中国人民大学 信息学院
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA SCHOOL OF INFORMATION

程序设计1荣誉课程

7. 算法2——排序和查找

授课教师：游伟 副教授、孙亚辉 副教授

授课时间：周二14:00 – 15:30，周四10:00 – 11:30（教学三楼3304）

上机时间：周二18:00 – 21:00（理工配楼二层机房）

课程主页：https://www.youwei.site/course/programming

引子：班级通讯录

【背景】班级通讯录里记载这每个同学的详细信息。在C语言中，使用结构体数组保存班级通讯录数据。

【需求】

- 排序：根据学号排序，根据姓名排序，根据生日排序
- 查找：根据学号查找同学

目录

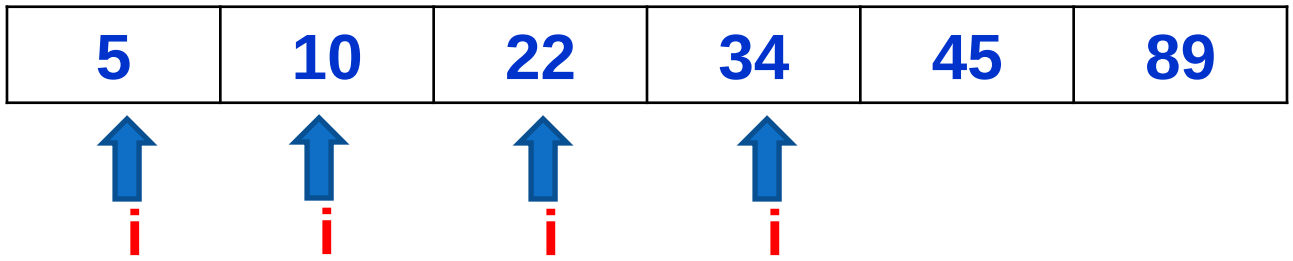
7.1 查找

- 顺序查找
  - 适用范围：一般针对无序表的查找
  - 方法：从数组的第一个元素开始，将被查找数与数组元素进行比较，直到找到或确定不存在为止
- 折半查找
  - 适用范围：有序表
  - 方法：
    - 设置变量low和high分别指向查找数据段的起止位置，用mid指向中间位置，
    - 将被查找数与mid位置指向的数进行比较
    - 若被查找数大于mid位置指向的数，则将low与mid之间的数折掉， low定位于mid+1位置；
    - 若被查找数小于mid位置指向的数，则将mid 与high之间的数折掉， high定位于mid-1位置；
    - 继续求mid位置，并比较被查找数与mid位置指向的数，直到找到或确定不存在为止

7.1.1 顺序查找

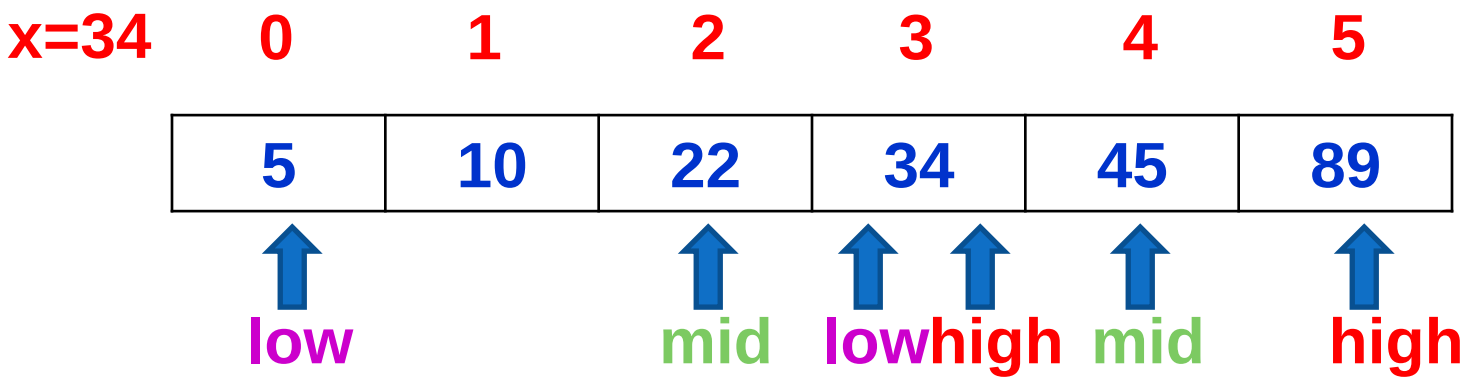
```
int main(int argc, char **argv) {
    int a[6] = {5, 10, 22, 34, 45, 89};      //a: 在数组a中进行查找
    int n = sizeof(a)/sizeof(int);           //n: 在数组a的大小
    int x;                                   //x: 待查找的目标
    int flag = 0;                            //flag: 标志是否找到目标
    scanf("%d", &x);
    for (int i=0; i<n; i++)
    {
        if (a[i] == x)
        {
            printf("found at index: %d\n", i);
            flag = 1;
            break;
        }
    }
    if (!flag) printf("not find\n");
}
```

x=34

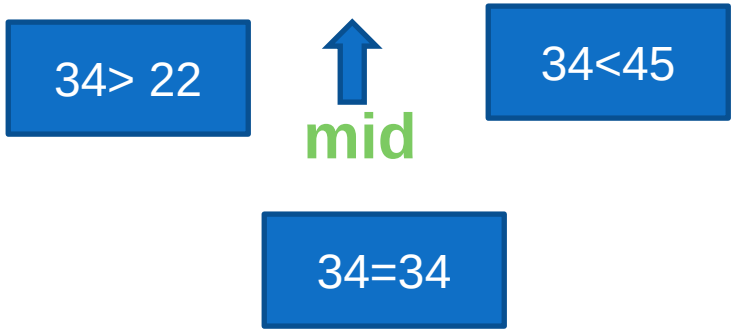


思考：查找35这个数字的过程是什么样的?

7.1.2 折半查找




```
int main(int argc, char **argv) {
  int a[6] = {5, 10, 22, 34, 45, 89};
  int n = sizeof(a)/sizeof(int);
  int low = 0, high = n-1, mid;
  int x;
  int flag = 0;
  scanf("%d", &x);
   while (low <= high) {
      mid = (high + low) / 2;
       if (x > a[mid]) low = mid + 1;
       else if (x < a[mid]) high = mid - 1;
       else { printf("found at index: %d\n", mid); flag = 1; break; }
   }
   if (!flag) printf("not find\n");
}
```



搜索算法的效率

顺序搜索的平均时间性能

$$(1 + 2 + 3 + \ldots + n) / n = (n + 1) / 2$$

二分查找的最坏情况的时间性能

$$n / \underbrace{2 / 2 \ldots / 2 / 2}_{K\text{次}} = 1$$

$k=\log_2 n$

搜索算法的效率

n	$\log_2 n$
10	3
100	7
1000	10
1 000 000	20
1 000 000 000	30

7.2 排序

- 选择排序
- 冒泡排序

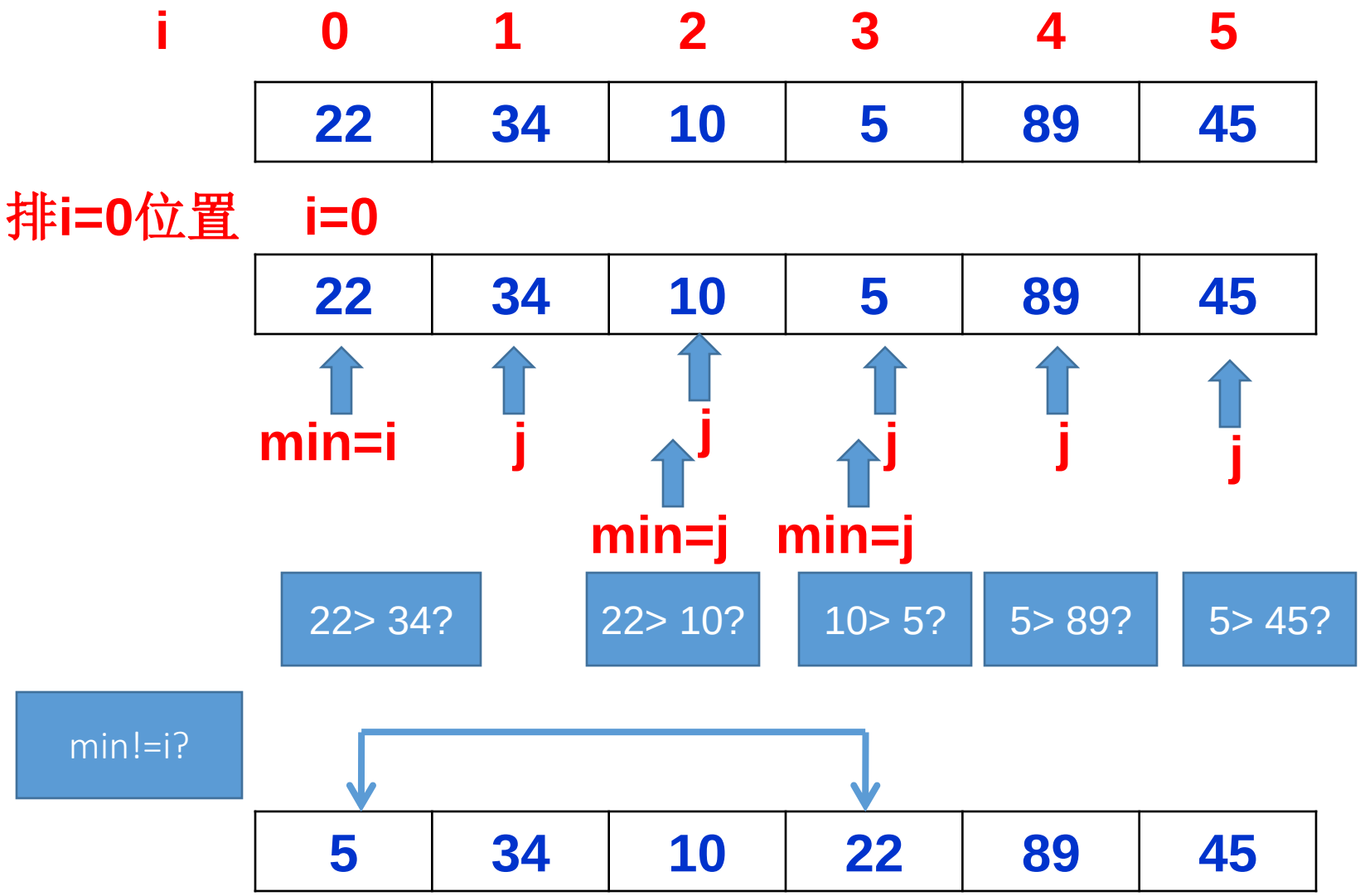
7.2.1 选择排序

思路

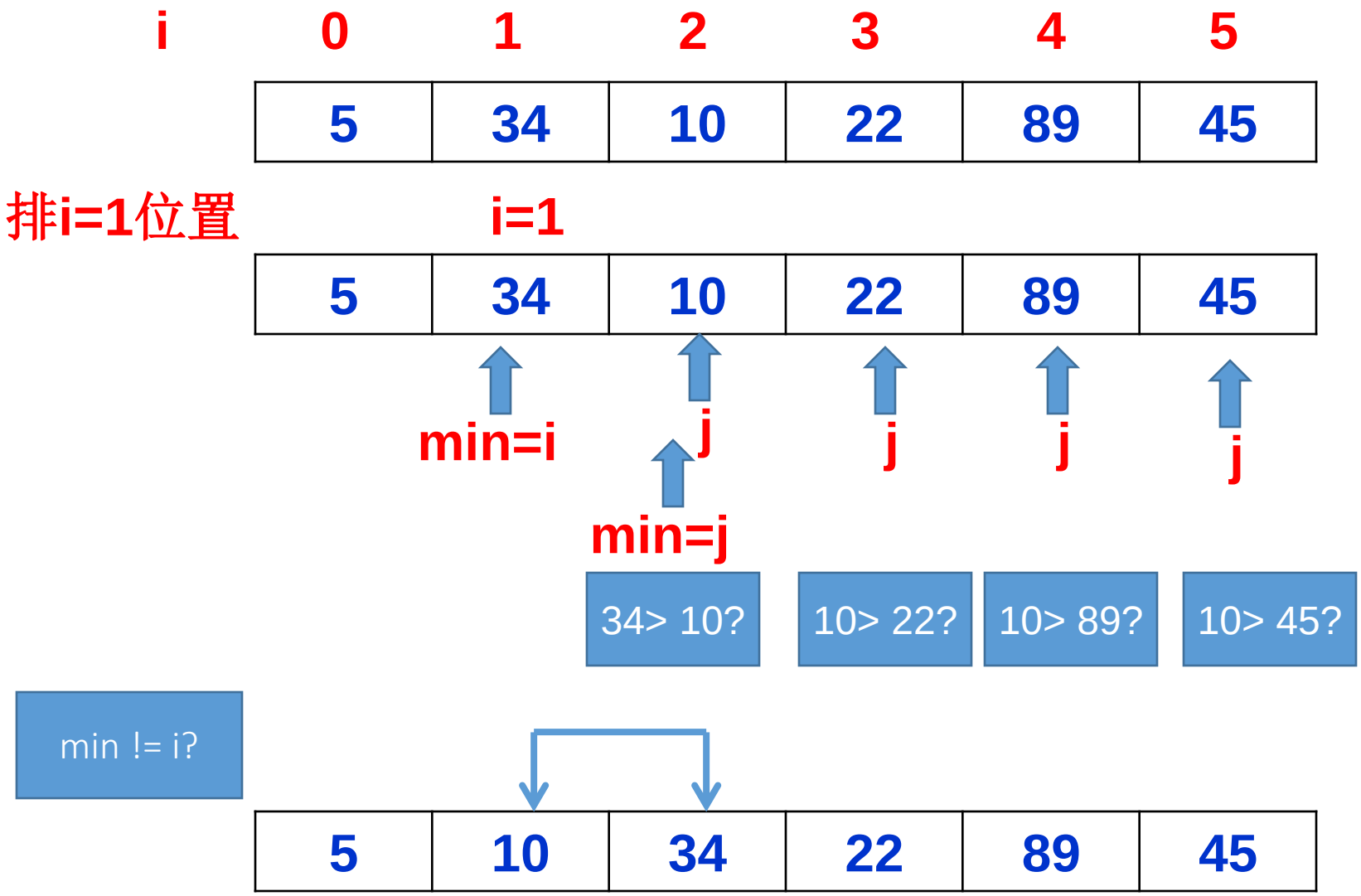
从所有的数中找出最小的一个，将其放在最前面；接着在余下的数中找出最小的一个，将其放在第二位，依次类推，数列由前往后逐渐成型。

下面以6个数(22、34、10、5、89、45)为例，用图示说明。

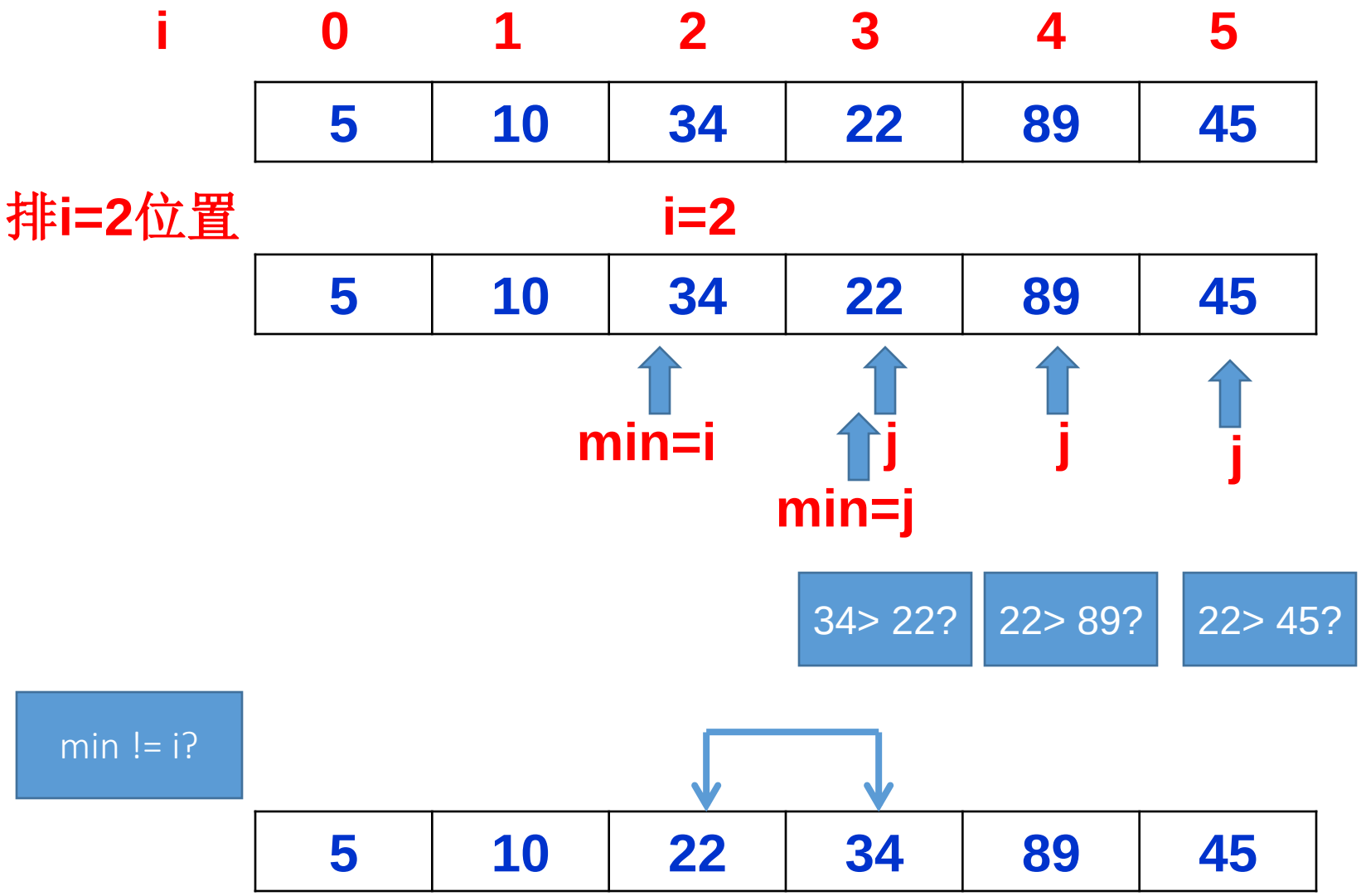
选择法第一轮：先找出序列中最小的一个放在i=0位置。



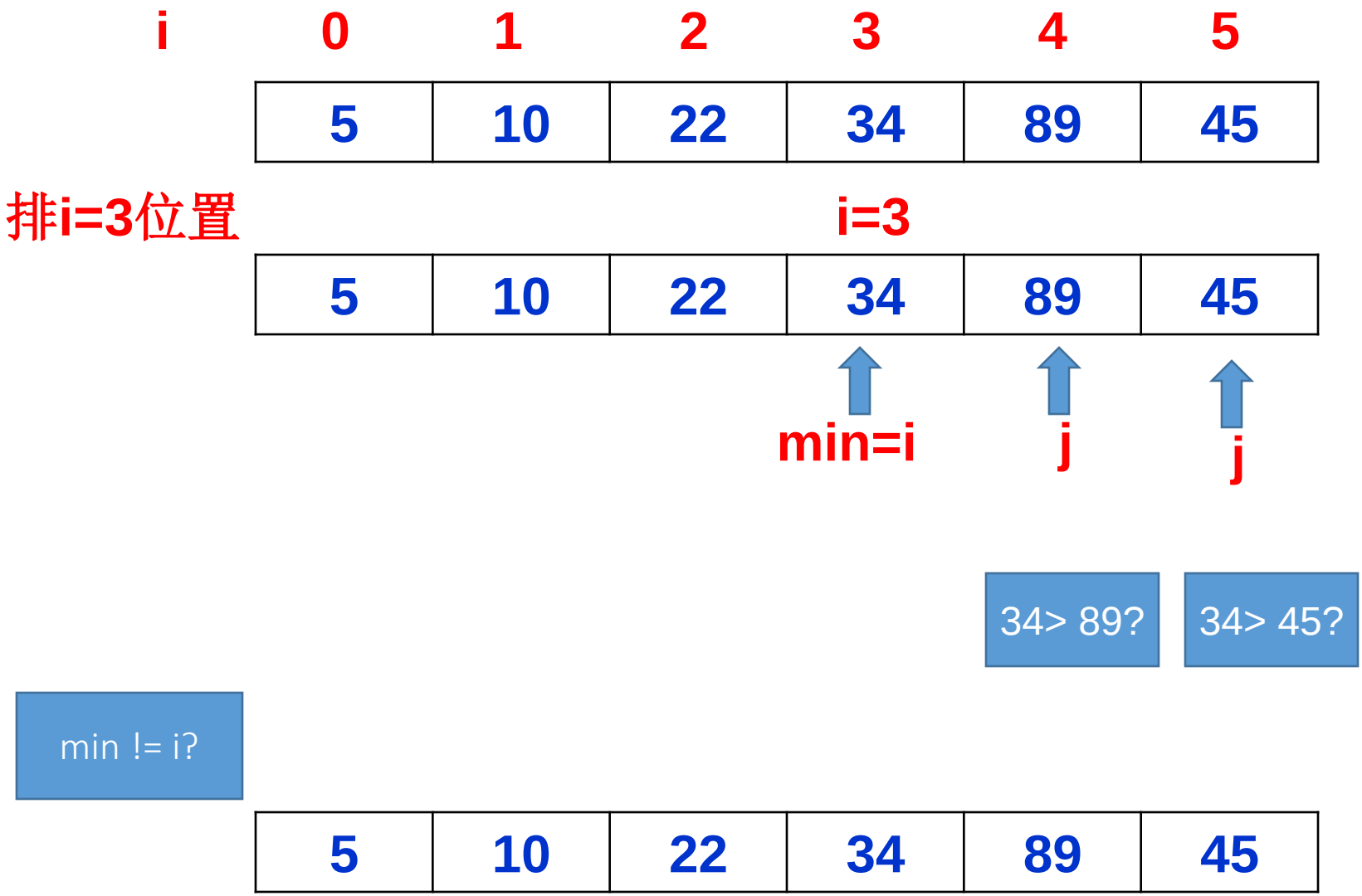
选择法第二轮：找出序列中次小的一个放在i=1位置。



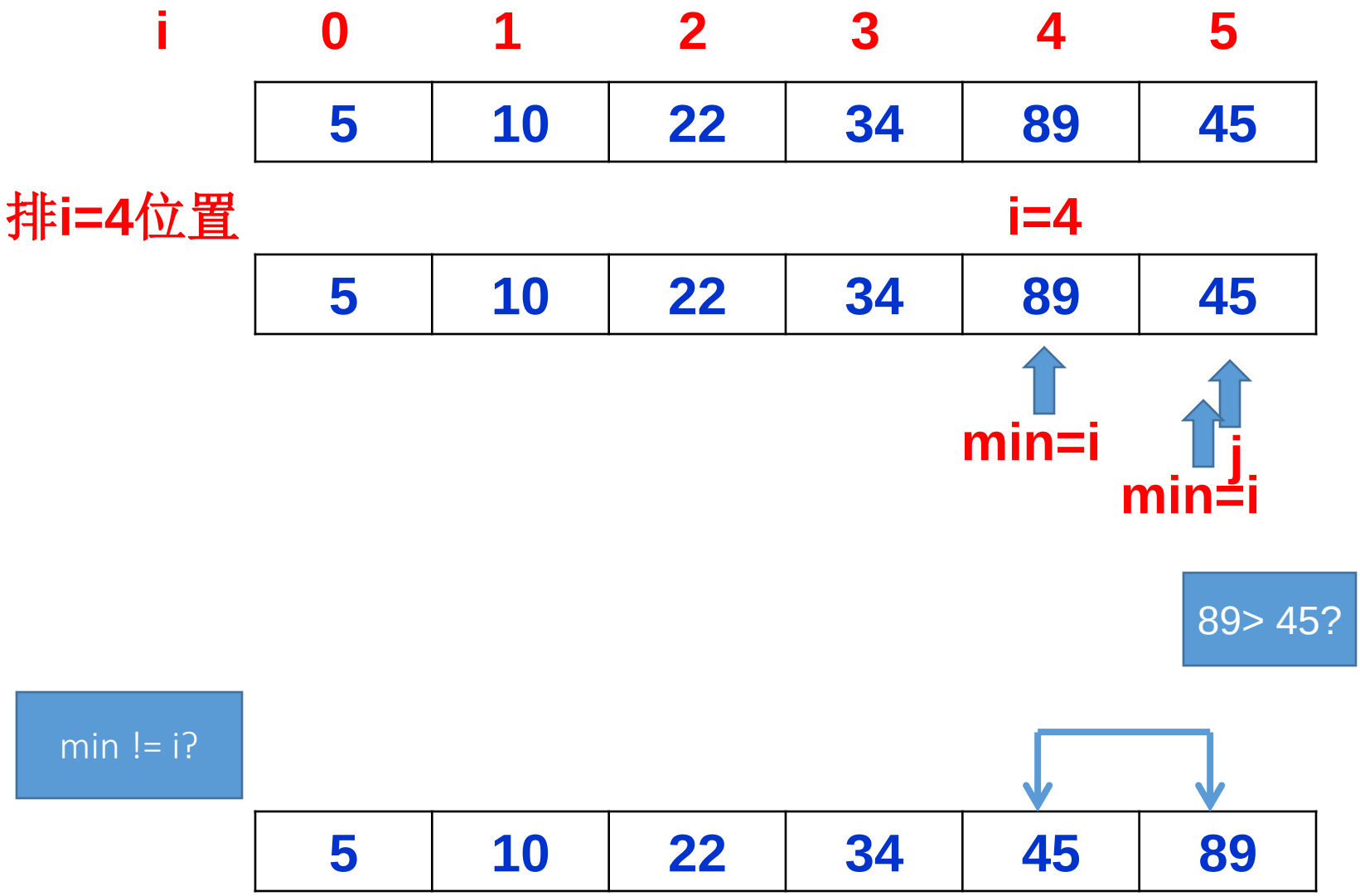
选择法第三轮：找出序列中第三小的放在i=2位置。



选择法第四轮：找出序列中第四小的放在i=3位置。



选择法第五轮：找出序列中第五小的放在i=4位置。



选择排序的核心代码

```
1. int  main(void) {
2.         int n = 10;
3.         int arr[n], i, j, temp, min;
4.         printf("Please input %d numbers:\n", n);
5.         for (i = 0; i < n;  i++) scanf("%d", &arr[i]);

6.         for (i = 0; i < n - 1; i++)
7.         {
8.                   min = i;
9.                   for(j = i + 1; j < n; j++)
10.                            if(arr[min] > arr[j]) min = j;

11.                  if (min != i)
12.                  {
13.                            temp = arr[i];
14.                            arr[i] = arr[min];
15.                            arr[min] = temp;
16.                  }
17.        }

18.        printf("The sorted numbers:\n");
19.        for (i = 0;  i < n; i++) printf("%4d", arr[i]);
20.        printf("\n");

21.        return 0;
22.}
```

选择排序的效率

对n个元素的排序来说，找出第一个元素要比较n次，找出第二个元素比较n-1次，...，找出第n个元素比较一次。因此，总的比较次数为：

$$1 + 2 + 3 + \ldots + n = n(n+1)/2$$

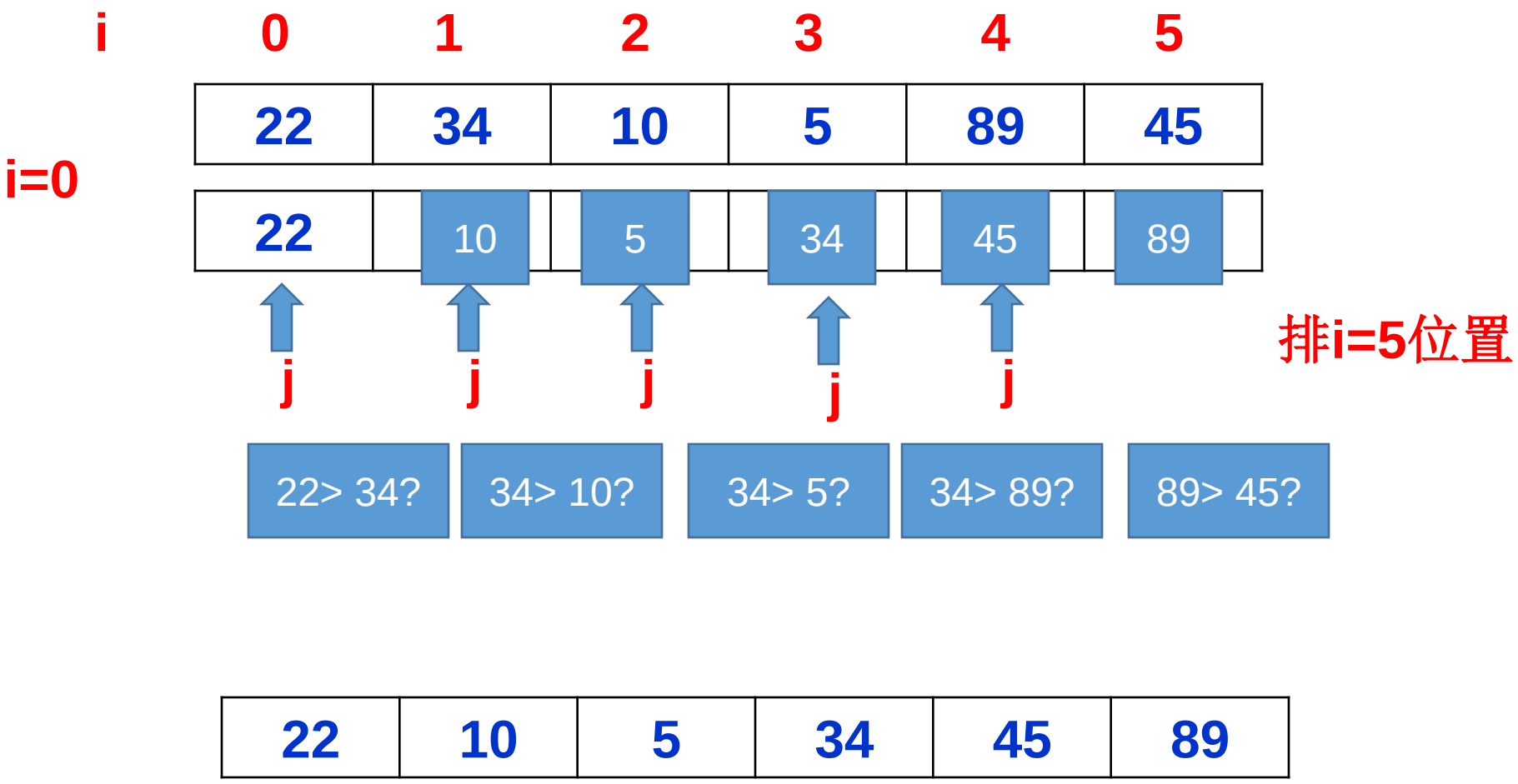
则称时间复杂性为$O(n^2)$

7.2.2 冒泡排序

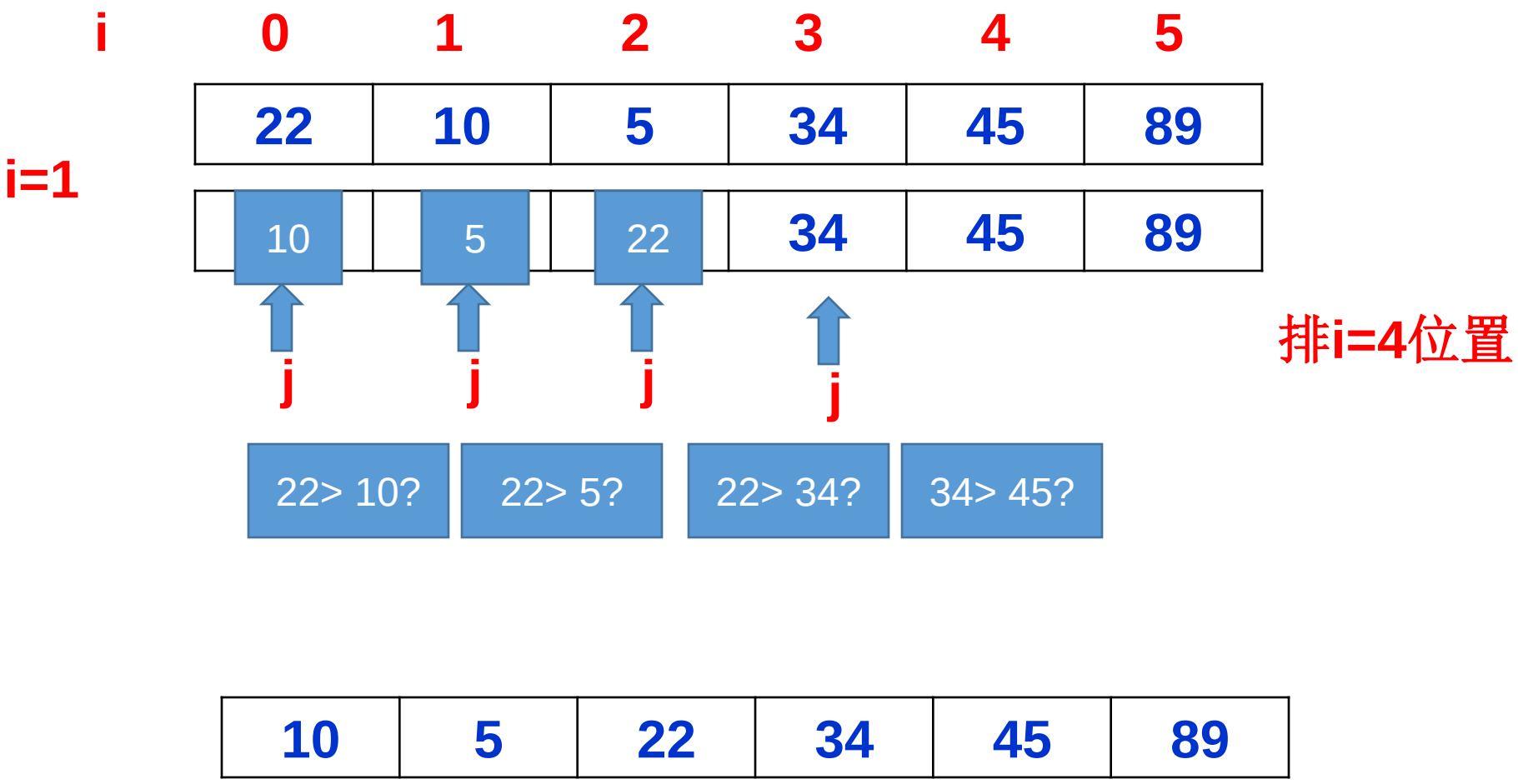
思路

对相邻两个数进行比较，将较小的调到前面，两两比较一轮之后，最大的一个数被放置在最后面；接着从头开始重复执行以上操作，次大的数被放置在倒数第二位，依次类推，数列由后往前逐渐成型。

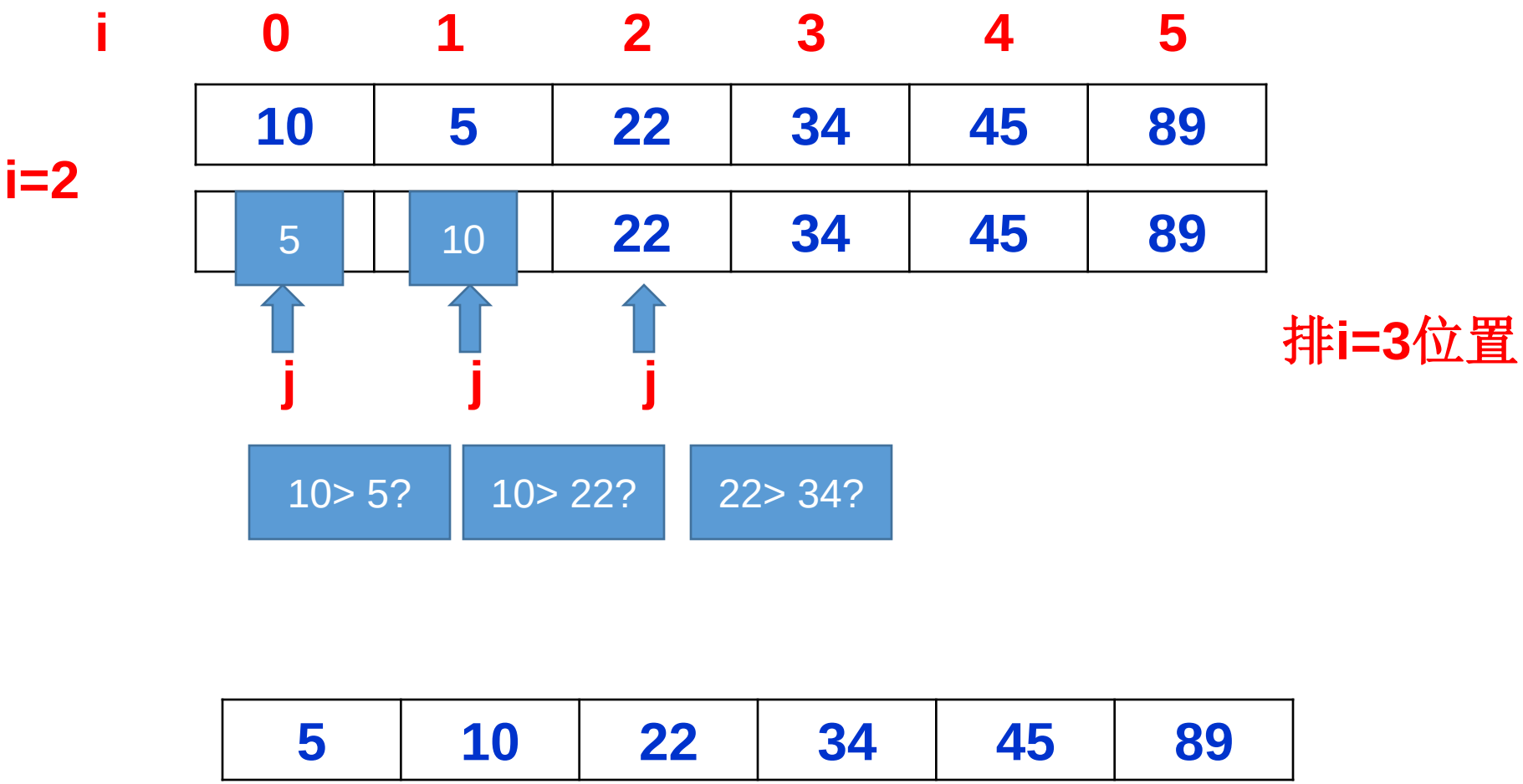
- 冒泡法的核心：小数上浮，大数下沉。
- 冒泡法第一轮：使最大的数放在最后一个位置上



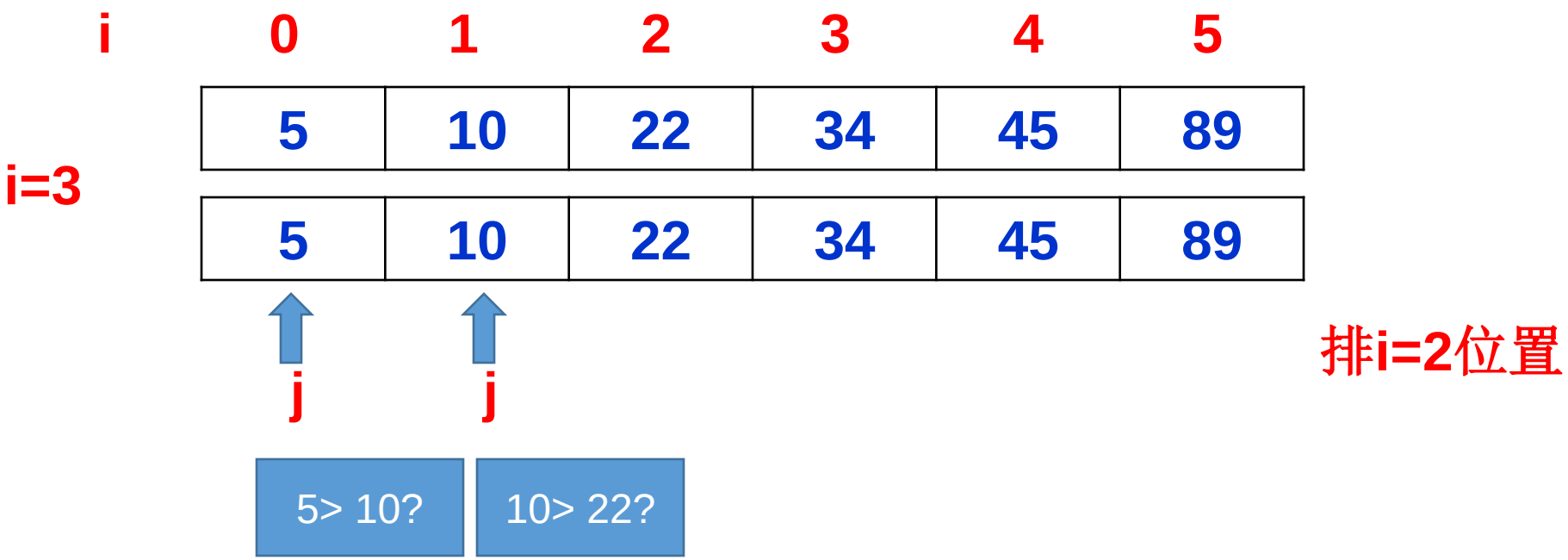
- 冒泡法的核心：小数上浮，大数下沉。
- 冒泡法第二轮：使次大的数放在倒数第二个位置上



- 冒泡法的核心：小数上浮，大数下沉。
- 冒泡法第三轮：使第三大的数放在倒数第三个位置上

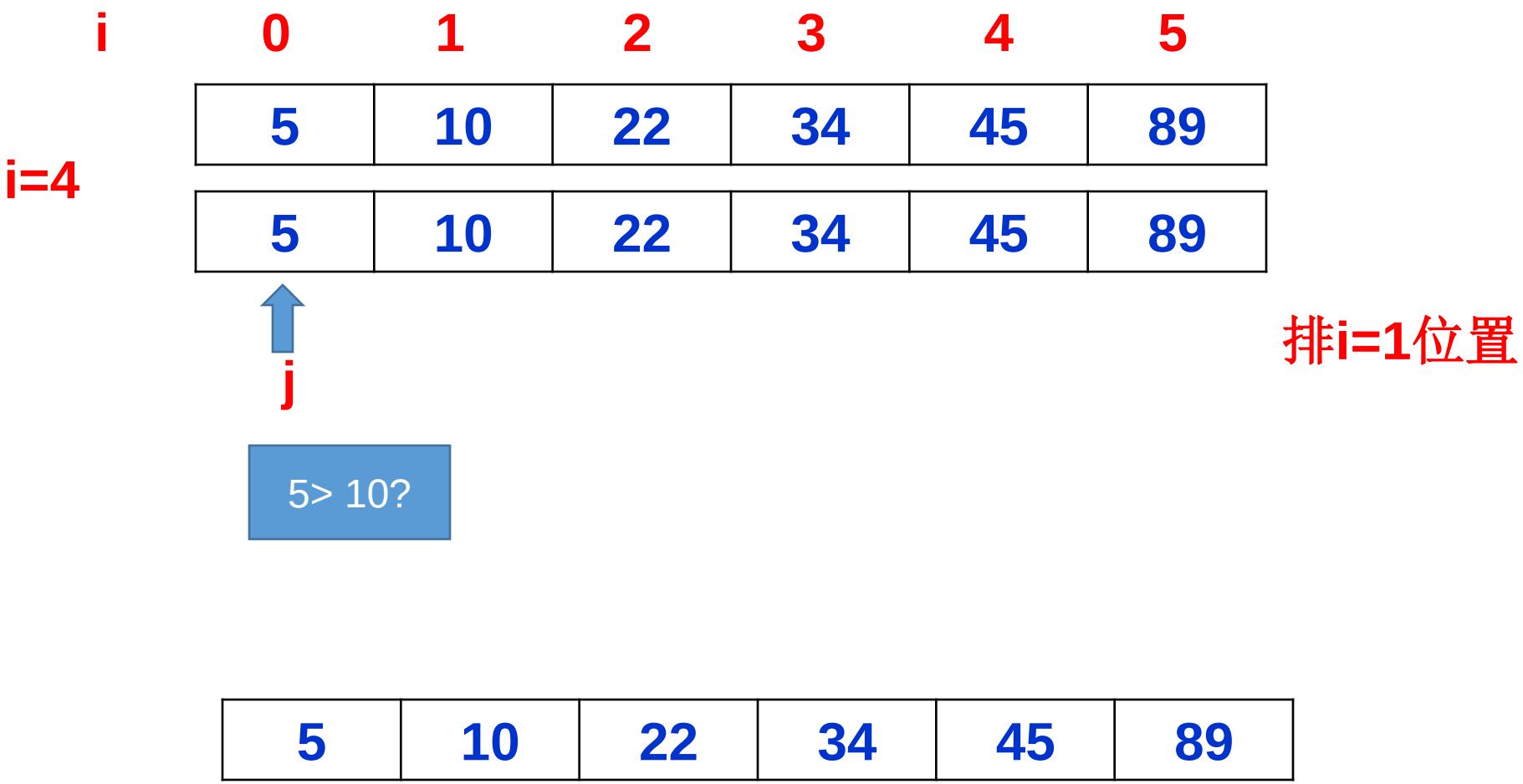


- 冒泡法的核心：小数上浮，大数下沉。
- 冒泡法第四轮：使第四大的数放在倒数第四个位置上



5	10	22	34	45	89

- 冒泡法的核心：小数上浮，大数下沉。
- 冒泡法第五轮：使第五大的数放在倒数第五个位置上



冒泡排序的核心代码

```
1. int main(void) {
2.         int n = 10;
3.         int arr[n], i, j, temp;

4.         printf("Please input %d numbers:\n", n);
5.         for ( i = 0; i < n; i++) scanf("%d", &arr[i]);

6.         for (i = 0; i < n - 1; i++)
7.         {
8.                   for ( j = 0;  j< n - i - 1; j++)
9.                   {
10.                            if(arr[j] > arr[j+1])
11.                            {
12.                                      temp = arr[j];
13.                                      arr[j] = arr[j+1];
14.                                      arr[j+1] = temp;
15.                            }
16.                  }
17.        }

18.        printf("The sorted numbers:\n");
19.        for (  i = 0;  i< n; i++) printf("%4d", arr[i]);
20.        printf("\n");

21.        return 0;
22.}
```

冒泡排序的核心代码（带优化）

```
1. int main(void) {
2.         int n = 10;
3.         int arr[n], i, j, temp, flag;

4.         printf("Please input %d numbers:\n", n);
5.         for ( i = 0; i < n; i++) scanf("%d", &arr[i]);

6.         for (i = 0; i < n - 1; i++) {
7.                   flag = 0;
8.                   for ( j = 0;  j< n - i - 1; j++) {
9.                             if(arr[j] > arr[j+1]) {
10.                                       flag = 1;
11.                                       temp = arr[j];
12.                                       arr[j] = arr[j+1];
13.                                       arr[j+1] = temp;
14.                             }
15.                  }
16.                  if (!flag) break;
17.        }

18.        printf("The sorted numbers:\n");
19.        for (  i = 0;  i< n; i++) printf("%4d", arr[i]);
20.        printf("\n");

21.        return 0;
22.}
```

冒泡排序的效率

若文件的初始状态是正序的，一趟扫描即可完成排序。所需的关键字比较次数C和记录移动次数M均达到最小值：$C_{\min} = n - 1$，$M_{\min} = 0$。

所以，冒泡排序最好的时间复杂度为$O(n)$。

若初始文件是反序的，需要进行$n-1$趟排序。每趟排序要进行$n-i$次关键字的比较(1≤i≤n-1)，且每次比较都必须移动记录三次来达到交换记录位置。在这种情况下，比较和移动次数均达到最大值：

$$C_{\max} = \frac{n(n-1)}{2} = O(n^2)$$

$$M_{\max} = \frac{3n(n-1)}{2} = O(n^2)$$

冒泡排序的最坏时间复杂度为$O(n^2)$。

综上，因此冒泡排序总的平均时间复杂度为$O(n^2)$。

排序和查找算法应用举例

- 1. 使用选择排序将通讯录按学号信息排序

```
1. #include <stdio.h>

2. typedef enum { bai, chaoxian, han, tujia, yao } Nation;
3. typedef struct { int year; int month; int day; } Date;
4. typedef struct {
5.   int sno;
6.   char name[20];
7.   char sex;
8.   char class;
9.   Nation nation;
10.  int age;
11.  Date birthday;
12.} Student;

13.int main(void)
14.{
15.   char nations[][10] = {"bai", "chaoxian", "han", "tujia", "yao"};
16.   Student students[] =
17.   {
18.      {2021123456, "ZhangSan", 'F', 'T', han, 18, {2003, 8, 1}},
19.      {2021200834, "LiSi", 'M', 'D', yao, 19, {2002, 6, 25}},
20.   };
```

排序和查找算法应用举例

- 1. 使用选择排序将通讯录按学号信息排序

```
21.  int i, j, min;
22.  Student temp;

23.  for (i = 0; i < sizeof(students) / sizeof(Student) - 1; i++) {
24.    min = i;
25.    for (j = i + 1; j < sizeof(students) / sizeof(Student); j++)
26.      if (students[min].sno > students[j].sno)
27.        min = j;
28.    if (min != i) {
29.      temp = students[i];
30.      students[i] = students[min];
31.      students[min] = temp;
32.    }
33.  }

34.  for (i = 0; i < sizeof(students) / sizeof(Student); i++)
35.    printf("%d %s %c %c %s %d %d-%d-%d\n",
36.           students[i].sno, students[i].name,
37.           students[i].sex, students[i].class,
38.           nations[students[i].nation], students[i].age,
39.           students[i].birthday.year, students[i].birthday.month, students[i].birthday.day);
40.}
```

排序和查找算法应用举例

- 2. 使用冒泡排序将通讯录按姓名信息排序

```
1.   int i, j;
2.   Student temp;

3.   for (i = 0; i < sizeof(students) / sizeof(Student) - 1; i++)
4.   {
5.         for (j = 0; j < sizeof(students) / sizeof(Student) - i - 1; j++)
6.            if (strcmp(students[j].name, students[j + 1].name) > 0)
7.            {
8.                temp = students[j];
9.                students[j] = students[j + 1];
10.               students[j + 1] = temp;
11.           }
12.  }
```

排序和查找算法应用举例

适用场景：各字段类型相同且取值范围固定

3. 多字段排序——按生日排序

```
1.  int i, j;
2.  int is_big, encode1, encode2;
3.  Student temp;

4.  for (i = 0; i < sizeof(students) / sizeof(Student) - 1; i++)
5.  {
6.      for (j = 0; j < sizeof(students) / sizeof(Student) - i - 1; j++)
7.      {
8.          encode1 = students[j].birthday.year * 10000 + students[j].birthday.month * 100 +
9.                    students[j].birthday.day;
10.         encode2 = students[j+1].birthday.year * 10000 + students[j+1].birthday.month * 100 +
11.                   students[j + 1].birthday.day;

12.         if (encode1 < encode2)
13.         {
14.             temp = students[j];
15.             students[j] = students[j + 1];
16.             students[j + 1] = temp;
17.         }
18.     }
19. }
```

巧用自定义编码进行多字段排序

排序和查找算法应用举例

- 3. 多字段排序——按生日排序

```
1.  int i, j;
2.  int is_big, diff_year, diff_month, diff_day;
3.  Student temp;

4.  for (i = 0; i < sizeof(students) / sizeof(Student) - 1; i++)
5.  {
6.        for (j = 0; j < sizeof(students) / sizeof(Student) - i - 1; j++)
7.        {
8.            diff_year = students[j].birthday.year - students[j + 1].birthday.year;
9.            diff_month = students[j].birthday.month - students[j + 1].birthday.month;
10.           diff_day = students[j].birthday.day - students[j + 1].birthday.day;

11.           is_big = (diff_year != 0 ? diff_year < 0 :
12.                                      (diff_month != 0 ? diff_month < 0 : diff_day < 0));

13.           if (is_big)
14.           {
15.               temp = students[j];
16.               students[j] = students[j + 1];
17.               students[j + 1] = temp;
18.           }
19.       }
20. }
```

相比于自定义编码的方式更为通用

巧用逻辑表达式进行多字段排序

排序和查找算法应用举例

- 4. 顺序查找学号

```
1.  int i, sno, found = -1;

2.  scanf("%d", &sno);

3.  for (i = 0; i < sizeof(students) / sizeof(Student) - 1; i++)
4.  {
5.        if (students[i].sno == sno) {
6.            found = i;
7.            break;
8.        }
9.  }

10. if (found >= 0) {
21.   printf("%d %s %c %c %s %d %d-%d-%d\n",
22.          students[found].sno, students[found].name,
23.          students[found].sex, students[found].class,
24.          nations[students[found].nation], students[found].age,
25.          students[found].birthday.year,
26.          students[found].birthday.month,
27.          students[found].birthday.day);
28. } else printf("not found\n");
```

排序和查找算法应用举例

- 5. 折半查找学号

```
1.  int i, sno, found = -1;
2.  int low = 0, high = sizeof(students) / sizeof(Student) - 1;
3.  int mid;

4.  scanf("%d", &sno);

5.  while (low <= high)
6.  {
7.        mid = (low + high) / 2;
8.        if (sno > students[mid].sno)
9.            low = mid + 1;
10.       else if (sno < students[mid].sno)
11.           high = mid - 1;
12.       else
13.       {
14.           found = mid;
15.           break;
16.       }
17.  }
```