数 据 结 构

第二章 线性表[1] 顺序表

任课老师：郭艳

数据结构课程组

计算机学院

中国地质大学（武汉）2020年春

上节课要点回顾

- 数据结构 = 数据的逻辑结构 + 数据的存储结构 + 数据的运算
- 程序 = 算法 + 数据结构

- **P5**：数据结构的核心技术是分解与抽象。
  P8：抽象数据类型的特征是使用与实现分离，实行封装和信息隐蔽。
  抽象数据类型是大型软件构造的模块，每个抽象数据类型的实现放在头文件中。
  P10：类的定义体现了抽象数据类型的思想。

- 算法的时间效率分析——时间复杂度

$$T(n)=O(f(n))$$

第一次第2节课

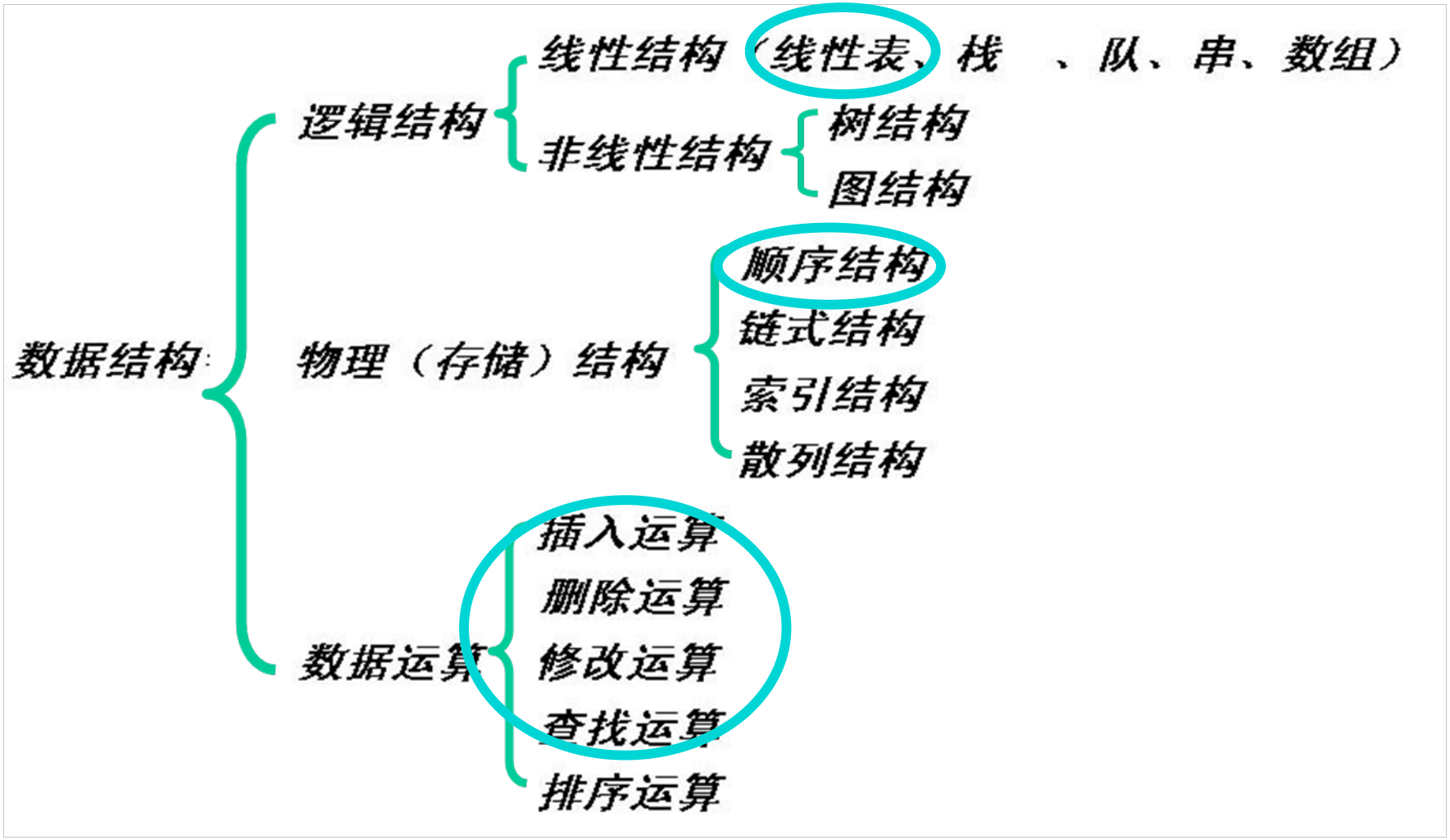
阅读：

殷人坤，第**43-52**页

练习：

作业**2**

数据结构课程内容


数据结构
逻辑结构
线性结构（线性表、栈 、队、串、数组）
非线性结构
树结构
图结构
物理（存储）结构
顺序结构
链式结构
索引结构
散列结构
数据运算
插入运算
删除运算
修改运算
查找运算
排序运算

Chapter2 线性表

2.1 线性表抽象数据类型

- *什么是线性表？*

例1. **<0,1,2,3,…,9>**

例2. **<A,B,C,…,Z>**

例3. 学生操行等级表

姓名	学号	性别	年龄	操行等级
张三	00101	女	19	优
李四	00102	男	20	良
王五	00103	男	20	优
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

定义：一个线性表是**n(n≥0)** 个相同类型数据元素的有限序列，可以在该结构中任意位置插入和删除数据元素。

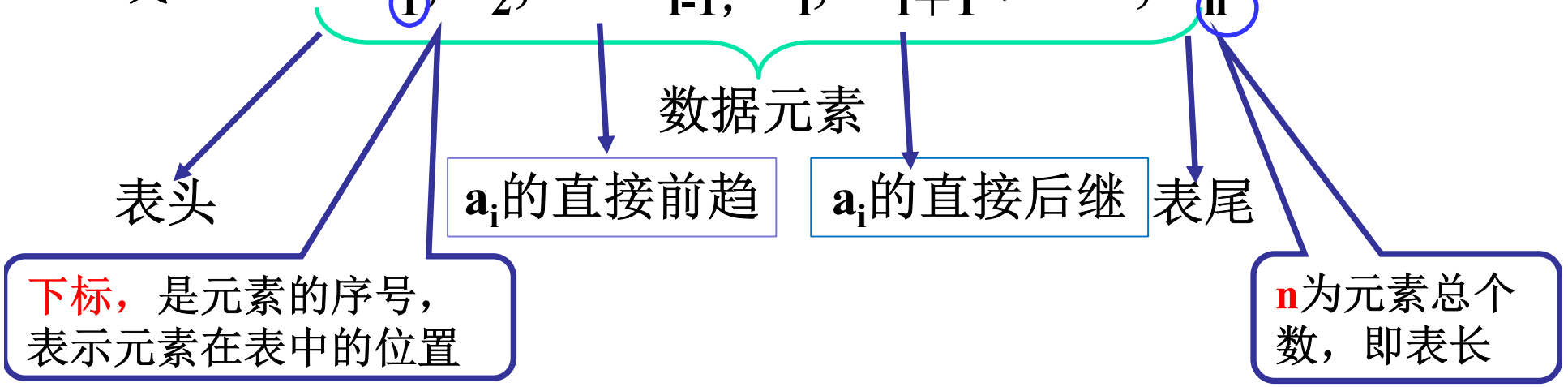
其中，**n**为线性表的长度，

n＝0，为空表；

n＞0，非空表，表示为

a_i，**1≤i≤n**（其中a_i是抽象的数据元素）

或 $L=<a_1, a_2, \ldots a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \ldots, a_n>$



线性表的抽象数据类型

ADT LinearList{

Objects：n(n ≥ 0)个原子表项的一个有限序列。每个表项的数据类型为**T**。

Function:

Create( )	创建一个空线性表
int Length( )	求表长函数
int Search(T& x)	搜索函数，返回x表项位置
int Locate(int i)	定位函数，返回第i个表项位置
bool getData(int i, T& x)	取第i个表项的值，通过x返回，函数返回成功标志
bool setData(int i, T& x)	用x修改第i个表项内容，函数返回成功标志
bool Insert(int i, T& x)	插入x在表中第i个表项之后，函数返回成功标志
bool Remove(int i, T& x)	删除表中第i个表项，通过x返回被删表项值，函数返回成功标志
bool IsEmpty( )	判断表空否
bool IsFull( )	判断表满否
void CopyList(List<T> & L)	将表L复制到当前的表中
void Sort( )	对当前的表排序

}//LinearList

线性表的抽象基类（P44程序2. 2）

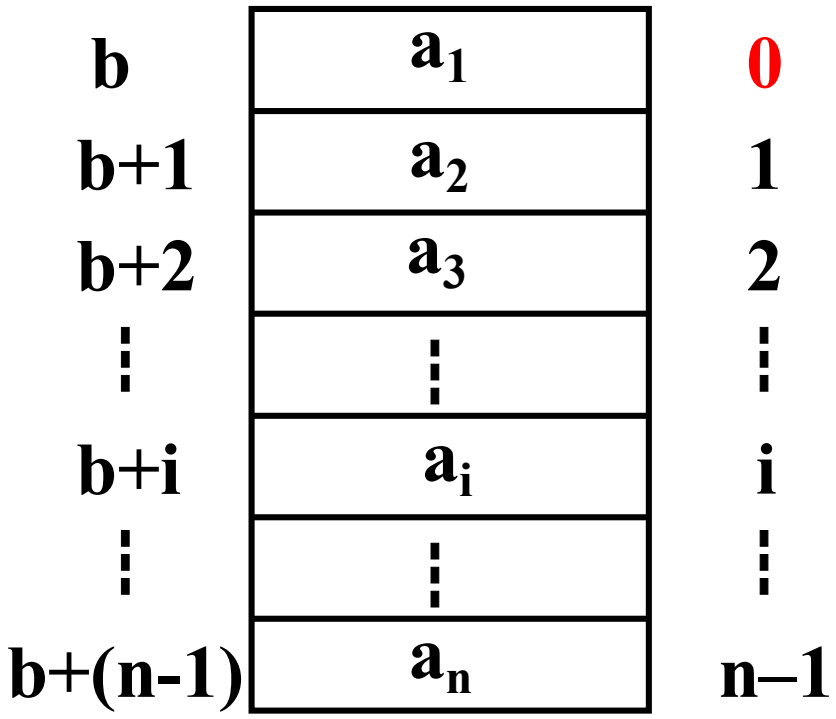
```
//“LinearList .h”定义线性表类

template <class T>//使用模板实现不依赖于数据元素类型
class LinearList {
public:  //其它类实例可以请求该类的实例执行共有函数
   LinearList();      //构造函数，对象建立时自动调用
  ～LinearList();   //析构函数，撤销对象时自动调用
//纯虚函数在派生类中必须被重定义，抽象类不能生成实例
//关键字const指明函数不可以修改实际引用参数的值或返回值
   virtual int Size() const = 0;      //获取最大表项个数...
   virtual int Length() const = 0; //求表实际长度
   virtual int Search(T& x) const = 0;      //搜索
   virtual int Locate(int i) const = 0;       //定位
   virtual bool getData(int i,T& x) const = 0;    //取值
   virtual void setData(int i, T& x) = 0;           //赋值
```

```
    virtual bool Insert(int i, T& x) = 0;          //插入
    virtual bool Remove(int i, T& x) = 0;          //删除
    virtual bool IsEmpty() const = 0;              //判表空
    virtual bool IsFull() const = 0;               //判表满
    virtual void Sort() = 0;                       //排序
    virtual void input() = 0;                      //输入...
    virtual void output() = 0;                     //输出...
    /*virtual LinearList<T>* operator=(LinearList<T>&
    L)=0;*/
};
```

2.2 顺序表

- *顺序存储结构*
  - 定义：用一组地址连续的存储单元依次存放线性表中的各个数据元素。
  - 特点：逻辑结构上相邻的元素其物理位置也相邻。
- *顺序表*（**Sequential List**）

用顺序存储结构存储的线性表简称为顺序表。



数组的存储结构图示

若每个数据元素只占一个存储单元，则元素a_i的地址为：

$$Loc(a_i)=Loc(a_1)+i-1$$

若每个数据元素占l=sizeof(T)个存储单元，则有：

$$Loc(a_i)=Loc(a_1)+(i-1)*l \quad (1\le i\le n)$$

因此，顺序表是一种随机存取的存储结构。

顺序表类（SeqList）的定义 (P46程序2.5)

```
#include <iostream>        //“seqList.h”实现顺序表类
#include <cstdlib>
#include <cassert>
using namespace std;
#include "LinearList.h"
const int defaultSize = 100;
template <class T>
class SeqList: public LinearList<T> {
protected:    //仅允许该类的成员函数或友元函数存取或调用
    T *data;                  //存放数组
    int maxSize;              //最大可容纳表项的项数
    int last;       //当前已存表项的最后位置(从0开始)
    void reSize(int newSize);    //改变 data数组空间大小
```

```
public:
    SeqList(int sz = defaultSize);          //构造函数
    SeqList(SeqList<T>& L);                 //复制构造函数
    ～SeqList() {delete[ ] data;}           //析构函数
    int Size() const {return maxSize;}      //求表最大容量
    int Length() const {return last+1;}     //计算表长度
    int Search(T& x) const;
        //搜索x在表中位置，函数返回表项序号
    int Locate(int i) const;
        //定位第 i 个表项，函数返回表项序号
    bool Insert(int i, T& x);               //插入x在第i个表项之后
    bool Remove(int i, T& x);               //删除第i个表项
```

```
bool getData(int i, T &x) const; //取第i个表项的值
void setData(int i, T &x);       //用x修改第i个表项的值
bool IsEmpty()const
    //判断表空否，空返回true，否则返回false
bool IsFull()const
    //判断表满否，满返回true，否则返回false
void Sort();          //排序
void input();         //输入
void output();        //输出
//SeqList<T>* operator=(SeqList<T> &L);//表整体赋值，略
};
```

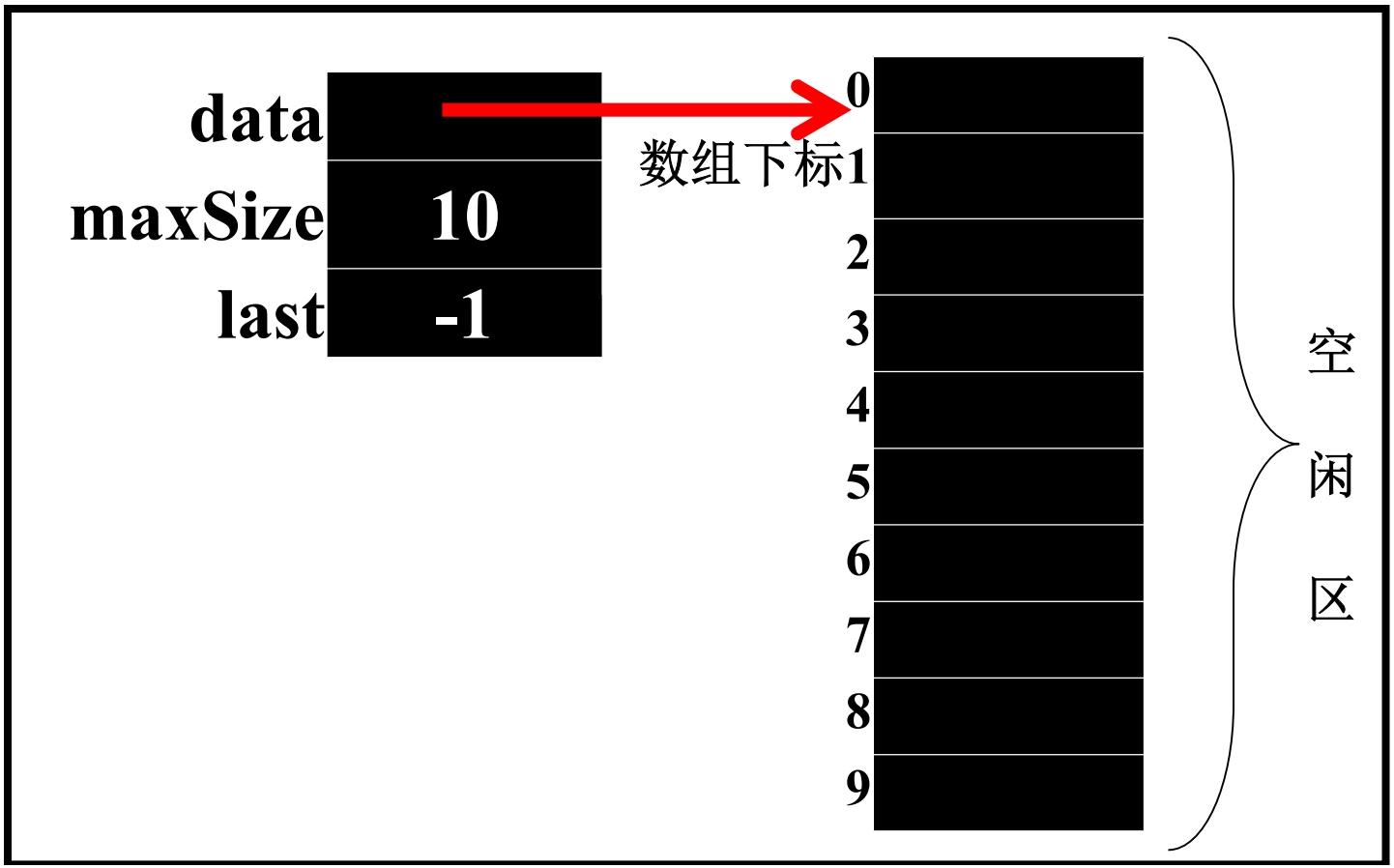
【顺序表的构造函数与复制构造函数】

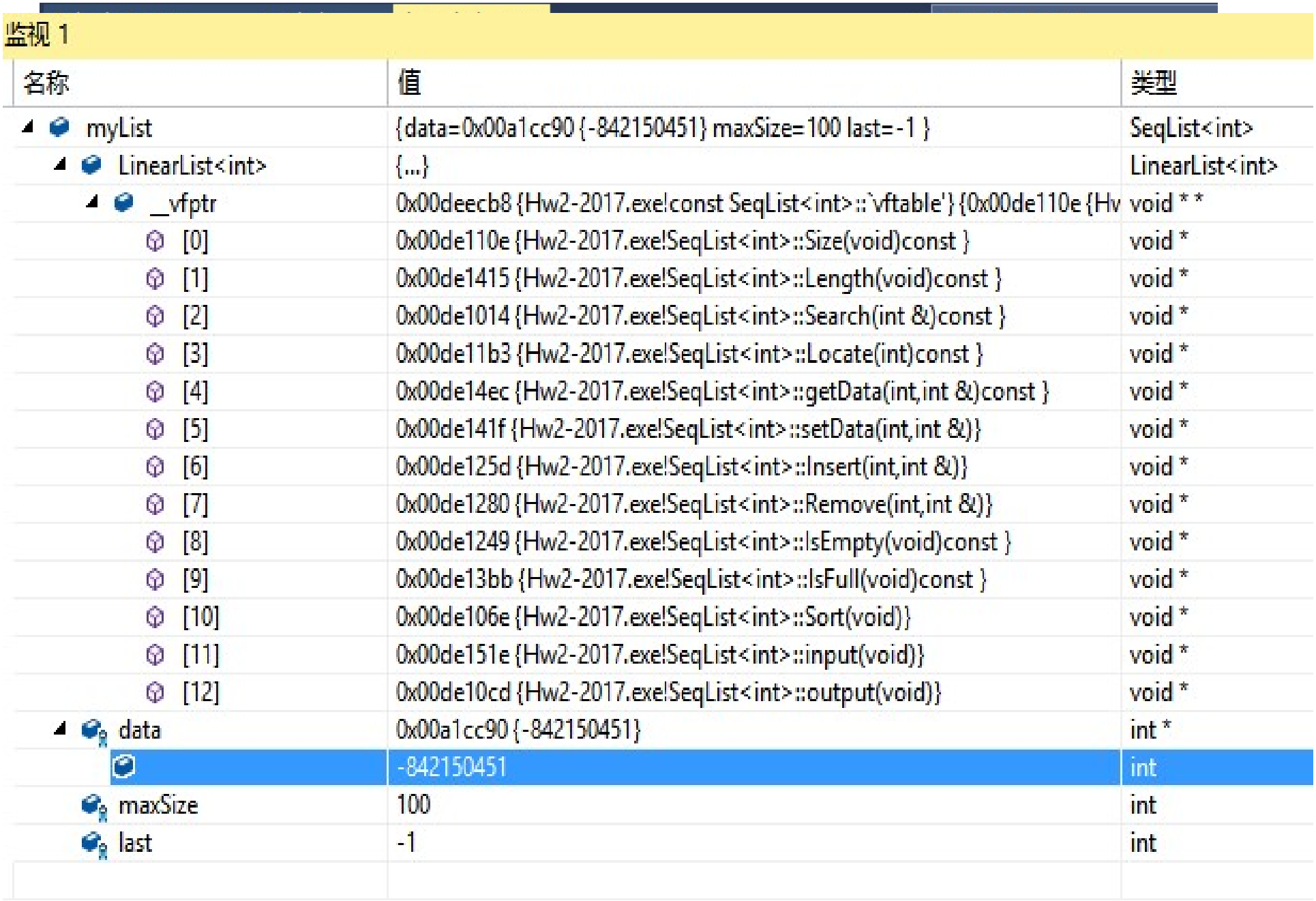
P47 程序2.6(1, 2)

```
template <class T>
SeqList<T>::SeqList(int sz) {
    if (sz > 0) {  maxSize = sz;          last = -1;
                   data = new T[maxSize];//动态创建顺序表存储数组
                   if (data == NULL)      //动态分配失败
                     { cerr << "存储分配错误！ " << endl; exit(1); }}
}
template <class T>
SeqList<T>::SeqList ( SeqList<T>& L ) {  T value;
    maxSize = L.Size();   last = L.Length()-1;
    data = new T[maxSize];              //动态创建存储数组
    if (data == NULL)                   //动态分配失败
      {cerr << "存储分配错误！ " << endl;  exit(1);}
    for (int i = 1; i <= last+1; i++)   //传送各个表项
      { L.getData(i,value);    data[i-1] =value;   }
}//时间复杂度？
```

SeqListTest.cpp文件实现顺序表类测试

```
typedef int DataType;          //定义具体的数据元素类型
#include "SeqList.h"
main( )
{ SeqList<DataType> myList(10);/*创建一最大表长为10的顺序表，
    运行SeqList构造函数，动态创建一地址连续空间*/
  ……
}
/*调用myList的
    析构函数*/
```




监视 1
名称
值
类型
myList
{data=0x00a1cc90 {-842150451} maxSize=100 last=-1 }
SeqList<int>
LinearList<int>
{...}
LinearList<int>
__vfptr
0x00deecb8 {Hw2-2017.exe!const SeqList<int>::`vftable'} {0x00de110e {Hv
void * *
[0]
0x00de110e {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Size(void)const }
void *
[1]
0x00de1415 {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Length(void)const }
void *
[2]
0x00de1014 {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Search(int &)const }
void *
[3]
0x00de11b3 {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Locate(int)const }
void *
[4]
0x00de14ec {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::getData(int,int &)const }
void *
[5]
0x00de141f {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::setData(int,int &)}
void *
[6]
0x00de125d {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Insert(int,int &)}
void *
[7]
0x00de1280 {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Remove(int,int &)}
void *
[8]
0x00de1249 {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::IsEmpty(void)const }
void *
[9]
0x00de13bb {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::IsFull(void)const }
void *
[10]
0x00de106e {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::Sort(void)}
void *
[11]
0x00de151e {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::input(void)}
void *
[12]
0x00de10cd {Hw2-2017.exe!SeqList<int>::output(void)}
void *
data
0x00a1cc90 {-842150451}
int *
-842150451
int
maxSize
100
int
last
-1
int

【获取和设置数据元素】P47 程序2.5中 自学

```
template <class T>
bool SeqList<T>::getData(int i, T &x) const
//取第i个表项的值（1<=i<=表长）
{       if (i > 0 && i <= last + 1) {
                x = data[i - 1];
                return true;
        }
        else    return false;
}//时间复杂度？

template <class T>
void SeqList<T>::setData(int i, T &x)
//设置第i个表项的值
{       if (i>0 && i<=last+1)  data[i-1] = x;            }
```

【判断表空/满否、定位函数（自学）】P47 程序2.5中

```
template<class T>bool SeqList<T>::IsEmpty() const
//判断表空否，空返回true，否则返回false
{       return (last == -1)?true:false;}

template<class T>bool SeqList<T>::IsFull() const
//判断表满否，满返回true，否则返回false
{       return (last == maxSize-1)?true:false;}

template<class T>int SeqList<T>::Locate(int i) const
//定位函数，程序2.7(2)
{       if (i >= 1 && i <= last+1)        return i;
        else    return 0;
}
```

【顺序表改变数组空间大小函数】P47 程序2.6(3)自学

```
template<class T>void SeqList<T>::reSize(int newSize)
{       if (newSize <= 0){
                cerr << "Invalid array index!" << endl;    return;  }
        if (newSize != maxSize){
                T *newarray = new T[newSize];
                if (newarray == NULL){
                    cerr << "Memory allocating error!" << endl;exit(1);}
                int n = last+1;
                T *srcptr = data;
                T *destptr = newarray;
                while (n--)      *destptr++ = *srcptr++;
                delete [] data;
                data = newarray;
                maxSize = newSize;  }
}//时间复杂度?
```

【顺序表的输入】P49程序2.9(1)自学

```
template<class T>void SeqList<T>::input()
{       cout << "开始建立顺序表，请输入表中元素个数:";
        while (1)     {
                assert(cin >> last);
                last--;
                if (last < 0)  cout << "输入错误，需正整数\n";
                else if (last > maxSize-1)
                        cout << "输入错误，需小于"<<maxSize<<"\n";
                else    break;        }
        cout << "\n输入表项：" << endl;
        for (int i = 0; i <= last; i++){
                cout << "#" << i+1 << ":";
                assert(cin >> data[i]);    }
}
```

【顺序表的输出】P49程序2.9(2)自学

```
template<class T>
void SeqList<T>::output()
{
        cout << "\nThe size of the list is:" << last+1 << endl;
        for (int i = 0; i <= last; i++)
                cout << "#" << i+1 << ":\t" << data[i] << endl;
}
```

【顺序表的搜索】P48程序2. 7(1)

```
template <class T>
int SeqList<T>::search(T& x) const {
//在表中顺序搜索与给定值 x 匹配的表项，找到则
//函数返回该表项是第几个元素，否则函数返回0
    for (int i = 0; i <= last; i++)          //顺序搜索
        if ( data[i] == x ) return i+1;
                                  //表项序号和表项位置差1
    return 0;                    //搜索失败
}//时间复杂度？
```

顺序表搜索的性能分析

搜索成功的平均比较次数ACN(Average Comparing Number)

$$ACN = \sum_{i=0}^{n-1} p_i \times c_i$$

p_i 是搜索第 i 项的概率

c_i 是找到时的比较次数

若搜索概率相等，则

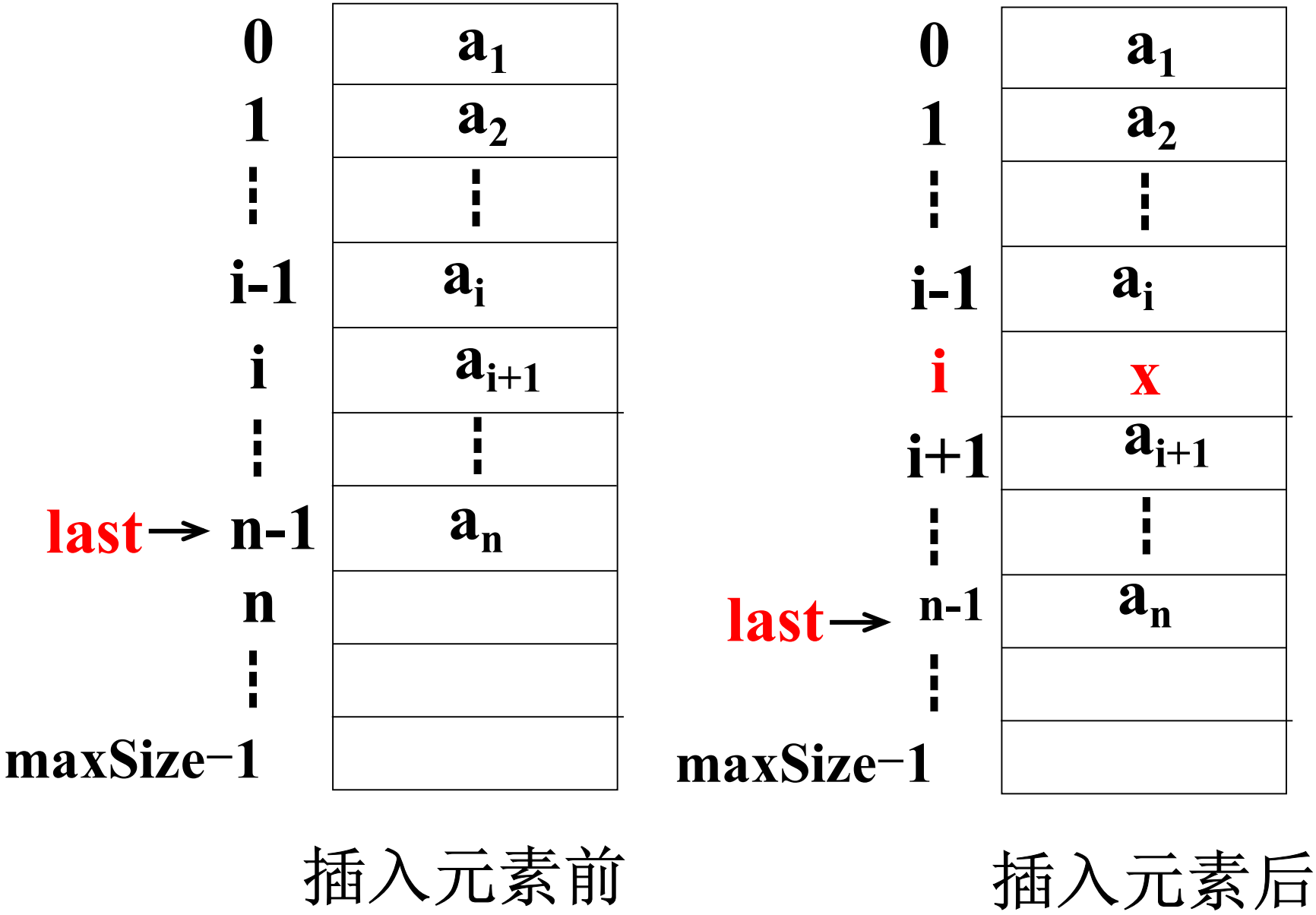
$$ACN = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}(i+1) = \frac{1}{n}(1+2+\cdots+n) =$$

$$= \frac{1}{n} * \frac{(1+n)*n}{2} = \frac{1+n}{2}$$

搜索不成功，数据比较 n 次

【顺序表的插入（后插）】

在表中的第i个元素（1≤i≤表长）之后插入一个新的数据元素x：使长度为n的线性表（$a_1,a_2,\ldots,a_i,a_{i+1},\ldots,a_n$）变成长度为n+1的线性表（$a_1,a_2,\ldots,a_i,x,a_{i+1},\ldots,a_n$）。


0
1
i-1
i
last
n-1
n
maxSize−1
a_1
a_2
a_i
a_{i+1}
a_n
插入元素前
0
1
i-1
i
i+1
last
n-1
maxSize−1
a_1
a_2
a_i
x
a_{i+1}
a_n
插入元素后

可插入位置： $-1 \le i-1 \le last$ 即 $0 \le i \le last+1$

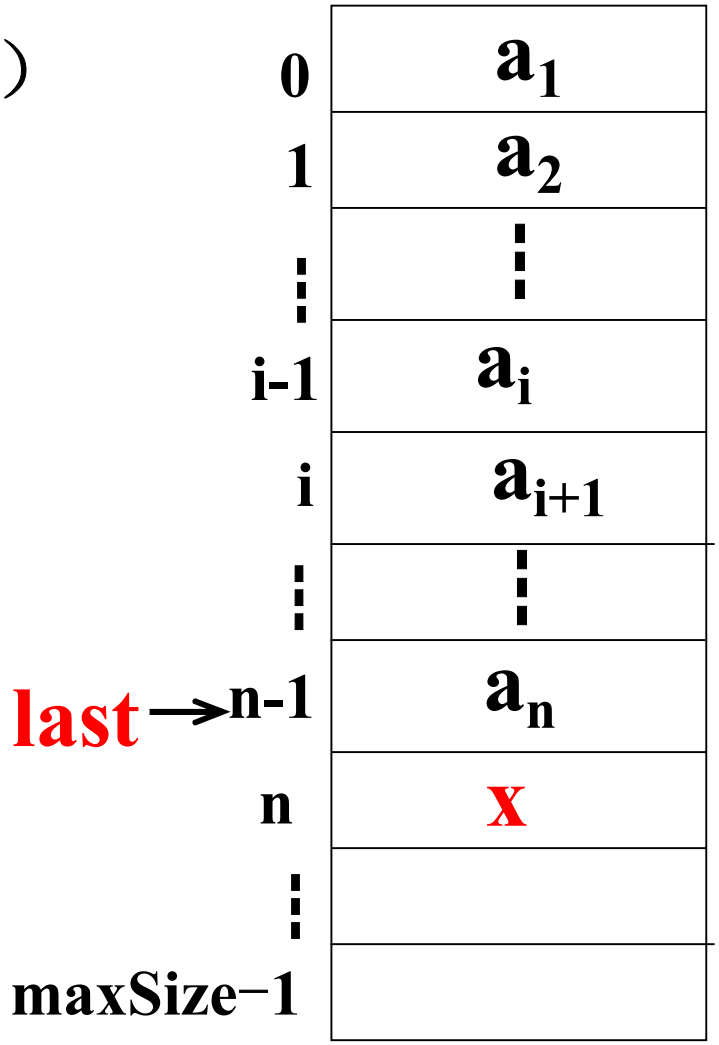
若*i*==0，表中元素全部后移（特别慢）

若*i*==*last*+*1*，无需移动（特别快）

插入操作的非法情况：

（1）若 i<0 或 i>last+1，则非法，退出 。

（2）表满时（last==maxSize-1）不能插入。



【顺序表的插入】P49程序2.8(1)

```
template <class T>
bool SeqList<T>::Insert (int i, T& x) {
//将新元素x插入到表中第i 个表项(0≤i≤last+1) 之后
    if (last == maxSize-1) return false;        //表满
    if (i < 0 || i > last+1) return false;    //参数i不合理
    for (int j = last; j >= i; j--)              //依次后移
        data[j+1] = data[j];
    data[i] = x;              //插入
    last++;
    return true;                          //插入成功
}//时间复杂度 ?
```

插入算法的时间复杂度分析

——元素移动的次数 期望值

设在第**i**个元素之后插入一个元素的概率为$\mathbf{P_i}$;

在第**i**个元素之后前进行插入时，元素的移动次数为：

n-(i+1)+1=n-i;

可插入的位置**i**： **0≤i ≤n** ， 共有**n+1**个。

∴ 平均移动次数为：

$$E_{is} = \sum_{i=0}^{n} p_i (n-i)$$

不失一般性，我们可以假定在线性表的任何位置上插入元素都是等概率的，则 $P_i = 1/(n+1)$，所以，

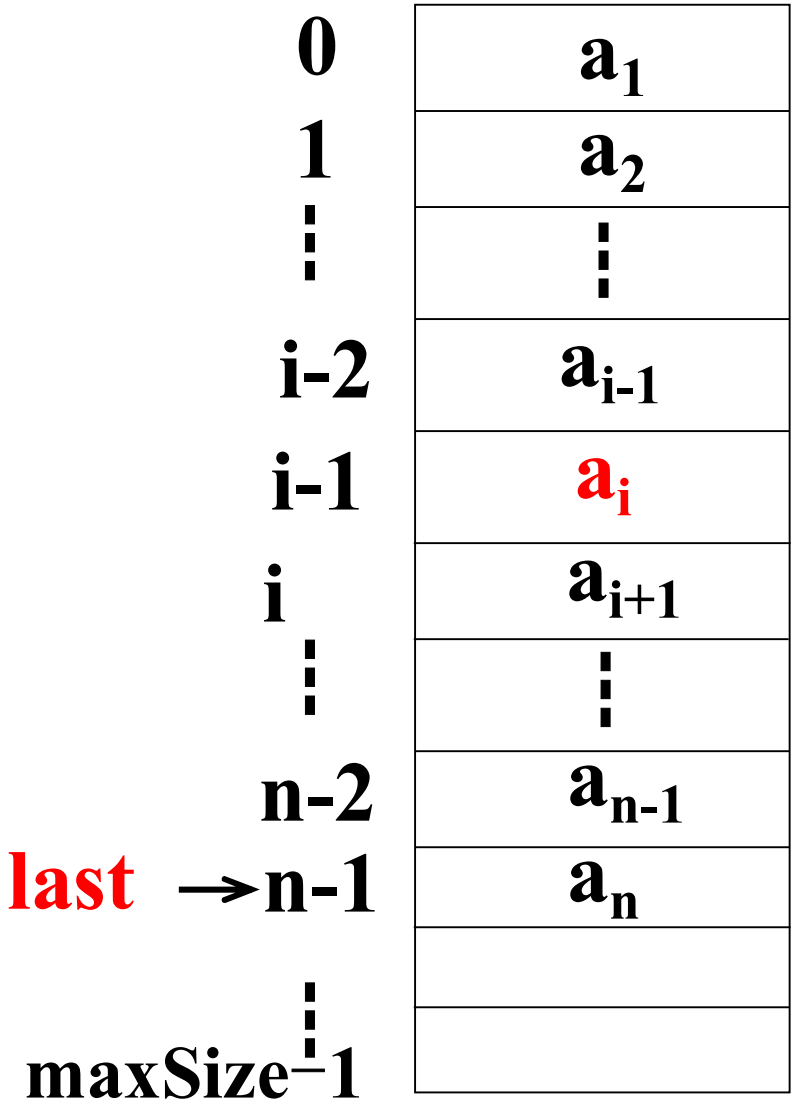
$$E_{is} = \frac{1}{n+1}\sum_{i=0}^{n}(n-i) = \frac{1}{n+1}\cdot\frac{(n+1)(n+0)}{2} = \frac{n}{2}$$

由上式可见，在顺序表中插入一个数据元素，平均约需移动表中一半元素。若表的长度为**n**，则插入算法的时间复杂度为**O(n)**。

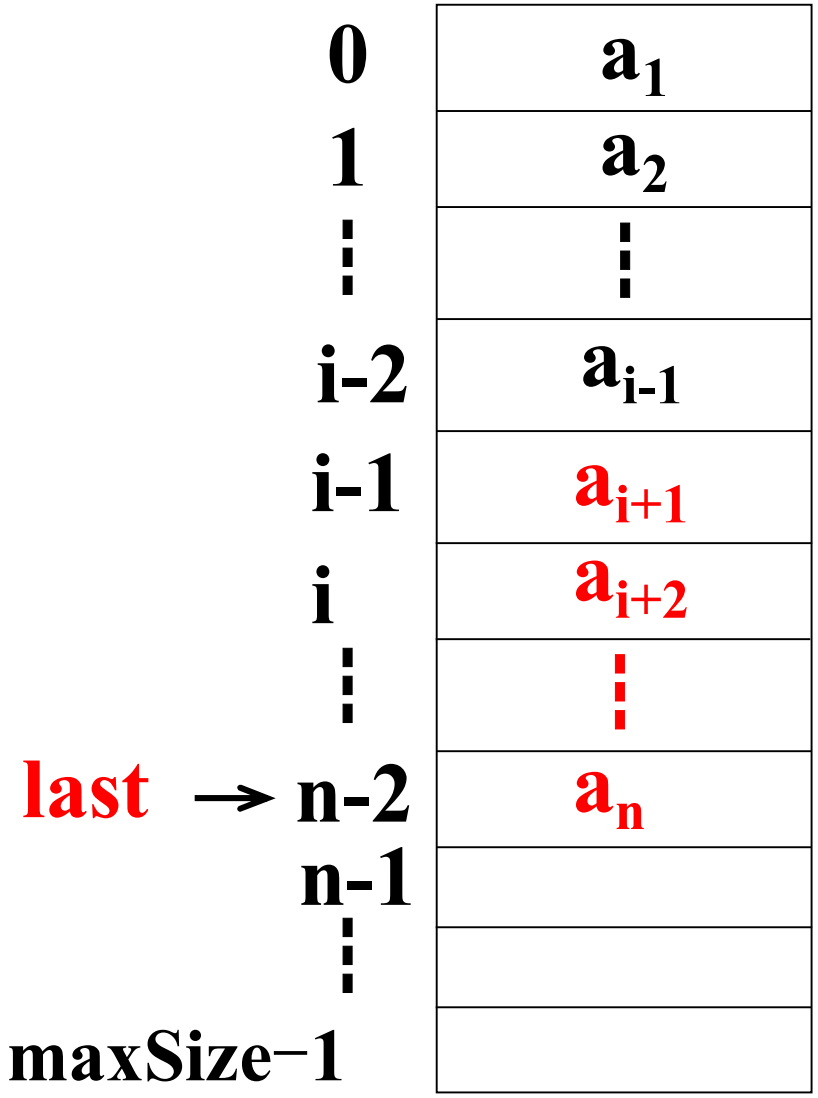
◆ 删除

线性表的删除运算是删除第i个元素（1≤i≤表长），使长度为n的线性表

（$a_1,a_2,\ldots,a_{i-1},a_i,a_{i+1},\ldots,a_n$)变成长度为n-1的线性表（$a_1,a_2,\ldots,a_{i-1},a_{i+1},\ldots,a_n$)。


0
1
i-2
i-1
i
n-2
last
n-1
maxSize−1
a1
a2
ai-1
ai
ai+1
an-1
an

删除元素前


0
1
i-2
i-1
i
last
n-2
n-1
maxSize−1
a1
a2
ai-1
ai+1
ai+2
an

删除元素后

可删除位置：**0 ≤ i-1 ≤ last** 即 **1 ≤ i ≤last+1**

- 若***i*==1**，表中元素全部前移（特别慢）
- 若***i*==*last*+*1***，无需移动（特别快）

删除操作的非法情况：

（1）若 **i<1** 或 **i>last+1**，则 非法，退出 。

（2）若**last= =-1**，表空，不能删除，退出。

【顺序表的删除】P49程序2.8(2)

```
template <class T>
bool SeqList<T> :: Remove ( int i, T& x ) {
//在顺序表中删除第i个表项(1≤i≤last+1)，通过引用型
//参数x返回删除的元素值
    if ( last== -1) return false;   //表空，不能删除
    if ( i<1 || i>last+1) return false;  //参数i不合法
    x=data[i-1];                        //存被删元素的值
    for(int j=i;j<=last;j++)
        data[j-1]=data[j];      //依次前移
     last--;                            //最后位置减1
     return true;                      //删除成功
}//时间复杂度？
```

■ 删除算法的时间复杂度分析

设删除第i个元素的概率为q_i;

删除第i个元素时，元素的移动次数为：

$n-(i+1)+1=n-i$;

可删除的位置i： $1 \le i \le n$，共有n个。

∴ 平均移动次数为：

$$E_{de} = \sum_{i=1}^{n} q_i (n-i)$$

同样，我们假定在线性表的任何位置上删除元素都是等概率的，则$q_i = 1/n$,

所以，

$$E_{de} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(n-i) = \frac{1}{n}\cdot\frac{n(n-1+0)}{2} = \frac{n-1}{2}$$

由上式可见，在顺序表中删除一个数据元素，平均约需移动表中一半元素。若表的长度为**n**，则删除算法的时间复杂度为**O(n)**。

● 顺序分配的优缺点

◆ 优点

（1）算法简单；

（2）存取元素方便，时间固定，时间代价为O(1)；

（3）空间利用率高。

空间利用率d定义为：

$$d = \frac{\text{数据元素的值所需的存储量}}{\text{该数据元素所需的存储总量}}$$

- 缺点

（1）静态存储分配需预先分配空间，按最大空间分配，空间利用不充分；动态存储分配可扩充表容量但耗时。

（2）当存储密集装载时表现低效，通常应用于有相当多的存储空间空置。

（3）插入和删除时间代价为 **O(n)**。

为克服缺点，引入另一种存储形式：

——*链式存储结构*

小 结

- 顺序表数据结构及其实现（**SeqList.h**）
- 顺序存储结构的优缺点

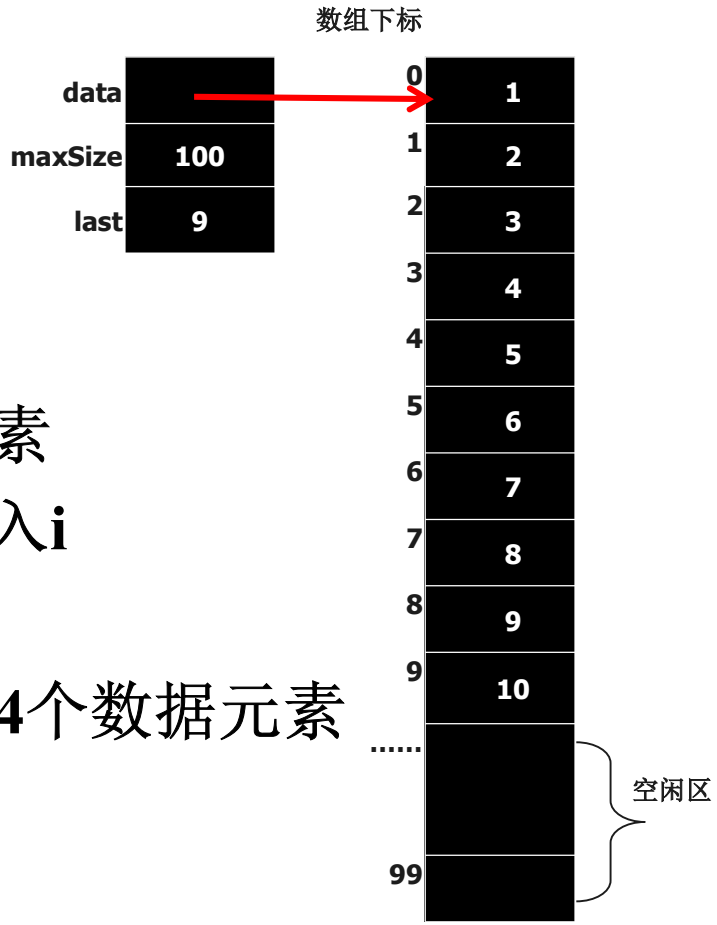
● *顺序表应用实例*（自学）

建立一个线性表，首先依次输入数据元素1，2，3，…，10，然后删除数据元素4，最后依次显示当前线性表中的数据元素。要求采用顺序表实现，假设该顺序表的数据元素个数在最坏情况下不会超过100个。

- 文件 **SeqList.h**（**P44－50**）
- 文件 **SeqListTest.cpp**

SeqListTest.cpp

```
typedef int DataType;          //定义具体的元素类型，先定义再使用
#include "SeqList.h"
void main(void)
{   SeqList<DataType> myList;
    //定义顺序表类对象，最大表长为100
    int n = 10,i; DataType x;
    for(i = 1; i <=n; i++) //顺序插入10个元素
          myList.Insert(i-1,i); // 在表尾处插入i
   myList.output();
    myList.Remove(4,x);//删除myList中第4个数据元素
    myList.output();
}
```



myList的存储结构

例、有序表的归并(自学)

◆ 问题描述：

若线性表**La**和**Lb**中元素按值非递减有序排列，现要求将**La**、**Lb**归并为新表**Lc**，且**Lc**中元素也按值非递减有序排列。

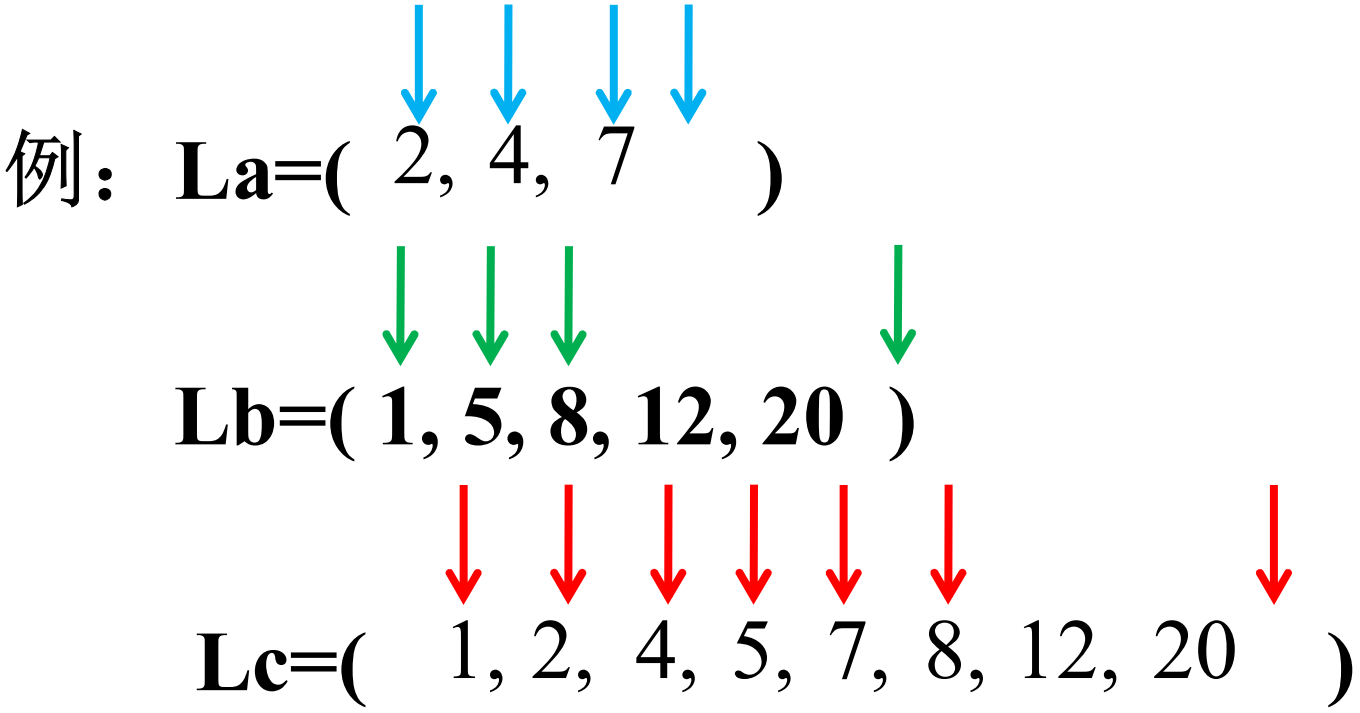
例：**La=<2,4,7>　Lb=<1,5,8,12,20>**

则 **Lc=<1,2,4,5,7,8,12,20 >**

思想：先设一个空表**Lc**，然后将**La**或**Lb**中的元素逐个插入到**Lc**中即可。

存储结构：采用顺序存储结构

实现：设三个指针（实际是整型变量）**i, j, k**分别指向 **La, Lb** 和 **Lc** 中某个元素，初值分别为**0, 0, 0**，然后比较 **La, Lb** 中 **i, j** 所指的两个元素的大小，谁小就把谁插入到 **Lc** 表尾，即 **k** 所指的位置。



【有序表的归并算法】

```
template<class T>void SeqList<T>::Merge (const SeqList& La,
const SeqList& Lb)
/*将两个非递减有序的顺序表La和Lb合并为表*this，并且顺序表
*this也按值非递减有序*/
 { int i, j; T xa,xb;
   last=-1;    i=1; j=1;
 while (i<=La.Length() && j<=Lb.Length())//两个表都有元素未比完
 {     if (last == maxSize-1)  reSize(2 * maxSize);
         La.getData(i,xa);  Lb.getData(j,xb);
         if (xa <=xb )
         {         Insert(last+1,xa);  i++;}
         else
         {         Insert(last+1,xb);  j++;}
```

```
 while (i<La.Size( ))     /*Lb表的元素已经比完*/
{        if (last == maxSize-1) reSize(2 * maxSize);
         La.getData(i,xa);
         Insert(last+1,xa);
         i++;
 while(j<Lb.Size( ))     /*La表的元素已经比完*/
 {       if (last == maxSize-1) reSize(2 * maxSize);
         Lb.getData(j,xb);
         Insert(last+1,xb);
         j++;
   }
}
```

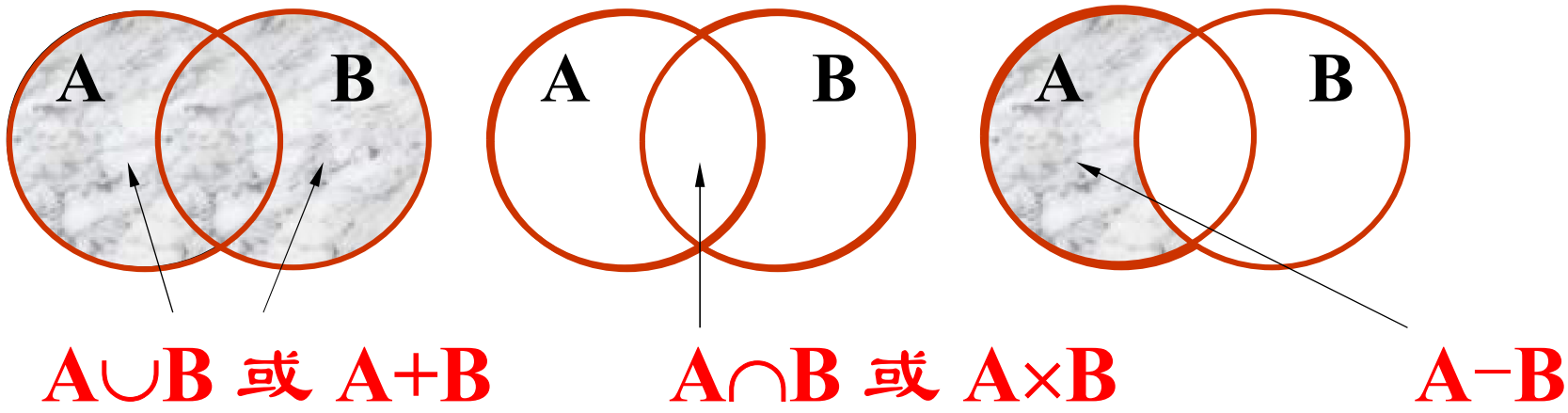
时间复杂度分析：

设**m**、**n**分别为**La**、**Lb**的长度，则该算法的时间复杂度为：**O(m+n)**。

6.1 集合及其表示 （自学）

- 集合是成员(元素)的一个群集。集合中的成员可以是原子(单元素)，也可以是集合。
- 集合的成员是无序的，且互不相同
- 数据结构中的集合
  - 单元素通常是整数、字符、字符串或指针，且同一集合中所有成员具有相同的数据类型。
  - 为了高效，数据结构中的集合常写成一个序列。
  - 有的集合保存的是实际数据值，某些集合保存的是表示元素在集合与不在集合中的指示信息。
  - 允许元素重复出现的集合叫做多重集合。如果集合保存的是实际数据值，可给每个数据附加一个出现次数计数器就可以实现多重集合。

- 集合的操作



集合(*Set*)的抽象数据类型

```
template <class T> class Set {    //P252 程序6.1
public:  Set ();
    void makeEmpty ();                    //置空集合
    bool addMember (const T x);           //加入新成员
    bool delMember (const  T& x);         //删除老成员
    Set<T>&  unionWith (const  Set<T>& R);//集合的并运算
    Set<T>&  intersectionWith (const  Set<T>& R);//集合的交
    Set<T>&  differenceFrom (const  Set<T>& R);//集合的差运
    bool Contains (const  T x);           //判是否集合的成员
    bool Equal (const  Set<T>& R);        //判集合是否相等
    bool subSet (const  Set<T>& R);       //判是否集合的子集
}
```

6.1.2 用位向量实现集合抽象数据类型

- 现实中任一个有限集合都可以对应到{ 0, 1, 2, …, *n* }的整数序列。当全集合是由有限的可枚举的成员组成的集合时，可建立全集合成员与整数 0, 1, 2, …的一一对应关系。
- 建立一个全集合{ 0, 1, 2, …, *n* }，现实中的集合成为这个全集合的一个子集。当*n*不大时，可用二进位(0, 1)向量来表示全集合的子集合。
- 一个二进位只有两个取值：1或0，分别表示成员在集合与不在集合。
- 需要在getMember(x)和putMember(x,b)中考虑已知元素值x如何求出x在二进位向量中的位置。
- 如果有必要，可以从二进位向量直接映射回原来集合。

使用位向量(bit Vector)表示集合的类的定义 P253 程序6.2

```
#include <assert.h>
const int DefaultSize = 100;
template <class T>
class bitSet {
private:
    unsigned short * bitVector;  //每个数组元素是个16位二进位数
    int vectorSize;              //16位二进位数的个数
    int setSize;                 //全集合的成员个数
//Set实现全集合={1,2,.....setSize}及其子集合
/*例如，有一全集合有setSize=3000个成员，则vectorSize为
（3000+15）/16=188，而 bitVector 是188个无符号短整数（16
位），具有188*16=3008位的连续空间，其中每位的值分别表示
相应成员在/不在集合Set对象中*/
```

```
public:
    bitSet ( int sz = DefaultSize );
    ~bitSet ( ) { delete [ ] bitVector; }
    void makeEmpty ( ) {for (int i = 0; i <vextorSize; i++ ) bitVector[i] =0;}
    unsigned short  getMember ( const T x );
    //返回集合元素x是否在集合Set对象中
    void putMember(const T x, unsigned short b);
    //将值b(0或1)赋值给集合Set对象中的元素x
    int addMember ( const T x );        //加入新成员
    int delMember ( const T x );                    //删除老成员
    bitSet<T>& operator = (const bitSet<T> & R ); //赋值自R
    bitSet<T>& operator + (const bitSet<T> & R ); //并
    bitSet<T>& operator * (const bitSet<T> & R); //交
    bitSet<T>& operator − (const bitSet<T> & R); //差
     bool Contains ( const T x );                    //判x是否是集合成员
    bool subSet ( bitSet<T> & R );      //判是否是R的子集
    bool operator == ( bitSet<T> & R );        //判集合相等
};
```

使用示例

```
bitSet<int> s1, s2, s3, s4, s5;  int index, equal;
for ( int k = 0;  k < 10; k++ )        //集合赋值
{ s1.addMember( k );  s2.addMember( k +7 ); }
 // s1 : { 0, 1, 2, …, 9 },   s2 : { 7, 8, 9, …, 16 }
    s3 = s1+s2;    //求s1与s2的并 { 0, 1, …, 16 }
    s4 = s1*s2;    //求s1与s2的交 { 7, 8, 9 }
    s5 = s1−s2;    //求s1与s2的差 { 0, 1, …, 6 }
    index = s1.subSet ( s4 );  //判断s1是否为s4子集
    cout << index << endl;    //结果，  index = 0
    // s4 : { 7, 8, 9 }
    equal = s1 == s2;            //集合s1与s2比较相等
    cout << equal << endl;  //为0, 两集合不等
```

用位向量实现集合的部分操作实现

```
template <class T>   //P254 程序6.2(2)
bitSet<T> :: bitSet (int sz) : setSize(sz) {
    assert ( setSize > 0 );
    vectorSize=(setSize+15)>>4;   //例如(3000+15)/16=188
    bitVector = new unsigned int[vectorSize];
    assert ( bitVector != NULL );
    for ( int i = 0; i < vectorSize; i++ )
        bitVector[i] = 0;
}
```

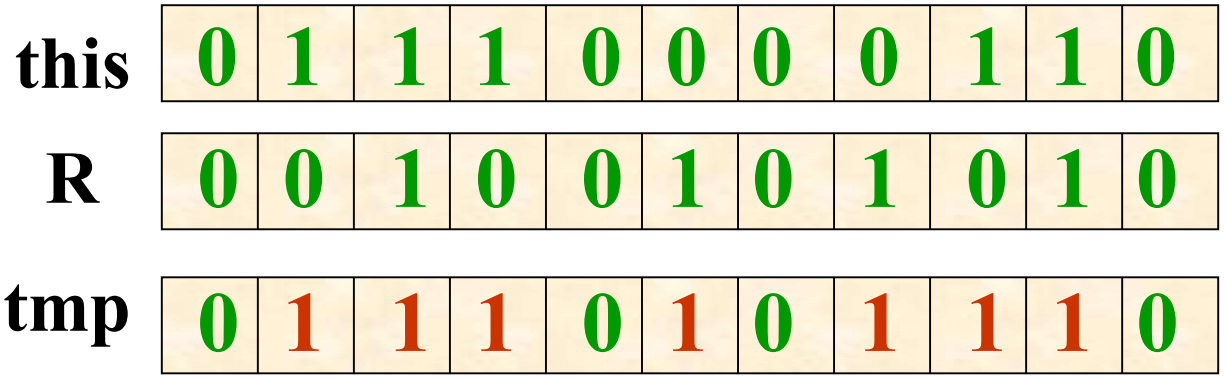
```
//P254 程序6.3(1)
template <class T> //返回集合元素x是否在集合Set对象中
unsigned int bitSet<T> :: getMember ( const T x )
{  assert ( x >= 0 && x < setSize);
   int address = x/16,  id = x%16;
   unsigned short v = bitVector[address];
   unsigned short tmp= v >> (15-id);
   return ( tmp %2 );
}/*例如，setSize=3000，x=2001,
address=2001/16=125（向下取整），
 id=2001%16=1（bitVector中第125个无符号整数的第1位表示2001是否在集合Set对象中），
v 赋值自bitVector中188个无符号短整型数组成的数组中读出的第125个无符号短整数(16位二进位)，
将v右移(15-1)=14位得到一个新的无符号短整数tmp，通过对2求余获得tmp最低位值（0或1)返回，该值即表示x是否在集合Set对象中
*/
```

```
//P254 程序6.3(2)
template <class T>//将值b(0或1)赋值给集合Set对象中的元素x
unsigned int bitSet<T> :: putMember ( const T x,
unsigned int b ) {  assert ( x >= 0 && x < setSize);
    int address = x/16,       id = x%16;
    unsigned short v = bitVector[address];
    tmp = v >> (15-id) ;
    v = v << (id+1) ;
    if ( tmp%2 == 0 && b == 1) tmp = tmp + 1;
    else  if( tmp%2 == 1 && b == 0) tmp = tmp - 1;
    bitVector[address] = (tmp << (15-id)) | (v >> (id+1)) ;}
/*例如，setSize=3000，x=2001,address=2001/16=125, id=2001%16=1，
v 赋值自bitVector中188个无符号短整型数组成的数组中读出的第125个无符号短整数
将v右移(15-1)=14位得到一个新的无符号短整数tmp，
将v左移(1+1)=2位得到一个新的无符号短整数赋值给v
如果tmp的最低位值为0并且b值为1则tmp值最低位修改为1，否则如果tmp的最低位值为1
并且b值为0，则tmp值最低位修改为0。
将tmp左移(15-1)=14位，将v右移(1+1)=2位，然后二者做或运算，赋值给bitVector中第125
个无符号短整型数。*/
```

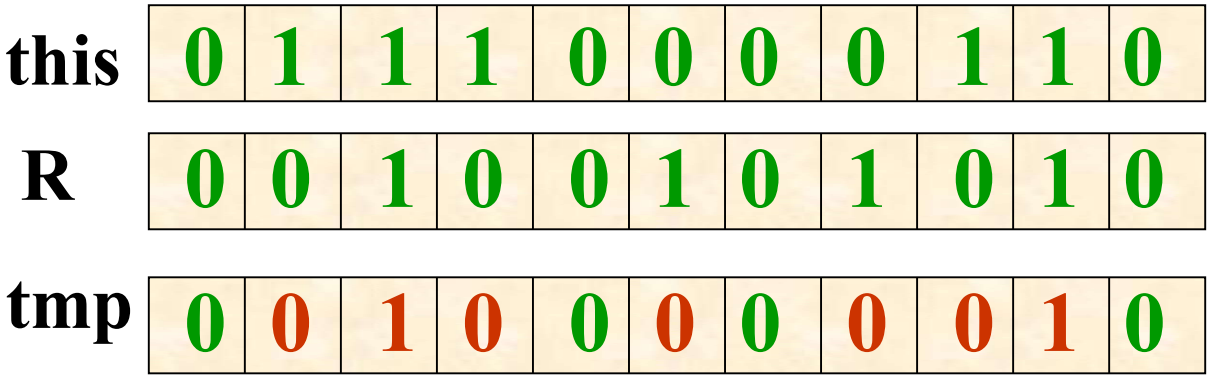
```
template <class T>  //集合加入新成员x P255 程序6.4(1)
bool bitSet<T> :: addMember ( const T x ) {
    assert ( x >= 0 && x < setSize );
    if ( getMember(x) == 0 )
      { putMember(x,1);  return true; }
    return false;
}

template <class T>  //删除集合老成员x  P255 程序6.4(2)
bool bitSet<T> :: delMember ( const T x ) {
    assert ( x >= 0 && x < setSize );
    if ( getMember(x) == 1 )
      { putMember(x,0);  return true; }
    return false;
}
```

```
template <class T>    //判x是否在集合Set对象中 P255 程序6.4(6)
bool bitSet<T> :: Contains ( const T x ) {
    assert ( x >= 0 && x < setSize );
    return (getMember(x) == 1) ? true : false;
};

template <class T>    //赋值自集合R
bitSet<T>& bitSet<T> :: operator = ( bitSet<T>&
R) {   assert ( vectorSize == R.vectorSize );
        for ( int i = 0; i < vectorSize; i++ )
                bitVector[i] = R.bitVector[i];
        return *this;
};
```

```
template <class T>          //求集合的并 P255 程序6.4(3)
bitSet<T>& bitSet<T> :: operator + ( const bitSet<T>& R )
{
    assert ( vectorSize == R.vectorSize );
    bitSet tmp ( vectorSize );
    for ( int i = 0; i < vectorSize; i++ )
          tmp.bitVector[i] = bitVector[i] | R.bitVector[i];
    return tmp;
}
```



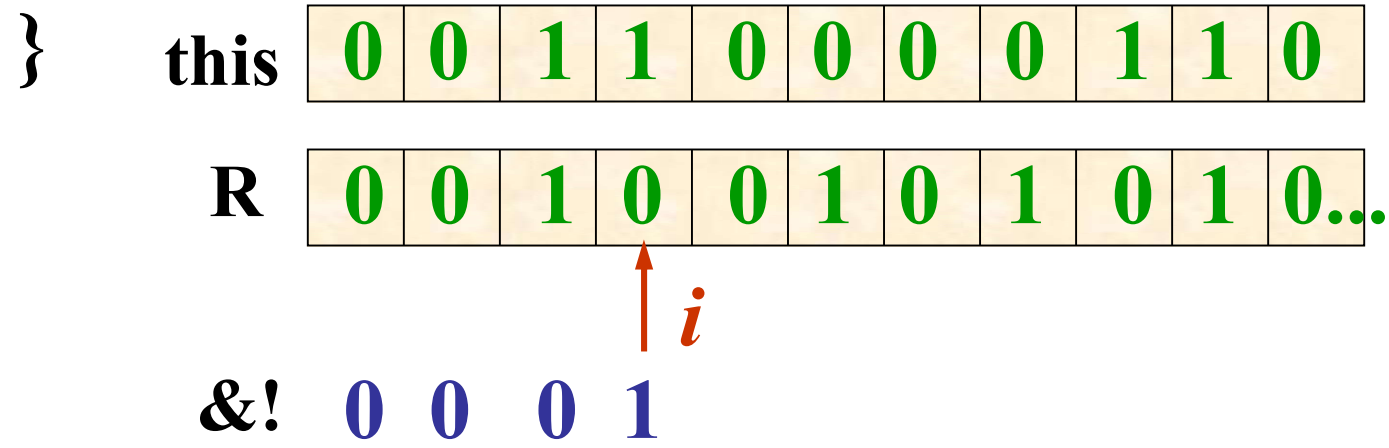
```
template <class T>          //求集合的交 P255 程序6.4(4)
bitSet<T>& bitSet<T> :: operator * ( const bitSet<T>& R )
{
    assert ( vectorSize == R.vectorSize );
    bitSet tmp ( vectorSize );
    for ( int i = 0; i < vectorSize; i++ )
          tmp.bitVector[i] = bitVector[i] & R.bitVector[i];
    return tmp;
}
```



```
template <class T>          //求集合的差 P255 程序6.4(5)
bitSet<T>& bitSet<T> :: operator - ( const bitSet<T>& R )
{
    assert ( vectorSize == R.vectorSize );
    bitSet tmp ( vectorSize );
    for ( int i = 0; i < vectorSize; i++ )
          tmp.bitVector[i] = bitVector[i] & ! R.bitVector[i];
    return tmp;
}
```

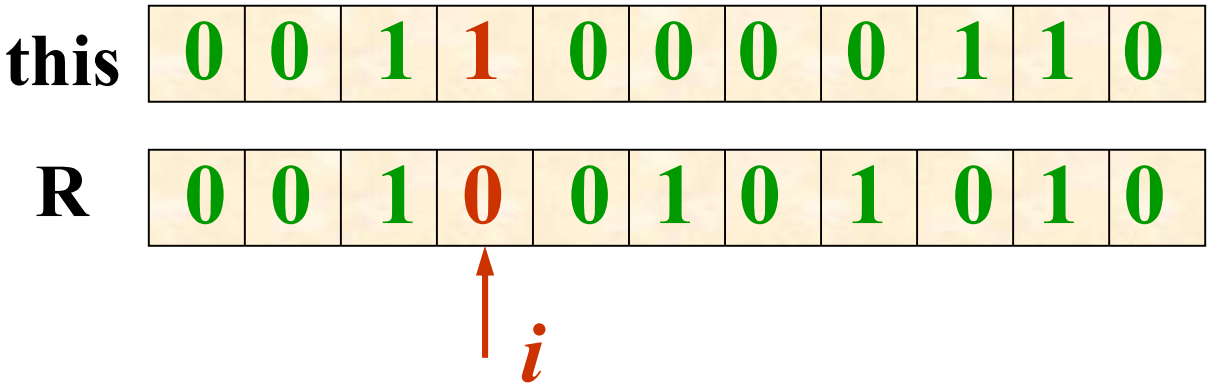
this	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
R	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
tmp	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0

```
template <class T>  //判是否是R的子集合P255 程序6.4(7)
bool bitSet<T> :: subSet ( bitSet<T>& R ) {
   assert ( setSize == R.setSize );
   for ( int i = 0; i < vectorSize; i++)
      if (bitVector[i] & ! R.bitVector[i])
         return false;
   return true;
}
```



/*思考：算法仅从R的第0位起判子集，推广从R的其它位起判子集，如何修改算法*/

```
template <class T> //判断与集合R相等P255 程序6.4(8)
bool bitSet<T> ::operator == ( bitSet<T>& R )
{ if ( vectorSize == R.vectorSize )
        return false;
   for ( int i = 0; i < vectorSize; i++)
        if ( bitVector[i] != R.bitVector[i] )
              return false;
   return true;
}
```



自学2

1、P47 程序2.6(2)SeqList()

2、P47 程序2.5中Size()、Length()、getData()、setData()、IsEmpty()、IsFull()

3、P48 程序2.7(2)Locate()

4、P47 程序2.6(3)ReSize()

5、P49 程序2.9(1,2)Input()、Output()

6、P52 程序2.10 应用：顺序表实现集合的并交运算

7、P251-P257: 6.1.1-6.1.2 用位向量实现集合抽象数据类型

思考题

- 1、对线性表操作的性能分析中，问题的规模是什么？（）
- 2、顺序表的读写、查找、插入、删除操作的基本操作分别是什么？（）（）（）（）
- 3、顺序表的读写、插入、删除操作分别与操作的位置i有关吗？如果有关是什么关系？（）（）（）
- 4、顺序表Length()、getData()、setData()、reSize()操作的时间复杂度是？（）（）（）（）
- 5、顺序存储结构最主要的优点和缺点？（）（）

作业2

算法设计题：

1、有序表的有序插入函数。

2、有序表归并的调用。

3、（选做）在有序顺序表中可能有重复的x值，请实现在有序顺序表中删除所有值为x的元素，要求高效。分析算法的时间复杂度和空间复杂度。

要点回顾

- 线性表的抽象数据类型定义和抽象基类
- 顺序表
  - **SeqList.h**类定义和实现
  - 应用
    - 一方面设计并实现抽象数据类型，另一方面应用已实现的抽象数据类型设计应用软件系统
    - 算法书写规范
  - 顺序存储结构的优缺点