

---

# 排序的技巧

发行版本 3.12.2

Guido van Rossum and the Python development team

二月 29, 2024

Python Software Foundation  
Email: docs@python.org

## Contents

1 基本排序	2
2 关键函数	2
3 <code>operator</code> 模块函数和 <code>partial</code> 函数求值	3
4 升序和降序	4
5 排序稳定性和排序复杂度	4
6 装饰-排序-取消装饰	4
7 比较函数	5
8 杂项说明	5
9 部分排序	6
索引	7

---

### 作者

Andrew Dalke 和 Raymond Hettinger

Python 列表有一个内置的 `list.sort()` 方法可以直接修改列表。还有一个 `sorted()` 内置函数，它会从一个可迭代对象构建一个新的排序列表。

在本文档中，我们将探索使用 Python 对数据进行排序的各种技术。

## 1 基本排序

简单的升序排序非常简单：只需调用 `sorted()` 函数。它返回一个新的排序后列表：

```
>>> sorted([5, 2, 3, 1, 4])
[1, 2, 3, 4, 5]
```

你也可以使用 `list.sort()` 方法，它会直接修改原列表（并返回 `None` 以避免混淆），通常来说它不如 `sorted()` 方便——但如果你不需要原列表，它会更有效率。

```
>>> a = [5, 2, 3, 1, 4]
>>> a.sort()
>>> a
[1, 2, 3, 4, 5]
```

另外一个区别是，`list.sort()` 方法只是为列表定义的，而 `sorted()` 函数可以接受任何可迭代对象。

```
>>> sorted({1: 'D', 2: 'B', 3: 'B', 4: 'E', 5: 'A'})
[1, 2, 3, 4, 5]
```

## 2 关键函数

`list.sort()` 和 `sorted()` 都有一个 `key` 形参用来指定在进行比较前要在每个列表元素上调用的函数（或其他可调用对象）。

例如，下面是一个不区分大小写的字符串比较：

```
>>> sorted("This is a test string from Andrew".split(), key=str.casefold)
['a', 'Andrew', 'from', 'is', 'string', 'test', 'This']
```

`key` 形参的值应该是个函数（或其他可调用对象），它接受一个参数并返回一个用于排序的键。这种机制速度很快，因为对于每个输入记录只会调用一次键函数。

一种常见的模式是使用对象的一些索引作为键对复杂对象进行排序。例如：

```
>>> student_tuples = [
...     ('john', 'A', 15),
...     ('jane', 'B', 12),
...     ('dave', 'B', 10),
... ]
>>> sorted(student_tuples, key=lambda student: student[2])    # sort by age
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

同样的技术也适用于具有命名属性的对象。例如：

```
>>> class Student:
...     def __init__(self, name, grade, age):
...         self.name = name
...         self.grade = grade
...         self.age = age
...     def __repr__(self):
...         return repr((self.name, self.grade, self.age))
>>> student_objects = [
```

(续下页)

(接上页)

```
...     Student('john', 'A', 15),
...     Student('jane', 'B', 12),
...     Student('dave', 'B', 10),
... ]
>>> sorted(student_objects, key=lambda student: student.age)    # sort by age
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

带有指定名称的属性的对象可像上面这样通过一个常规类来创建，或者它们也可以是一个 `dataclass` 的实例或一个 `named tuple`。

### 3 operator 模块函数和 partial 函数求值

上面显示的 `key function` 模式相当常见，因此 Python 提供了一些便捷函数以使访问器函数更方便快捷。`operator` 模块具有 `itemgetter()`、`attrgetter()` 和 `methodcaller()` 函数。

使用这些函数，上述示例变得更简单，更快捷：

```
>>> from operator import itemgetter, attrgetter

>>> sorted(student_tuples, key=itemgetter(2))
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]

>>> sorted(student_objects, key=attrgetter('age'))
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

`Operator` 模块功能允许多级排序。例如，按 *grade* 排序，然后按 *age* 排序：

```
>>> sorted(student_tuples, key=itemgetter(1,2))
[('john', 'A', 15), ('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12)]

>>> sorted(student_objects, key=attrgetter('grade', 'age'))
[('john', 'A', 15), ('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12)]
```

`functools` 模块提供了另一个能够创建键函数的辅助工具。`partial()` 函数可以缩减多参数函数的 *arity* 以使其适合被用作键函数。

```
>>> from functools import partial
>>> from unicodedata import normalize

>>> names = 'Zoë Åbjørn Núñez Élana Zeke Abe Nubia Eloise'.split()

>>> sorted(names, key=partial(normalize, 'NFD'))
['Abe', 'Åbjørn', 'Eloise', 'Élana', 'Nubia', 'Núñez', 'Zeke', 'Zoë']

>>> sorted(names, key=partial(normalize, 'NFC'))
['Abe', 'Eloise', 'Nubia', 'Núñez', 'Zeke', 'Zoë', 'Åbjørn', 'Élana']
```

## 4 升序和降序

`list.sort()` 和 `sorted()` 接受布尔值的 *reverse* 参数。这用于标记降序排序。例如，要以反向 *age* 顺序获取学生数据：

```
>>> sorted(student_tuples, key=itemgetter(2), reverse=True)
[('john', 'A', 15), ('jane', 'B', 12), ('dave', 'B', 10)]

>>> sorted(student_objects, key=attrgetter('age'), reverse=True)
[('john', 'A', 15), ('jane', 'B', 12), ('dave', 'B', 10)]
```

## 5 排序稳定性和排序复杂度

排序保证是 *稳定* 的。这意味着当多个记录具有相同的键值时，将保留其原始顺序。

```
>>> data = [('red', 1), ('blue', 1), ('red', 2), ('blue', 2)]
>>> sorted(data, key=itemgetter(0))
[('blue', 1), ('blue', 2), ('red', 1), ('red', 2)]
```

注意 *blue* 的两个记录如何保留它们的原始顺序，以便 `('blue', 1)` 保证在 `('blue', 2)` 之前。

这个美妙的属性允许你在一系列排序步骤中构建复杂的排序。例如，要按 *grade* 降序然后 *age* 升序对学生数据进行排序，请先 *age* 排序，然后再使用 *grade* 排序：

```
>>> s = sorted(student_objects, key=attrgetter('age'))      # sort on secondary key
>>> sorted(s, key=attrgetter('grade'), reverse=True)       # now sort on primary key, ↵
↵descending
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

这可以被抽象为一个包装函数，该函数能接受一个列表以及字段和顺序的元组，以对它们进行多重排序。

```
>>> def multisort(xs, specs):
...     for key, reverse in reversed(specs):
...         xs.sort(key=attrgetter(key), reverse=reverse)
...     return xs

>>> multisort(list(student_objects), (('grade', True), ('age', False)))
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

Python 中使用的 *Timsort* 算法可以有效地进行多种排序，因为它可以利用数据集中已存在的任何排序。

## 6 装饰-排序-取消装饰

这个三个步骤被称为 *Decorate-Sort-Undecorate*：

- 首先，初始列表使用控制排序顺序的新值进行修饰。
- 然后，装饰列表已排序。
- 最后，删除装饰，创建一个仅包含新排序中初始值的列表。

例如，要使用 *DSU* 方法按 *grade* 对学生数据进行排序：

```
>>> decorated = [(student.grade, i, student) for i, student in enumerate(student_
↳objects)]
>>> decorated.sort()
>>> [student for grade, i, student in decorated]                # undecorate
[('john', 'A', 15), ('jane', 'B', 12), ('dave', 'B', 10)]
```

这个方法有效是因为元组按字典顺序进行比较，先比较第一项；如果它们相同则比较第二个项目，依此类推。不一定在所有情况下都要在装饰列表中包含索引 *i*，但包含它有两个好处：

- 排序是稳定的——如果两个项具有相同的键，它们的顺序将保留在排序列表中。
- 原始项目不必具有可比性，因为装饰元组的排序最多由前两项决定。因此，例如原始列表可能包含无法直接排序的复数。

这个方法的另一个名字是 Randal L. Schwartz 在 Perl 程序员中推广的 *Schwartzian transform*。

既然 Python 排序提供了键函数，那么通常不需要这种技术。

## 7 比较函数

与返回一个用于排序的绝对值的键函数不同，比较函数是计算两个输入的相对排序。

例如，一个 *天平* 会比较两个样本并给出一个相对排序：较轻、相等或较重。类似地，一个比较函数如 `cmp(a, b)` 将返回一个负值表示小于，零表示相等，或是一个正值表示大于。

当从其他语言转写算法时经常会遇到比较函数。此外，某些库也提供了比较函数作为其 API 的组成部分。例如，`locale.strcoll()` 就是一个比较函数。

为了适应这些情况，Python 提供了 `functools.cmp_to_key` 用来包装比较函数使其可以作为键函数来使用：

```
sorted(words, key=cmp_to_key(strcoll)) # locale-aware sort order
```

## 8 杂项说明

- 对于可感知语言区域的排序，请使用 `locale.strxfrm()` 作为键函数或使用 `locale.strcoll()` 作为比较函数。因为在不同语言中即便字母表相同“字母”排列顺序也可能不同所以这样做是必要的。
- *reverse* 参数仍然保持排序稳定性（因此具有相等键的记录保留原始顺序）。有趣的是，通过使用内置的 `reversed()` 函数两次，可以在没有参数的情况下模拟该效果：

```
>>> data = [('red', 1), ('blue', 1), ('red', 2), ('blue', 2)]
>>> standard_way = sorted(data, key=itemgetter(0), reverse=True)
>>> double_reversed = list(reversed(sorted(reversed(data), key=itemgetter(0))))
>>> assert standard_way == double_reversed
>>> standard_way
[('red', 1), ('red', 2), ('blue', 1), ('blue', 2)]
```

- 排序例程在两个对象之间进行比较时使用 `<`。因此，通过定义一个 `__lt__()` 方法，就可以轻松地类添加标准排序顺序：

```
>>> Student.__lt__ = lambda self, other: self.age < other.age
>>> sorted(student_objects)
[('dave', 'B', 10), ('jane', 'B', 12), ('john', 'A', 15)]
```

不过，请注意 < 在 `__lt__()` 未被实现时可以回退为使用 `__gt__()` (请参阅 `object.__lt__()` 了解相关机制的细节)。为避免意外，**PEP 8** 建议实现所有的六个比较方法。`total_ordering()` 装饰器被提供用来令此任务更为容易。

- 键函数不需要直接依赖于被排序的对象。键函数还可以访问外部资源。例如，如果学生成绩存储在字典中，则可以使用它们对单独的学生姓名列表进行排序：

```
>>> students = ['dave', 'john', 'jane']
>>> newgrades = {'john': 'F', 'jane': 'A', 'dave': 'C'}
>>> sorted(students, key=newgrades.__getitem__)
['jane', 'dave', 'john']
```

## 9 部分排序

有些应用程序只需要对部分数据进行排序。标准库提供了几种工具可以执行比完整排序更轻量的任务：

- `min()` 和 `max()` 可分别返回最小和最大值。这两个函数只需逐一检查输入数据而几乎不需要任何额外的内存。
- `heapq.nsmallest()` 和 `heapq.nlargest()` 可分别返回  $n$  个最小和最大的值。这两个函数每次只需逐一检查数据并仅需在内存中保留  $n$  个元素。对于相对于输入总数来说较小的  $n$  值来说，这两个函数将进行远少于完整排序的比较。
- `heapq.heappush()` 和 `heapq.heappop()` 会创建并维护一组部分排序的数据其中最小的元素将处在 0 位置上。这两个函数很适合实现常用于任务调度的优先级队列。

# 索引

## P

Python 增强建议; PEP 8, [6](#)