第六节　链表结构

【存储方式的分类】：顺序存储结构和链式存储结构；

【顺序存储结构】：在（子）程序的说明部分就必须加以说明，以便分配固定大小的存储单元，直到（子）程序结束，才释放空间。因此，这种存储方式又称为静态存储。所定义的变量相应的称为静态变量。它的优缺点如下：

1、优点：可以通过一个简单的公式随机存取表中的任一元素，逻辑关系上相邻的两个元素在物理位置上也是相邻的，且很容易找到前趋与后继元素；

2、缺点：在线性表的长度不确定时，必须分配最大存储空间，使存储空间得不到充分利用，浪费了宝贵的存储资源；线性表的容量一经定义就难以扩充；在插入和删除线性表的元素时，需要移动大量的元素，浪费了时间；

【链式存储结构】：在程序的执行过程中，通过两个命令向计算机随时申请存储空间或随时释放存储空间，以达到动态管理、使用计算机的存储空间，保证存储资源的充分利用。这样的存储方式称为动态存储。所定义的变量称为动态变量。它的优点如下：

可以用一组任意的存储单元（这些存储单元可以是连续的，也可以不连续的）存储线性表的数据元素，这样就可以充分利用存储器的零碎空间；

【概念】：为了表示任意存储单元之间的逻辑关系，对于每个数据元素来说，除了要存储它本身的信息（数据域、data）外，还要存储它的直接后继元素的存储位置（指针域、link或next）。我们把这两部分信息合在一起称为一个“结点node”。

1、N个结点链接在一起就构成了一个链表。N=0时，称为空链表。

2、为了按照逻辑顺序对链表中的元素进行各种操作，我们需要定义一个变量用来存储整个链表的第一个结点的物理位置，这个变量称为“头指针、H或head”。也可以把头指针定义成一个结点，称为“头结点”，头结点的数据域可以不存储任何信息，也可以存储线性表的长度等附加信息，头结点的指针域（头指针）存储指向第一个结点的指针，若线性表为空表，则头结点的指针域为空（NIL）。由于最后一个元素没有后继，所以线性表中最后一个结点的指针域为空（NIL）。

3、 由于此链表中的每个结点都只包含一个指针域，故称为“线性链表或单链表”。

（一）单链表的定义

1．类型和变量的说明

```
struct Node
{
   int data;
   Node *next;
};
Node *p;
```

2．申请存储单元　　//动态申请、空间大小由指针变量的基类型决定

```
p=new Node;
```

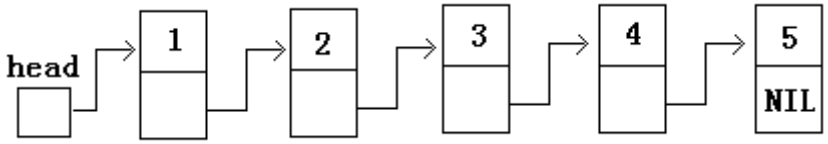
3．指针变量的赋值

```
指针变量名=NULL;   //初始化，暂时不指向任何存储单元
```

如何表示和操作指针变量？不同于简单变量（如 A=0;），c++规定用“指针变量名->”的形式引用指针变量（如 P->data=0;）。

（二）单链表的结构、建立、输出

由于单链表的每个结点都有一个数据域和一个指针域，所以，每个结点都可以定义成一个记录。比如，有如下一个单链表，如何定义这种数据结构呢？



下面给出建立并输出单链表的程序，大家可以把它改成过程用在以后的程序当中。

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct Node
{
    int data;
    Node *next;
};
Node *head,*p,*r;        //r 指向链表的当前最后一个结点，可以称为尾指针
int x;
int main()
{
   cin>>x;
   head=new Node;        //申请头结点
   r=head;
   while(x!=-1)          //读入的数非-1
   {
      p=new Node;        //否则，申请一个新结点
      p->data=x;
      p->next=NULL;
      r->next=p;         //把新结点链接到前面的链表中，实际上 r 是 p 的直接前趋
      r=p;               //尾指针后移一个
      cin>>x;
    }
   p=head->next;         //头指针没有数据，只要从第一个结点开始就可以了}
   while(p->next!=NULL)
    {
      cout<<p->data<<" ";
      p=p->next;
    }
   cout<<p->data<<endl; //最后一个结点的数据单独输出，也可以改用 do-while 循环
   system("pause");
}
```

（三）单链表的操作

1. 查找“数据域满足一定条件的结点”

```
p=head->next;
while((p->data!=x)&&(p->next!=NULL))p=p->next; //找到第一个就结束
if(p->data==x)
    找到了处理;
else
    输出不存在;
```

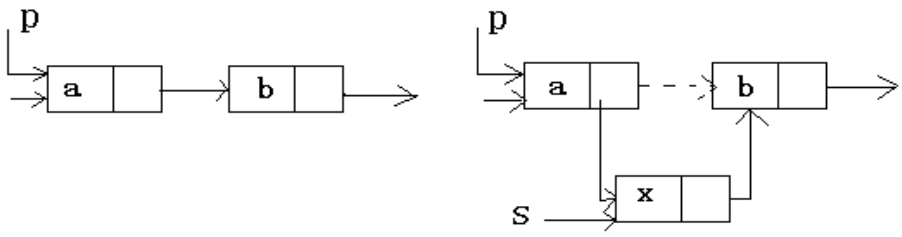
如果想找到所有满足条件的结点，则修改如下：

```
p=head->next;
while(p->next!=NULL)        //一个一个判断
{
    if(p->data==x)           //找到一个处理一个;
    p=p->next;
}
```

2. 取出单链表的第 i 个结点的数据域

```
void get(Node *head,int i)
{
    Node *p;int j;
    p=head->next;
    j=1;
    while((p!=NULL)&&(j<i))
    {
        p=p->next;
        j=j+1;
    }
    if((p!=NULL)&&(j==i))
      cout<<p->data;
  else
      cout<<"i not exsit!";
}
```

3. 插入一个结点在单链表中去

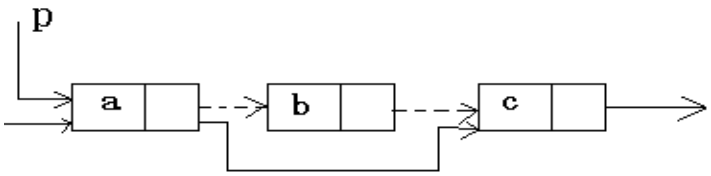


插入结点前和后的链表变化

```
void insert(Node *head,int i,int x) //插入 X 到第 i 个元素之前
```

```
{
    Node *p,*s;int j;
    p=head;
    j=0;
    while((p!=NULL)&&(j<i-1))          //寻找第 i-1 个结点,插在它的后面
    {
        p=p->next;
        j=j+1;
    }
    if(p==NULL)
      cout<<"no this position!";
    else
    {                                  //插入
        s=new Node;
        s->data=x;
        s->next=p->next;
        p->next=s;
    }
}
```

4. 删除单链表中的第 i 个结点（如下图的“b”结点）



删除一个结点前和后链表的变化

```
void delete(Node *head,int i)          //删除第 i 个元素
{
    Node *p,*s;int j;
    p=head;
    j=0;
    while((p->next!=NULL)&&(j<i-1))
    {
        p=p->next;
        j=j+1;
    }                                  //p 指向第 i-1 个结点
if (p->next==NULL)
  cout<<"no this position!";
else
{                              //删除 p 的后继结点，假设为 s
    s=p->next;
    p->next=p->next->next; //或 p->next=s->next
```

```
        free(s);
    }
}
```

5. 求单链表的实际长度

```
int len(Node *head)
{
    int n=0;
    p=head
    while(p!=NULL)
    {
        n=n+1;
        p=p->next
    }
    return n;
}
```

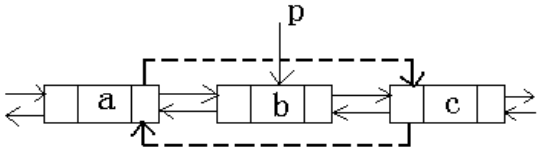
（四）双向链表

每个结点有两个指针域和若干数据域，其中一个指针域指向它的前趋结点，一个指向它的后继结点。它的优点是访问、插入、删除更方便，速度也快了。但“是以空间换时间”。

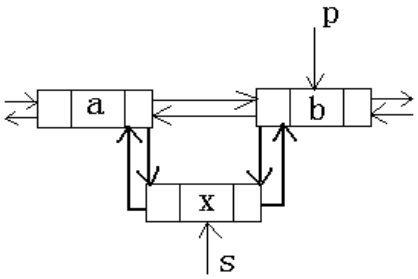
【数据结构的定义】

```
struct node
{
   int data;
   node *pre,*next;    //pre 指向前趋，next 指向后继
}
node *head,*p,*q,*r;
```

下面给出双向链表的插入和删除过程。



删除P结点前后的指针变化



在P结点之前插入S结点前后的指针变化

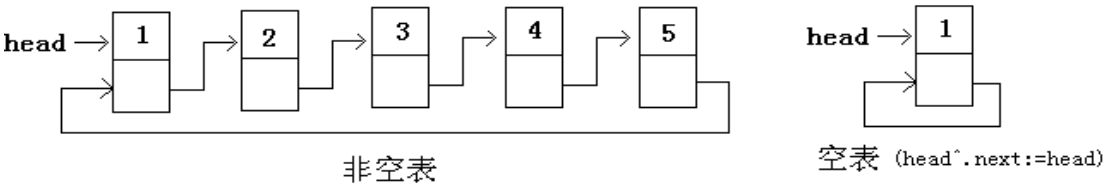
```
void insert(node *head,int i,int x) //在双向链表的第 i 个结点之前插入 X
{
    node *s,*p;
    int j;
    s=new node;
```

```
    s->data=x;
    p=head;
    j=0;
    while((p->next!=NULL)&&(j<i))
    {
        p=p->next;
        j=j+1;
    }  //p 指向第 i 个结点
    if(p==NULL)
      cout<<"no this position!";
    else
    {                          //将结点 S 插入到结点 P 之前
        s->pre=p->pre;     //将 S 的前趋指向 P 的前趋
        p->pre=s;          //将 S 作为 P 的新前趋
        s->next=p;         //将 S 的后继指向 P
        p->pre->next=s;    //将 P 的本来前趋结点的后继指向 S
    }
}

void delete(node *head,int i)   //删除双向链表的第 i 个结点
{
    int j;
    node *p;
    P=head;
    j=0;
    while((p->next!=NULL)&&(j<i))
    {
        p=p->next;
        j=j+1;
    }                                  //p 指向第 i 个结点
    if(p==NULL)
      cout<<"no this position!";
    else
    {                                  //将结点 P 删除
        p->pre->next=p->next;          //P 的前趋结点的后继赋值为 P 的后继
        p->next->pre=p->pre;           //P 的后继结点的前趋赋值为 P 的前趋
    }
}
```

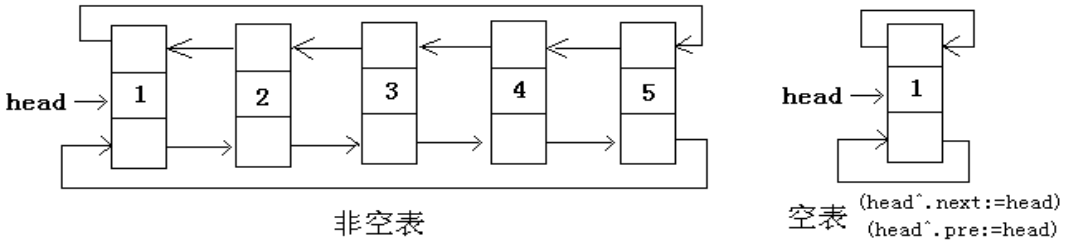
（五）循环链表

单向循环链表：最后一个结点的指针指向头结点。如下图：



单向循环链表

双向循环链表：最后一个结点的指针指向头结点，且头结点的前趋指向最后一个结点。如下图：



双向循环链表

（六）循环链表的应用举例

约瑟夫环问题

【问题描述】

有 M 个人，其编号分别为 1－M。这 M 个人按顺序排成一个圈（如图）。现在给定一个数 N，从第一个人开始依次报数，数到 N 的人出列，然后又从下一个人开始又从 1 开始依次报数，数到 N 的人又出列．．．如此循环，直到最后一个人出列为止。

【输入格式】

输入只有一行，包括 2 个整数 M，N。之间用一个空格分开(0 < n <= m <= 100)。

【输出格式】

输出只有一行，包括 M 个整数

【样列输入】

8 5

【样列输出】

5 2 8 7 1 4 6 3

【参考程序】

```
#include <iostream>
using namespace std;
struct node
{
       long d;
       node *next;
};
long n,m;
node *head,*p,*r;
int main()
```

```
{
    long i,j,k,l;
    cin>>n>>m;
    head=new node;
    head->d=1; head->next=NULL; r=head;
    for (i=2;i<=n;i++)
    {
        p=new node;
        p->d=i;
        p->next=NULL;
        r->next=p;
        r=p;
    }
    r->next=head; r=head;
    for (i=1;i<=n;i++)
    {
        for (j=1;j<=m-2;j++) r=r->next;
        cout<<r->next->d<<" ";
        r->next=r->next->next;
        r=r->next;
    }
}
```

【上机练习】

1、利用指针，编写用于交换两个整型变量值的函数。

样例输入：5 6

样例输出：6 5

2、利用指针，编写主程序，将输入字符串反序输出。

样例输入：ABCDEFGHIJK

样例输出：KJIHGFEDCBA

3、编写一个用于在字符串中查找某字符的函数。

查找成功，函数返回该字符第一次出现的地址（指针）；查找失败，返回 NULL。

编写主函数测试该函数。在主函数中输入原字符串和要查找的字符。如果找到，输出字符在原字符串中的序号；如果找不到，输出”no”。

输入格式：

输入包括两行，第一行为原字符串，第二行为要查找的字符。

输出格式：

输出包括一行，找到输出字符在原字符串中的序号（从 1 开始），找不到输出”no”。

样例输入 1：

ABCDEFGHIJKLMN

D

样例输出 1：

4

样例输入 2：

ABCDEFG

S

样例输出 2：

no

4、约瑟夫问题（使用链表）【3.2 数据结构之指针和链表 1748】

约瑟夫问题：有 n 只猴子，按顺时针方向围成一圈选大王（编号从 1 到 n），从第 1 号开始报数，一直数到 m，数到 m 的猴子退出圈外，剩下的猴子再接着从 1 开始报数。就这样，直到圈内只剩下一只猴子时，这个猴子就是猴王，编程求输入 n，m 后，输出最后猴王的编号。

输入格式：

每行是用空格分开的两个整数，第一个是 n, 第二个是 m（ 0 < m,n <=300)。最后一行是：

0 0

输出格式：

对于每行输入数据（最后一行除外)，输出数据也是一行，即最后猴王的编号。

样例输入：

6 2

12 4

8 3

0 0

样例输出：

5

1

7

5、删除数组中的元素（链表）【3.2 数据结构之指针和链表 6378】

给定 N 个整数，将这些整数中与 M 相等的删除。

假定给出的整数序列为：1,3,3,0,-3,5,6,8,3,10,22,-1,3,5,11,20,100,3,9,3

应该将其放在一个链表中，链表长度为 20

要删除的数是 3，删除以后，链表中只剩 14 个元素：1 0 -3 5 6 8 10 22 -1 5 11 20 100 9

要求：必须使用链表，不允许使用数组,也不允许不删除元素直接输出

程序中必须有链表的相关操作：建立链表，删除元素，输出删除后链表中元素，释放链表。

输入格式：

输入包含 3 行：

第一行是一个整数 n(1 <= n <= 200000)，代表数组中元素的个数。

第二行包含 n 个整数，代表数组中的 n 个元素。每个整数之间用空格分隔；每个整数的取值在 32 位有符号整数范围以内。

第三行是一个整数 k，代表待删除元素的值（k 的取值也在 32 位有符号整数范围内)。

输出格式：

输出只有 1 行：

将数组内所有待删除元素删除以后，输出数组内的剩余元素的值，每个整数之间用空格分隔。

样例输入：

20

1 3 3 0 -3 5 6 8 3 10 22 -1 3 5 11 20 100 3 9 3

3

样例输出：

1 0 -3 5 6 8 10 22 -1 5 11 20 100 9

6、统计学生信息（使用动态链表完成）【3.2 数据结构之指针和链表 6379】

利用链表记录输入的学生信息（学号、姓名、性别、年龄、得分、地址）。其中,学号长度不超过 20, 姓名长度不超过 40, 性别长度为 1, 地址长度不超过 40

输入格式：

包括若干行，每一行都是一个学生的信息，如：

00630018 zhouyan m 20 10.0 28#460

输入的最后以"end"结束

输出格式：

将输入的内容倒序输出。每行一条记录，按照

学号 姓名 性别 年龄 得分 地址

的格式输出

样例输入：

00630018 zhouyan m 20 10 28#4600

0063001 zhouyn f 21 100 28#460000

0063008 zhoyan f 20 1000 28#460000

0063018 zhouan m 21 10000 28#4600000

00613018 zhuyan m 20 100 28#4600

00160018 zouyan f 21 100 28#4600

01030018 houyan m 20 10 28#4600

0630018 zuyan m 21 100 28#4600

10630018 zouan m 20 10 28#46000

end

样例输出：

10630018 zouan m 20 10 28#46000

0630018 zuyan m 21 100 28#4600

01030018 houyan m 20 10 28#4600

00160018 zouyan f 21 100 28#4600

00613018 zhuyan m 20 100 28#4600

0063018 zhouan m 21 10000 28#4600000

0063008 zhoyan f 20 1000 28#460000

0063001 zhouyn f 21 100 28#460000

00630018 zhouyan m 20 10 28#4600