第四章 串、数组和广义表

- 第2章　线性表
- 第3章　栈和队列
- 第4章　串、数组和广义表

线性结构

可表示为：（a_1，　a_2　，　……，　　a_n）

教学目标

1. 理解串的存储方法，理解串的两种模式匹配算法，重点掌握BF算法。
2. 明确数组和广义表这两种数据结构的特点，掌握数组地址计算方法，了解几种特殊矩阵的压缩存储方法。
3. 掌握广义表的定义、性质及其GetHead和GetTail的操作。

第4章 串、数组和广义表

教学内容

4.1 串

4.2 数组

4.3 广义表

4.1 串

串(String)----零个或多个字符组成的有限序列

$$s = 'a_1 a_2 \cdots a_n'$$

串名

串值

串长 → n

空串 ← n=0

a=‘BEI’,
b=‘JING’
c=‘BEIJING’
d=‘BEI JING’

子串

主串

字符位置

子串位置

串相等

空格串

案例引入

案例4.1： 病毒感染检测

研究者将人的DNA和病毒DNA均表示成由一些字母组成的字符串序列。

然后检测某种病毒DNA序列是否在患者的DNA序列中出现过，如果出现过，则此人感染了该病毒，否则没有感染。

例如，假设病毒的DNA序列为baa，患者1的DNA序列为aaabbba，则感染，患者2的DNA序列为babbba，则未感染。

（注意，人的DNA序列是线性的，而病毒的DNA序列是环状的)

病毒感染检测输入数据.txt - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V)

```
10
baa	bbaabbba
baa	aaabbbba
aabb	abceaabb
aabb	abaabcea
abcd	cdabbbab
abcd	cabbbbab
abcde	bcdedbda
acc	bdedbcda
cde	cdcdcdec
cced	cdccdcce
```

病毒感染检测输出结果.txt - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮

```
baa	bbaabbba	YES
baa	aaabbbba	YES
aabb	abceaabb	YES
aabb	abaabcea	YES
abcd	cdabbbab	YES
abcd	cabbbbab	NO
abcde	bcdedbda	NO
acc	bdedbcda	NO
cde	cdcdcdec	YES
cced	cdccdcce	YES
```

串的类型定义、存储结构及运算

ADT String {

数据对象：$D=\{a_i \mid a_i \in CharacterSet, i=1,2,\cdots,n,\ \mathrm{n} \ge 0\}$

数据关系：$R_1=\{<a_{i-1},a_i> \mid a_{i-1},a_i \in D, i=1,2,\cdots,n\}$

基本操作：

(1) StrAssign (&T,chars) //串赋值

(2) StrCompare (S,T) //串比较

(3) StrLength (S) //求串长

(4) Concat(&T,S1,S2) //串联

(5) SubString(&Sub,S,pos,len) //求子串

(6) StrCopy(&T,S) //串拷贝

(7) StrEmpty(S) //串判空

(8) ClearString (&S) //清空串

(9) Index(S,T,pos) //子串的位置

(11) Replace(&S,T,V) //串替换

(12) StrInsert(&S,pos,T) //子串插入

(12) StrDelete(&S,pos,len) //子串删除

(13) DestroyString(&S) //串销毁

}ADT String

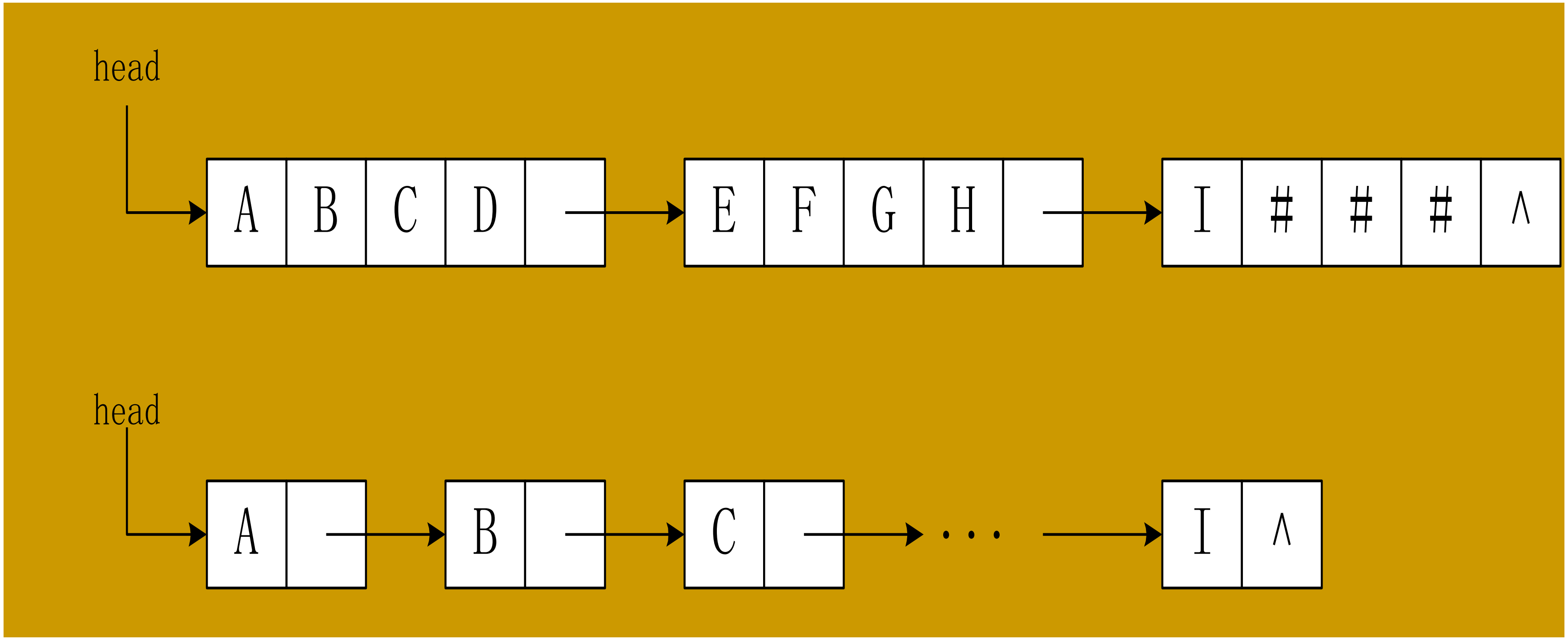
串的存储结构

- 顺序存储
- 链式存储

顺序存储表示

```
typedef struct{
    char *ch;          //若串非空,则按串长分配存储区,
                       //否则ch为NULL
    int  length;       //串长度
}HString;
```

链式存储表示

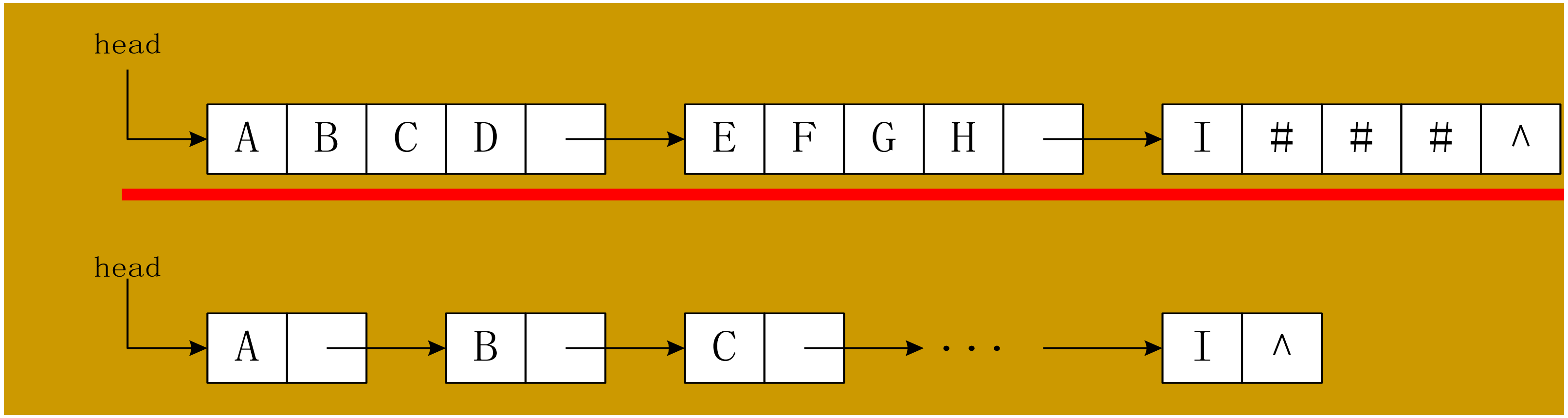


链式存储表示

优点：操作方便
缺点：存储密度较低

$$存储密度 = \frac{串值所占的存储位}{实际分配的存储位}$$

可将多个字符存放在一个结点中，以克服其缺点



块链式存储表示

```
#define CHUNKSIZE 80      //可由用户定义的块大小
typedef struct Chunk{
   char  ch[CHUNKSIZE];
   struct Chunk *next;
}Chunk;

typedef struct{
   Chunk *head,*tail;     //串的头指针和尾指针
   int curlen;            //串的当前长度
}LString;
```

串的模式匹配算法

算法目的：

确定主串中所含子串第一次出现的位置（定位）

即如何实现教材**P79 Index(S,T,pos)**函数

算法种类：

- BF算法（又称古典的、经典的、朴素的、穷举的）
- KMP算法（特点：速度快）

BF算法设计思想

i

S : a b a b c a b c a c b a b

•

T : a b c

j

i指针回溯

S : a b a b c a b c a c b a b

T :   a b c

S : a b a b c a b c a c b a b

T :   a b c

BF算法设计思想

Index(S,T,pos)

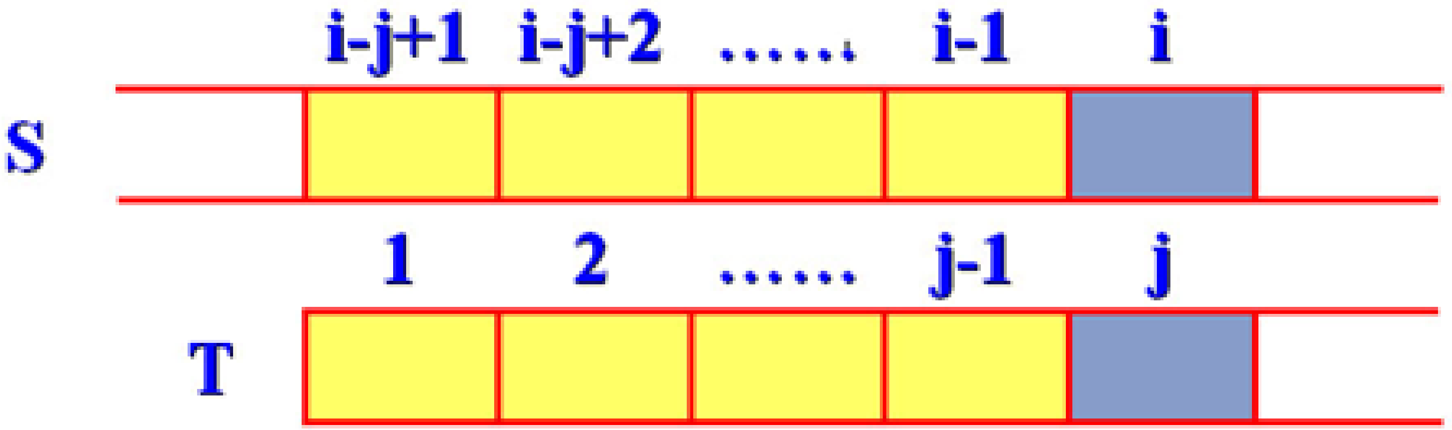
- 将主串的第pos个字符和模式的第一个字符比较，
  若相等，继续逐个比较后续字符；
  若不等，从主串的下一字符起，重新与模式的第一个字符比较。

- 直到主串的一个连续子串字符序列与模式相等 。返回值为S中与T匹配的子序列第一个字符的序号，即匹配成功。

- 否则，匹配失败，返回值 0

BF算法描述（算法4.1）

```
int  Index(Sstring S,Sstring T,int pos){
   i=pos;   j=1;
  while (i<=S[ 0 ] && j <=T[ 0 ]){
     if ( S[ i ]=T[ j ]) {++i;  ++j; }
    else{    i=i-j+2  ；   j=1; }
  if ( j>T[ 0 ])   return   i－T[0];
  else return 0;
}
```



BF算法时间复杂度

例： S=‘0000000001’，T=‘0001’，pos=1

若n为主串长度，m为子串长度，最坏情况是

✓主串前面n-m个位置都部分匹配到子串的最后一位，即这n-m位各比较了m次

✓最后m位也各比较了1次

总次数为：(n-m)*m+m＝(n-m+1)*m

若m<<n，则算法复杂度O(n*m)

KMP（Knuth Morris Pratt）算法

《计算机程序设计艺术 第1卷 基本算法》
《计算机程序设计艺术 第2卷 半数值算法》
《计算机程序设计艺术 第3卷 排序与查找》

http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/

KMP算法设计思想

利用已经**部分匹配**的结果而加快模式串的滑动速度？
且主串S的指针**i不必回溯**！可提速到**O(n+m)**！

S=‘a b a b c a b c a c b a b’
T=‘a b c a c’

S=‘a b a b c a b c a c b a b’
T=‘a b c a c’

S=‘a b a b c a b c a c b a b’
T=‘a b c a c’

第 1 次匹配

s=abacaba　　i=4

失败

p=abab　　j=4

p=abab　　j=2

因$p_1 \neq p_2$, $s_2=p_2$, 必有$s_2 \neq p_1$, 又因$p_1=p_3$, $s_3=p_3$, 所以必有$s_3=p_1$。因此, 第二次匹配可直接从i=4， j=2开始。

改进：每趟匹配过程中出现字符比较不等时，不回溯主指针i，利用已得到的“部分匹配”结果将模式向右滑动尽可能远的一段距离，继续进行比较。

$$
\begin{array}{ccccccccccc}
s_1 & s_2 & s_3 \cdots s_{i-j+1} & & s_{i-j+2} \cdots s_{i-2} & & s_{i-1} & s_i & s_{i+1} \\
 & & \| & & \| \qquad \| & & \| & \neq & \\
 & & p_1 & & p_2 \;\cdots\; p_{j-2} & & p_{j-1} & p_j & p_{j+1} \\
 & & & & \| & & \| & & \\
 & & & & p_1 \;\cdots & & p_{k-1} & p_k & p_{k+1}
\end{array}
$$

① “$\mathbf{p_1 p_2 \cdots p_{k-1}}$” = “$\mathbf{s_{i-k+1} s_{i-k+2} \cdots s_{i-1}}$”

② “$\mathbf{p_{j-k+1} p_{j-k+2} \cdots p_{j-1}}$” = “$\mathbf{s_{i-k+1} s_{i-k+2} \cdots s_{i-1}}$”（部分匹配）

③ “$\mathbf{p_1 p_2 \cdots p_{k-1}}$” = “$\mathbf{p_{j-k+1} p_{j-k+2} \cdots p_{j-1}}$” (真子串）

为此,定义**next[j]**函数，表明当模式中第j个字符与主串中相应字符“失配”时，在模式中需重新和主串中该字符进行比较的字符的位置。

$$
next[j]=\begin{cases}
\max\{\,k \mid 1<k<j,\text{且“}p_1\cdots p_{k-1}\text{”=“}p_{j-k+1}\cdots p_{j-1}\text{”}\,\} & \text{当此集合非空时} \\
0 & \text{当}j=1\text{时} \\
1 & \text{其他情况}
\end{cases}
$$

```
int Index_KMP (SString S,SString T, int pos)
{
    i= pos,j =1;
    while (i<=S[0] && j<=T[0]) {
        if (j==0 || S[i]==T[j]) {   i++;j++;  }
        else
            j=next[j];        /*i不变,j后退*/
    }
    if (j>T[0])  return i-T[0];  /*匹配成功*/
    else   return 0;             /*返回不匹配标志*/
}
```

- 如何求next函数值

1. **next[1] = 0;**表明主串从下一字符s_{i+1}起和模式串重新开始匹配。**i = i+1; j = 1;**

2. 设**next[j] = k**，则**next[j+1] = ?**

①若$p_k=p_j$，则有“$p_1 \dots p_{k-1} p_k$”=“$p_{j-k+1} \dots p_{j-1} p_j$”，说明 **next[j+1] = k+1 = next[j]+1**。

②若$p_k \neq p_j$，可把求**next**值问题看成是一个模式匹配问题，整个模式串既是主串，又是子串。

$$
\begin{array}{llllllllll}
p_1 & p_2 \cdots p_{j-k+1} & \cdots & p_{j-1} & p_j & p_{j+1} & & & & next[j]=k \\
& \| & & \| & \neq & & & & & \\
& p_1 & \cdots & p_{k-1} & p_k & p_{k+1} & & & & next[k]=k' \\
& & p_1 \cdots\cdots & & p_{k'} & p_{k'+1} & & & & next[k']=k'' \\
& & & p_1 \cdots & & p_{k''} & p_{k''+1} & & & next[k'']=k'''
\end{array}
$$

- **若$p_{k'}=p_j$，则有“$p_1 \ldots p_{k'}$”=“$p_{j-k'+1} \ldots p_j$”，**
  $next[j+1]=k'+1=next[k]+1=next[next[j]]+1$.
- **若$p_{k''}=p_j$，则有“$p_1 \ldots p_{k''}$”=“$p_{j-k''+1} \ldots p_j$”，**
  $next[j+1]=k''+1=next[k']+1=next[next[k]]+1$.
- **$next[j+1]=1$.**

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
模式串	a	b	c	a	a	b	b	c	a	b	c	a	a	b	d	a	b
next[j]	0	1	1	1	2	2	3	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2

```
void get_next(SString T, int &next[])
{
    i= 1; next[1] = 0; j = 0;
    while( i<T[0]){
        if(j==0 || T[i] == T[j]){
            ++i; ++j;
            next[i] = j;
        }
        else
            j = next[j];
    }
}
```

- KMP算法的时间复杂度

设主串s的长度为n，模式串t长度为m，在KMP算法中求next数组的时间复杂度为O(m)，在后面的匹配中因主串s的下标不减即不回溯，比较次数可记为n，所以KMP算法总的时间复杂度为O(n+m)。

教学内容

4.1 串

4.2 数组

4.3 广义表

4.2 数组

本节所讨论的数组与高级语言中的数组区别：

- 高级语言中的数组是顺序结构；
- 而本章的数组既可以是顺序的，也可以是链式结构，用户可根据需要选择。

数组的抽象数据类型

ADT Array {

数据对象:

$$j_i = 0, \cdots b_i - 1, \mathrm{i} = 1, 2, \cdots, \mathrm{n}$$

$$D = \{\mathrm{a}_{\mathrm{j}\,\mathrm{j}_2 \cdots \mathrm{j}_\mathrm{n}} \mid \mathrm{a}_{\mathrm{j}_1 \mathrm{j}_2 \cdots \mathrm{j}_\mathrm{n}} \in ElemSet$$

数据关系:

$$R_1 = \{< a_{j_1 \cdots j_i \cdots j_n}, a_{j_1 \cdots j_i + 1 \cdots j_n} > |$$

$$0 \le \mathrm{j}_\mathrm{k} \le b_k - 1, \ \ 1 \le \mathrm{k} \le \mathrm{n}, \ \ 且\mathrm{k} \ne \mathrm{i},$$

$$0 \le \mathrm{j}_\mathrm{i} \le b_k - 2,$$

$$a_{j_1 \cdots j_i \cdots j_n}, a_{j_1 \cdots j_i + 1 \cdots j_n} \in D, i = 2, \cdots, n\}$$

基本操作:

(1) InitArray (&A,n,bound1, …boundn)

//构造数组A

(2) DestroyArray (&A) // 销毁数组A

(3) Value(A,&e,index1,…,indexn) //取数组元素值

(4) Assign (A,&e,index1,…,indexn) //给数组元素赋值

}ADT Array

一维数组

$$\mathrm{LOC}(i) = \begin{cases} a, & i = 0 \\ \mathrm{LOC}(i-1)+l = a+i*l, & i > 0 \end{cases}$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	35	27	49	18	60	54	77	83	41	02
	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l

$a+i*l$

$$\mathrm{LOC}(i) = \mathrm{LOC}(i-1)+l = a+i*l$$

二维数组

$$A=(\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_p)\quad(\mathrm{p}=\mathrm{m}或\mathrm{n})$$

$$A_{m\times n}=\begin{bmatrix} [a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n}] \\ [a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n}] \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ [a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn}] \end{bmatrix}$$

$$\alpha_i=(a_{i1},a_{i2},\cdots,a_{in})\quad 1\le i\le m$$

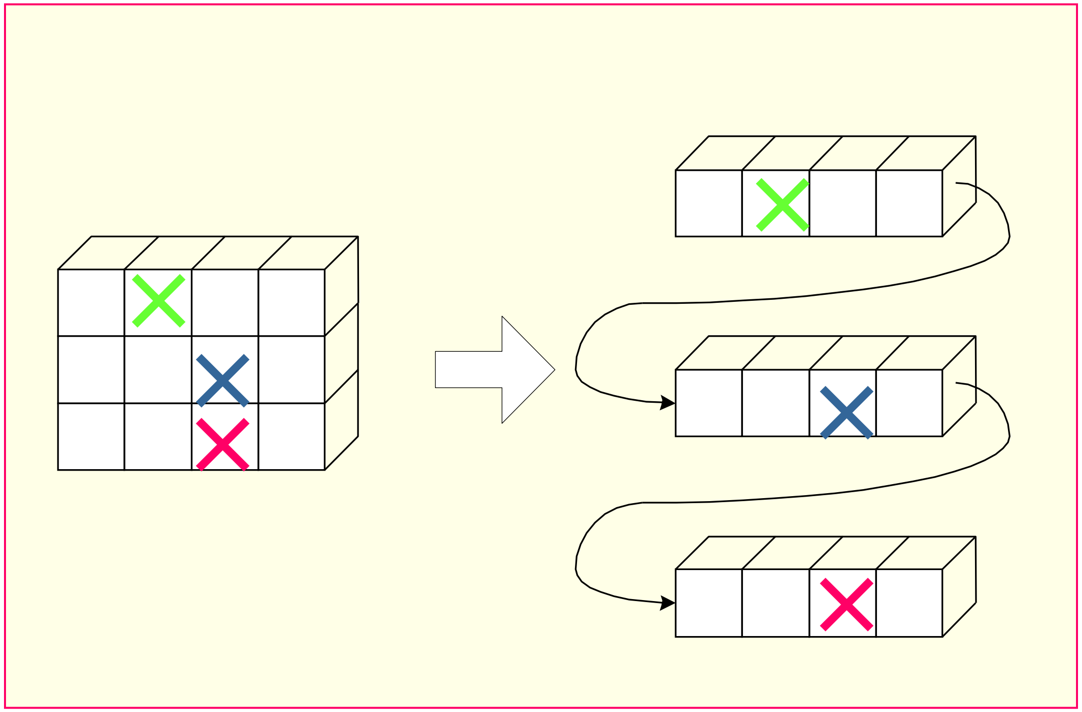
$$\alpha_j=(a_{1j},a_{2j},\cdots,a_{mj})\quad 1\le \mathrm{j}\le n$$

$$A_{m\times n}=\begin{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \vdots \\ a_{m1} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{m2} \end{bmatrix} & \begin{matrix} \cdots \\ \cdots \\ \\ \cdots \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \vdots \\ a_{mn} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

数组的顺序存储

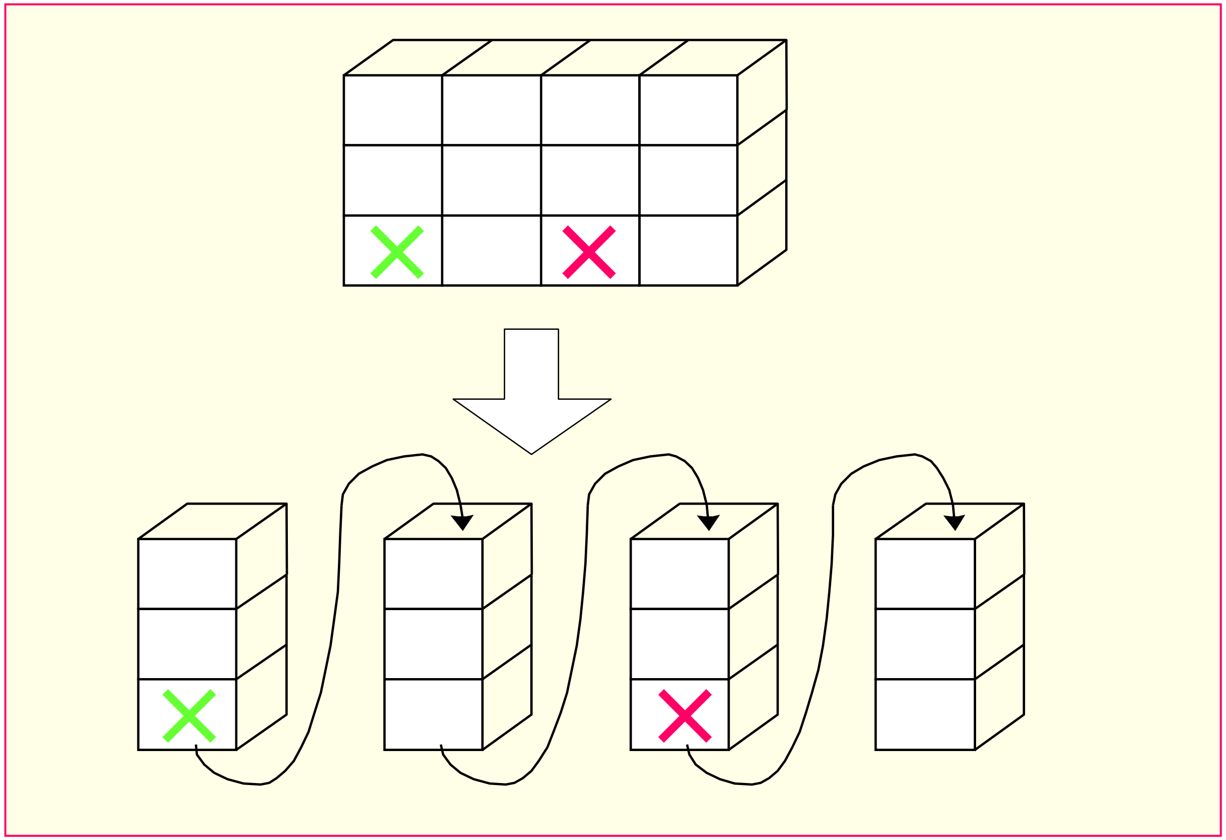
- 以行序为主序

  C, PASCAL



- 以列序为主序

  FORTRAN



二维数组的行序优先表示

a[n][m]

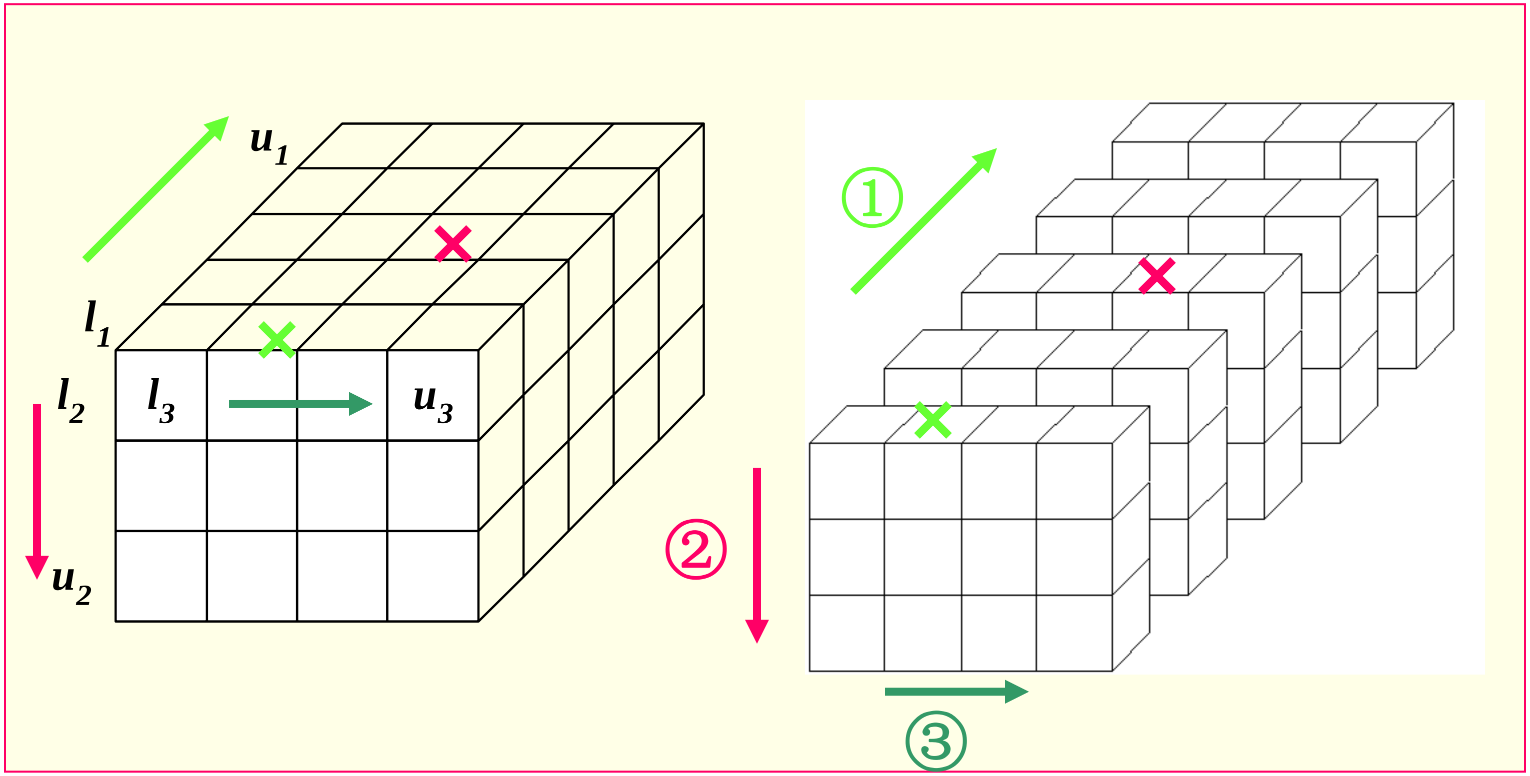
$$a = \begin{pmatrix} a[0][0] & a[0][1] & \cdots & a[0][m-1] \\ a[1][0] & a[1][1] & \cdots & a[1][m-1] \\ a[2][0] & a[2][1] & \cdots & a[2][m-1] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a[n-1][0] & a[n-1][1] & \cdots & a[n-1][m-1] \end{pmatrix}$$

设数组开始存放位置 LOC(0, 0) = a

LOC (j, k) = $a + j * m + k$

三维数组

按页/行/列存放，页优先的顺序存储



三维数组

☞ **a[m1][m2] [m3]** 各维元素个数为 m_1, m_2, m_3

☞ 下标为 i_1, i_2, i_3 的数组元素的存储位置：

$$\mathrm{LOC}(i_1, i_2, i_3) = a +$$

$$\underbrace{i_1 * m_2 * m_3}_{\text{前}\,i_1\,\text{页总元素个数}} + \underbrace{i_2 * m_3}_{\text{第}\,i_1\,\text{页的前}\,i_2\,\text{行总元素个数}} + i_3$$

第 i_2 行前 i_3 列元素个数

n维数组

- ☞ 各维元素个数为 $m_1, m_2, m_3, \ldots, m_n$
- ☞ 下标为 $i_1, i_2, i_3, \ldots, i_n$ 的数组元素的存储位置：

$$LOC(i_1, i_2, \cdots, i_n) = \mathrm{a} + i_1 * m_2 * m_3 * \cdots * m_n +$$

$$+ i_2 * m_3 * m_4 * \cdots * m_n + \cdots\cdots + i_{n-1} * m_n + i_n$$

$$= \mathrm{a} + \left(\sum_{j=1}^{n-1} i_j * \prod_{k=j+1}^{n} m_k \right) + i_n$$

n维数组

$$LOC[j_1, j_2, \cdots, j_n] = LOC[0,0,\cdots,0] + \left(\sum_{i=1}^{n} c_i j_i\right) L$$

$$c_n = L, c_{i-1} = b_i \times c_i,\ 1 < \mathbf{i} \leq \mathbf{n}$$

练习

设有一个二维数组$A[m][n]$按行优先顺序存储，假设$A[0][0]$存放位置在$644_{(10)}$，$A[2][2]$存放位置在$676_{(10)}$，每个元素占一个空间，问$A[3][3]_{(10)}$存放在什么位置？脚注$_{(10)}$表示用10进制表示。

设数组元素A[i][j]存放在起始地址为Loc (i, j) 的存储单元中

$\because$ **Loc (2, 2) = Loc (0, 0) + 2 * n + 2 = 644 + 2 * n + 2 = 676.**

$\therefore$ **n = (676 - 2 - 644) / 2 = 15**

$\therefore$ **Loc (3, 3) = Loc (0, 0) + 3 * 15 + 3 = 644 + 45 + 3 = 692.**

练习

设有二维数组A[10,20]，其每个元素占两个字节，A[0][0]存储地址为100，若按行优先顺序存储，则元素A[6,6]的存储地址为______ 352 按列优先顺序存储，元素A[6,6]的存储地址为______ 232 。

(6*20+6)*2+100=352

(6*10+6)*2+100=232

特殊矩阵的压缩存储

1. 什么是压缩存储?

若多个数据元素的值都相同，则只分配一个元素值的存储空间，且零元素不占存储空间。

2. 什么样的矩阵能够压缩?

一些特殊矩阵，如：对称矩阵，对角矩阵，三角矩阵，稀疏矩阵等。

3. 什么叫稀疏矩阵?

矩阵中非零元素的个数较少（一般小于5%）

数组下标(i,j) 确定 存储地址

1. 对称矩阵

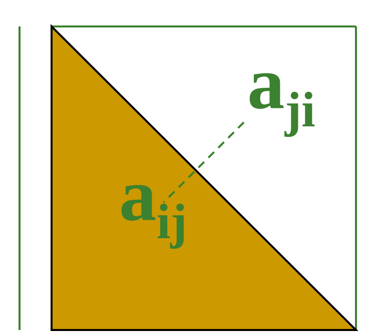
[特点] 在n×n的矩阵a中，满足如下性质：

$$a_{ij}=a_{ji} \quad (1 \le i, j \le n)$$

[存储方法] 只存储下(或者上)三角(包括主对角线)的数据元素。共占用n(n+1)/2个元素空间。

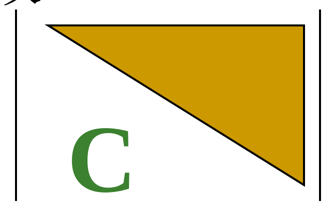
sa	$\mathbf{a_{11}}$	$\mathbf{a_{21}}$	$\mathbf{a_{22}}$	$\mathbf{a_{31}}$		$\mathbf{a_{ij}(a_{ji})}$		$\mathbf{a_{nn}}$
k	**1**	**2**	**3**	**4**				**n(n+1)/2**

$$k=\begin{cases} i(i-1)/2+j & \text{当}\, i \ge j \\ j(j-1)/2+i & \text{当}\, i<j \end{cases}$$

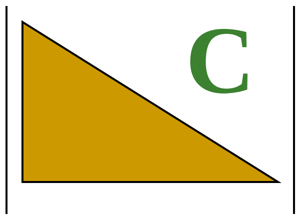


2. 三角矩阵

[特点] 对角线以下(或者以上)的数据元素(不包括对角线)全部为常数c。



上三角矩阵



下三角矩阵

[存储方法] 重复元素c共享一个元素存储空间，共占用n(n+1)/2+1个元素空间: sa[1.. n(n+1)/2+1]

3. 对角矩阵（带状矩阵）

[特点] 在n×n的方阵中，非零元素集中在主对角线及其两侧共L(奇数)条对角线的带状区域内 — L对角矩阵。

[存储方法]

- **以对角线的顺序存储**

$$
\begin{pmatrix}
8 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 \\
4 & 2 & 0 & 3 & 0 & 0 \\
5 & 7 & 7 & 6 & 8 & 0 \\
0 & 9 & 6 & 9 & 1 & 5 \\
0 & 0 & 6 & 1 & 4 & 2 \\
0 & 0 & 0 & 2 & 8 & 3
\end{pmatrix}
$$

五对角矩阵

	1	2	3	4	5	6
-2			3	3	8	5
-1		2	0	6	1	2
0	8	2	7	9	4	3
1	4	7	6	1	8	
2	5	9	6	2		

s[-2..2; 1..6]

sa

k 1 n*L

稀疏矩阵

稀疏矩阵：

如果矩阵$A=(a_{ij})_{m\times n}$中共有t个非0元素，则称

$$\delta=\frac{t}{m\times n}$$

为稀疏因子。

通常认为$\delta\leq 0.05$的矩阵是稀疏矩阵。

稀疏矩阵的存储

✓用二维数组表示稀疏矩阵将产生问题：

(1)0值元素占据很大的存储空间；

(2)需进行很多涉及到0值的运算；

遇除法，还需判别除数是否为0。

稀疏矩阵的存储

✓解决问题的原则：

(1)尽可能少存储或者不存储0值元素；

(2)尽可能减少没有实际意义的运算；

(3)操作方便。如尽可能快找到与下标(i, j)对应的元素或同行(/列)的非0元素等。

三元组顺序表

- 三元组

  (i, j, a_{ij})——第i行第j列的元素a_{ij};

- 三元组顺序表

  按**行序优先**依次存储稀疏矩阵的非0元素

  而得到的三元组列表。

三元组顺序表

例如，

稀疏矩阵：

$$M_{6\times7} = \begin{bmatrix} 0 & 12 & 9 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14 & 0 \\ 0 & 0 & 24 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & -7 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

三元组顺序表

(1, 2, 12)
(1, 3, 9)
(3, 1, -3)
(3, 6, 14)
(4, 3, 24)
(5, 2, 18)
(6, 1, 15)
(6, 4, -7)

稀疏矩阵可由矩阵行数、列数和三元组顺序表唯一确定。

三元组顺序表

- 三元组顺序表一般可用二维数组T3[MaxT][3]存储(数据元素为整型时)，其中，MaxT>t (t为非0元素的个数)。
- T3[0]的三个数组元素分别用来存储矩阵的行数m、列数n和非0元素的个数t。

```
typedef  struct {
        int  i, j;
        Type  e;
} Triple;
typedef  Triple  data[MaxT];
int  mu, nu, tu;
```

教学内容

4.1 串

4.2 数组

4.3 广义表

4.3 广义表

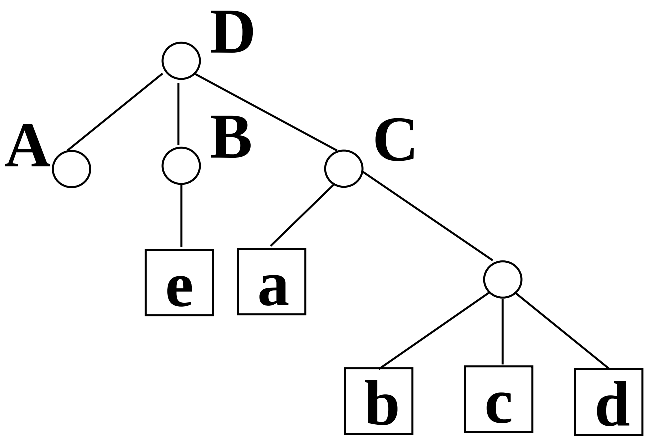
■ 广义表（列表）：n (≥ 0)个表元素组成的有限序列，

记作$LS = (a_1, a_2, \ldots, a_n)$

LS是表名，a_i是表元素，它可以是表 (称为子表)，可以是数据元素(称为原子)。

- a_1表中第一个元素)称为表头；
- 其余元素组成的子表称为表尾；$(a_2, \ldots, a_n)$
- 广义表中所包含的元素(包括原子和子表)的个数称为表的长度。n为表的长度。$n = 0$ 的广义表为空表。
- 广义表中括号的最大层数称为表深 (度)。

广 义 表	表长n	表深h
A=()	0	0
B=(e)	1	1
C=(a,(b,c,d))	2	2
D=(A,B,C)	3	3
E=(a,E)	2	∞



广义表的图形表示

广义表与线性表的区别？

- 线性表的成分都是结构上不可分的单元素
- 广义表的成分可以是单元素，也可以是有结构的表
- 线性表是一种特殊的广义表
- 广义表不一定是线性表，也不一定是线性结构

广义表的存储结构

由于广义表中的数据元素具有不同的结构，通常用链式存储结构表示，每个数据元素用一个结点表示。因此，广义表中就有两类结点：

- 一类是表结点，用来表示广义表项，由标志域，表头指针域，表尾指针域组成;
- 另一类是原子结点，用来表示原子项，由标志域，原子的值域组成。

只要广义表非空，都是由表头和表尾组成。即一个确定的表头和表尾就唯一确定一个广义表。

广义表的基本运算

- （**1**）求表头**GetHead(L)**：非空广义表的第一个元素，可以是一个单元素，也可以是一个子表
- （**2**）求表尾**GetTail(L)**：非空广义表除去表头元素以外其它元素所构成的表。表尾一定是一个表

练习

A=( ) → GetHead和GetTail均无定义

A=(a,b) → GetHead(A)=a GetTail(A)=(b)

A=(a) → GetHead(A)=a GetTail(A)=( )

A=((a)) → GetHead(A)=(a) GetTail(A)=( )

A=(a,b,(c,d),(e,(f,g)))

GetHead(GetTail(GetHead(GetTail(GetTail(A))))) d

广义表的特点

- 有次序性　　一个直接前驱和一个直接后继
- 有长度　　＝表中元素个数
- 有深度　　＝表中括号的重数
- 可递归　　自己可以作为自己的子表
- 可共享　　可以为其他广义表所共享

练习：求下列广义表的长度

1）A =( )　n=0，因为A是空表

2）B = (e)　n=1，表中元素e是原子

3）C =(a ,(b , c , d))　n=2，a 为原子，(b,c,d)为子表

4）D=(A , B ,C)　n=3，3个元素都是子表

5）E=(a, E)　n=2，a 为原子，E为子表

D=(A,B,C)=(( ),(e),(a,(b,c,d)))，共享表

E=(a,E)=(a,(a,E))= (a,(a,(a,…….)))，E为递归表

案例分析与实现

案例4.1： 病毒感染检测

【案例分析】

●因为患者的DNA和病毒DNA均是由一些字母组成的字符串序列，要检测某种病毒DNA序列是否在患者的DNA序列中出现过，实际上就是字符串的模式匹配问题。

●可以利用BF算法，也可以利用更高效的KMP算法。

●但与一般的模式匹配问题不同的是，此案例中病毒的DNA序列是环状的。

●这样需要对传统的BF算法或KMP算法进行改进。

【案例实现】

- 对于每一个待检测的任务，假设病毒DNA序列的长度是m，因为病毒DNA序列是环状的，为了线性取到每个可行的长度为m的模式串，可将存储病毒DNA序列的字符串长度扩大为$2m$，将病毒DNA序列连续存储两次。
- 然后循环m次，依次取得每个长度为m的环状字符串，将此字符串作为模式串，将人的DNA序列作为主串，调用BF算法进行模式匹配。
- 只要匹配成功，即可中止循环，表明该人感染了对应的病毒；否则，循环m次结束循环时，可通过BF算法的返回值判断该人是否感染了对应的病毒。

【算法步骤】

① 从文件中读取待检测的任务数*num*。

② 根据*num*个数依次检测每对病毒DNA和人的DNA是否匹配，循环*num*次，执行以下操作：

- 从文件中分别读取一对病毒DNA序列和人的DNA序列；
- 设置标志性变量flag，用来标识是否匹配成功，初始为0，表示未匹配；
- 病毒DNA序列的长度是*m*，将存储病毒DNA序列的字符串长度扩大为2*m*，将病毒DNA序列连续存储两次；
- 循环m次，重复执行以下操作：
  - 依次取得每个长度为*m*的病毒DNA环状字符串；
  - 将此字符串作为模式串，将人的DNA序列作为主串，调用BF算法进行模式匹配，将匹配结果返回赋值给flag;
  - 若flag非0，表示匹配成功，中止循环，表明该人感染了对应的病毒。
- 退出循环时，判断flag的值，若flag非0，输出“YES”，否则，输出“NO”。

小结

1. 了解串的存储方法，理解串的两种模式匹配算法，重点掌握BF算法。
2. 明确数组和广义表这两种数据结构的特点，掌握数组地址计算方法，了解几种特殊矩阵的压缩存储方法。
3. 掌握广义表的定义、性质及其GetHead和GetTail的操作。