

# 11.3 冲突处理方法

## ❖ 处理冲突的方法

常用处理冲突的思路：

- 换个位置：开放地址法
- 同一位置的冲突对象组织在一起：链地址法

## ❖ 开放定址法（Open Addressing）

一旦产生了冲突（该地址已有其它元素），就按某种规则去寻找另一空地址

## ❖ 开放定址法（Open Addressing）

✍ 若发生了第  $i$  次冲突，试探的下一个地址将增加  $d_i$ ，基本公式是：

$$h_i(\text{key}) = (h(\text{key}) + d_i) \bmod \text{TableSize} \quad (1 \leq i < \text{TableSize})$$

✍  $d_i$  决定了不同的解决冲突方案：线性探测、平方探测、双散列。

$$d_i = i$$

$$d_i = \pm i^2$$

$$d_i = i * h_2(\text{key})$$

# 1. 线性探测法 (Linear Probing)

❖ 线性探测法：以增量序列 1, 2, ....., (TableSize - 1) 循环试探下一个存储地址。

[例] 设关键词序列为 {47, 7, 29, 11, 9, 84, 54, 20, 30},

□ 散列表表长 TableSize = 13 (装填因子  $\alpha = 9/13 \approx 0.69$ ) ;

□ 散列函数为:  $h(key) = key \bmod 11$ 。

用线性探测法处理冲突，列出依次插入后的散列表，并估算查找性能

关键词 (key)	47	7	29	11	9	84	54	20	30
散列地址 $h(key)$	3	7	7	0	9	7	10	9	8

关键词 (key)	47	7	29	11	9	84	54	20	30
散列地址 h(key)	3	7	7	0	9	7	10	9	8
冲突次数	0	0	1	0	0	3	1	3	6

地址 操作	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	说明
插入47				47										无冲突
插入7				47				7						无冲突
插入29				47				7	29					$d_1 = 1$
插入11	11			47				7	29					无冲突
插入9	11			47				7	29	9				无冲突
插入84	11			47				7	29	9	84			$d_3 = 3$
插入54	11			47				7	29	9	84	54		$d_1 = 1$
插入20	11			47				7	29	9	84	54	20	$d_3 = 3$
插入30	11	30		47				7	29	9	84	54	20	$d_6 = 6$

注意“聚集”现象



# 散列表查找性能分析

- ❑ 成功平均查找长度(ASLs)
- ❑ 不成功平均查找长度 (ASLu)

散列表:

H(key)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
key	11	30		47				7	29	9	84	54	20
冲突次数	0	6		0				0	1	0	3	1	3

## 【分析】

**ASLs:** 查找表中关键词的平均查找比较次数（其冲突次数加1）

$$\text{ASL s} = (1+7+1+1+2+1+4+2+4) / 9 = 23/9 \approx 2.56$$

**ASLu:** 不在散列表中的关键词的平均查找次数（不成功）

一般方法：将不在散列表中的关键词分若干类。

如：根据H(key)值分类

$$\text{ASL u} = (3+2+1+2+1+1+1+9+8+7+6) / 11 = 41/11 \approx 3.73$$

**【例】** 将**acos**、**define**、**float**、**exp**、**char**、**atan**、**ceil**、**floor**，  
 顺次存入一张大小为**26**的散列表中。

$H(\text{key}) = \text{key}[0] - 'a'$ ，采用线性探测 $d_i = i$ 。

acos	atan	char	define	exp	float	ceil	floor		.....	
0	1	2	3	4	5	6	7	8		25

**【分析】**

**ASL<sub>s</sub>**: 表中关键词的平均查找比较次数

$$\text{ASL}_s = (1+1+1+1+1+2+5+3) / 8 = 15/8 \approx 1.87$$

**ASL<sub>u</sub>**: 不在散列表中的关键词的平均查找次数（不成功）

根据 $H(\text{key})$ 值分为**26种情况**：H值为0,1,2,...,25

$$\text{ASL}_u = (9+8+7+6+5+4+3+2+1 \times 18) / 26 = 62/26 \approx 2.38$$

## 2. 平方探测法 (Quadratic Probing) --- 二次探测

❖ 平方探测法：以增量序列  $1^2, -1^2, 2^2, -2^2, \dots, q^2, -q^2$   
且  $q \leq \lfloor \text{TableSize}/2 \rfloor$  循环试探下一个存储地址。

[例] 设关键词序列为 {47, 7, 29, 11, 9, 84, 54, 20, 30},

□ 散列表表长  $\text{TableSize} = 11$ ,

□ 散列函数为:  $h(\text{key}) = \text{key} \bmod 11$ 。

用平方探测法处理冲突，列出依次插入后的散列表，并估算ASLs。

关键词 key	47	7	29	11	9	84	54	20	30
散列地址 $h(\text{key})$	3	7	7	0	9	7	10	9	8



关键词 key	47	7	29	11	9	84	54	20	30
散列地址h(key)	3	7	7	0	9	7	10	9	8
冲突次数	0	0	1	0	0	2	0	3	3

$$ASL_s = (1+1+2+1+1+3+1+4+4) / 9 = 18/9 = 2$$

地址 操作	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	说明
插入47				47								无冲突
插入7				47				7				无冲突
插入29				47				7	29			$d_1 = 1$
插入11	11			47				7	29			无冲突
插入9	11			47				7	29	9		无冲突
插入84	11			47			84	7	29	9		$d_2 = -1$
插入54	11			47			84	7	29	9	54	无冲突
插入20	11		20	47			84	7	29	9	54	$d_3 = 4$
插入30	11	30	20	47			84	7	29	9	54	$d_3 = 4$

## 2. 平方探测法 (Quadratic Probing)

是否有空间，平方探测(二次探测)就能找得到？

5	6	7		
0	1	2	3	4

$$h(k) = k \bmod 5$$

插入 11,  $h(11)=1$

探测序列:  $1+1=2$ ,  $1-1=0$ ,  $(1+2^2)\bmod 5=0$ ,  $(1-2^2)\bmod 5=2$ ,  
 $(1+3^2)\bmod 5=0$ ,  $(1-3^2)\bmod 5=2$ ,  $(1+4^2)\bmod 5=2, \dots$

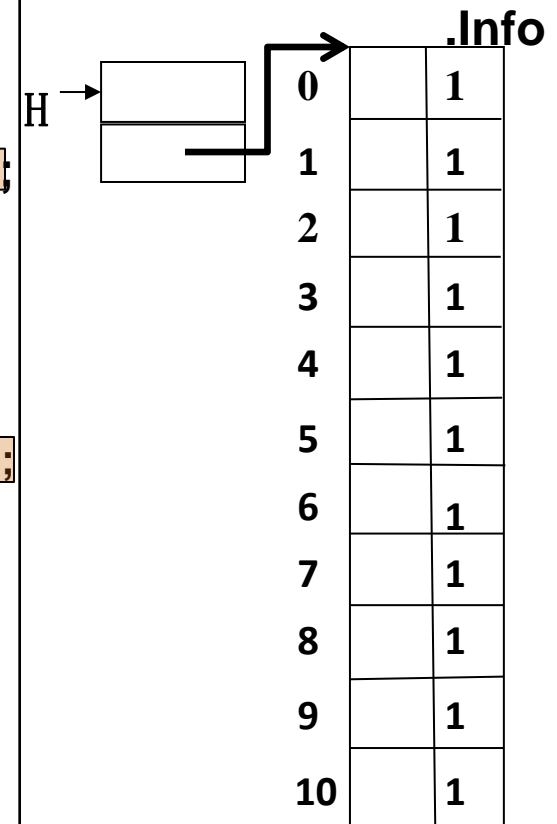
有定理显示：如果散列表长度TableSize是某个 $4k+3$ （ $k$ 是正整数）形式的素数时，平方探测法就可以探查到整个散列表空间。

```
HashTable InitializeTable( int TableSize )
```

```
{
    HashTable H;
    int i;
    if ( TableSize < MinTableSize ){
        Error( "散列表太小" );
        return NULL;
    }

    /* 分配散列表 */
    H = (HashTable)malloc( sizeof( struct HashTbl ) );
    if ( H == NULL )
        FatalError( "空间溢出!!!" );
    H->TableSize = NextPrime( TableSize );
    /* 分配散列表 Cells */
    H->TheCells=(Cell *)malloc(sizeof( Cell )*H->TableSize);
    if( H->TheCells == NULL )
        FatalError( "空间溢出!!!" );
    for( i = 0; i < H->TableSize; i++ )
        H->TheCells[ i ].Info = Empty;
    return H;
}
```

```
typedef struct
HashTbl *HashTable;
struct HashTbl{
    int TableSize;
    Cell *TheCells;
}H ;
```



Position Find( ElementType Key, HashTable H ) /\*平方探测\*/

```
{
    Position CurrentPos, NewPos;
    int CNum;      /* 记录冲突次数 */
    CNum = 0;
    NewPos = CurrentPos = Hash( Key, H->TableSize );
    while( H->TheCells[ NewPos ].Info != Empty &&
           H->TheCells[ NewPos ].Element != Key ) {
        /* 字符串类型的关键词需要 strcmp 函数!! */
        if(++CNum % 2){ /* 判断冲突的奇偶次 */
            NewPos = CurrentPos + (CNum+1)/2*(CNum+1)/2;
            while( NewPos >= H->TableSize )
                NewPos -= H->TableSize;
        } else {
            NewPos = CurrentPos - CNum/2 * CNum/2;
            while( NewPos < 0 )
                NewPos += H->TableSize;
        }
    }
    return NewPos;
}
```

$d_i$	$+1^2$	$-1^2$	$+2^2$	$-2^2$	$+3^2$	$-3^2$	....
Cnum	1	2	3	4	5	6	

```
void Insert( ElementType Key, HashTable H )
{   /* 插入操作 */
    Position Pos;
    Pos = Find( Key, H );
    if( H->TheCells[ Pos ].Info != Legitimate ) {
        /* 确认在此插入 */
        H->TheCells[ Pos ].Info = Legitimate;
        H->TheCells[ Pos ].Element = Key;
        /*字符串类型的关键词需要 strcpy 函数!! */
    }
}
```

在开放地址散列表中，**删除操作**要很小心。通常只能“**懒惰删除**”，即需要增加一个“删除标记(**Deleted**)”，而并不是真正删除它。以便查找时不会“**断链**”。其空间可以在下次插入时**重用**。

### 3. 双散列探测法 (Double Hashing)



双散列探测法:  $d_i$  为  $i \cdot h_2(\text{key})$ ,  $h_2(\text{key})$  是另一个散列函数  
探测序列成:  $h_2(\text{key}), 2h_2(\text{key}), 3h_2(\text{key}), \dots$

☞ 对任意的  $\text{key}$ ,  $h_2(\text{key}) \neq 0$  !

☞ 探测序列还应该保证所有的散列存储单元都应该能够被探测到。  
选择以下形式有良好的效果:

$$h_2(\text{key}) = p - (\text{key} \bmod p)$$

其中:  $p < \text{TableSize}$ ,  $p$ 、 $\text{TableSize}$  都是素数。

## 4. 再散列（Rehashing）

□ 当散列表元素太多（即装填因子  $\alpha$  太大）时，查找效率会下降；

➤ 实用最大装填因子一般取  $0.5 \leq \alpha \leq 0.85$



□ 当装填因子过大时，解决的方法是加倍扩大散列表，这个过程叫做“再散列（Rehashing）”

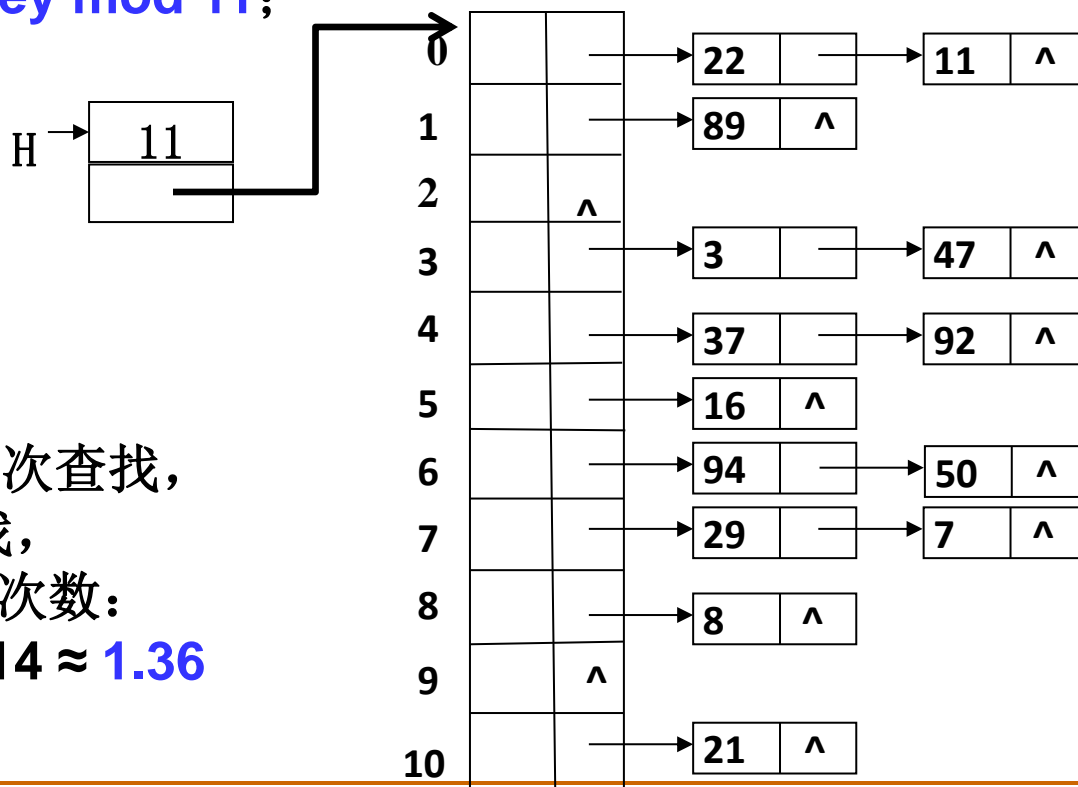


## ❖ 分离链接法 (Separate Chaining)

分离链接法：将相应位置上冲突的所有关键词存储在**同一个单链表中**

【例】 设关键字序列为 47, 7, 29, 11, 16, 92, 22, 8, 3, 50, 37, 89, 94, 21;  
散列函数取为： $h(\text{key}) = \text{key} \bmod 11$ ;  
用分离链接法处理冲突。

```
struct HashTbl {  
    int TableSize;  
    List TheLists;  
} *H;
```



- 表中有9个结点只需1次查找,
- 5个结点需要2次查找,
- 查找成功的平均查找次数:

$$\text{ASL}_{\text{S}} = (9 + 5 \times 2) / 14 \approx 1.36$$



```

typedef struct ListNode *Position, *List;
struct ListNode {
    ElementType Element;
    Position Next;
};
typedef struct HashTbl *HashTable;
struct HashTbl {
    int TableSize;
    List TheLists;
};

```

```

Position Find( ElementType Key, HashTable H )
{
    Position P;
    int Pos;

    Pos = Hash( Key, H->TableSize ); /*初始散列位置*/
    P = H->TheLists[Pos]. Next;      /*获得链表头*/
    while( P != NULL && strcmp(P->Element, Key) )
        P = P->Next;
    return P;
}

```