11 | 排序（上）：为什么插入排序比冒泡排序更受欢迎?

2018-10-15 王争

11 | 排序（上）：为什么插入排序比冒泡排序更受欢迎?
朗读人：修阳　20′52″ | 8.37M

排序对于任何一个程序员来说，可能都不会陌生。你学的第一个算法，可能就是排序。大部分编程语言中，也都提供了排序函数。在平常的项目中，我们也经常会用到排序。排序非常重要，所以我会花多一点时间来详细讲一讲经典的排序算法。

排序算法太多了，有很多可能你连名字都没听说过，比如猴子排序、睡眠排序、面条排序等。我只讲众多排序算法中的一小撮，也是最经典的、最常用的：冒泡排序、插入排序、选择排序、归并排序、快速排序、计数排序、基数排序、桶排序。我按照时间复杂度把它们分成了三类，分三节课来讲解。

带着问题去学习，是最有效的学习方法。所以按照惯例，我还是先给你出一个思考题：**插入排序和冒泡排序的时间复杂度相同，都是 O(n^2)，在实际的软件开发里，为什么我们更倾向于使用插入排序算法而不是冒泡排序算法呢？**

你可以先思考一两分钟，带着这个问题，我们开始今天的内容！

如何分析一个“排序算法”？

学习排序算法，我们除了学习它的算法原理、代码实现之外，更重要的是要学会如何评价、分析一个排序算法。那分析一个排序算法，要从哪几个方面入手呢？

排序算法的执行效率

对于排序算法执行效率的分析，我们一般会从这几个方面来衡量：

1. 最好情况、最坏情况、平均情况时间复杂度

我们在分析排序算法的时间复杂度时，要分别给出最好情况、最坏情况、平均情况下的时间复杂度。除此之外，你还要说出最好、最坏时间复杂度对应的要排序的原始数据是什么样的。

为什么要区分这三种时间复杂度呢？第一，有些排序算法会区分，为了好对比，所以我们最好都做一下区分。第二，对于要排序的数据，有的接近有序，有的完全无序。有序度不同的数据，对于排序的执行时间肯定是有影响的，我们要知道排序算法在不同数据下的性能表现。

2. 时间复杂度的系数、常数 、低阶

我们知道，时间复杂度反应的是数据规模 n 很大的时候的一个增长趋势，所以它表示的时候会忽略系数、常数、低阶。但是实际的软件开发中，我们排序的可能是 10 个、100 个、1000 个这样规模很小的数据，所以，在对同一阶时间复杂度的排序算法性能对比的时候，我们就要把系数、常数、低阶也考虑进来。

3. 比较次数和交换（或移动）次数

这一节和下一节讲的都是基于比较的排序算法。基于比较的排序算法的执行过程，会涉及两种操作，一种是元素比较大小，另一种是元素交换或移动。所以，如果我们在分析排序算法的执行效率的时候，应该把比较次数和交换（或移动）次数也考虑进去。

排序算法的内存消耗

我们前面讲过，算法的内存消耗可以通过空间复杂度来衡量，排序算法也不例外。不过，针对排序算法的空间复杂度，我们还引入了一个新的概念，**原地排序**（Sorted in place）。原地排序算法，就是特指空间复杂度是 O(1) 的排序算法。我们今天讲的三种排序算法，都是原地排序算法。

排序算法的稳定性

仅仅用执行效率和内存消耗来衡量排序算法的好坏是不够的。针对排序算法，我们还有一个重要的度量指标，**稳定性**。这个概念是说，如果待排序的序列中存在值相等的元素，经过排序之后，相等元素之间原有的先后顺序不变。

我通过一个例子来解释一下。比如我们有一组数据 2，9，3，4，8，3，按照大小排序之后就是 2，3，3，4，8，9。

这组数据里有两个 3。经过某种排序算法排序之后，如果两个 3 的前后顺序没有改变，那我们就把这种排序算法叫作**稳定的排序算法**；如果前后顺序发生变化，那对应的排序算法就叫作**不稳定的排序算法**。

你可能要问了，两个 3 哪个在前，哪个在后有什么关系啊，稳不稳定又有什么关系呢？为什么要考察排序算法的稳定性呢？

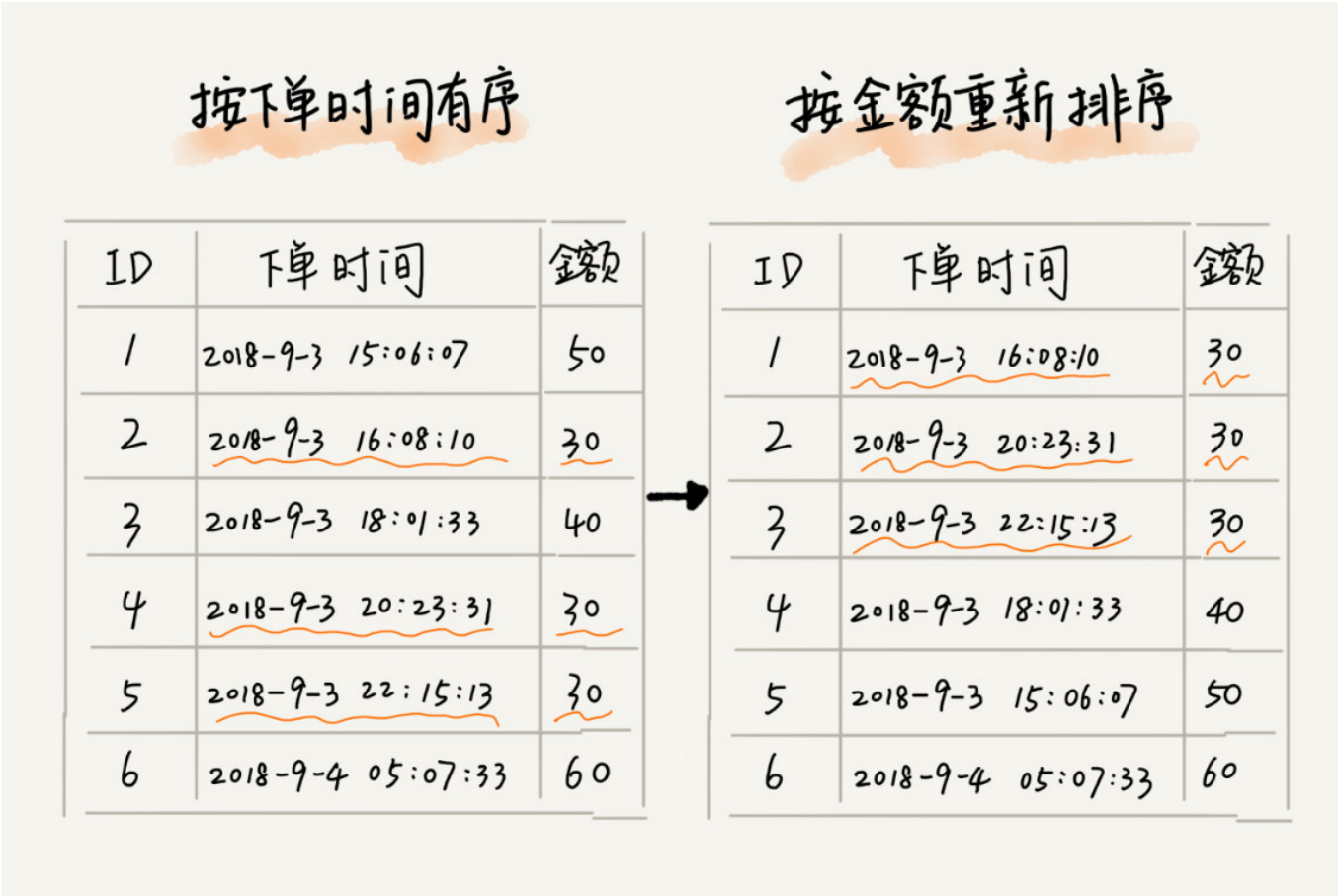
很多数据结构和算法课程，在讲排序的时候，都是用整数来举例，但在真正软件开发中，我们要排序的往往不是单纯的整数，而是一组对象，我们需要按照对象的某个 key 来排序。

比如说，我们现在要给电商交易系统中的“订单”排序。订单有两个属性，一个是下单时间，另一个是订单金额。如果我们现在有 10 万条订单数据，我们希望按照金额从小到大对订单数据排序。对于金额相同的订单，我们希望按照下单时间从早到晚有序。对于这样一个排序需求，我们怎么来做呢？

最先想到的方法是：我们先按照金额对订单数据进行排序，然后，再遍历排序之后的订单数据，对于每个金额相同的小区间再按照下单时间排序。这种排序思路理解起来不难，但是实现起来会很复杂。

借助稳定排序算法，这个问题可以非常简洁地解决。解决思路是这样的：我们先按照下单时间给订单排序，注意是按照下单时间，不是金额。排序完成之后，我们用稳定排序算法，按照订单金额重新排序。两遍排序之后，我们得到的订单数据就是按照金额从小到大排序，金额相同的订单按照下单时间从早到晚排序的。为什么呢？

稳定排序算法可以保持金额相同的两个对象，在排序之后的前后顺序不变。第一次排序之后，所有的订单按照下单时间从早到晚有序了。在第二次排序中，我们用的是稳定的排序算法，所以经过第二次排序之后，相同金额的订单仍然保持下单时间从早到晚有序。

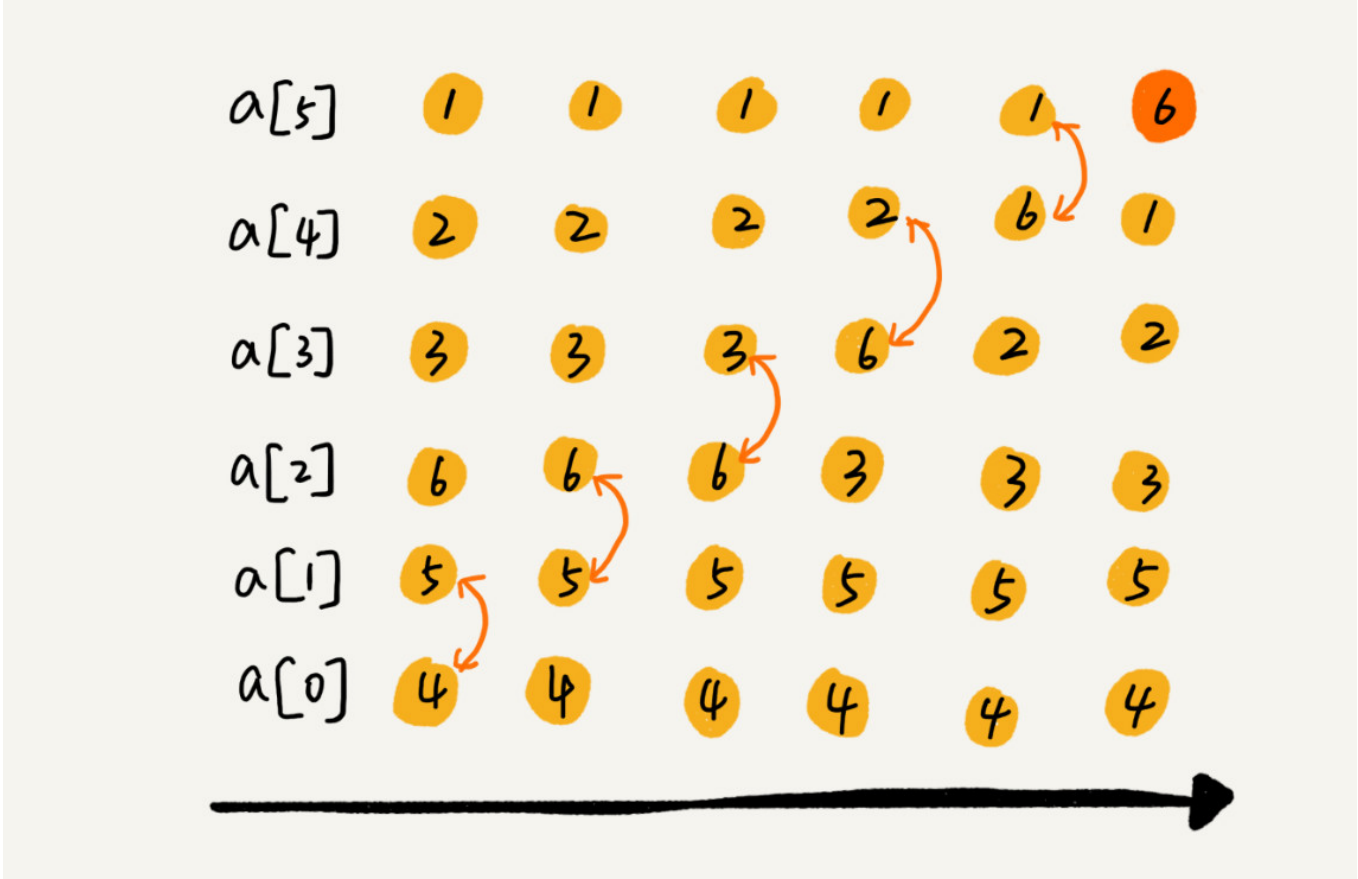


冒泡排序（Bubble Sort）

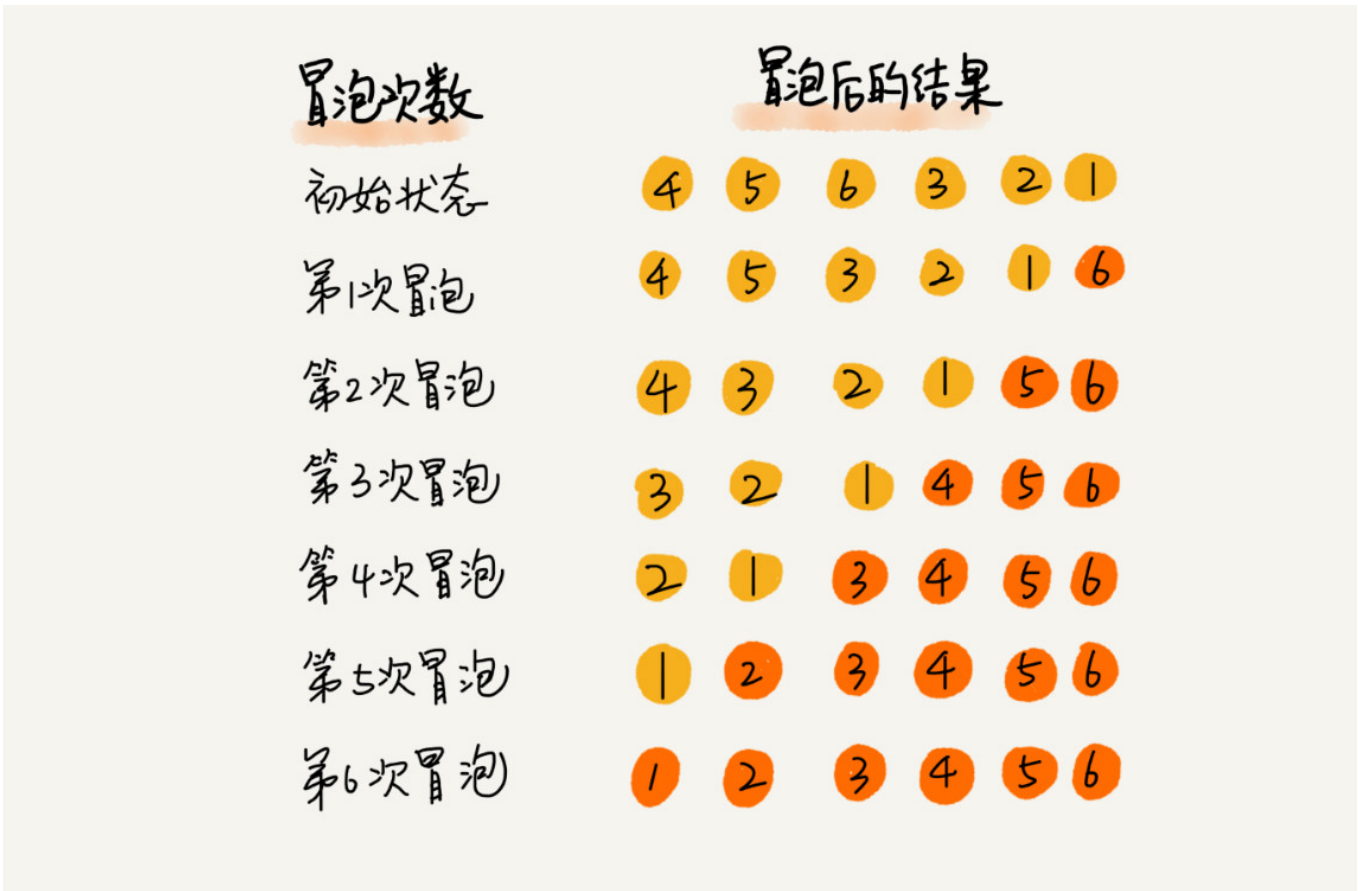
我们从冒泡排序开始，学习今天的三种排序算法。

冒泡排序只会操作相邻的两个数据。每次冒泡操作都会对相邻的两个元素进行比较，看是否满足大小关系要求。如果不满足就让它俩互换。一次冒泡会让至少一个元素移动到它应该在的位置，重复 n 次，就完成了 n 个数据的排序工作。

我用一个例子，带你看下冒泡排序的整个过程。我们要对一组数据 4，5，6，3，2，1，从小到到大进行排序。第一次冒泡操作的详细过程就是这样：

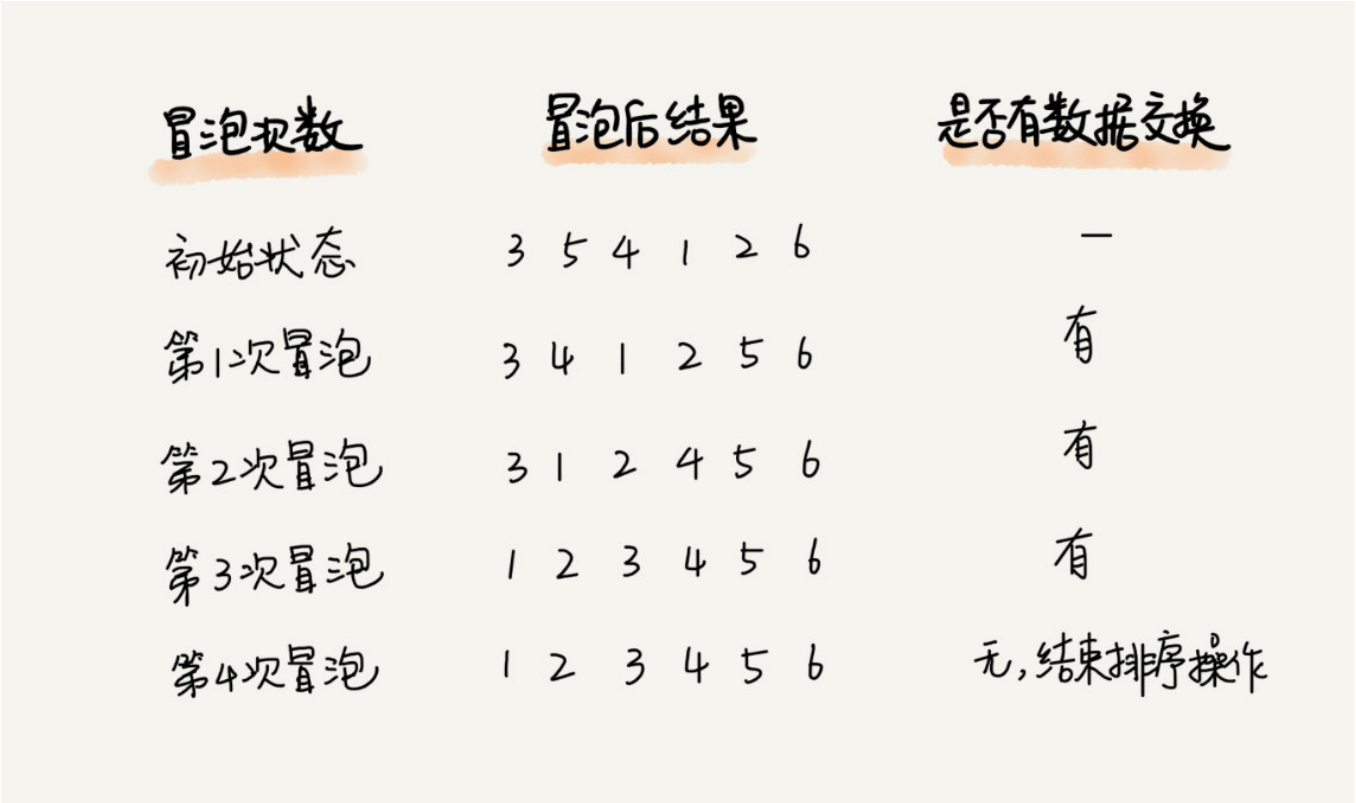


可以看出，经过一次冒泡操作之后，6 这个元素已经存储在正确的位置上。要想完成所有数据的排序，我们只要进行 6 次这样的冒泡操作就行了。



实际上，刚讲的冒泡过程还可以优化。当某次冒泡操作已经没有数据交换时，说明已经达到完全有序，不用再继续执行后续的冒泡操作。我这里还有另外一个例子，这里面给 6 个元素排序，

只需要 4 次冒泡操作就可以了。



冒泡排序算法的原理比较容易理解，具体的代码我贴到下面，你可以结合着代码来看我前面讲的原理。

复制代码

```
// 冒泡排序，a 表示数组，n 表示数组大小
public void bubbleSort(int[] a, int n) {
  if (n <= 1) return;

 for (int i = 0; i < n; ++i) {
    // 提前退出冒泡循环的标志位
    boolean flag = false;
    for (int j = 0; j < n - i - 1; ++j) {
      if (a[j] > a[j+1]) { // 交换
        int tmp = a[j];
        a[j] = a[j+1];
        a[j+1] = tmp;
        flag = true;  // 表示有数据交换
      }
    }
    if (!flag) break;  // 没有数据交换，提前退出
  }
}
```

现在，结合刚才我分析排序算法的三个方面，我有三个问题要问你。

第一，冒泡排序是原地排序算法吗？

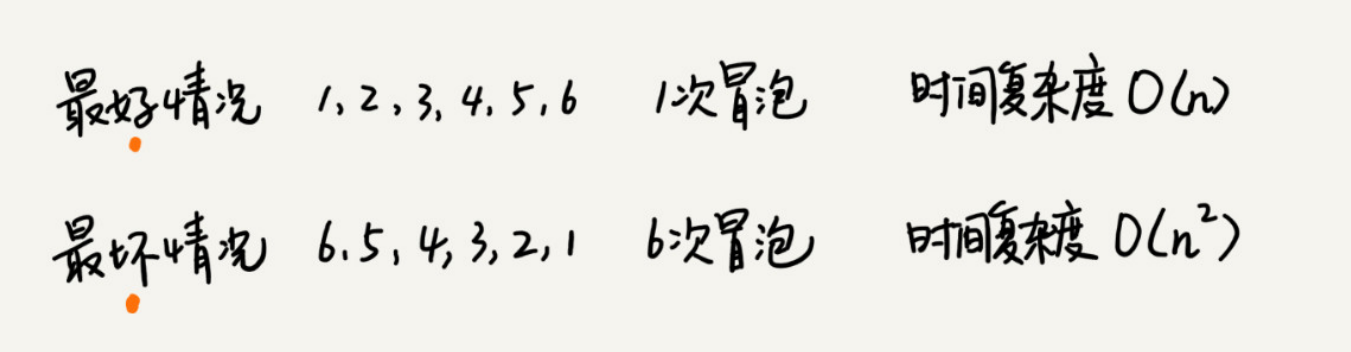
冒泡的过程只涉及相邻数据的交换操作，只需要常量级的临时空间，所以它的空间复杂度为 O(1)，是一个原地排序算法。

第二，冒泡排序是稳定的排序算法吗？

在冒泡排序中，只有交换才可以改变两个元素的前后顺序。为了保证冒泡排序算法的稳定性，当有相邻的两个元素大小相等的时候，我们不做交换，相同大小的数据在排序前后不会改变顺序，所以冒泡排序是稳定的排序算法。

第三，冒泡排序的时间复杂度是多少？

最好情况下，要排序的数据已经是有序的了，我们只需要进行一次冒泡操作，就可以结束了，所以最好情况时间复杂度是 O(n)。而最坏的情况是，要排序的数据刚好是倒序排列的，我们需要进行 n 次冒泡操作，所以最坏情况时间复杂度为 $O(n^2)$。



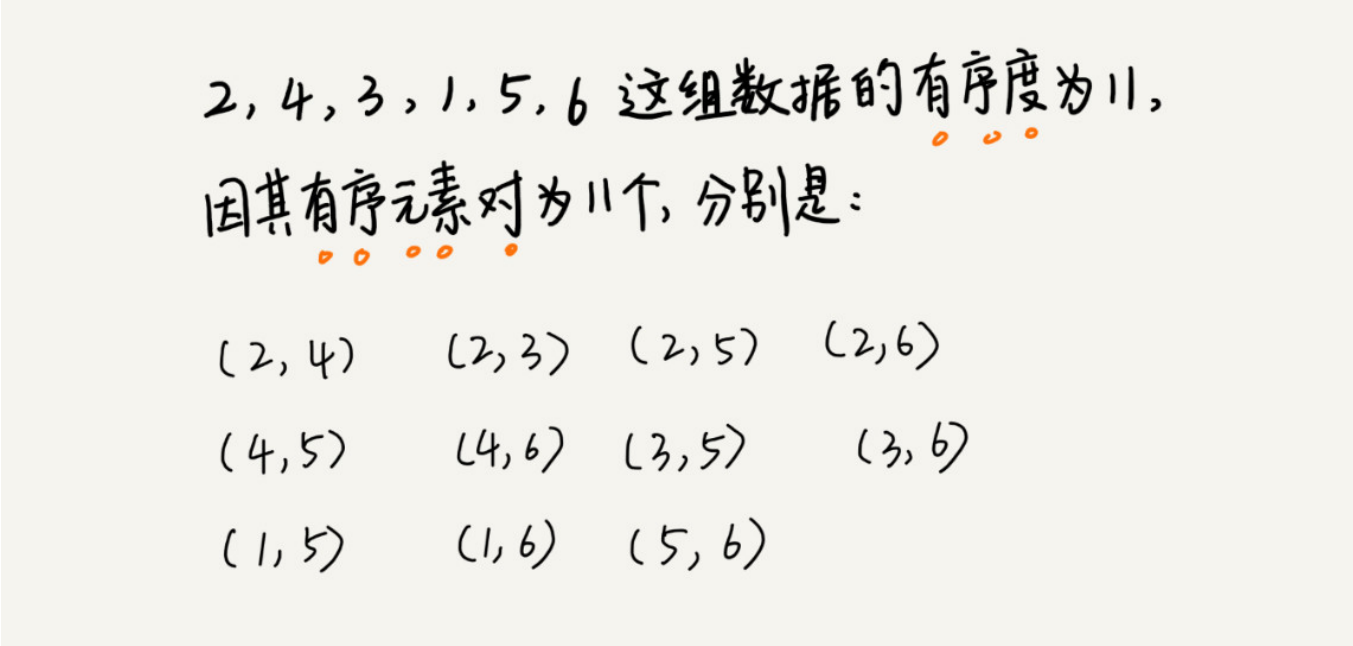
最好、最坏情况下的时间复杂度很容易分析，那平均情况下的时间复杂是多少呢？我们前面讲过，平均时间复杂度就是加权平均期望时间复杂度，分析的时候要结合概率论的知识。

对于包含 n 个数据的数组，这 n 个数据就有 n! 种排列方式。不同的排列方式，冒泡排序执行的时间肯定是不同的。比如我们前面举的那两个例子，其中一个要进行 6 次冒泡，而另一个只需要 4 次。如果用概率论方法定量分析平均时间复杂度，涉及的数学推理和计算就会很复杂。我这里还有一种思路，通过“**有序度**”和“**逆序度**”这两个概念来进行分析。

有序度是数组中具有有序关系的元素对的个数。有序元素对用数学表达式表示就是这样：

```
1 有序元素对：a[i] <= a[j]，如果 i < j。
```

复制代码



同理，对于一个倒序排列的数组，比如 6，5，4，3，2，1，有序度是 0；对于一个完全有序的数组，比如 1，2，3，4，5，6，有序度就是**n*(n-1)/2**，也就是 15。我们把这种完全有序的数组的有序度叫作**满有序度**。

逆序度的定义正好跟有序度相反（默认从小到大为有序），我想你应该已经想到了。关于逆序度，我就不举例子讲了。你可以对照我讲的有序度的例子自己看下。

```
1 逆序元素对：a[i] > a[j]，如果 i < j。
```

复制代码

关于这三个概念，我们还可以得到一个公式：**逆序度 = 满有序度 - 有序度**。我们排序的过程就是一种增加有序度，减少逆序度的过程，最后达到满有序度，就说明排序完成了。

我还是拿前面举的那个冒泡排序的例子来说明。要排序的数组的初始状态是 4，5，6，3，2，1，其中，有序元素对有 (4，5) (4，6)(5，6)，所以有序度是 3。n=6，所以排序完成之后终态的满有序度为 n*(n-1)/2=15。

冒泡排序包含两个操作原子，**比较**和**交换**。每交换一次，有序度就加 1。不管算法怎么改进，交换次数总是确定的，即为**逆序度，也就是n*(n-1)/2-初始有序度**。此例中就是 15-3=12，要进行 12 次交换操作。

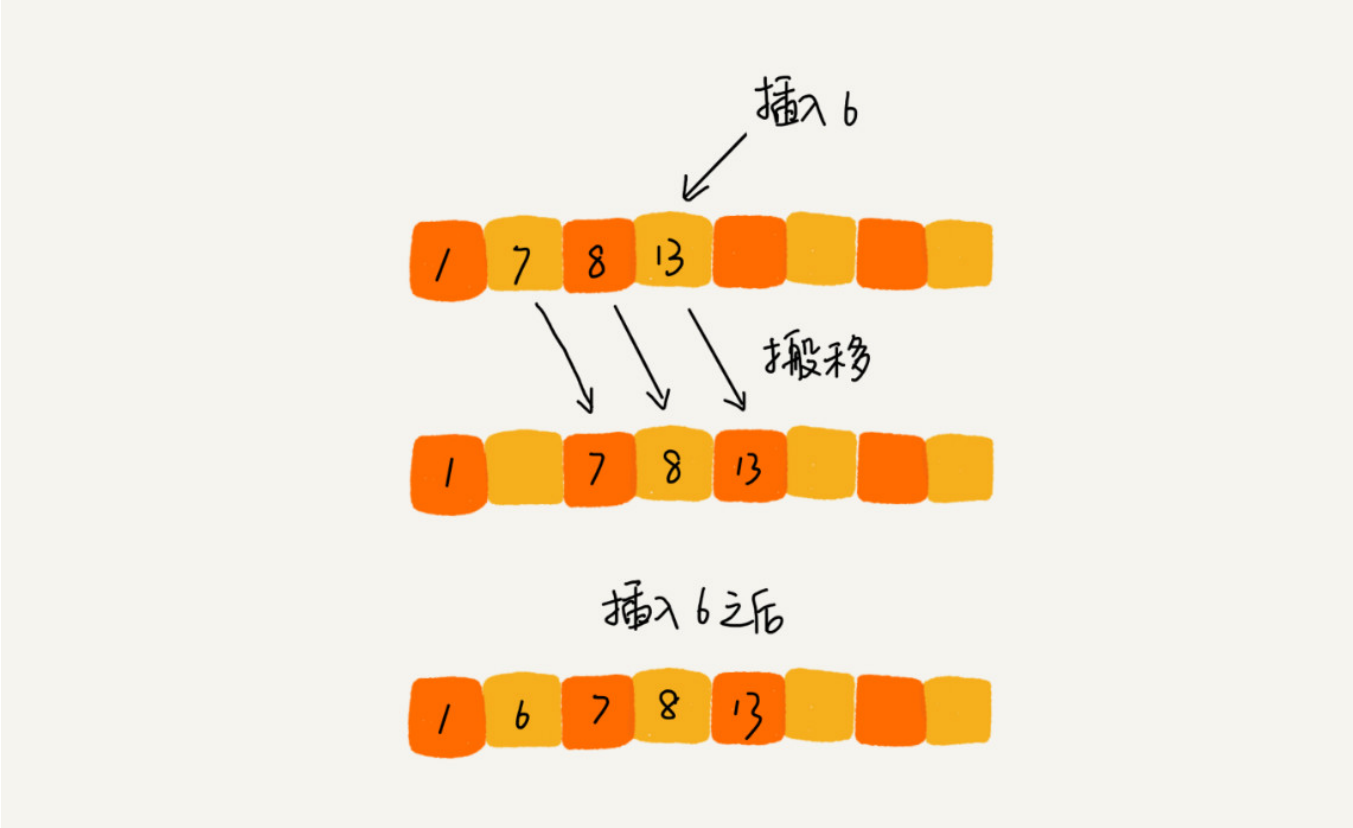
对于包含 n 个数据的数组进行冒泡排序，平均交换次数是多少呢？最坏情况下，初始状态的有序度是 0，所以要进行 n*(n-1)/2 次交换。最好情况下，初始状态的有序度是 n*(n-1)/2，就不需要进行交换。我们可以取个中间值 n*(n-1)/4，来表示初始有序度既不是很高也不是很低的平均情况。

换句话说，平均情况下，需要 n*(n-1)/4 次交换操作，比较操作肯定要比交换操作多，而复杂度的上限是 O(n^2)，所以平均情况下的时间复杂度就是 O(n^2)。

这个平均时间复杂度推导过程其实并不严格，但是很多时候很实用，毕竟概率论的定量分析太复杂，不太好用。等我们讲到快排的时候，我还会再次用这种“不严格”的方法来分析平均时间复杂度。

插入排序（Insertion Sort）

我们先来看一个问题。一个有序的数组，我们往里面添加一个新的数据后，如何继续保持数据有序呢？很简单，我们只要遍历数组，找到数据应该插入的位置将其插入即可。

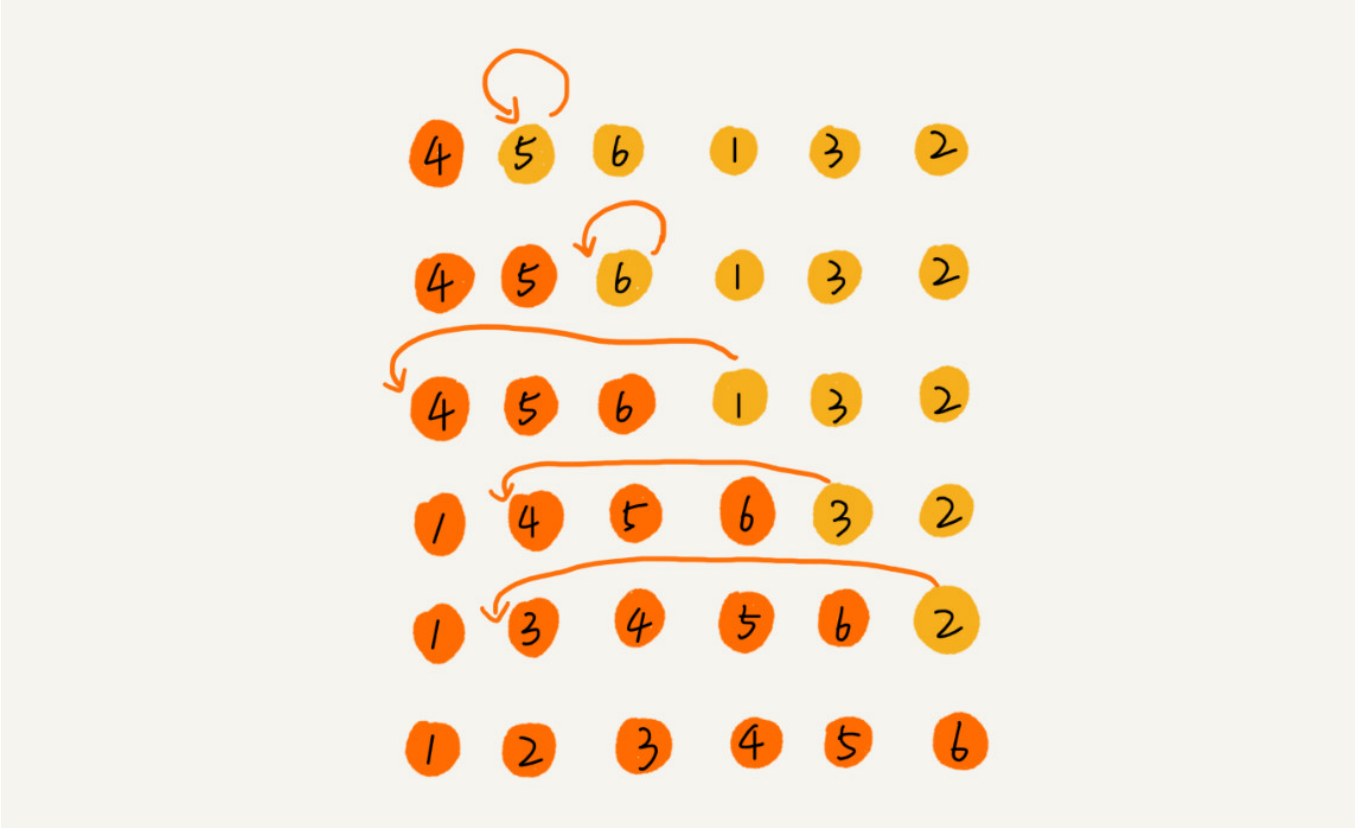


这是一个动态排序的过程，即动态地往有序集合中添加数据，我们可以通过这种方法保持集合中的数据一直有序。而对于一组静态数据，我们也可以借鉴上面讲的插入方法，来进行排序，于是就有了插入排序算法。

那**插入排序具体是如何借助上面的思想来实现排序的呢**?

首先，我们将数组中的数据分为两个区间，**已排序区间**和**未排序区间**。初始已排序区间只有一个元素，就是数组的第一个元素。插入算法的核心思想是取未排序区间中的元素，在已排序区间中找到合适的插入位置将其插入，并保证已排序区间数据一直有序。重复这个过程，直到未排序区间中元素为空，算法结束。

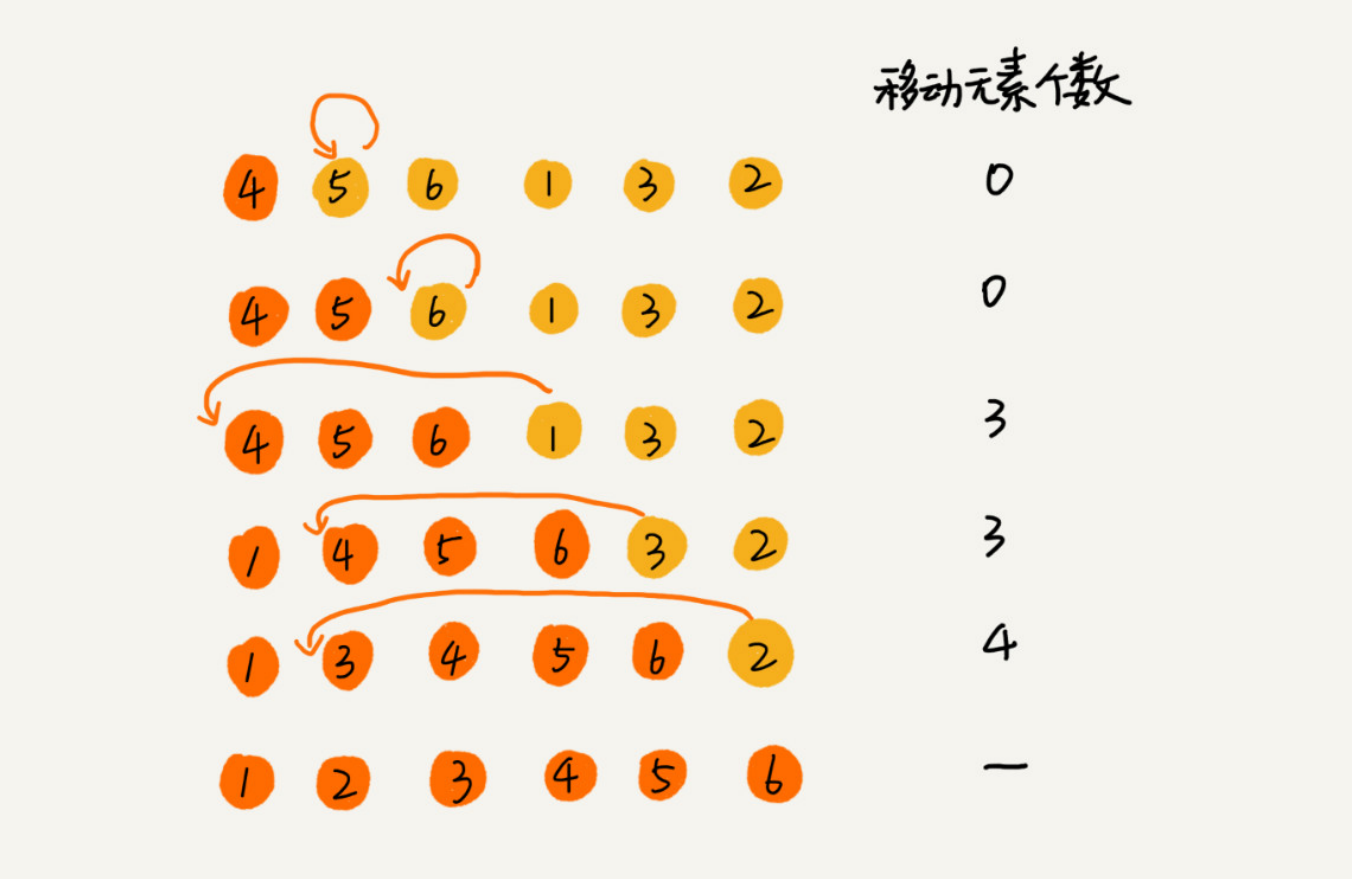
如图所示，要排序的数据是 4，5，6，1，3，2，其中左侧为已排序区间，右侧是未排序区间。



插入排序也包含两种操作，一种是**元素的比较**，一种是**元素的移动**。当我们需要将一个数据 a 插入到已排序区间时，需要拿 a 与已排序区间的元素依次比较大小，找到合适的插入位置。找到插入点之后，我们还需要将插入点之后的元素顺序往后移动一位，这样才能腾出位置给元素 a 插入。

对于不同的查找插入点方法（从头到尾、从尾到头），元素的比较次数是有区别的。但对于一个给定的初始序列，移动操作的次数总是固定的，就等于逆序度。

为什么说移动次数就等于逆序度呢？我拿刚才的例子画了一个图表，你一看就明白了。满有序度是 n*(n-1)/2=15，初始序列的有序度是 5，所以逆序度是 10。插入排序中，数据移动的个数总和也等于 10=3+3+4。



插入排序的原理也很简单吧？我也将代码实现贴在这里，你可以结合着代码再看下。

复制代码

```
// 插入排序，a 表示数组，n 表示数组大小
public void insertionSort(int[] a, int n) {
  if (n <= 1) return;

  for (int i = 1; i < n; ++i) {
    int value = a[i];
    int j = i - 1;
    // 查找插入的位置
    for (; j >= 0; --j) {
      if (a[j] > value) {
        a[j+1] = a[j];  // 数据移动
      } else {
        break;
      }
    }
    a[j+1] = value; // 插入数据
  }
}
```

现在，我们来看点稍微复杂的东西。我这里还是有三个问题要问你。

第一，插入排序是原地排序算法吗？

从实现过程可以很明显地看出，插入排序算法的运行并不需要额外的存储空间，所以空间复杂度是 O(1)，也就是说，这是一个原地排序算法。

第二，插入排序是稳定的排序算法吗？

在插入排序中，对于值相同的元素，我们可以选择将后面出现的元素，插入到前面出现元素的后面，这样就可以保持原有的前后顺序不变，所以插入排序是稳定的排序算法。

第三，插入排序的时间复杂度是多少？

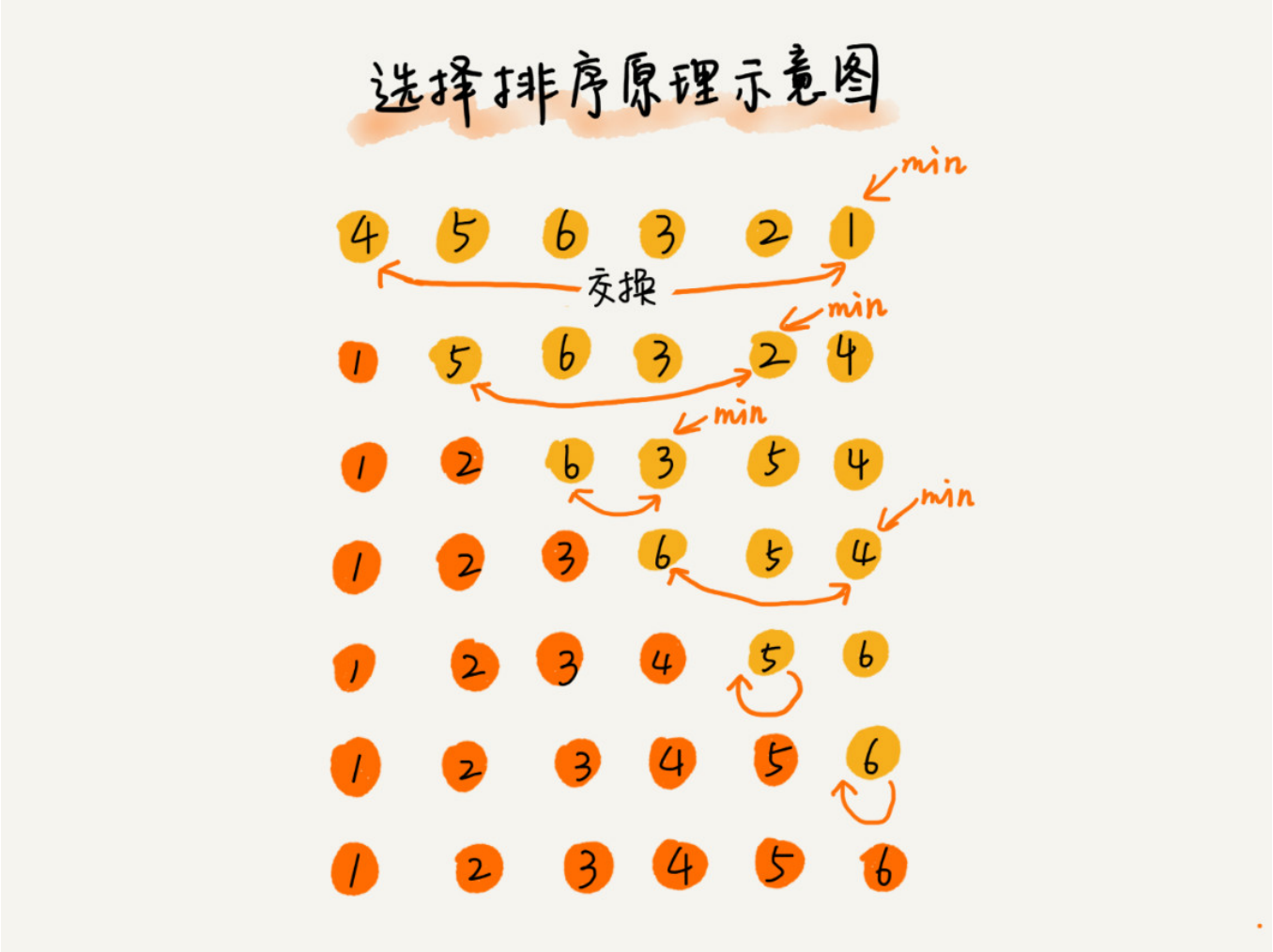
如果要排序的数据已经是有序的，我们并不需要搬移任何数据。如果我们从尾到头在有序数据组里面查找插入位置，每次只需要比较一个数据就能确定插入的位置。所以这种情况下，最好是时间复杂度为 O(n)。注意，这里是**从尾到头遍历已经有序的数据**。

如果数组是倒序的，每次插入都相当于在数组的第一个位置插入新的数据，所以需要移动大量的数据，所以最坏情况时间复杂度为 $O(n^2)$。

还记得我们在数组中插入一个数据的平均时间复杂度是多少吗？没错，是 O(n)。所以，对于插入排序来说，每次插入操作都相当于在数组中插入一个数据，循环执行 n 次插入操作，所以平均时间复杂度为 $O(n^2)$。

选择排序（Selection Sort）

选择排序算法的实现思路有点类似插入排序，也分已排序区间和未排序区间。但是选择排序每次会从未排序区间中找到最小的元素，将其放到已排序区间的末尾。



照例，也有三个问题需要你思考，不过前面两种排序算法我已经分析得很详细了，这里就直接公布答案了。

首先，选择排序空间复杂度为 O(1)，是一种原地排序算法。选择排序的最好情况时间复杂度、最坏情况和平均情况时间复杂度都为 $O(n^2)$。你可以自己来分析看看。

那选择排序是稳定的排序算法吗？这个问题我着重来说一下。

答案是否定的，选择排序是一种不稳定的排序算法。从我前面画的那张图中，你可以看出来，选择排序每次都要找剩余未排序元素中的最小值，并和前面的元素交换位置，这样破坏了稳定性。

比如 5，8，5，2，9 这样一组数据，使用选择排序算法来排序的话，第一次找到最小元素 2，与第一个 5 交换位置，那第一个 5 和中间的 5 顺序就变了，所以就不稳定了。正是因此，相对于冒泡排序和插入排序，选择排序就稍微逊色了。

解答开篇

基本的知识都讲完了，我们来看开篇的问题：冒泡排序和插入排序的时间复杂度都是 $O(n^2)$，都是原地排序算法，为什么插入排序要比冒泡排序更受欢迎呢？

我们前面分析冒泡排序和插入排序的时候讲到，冒泡排序不管怎么优化，元素交换的次数是一个固定值，是原始数据的逆序度。插入排序是同样的，不管怎么优化，元素移动的次数也等于原始

数据的逆序度。

但是，从代码实现上来看，冒泡排序的数据交换要比插入排序的数据移动要复杂，冒泡排序需要 3 个赋值操作，而插入排序只需要 1 个。我们来看这段操作：

复制代码

```
冒泡排序中数据的交换操作：
if (a[j] > a[j+1]) { // 交换
   int tmp = a[j];
   a[j] = a[j+1];
   a[j+1] = tmp;
   flag = true;
}

插入排序中数据的移动操作：
if (a[j] > value) {
  a[j+1] = a[j];  // 数据移动
} else {
  break;
}
```

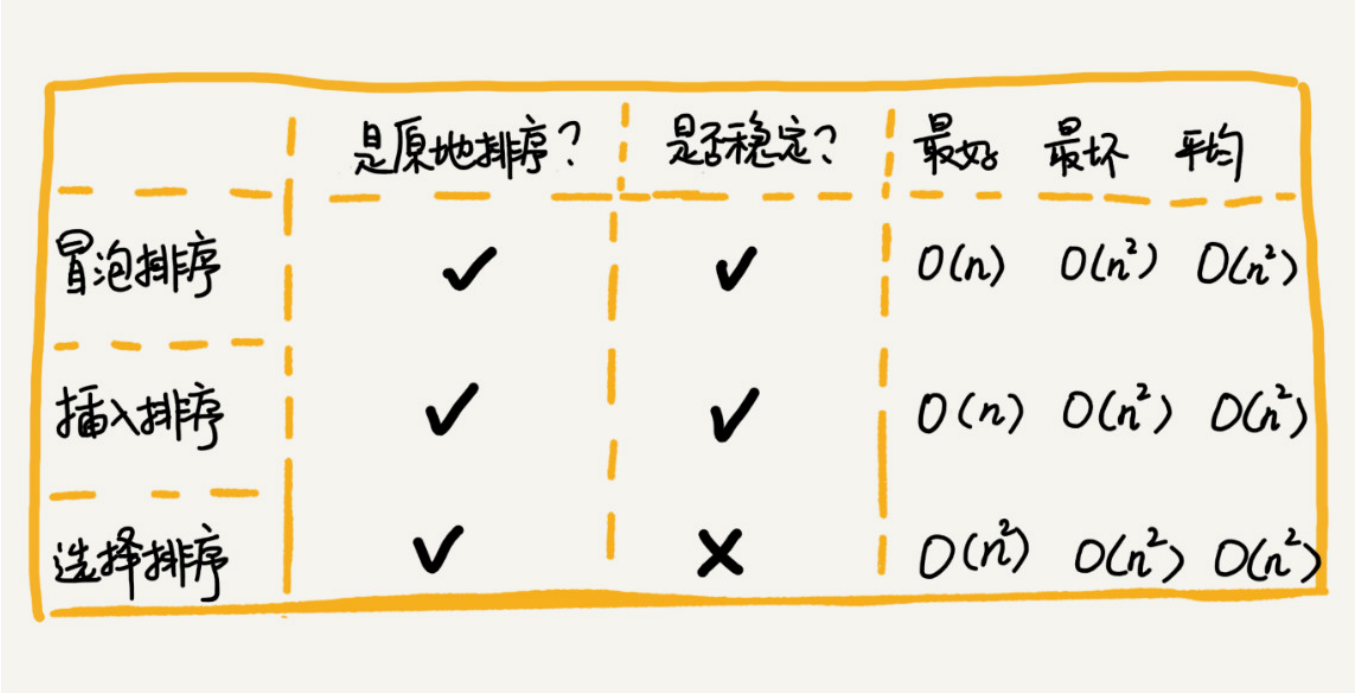
我们把执行一个赋值语句的时间粗略地计为单位时间（unit_time），然后分别用冒泡排序和插入排序对同一个逆序度是 K 的数组进行排序。用冒泡排序，需要 K 次交换操作，每次需要 3 个赋值语句，所以交换操作总耗时就是 3*K 单位时间。而插入排序中数据移动操作只需要 K 个单位时间。

这个只是我们非常理论的分析，为了实验，针对上面的冒泡排序和插入排序的 Java 代码，我写了一个性能对比测试程序，随机生成 10000 个数组，每个数组中包含 200 个数据，然后在我的机器上分别用冒泡和插入排序算法来排序，冒泡排序算法大约 700ms 才能执行完成，而插入排序只需要 100ms 左右就能搞定！

所以，虽然冒泡排序和插入排序在时间复杂度上是一样的，都是 $O(n^2)$，但是如果我们希望把性能优化做到极致，那肯定首选插入排序。插入排序的算法思路也有很大的优化空间，我们只是讲了最基础的一种。如果你对插入排序的优化感兴趣，可以自行学习一下希尔排序。

内容小结

要想分析、评价一个排序算法，需要从执行效率、内存消耗和稳定性三个方面来看。因此，这一节，我带你分析了三种时间复杂度是 $O(n^2)$ 的排序算法，冒泡排序、插入排序、选择排序。你需要重点掌握的是它们的分析方法。



这三种时间复杂度为 $O(n^2)$ 的排序算法中，冒泡排序、选择排序，可能就纯粹停留在理论的层面了，学习的目的也只是为了开拓思维，实际开发中应用并不多，但是插入排序还是挺有用的。后面讲排序优化的时候，我会讲到，有些编程语言中的排序函数的实现原理会用到插入排序算法。

今天讲的这三种排序算法，实现代码都非常简单，对于小规模数据的排序，用起来非常高效。但是在大规模数据排序的时候，这个时间复杂度还是稍微有点高，所以我们更倾向于用下一节要讲的时间复杂度为 O(nlogn) 的排序算法。

课后思考

我们讲过，特定算法是依赖特定的数据结构的。我们今天讲的几种排序算法，都是基于数组实现的。如果数据存储在链表中，这三种排序算法还能工作吗？如果能，那相应的时间、空间复杂度又是多少呢？

欢迎留言和我分享，我会第一时间给你反馈。

我已将本节内容相关的详细代码更新到 Github，戳此即可查看。

写留言

精选留言

myrabbit 19

王老师，我发现你文章中的图画的很漂亮，字也写得很漂亮，图文结合的形式对于表达的帮助真的很大！有时候做笔记也可以用此方法，请问你的图文是用什么软件画的?

2018-10-15

峰 5

三种排序算法不涉及随机读取，所以链表是可以实现的，而且时间复杂度空间空间复杂度和数组一样，O(n*n),O(1).

2018-10-15

Alex Wenn 3

打牌开局用哪种排序法?

2018-10-15

醉比 2

大家多思考多吸收吧。。。。我得多吸收一会

2018-10-15

DADDYHINS 1

链表也能用这三种排序，不涉及随机访问，所以时间复杂度也是一样的吧。🤔

2018-10-15

大可可 1

冒泡6个数5次不就能排好么

2018-10-15

Jo 1

冒泡排序的外层循环次数只需要n-1次，此时第1个数字在上一次已经比较过，肯定比第2个小（或大），所以第n次没必要比较了

2018-10-15

凉粉 1

re:没写错啊 你觉得应该怎么写呢

如果写在循环外面，只能是初始数组直接是有序才能用，写在第一个for开头好像更好。

2018-10-15

花见笑 0

插入排序的思维天然符合软件在运营时对数据保证有序的要求，简单来说数据在递增时只需要把新数据插入对应的有序位置，而没有必要像冒泡排序那样每次都要把数据全都排序一遍，这样我们就充分利用了现有数据的有序性来排序。

2018-10-15

虎虎❤️ 0

选择排序好像涉及随机访问了，数组中首先要找到最小的元素序号，然后与当前无序数组开头的位置交换。
除非用指针记录最小节点的位置，以及最小节点前一个指针。另外纪录无序链表的第一个元素的位置。前后进行节点移动操作。

2018-10-15

传说中的成大大 0

大佬，我觉得分析复杂度很困难怎么办！

2018-10-15

传说中的成大大 0

我觉得 冒泡和插入选择排序都可以用链表实现，他们排序时的结束条件为达到尾结点
最好时间复杂度 最坏时间复杂度 平均时间复杂度
冒泡: O(1) $O(n^2)$ $O(n^2)$
插入: O(n) $O(n^2)$ O(n)(因为不涉及移动)
选择: $O(n^2)$ $O(n^2)$ $O(n^2)$
感觉时间复杂度分析好难啊 尤其是平均时间分析

2018-10-15

objcoding 0

选择排序算法：

```
public static void selectionSort(int[] array, int n) {
if (n <= 1) {
return;
}
for (int i = 0; i < n – 1; i++) {
int min = array[i];
int j = i + 1;
// 找到未排序区最小元素下标
int flag = i;
for (; j < n; j++) {
if (array[j] < min) {
flag = j;
}
}

// 交换
if (flag != i) {
int tmp = array[i];
array[i] = array[flag];
array[flag] = tmp;
}
}
}
```

2018–10–15

传说中的成大大 0

不得不说我是真的把这篇文章读了三遍...觉得算算法的复杂好恼火哦 尤其是平均时间复杂度

2018–10–15

朱明伟 0

插入排序时间复杂度会小一点，因为不涉及移动其他数据了。只需要插入到最前面

2018–10–15

阳仔 0

学习反馈：

如何分析排序算法，可以从以下三方面入手

1、分析排序算法的执行效率；

主要是从最好时间、最坏时间、平均时间复杂度来进行分析

2、分析内存消耗；

3、是否是稳定的排序算法；

当一个排序算法执行之后，如果仍然可以保持原有元素的相对位置，那么这个算法就是稳定的。

本文讲了3中常见的O(n^2)的排序算法

1、冒泡排序
2、选择排序
3、插入排序
冒泡排序和插入排序是稳定的排序算法，而选择排序则不是；
冒泡排序和选择排序更多是在理论理解上的，主要是锻炼思维能力，分析算法，实际使用很少；
在小规模的数据排序上，插入排序的效率是比较高的，因此在实际应用中会使用到。
本文的三种排序算法都是比较基础的，主要是要掌握分析算法的方法；
==========

```
public static void bubbleSort(int[] a) {
int n = a.length;
if (n <= 1) {
return;
}
for (int i = 0; i < n; ++i) {
for (int j = 0; j < n – i – 1; ++j) {
if (a[j] > a[j + 1]) {
swap(a, j, j + 1);
}
}
}
}

public static void insertionSort(int[] a) {
int n = a.length;
if (n <= 1) {
return;
}
for (int i = 1; i < n; ++i) {
int value = a[i];
int j = i – 1;
while (j >= 0) {
if (a[j] > value) {
a[j + 1] = a[j];
j––;
} else {
break;
}

}
a[j + 1] = value;
}
}
```

```
public static void selectionSort(int[] a) {
int n = a.length;
if (n <= 1) {
return;
}
for (int i = 0; i < n; ++i) {
int min = i;
for (int j = i + 1; j < n; ++j) {
if (a[min] > a[j]) {
min = j;
}
}
swap(a, min, i);
}
}

private static void swap(int[] a, int i, int j) {
int temp = a[i];
a[i] = a[j];
a[j] = temp;
}
```

2018-10-15

宋意 0

老师，你的希尔排序是中文维基百科的连接，是不是得借给同学们一个梯子啊

2018-10-15

z 0

老师，可不可以将排序章节的示例图，换成动态的图，那样更形象些，还能加深印象

2018-10-15

Smallfly 0

尝试用链表写冒泡，一开始想着要交换链表结点，好复杂。原来交换结点的值就好了。

2018-10-15

青城 0

总结

一、排序方法与复杂度归类

（1）几种最经典、最常用的排序方法：冒泡排序、插入排序、选择排序、快速排序、归并排序、计数排序、基数排序、桶排序。

（2）复杂度归类

冒泡排序、插入排序、选择排序 O(n^2)
快速排序、归并排序 O(nlogn)
计数排序、基数排序、桶排序 O(n)

二、如何分析一个“排序算法”?
<1>算法的执行效率
1. 最好、最坏、平均情况时间复杂度。
2. 时间复杂度的系数、常数和低阶。
3. 比较次数，交换（或移动）次数。
<2>排序算法的稳定性
1. 稳定性概念：如果待排序的序列中存在值相等的元素，经过排序之后，相等元素之间原有的先后顺序不变。
2. 稳定性重要性：可针对对象的多种属性进行有优先级的排序。
3. 举例：给电商交易系统中的“订单”排序，按照金额大小对订单数据排序，对于相同金额的订单以下单时间早晚排序。用稳定排序算法可简洁地解决。先按照下单时间给订单排序，排序完成后用稳定排序算法按照订单金额重新排序。
<3>排序算法的内存损耗
原地排序算法：特指空间复杂度是O(1)的排序算法。

三、冒泡排序
冒泡排序只会操作相邻的两个数据。每次冒泡操作都会对相邻的两个元素进行比较，看是否满足大小关系要求，如果不满足就让它俩互换。
稳定性：冒泡排序是稳定的排序算法。
空间复杂度：冒泡排序是原地排序算法。
时间复杂度：
1. 最好情况（满有序度）：O(n)。
2. 最坏情况（满逆序度）：O(n^2)。
3. 平均情况：
“有序度”和“逆序度”：对于一个不完全有序的数组，如4，5，6，3，2，1，有序元素对为3个（4，5），（4，6），（5，6），有序度为3，逆序度为12；对于一个完全有序的数组，如1，2，3，4，5，6，有序度就是n*(n–1)/2，也就是15，称作满有序度；逆序度=满有序度–有序度；冒泡排序、插入排序交换（或移动）次数=逆序度。
最好情况下初始有序度为n*(n–1)/2，最坏情况下初始有序度为0，则平均初始有序度为n*(n–1)/4，即交换次数为n*(n–1)/4，因交换次数<比较次数<最坏情况时间复杂度，所以平均时间复杂度为O(n^2)。

四、插入排序
插入排序将数组数据分成已排序区间和未排序区间。初始已排序区间只有一个元素，即数组第一个元素。在未排序区间取出一个元素插入到已排序区间的合适位置，直到未排序区间为空。
空间复杂度：插入排序是原地排序算法。
时间复杂度：
1. 最好情况：O(n)。
2. 最坏情况：O(n^2)。

3. 平均情况：O(n^2)（往数组中插入一个数的平均时间复杂度是O(n)，一共重复n次）。
稳定性：插入排序是稳定的排序算法。

五、选择排序
选择排序将数组分成已排序区间和未排序区间。初始已排序区间为空。每次从未排序区间中选出最小的元素插入已排序区间的末尾，直到未排序区间为空。
空间复杂度：选择排序是原地排序算法。
时间复杂度：（都是O(n^2)）
1. 最好情况：O(n^2)。
2. 最坏情况：O(n^2)。
3. 平均情况：O(n^2)。
稳定性：选择排序不是稳定的排序算法。

思考
选择排序和插入排序的时间复杂度相同，都是O(n^2)，在实际的软件开发中，为什么我们更倾向于使用插入排序而不是冒泡排序算法呢?
答：从代码实现上来看，冒泡排序的数据交换要比插入排序的数据移动要复杂，冒泡排序需要3个赋值操作，而插入排序只需要1个，所以在对相同数组进行排序时，冒泡排序的运行时间理论上要长于插入排序。

2018-10-15

蒋礼锐 0
三种排序都能用链表实现，因为在链表中获取元素的复杂度为O(n)，插入元素的复杂度为O(1),而数组刚好相反，获取元素为1，插入元素为n，排序中均会涉及了插入和获取，所以两者的时间复杂度是一样的。但是空间复杂度两者都不需要额外申请，所以排序过程都是O(1)

2018-10-15

沉睡的木木夕 0
自己在草稿上把插入排序的过程画了一遍，弄懂了所谓的前后顺序不变了

2018-10-15

作者回复

2018-10-15

Rain 0
Re Kong:

老师，用数组实现的话，插入排序比冒泡排序的空间复杂度高，要不断移动数据的位置，我理解采用哪一种算法，要考虑数据的规模和数据结构吧?

插入排序并不比冒泡排序的空间复杂度高吧？他们的空间复杂度都是O(1), 因为他们都是借用了1个外部空间，冒泡排序用这个外部空间做数据交换，而插入排序用这个外部空间做数据对

比以及暂存待排序元素的值。

另外再粘贴一段老师曾经回复留言时写的一句话：“空间复杂度是要看额外的内存消耗，而不是看链表存储本身需要多少空间”。

2018-10-15

objcoding 0

老师，我有个问题：插入排序虽然赋值次数比冒泡排序少，可是它移动交换数据也比冒泡的复杂吧，相当于将一部分数组元素同时后移了一个位置，而且每次对比如果符合条件，就要移动，我个人觉得冒泡好点。

2018-10-15

双木公子 0

对于老师所提课后题，觉得应该有个前提，是否允许修改链表的节点value值，还是只能改变节点的位置。一般而言，考虑只能改变节点位置，冒泡排序相比于数组实现，比较次数一致，但交换时操作更复杂；插入排序，比较次数一致，不需要再有后移操作，找到位置后可以直接插入，但排序完毕后可能需要倒置链表；选择排序比较次数一致，交换操作同样比较麻烦。综上，时间复杂度和空间复杂度并无明显变化，若追求极致性能，冒泡排序的时间复杂度系数会变大，插入排序系数会减小，选择排序无明显变化。

2018-10-15

🐱您的好友William🐱 0

其实在将复杂度变成“有序度”思考的时候我们是忽略的if比较的复杂度的，这是因为仔细看看在前两个算法中，比较的复杂度虽然是大于等于数据搬移复杂度的，但是两个是同阶的（搬移和比较总是同时出现，或者比较出现搬移没有出现），所以最后没有影响。所以从另一个“只计算判断复杂度就够了“的角度，也可以得出是O(n^2)。（个人观点，不对轻喷）

2018-10-15

Keep-Moving 0

for (int i = 0; i < n; ++i)

冒泡代码的外层循环，不用i < n，直接i < n - 1，就可以了吧

2018-10-15

沉睡的木木夕 0

"如果两个 3 的前后顺序没有改变，那我们就把这种排序算法叫作..."

我反复看了这句话以及后面的订单时间排序以及费用排序之后的demo，还是无法理解这个"前后顺序没有改变"到底指的是什么？

好比订单的排序demo，左图经过稳定排序算法演变到右图，怎么看都是“前后顺序已经改变了”

望解答这个疑问

2018-10-15

yaya 0

今天终于明白了为什么会有排序稳定的概念，理解是用于多重key的排序的情况下稳定算法可以转化为对每个key分别一层层排序。
作业:可以实现，冒泡排序空间复杂度o(1)，时间复杂度o(n2).插入排序空间复杂度o(1),空间复杂度o(n2).

2018-10-15

刘远通 0

选择排序是交换两个元素的位置 插入是直接放到前面 但是要挪动很多的元素的位置
冒泡是通过相邻两个元素比较 如果可以一直往上冒的话 就是这个元素和每一个元素比较

2018-10-15

Geek_ed5c7b 0

个人觉得冒泡和插入排序可以用链表来实现，它的时间复杂度应该更少，因为不用移动数据

2018-10-15

Kong 0

老师，用数组实现的话，插入排序比冒泡排序的空间复杂度高，要不断移动数据的位置，我理解采用哪一种算法，要考虑数据的规模和数据结构吧?
个人理解，请老师指正

2018-10-15

晚风·和煦 0

作者您好，我理解不了git的快照，他是抽象的还是具体的东西。可以推荐一些文章吗？谢谢!

2018-10-15