEP 634** —— 结构化模式匹配：规范

3.10 新版功能.

**Py\_TPFLAGS\_SEQUENCE**

This bit indicates that instances of the class may match sequence patterns when used as the subject of a match block. It is automatically set when registering or subclassing `collections.abc.Sequence`, and unset when registering `collections.abc.Mapping`.

---

**备注：** `Py_TPFLAGS_MAPPING` and `Py_TPFLAGS_SEQUENCE` are mutually exclusive; it is an error to enable both flags simultaneously.

---

**继承：**

This flag is inherited by types that do not already set `Py_TPFLAGS_MAPPING`.

**参见：**

**PEP 634** —— 结构化模式匹配：规范

3.10 新版功能.

**Py\_TPFLAGS\_VALID\_VERSION\_TAG**

Internal. Do not set or unset this flag. To indicate that a class has changed call `PyType_Modified()`

**警告：** This flag is present in header files, but is an internal feature and should not be used. It will be removed in a future version of CPython



const char \**PyTypeObject*.tp\_doc

An optional pointer to a NUL-terminated C string giving the docstring for this type object. This is exposed as the `__doc__` attribute on the type and instances of the type.

**继承:**

This field is *not* inherited by subtypes.

*traverseproc* *PyTypeObject*.tp\_traverse

An optional pointer to a traversal function for the garbage collector. This is only used if the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit is set. The signature is:

```
int tp_traverse(PyObject *self, visitproc visit, void *arg);
```

More information about Python's garbage collection scheme can be found in section [使对象类型支持循环垃圾回收](#).

The `tp_traverse` pointer is used by the garbage collector to detect reference cycles. A typical implementation of a `tp_traverse` function simply calls `Py_VISIT()` on each of the instance's members that are Python objects that the instance owns. For example, this is function `local_traverse()` from the `_thread` extension module:

```
static int
local_traverse(localobject *self, visitproc visit, void *arg)
{
    Py_VISIT(self->args);
    Py_VISIT(self->kw);
    Py_VISIT(self->dict);
    return 0;
}
```

Note that `Py_VISIT()` is called only on those members that can participate in reference cycles. Although there is also a `self->key` member, it can only be NULL or a Python string and therefore cannot be part of a reference cycle.

On the other hand, even if you know a member can never be part of a cycle, as a debugging aid you may want to visit it anyway just so the `gc` module's `get_referents()` function will include it.

**警告:** When implementing `tp_traverse`, only the members that the instance *owns* (by having *strong references* to them) must be visited. For instance, if an object supports weak references via the `tp_weaklist` slot, the pointer supporting the linked list (what `tp_weaklist` points to) must **not** be visited as the instance does not directly own the weak references to itself (the weakreference list is there to support the weak reference machinery, but the instance has no strong reference to the elements inside it, as they are allowed to be removed even if the instance is still alive).

Note that `Py_VISIT()` requires the `visit` and `arg` parameters to `local_traverse()` to have these specific names; don't name them just anything.

Instances of *heap-allocated types* hold a reference to their type. Their traversal function must therefore either visit `Py_TYPE(self)`, or delegate this responsibility by calling `tp_traverse` of another heap-allocated type (such as a heap-allocated superclass). If they do not, the type object may not be garbage-collected.

在 3.9 版更改: Heap-allocated types are expected to visit `Py_TYPE(self)` in `tp_traverse`. In earlier versions of Python, due to [bug 40217](#), doing this may lead to crashes in subclasses.

**继承:**

Group: `Py_TPFLAGS_HAVE_GC`, `tp_traverse`, `tp_clear`

This field is inherited by subtypes together with `tp_clear` and the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit: the flag bit, `tp_traverse`, and `tp_clear` are all inherited from the base type if they are all zero in the subtype.

*inquiry* `PyTypeObject.tp_clear`

An optional pointer to a clear function for the garbage collector. This is only used if the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit is set. The signature is:

```
int tp_clear(PyObject *);
```

The `tp_clear` member function is used to break reference cycles in cyclic garbage detected by the garbage collector. Taken together, all `tp_clear` functions in the system must combine to break all reference cycles. This is subtle, and if in any doubt supply a `tp_clear` function. For example, the tuple type does not implement a `tp_clear` function, because it's possible to prove that no reference cycle can be composed entirely of tuples. Therefore the `tp_clear` functions of other types must be sufficient to break any cycle containing a tuple. This isn't immediately obvious, and there's rarely a good reason to avoid implementing `tp_clear`.

Implementations of `tp_clear` should drop the instance's references to those of its members that may be Python objects, and set its pointers to those members to NULL, as in the following example:

```
static int
local_clear(localobject *self)
{
    Py_CLEAR(self->key);
    Py_CLEAR(self->args);
    Py_CLEAR(self->kw);
    Py_CLEAR(self->dict);
    return 0;
}
```

The `Py_CLEAR()` macro should be used, because clearing references is delicate: the reference to the contained object must not be released (via `Py_DECREF()`) until after the pointer to the contained object is set to NULL. This is because releasing the reference may cause the contained object to become trash, triggering a chain of reclamation activity that may include invoking arbitrary Python code (due to finalizers, or weakref callbacks, associated with the contained object). If it's possible for such code to reference *self* again, it's important that the pointer to the contained object be NULL at that time, so that *self* knows the contained object can no longer be used. The `Py_CLEAR()` macro performs the operations in a safe order.

Note that `tp_clear` is not *always* called before an instance is deallocated. For example, when reference counting is enough to determine that an object is no longer used, the cyclic garbage collector is not involved and `tp_dealloc` is called directly.

Because the goal of `tp_clear` functions is to break reference cycles, it's not necessary to clear contained objects like Python strings or Python integers, which can't participate in reference cycles. On the other hand, it may be convenient to clear all contained Python objects, and write the type's `tp_dealloc` function to invoke `tp_clear`.

More information about Python's garbage collection scheme can be found in section [使对象类型支持循环垃圾回收](#).

**继承:**

Group: `Py_TPFLAGS_HAVE_GC`, `tp_traverse`, `tp_clear`

This field is inherited by subtypes together with `tp_traverse` and the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit: the flag bit, `tp_traverse`, and `tp_clear` are all inherited from the base type if they are all zero in the subtype.

*richcmpfunc* `PyTypeObject.tp_richcompare`

An optional pointer to the rich comparison function, whose signature is:

```
PyObject *tp_richcompare(PyObject *self, PyObject *other, int op);
```

The first parameter is guaranteed to be an instance of the type that is defined by `PyTypeObject`.

The function should return the result of the comparison (usually `Py_True` or `Py_False`). If the comparison is undefined, it must return `Py_NotImplemented`, if another error occurred it must return NULL and set an exception condition.

The following constants are defined to be used as the third argument for `tp_richcompare` and for `PyObject_RichCompare()`:

常量	对照
<code>Py_LT</code>	<code>&lt;</code>
<code>Py_LE</code>	<code>&lt;=</code>
<code>Py_EQ</code>	<code>==</code>
<code>Py_NE</code>	<code>!=</code>
<code>Py_GT</code>	<code>&gt;</code>
<code>Py_GE</code>	<code>&gt;=</code>

定义以下宏是为了简化编写丰富的比较函数:

**Py\_RETURN\_RICHCOMPARE**(VAL\_A, VAL\_B, op)

Return `Py_True` or `Py_False` from the function, depending on the result of a comparison. `VAL_A` and `VAL_B` must be orderable by C comparison operators (for example, they may be C ints or floats). The third argument specifies the requested operation, as for `PyObject_RichCompare()`.

The returned value is a new *strong reference*.

On error, sets an exception and returns `NULL` from the function.

3.7 新版功能.

继承:

Group: `tp_hash`, `tp_richcompare`

This field is inherited by subtypes together with `tp_hash`: a subtype inherits `tp_richcompare` and `tp_hash` when the subtype's `tp_richcompare` and `tp_hash` are both `NULL`.

默认:

`PyBaseObject_Type` provides a `tp_richcompare` implementation, which may be inherited. However, if only `tp_hash` is defined, not even the inherited function is used and instances of the type will not be able to participate in any comparisons.

`Py_ssize_t` `PyTypeObject.tp_weaklistoffset`

While this field is still supported, `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF` should be used instead, if at all possible.

If the instances of this type are weakly referenceable, this field is greater than zero and contains the offset in the instance structure of the weak reference list head (ignoring the GC header, if present); this offset is used by `PyObject_ClearWeakRefs()` and the `PyWeakref_*` functions. The instance structure needs to include a field of type `PyObject*` which is initialized to `NULL`.

Do not confuse this field with `tp_weaklist`; that is the list head for weak references to the type object itself.

It is an error to set both the `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF` bit and `tp_weaklist`.

继承:

This field is inherited by subtypes, but see the rules listed below. A subtype may override this offset; this means that the subtype uses a different weak reference list head than the base type. Since the list head is always found via `tp_weaklistoffset`, this should not be a problem.

默认:

If the `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF` bit is set in the `tp_dict` field, then `tp_weaklistoffset` will be set to a negative value, to indicate that it is unsafe to use this field.

*getterfunc* `PyTypeObject.tp_iter`

一个可选的指向函数的指针，该函数返回对象的 *iterator*。它的存在通常表明该类型的实例为 *iterable* (尽管序列在没有此函数的情况下也可能为可迭代对象)。

This function has the same signature as `PyObject_GetIter()`:

```
PyObject *tp_iter(PyObject *self);
```

继承:

此字段会被子类型继承。

*iternextfunc* `PyTypeObject.tp_iternext`

一个可选的指向函数的指针，该函数返回 *iterator* 中的下一项。其签名为:

```
PyObject *tp_iternext(PyObject *self);
```

When the iterator is exhausted, it must return NULL; a `StopIteration` exception may or may not be set. When another error occurs, it must return NULL too. Its presence signals that the instances of this type are iterators.

Iterator types should also define the `tp_iter` function, and that function should return the iterator instance itself (not a new iterator instance).

This function has the same signature as `PyIter_Next()`.

继承:

此字段会被子类型继承。

struct `PyMethodDef *PyTypeObject.tp_methods`

An optional pointer to a static NULL-terminated array of `PyMethodDef` structures, declaring regular methods of this type.

For each entry in the array, an entry is added to the type's dictionary (see `tp_dict` below) containing a method descriptor.

继承:

This field is not inherited by subtypes (methods are inherited through a different mechanism).

struct `PyMemberDef *PyTypeObject.tp_members`

An optional pointer to a static NULL-terminated array of `PyMemberDef` structures, declaring regular data members (fields or slots) of instances of this type.

For each entry in the array, an entry is added to the type's dictionary (see `tp_dict` below) containing a member descriptor.

继承:

This field is not inherited by subtypes (members are inherited through a different mechanism).

struct `PyGetSetDef *PyTypeObject.tp_getset`

An optional pointer to a static NULL-terminated array of `PyGetSetDef` structures, declaring computed attributes of instances of this type.

For each entry in the array, an entry is added to the type's dictionary (see `tp_dict` below) containing a getset descriptor.

**继承：**

This field is not inherited by subtypes (computed attributes are inherited through a different mechanism).

*PyObject* \**PyTypeObject*.**tp\_base**

An optional pointer to a base type from which type properties are inherited. At this level, only single inheritance is supported; multiple inheritance require dynamically creating a type object by calling the metatype.

---

**备注：** Slot initialization is subject to the rules of initializing globals. C99 requires the initializers to be "address constants". Function designators like *PyType\_GenericNew()*, with implicit conversion to a pointer, are valid C99 address constants.

However, the unary '&' operator applied to a non-static variable like *PyBaseObject\_Type* is not required to produce an address constant. Compilers may support this (gcc does), MSVC does not. Both compilers are strictly standard conforming in this particular behavior.

Consequently, *tp\_base* should be set in the extension module's init function.

---

**继承：**

This field is not inherited by subtypes (obviously).

**默认：**

This field defaults to *&PyBaseObject\_Type* (which to Python programmers is known as the type object).

*PyObject* \**PyTypeObject*.**tp\_dict**

The type's dictionary is stored here by *PyType\_Ready()*.

This field should normally be initialized to NULL before *PyType\_Ready* is called; it may also be initialized to a dictionary containing initial attributes for the type. Once *PyType\_Ready()* has initialized the type, extra attributes for the type may be added to this dictionary only if they don't correspond to overloaded operations (like *\_\_add\_\_()*). Once initialization for the type has finished, this field should be treated as read-only.

Some types may not store their dictionary in this slot. Use *PyType\_GetDict()* to retrieve the dictionary for an arbitrary type.

在 3.12 版更改: Internals detail: For static builtin types, this is always NULL. Instead, the dict for such types is stored on *PyInterpreterState*. Use *PyType\_GetDict()* to get the dict for an arbitrary type.

**继承：**

This field is not inherited by subtypes (though the attributes defined in here are inherited through a different mechanism).

**默认：**

If this field is NULL, *PyType\_Ready()* will assign a new dictionary to it.

**警告：** It is not safe to use *PyDict\_SetItem()* on or otherwise modify *tp\_dict* with the dictionary C-API.

*descrgetfunc* *PyTypeObject*.**tp\_descr\_get**

An optional pointer to a "descriptor get" function.

函数的签名为:

```
PyObject * tp_descr_get(PyObject *self, PyObject *obj, PyObject *type);
```

**继承：**

此字段会被子类型继承。

*descrsetfunc* `PyTypeObject.tp_descr_set`

An optional pointer to a function for setting and deleting a descriptor's value.

函数的签名为:

```
int tp_descr_set(PyObject *self, PyObject *obj, PyObject *value);
```

The *value* argument is set to NULL to delete the value.

**继承:**

此字段会被子类型继承。

*Py\_ssize\_t* `PyTypeObject.tp_dictoffset`

While this field is still supported, `Py_TPFLAGS_MANAGED_DICT` should be used instead, if at all possible.

If the instances of this type have a dictionary containing instance variables, this field is non-zero and contains the offset in the instances of the type of the instance variable dictionary; this offset is used by `PyObject_GenericGetAttr()`.

Do not confuse this field with `tp_dict`; that is the dictionary for attributes of the type object itself.

The value specifies the offset of the dictionary from the start of the instance structure.

The `tp_dictoffset` should be regarded as write-only. To get the pointer to the dictionary call `PyObject_GenericGetDict()`. Calling `PyObject_GenericGetDict()` may need to allocate memory for the dictionary, so it is may be more efficient to call `PyObject_GetAttr()` when accessing an attribute on the object.

It is an error to set both the `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF` bit and `tp_dictoffset`.

**继承:**

This field is inherited by subtypes. A subtype should not override this offset; doing so could be unsafe, if C code tries to access the dictionary at the previous offset. To properly support inheritance, use `Py_TPFLAGS_MANAGED_DICT`.

**默认:**

This slot has no default. For *static types*, if the field is NULL then no `__dict__` gets created for instances.

If the `Py_TPFLAGS_MANAGED_DICT` bit is set in the `tp_dict` field, then `tp_dictoffset` will be set to -1, to indicate that it is unsafe to use this field.

*initproc* `PyTypeObject.tp_init`

An optional pointer to an instance initialization function.

This function corresponds to the `__init__()` method of classes. Like `__init__()`, it is possible to create an instance without calling `__init__()`, and it is possible to reinitialize an instance by calling its `__init__()` method again.

函数的签名为:

```
int tp_init(PyObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds);
```

The *self* argument is the instance to be initialized; the *args* and *kwds* arguments represent positional and keyword arguments of the call to `__init__()`.

The `tp_init` function, if not NULL, is called when an instance is created normally by calling its type, after the type's `tp_new` function has returned an instance of the type. If the `tp_new` function returns an instance of some other type that is not a subtype of the original type, no `tp_init` function is called; if `tp_new` returns an instance of a subtype of the original type, the subtype's `tp_init` is called.

成功时返回 0, 发生错误时则返回 -1 并在错误上设置一个异常。and sets an exception on error.

**继承:**

此字段会被子类型继承。



**默认:**

对于静态类型来说该字段没有默认值。

*allocfunc* `PyTypeObject.tp_alloc`

指向一个实例分配函数的可选指针。

函数的签名为:

```
PyObject *tp_alloc(PyTypeObject *self, Py_ssize_t nitems);
```

**继承:**

This field is inherited by static subtypes, but not by dynamic subtypes (subtypes created by a class statement).

**默认:**

For dynamic subtypes, this field is always set to `PyType_GenericAlloc()`, to force a standard heap allocation strategy.

For static subtypes, `PyBaseObject_Type` uses `PyType_GenericAlloc()`. That is the recommended value for all statically defined types.

*newfunc* `PyTypeObject.tp_new`

An optional pointer to an instance creation function.

函数的签名为:

```
PyObject *tp_new(PyTypeObject *subtype, PyObject *args, PyObject *kwargs);
```

The *subtype* argument is the type of the object being created; the *args* and *kwargs* arguments represent positional and keyword arguments of the call to the type. Note that *subtype* doesn't have to equal the type whose `tp_new` function is called; it may be a subtype of that type (but not an unrelated type).

The `tp_new` function should call `subtype->tp_alloc(subtype, nitems)` to allocate space for the object, and then do only as much further initialization as is absolutely necessary. Initialization that can safely be ignored or repeated should be placed in the `tp_init` handler. A good rule of thumb is that for immutable types, all initialization should take place in `tp_new`, while for mutable types, most initialization should be deferred to `tp_init`.

Set the `Py_TPFLAGS_DISALLOW_INSTANTIATION` flag to disallow creating instances of the type in Python.

**继承:**

This field is inherited by subtypes, except it is not inherited by *static types* whose `tp_base` is `NULL` or `&PyBaseObject_Type`.

**默认:**

For *static types* this field has no default. This means if the slot is defined as `NULL`, the type cannot be called to create new instances; presumably there is some other way to create instances, like a factory function.

*freefunc* `PyTypeObject.tp_free`

An optional pointer to an instance deallocation function. Its signature is:

```
void tp_free(void *self);
```

An initializer that is compatible with this signature is `PyObject_Free()`.

**继承:**

This field is inherited by static subtypes, but not by dynamic subtypes (subtypes created by a class statement)

**默认:**

In dynamic subtypes, this field is set to a deallocator suitable to match `PyType_GenericAlloc()` and the value of the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit.

For static subtypes, `PyBaseObject_Type` uses `PyObject_Del()`.

*inquiry* `PyTypeObject.tp_is_gc`

可选的指向垃圾回收器所调用的函数的指针。

The garbage collector needs to know whether a particular object is collectible or not. Normally, it is sufficient to look at the object's type's `tp_flags` field, and check the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag bit. But some types have a mixture of statically and dynamically allocated instances, and the statically allocated instances are not collectible. Such types should define this function; it should return 1 for a collectible instance, and 0 for a non-collectible instance. The signature is:

```
int tp_is_gc(PyObject *self);
```

(The only example of this are types themselves. The metatype, `PyType_Type`, defines this function to distinguish between statically and *dynamically allocated types*.)

**继承:**

此字段会被子类型继承。

**默认:**

This slot has no default. If this field is NULL, `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` is used as the functional equivalent.

*PyObject\** `PyTypeObject.tp_bases`

Tuple of base types.

This field should be set to NULL and treated as read-only. Python will fill it in when the type is *initialized*.

For dynamically created classes, the `Py_tp_bases` slot can be used instead of the *bases* argument of `PyType_FromSpecWithBases()`. The argument form is preferred.

**警告:** Multiple inheritance does not work well for statically defined types. If you set `tp_bases` to a tuple, Python will not raise an error, but some slots will only be inherited from the first base.

**继承:**

这个字段不会被继承。

*PyObject\** `PyTypeObject.tp_mro`

包含基类型的扩展集的元组，以类型本身开始并以 `object` 作为结束，使用方法解析顺序。

This field should be set to NULL and treated as read-only. Python will fill it in when the type is *initialized*.

**继承:**

这个字段不会被继承；它是通过 `PyType_Ready()` 计算得到的。

*PyObject\** `PyTypeObject.tp_cache`

尚未使用。仅供内部使用。

**继承:**

这个字段不会被继承。

*void\** `PyTypeObject.tp_subclasses`

A collection of subclasses. Internal use only. May be an invalid pointer.

To get a list of subclasses, call the Python method `__subclasses__()`.

在 3.12 版更改: For some types, this field does not hold a valid `PyObject*`. The type was changed to `void*` to indicate this.

**继承:**

这个字段不会被继承。

*PyObject* \*PyTypeObject.**tp\_weaklist**

Weak reference list head, for weak references to this type object. Not inherited. Internal use only.

在 3.12 版更改: Internals detail: For the static builtin types this is always NULL, even if weakrefs are added. Instead, the weakrefs for each are stored on PyInterpreterState. Use the public C-API or the internal `_PyObject_GET_WEAKREFS_LISTPTR()` macro to avoid the distinction.

**继承:**

这个字段不会被继承。

*destructor* PyTypeObject.**tp\_del**

This field is deprecated. Use *tp\_finalize* instead.

unsigned int PyTypeObject.**tp\_version\_tag**

Used to index into the method cache. Internal use only.

**继承:**

这个字段不会被继承。

*destructor* PyTypeObject.**tp\_finalize**

An optional pointer to an instance finalization function. Its signature is:

```
void tp_finalize(PyObject *self);
```

If *tp\_finalize* is set, the interpreter calls it once when finalizing an instance. It is called either from the garbage collector (if the instance is part of an isolated reference cycle) or just before the object is deallocated. Either way, it is guaranteed to be called before attempting to break reference cycles, ensuring that it finds the object in a sane state.

*tp\_finalize* should not mutate the current exception status; therefore, a recommended way to write a non-trivial finalizer is:

```
static void
local_finalize(PyObject *self)
{
    PyObject *error_type, *error_value, *error_traceback;

    /* Save the current exception, if any. */
    PyErr_Fetch(&error_type, &error_value, &error_traceback);

    /* ... */

    /* Restore the saved exception. */
    PyErr_Restore(error_type, error_value, error_traceback);
}
```

Also, note that, in a garbage collected Python, *tp\_dealloc* may be called from any Python thread, not just the thread which created the object (if the object becomes part of a refcount cycle, that cycle might be collected by a garbage collection on any thread). This is not a problem for Python API calls, since the thread on which *tp\_dealloc* is called will own the Global Interpreter Lock (GIL). However, if the object being destroyed in turn destroys objects from some other C or C++ library, care should be taken to ensure that destroying those objects on the thread which called *tp\_dealloc* will not violate any assumptions of the library.

**继承:**

此字段会被子类型继承。

3.4 新版功能.

在 3.8 版更改: Before version 3.8 it was necessary to set the *Py\_TPFLAGS\_HAVE\_FINALIZE* flags bit in order for this field to be used. This is no longer required.

**参见:**

”Safe object finalization” ([PEP 442](#))

*vectorcallfunc* *PyTypeObject*.`tp_vectorcall`

Vectorcall function to use for calls of this type object. In other words, it is used to implement *vectorcall* for `type.__call__`. If `tp_vectorcall` is NULL, the default call implementation using `__new__()` and `__init__()` is used.

**继承:**

这个字段不会被继承。

3.9 新版功能: (这个字段从 3.8 起即存在, 但是从 3.9 开始投入使用)

unsigned char *PyTypeObject*.`tp_watched`

Internal. Do not use.

3.12 新版功能.

## 12.3.6 Static Types

Traditionally, types defined in C code are *static*, that is, a static *PyTypeObject* structure is defined directly in code and initialized using *PyType\_Ready()*.

This results in types that are limited relative to types defined in Python:

- Static types are limited to one base, i.e. they cannot use multiple inheritance.
- Static type objects (but not necessarily their instances) are immutable. It is not possible to add or modify the type object's attributes from Python.
- Static type objects are shared across *sub-interpreters*, so they should not include any subinterpreter-specific state.

Also, since *PyTypeObject* is only part of the *Limited API* as an opaque struct, any extension modules using static types must be compiled for a specific Python minor version.

## 12.3.7 堆类型

An alternative to *static types* is *heap-allocated types*, or *heap types* for short, which correspond closely to classes created by Python's `class` statement. Heap types have the *Py\_TPFLAGS\_HEAPTYPE* flag set.

This is done by filling a *PyType\_Spec* structure and calling *PyType\_FromSpec()*, *PyType\_FromSpecWithBases()*, *PyType\_FromModuleAndSpec()*, or *PyType\_FromMetaclass()*.

## 12.4 Number Object Structures

type **PyNumberMethods**

This structure holds pointers to the functions which an object uses to implement the number protocol. Each function is used by the function of similar name documented in the *数字协议* section.

Here is the structure definition:

```
typedef struct {
    binaryfunc nb_add;
    binaryfunc nb_subtract;
    binaryfunc nb_multiply;
    binaryfunc nb_remainder;
    binaryfunc nb_divmod;
    ternaryfunc nb_power;
    unaryfunc nb_negative;
    unaryfunc nb_positive;
```

(下页继续)

(续上页)

```

    unaryfunc nb_absolute;
    inquiry nb_bool;
    unaryfunc nb_invert;
    binaryfunc nb_lshift;
    binaryfunc nb_rshift;
    binaryfunc nb_and;
    binaryfunc nb_xor;
    binaryfunc nb_or;
    unaryfunc nb_int;
    void *nb_reserved;
    unaryfunc nb_float;

    binaryfunc nb_inplace_add;
    binaryfunc nb_inplace_subtract;
    binaryfunc nb_inplace_multiply;
    binaryfunc nb_inplace_remainder;
    ternaryfunc nb_inplace_power;
    binaryfunc nb_inplace_lshift;
    binaryfunc nb_inplace_rshift;
    binaryfunc nb_inplace_and;
    binaryfunc nb_inplace_xor;
    binaryfunc nb_inplace_or;

    binaryfunc nb_floor_divide;
    binaryfunc nb_true_divide;
    binaryfunc nb_inplace_floor_divide;
    binaryfunc nb_inplace_true_divide;

    unaryfunc nb_index;

    binaryfunc nb_matrix_multiply;
    binaryfunc nb_inplace_matrix_multiply;
} PyNumberMethods;

```

**备注：** Binary and ternary functions must check the type of all their operands, and implement the necessary conversions (at least one of the operands is an instance of the defined type). If the operation is not defined for the given operands, binary and ternary functions must return `Py_NotImplemented`, if another error occurred they must return `NULL` and set an exception.

**备注：** The `nb_reserved` field should always be `NULL`. It was previously called `nb_long`, and was renamed in Python 3.0.1.

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_add`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_subtract`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_multiply`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_remainder`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_divmod`

*ternaryfunc* `PyNumberMethods.nb_power`

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_negative`

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_positive`

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_absolute`

*inquiry* `PyNumberMethods.nb_bool`

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_invert`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_lshift`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_rshift`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_and`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_xor`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_or`

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_int`

`void *`*PyNumberMethods.nb\_reserved*

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_float`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_add`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_subtract`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_multiply`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_remainder`

*ternaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_power`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_lshift`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_rshift`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_and`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_xor`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_or`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_floor_divide`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_true_divide`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_floor_divide`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_true_divide`

*unaryfunc* `PyNumberMethods.nb_index`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_matrix_multiply`

*binaryfunc* `PyNumberMethods.nb_inplace_matrix_multiply`



## 12.5 Mapping Object Structures

type **PyMappingMethods**

This structure holds pointers to the functions which an object uses to implement the mapping protocol. It has three members:

*lenfunc* **PyMappingMethods.mp\_length**

This function is used by *PyMapping\_Size()* and *PyObject\_Size()*, and has the same signature. This slot may be set to NULL if the object has no defined length.

*binaryfunc* **PyMappingMethods.mp\_subscript**

This function is used by *PyObject\_GetItem()* and *PySequence\_GetSlice()*, and has the same signature as *PyObject\_GetItem()*. This slot must be filled for the *PyMapping\_Check()* function to return 1, it can be NULL otherwise.

*objobjargproc* **PyMappingMethods.mp\_ass\_subscript**

This function is used by *PyObject\_SetItem()*, *PyObject\_DelItem()*, *PySequence\_SetSlice()* and *PySequence\_DelSlice()*. It has the same signature as *PyObject\_SetItem()*, but *v* can also be set to NULL to delete an item. If this slot is NULL, the object does not support item assignment and deletion.

## 12.6 Sequence Object Structures

type **PySequenceMethods**

This structure holds pointers to the functions which an object uses to implement the sequence protocol.

*lenfunc* **PySequenceMethods.sq\_length**

This function is used by *PySequence\_Size()* and *PyObject\_Size()*, and has the same signature. It is also used for handling negative indices via the *sq\_item* and the *sq\_ass\_item* slots.

*binaryfunc* **PySequenceMethods.sq\_concat**

This function is used by *PySequence\_Concat()* and has the same signature. It is also used by the + operator, after trying the numeric addition via the *nb\_add* slot.

*ssizeargfunc* **PySequenceMethods.sq\_repeat**

This function is used by *PySequence\_Repeat()* and has the same signature. It is also used by the \* operator, after trying numeric multiplication via the *nb\_multiply* slot.

*ssizeargfunc* **PySequenceMethods.sq\_item**

This function is used by *PySequence\_GetItem()* and has the same signature. It is also used by *PyObject\_GetItem()*, after trying the subscription via the *mp\_subscript* slot. This slot must be filled for the *PySequence\_Check()* function to return 1, it can be NULL otherwise.

Negative indexes are handled as follows: if the *sq\_length* slot is filled, it is called and the sequence length is used to compute a positive index which is passed to *sq\_item*. If *sq\_length* is NULL, the index is passed as is to the function.

*ssizeobjargproc* **PySequenceMethods.sq\_ass\_item**

This function is used by *PySequence\_SetItem()* and has the same signature. It is also used by *PyObject\_SetItem()* and *PyObject\_DelItem()*, after trying the item assignment and deletion via the *mp\_ass\_subscript* slot. This slot may be left to NULL if the object does not support item assignment and deletion.

*objobjproc* **PySequenceMethods.sq\_contains**

该函数可供 *PySequence\_Contains()* 使用并具有相同的签名。此槽位可以保持为 NULL，在此情况下 *PySequence\_Contains()* 只需遍历该序列直到找到一个匹配。

*binaryfunc* *PySequenceMethods*.**sq\_inplace\_concat**

This function is used by *PySequence\_InPlaceConcat()* and has the same signature. It should modify its first operand, and return it. This slot may be left to NULL, in this case *PySequence\_InPlaceConcat()* will fall back to *PySequence\_Concat()*. It is also used by the augmented assignment `+=`, after trying numeric in-place addition via the *nb\_inplace\_add* slot.

*ssizeargfunc* *PySequenceMethods*.**sq\_inplace\_repeat**

This function is used by *PySequence\_InPlaceRepeat()* and has the same signature. It should modify its first operand, and return it. This slot may be left to NULL, in this case *PySequence\_InPlaceRepeat()* will fall back to *PySequence\_Repeat()*. It is also used by the augmented assignment `*=`, after trying numeric in-place multiplication via the *nb\_inplace\_multiply* slot.

## 12.7 Buffer Object Structures

type **PyBufferProcs**

This structure holds pointers to the functions required by the *Buffer protocol*. The protocol defines how an exporter object can expose its internal data to consumer objects.

*getbufferproc* *PyBufferProcs*.**bf\_getbuffer**

The signature of this function is:

```
int (PyObject *exporter, Py_buffer *view, int flags);
```

Handle a request to *exporter* to fill in *view* as specified by *flags*. Except for point (3), an implementation of this function MUST take these steps:

- (1) Check if the request can be met. If not, raise *BufferError*, set *view->obj* to NULL and return -1.
- (2) Fill in the requested fields.
- (3) Increment an internal counter for the number of exports.
- (4) Set *view->obj* to *exporter* and increment *view->obj*.
- (5) Return 0.

If *exporter* is part of a chain or tree of buffer providers, two main schemes can be used:

- Re-export: Each member of the tree acts as the exporting object and sets *view->obj* to a new reference to itself.
- Redirect: The buffer request is redirected to the root object of the tree. Here, *view->obj* will be a new reference to the root object.

The individual fields of *view* are described in section *Buffer structure*, the rules how an exporter must react to specific requests are in section *Buffer request types*.

All memory pointed to in the *Py\_buffer* structure belongs to the exporter and must remain valid until there are no consumers left. *format*, *shape*, *strides*, *suboffsets* and *internal* are read-only for the consumer.

*PyBuffer\_FillInfo()* provides an easy way of exposing a simple bytes buffer while dealing correctly with all request types.

*PyObject\_GetBuffer()* is the interface for the consumer that wraps this function.

*releasebufferproc* *PyBufferProcs*.**bf\_releasebuffer**

The signature of this function is:

```
void (PyObject *exporter, Py_buffer *view);
```

Handle a request to release the resources of the buffer. If no resources need to be released, `PyBufferProcs.bf_releasebuffer` may be NULL. Otherwise, a standard implementation of this function will take these optional steps:

- (1) Decrement an internal counter for the number of exports.
- (2) If the counter is 0, free all memory associated with `view`.

The exporter MUST use the `internal` field to keep track of buffer-specific resources. This field is guaranteed to remain constant, while a consumer MAY pass a copy of the original buffer as the `view` argument.

This function MUST NOT decrement `view->obj`, since that is done automatically in `PyBuffer_Release()` (this scheme is useful for breaking reference cycles).

`PyBuffer_Release()` is the interface for the consumer that wraps this function.

## 12.8 Async Object Structures

3.5 新版功能.

type **PyAsyncMethods**

This structure holds pointers to the functions required to implement *awaitable* and *asynchronous iterator* objects.

Here is the structure definition:

```
typedef struct {
    unaryfunc am_await;
    unaryfunc am_aiter;
    unaryfunc am_anext;
    sendfunc am_send;
} PyAsyncMethods;
```

*unaryfunc* **PyAsyncMethods.am\_await**

The signature of this function is:

```
PyObject *am_await(PyObject *self);
```

返回的对象必须为 *iterator*，即对其执行 `PyIter_Check()` 必须返回 1。

This slot may be set to NULL if an object is not an *awaitable*.

*unaryfunc* **PyAsyncMethods.am\_aiter**

The signature of this function is:

```
PyObject *am_aiter(PyObject *self);
```

Must return an *asynchronous iterator* object. See `__anext__()` for details.

This slot may be set to NULL if an object does not implement asynchronous iteration protocol.

*unaryfunc* **PyAsyncMethods.am\_anext**

The signature of this function is:

```
PyObject *am_anext(PyObject *self);
```

Must return an *awaitable* object. See `__anext__()` for details. This slot may be set to NULL.

*sendfunc* **PyAsyncMethods.am\_send**

The signature of this function is:

```
PySendResult am_send(PyObject *self, PyObject *arg, PyObject **result);
```

See `PyIter_Send()` for details. This slot may be set to `NULL`.

3.10 新版功能.

## 12.9 Slot Type typedefs

typedef *PyObject* \*(\***allocfunc**)(*PyTypeObject* \*cls, *Py\_ssize\_t* nitems)

*Part of the Stable ABI.* The purpose of this function is to separate memory allocation from memory initialization. It should return a pointer to a block of memory of adequate length for the instance, suitably aligned, and initialized to zeros, but with `ob_refcnt` set to 1 and `ob_type` set to the type argument. If the type's `tp_itemsize` is non-zero, the object's `ob_size` field should be initialized to `nitems` and the length of the allocated memory block should be `tp_basicsize + nitems*tp_itemsize`, rounded up to a multiple of `sizeof(void*)`; otherwise, `nitems` is not used and the length of the block should be `tp_basicsize`.

This function should not do any other instance initialization, not even to allocate additional memory; that should be done by `tp_new`.

typedef void (\***destructor**)(*PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.*

typedef void (\***freefunc**)(void\*)

参见 `tp_free`.

typedef *PyObject* \*(\***newfunc**)(*PyObject*\*, *PyObject*\*, *PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_new`.

typedef int (\***initproc**)(*PyObject*\*, *PyObject*\*, *PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_init`.

typedef *PyObject* \*(\***reprfunc**)(*PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_repr`.

typedef *PyObject* \*(\***getattrfunc**)(*PyObject* \*self, char \*attr)

*Part of the Stable ABI.* 返回对象的指定属性的值。

typedef int (\***setattrfunc**)(*PyObject* \*self, char \*attr, *PyObject* \*value)

*Part of the Stable ABI.* Set the value of the named attribute for the object. The value argument is set to `NULL` to delete the attribute.

typedef *PyObject* \*(\***getattrofunc**)(*PyObject* \*self, *PyObject* \*attr)

*Part of the Stable ABI.* 返回对象的指定属性的值。

参见 `tp_getattro`.

typedef int (\***setattrofunc**)(*PyObject* \*self, *PyObject* \*attr, *PyObject* \*value)

*Part of the Stable ABI.* Set the value of the named attribute for the object. The value argument is set to `NULL` to delete the attribute.

参见 `tp_setattro`.

typedef *PyObject* \*(\***descrgetfunc**)(*PyObject*\*, *PyObject*\*, *PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_descr_get`.

typedef int (\***descrsetfunc**)(*PyObject*\*, *PyObject*\*, *PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_descr_set`.

typedef *Py\_hash\_t* (\***hashfunc**)(*PyObject*\*)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_hash`.

typedef *PyObject* \*(\***richcmpfunc**)(*PyObject*\*, *PyObject*\*, int)

*Part of the Stable ABI.* 参见 `tp_richcompare`.

```
typedef PyObject *(*getiterfunc)(PyObject*)
    Part of the Stable ABI. 参见 tp_iter。
```

```
typedef PyObject *(*iternextfunc)(PyObject*)
    Part of the Stable ABI. 参见 tp_iternext。
```

```
typedef Py_ssize_t (*lenfunc)(PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef int (*getbufferproc)(PyObject*, Py_buffer*, int)
    Part of the Stable ABI since version 3.12.
```

```
typedef void (*releasebufferproc)(PyObject*, Py_buffer*)
    Part of the Stable ABI since version 3.12.
```

```
typedef PyObject *(*unaryfunc)(PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef PyObject *(*binaryfunc)(PyObject*, PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef PySendResult (*sendfunc)(PyObject*, PyObject*, PyObject**)
    参见 am_send。
```

```
typedef PyObject *(*ternaryfunc)(PyObject*, PyObject*, PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef PyObject *(*ssizeargfunc)(PyObject*, Py_ssize_t)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef int (*ssizeobjargproc)(PyObject*, Py_ssize_t, PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef int (*objobjproc)(PyObject*, PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

```
typedef int (*objobjargproc)(PyObject*, PyObject*, PyObject*)
    Part of the Stable ABI.
```

## 12.10 例子

下面是一些 Python 类型定义的简单示例。其中包括你可能会遇到的通常用法。有些演示了令人困惑的边际情况。要获取更多示例、实践信息以及教程，请参阅 `defining-new-types` 和 `new-types-topics`。

一个基本的静态类型：

```
typedef struct {
    PyObject_HEAD
    const char *data;
} MyObject;

static PyTypeObject MyObject_Type = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "mymod.MyObject",
    .tp_basicsize = sizeof(MyObject),
    .tp_doc = PyDoc_STR("My objects"),
    .tp_new = myobj_new,
    .tp_dealloc = (destructor)myobj_dealloc,
    .tp_repr = (reprfunc)myobj_repr,
};
```

你可能还会看到带有更繁琐的初始化器的较旧代码（特别是在 CPython 代码库中）：

```
static PyObject* MyObject_Type = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    "mymod.MyObject",           /* tp_name */
    sizeof(MyObject),           /* tp_basicsize */
    0,                           /* tp_itemsize */
    (destructor)myobj_dealloc,  /* tp_dealloc */
    0,                           /* tp_vectorcall_offset */
    0,                           /* tp_getattr */
    0,                           /* tp_setattr */
    0,                           /* tp_as_async */
    (reprfunc)myobj_repr,       /* tp_repr */
    0,                           /* tp_as_number */
    0,                           /* tp_as_sequence */
    0,                           /* tp_as_mapping */
    0,                           /* tp_hash */
    0,                           /* tp_call */
    0,                           /* tp_str */
    0,                           /* tp_getattro */
    0,                           /* tp_setattro */
    0,                           /* tp_as_buffer */
    0,                           /* tp_flags */
    PyDoc_STR("My objects"),     /* tp_doc */
    0,                           /* tp_traverse */
    0,                           /* tp_clear */
    0,                           /* tp_richcompare */
    0,                           /* tp_weaklistoffset */
    0,                           /* tp_iter */
    0,                           /* tp_iternext */
    0,                           /* tp_methods */
    0,                           /* tp_members */
    0,                           /* tp_getset */
    0,                           /* tp_base */
    0,                           /* tp_dict */
    0,                           /* tp_descr_get */
    0,                           /* tp_descr_set */
    0,                           /* tp_dictoffset */
    0,                           /* tp_init */
    0,                           /* tp_alloc */
    myobj_new,                   /* tp_new */
};
```

一个支持弱引用、实例字典和哈希运算的类型：

```
typedef struct {
    PyObject_HEAD
    const char *data;
} MyObject;

static PyObject* MyObject_Type = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "mymod.MyObject",
    .tp_basicsize = sizeof(MyObject),
    .tp_doc = PyDoc_STR("My objects"),
    .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE |
        Py_TPFLAGS_HAVE_GC | Py_TPFLAGS_MANAGED_DICT |
        Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF,
    .tp_new = myobj_new,
    .tp_traverse = (traverseproc)myobj_traverse,
    .tp_clear = (inquiry)myobj_clear,
    .tp_alloc = PyType_GenericNew,
    .tp_dealloc = (destructor)myobj_dealloc,
```

(下页继续)



(续上页)

```
.tp_repr = (reprfunc)myobj_repr,
.tp_hash = (hashfunc)myobj_hash,
.tp_richcompare = PyBaseObject_Type.tp_richcompare,
};
```

A str subclass that cannot be subclassed and cannot be called to create instances (e.g. uses a separate factory func) using `Py_TPFLAGS_DISALLOW_INSTANTIATION` flag:

```
typedef struct {
    PyUnicodeObject raw;
    char *extra;
} MyStr;

static PyTypeObject MyStr_Type = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "mymod.MyStr",
    .tp_basicsize = sizeof(MyStr),
    .tp_base = NULL, // set to &PyUnicode_Type in module init
    .tp_doc = PyDoc_STR("my custom str"),
    .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_DISALLOW_INSTANTIATION,
    .tp_repr = (reprfunc)myobj_repr,
};
```

最简单的固定长度实例静态类型:

```
typedef struct {
    PyObject_HEAD
} MyObject;

static PyTypeObject MyObject_Type = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "mymod.MyObject",
};
```

The simplest *static type* with variable-length instances:

```
typedef struct {
    PyObject_VAR_HEAD
    const char *data[1];
} MyObject;

static PyTypeObject MyObject_Type = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "mymod.MyObject",
    .tp_basicsize = sizeof(MyObject) - sizeof(char *),
    .tp_itemsize = sizeof(char *),
};
```

## 12.11 使对象类型支持循环垃圾回收

Python 对循环引用的垃圾检测与回收需要“容器”对象类型的支持，此类型的容器对象中可能包含其它容器对象。不保存其它对象的引用的类型，或者只保存原子类型（如数字或字符串）的引用的类型，不需要显式提供垃圾回收的支持。

要创建一个容器类，类型对象的 `tp_flags` 字段必须包括 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` 并提供一个 `tp_traverse` 处理句柄的实现。如果该类型的实例是可变的，则还必须提供 `tp_clear` 的实现。

`Py_TPFLAGS_HAVE_GC` 设置了此标志位的类型的对象必须符合此处记录的规则。为方便起见，下文把这些对象称为容器对象。

容器类型的构造函数必须符合两个规则：

1. 该对象的内在必须使用 `PyObject_GC_New` 或 `PyObject_GC_NewVar` 来分配。
2. 初始化了所有可能包含其他容器的引用的字段后，它必须调用 `PyObject_GC_Track()`。

同样的，对象的释放器必须符合两个类似的规则：

1. 在引用其它容器的字段失效前，必须调用 `PyObject_GC_UnTrack()`。
2. 必须使用 `PyObject_GC_Del()` 释放对象的内存。

**警告：** 如果一个类型添加了 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC`，则它 必须实现至少一个 `tp_traverse` 句柄或显式地使用来自其一个或多个子类的句柄。

当调用 `PyType_Ready()` 或者某些间接调用该函数的 API 如 `PyType_FromSpecWithBases()` 或 `PyType_FromSpec()` 时解释器将自动填充 `tp_flags`, `tp_traverse` 和 `tp_clear` 字段，如果该类型是继承自实现了垃圾回收器协议的类并且该子类没有包括 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` 旗标的话。

**PyObject\_GC\_New** (TYPE, typeobj)

类似于 `PyObject_New` 但专用于设置了 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` 旗标的容器对象。

**PyObject\_GC\_NewVar** (TYPE, typeobj, size)

与 `PyObject_NewVar` 类似但专用于设置了 `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` 旗标的容器对象。

**PyObject\*PyObject\_GC\_NewWithExtraData** (PyTypeObject\*type, size\_t extra\_size)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

与 `PyObject_GC_New` 类似但会在对象的末尾分配 `extra_size` 个字节（在 `tp_basicsize` 偏移量处）。除 `Python` 对象标头外，分配的内存将初始化为零。

附加数据将与对象一起被释放，但在其他情况下则不会由 `Python` 来管理。

**警告：** 此函数被标记为非稳定的因为在实例之后保留附加数据的机制尚未确定。要分配可变数量的字段，推荐改用 `PyVarObject` 和 `tp_itemsize`。

3.12 新版功能.

**TYPE\*PyObject\_GC\_Resize** (TYPE, PyVarObject\*op, Py\_ssize\_t newsize)

重新调整 `PyObject_NewVar` 所分配对象的大小。返回调整大小后的对象或在失败时返回 `NULL`。  
`op` 必须尚未被垃圾回收器追踪。

**void PyObject\_GC\_Track** (PyObject\*op)

*Part of the Stable ABI.* 把对象 `op` 加入到垃圾回收器跟踪的容器对象中。对象在被回收器跟踪时必须保持有效的，因为回收器可能在任何时候开始运行。在 `tp_traverse` 处理前的所有字段变为有效后，必须调用此函数，通常在靠近构造函数末尾的位置。

**int PyObject\_IS\_GC** (PyObject\*obj)

如果对象实现了垃圾回收器协议则返回非零值，否则返回 0。

如果此函数返回 0 则对象无法被垃圾回收器追踪。

**int PyObject\_GC\_IsTracked** (PyObject\*op)

*Part of the Stable ABI since version 3.9.* 如果 `op` 对象的类型实现了 GC 协议且 `op` 目前正被垃圾回收器追踪则返回 1，否则返回 0。

这类似于 `Python` 函数 `gc.is_tracked()`。

3.9 新版功能.

int **PyObject\_GC\_IsFinalized**(PyObject \*op)

*Part of the Stable ABI since version 3.9.* 如果 *op* 对象的类型实现了 GC 协议且 *op* 已经被垃圾回收器终结则返回 1，否则返回 0。

这类似于 Python 函数 `gc.is_finalized()`。

3.9 新版功能。

void **PyObject\_GC\_Del**(void \*op)

*Part of the Stable ABI.* 使用 `PyObject_GC_New` 或 `PyObject_GC_NewVar` 释放分配给对象的内存。

void **PyObject\_GC\_UnTrack**(void \*op)

*Part of the Stable ABI.* 从回收器跟踪的容器对象集合中移除 *op* 对象。请注意可以在此对象上再次调用 `PyObject_GC_Track()` 以将其加回到被跟踪对象集合。释放器 (`tp_dealloc` 句柄) 应当在 `tp_traverse` 句柄所使用的任何字段失效之前为对象调用此函数。

在 3.8 版更改: `_PyObject_GC_TRACK()` 和 `_PyObject_GC_UNTRACK()` 宏已从公有 C API 中删除。

`tp_traverse` 处理接收以下类型的函数形参。

typedef int (\***visitproc**)(PyObject \*object, void \*arg)

*Part of the Stable ABI.* 传给 `tp_traverse` 处理的访问函数的类型。*object* 是容器中需要被遍历的一个对象，第三个形参对应于 `tp_traverse` 处理的 *arg*。Python 核心使用多个访问者函数实现循环引用的垃圾检测，不需要用户自行实现访问者函数。

`tp_traverse` 处理必须是以下类型：

typedef int (\***traverseproc**)(PyObject \*self, *visitproc* visit, void \*arg)

*Part of the Stable ABI.* 用于容器对象的遍历函数。它的实现必须对 *self* 所直接包含的每个对象调用 *visit* 函数，*visit* 的形参为所包含对象和传给处理程序的 *arg* 值。*visit* 函数调用不可附带 NULL 对象作为参数。如果 *visit* 返回非零值，则该值应当被立即返回。

为了简化 `tp_traverse` 处理的实现，Python 提供了一个 `Py_VISIT()` 宏。若要使用这个宏，必须把 `tp_traverse` 的参数命名为 *visit* 和 *arg*。

void **Py\_VISIT**(PyObject \*o)

如果 *o* 不为 NULL，则调用 *visit* 回调函数，附带参数 *o* 和 *arg*。如果 *visit* 返回一个非零值，则返回该值。使用此宏之后，`tp_traverse` 处理程序的形式如下：

```
static int
my_traverse(Noddy *self, visitproc visit, void *arg)
{
    Py_VISIT(self->foo);
    Py_VISIT(self->bar);
    return 0;
}
```

`tp_clear` 处理程序必须为 *inquiry* 类型，如果对象不可变则为 NULL。

typedef int (\***inquiry**)(PyObject \*self)

*Part of the Stable ABI.* 丢弃产生循环引用的引用。不可变对象不需要声明此方法，因为他们不可能直接产生循环引用。需要注意的是，对象在调用此方法后必须仍是有效的（不能对引用只调用 `Py_DECREF()` 方法）。当垃圾回收器检测到该对象在循环引用中时，此方法会被调用。

### 12.11.1 控制垃圾回收器状态

这个 C-API 提供了以下函数用于控制垃圾回收的运行。

*Py\_ssize\_t* **PyGC\_Collect** (void)

*Part of the Stable ABI.* 执行完全的垃圾回收，如果垃圾回收器已启用的话。（请注意 `gc.collect()` 会无条件地执行它。）

返回已回收的 + 无法回收的不可获取对象的数量。如果垃圾回收器被禁用或已在执行回收，则立即返回 0。在垃圾回收期间发生的错误会被传给 `sys.unraisablehook`。此函数不会引发异常。

int **PyGC\_Enable** (void)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 启用垃圾回收器：类似于 `gc.enable()`。返回之前的状态，0 为禁用而 1 为启用。

3.10 新版功能。

int **PyGC\_Disable** (void)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 禁用垃圾回收器：类似于 `gc.disable()`。返回之前的状态，0 为禁用而 1 为启用。

3.10 新版功能。

int **PyGC\_IsEnabled** (void)

*Part of the Stable ABI since version 3.10.* 查询垃圾回收器的状态：类似于 `gc.isenabled()`。返回当前的状态，0 为禁用而 1 为启用。

3.10 新版功能。

### 12.11.2 查询垃圾回收器状态

该 C-API 提供了以下接口用于查询有关垃圾回收器的信息。

void **PyUnstable\_GC\_VisitObjects** (*gcvisitobjects\_t* callback, void \*arg)

---

This is *Unstable API*. It may change without warning in minor releases.

---

在全部活动的支持 GC 的对象上运行所提供的 *callback*。*arg* 会被传递给所有 *callback* 的发起调用。

**警告：** 如果新对象被回调（取消）分配后再被访问其行为是未定义的。

垃圾回收在运行期间被禁用。在回调中显式地运行回收可能导致未定义的行为，例如多次访问同一对象或完全不访问。

3.12 新版功能。

typedef int (\**gcvisitobjects\_t*)(*PyObject* \*object, void \*arg)

要传给 `PyUnstable_GC_VisitObjects()` 的访问者函数的类型。*arg* 与传给 `PyUnstable_GC_VisitObjects` 的 *arg* 相同。返回 0 以继续迭代，返回 1 以停止迭代。其他返回值目前被保留因此返回任何其他值的行为都是未定义的。

3.12 新版功能。

## API 和 ABI 版本管理

CPython 在下列宏中暴露其版本号。请注意这对应于 **编译**用版本代码，而不是 **运行时**使用的版本。

请参阅[C API 的稳定性](#) 查看跨版本的 API 和 ABI 稳定情。

**PY\_MAJOR\_VERSION**

3 (3.4.1a2 中的第一段)。

**PY\_MINOR\_VERSION**

4 (3.4.1a2 中的第二段)。

**PY\_MICRO\_VERSION**

1 (3.4.1a2 中第三段的数字)。

**PY\_RELEASE\_LEVEL**

a (3.4.1a2 中第 3 段的字母)。可能为 0xA 即 alpha, 0xB 即 beta, 0xC 即 release candidate 或 0xF 即 final。

**PY\_RELEASE\_SERIAL**

2 (3.4.1a2 中的末尾数字)。零代表最终发布版。

**PY\_VERSION\_HEX**

编码为单个整数形式的 Python 版本号。

底层的版本信息可通过按以下方式将其当作 32 比特的数字处理来获取：

字节串	位数（大端字节序）	含意	3.4.1a2 的值
1	1-8	PY_MAJOR_VERSION	0x03
2	9-16	PY_MINOR_VERSION	0x04
3	17-24	PY_MICRO_VERSION	0x01
4	25-28	PY_RELEASE_LEVEL	0xA
	29-32	PY_RELEASE_SERIAL	0x2

这样 3.4.1a2 即十六进制版本号的 0x030401a2 而 3.10.0 即十六进制版本号的 0x030a00f0。

用于进行数值比较，例如 `if PY_VERSION_HEX >= ...`。

该版本还可通过符号 `Py_Version` 获取。

const unsigned long **Py\_Version**

*Part of the [Stable ABI](#) since version 3.11.* Python 运行时版本号编码在一个整数常量中，所用格式与 `PY_VERSION_HEX` 宏的相同。这包含了在运行时使用的 Python 版本。

3.11 新版功能.

所有提到的宏都定义在 [Include/patchlevel.h](#)。



## 术语对照表

>>> 交互式终端中默认的 Python 提示符。往往会显示于能以交互方式在解释器里执行的样例代码之前。

... 具有以下含义：

- 交互式终端中输入特殊代码行时默认的 Python 提示符，包括：缩进的代码块，成对的分隔符之内（圆括号、方括号、花括号或三重引号），或是指定一个装饰器之后。
- Ellipsis 内置常量。

**2to3** 把 Python 2.x 代码转换为 Python 3.x 代码的工具，通过解析源码，遍历解析树，处理绝大多数检测到的不兼容问题。

2to3 包含在标准库中，模块名为 lib2to3；提供了独立入口点 Tools/scripts/2to3。详见 2to3-reference。

**abstract base class -- 抽象基类** 抽象基类简称 ABC，是对 *duck-typing* 的补充，它提供了一种定义接口的新方式，相比之下其他技巧例如 `hasattr()` 显得过于笨拙或有微妙错误（例如使用 魔术方法）。ABC 引入了虚拟子类，这种类并非继承自其他类，但却仍能被 `isinstance()` 和 `issubclass()` 所认可；详见 `abc` 模块文档。Python 自带许多内置的 ABC 用于实现数据结构（在 `collections.abc` 模块中）、数字（在 `numbers` 模块中）、流（在 `io` 模块中）、导入查找器和加载器（在 `importlib.abc` 模块中）。你可以使用 `abc` 模块来创建自己的 ABC。

**annotation -- 标注** 关联到某个变量、类属性、函数形参或返回值的标签，被约定作为 *类型注解* 来使用。

局部变量的标注在运行时不可访问，但全局变量、类属性和函数的标注会分别存放模块、类和函数的 `__annotations__` 特殊属性中。

参见 *variable annotation*、*function annotation*、**PEP 484** 和 **PEP 526**，对此功能均有介绍。另请参见 `annotations-howto` 了解使用标注的最佳实践。

**argument -- 参数** 在调用函数时传给 *function*（或 *method*）的值。参数分为两种：

- 关键字参数：在函数调用中前面带有标识符（例如 `name=`）或者作为包含在前面带有 `**` 的字典里的值传入。举例来说，3 和 5 在以下对 `complex()` 的调用中均属于关键字参数：

```
complex(real=3, imag=5)
complex(**{'real': 3, 'imag': 5})
```

- 位置参数：不属于关键字参数的参数。位置参数可出现于参数列表的开头以及/或者作为前面带有 `*` 的 *iterable* 里的元素被传入。举例来说，3 和 5 在以下调用中均属于位置参数：

```
complex(3, 5)
complex(*(3, 5))
```

参数会被赋值给函数体中对应的局部变量。有关赋值规则参见 [calls](#) 一节。根据语法，任何表达式都可用来表示一个参数；最终算出的值会被赋给对应的局部变量。

另参见 [parameter](#) 术语表条目，常见问题中 参数与形参的区别以及 [PEP 362](#)。

**asynchronous context manager -- 异步上下文管理器** 此种对象通过定义 `__aenter__()` 和 `__aexit__()` 方法来对 `async with` 语句中的环境进行控制。由 [PEP 492](#) 引入。

**asynchronous generator -- 异步生成器** 返回值为 *asynchronous generator iterator* 的函数。它与使用 `async def` 定义的协程函数很相似，不同之处在于它包含 `yield` 表达式以产生一系列可在 `async for` 循环中使用的值。

此术语通常是指异步生成器函数，但在某些情况下则可能是指 异步生成器迭代器。如果需要清楚表达具体含义，请使用全称以避免歧义。

一个异步生成器函数可能包含 `await` 表达式或者 `async for` 以及 `async with` 语句。

**asynchronous generator iterator -- 异步生成器迭代器** *asynchronous generator* 函数所创建的对象。

此对象属于 *asynchronous iterator*，当使用 `__anext__()` 方法调用时会返回一个可等待对象来执行异步生成器函数的函数体直到下一个 `yield` 表达式。

每个 `yield` 会临时暂停处理，记住当前位置执行状态（包括局部变量和挂起的 `try` 语句）。当该 异步生成器迭代器通过 `__anext__()` 所返回的其他可等待对象有效恢复时，它会从离开位置继续执行。参见 [PEP 492](#) 和 [PEP 525](#)。

**asynchronous iterable -- 异步可迭代对象** 一个可以在 `async for` 语句中使用的对象。必须通过它的 `__aiter__()` 方法返回一个 *asynchronous iterator*。由 [PEP 492](#) 引入。

**asynchronous iterator -- 异步迭代器** 一个实现了 `__aiter__()` 和 `__anext__()` 方法的对象。`__anext__()` 必须返回一个 *awaitable* 对象。`async for` 会处理异步迭代器的 `__anext__()` 方法所返回的可等待对象直到其引发一个 `StopAsyncIteration` 异常。由 [PEP 492](#) 引入。

**attribute -- 属性** 关联到一个对象的值，通常使用点号表达式按名称来引用。举例来说，如果对象 *o* 具有属性 *a* 则可以用 *o.a* 来引用它。

如果对象允许，将未被定义为 `identifiers` 的非标识名称用作一个对象的属性也是可以的，例如使用 `setattr()`。这样的属性将无法使用点号表达式来访问，而是必须通过 `getattr()` 来获取。

**awaitable -- 可等待对象** 一个可在 `await` 表达式中使用的对象。可以是 *coroutine* 或是具有 `__await__()` 方法的对象。参见 [PEP 492](#)。

**BDFL** “终身仁慈独裁者”的英文缩写，即 [Guido van Rossum](#)，Python 的创造者。

**binary file -- 二进制文件** *file object* 能够读写字节类对象。二进制文件的例子包括以二进制模式（`'rb'`，`'wb'` 或 `'rb+'`）打开的文件、`sys.stdin.buffer`、`sys.stdout.buffer` 以及 `io.BytesIO` 和 `gzip.GzipFile` 的实例。

另请参见 [text file](#) 了解能够读写 `str` 对象的文件对象。

**borrowed reference -- 借入引用** 在 Python 的 C API 中，借用引用是指一种对象引用，使用该对象的代码并不持有该引用。如果对象被销毁则它就会变成一个悬空指针。例如，垃圾回收器可以移除对象的最后一个 *strong reference* 来销毁它。

推荐在 *borrowed reference* 上调用 `Py_INCREF()` 以将其原地转换为 *strong reference*，除非是当该对象无法在借入引用的最后一次使用之前被销毁。`Py_NewRef()` 函数可以被用来创建一个新的 *strong reference*。

**bytes-like object -- 字节类对象** 支持缓冲协议 并且能导出 *C-contiguous* 缓冲的对象。这包括所有 `bytes`、`bytearray` 和 `array.array` 对象，以及许多普通 `memoryview` 对象。字节类对象可在多种二进制数据操作中使用；这些操作包括压缩、保存为二进制文件以及通过套接字发送等。

某些操作需要可变的二进制数据。这种对象在文档中常被称为“可读写字节类对象”。可变缓冲对象的例子包括 `bytearray` 以及 `bytearray` 的 `memoryview`。其他操作要求二进制数据存放于不可变对象（“只读字节类对象”）；这种对象的例子包括 `bytes` 以及 `bytes` 对象的 `memoryview`。

**bytecode -- 字节码** Python 源代码会被编译为字节码，即 CPython 解释器中表示 Python 程序的内部代码。字节码还会缓存在 .pyc 文件中，这样第二次执行同一文件时速度更快（可以免去将源码重新编译为字节码）。这种“中间语言”运行在根据字节码执行相应机器码的 *virtual machine* 之上。请注意不同 Python 虚拟机上的字节码不一定通用，也不一定能在不同 Python 版本上兼容。

字节码指令列表可以在 `dis` 模块的文档中查看。

**callable -- 可调用对象** 可调用对象就是可以执行调用运算的对象，并可能附带一组参数（参见 *argument*），使用以下语法：

```
callable(argument1, argument2, argumentN)
```

*function*，还可扩展到 *method* 等，就属于可调用对象。实现了 `__call__()` 方法的类的实例也属于可调用对象。

**callback -- 回调** 一个作为参数被传入以在未来的某个时刻被调用的子例程函数。

**class -- 类** 用来创建用户定义对象的模板。类定义通常包含对该类的实例进行操作的方法定义。

**class variable -- 类变量** 在类中定义的变量，并且仅限在类的层级上修改（而不是在类的实例中修改）。

**complex number -- 复数** 对普通实数系统的扩展，其中所有数字都被表示为一个实部和一个虚部的和。虚数是虚数单位（-1 的平方根）的实倍数，通常在数学中写为 *i*，在工程学中写为 *j*。Python 内置了对复数的支持，采用工程学标记方式；虚部带有一个 *j* 后缀，例如 `3+1j`。如果需要 `math` 模块内对象的对应复数版本，请使用 `cmath`，复数的使用是一个比较高级的数学特性。如果你感觉没有必要，忽略它们也几乎不会有任何问题。

**context manager -- 上下文管理器** 在 `with` 语句中使用，通过定义 `__enter__()` 和 `__exit__()` 方法来控制环境状态的对象。参见 [PEP 343](#)。

**context variable -- 上下文变量** 一种根据其所属的上下文可以具有不同的值的变量。这类似于在线程局部存储中每个执行线程可以具有不同的变量值。不过，对于上下文变量来说，一个执行线程中可能会有多个上下文，而上下文变量的主要用途是对并发异步任务中变量进行追踪。参见 `contextvars`。

**contiguous -- 连续** 一个缓冲如果是 C 连续或 Fortran 连续就会被认为是连续的。零维缓冲是 C 和 Fortran 连续的。在一维数组中，所有条目必须在内存中彼此相邻地排列，采用从零开始的递增索引顺序。在多维 C-连续数组中，当按内存地址排列时用最后一个索引访问条目时速度最快。但是在 Fortran 连续数组中则是用第一个索引最快。

**coroutine -- 协程** 协程是子例程的更一般形式。子例程可以在某一点进入并在另一点退出。协程则可以在许多不同的点上进入、退出和恢复。它们可通过 `async def` 语句来实现。参见 [PEP 492](#)。

**coroutine function -- 协程函数** 返回一个 *coroutine* 对象的函数。协程函数可通过 `async def` 语句来定义，并可能包含 `await`、`async for` 和 `async with` 关键字。这些特性是由 [PEP 492](#) 引入的。

**CPython** Python 编程语言的规范实现，在 [python.org](#) 上发布。“CPython”一词用于在必要时将此实现与其他实现例如 Jython 或 IronPython 相区别。

**decorator -- 装饰器** 返回值为另一个函数的函数，通常使用 `@wrapper` 语法形式来进行函数变换。装饰器的常见例子包括 `classmethod()` 和 `staticmethod()`。

装饰器语法只是一种语法糖，以下两个函数定义在语义上完全等价：

```
def f(arg):
    ...
f = staticmethod(f)

@staticmethod
def f(arg):
    ...
```

同样的概念也适用于类，但通常较少这样使用。有关装饰器的详情可参见 *函数定义* 和 *类定义* 的文档。

**descriptor -- 描述器** 任何定义了 `__get__()`、`__set__()` 或 `__delete__()` 方法的对象。当一个类属性为描述器时，它的特殊绑定行为就会在属性查找时被触发。通常情况下，使用 `a.b` 来获取、设置或删除一个属性时会在 `a` 的类字典中查找名称为 `b` 的对象，但如果 `b` 是一个描述器，则会调用对应

的描述器方法。理解描述器的概念是更深层次理解 Python 的关键，因为这是许多重要特性的基础，包括函数、方法、属性、类方法、静态方法以及对超类的引用等等。

有关描述器的方法的更多信息，请参阅 [descriptors](#) 或 [描述器使用指南](#)。

**dictionary -- 字典** 一个关联数组，其中的任意键都映射到相应的值。键可以是任何具有 `__hash__()` 和 `__eq__()` 方法的对象。在 Perl 语言中称为 `hash`。

**dictionary comprehension -- 字典推导式** 处理一个可迭代对象中的所有或部分元素并返回结果字典的一种紧凑写法。`results = {n: n ** 2 for n in range(10)}` 将生成一个由键 `n` 到值 `n ** 2` 的映射构成的字典。参见 [comprehensions](#)。

**dictionary view -- 字典视图** 从 `dict.keys()`, `dict.values()` 和 `dict.items()` 返回的对象被称为字典视图。它们提供了字典条目的一个动态视图，这意味着当字典改变时，视图也会相应改变。要将字典视图强制转换为真正的列表，可使用 `list(dictview)`。参见 [dict-views](#)。

**docstring -- 文档字符串** 作为类、函数或模块之内的第一个表达式出现的字符串字面值。它在代码执行时会被忽略，但会被解释器识别并放入所在类、函数或模块的 `__doc__` 属性中。由于它可用于代码内省，因此是对象存放文档的规范位置。

**duck-typing -- 鸭子类型** 指一种编程风格，它并不依靠查找对象类型来确定其是否具有正确的接口，而是直接调用或使用其方法或属性（“看起来像鸭子，叫起来也像鸭子，那么肯定就是鸭子。”）由于强调接口而非特定类型，设计良好的代码可通过允许许多态替代来提升灵活性。鸭子类型避免使用 `type()` 或 `isinstance()` 检测。（但要注意鸭子类型可以使用 [抽象基类](#) 作为补充。）而往往会采用 `hasattr()` 检测或是 [EAFP](#) 编程。

**EAFP** “求原谅比求许可更容易”的英文缩写。这种 Python 常用代码编写风格会假定所需的键或属性存在，并在假定错误时捕获异常。这种简洁快速风格的特点就是大量运用 `try` 和 `except` 语句。于其相对的则是所谓 [LBYL](#) 风格，常见于 C 等许多其他语言。

**expression -- 表达式** 可以求出某个值的语法单元。换句话说，一个表达式就是表达元素例如字面值、名称、属性访问、运算符或函数调用的汇总，它们最终都会返回一个值。与许多其他语言不同，并非所有语言构件都是表达式。还存在不能被用作表达式的 [statement](#)，例如 `while`。赋值也是属于语句而非表达式。

**extension module -- 扩展模块** 以 C 或 C++ 编写的模块，使用 Python 的 C API 来与语言核心以及用户代码进行交互。

**f-string -- f-字符串** 带有 `'f'` 或 `'F'` 前缀的字符串字面值通常被称为“f-字符串”即 格式化字符串字面值的简写。参见 [PEP 498](#)。

**file object -- 文件对象** 对外提供面向文件 API 以使用下层资源的对象（带有 `read()` 或 `write()` 这样的方法）。根据其创建方式的不同，文件对象可以处理对真实磁盘文件，对其他类型存储，或是对通讯设备的访问（例如标准输入/输出、内存缓冲区、套接字、管道等等）。文件对象也被称为 [文件类对象](#) 或 [流](#)。

实际上共有三类别的文件对象：[原始二进制文件](#)、[缓冲二进制文件](#) 以及 [文本文件](#)。它们的接口定义均在 `io` 模块中。创建文件对象的规范方式是使用 `open()` 函数。

**file-like object -- 文件类对象** [file object](#) 的同义词。

**filesystem encoding and error handler -- 文件系统编码格式与错误处理句柄** Python 用来从操作系统解码字节串和向操作系统编码 Unicode 的编码格式与错误处理句柄。

文件系统编码格式必须保证能成功解码长度在 128 以下的所有字节串。如果文件系统编码格式无法提供此保证，则 API 函数可能会引发 `UnicodeError`。

`sys.getfilesystemencoding()` 和 `sys.getfilesystemencodeerrors()` 函数可被用来获取文件系统编码格式与错误处理句柄。

[filesystem encoding and error handler](#) 是在 Python 启动时通过 `PyConfig_Read()` 函数来配置的：请参阅 `PyConfig` 的 `filesystem_encoding` 和 `filesystem_errors` 等成员。

另请参见 [locale encoding](#)。

**finder -- 查找器** 一种会尝试查找被导入模块的 [loader](#) 的对象。



从 Python 3.3 起存在两种类型的查找器: [元路径查找器](#) 配合 `sys.meta_path` 使用, 以及 [path entry finders](#) 配合 `sys.path_hooks` 使用。

更多详情可参见 [PEP 302](#), [PEP 420](#) 和 [PEP 451](#)。

**floor division -- 向下取整除法** 向下舍入到最接近的整数的数学除法。向下取整除法的运算符是 `//`。例如, 表达式 `11 // 4` 的计算结果是 2, 而与之相反的是浮点数的真正除法返回 2.75。注意 `(-11) // 4` 会返回 -3 因为这是 -2.75 向下舍入得到的结果。见 [PEP 238](#)。

**function -- 函数** 可以向调用者返回某个值的一组语句。还可以向其传入零个或多个 [参数](#) 并在函数体执行中被使用。另见 [parameter](#), [method](#) 和 [function](#) 等节。

**function annotation -- 函数标注** 即针对函数形参或返回值的 [annotation](#)。

函数标注通常用于 [类型提示](#): 例如以下函数预期接受两个 `int` 参数并预期返回一个 `int` 值:

```
def sum_two_numbers(a: int, b: int) -> int:
    return a + b
```

函数标注语法的详解见 [function](#) 一节。

参见 [variable annotation](#) 和 [PEP 484](#), 其中描述了此功能。另请参阅 [annotations-howto](#) 以了解使用标的最佳实践。

**\_\_future\_\_ future** 语句, `from __future__ import <feature>` 指示编译器使用将在未来的 Python 发布版中成为标准的语法和语义来编译当前模块。`__future__` 模块文档记录了可能的 [feature](#) 取值。通过导入此模块并对其变量求值, 你可以看到每项新特性在何时被首次加入到该语言中以及它将 (或已) 在何时成为默认:

```
>>> import __future__
>>> __future__.division
_Feature((2, 2, 0, 'alpha', 2), (3, 0, 0, 'alpha', 0), 8192)
```

**garbage collection -- 垃圾回收** 释放不再被使用的内存空间的过程。Python 是通过引用计数和一个能够检测和打破循环引用的循环垃圾回收器来执行垃圾回收的。可以使用 `gc` 模块来控制垃圾回收器。

**generator -- 生成器** 返回一个 [generator iterator](#) 的函数。它看起来很像普通函数, 不同点在于其包含 `yield` 表达式以便产生一系列值供给 `for`-循环使用或是通过 `next()` 函数逐一获取。

通常是指生成器函数, 但在某些情况下也可能是指 [生成器迭代器](#)。如果需要清楚表达具体含义, 请使用全称以避免歧义。

**generator iterator -- 生成器迭代器** [generator](#) 函数所创建的对象。

每个 `yield` 会临时暂停处理, 记住当前位置执行状态 (包括局部变量和挂起的 `try` 语句)。当该生成器迭代器恢复时, 它会从离开位置继续执行 (这与每次调用都从新开始的普通函数差别很大)。

**generator expression -- 生成器表达式** 返回一个迭代器的表达式。它看起来很像普通表达式后面带有定义了一个循环变量、范围的 `for` 子句, 以及一个可选的 `if` 子句。以下复合表达式会为外层函数生成一系列值:

```
>>> sum(i*i for i in range(10))           # sum of squares 0, 1, 4, ... 81
285
```

**generic function -- 泛型函数** 为不同的类型实现相同操作的多个函数所组成的函数。在调用时会由调度算法来确定应该使用哪个实现。

另请参见 [single dispatch](#) 术语表条目、`functools.singledispatch()` 装饰器以及 [PEP 443](#)。

**generic type -- 泛型** 可参数化的 [type](#); 通常为 `list` 或 `dict` 这样的容器类。用于 [类型提示](#) 和 [注解](#)。

更多细节参见 [泛型别名类型](#)、[PEP 483](#)、[PEP 484](#)、[PEP 585](#) 和 `typing` 模块。

**GIL** 参见 [global interpreter lock](#)。

**global interpreter lock -- 全局解释器锁** [CPython](#) 解释器所采用的一种机制, 它确保同一时刻只有一个线程在执行 Python [bytecode](#)。此机制通过设置对象模型 (包括 `dict` 等重要内置类型) 针对并发访问

的隐式安全简化了 CPython 实现。给整个解释器加锁使得解释器多线程运行更方便，其代价则是牺牲了在多处处理器上的并行性。

不过，某些标准库或第三方库的扩展模块被设计为在执行计算密集型任务如压缩或哈希时释放 GIL。此外，在执行 I/O 操作时也总是会释放 GIL。

创建一个（以更精细粒度来锁定共享数据的）“自由线程”解释器的努力从未获得成功，因为这会牺牲在普通单处理器情况下的性能。据信克服这种性能问题的措施将导致实现变得更复杂，从而更难以维护。

**hash-based pyc -- 基于哈希的 pyc** 使用对应源文件的哈希值而非最后修改时间来确定其有效性的字节码缓存文件。参见 [pyc-invalidation](#)。

**hashable -- 可哈希** 一个对象的哈希值如果在其生命周期内绝不改变，就被称为可哈希（它需要具有 `__hash__()` 方法），并可以同其他对象进行比较（它需要具有 `__eq__()` 方法）。可哈希对象必须具有相同的哈希值比较结果才会相同。

可哈希性使得对象能够作为字典键或集合成员使用，因为这些数据结构要在内部使用哈希值。

大多数 Python 中的不可变内置对象都是可哈希的；可变容器（例如列表或字典）都不可哈希；不可变容器（例如元组和 `frozenset`）仅当它们的元素均为可哈希时才是可哈希的。用户定义类的实例对象默认是可哈希的。它们在比较时一定不相同（除非是与自己比较），它们的哈希值的生成是基于它们的 `id()`。

**IDLE** Python 的集成开发与学习环境。idle 是 Python 标准发行版附带的基本编辑器和解释器环境。

**immutable -- 不可变对象** 具有固定值的对象。不可变对象包括数字、字符串和元组。这样的对象不能被改变。如果必须存储一个不同的值，则必须创建新的对象。它们在需要常量哈希值的地方起着重要作用，例如作为字典中的键。

**import path -- 导入路径** 由多个位置（或[路径条目](#)）组成的列表，会被模块的[path based finder](#)用来查找导入目标。在导入时，此位置列表通常来自 `sys.path`，但对次级包来说也可能来自上级包的 `__path__` 属性。

**importing -- 导入** 令一个模块中的 Python 代码能为另一个模块中的 Python 代码所使用的过程。

**importer -- 导入器** 查找并加载模块的对象；此对象既属于[finder](#)又属于[loader](#)。

**interactive -- 交互** Python 带有一个交互式解释器，即你可以在解释器提示符后输入语句和表达式，立即执行并查看其结果。只需不带参数地启动 `python` 命令（也可以在你的计算机开始菜单中选择相应菜单项）。在测试新想法或检验模块和包的时候用这种方式会非常方便（请记得使用 `help(x)`）。

**interpreted -- 解释型** Python 一是种解释型语言，与之相对的是编译型语言，虽然两者的区别由于字节码编译器的存在而会有所模糊。这意味着源文件可以直接运行而不必显式地创建可执行文件再运行。解释型语言通常具有比编译型语言更短的开发/调试周期，但是其程序往往运行得更慢。参见[interactive](#)。

**interpreter shutdown -- 解释器关闭** 当被要求关闭时，Python 解释器将进入一个特殊运行阶段并逐步释放所有已分配资源，例如模块和各种关键内部结构等。它还会多次调用[垃圾回收器](#)。这会触发用户定义析构器或弱引用回调中的代码执行。在关闭阶段执行的代码可能会遇到各种异常，因为其所依赖的资源已不再有效（常见的例子有库模块或警告机制等）。

解释器需要关闭的主要原因有 `__main__` 模块或所运行的脚本已完成执行。

**iterable -- 可迭代对象** 能够逐一返回其成员项的对象。可迭代对象的例子包括所有序列类型（如 `list`、`str` 和 `tuple`）以及某些非序列类型如 `dict`、[文件对象](#) 以及任何定义了 `__iter__()` 方法或实现了 [sequence](#) 语义的 `__getitem__()` 方法的自定义类的对象。

可迭代对象被可用于 `for` 循环以及许多其他需要一个序列的地方（`zip()`、`map()` ...）。当一个可迭代对象作为参数传给内置函数 `iter()` 时，它会返回该对象的迭代器。这种迭代器适用于对值集合的一次性遍历。在使用可迭代对象时，你通常不需要调用 `iter()` 或者自己处理迭代器对象。`for` 语句会为你自动处理那些操作，创建一个临时的未命名变量用来在循环期间保存迭代器。参见[iterator](#)、[sequence](#) 以及[generator](#)。

**iterator -- 迭代器** 用来表示一连串数据流的对象。重复调用迭代器的 `__next__()` 方法（或将其传给内置函数 `next()`）将逐个返回流中的项。当没有数据可用时则将引发 `StopIteration` 异常。到这时迭代器对象中的数据项已耗尽，继续调用其 `__next__()` 方法只会再次引发 `StopIteration`。



异常。迭代器必须具有 `__iter__()` 方法用来返回该迭代器对象自身，因此迭代器必定也是可迭代对象，可被用于其他可迭代对象适用的大部分场合。一个显著的例外是那些会多次重复访问迭代项的代码。容器对象（例如 `list`）在你每次向其传入 `iter()` 函数或是在 `for` 循环中使用它时都会产生一个新的迭代器。如果在此情况下你尝试用迭代器则会返回在之前迭代过程中被耗尽的同一迭代器对象，使其看起来就像是一个空容器。

更多信息可查看 `typeiter`。

**CPython 实现细节：** CPython 没有统一应用迭代器定义 `__iter__()` 的要求。

**key function -- 键函数** 键函数或称整理函数，是能够返回用于排序或排位的值的可调用对象。例如，`locale.strxfrm()` 可用于生成一个符合特定区域排序约定的排序键。

Python 中有许多工具都允许用键函数来控制元素的排位或分组方式。其中包括 `min()`, `max()`, `sorted()`, `list.sort()`, `heapq.merge()`, `heapq.nsmallest()`, `heapq.nlargest()` 以及 `itertools.groupby()`。

有多种方式可以创建一个键函数。例如，`str.lower()` 方法可以用作忽略大小写排序的键函数。或者，键函数也可通过 `lambda` 表达式来创建例如 `lambda r: (r[0], r[2])`。此外，`operator.attrgetter()`, `operator.itemgetter()` 和 `operator.methodcaller()` 是键函数的三个构造器。请查看 [排序指引](#) 来获取创建和使用键函数的示例。

**keyword argument -- 关键字参数** 参见 [argument](#)。

**lambda** 由一个单独 [expression](#) 构成的匿名内联函数，表达式会在调用时被求值。创建 `lambda` 函数的句法为 `lambda [parameters]: expression`

**LBYL** “先查看后跳跃”的英文缩写。这种代码编写风格会在进行调用或查找之前显式地检查前提条件。此风格与 [EAFP](#) 方式恰成对比，其特点是大量使用 `if` 语句。

在多线程环境中，LBYL 方式会导致“查看”和“跳跃”之间发生条件竞争风险。例如，以下代码 `if key in mapping: return mapping[key]` 可能由于在检查操作之后其他线程从 `mapping` 中移除了 `key` 而出错。这种问题可通过加锁或使用 [EAFP](#) 方式来解决。

**locale encoding -- 语言区域编码格式** 在 Unix 上，它是 `LC_CTYPE` 语言区域的编码格式。它可以通过 `locale.setlocale(locale.LC_CTYPE, new_locale)` 来设置。

在 Windows 上，它是 ANSI 代码页 (如: "cp1252")。

在 Android 和 VxWorks 上，Python 使用 "utf-8" 作为语言区域编码格式。

`locale.getencoding()` 可被用来获取语言区域编码格式。

另请参阅 [filesystem encoding and error handler](#)。

**list -- 列表** Python 内置的一种 [sequence](#)。虽然名为列表，但更类似于其他语言中的数组而非链接列表，因为访问元素的时间复杂度为  $O(1)$ 。

**list comprehension -- 列表推导式** 处理一个序列中的所有或部分元素并返回结果列表的一种紧凑写法。`result = ['{:04x}'.format(x) for x in range(256) if x % 2 == 0]` 将生成一个 0 到 255 范围内的十六进制偶数对应字符串 (0x..) 的列表。其中 `if` 子句是可选的，如果省略则 `range(256)` 中的所有元素都会被处理。

**loader -- 加载器** 负责加载模块的对象。它必须定义名为 `load_module()` 的方法。加载器通常由一个 [finder](#) 返回。详情参见 [PEP 302](#)，对于 [abstract base class](#) 可参见 `importlib.abc.Loader`。

**magic method -- 魔术方法** [special method](#) 的非正式同义词。

**mapping -- 映射** 一种支持任意键查找并实现了 `collections.abc.Mapping` 或 `collections.abc.MutableMapping` 抽象基类所规定方法的容器对象。此类对象的例子包括 `dict`, `collections.defaultdict`, `collections.OrderedDict` 以及 `collections.Counter`。

**meta path finder -- 元路径查找器** `sys.meta_path` 的搜索所返回的 [finder](#)。元路径查找器与 [path entry finders](#) 存在关联但并不相同。

请查看 `importlib.abc.MetaPathFinder` 了解元路径查找器所实现的方法。

**metaclass -- 元类** 一种用于创建类的类。类定义包含类名、类字典和基类列表。元类负责接受上述三个参数并创建相应的类。大部分面向对象的编程语言都会提供一个默认实现。Python 的特别之处在于

可以创建自定义元类。大部分用户永远不需要这个工具，但当需要出现时，元类可提供强大而优雅的解决方案。它们已被用于记录属性访问日志、添加线程安全性、跟踪对象创建、实现单例，以及其他许多任务。

更多详情参见 [metaclasses](#)。

**method -- 方法** 在类内部定义的函数。如果作为该类的实例的一个属性来调用，方法将会获取实例对象作为其第一个 *argument* (通常命名为 `self`)。参见 [function](#) 和 [nested scope](#)。

**method resolution order -- 方法解析顺序** 方法解析顺序就是在查找成员时搜索全部基类所用的先后顺序。请查看 [Python 2.3 方法解析顺序](#) 了解自 2.3 版起 Python 解析器所用相关算法的详情。

**module -- 模块** 此对象是 Python 代码的一种组织单位。各模块具有独立的命名空间，可包含任意 Python 对象。模块可通过 [importing](#) 操作被加载到 Python 中。

另见 [package](#)。

**module spec -- 模块规格** 一个命名空间，其中包含用于加载模块的相关导入信息。是 `importlib.machinery.ModuleSpec` 的实例。

**MRO** 参见 [method resolution order](#)。

**mutable -- 可变对象** 可变对象可以在其 `id()` 保持固定的情况下改变其取值。另请参见 [immutable](#)。

**named tuple -- 具名元组** 术语“具名元组”可用于任何继承自元组，并且其中的可索引元素还能使用名称属性来访问的类型或类。这样的类型或类还可能拥有其他特性。

有些内置类型属于具名元组，包括 `time.localtime()` 和 `os.stat()` 的返回值。另一个例子是 `sys.float_info`：

```
>>> sys.float_info[1]           # indexed access
1024
>>> sys.float_info.max_exp      # named field access
1024
>>> isinstance(sys.float_info, tuple) # kind of tuple
True
```

有些具名元组是内置类型（例如上面的例子）。此外，具名元组还可通过常规类定义从 `tuple` 继承并定义名称字段的方式来创建。这样的类可以手工编写，或者使用工厂函数 `collections.namedtuple()` 创建。后一种方式还会添加一些手工编写或内置具名元组所没有的额外方法。

**namespace -- 命名空间** 命名空间是存放变量的场所。命名空间有局部、全局和内置的，还有对象中的嵌套命名空间（在方法之内）。命名空间通过防止命名冲突来支持模块化。例如，函数 `builtins.open` 与 `os.open()` 可通过各自的命名空间来区分。命名空间还通过明确哪个模块实现那个函数来帮助提高可读性和可维护性。例如，`random.seed()` 或 `itertools.islice()` 这种写法明确了这些函数是由 `random` 与 `itertools` 模块分别实现的。

**namespace package -- 命名空间包** [PEP 420](#) 所引入的一种仅被用作子包的容器的 *package*，命名空间包可以没有实体表示物，其描述方式与 *regular package* 不同，因为它们没有 `__init__.py` 文件。

另可参见 [module](#)。

**nested scope -- 嵌套作用域** 在一个定义范围内引用变量的能力。例如，在另一函数之内定义的函数可以引用前者的变量。请注意嵌套作用域默认只对引用有效而对赋值无效。局部变量的读写都受限于是最内层作用域。类似的，全局变量的读写则作用于全局命名空间。通过 `nonlocal` 关键字可允许写入外层作用域。

**new-style class -- 新式类** 对于目前已被应用于所有类对象的类形式的旧称谓。在早先的 Python 版本中，只有新式类能够使用 Python 新增的更灵活特性，例如 `__slots__`、描述符、特征属性、`__getattr__()`、类方法和静态方法等。

**object -- 对象** 任何具有状态（属性或值）以及预定义行为（方法）的数据。`object` 也是任何 *new-style class* 的最顶层基类名。

**package -- 包** 一种可包含子模块或递归地包含子包的 Python *module*。从技术上说，包是具有 `__path__` 属性的 Python 模块。

另参见 [regular package](#) 和 [namespace package](#)。

**parameter -- 形参** *function*（或方法）定义中的命名实体，它指定函数可以接受的一个 *argument*（或在某些情况下，多个实参）。有五种形参：

- *positional-or-keyword*：位置或关键字，指定一个可以作为位置参数传入也可以作为关键字参数传入的实参。这是默认的形参类型，例如下面的 *foo* 和 *bar*：

```
def func(foo, bar=None): ...
```

- *positional-only*：仅限位置，指定一个只能通过位置传入的参数。仅限位置形参可通过在函数定义的形参列表中它们之后包含一个 `/` 字符来定义，例如下面的 *posonly1* 和 *posonly2*：

```
def func(posonly1, posonly2, /, positional_or_keyword): ...
```

- *keyword-only*：仅限关键字，指定一个只能通过关键字传入的参数。仅限关键字形参可通过在函数定义的形参列表中包含单个可变位置形参或者在多个可变位置形参之前放一个 `*` 来定义，例如下面的 *kw\_only1* 和 *kw\_only2*：

```
def func(arg, *, kw_only1, kw_only2): ...
```

- *var-positional*：可变位置，指定可以提供由一个任意数量的位置参数构成的序列（附加在其他形参已接受的位置参数之后）。这种形参可通过在形参名称前加缀 `*` 来定义，例如下面的 *args*：

```
def func(*args, **kwargs): ...
```

- *var-keyword*：可变关键字，指定可以提供任意数量的关键字参数（附加在其他形参已接受的关键字参数之后）。这种形参可通过在形参名称前加缀 `**` 来定义，例如上面的 *kwargs*。

形参可以同时指定可选和必选参数，也可以为某些可选参数指定默认值。

另参见 *argument* 术语表条目、参数与形参的区别中的常见问题、`inspect.Parameter` 类、`function` 一节以及 [PEP 362](#)。

**path entry -- 路径入口** *import path* 中的一个单独位置，会被 *path based finder* 用来查找要导入的模块。

**path entry finder -- 路径入口查找器** 任一可调用对象使用 `sys.path_hooks`（即 *path entry hook*）返回的 *finder*，此种对象能通过 *path entry* 来定位模块。

请参看 `importlib.abc.PathEntryFinder` 以了解路径入口查找器所实现的各个方法。

**path entry hook -- 路径入口钩子** 一种可调用对象，在知道如何查找特定 *path entry* 中的模块的情况下能够使用 `sys.path_hook` 列表返回一个 *path entry finder*。

**path based finder -- 基于路径的查找器** 默认的一种元路径查找器，可在一个 *import path* 中查找模块。

**path-like object -- 路径类对象** 代表一个文件系统路径的对象。路径类对象可以是一个表示路径的 `str` 或者 `bytes` 对象，还可以是一个实现了 `os.PathLike` 协议的对象。一个支持 `os.PathLike` 协议的对象可通过调用 `os.fspath()` 函数转换为 `str` 或者 `bytes` 类型的文件系统路径；`os.fsdecode()` 和 `os.fsencode()` 可被分别用来确保获得 `str` 或 `bytes` 类型的结果。此对象是由 [PEP 519](#) 引入的。

**PEP** “Python 增强提议”的英文缩写。一个 PEP 就是一份设计文档，用来向 Python 社区提供信息，或描述一个 Python 的新增特性及其进度或环境。PEP 应当提供精确的技术规格和所提议特性的原理说明。

PEP 应被作为提出主要新特性建议、收集社区对特定问题反馈以及为必须加入 Python 的设计决策编写文档的首选机制。PEP 的作者有责任在社区内部建立共识，并应将不同意见也记入文档。

参见 [PEP 1](#)。

**portion -- 部分** 构成一个命名空间包的单个目录内文件集合（也可能存放于一个 `zip` 文件内），具体定义见 [PEP 420](#)。

**positional argument -- 位置参数** 参见 *argument*。

**provisional API -- 暂定 API** 暂定 API 是指被有意排除在标准库的向后兼容性保证之外的应用编程接口。虽然此类接口通常不会再有重大改变，但只要其被标记为暂定，就可能在核心开发者确定有必要的

情况下进行向后不兼容的更改（甚至包括移除该接口）。此种更改并不会随意进行 -- 仅在 API 被加入之前未考虑到的严重基础性缺陷被发现时才可能会这样做。

即便是对暂定 API 来说，向后不兼容的更改也会被视为“最后的解决方案”——任何问题被确认时都会尽可能先尝试找到一种向后兼容的解决方案。

这种处理过程允许标准库持续不断地演进，不至于被有问题的长期性设计缺陷所困。详情见 [PEP 411](#)。

**provisional package -- 暂定包** 参见 [provisional API](#)。

**Python 3000** Python 3.x 发布路线的昵称（这个名字在版本 3 的发布还遥遥无期的时候就已出现了）。有时也被缩写为“Py3k”。

**Pythonic** 指一个思路或一段代码紧密遵循了 Python 语言最常用的风格和理念，而不是使用其他语言中通用的概念来实现代码。例如，Python 的常用风格是使用 `for` 语句循环来遍历一个可迭代对象中的所有元素。许多其他语言没有这样的结构，因此不熟悉 Python 的人有时会选择使用一个数字计数器：

```
for i in range(len(food)):
    print(food[i])
```

而相应的更简洁更 Pythonic 的方法是这样的：

```
for piece in food:
    print(piece)
```

**qualified name -- 限定名称** 一个以点号分隔的名称，显示从模块的全局作用域到该模块中定义的某个类、函数或方法的“路径”，相关定义见 [PEP 3155](#)。对于最高层级的函数和类，限定名称与对象名称一致：

```
>>> class C:
...     class D:
...         def meth(self):
...             pass
...
>>> C.__qualname__
'C'
>>> C.D.__qualname__
'C.D'
>>> C.D.meth.__qualname__
'C.D.meth'
```

当被用于引用模块时，完整限定名称意为标示该模块的以点号分隔的整个路径，其中包含其所有的父包，例如 `email.mime.text`：

```
>>> import email.mime.text
>>> email.mime.text.__name__
'email.mime.text'
```

**reference count -- 引用计数** 对象的引用次数。当对象的引用计数降为零时，它就会被释放。有些对象是“永生”的其引用计数永远不会被修改，因此这种对象永远不会被释放。引用计数对 Python 代码来说通常是不可见的，但它是 CPython 实现的一个关键元素。程序员可以调用 `sys.getrefcount()` 函数来返回特定对象的引用计数。

**regular package -- 常规包** 传统型的 *package*，例如包含有一个 `__init__.py` 文件的目录。

另参见 [namespace package](#)。

**\_\_slots\_\_** 一种写在类内部的声明，通过预先声明实例属性等对象并移除实例字典来节省内存。虽然这种技巧很流行，但想要用好却并不容易，最好是只保留在少数情况下采用，例如极耗内存的应用程序，并且其中包含大量实例。

**sequence -- 序列** 一种 *iterable*，它支持通过 `__getitem__()` 特殊方法来使用整数索引进行高效的元素访问，并定义了一个返回序列长度的 `__len__()` 方法。内置的序列类型有 `list`、`str`、`tuple`



和 bytes。注意虽然 dict 也支持 `__getitem__()` 和 `__len__()`，但它被认为属于映射而非序列，因为它查找时使用任意的 *immutable* 键而非整数。

`collections.abc.Sequence` 抽象基类定义了一个更丰富的接口，它在 `__getitem__()` 和 `__len__()` 之外又添加了 `count()`、`index()`、`__contains__()` 和 `__reversed__()`。实现此扩展接口的类型可以使用 `register()` 来显式地注册。

**set comprehension -- 集合推导式** 处理一个可迭代对象中的所有或部分元素并返回结果集合的一种紧凑写法。`results = {c for c in 'abracadabra' if c not in 'abc'}` 将生成字符串集合 `{'r', 'd'}`。参见 *comprehensions*。

**single dispatch -- 单分派** 一种 *generic function* 分派形式，其实现是基于单个参数的类型来选择的。

**slice -- 切片** 通常只包含了特定 *sequence* 的一部分的对象。切片是通过使用下标标记来创建的，在 `[]` 中给出几个以冒号分隔的数字，例如 `variable_name[1:3:5]`。方括号（下标）标记在内部使用 *slice* 对象。

**special method -- 特殊方法** 一种由 Python 隐式调用的方法，用来对某个类型执行特定操作例如相加等等。这种方法的名称的首尾都为双下划线。特殊方法的文档参见 *specialnames*。

**statement -- 语句** 语句是程序段（一个代码“块”）的组成单位。一条语句可以是一个 *expression* 或某个带有关键字的结构，例如 `if`、`while` 或 `for`。

**strong reference -- 强引用** 在 Python 的 C API 中，强引用是指为持有引用的代码所拥有的对象的引用。在创建引用时可通过调用 `Py_INCREF()` 来获取强引用而在删除引用时可通过 `Py_DECREF()` 来释放它。

`Py_NewRef()` 函数可被用于创建一个对象的强引用。通常，必须在退出某个强引用的作用域时在该强引用上调用 `Py_DECREF()` 函数，以避免引用的泄漏。

另请参阅 *borrowed reference*。

**text encoding -- 文本编码格式** 在 Python 中，一个字符串是一串 Unicode 代码点（范围为 U+0000--U+10FFFF）。为了存储或传输一个字符串，它需要被序列化为一串字节。

将一个字符串序列化为一个字节序列被称为“编码”，而从字节序列中重新创建字符串被称为“解码”。

有各种不同的文本序列化 编码器，它们被统称为“文本编码格式”。

**text file -- 文本文件** 一种能够读写 `str` 对象的 *file object*。通常一个文本文件实际是访问一个面向字节的数据流并自动处理 *text encoding*。文本文件的例子包括以文本模式（`'r'` 或 `'w'`）打开的文件、`sys.stdin`、`sys.stdout` 以及 `io.StringIO` 的实例。

另请参看 *binary file* 了解能够读写字节类对象的文件对象。

**triple-quoted string -- 三引号字符串** 首尾各带三个连续双引号（`"""`）或者单引号（`'`）的字符串。它们在功能上与首尾各用一个引号标注的字符串没有什么不同，但是有多种用处。它们允许你在字符串内包含未经转义的单引号和双引号，并且可以跨越多行而无需使用连接符，在编写文档字符串时特别好用。

**type -- 类型** 类型决定一个 Python 对象属于什么种类；每个对象都具有一种类型。要知道对象的类型，可以访问它的 `__class__` 属性，或是通过 `type(obj)` 来获取。

**type alias -- 类型别名** 一个类型的同义词，创建方式是把类型赋值给特定的标识符。

类型别名的作用是简化 *类型注解*。例如：

```
def remove_gray_shades(
    colors: list[tuple[int, int, int]]) -> list[tuple[int, int, int]]:
    pass
```

可以这样提高可读性：

```
Color = tuple[int, int, int]

def remove_gray_shades(colors: list[Color]) -> list[Color]:
    pass
```

参见 `typing` 和 [PEP 484](#)，其中有对此功能的详细描述。

**type hint -- 类型注解** *annotation* 为变量、类属性、函数的形参或返回值指定预期的类型。

类型注解属于可选项，Python 不要求提供，但其可对静态类型分析工具起作用，并可协助 IDE 实现代码补全与重构。

全局变量、类属性和函数的类型注解可以使用 `typing.get_type_hints()` 来访问，但局部变量则不可以。

参见 `typing` 和 [PEP 484](#)，其中有对此功能的详细描述。

**universal newlines -- 通用换行** 一种解读文本流的方式，将以下所有符号都识别为行结束标志：Unix 的行结束约定 `'\n'`、Windows 的约定 `'\r\n'` 以及旧版 Macintosh 的约定 `'\r'`。参见 [PEP 278](#) 和 [PEP 3116](#) 和 `bytes.splitlines()` 了解更多用法说明。

**variable annotation -- 变量标注** 对变量或类属性的 *annotation*。

在标注变量或类属性时，还可选择为其赋值：

```
class C:
    field: 'annotation'
```

变量标注通常被用作 *类型注解*：例如以下变量预期接受 `int` 类型的值：

```
count: int = 0
```

变量标注语法的详细解释见 `annassign` 一节。

参见 *function annotation*、[PEP 484](#) 和 [PEP 526](#)，其中描述了此功能。另请参阅 `annotations-howto` 以了解使用标注的最佳实践。

**virtual environment -- 虚拟环境** 一种采用协作式隔离的运行时环境，允许 Python 用户和应用程序在安装和升级 Python 分发包时不会干扰到同一系统上运行的其他 Python 应用程序的行为。

另参见 `venv`。

**virtual machine -- 虚拟机** 一台完全通过软件定义的计算机。Python 虚拟机可执行字节码编译器所生成的 *bytecode*。

**Zen of Python -- Python 之禅** 列出 Python 设计的原则与哲学，有助于理解与使用这种语言。查看其具体内容可在交互模式提示符中输入 `"import this"`。



---

## 文档说明

---

这些文档是用 [Sphinx](#) 从 [reStructuredText](#) 源生成的，*Sphinx* 是一个专为处理 Python 文档而编写的文档生成器。

本文档及其工具链之开发，皆在于志愿者之努力，亦恰如 Python 本身。如果您想为此作出贡献，请阅读 [reporting-bugs](#) 了解如何参与。我们随时欢迎新的志愿者！

特别鸣谢：

- Fred L. Drake, Jr.，原始 Python 文档工具集之创造者，众多文档之作者；
- 用于创建 [reStructuredText](#) 和 [Docutils](#) 套件的 [Docutils](#) 项目；
- Fredrik Lundh 的 [Alternative Python Reference](#) 项目，*Sphinx* 从中得到了许多好的想法。

### B.1 Python 文档的贡献者

有很多对 Python 语言，Python 标准库和 Python 文档有贡献的人，随 Python 源代码分发的 [Misc/ACKS](#) 文件列出了部分贡献者。

有了 Python 社区的输入和贡献，Python 才有了如此出色的文档——谢谢你们！



---

## 历史和许可证

---

### C.1 该软件的历史

Python 由荷兰数学和计算机科学研究学会（CWI，见 <https://www.cwi.nl/>）的 Guido van Rossum 于 1990 年代初设计，作为一门叫做 ABC 的语言的替代品。尽管 Python 包含了许多来自其他人的贡献，Guido 仍是其主要作者。

1995 年，Guido 在弗吉尼亚州的国家创新研究公司（CNRI，见 <https://www.cnri.reston.va.us/>）继续他在 Python 上的工作，并在那里发布了该软件的多个版本。

2000 年五月，Guido 和 Python 核心开发团队转到 BeOpen.com 并组建了 BeOpen PythonLabs 团队。同年十月，PythonLabs 团队转到 Digital Creations (现为 Zope 公司；见 <https://www.zope.org/>)。2001 年，Python 软件基金会 (PSF，见 <https://www.python.org/psf/>) 成立，这是一个专为拥有 Python 相关知识产权而创建的非营利组织。Zope 公司现在是 Python 软件基金会的赞助成员。

所有的 Python 版本都是开源的（有关开源的定义参阅 <https://opensource.org/>）。历史上，绝大多数 Python 版本是 GPL 兼容的；下表总结了各个版本情况。

发布版本	源自	年份	所有者	GPL 兼容？
0.9.0 至 1.2	n/a	1991-1995	CWI	是
1.3 至 1.5.2	1.2	1995-1999	CNRI	是
1.6	1.5.2	2000	CNRI	否
2.0	1.6	2000	BeOpen.com	否
1.6.1	1.6	2001	CNRI	否
2.1	2.0+1.6.1	2001	PSF	否
2.0.1	2.0+1.6.1	2001	PSF	是
2.1.1	2.1+2.0.1	2001	PSF	是
2.1.2	2.1.1	2002	PSF	是
2.1.3	2.1.2	2002	PSF	是
2.2 及更高	2.1.1	2001 至今	PSF	是

---

**备注：**GPL 兼容并不意味着 Python 在 GPL 下发布。与 GPL 不同，所有 Python 许可证都允许您分发修改后的版本，而无需开源所做的更改。GPL 兼容的许可证使得 Python 可以与其它在 GPL 下发布的软件结合使用；但其它的许可证则不行。

---

感谢众多在 Guido 指导下工作的外部志愿者，使得这些发布成为可能。

## C.2 获取或以其他方式使用 Python 的条款和条件

Python 软件和文档的使用许可均基于 *PSF* 许可协议。

从 Python 3.8.6 开始，文档中的示例、操作指导和其他代码采用的是 PSF 许可协议和零条款 *BSD* 许可的双重使用许可。

某些包含在 Python 中的软件基于不同的许可。这些许可会与相应许可之下的代码一同列出。有关这些许可的不完整列表请参阅[收录软件的许可与鸣谢](#)。

### C.2.1 用于 PYTHON 3.12.0rc3 的 PSF 许可协议

1. This LICENSE AGREEMENT is between the Python Software Foundation,  
→ ("PSF"), and  
the Individual or Organization ("Licensee") accessing and otherwise  
→ using Python  
3.12.0rc3 software in source or binary form and its associated  
→ documentation.
2. Subject to the terms and conditions of this License Agreement, PSF  
→ hereby  
grants Licensee a nonexclusive, royalty-free, world-wide license to  
→ reproduce,  
analyze, test, perform and/or display publicly, prepare derivative  
→ works,  
distribute, and otherwise use Python 3.12.0rc3 alone or in any  
→ derivative  
version, provided, however, that PSF's License Agreement and PSF's  
→ notice of  
copyright, i.e., "Copyright © 2001–2023 Python Software Foundation; All  
→ Rights  
Reserved" are retained in Python 3.12.0rc3 alone or in any derivative  
→ version  
prepared by Licensee.
3. In the event Licensee prepares a derivative work that is based on or  
incorporates Python 3.12.0rc3 or any part thereof, and wants to make the  
derivative work available to others as provided herein, then Licensee  
→ hereby  
agrees to include in any such work a brief summary of the changes made  
→ to Python  
3.12.0rc3.
4. PSF is making Python 3.12.0rc3 available to Licensee on an "AS IS"  
→ basis.  
PSF MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED. BY WAY  
→ OF  
EXAMPLE, BUT NOT LIMITATION, PSF MAKES NO AND DISCLAIMS ANY  
→ REPRESENTATION OR  
WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR  
→ THAT THE  
USE OF PYTHON 3.12.0rc3 WILL NOT INFRINGE ANY THIRD PARTY RIGHTS.

5. PSF SHALL NOT BE LIABLE TO LICENSEE OR ANY OTHER USERS OF PYTHON 3.12.0rc3  
FOR ANY INCIDENTAL, SPECIAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR LOSS AS A RESULT OF  
MODIFYING, DISTRIBUTING, OR OTHERWISE USING PYTHON 3.12.0rc3, OR ANY  
DERIVATIVE  
THEREOF, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF.
6. This License Agreement will automatically terminate upon a material breach of  
its terms and conditions.
7. Nothing in this License Agreement shall be deemed to create any relationship  
of agency, partnership, or joint venture between PSF and Licensee. This License  
Agreement does not grant permission to use PSF trademarks or trade name in a  
trademark sense to endorse or promote products or services of Licensee, or any  
third party.
8. By copying, installing or otherwise using Python 3.12.0rc3, Licensee agrees  
to be bound by the terms and conditions of this License Agreement.

## C.2.2 用于 PYTHON 2.0 的 BEOPEN.COM 许可协议

### BEOPEN PYTHON 开源许可协议第 1 版

1. This LICENSE AGREEMENT is between BeOpen.com ("BeOpen"), having an office at 160 Saratoga Avenue, Santa Clara, CA 95051, and the Individual or Organization ("Licensee") accessing and otherwise using this software in source or binary form and its associated documentation ("the Software").
2. Subject to the terms and conditions of this BeOpen Python License Agreement, BeOpen hereby grants Licensee a non-exclusive, royalty-free, world-wide license to reproduce, analyze, test, perform and/or display publicly, prepare derivative works, distribute, and otherwise use the Software alone or in any derivative version, provided, however, that the BeOpen Python License is retained in the Software, alone or in any derivative version prepared by Licensee.
3. BeOpen is making the Software available to Licensee on an "AS IS" basis. BEOPEN MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED. BY WAY OF EXAMPLE, BUT NOT LIMITATION, BEOPEN MAKES NO AND DISCLAIMS ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR THAT THE USE OF THE SOFTWARE WILL NOT INFRINGE ANY THIRD PARTY RIGHTS.
4. BEOPEN SHALL NOT BE LIABLE TO LICENSEE OR ANY OTHER USERS OF THE SOFTWARE FOR ANY INCIDENTAL, SPECIAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR LOSS AS A RESULT OF USING, MODIFYING OR DISTRIBUTING THE SOFTWARE, OR ANY DERIVATIVE THEREOF, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF.
5. This License Agreement will automatically terminate upon a material breach of its terms and conditions.
6. This License Agreement shall be governed by and interpreted in all respects by the law of the State of California, excluding conflict of law provisions. Nothing in this License Agreement shall be deemed to create any relationship of

(下页继续)

(续上页)

agency, partnership, or joint venture between BeOpen and Licensee. This License Agreement does not grant permission to use BeOpen trademarks or trade names in a trademark sense to endorse or promote products or services of Licensee, or any third party. As an exception, the "BeOpen Python" logos available at <http://www.pythonlabs.com/logos.html> may be used according to the permissions granted on that web page.

7. By copying, installing or otherwise using the software, Licensee agrees to be bound by the terms and conditions of this License Agreement.

### C.2.3 用于 PYTHON 1.6.1 的 CNRI 许可协议

1. This LICENSE AGREEMENT is between the Corporation for National Research Initiatives, having an office at 1895 Preston White Drive, Reston, VA 20191 ("CNRI"), and the Individual or Organization ("Licensee") accessing and otherwise using Python 1.6.1 software in source or binary form and its associated documentation.
2. Subject to the terms and conditions of this License Agreement, CNRI hereby grants Licensee a nonexclusive, royalty-free, world-wide license to reproduce, analyze, test, perform and/or display publicly, prepare derivative works, distribute, and otherwise use Python 1.6.1 alone or in any derivative version, provided, however, that CNRI's License Agreement and CNRI's notice of copyright, i.e., "Copyright © 1995-2001 Corporation for National Research Initiatives; All Rights Reserved" are retained in Python 1.6.1 alone or in any derivative version prepared by Licensee. Alternately, in lieu of CNRI's License Agreement, Licensee may substitute the following text (omitting the quotes): "Python 1.6.1 is made available subject to the terms and conditions in CNRI's License Agreement. This Agreement together with Python 1.6.1 may be located on the internet using the following unique, persistent identifier (known as a handle): 1895.22/1013. This Agreement may also be obtained from a proxy server on the internet using the following URL: <http://hdl.handle.net/1895.22/1013>."
3. In the event Licensee prepares a derivative work that is based on or incorporates Python 1.6.1 or any part thereof, and wants to make the derivative work available to others as provided herein, then Licensee hereby agrees to include in any such work a brief summary of the changes made to Python 1.6.1.
4. CNRI is making Python 1.6.1 available to Licensee on an "AS IS" basis. CNRI MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED. BY WAY OF EXAMPLE, BUT NOT LIMITATION, CNRI MAKES NO AND DISCLAIMS ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR THAT THE USE OF PYTHON 1.6.1 WILL NOT INFRINGE ANY THIRD PARTY RIGHTS.
5. CNRI SHALL NOT BE LIABLE TO LICENSEE OR ANY OTHER USERS OF PYTHON 1.6.1 FOR ANY INCIDENTAL, SPECIAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR LOSS AS A RESULT OF MODIFYING, DISTRIBUTING, OR OTHERWISE USING PYTHON 1.6.1, OR ANY DERIVATIVE THEREOF, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF.
6. This License Agreement will automatically terminate upon a material breach of its terms and conditions.
7. This License Agreement shall be governed by the federal intellectual property law of the United States, including without limitation the federal copyright law, and, to the extent such U.S. federal law does not apply, by the law of the Commonwealth of Virginia, excluding Virginia's conflict of law provisions. Notwithstanding the foregoing, with regard to derivative works based on Python 1.6.1 that incorporate non-separable material that was previously distributed under the GNU General Public License (GPL), the law of the Commonwealth of

(下页继续)



(续上页)

Virginia shall govern this License Agreement only as to issues arising under or with respect to Paragraphs 4, 5, and 7 of this License Agreement. Nothing in this License Agreement shall be deemed to create any relationship of agency, partnership, or joint venture between CNRI and Licensee. This License Agreement does not grant permission to use CNRI trademarks or trade name in a trademark sense to endorse or promote products or services of Licensee, or any third party.

8. By clicking on the "ACCEPT" button where indicated, or by copying, installing or otherwise using Python 1.6.1, Licensee agrees to be bound by the terms and conditions of this License Agreement.

## C.2.4 用于 PYTHON 0.9.0 至 1.2 的 CWI 许可协议

Copyright © 1991 - 1995, Stichting Mathematisch Centrum Amsterdam, The Netherlands. All rights reserved.

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appear in all copies and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation, and that the name of Stichting Mathematisch Centrum or CWI not be used in advertising or publicity pertaining to distribution of the software without specific, written prior permission.

STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

## C.2.5 ZERO-CLAUSE BSD LICENSE FOR CODE IN THE PYTHON 3.12.0rc3 DOCUMENTATION

Permission to use, copy, modify, and/or distribute this software for any purpose with or without fee is hereby granted.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" AND THE AUTHOR DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, DIRECT, INDIRECT, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

## C.3 收录软件的许可与鸣谢

本节是 Python 发行版中收录的第三方软件的许可和致谢清单，该清单是不完整且不断增长的。

### C.3.1 Mersenne Twister

作为 random 模块下层的 \_random C 扩展包括基于从 <http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/MT2002/emt19937ar.html> 下载的代码。以下是原始代码的完整注释：

```
A C-program for MT19937, with initialization improved 2002/1/26.
Coded by Takuji Nishimura and Makoto Matsumoto.

Before using, initialize the state by using init_genrand(seed)
or init_by_array(init_key, key_length).

Copyright (C) 1997 - 2002, Makoto Matsumoto and Takuji Nishimura,
All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright
   notice, this list of conditions and the following disclaimer.

2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright
   notice, this list of conditions and the following disclaimer in the
   documentation and/or other materials provided with the distribution.

3. The names of its contributors may not be used to endorse or promote
   products derived from this software without specific prior written
   permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS
"AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT
LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR
A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR
CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL,
EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO,
PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR
PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF
LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING
NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS
SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

Any feedback is very welcome.
http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/emt.html
email: m-mat @ math.sci.hiroshima-u.ac.jp (remove space)
```

### C.3.2 套接字

socket 使用了 `getaddrinfo()` 和 `getnameinfo()` WIDE 项目的不同源文件中: <https://www.wide.ad.jp/>

Copyright (C) 1995, 1996, 1997, and 1998 WIDE Project.  
All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
3. Neither the name of the project nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE PROJECT AND CONTRIBUTORS ``AS IS'' AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE PROJECT OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

### C.3.3 异步套接字服务

`test.support.asyncchat` 和 `test.support.asyncore` 模块包含以下说明。:

Copyright 1996 by Sam Rushing

All Rights Reserved

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appear in all copies and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation, and that the name of Sam Rushing not be used in advertising or publicity pertaining to distribution of the software without specific, written prior permission.

SAM RUSHING DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL SAM RUSHING BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

### C.3.4 Cookie 管理

http.cookies 模块包含以下声明:

```
Copyright 2000 by Timothy O'Malley <timo@alum.mit.edu>

    All Rights Reserved

Permission to use, copy, modify, and distribute this software
and its documentation for any purpose and without fee is hereby
granted, provided that the above copyright notice appear in all
copies and that both that copyright notice and this permission
notice appear in supporting documentation, and that the name of
Timothy O'Malley not be used in advertising or publicity
pertaining to distribution of the software without specific, written
prior permission.

Timothy O'Malley DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS
SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY
AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL Timothy O'Malley BE LIABLE FOR
ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES
WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS,
WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS
ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR
PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.
```

### C.3.5 执行追踪

trace 模块包含以下声明:

```
portions copyright 2001, Autonomous Zones Industries, Inc., all rights...
err... reserved and offered to the public under the terms of the
Python 2.2 license.
Author: Zooko O'Whielacronx
http://zooko.com/
mailto:zooko@zooko.com

Copyright 2000, Mojam Media, Inc., all rights reserved.
Author: Skip Montanaro

Copyright 1999, Bioreason, Inc., all rights reserved.
Author: Andrew Dalke

Copyright 1995-1997, Automatrix, Inc., all rights reserved.
Author: Skip Montanaro

Copyright 1991-1995, Stichting Mathematisch Centrum, all rights reserved.

Permission to use, copy, modify, and distribute this Python software and
its associated documentation for any purpose without fee is hereby
granted, provided that the above copyright notice appears in all copies,
and that both that copyright notice and this permission notice appear in
supporting documentation, and that the name of neither Automatrix,
Bioreason or Mojam Media be used in advertising or publicity pertaining to
distribution of the software without specific, written prior permission.
```

### C.3.6 UUencode 与 UUdecode 函数

uu 模块包含以下声明:

```
Copyright 1994 by Lance Ellinghouse
Cathedral City, California Republic, United States of America.
    All Rights Reserved
Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its
documentation for any purpose and without fee is hereby granted,
provided that the above copyright notice appear in all copies and that
both that copyright notice and this permission notice appear in
supporting documentation, and that the name of Lance Ellinghouse
not be used in advertising or publicity pertaining to distribution
of the software without specific, written prior permission.
LANCE ELLINGHOUSE DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO
THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND
FITNESS, IN NO EVENT SHALL LANCE ELLINGHOUSE CENTRUM BE LIABLE
FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES
WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN
ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT
OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

Modified by Jack Jansen, CWI, July 1995:
- Use binascii module to do the actual line-by-line conversion
  between ascii and binary. This results in a 1000-fold speedup. The C
  version is still 5 times faster, though.
- Arguments more compliant with Python standard
```

### C.3.7 XML 远程过程调用

xmlrpc.client 模块包含以下声明:

```
The XML-RPC client interface is

Copyright (c) 1999-2002 by Secret Labs AB
Copyright (c) 1999-2002 by Fredrik Lundh

By obtaining, using, and/or copying this software and/or its
associated documentation, you agree that you have read, understood,
and will comply with the following terms and conditions:

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and
its associated documentation for any purpose and without fee is
hereby granted, provided that the above copyright notice appears in
all copies, and that both that copyright notice and this permission
notice appear in supporting documentation, and that the name of
Secret Labs AB or the author not be used in advertising or publicity
pertaining to distribution of the software without specific, written
prior permission.

SECRET LABS AB AND THE AUTHOR DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD
TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANT-
ABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL SECRET LABS AB OR THE AUTHOR
BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY
DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS,
WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS
ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE
OF THIS SOFTWARE.
```

### C.3.8 test\_epoll

test.test\_epoll 模块包含以下说明:

```
Copyright (c) 2001-2006 Twisted Matrix Laboratories.
```

```
Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
a copy of this software and associated documentation files (the
"Software"), to deal in the Software without restriction, including
without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
the following conditions:
```

```
The above copyright notice and this permission notice shall be
included in all copies or substantial portions of the Software.
```

```
THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND
NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE
LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION
OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION
WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.9 Select kqueue

select 模块关于 kqueue 的接口包含以下声明:

```
Copyright (c) 2000 Doug White, 2006 James Knight, 2007 Christian Heimes
All rights reserved.
```

```
Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:
```

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR AND CONTRIBUTORS ``AS IS'' AND
ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE
IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE
ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR OR CONTRIBUTORS BE LIABLE
FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL
DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS
OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION)
HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT
LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY
OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF
SUCH DAMAGE.
```



### C.3.10 SipHash24

Python/pyhash.c 文件包含 Marek Majkowski 对 Dan Bernstein 的 SipHash24 算法的实现。它包含以下声明:

```
<MIT License>
Copyright (c) 2013  Marek Majkowski <marek@popcount.org>

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy
of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal
in the Software without restriction, including without limitation the rights
to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell
copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is
furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in
all copies or substantial portions of the Software.
</MIT License>

Original location:
    https://github.com/majek/csiphash/

Solution inspired by code from:
    Samuel Neves (supercop/crypto_auth/siphhash24/little)
    djb (supercop/crypto_auth/siphhash24/little2)
    Jean-Philippe Aumasson (https://131002.net/siphhash/siphhash24.c)
```

### C.3.11 strtod 和 dtoa

Python/dtoa.c 文件提供了 C 函数 `dtoa` 和 `strtod`, 用于 C 双精度数值和字符串之间的转换, 它派生自 David M. Gay 编写的同名文件。目前该文件可在 <https://web.archive.org/web/20220517033456/http://www.netlib.org/fp/dtoa.c> 访问。在 2009 年 3 月 16 日检索到的原始文件包含以下版权和许可声明:

```
/* *****
 *
 * The author of this software is David M. Gay.
 *
 * Copyright (c) 1991, 2000, 2001 by Lucent Technologies.
 *
 * Permission to use, copy, modify, and distribute this software for any
 * purpose without fee is hereby granted, provided that this entire notice
 * is included in all copies of any software which is or includes a copy
 * or modification of this software and in all copies of the supporting
 * documentation for such software.
 *
 * THIS SOFTWARE IS BEING PROVIDED "AS IS", WITHOUT ANY EXPRESS OR IMPLIED
 * WARRANTY.  IN PARTICULAR, NEITHER THE AUTHOR NOR LUCENT MAKES ANY
 * REPRESENTATION OR WARRANTY OF ANY KIND CONCERNING THE MERCHANTABILITY
 * OF THIS SOFTWARE OR ITS FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE.
 *
 * ***** */
```

## C.3.12 OpenSSL

如果操作系统提供支持，则 `hashlib`, `posix`, `ssl`, `crypt` 模块会使用 **OpenSSL** 库来提高性能。此外，Python 的 Windows 和 macOS 安装程序可能会包括 **OpenSSL** 库的副本，所以我们也在此包括一份 **OpenSSL** 许可证的副本。对于 **OpenSSL 3.0** 版及其后续衍生版本，均使用 **Apache** 许可证 v2:

<div>Apache License Version 2.0, January 2004 <a href="https://www.apache.org/licenses/">https://www.apache.org/licenses/</a>  TERMS AND CONDITIONS FOR USE, REPRODUCTION, AND DISTRIBUTION  1. Definitions.  "License" shall mean the terms and conditions for use, reproduction, and distribution as defined by Sections 1 through 9 of this document.  "Licensor" shall mean the copyright owner or entity authorized by the copyright owner that is granting the License.  "Legal Entity" shall mean the union of the acting entity and all other entities that control, are controlled by, or are under common control with that entity. For the purposes of this definition, "control" means (i) the power, direct or indirect, to cause the direction or management of such entity, whether by contract or otherwise, or (ii) ownership of fifty percent (50%) or more of the outstanding shares, or (iii) beneficial ownership of such entity.  "You" (or "Your") shall mean an individual or Legal Entity exercising permissions granted by this License.  "Source" form shall mean the preferred form for making modifications, including but not limited to software source code, documentation source, and configuration files.  "Object" form shall mean any form resulting from mechanical transformation or translation of a Source form, including but not limited to compiled object code, generated documentation, and conversions to other media types.  "Work" shall mean the work of authorship, whether in Source or Object form, made available under the License, as indicated by a copyright notice that is included in or attached to the work (an example is provided in the Appendix below).  "Derivative Works" shall mean any work, whether in Source or Object form, that is based on (or derived from) the Work and for which the editorial revisions, annotations, elaborations, or other modifications represent, as a whole, an original work of authorship. For the purposes of this License, Derivative Works shall not include works that remain separable from, or merely link (or bind by name) to the interfaces of, the Work and Derivative Works thereof.  "Contribution" shall mean any work of authorship, including the original version of the Work and any modifications or additions to that Work or Derivative Works thereof, that is intentionally submitted to Licensor for inclusion in the Work by the copyright owner or by an individual or Legal Entity authorized to submit on behalf of the copyright owner. For the purposes of this definition, "submitted" means any form of electronic, verbal, or written communication sent to the Licensor or its representatives, including but not limited to communication on electronic mailing lists, source code control systems,</div>
---

(下页继续)

(续上页)

and issue tracking systems that are managed by, or on behalf of, the Licensor for the purpose of discussing and improving the Work, but excluding communication that is conspicuously marked or otherwise designated in writing by the copyright owner as "Not a Contribution."

"Contributor" shall mean Licensor and any individual or Legal Entity on behalf of whom a Contribution has been received by Licensor and subsequently incorporated within the Work.

2. Grant of Copyright License. Subject to the terms and conditions of this License, each Contributor hereby grants to You a perpetual, worldwide, non-exclusive, no-charge, royalty-free, irrevocable copyright license to reproduce, prepare Derivative Works of, publicly display, publicly perform, sublicense, and distribute the Work and such Derivative Works in Source or Object form.
3. Grant of Patent License. Subject to the terms and conditions of this License, each Contributor hereby grants to You a perpetual, worldwide, non-exclusive, no-charge, royalty-free, irrevocable (except as stated in this section) patent license to make, have made, use, offer to sell, sell, import, and otherwise transfer the Work, where such license applies only to those patent claims licensable by such Contributor that are necessarily infringed by their Contribution(s) alone or by combination of their Contribution(s) with the Work to which such Contribution(s) was submitted. If You institute patent litigation against any entity (including a cross-claim or counterclaim in a lawsuit) alleging that the Work or a Contribution incorporated within the Work constitutes direct or contributory patent infringement, then any patent licenses granted to You under this License for that Work shall terminate as of the date such litigation is filed.
4. Redistribution. You may reproduce and distribute copies of the Work or Derivative Works thereof in any medium, with or without modifications, and in Source or Object form, provided that You meet the following conditions:
  - (a) You must give any other recipients of the Work or Derivative Works a copy of this License; and
  - (b) You must cause any modified files to carry prominent notices stating that You changed the files; and
  - (c) You must retain, in the Source form of any Derivative Works that You distribute, all copyright, patent, trademark, and attribution notices from the Source form of the Work, excluding those notices that do not pertain to any part of the Derivative Works; and
  - (d) If the Work includes a "NOTICE" text file as part of its distribution, then any Derivative Works that You distribute must include a readable copy of the attribution notices contained within such NOTICE file, excluding those notices that do not pertain to any part of the Derivative Works, in at least one of the following places: within a NOTICE text file distributed as part of the Derivative Works; within the Source form or documentation, if provided along with the Derivative Works; or, within a display generated by the Derivative Works, if and wherever such third-party notices normally appear. The contents of the NOTICE file are for informational purposes only and do not modify the License. You may add Your own attribution

(下页继续)

notices within Derivative Works that You distribute, alongside or as an addendum to the NOTICE text from the Work, provided that such additional attribution notices cannot be construed as modifying the License.

You may add Your own copyright statement to Your modifications and may provide additional or different license terms and conditions for use, reproduction, or distribution of Your modifications, or for any such Derivative Works as a whole, provided Your use, reproduction, and distribution of the Work otherwise complies with the conditions stated in this License.

5. Submission of Contributions. Unless You explicitly state otherwise, any Contribution intentionally submitted for inclusion in the Work by You to the Licensor shall be under the terms and conditions of this License, without any additional terms or conditions. Notwithstanding the above, nothing herein shall supersede or modify the terms of any separate license agreement you may have executed with Licensor regarding such Contributions.
6. Trademarks. This License does not grant permission to use the trade names, trademarks, service marks, or product names of the Licensor, except as required for reasonable and customary use in describing the origin of the Work and reproducing the content of the NOTICE file.
7. Disclaimer of Warranty. Unless required by applicable law or agreed to in writing, Licensor provides the Work (and each Contributor provides its Contributions) on an "AS IS" BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied, including, without limitation, any warranties or conditions of TITLE, NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. You are solely responsible for determining the appropriateness of using or redistributing the Work and assume any risks associated with Your exercise of permissions under this License.
8. Limitation of Liability. In no event and under no legal theory, whether in tort (including negligence), contract, or otherwise, unless required by applicable law (such as deliberate and grossly negligent acts) or agreed to in writing, shall any Contributor be liable to You for damages, including any direct, indirect, special, incidental, or consequential damages of any character arising as a result of this License or out of the use or inability to use the Work (including but not limited to damages for loss of goodwill, work stoppage, computer failure or malfunction, or any and all other commercial damages or losses), even if such Contributor has been advised of the possibility of such damages.
9. Accepting Warranty or Additional Liability. While redistributing the Work or Derivative Works thereof, You may choose to offer, and charge a fee for, acceptance of support, warranty, indemnity, or other liability obligations and/or rights consistent with this License. However, in accepting such obligations, You may act only on Your own behalf and on Your sole responsibility, not on behalf of any other Contributor, and only if You agree to indemnify, defend, and hold each Contributor harmless for any liability incurred by, or claims asserted against, such Contributor by reason of your accepting any such warranty or additional liability.

END OF TERMS AND CONDITIONS

### C.3.13 expat

pyexpat 扩展是使用所包括的 `expat` 源副本来构建的，除非配置了 `--with-system-expat`:

```
Copyright (c) 1998, 1999, 2000 Thai Open Source Software Center Ltd
and Clark Cooper

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
a copy of this software and associated documentation files (the
"Software"), to deal in the Software without restriction, including
without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included
in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT.
IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY
CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT,
TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE
SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.14 libffi

作为 `ctypes` 模块下层的 `_ctypes` C 扩展是使用包括了 `libffi` 源的副本构建的，除非构建时配置了 `--with-system-libffi`:

```
Copyright (c) 1996-2008 Red Hat, Inc and others.

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
a copy of this software and associated documentation files (the
``Software''), to deal in the Software without restriction, including
without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included
in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED ``AS IS'', WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND
NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT
HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY,
WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM,
OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER
DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.15 zlib

如果系统上找到的 `zlib` 版本太旧而无法用于构建，则使用包含 `zlib` 源代码的拷贝来构建 `zlib` 扩展：

```
Copyright (C) 1995-2011 Jean-loup Gailly and Mark Adler

This software is provided 'as-is', without any express or implied
warranty. In no event will the authors be held liable for any damages
arising from the use of this software.

Permission is granted to anyone to use this software for any purpose,
including commercial applications, and to alter it and redistribute it
freely, subject to the following restrictions:

1. The origin of this software must not be misrepresented; you must not
   claim that you wrote the original software. If you use this software
   in a product, an acknowledgment in the product documentation would be
   appreciated but is not required.

2. Altered source versions must be plainly marked as such, and must not be
   misrepresented as being the original software.

3. This notice may not be removed or altered from any source distribution.

Jean-loup Gailly          Mark Adler
jloup@gzip.org            madler@alumni.caltech.edu
```

### C.3.16 cfuhash

`tracemalloc` 使用的哈希表的实现基于 `cfuhash` 项目：

```
Copyright (c) 2005 Don Owens
All rights reserved.

This code is released under the BSD license:

Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:

* Redistributions of source code must retain the above copyright
  notice, this list of conditions and the following disclaimer.

* Redistributions in binary form must reproduce the above
  copyright notice, this list of conditions and the following
  disclaimer in the documentation and/or other materials provided
  with the distribution.

* Neither the name of the author nor the names of its
  contributors may be used to endorse or promote products derived
  from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS
"AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT
LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS
FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE
COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT,
INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES
(INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR
SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION)
```

(下页继续)



(续上页)

```
HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT,
STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE)
ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED
OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.
```

### C.3.17 libmpdec

作为 decimal 模块下层的 `_decimal` C 扩展是使用包括了 libmpdec 库的副本构建的, 除非构建时配置了 `--with-system-libmpdec`:

```
Copyright (c) 2008-2020 Stefan Krah. All rights reserved.
```

```
Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:
```

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND
ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE
IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE
ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR OR CONTRIBUTORS BE LIABLE
FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL
DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS
OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION)
HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT
LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY
OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF
SUCH DAMAGE.
```

### C.3.18 W3C C14N 测试套件

test 包中的 C14N 2.0 测试集 (Lib/test/xmltestdata/c14n-20/) 提取自 W3C 网站 <https://www.w3.org/TR/xml-c14n2-testcases/> 并根据 3 条款版 BSD 许可证发行:

```
Copyright (c) 2013 W3C(R) (MIT, ERCIM, Keio, Beihang),
All Rights Reserved.
```

```
Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:
```

- \* Redistributions of works must retain the original copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- \* Redistributions in binary form must reproduce the original copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- \* Neither the name of the W3C nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this work without specific prior written permission.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS
```

(下页继续)

(续上页)

```
"AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT
LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR
A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT
OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL,
SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT
LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE,
DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY
THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT
(INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE
OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.
```

## C.3.19 audioop

audioop 模块使用 SoX 项目的 g771.c 文件中的代码为基础:

```
Programming the AdLib/Sound Blaster
FM Music Chips
Version 2.0 (24 Feb 1992)
Copyright (c) 1991, 1992 by Jeffrey S. Lee
jlee@smylex.uucp
Warranty and Copyright Policy
This document is provided on an "as-is" basis, and its author makes
no warranty or representation, express or implied, with respect to
its quality performance or fitness for a particular purpose. In no
event will the author of this document be liable for direct, indirect,
special, incidental, or consequential damages arising out of the use
or inability to use the information contained within. Use of this
document is at your own risk.
This file may be used and copied freely so long as the applicable
copyright notices are retained, and no modifications are made to the
text of the document. No money shall be charged for its distribution
beyond reasonable shipping, handling and duplication costs, nor shall
proprietary changes be made to this document so that it cannot be
distributed freely. This document may not be included in published
material or commercial packages without the written consent of its
author.
```

---

### 版权所有

---

Python 与这份文档：

版权所有 © 2001-2023 Python 软件基金会。保留所有权利。

版权所有 © 2000 BeOpen.com。保留所有权利。

版权所有 © 1995-2000 Corporation for National Research Initiatives。保留所有权利。

版权所有 © 1991-1995 Stichting Mathematisch Centrum。保留所有权利。

---

有关完整的许可证和许可信息，请参见[历史](#)和[许可证](#)。



## 非字母

- ..., 281
- 2to3, 281
- >>>, 281
- \_\_all\_\_ (包变量), 66
- \_\_dict\_\_ (模块属性), 155
- \_\_doc\_\_ (模块属性), 155
- \_\_file\_\_ (模块属性), 155, 156
- \_\_future\_\_, 285
- \_\_import\_\_
  - 内置函数, 66
- \_\_loader\_\_ (模块属性), 155
- \_\_main\_\_
  - module, 11, 181, 193, 194
- \_\_name\_\_ (模块属性), 155
- \_\_package\_\_ (模块属性), 155
- \_\_PYENVV\_LAUNCHER\_\_, 208, 214
- \_\_slots\_\_, 290
- \_frozen (C struct), 69
- \_inittab (C struct), 69
- \_inittab.name (C member), 69
- \_Py\_c\_diff (C function), 119
- \_Py\_c\_neg (C function), 119
- \_Py\_c\_pow (C function), 119
- \_Py\_c\_prod (C function), 119
- \_Py\_c\_quot (C function), 119
- \_Py\_c\_sum (C function), 119
- \_Py\_InitializeMain (C function), 221
- \_Py\_NoneStruct (C var), 233
- \_PyBytes\_Resize (C function), 122
- \_PyCFunctionFast (C type), 236
- \_PyCFunctionFastWithKeywords (C type), 236
- \_PyCode\_GetExtra, 153
- \_PyCode\_SetExtra, 154
- \_PyEval\_RequestCodeExtraIndex, 153
- \_PyFrameEvalFunction (C type), 191
- \_PyInterpreterFrame (C struct), 169
- \_PyInterpreterState\_GetEvalFrameFunc (C function), 191
- \_PyInterpreterState\_SetEvalFrameFunc (C function), 191
- \_PyObject\_GetDictPtr (C function), 84
- \_PyObject\_New (C function), 233
- \_PyObject\_NewVar (C function), 233
- \_PyTuple\_Resize (C function), 139
- \_thread
  - module, 188
- 代码对象, 151
- 特殊
  - method -- 方法, 291
- 环境变量
  - \_\_PYENVV\_LAUNCHER\_\_, 208, 214
  - PATH, 11
  - PYTHONCOERCECLOCALE, 219
  - PYTHONDEBUG, 178, 213
  - PYTHONDEVMODE, 209
  - PYTHONDONTWRITEBYTECODE, 178, 216
  - PYTHONDUMPREFS, 210, 248
  - PYTHONEXECUTABLE, 214
  - PYTHONFAULTHANDLER, 210
  - PYTHONHASHSEED, 179, 211
  - PYTHONHOME, 11, 179, 185, 211
  - PYTHONINSPECT, 179, 211
  - PYTHONINTMAXSTRDIGITS, 211
  - PYTHONIOENCODING, 182, 215
  - PYTHONLEGACYWINDOWSFSENCODING, 179, 205
  - PYTHONLEGACYWINDOWSSSTDIO, 180, 212
  - PYTHONMALLOC, 224, 227, 229
  - PYTHONMALLOC` (例
    - 如: ``PYTHONMALLOC=malloc`, 230
  - PYTHONMALLOCSTATS, 212, 224
  - PYTHONNODEBUGRANGES, 209
  - PYTHONNOUSERSITE, 180, 216
  - PYTHONOPTIMIZE, 180, 213
  - PYTHONPATH, 11, 179, 212
  - PYTHONPERFSUPPORT, 215
  - PYTHONPLATLIBDIR, 212
  - PYTHONPROFILEIMPORTTIME, 211
  - PYTHONPYCACHEPREFIX, 214
  - PYTHONSAFEPATH, 208
  - PYTHONTRACEMALLOC, 215
  - PYTHONUNBUFFERED, 180, 209
  - PYTHONUTF8, 205, 219
  - PYTHONVERBOSE, 181, 216
  - PYTHONWARNINGS, 216
- 类方法

内置函数, 238  
 缓冲协议, 98  
 缓冲对象  
   (参见缓冲协议), 98  
 缓冲接口  
   (参见缓冲协议), 98  
 编译  
   内置函数, 67  
 解释器锁, 185  
 锁, 解释器, 185  
 长整型  
   object -- 对象, 113  
 静态方法  
   内置函数, 238  
 魔术  
   method -- 方法, 287

## A

abort(), 66  
 abs  
   内置函数, 93  
 abstract base class -- 抽象基类, 281  
 allocfunc (*C type*), 272  
 annotation -- 标注, 281  
 argument -- 参数, 281  
 argv (在 *sys* 模块中), 184  
 ascii  
   内置函数, 85  
 asynchronous context manager -- 异步  
   上下文管理器, 282  
 asynchronous generator -- 异步生成器,  
   282  
 asynchronous generator iterator -- 异  
   步生成器迭代器, 282  
 asynchronous iterable -- 异步可迭代对  
   象, 282  
 asynchronous iterator -- 异步迭代器, 282  
 attribute -- 属性, 282  
 awaitable -- 可等待对象, 282

## B

BDFL, 282  
 binary file -- 二进制文件, 282  
 binaryfunc (*C type*), 273  
 borrowed reference -- 借入引用, 282  
 builtins  
   module, 11, 181, 193, 194  
 bytearray  
   object -- 对象, 122  
 bytecode -- 字节码, 283  
 bytes-like object -- 字节类对象, 282

## C

C 连续, 101, 283  
 callable -- 可调用对象, 283  
 callback -- 回调, 283  
 calloc(), 223  
 Capsule

object -- 对象, 166  
 class -- 类, 283  
 class variable -- 类变量, 283  
 close() (*in module os*), 194  
 CO\_FUTURE\_DIVISION (*C var*), 42  
 complex number -- 复数  
   object -- 对象, 119  
 complex number -- 复数, 283  
 context manager -- 上下文管理器, 283  
 context variable -- 上下文变量, 283  
 contiguous -- 连续, 101  
 contiguous -- 连续, 283  
 copyright (在 *sys* 模块中), 184  
 coroutine -- 协程, 283  
 coroutine function -- 协程函数, 283  
 CPython, 283

## D

decorator -- 装饰器, 283  
 descrgetfunc (*C type*), 272  
 descriptor -- 描述器, 283  
 descrsetfunc (*C type*), 272  
 destructor (*C type*), 272  
 dictionary -- 字典  
   object -- 对象, 142  
 dictionary -- 字典, 284  
 dictionary comprehension -- 字典推导式,  
   284  
 dictionary view -- 字典视图, 284  
 divmod  
   内置函数, 92  
 docstring -- 文档字符串, 284  
 duck-typing -- 鸭子类型, 284

## E

EAFP, 284  
 EOFError (内置异常), 154  
 exc\_info() (在 *sys* 模块中), 10  
 executable (在 *sys* 模块中), 183  
 exit(), 66  
 expression -- 表达式, 284  
 extension module -- 扩展模块, 284

## F

f-string -- f-字符串, 284  
 file object -- 文件对象, 284  
 file-like object -- 文件类对象, 284  
 filesystem encoding and error  
   handler -- 文件系统编码格式与  
   错误处理句柄, 284  
 finder -- 查找器, 284  
 float  
   内置函数, 94  
 floor division -- 向下取整除法, 285  
 Fortran 连续, 101, 283  
 free(), 223  
 freefunc (*C type*), 272  
 frozenset



object -- 对象, 146  
 function -- 函数  
 object -- 对象, 147  
 function -- 函数, 285  
 function annotation -- 函数标注, 285

## G

garbage collection -- 垃圾回收, 285  
 gcvisitobjects\_t (*C type*), 278  
 generator -- 生成器, 285  
 generator -- 生成器, 285  
 generator expression -- 生成器表达式, 285  
 generator expression -- 生成器表达式, 285  
 generator iterator -- 生成器迭代器, 285  
 generic function -- 泛型函数, 285  
 generic type -- 泛型, 285  
 getattrofunc (*C type*), 272  
 getattrofunc (*C type*), 272  
 getbufferproc (*C type*), 273  
 getiterfunc (*C type*), 272  
 GIL, 285  
 global interpreter lock -- 全局解释器锁, 185  
 global interpreter lock -- 全局解释器锁, 285

## H

hash  
 内置函数, 86, 251  
 hash-based pyc -- 基于哈希的 pyc, 286  
 hashable -- 可哈希, 286  
 hashfunc (*C type*), 272

## I

IDLE, 286  
 immutable -- 不可变对象, 286  
 import path -- 导入路径, 286  
 importer -- 导入器, 286  
 importing -- 导入, 286  
 incr\_item(), 10, 11  
 initproc (*C type*), 272  
 inquiry (*C type*), 277  
 instancemethod  
 object -- 对象, 149  
 int  
 内置函数, 94  
 integer  
 object -- 对象, 113  
 interactive -- 交互, 286  
 interpreted -- 解释型, 286  
 interpreter shutdown -- 解释器关闭, 286  
 iterable -- 可迭代对象, 286  
 iterator -- 迭代器, 286  
 iternextfunc (*C type*), 273

## K

key function -- 键函数, 287  
 KeyboardInterrupt (内置异常), 54  
 keyword argument -- 关键字参数, 287

## L

lambda, 287  
 LBYL, 287  
 len  
 内置函数, 86, 95, 96, 141, 144, 147  
 lenfunc (*C type*), 273  
 list  
 object -- 对象, 141  
 list -- 列表, 287  
 list comprehension -- 列表推导式, 287  
 loader -- 加载器, 287  
 locale encoding -- 语言区域编码格式, 287  
 LONG\_MAX, 114

## M

magic method -- 魔术方法, 287  
 main(), 182, 184  
 malloc(), 223  
 mapping -- 映射  
 object -- 对象, 142  
 mapping -- 映射, 287  
 memoryview  
 object -- 对象, 165  
 meta path finder -- 元路径查找器, 287  
 metaclass -- 元类, 287  
 METH\_CLASS (*C macro*), 238  
 METH\_COEXIST (*C macro*), 238  
 METH\_FASTCALL (*C macro*), 237  
 METH\_KEYWORDS (*C macro*), 237  
 METH\_METHOD (*C macro*), 237  
 METH\_NOARGS (*C macro*), 237  
 METH\_O (*C macro*), 237  
 METH\_STATIC (*C macro*), 238  
 METH\_VARARGS (*C macro*), 237  
 method -- 方法  
 object -- 对象, 150  
 特殊, 291  
 魔术, 287  
 method -- 方法, 288  
 method resolution order -- 方法解析顺序, 288  
 MethodType (*types* 模块), 148, 150  
 module  
 \_\_main\_\_, 11, 181, 193, 194  
 \_thread, 188  
 builtins, 11, 181, 193, 194  
 object -- 对象, 155  
 signal, 54  
 sys, 11, 181, 193, 194  
 搜索 path, 11, 181, 183  
 module -- 模块, 288  
 module spec -- 模块规格, 288  
 modules (在 *sys* 模块中), 66, 181

ModuleType (在 *types* 模块中), 155

MRO, 288

mutable -- 可变对象, 288

## N

named tuple -- 具名元组, 288

namespace -- 命名空间, 288

namespace package -- 命名空间包, 288

nested scope -- 嵌套作用域, 288

new-style class -- 新式类, 288

newfunc (C type), 272

None

object -- 对象, 113

## O

object -- 对象

bytearray, 122

Capsule, 166

code -- 代码, 151

complex number -- 复数, 119

dictionary -- 字典, 142

frozenset, 146

function -- 函数, 147

instancemethod, 149

integer, 113

list, 141

mapping -- 映射, 142

memoryview, 165

method -- 方法, 150

module, 155

None, 113

sequence, 120

set, 146

type, 6, 107

元组, 139

字节串, 120

数字, 113

文件, 154

浮点数, 117

长整型, 113

object -- 对象, 288

objobjargproc (C type), 273

objobjproc (C type), 273

OverflowError (内置异常), 114, 115

## P

package -- 包, 288

parameter -- 形参, 289

PATH, 11

path

module 搜索, 11, 181, 183

path (在 *sys* 模块中), 11, 181, 183

path based finder -- 基于路径的查找器, 289

path entry -- 路径入口, 289

path entry finder -- 路径入口查找器, 289

path entry hook -- 路径入口钩子, 289

path-like object -- 路径类对象, 289

PEP, 289

platform (在 *sys* 模块中), 184

portion -- 部分, 289

positional argument -- 位置参数, 289

pow

内置函数, 92, 94

provisional API -- 暂定 API, 289

provisional package -- 暂定包, 290

Py\_ABS (C macro), 4

Py\_AddPendingCall (C function), 196

Py\_AddPendingCall(), 196

Py\_ALWAYS\_INLINE (C macro), 4

Py\_AtExit (C function), 66

Py\_AUDIT\_READ (C macro), 239

Py\_BEGIN\_ALLOW\_THREADS, 186

Py\_BEGIN\_ALLOW\_THREADS (C macro), 189

Py\_BLOCK\_THREADS (C macro), 189

Py\_buffer (C type), 99

Py\_buffer.buf (C member), 99

Py\_buffer.format (C member), 100

Py\_buffer.internal (C member), 100

Py\_buffer.itemsize (C member), 99

Py\_buffer.len (C member), 99

Py\_buffer.ndim (C member), 100

Py\_buffer.obj (C member), 99

Py\_buffer.readonly (C member), 99

Py\_buffer.shape (C member), 100

Py\_buffer.strides (C member), 100

Py\_buffer.suboffsets (C member), 100

Py\_BuildValue (C function), 75

Py\_BytesMain (C function), 39

Py\_BytesWarningFlag (C var), 178

Py\_CHARMASK (C macro), 5

Py\_CLEAR (C function), 44

Py\_CompileString (C function), 41

Py\_CompileString(), 42

Py\_CompileStringExFlags (C function), 41

Py\_CompileStringFlags (C function), 41

Py\_CompileStringObject (C function), 41

Py\_complex (C type), 119

Py\_DebugFlag (C var), 178

Py\_DecompileLocale (C function), 62

Py\_DECREF (C function), 44

Py\_DecRef (C function), 45

Py\_DECREF(), 7

Py\_DEPRECATED (C macro), 5

Py\_DontWriteBytecodeFlag (C var), 178

Py\_Ellipsis (C var), 165

Py\_EncodeLocale (C function), 63

Py\_END\_ALLOW\_THREADS, 186

Py\_END\_ALLOW\_THREADS (C macro), 189

Py\_EndInterpreter (C function), 194

Py\_EnterRecursiveCall (C function), 57

Py\_EQ (C macro), 259

Py\_eval\_input (C var), 42

Py\_Exit (C function), 66

Py\_ExitStatusException (C function), 203

Py\_False (C var), 116

- Py\_FatalError (C function), 66
- Py\_FatalError(), 184
- Py\_FdIsInteractive (C function), 61
- Py\_file\_input (C var), 42
- Py\_Finalize (C function), 181
- Py\_FinalizeEx (C function), 181
- Py\_FinalizeEx(), 66, 181, 194
- Py\_FrozenFlag (C var), 178
- Py\_GE (C macro), 259
- Py\_GenericAlias (C function), 175
- Py\_GenericAliasType (C var), 176
- Py\_GetArgcArgv (C function), 220
- Py\_GetBuildInfo (C function), 184
- Py\_GetCompiler (C function), 184
- Py\_GetCopyright (C function), 184
- Py\_GETENV (C macro), 5
- Py\_GetExecPrefix (C function), 182
- Py\_GetExecPrefix(), 11
- Py\_GetPath (C function), 183
- Py\_GetPath(), 11, 182, 183
- Py\_GetPlatform (C function), 184
- Py\_GetPrefix (C function), 182
- Py\_GetPrefix(), 11
- Py\_GetProgramFullPath (C function), 183
- Py\_GetProgramFullPath(), 11
- Py\_GetProgramName (C function), 182
- Py\_GetPythonHome (C function), 185
- Py\_GetVersion (C function), 184
- Py\_GT (C macro), 259
- Py\_HashRandomizationFlag (C var), 179
- Py\_IgnoreEnvironmentFlag (C var), 179
- Py\_INCREF (C function), 43
- Py\_IncRef (C function), 44
- Py\_INCREF(), 7
- Py\_Initialize (C function), 181
- Py\_Initialize(), 11, 182, 194
- Py\_InitializeEx (C function), 181
- Py\_InitializeFromConfig (C function), 217
- Py\_InspectFlag (C var), 179
- Py\_InteractiveFlag (C var), 179
- Py\_Is (C function), 234
- Py\_IS\_TYPE (C function), 235
- Py\_IsFalse (C function), 235
- Py\_IsInitialized (C function), 181
- Py\_IsInitialized(), 11
- Py\_IsNone (C function), 234
- Py\_IsolatedFlag (C var), 179
- Py\_IsTrue (C function), 234
- Py\_LE (C macro), 259
- Py\_LeaveRecursiveCall (C function), 57
- Py\_LegacyWindowsFSEncodingFlag (C var), 179
- Py\_LegacyWindowsStdioFlag (C var), 180
- Py\_LIMITED\_API (C macro), 14
- Py\_LT (C macro), 259
- Py\_Main (C function), 39
- PY\_MAJOR\_VERSION (C macro), 279
- PY\_MAX (C macro), 5
- Py\_MEMBER\_SIZE (C macro), 5
- PY\_MICRO\_VERSION (C macro), 279
- Py\_MIN (C macro), 5
- PY\_MINOR\_VERSION (C macro), 279
- Py\_mod\_create (C macro), 158
- Py\_mod\_exec (C macro), 158
- Py\_mod\_multiple\_interpreters (C macro), 159
- Py\_MOD\_MULTIPLE\_INTERPRETERS\_NOT\_SUPPORTED (C macro), 159
- Py\_MOD\_MULTIPLE\_INTERPRETERS\_SUPPORTED (C macro), 159
- Py\_MOD\_PER\_INTERPRETER\_GIL\_SUPPORTED (C macro), 159
- Py\_NE (C macro), 259
- Py\_NewInterpreter (C function), 194
- Py\_NewInterpreterFromConfig (C function), 193
- Py\_NewRef (C function), 43
- Py\_NO\_INLINE (C macro), 5
- Py\_None (C var), 113
- Py\_NoSiteFlag (C var), 180
- Py\_NotImplemented (C var), 83
- Py\_NoUserSiteDirectory (C var), 180
- Py\_OptimizeFlag (C var), 180
- Py\_PreInitialize (C function), 206
- Py\_PreInitializeFromArgs (C function), 206
- Py\_PreInitializeFromBytesArgs (C function), 206
- Py\_PRINT\_RAW, 155
- Py\_QuietFlag (C var), 180
- Py\_READONLY (C macro), 239
- Py\_REFCNT (C function), 43
- Py\_RELATIVE\_OFFSET (C macro), 239
- PY\_RELEASE\_LEVEL (C macro), 279
- PY\_RELEASE\_SERIAL (C macro), 279
- Py\_ReprEnter (C function), 57
- Py\_ReprLeave (C function), 57
- Py\_RETURN\_FALSE (C macro), 116
- Py\_RETURN\_NONE (C macro), 113
- Py\_RETURN\_NOTIMPLEMENTED (C macro), 83
- Py\_RETURN\_RICHCOMPARE (C macro), 259
- Py\_RETURN\_TRUE (C macro), 117
- Py\_RunMain (C function), 220
- Py\_SET\_REFCNT (C function), 43
- Py\_SET\_SIZE (C function), 235
- Py\_SET\_TYPE (C function), 235
- Py\_SetPath (C function), 183
- Py\_SetPath(), 183
- Py\_SetProgramName (C function), 182
- Py\_SetProgramName(), 11, 181, 183
- Py\_SetPythonHome (C function), 185
- Py\_SETREF (C macro), 45
- Py\_SetStandardStreamEncoding (C function), 182
- Py\_single\_input (C var), 42
- Py\_SIZE (C function), 235
- Py\_ssize\_t (C type), 9

- PY\_SSIZE\_T\_MAX, 115
- Py\_STRINGIFY (C macro), 5
- Py\_T\_BOOL (C macro), 240
- Py\_T\_BYTE (C macro), 240
- Py\_T\_CHAR (C macro), 240
- Py\_T\_DOUBLE (C macro), 240
- Py\_T\_FLOAT (C macro), 240
- Py\_T\_INT (C macro), 240
- Py\_T\_LONG (C macro), 240
- Py\_T\_LONGLONG (C macro), 240
- Py\_T\_OBJECT\_EX (C macro), 240
- Py\_T\_PYSSIZET (C macro), 240
- Py\_T\_SHORT (C macro), 240
- Py\_T\_STRING (C macro), 240
- Py\_T\_STRING\_INPLACE (C macro), 240
- Py\_T\_UBYTE (C macro), 240
- Py\_T\_UINT (C macro), 240
- Py\_T\_ULONG (C macro), 240
- Py\_T\_ULONGLONG (C macro), 240
- Py\_T\_USHORT (C macro), 240
- Py\_TPFLAGS\_BASE\_EXC\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_BASETYPE (C macro), 253
- Py\_TPFLAGS\_BYTES\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_DEFAULT (C macro), 254
- Py\_TPFLAGS\_DICT\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_DISALLOW\_INSTANTIATION (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_HAVE\_FINALIZE (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_HAVE\_GC (C macro), 253
- Py\_TPFLAGS\_HAVE\_VECTORCALL (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_HEAPTYPE (C macro), 253
- Py\_TPFLAGS\_IMMUTABLETYPE (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_ITEMS\_AT\_END (C macro), 254
- Py\_TPFLAGS\_LIST\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_LONG\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_MANAGED\_DICT (C macro), 254
- Py\_TPFLAGS\_MANAGED\_WEAKREF (C macro), 254
- Py\_TPFLAGS\_MAPPING (C macro), 256
- Py\_TPFLAGS\_METHOD\_DESCRIPTOR (C macro), 254
- Py\_TPFLAGS\_READY (C macro), 253
- Py\_TPFLAGS\_READYING (C macro), 253
- Py\_TPFLAGS\_SEQUENCE (C macro), 256
- Py\_TPFLAGS\_TUPLE\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_TYPE\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_UNICODE\_SUBCLASS (C macro), 255
- Py\_TPFLAGS\_VALID\_VERSION\_TAG (C macro), 256
- Py\_tracefunc (C type), 196
- Py\_True (C var), 116
- Py\_tss\_NEEDS\_INIT (C macro), 199
- Py\_tss\_t (C type), 199
- Py\_TYPE (C function), 235
- Py\_UCS1 (C type), 123
- Py\_UCS2 (C type), 123
- Py\_UCS4 (C type), 123
- Py\_UNBLOCK\_THREADS (C macro), 189
- Py\_UnbufferedStdioFlag (C var), 180
- Py\_UNICODE (C type), 123
- Py\_UNICODE\_IS\_HIGH\_SURROGATE (C function), 126
- Py\_UNICODE\_IS\_LOW\_SURROGATE (C function), 126
- Py\_UNICODE\_IS\_SURROGATE (C function), 126
- Py\_UNICODE\_ISALNUM (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISALPHA (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISDECIMAL (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISDIGIT (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISLINEBREAK (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISLOWER (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISNUMERIC (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISPRINTABLE (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISSPACE (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISTITLE (C function), 125
- Py\_UNICODE\_ISUPPER (C function), 125
- Py\_UNICODE\_JOIN\_SURROGATES (C function), 126
- Py\_UNICODE\_TODECIMAL (C function), 126
- Py\_UNICODE\_TODIGIT (C function), 126
- Py\_UNICODE\_TOLOWER (C function), 125
- Py\_UNICODE\_TONUMERIC (C function), 126
- Py\_UNICODE\_TOTITLE (C function), 126
- Py\_UNICODE\_TOUPPER (C function), 125
- Py\_UNREACHABLE (C macro), 5
- Py\_UNUSED (C macro), 6
- Py\_VaBuildValue (C function), 77
- Py\_VECTORCALL\_ARGUMENTS\_OFFSET (C macro), 88
- Py\_VerboseFlag (C var), 180
- Py\_Version (C var), 279
- PY\_VERSION\_HEX (C macro), 279
- Py\_VISIT (C function), 277
- Py\_XDECREF (C function), 44
- Py\_XDECREF (), 11
- Py\_XINCREf (C function), 43
- Py\_XNewRef (C function), 44
- Py\_XSETREF (C macro), 45
- PyAIter\_Check (C function), 97
- PyAnySet\_Check (C function), 146
- PyAnySet\_CheckExact (C function), 146
- PyArg\_Parse (C function), 74
- PyArg\_ParseTuple (C function), 74
- PyArg\_ParseTupleAndKeywords (C function), 74
- PyArg\_UnpackTuple (C function), 75
- PyArg\_ValidateKeywordArguments (C function), 74
- PyArg\_VaParse (C function), 74
- PyArg\_VaParseTupleAndKeywords (C function), 74
- PyASCIIObject (C type), 123
- PyAsyncMethods (C type), 271
- PyAsyncMethods.am\_aiter (C member), 271
- PyAsyncMethods.am\_anext (C member), 271

- PyAsyncMethods.am\_await (*C member*), 271
- PyAsyncMethods.am\_send (*C member*), 271
- PyBool\_Check (*C function*), 116
- PyBool\_FromLong (*C function*), 117
- PyBool\_Type (*C var*), 116
- PyBUF\_ANY\_CONTIGUOUS (*C macro*), 101
- PyBUF\_C\_CONTIGUOUS (*C macro*), 101
- PyBUF\_CONTIG (*C macro*), 102
- PyBUF\_CONTIG\_RO (*C macro*), 102
- PyBUF\_F\_CONTIGUOUS (*C macro*), 101
- PyBUF\_FORMAT (*C macro*), 101
- PyBUF\_FULL (*C macro*), 102
- PyBUF\_FULL\_RO (*C macro*), 102
- PyBUF\_INDIRECT (*C macro*), 101
- PyBUF\_MAX\_NDIM (*C macro*), 100
- PyBUF\_ND (*C macro*), 101
- PyBUF\_RECORDS (*C macro*), 102
- PyBUF\_RECORDS\_RO (*C macro*), 102
- PyBUF\_SIMPLE (*C macro*), 101
- PyBUF\_STRIDED (*C macro*), 102
- PyBUF\_STRIDED\_RO (*C macro*), 102
- PyBUF\_STRIDES (*C macro*), 101
- PyBUF\_WRITABLE (*C macro*), 101
- PyBuffer\_FillContiguousStrides (*C function*), 104
- PyBuffer\_FillInfo (*C function*), 104
- PyBuffer\_FromContiguous (*C function*), 104
- PyBuffer\_GetPointer (*C function*), 104
- PyBuffer\_IsContiguous (*C function*), 104
- PyBuffer\_Release (*C function*), 103
- PyBuffer\_SizeFromFormat (*C function*), 104
- PyBuffer\_ToContiguous (*C function*), 104
- PyBufferProcs, 98
- PyBufferProcs (*C type*), 270
- PyBufferProcs.bf\_getbuffer (*C member*), 270
- PyBufferProcs.bf\_releasebuffer (*C member*), 270
- PyByteArray\_AS\_STRING (*C function*), 123
- PyByteArray\_AsString (*C function*), 122
- PyByteArray\_Check (*C function*), 122
- PyByteArray\_CheckExact (*C function*), 122
- PyByteArray\_Concat (*C function*), 122
- PyByteArray\_FromObject (*C function*), 122
- PyByteArray\_FromStringAndSize (*C function*), 122
- PyByteArray\_GET\_SIZE (*C function*), 123
- PyByteArray\_Resize (*C function*), 122
- PyByteArray\_Size (*C function*), 122
- PyByteArray\_Type (*C var*), 122
- PyByteArrayObject (*C type*), 122
- PyBytes\_AS\_STRING (*C function*), 121
- PyBytes\_AsString (*C function*), 121
- PyBytes\_AsStringAndSize (*C function*), 121
- PyBytes\_Check (*C function*), 120
- PyBytes\_CheckExact (*C function*), 120
- PyBytes\_Concat (*C function*), 121
- PyBytes\_ConcatAndDel (*C function*), 121
- PyBytes\_FromFormat (*C function*), 120
- PyBytes\_FromFormatV (*C function*), 121
- PyBytes\_FromObject (*C function*), 121
- PyBytes\_FromString (*C function*), 120
- PyBytes\_FromStringAndSize (*C function*), 120
- PyBytes\_GET\_SIZE (*C function*), 121
- PyBytes\_Size (*C function*), 121
- PyBytes\_Type (*C var*), 120
- PyBytesObject (*C type*), 120
- PyCallable\_Check (*C function*), 92
- PyCallIter\_Check (*C function*), 162
- PyCallIter\_New (*C function*), 162
- PyCallIter\_Type (*C var*), 162
- PyCapsule (*C type*), 166
- PyCapsule\_CheckExact (*C function*), 166
- PyCapsule\_Destructor (*C type*), 166
- PyCapsule\_GetContext (*C function*), 167
- PyCapsule\_GetDestructor (*C function*), 167
- PyCapsule\_GetName (*C function*), 167
- PyCapsule\_GetPointer (*C function*), 167
- PyCapsule\_Import (*C function*), 167
- PyCapsule\_IsValid (*C function*), 167
- PyCapsule\_New (*C function*), 166
- PyCapsule\_SetContext (*C function*), 167
- PyCapsule\_SetDestructor (*C function*), 167
- PyCapsule\_SetName (*C function*), 167
- PyCapsule\_SetPointer (*C function*), 167
- PyCell\_Check (*C function*), 150
- PyCell\_GET (*C function*), 150
- PyCell\_Get (*C function*), 150
- PyCell\_New (*C function*), 150
- PyCell\_SET (*C function*), 151
- PyCell\_Set (*C function*), 151
- PyCell\_Type (*C var*), 150
- PyCellObject (*C type*), 150
- PyCFunction (*C type*), 236
- PyCFunctionWithKeywords (*C type*), 236
- PyCMethod (*C type*), 236
- PyCode\_Addr2Line (*C function*), 152
- PyCode\_Addr2Location (*C function*), 152
- PyCode\_AddWatcher (*C function*), 152
- PyCode\_Check (*C function*), 151
- PyCode\_ClearWatcher (*C function*), 152
- PyCode\_GetCellvars (*C function*), 152
- PyCode\_GetCode (*C function*), 152
- PyCode\_GetFreevars (*C function*), 152
- PyCode\_GetNumFree (*C function*), 151
- PyCode\_GetVarnames (*C function*), 152
- PyCode\_New, 151
- PyCode\_NewEmpty (*C function*), 152
- PyCode\_NewWithPosOnlyArgs, 152
- PyCode\_Type (*C var*), 151
- PyCode\_WatchCallback (*C type*), 153
- PyCodec\_BackslashReplaceErrors (*C function*), 80
- PyCodec\_Decode (*C function*), 79
- PyCodec\_Decoder (*C function*), 79
- PyCodec\_Encode (*C function*), 79



- PyCodec\_Encoder (*C function*), 79
- PyCodec\_IgnoreErrors (*C function*), 80
- PyCodec\_IncrementalDecoder (*C function*), 79
- PyCodec\_IncrementalEncoder (*C function*), 79
- PyCodec\_KnownEncoding (*C function*), 79
- PyCodec\_LookupError (*C function*), 80
- PyCodec\_NameReplaceErrors (*C function*), 80
- PyCodec\_Register (*C function*), 79
- PyCodec\_RegisterError (*C function*), 80
- PyCodec\_ReplaceErrors (*C function*), 80
- PyCodec\_StreamReader (*C function*), 79
- PyCodec\_StreamWriter (*C function*), 79
- PyCodec\_StrictErrors (*C function*), 80
- PyCodec\_Unregister (*C function*), 79
- PyCodec\_XMLCharRefReplaceErrors (*C function*), 80
- PyCodeEvent (*C type*), 152
- PyCodeObject (*C type*), 151
- PyCompactUnicodeObject (*C type*), 123
- PyCompilerFlags (*C struct*), 42
- PyCompilerFlags.cf\_feature\_version (*C member*), 42
- PyCompilerFlags.cf\_flags (*C member*), 42
- PyComplex\_AsCComplex (*C function*), 120
- PyComplex\_Check (*C function*), 119
- PyComplex\_CheckExact (*C function*), 119
- PyComplex\_FromCComplex (*C function*), 119
- PyComplex\_FromDoubles (*C function*), 119
- PyComplex\_ImagAsDouble (*C function*), 120
- PyComplex\_RealAsDouble (*C function*), 120
- PyComplex\_Type (*C var*), 119
- PyComplexObject (*C type*), 119
- PyConfig (*C type*), 207
- PyConfig\_Clear (*C function*), 207
- PyConfig\_InitIsolatedConfig (*C function*), 207
- PyConfig\_InitPythonConfig (*C function*), 207
- PyConfig\_Read (*C function*), 207
- PyConfig\_SetArgv (*C function*), 207
- PyConfig\_SetBytesArgv (*C function*), 207
- PyConfig\_SetBytesString (*C function*), 207
- PyConfig\_SetString (*C function*), 207
- PyConfig\_SetWideStringList (*C function*), 207
- PyConfig.argv (*C member*), 208
- PyConfig.base\_exec\_prefix (*C member*), 208
- PyConfig.base\_executable (*C member*), 208
- PyConfig.base\_prefix (*C member*), 208
- PyConfig.buffered\_stdio (*C member*), 208
- PyConfig.bytes\_warning (*C member*), 209
- PyConfig.check\_hash\_pycs\_mode (*C member*), 209
- PyConfig.code\_debug\_ranges (*C member*), 209
- PyConfig.configure\_c\_stdio (*C member*), 209
- PyConfig.dev\_mode (*C member*), 209
- PyConfig.dump\_refs (*C member*), 209
- PyConfig.exec\_prefix (*C member*), 210
- PyConfig.executable (*C member*), 210
- PyConfig.fault\_handler (*C member*), 210
- PyConfig.filesystem\_encoding (*C member*), 210
- PyConfig.filesystem\_errors (*C member*), 210
- PyConfig.hash\_seed (*C member*), 211
- PyConfig.home (*C member*), 211
- PyConfig.import\_time (*C member*), 211
- PyConfig.inspect (*C member*), 211
- PyConfig.install\_signal\_handlers (*C member*), 211
- PyConfig.int\_max\_str\_digits (*C member*), 211
- PyConfig.interactive (*C member*), 211
- PyConfig.isolated (*C member*), 211
- PyConfig.legacy\_windows\_stdio (*C member*), 212
- PyConfig.malloc\_stats (*C member*), 212
- PyConfig.module\_search\_paths (*C member*), 212
- PyConfig.module\_search\_paths\_set (*C member*), 212
- PyConfig.optimization\_level (*C member*), 213
- PyConfig.orig\_argv (*C member*), 213
- PyConfig.parse\_argv (*C member*), 213
- PyConfig.parser\_debug (*C member*), 213
- PyConfig.pathconfig\_warnings (*C member*), 213
- PyConfig.perf\_profiling (*C member*), 215
- PyConfig.platlibdir (*C member*), 212
- PyConfig.prefix (*C member*), 213
- PyConfig.program\_name (*C member*), 214
- PyConfig.pycache\_prefix (*C member*), 214
- PyConfig.pythonpath\_env (*C member*), 212
- PyConfig.quiet (*C member*), 214
- PyConfig.run\_command (*C member*), 214
- PyConfig.run\_filename (*C member*), 214
- PyConfig.run\_module (*C member*), 214
- PyConfig.safe\_path (*C member*), 208
- PyConfig.show\_ref\_count (*C member*), 214
- PyConfig.site\_import (*C member*), 215
- PyConfig.skip\_source\_first\_line (*C member*), 215
- PyConfig.stdio\_encoding (*C member*), 215
- PyConfig.stdio\_errors (*C member*), 215
- PyConfig.tracemalloc (*C member*), 215
- PyConfig.use\_environment (*C member*), 215
- PyConfig.use\_hash\_seed (*C member*), 211
- PyConfig.user\_site\_directory (*C member*), 216
- PyConfig.verbose (*C member*), 216
- PyConfig.warn\_default\_encoding (*C member*), 216
- PyConfig.warnoptions (*C member*), 216
- PyConfig.write\_bytecode (*C member*), 216



- PyConfig.xoptions (*C member*), 216
- PyContext (*C type*), 171
- PyContext\_CheckExact (*C function*), 171
- PyContext\_Copy (*C function*), 171
- PyContext\_CopyCurrent (*C function*), 171
- PyContext\_Enter (*C function*), 171
- PyContext\_Exit (*C function*), 171
- PyContext\_New (*C function*), 171
- PyContext\_Type (*C var*), 171
- PyContextToken (*C type*), 171
- PyContextToken\_CheckExact (*C function*), 171
- PyContextToken\_Type (*C var*), 171
- PyContextVar (*C type*), 171
- PyContextVar\_CheckExact (*C function*), 171
- PyContextVar\_Get (*C function*), 171
- PyContextVar\_New (*C function*), 171
- PyContextVar\_Reset (*C function*), 172
- PyContextVar\_Set (*C function*), 172
- PyContextVar\_Type (*C var*), 171
- PyCoro\_CheckExact (*C function*), 170
- PyCoro\_New (*C function*), 170
- PyCoro\_Type (*C var*), 170
- PyCoroObject (*C type*), 170
- PyDate\_Check (*C function*), 172
- PyDate\_CheckExact (*C function*), 173
- PyDate\_FromDate (*C function*), 173
- PyDate\_FromTimestamp (*C function*), 175
- PyDateTime\_Check (*C function*), 173
- PyDateTime\_CheckExact (*C function*), 173
- PyDateTime\_Date (*C type*), 172
- PyDateTime\_DATE\_GET\_FOLD (*C function*), 174
- PyDateTime\_DATE\_GET\_HOUR (*C function*), 174
- PyDateTime\_DATE\_GET\_MICROSECOND (*C function*), 174
- PyDateTime\_DATE\_GET\_MINUTE (*C function*), 174
- PyDateTime\_DATE\_GET\_SECOND (*C function*), 174
- PyDateTime\_DATE\_GET\_TZINFO (*C function*), 174
- PyDateTime\_DateTime (*C type*), 172
- PyDateTime\_DateTimeType (*C var*), 172
- PyDateTime\_DateType (*C var*), 172
- PyDateTime\_Delta (*C type*), 172
- PyDateTime\_DELTA\_GET\_DAYS (*C function*), 175
- PyDateTime\_DELTA\_GET\_MICROSECONDS (*C function*), 175
- PyDateTime\_DELTA\_GET\_SECONDS (*C function*), 175
- PyDateTime\_DeltaType (*C var*), 172
- PyDateTime\_FromDateAndTime (*C function*), 173
- PyDateTime\_FromDateAndTimeAndFold (*C function*), 173
- PyDateTime\_FromTimestamp (*C function*), 175
- PyDateTime\_GET\_DAY (*C function*), 174
- PyDateTime\_GET\_MONTH (*C function*), 174
- PyDateTime\_GET\_YEAR (*C function*), 174
- PyDateTime\_Time (*C type*), 172
- PyDateTime\_TIME\_GET\_FOLD (*C function*), 175
- PyDateTime\_TIME\_GET\_HOUR (*C function*), 174
- PyDateTime\_TIME\_GET\_MICROSECOND (*C function*), 174
- PyDateTime\_TIME\_GET\_MINUTE (*C function*), 174
- PyDateTime\_TIME\_GET\_SECOND (*C function*), 174
- PyDateTime\_TIME\_GET\_TZINFO (*C function*), 175
- PyDateTime\_TimeType (*C var*), 172
- PyDateTime\_TimeZone\_UTC (*C var*), 172
- PyDateTime\_TZInfoType (*C var*), 172
- PyDelta\_Check (*C function*), 173
- PyDelta\_CheckExact (*C function*), 173
- PyDelta\_FromDSU (*C function*), 173
- PyDescr\_IsData (*C function*), 163
- PyDescr\_NewClassMethod (*C function*), 163
- PyDescr\_NewGetSet (*C function*), 163
- PyDescr\_NewMember (*C function*), 163
- PyDescr\_NewMethod (*C function*), 163
- PyDescr\_NewWrapper (*C function*), 163
- PyDict\_AddWatcher (*C function*), 145
- PyDict\_Check (*C function*), 142
- PyDict\_CheckExact (*C function*), 143
- PyDict\_Clear (*C function*), 143
- PyDict\_ClearWatcher (*C function*), 145
- PyDict\_Contains (*C function*), 143
- PyDict\_Copy (*C function*), 143
- PyDict\_DelItem (*C function*), 143
- PyDict\_DelItemString (*C function*), 143
- PyDict\_GetItem (*C function*), 143
- PyDict\_GetItemString (*C function*), 143
- PyDict\_GetItemWithError (*C function*), 143
- PyDict\_Items (*C function*), 144
- PyDict\_Keys (*C function*), 144
- PyDict\_Merge (*C function*), 144
- PyDict\_MergeFromSeq2 (*C function*), 145
- PyDict\_New (*C function*), 143
- PyDict\_Next (*C function*), 144
- PyDict\_SetDefault (*C function*), 143
- PyDict\_SetItem (*C function*), 143
- PyDict\_SetItemString (*C function*), 143
- PyDict\_Size (*C function*), 144
- PyDict\_Type (*C var*), 142
- PyDict\_Unwatch (*C function*), 145
- PyDict\_Update (*C function*), 144
- PyDict\_Values (*C function*), 144
- PyDict\_Watch (*C function*), 145
- PyDict\_WatchCallback (*C type*), 145
- PyDict\_WatchEvent (*C type*), 145
- PyDictObject (*C type*), 142
- PyDictProxy\_New (*C function*), 143
- PyDoc\_STR (*C macro*), 6
- PyDoc\_STRVAR (*C macro*), 6
- PyErr\_BadArgument (*C function*), 48
- PyErr\_BadInternalCall (*C function*), 50

- `PyErr_CheckSignals` (*C function*), 54
- `PyErr_Clear` (*C function*), 47
- `PyErr_Clear()`, 10, 11
- `PyErr_DisplayException` (*C function*), 48
- `PyErr_ExceptionMatches` (*C function*), 51
- `PyErr_ExceptionMatches()`, 11
- `PyErr_Fetch` (*C function*), 52
- `PyErr_Format` (*C function*), 48
- `PyErr_FormatV` (*C function*), 48
- `PyErr_GetExcInfo` (*C function*), 53
- `PyErr_GetHandledException` (*C function*), 53
- `PyErr_GetRaisedException` (*C function*), 51
- `PyErr_GivenExceptionMatches` (*C function*), 51
- `PyErr_NewException` (*C function*), 55
- `PyErr_NewExceptionWithDoc` (*C function*), 55
- `PyErr_NoMemory` (*C function*), 48
- `PyErr_NormalizeException` (*C function*), 52
- `PyErr_Occurred` (*C function*), 51
- `PyErr_Occurred()`, 10
- `PyErr_Print` (*C function*), 48
- `PyErr_PrintEx` (*C function*), 47
- `PyErr_ResourceWarning` (*C function*), 51
- `PyErr_Restore` (*C function*), 52
- `PyErr_SetExcFromWindowsErr` (*C function*), 49
- `PyErr_SetExcFromWindowsErrWithFilename` (*C function*), 49
- `PyErr_SetExcFromWindowsErrWithFilenameObject` (*C function*), 49
- `PyErr_SetExcInfo` (*C function*), 53
- `PyErr_SetFromErrno` (*C function*), 48
- `PyErr_SetFromErrnoWithFilename` (*C function*), 49
- `PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObject` (*C function*), 49
- `PyErr_SetFromErrnoWithFilenameObjects` (*C function*), 49
- `PyErr_SetFromWindowsErr` (*C function*), 49
- `PyErr_SetFromWindowsErrWithFilename` (*C function*), 49
- `PyErr_SetHandledException` (*C function*), 53
- `PyErr_SetImportError` (*C function*), 50
- `PyErr_SetImportErrorSubclass` (*C function*), 50
- `PyErr_SetInterrupt` (*C function*), 54
- `PyErr_SetInterruptEx` (*C function*), 54
- `PyErr_SetNone` (*C function*), 48
- `PyErr_SetObject` (*C function*), 48
- `PyErr_SetRaisedException` (*C function*), 52
- `PyErr_SetString` (*C function*), 48
- `PyErr_SetString()`, 10
- `PyErr_SyntaxLocation` (*C function*), 50
- `PyErr_SyntaxLocationEx` (*C function*), 50
- `PyErr_SyntaxLocationObject` (*C function*), 50
- `PyErr_WarnEx` (*C function*), 50
- `PyErr_WarnExplicit` (*C function*), 51
- `PyErr_WarnExplicitObject` (*C function*), 50
- `PyErr_WarnFormat` (*C function*), 51
- `PyErr_WriteUnraisable` (*C function*), 48
- `PyEval_AcquireLock` (*C function*), 192
- `PyEval_AcquireThread` (*C function*), 191
- `PyEval_AcquireThread()`, 188
- `PyEval_EvalCode` (*C function*), 42
- `PyEval_EvalCodeEx` (*C function*), 42
- `PyEval_EvalFrame` (*C function*), 42
- `PyEval_EvalFrameEx` (*C function*), 42
- `PyEval_GetBuiltins` (*C function*), 78
- `PyEval_GetFrame` (*C function*), 78
- `PyEval_GetFuncDesc` (*C function*), 78
- `PyEval_GetFuncName` (*C function*), 78
- `PyEval_GetGlobals` (*C function*), 78
- `PyEval_GetLocals` (*C function*), 78
- `PyEval_InitThreads` (*C function*), 187
- `PyEval_InitThreads()`, 181
- `PyEval_MergeCompilerFlags` (*C function*), 42
- `PyEval_ReleaseLock` (*C function*), 192
- `PyEval_ReleaseThread` (*C function*), 192
- `PyEval_ReleaseThread()`, 188
- `PyEval_RestoreThread` (*C function*), 188
- `PyEval_RestoreThread()`, 186, 188
- `PyEval_SaveThread` (*C function*), 188
- `PyEval_SaveThread()`, 186, 188
- `PyEval_SetProfile` (*C function*), 197
- `PyEval_SetProfileAllThreads` (*C function*), 197
- `PyEval_SetTrace` (*C function*), 198
- `PyEval_SetTraceAllThreads` (*C function*), 198
- `PyEval_ThreadsInitialized` (*C function*), 188
- `PyExc_ArithmeticError`, 57
- `PyExc_AssertionError`, 57
- `PyExc_AttributeError`, 57
- `PyExc_BaseException`, 57
- `PyExc_BlockingIOError`, 57
- `PyExc_BrokenPipeError`, 57
- `PyExc_BufferError`, 57
- `PyExc_BytesWarning`, 59
- `PyExc_ChildProcessError`, 57
- `PyExc_ConnectionAbortedError`, 57
- `PyExc_ConnectionError`, 57
- `PyExc_ConnectionRefusedError`, 57
- `PyExc_ConnectionResetError`, 57
- `PyExc_DeprecationWarning`, 59
- `PyExc_EnvironmentError`, 59
- `PyExc_EOFError`, 57
- `PyExc_Exception`, 57
- `PyExc_FileExistsError`, 57
- `PyExc_FileNotFoundError`, 57
- `PyExc_FloatingPointError`, 57
- `PyExc_FutureWarning`, 59
- `PyExc_GeneratorExit`, 57
- `PyExc_ImportError`, 57
- `PyExc_ImportWarning`, 59
- `PyExc_IndentationError`, 57
- `PyExc_IndexError`, 57

- PyExc\_InterruptedError, 57
- PyExc\_IOError, 59
- PyExc\_IsADirectoryError, 57
- PyExc\_KeyboardInterrupt, 57
- PyExc\_KeyError, 57
- PyExc\_LookupError, 57
- PyExc\_MemoryError, 57
- PyExc\_ModuleNotFoundError, 57
- PyExc\_NameError, 57
- PyExc\_NotADirectoryError, 57
- PyExc\_NotImplementedError, 57
- PyExc\_OSError, 57
- PyExc\_OverflowError, 57
- PyExc\_PendingDeprecationWarning, 59
- PyExc\_PermissionError, 57
- PyExc\_ProcessLookupError, 57
- PyExc\_RecursionError, 57
- PyExc\_ReferenceError, 57
- PyExc\_ResourceWarning, 59
- PyExc\_RuntimeError, 57
- PyExc\_RuntimeWarning, 59
- PyExc\_StopAsyncIteration, 57
- PyExc\_StopIteration, 57
- PyExc\_SyntaxError, 57
- PyExc\_SyntaxWarning, 59
- PyExc\_SystemError, 57
- PyExc\_SystemExit, 57
- PyExc\_TabError, 57
- PyExc\_TimeoutError, 57
- PyExc\_TypeError, 57
- PyExc\_UnboundLocalError, 57
- PyExc\_UnicodeDecodeError, 57
- PyExc\_UnicodeEncodeError, 57
- PyExc\_UnicodeError, 57
- PyExc\_UnicodeTranslateError, 57
- PyExc\_UnicodeWarning, 59
- PyExc\_UserWarning, 59
- PyExc\_ValueError, 57
- PyExc\_Warning, 59
- PyExc\_WindowsError, 59
- PyExc\_ZeroDivisionError, 57
- PyException\_GetArgs (C function), 55
- PyException\_GetCause (C function), 55
- PyException\_GetContext (C function), 55
- PyException\_GetTraceback (C function), 55
- PyException\_SetArgs (C function), 55
- PyException\_SetCause (C function), 55
- PyException\_SetContext (C function), 55
- PyException\_SetTraceback (C function), 55
- PyFile\_FromFd (C function), 154
- PyFile\_GetLine (C function), 154
- PyFile\_SetOpenCodeHook (C function), 154
- PyFile\_WriteObject (C function), 155
- PyFile\_WriteString (C function), 155
- PyFloat\_AS\_DOUBLE (C function), 117
- PyFloat\_AsDouble (C function), 117
- PyFloat\_Check (C function), 117
- PyFloat\_CheckExact (C function), 117
- PyFloat\_FromDouble (C function), 117
- PyFloat\_FromString (C function), 117
- PyFloat\_GetInfo (C function), 117
- PyFloat\_GetMax (C function), 117
- PyFloat\_GetMin (C function), 117
- PyFloat\_Pack2 (C function), 118
- PyFloat\_Pack4 (C function), 118
- PyFloat\_Pack8 (C function), 118
- PyFloat\_Type (C var), 117
- PyFloat\_Unpack2 (C function), 118
- PyFloat\_Unpack4 (C function), 118
- PyFloat\_Unpack8 (C function), 118
- PyFloatObject (C type), 117
- PyFrame\_Check (C function), 168
- PyFrame\_GetBack (C function), 168
- PyFrame\_GetBuiltins (C function), 168
- PyFrame\_GetCode (C function), 168
- PyFrame\_GetGenerator (C function), 168
- PyFrame\_GetGlobals (C function), 168
- PyFrame\_GetLasti (C function), 168
- PyFrame\_GetLineNumber (C function), 169
- PyFrame\_GetLocals (C function), 169
- PyFrame\_GetVar (C function), 168
- PyFrame\_GetVarString (C function), 169
- PyFrame\_Type (C var), 168
- PyFrameObject (C type), 168
- PyFrozenSet\_Check (C function), 146
- PyFrozenSet\_CheckExact (C function), 146
- PyFrozenSet\_New (C function), 147
- PyFrozenSet\_Type (C var), 146
- PyFunction\_AddWatcher (C function), 148
- PyFunction\_Check (C function), 148
- PyFunction\_ClearWatcher (C function), 149
- PyFunction\_GetAnnotations (C function), 148
- PyFunction\_GetClosure (C function), 148
- PyFunction\_GetCode (C function), 148
- PyFunction\_GetDefaults (C function), 148
- PyFunction\_GetGlobals (C function), 148
- PyFunction\_GetModule (C function), 148
- PyFunction\_New (C function), 148
- PyFunction\_NewWithQualName (C function), 148
- PyFunction\_SetAnnotations (C function), 148
- PyFunction\_SetClosure (C function), 148
- PyFunction\_SetDefaults (C function), 148
- PyFunction\_SetVectorcall (C function), 148
- PyFunction\_Type (C var), 147
- PyFunction\_WatchCallback (C type), 149
- PyFunction\_WatchEvent (C type), 149
- PyFunctionObject (C type), 147
- PyGC\_Collect (C function), 278
- PyGC\_Disable (C function), 278
- PyGC\_Enable (C function), 278
- PyGC\_IsEnabled (C function), 278
- PyGen\_Check (C function), 170
- PyGen\_CheckExact (C function), 170
- PyGen\_New (C function), 170
- PyGen\_NewWithQualName (C function), 170

- PyGen\_Type (*C var*), 170
- PyGenObject (*C type*), 170
- PyGetSetDef (*C type*), 241
- PyGetSetDef.closure (*C member*), 241
- PyGetSetDef.doc (*C member*), 241
- PyGetSetDef.get (*C member*), 241
- PyGetSetDef.name (*C member*), 241
- PyGetSetDef.set (*C member*), 241
- PyGILState\_Check (*C function*), 189
- PyGILState\_Ensure (*C function*), 188
- PyGILState\_GetThisThreadState (*C function*), 189
- PyGILState\_Release (*C function*), 189
- PyImport\_AddModule (*C function*), 67
- PyImport\_AddModuleObject (*C function*), 67
- PyImport\_AppendInittab (*C function*), 69
- PyImport\_ExecCodeModule (*C function*), 67
- PyImport\_ExecCodeModuleEx (*C function*), 67
- PyImport\_ExecCodeModuleObject (*C function*), 68
- PyImport\_ExecCodeModuleWithPathnames (*C function*), 68
- PyImport\_ExtendInittab (*C function*), 69
- PyImport\_FrozenModules (*C var*), 69
- PyImport\_GetImporter (*C function*), 68
- PyImport\_GetMagicNumber (*C function*), 68
- PyImport\_GetMagicTag (*C function*), 68
- PyImport\_GetModule (*C function*), 68
- PyImport\_GetModuleDict (*C function*), 68
- PyImport\_Import (*C function*), 67
- PyImport\_ImportFrozenModule (*C function*), 69
- PyImport\_ImportFrozenModuleObject (*C function*), 68
- PyImport\_ImportModule (*C function*), 66
- PyImport\_ImportModuleEx (*C function*), 66
- PyImport\_ImportModuleLevel (*C function*), 67
- PyImport\_ImportModuleLevelObject (*C function*), 66
- PyImport\_ImportModuleNoBlock (*C function*), 66
- PyImport\_ReloadModule (*C function*), 67
- PyIndex\_Check (*C function*), 94
- PyInstanceMethod\_Check (*C function*), 149
- PyInstanceMethod\_Function (*C function*), 149
- PyInstanceMethod\_GET\_FUNCTION (*C function*), 150
- PyInstanceMethod\_New (*C function*), 149
- PyInstanceMethod\_Type (*C var*), 149
- PyInterpreterConfig (*C type*), 193
- PyInterpreterConfig\_DEFAULT\_GIL (*C macro*), 193
- PyInterpreterConfig\_OWN\_GIL (*C macro*), 193
- PyInterpreterConfig\_SHARED\_GIL (*C macro*), 193
- PyInterpreterConfig.allow\_daemon\_thread (*C member*), 193
- PyInterpreterConfig.allow\_exec (*C member*), 193
- PyInterpreterConfig.allow\_fork (*C member*), 193
- PyInterpreterConfig.allow\_threads (*C member*), 193
- PyInterpreterConfig.check\_multi\_interp\_extensions (*C member*), 193
- PyInterpreterConfig.gil (*C member*), 193
- PyInterpreterConfig.use\_main\_obmalloc (*C member*), 193
- PyInterpreterState (*C type*), 187
- PyInterpreterState\_Clear (*C function*), 189
- PyInterpreterState\_Delete (*C function*), 190
- PyInterpreterState\_Get (*C function*), 191
- PyInterpreterState\_GetDict (*C function*), 191
- PyInterpreterState\_GetID (*C function*), 191
- PyInterpreterState\_Head (*C function*), 198
- PyInterpreterState\_Main (*C function*), 198
- PyInterpreterState\_New (*C function*), 189
- PyInterpreterState\_Next (*C function*), 198
- PyInterpreterState\_ThreadHead (*C function*), 198
- PyIter\_Check (*C function*), 97
- PyIter\_Next (*C function*), 97
- PyIter\_Send (*C function*), 98
- PyList\_Append (*C function*), 142
- PyList\_AsTuple (*C function*), 142
- PyList\_Check (*C function*), 141
- PyList\_CheckExact (*C function*), 141
- PyList\_GET\_ITEM (*C function*), 141
- PyList\_GET\_SIZE (*C function*), 141
- PyList\_GetItem (*C function*), 141
- PyList\_GetItem(), 8
- PyList\_GetSlice (*C function*), 142
- PyList\_Insert (*C function*), 142
- PyList\_New (*C function*), 141
- PyList\_Reverse (*C function*), 142
- PyList\_SET\_ITEM (*C function*), 142
- PyList\_SetItem (*C function*), 141
- PyList\_SetItem(), 7
- PyList\_SetSlice (*C function*), 142
- PyList\_Size (*C function*), 141
- PyList\_Sort (*C function*), 142
- PyList\_Type (*C var*), 141
- PyListObject (*C type*), 141
- PyLong\_AsDouble (*C function*), 116
- PyLong\_AsLong (*C function*), 114
- PyLong\_AsLongAndOverflow (*C function*), 114
- PyLong\_AsLongLong (*C function*), 114
- PyLong\_AsLongLongAndOverflow (*C function*), 114
- PyLong\_AsSize\_t (*C function*), 115
- PyLong\_AsSsize\_t (*C function*), 115
- PyLong\_AsUnsignedLong (*C function*), 115
- PyLong\_AsUnsignedLongLong (*C function*), 115



- PyLong\_AsUnsignedLongLongMask (*C function*), 115
- PyLong\_AsUnsignedLongMask (*C function*), 115
- PyLong\_AsVoidPtr (*C function*), 116
- PyLong\_Check (*C function*), 113
- PyLong\_CheckExact (*C function*), 113
- PyLong\_FromDouble (*C function*), 114
- PyLong\_FromLong (*C function*), 113
- PyLong\_FromLongLong (*C function*), 113
- PyLong\_FromSize\_t (*C function*), 113
- PyLong\_FromSsize\_t (*C function*), 113
- PyLong\_FromString (*C function*), 114
- PyLong\_FromUnicodeObject (*C function*), 114
- PyLong\_FromUnsignedLong (*C function*), 113
- PyLong\_FromUnsignedLongLong (*C function*), 113
- PyLong\_FromVoidPtr (*C function*), 114
- PyLong\_Type (*C var*), 113
- PyLongObject (*C type*), 113
- PyMapping\_Check (*C function*), 96
- PyMapping\_DelItem (*C function*), 97
- PyMapping\_DelItemString (*C function*), 97
- PyMapping\_GetItemString (*C function*), 96
- PyMapping\_HasKey (*C function*), 97
- PyMapping\_HasKeyString (*C function*), 97
- PyMapping\_Items (*C function*), 97
- PyMapping\_Keys (*C function*), 97
- PyMapping\_Length (*C function*), 96
- PyMapping\_SetItemString (*C function*), 96
- PyMapping\_Size (*C function*), 96
- PyMapping\_Values (*C function*), 97
- PyMappingMethods (*C type*), 269
- PyMappingMethods.mp\_ass\_subscript (*C member*), 269
- PyMappingMethods.mp\_length (*C member*), 269
- PyMappingMethods.mp\_subscript (*C member*), 269
- PyMarshal\_ReadLastObjectFromFile (*C function*), 70
- PyMarshal\_ReadLongFromFile (*C function*), 70
- PyMarshal\_ReadObjectFromFile (*C function*), 70
- PyMarshal\_ReadObjectFromString (*C function*), 70
- PyMarshal\_ReadShortFromFile (*C function*), 70
- PyMarshal\_WriteLongToFile (*C function*), 69
- PyMarshal\_WriteObjectToFile (*C function*), 70
- PyMarshal\_WriteObjectToString (*C function*), 70
- PyMem\_Calloc (*C function*), 225
- PyMem\_Del (*C function*), 226
- PYMEM\_DOMAIN\_MEM (*C macro*), 228
- PYMEM\_DOMAIN\_OBJ (*C macro*), 228
- PYMEM\_DOMAIN\_RAW (*C macro*), 227
- PyMem\_Free (*C function*), 225
- PyMem\_GetAllocator (*C function*), 228
- PyMem\_Malloc (*C function*), 225
- PyMem\_New (*C macro*), 225
- PyMem\_RawCalloc (*C function*), 224
- PyMem\_RawFree (*C function*), 225
- PyMem\_RawMalloc (*C function*), 224
- PyMem\_RawRealloc (*C function*), 224
- PyMem\_Realloc (*C function*), 225
- PyMem\_Resize (*C macro*), 225
- PyMem\_SetAllocator (*C function*), 228
- PyMem\_SetupDebugHooks (*C function*), 228
- PyMemAllocatorDomain (*C type*), 227
- PyMemAllocatorEx (*C type*), 227
- PyMember\_GetOne (*C function*), 239
- PyMember\_SetOne (*C function*), 239
- PyMemberDef (*C type*), 238
- PyMemberDef.doc (*C member*), 238
- PyMemberDef.flags (*C member*), 238
- PyMemberDef.name (*C member*), 238
- PyMemberDef.offset (*C member*), 238
- PyMemberDef.type (*C member*), 238
- PyMemoryView\_Check (*C function*), 165
- PyMemoryView\_FromBuffer (*C function*), 165
- PyMemoryView\_FromMemory (*C function*), 165
- PyMemoryView\_FromObject (*C function*), 165
- PyMemoryView\_GET\_BASE (*C function*), 165
- PyMemoryView\_GET\_BUFFER (*C function*), 165
- PyMemoryView\_GetContiguous (*C function*), 165
- PyMethod\_Check (*C function*), 150
- PyMethod\_Function (*C function*), 150
- PyMethod\_GET\_FUNCTION (*C function*), 150
- PyMethod\_GET\_SELF (*C function*), 150
- PyMethod\_New (*C function*), 150
- PyMethod\_Self (*C function*), 150
- PyMethod\_Type (*C var*), 150
- PyMethodDef (*C type*), 236
- PyMethodDef.ml\_doc (*C member*), 236
- PyMethodDef.ml\_flags (*C member*), 236
- PyMethodDef.ml\_meth (*C member*), 236
- PyMethodDef.ml\_name (*C member*), 236
- PYMODINIT\_FUNC (*C macro*), 4
- PyModule\_AddFunctions (*C function*), 159
- PyModule\_AddIntConstant (*C function*), 161
- PyModule\_AddIntMacro (*C macro*), 161
- PyModule\_AddObject (*C function*), 160
- PyModule\_AddObjectRef (*C function*), 160
- PyModule\_AddStringConstant (*C function*), 161
- PyModule\_AddStringMacro (*C macro*), 161
- PyModule\_AddType (*C function*), 161
- PyModule\_Check (*C function*), 155
- PyModule\_CheckExact (*C function*), 155
- PyModule\_Create (*C function*), 157
- PyModule\_Create2 (*C function*), 157
- PyModule\_ExecDef (*C function*), 159
- PyModule\_FromDefAndSpec (*C function*), 159
- PyModule\_FromDefAndSpec2 (*C function*), 159

- PyModule\_GetDef (*C function*), 156
- PyModule\_GetDict (*C function*), 155
- PyModule\_GetFilename (*C function*), 156
- PyModule\_GetFilenameObject (*C function*), 156
- PyModule\_GetName (*C function*), 155
- PyModule\_GetNameObject (*C function*), 155
- PyModule\_GetState (*C function*), 155
- PyModule\_New (*C function*), 155
- PyModule\_NewObject (*C function*), 155
- PyModule\_SetDocString (*C function*), 159
- PyModule\_Type (*C var*), 155
- PyModuleDef (*C type*), 156
- PyModuleDef\_Init (*C function*), 158
- PyModuleDef\_Slot (*C type*), 158
- PyModuleDef\_Slot.slot (*C member*), 158
- PyModuleDef\_Slot.value (*C member*), 158
- PyModuleDef.m\_base (*C member*), 156
- PyModuleDef.m\_clear (*C member*), 157
- PyModuleDef.m\_doc (*C member*), 156
- PyModuleDef.m\_free (*C member*), 157
- PyModuleDef.m\_methods (*C member*), 156
- PyModuleDef.m\_name (*C member*), 156
- PyModuleDef.m\_size (*C member*), 156
- PyModuleDef.m\_slots (*C member*), 156
- PyModuleDef.m\_slots.m\_reload (*C member*), 157
- PyModuleDef.m\_traverse (*C member*), 157
- PyNumber\_Absolute (*C function*), 93
- PyNumber\_Add (*C function*), 92
- PyNumber\_And (*C function*), 93
- PyNumber\_AsSsize\_t (*C function*), 94
- PyNumber\_Check (*C function*), 92
- PyNumber\_Divmod (*C function*), 92
- PyNumber\_Float (*C function*), 94
- PyNumber\_FloorDivide (*C function*), 92
- PyNumber\_Index (*C function*), 94
- PyNumber\_InPlaceAdd (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceAnd (*C function*), 94
- PyNumber\_InPlaceFloorDivide (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceLshift (*C function*), 94
- PyNumber\_InPlaceMatrixMultiply (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceMultiply (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceOr (*C function*), 94
- PyNumber\_InPlacePower (*C function*), 94
- PyNumber\_InPlaceRemainder (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceRshift (*C function*), 94
- PyNumber\_InPlaceSubtract (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceTrueDivide (*C function*), 93
- PyNumber\_InPlaceXor (*C function*), 94
- PyNumber\_Invert (*C function*), 93
- PyNumber\_Long (*C function*), 94
- PyNumber\_Lshift (*C function*), 93
- PyNumber\_MatrixMultiply (*C function*), 92
- PyNumber\_Multiply (*C function*), 92
- PyNumber\_Negative (*C function*), 92
- PyNumber\_Or (*C function*), 93
- PyNumber\_Positive (*C function*), 92
- PyNumber\_Power (*C function*), 92
- PyNumber\_Remainder (*C function*), 92
- PyNumber\_Rshift (*C function*), 93
- PyNumber\_Subtract (*C function*), 92
- PyNumber\_ToBase (*C function*), 94
- PyNumber\_TrueDivide (*C function*), 92
- PyNumber\_Xor (*C function*), 93
- PyNumberMethods (*C type*), 266
- PyNumberMethods.nb\_absolute (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_add (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_and (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_bool (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_divmod (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_float (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_floor\_divide (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_index (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_add (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_and (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_floor\_divide (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_lshift (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_matrix\_multiply (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_multiply (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_or (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_power (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_remainder (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_rshift (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_subtract (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_true\_divide (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_inplace\_xor (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_int (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_invert (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_lshift (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_matrix\_multiply (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_multiply (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_negative (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_or (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_positive (*C member*), 267



- PyNumberMethods.nb\_power (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_remainder (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_reserved (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_rshift (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_subtract (*C member*), 267
- PyNumberMethods.nb\_true\_divide (*C member*), 268
- PyNumberMethods.nb\_xor (*C member*), 268
- PyObject (*C type*), 234
- PyObject\_AsCharBuffer (*C function*), 105
- PyObject\_ASCII (*C function*), 85
- PyObject\_AsFileDescriptor (*C function*), 154
- PyObject\_AsReadBuffer (*C function*), 105
- PyObject\_AsWriteBuffer (*C function*), 105
- PyObject\_Bytes (*C function*), 85
- PyObject\_Call (*C function*), 89
- PyObject\_CallFunction (*C function*), 90
- PyObject\_CallFunctionObjArgs (*C function*), 90
- PyObject\_CallMethod (*C function*), 90
- PyObject\_CallMethodNoArgs (*C function*), 91
- PyObject\_CallMethodObjArgs (*C function*), 91
- PyObject\_CallMethodOneArg (*C function*), 91
- PyObject\_CallNoArgs (*C function*), 90
- PyObject\_CallObject (*C function*), 90
- PyObject\_Calloc (*C function*), 226
- PyObject\_CallOneArg (*C function*), 90
- PyObject\_CheckBuffer (*C function*), 103
- PyObject\_CheckReadBuffer (*C function*), 105
- PyObject\_ClearWeakRefs (*C function*), 166
- PyObject\_CopyData (*C function*), 104
- PyObject\_Del (*C function*), 233
- PyObject\_DelAttr (*C function*), 84
- PyObject\_DelAttrString (*C function*), 84
- PyObject\_DelItem (*C function*), 86
- PyObject\_Dir (*C function*), 86
- PyObject\_Format (*C function*), 85
- PyObject\_Free (*C function*), 226
- PyObject\_GC\_Del (*C function*), 277
- PyObject\_GC\_IsFinalized (*C function*), 277
- PyObject\_GC\_IsTracked (*C function*), 276
- PyObject\_GC\_New (*C macro*), 276
- PyObject\_GC\_NewVar (*C macro*), 276
- PyObject\_GC\_Resize (*C function*), 276
- PyObject\_GC\_Track (*C function*), 276
- PyObject\_GC\_UnTrack (*C function*), 277
- PyObject\_GenericGetAttr (*C function*), 84
- PyObject\_GenericGetDict (*C function*), 84
- PyObject\_GenericSetAttr (*C function*), 84
- PyObject\_GenericSetDict (*C function*), 84
- PyObject\_GetAIter (*C function*), 87
- PyObject\_GetArenaAllocator (*C function*), 230
- PyObject\_GetAttr (*C function*), 83
- PyObject\_GetAttrString (*C function*), 84
- PyObject\_GetBuffer (*C function*), 103
- PyObject\_GetItem (*C function*), 86
- PyObject\_GetItemData (*C function*), 87
- PyObject\_GetIter (*C function*), 87
- PyObject\_GetTypeData (*C function*), 87
- PyObject\_HasAttr (*C function*), 83
- PyObject\_HasAttrString (*C function*), 83
- PyObject\_Hash (*C function*), 86
- PyObject\_HashNotImplemented (*C function*), 86
- PyObject\_HEAD (*C macro*), 234
- PyObject\_HEAD\_INIT (*C macro*), 235
- PyObject\_Init (*C function*), 233
- PyObject\_InitVar (*C function*), 233
- PyObject\_IS\_GC (*C function*), 276
- PyObject\_IsInstance (*C function*), 85
- PyObject\_IsSubclass (*C function*), 85
- PyObject\_IsTrue (*C function*), 86
- PyObject\_Length (*C function*), 86
- PyObject\_LengthHint (*C function*), 86
- PyObject\_Malloc (*C function*), 226
- PyObject\_New (*C macro*), 233
- PyObject\_NewVar (*C macro*), 233
- PyObject\_Not (*C function*), 86
- PyObject.\_ob\_next (*C member*), 248
- PyObject.\_ob\_prev (*C member*), 248
- PyObject\_Print (*C function*), 83
- PyObject\_Realloc (*C function*), 226
- PyObject\_Repr (*C function*), 85
- PyObject\_RichCompare (*C function*), 84
- PyObject\_RichCompareBool (*C function*), 85
- PyObject\_SetArenaAllocator (*C function*), 230
- PyObject\_SetAttr (*C function*), 84
- PyObject\_SetAttrString (*C function*), 84
- PyObject\_SetItem (*C function*), 86
- PyObject\_Size (*C function*), 86
- PyObject\_Str (*C function*), 85
- PyObject\_Type (*C function*), 86
- PyObject\_TypeCheck (*C function*), 86
- PyObject\_VAR\_HEAD (*C macro*), 234
- PyObject\_Vectorcall (*C function*), 91
- PyObject\_VectorcallDict (*C function*), 91
- PyObject\_VectorcallMethod (*C function*), 91
- PyObjectArenaAllocator (*C type*), 230
- PyObject.ob\_refcnt (*C member*), 247
- PyObject.ob\_type (*C member*), 247
- PyOS\_AfterFork (*C function*), 62
- PyOS\_AfterFork\_Child (*C function*), 62
- PyOS\_AfterFork\_Parent (*C function*), 61
- PyOS\_BeforeFork (*C function*), 61
- PyOS\_CheckStack (*C function*), 62
- PyOS\_double\_to\_string (*C function*), 77
- PyOS\_FSPath (*C function*), 61
- PyOS\_getsig (*C function*), 62
- PyOS\_InputHook (*C var*), 40
- PyOS\_ReadlineFunctionPointer (*C var*), 40
- PyOS\_setsig (*C function*), 62

- PyOS\_snprintf (*C function*), 77
- PyOS\_stricmp (*C function*), 78
- PyOS\_string\_to\_double (*C function*), 77
- PyOS\_strncmp (*C function*), 78
- PyOS\_vsnprintf (*C function*), 77
- PyPreConfig (*C type*), 204
- PyPreConfig\_InitIsolatedConfig (*C function*), 204
- PyPreConfig\_InitPythonConfig (*C function*), 204
- PyPreConfig.allocator (*C member*), 204
- PyPreConfig.coerce\_c\_locale (*C member*), 204
- PyPreConfig.coerce\_c\_locale\_warn (*C member*), 205
- PyPreConfig.configure\_locale (*C member*), 204
- PyPreConfig.dev\_mode (*C member*), 205
- PyPreConfig.isolated (*C member*), 205
- PyPreConfig.legacy\_windows\_fs\_encoding (*C member*), 205
- PyPreConfig.parse\_argv (*C member*), 205
- PyPreConfig.use\_environment (*C member*), 205
- PyPreConfig.utf8\_mode (*C member*), 205
- PyProperty\_Type (*C var*), 163
- PyRun\_AnyFile (*C function*), 39
- PyRun\_AnyFileEx (*C function*), 39
- PyRun\_AnyFileExFlags (*C function*), 39
- PyRun\_AnyFileFlags (*C function*), 39
- PyRun\_File (*C function*), 41
- PyRun\_FileEx (*C function*), 41
- PyRun\_FileExFlags (*C function*), 41
- PyRun\_FileFlags (*C function*), 41
- PyRun\_InteractiveLoop (*C function*), 40
- PyRun\_InteractiveLoopFlags (*C function*), 40
- PyRun\_InteractiveOne (*C function*), 40
- PyRun\_InteractiveOneFlags (*C function*), 40
- PyRun\_SimpleFile (*C function*), 40
- PyRun\_SimpleFileEx (*C function*), 40
- PyRun\_SimpleFileExFlags (*C function*), 40
- PyRun\_SimpleString (*C function*), 40
- PyRun\_SimpleStringFlags (*C function*), 40
- PyRun\_String (*C function*), 41
- PyRun\_StringFlags (*C function*), 41
- PySendResult (*C type*), 98
- PySeqIter\_Check (*C function*), 162
- PySeqIter\_New (*C function*), 162
- PySeqIter\_Type (*C var*), 162
- PySequence\_Check (*C function*), 95
- PySequence\_Concat (*C function*), 95
- PySequence\_Contains (*C function*), 95
- PySequence\_Count (*C function*), 95
- PySequence\_DelItem (*C function*), 95
- PySequence\_DelSlice (*C function*), 95
- PySequence\_Fast (*C function*), 96
- PySequence\_Fast\_GET\_ITEM (*C function*), 96
- PySequence\_Fast\_GET\_SIZE (*C function*), 96
- PySequence\_Fast\_ITEMS (*C function*), 96
- PySequence\_GetItem (*C function*), 95
- PySequence\_GetItem(), 8
- PySequence\_GetSlice (*C function*), 95
- PySequence\_Index (*C function*), 95
- PySequence\_InPlaceConcat (*C function*), 95
- PySequence\_InPlaceRepeat (*C function*), 95
- PySequence\_ITEM (*C function*), 96
- PySequence\_Length (*C function*), 95
- PySequence\_List (*C function*), 96
- PySequence\_Repeat (*C function*), 95
- PySequence\_SetItem (*C function*), 95
- PySequence\_SetSlice (*C function*), 95
- PySequence\_Size (*C function*), 95
- PySequence\_Tuple (*C function*), 96
- PySequenceMethods (*C type*), 269
- PySequenceMethods.sq\_ass\_item (*C member*), 269
- PySequenceMethods.sq\_concat (*C member*), 269
- PySequenceMethods.sq\_contains (*C member*), 269
- PySequenceMethods.sq\_inplace\_concat (*C member*), 269
- PySequenceMethods.sq\_inplace\_repeat (*C member*), 270
- PySequenceMethods.sq\_item (*C member*), 269
- PySequenceMethods.sq\_length (*C member*), 269
- PySequenceMethods.sq\_repeat (*C member*), 269
- PySet\_Add (*C function*), 147
- PySet\_Check (*C function*), 146
- PySet\_CheckExact (*C function*), 146
- PySet\_Clear (*C function*), 147
- PySet\_Contains (*C function*), 147
- PySet\_Discard (*C function*), 147
- PySet\_GET\_SIZE (*C function*), 147
- PySet\_New (*C function*), 146
- PySet\_Pop (*C function*), 147
- PySet\_Size (*C function*), 147
- PySet\_Type (*C var*), 146
- PySetObject (*C type*), 146
- PySignal\_SetWakeupFd (*C function*), 54
- PySlice\_AdjustIndices (*C function*), 164
- PySlice\_Check (*C function*), 163
- PySlice\_GetIndices (*C function*), 163
- PySlice\_GetIndicesEx (*C function*), 163
- PySlice\_New (*C function*), 163
- PySlice\_Type (*C var*), 163
- PySlice\_Unpack (*C function*), 164
- PyState\_AddModule (*C function*), 162
- PyState\_FindModule (*C function*), 162
- PyState\_RemoveModule (*C function*), 162
- PyStatus (*C type*), 203
- PyStatus\_Error (*C function*), 203
- PyStatus\_Exception (*C function*), 203
- PyStatus\_Exit (*C function*), 203

- PyStatus\_IsError (*C function*), 203
- PyStatus\_IsExit (*C function*), 203
- PyStatus\_NoMemory (*C function*), 203
- PyStatus\_Ok (*C function*), 203
- PyStatus.err\_msg (*C member*), 203
- PyStatus.exitcode (*C member*), 203
- PyStatus.func (*C member*), 203
- PyStructSequence\_Desc (*C type*), 140
- PyStructSequence\_Desc.doc (*C member*), 140
- PyStructSequence\_Desc.fields (*C member*), 140
- PyStructSequence\_Desc.n\_in\_sequence (*C member*), 140
- PyStructSequence\_Desc.name (*C member*), 140
- PyStructSequence\_Field (*C type*), 140
- PyStructSequence\_Field.doc (*C member*), 140
- PyStructSequence\_Field.name (*C member*), 140
- PyStructSequence\_GET\_ITEM (*C function*), 141
- PyStructSequence\_GetItem (*C function*), 140
- PyStructSequence\_InitType (*C function*), 140
- PyStructSequence\_InitType2 (*C function*), 140
- PyStructSequence\_New (*C function*), 140
- PyStructSequence\_NewType (*C function*), 140
- PyStructSequence\_SET\_ITEM (*C function*), 141
- PyStructSequence\_SetItem (*C function*), 141
- PyStructSequence\_UnnamedField (*C var*), 140
- PySys\_AddAuditHook (*C function*), 65
- PySys\_AddWarnOption (*C function*), 64
- PySys\_AddWarnOptionUnicode (*C function*), 64
- PySys\_AddXOption (*C function*), 65
- PySys\_Audit (*C function*), 65
- PySys\_FormatStderr (*C function*), 65
- PySys\_FormatStdout (*C function*), 64
- PySys\_GetObject (*C function*), 64
- PySys\_GetXOptions (*C function*), 65
- PySys\_ResetWarnOptions (*C function*), 64
- PySys\_SetArgv (*C function*), 185
- PySys\_SetArgv(), 181
- PySys\_SetArgvEx (*C function*), 184
- PySys\_SetArgvEx(), 181
- PySys\_SetObject (*C function*), 64
- PySys\_SetPath (*C function*), 64
- PySys\_WriteStderr (*C function*), 64
- PySys\_WriteStdout (*C function*), 64
- Python 3000, 290
- Python 提高建议
  - PEP 1, 289
  - PEP 7, 3, 6
  - PEP 238, 42, 285
  - PEP 278, 292
  - PEP 302, 285, 287
  - PEP 343, 283
  - PEP 353, 9
- PEP 362, 282, 289
- PEP 383, 130, 131
- PEP 387, 13
- PEP 393, 123
- PEP 411, 290
- PEP 420, 285, 288, 289
- PEP 432, 221
- PEP 442, 265
- PEP 443, 285
- PEP 451, 158, 285
- PEP 483, 285
- PEP 484, 281, 285, 292
- PEP 489, 193
- PEP 492, 282, 283
- PEP 498, 284
- PEP 519, 289
- PEP 523, 191
- PEP 525, 282
- PEP 526, 281, 292
- PEP 528, 180, 212
- PEP 529, 131, 179
- PEP 538, 219
- PEP 539, 199
- PEP 540, 219
- PEP 552, 209
- PEP 554, 195
- PEP 578, 65
- PEP 585, 285
- PEP 587, 201
- PEP 590, 88
- PEP 623, 123
- PEP 634, 256
- PEP 3116, 292
- PEP 3119, 85, 86
- PEP 3121, 156
- PEP 3147, 68
- PEP 3151, 58
- PEP 3155, 290
- PYTHONCOERCECLOCALE, 219
- PYTHONDEBUG, 178, 213
- PYTHONDEVMODE, 209
- PYTHONDONTWRITEBYTECODE, 178, 216
- PYTHONDUMPREFS, 210, 248
- PYTHONEXECUTABLE, 214
- PYTHONFAULTHANDLER, 210
- PYTHONHASHSEED, 179, 211
- PYTHONHOME, 11, 179, 185, 211
- Pythonic, 290
- PYTHONINSPECT, 179, 211
- PYTHONINTMAXSTRDIGITS, 211
- PYTHONIOENCODING, 182, 215
- PYTHONLEGACYWINDOWSFSENCODING, 179, 205
- PYTHONLEGACYWINDOWSSSTDIO, 180, 212
- PYTHONMALLOC, 224, 227, 229
- PYTHONMALLOC` (例
  - ``PYTHONMALLOC=malloc`, 230
- PYTHONMALLOCSTATS, 212, 224
- PYTHONNODEBUGRANGES, 209

如：

PYTHONNOUSERSITE, 180, 216  
PYTHONOPTIMIZE, 180, 213  
PYTHONPATH, 11, 179, 212  
PYTHONPERFSUPPORT, 215  
PYTHONPLATLIBDIR, 212  
PYTHONPROFILEIMPORTTIME, 211  
PYTHONPYCACHEPREFIX, 214  
PYTHONSAFEPATH, 208  
PYTHONTRACEMALLOC, 215  
PYTHONUNBUFFERED, 180, 209  
PYTHONUTF8, 205, 219  
PYTHONVERBOSE, 181, 216  
PYTHONWARNINGS, 216  
PyThread\_create\_key (*C function*), 200  
PyThread\_delete\_key (*C function*), 200  
PyThread\_delete\_key\_value (*C function*), 200  
PyThread\_get\_key\_value (*C function*), 200  
PyThread\_ReInitTLS (*C function*), 200  
PyThread\_set\_key\_value (*C function*), 200  
PyThread\_tss\_alloc (*C function*), 199  
PyThread\_tss\_create (*C function*), 199  
PyThread\_tss\_delete (*C function*), 200  
PyThread\_tss\_free (*C function*), 199  
PyThread\_tss\_get (*C function*), 200  
PyThread\_tss\_is\_created (*C function*), 199  
PyThread\_tss\_set (*C function*), 200  
PyThreadState, 186  
PyThreadState (*C type*), 187  
PyThreadState\_Clear (*C function*), 190  
PyThreadState\_Delete (*C function*), 190  
PyThreadState\_DeleteCurrent (*C function*), 190  
PyThreadState\_EnterTracing (*C function*), 190  
PyThreadState\_Get (*C function*), 188  
PyThreadState\_GetDict (*C function*), 191  
PyThreadState\_GetFrame (*C function*), 190  
PyThreadState\_GetID (*C function*), 190  
PyThreadState\_GetInterpreter (*C function*), 190  
PyThreadState\_LeaveTracing (*C function*), 190  
PyThreadState\_New (*C function*), 190  
PyThreadState\_Next (*C function*), 198  
PyThreadState\_SetAsyncExc (*C function*), 191  
PyThreadState\_Swap (*C function*), 188  
PyThreadState.interp (*C member*), 187  
PyTime\_Check (*C function*), 173  
PyTime\_CheckExact (*C function*), 173  
PyTime\_FromTime (*C function*), 173  
PyTime\_FromTimeAndFold (*C function*), 173  
PyTimeZone\_FromOffset (*C function*), 174  
PyTimeZone\_FromOffsetAndName (*C function*), 174  
PyTrace\_C\_CALL (*C var*), 197  
PyTrace\_C\_EXCEPTION (*C var*), 197  
PyTrace\_C\_RETURN (*C var*), 197  
PyTrace\_CALL (*C var*), 197  
PyTrace\_EXCEPTION (*C var*), 197  
PyTrace\_LINE (*C var*), 197  
PyTrace\_OPCODE (*C var*), 197  
PyTrace\_RETURN (*C var*), 197  
PyTraceMalloc\_Track (*C function*), 231  
PyTraceMalloc\_Untrack (*C function*), 231  
PyTuple\_Check (*C function*), 139  
PyTuple\_CheckExact (*C function*), 139  
PyTuple\_GET\_ITEM (*C function*), 139  
PyTuple\_GET\_SIZE (*C function*), 139  
PyTuple\_GetItem (*C function*), 139  
PyTuple\_GetSlice (*C function*), 139  
PyTuple\_New (*C function*), 139  
PyTuple\_Pack (*C function*), 139  
PyTuple\_SET\_ITEM (*C function*), 139  
PyTuple\_SetItem (*C function*), 139  
PyTuple\_SetItem(), 7  
PyTuple\_Size (*C function*), 139  
PyTuple\_Type (*C var*), 139  
PyTupleObject (*C type*), 139  
PyType\_AddWatcher (*C function*), 108  
PyType\_Check (*C function*), 107  
PyType\_CheckExact (*C function*), 107  
PyType\_ClearCache (*C function*), 107  
PyType\_ClearWatcher (*C function*), 108  
PyType\_FromMetaclass (*C function*), 110  
PyType\_FromModuleAndSpec (*C function*), 111  
PyType\_FromSpec (*C function*), 111  
PyType\_FromSpecWithBases (*C function*), 111  
PyType\_GenericAlloc (*C function*), 109  
PyType\_GenericNew (*C function*), 109  
PyType\_GetDict (*C function*), 108  
PyType\_GetFlags (*C function*), 107  
PyType\_GetModule (*C function*), 109  
PyType\_GetModuleByDef (*C function*), 110  
PyType\_GetModuleState (*C function*), 109  
PyType\_GetName (*C function*), 109  
PyType\_GetQualName (*C function*), 109  
PyType\_GetSlot (*C function*), 109  
PyType\_GetTypeDataSize (*C function*), 87  
PyType\_HasFeature (*C function*), 108  
PyType\_IS\_GC (*C function*), 108  
PyType\_IsSubtype (*C function*), 108  
PyType\_Modified (*C function*), 108  
PyType\_Ready (*C function*), 109  
PyType\_Slot (*C type*), 112  
PyType\_Slot.pfunc (*C member*), 112  
PyType\_Slot.slot (*C member*), 112  
PyType\_Spec (*C type*), 111  
PyType\_Spec.basicsize (*C member*), 111  
PyType\_Spec.flags (*C member*), 112  
PyType\_Spec.itemsize (*C member*), 111  
PyType\_Spec.name (*C member*), 111  
PyType\_Spec.slots (*C member*), 112  
PyType\_Type (*C var*), 107  
PyType\_Watch (*C function*), 108  
PyType\_WatchCallback (*C type*), 108  
PyTypeObject (*C type*), 107



- PyTypeObject.tp\_alloc (*C member*), 263
- PyTypeObject.tp\_as\_async (*C member*), 250
- PyTypeObject.tp\_as\_buffer (*C member*), 252
- PyTypeObject.tp\_as\_mapping (*C member*), 251
- PyTypeObject.tp\_as\_number (*C member*), 251
- PyTypeObject.tp\_as\_sequence (*C member*), 251
- PyTypeObject.tp\_base (*C member*), 261
- PyTypeObject.tp\_bases (*C member*), 264
- PyTypeObject.tp\_basicsize (*C member*), 248
- PyTypeObject.tp\_cache (*C member*), 264
- PyTypeObject.tp\_call (*C member*), 251
- PyTypeObject.tp\_clear (*C member*), 257
- PyTypeObject.tp\_dealloc (*C member*), 249
- PyTypeObject.tp\_del (*C member*), 265
- PyTypeObject.tp\_descr\_get (*C member*), 261
- PyTypeObject.tp\_descr\_set (*C member*), 261
- PyTypeObject.tp\_dict (*C member*), 261
- PyTypeObject.tp\_dictoffset (*C member*), 262
- PyTypeObject.tp\_doc (*C member*), 256
- PyTypeObject.tp\_finalize (*C member*), 265
- PyTypeObject.tp\_flags (*C member*), 253
- PyTypeObject.tp\_free (*C member*), 263
- PyTypeObject.tp\_getattr (*C member*), 250
- PyTypeObject.tp\_getattro (*C member*), 252
- PyTypeObject.tp\_getset (*C member*), 260
- PyTypeObject.tp\_hash (*C member*), 251
- PyTypeObject.tp\_init (*C member*), 262
- PyTypeObject.tp\_is\_gc (*C member*), 264
- PyTypeObject.tp\_ismember (*C member*), 248
- PyTypeObject.tp\_iter (*C member*), 260
- PyTypeObject.tp\_iternext (*C member*), 260
- PyTypeObject.tp\_members (*C member*), 260
- PyTypeObject.tp\_methods (*C member*), 260
- PyTypeObject.tp\_mro (*C member*), 264
- PyTypeObject.tp\_name (*C member*), 248
- PyTypeObject.tp\_new (*C member*), 263
- PyTypeObject.tp\_repr (*C member*), 250
- PyTypeObject.tp\_richcompare (*C member*), 258
- PyTypeObject.tp\_setattr (*C member*), 250
- PyTypeObject.tp\_setattro (*C member*), 252
- PyTypeObject.tp\_str (*C member*), 252
- PyTypeObject.tp\_subclasses (*C member*), 264
- PyTypeObject.tp\_traverse (*C member*), 257
- PyTypeObject.tp\_vectorcall (*C member*), 266
- PyTypeObject.tp\_vectorcall\_offset (*C member*), 250
- PyTypeObject.tp\_version\_tag (*C member*), 265
- PyTypeObject.tp\_watched (*C member*), 266
- PyTypeObject.tp\_weaklist (*C member*), 264
- PyTypeObject.tp\_weaklistoffset (*C member*), 259
- PyTZInfo\_Check (*C function*), 173
- PyTZInfo\_CheckExact (*C function*), 173
- PyUnicode\_1BYTE\_DATA (*C function*), 124
- PyUnicode\_1BYTE\_KIND (*C macro*), 124
- PyUnicode\_2BYTE\_DATA (*C function*), 124
- PyUnicode\_2BYTE\_KIND (*C macro*), 124
- PyUnicode\_4BYTE\_DATA (*C function*), 124
- PyUnicode\_4BYTE\_KIND (*C macro*), 124
- PyUnicode\_AsASCIIString (*C function*), 136
- PyUnicode\_AsCharmapString (*C function*), 136
- PyUnicode\_AsEncodedString (*C function*), 132
- PyUnicode\_AsLatin1String (*C function*), 135
- PyUnicode\_AsMBCSString (*C function*), 137
- PyUnicode\_AsRawUnicodeEscapeString (*C function*), 135
- PyUnicode\_AsUCS4 (*C function*), 129
- PyUnicode\_AsUCS4Copy (*C function*), 129
- PyUnicode\_AsUnicodeEscapeString (*C function*), 135
- PyUnicode\_AsUTF8 (*C function*), 133
- PyUnicode\_AsUTF8AndSize (*C function*), 133
- PyUnicode\_AsUTF8String (*C function*), 133
- PyUnicode\_AsUTF16String (*C function*), 134
- PyUnicode\_AsUTF32String (*C function*), 134
- PyUnicode\_AsWideChar (*C function*), 132
- PyUnicode\_AsWideCharString (*C function*), 132
- PyUnicode\_Check (*C function*), 123
- PyUnicode\_CheckExact (*C function*), 123
- PyUnicode\_Compare (*C function*), 138
- PyUnicode\_CompareWithASCIIString (*C function*), 138
- PyUnicode\_Concat (*C function*), 137
- PyUnicode\_Contains (*C function*), 138
- PyUnicode\_CopyCharacters (*C function*), 129
- PyUnicode\_Count (*C function*), 138
- PyUnicode\_DATA (*C function*), 124
- PyUnicode\_Decode (*C function*), 132
- PyUnicode\_DecodeASCII (*C function*), 136
- PyUnicode\_DecodeCharmap (*C function*), 136
- PyUnicode\_DecodeFSDefault (*C function*), 131
- PyUnicode\_DecodeFSDefaultAndSize (*C function*), 131
- PyUnicode\_DecodeLatin1 (*C function*), 135
- PyUnicode\_DecodeLocale (*C function*), 130
- PyUnicode\_DecodeLocaleAndSize (*C function*), 130
- PyUnicode\_DecodeMBCS (*C function*), 137
- PyUnicode\_DecodeMBCSStateful (*C function*), 137
- PyUnicode\_DecodeRawUnicodeEscape (*C function*), 135
- PyUnicode\_DecodeUnicodeEscape (*C function*), 135
- PyUnicode\_DecodeUTF7 (*C function*), 135
- PyUnicode\_DecodeUTF7Stateful (*C function*), 135
- PyUnicode\_DecodeUTF8 (*C function*), 133

- PyUnicode\_DecodeUTF8Stateful (*C function*), 133
- PyUnicode\_DecodeUTF16 (*C function*), 134
- PyUnicode\_DecodeUTF16Stateful (*C function*), 134
- PyUnicode\_DecodeUTF32 (*C function*), 133
- PyUnicode\_DecodeUTF32Stateful (*C function*), 134
- PyUnicode\_EncodeCodePage (*C function*), 137
- PyUnicode\_EncodeFSDefault (*C function*), 131
- PyUnicode\_EncodeLocale (*C function*), 130
- PyUnicode\_Fill (*C function*), 129
- PyUnicode\_Find (*C function*), 137
- PyUnicode\_FindChar (*C function*), 138
- PyUnicode\_Format (*C function*), 138
- PyUnicode\_FromEncodedObject (*C function*), 128
- PyUnicode\_FromFormat (*C function*), 127
- PyUnicode\_FromFormatV (*C function*), 128
- PyUnicode\_FromKindAndData (*C function*), 126
- PyUnicode\_FromObject (*C function*), 128
- PyUnicode\_FromString (*C function*), 127
- PyUnicode\_FromStringAndSize (*C function*), 126
- PyUnicode\_FromWideChar (*C function*), 132
- PyUnicode\_FSConverter (*C function*), 131
- PyUnicode\_FSDecoder (*C function*), 131
- PyUnicode\_GET\_LENGTH (*C function*), 124
- PyUnicode\_GetLength (*C function*), 129
- PyUnicode\_InternFromString (*C function*), 138
- PyUnicode\_InternInPlace (*C function*), 138
- PyUnicode\_IsIdentifier (*C function*), 125
- PyUnicode\_Join (*C function*), 137
- PyUnicode\_KIND (*C function*), 124
- PyUnicode\_MAX\_CHAR\_VALUE (*C function*), 124
- PyUnicode\_New (*C function*), 126
- PyUnicode\_READ (*C function*), 124
- PyUnicode\_READ\_CHAR (*C function*), 124
- PyUnicode\_ReadChar (*C function*), 129
- PyUnicode\_READY (*C function*), 124
- PyUnicode\_Replace (*C function*), 138
- PyUnicode\_RichCompare (*C function*), 138
- PyUnicode\_Split (*C function*), 137
- PyUnicode\_Splitlines (*C function*), 137
- PyUnicode\_Substring (*C function*), 129
- PyUnicode\_Tailmatch (*C function*), 137
- PyUnicode\_Translate (*C function*), 136
- PyUnicode\_Type (*C var*), 123
- PyUnicode\_WRITE (*C function*), 124
- PyUnicode\_WriteChar (*C function*), 129
- PyUnicodeDecodeError\_Create (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_GetEncoding (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_GetEnd (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_GetObject (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_GetReason (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_GetStart (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_SetEnd (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_SetReason (*C function*), 56
- PyUnicodeDecodeError\_SetStart (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_GetEncoding (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_GetEnd (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_GetObject (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_GetReason (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_GetStart (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_SetEnd (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_SetReason (*C function*), 56
- PyUnicodeEncodeError\_SetStart (*C function*), 56
- PyUnicodeObject (*C type*), 123
- PyUnicodeTranslateError\_GetEnd (*C function*), 56
- PyUnicodeTranslateError\_GetObject (*C function*), 56
- PyUnicodeTranslateError\_GetReason (*C function*), 56
- PyUnicodeTranslateError\_GetStart (*C function*), 56
- PyUnicodeTranslateError\_SetEnd (*C function*), 56
- PyUnicodeTranslateError\_SetReason (*C function*), 56
- PyUnicodeTranslateError\_SetStart (*C function*), 56
- PyUnstable, 13
- PyUnstable\_Code\_GetExtra (*C function*), 153
- PyUnstable\_Code\_New (*C function*), 151
- PyUnstable\_Code\_NewWithPosOnlyArgs (*C function*), 151
- PyUnstable\_Code\_SetExtra (*C function*), 154
- PyUnstable\_Eval\_RequestCodeExtraIndex (*C function*), 153
- PyUnstable\_Exc\_PrepReraiseStar (*C function*), 55
- PyUnstable\_GC\_VisitObjects (*C function*), 278
- PyUnstable\_InterpreterFrame\_GetCode (*C function*), 169
- PyUnstable\_InterpreterFrame\_GetLasti



(*C function*), 169  
 PyUnstable\_InterpreterFrame\_GetLine (*C function*), 169  
 PyUnstable\_Long\_CompactValue (*C function*), 116  
 PyUnstable\_Long\_IsCompact (*C function*), 116  
 PyUnstable\_Object\_GC\_NewWithExtraData (*C function*), 276  
 PyUnstable\_PerfMapState\_Fini (*C function*), 81  
 PyUnstable\_PerfMapState\_Init (*C function*), 80  
 PyUnstable\_Type\_AssignVersionTag (*C function*), 110  
 PyUnstable\_WritePerfMapEntry (*C function*), 81  
 PyVarObject (*C type*), 234  
 PyVarObject\_HEAD\_INIT (*C macro*), 235  
 PyVarObject.ob\_size (*C member*), 248  
 PyVectorcall\_Call (*C function*), 89  
 PyVectorcall\_Function (*C function*), 89  
 PyVectorcall\_NARGS (*C function*), 89  
 PyWeakref\_Check (*C function*), 165  
 PyWeakref\_CheckProxy (*C function*), 165  
 PyWeakref\_CheckRef (*C function*), 165  
 PyWeakref\_GET\_OBJECT (*C function*), 166  
 PyWeakref\_GetObject (*C function*), 166  
 PyWeakref\_NewProxy (*C function*), 166  
 PyWeakref\_NewRef (*C function*), 165  
 PyWideStringList (*C type*), 202  
 PyWideStringList\_Append (*C function*), 202  
 PyWideStringList\_Insert (*C function*), 202  
 PyWideStringList.items (*C member*), 202  
 PyWideStringList.length (*C member*), 202  
 PyWrapper\_New (*C function*), 163

**Q**

qualified name -- 限定名称, 290

**R**

READ\_RESTRICTED, 239  
 READONLY, 239  
 realloc(), 223  
 reference count -- 引用计数, 290  
 regular package -- 常规包, 290  
 releasebufferproc (*C type*), 273  
 repr  
     内置函数, 85, 250  
 reprfunc (*C type*), 272  
 RESTRICTED, 239  
 richcmpfunc (*C type*), 272

**S**

stderr  
     stdin stdout, 182  
 sendfunc (*C type*), 273  
 sequence  
     object -- 对象, 120  
 sequence -- 序列, 290  
 set  
     object -- 对象, 146  
 set comprehension -- 集合推导式, 291  
 set\_all(), 8  
 setattrfunc (*C type*), 272  
 setattrofunc (*C type*), 272  
 setswitchinterval() (在 *sys* 模块中), 185  
 SIGINT, 54  
 signal  
     module, 54  
 single dispatch -- 单分派, 291  
 SIZE\_MAX, 115  
 slice -- 切片, 291  
 special method -- 特殊方法, 291  
 ssizeargfunc (*C type*), 273  
 ssizeobjargproc (*C type*), 273  
 statement -- 语句, 291  
 stderr (在 *sys* 模块中), 193, 194  
 stdin  
     stdout stderr, 182  
 stdin (在 *sys* 模块中), 193, 194  
 stdout  
     stderr, stdin, 182  
 stdout (在 *sys* 模块中), 193, 194  
 strerror(), 48  
 string  
     PyObject\_Str (*C 函数*), 85  
 strong reference -- 强引用, 291  
 structmember.h, 241  
 sum\_list(), 9  
 sum\_sequence(), 9, 10  
 sys  
     module, 11, 181, 193, 194  
 SystemError (内置异常), 155, 156

## T

T\_BOOL, 241  
 T\_BYTE, 241  
 T\_CHAR, 241  
 T\_DOUBLE, 241  
 T\_FLOAT, 241  
 T\_INT, 241  
 T\_LONG, 241  
 T\_LONGLONG, 241  
 T\_NONE (*C macro*), 241  
 T\_OBJECT (*C macro*), 241  
 T\_OBJECT\_EX, 241  
 T\_PYSSIZET, 241  
 T\_SHORT, 241  
 T\_STRING, 241  
 T\_STRING\_INPLACE, 241  
 T\_UBYTE, 241  
 T\_UINT, 241  
 T\_ULONG, 241  
 T\_ULONGULONG, 241  
 T\_USHORT, 241  
 ternaryfunc (*C type*), 273

text encoding -- 文本编码格式, [291](#)  
text file -- 文本文件, [291](#)  
traverseproc (*C type*), [277](#)  
triple-quoted string -- 三引号字符串, [291](#)  
type  
    object -- 对象, [6](#), [107](#)  
    内置函数, [86](#)  
type -- 类型, [291](#)  
type alias -- 类型别名, [291](#)  
type hint -- 类型注解, [292](#)

## U

ULONG\_MAX, [115](#)  
unaryfunc (*C type*), [273](#)  
universal newlines -- 通用换行, [292](#)

## V

variable annotation -- 变量标注, [292](#)  
元组

    object -- 对象, [139](#)  
    内置函数, [96](#), [142](#)

内置函数

    \_\_import\_\_, [66](#)  
    abs, [93](#)  
    ascii, [85](#)  
    divmod, [92](#)  
    float, [94](#)  
    hash, [86](#), [251](#)  
    int, [94](#)  
    len, [86](#), [95](#), [96](#), [141](#), [144](#), [147](#)  
    pow, [92](#), [94](#)  
    repr, [85](#), [250](#)  
    type, [86](#)  
    元组, [96](#), [142](#)  
    字节串, [85](#)  
    类方法, [238](#)  
    编译, [67](#)  
    静态方法, [238](#)  
冻结工具, [69](#)  
包变量

    \_\_all\_\_, [66](#)  
vectorcallfunc (*C type*), [88](#)  
version (在 *sys* 模块中), [184](#)  
virtual environment -- 虚拟环境, [292](#)  
virtual machine -- 虚拟机, [292](#)  
visitproc (*C type*), [277](#)  
字节串

    object -- 对象, [120](#)  
    内置函数, [85](#)

## W

搜索

    path, module, [11](#), [181](#), [183](#)

数字

    object -- 对象, [113](#)

文件

    object -- 对象, [154](#)

浮点数

    object -- 对象, [117](#)

清理函数, [66](#)

WRITE\_RESTRICTED, [239](#)

## Z

Zen of Python -- Python 之禅, [292](#)