

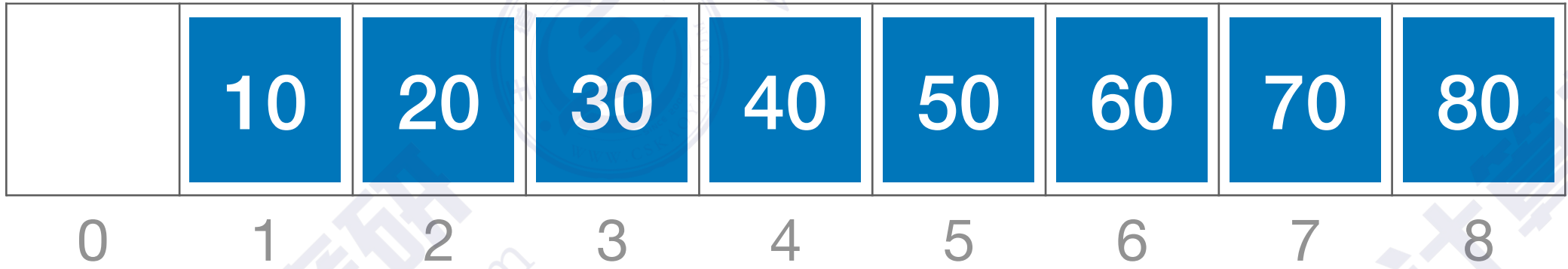
本节内容

希尔排序

希尔排序 (Shell Sort)



最好情况：原本就有序



比较好的情况：基本有序



希尔排序：先追求表中元素部分有序，再逐渐逼近全局有序

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。



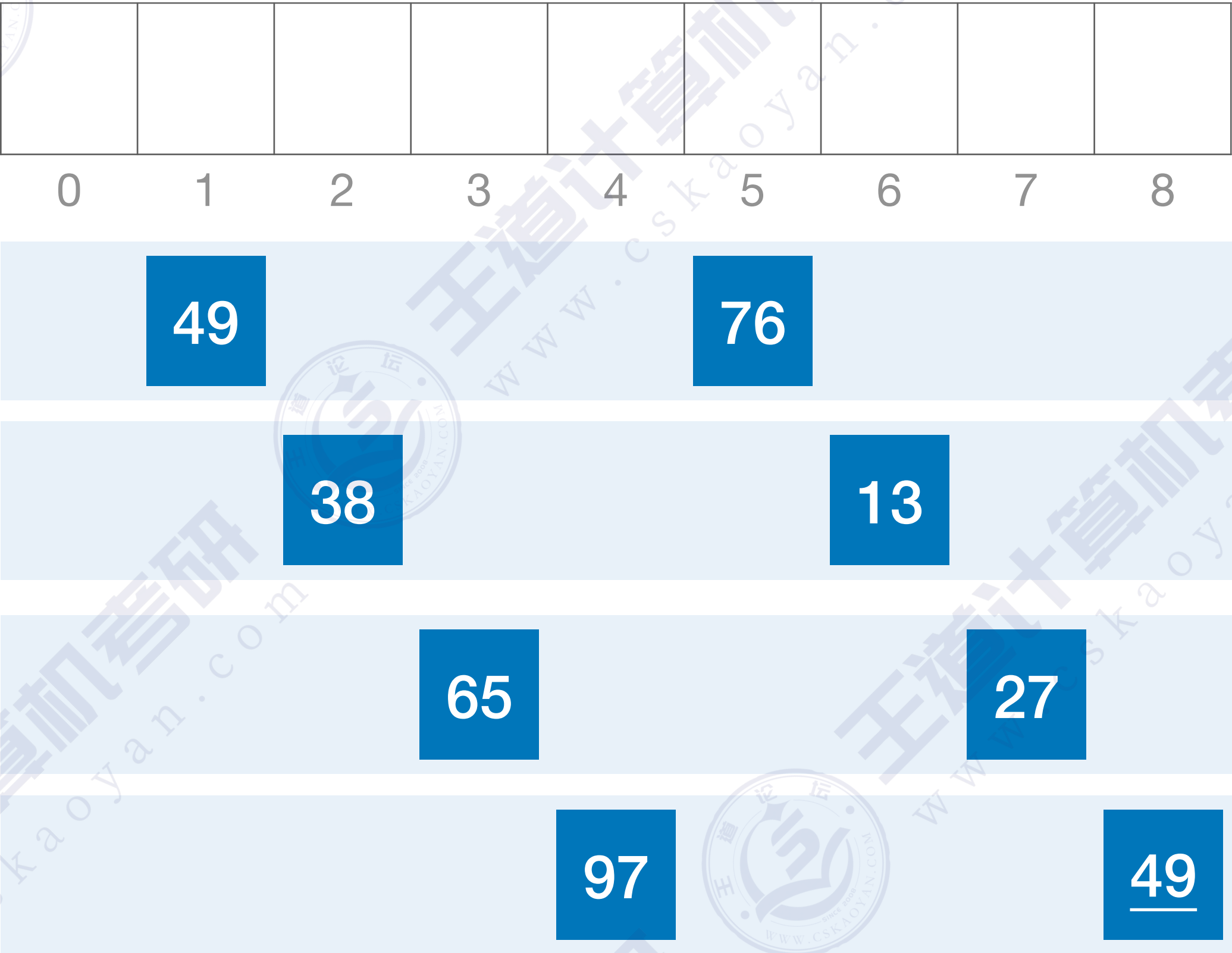
第一趟： $d_1=n/2=4$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=n/2=4$



子表1

子表2

子表3

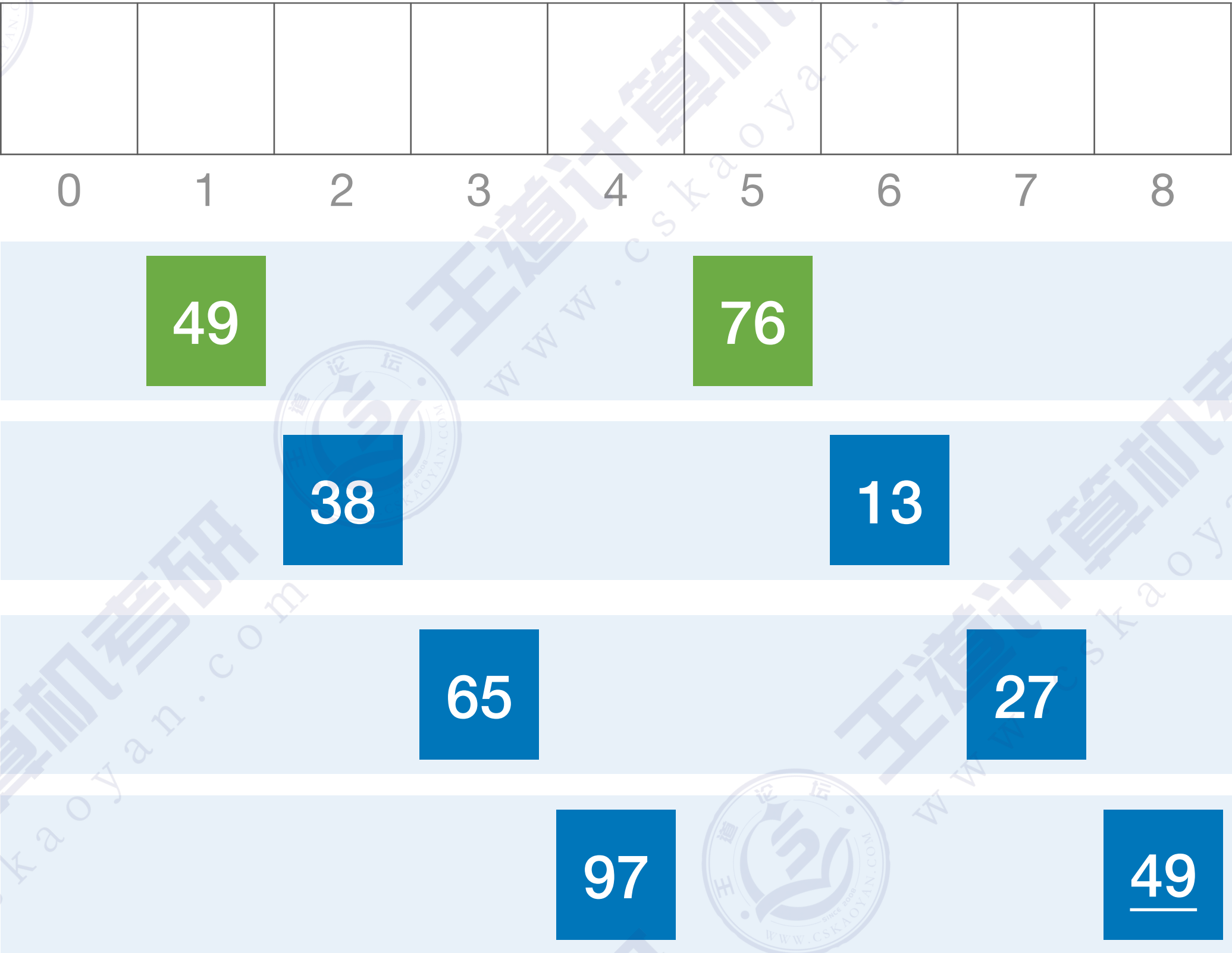
子表4

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=n/2=4$



子表1

子表2

子表3

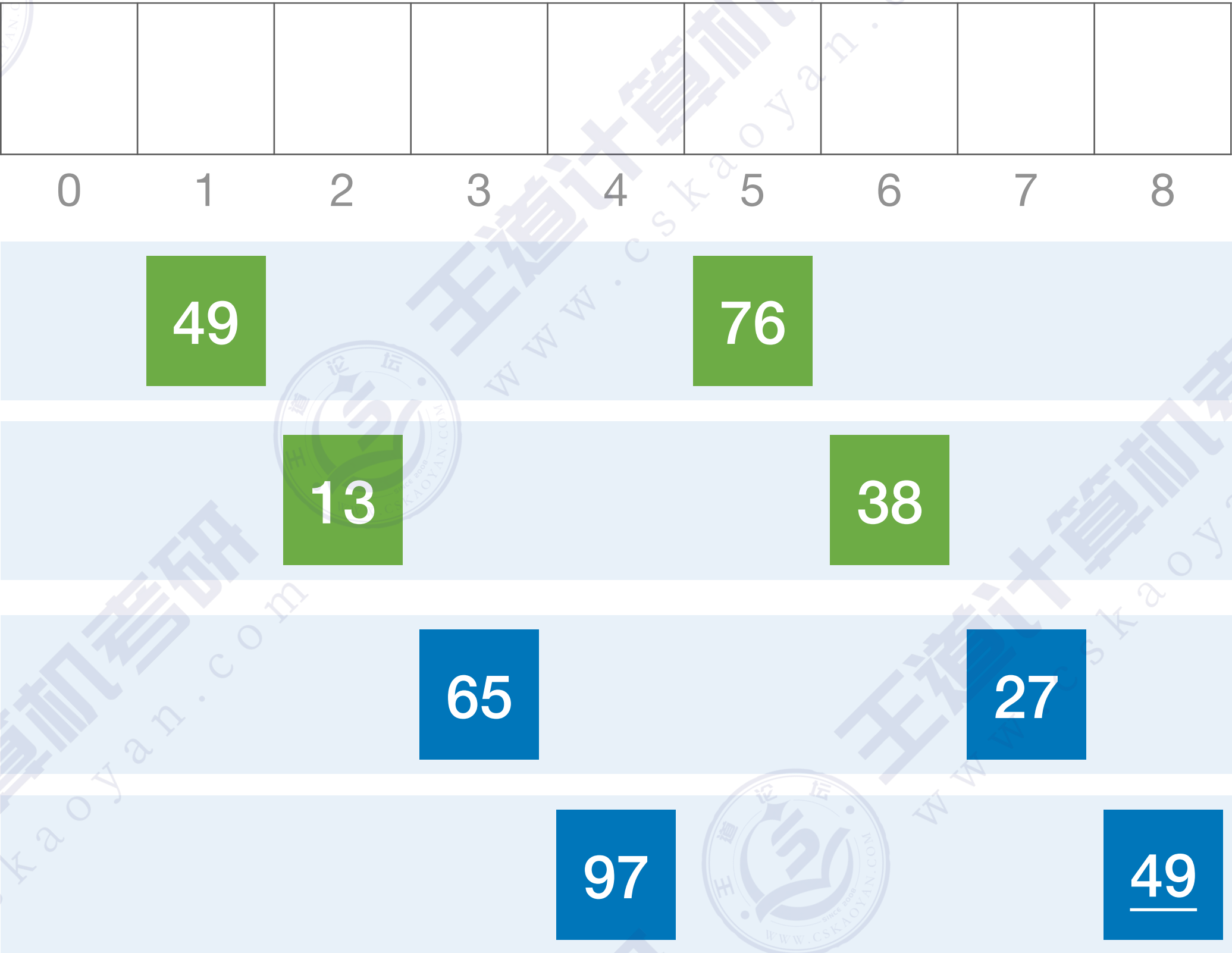
子表4

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=n/2=4$



子表1

子表2

子表3

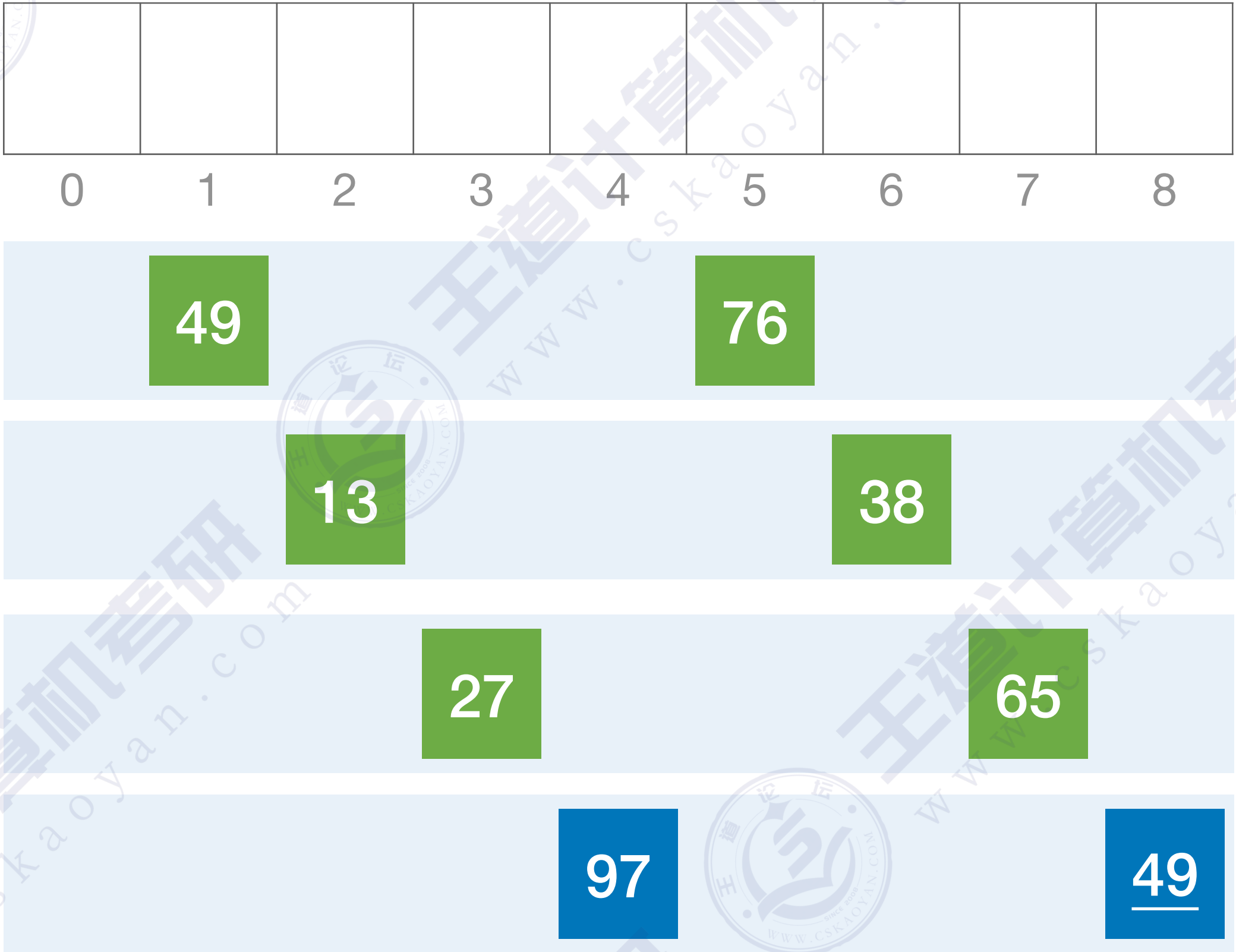
子表4

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=n/2=4$



子表1

子表2

子表3

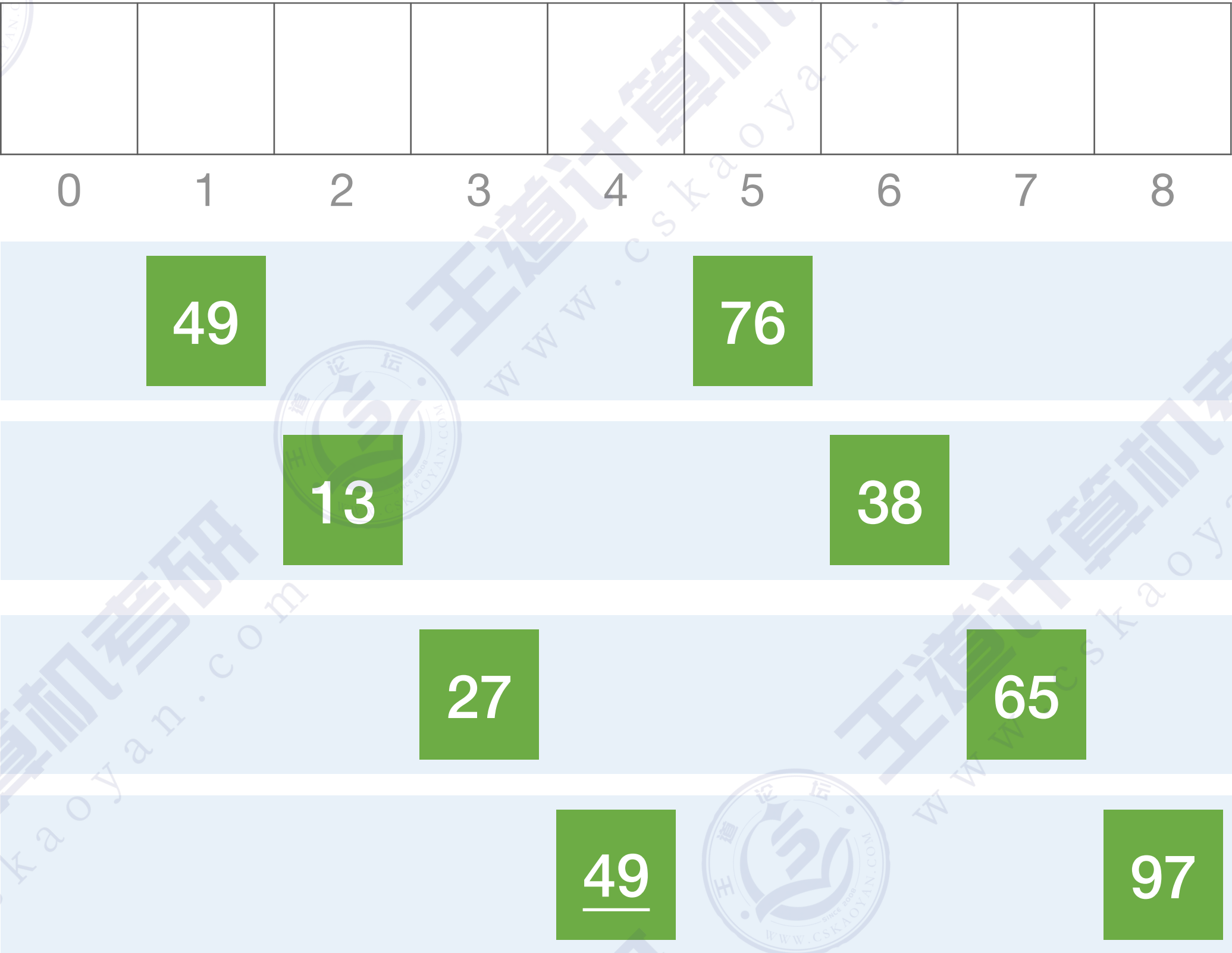
子表4

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=n/2=4$



子表1

子表2

子表3

子表4

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

	49	13	27	<u>49</u>	76	38	65	97
0	1	2	3	4	5	6	7	8

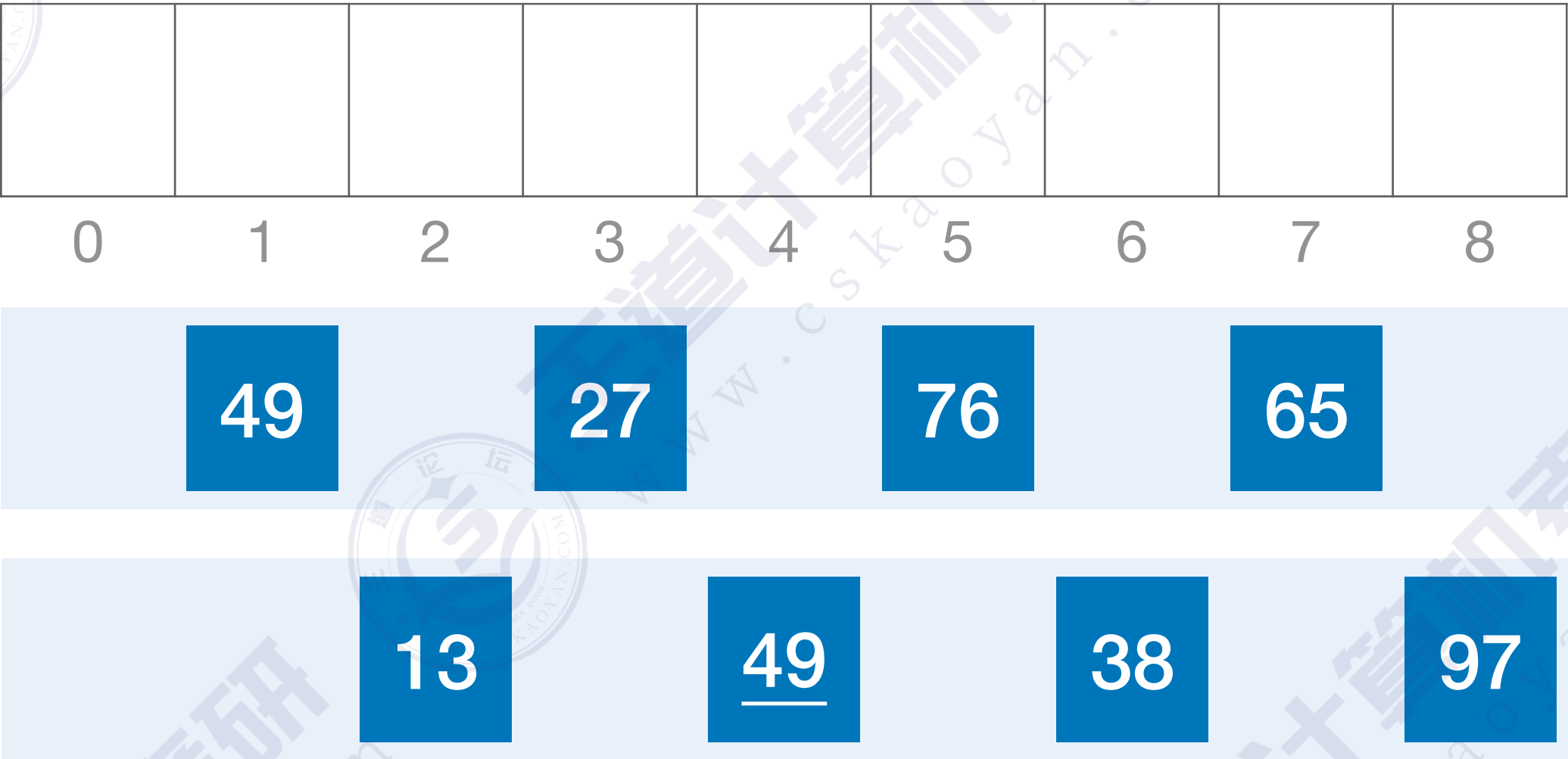
第二趟： $d_2=d_1/2=2$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第二趟： $d_2=d_1/2=2$



子表1

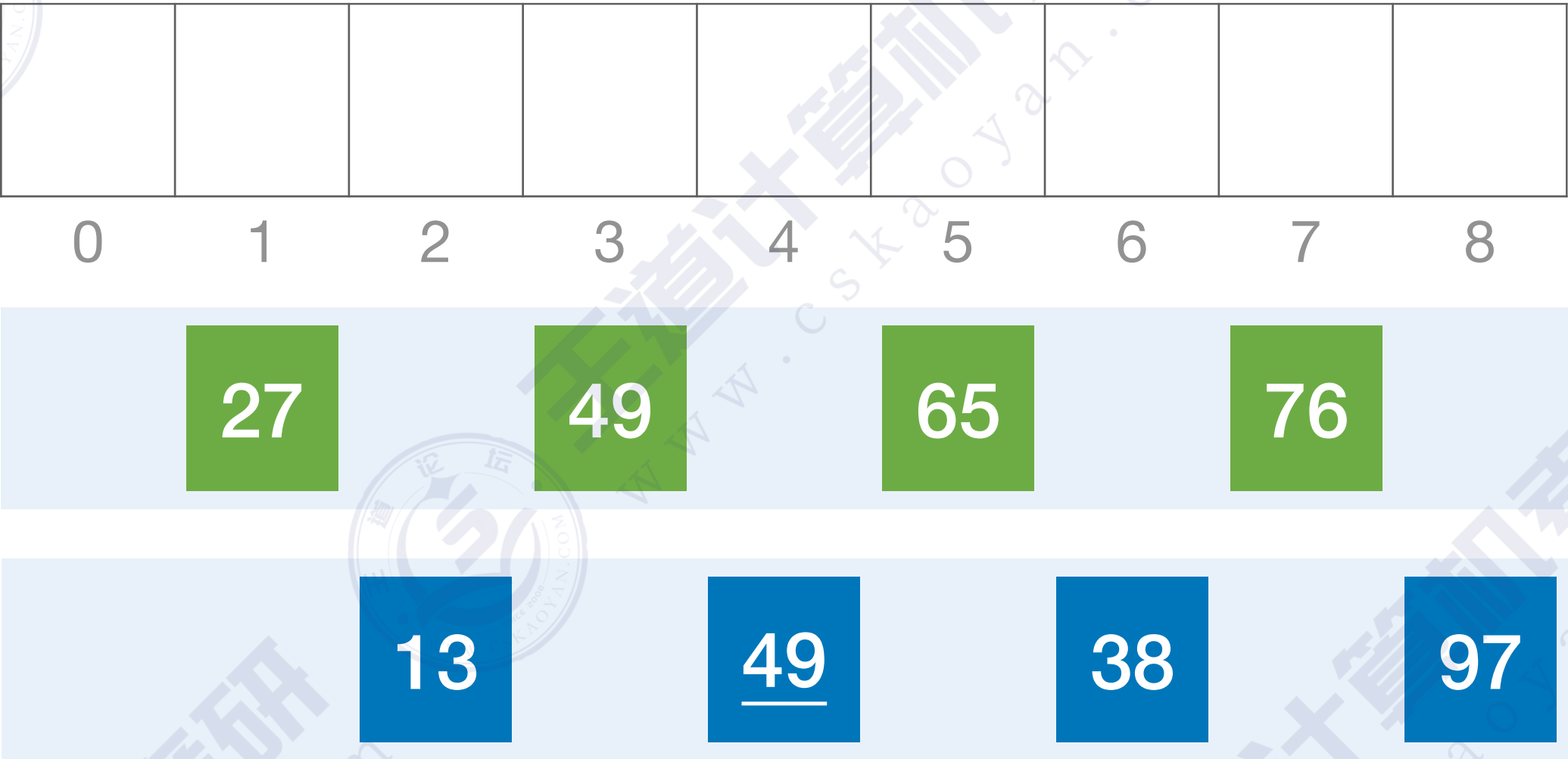
子表2

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第二趟： $d_2=d_1/2=2$



子表1

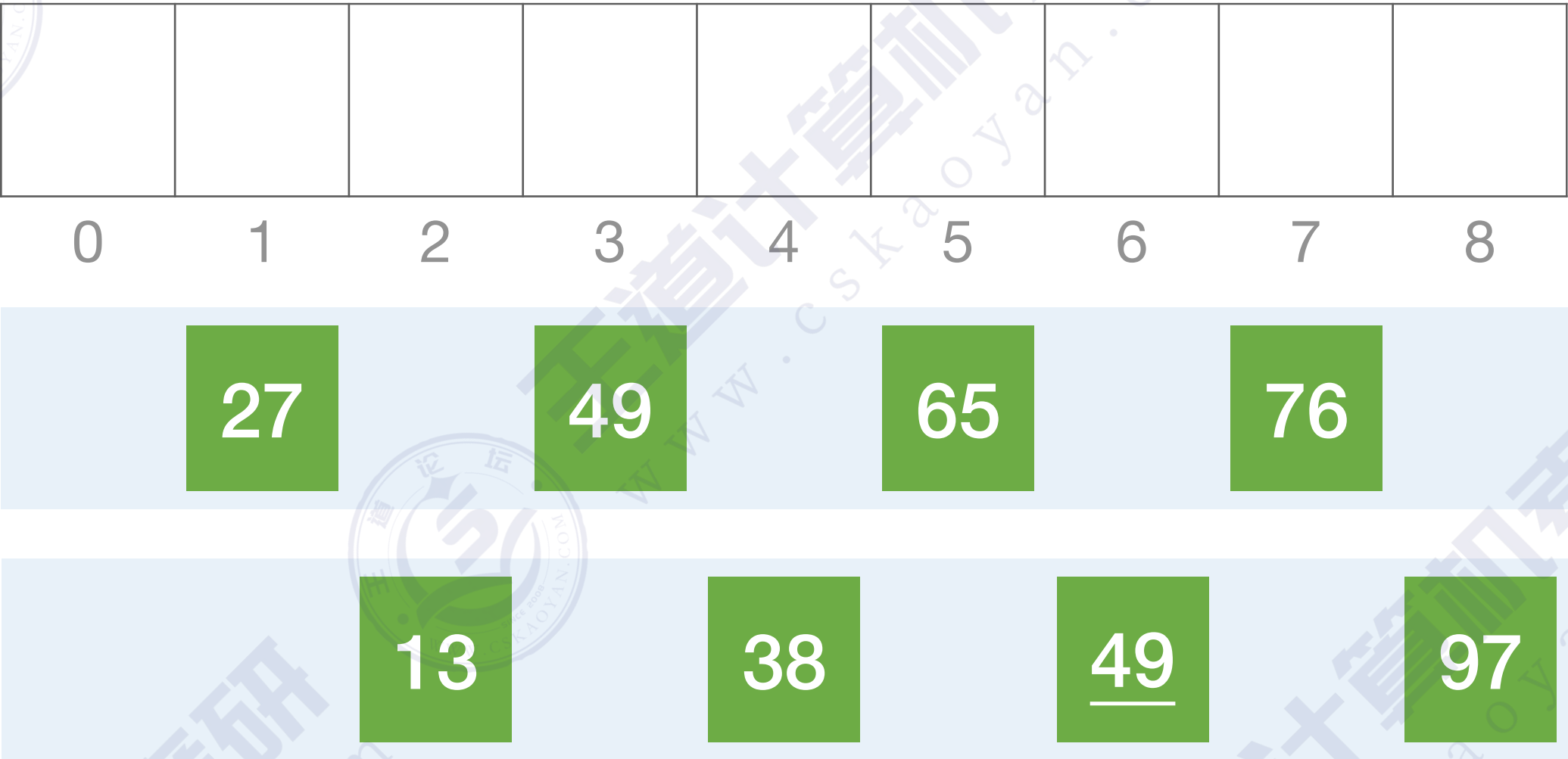
子表2

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第二趟： $d_2=d_1/2=2$



子表1

子表2

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

	27	13	49	38	65	<u>49</u>	76	97
0	1	2	3	4	5	6	7	8

第三趟： $d_3=d_2/2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

0	1	2	3	4	5	6	7	8

第三趟： $d_3=d_2/2=1$

27	13	49	38	65	<u>49</u>	76	97
----	----	----	----	----	-----------	----	----

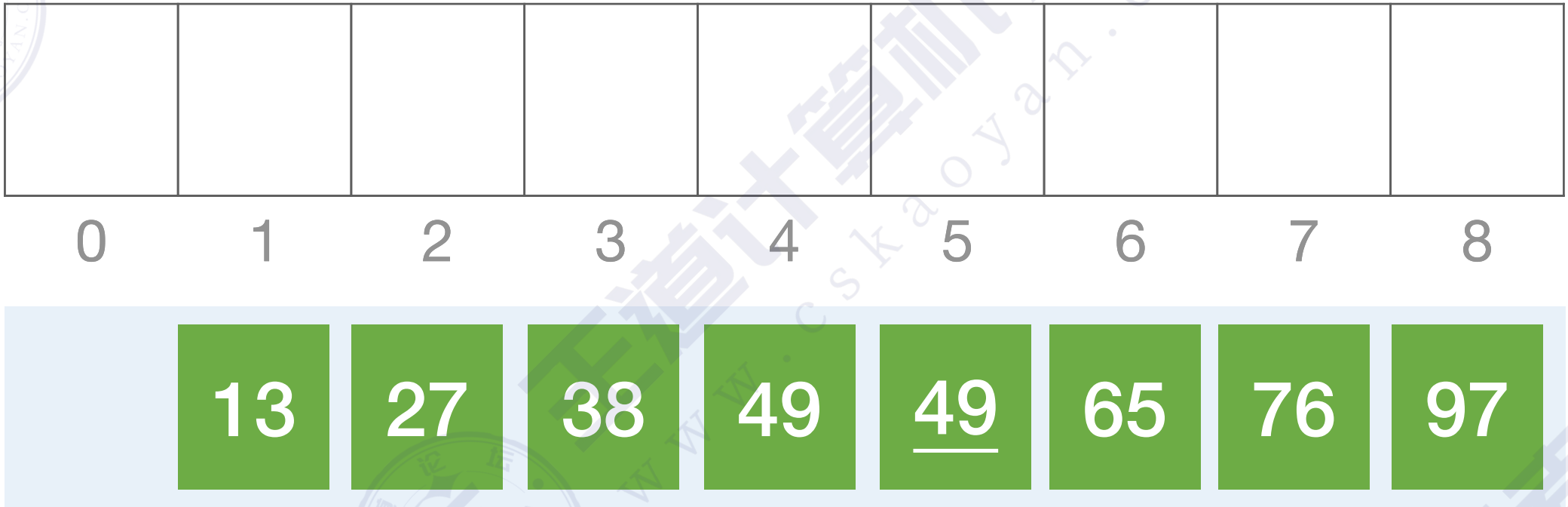
子表1

整个表已呈现出“基本有序”，对整体再进行一次“直接插入排序”

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。



第三趟： $d_3=d_2/2=1$

子表1

整个表已呈现出“基本有序”，对整体再进行一次“直接插入排序”

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

	13	27	38	49	<u>49</u>	65	76	97
0	1	2	3	4	5	6	7	8

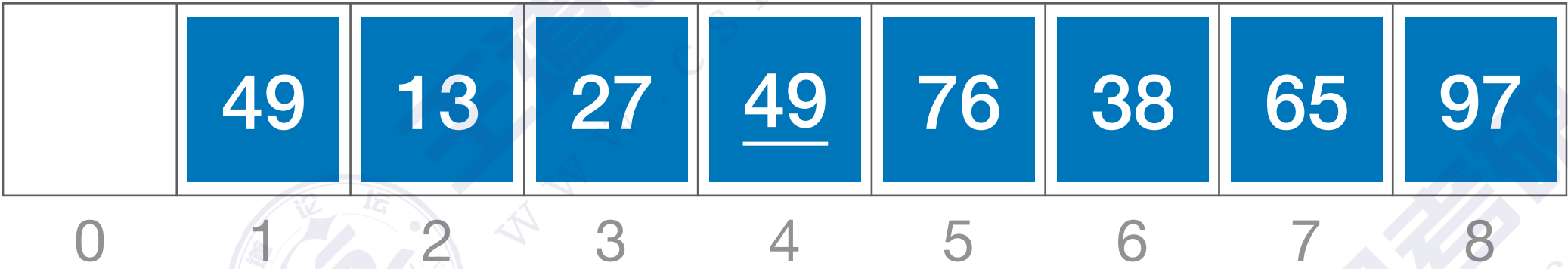
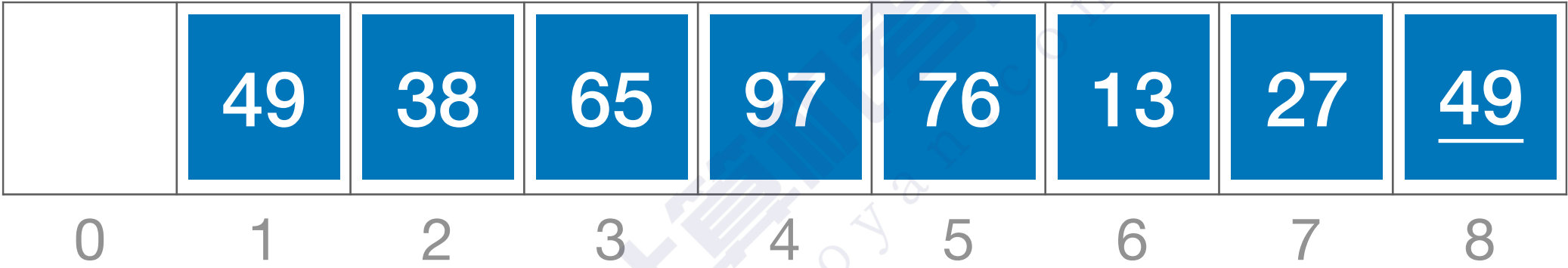
希尔排序 (Shell Sort)



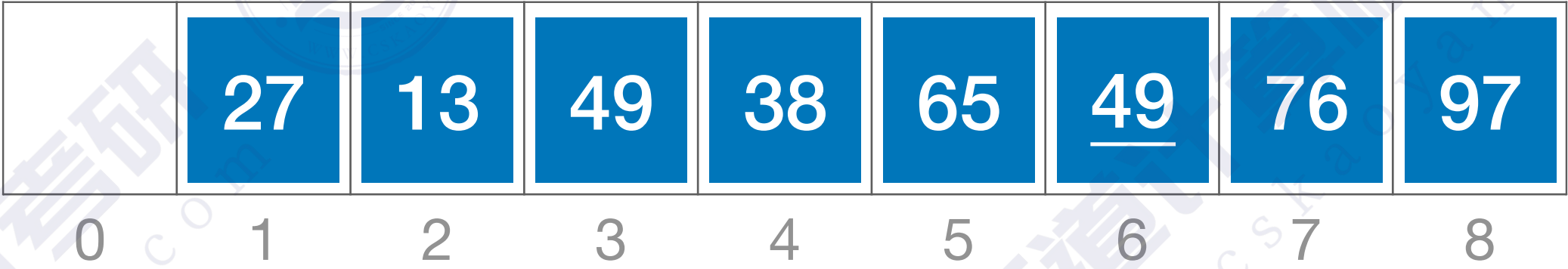
希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

希尔本人建议：每次
将增量缩小一半

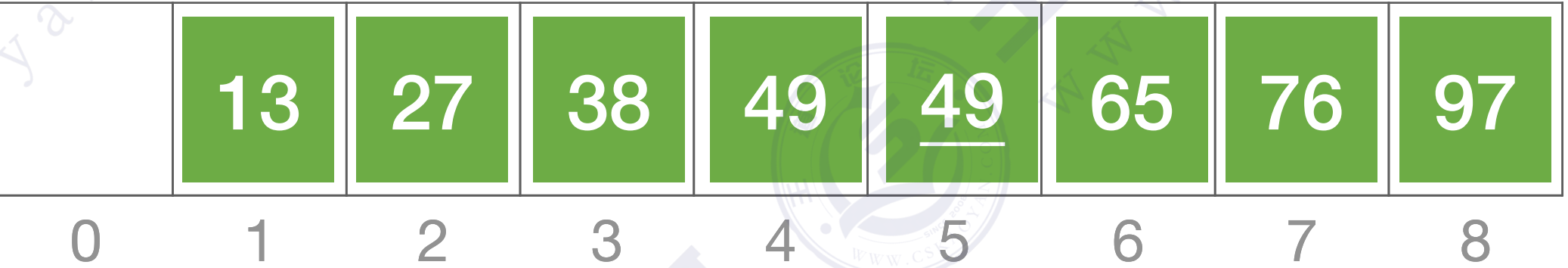
第一趟： $d_1 = n/2 = 4$



第二趟： $d_2 = d_1/2 = 2$



第三趟： $d_3 = d_2/2 = 1$



希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$

	49	38	65	97	76	13	27	<u>49</u>
0	1	2	3	4	5	6	7	8

	49	38	65	97	76	13	27	<u>49</u>
0	1	2	3	4	5	6	7	8

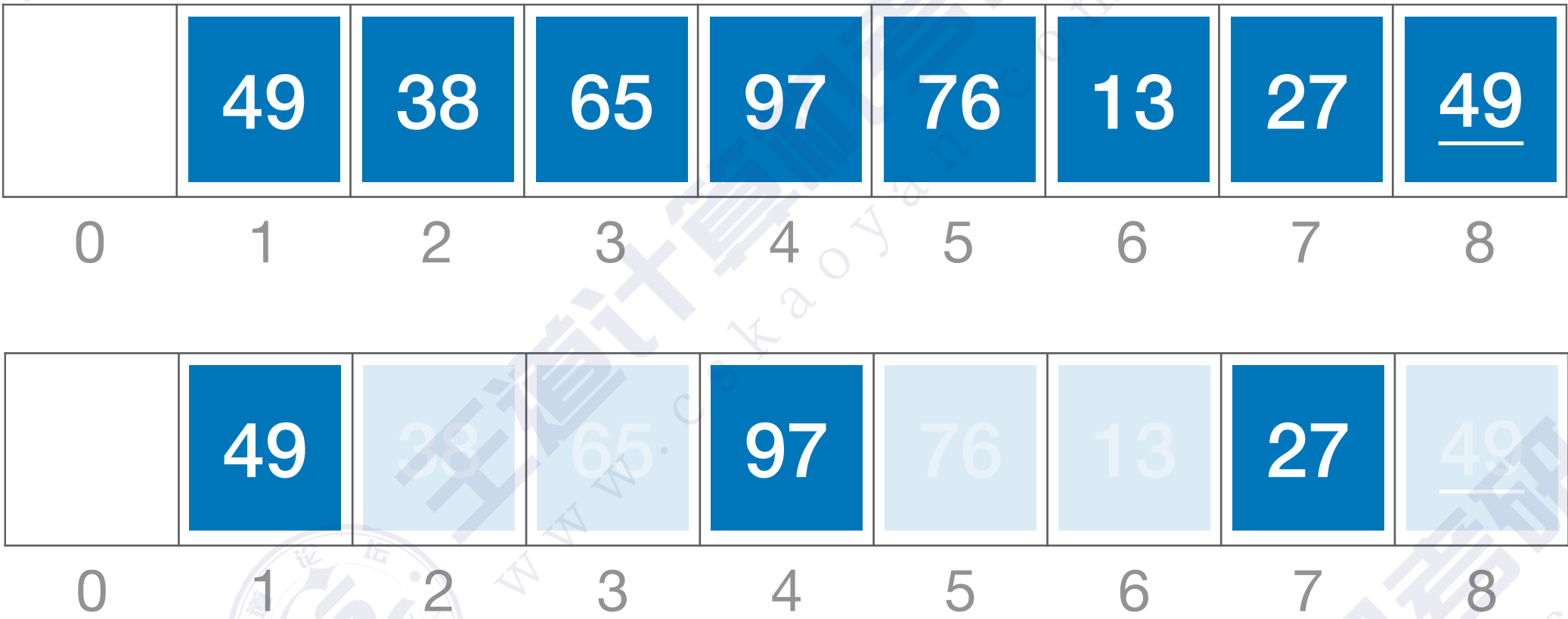
第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$



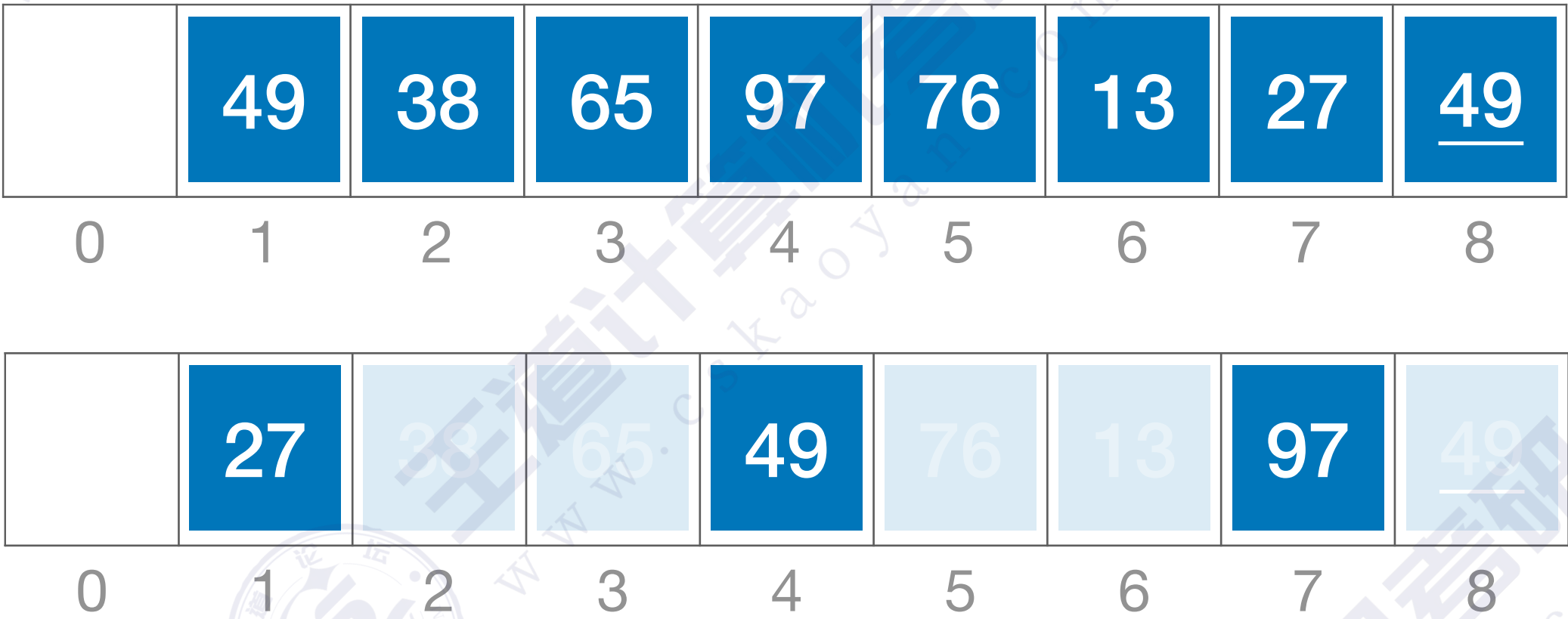
第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$



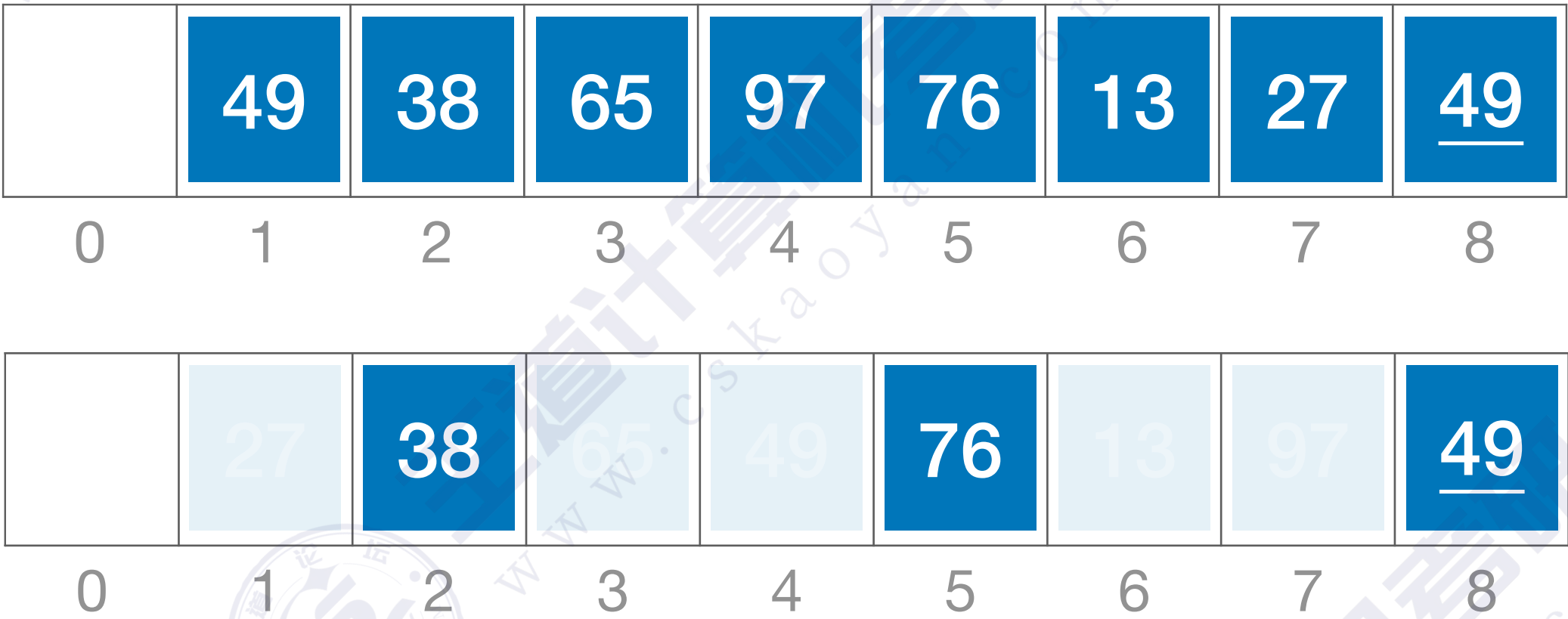
第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$



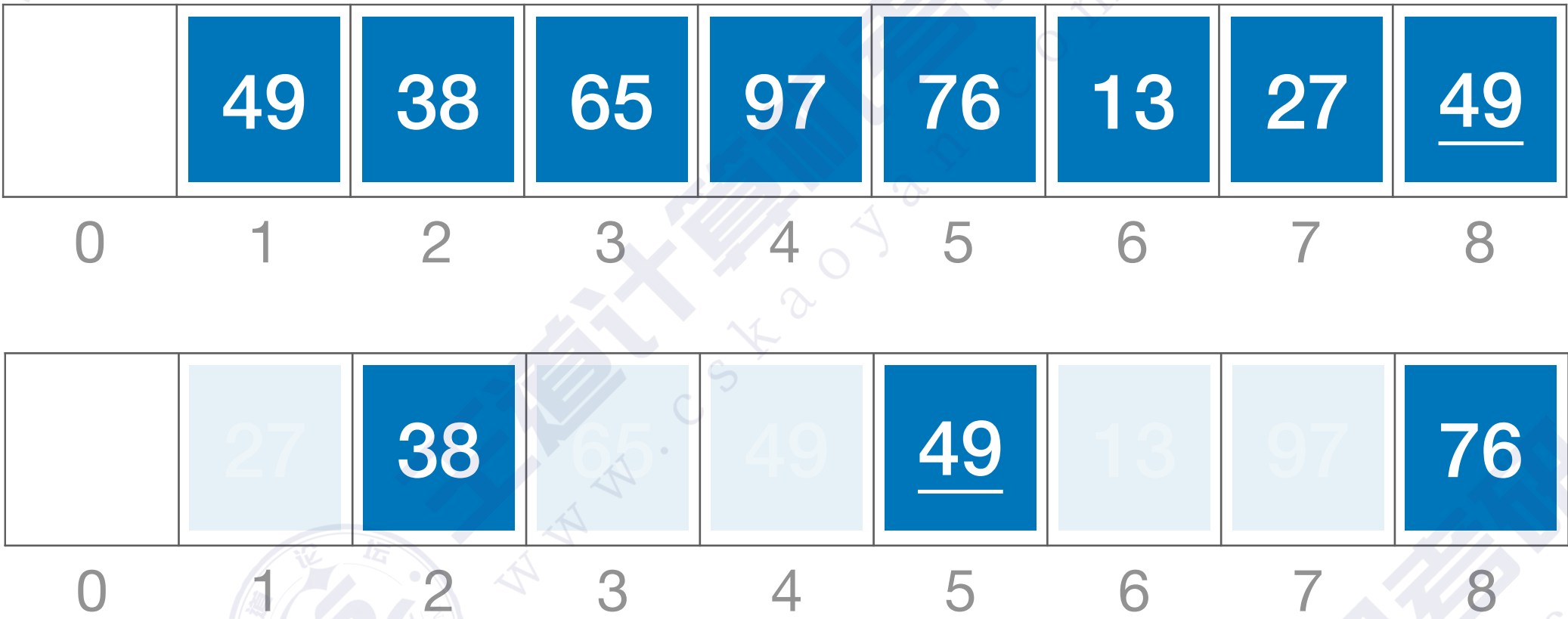
第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$



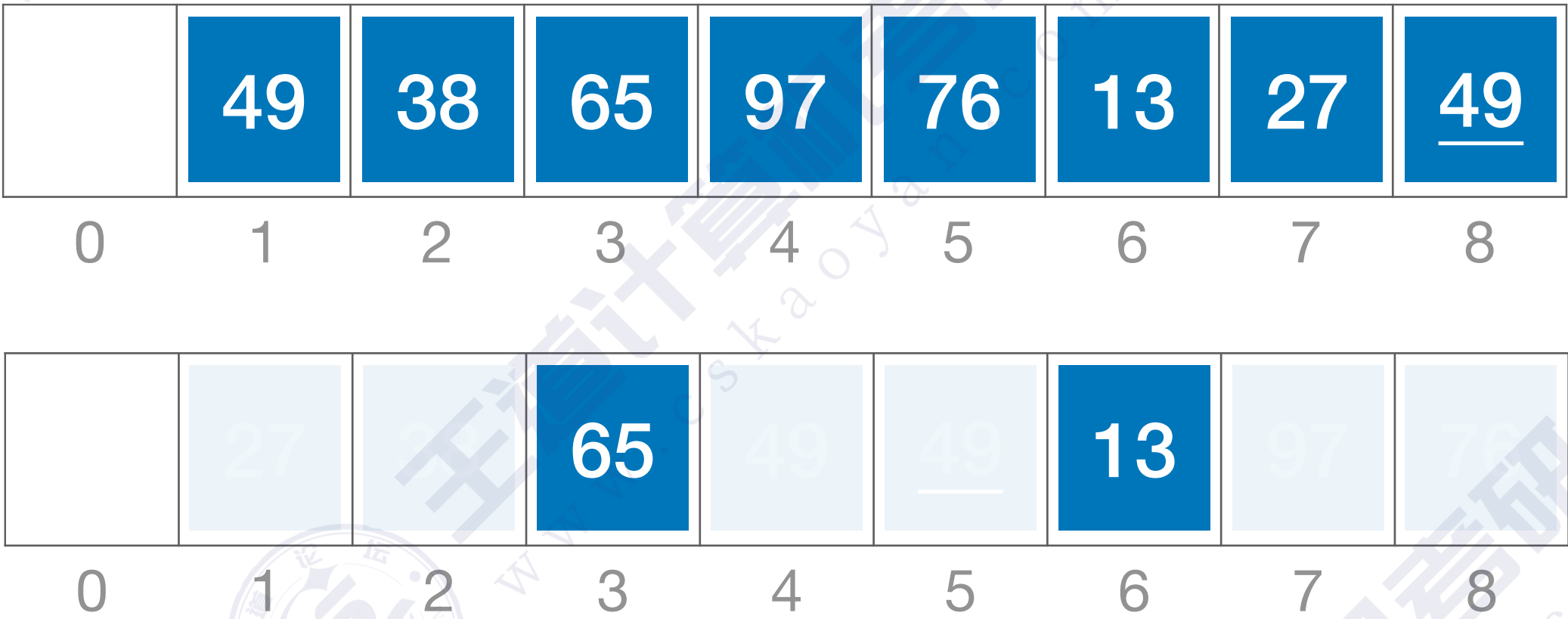
第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$



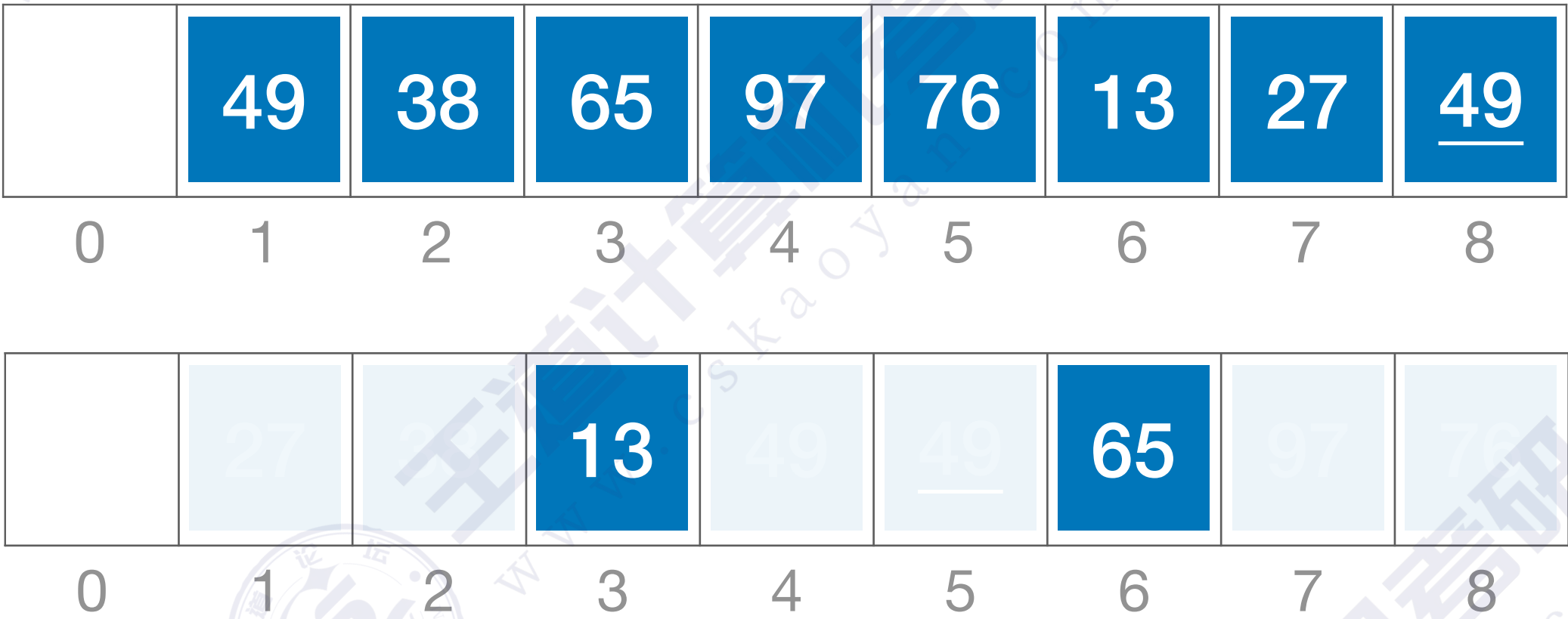
第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$



第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

第一趟： $d_1=3$

	49	38	65	97	76	13	27	<u>49</u>
0	1	2	3	4	5	6	7	8

	27	38	13	49	<u>49</u>	65	97	76
0	1	2	3	4	5	6	7	8

第二趟： $d_2=1$

希尔排序 (Shell Sort)



希尔排序：先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

考试中可能遇到各种增量

第一趟： $d_1=3$

	49	38	65	97	76	13	27	<u>49</u>
0	1	2	3	4	5	6	7	8

	27	38	13	49	<u>49</u>	65	97	76
0	1	2	3	4	5	6	7	8

第二趟： $d_2=1$

	13	27	38	49	<u>49</u>	65	76	97
0	1	2	3	4	5	6	7	8

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
    int d, i, j;
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
                A[j+d]=A[0];    //插入
            }//if
    }
```

第一趟：d=n/2=4

	49	38	65	97	76	13	27	<u>49</u>
0	1	2	3	4	5	6	7	8

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

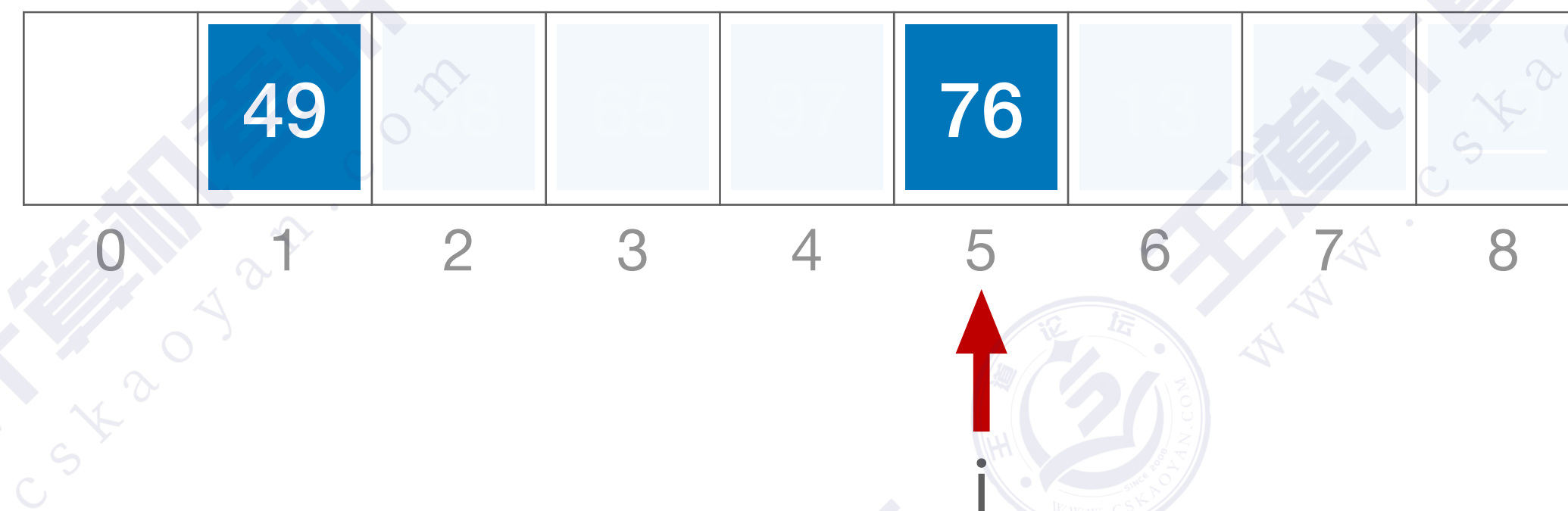
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

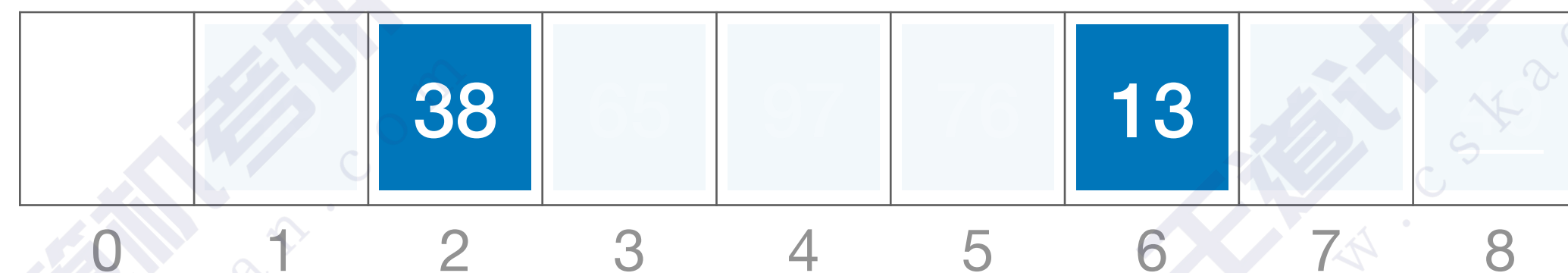
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

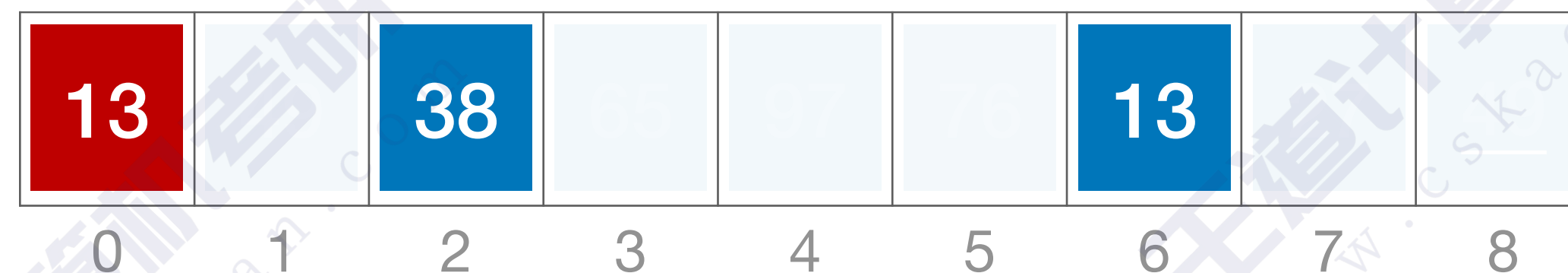
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

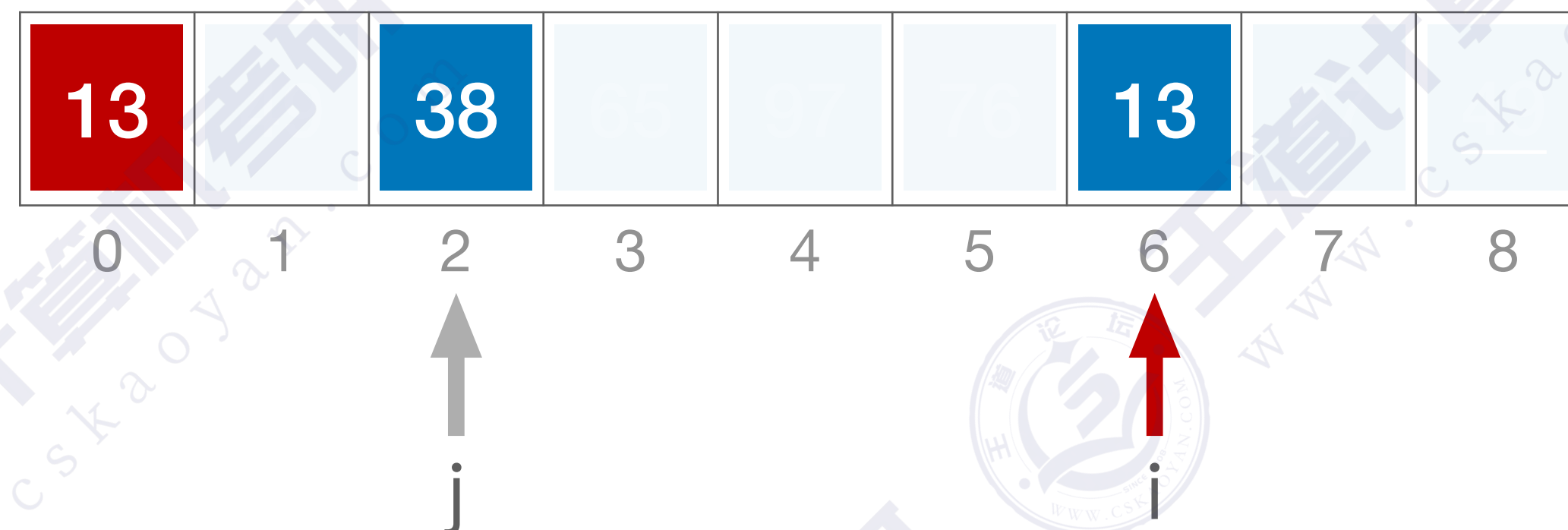
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

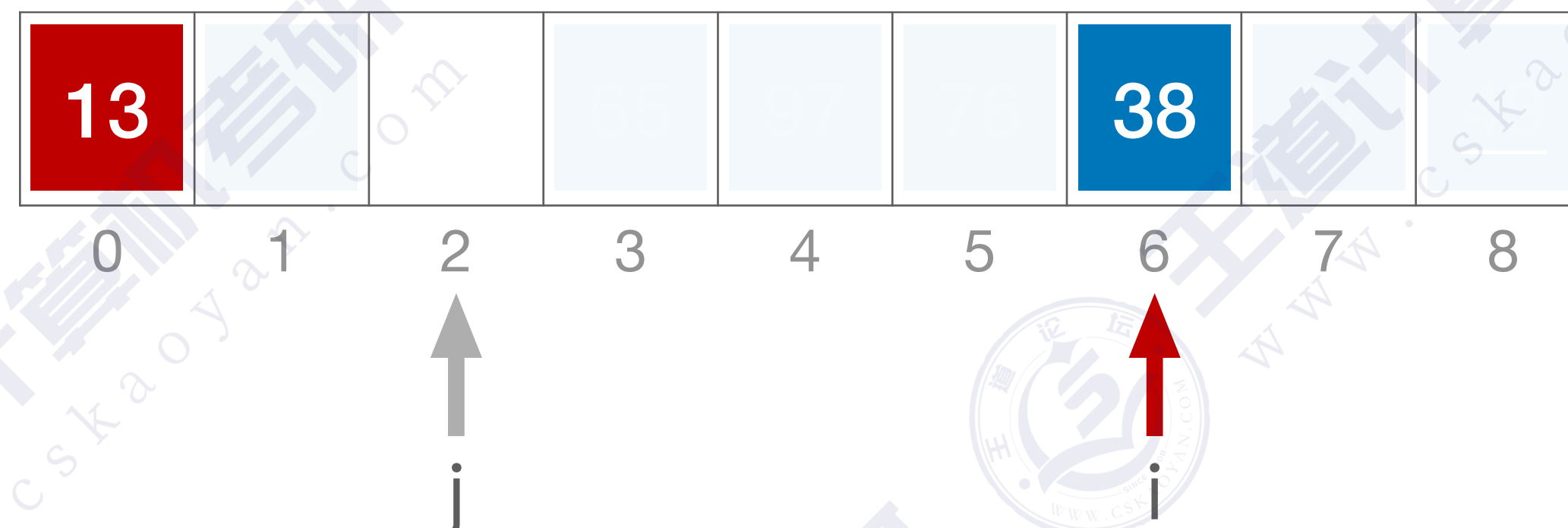
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

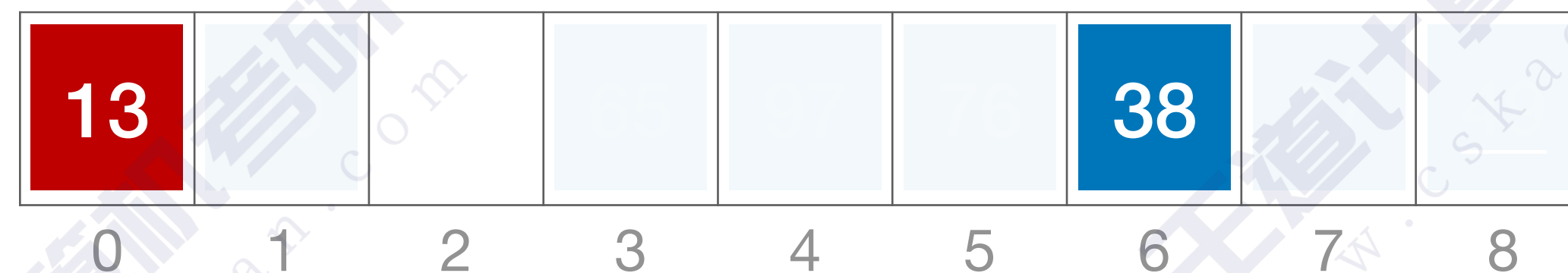
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



↑
j=-2

↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

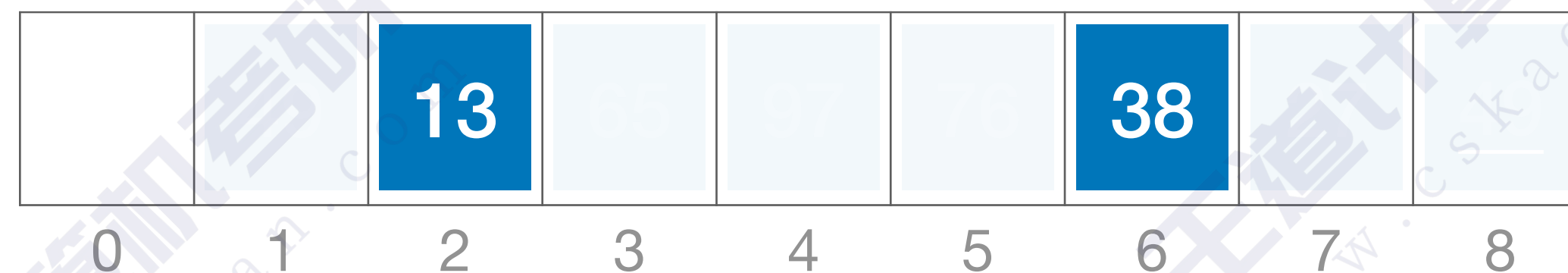
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

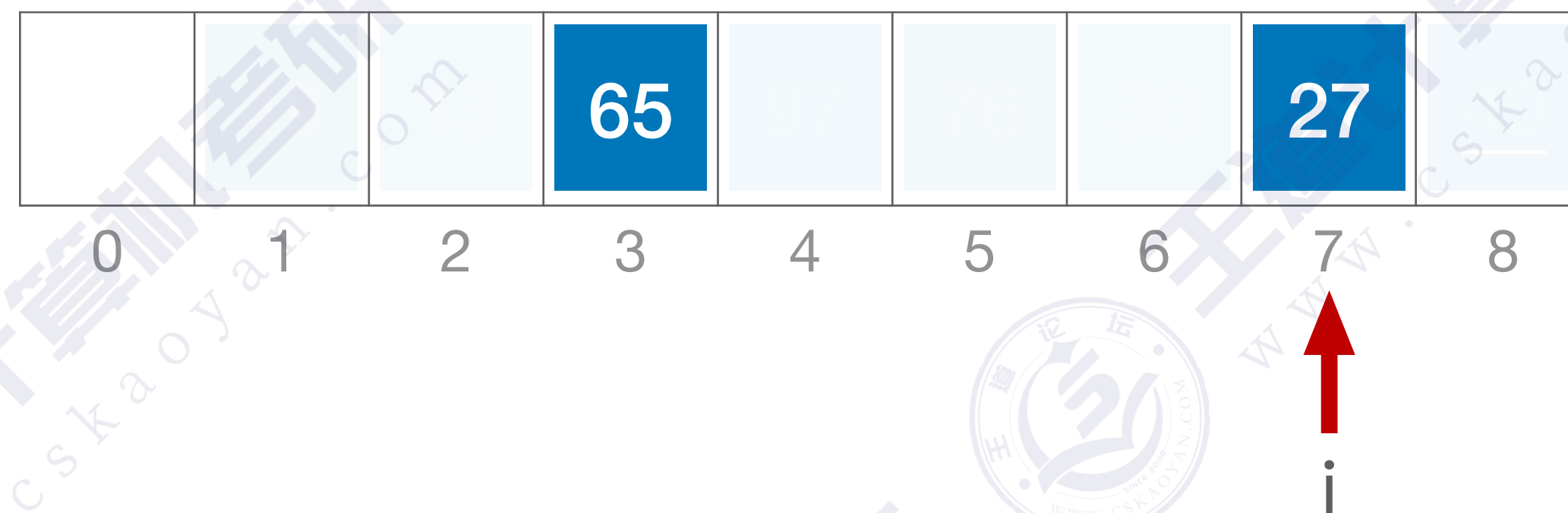
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4




```
void ShellSort(int A[],int n){
    int d, i, j;
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)        //步长变化
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
            if(A[i]<A[i-d]){           //需将A[i]插入有序增量子表
                A[0]=A[i];             //暂存在A[0]
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
                    A[j+d]=A[j];       //记录后移，查找插入的位置
                A[j+d]=A[0];           //插入
            }
}
```

Diagram illustrating the initial state of the array `arr` for the selection sort algorithm. The array contains the values `27`, `65`, and `27` at indices `0`, `3`, and `7` respectively. The element `65` is the current element being compared, and `27` is the smallest element found so far. The pointers `i` and `j` are shown at indices `7` and `3` respectively.

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

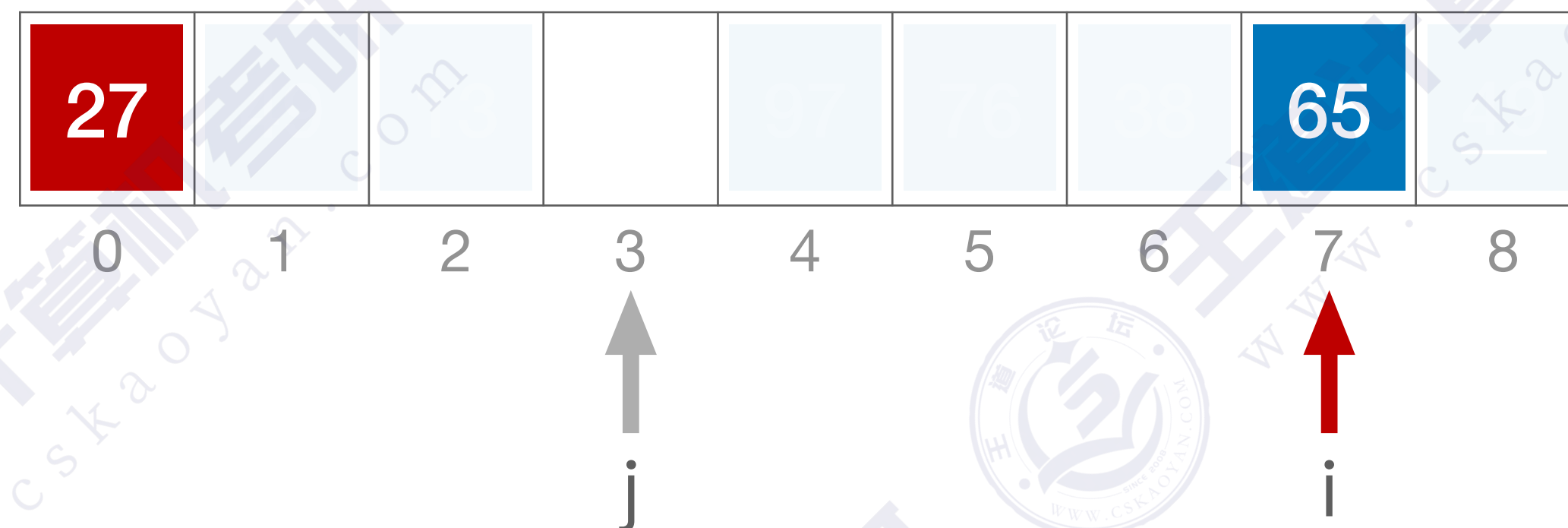
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

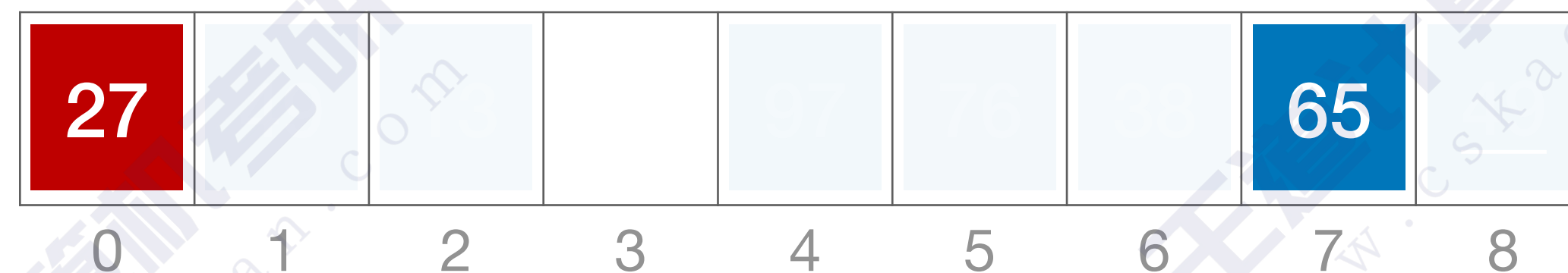
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

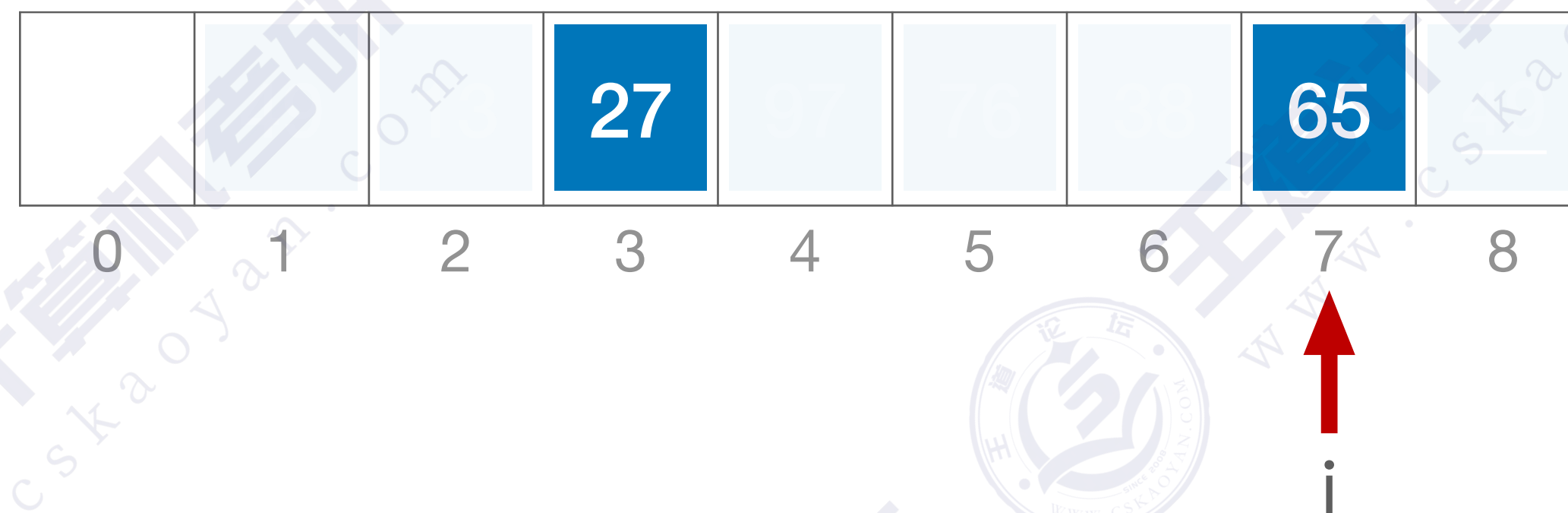
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

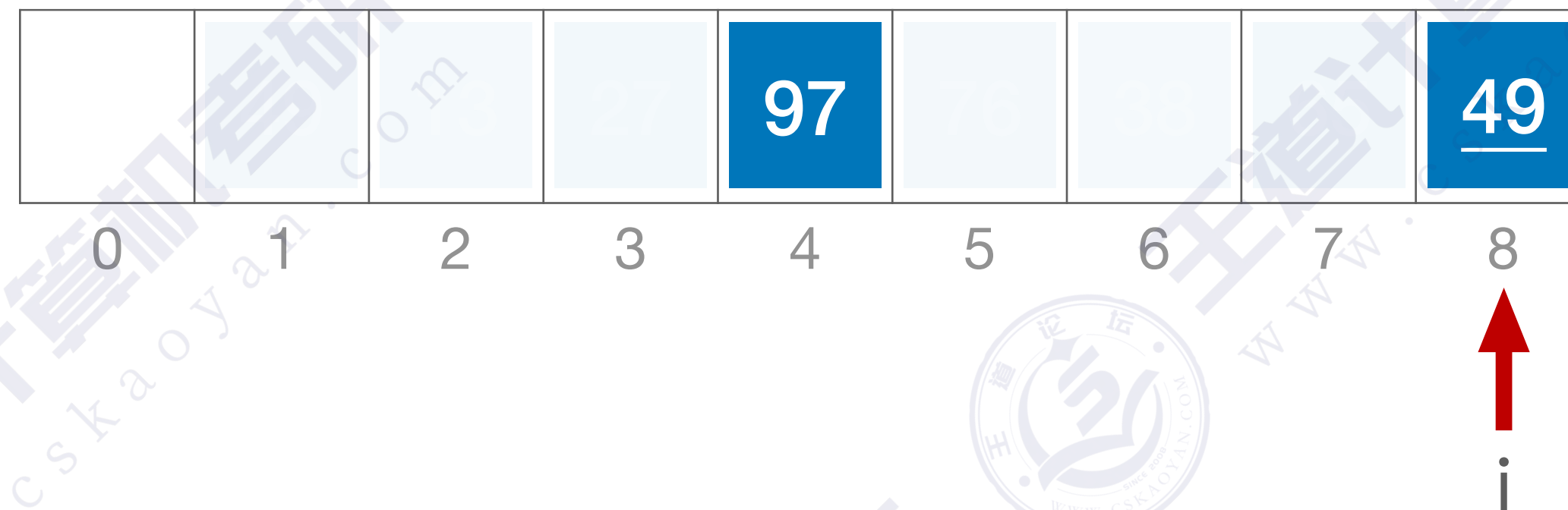
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

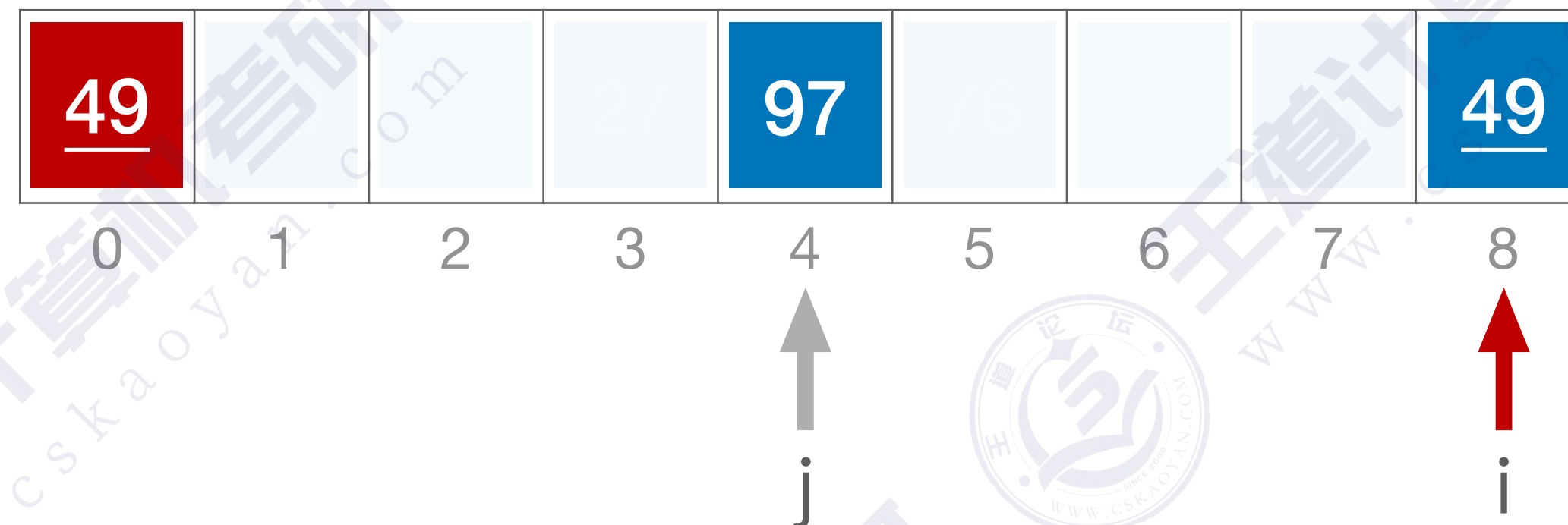
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4

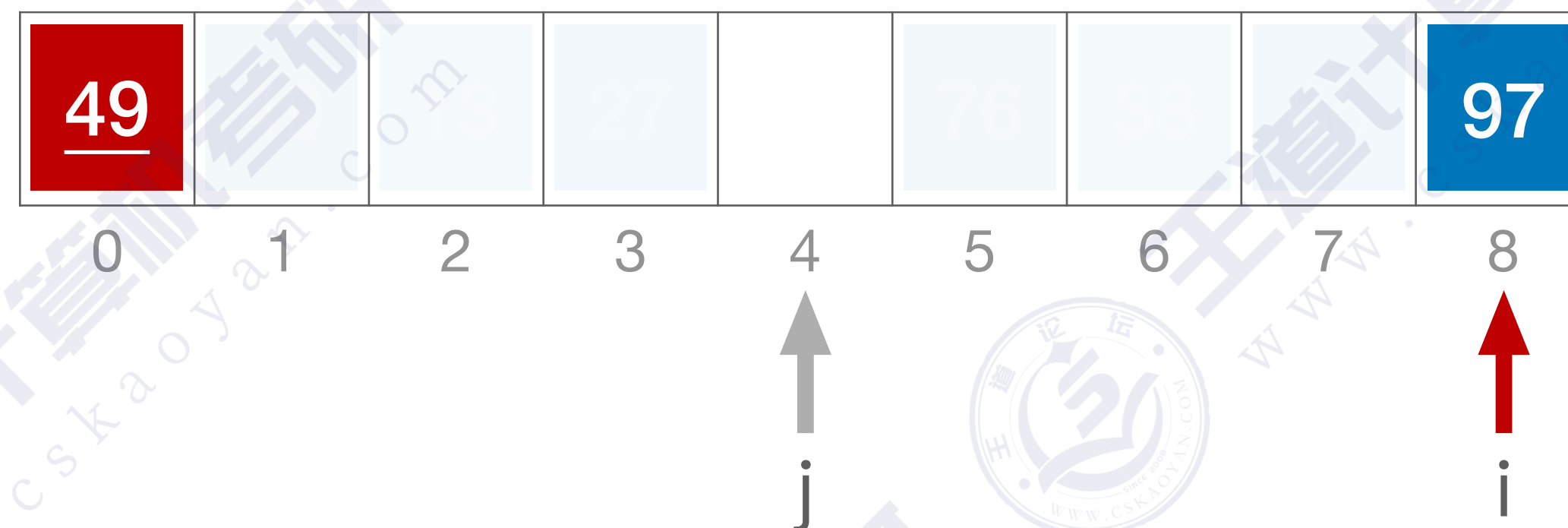


算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
    int d, i, j;
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
                A[j+d]=A[0];    //插入
            }//if
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

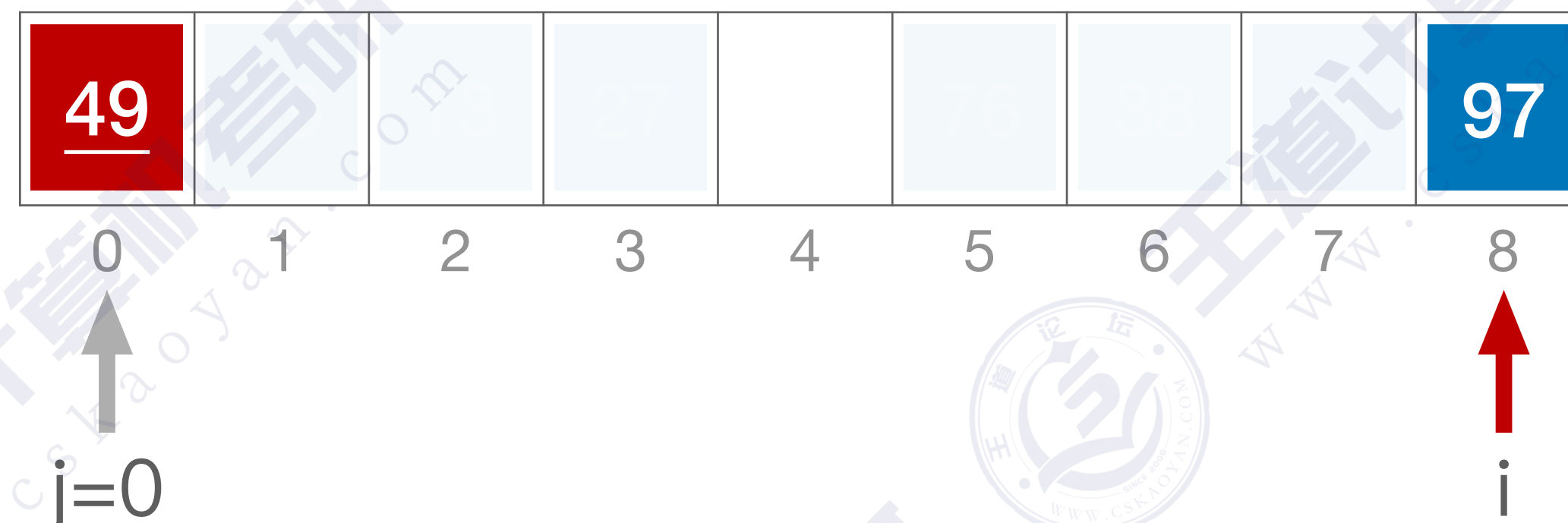
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

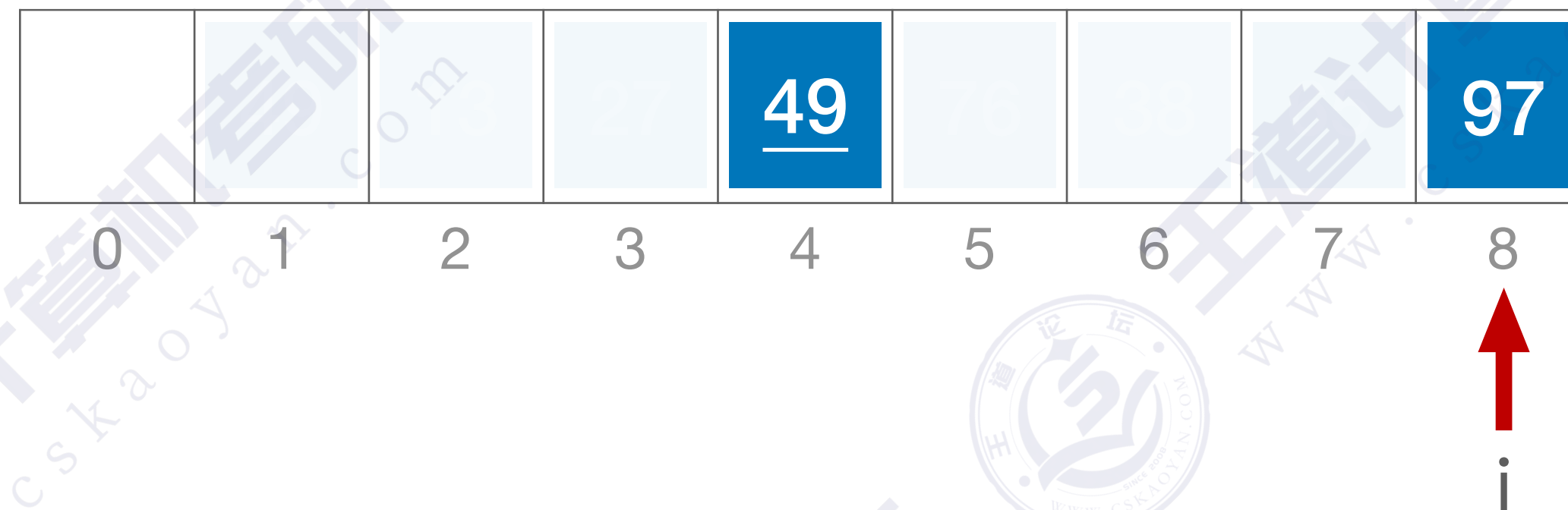
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第一趟：d=n/2=4



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2

	49	13	27	<u>49</u>	76	38	65	97
0	1	2	3	4	5	6	7	8

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

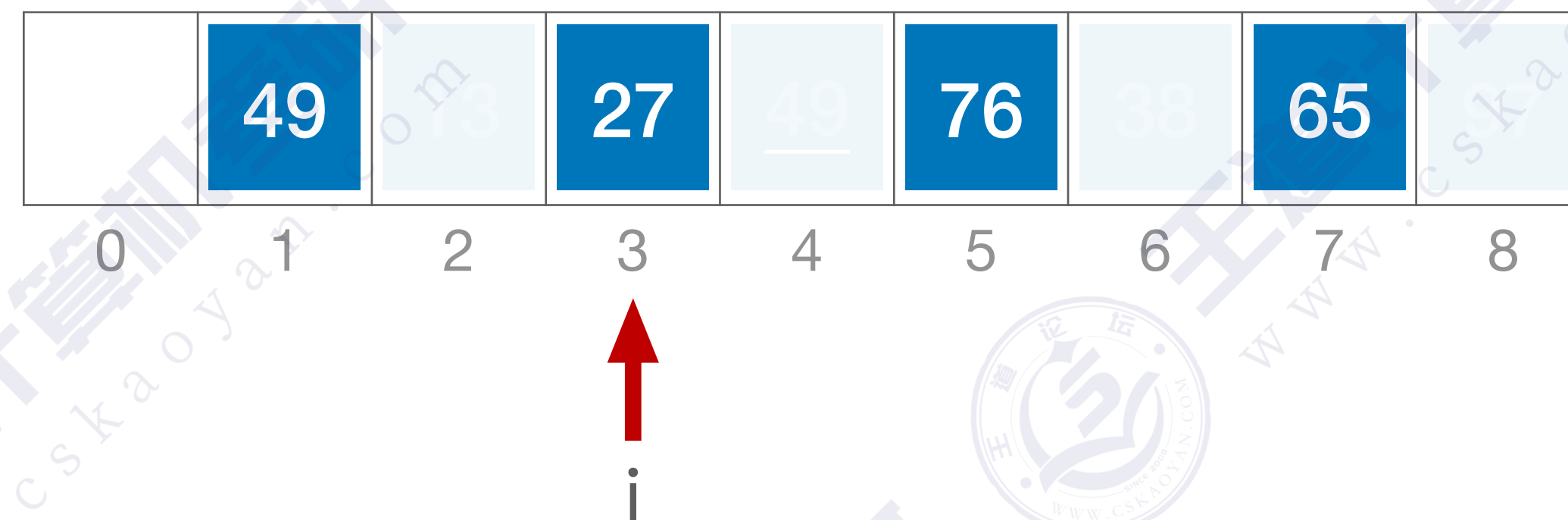
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

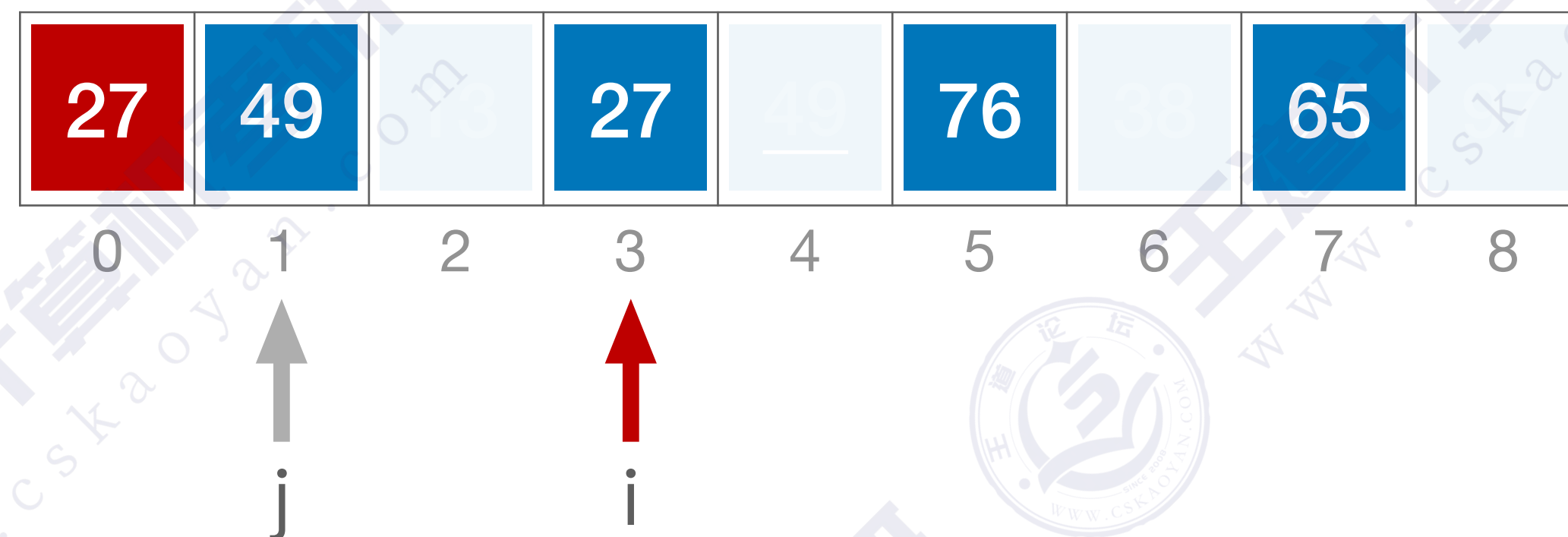
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

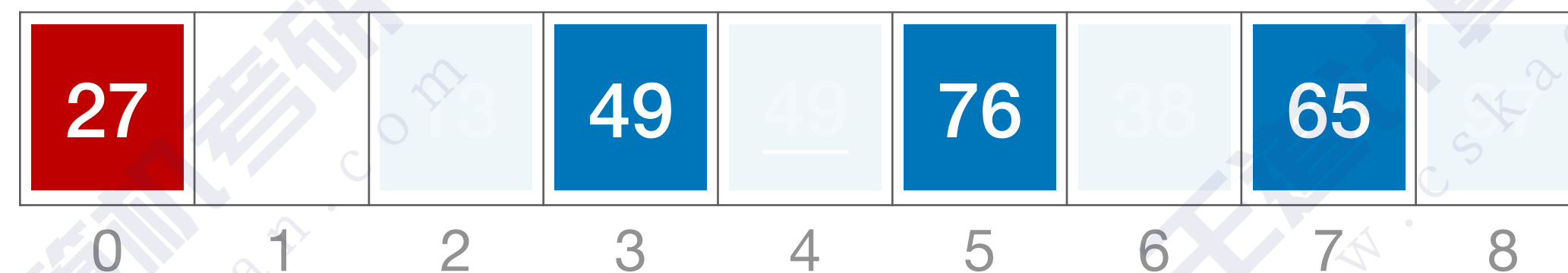
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



↑
j=-1

↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

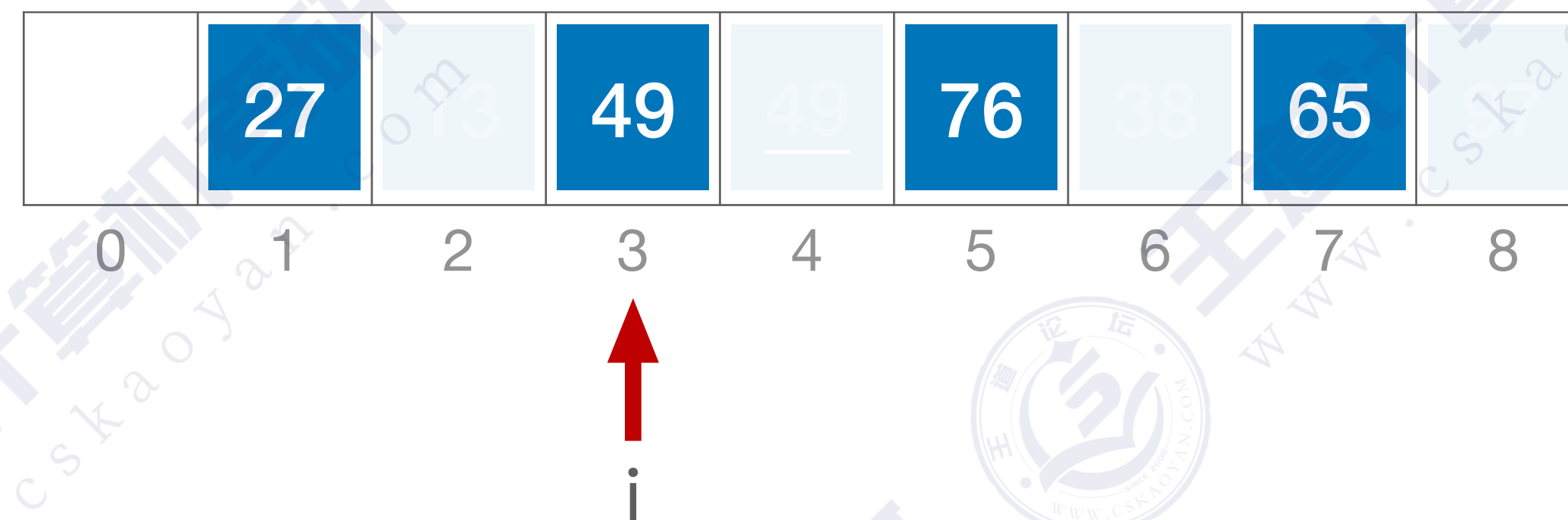
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

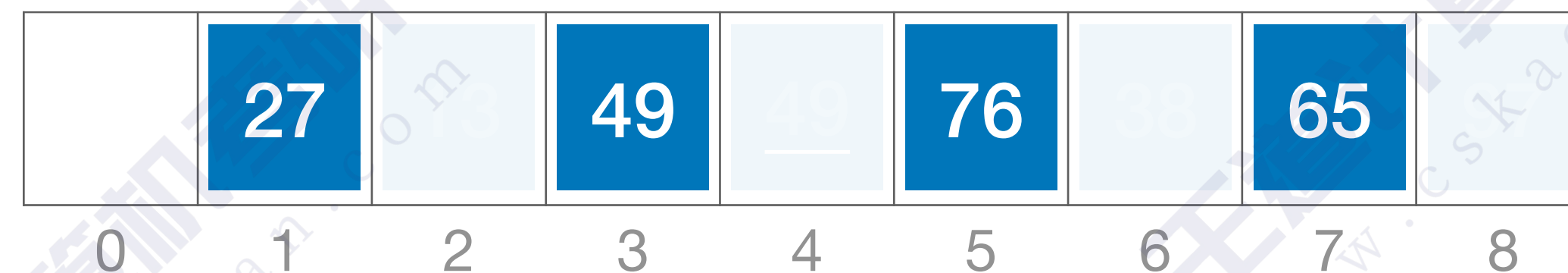
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
    int d, i, j;
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
                A[j+d]=A[0];    //插入
            }//if
    }
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

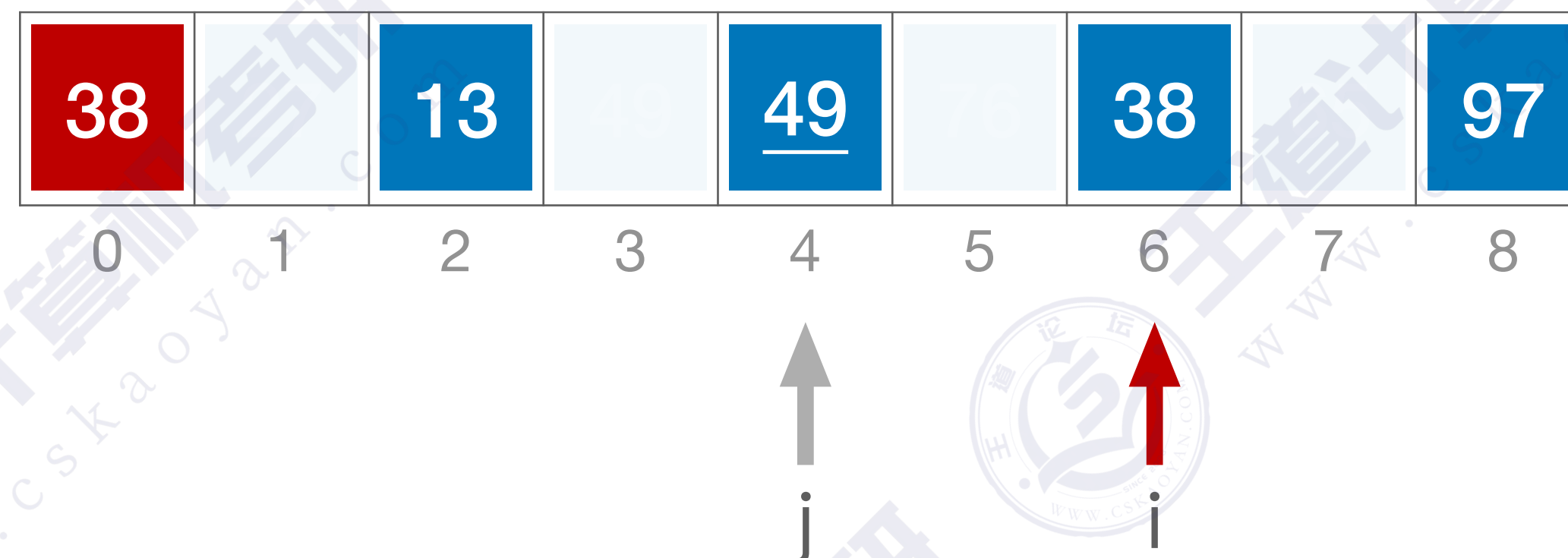
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

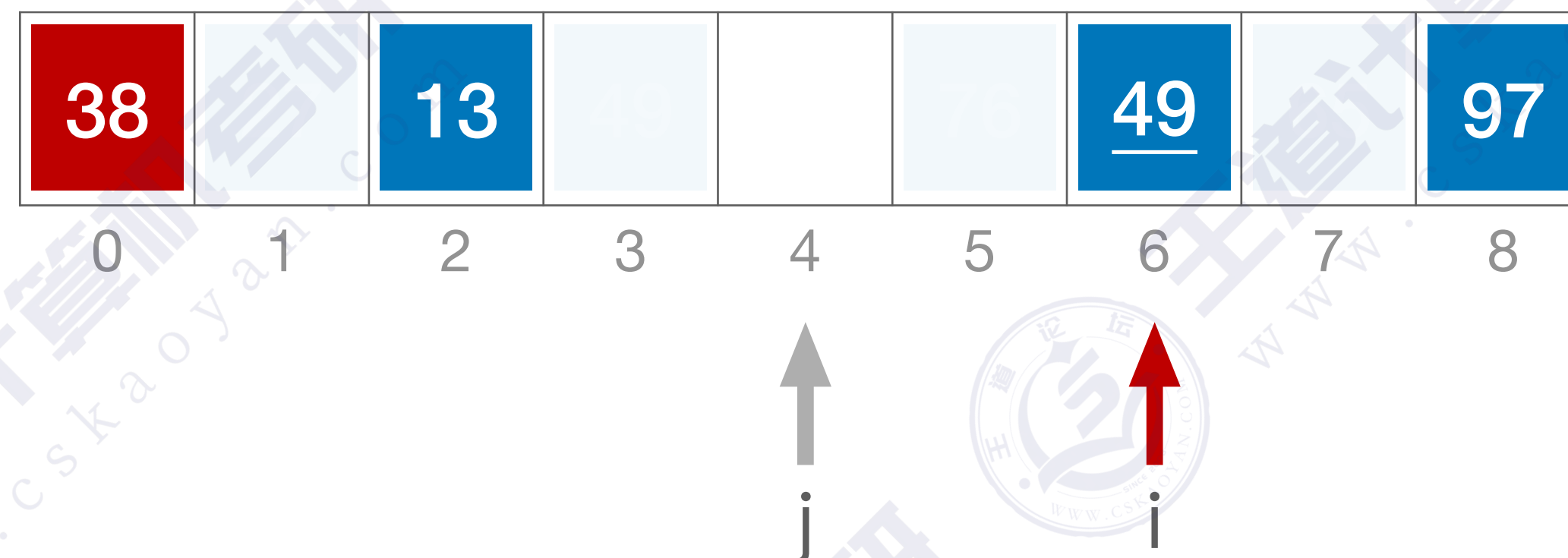
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

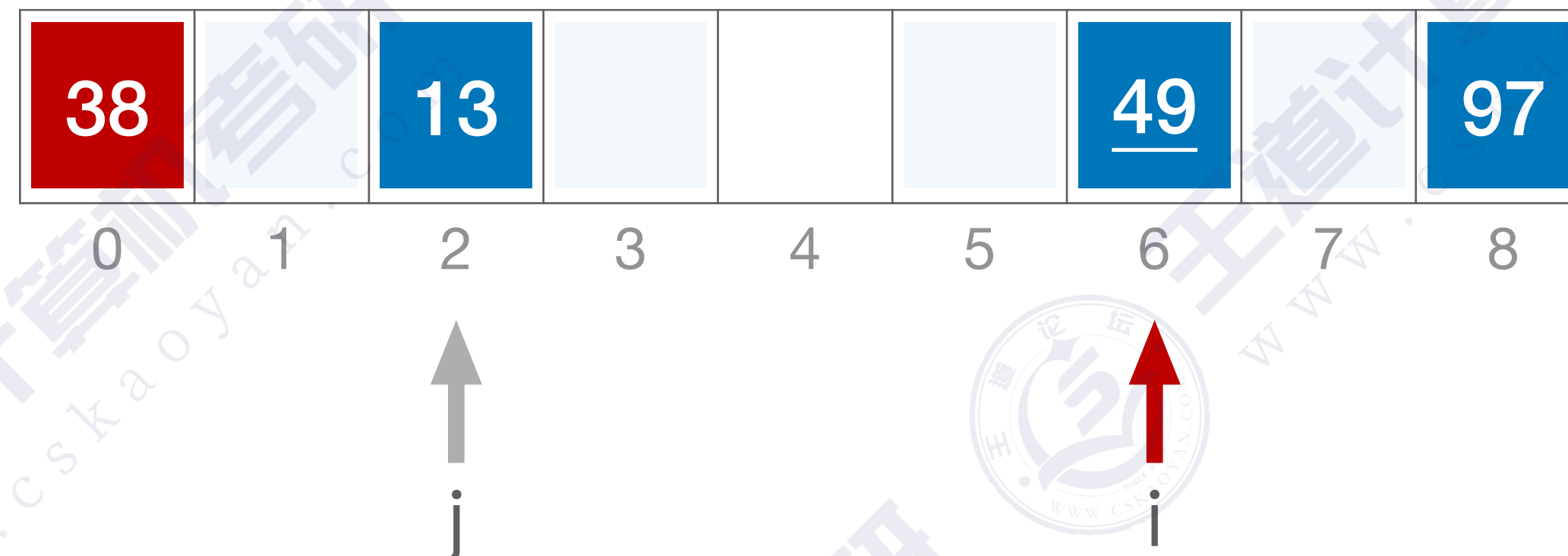
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

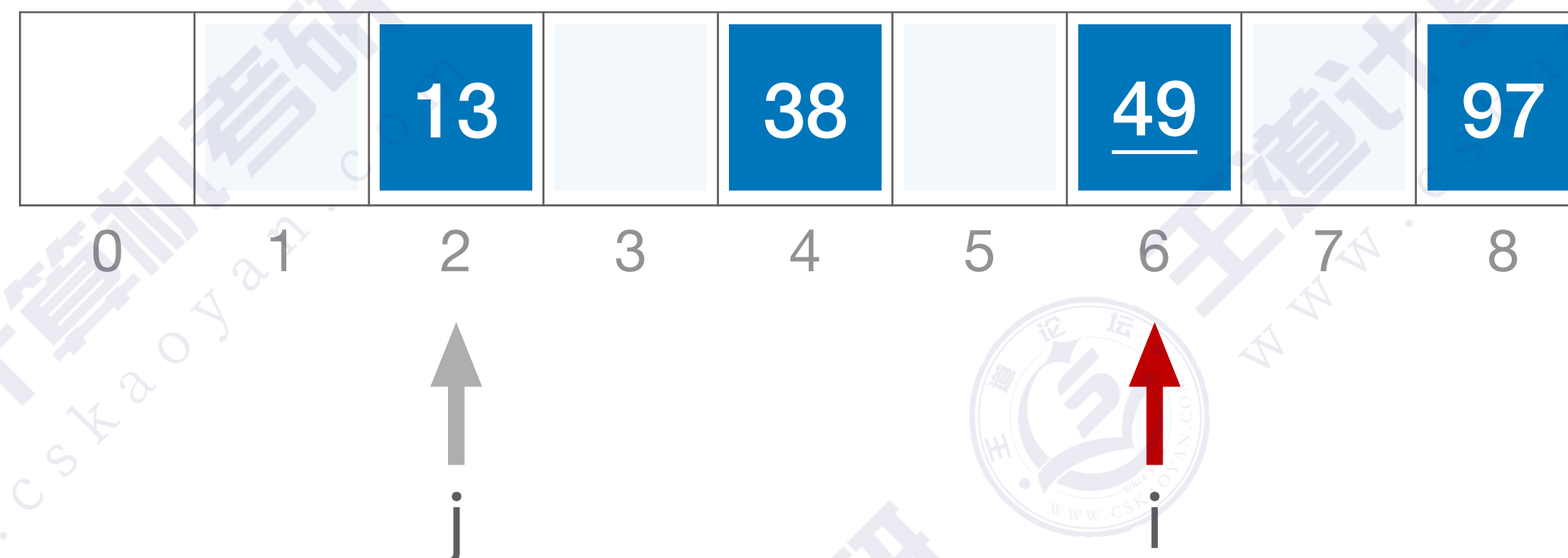
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

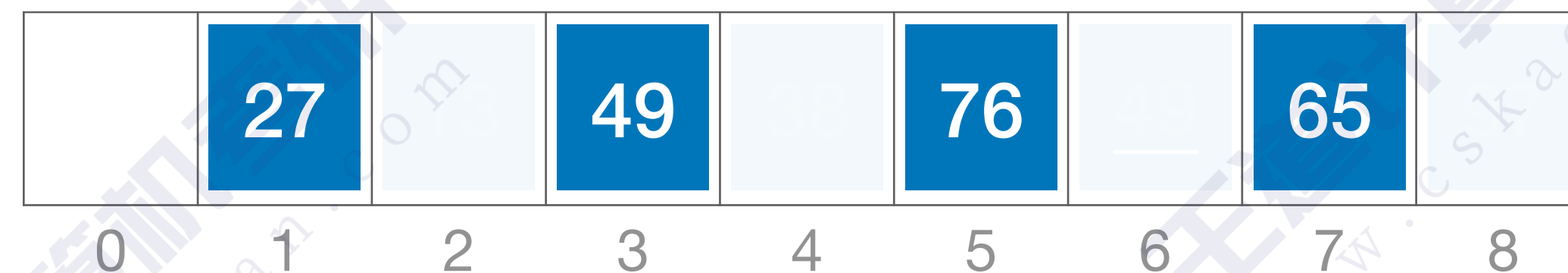
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

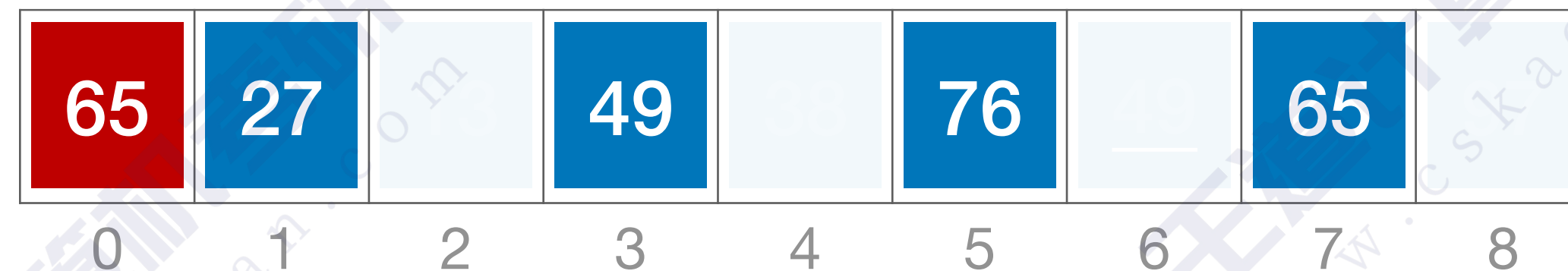
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



↑
j

↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

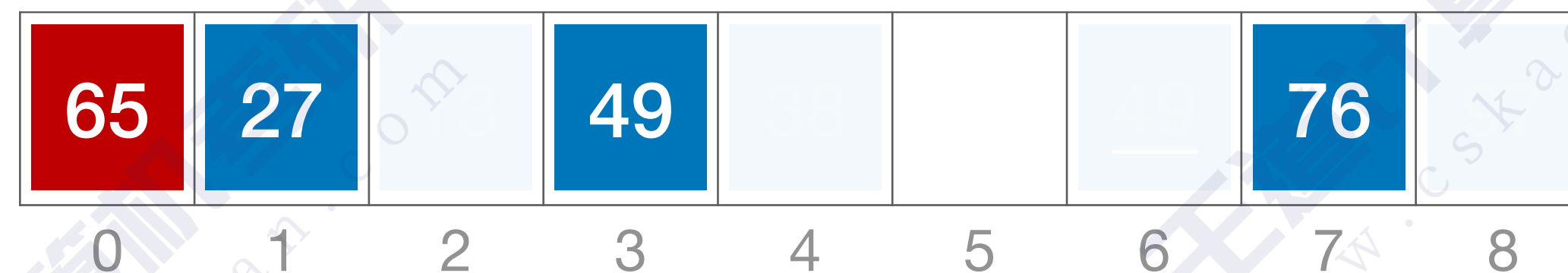
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



↑
j

↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

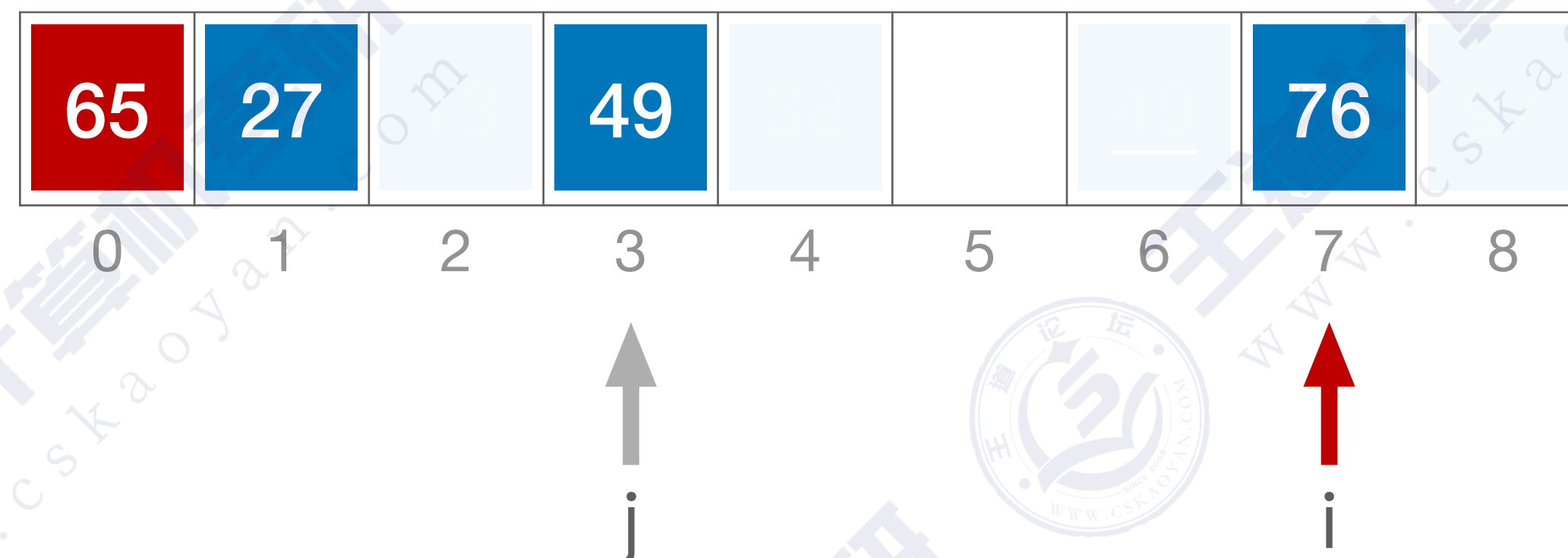
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

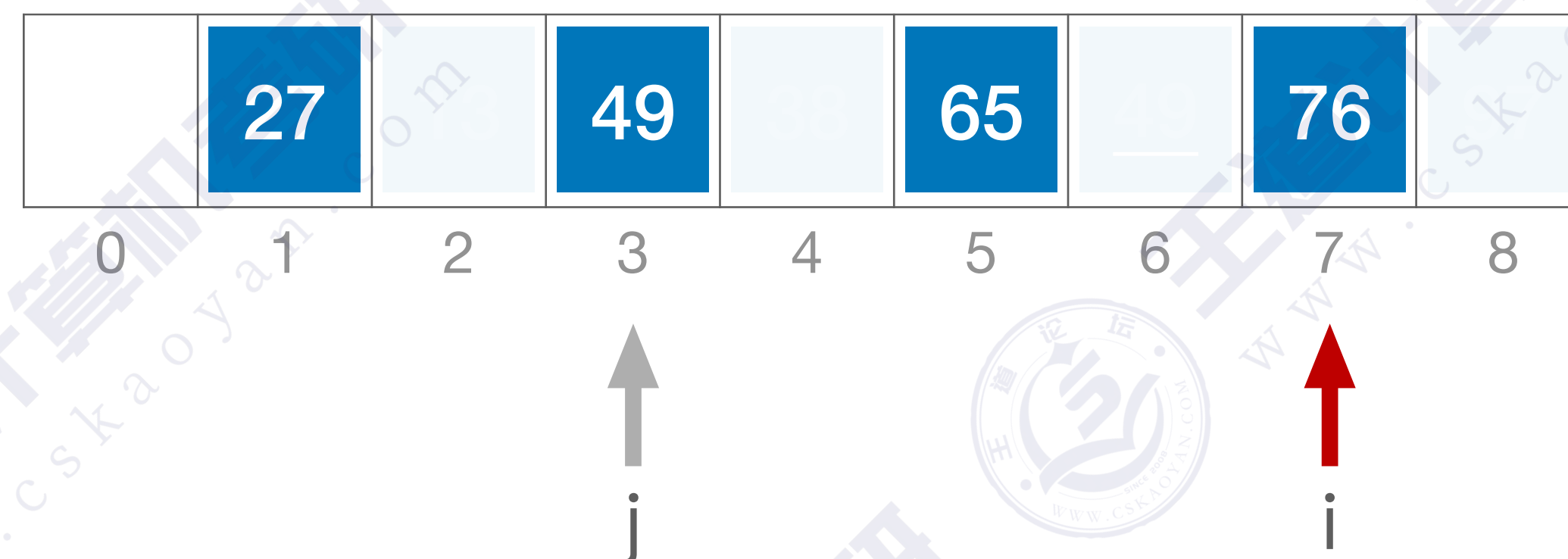
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
    }
```

第二趟：d=2



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第二趟：d=2



↑
i

算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
```

```
    int d, i, j;
```

```
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
```

```
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
```

```
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
```

```
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
```

```
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
```

```
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
```

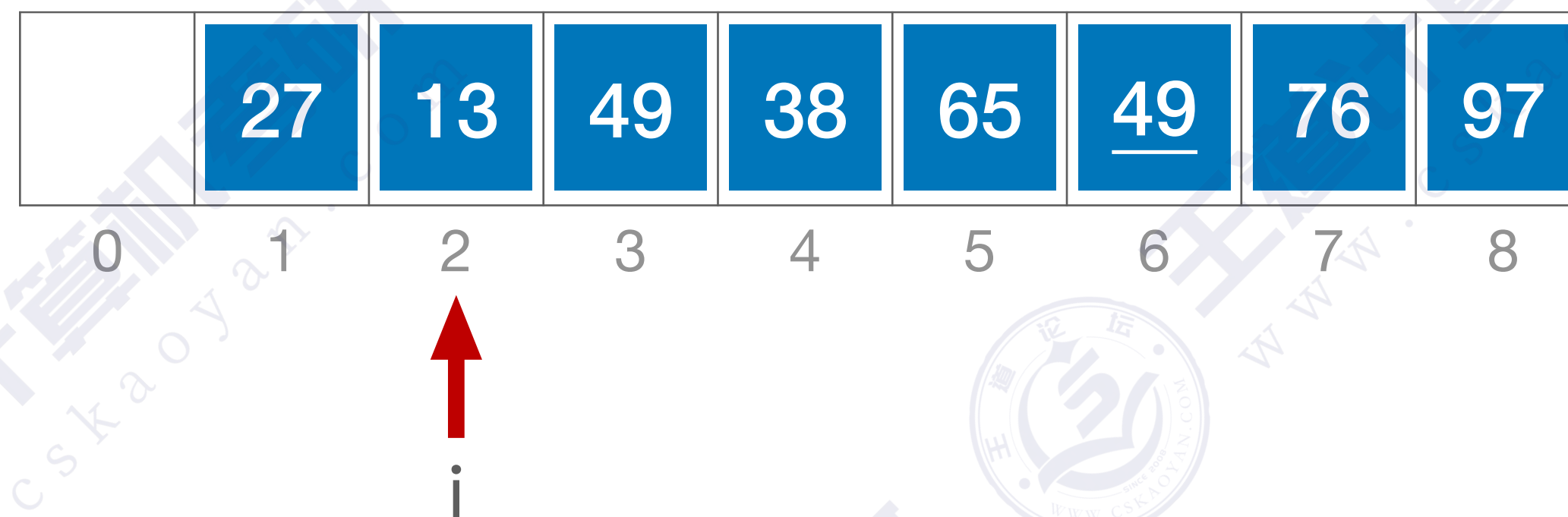
```
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
```

```
                A[j+d]=A[0];    //插入
```

```
            }//if
```

```
}
```

第三趟：d=1



算法实现

//希尔排序

```
void ShellSort(int A[],int n){
    int d, i, j;
    //A[0]只是暂存单元，不是哨兵，当j<=0时，插入位置已到
    for(d= n/2; d>=1; d=d/2)    //步长变化
        for(i=d+1; i<=n; ++i)
            if(A[i]<A[i-d]){    //需将A[i]插入有序增量子表
                A[0]=A[i];    //暂存在A[0]
                for(j= i-d; j>0 && A[0]<A[j]; j-=d)
                    A[j+d]=A[j];    //记录后移，查找插入的位置
                A[j+d]=A[0];    //插入
            }//if
    }
```

第三趟：d=1

	13	27	38	49	<u>49</u>	65	76	97
0	1	2	3	4	5	6	7	8

算法性能分析

空间复杂度: $O(1)$

	49	38	65	97	76	13	27	<u>49</u>
0	1	2	3	4	5	6	7	8

第一趟: $d_1 = n/2 = 4$

49	13	27	<u>49</u>	76	38	65	97
----	----	----	-----------	----	----	----	----

第二趟: $d_2 = d_1/2 = 2$

27	13	49	38	65	<u>49</u>	76	97
----	----	----	----	----	-----------	----	----

第三趟: $d_3 = d_2/2 = 1$

13	27	38	49	<u>49</u>	65	76	97
----	----	----	----	-----------	----	----	----

第一趟: $d_1 = 3$

27	38	13	49	<u>49</u>	65	97	76
----	----	----	----	-----------	----	----	----

第二趟: $d_2 = 1$

13	27	38	49	<u>49</u>	65	76	97
----	----	----	----	-----------	----	----	----



时间复杂度: 和增量序列 $d_1, d_2, d_3 \dots$ 的选择有关, 目前无法用数学手段证明确切的时间复杂度
最坏时间复杂度为 $O(n^2)$, 当 n 在某个范围内时, 可达 $O(n^{1.3})$

算法性能分析

原始序列:

65 49 49

第一趟: $d=2$

49 49 65

第二趟: $d=1$

49 49 65

稳定性: 不稳定!

适用性: 仅适用于顺序表, 不适用于链表

知识回顾与重要考点

先将待排序表分割成若干形如 $L[i, i + d, i + 2d, \dots, i + kd]$ 的“特殊”子表，对各个子表分别进行直接插入排序。缩小增量 d ，重复上述过程，直到 $d=1$ 为止。

希尔排序

性能

空间复杂度



$O(1)$

时间复杂度



未知，但优于直接插入排序

稳定性



不稳定

适用性



仅可用于顺序表

高频题型：给出增量序列，分析每一趟排序后的状态