# 第五章 数组和广义表

前4章介绍的数据结构共同特点：

（1）都属于线性数据结构；

（2）每种数据结构中的数据元素，都作为原子数据，不再进行分解；

本章讨论的数据结构：数组，其特点是：

1）从逻辑结构上看，可看成是线性结构的一种扩展；

2）数据元素本身也是一个数据结构。

- 一维数组具有线性表的结构，但操作简单，一般不进行插入和删除操作，只定义给定下标读取元素和修改元素的操作
- 二维数组中，每个数据元素对应一对数组下标，在行方向上和列方向上都存在一个线性关系，即存在两个前驱（前件）和两个后继（后件）。也可看作是以线性表为数据元素的线性表。
- n维数组中，每个数据元素对应n个下标，受n个关系的制约，其中任一个关系都是线性关系。可看作是数据元素为n-1维数组的一维数组。
- 因此，多维数组和广义表是对线性表的扩展：线性表中的数据元素本身又是一个多层次的线性表。

5.1 数组的定义

5.2 数组的顺序表示和实现

5.3 矩阵的压缩存储

5.4 广义表的定义

# 5.1 数组的定义

抽象数据类型

ADT Array{

数据对象：$j_i=0,...,b_i-1,\ i=1,2,...,n,$

$D=\{a_{j_1j_2...j_n} \mid n(>0)$称为数组的维数，$b_i$是数组第i维的长度，$j_i$是数组元素的第i维下标，$a_{j_1j_2...j_n} \in ElemSet\}$

数据关系：$R=\{R1,\ R2,\cdots,\ Rn\}$

$Ri=\{\langle a_{j_1\cdots j_i\cdots j_n}, a_{j_1\cdots j_i+1\cdots j_n}\rangle \mid\ 0\leqslant j_k\leqslant b_k-1,$
$1\leqslant k\leqslant n$ 且$k\neq i, 0\leqslant j_i\leqslant b_i-2,$
$a_{j_1\cdots j_i\cdots j_n}, a_{j_1\cdots j_i+1\cdots j_n} \in D, i=2,\cdots n\}$

基本操作：

* InitArray(&A, n, bound1,...,boundn)

  已知维数n和各维长度，构造数组A。

* DestroyArray(&A)

* Value(A, &e, index1,...,indexn)

  返回指定下标的A的元素值给e。

* Assign(&A, e, index1,...,indexn)

  将e的值赋给指定下标的A的元素。

}ADT Array

- 一个二维数组的逻辑结构可以定义成如下形式：

  Array_2=(D,R)

- 其中D={$a_{ij}$ | i=$c_1$,$c_1$+1,…, $d_1$, j=$c_2$,$c_2$+1,…, $d_2$, $a_{ij}$∈$D_0$}
- R={ROW,COL}
- ROW={<$a_{ij}$, $a_{i,j+1}$> | $c_1$≤i≤$d_1$,$c_2$≤j≤$d_2$-1, $a_{ij}$, $a_{i,j+1}$∈D}
- COL={<$a_{ij}$, $a_{i+1,j}$> | $c_1$≤i≤$d_1$-1,$c_2$≤j≤$d_2$, $a_{ij}$, $a_{i+1,j}$∈D}

# 数组的概念

数组是由一组个数固定，类型相同的数据元素组成阵列。

以二维数组为例：二维数组中的每个元素都受两个线性关系的约束,即行关系和列关系，在每个关系中，每个元素$a_{ij}$都有且仅有一个直接前趋，都有且仅有一个直接后继。

$$A_{m\times n}=\begin{pmatrix} a_{00} & a_{01} & \cdots & a_{0\ n-1} \\ a_{10} & a_{11} & \cdots & a_{1\ n-1} \\ & & & \\ a_{m-1\ 0} & a_{m-1\ 1} & \cdots & a_{m-1\ n-1} \end{pmatrix}$$

在行关系中

$a_{ij}$直接前趋是 $a_{ij-1}$

$a_{ij}$直接后继是 $a_{ij+1}$

在列关系中

$a_{ij}$直接前趋是 $a_{i-1j}$

$a_{ij}$直接后继是 $a_{i+1j}$

二维数组也可看作这样的线性表：其每一个数据元素也是一个线性表

$$A=(\alpha_0,\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3,\alpha_4,\ldots\ldots,\alpha_p)$$

其中每一个数据元素 $\alpha_j$ 是一个列向量的线性表

$$\alpha_j=(a_{0j},a_{1j},a_{2j},a_{3j},\ldots\ldots,a_{m-1j})$$

或 $\alpha_i$ 是一个行向量的线性表

$$\alpha_i=(a_{i0},a_{i1},a_{i2},a_{i3},\ldots\ldots,a_{in-1})$$

# 5.2 数组的顺序表示

- 数组的结构确定后（给定维数和各维长度），数组的存储空间确定。
- 一维数组在内存中的存放很简单，只要顺序存放在连续的内存单元即可。
- 多维数组用一维的存储单元存放需约定次序。PASCAL和C语言是以行序为主序，FORTRAN以列序为主序。

例：二维数组，如何用顺序结构表示？

内存地址是一维的，而数组是二维的，要将二维数组挤入一维的地址中，有两个策略：

以行为主序（C语言使用）

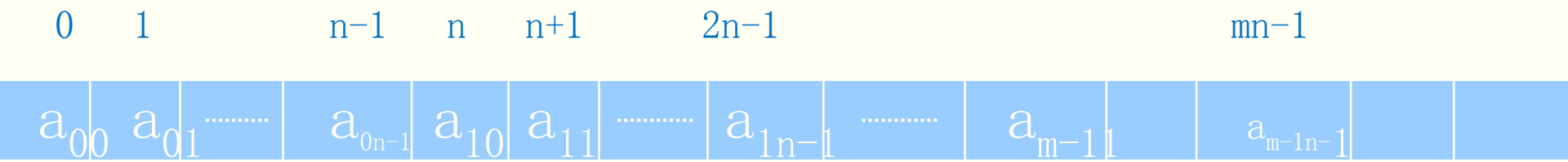
以列为主序(FORTRAN语言）

$$\begin{pmatrix} a_{00} & a_{01} & & a_{0n-1} \\ a_{10} & a_{11} & & a_{1n-1} \\ & & & \\ & & & \\ a_{m-10} & a_{m-11} & & a_{m-1n-1} \end{pmatrix}$$

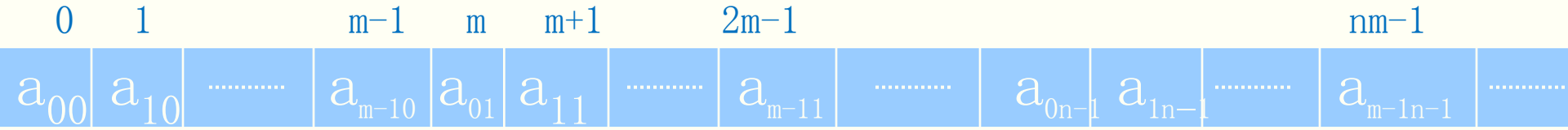
设A是一个具有m 行n列的元素的二维数组：

$$A_{m\times n}=\begin{pmatrix} a_{00} & a_{01} & & a_{0n-1} \\ a_{10} & a_{11} & & a_{1n-1} \\ & & & \\ & & & \\ a_{m-10} & a_{m-11} & & a_{m-1n-1} \end{pmatrix}$$

以行为主序的方式：




以列为主序的方式：



- 二维数组中任一元素$a_{ij}$的存储地址:
  - 按行存放
    - ✓$Loc(i, j)=Loc(0,0)+(b_2*i+j)*L$
    - ✓L：每个数据元素占据的存储单元素
  - 按列存放
    - ✓$Loc(i, j)=Loc(0,0)+(b_1*j+i)*L$
- n维数组：按行存放 p93
  - ✓$Loc（j_1, j_2,…,j_n)=Loc(0,0,…,0) + \sum c_i j_i$
  - ✓其中 $c_n=L$, $c_{i-1}= b_i*c_i$, $1< i \leq n$

对于高维数组的情况：行优先顺序可规定为先排最右的下标，从右到左，最后排最左下标：列优先顺序与此相反，先排最左下标，从左向右，最后排最右下标。

按上述两种方式顺序存储的序组，只要知道开始节点的存放地址（即基地址），维数和每维的上、下界，以及每个数组元素所占用的单元数，就可以将数组元素的存放地址表示为其下标的线性函数。因此，数组中的任一元素可以在相同的时间内存取，即顺序存储的数组是一个随机存取结构。

例如，二维数组$A_{mn}$按“行优先顺序”存储在内存中，假设每个元素占用d个存储单元。

元素$a_{ij}$的存储地址应是数组的基地址加上排在$a_{ij}$前面的元素所占用的单元数。因为$a_{ij}$位于第i行、第j列，前面i行一共有i×n个元素，第i行上$a_{ij}$前面又有j个元素，故它前面一共有i×n+j个元素，因此，$a_{ij}$的地址计算函数为：

$$LOC(a_{ij})=LOC(a_{00})+(i*n+j)*d$$

同样，三维数组$A_{ijk}$按“行优先顺序”存储，其地址计算函数为：

$$LOC(a_{ijk})=LOC(a_{000})+(i*n*p+j*p+k)*d$$

# 5.3 矩阵的压缩存储

- 矩阵一般可用二维数组实现，特殊矩阵采用压缩存储。
- 压缩存储：为多个值相同的元只分配一个存储空间，对零元不分配空间。
- 特殊矩阵：值相同的元素或者零元素在矩阵中的分布有一定规律
- 稀疏矩阵：非零元较零元少，且分布没有一定规律的矩阵

# 5.3.1. 特殊矩阵

## 1、对称矩阵的压缩存储

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

例：

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

$a_{11}$

$a_{21}$ $a_{22}$

$a_{31}$ $a_{32}$ $a_{33}$

.....

$a_{n1}$ $a_{n2}$ $a_{n3}$ ... $a_{nn}$

- 压缩存储方法：为每一对对称元分配一个存储空间
  - 将下三角的元素（包括对角线），按行存储到一维数组sa[n(n+1)/2]中
  - 共有n(n+1)/2个存储单元，

为了便于访问对称矩阵A中的元素，必须在$a_{ij}$和sa[k]之间找一个对应关系。

若$i \geq j$，则$a_{ij}$在下三角形中。 $a_{ij}$之前的i-1行一共有1+2+…+i-1=i(i-1)/2个元素，在第i行上， $a_{ij}$之前恰有j-1个元素，因此有：

$$k = i*(i-1)/2 + j-1 \qquad 0 \leq k < n(n+1)/2$$

若i<j，则$a_{ij}$是在上三角矩阵中。因为$a_{ij}=a_{ji}$，所以只要交换上述对应关系式中的i和j即可得到：

$$k=j*(j-1)/2 + i-1 \qquad 0 \le k < n(n+1)/2$$

令 I=max(i, j)， J=min(i, j)，则k和 i, j的对应关系可统一为：

$$k=I*(I-1)/2+J-1 \qquad 0 \le k < n(n+1)/2$$

因此，$a_{ij}$的地址可用下列式计算：

$LOC(a_{ij})=LOC(sa[k])$

$=LOC(sa[0])+k*d = LOC(sa[0]+[I*(I-1)/2+J-1]*d$

有了上述的下标交换关系，对于任意给定一组下标(i，j)，均可在sa[k]中找到矩阵元素$a_{ij}$，反之，对所有的k=0, 1, 2,…n(n+1)/2-1，都能确定sa[k]中的元素在矩阵中的位置(i, j)。由此，称sa[n(n+1)/2]为阶对称矩阵A的压缩存储，见下图：

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a_{11}$<br>k=0 | $a_{21}$<br>1 | $a_{22}$<br>2 | $a_{31}$<br>3 | …… | $a_{n\,1}$<br>n(n-1)/2 | …<br>… | $a_{n,n}$<br>n(n+1)/2-1 |

例如$a_{21}$和$a_{12}$均存储在 sa[2]中，这是因为

k=I*(I-1)/2+J-1=2*(2-1)/2+1-1=1

## 2、三角矩阵的压缩存储

以主对角线划分，三角矩阵有上三角和下三角两种。上三角矩阵如图(a)所示，它的下三角（不包括主对角线）中的元素均为常数。下三角矩阵正好相反，它的主对角线上方均为常数，如图(b)所示。在大多数情况下，三角矩阵常数为零。

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ c & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c & c & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

(a) 上三角矩阵

$$\begin{pmatrix} a_{11} & c & \cdots & c \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & c \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

(b) 下三角矩阵

三角矩阵中的重复元素c可共享一个存储空间，其余的元素正好有n(n+1)/2个，因此，三角矩阵可压缩存储到向量sa[0..n(n+1)/2]中，其中c存放在向量的最后一个分量中。

- 下三角：k=i*(i-1)/2+j-1
- 上三角：k=(2n-i)(i-1)/2+j-1　（按行）

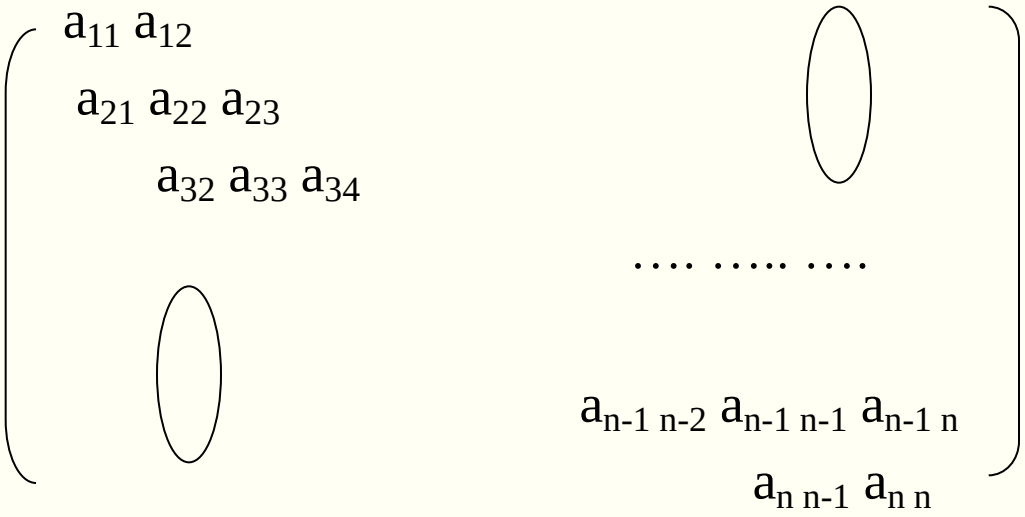
  k=j(j-1)/2+i-1　（按列）
- 注意：k从零开始，i,j从1开始

# 3、对角矩阵的压缩存储

●对角矩阵：所有非零元都集中在以主对角线为中心的带状区域中。

●压缩方法：压缩存储到一维数组sa[ ]中，三对角矩阵有3n-2个元素。

●k=2*i+j-3



# 5.3.2. 稀疏矩阵

## 什么是稀疏矩阵？

简单说，设在m×n矩阵A中有t个非零元素，若t远远小于矩阵中零元素的个数m × n-t，则称A为稀疏矩阵。

精确点，设在矩阵A中，有t个非零元素。令e=t/(m*n)，称e为矩阵的稀疏因子。通常认为e≤0.05时称之为稀疏矩阵。

## 三元组的表示：

压缩存储

- 稀疏矩阵可由表示非零元的三元组及其行列数唯一确定。
- 用三元组$(i, j, a_{ij})$存储行和列的位置，及非零元数值。

# 例：稀疏矩阵M

$$M=\begin{bmatrix}2&0&0&0&6&0&0&7\\0&0&1&0&0&0&0&0\\0&0&-2&0&0&0&3&0\\0&0&0&0&0&8&0&0\\0&0&0&5&0&0&0&0\\0&9&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$

- 矩阵M中非零元的三元组表示：

  （1，1，2），（1，5，6），（1，8，7），（2，3，1），（3，3，-2），（3，7，3），（4，6，8），（5，4，5），（6，2，9）

- 以上是按照行号顺序，将三元组9个非零元素按顺序进行排列（当然也可以按照列号的顺序进行排列），如果再加上一个表示矩阵行数、列数和总的非零元素数目的特殊三元组（6，8，9），就可以唯一的确定一个矩阵。

# 1、 三元组顺序表

* 用顺序存储结构表示**三元组表**（Triple Table），来实现对稀疏矩阵的一种压缩存储形式，就称为**三元组顺序表**，简称三元组表。

# 稀疏矩阵的三元组顺序表存储表示：

```
#define MAXSIZE 12500  //非零元个数最大值
typedef struct {
  int i,j;  //行下标和列下标
  ElemType e;
  } Triple;
typedef struct{
  Triple data[MAXSIZE+1];  //非零元三元组表
  int mu,nu,tu;  //行数、列数、非零元个数
}TSMatrix;
TSMatrix  a,b;
```

所需空间：3*tu+3　　若> mu * nu, 则不必用三元组表示-mu,nu,tu

# （1）稀疏矩阵（Sparse Matrix）

$$\mathbf{A}_{6\times7}=\begin{pmatrix}0&0&0&22&0&0&15\\0&11&0&0&0&17&0\\0&0&0&-6&0&0&0\\0&0&0&0&0&39&0\\91&0&0&0&0&0&0\\0&0&28&0&0&0&0\end{pmatrix}$$

行数$m=6$，列数$n=7$，非零元素个数$t=8$

稀疏矩阵

$$A_{6\times7}=\begin{pmatrix}0&0&0&22&0&0&15\\0&11&0&0&0&17&0\\0&0&0&-6&0&0&0\\0&0&0&0&0&39&0\\91&0&0&0&0&0&0\\0&0&28&0&0&0&0\end{pmatrix}$$

转置矩阵

$$B_{7\times6}=\begin{pmatrix}0&0&0&0&91&0\\0&11&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&28\\22&0&-6&0&0&0\\0&0&0&0&0&0\\0&17&0&39&0&0\\15&0&0&0&0&0\end{pmatrix}$$

# 用三元组表表示的稀疏矩阵及其转置

| 行 (row) | 列 (col) | 值 (value) |
|---|---|---|
| 1 | 4 | 22 |
| 1 | 7 | 15 |
| 2 | 2 | 11 |
| 2 | 6 | 17 |
| 3 | 4 | −6 |
| 4 | 6 | 39 |
| 5 | 1 | 91 |
| 6 | 3 | 28 |

| 行 (row) | 列 (col) | 值 (value) |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 91 |
| 2 | 2 | 11 |
| 3 | 6 | 28 |
| 4 | 1 | 22 |
| 4 | 3 | −6 |
| 6 | 2 | 17 |
| 6 | 4 | 39 |
| 7 | 1 | 15 |

# 三元组表稀疏矩阵的转置运算

- 方法：按照b.data中的三元组的次序，即M的列序，依次在a.data中找到相应的三元组进行转置。
- 步骤：从k=1开始依次扫描找寻所有列号为k的项，将其行号变列号、列号变行号，顺次存于转置矩阵三元组表。
- 其时间复杂度为 O（ a.nu* a.tu ）。
- 例：若矩阵有200行，200列，10,000个非零元素，总共有2,000,000次处理。

# 稀疏矩阵的转置 （算法5.1）

```
Status TransposeSMatrix(TSMatrix M,TSMatrix &T)
{ int q,col,p;
  T.mu=M.nu; T.nu=M.mu; T.tu=M.tu;
  if (T.tu)
    { q=1;
      for (col=1;col<=T.mu;++col)
          for(p=1;p<=M.tu;++p)
             if ( M.data[p].j==col )
                { T.data[q].i=M.data[p].j;
                  T.data[q].j=M.data[p].i;
                  T.data[q].e=M.data[p].e;
                  ++q; }
    }
   return OK;
}
```

# 快速转置算法

- 方法：按a.data中三元组的次序进行转置，并将转置后的三元组置入b中恰当的位置。
- 建立辅助数组num和cpot，num[col]表示矩阵第col列中非零元的个数，cpot[col]指示第col列的第一个非零元素在b.data中的恰当位置。
- 按行扫描矩阵三元组表，根据某项的列号，确定它转置后的行号，查cpot表，按查到的位置直接将该项存入转置三元组表中。
- 转置时间复杂度为 O(nu+tu+nu+tu)=O(tu)。若矩阵有200列，10000个非零元素，总共需10000次处理。

| *col* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 语 义 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***num[col]*** | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 矩阵 ***A*** 各列非零元素个数 |
| ***cpot[col]*** | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 6 | 8 | 矩阵 ***B*** 各行开始存放位置 |

- cpot[1]=1
- cpot[col]=cpot[col-1]+num[col-1]

# 稀疏矩阵的快速转置(算法5.2)

```
Status FastTransposeSMatrix(TSMatrix M,TSMatrix &T)
 { T.mu=M.nu;  T.nu=M.mu;  T.tu=M.tu;
   if (T.tu)
      {  for (col=1;col<=M.nu;++col) num[col]=0;
         for (t=1;t<=M.tu;++t) ++num[M.data[t].j];
                //求M中每一列含非零元个数
         cpot[1]=1;
         for (col=2;col<=M.nu;++col)
             cpot[col]=cpot[col-1]+num[col-1];
         for (p=1;p<=M.tu;++p)
             { col=M.data[p].j; q=cpot[col];
               T.data[q].i=M.data[p].j;
               T.data[q].j=M.data[p].i;
               T.data[q].e=M.data[p].e;
              ++cpot[col]; }
      }
   return OK;
 }
```

# 用三元组表表示的稀疏矩阵及其转置

| 行 (row) | 列 (col) | 值 (value) |
|---|---|---|
| 1 | 4 | 22 |
| 1 | 7 | 15 |
| 2 | 2 | 11 |
| 2 | 6 | 17 |
| 3 | 4 | −6 |
| 4 | 6 | 39 |
| 5 | 1 | 91 |
| 6 | 3 | 28 |

| 行 (row) | 列 (col) | 值 (value) |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 91 |
| 2 | 2 | 11 |
| 3 | 6 | 28 |
| 4 | 1 | 22 |
| 4 | 3 | −6 |
| 6 | 2 | 17 |
| 6 | 4 | 39 |
| 7 | 1 | 15 |

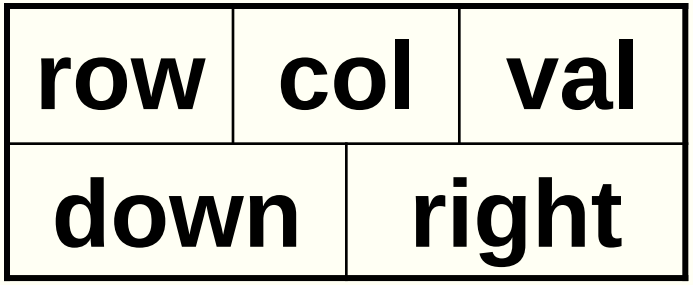
# 2、 十字链表

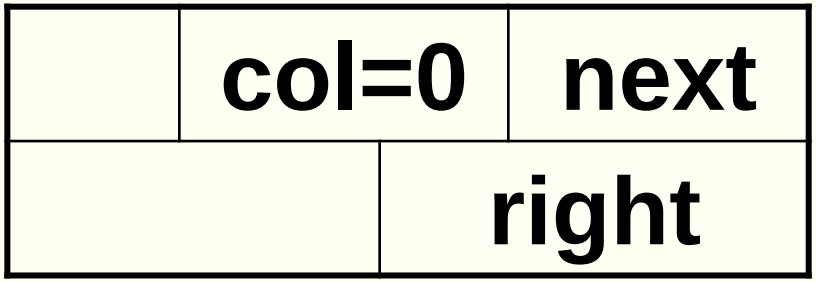
- 当矩阵中非零元素的个数和位置经过运算后变化较大时，就不宜采用顺序存储结构，而应采用链式存储结构来表示三元组。

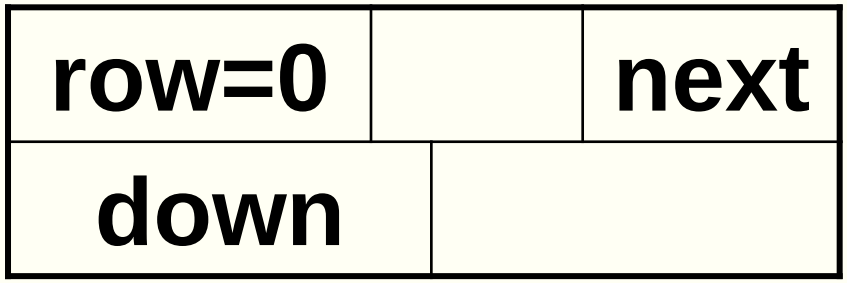
- 稀疏矩阵的链接表示采用十字链表：行链表与列链表十字交叉。

- 行链表与列链表都是带表头结点的循环链表。用表头结点表征是第几行，第几列。

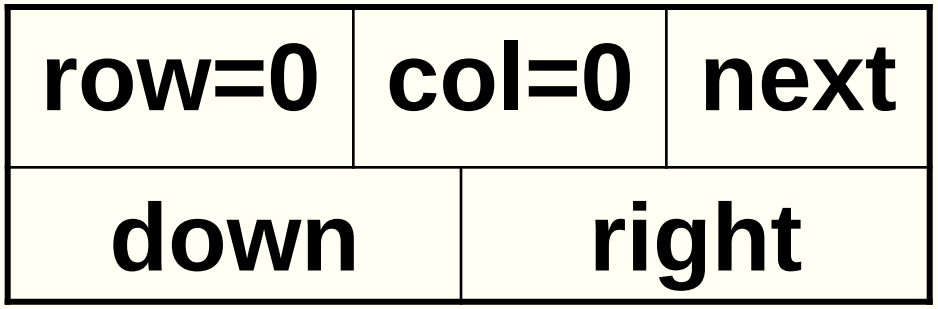
- 元素结点
  - right——指向同一行中下一个非零元素的指针（向右域）
  - down——指向同一列中下一个非零元素的指针（向下域）
- 表头结点
  - 行表头结点
  - 列表头结点
  - next用于表示头结点的链接



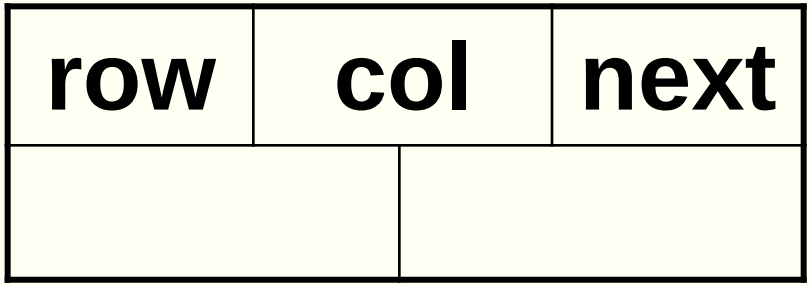



- 由于行、列表头结点互相不冲突，所以可以合并起来：




- 总表头结点：



- 需要辅助结点作链表的表头，同时每个结点要增加两个指针域，所以只有在矩阵较大和较稀疏时才能起到节省空间的效果。

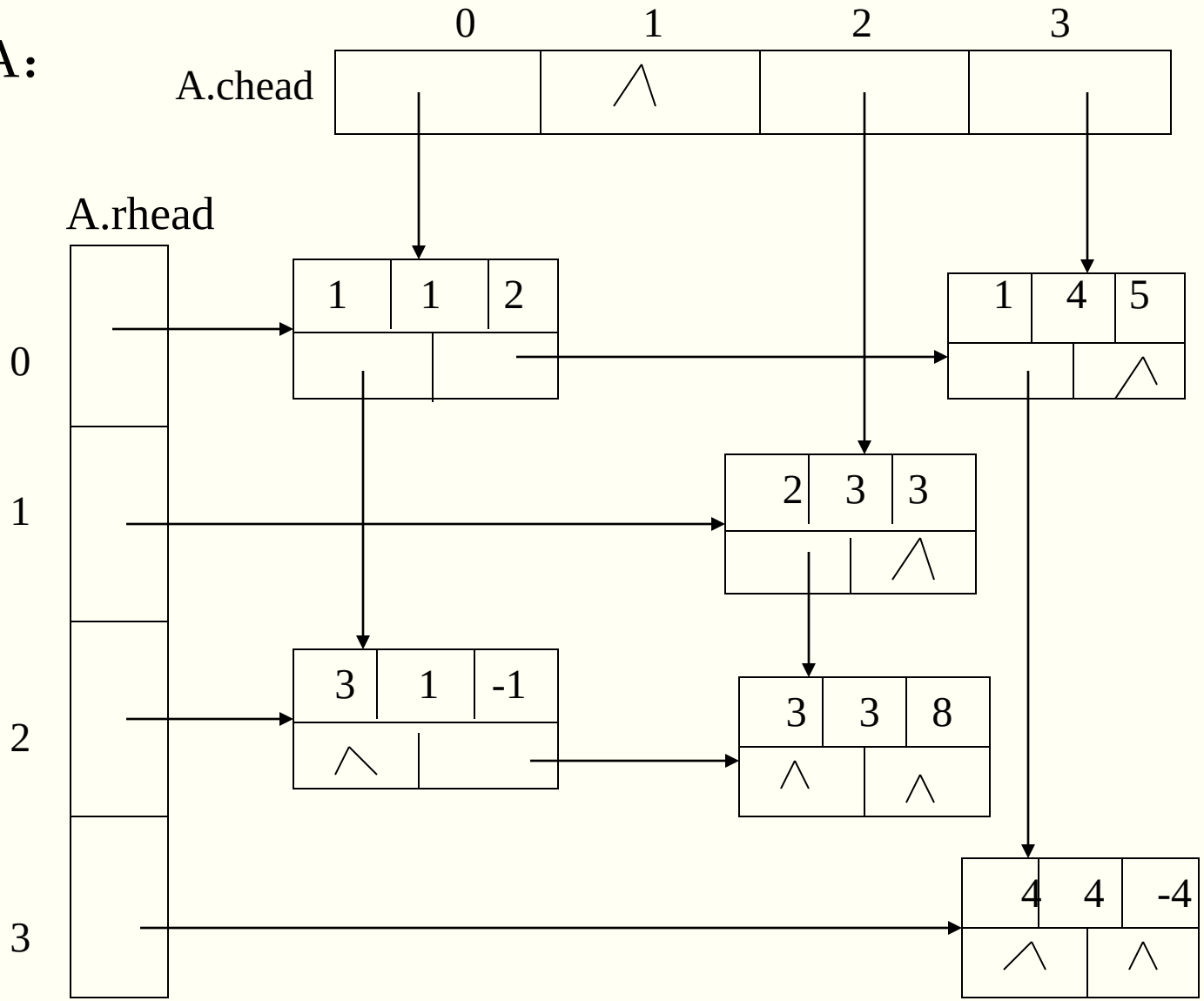
- 分别用两个一维数组存储行链表的头指针和列链表的头指针，可加快访问速度。

# 十字链表的类型定义

```
typedef struct OLNode{   //元素结点
    int  i, j ;   //非零元的行和列下标
    ElemType  e;
    struct  OLNode *right,*down;
          //该非零元所在行表和列表的后继链域
  }  OLNode, *OLink;
typedef struct {
    OLink *rhead,*chead;
          //行和列链表头指针数组
    int mu,nu,tu;
 } CrossList;
```

例：稀疏矩阵A：

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ -1 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -4 \end{pmatrix}$$




稀疏矩阵A的十字链表

# 十字链表的建立（算法5.4）

* 自学

# 小 结

1　矩阵压缩存储是指为多个值相同的元素分配一个存储空间，对零元素不分配存储空间；

2　特殊矩阵的压缩存储是根据元素的分布规律，确定元素的存储位置与元素在矩阵中的位置的对应关系；

3　稀疏矩阵的压缩存储除了要保存非零元素的值外，还要保存非零元素在矩阵中的位置。

# 5.4 广义表的定义

- **广义表**（Generalized Lists ）是线性表的推广，又简称**表**（Lists）。广义表是n(n>=0)个元素$a_1,a_2,a_3,\ldots,a_n$的有限序列，其中$a_i$或者是原子项，或者是一个广义表。通常记作

$$LS=(a_1,a_2,a_3,\ldots,a_n)$$

LS是广义表的名字，n为它的长度。若$a_i$是广义表，则称它为LS的子表。

- 在一个非空的广义表中，其元素$a_i$可以是某一确定类型的单个元素，称为**原子**，也可以又是一个广义表，称为**子表**。因此广义表的定义是一种递归的定义，广义表是一种递归的数据结构。
- 当广义表非空的时候，称第一个元素$a_1$为广义表A的**表头**（Head），称其余元素组成的**表**（$a_2$，$a_3$，…，$a_n$）是A的**表尾**（Tail）。

举例：

（1）A=（）是一个空表，其长度为零。

（2）B=（a,(b,c,d)) 的长度为2，两个元素分别原子a和子表(b,c,d)，表头是元素a ，表尾是子表((b,c,d)) 。

（3）C=（e）只有一个原子e，C的长度为1,表头是元素e，表尾是空表（）。

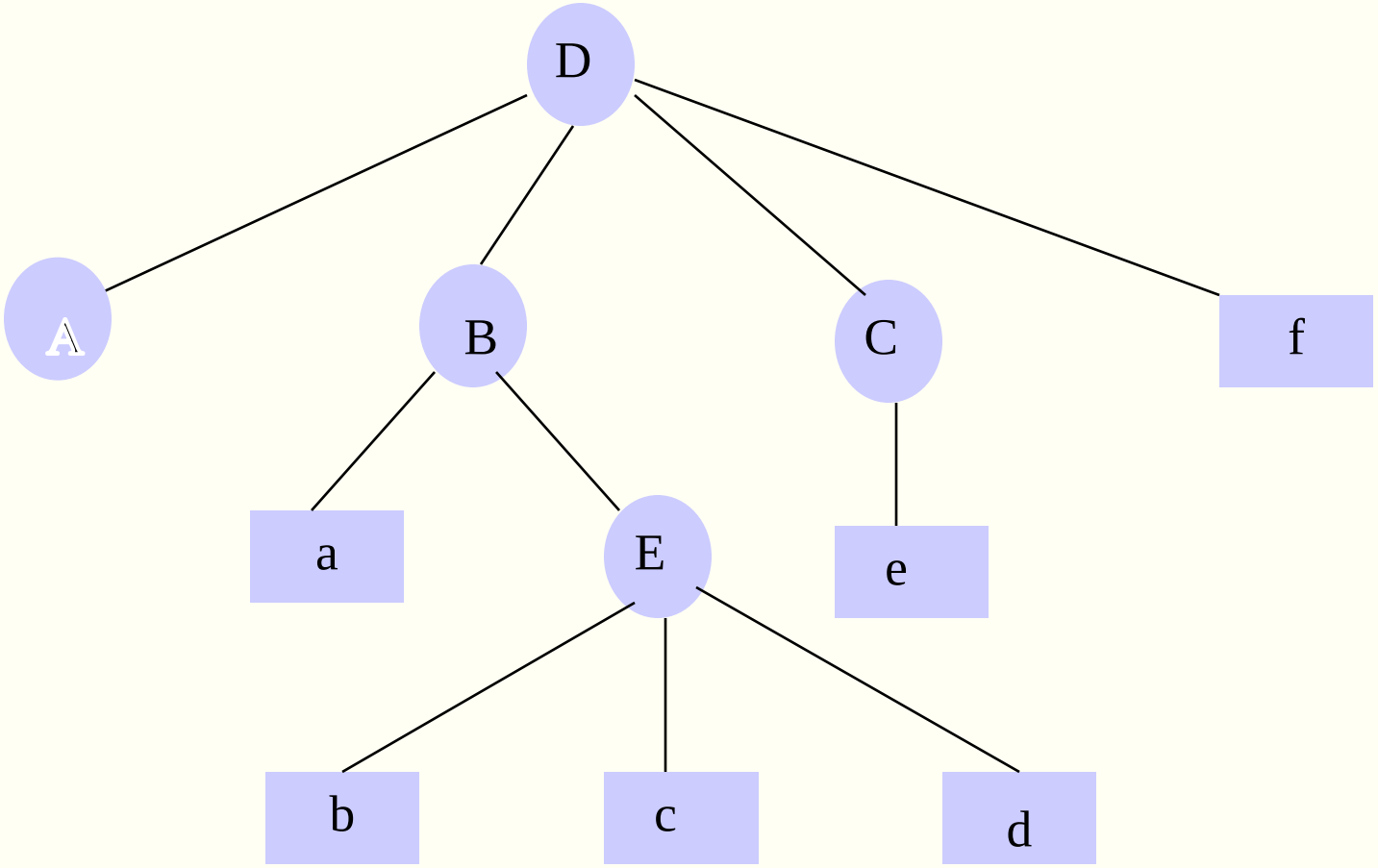
（4）D=（A，B，C，f）的长度为4，前三个元素都是广义表,第四个元素是原子f，表头是子表A ,表尾是子表(B，C，f)。

（5） E=(b, c, d)的长度为3，三个元素都是原子，表头是元素b，表尾是子表（c，d)。

（6） F=( a , F ) 递归表，长度为2，它是一个无限的广义表。

- 广义表的元素之间除了存在次序关系外还存在层次关系，广义表中元素最大的层数称为广义表的深度。相对于元素来说，它的层数就是包含该元素括号对的数目。例如广义表：
- G＝（a，（b，（c，（d））））

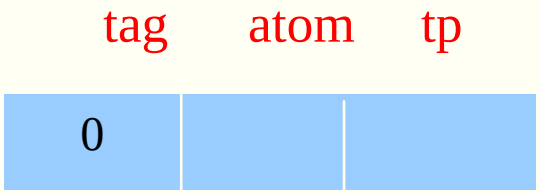
  则数据元素a在第一层，数据元素b在第二层，数据元素c在第三层，数据元素d在第四层，广义表G的深度为4。


D
A
B
C
f
a
E
e
b
c
d

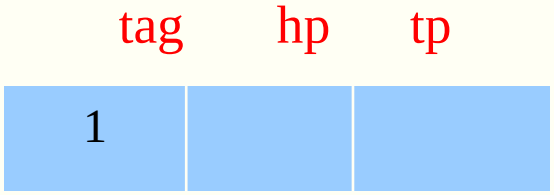
# 5.5 广义表的存储结构

由于广义表中数据元素可以具有不同结构，故难以用顺序结构表示广义表。通常采用链表存储方式。

如何设定链表结点？广义表中的数据元素可能为单元素(原子)或子表，由此需要两种结点：一种是表结点，用以表示广义表；一种是单元素结点，用以表示单元素（原子）。




单元素结点



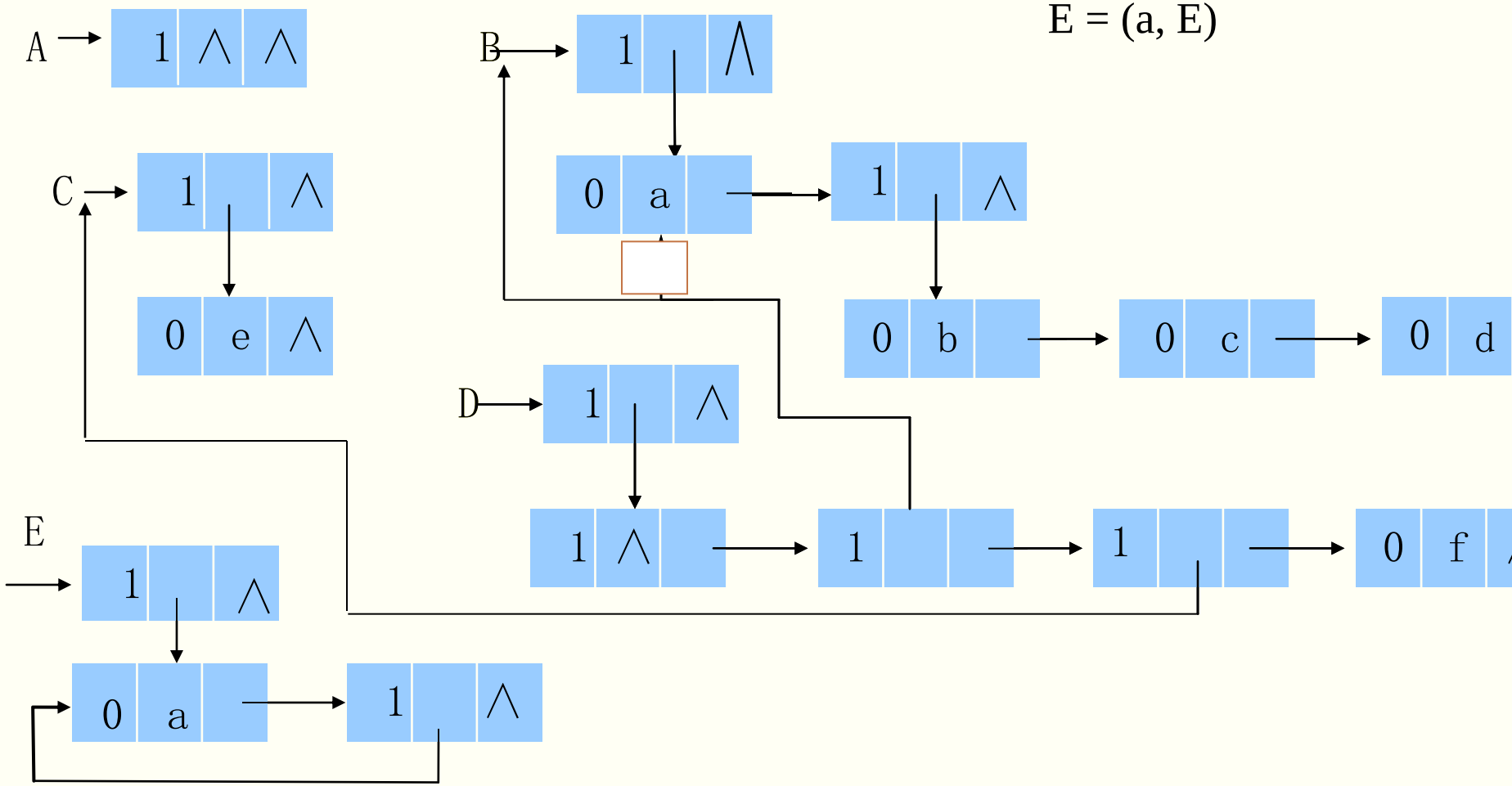

表结点

链表结点的类型定义如下：

```
struct  GLNode
{   int  tag;          //标志域：用于区分原子结点和表结点
    union
     { AtomType  atom;           //原子结点的值域
       struct  GLNode  *hp;     //表结点
      };
    struct  GLNode  *tp;      //   指向下一个
} *GList
```

# 广义表的存储结构示例

A = （），B =(a,(b,c,d))
C = (e)，D = (A,B,C, f )
E = (a, E)



# 本章学习要点

- 了解数组的两种表示方法，并掌握数组在以行为主的存储结构中的地址计算方法。
- 了解对特殊矩阵进行压缩存储时的下标变换公式。
- 了解稀疏矩阵的两种压缩存储方法的特点和适用范围，领会以三元组表示稀疏矩阵时进行矩阵运算采用的处理方法。
- 掌握广义表的定义及结构特点。