§2.线性表

2.2.线性表的顺序表示和实现

2.2.2.线性表顺序表示的基本操作的实现

2.2.2.2.C++语言版

★ 程序的组成

- linear_list_sq.h　　：头文件
- linear_list_sq.cpp　　：具体实现
- linear_list_sq_main.cpp ：使用（测试）示例

★ 相比C的好处

- class既可以定义成员，又可以有成员函数
- 相比C语言自己控制InitList和DestroyList的调用时机（可能产生各种错误），C++的构造函数和析构函数会被系统自动调用
- 有继承机制，易于扩充

§2.线性表

2.2.线性表的顺序表示和实现

2.2.2.线性表顺序表示的基本操作的实现

2.2.2.2.C++语言版

★ ElemType => int 的实现过程

/* linear_list_sq.h 的组成 */

```
#define TRUE              1
#define FALSE             0
#define OK                1
#define ERROR             0
#define INFEASIBLE       -1
#define OVERFLOW         -2

typedef int Status;
```

P.10 预定义常量和类型

```
#define LIST_INIT_SIZE     100       //初始大小，可按需修改
#define LISTINCREMENT      10        //空间不够时每次

typedef int ElemType;      //可根据需要修改元素的类型
```

P.22描述的补充

```
/* linear_list_sq.h 的组成 */
class sqlist {
    protected:
        ElemType *elem;
        int length;
        int listsize;
    public:
        sqlist();   //构造函数，替代InitList
        ~sqlist();  //析构函数，替代DestroyList
        Status   ClearList();
        Status   ListEmpty();
        int      ListLength();
        Status   GetElem(int i, ElemType &e);
        int      LocateElem(ElemType e,
                            Status (*compare)(ElemType e1, ElemType e2));
        Status   PriorElem(ElemType cur_e, ElemType &pre_e);
        Status   NextElem(ElemType cur_e, ElemType &next_e);
        Status   ListInsert(int i, ElemType e);
        Status   ListDelete(int i, ElemType &e);
        Status   ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e));
};
```

P.19-20 抽象数据类型定义
转换为实际的C++语言定义

★ 需要改变值的参数都用引用
★ 成员函数形式，参数都不带L
（表达为L的成员函数形式）

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */
#include <iostream>
#include <stdlib.h>                    //malloc/realloc函数
#include <unistd.h>                    //exit函数
#include "linear_list_sq.h"            //形式定义
using namespace std;

/* 构造函数，替代 InitList */
sqlist::sqlist()
{
    elem = new ElemType[LIST_INIT_SIZE];
    if (elem == NULL)
        exit(OVERFLOW);
    length = 0;
    listsize = LIST_INIT_SIZE;
}
```

★ 参数不带L
★ elem/length/listsize
等成员也不是L->*或L.*
而是隐含的this指针

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 析构函数，替代 DestroyList */
sqlist::~sqlist()
{
    if (elem)
        delete elem;
    length   = 0;
    listsize = 0;
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 清除线性表（已初始化，不释放空间，只清除内容） */
Status sqlist::ClearList()
{
    length = 0;
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 判断是否为空表 */
Status sqlist::ListEmpty()
{
    if (length == 0)
         return TRUE;
    else
         return FALSE;
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 求表的长度 */
int sqlist::ListLength()
{
    return length;
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 取表中元素 */
Status sqlist::GetElem(int i, ElemType &e)
{
    if (i<1 || i>length)  //不需要多加 || L.length>0
        return ERROR;

    e = elem[i-1];          //下标从0开始，第i个实际在elem[i-1]中
    return OK;
}
```

形参是ElemType &e
因此 e=elem[i-1];
不需要 *e

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 查找符合指定条件的元素 */
int sqlist::LocateElem(ElemType e, Status (*compare)(ElemType e1, ElemType e2))
{
    ElemType *p = elem;
    int       i = 1;

    while(i<=length && (*compare)(*p++, e)==FALSE)
        i++;

    return (i<=length) ? i : 0;     //找到返回i，否则返回0
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 查找符合指定条件的元素的前驱元素 */
Status sqlist::PriorElem(ElemType cur_e, ElemType &pre_e)
{
    ElemType *p = elem;
    int       i = 1;
    /* 循环比较整个线性表 */
    while(i<=length && *p!=cur_e) {
         i++;
         p++;
         }
    if (i==1 || i>length) //找到第1个元素或未找到
         return ERROR;

    pre_e = *--p;          //取前驱元素的值
    return OK;
}
```

形参是ElemType &pre_e
因此 pre_e=*--p;
不需要 *pre_e

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 查找符合指定条件的元素的后继元素 */
Status sqlist::NextElem(ElemType cur_e, ElemType &next_e)
{
    ElemType *p = elem;
    int       i = 1;
    /* 循环比较整个线性表(不含尾元素) */
    while(i<length && *p!=cur_e) {
        i++;
        p++;
        }
    if (i>=length)          //未找到（最后一个元素未比较）
        return ERROR;

    next_e = *++p;          //取后继元素的值
    return OK;
}
```

形参是ElemType &next_e
因此 next_e=*++p;
不需要 *next_e

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */
Status sqlist::ListInsert(int i, ElemType e)
{   ElemType *p, *q; //如果是算法，一般可以省略，程序不能
    if (i<1 || i>length+1)   //合理范围是 1..length+1
            return ERROR;
    /* 空间已满则扩大空间 */
    if (length >= listsize) {
            ElemType *newbase;
            newbase = new ElemType[listsize+LISTINCREMENT];
            if (!newbase)
                return OVERFLOW;
            /* newbase大小为listsize+LISTINCREMENT，复制前listsize个 */
            memcpy(newbase, elem, listsize*sizeof(ElemType));
            delete elem;
            elem = newbase;
            listsize += LISTINCREMENT;
            //length暂时不变
            }
    q = &(elem[i-1]);  //第i个元素，即新的插入位置

    /* 从最后（length放在[length-1]中）开始到第i个元素依次后移 */
    for (p=&(elem[length-1]); p>=q; --p)
        *(p+1) = *p;

    /* 插入新元素，长度+1 */
    *q = e;
    length ++;
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */
/* 删除指定位置的元素，并将被删除元素的值放入e中返回 */
Status sqlist::ListDelete(int i, ElemType &e)
{
    ElemType *p, *q; //如果是算法，一般可以省略，程序不能
    if (i<1 || i>length) //合理范围是 1..length
        return ERROR;

    p = &(elem[i-1]);      //指向第i个元素
    e = *p;                              //取第i个元素的值放入e中
    q = &(elem[length-1]); //指向最后一个元素
                           //也可以 q = L->elem+L->length-1
    /* 从第i+1到最后，依次前移一格 */
    for (++p; p<=q; ++p)
        *(p-1) = *p;
    length --;    //长度-1
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_sq.cpp 的实现 */

/* 遍历线性表 */
Status sqlist::ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e))
{
    extern int line_count; //main中定义的换行计数器(与算法无关)
    ElemType *p = elem;
    int       i = 1;

    line_count = 0;                    //计数器恢复初始值（与算法无关）
    while(i<=length && (*visit)(*p++)==TRUE)
        i++;
    if (i<=length)
         return ERROR;

    cout << endl; //最后打印一个换行，只是为了好看，与算法无关
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_sq_main.cpp 中 MyCompare和MyVisit的实现 */
Status MyCompare(ElemType e1, ElemType e2)
{
    if (e1==e2)
        return TRUE;
    else
        return FALSE;
}
Status MyVisit(ElemType e)
{
    cout << setw(3) << e << "->";   //此句输出

    /* 每输出20个，打印一个换行 */
    if ((++line_count)%20 == 0)
        cout << endl;

    return OK;
}
```

§2.线性表

2.3.线性表的链式表示和实现

2.3.2.线性表链式表示的基本操作的实现

2.3.2.2.C++语言版

★ 程序的组成

- linear_list_L.h　　：头文件
- linear_list_L.cpp　　：具体实现
- linear_list_L_main.cpp ：使用（测试）示例

★ ElemType => int （带头结点）

```
/* linear_list_L.h 的组成 */
#define TRUE          1
#define FALSE         0
#define OK            1
#define ERROR         0
#define INFEASIBLE   -1
#define OVERFLOW     -2

typedef int Status;
```

P.10 预定义常量和类型 无变化

```
class LinkList;   //提前声明，因为定义友元要用到

class LNode {
    protected:
        ElemType data;    //数据域
        LNode   *next;    //指针域
    public:
        friend class LinkList;
      //不定义任何函数，相当于struct LNode
};
```

定义为LinkList的友元，可以任意访问

```
/* linear_list_L.h 的组成 */
class LinkList {
    protected:
        LNode *head;        //头指针
    public:
        LinkList();         //构造函数，替代InitList
        ~LinkList();        //析构函数，替代DestroyList
        Status   ClearList();
        Status   ListEmpty();
        int      ListLength();
        Status   GetElem(int i, ElemType &e);
        int      LocateElem(ElemType e,
                    Status (*compare)(ElemType e1, ElemType e2));
        Status   PriorElem(ElemType cur_e, ElemType &pre_e);
        Status   NextElem(ElemType cur_e, ElemType &next_e);
        Status   ListInsert(int i, ElemType e);
        Status   ListDelete(int i, ElemType &e);
        Status   ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e));
};
```

除构造/析构函数名外，所有与顺序表的C++定义完全相同

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include "linear_list_L.h" //形式定义

using namespace std;

/* 构造函数（初始化线性表） */
LinkList::LinkList()
{
    /* 申请头结点空间，赋值给头指针 */
    head = new LNode;
    if (head == NULL)
        exit(OVERFLOW);

    head->next = NULL;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 析构函数（删除线性表） */
LinkList::~LinkList()
{
    LNode *q, *p = head;

    /* 从头结点开始依次释放（含头结点） */
    while(p) {
        q=p->next; //抓住链表的下一个结点
        delete p;
        p=q;
        }

    head = NULL;  //头指针置NULL
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 清除线性表（保留头结点） */
Status LinkList::ClearList()
{
    LNode *q, *p = head->next;

    /* 从首元结点开始依次释放 */
    while(p) {
        q = p->next;    //抓住链表的下一个结点
        delete p;
        p = q;
        }

    head->next = NULL; //头结点的next域置NULL
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 判断是否为空表 */
Status LinkList::ListEmpty()
{
    /* 判断头结点的next域即可 */
    if (head->next==NULL)
         return TRUE;
    else
         return FALSE;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 求表的长度 */
int LinkList::ListLength()
{
    LNode *p = head->next; //指向首元结点
    int    len = 0;

    /* 循环整个链表，进行计数 */
    while(p) {
         p = p->next;
         len++;
         }

    return len;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 取表中元素 */
Status LinkList::GetElem(int i, ElemType &e)
{   LNode *p = head->next; //指向首元结点
    int  pos = 1;          //初始位置为1

    /* 链表不为NULL 且 未到第i个元素 */
    while(p!=NULL && pos<i) {
         p=p->next;
         pos++;
         }
    if (!p || pos>i)
         return ERROR;

    e = p->data;
    return OK;
}
```

形参是ElemType &e
因此 e=p->data;
不需要 *e

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 查找符合指定条件的元素 */
int LinkList::LocateElem(ElemType e, Status (*compare)(ElemType e1, ElemType e2))
{
    LNode *p = head->next; //指向首元结点
    int  pos = 1;          //初始位置为1

    /* 循环整个链表  */
    while(p && (*compare)(e, p->data)==FALSE) {
         p=p->next;
         pos++;
         }

    return p ? pos:0;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 查找符合指定条件的元素的前驱元素 */
Status LinkList::PriorElem(ElemType cur_e, ElemType &pre_e)
{
    LNode *p = head->next;    //指向首元结点
    if (p==NULL)              //空表直接返回
        return ERROR;

    /* 从第2个结点开始循环整个链表(如果比较相等，保证有前驱) */
    while(p->next && p->next->data != cur_e)
        p = p->next;

    if (p->next==NULL) //未找到
        return ERROR;

    pre_e = p->data;
    return OK;
}
```

形参是ElemType &pre_e
因此 pre_e = p->data;
不需要 *pre_e

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

/* 查找符合指定条件的元素的后继元素 */
Status LinkList::NextElem(ElemType cur_e, ElemType &next_e)
{
    LNode *p = head->next;  //首元结点
    if (p==NULL)            //空表直接返回
        return ERROR;

    /* 有后继结点且当前结点值不等时继续 */
    while(p->next && p->data!=cur_e)
        p = p->next;

    if (p->next==NULL)
        return ERROR;

    next_e = p->next->data;
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */
/* 在指定位置前插入一个新元素 */
Status LinkList::ListInsert(int i, ElemType e)
{   LNode *s, *p = head;     //p指向头结点
    int   pos  = 0;
    /* 寻找第i-1个结点 */
    while(p && pos<i-1) {
        p=p->next;
        pos++;
        }
    if (p==NULL || pos>i-1)  //i值非法则返回
        return ERROR;
    //执行到此表示找到指定位置，p指向第i-1个结点
    s = new LNode;
    if (s==NULL)
        return OVERFLOW;

    s->data = e;            //新结点数据域赋值
    s->next = p->next;      //新结点的next是第i个
    p->next = s;            //第i-1个的next是新结点
    return OK;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */
/* 删除指定位置的元素，并将被删除元素的值放入e中返回 */
Status LinkList::ListDelete(int i, ElemType &e)
{
    LNode *q, *p = head;   //p指向头结点
    int   pos  = 0;
    /* 寻找第i个结点（p->next是第i个结点） */
    while(p->next && pos<i-1) {
        p=p->next;
        pos++;
        }
    if (p->next==NULL || pos>i-1)   //i值非法则返回
        return ERROR;
    //执行到此表示找到了第i个结点，此时p指向第i-1个结点
    q = p->next;         //q指向第i个结点
    p->next = q->next; //第i-1个结点的next域指向第i+1个

    e = q->data;         //取第i个结点的值
    delete q;            //释放第i个结点

    return OK;
}
```

```
/* linear_list_L.cpp 的实现 */

Status LinkList::ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e))
{
    extern int line_count; //main中定义的换行计数器(与算法无关)
    LNode *p = head->next;

    line_count = 0;                    //计数器恢复初始值（与算法无关）
    while(p && (*visit)(p->data)==TRUE)
        p=p->next;

    if (p)
        return ERROR;

    cout << endl; //最后打印一个换行，只是为了好看，与算法无关
    return OK;
}
```

§2. 线性表

2.5. 算法转换为程序过程中的问题与技巧(补充)

2.5.3. 相同算法中程序适应不同的数据类型

2.5.3.1. C语言对不同数据类型的适应方法

例：线性表的顺序实现(六种数据类型)

方法一：用六个程序实现，每个程序仅不同数据类型的处理细节不同

方法二：用一个程序实现，用条件编译来区分不同数据类型的处理细节

2.5.3.2. C++语言的处理方法

例：线性表的顺序实现(六种数据类型)

方法一：同C方法一（六个不同的程序）

方法二：同C方法二（一个程序，改宏定义分别编译）

方法三：函数模板及类模板

《C++程序设计》（第2版） P.102-P.103 4.7函数模板

P.306-P.310 9.11 类模板

★ 用类模板实现同一程序适应不用的数据类型

```
/* linear_list_sq.h 的组成 */
#define TRUE                1
#define FALSE               0
#define OK                  1
#define ERROR               0
#define INFEASIBLE         -1
#define OVERFLOW           -2

typedef int Status;

#define LIST_INIT_SIZE     100       //初始大小，可按需修改
#define LISTINCREMENT      10        //空间不够时每次
```

以ElemType为int的C++程序为基准，比较两者的不同

```
template <class ElemType>  //声明模板,虚类型ElemType
```

```
/* linear_list_sq.h 的组成 */
class sqlist {
    protected:
        ElemType *elem;
        int length;
        int listsize;
    public:
        sqlist();   //构造函数，替代InitList
        ~sqlist();  //析构函数，替代DestroyList
        Status   ClearList();
        Status   ListEmpty();
        int      ListLength();
        Status   GetElem(int i, ElemType &e);
        int      LocateElem(ElemType e,
                            Status (*compare)(ElemType e1, ElemType e2));
        Status   PriorElem(ElemType cur_e, ElemType &pre_e);
        Status   NextElem(ElemType cur_e, ElemType &next_e);
        Status   ListInsert(int i, ElemType e);
        Status   ListDelete(int i, ElemType &e);
        Status   ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e));
};
```

不变

```
/* linear_list_sq.c 的实现 */
#include <iostream>
#include <stdlib.h>                    //malloc/realloc函数
#include <unistd.h>                    //exit函数
#include "linear_list_sq.h"            //形式定义
using namespace std;

/* 构造函数，替代 InitList */
template <class ElemType>
sqlist<ElemType>::sqlist()
{
    elem = new ElemType[LIST_INIT_SIZE];
    if (elem == NULL)
        exit(OVERFLOW);
    length = 0;
    listsize = LIST_INIT_SIZE;
}
```

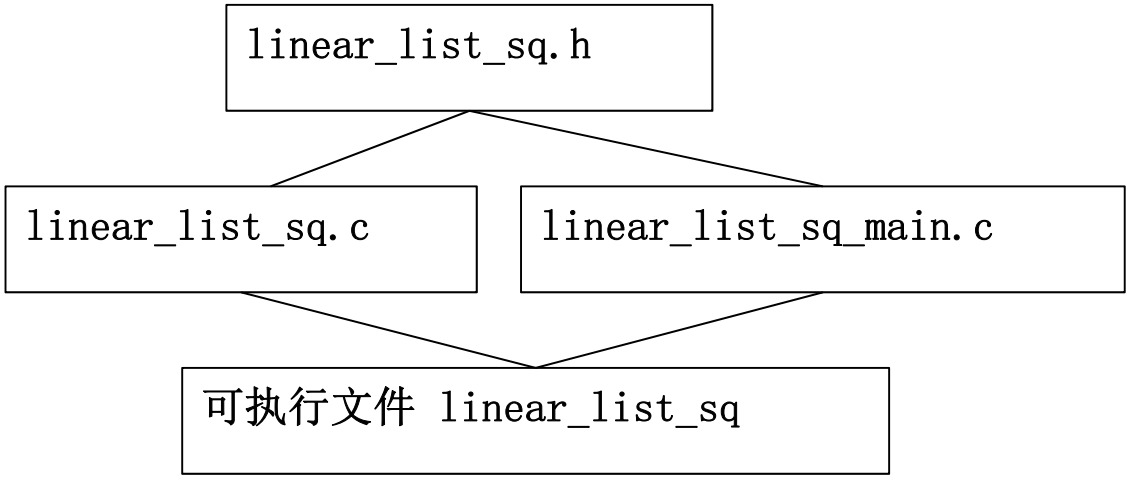
原来：sqlist::sqlist()

函数的实现过程
没有任何变化
所有函数均如此

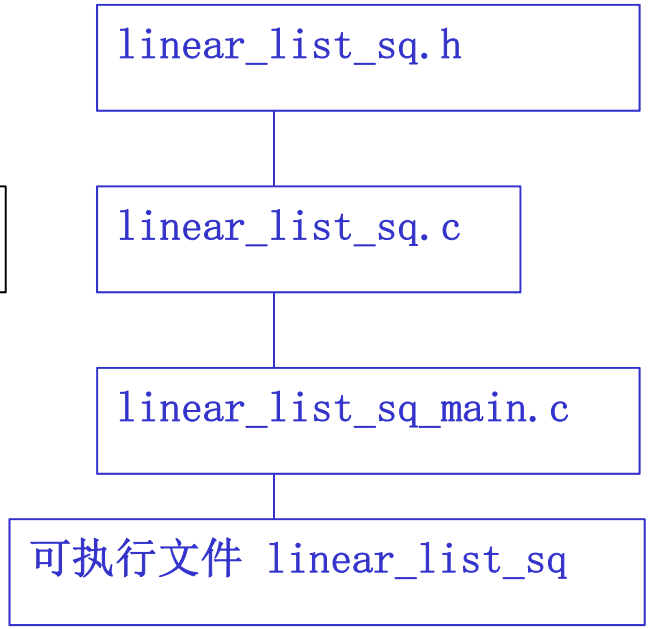
```
/* linear_list_sq.c 的实现 */

其它函数略

/* 遍历线性表 */
Status sqlist::ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e))
{
    实现过程略
}

/* 遍历线性表 */
template <class ElemType>
Status sqlist<ElemType>::ListTraverse(Status (*visit)(ElemType e))
{
    实现过程略
}
```

```
/* linear_list_sq_main.c 的实现 */

#include <iostream>
#include <iomanip>
#include "linear_list_sq.cpp"

using namespace std;
```

不能是linear_list_sq.h
因为类模板规定定义和实现
必须在同一个文件中



工程文件中包含 2个源程序 + 1个头文件



自行研究工程文件中应该如何包含？

```
/* linear_list_sq_main.c 中 MyCompare和MyVisit的实现 */

template <class ElemType>
Status MyCompare(ElemType e1, ElemType e2)
{
    具体实现略
}

template <class ElemType>
Status MyVisit(ElemType e)
{
    具体实现略
}
```

虽然不是类的成员函数
也可以用类模板

```
/* linear_list_sq_main.c 中 main函数 */

//此处不能是template <class ElemType>，类模板不适用于main函数
int main()
{
    sqlist<int>   L;     //类模板实例化
    int       e1, e2;    //不能是ElemType e1,e2，只能具体类型
    //从此处往下，无任何变化
    int       i, pos;

    cout << "空表=" <<((L.ListEmpty()==TRUE)?"TRUE":"FALSE")<<endl;
    cout << "表长=" << L.ListLength() << endl;

    后续略

}
```

换为 sqlist <long> L;
     sqlist <short> L;
均可以
下面 int e1, e2;
同步变化即可

§2. 线性表

2.5. 算法转换为程序过程中的问题与技巧(补充)

2.5.3. 相同算法中程序适应不同的数据类型

2.5.3.1. C语言对不同数据类型的适应方法

2.5.3.2. C++语言的处理方法

例：线性表的顺序实现(六种数据类型)

方法一：同C方法一（六个不同的程序）

方法二：同C方法二（一个程序，改宏定义分别编译）

方法三：函数模板及类模板

《C++程序设计》（第2版） P.102-P.103 4.7函数模板

P.306-P.310 9.11 类模板

★ 用类模板实现同一程序适应不用的数据类型

★ 参数个数、实现方式必须完全相同，否则不适用

int/long/short 适用

int/double 不适用

★ 参数个数、实现方式必须完全相同，否则不适用

★ 类模板的定义和实现必须放在同一头文件中

§2.线性表

2.5.3.2.C++语言的处理方法

例：线性表的顺序实现(六种数据类型)

方法三：函数模板及类模板

讨论1：能否用类模板实现 int/double 的统一处理？

- 比较时有差别　e1==e2　fabs(e1-e2)<1e-6
- 其它无差别

```
class double1 {
    protected:
        double x;
    public:
        int operator==(double1 &d1)
        {   if (fabs(x-d1.x)<1e-6)
                return 1;
            else
                return 0;
        }
        //其它需要的成员函数
}
```

int/double1 能统一处理

§2.线性表

2.5.3.2.C++语言的处理方法

例：线性表的顺序实现(六种数据类型)

方法三：函数模板及类模板

讨论2：能否用类模板实现

int/double/char数组/char指针/struct student/struct student *

的统一处理？

- char数组 ：比较strcmp / 赋值strcpy
- char指针 ：比较strcmp / 赋值strcpy / 申请释放
- student ：比较仅学号 / 赋值memcpy
- student *：比较仅学号 / 赋值memcpy / 申请释放

答：(1) char数组和指针都没必要了，直接用string类，使strcpy/strcmp变为 s1=s2, s1==s2

(2) struct student 改为 class student，重载赋值、比较、输入输出等运算符即可

使 memcpy 变为 stu1=stu2 / 而 stu1==stu2 仅比较学号

继续讨论：student和student *在细节处理上还是有所不同，如何统一？

例：GetElem中 memcpy(e, &(L.elem[i-1]), sizeof(ElemType));

memcpy(*e, L.elem[i-1], sizeof(ET));

答：两者在实际应用没有区别，目前的讨论仅限于程序内部处理机制，因此只选一种即可

继续讨论：选哪种？

答：指针方式，内存使用更灵活