本节内容

散列查找

前情回顾

如何建立“关键字” 与“存储地址” 的联系?

通过“散列函数（哈希函数）”：Addr=H(key)

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	14 (1)					19				23		

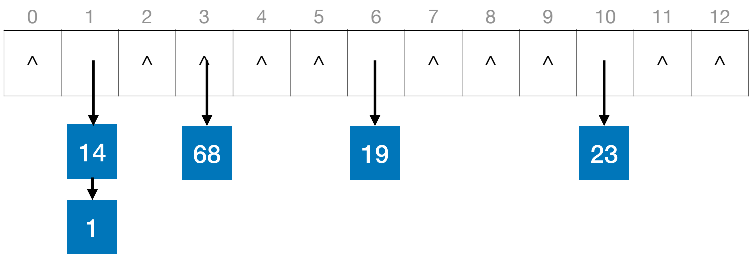
19%13=6
14%13=1
23%13=10
1%13=1

若不同的关键字通过散列函数映射到同一个值，则称它们为“同义词”

通过散列函数确定的位置已经存放了其他元素，则称这种情况为“冲突”

处理冲突的方法——拉链法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13



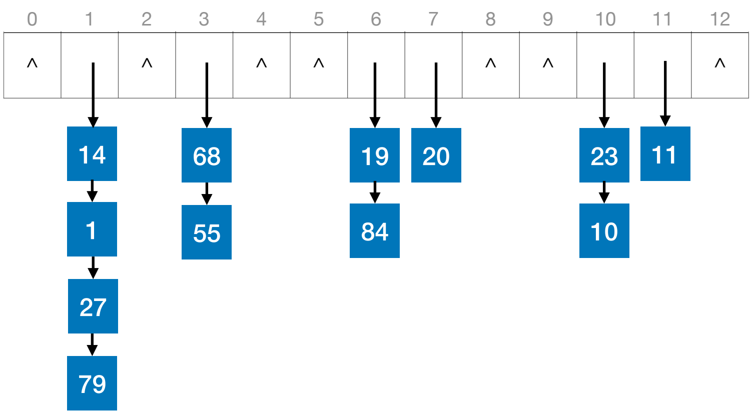
19%13=6
14%13=1
23%13=10
1%13=1

用拉链法（又称链接法、链地址法）处理“冲突”：把所有“同义词”存储在一个链表中

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——拉链法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13



用拉链法（又称链接法、链地址法）处理“冲突”：把所有“同义词”存储在一个链表中

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14					19				23					

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \dots, k$（$k \le m-1$），m表示**散列表表长**；d_i为**增量序列**；i 可理解为"第i次发生冲突"

开放定址法
- ①线性探测法
- ②平方探测法
- ③伪随机序列法

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

1

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14					19				23					

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \dots, k$（$k \le m-1$），m表示**散列表表长**；d_i为**增量序列**；i 可理解为"第i次发生冲突"

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=1%13=1　　$H_0=(1+d_0)\%16=1$ $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_1=(1+d_1)\%16=2$

发生第1次冲突后重新计算得到的哈希地址

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1				19				23					

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leqslant m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m\text{-}1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=1%13=1　　$H_0=(1+d_0)\%16=1 \xrightarrow{冲突} H_1=(1+d_1)\%16=2$

发生第1次冲突后重新计算得到的哈希地址

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68			19	20			23					

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leqslant m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m\text{-}1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=68%13=3　　20%13=7

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

84

	14	1	68			19	20			23					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m\text{-}1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=84%13=6　　$H_0=(6+0)\%16=6$ $\xrightarrow{冲突}$ $H_1=(6+1)\%16=7$ $\xrightarrow{冲突}$ $H_2=8$

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

27

	14	1	68			19	20	84		23					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m\text{-}1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=27%13=1 $\xrightarrow{冲突}$ $H_1=2$ $\xrightarrow{冲突}$ $H_2=3$ $\xrightarrow{冲突}$ $H_3=4$

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

55

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27		19	20	84		23					

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \dots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=55%13=3 $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_1=4$ $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_2=5$

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84		23	11				

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \dots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=11%13=11

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

10

	14	1	68	27	55	19	20	84		23	11				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \ \% \ m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①**线性探测法——** $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=10\%13=10 \xrightarrow{冲突} H_1=11 \xrightarrow{冲突} H_2=12$

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

79

	14	1	68	27	55	19	20	84		23	11	10			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \ \% \ m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①**线性探测法——** $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=79\%13=1 \xrightarrow{冲突} H_1=2 \xrightarrow{冲突} H_2=3 \ \ldots \xrightarrow{冲突} H_8=9$

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

25

	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(25)=25%13 = 12

H_1=(H(key)+1)%16 = 13

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10	25		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(25)=25%13 = 12　　哈希函数值域[0,12]

H_1=(H(key)+1)%16 = 13　　冲突处理函数值域[0,15]

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

查找目标：27

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示**散列表表长**；d_i为**增量序列**；i 可理解为“第i次发生冲突”

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=27\%13=1 \xrightarrow{冲突} H_1=2 \xrightarrow{冲突} H_2=3 \xrightarrow{冲突} H_3=4$

27的查找长度=4

同义词、非同义词都需要被检查

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

查找目标：11

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示**散列表表长**；d_i为**增量序列**；i 可理解为“第i次发生冲突”

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=11\%13=11$

11的查找长度=1

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

查找目标：21

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$$H(key)=21\%13=8 \xrightarrow{\text{冲突}} H_1=9 \xrightarrow{\text{冲突}} H_2=10 \xrightarrow{\text{冲突}} H_3=11 \xrightarrow{\text{冲突}} H_4=12 \xrightarrow{\text{冲突}} H_5=13$$

21的查找长度=6

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

空位置的判断也要算作一次比较

查找目标：21

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$$H(key)=21\%13=8 \xrightarrow{\text{冲突}} H_1=9 \xrightarrow{\text{冲突}} H_2=10 \xrightarrow{\text{冲突}} H_3=11 \xrightarrow{\text{冲突}} H_4=12 \xrightarrow{\text{冲突}} H_5=13$$

21的查找长度=6

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

查找目标：21

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79		11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①**线性探测法——** $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=21%13=8 $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_1=9$ $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_2=10$

查找操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

越早遇到空位置，就可以越早确定查找失败

查找目标：21

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79		11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①**线性探测法——** $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=21%13=8 $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_1=9$ $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_2=10$

21的查找长度=3

删除操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

删除 1

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \ \% \ m$$

$i = 0, 1, 2, \dots, k \ (k \leq m-1)$，$m$表示**散列表表长**；$d_i$为**增量序列**；$i$ 可理解为"第i次发生冲突"

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

删除操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

查找目标：27

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14		68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \ \% \ m$$

$i = 0, 1, 2, \dots, k \ (k \leq m-1)$，$m$表示**散列表表长**；$d_i$为**增量序列**；$i$ 可理解为"第i次发生冲突"

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=27\%13=1 \xrightarrow{\text{冲突}} H_1=2$

删除操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

碰到空位置，查找失败?

查找目标：27

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14		68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k \leqslant m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

H(key)=27%13=1 $\xrightarrow{\text{冲突}}$ $H_1=2$

删除操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

删除 1

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k \leqslant m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

①**线性探测法**—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

注意：采用“开放定址法”时，删除结点不能简单地将被删结点的空间置为空，否则将截断在它之后填入散列表的同义词结点的查找路径，可以做一个“删除标记”，进行逻辑删除

删除操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

查找目标：27

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	你走哦！	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=27\%13=1 \xrightarrow{冲突} H_1=2 \xrightarrow{冲突} H_2=3 \xrightarrow{冲突} H_3=4$

27的查找长度=4

王道考研/CSKAOYAN.COM

删除操作

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

看起来很满，实际上很空

查找目标：79

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	你走哦！	你走哦！	你走哦！	你走哦！	你走哦！	你走哦！	你走哦！	你走哦！	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$H(key)=79\%13=1 \xrightarrow{冲突} H_1=2 \xrightarrow{冲突} H_2=3 \ \ldots \xrightarrow{冲突} H_8=9$

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找效率分析（ASL）

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

19%13=6——1次	27%13=1——4次	55%13=3——3次
14%13=1——1次	68%13=3——1次	11%13=11——1次
23%13=10——1次	20%13=7——1次	10%13=10——3次
1%13=1——2次	84%13=6——3次	79%13=1——9次

$$ASL_{成功} = \frac{1+1+1+2+4+1+1+3+3+1+3+9}{12} = 2.5$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找效率分析（ASL）

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \leq m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

①线性探测法—— $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

$$ASL_{失败} = \frac{1+13+12+11+10+9+8+7+6+5+4+3+2}{13} = 7$$

初次探测的地址 H_0 只有可能在[0,12]

王道考研/CSKAOYAN.COM

查找效率分析（ASL）

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	14	1	68	27	55	19	20	84	79	23	11	10			

所谓**开放定址法**，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k≤m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为"第i次发生冲突"

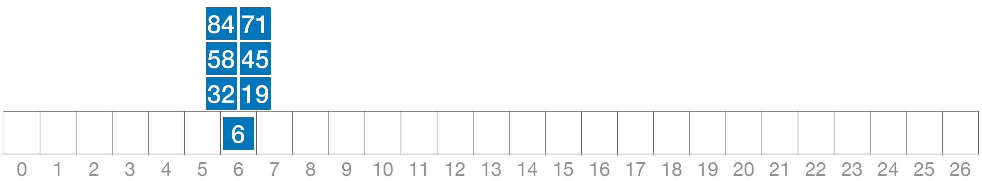
①**线性探测法——** $d_i = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$；即发生冲突时，每次往后探测相邻的下一个单元是否为空

线性探测法很容易造成同义词、非同义词的"聚集（堆积）"现象，严重影响查找效率

产生原因——冲突后再探测一定是放在某个连续的位置

处理冲突的方法——开放定址法

例：散列函数 H(key)=key%13，采用平方探测法处理冲突



开放定址法：$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$

$i = 0, 1, 2,\dots, k$（$k≤m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；

②**平方探测法。当$d_i = 0^2, 1^2, -1^2, 2^2, -2^2, \dots, k^2, -k^2$时，称为平方探测法，又称二次探测法其中$k≤m/2$**

$d_0 = 0$
$d_1 = 1$
$d_2 = -1$
$d_3 = 4$
$d_4 = -4$
$d_5 = 9$
$d_6 = -9$
....

处理冲突的方法——开放定址法

例：散列函数 H(key)=key%13，采用平方探测法处理冲突

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		58			32	6	19			45					71									84		

开放定址法：$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \le m - 1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；

②**平方探测法**。**当$d_i = 0^2, 1^2, -1^2, 2^2, -2^2, \ldots, k^2, -k^2$时，称为平方探测法，又称二次探测法其中$k \le m/2$**

$d_0 = 0$
$d_1 = 1$
$d_2 = -1$
$d_3 = 4$
$d_4 = -4$
$d_5 = 9$
$d_6 = -9$
....

注意负数的模运算，(-3)%27 = 24，而不是3

《数论》中模运算的规则：a MOD m == (a+km) MOD m，其中，k为任意整数

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

例：散列函数 H(key)=key%13，采用平方探测法处理冲突

查找目标：71

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		58			32	6	19			45					71									84		

开放定址法：$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \le m - 1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；

②**平方探测法**。**当$d_i = 0^2, 1^2, -1^2, 2^2, -2^2, \ldots, k^2, -k^2$时，称为平方探测法，又称二次探测法其中$k \le m/2$**

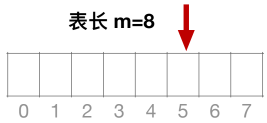
$d_0 = 0$
$d_1 = 1$
$d_2 = -1$
$d_3 = 4$
$d_4 = -4$
$d_5 = 9$
$d_6 = -9$
....

平方探测法：比起线性探测法更不易产生"聚集（堆积）"问题

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

若当前 H(key)=5



经过7次探测可以探测到所有位置

$d_0 = 0$	$H_0=5$
$d_1 = 1$	$H_1=6$
$d_2 = -1$	$H_2=4$
$d_3 = 4$	$H_3=2$
$d_4 = -4$	$H_4=1$
$d_5 = 9$	$H_5=0$
$d_6 = -9$	$H_6=3$

$d_0 = 0$	$H_0=5$
$d_1 = 1$	$H_1=6$
$d_2 = -1$	$H_2=4$
$d_3 = 4$	$H_3=1$
$d_4 = -4$	$H_4=1$
$d_5 = 9$	$H_5=6$
$d_6 = -9$	$H_6=4$
$d_7 = 16$	$H_7=5$

经过8次探测不能探测到所有位置

开放定址法：$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leqslant m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；

②平方探测法。当$d_i = 0^2, 1^2, -1^2, 2^2, -2^2, \ldots, k^2, -k^2$时，称为平方探测法，又称二次探测法其中$k \leqslant m/2$

非重点小坑：散列表长度m必须是一个可以表示成$4j+3$的素数，才能探测到所有位置

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

例：散列函数 H(key)=key%13，采用平方探测法处理冲突

开放定址法：$H_i = (H(key) + d_i)\ \%\ m$

$i = 0, 1, 2,\ldots, k$（$k \leqslant m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；

③伪随机序列法。d_i 是一个伪随机序列，如 d_i= 0, 5, 24, 11, …

王道考研/CSKAOYAN.COM

处理冲突的方法——开放定址法

所谓开放定址法，是指可存放新表项的空闲地址既向它的同义词表项开放，又向它的非同义词表项开放。其数学递推公式为：

$$H_i = (H(key) + d_i) \% m$$

$i = 0, 1, 2, \ldots, k$（$k \le m-1$），m表示散列表表长；d_i为增量序列；i 可理解为“第i次发生冲突”

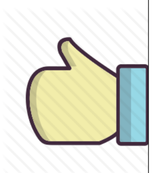
开放定址法

- ①线性探测法 $d_i = 0, 1, 2, 3, \ldots, m\text{-}1$
- ②平方探测法 $d_i = 0^2, 1^2, -1^2, 2^2, -2^2, \ldots, k^2, -k^2$ 其中$k \le m/2$
- ③伪随机序列法 d_i = 某个伪随机序列

注意：采用“开放定址法”时，删除结点不能简单地将被删结点的空间置为空，否则将截断在它之后填入散列表的同义词结点的查找路径，可以做一个“删除标记”，进行逻辑删除

处理冲突的方法——再散列法

严蔚敏《数据结构》



再散列法（再哈希法）：除了原始的散列函数 H(key) 之外，多准备几个散列函数，当散列函数冲突时，用下一个散列函数计算一个新地址，直到不冲突为止：

$$H_i = RH_i(Key) \qquad i=1,2,3\ldots,k$$

王道《数据结构》

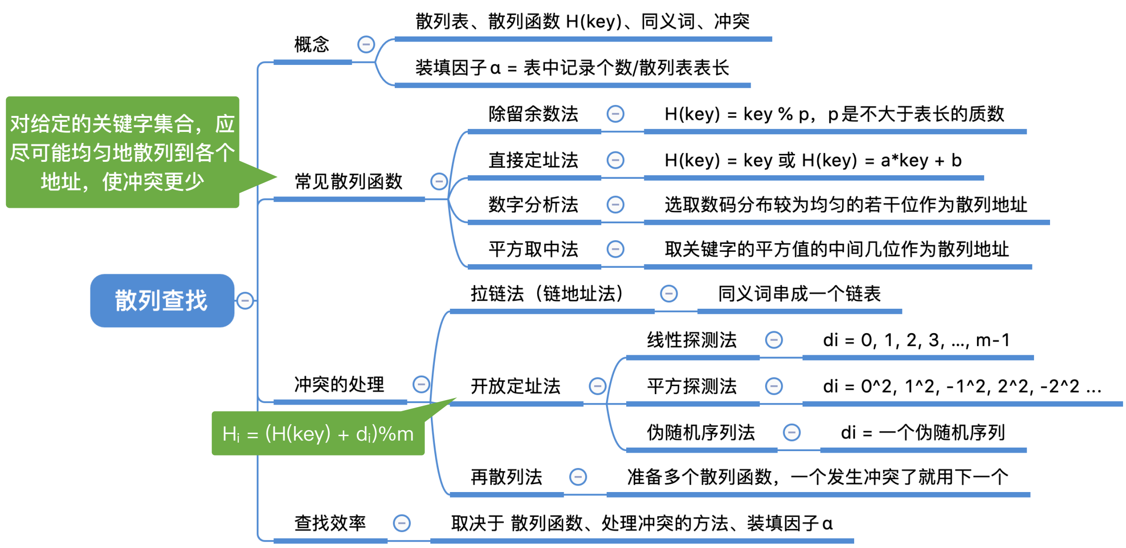
3）再散列法。当 $d_i = \text{Hash}_2(\text{key})$时，称为再散列法，又称双散列法。需要使用两个散列函数，当通过第一个散列函数 H(key)得到的地址发生冲突时，则利用第二个散列函数 $\text{Hash}_2(\text{key})$ 计算该关键字的地址增量。它的具体散列函数形式如下：

$$H_i = (\text{H(key)} + i \times \text{Hash}_2(\text{key})) \% m$$

初始探测位置 $H_0 = \text{H(key)} \% m$。i 是冲突的次数，初始为 0。在散列法中，最多经过 $m-1$ 次探测就会遍历表中所有位置，回到 H_0 位置。

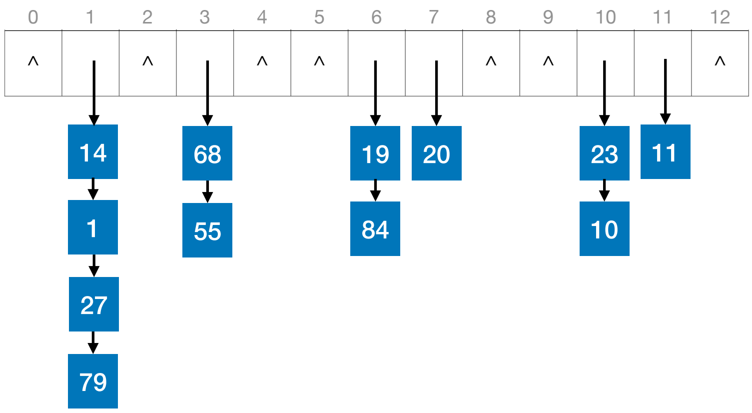
王道考研/CSKAOYAN.COM

知识回顾与重要考点



拉链法的小优化

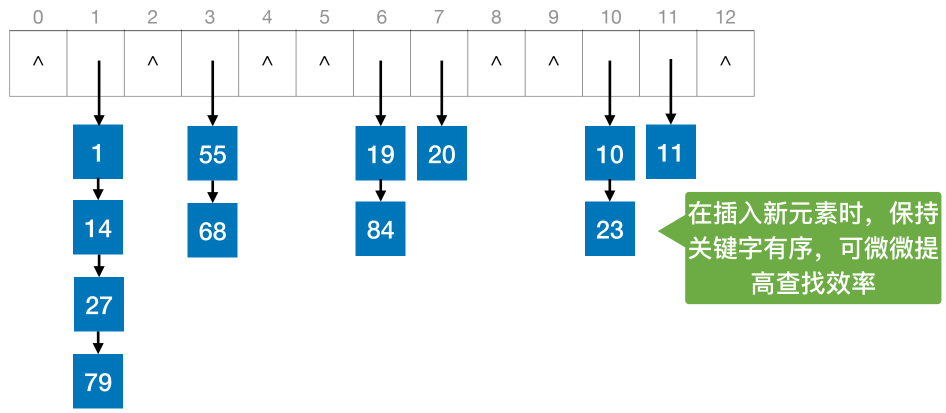
例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13



用拉链法（又称链接法、链地址法）处理“冲突”：把所有“同义词”存储在一个链表中

拉链法的小优化

例：有一堆数据元素，关键字分别为 {19, 14, 23, 1, 68, 20, 84, 27, 55, 11, 10, 79}，散列函数 H(key)=key%13



用拉链法（又称链接法、链地址法）处理“冲突”：把所有“同义词”存储在一个链表中

王道考研/CSKAOYAN.COM