

算法的由来

算法的定义

算法的性质

算法的表示

算法的分析

- 如何表示一个算法？

- 如何表示一个算法？

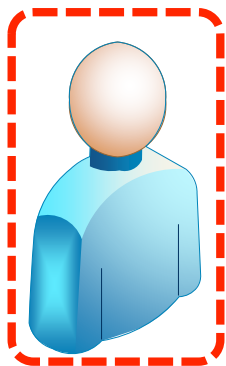


# 算法的表示



- 如何表示一个算法?
  - 自然语言

算法的设计者  
依靠自然语言交流和表达



人类

机器

- 自然语言
  - 方法优势
    - 贴近人类思维，易于理解主旨

## 选择排序

- 第一次遍历找到最小元素
- 第二次在剩余数组中遍历找到次小元素
- ...
- 第 $n$ 次在剩余数组中遍历找到第 $n$ 小元素

- 自然语言
  - 方法优势
    - 贴近人类思维，易于理解主旨
  - 不便之处
    - 语言描述繁琐，容易产生歧义
    - 使用了“...”等不严谨的描述

## 选择排序

- 第一次遍历找到最小元素
- 第二次在剩余数组中遍历找到次小元素
- ...
- 第 $n$ 次在剩余数组中遍历找到第 $n$ 小元素

# 算法的表示



- 如何表示一个算法？
  - 自然语言
  - 编程语言



- 编程语言
  - 方法优势
    - 精准表达逻辑，规避表述歧义

## 选择排序

```
void select_sort(int*a,int n)
{
    int i,j,t;
    for(i=0;i<n-1;i++)
    {
        for(j=i+1;j<n;j++){
            if(a[i] > a[j]){
                t=a[i];
                a[i]=a[j];
                a[j]=t;
            }
        }
    }
}
```

C语言

```
def select_sort(a, n):
    for i in range(0, n-1):
        for j in range(i+1,n):
            if a[i] > a[j]:
                tem = a[i]
                a[i] = a[j]
                a[j] = tem
```

Python语言



- 编程语言
  - 方法优势
    - 精准表达逻辑，规避表述歧义
  - 不便之处
    - 不同编程语言间语法存在差异
    - 过于关注算法实现的细枝末节

## 选择排序

```
void select_sort(int*a,int n)
{
    int i,j,t;
    for(i=0;i<n-1;i++)
    {
        for(j=i+1;j<n;j++){
            if(a[i] > a[j]){
                t=a[i];
                a[i]=a[j];
                a[j]=t;
            }
        }
    }
}
```

C语言

```
def select_sort(a, n):
    for i in range(0, n-1):
        for j in range(i+1,n):
            if a[i] > a[j]:
                tem = a[i]
                a[i] = a[j]
                a[j] = tem
```

Python语言

- 如何表示一个算法？
  - 自然语言：贴近人类思维，易于理解主旨
  - 编程语言：精准表达逻辑，规避表述歧义



问题：可否同时兼顾两类表示方法的优势？

- 如何表示一个算法？
  - 自然语言：贴近人类思维，易于理解主旨
  - 编程语言：精准表达逻辑，规避表述歧义



问题：可否同时兼顾两类表示方法的优势？

- 伪代码
  - 非正式语言
    - 移植**编程语言**书写形式作为基础和框架
    - 按照接近**自然语言**的形式表达算法过程

## 选择排序

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

- 伪代码
  - 非正式语言
    - 移植**编程语言**书写形式作为基础和框架
    - 按照接近**自然语言**的形式表达算法过程
  - 兼顾自然语言与编程语言优势
    - **简洁**表达算法本质，不拘泥于实现细节
    - **准确**反映算法过程，不产生矛盾和歧义

## 选择排序

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

- 伪代码
  - 书写约定

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

选择排序

- 伪代码
  - 书写约定

输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 < a'_2 < \dots < a'_n$

定义算法的输入和输出

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

    end

end

选择排序

- 伪代码
  - 书写约定

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    | for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
    |     | //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
    |     | if  $A[i] > A[j]$  then  
    |     |     | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
    |     | end  
    | end  
end
```

循环  
语句块缩进

选择排序



- 伪代码
  - 书写约定

将 $i + 1$ 赋值给 $j$

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
  for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
    //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
    if  $A[i] > A[j]$  then  
      | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
    end  
  end  
end  
end
```

选择排序

- 伪代码
  - 书写约定

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

注释使用“//”符号

选择排序

- 伪代码
  - 书写约定

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

条件  
语句块缩进

选择排序

- 伪代码
  - 书写约定

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

不关注交换过程的实现细节

选择排序

- 伪代码
  - 书写约定

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

选择排序

之后出现的算法均使用伪代码描述

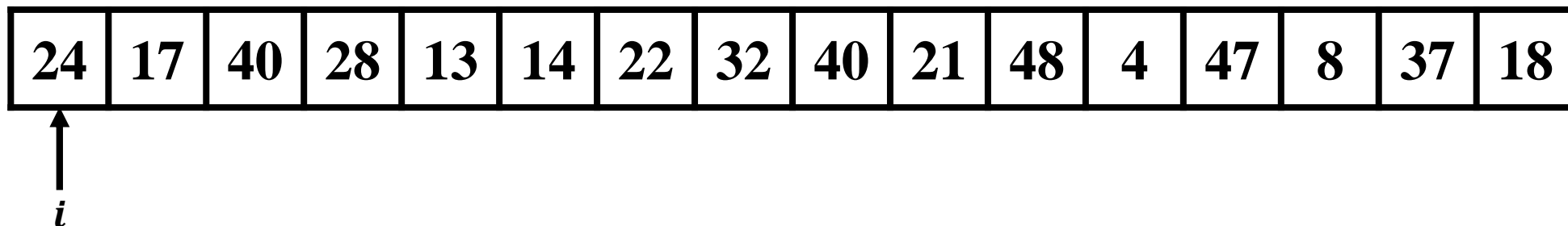
- 伪代码
  - 示例解读

24	17	40	28	13	14	22	32	40	21	48	4	47	8	37	18
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

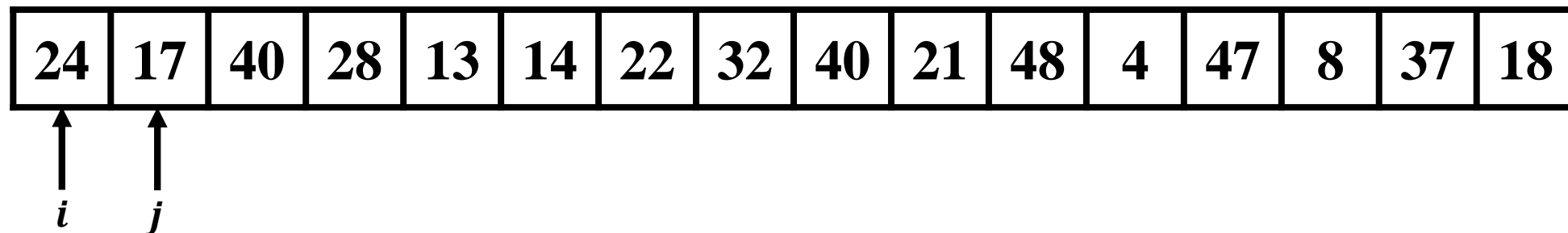
    end

end

从数组首部开始枚举  $i$

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

//如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

if  $A[i] > A[j]$  then

| 交换  $A[i]$  和  $A[j]$

end

end

end

从  $i + 1$  开始枚举  $j$

选择排序

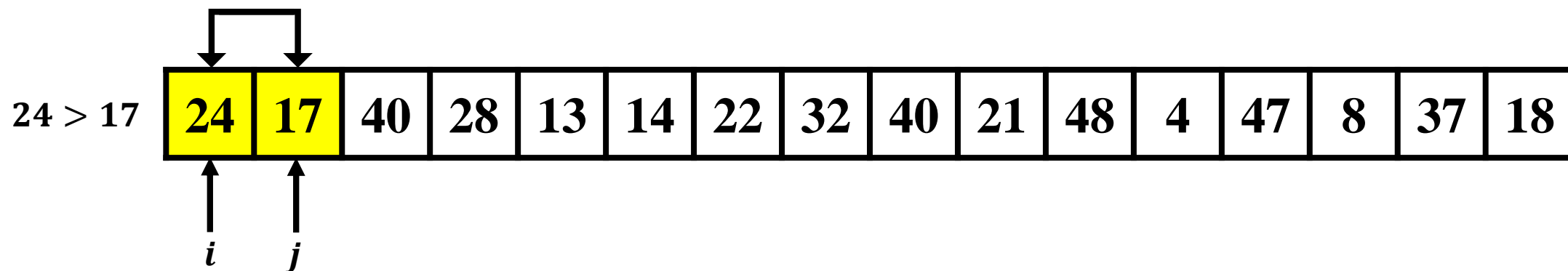


# 算法的表示



- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

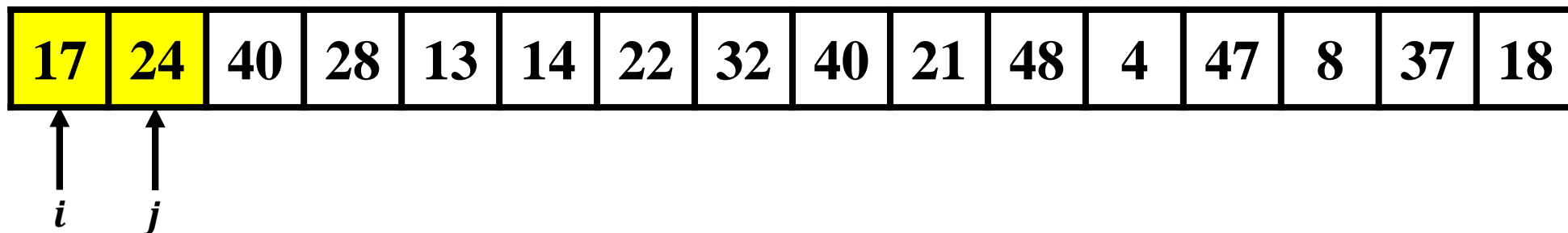
    end

end

当第  $i$  个元素大于第  $j$  个元素时,  
交换元素位置

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

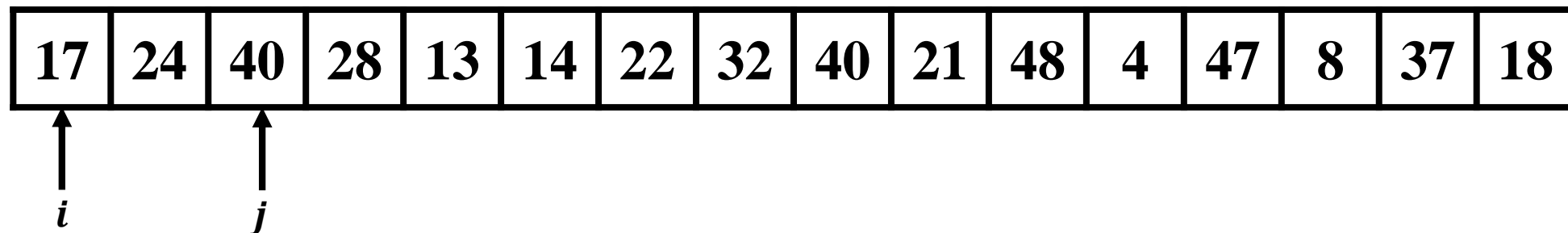
    end

end

当第  $i$  个元素大于第  $j$  个元素时,  
交换元素位置

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读

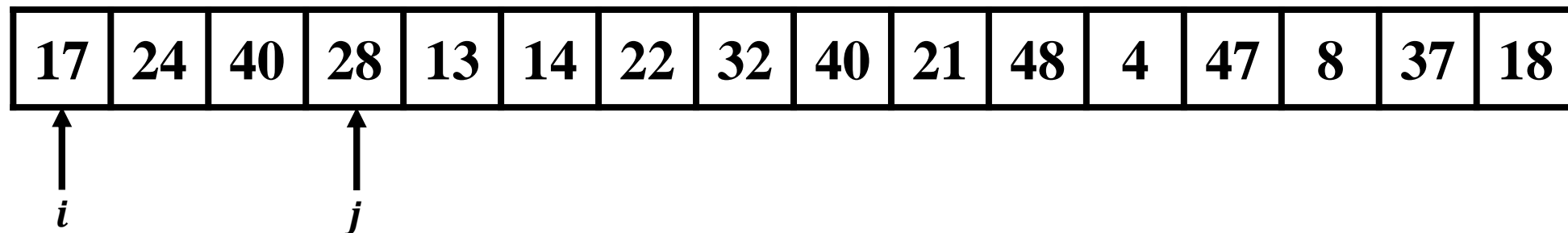


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

继续枚举  $j$

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读

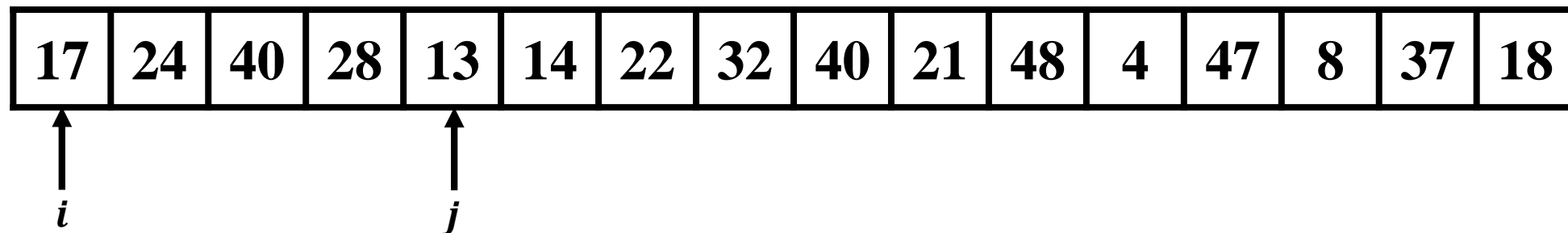


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

继续枚举  $j$

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



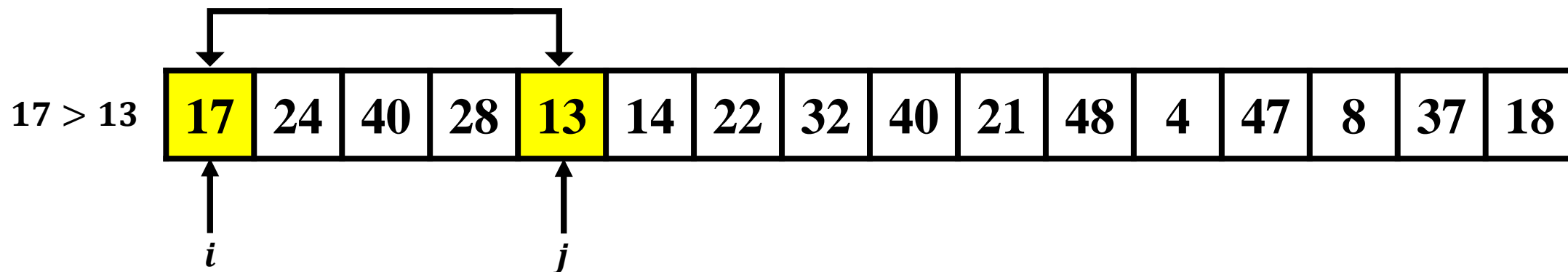
```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

继续枚举  $j$

选择排序

- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

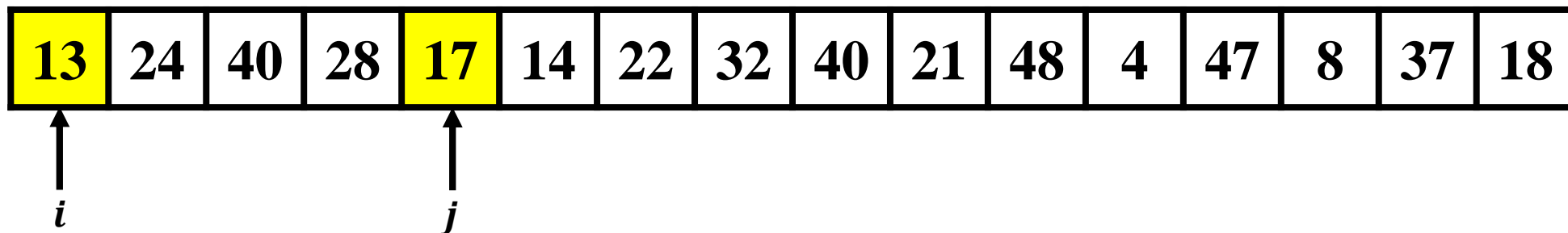
    end

end

当第  $i$  个元素大于第  $j$  个元素时,  
交换元素位置

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读

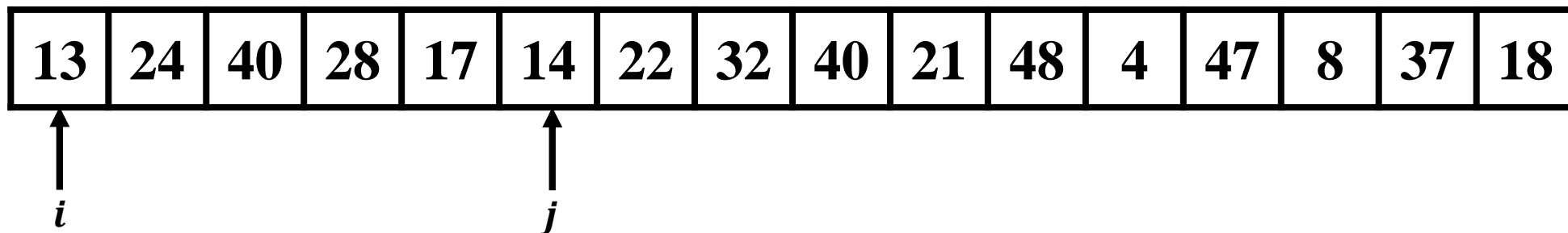


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

当第  $i$  个元素大于第  $j$  个元素时,  
交换元素位置

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



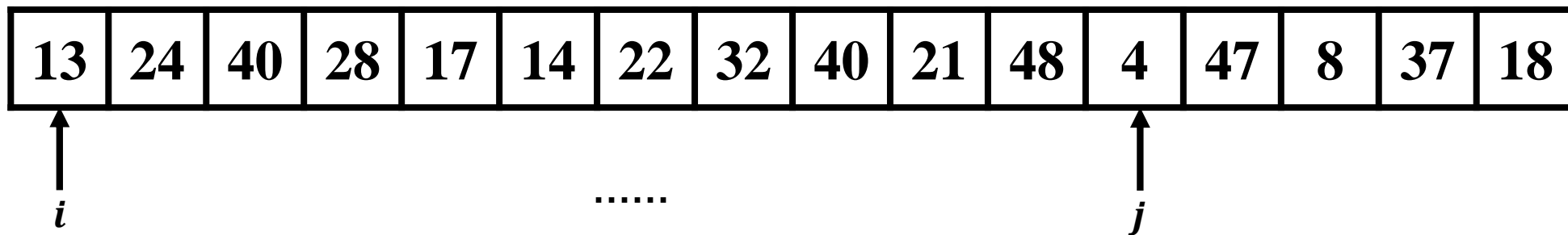
```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

继续枚举  $j$

选择排序



## ● 示例解读



### 继续枚举*j*

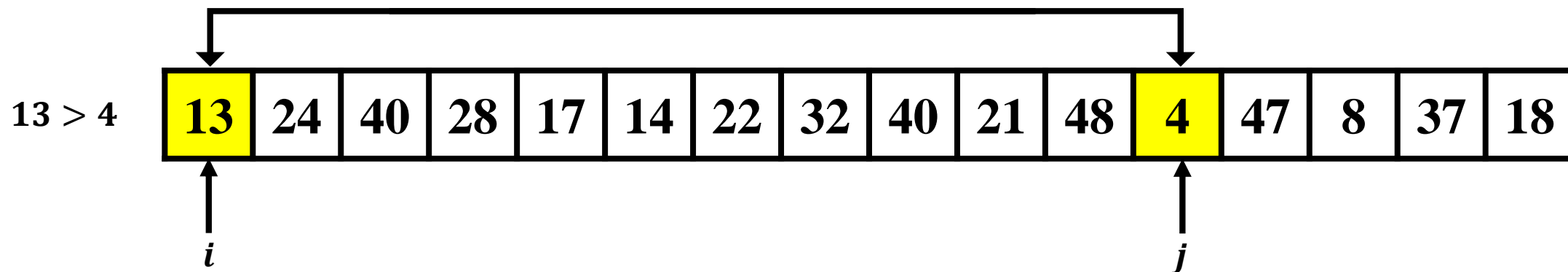
## 选择排序

# 算法的表示



- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

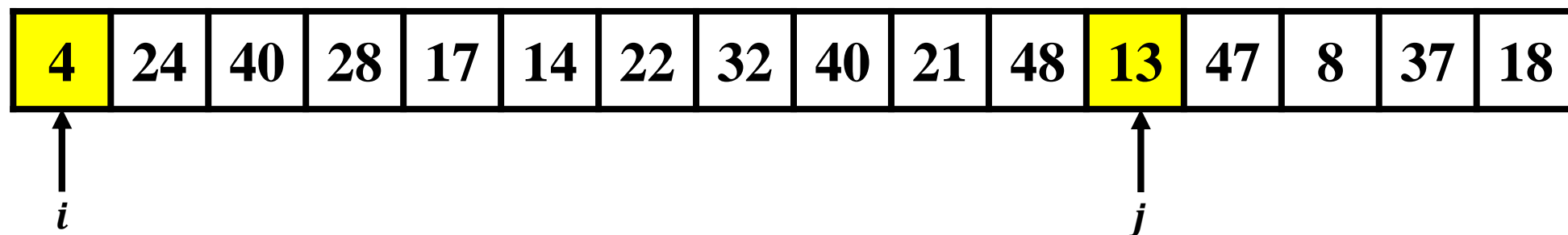
    end

end

当第  $i$  个元素大于第  $j$  个元素时,  
交换元素位置

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

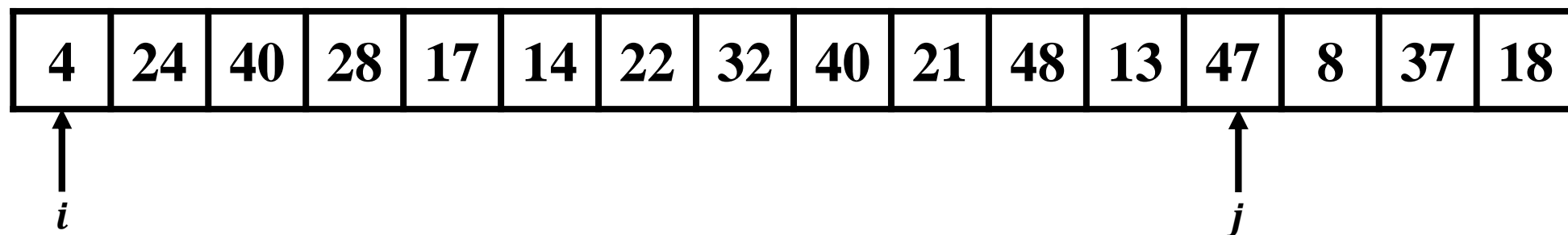
    end

end

当第  $i$  个元素大于第  $j$  个元素时,  
交换元素位置

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读

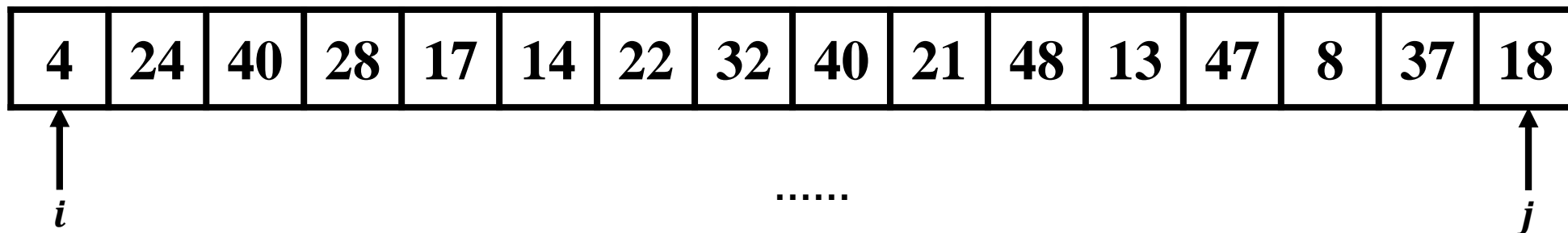


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

继续枚举  $j$

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

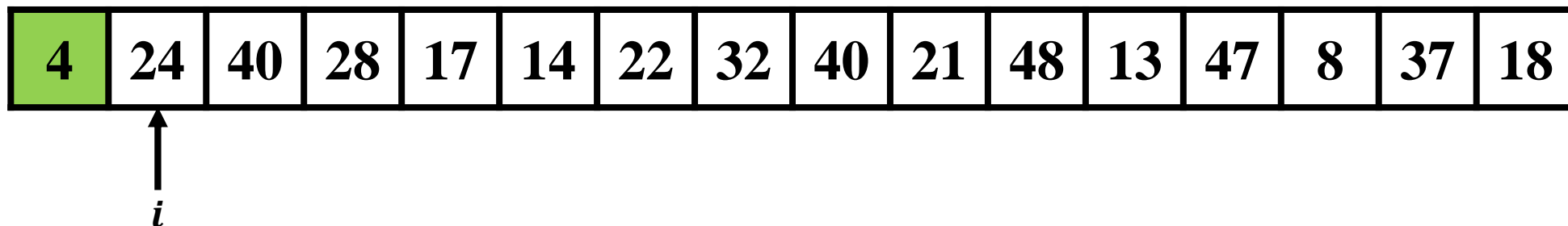
    end

end

枚举  $j$  至  $n$ , 结束循环

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

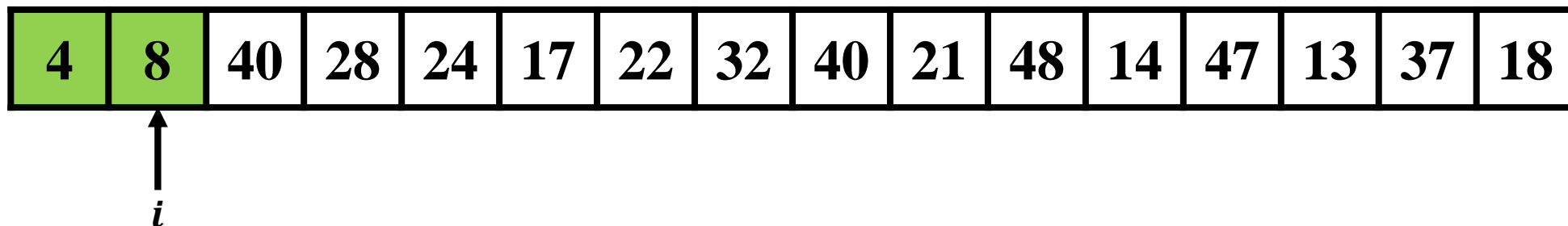
    end

end

继续枚举  $i$

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

        if  $A[i] > A[j]$  then

            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$

        end

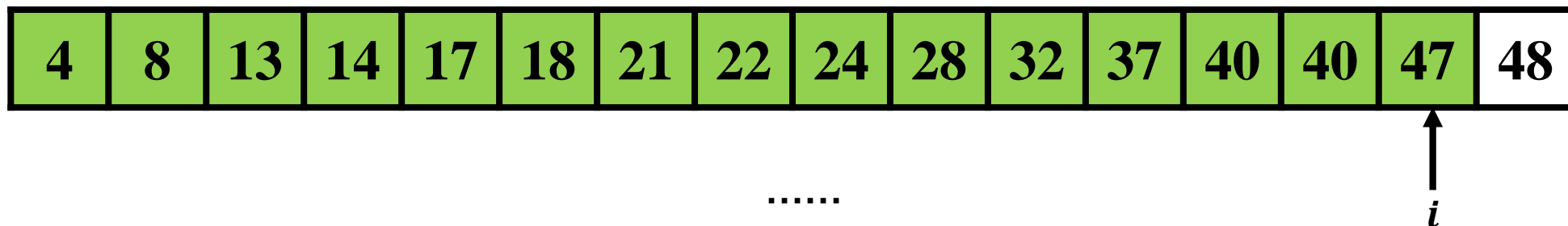
    end

end

继续枚举  $i$

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do

枚举  $i$  至  $n - 1$ , 结束循环

for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do

//如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置

if  $A[i] > A[j]$  then

| 交换  $A[i]$  和  $A[j]$

end

end

end

.....

选择排序



- 伪代码
  - 示例解读

4	8	13	14	17	18	21	22	24	28	32	37	40	40	47	48
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $i \leftarrow 1$  to  $n - 1$  do  
    for  $j \leftarrow i + 1$  to  $n$  do  
        //如果  $A[i]$  大于  $A[j]$ , 则交换二者位置  
        if  $A[i] > A[j]$  then  
            | 交换  $A[i]$  和  $A[j]$   
        end  
    end  
end
```

选择排序

- 伪代码
  - 示例解读

17	24	28	40	13	14	22	32	40	21	48	4	47	8	37	18
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读

$key = 13$

17	24	28	40	13	14	22	32	40	21	48	4	47	8	37	18
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----

$j$

输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do

$key \leftarrow A[j]$

    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中

$i \leftarrow j - 1$

    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do

$A[i+1] \leftarrow A[i]$

$i \leftarrow i - 1$

    end

$A[i+1] \leftarrow key$

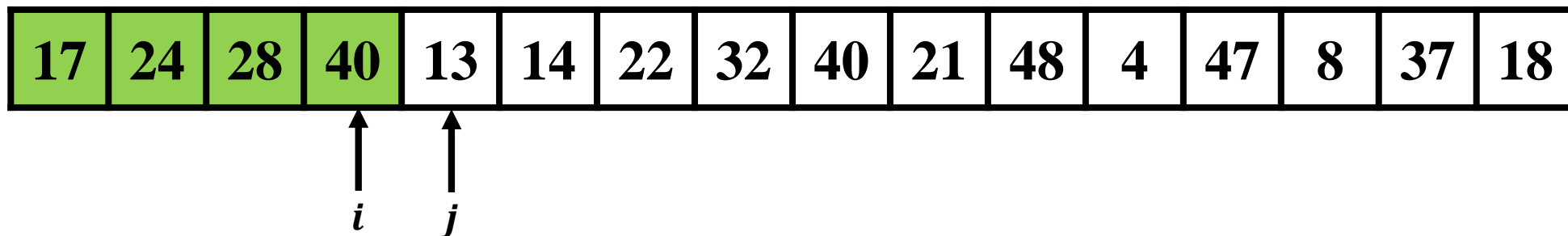
end

将  $A[j]$  赋值给  $key$

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读

$key = 13$

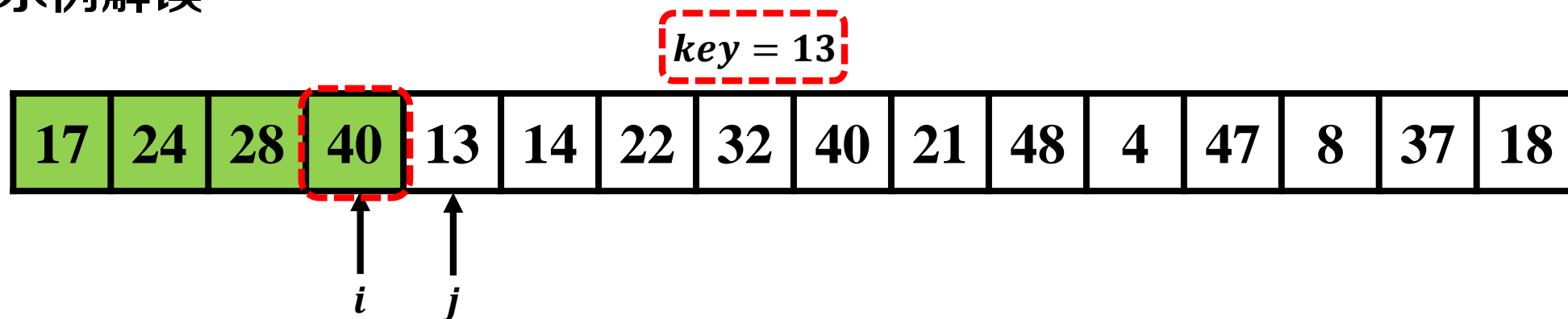


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

从  $j - 1$  开始枚举  $i$

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读



$i > 0$   
 $A[i] > key$

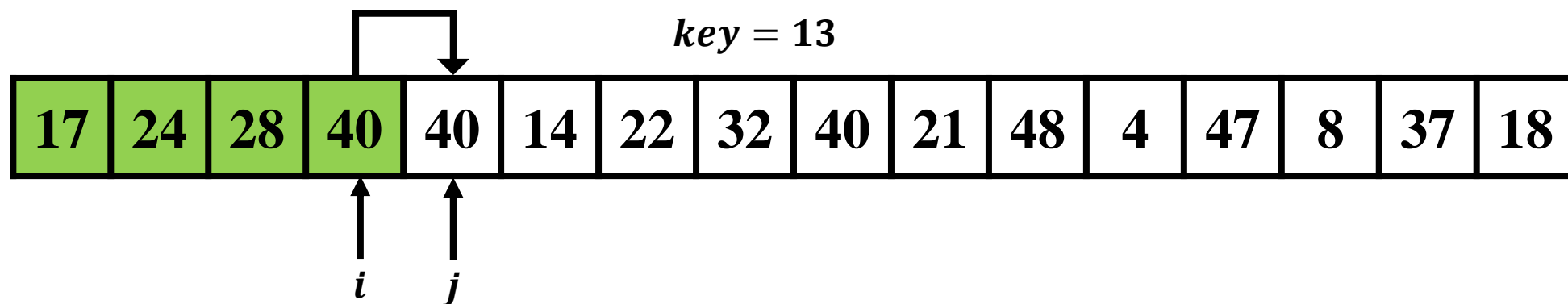
```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

判断循环条件

插入排序

- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do

$key \leftarrow A[j]$

    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中

$i \leftarrow j - 1$

    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do

$A[i+1] \leftarrow A[i]$

$i \leftarrow i - 1$

    end

$A[i+1] \leftarrow key$

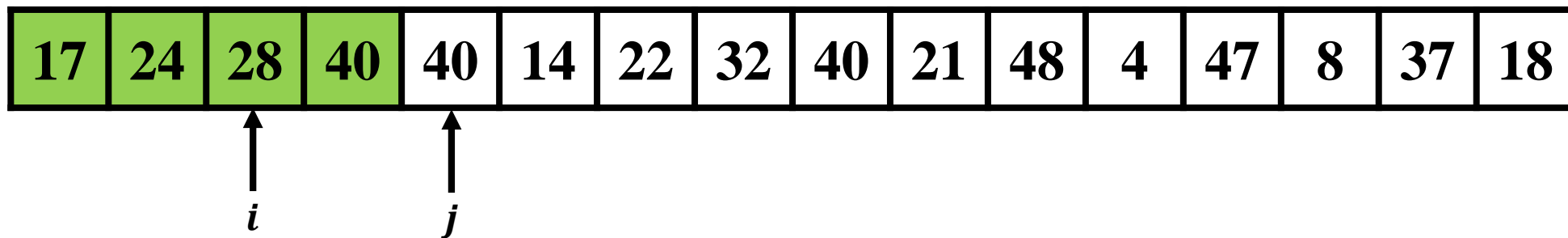
end

将  $A[i]$  赋值给  $A[i+1]$

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读

$key = 13$



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do

$key \leftarrow A[j]$

    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中

$i \leftarrow j - 1$

    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do

$A[i+1] \leftarrow A[i]$

$i \leftarrow i - 1$

    end

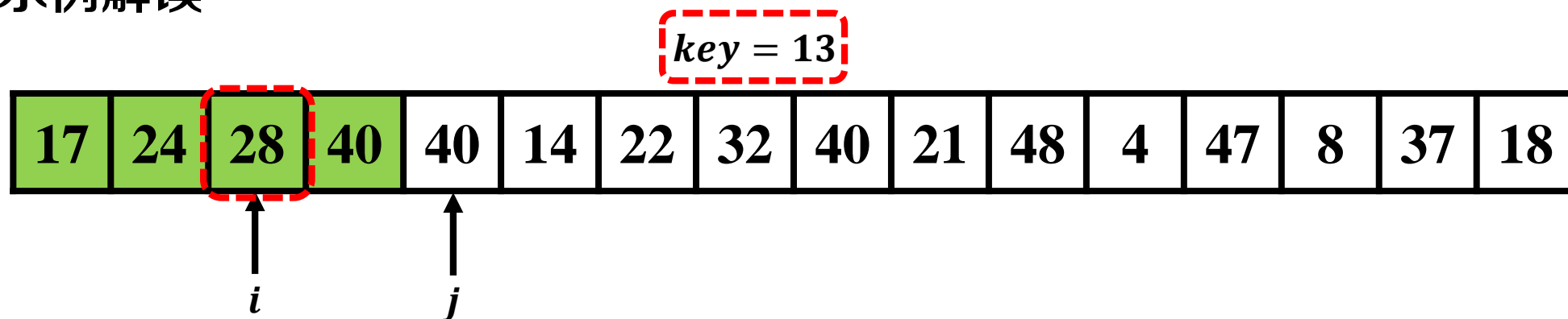
$A[i+1] \leftarrow key$

end

将  $i$  左移一步

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读



$i > 0$   
 $A[i] > key$

```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$ 
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$ 
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do
     $key \leftarrow A[j]$ 
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中
     $i \leftarrow j - 1$ 
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$ 
         $i \leftarrow i - 1$ 
    end
     $A[i+1] \leftarrow key$ 
end
```

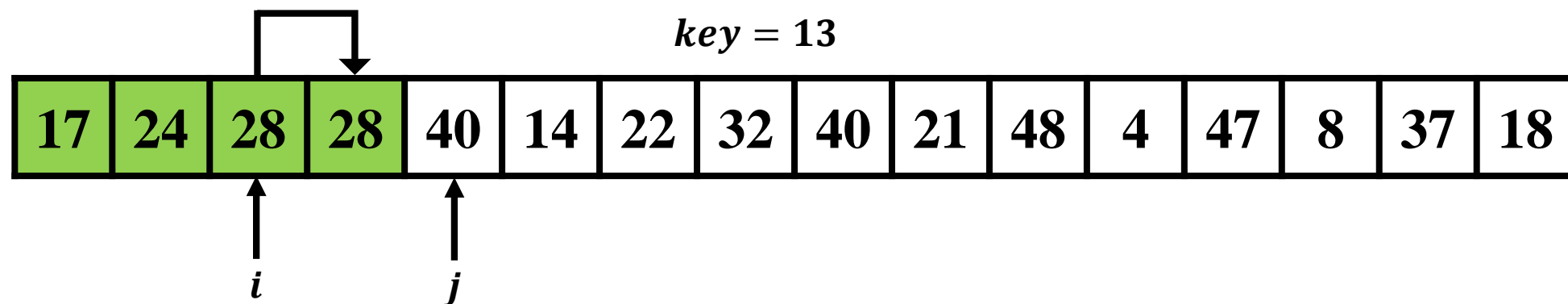
判断循环条件

插入排序



- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do

$key \leftarrow A[j]$

    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中

$i \leftarrow j - 1$

    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do

$A[i+1] \leftarrow A[i]$

$i \leftarrow i - 1$

    end

$A[i+1] \leftarrow key$

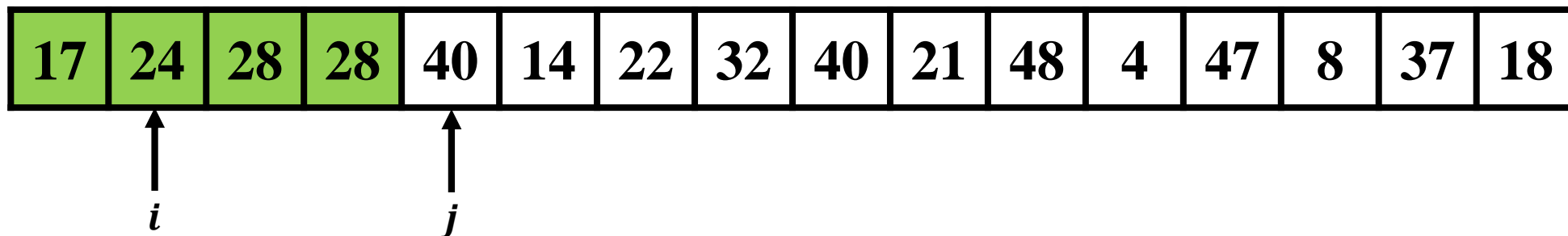
end

将  $A[i]$  赋值给  $A[i+1]$

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读

$key = 13$

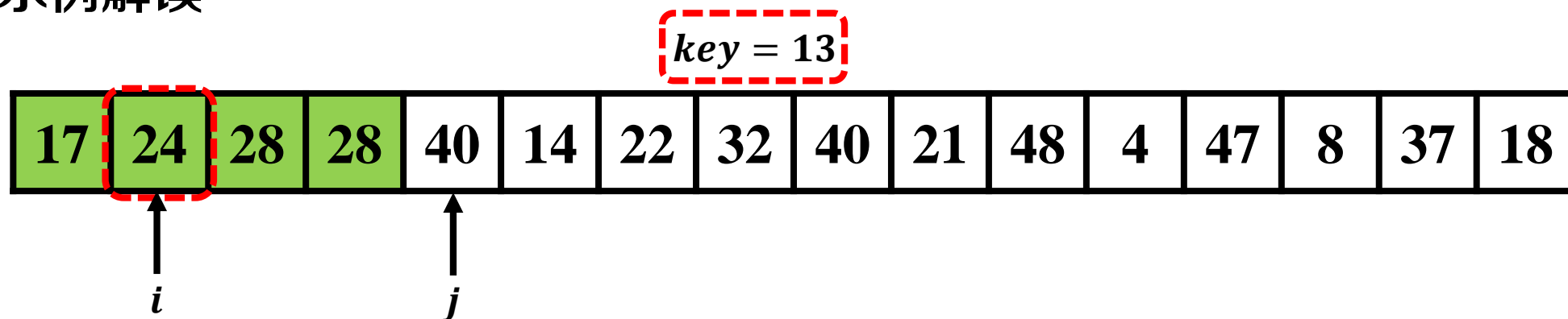


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

将  $i$  左移一步

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读



$i > 0$   
 $A[i] > key$

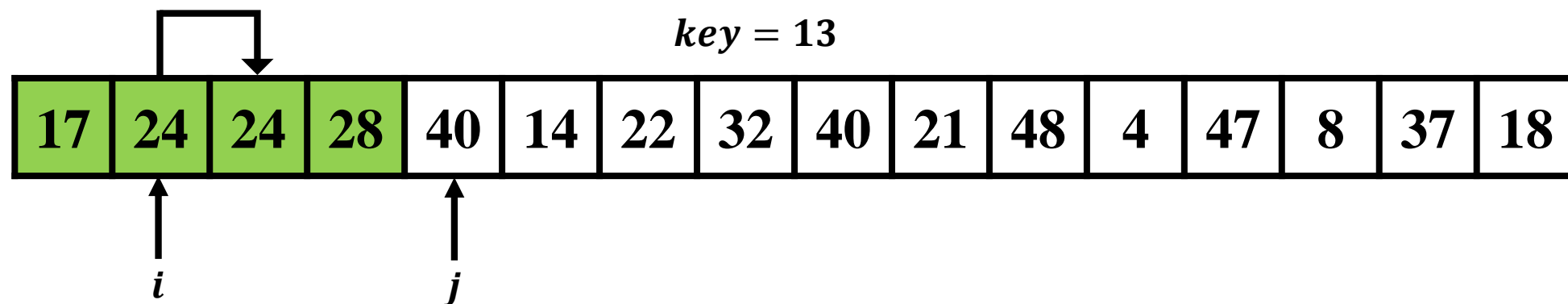
```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$ 
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$ 
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do
     $key \leftarrow A[j]$ 
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中
     $i \leftarrow j - 1$ 
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$ 
         $i \leftarrow i - 1$ 
    end
     $A[i+1] \leftarrow key$ 
end
```

判断循环条件

插入排序

- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do

$key \leftarrow A[j]$

    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中

$i \leftarrow j - 1$

    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do

$A[i+1] \leftarrow A[i]$

$i \leftarrow i - 1$

    end

$A[i+1] \leftarrow key$

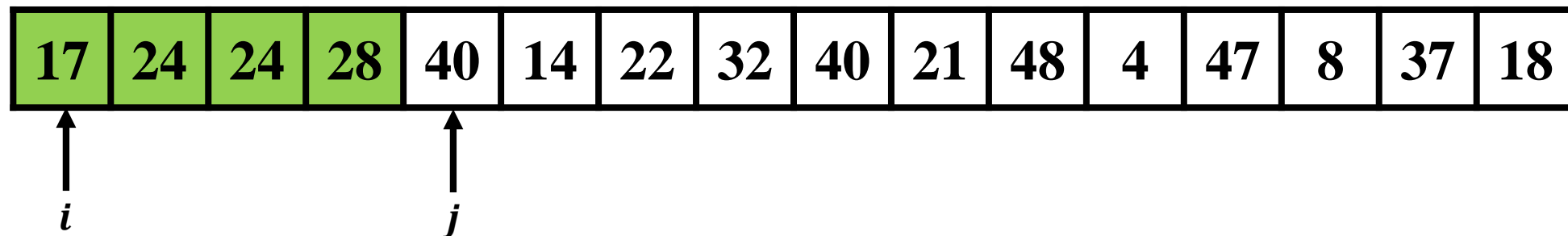
end

将  $A[i]$  赋值给  $A[i+1]$

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读

$key = 13$

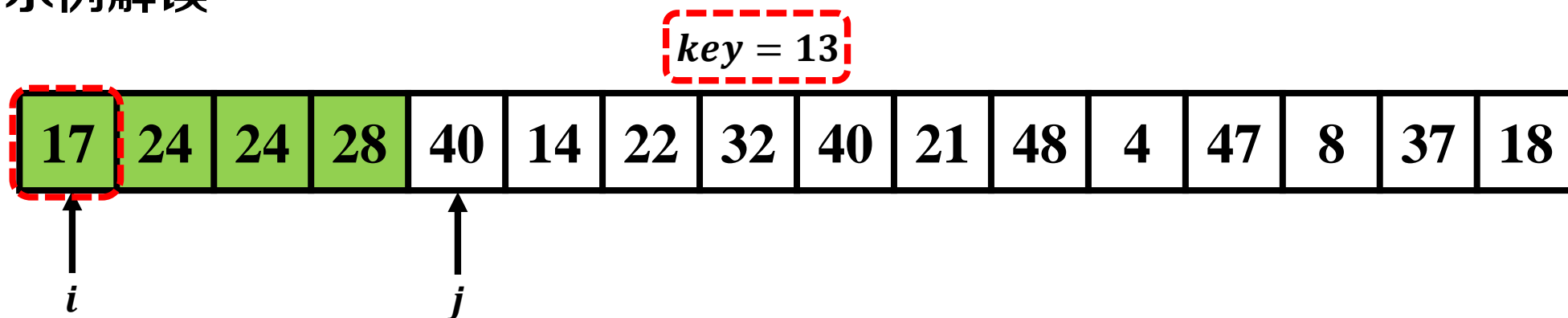


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

将  $i$  左移一步

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读



$i > 0$   
 $A[i] > key$

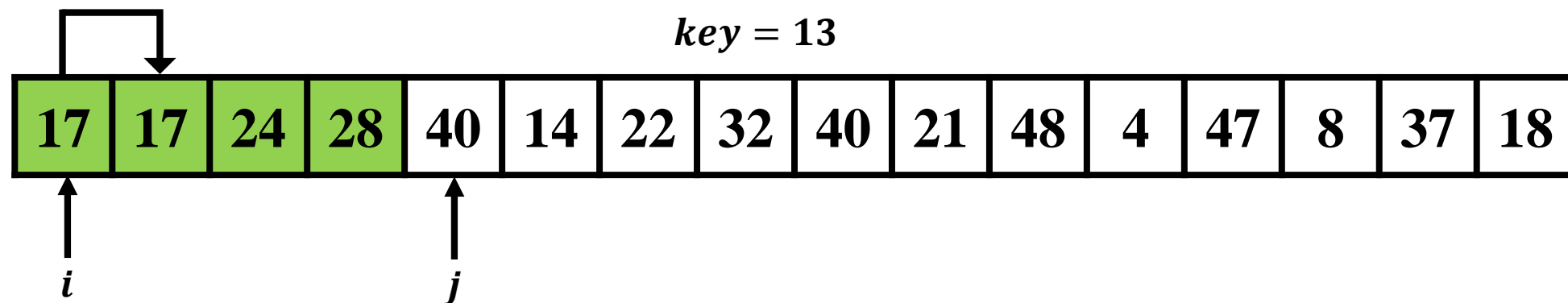
```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$ 
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$ 
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do
     $key \leftarrow A[j]$ 
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中
     $i \leftarrow j - 1$ 
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$ 
         $i \leftarrow i - 1$ 
    end
     $A[i+1] \leftarrow key$ 
end
```

判断循环条件

插入排序

- 伪代码

- 示例解读



输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$

输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$

for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do

$key \leftarrow A[j]$

    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中

$i \leftarrow j - 1$

    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do

$A[i+1] \leftarrow A[i]$

$i \leftarrow i - 1$

    end

$A[i+1] \leftarrow key$

end

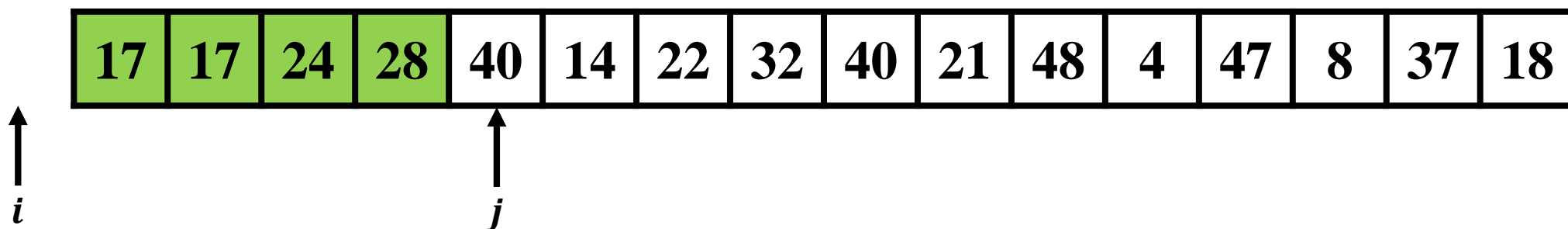
将  $A[i]$  赋值给  $A[i+1]$

插入排序

- 伪代码

- 示例解读

$key = 13$



```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

将  $i$  左移一步

插入排序



- 伪代码
  - 示例解读

$key = 13$

17	17	24	28	40	14	22	32	40	21	48	4	47	8	37	18
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----

$i$

$j$

$i = 0$   
不满足循环条件

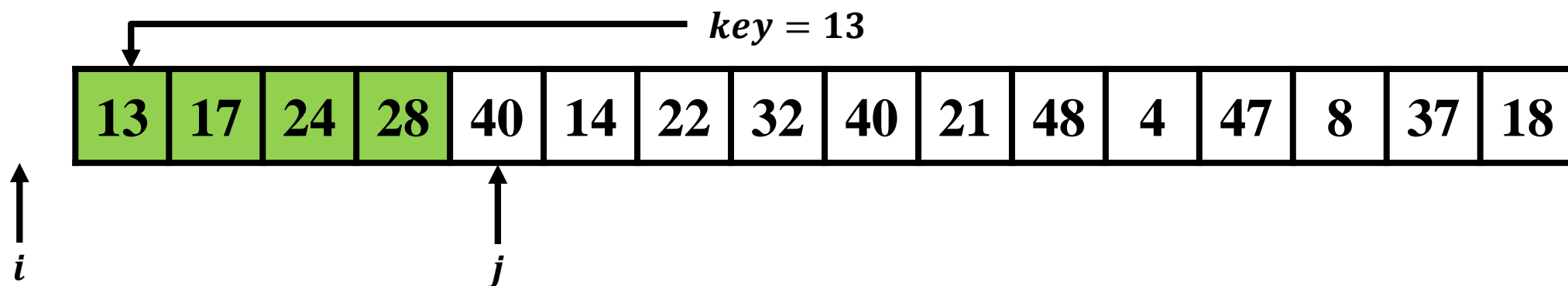
```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

判断循环条件

插入排序

- 伪代码

- 示例解读

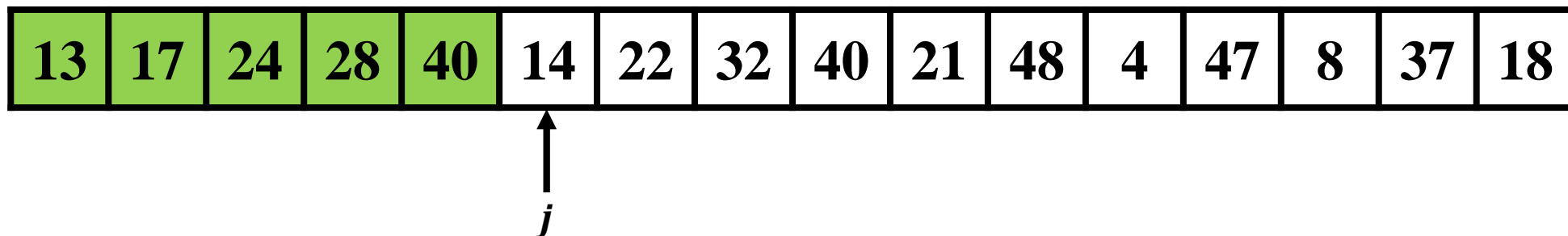


```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

将  $key$  赋值给  $A[i+1]$

插入排序

- 伪代码
  - 示例解读



```
输入: 数组  $A[a_1, a_2, \dots, a_n]$   
输出: 升序数组  $A'[a'_1, a'_2, \dots, a'_n]$ , 满足  $a'_1 \leq a'_2 \leq \dots \leq a'_n$   
for  $j \leftarrow 2$  to  $n$  do  
     $key \leftarrow A[j]$   
    //将  $A[j]$  插入到已排序的数组  $A[1..j-1]$  中  
     $i \leftarrow j - 1$   
    while  $i > 0$  and  $A[i] > key$  do  
         $A[i+1] \leftarrow A[i]$   
         $i \leftarrow i - 1$   
    end  
     $A[i+1] \leftarrow key$   
end
```

插入排序

表示方式	语言特点
自然语言	贴近人类思维，易于理解主旨 表述不够精准，存在模糊歧义
编程语言	精准表达逻辑，规避表述歧义 受限语法细节，增大理解难度
伪代码	关注算法本质，便于书写阅读