

华中科技大学

课程实验报告

课程名称： 数据结构实验

专业班级 CS2410

学 号 U202414825

姓 名 徐越扬

指导教师 郑渤龙

报告日期 2022 年 6 月 12 日

计算机科学与技术学院

目 录

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 1 基于顺序存储结构的线性表实现..... | 1 |
| 1.1 问题描述 | 1 |
| 1.2 系统设计 | 1 |
| 1.3 系统实现 | 5 |
| 1.4 系统测试 | 10 |
| 1.5 实验小结 | 21 |
| 2 基于二叉链表的二叉树实现 | 22 |
| 2.1 问题描述 | 22 |
| 2.2 系统设计 | 22 |
| 2.3 系统实现 | 27 |
| 2.4 系统测试 | 33 |
| 2.5 实验小结 | 46 |
| 3 课程的收获和建议 | 47 |
| 3.1 基于顺序存储结构的线性表实现 | 47 |
| 3.2 基于链式存储结构的线性表实现 | 47 |
| 3.3 基于二叉链表的二叉树实现 | 47 |
| 3.4 基于邻接表的图实现 | 47 |
| 参考文献 | 47 |
| 4 附录 A 基于顺序存储结构线性表实现的源程序 | 48 |
| 5 附录 B 基于链式存储结构线性表实现的源程序 | 64 |
| 6 附录 C 基于二叉链表二叉树实现的源程序 | 82 |
| 7 附录 D 基于邻接表图实现的源程序 | 103 |

1 基于顺序存储结构的线性表实现

1.1 问题描述

线性表（Linear List）是最基本、最常用的一种数据结构，用来存储具有线性关系的一组数据元素。它是具有相同数据类型的 n 个数据元素的有限序列，每个元素有唯一的前驱和后继（第一个元素除外没有前驱，最后一个元素除外没有后继）。线性表有两种主要的存储方式：顺序存储结构（数组），链式存储结构（链表）。前者是把线性表的元素存储在一块连续的内存空间中，而后者包含每个元素的存储数据和指向下一个元素的指针。在优缺点方面：前者可以快速随机的访问元素，但是插入删除效率较低。后者插入删除效率高，但是必须从头访问。不同的情形下两者的使用不同。

本实验要求构造一个具有菜单的功能演示系统。其中，在主程序中完成函数调用所需实参值的准备以及执行结果的显示，并给出正确的操作提示。该程序实现了线性表的初始化、销毁线性表、清空线性表、线性表判空、求线性表表长、获得元素等基本功能，以及最大连续子数组和、和为 K 的子数组、顺序表排序等附加功能。可以以文件的形式进行存储和加载。同时实现多线性表管理，完成多线性表的添加、删除、定位，查找和展示等操作。

1.2 系统设计

1.2.1 头文件和预定义

1、头文件

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <malloc.h>
3 #include <stdlib.h>
4 #include <string.h>
```

2、预定义常量

```
1 #define TRUE 1
2 #define FALSE 0
3 #define OK 1
4 #define ERROR 0
```

```
5 #define INFEASIBLE -1
6 #define OVERFLOW -2
7 #define LIST_INIT_SIZE 100
8 #define LISTINCREMENT 10
```

3、类型表达式

```
1 typedef int status;
2 typedef int ElemType; //数据元素类型定义
3 typedef struct{ //顺序表的定义
4     ElemType * elem;
5     int length;
6     int listsize;
7 }SqList;
8 typedef struct{ //线性表的集合类型定义
9     struct {
10         char name[30];
11         SqList L;
12     } elem[10];
13     int length;
14     int listsize;
15 }LISTS;
```

1.2.2 基本功能函数

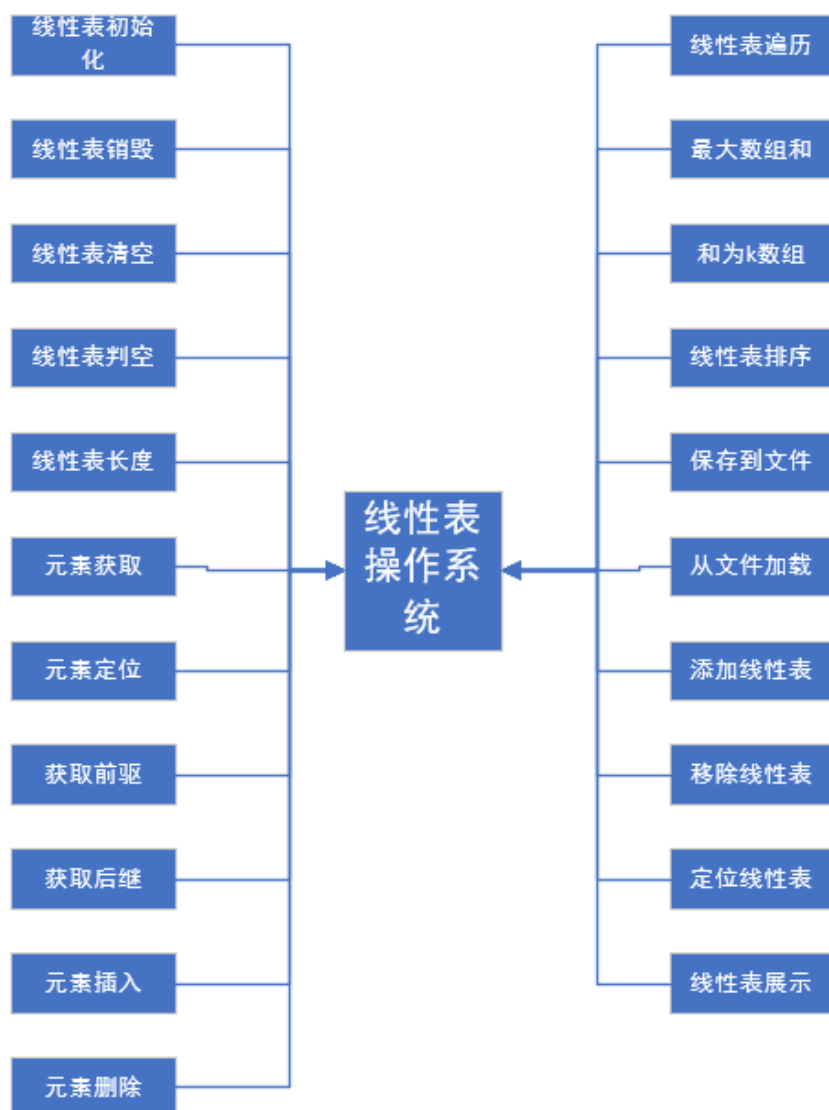


图 1-1 系统整体功能图

依据最小完备性和常用性相结合的原则，以函数形式定义了线性表的初始化表、销毁表、清空表、判定空表、求表长和获得元素等 12 种基本运算，具体运算功能定义如下：

1. 初始化表：函数名称是 `InitList(L)`；初始条件是线性表 `L` 不存在；操作结果是构造一个空的线性表；
2. 销毁表：函数名称是 `DestroyList(L)`；初始条件是线性表 `L` 已存在；操作结果是销毁线性表 `L`；

3. 清空表：函数名称是 `ClearList(L)`；初始条件是线性表 `L` 已存在；操作结果是将 `L` 重置为空表；
4. 判定空表：函数名称是 `ListEmpty(L)`；初始条件是线性表 `L` 已存在；操作结果是若 `L` 为空表则返回 `TRUE`, 否则返回 `FALSE`；
5. 求表长：函数名称是 `ListLength(L)`；初始条件是线性表已存在；操作结果是返回 `L` 中数据元素的个数；
6. 获得元素：函数名称是 `GetElem(L,i,e)`；初始条件是线性表已存在，同时需要满足 $1 \leq i \leq \text{ListLength}(L)$ ；操作结果是用 `e` 返回 `L` 中第 `i` 个数据元素的值；
7. 查找元素：函数名称是 `LocateElem(L,e,compare())`；初始条件是线性表已存在；操作结果是返回 `L` 中第 1 个与 `e` 满足关系 `compare` 关系的数据元素的位序，若这样的数据元素不存在，则返回值为 0；
8. 获得前驱：函数名称是 `PriorElem(L,cur_e,pre_e)`；初始条件是线性表 `L` 已存在；操作结果是若 `cur_e` 是 `L` 的数据元素，且不是第一个，则用 `pre_e` 返回它的前驱，否则操作失败，`pre_e` 无定义；
9. 获得后继：函数名称是 `NextElem(L,cur_e,next_e)`；初始条件是线性表 `L` 已存在；操作结果是若 `cur_e` 是 `L` 的数据元素，且不是最后一个，则用 `next_e` 返回它的后继，否则操作失败，`next_e` 无定义；
10. 插入元素：函数名称是 `ListInsert(L,i,e)`；初始条件是线性表 `L` 已存在，同时需要满足 $1 \leq i \leq \text{ListLength}(L)+1$ ；操作结果是在 `L` 的第 `i` 个位置之前插入新的数据元素 `e`。
11. 删除元素：函数名称是 `ListDelete(L,i,e)`；初始条件是线性表 `L` 已存在且非空， $1 \leq i \leq \text{ListLength}(L)$ ；操作结果：删除 `L` 的第 `i` 个数据元素，用 `e` 返回其值；
12. 遍历表：函数名称是 `ListTraverse(L,visit())`，初始条件是线性表 `L` 已存在；操作结果是依次对 `L` 的每个数据元素调用函数 `visit()`。

1.2.3 附加功能函数

1. 最大连续子数组和：函数名称是 `MaxSubArray(L)`；初始条件是线性表 `L` 已存在且非空，请找出一个具有最大和的连续子数组（子数组最少包含一个元素），操作结果是其最大和；
2. 和为 `K` 的子数组：函数名称是 `SubArrayNum(L,k)`；初始条件是线性表 `L` 已

存在且非空, 操作结果是该数组中和为 k 的连续子数组的个数;

3. 顺序表排序: 函数名称是 `sortList(L)`; 初始条件是线性表 L 已存在; 操作结果是将 L 由小到大排序;
4. 实现线性表的文件形式保存: 其中, ①需要设计文件数据记录格式, 以高效保存线性表数据逻辑结构 (D,R) 的完整信息; ②需要设计线性表文件保存和加载操作合理模式。
 - (a) 文件写入: 函数名称是 `SaveList(L,FileName)`; 初始条件是线性表 L 已存在; 操作结果是将 L 的元素写到名称为 `FileName` 的文件中。
 - (b) 文件读出: 函数名称是 `LoadList(L,FileName)`; 初始条件是线性表 L 不存在; 操作结果是将文件 `FileName` 中的元素读到表 L 中。
5. 实现多个线性表管理: 设计相应的数据结构管理多个线性表的查找、添加、移除等功能。
 - (a) 增加线性表: 函数名称是 `AddList(Lists, ListName)`; 初始条件是名称为 `ListName` 的线性表不存在于线性表集合中; 操作结果是在 `List`s 中创建一个名称为 `ListName` 的初始化好的线性表。
 - (b) 移除线性表: 函数名称是 `RemoveList(Lists, ListName)`; 初始条件是名称为 `ListName` 的线性表存在于线性表集合中; 操作结果是将该线性表移除。
 - (c) 查找线性表: 函数名称是 `LocateList(Lists, ListName)`; 初始条件是名称为 `ListName` 的线性表存在于线性表集合中; 操作结果是返回该线性表在 `List`s 中的逻辑索引。
 - (d) 选择表: 函数名称是 `ShowAllLists(Lists)`; 初始条件是 `List`s 已存在。操作是将所有已经存储的线性表依次打印出来。

1.3 系统实现

1.3.1 演示系统框架

系统主体通过 `while` 循环实现多次选择, 通过 `op` 获取用户的选择, 通过 `switch` 语句根据用户选择实现具体功能, 保证界面整洁和满足用户体验感。

具体实现为将菜单和功能实现写入到 `while` 循环中, 用 `op` 获取用户的选择, `op` 初始化为 1, 以便第一次能进入循环。进入循环后, 用户输入选择 0~21, 其

中 1~21 分别代表线性表的操作，在主函数中通过 switch 语句对应到相应的函数功能，执行完该功能后通过 break 跳出 switch 语句，继续执行 while 循环，直至用户输入 0 退出当前演示系统。系统初进入时默认对默认线性表（未创建）进行操作，后续可增加新表并进行选择，实现多线性表操作。

1.3.2 函数思想及实现

线性表基本功能函数的实现：

1. status InitList (SqList &L)

输入：线性表 L

输出：线性表初始化状态

函数思想描述：初始化函数调用全局定义的线性表 L，首先进行判空，如果为空，则对线性表的元素进行 malloc 分配内存，并将长度置为 0，返回 OK；如果不为空，则初始化失败，返回 INFEASIBLE；

2. status DestroyList (SqList &L)

输入：线性表 L

输出：线性表销毁状态

函数思想描述：销毁函数首先对 L 进行判空，如果为空，则无法销毁，返回 INFEASIBLE；如果不为空，则释放 L 的 elem 数组的内存，并将长度等置为 0，返回 OK；

3.status ClearList (SqList &L)

输入：线性表 L

输出：线性表清空状态

函数思想描述：清空函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；如果不为空，则将其长度置为 0，各元素置为 0，返回 OK；

4.status ListEmpty (SqList L)

输入：线性表 L

输出：线性表是否为空

函数思想描述：判空函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；如果元素长度为 0，则为空，返回 TRUE；否则返回 FALSE；

5.int ListLength (SqList L)

输入：线性表 L

输出：线性表的长度

函数思想描述：求线性表的长度函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；否则返回线性表 L 的长度；

6.status GetElem (SqList L, int i, ElemType &e)

输入：线性表 L，元素位序 i，元素值 e；

输出：元素获取的状态

函数思想描述：元素获取函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；当 i 小于线性表长度时，对位序为 i 的元素赋值为 e，返回 OK；否则返回 ERROR；

7.int LocateElem (SqList L, ElemType e)

输入：线性表 L，元素值 e

输出：定位元素的状态

函数思想描述：元素定位函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；然后对线性表内的元素进行查找，找到则返回元素的位序；否则返回 ERROR。

8.status PriorElem (SqList L, ElemType e, ElemType &pre)

输入：线性表 L，元素值 e，待赋值元素 pre

输出：查找前驱元素的状态

函数思想描述：获取前驱函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；然后对线性表元素进行遍历，如果找到等于 e 的元素，且其位序大于 0，则将位序为 i-1 的元素值赋值给 pre，返回 OK；否则返回 ERROR。

9.status NextElem (SqList L, ElemType e, ElemType &next)

输入：线性表 L，元素值 e，待赋值元素 next

输出：查找后继元素的状态

函数思想描述：获取后继元素函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；然后付线性表元素进行遍历，如果找到等于 e 的元素，且位序小于线性表长度-1，则将位序为 i+1 的元素值赋值给 next，返回 OK；否则返回 ERROR。

10.status ListInsert (SqList L, int i, ElemType e)

输入：线性表 L，位序 i，元素值 e

输出：元素插入状态

函数思想描述：元素插入函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；在 i 大于等于 1 且小于等于表长的情况下，将第 i 个元素后的元素后移，并将第 i 个位置的元素赋值为 e，返回 OK；如果线性表的长度已达最大，则重新分配更

多内存；其他情况返回 ERROR。

11.status ListDelete (SqList L, int i, ElemType &e)

输入：线性表 L，位序 i，元素值 e

输出：元素删除状态

函数思想描述：删除元素函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；当 i 在 1 到表长的范围内，将位序为 i-1 的元素值赋值给 e，并将后面的元素依次前移，表长减一，返回 OK；否则返回 ERROR。

12.status ListTraverse (SqList L)

输入：线性表 L

输出：线性表遍历状态

函数思想描述：线性表遍历函数对线性表的元素进行遍历，返回 OK；否则返回 ERROR。

附加功能函数的实现：

13.ElemType MaxSubArray(SqList L)

输入：线性表 L

输出：最大和的值

函数思想描述：求最大和函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；在线性表长度不为 0 的情况下，假定最大值为第零位元素，对后面的元素依次判断，如果 sum 大于 0，则 sum 等于 sum+ 第 i 个元素，否则等于第 i 个元素；当 sum 大于 maxsum 时将其赋值给 maxsum；遍历结束后返回 maxsum，即为最大和。

14.status SubArrayNum(SqList L, int k)

输入：线性表 L，值总和 k

输出：合为 k 的子数组的个数

函数思想描述：求和为 k 子数组的函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；首先置数目 count 为 0，然后遍历每一个元素，对其后面的元素依次相加直到最后，如果和为 k，则 count 加一，最终返回子数组个数 count。

15.void sortList(SqList& L)

输入：线性表 L

输出：void

函数思想描述：使用冒泡排序对线性表的元素进行从小到大的排序

16.status SaveList (SqList L, char FileName [])

输入：线性表 L，文件名 FileName

输出：文件保存的状态

函数思想描述：文件保存函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；然后以“r”形式读取文件，如果 fp 不为空，则关闭文件进行“w”写入，以达到覆盖原有内容的目的；然后将线性表的元素依次写入到文件中，关闭文件返回 OK；否则返回 ERROR。

17.status LoadList (SqList L, char FileName [])

输入：线性表 L，文件名 FileName

输出：文件载入的状态

函数思想描述：文件载入函数首先对 L 判空，如果为空，则返回 INFEASIBLE；对文件以“r”只读方式打开，首先为 L 的元素分配内存，然后读取文件中的值到 elem 数组中，关闭文件返回 OK；否则返回 ERROR。

18.status AddList (LISTS &Lists, char ListName [])

输入：顺序表数组 Lists，表名 ListName

输出：添加线性表的状态

函数思想描述：添加线性表的函数首先将表的数量加一，将表名赋值给最新的表的表名，初始化一个新的表 l，并将该表传递给新表，返回 OK；否则返回 ERROR。

19.status RemoveList (LISTS List, char ListName [])

输入：顺序表数组 Lists，数组名 ListName

输出：线性表移除状态

函数思想描述：线性表移除函数对表名进行查找，如果查找成功，则销毁该表，并对其后的线性表进行前移操作，返回 OK；否则返回 ERROR。

20.int LocateList (LISTS Lists, char ListName [])

输入：顺序表数组 Lists，文件名 ListName

输出：线性表的位置

函数思想描述：位置查找函数遍历所有线性表，如果找到与指定名称相同的表，则返回其位置，否则返回 ERROR。

21.void TraverseList(LISTS Lists)

输入：顺序表数组 Lists

输出：void

函数思想描述：展示函数遍历所有线性表，并一一输出他们，无返回值。

1.4 系统测试

系统菜单整体布局如图：

```
Menu for Linear Table On Sequence Structure
-----
1. InitList      12.ListTraverse
2. DestroyList  13.MaxSubArray
3. ClearList    14.SubArrayNum
4. ListEmpty    15.sortList
5. ListLength   16.SaveList
6. GetElem      17.LoadList
7. LocateElem   18.AddList
8. PriorElem    19.RemoveList
9. NextElem     20.LocateList
10.ListInsert   21.ShowAllLists
11.ListDelete   0. Exit
-----
Choose you operation : |
```

图 1-2 菜单

测试集如下：

测试集 1：线性表中存有元素 1 2 3

测试集 2：线性表集合中有两个线性表表一：1 3 5；表二：2 4 6

1.4.1 基本功能函数测试

1.InitList 测试

测试 1：测试函数是否能成功创建线性表；

测试 2：测试当线性表已经存在时，函数是否能再次创建线性表。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|---------|--------|
| 1 | 1 | 线性表创建成功 | 一致 |
| 2 | 1→1 | 线性表创建失败 | 一致 |

```
Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 1
Linear table creation failed !
```

图 1-3 测试运行结果

2.DestroyList 测试

测试 1：测试函数是否能对不存在的线性表进行销毁；

测试 2：测试函数是否能对已经存在的线性表进行销毁；

测试 3：将测试在销毁线性表之后检测能否重新创建线性表。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|-------|-----------------|--------|
| 1 | 2 | 线性表不存在，销毁失败 | 一致 |
| 2 | 1→2 | 线性表销毁成功 | 一致 |
| 3 | 1→2→1 | 线性表销毁成功；线性表创建成功 | 一致 |

```
Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 2
Linear table was successfully destroyed !

Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 10
Please choose your position and number to insert : 1 2
The number is successfully inserted !

Choose you operation : 2
Linear table was successfully destroyed !

Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !
```

图 1-4 测试运行结果

3.ClearList 测试

测试 1：测试函数是否能对不存在的线性表进行清空；

测试 2：测试函数是否能对已经存在的线性表进行清空；

测试 3：在测试集 1 的情况下进行，在调用 ClearList 之后，通过求线性表的表长，来判断线性表中的元素是否确实被清空。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------------|-------------|--------|
| 1 | 3 | 线性表不存在，清空失败 | 一致 |
| 2 | 1→3 | 线性表清空成功 | 一致 |
| 3 | 1→ 测试集 1→3→5 | 线性表长度为 0 | 一致 |

```

Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 3
Linear table was successfully cleared !

Choose you operation : 2
Linear table was successfully destroyed !

Choose you operation : 3
Linear table clear failed !

Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 3
Linear table was successfully cleared !

Choose you operation : 5
The length of this linear table is 0 !
    
```

图 1-5 测试运行结果

4.ListEmpty 测试

测试 1：测试函数能否对不存在的线性表判空；

测试 2：测试函数能否正确判断空线性表；

测试 3：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否正确判断空线性表。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------------|-------------|--------|
| 1 | 4 | 线性表不存在，判空失败 | 一致 |
| 2 | 1→4 | 线性表为空 | 一致 |
| 3 | 1→ 测试集 1→4 | 线性表非空 | 一致 |

```

Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 4
The linear table is empty !
    
```

图 1-6 测试运行结果

5.ListLength 测试

测试 1：测试函数能否对不存在的线性表求长；

测试 2：测试函数能否正确求出空线性表的长度；

测试 3：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否正确求出线性表的长度。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------------|-------------|--------|
| 1 | 5 | 线性表不存在，求长失败 | 一致 |
| 2 | 1→5 | 线性表长度为 0 | 一致 |
| 3 | 1→ 测试集 1→5 | 线性表长度为 3 | 一致 |

```

Choose you operation : 1
Linear table was successfully created !

Choose you operation : 5
The length of this linear table is 0 !

Choose you operation : 10
Please choose your position and number to insert : 1 1
The number is successfully inserted !

Choose you operation : 10
Please choose your position and number to insert : 2 2
The number is successfully inserted !

Choose you operation : 10
Please choose your position and number to insert : 3 3
The number is successfully inserted !

Choose you operation : 5
The length of this linear table is 3 !
    
```

图 1-7 测试运行结果

6.GetElem 测试

此函数的所有测试将在测试集 1 的情况下进行。

测试 1，2：将测试函数能否正确找到元素；

测试 3，4：将测试函数能否正确识别非法的位序。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|----------------|--------|
| 1 | 6→2 | 线性表中第 2 个元素为 2 | 一致 |
| 2 | 6→5 | 线性表中第 3 个元素为 3 | 一致 |
| 3 | 6→-1 | 输入的逻辑索引不合法！ | 一致 |
| 4 | 6→5 | 输入的逻辑索引不合法！ | 一致 |

```
Choose you operation : 6
Please choose the position of your number (1 to length) : 2
The number is 2 !

Choose you operation : 6
Please choose the position of your number (1 to length) : 3
The number is 3 !

Choose you operation : 6
Please choose the position of your number (1 to length) : -1
The position is illegal !

Choose you operation : 6
Please choose the position of your number (1 to length) : 5
The position is illegal !
```

图 1-8 测试运行结果

7. LocateElem 测试

此函数的所有测试将在测试集 1 的情况下进行。

测试 1：将测试函数能否正确找到位序；

测试 3，4：将测试函数能否正确识别不在线性表中的元素。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|-----------------|--------|
| 1 | 7→1 | 该元素存在且元素逻辑索引为：1 | 一致 |
| 3 | 7→5 | 输入的元素不存在！ | 一致 |
| 4 | 7→-1 | 输入的元素不存在！ | 一致 |

```
Choose you operation : 7
Please enter the number you want to locate : 1
The number is located on the position of 1 !

Choose you operation : 7
Please enter the number you want to locate : 5
The number does not exist !

Choose you operation : 7
Please enter the number you want to locate : -1
The number does not exist !
```

图 1-9 测试运行结果

8. PriorElem 测试

此函数的所有测试将在测试集 1 的情况下进行。

测试 1：将测试函数能否正确找到前驱；

测试 2：将测试函数能否正确判断第一个元素没有前驱；

测试 3：将测试函数能否正确判断不在线性表中的元素没有前驱。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|---------------|--------|
| 1 | 8→2 | 该元素存在且前驱元素为：1 | 一致 |
| 2 | 8→1 | 线性表中该元素不存在前驱！ | 一致 |
| 3 | 8→4 | 线性表中该元素不存在！ | 一致 |


```
Choose you operation : 8
Please enter your number : 2
The prior number is 1 !

Choose you operation : 8
Please enter your number : 1
This number does not have a prior number in the table !

Choose you operation : 8
Please enter your number : 4
This number does not have a prior number in the table !
```

图 1-10 测试运行结果

9.NextElem 测试

此函数的所有测试将在测试集 1 的情况下进行。

测试 1：将测试函数能否正确找到后继；

测试 2：将测试函数能否正确判断最后一个元素没有后继；

测试 3：将测试函数能否正确判断不在线性表中的元素没有后继。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|---------------|--------|
| 1 | 9→2 | 线性表中该元素的后继为 3 | 一致 |
| 2 | 9→3 | 线性表中该元素不存在后继！ | 一致 |
| 3 | 9→4 | 线性表中该元素不存在！ | 一致 |

```
Choose you operation : 9
Please enter your number : 2
The next number is 3 !

Choose you operation : 9
Please enter your number : 3
This number does not have a next number in the table !

Choose you operation : 9
Please enter your number : 4
This number does not have a next number in the table !
```

图 1-11 测试运行结果

10.ListInsert 测试

输入要求：依次输入插入元素位置和插入元素。

测试 1 在空线性表的情况下进行，通过反复调用函数来构建测试集 1（1 2 3），将通过遍历线性表和求表长来检验插入是否正确；

测试 2, 3 将在测试 1 的基础上进行，测试函数能否正确判断线性表两端非法的插入位置；

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|----------------------------|------------------|--------|
| 1 | 10→1 1→10→2 2→10→3 3 | 线性表插入成功！ | 一致 |
| 2 | 10→7 | 插入位置不合法，线性表插入失败！ | 一致 |
| 3 | 10→0 | 插入位置不合法，线性表插入失败！ | 一致 |

```

Choose you operation : 10
Please choose your position and number to insert : 0 1
ListInsert failed !

Choose you operation : 3
Linear table was successfully cleared !

Choose you operation : 10
Please choose your position and number to insert : 3 1
ListInsert failed !
    
```

图 1-12 测试运行结果

11.ListDelete 测试

输入要求：输入删除的序号

此函数的所有测试将在测试集 1 的情况下进行，进行一项测试后，不恢复至测试集 1 的状态。

测试 1：将测试函数能否正确判断非法的序号；

测试 2：将测试函数能否正确删除元素，采用遍历的方式检验正确性；

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------|-------------------|--------|
| 1 | 11→0 | 删除位置不合法！ | 一致 |
| 2 | 11→2→2 | 元素已删除！遍历后的结果为 1 3 | 一致 |

```

Choose you operation : 11
Please choose the position to delete : 0
Deletion failed !

Choose you operation : 11
Please choose the position to delete : 2
The number is successfully deleted !

Choose you operation : 12
1 3
    
```

图 1-13 测试运行结果

12.ListTraverse 测试

测试 1 在线性表是空表的情况下进行，测试函数能否处理空表的情况；

测试 2 在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否正确遍历线性表。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|--------|--------|
| 1 | 3→12 | 线性表是空表 | 一致 |
| 2 | 12 | 1 2 3 | 一致 |

```
Choose you operation : 12
1 2 3

Choose you operation : 3
Linear table was successfully cleared !

Choose you operation : 12
```

图 1-14 测试运行结果

1.4.2 附加功能测试

13.MaxSubArray 测试

测试 1：在没有创建线性表的情况下进行，测试函数能否正确判断线性表的存在性；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否实现求最大连续子数组和的功能。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------------|--------|
| 1 | 2→13 | 线性表未创建！ | 一致 |
| 2 | 13 | 最大子数组之和为：6 | 一致 |

```
Choose you operation : 13
MaxSum is 6

Choose you operation : 3
Linear table was successfully cleared !

Choose you operation : 13
MaxSum is 0
```

图 1-15 测试运行结果

14.SubArrayNum 测试

测试 1：在没有创建线性表的情况下进行，测试函数能否正确判断线性表的

存在性；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否实现计数和为 K 的子数组的功能。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------------------|--------|
| 1 | 2→14 | 线性表未创建！ | 一致 |
| 2 | 14→3 | 和为数 3 的连续数组数目为：2 | 一致 |

```
Choose you operation : 14
Enter the sum you want to find : 3
The number of this arraySum is : 2 !

Choose you operation : 3
Linear table was successfully cleared !

Choose you operation : 14
Enter the sum you want to find : 3
The number of this arraySum is : 0 !
```

图 1-16 测试运行结果

15.sortList 测试

测试 1：在线性表存在的情况下进行，测试函数能否正确排序。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|----------|-------|--------|
| 1 | 12→15→12 | 1 2 3 | 一致 |

```
Choose you operation : 12
3 2 1

Choose you operation : 15
List sorted !

Choose you operation : 12
1 2 3
```

图 1-17 测试运行结果

16.SaveList 测试

测试 1：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否正常进行写文件操作；

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------------|---------|--------|
| 1 | 16→list1.txt | 文件保存成功！ | 一致 |

17.LoadList 测试

本函数的测试都在文件 1 中已存有测试集 1 的情况下进行。

测试 1：在线性表不存在的情况下进行，测试函数能否正确进行读文件操作，采用遍历线性表的方式检验正确性。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------------|-----------------|--------|
| 1 | 17→list1.txt | 文件录入成功！遍历：1 2 3 | 一致 |

18.AddList 测试

测试 1：构建测试集 2，测试线性表能否正确添加，通过遍历各个表检验正确性。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------|--------|
| 1 | 18 | 表一表二 | 一致 |

```
Choose you operation : 18
Please enter your listname : 表一
Please enter your elements amount and members : 3 1 2 3
List added !

Choose you operation : 18
Please enter your listname : 表二
Please enter your elements amount and members : 3 3 2 1
List added !

Choose you operation : 21
表一 1 2 3
表二 3 2 1
```

图 1-18 测试运行结果

19.RemoveList 测试

本函数的测试在测试集 2 的基础上进行。

测试 1：将测试函数能否正确删除线性表，采用遍历各线性表的方式判断正确性；

测试 2：在测试 1 的基础上进行，尝试删除一个不在集合中的线性表，测试函数能否给出正确判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|-------|----------|--------|
| 1 | 19→表一 | 表一已成功删除！ | 一致 |
| 2 | 19→表三 | 线性表不存在！ | 一致 |

```
Choose you operation : 19
Enter the listname to remove : 表一
List removed !

Choose you operation : 21
表二 3 2 1

Choose you operation : 19
Enter the listname to remove : 表三
Cant remove the list !
```

图 1-19 测试运行结果

20.LocateList 测试

本函数的测试在测试集 2 的基础上进行。

测试 1：将测试函数能否正确定位线性表；

测试 2：将尝试查找一个不在集合中的线性表，测试函数能否给出正确判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------|--------------|--------|
| 1 | 20→ 表一 | 该线性表的逻辑索引为：1 | 一致 |
| 2 | 20→ 表三 | 线性表查找失败！ | 一致 |

```
Choose you operation : 20
Enter the name to locate : 表一
The position is : 1

Choose you operation : 20
Enter the name to locate : 表三
The list does not exist !
```

图 1-20 测试运行结果

21.TraverseList 测试

测试 1：在测试集 2 的基础上进行，测试函数能否正确遍历各个线性表；

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------------|------|--------|
| 1 | (测试集 3) 21 | 表一表二 | 一致 |

测试小结

21 个函数基本符合了测试要求，在正常和异常用例的条件下均可以正常运行。

1.5 实验小结

本次实验让我加深了对线性表的概念、基本运算的理解，掌握了线性表的基本运算的实现，熟练了线性表的逻辑结构和物理结构的关系。

在编写程序和测试的过程中，遇到了诸多问题，例如如何设计多线性表操作，如何保证能够单独对某一线性表进行基本操作。解决方案是将其完整赋值给主函数中的全局变量，保证了集合中表的独立性，可以不受主函数中操作的影响，表之间可以分立进行。

在今后的学习过程当中应该更多地从数据结构的角度去分析如何进行数据的存储、读取和处理，如何设计便于存储的数据结构，同时应具有开放性思维，设计高性能的算法，以达到更简便地解决实际问题的目的。同时，以后还需要多加练习，以达到熟能生巧的效果。

2 基于二叉链表的二叉树实现

2.1 问题描述

采用二叉链表作为二叉树的物理结构，实现基本运算。ElemType 为数据元素的类型名，具体含义可自行定义，但要求二叉树结点类型为结构型，至少包含二个部分，一个是能唯一标识一个结点的关键字（类似于学号或职工号），另一个是其它部分。

要求构造一个具有菜单的功能演示系统。其中，在主程序中完成函数调用所需实参值的准备和函数执行结果的显示，并给出适当的操作提示显示。

演示系统可选择实现二叉树的文件形式保存。其中，①需要设计文件数据记录格式，以高效保存二叉树数据逻辑结构 (D,R) 的完整信息；②需要设计二叉树文件保存和加载操作合理模式。附录 B 提供了文件存取的方法。演示系统可选择实现多个二叉树管理。可采用线性表的方式管理多个二叉树，线性表中的每个数据元素为一个二叉树的基本属性，至少应包含有二叉树的名称。

演示系统的源程序应按照代码规范增加注释和排版，目标程序务必是可以独立于 IDE 运行的 EXE 文件。

2.2 系统设计

2.2.1 头文件和预定义

1、头文件

```
1 #include "stdio.h"
2 #include "stdlib.h"
3 #include <malloc.h>
4 #include <string.h>
```

2、预定义常量

```
1 #define TRUE 1
2 #define FALSE 0
3 #define OK 1
4 #define ERROR 0
5 #define INFEASIBLE -1
```



```
6 #define OVERFLOW -2
7 #define MAXlength 10
```

3、类型表达式

```
1 typedef int status;
2 typedef int KeyType;
3 typedef struct {
4     KeyType key;
5     char others[20];
6 } TElemType; // 二叉树结点类型定义
7 typedef struct BiTNode { // 二叉链表结点的定义
8     TElemType data;
9     struct BiTNode *lchild, *rchild;
10 } BiTNode, *BiTree;
11 typedef struct {
12     struct {
13         char name[20];
14         BiTree T;
15     } elem[10];
16     int amount;
17 } Trees;
18 typedef struct {
19     int pos;
20     TElemType data;
21 } DEF;
```

2.2.2 基本功能函数

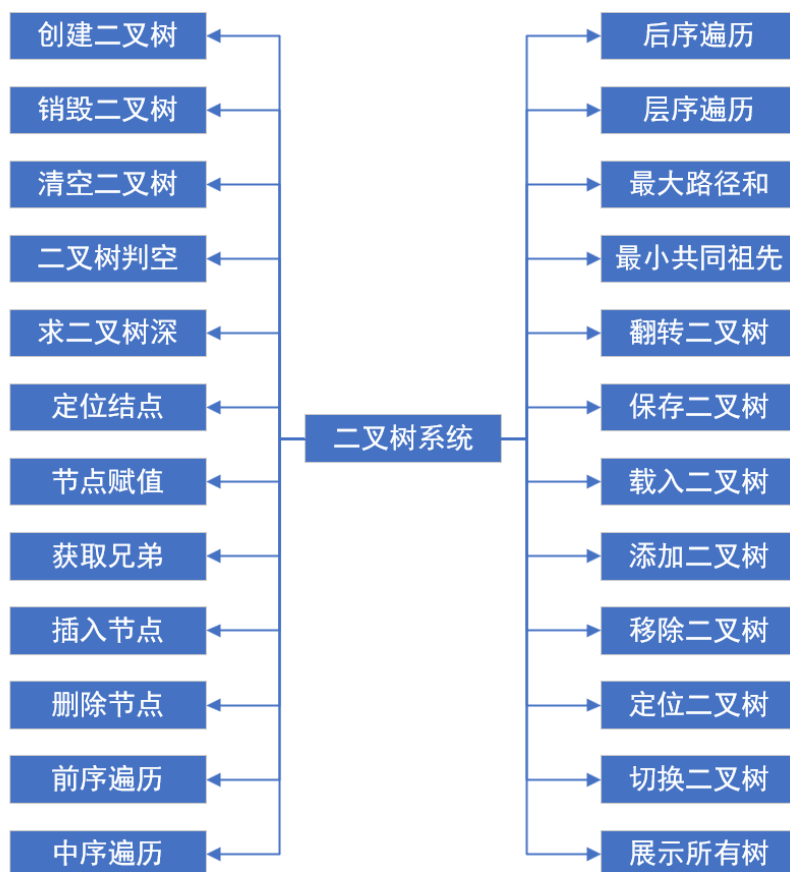


图 2-1 系统整体功能设计图

1. 创建二叉树：函数名称是 `CreateBiTree(T,definition)`；初始条件是 `definition` 给出二叉树 `T` 的定义；操作结果是按 `definition` 构造二叉树 `T`；
2. 销毁二叉树：函数名称是 `DestroyBiTree(T)`；初始条件是二叉树 `T` 已存在；操作结果是销毁二叉树 `T`；
3. 清空二叉树：函数名称是 `ClearBiTree (T)`；初始条件是二叉树 `T` 存在；操作结果是将二叉树 `T` 清空；
4. 判定空二叉树：函数名称是 `BiTreeEmpty(T)`；初始条件是二叉树 `T` 存在；操作结果是若 `T` 为空二叉树则返回 `TRUE`，否则返回 `FALSE`；
5. 求二叉树深度：函数名称是 `BiTreeDepth(T)`；初始条件是二叉树 `T` 存在；操作结果是返回 `T` 的深度；
6. 查找结点：函数名称是 `LocateNode(T,e)`；初始条件是二叉树 `T` 存在，`e` 是和

T 中结点关键字类型相同的值；操作结果是返回查找到的结点指针，否则返回 NULL；

7. 结点赋值：函数名称是 `Assign(T,e,value)`；初始条件是二叉树 T 已存在，e 是和 T 中结点关键字类型相同的值；操作结果是关键字为 e 的结点赋值为 value，返回 OK，否则返回 FALSE；
8. 获得兄弟结点：函数名称是 `GetSibling(T,e)`；初始条件是二叉树 T 存在，e 是和 T 中结点关键字类型相同的值；操作结果是返回关键字为 e 的结点的兄弟结点指针。否则返回 NULL；
9. 插入结点：函数名称是 `InsertNode(T,e,LR,c)`；初始条件是二叉树 T 存在，e 是和 T 中结点关键字类型相同的值，LR 为 0 或 1，c 是待插入结点；操作结果是根据 LR 为 0 或者 1，插入结点 c 到 T 中，作为关键字为 e 的结点的左或右孩子结点，结点 e 的原有左子树或右子树则为结点 c 的右子树；当 LR 为 -1 时新增节点作为根节点，原树作为该节点的右子树，操作成功返回 OK，否则返回 FALSE。
10. 删除结点：函数名称是 `DeleteNode(T,e)`；初始条件是二叉树 T 存在，e 是和 T 中结点关键字类型相同的值。操作结果是删除 T 中关键字为 e 的结点；同时，如果关键字为 e 的结点度为 0，删除即可；如关键字为 e 的结点度为 1，用关键字为 e 的结点孩子代替被删除的 e 位置；如关键字为 e 的结点度为 2，用 e 的左孩子代替被删除的 e 位置，e 的右子树作为 e 的左子树中最右结点的右子树；
11. 前序遍历：函数名称是 `PreOrderTraverse(T,Visit())`；（本系统前序遍历采用非递归算法）初始条件是二叉树 T 存在，Visit 是一个函数指针的形参；操作结果是先序遍历，对每个结点调用函数 Visit 一次且一次，一旦调用失败，则操作失败。
12. 中序遍历：函数名称是 `InOrderTraverse(T,Visit())`；初始条件是二叉树 T 存在，Visit 是一个函数指针的形参；操作结果是中序遍历，对每个结点调用函数 Visit 一次且一次，一旦调用失败，则操作失败；
13. 后序遍历：函数名称是 `PostOrderTraverse(T,Visit())`；初始条件是二叉树 T 存在，Visit 是一个函数指针的形参；操作结果是后序遍历，对每个结点调用函数 Visit 一次且一次，一旦调用失败，则操作失败。
14. 按层遍历：函数名称是 `LevelOrderTraverse(T,Visit())`；初始条件是二叉树 T

存在, Visit 是一个函数指针的形参; 操作结果是层序遍历, 对每个结点调用函数 Visit 一次且一次, 一旦调用失败, 则操作失败。

2.2.3 附加功能函数

1. 最大路径和: 函数名称是 `MaxPathSum(T)`, 初始条件是二叉树 `T` 存在; 操作结果是返回根节点到叶子节点的最大路径和;
2. 最近公共祖先: 函数名称是 `LowestCommonAncestor(T,e1,e2)`; 初始条件是二叉树 `T` 存在; 操作结果是该二叉树中 `e1` 节点和 `e2` 节点的最近公共祖先;
3. 翻转二叉树: 函数名称是 `InvertTree(T)`, 初始条件是线性表 `L` 已存在; 操作结果是将 `T` 翻转, 使其所有节点的左右节点互换;
4. 文件写入: 函数名称是 `SaveBiTree(T,FileName)`; 初始条件是二叉树 `T` 已存在; 操作结果是将 `T` 的元素写到名称为 `FileName` 的文件中。
5. 文件读出: 函数名称是 `LoadBiTree(T,FileName)`; 初始条件是二叉树 `T` 不存在; 操作结果是将文件 `FileName` 中的内容载入到新表 `T` 中。
6. 实现多个二叉树管理: 设计相应的数据结构管理多个二叉树的查找、添加、移除、切换、展示功能。
 - (a) 增加二叉树: 函数名称是 `AddBiTree(trees, TreeName)`; 初始条件是名称为 `TreeName` 的二叉树不存在于二叉树集合中; 操作结果是在 `trees` 中创建一个名称为 `TreeName` 的二叉树。
 - (b) 移除二叉树: 函数名称是 `RemoveBiTree(trees, TreeName)`; 初始条件是名称为 `TreeName` 的二叉树存在于二叉树集合中; 操作结果是将该二叉树移除。
 - (c) 查找二叉树: 函数名称是 `LocateBiTree(trees, TreeName)`; 初始条件是名称为 `TreeName` 的二叉树存在于二叉树集合中; 操作结果是返回该二叉树在 `trees` 中的逻辑索引。
 - (d) 切换二叉树: 函数名称是 `SwitchTrees(trees,TreeName,T)`; 初始条件是名称为 `TreeName` 的二叉树已存在于二叉树集合中; 操作结果是将该树调转为当前操作的树 `T`。
 - (e) 遍历所有表: 函数名称是 `ShowAllTrees(trees)`; 初始条件是 `trees` 已存在; 操作结果是对所有的二叉树依次进行前序和中序遍历。

2.2.4 演示系统

构造一个具有菜单的功能演示系统。其中，在主程序中完成函数调用所需实参值的准备和函数执行结果的显示，并给出适当的操作提示显示。演示系统可选择实现二叉树的文件形式保存。其中，①需要设计文件数据记录格式，以高效保存二叉树数据逻辑结构 (D,[R]) 的完整信息；②需要设计二叉树文件保存和加载操作合理模式。演示系统实现了多个二叉树管理。输入 1~24 可以调用上述的 24 个函数，对二叉树或二叉树集合进行操作；输入 0 时退出系统。

该演示系统具有完备性，包含每一功能的中英文说明和注意事项，同时显示当前二叉树名称和初始化情况。

下面是该系统的初始界面

```
Menu for BiTree Structure
-----
1. CreateBiTree      13.PostOrderTraverse
2. DestroyBiTree     14.LevelOrderTraverse
3. ClearBiTree       15.MaxPathSum
4. BiTreeEmpty       16.LowestCommonAncestor
5. BiTreeDepth       17.InvertTree
6. LocateNode        18.SaveBiTree
7. Assign            19.LoadBiTree
8. GetSibling        20.AddTree
9. InsertNode        21.RemoveTree
10.DeleteNode        22.LocateTree
11.PreOrderTraverse  23.SwitchTrees
12.InOrderTraverse   24.ShowAllTrees
0. Exit-----
Choose your operation :
```

图 2-2 系统整体界面

2.3 系统实现

2.3.1 演示系统框架

系统主体通过 while 循环实现多次选择，通过 op 获取用户的选择，通过 switch 语句根据用户选择实现具体功能。

具体实现为将菜单和功能实现写入到 while 循环中，用 op 获取用户的选择，op 初始化为 1，以便第一次能进入循环。进入循环后，用户输入选择 0~24，其中 1~24 分别代表二叉树的一个基本操作，在主函数中通过 switch 语句对应到相应的函数功能，执行完该功能后通过 break 跳出 switch 语句，继续执行 while 循

环，直至用户输入 0 退出当前演示系统。

2.3.2 函数思想及实现

二叉树基本功能函数的实现：

1. status CreateBiTree(BiTree &T, TElemType definition[])

输入：二叉树 T，TElemType 类型数组

输出：创建二叉树的状态

函数思想描述：创建二叉树函数，传入二叉树和 TElemType 类型数组。根据 definition 的位置判断奇偶来确定左右子树，最后将 T 赋值根节点，从而构建二叉树。

2. status DestroyBiTree(BiTree &T)

输入：二叉树 T

输出：二叉树销毁状态

函数思想描述：销毁二叉树函数，将二叉树设置成空，并删除所有结点，释放结点空间。在函数中，如果当前结点有左子树或右子树，则递归调用本函数依次销毁当前结点的左子树和右子树；如果当前结点的左右子树都为空指针时释放当前结点的存储空间，并将当前结点的指针设置为 NULL。

3.status ClearBiTree(BiTree &T)

输入：二叉树 T

输出：二叉树清空状态

函数思想描述：清空二叉树函数，将二叉树设置成空。在函数中，如果当前结点有左子树或右子树，则递归调用本函数依次清空当前结点的左子树和右子树。

4.status BiTreeEmpty(BiTree T)

输入：二叉树 T

输出：二叉树是否为空

函数思想描述：判断树是否为空，如果根结点为空，则返回 TRUE，否则说明树非空，返回 FALSE。

5.int BiTreeDepth(BiTree T)

输入：二叉树 T

输出：二叉树的深度

函数思想概述：求二叉树深度函数，依次遍历二叉树的左右结点，遇到空结点则返回 0，不断比较获取二叉树到叶子结点的深度的较大值，作为二叉树的深度，最终结果即为二叉树深度。

6. BiTNode *LocateNode(BiTree T, KeyType e)

输入：二叉树 T，KeyType e

输出：二叉树结点指针

函数思想描述：查找二叉树中关键字结点函数，使用递归思想，若当前结点为目标结点，则返回当前结点的地址值；若当前结点指针为空，则说明此子树都没有所找结点，返回 NULL 指针；否则依次递归查找左右子树中是否有目标结点，并记录在左右子树查找的返回值。整个函数的返回值若为 NULL，则说明整棵树没有目标结点，否则返回目标结点。

7. status Assign(BiTree &T, KeyType e, TElemType value)

输入：二叉树 T，KeyType e，TElemType value

输出：赋值状态

函数思想描述：结点赋值函数，首先通过 LocateNode 函数查找用以替换的结点的关键字与除被替换结点以外的其他结点的关键字是否有重复，若重复则返回 ERROR。若无重复则调用 LocateNode 函数查找被替换结点，若未找到则返回 ERROR；若找到，则对该结点的关键字和关键信息进行赋值，并返回 OK。

8. BiTNode *GetSibling(BiTree T, KeyType e)

输入：二叉树 T，KeyType e

输出：二叉树兄弟结点指针

函数思想概述：获得当前结点的兄弟结点函数，使用了递归思想，若当前结点为空则说明为空树，若当前结点无左右子树则说明当前结点不符合条件，返回 NULL；若当前结点有左右子树，则若左右子树其一结点关键字为所求，且另一子树存在，则找到兄弟结点，返回兄弟结点指针，若另一子树不存在，则该节点没有兄弟结点，返回 NULL；若当前结点的左右子树都不为指定节点，则递归调用此函数在左右子树中查找，并记录返回结果。整个函数若最终返回值为 NULL 则说明该树没有此结点或此结点无兄弟节点；若返回值不为 NULL 则说明在某子树中找到了指定节点的兄弟结点，返回该结点的值。

9. status InsertNode(BiTree &T, KeyType e, int LR, TElemType c)

输入：二叉树 T，KeyType e，整型变量 LR，TElemType c

输出：结点插入状态

函数思想概述：插入结点函数，首先通过 `LocateNode` 函数判断待插入结点在树中有无关键字重复，若有则返回 `ERROR`，若无重复则调用 `LocateNode` 函数查找被插入结点，然后根据 `LR` 为 0 或者 1，插入结点 `c` 到 `T` 中，作为关键字为 `e` 的结点的左或右孩子结点，结点 `e` 的原有左子树或右子树则为结点 `c` 的右子树，返回 `OK`。如果插入失败，返回 `ERROR`。特别地，当 `LR` 为 -1 时，作为根结点插入，原根结点作为 `c` 的右子树，最后返回 `OK`。

10.status DeleteNode(BiTree &T, KeyType e)

输入：二叉树 `T`，`KeyType e`

输出：节点删除状态

函数思想概述：删除结点函数，`e` 是 `T` 中结点关键字类型相同的给定值。删除 `T` 中关键字为 `e` 的结点；如果关键字为 `e` 的结点度为 0，删除即可；如关键字为 `e` 的结点度为 1，用关键字为 `e` 的结点孩子代替被删除的 `e` 位置；如关键字为 `e` 的结点度为 2，用 `e` 的左孩子代替被删除的 `e` 位置，`e` 的右子树作为 `e` 的左子树中最右结点的右子树。成功删除结点后返回 `OK`，否则返回 `ERROR`。

11.status PreOrderTraverse(BiTree T, void (*visit)(BiTree))

输入：二叉树 `T`，函数指针 `*visit`

输出：前序遍历状态

函数思想概述：先序遍历函数，采用了非递归算法。在函数中，若当前结点为空，则返回 `ERROR`；若当前结点不为空，则首先通过 `visit` 访问当前结点，然后利用栈的特性依次对左右子树结点进栈出栈实现遍历。

12.status InOrderTraverse(BiTree T, void (*visit)(BiTree))

输入：二叉树 `T`，函数指针 `*visit`

输出：中序遍历状态

函数思想概述：中序遍历函数，用递归算法实现。在函数中，若当前结点为空，则返回 `ERROR`；若当前结点不为空，则首先递归调用本函数依次中序遍历当前结点的左子树，根节点和右子树。

13.status PostOrderTraverse(BiTree T, void (*visit)(BiTree))

输入：二叉树 `T`，函数指针 `*visit`

输出：后序遍历状态

函数思想概述：后序遍历函数，采用了递归思想。在函数中，若当前结点为

空，则返回 ERROR；若当前结点不为空，则首先递归调用本函数依次后序遍历当前结点的左子树和右子树，然后访问当前结点。

14.status LevelOrderTraverse(BiTree T, void (*visit)(BiTree))

输入：二叉树 T，函数指针 *visit

输出：层序遍历状态

函数思想概述：层序遍历函数，用非递归形式实现，调用队列数据结构和相应操作函数。在函数中，首先定义并初始化队列，然后定义 p 为根节点，并将根结点进队列。然后开始循环，该循环在队列为空时结束：首先将根节点出队列，若此节点不为空则访问该结点并依次将该结点的左右子树进队列，该循环结束则说明已经遍历完所有结点。在队列中，根节点下一层的子树先进队列。再依此顺序将左右子树的下一层子树再进队列，以此类推，直到最后一层子树。所以在每一层内的遍历顺序为从左向右。

附加功能函数的实现：

15.int MaxPathSum(BiTree T)

输入：二叉树 T

输出：最大路径和

函数思想描述：最大路径和函数，通过不断递归到叶子节点到空树，比较左右子节点的大小，选择较大值直到无法继续，然后返回路径上的最大值。

16.BiTree LowestCommonAncestor(BiTree T, int e1, int e2)

输入：二叉树 T，整型变量 e1，整型变量 e2

输出：二叉树结点：最近公共祖先

函数思想描述：递归查找左子树和右子树，若查找到目标结点，则返回该结点的指针，若查找到空树，则返回 NULL。然后判断若左结点的返回值和右节点的返回值均不为 NULL，则返回该结点，若左结点和右节点存在一个结点不为空，则返回该结点；否则返回 NULL。最终返回的结点为两结点的最近公共祖先。

时间复杂度： $O(n\log n)$

空间复杂度： $O(1)$

17.status InvertTree(BiTree &T)

输入：二叉树 T

输出：函数运行状态

函数思想描述：将二叉树翻转写成函数，以递归形式实现，依次交换左右子

树直至无法交换，最终得到翻转后的二叉树。

时间复杂度： $O(n\log n)$

空间复杂度： $O(1)$

18.status SaveBiTree(BiTree T, char FileName[])

输入：二叉树 T，字符串变量 FileName

输出：文件保存状态

函数思想描述：文件保存函数，将二叉树的结点数据写入到文件 FileName 中。该函数借助 SaveBiTreeHelper 函数实现递归算法遍历，并将遍历结果写入文件中。

19.status LoadBiTree(BiTree &T, char FileName[])

输入：二叉树 T，字符串变量 FileName

输出：文件载入状态

函数思想描述：文件载入函数，将文件 FileName 中的数据读取到空树中，该函数借助 LoadBiTreeHelper 函数实现递归算法遍历，并以先序遍历的顺序写入空树中。

20.status AddBiTree(TREES &trees, char TreeName[])

输入：结构体类型变量 trees，字符串类型 TreeName

输出：二叉树添加状态

函数思想描述：增加树函数，在 trees 数组尾部新增树，并将树名称存储在该树结点的 name 分量当中。在添加二叉树之前，判断名称是否唯一，如果树的数量超过设定数目也会返回 ERROR。

21.status RemoveTree(TREES &trees, char TreeName[])

输入：结构体类型变量 trees，字符串类型 TreeName

输出：销毁树的状态

函数思想描述：销毁树函数，在 trees 数组中查找名称为 TreeName 的树，查找成功则将其删除，否则返回 ERROR。

22.int LocateTree(TREES trees, char TreeName[])

输入：结构体类型变量 trees，字符串类型 TreeName

输出：树的位次

函数思想描述：查找二叉树函数，在 trees 数组中查找名称为 ListName 的树，查找成功返回其位序，否则返回 ERROR。

23.status SwitchTrees(TREES trees, char TreeName[], BiTree &T)

输入：结构体类型变量 trees，字符串类型 TreeName，当前操作数 T

输出：二叉树切换状态

函数思想描述：切换二叉树函数，将 trees 中名称为 TreeName 的树赋值给主函数中的树 T，后续可调用其他函数将对此二叉树进行操作。

24.status ShowAllTrees(TREES trees)

输入：结构体类型变量 trees

输出：展示函数状态

函数思想描述：遍历森林函数，依次对每个树进行前序和中序遍历。

2.4 系统测试

测试集如下：

测试集 1：1 1 a 2 2 b 3 3 c 6 4 d 7 5 e 0 0 null

2.4.1 基本功能函数测试

1..CreateBiTree 测试

测试 1：将使用测试集 1，测试函数能否正确构造二叉树，通过先序遍历和中序遍历的方法来检验正确性；

测试 4 在测试集 1 的基础上测试能否判断已有二叉树。

（注：为了排版方便，测试用例在上文中给出）

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|----------|--|--------|
| 1 | 1→ 测试集 1 | 二叉树创建成功！ 先序遍历：1,a 2,b 3,c 4,d 5,e 中序遍历：2,b 1,a 4,d 3,c 5,e | 一致 |

```
Choose your operation : 1
Enter the definition BiTree : 1 1 a 2 2 b 3 3 c 6 4 d 7 5 e 0 0 null
BiTree create successfully

Choose your operation : 11
1,a 2,b 3,c 4,d 5,e

Choose your operation : 12
2,b 1,a 4,d 3,c 5,e
```

图 2-3 测试运行结果

2.DestroyBiTree 测试

测试 1：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否销毁已存在的二叉树。

测试 2：将测试函数能否销毁不存在的二叉树。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|----------|--------|
| 1 | 2 | 二叉树销毁成功！ | 一致 |
| 2 | 2 | 二叉树不存在！ | 一致 |

```
Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 2
The BiTree does not exist
```

图 2-4 测试运行结果

3.ClearBiTree 测试

测试 1：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否清空已存在的二叉树。

测试 2：将测试函数能否清空不存在的二叉树。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|----------|--------|
| 1 | 3 | 二叉树清空成功！ | 一致 |
| 2 | 2→3 | 二叉树不存在！ | 一致 |

```
Choose your operation : 3
Clear successfully

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 3
The BiTree does not exist
```

图 2-5 测试运行结果

4.BiTreeEmpty 测试

测试 1：在测试集 1 的基础上，测试函数是否能对非空二叉树进行判空。

测试 2：测试函数是否能对空二叉树进行判空。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|---------|--------|
| 1 | 4 | 二叉树不为空！ | 一致 |
| 2 | 2→4 | 二叉树为空！ | 一致 |

```
Choose your operation : 4
The BiTree is not empty

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 4
The BiTree is empty
```

图 2-6 测试运行结果

5.BiTreeDepth 测试

测试 1：测试函数能否对空二叉树求深度；

测试 2：在测试集 1 的基础上，测试函数能否正确求得二叉树的深度。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|-------------|--------|
| 1 | 5 | 二叉树为空！ | 一致 |
| 2 | 1→5 | 该二叉树的深度为 3！ | 一致 |

```
Choose your operation : 5
The depth of this BiTree is 3

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 5
The depth of this BiTree is 0
```

图 2-7 测试运行结果

6.LocateNode 测试

测试 1：将测试函数能否正确找到头结点并输出其值；

测试 2：将测试函数能否正确找到一般结点并输出其值；

测试 3：将测试函数能否正确判断结点关键字不在二叉树中。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|---------------|--------|
| 1 | 6→1 | 该节点存在！结点信息为：a | 一致 |
| 2 | 6→3 | 该节点存在！结点信息为：c | 一致 |
| 3 | 6→6 | 该节点不存在！ | 一致 |

```
Choose your operation : 6
Enter the key node : 1
The node is 1 a

Choose your operation : 6
Enter the key node : 3
The node is 3 c

Choose your operation : 6
Enter the key node : 6
Couldn't find the node with key 6
```

图 2-8 测试运行结果

7.Assign 测试

测试 1: 将测试在修改结点值时, 函数能否输出正确结果 (通过先序遍历结果判断);

测试 2: 将测试在修改结点值, 但修改后关键字重复的情况下, 函数能否给出判断;

测试 3: 将测试所修改结点不在二叉树中的情况下, 函数能否给出判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|---------|--------------------------------------|--------|
| 1 | 7→5→6 f | 结点赋值成功! 先序遍历: 1,a 2,b 3,c 4,d 6,f | 一致 |
| 2 | 7→1→2 g | 结点赋值失败 | 一致 |
| 3 | 7→7→8 h | 结点赋值失败 | 一致 |

```
Choose your operation : 7
Enter the key and the message of value(key and others) :5 6 f
Assign successfully

Choose your operation : 11
1,a 2,b 3,c 4,d 6,f

Choose your operation : 7
Enter the key and the message of value(key and others) :1 2 g
The value's key has already exists

Choose your operation : 7
Enter the key and the message of value(key and others) :7 8 h
Assign failed
```

图 2-9 测试运行结果

8.GetSibling 测试

测试 1,2: 将输入一组互为兄弟的结点, 测试函数能否输出正确结果;

测试 3: 将输入没有兄弟结点的结点, 测试函数能否输出正确结果;

测试 4: 将输入一个不在二叉树中的结点, 测试函数能否给出判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|---|--------|
| 1 | 8→5 | 该元素兄弟结点获取成功! 该结点的兄弟结点关键字为 4 结点信息为: d | 一致 |
| 2 | 8→4 | 该元素兄弟结点获取成功! 该结点的兄弟结点关键字为 5 结点信息为: e | 一致 |
| 3 | 8→1 | 该结点不存在或不存在兄弟结点! | 一致 |
| 4 | 8→6 | 该结点不存在或不存在兄弟结点! | 一致 |

```

Choose your operation : 8
Enter the key to find sibling : 5
The sibling is 4 d

Choose your operation : 8
Enter the key to find sibling : 4
The sibling is 5 e

Choose your operation : 8
Enter the key to find sibling : 1
The target node doesn't have sibling

Choose your operation : 8
Enter the key to find sibling : 6
The target node doesn't have sibling
    
```

图 2-10 测试运行结果

9.InsertNode 测试

输入要求：首先输入结点父亲的关键字，再输入插入要求（左孩子 (0)/右孩子 (1)/根节点 (-1)，如插入结点作为根节点，则无需考虑结点父亲的值），最后输入插入结点的值。

测试 1：在测试集 1 的情况下进行，将新插入结点（6 f）作为根节点（-1），测试函数能否输出正确结果，通过前序遍历检验正确性；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，在根节点（1 a）的左孩子插入结点（6 f），测试函数能否输出正确结果，通过前序遍历检验正确性；

测试 3：在测试集 1 的情况下进行，在根节点（1 a）的右孩子插入结点（6 f），测试函数能否输出正确结果，通过前序遍历检验正确性；

测试 4：在测试集 1 的情况下进行，尝试在根节点处插入一个关键字重复的结点（2 b），测试函数能否给出正确判断；

测试 5：在测试集 1 的情况下进行，尝试插入一个结点（6 f），测试当输入的父亲结点（6）不存在于二叉树中时，函数能否给出正确的判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------------|---|--------|
| 1 | 9→1→6 f -1 | 结点插入成功！ 前序遍历：6,f 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e | 一致 |
| 2 | 9→1→6 f 0 | 结点插入成功！ 前序遍历：1,a 6,f 2,b 3,c 4,d 5,e | 一致 |
| 3 | 9→1→2 b 1 | 结点插入失败（请检查该关键字是否存在或者插入关键字是否重复）！ | 一致 |
| 3 | 9→6→6 f 1 | 结点插入失败（请检查该关键字是否存在或者插入关键字是否重复）！ | 一致 |

```

Choose your operation : 9
Enter the target node's key : 1
Enter the mdoe(-1/0/1) : -1
Enter the key and others to insert : 6 f
Insert successfully

Choose your operation : 11
6,f 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e
    
```

图 2-11 测试运行结果

10.DeleteNode 测试

测试 1：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否正确删除度为 2 的根结点，通过层序遍历的方式来检验正确性；

测试 2：在测试 1 的基础上进行，测试函数能否正确删除度为 0 的叶子结点，通过层序遍历的方式来检验正确性；

测试 3：在测试 2 的基础上进行，测试函数能否正确删除度为 1 的结点，通过层序遍历的方式来检验正确性。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|-----------------------------|--------|
| 1 | 10→3 | 结点删除成功！层序遍历：1,a 2,b 4,d 5,e | 一致 |
| 2 | 10→2 | 结点删除成功！层序遍历：1,a 4,d 5,e | 一致 |
| 3 | 10→4 | 结点删除成功！层序遍历：1,a 5,e | 一致 |


```

Choose your operation : 10
Enter the key node to delete : 3
Delete successfully

Choose your operation : 14
1,a 2,b 4,d 5,e

Choose your operation : 10
Enter the key node to delete : 2
Delete successfully

Choose your operation : 14
1,a 4,d 5,e

Choose your operation : 10
Enter the key node to delete : 4
Delete successfully

Choose your operation : 14
1,a 5,e
    
```

图 2-12 测试运行结果

11.PreOrderTraverse 测试

测试 1：将测试函数是否能对空树做出判断；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否输出正确结果。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------------------------------------|--------|
| 1 | 11 | 二叉树为空！ | 一致 |
| 2 | 11 | 先序遍历二叉树的结果： 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e | 一致 |

```

Choose your operation : 11
1,a 2,b 3,c 4,d 5,e

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 11
Error
    
```

图 2-13 测试运行结果

12.InOrderTraverse 测试

测试 1：将测试函数是否能对空树做出判断；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否输出正确结果。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------------------------------------|--------|
| 1 | 12 | 二叉树为空！ | 一致 |
| 2 | 12 | 中序遍历二叉树的结果： 2,b 1,a 4,d 3,c 5,e | 一致 |

```
Choose your operation : 12
2,b 1,a 4,d 3,c 5,e

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 12
Error
```

图 2-14 测试运行结果

13.PostOrderTraverse 测试

测试 1：将测试函数是否能对空树做出判断；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否输出正确结果。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------------------------------------|--------|
| 1 | 13 | 二叉树为空！ | 一致 |
| 2 | 13 | 后序遍历二叉树的结果： 2,b 4,d 5,e 3,c 1,a | 一致 |

```
Choose your operation : 13
2,b 4,d 5,e 3,c 1,a

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 13
Error
```

图 2-15 测试运行结果

14.LevelOrderTraverse 测试

测试 1：将测试函数是否能对空树做出判断；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否输出正确结果。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|------------------------------------|--------|
| 1 | 14 | 二叉树为空！ | 一致 |
| 2 | 14 | 层序遍历二叉树的结果： 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e | 一致 |

```
Choose your operation : 14
1,a 2,b 3,c 4,d 5,e

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 14
Error
```

图 2-16 测试运行结果

2.4.2 附加功能测试

15.MaxPathSum 测试

测试 1：在二叉树为空的情况下进行，测试函数能否给出正确判断；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，测试函数能否正常返回最大路径和。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|-------------------|--------|
| 1 | 15 | 二叉树为空！ | 一致 |
| 2 | 15 | 根节点到叶子节点的最大路径和为：9 | 一致 |

```
Choose your operation : 15
The max path sum is 9

Choose your operation : 2
Destroy successfully

Choose your operation : 15
The BiTree doesn't exist
```

图 2-17 测试运行结果

16.LowestCommonAncestor 测试

测试 1：在二叉树为空的情况下进行，测试函数能否给出正确判断；

测试 2：在测试集 1 的情况下进行，两结点均存在测试能否给出根结点；

测试 3：在测试集 1 的情况下进行，测试第一个结点不存在时能否给出正确的判断；

测试 4：在测试集 1 的情况下进行，测试第二个结点不存在时能否给出正确的判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------|-----------------------------|--------|
| 1 | 16 | 二叉树为空! | 一致 |
| 2 | 16→2 4 | 两结点最近公共祖先的关键字为: 1, 结点信息为: a | 一致 |
| 3 | 16→6 4 | 第一个结点不存在! | 一致 |
| 4 | 16→2 6 | 第二个结点不存在! | 一致 |

```

Choose your operation : 16
Enter the key of e1 and e2 : 2 4
The lowest common ancestor is 1 a

Choose your operation : 16
Enter the key of e1 and e2 : 6 4
One or two node is not found

Choose your operation : 16
Enter the key of e1 and e2 : 2 6
One or two node is not found
    
```

图 2-18 测试运行结果

17.InvertTree 测试

测试 1: 在二叉树为空的情况下进行, 测试函数能否给出正确判断;

测试 2: 在测试集 1 的情况下, 测试函数能否正确反转二叉树, 通过层序遍历测试函数实现正确性。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|-------|--|--------|
| 1 | 17 | 二叉树为空! | 一致 |
| 2 | 17→14 | 二叉树翻转成功! 层序遍历二叉树的结果: 1,a 3,c 2,b 5,e 4,d | 一致 |

```

Choose your operation : 17
Invert successfully

Choose your operation : 14
1,a 3,c 2,b 5,e 4,d
    
```

图 2-19 测试运行结果

18.SaveTree 测试

测试 1: 在测试集 1 的情况下进行, 测试函数能否正常进行写文件操作;

测试 2: 在文件已经有内容时, 测试函数是否能够判断文件不能覆盖;

测试 3：在二叉树为空的情况下进行，测试函数能否给出正确判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------------|----------------|--------|
| 1 | 18→1.txt | 文件保存成功！ | 一致 |
| 2 | 18→1.txt | 该文件已有内容，不能读入！ | 一致 |
| 3 | 2→18→1.txt | 二叉树不存在！文件保存失败！ | 一致 |

19.LoadTree 测试

测试 1：在二叉树不存在的情况下进行，测试函数能否正确进行读文件操作，采用遍历二叉树的方式检验正确性。

测试 2：在线性表存在的条件下进行，测试函数能否给出正确判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------------|--------------|--------|
| 1 | 2→19→1.txt | 文件录入成功！ | 一致 |
| 2 | 19→1.txt | 二叉树存在！文件录入失败 | 一致 |

```
Choose your operation : 18
Save successfully

Choose your operation : 19
Input the tree name to load : 1
Load successfully
Do you want to check the tree(Y/N) : y
PreOrder :1,a 2,b 3,c 4,d 5,e
InOrder :2,b 1,a 4,d 3,c 5,e
```

图 2-20 测试运行结果

20.AddTree 测试

测试 1：将测试函数能否正确添加二叉树；

测试 2：在测试 1 的基础上进行，当二叉树名称重复时，测试函数能否给出正确的判断。

测试 3：测试二叉树能否正确添加，通过遍历森林检验正确性。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------------|----------------------|--------|
| 1 | 20→FirstTree | FirstTree 已成功添加！ | 一致 |
| 2 | 20→FirstTree | 该名称的线性表已经存在！ | 一致 |
| 3 | 213 | FirstTree SecondTree | 一致 |

```

Choose your operation : 20
Enter the name to add : firsttree
Enter the definition BiTree : 1 1 a 2 2 b 3 3 c 6 4 d 7 5 e 0 0 null
Add successfully

Choose your operation : 20
Enter the name to add : firsttree
The name has already exists

Choose your operation : 20
Enter the name to add : secondtree
Enter the definition BiTree : 1 1 a 2 2 b 3 3 c 6 4 e 7 5 f 0 0 null
Add successfully

Choose your operation : 24
firsttree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e
InOrder : 2,b 1,a 4,d 3,c 5,e
secondtree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,e 5,f
InOrder : 2,b 1,a 4,e 3,c 5,f
    
```

图 2-21 测试运行结果

21.RemoveTree 测试

测试 1：将测试函数能否正确销毁二叉树，采用遍历森林的方式判断正确性；

测试 2：在测试集 2 的情况下进行，尝试销毁一个不在集合中的二叉树，测试函数能否给出正确判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------------|------------------|--------|
| 1 | 21→FirstTree | FirstTree 已成功销毁！ | 一致 |
| 2 | 21→ThirdTree | 二叉树不存在！ | 一致 |

```

Choose your operation : 24
firsttree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e
InOrder : 2,b 1,a 4,d 3,c 5,e
secondtree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,e 5,f
InOrder : 2,b 1,a 4,e 3,c 5,f

Choose your operation : 21
Enter the name to remove : firsttree
Remove successfully

Choose your operation : 24
secondtree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,e 5,f
InOrder : 2,b 1,a 4,e 3,c 5,f
    
```

图 2-22 测试运行结果

22.LocateTree 测试

本实验基于上个测试删除 firsttree 操作

测试 1：将测试函数能否正确定位二叉树；

测试 2：将尝试查找一个不在集合中的二叉树，测试函数能否给出正确判断。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|---------------|--------------|--------|
| 1 | 22→SecondTree | 该二叉树的逻辑索引为：1 | 一致 |
| 2 | 22→FirstTree | 二叉树查找失败！ | 一致 |

```

Choose your operation : 24
secondtree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,e 5,f
InOrder : 2,b 1,a 4,e 3,c 5,f

Choose your operation : 22
Enter the name to locate : secondtree
The position is : 1

Choose your operation : 22
Enter the name to locate : firsttree
The tree does not exist !
    
```

图 2-23 测试运行结果

23.SwitchTrees 测试

测试 1：测试函数能否正确判断非法的名称；

测试 2：测试函数能否正确地实现选取线性表操作。

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|--------------|----------|--------|
| 1 | 24→thirdtree | 二叉树切换失败！ | 一致 |
| 2 | 24→firsttree | 二叉树切换成功！ | 一致 |

```

Choose your operation : 23
Enter the name to switch : thirdtree
Failed

Choose your operation : 23
Enter the name to switch : firsttree
Switch successfully
    
```

图 2-24 测试运行结果

23.ShowAllTrees 测试

测试 1：测试函数能否正确遍历各个线性表；

| 测试编号 | 测试输入 | 预期结果 | 实际运行结果 |
|------|------|----------------------|--------|
| 1 | 23 | FirstList SecondList | 一致 |

```

Choose your operation : 24
firsttree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,d 5,e
InOrder : 2,b 1,a 4,d 3,c 5,e
secondtree
PreOrder : 1,a 2,b 3,c 4,e 5,f
InOrder : 2,b 1,a 4,e 3,c 5,f
    
```

图 2-25 测试运行结果

测试小结

24 个函数基本符合了测试要求，在正常和异常用例的条件下均可以正常运

行。需要注意的是，在对某些函数进行测试时，出于篇幅限制，没有测试二叉树不存在的情况，同时对于附加功能函数没有具体给测试后的控制台界面。

2.5 实验小结

这次实验使用链式存储结构实现二叉树，让我更加清楚了二叉树的物理结构、数据结构类型、基本操作及实现。认识到二叉树的存储结构与线性存储结构的不同。这次实验中使用顺序表来管理多树（森林），提高了本次实验的节目的功能性。

在本次实验过程中，多个函数使用递归调用自身的形式编写函数，同时通过设置全局变量的方式解决递归过程中变量的初始化和迭代问题。

除此以外，在用非递归方式实现遍历时，使用了栈的存储结构和相应操作，在实现层序遍历时，使用了队列的存储结构和相应操作。通过不同数据结构的运用，使得问题的解决更加便利。

同时，基于二叉链表的二叉树的实验的难度较前两次都有所提升，极大地提升了我的编程水平。

本次实验使我加深了对二叉树的概念、基本运算的理解，掌握了二叉树的基本运算的实现。熟练了二叉树的逻辑结构和物理结构的关系。在今后的学习过程当中应该更多地从数据结构的角度去分析如何进行数据的存储、读取和处理，以达到更简便地解决实际问题的目的。

3 课程的收获和建议

通过本学期的数据结构实验课，我收获了很多知识，非常感谢老师和助教的帮助，同时包括我自己的努力，让我在数据结构方面收获很多，编程能力和思维能力有了很大的提高。

3.1 基于顺序存储结构的线性表实现

通过实验达到：（1）加深对线性表的概念、基本运算的理解；（2）熟练掌握线性表的逻辑结构与物理结构的关系；（3）物理结构采用顺序表，熟练掌握顺序表基本运算的实现。在实验过程中，对于线性表的本质有了更加深入的思考与理解，提升了思维能力。

3.2 基于链式存储结构的线性表实现

通过实验达到：（1）加深对线性表的概念、基本运算的理解；（2）熟练掌握线性表的逻辑结构与物理结构的关系；（3）物理结构采用单链表，熟练掌握线性表的基本运算的实现。在实验过程中，清晰了顺序存储结构和单链表存储结构之间的区别与联系，对于线性表有了深刻的体会，同时能够灵活应用。

3.3 基于二叉链表的二叉树实现

通过实验达到：（1）加深对二叉树的概念、基本运算的理解；（2）熟练掌握二叉树的逻辑结构与物理结构的关系；（3）以二叉链表作为物理结构，熟练掌握二叉树基本运算的实现。在实验过程中，对于二叉树特殊的存储结构能够很好地应用，同时对于递归操作有了更加深刻的理解。

3.4 基于邻接表的图实现

通过实验达到：（1）加深对图的概念、基本运算的理解；（2）熟练掌握图的逻辑结构与物理结构的关系；（3）以邻接表作为物理结构，熟练掌握图基本运算的实现。在实验过程中，学会使用图的邻接表创建无向图，同时由于图的复杂性，对于心理素质的锻炼起到了很大的效果。

参考文献

- [1] 严蔚敏等. 数据结构 (C 语言版). 清华大学出版社
- [2] 严蔚敏等. 数据结构题集 (C 语言版). 清华大学出版社

4 附录 A 基于顺序存储结构线性表实现的源程序

```
1  #include <malloc.h>
2  #include <stdio.h>
3  #include <stdlib.h>
4  #include <string.h>
5  #define TRUE 1
6  #define FALSE 0
7  #define OK 1
8  #define ERROR 0
9  #define INFEASIBLE -1
10 #define OVERFLOW -2
11 typedef int status;
12 typedef int ElemType;
13 #define LIST_INIT_SIZE 100
14 #define LISTINCREMENT 10
15 typedef struct { //顺序表 (顺序存储结构) 结点的定义
16     ElemType *elem;
17     int length;
18     int listsize;
19 } SqList;
20 typedef struct { //线性表 (顺序存储结构) 结点的定义
21     struct {
22         char name[30];
23         SqList L;
24     } elem[10];
25     int length;
26     int listsize;
27 } LIST;
```

```
28 status InitList(SqList &L) { // 初始化顺序表, 分配空间
29     if (L.elem != NULL)
30         return INFEASIBLE;
31     L.elem = (ElemType *)malloc(LIST_INIT_SIZE * sizeof(
        ElemType));
32     L.length = 0;
33     L.listsize = LIST_INIT_SIZE;
34     return OK;
35 }
36 status DestroyList(SqList &L) { // 销毁顺序表, 释放内存
37     if (L.elem == NULL)
38         return INFEASIBLE;
39     else {
40         free(L.elem);
41         L.elem = NULL;
42         L.length = 0;
43         L.listsize = 0;
44         return OK;
45     }
46 }
47 status ClearList(SqList &L) { // 清空顺序表内容但不释放空间
48     if (L.elem == NULL)
49         return INFEASIBLE;
50     L.length = 0;
51     return OK;
52 }
53 status ListEmpty(SqList L) { // 判断顺序表是否为空
54     if (L.elem == NULL)
55         return INFEASIBLE;
56     if (L.length == 0)
57         return TRUE;
58     else
59         return FALSE;
60 }
61 status ListLength(SqList L) { // 获取顺序表长度
```

```
62     if (L.elem == NULL)
63         return INFEASIBLE;
64     return L.length;
65 }
66 status GetElem(SqList L, int i, ElemType &e) { // 获取顺序表第i
        个元素
67     if (L.elem == NULL)
68         return INFEASIBLE;
69     if (i >= 0 && i <= L.length) {
70         if (i == 0)
71             return ERROR;
72         e = L.elem[i - 1];
73         return OK;
74     } else
75         return ERROR;
76 }
77 int LocateElem(SqList L, ElemType e) { // 查找元素e在线性表中的
        位置
78     if (L.elem == NULL)
79         return INFEASIBLE;
80     for (int i = 0; i < L.length; i++)
81         if (L.elem[i] == e)
82             return i + 1;
83     return ERROR;
84 }
85 status PriorElem(SqList L, ElemType e, ElemType &pre) { // 获取
        元素e的前驱
86     if (L.elem == NULL)
87         return INFEASIBLE;
88     for (int i = 0; i < L.length; i++) {
89         if (L.elem[i] == e && i > 0) {
90             pre = L.elem[i - 1];
91             return OK;
92         }
93     }
```

```
94     return ERROR;
95 }
96 status NextElem(SqList L, ElemType e, ElemType &next) { // 获取
    元素e的后继
97     if (L.elem == NULL)
98         return INFEASIBLE;
99     for (int i = 0; i < L.length; i++) {
100         if (L.elem[i] == e && i < L.length - 1) {
101             next = L.elem[i + 1];
102             return OK;
103         }
104     }
105     return ERROR;
106 }
107 status ListInsert(SqList &L, int i, ElemType e) { // 在第i个位
    置插入元素e
108     if (L.elem == NULL)
109         return INFEASIBLE;
110     if (i < 1 || i > L.length + 1)
111         return ERROR;
112     if (L.length >= L.listsize) {
113         ElemType *newElem = (ElemType *)realloc(L.elem, (L.
            listsize + LISTINCREMENT) * sizeof(ElemType));
114         if (!newElem)
115             return OVERFLOW;
116         L.elem = newElem;
117         L.listsize += LISTINCREMENT;
118     }
119     for (int k = L.length - 1; k >= i - 1; k--)
120         L.elem[k + 1] = L.elem[k];
121     L.elem[i - 1] = e;
122     L.length++;
123     return OK;
124 }
125 status ListDelete(SqList &L, int i, ElemType &e) { // 删除第i个
```

元素，并用 e 返回其值

```
126     if (L.elem == NULL)
127         return INFEASIBLE;
128     if (i < 1 || i > L.length)
129         return ERROR;
130     e = L.elem[i - 1];
131     for (int k = i - 1; k < L.length - 1; k++)
132         L.elem[k] = L.elem[k + 1];
133     L.length--;
134     return OK;
135 }
136 status ListTraverse(SqList L) { // 遍历顺序表并输出所有元素
137     int i;
138     for (i = 0; i < L.length; i++)
139         printf("%d ", L.elem[i]);
140     printf("\n");
141     return OK;
142 }
143 ElemType MaxSubArray(SqList L) { // 求最大连续子数组和
144     if (L.elem == NULL)
145         return ERROR;
146     if (L.length) {
147         ElemType maxSum = L.elem[0];
148         ElemType sum = L.elem[0];
149         for (int i = 1; i < L.length; i++) {
150             sum = (sum + L.elem[i] > L.elem[i]) ? sum + L.elem
151                 [i] : L.elem[i];
152             if (sum > maxSum)
153                 maxSum = sum;
154         }
155         return maxSum;
156     }
157     int SubArrayNum(SqList L, ElemType k) { // 求和为k的子数组个数
158         if (L.elem == NULL)
```

```
159         return ERROR;
160     int count = 0;
161     for (int i = 0; i < L.length; i++) {
162         int sum = 0;
163         for (int j = i; j < L.length; j++) {
164             sum += L.elem[j];
165             if (sum == k)
166                 count++;
167         }
168     }
169     return count;
170 }
171 void sortList(SqList L) { // 冒泡排序顺序表
172     if (L.elem == NULL)
173         printf("No number to sort !\n");
174     for (int i = 0; i < L.length; i++)
175         for (int j = 0; j < L.length - i - 1; j++)
176             if (L.elem[j] > L.elem[j + 1]) {
177                 int temp = L.elem[j + 1];
178                 L.elem[j + 1] = L.elem[j];
179                 L.elem[j] = temp;
180             }
181 }
182 status SaveList(SqList L, char FileName[]) { // 保存顺序表到文件
183     if (L.elem == NULL)
184         return INFEASIBLE;
185     FILE *fp;
186     fp = fopen(FileName, "r");
187     if (fp) {
188         fclose(fp);
189         fp = fopen(FileName, "w");
190     } else {
191         fp = fopen(FileName, "w");
192     }
```

```
193     if (!fp)
194         return ERROR;
195     for (int i = 0; i < L.length; i++)
196         fprintf(fp, "%d ", L.elem[i]);
197     fclose(fp);
198     return OK;
199 }
200 status LoadList(Sqlist &L, char FileName[]) { // 从文件加载顺序
    表
201     if (L.elem != NULL)
202         return INFEASIBLE;
203     FILE *fp;
204     fp = fopen(FileName, "r");
205     if (!fp)
206         return ERROR;
207     L.elem = (ElemType *)malloc(sizeof(ElemType) *
        LIST_INIT_SIZE);
208     if (!L.elem) {
209         fclose(fp);
210         return OVERFLOW;
211     }
212     L.length = 0;
213     L.listsize = LIST_INIT_SIZE;
214     ElemType e;
215     while (fscanf(fp, "%d", &e) == 1) {
216         L.elem[L.length++] = e;
217     }
218
219     fclose(fp);
220     return OK;
221 }
222 status AddList(LISTS &Lists, char ListName[]) { // 向LISTS结构
    中添加新顺序表
223     Lists.length++;
224     strcpy(Lists.elem[Lists.length - 1].name, ListName);
```



```
225     SqList l;
226     l.elem = NULL;
227     InitList(l);
228     Lists.elem[Lists.length - 1].L = l;
229     return OK;
230 }
231 status RemoveList(LISTS &Lists, char ListName[]) { // 参数:
    Lists为顺序表集合, ListName为要移除的顺序表名
232     int k = 0;
233     int isfound = 0;
234     for (int i = 0; i < Lists.length; i++) {
235         if (strcmp(Lists.elem[i].name, ListName) == 0) { // 查
            找要删除的顺序表
236             DestroyList(Lists.elem[i].L); // 释放该顺序表内存
237             k = i;
238             isfound = 1;
239         }
240     }
241     if (isfound) {
242         for (int j = k; j < Lists.length - 1; j++)
243             Lists.elem[j] = Lists.elem[j + 1]; // 如果找到则后
            续顺序表前移
244         Lists.length--;
245         return OK;
246     }
247     return ERROR;
248 }
249 int LocateList(LISTS Lists, char ListName[]) { // 查找LISTS结构
    中顺序表的位置
250     for (int i = 0; i < Lists.length; i++) {
251         if (strcmp(Lists.elem[i].name, ListName) == 0)
252             return i + 1; // 返回顺序表在集合中的下标+1, 未找到
            返回ERROR
253     }
254     return ERROR;
```

```
255 }
256 void ShowAllLists(LISTS lists) { // 显示所有顺序表及其内容
257     for (int i = 0; i < lists.length; i++) {
258         printf("%s ", lists.elem[i].name);
259         for (int j = 0; j < lists.elem[i].L.length; j++)
260             printf("%d ", lists.elem[i].L.elem[j]); // 依次输出
                每个顺序表的名字和所有元素
261         printf("\n");
262     }
263 }
264 #include "def.h"
265 #include "system1Func.h"
266 int main() {
267     SqList L;
268     L.elem = NULL;
269     LISTS lists;
270     lists.length = 0;
271     lists.listsize = LIST_INIT_SIZE;
272     int op = 1;
273     printf("      Menu for Linear Table On Sequence Structure \n\n");
274     "-----|
        n"
275     "1. InitList      12. ListTraverse\n"
276     "2. DestroyList   13. MaxSubArray\n"
277     "3. ClearList     14. SubArrayNum\n"
278     "4. ListEmpty     15. sortList\n"
279     "5. ListLength    16. SaveList\n"
280     "6. GetElem       17. LoadList\n"
281     "7. LocateElem    18. AddList\n"
282     "8. PriorElem     19. RemoveList\n"
283     "9. NextElem      20. LocateList\n"
284     "10. ListInsert    21. ShowAllLists\n"
285     "11. ListDelete    0. Exit\n"
286     "-----|
```

```

        n");
287     while (op) {
288         printf("\n Choose you operation : ");
289         scanf("%d", &op);
290         switch (op) {
291             case 1:
292                 if (InitList(L) == OK)
293                     printf("Linear table was successfully created
                        !\n");
294                 else
295                     printf("Linear table creation failed !\n");
296                 getchar();
297                 break;
298             case 2:
299                 if (DestroyList(L) == OK)
300                     printf("Linear table was successfully
                        destroyed !\n");
301                 else
302                     printf("Linear table destruction failed !\n");
303                 getchar();
304                 break;
305             case 3:
306                 if (ClearList(L) == OK)
307                     printf("Linear table was successfully cleared
                        !\n");
308                 else
309                     printf("Linear table clear failed !\n");
310                 getchar();
311                 break;
312             case 4:
313                 if (ListEmpty(L) == TRUE)
314                     printf("The linear table is empty !\n");
315                 else
316                     printf("The linear table is not empty !\n");
317                 getchar();

```

```
318         break;
319     case 5:
320         if (ListLength(L) != INFEASIBLE)
321             printf("The length of this linear table is %d
322                     !\n", ListLength(L));
323         getchar();
324         break;
325     case 6:
326         printf("Please choose the position of your number
327               (1 to length) : ");
328         int pos;
329         ElemType res;
330         scanf("%d", &pos);
331         if (GetElem(L, pos, res) == OK)
332             printf("The number is %d !\n", res);
333         else
334             printf("The position is illegal !\n");
335         getchar();
336         break;
337     case 7:
338         printf("Please enter the number you want to locate
339               : ");
340         ElemType loc;
341         scanf("%d", &loc);
342         if (LocateElem(L, loc))
343             printf("The number is located on the position
344                   of %d !\n", LocateElem(L, loc));
345         else
346             printf("The number does not exist !\n");
347         getchar();
348         break;
349     case 8:
350         printf("Please enter your number : ");
351         ElemType num, pre;
352         scanf("%d", &num);
```

```
349         if (PriorElem(L, num, pre) == OK)
350             printf("The prior number is %d !\n", pre);
351         else
352             printf("This number does not have a prior
                    number in the table !\n");
353         getchar();
354         break;
355     case 9:
356         printf("Please enter your number : ");
357         ElemType numD, next;
358         scanf("%d", &numD);
359         if (NextElem(L, numD, next) == OK)
360             printf("The next number is %d !\n", next);
361         else
362             printf("This number does not have a next
                    number in the table !\n");
363         getchar();
364         break;
365     case 10:
366         printf("Please choose your position and number to
                    insert : ");
367         int pos1;
368         ElemType num1;
369         scanf("%d%d", &pos1, &num1);
370         if (ListInsert(L, pos1, num1) == OK)
371             printf("The number is successfully inserted !\n");
372         else
373             printf("ListInsert failed !\n");
374         getchar();
375         break;
376     case 11:
377         printf("Please choose the position to delete : ");
378         int pos2;
379         ElemType num2;
```

```
380         scanf("%d", &pos2);
381         if (ListDelete(L, pos2, num2) == OK)
382             printf("The number is successfully deleted !\n");
383         else
384             printf("Deletion failed !\n");
385         getchar();
386         break;
387     case 12:
388         if (!ListTraverse(L))
389             printf("The list is empty \n");
390         getchar();
391         break;
392     case 13:
393         if (L.elem == NULL)
394             printf("No element to sum !\n");
395         else
396             printf("MaxSum is %d \n", MaxSubArray(L));
397         getchar();
398         break;
399     case 14:
400         printf("Enter the sum you want to find : ");
401         ElemType k;
402         scanf("%d", &k);
403         if (L.elem == NULL)
404             printf("No element to sum !\n");
405         else
406             printf("The number of this arraySum is : %d !\n", SubArrayNum(L, k));
407         getchar();
408         break;
409     case 15:
410         if (L.elem == NULL)
411             printf("No elem to sort !\n");
412         else {
```

```
413         sortList(L);
414         printf("List sorted !\n");
415     }
416     getchar();
417     break;
418 case 16: {
419     char filename[] = "c:\\Users\\12841\\Desktop\\none
        \\2025springDS\\experiments\\ex1\\list1.txt";
420     if (SaveList(L, filename) == OK)
421         printf("Saved successfully !\n");
422     else
423         printf("Saving failed\n");
424     getchar();
425     break;
426 }
427 case 17: {
428     char filename[] = "c:\\Users\\12841\\Desktop\\none
        \\2025springDS\\experiments\\ex1\\list1.txt";
429     SqList l;
430     l.elem = NULL;
431     if (l.elem != NULL)
432         printf("List is not empty !\n");
433     if (LoadList(l, filename) == OK)
434         printf("Load successfully !\n");
435     else
436         printf("Loading failed !\n");
437     printf("Do you want to check the list (Y/N) : ");
438     char opt;
439     getchar();
440     scanf("%c", &opt);
441     if (opt == 'Y' || opt == 'y')
442         ListTraverse(l);
443     else
444         break;
445     getchar();
```

```
446         break;
447     }
448     case 18: {
449         printf("Please enter your listname : ");
450         char name[100];
451         scanf("%s", name);
452         if (AddList(lists, name) == OK) {
453             printf("Please enter your elements amount and
454                 members : ");
455             int len;
456             scanf("%d", &len);
457             lists.elem[lists.length - 1].L.length = len;
458             for (int i = 0; i < len; i++)
459                 scanf("%d", &lists.elem[lists.length - 1].
460                     L.elem[i]);
461             printf("List added !\n");
462         }
463         else
464             printf("Failed !\n");
465         getchar();
466         break;
467     }
468     case 19:
469         printf("Enter the listname to remove : ");
470         char name2[100];
471         scanf("%s", name2);
472         if (RemoveList(lists, name2) == OK)
473             printf("List removed !\n");
474         else
475             printf("Cant remove the list !\n");
476         getchar();
477         break;
478     case 20:
479         printf("Enter the name to locate : ");
480         char name3[100];
```



```
479         scanf("%s", name3);
480         if (LocateList(lists, name3))
481             printf("The position is : %d \n", LocateList(
                    lists, name3));
482         else
483             printf("The list does not exist !\n");
484         getchar();
485         break;
486     case 21:
487         ShowAllLists(lists);
488         getchar();
489         break;
490     case 0:
491         break;
492     }
493     // printf("Press enter to continue ...");
494     // getchar();
495 }
496 printf("Welcome to the system next time !\n");
497 return 0;
498 }
```

5 附录 B 基于链式存储结构线性表实现的源程序

```
1  #include <malloc.h>
2  #include <stdio.h>
3  #include <stdlib.h>
4  #include <string.h>
5  #define TRUE 1
6  #define FALSE 0
7  #define OK 1
8  #define ERROR 0
9  #define INFEASIBLE -1
10 #define OVERFLOW -2
11 typedef int status;
12 typedef int ElemType; // 数据元素类型定义
13 #define LIST_INIT_SIZE 100
14 #define LISTINCREMENT 10
15 typedef int ElemType;
16 typedef struct LNode { // 单链表（链式结构）结点的定义
17     ElemType data;
18     struct LNode *next;
19 } LNode, *LinkList;
20 typedef struct {
21     struct {
22         char name[30];
23         LinkList Li;
24     } elem[10];
25     int length;
26     int listsize;
27 } LISTS;
28 status InitList(LinkList &L) {
29     if (L != NULL)
30         return INFEASIBLE; // 已初始化则返回不可
                               // 行
31     L = (LinkList)malloc(sizeof(LNode)); // 分配头结点
32     L->next = NULL; // 初始化为空链表
```

```
33     return OK;
34 }
35 status DestroyList(LinkList &L) {
36     if (L == NULL)
37         return INFEASIBLE; // 未初始化
38     LinkList p = L, q;
39     while (p) {
40         q = p->next;
41         free(p); // 释放每个结点
42         p = q;
43     }
44     L = NULL; // 头指针置空
45     return OK;
46 }
47 status ClearList(LinkList &L) {
48     if (L == NULL)
49         return INFEASIBLE;
50     LinkList p = L->next, q;
51     while (p) {
52         q = p->next;
53         p->data = 0;
54         p->next = NULL;
55         p = q;
56     }
57     L->next = NULL;
58     return OK;
59 }
60 status ListEmpty(LinkList L) {
61     if (L == NULL)
62         return INFEASIBLE;
63     if (L != NULL && L->next == NULL)
64         return OK;
65     else if (L->next != NULL)
66         return ERROR;
67 }
```

```
68 int ListLength(LinkList L) {
69     if (L == NULL)
70         return INFEASIBLE;
71     LinkList p = L->next;
72     int len = 0;
73     while (p) {
74         len++;
75         p = p->next;
76     }
77     return len;
78 }
79 status GetElem(LinkList L, int i, ElemType &e) {
80     if (L == NULL)
81         return INFEASIBLE;
82     if (i < 1)
83         return ERROR;
84     LinkList p = L->next;
85     int len = 0;
86     while (p) {
87         len++;
88         i--;
89         if (i == 0) {
90             e = p->data;
91             return OK;
92         }
93         p = p->next;
94     }
95     if (i != 0)
96         return ERROR;
97 }
98 status LocateElem(LinkList L, ElemType e, char mode) {
99     if (L == NULL)
100         return INFEASIBLE;
101     int i = 1;
102     LinkList p = L->next;
```

```
1103     while (p) {
1104         if (mode == '>') {
1105             if (p->data > e)
1106                 return i;
1107         } else if (mode == '<') {
1108             if (p->data < e)
1109                 return i;
1110         } else if (mode == '=') {
1111             if (p->data == e)
1112                 return i;
1113         } else {
1114             printf("The mode is illegal \n");
1115             break;
1116         }
1117         i++;
1118         p = p->next;
1119     }
1120     return ERROR;
1121 }
1122 status PriorElem(LinkList L, ElemType e, ElemType &pre) {
1123     if (L == NULL)
1124         return INFEASIBLE;
1125     LinkList p = L->next, q = L;
1126     while (p) {
1127         if (e == p->data) {
1128             if (p == L->next)
1129                 return ERROR;
1130             pre = q->data;
1131             return OK;
1132         }
1133         q = p;
1134         p = p->next;
1135     }
1136     return ERROR;
1137 }
```

```
138 status NextElem(LinkList L, ElemType e, ElemType &next) {
139     if (L == NULL)
140         return INFEASIBLE;
141     LinkList p = L->next;
142     while (p) {
143         if (p->next == NULL)
144             return ERROR;
145         if (p->data == e) {
146             next = p->next->data;
147             return OK;
148         }
149         p = p->next;
150     }
151     return ERROR;
152 }
153 status ListInsert(LinkList &L, int i, ElemType e) {
154     if (L == NULL)
155         return INFEASIBLE;
156     LinkList q = L;
157     while (q) {
158         i--;
159         if (!i) {
160             LinkList s = (LinkList)malloc(sizeof(LNode));
161             s->data = e;
162             s->next = q->next;
163             q->next = s;
164             return OK;
165         }
166         q = q->next;
167     }
168     return ERROR;
169 }
170 status ListDelete(LinkList &L, int i, ElemType &e) {
171     if (L == NULL)
172         return INFEASIBLE;
```

```
173     LinkList p = L, q = L->next;
174     while (q) {
175         i--;
176         if (!i) {
177             p->next = q->next;
178             e = q->data;
179             free(q);
180             return OK;
181         }
182         p = q;
183         q = q->next;
184     }
185     return ERROR;
186 }
187 status ListTraverse(LinkList L) {
188     if (L == NULL)
189         return INFEASIBLE;
190     LinkList p = L->next;
191     while (p) {
192         printf("%d ", p->data);
193         p = p->next;
194     }
195     printf("\n");
196     return OK;
197 }
198 status ReverseList(LinkList L) {
199     if (L == NULL)
200         return INFEASIBLE; // 链表未初始化
201     if (L->next == NULL)
202         return OK; // 空链表无需反转
203     LinkList p = L->next, q;
204     L->next = NULL; // 断开原链表
205     while (p) {
206         q = p->next; // 暂存下一个结点
207         p->next = L->next; // 头插法反转
```

```
208         L->next = p;           // 新头结点
209         p = q;                 // 继续下一个
210     }
211     return OK;
212 }
213 status RemoveNthFromEnd(LinkList L, int n) {
214     if (L == NULL || L->next == NULL)
215         return INFEASIBLE; // 空链表
216     int len = ListLength(L); // 获取长度
217     ElemType res;
218     if (n > len || n < 1)
219         return ERROR; // n非法
220     if (ListDelete(L, len + 1 - n, res) == OK)
221         return OK; // 删除倒数第n个
222 }
223 void sortList(LinkList L) {
224     LinkList head = L->next, p = head->next, q;
225     head->next = NULL; // 断开原链表
226     while (p) {
227         q = p->next; // 暂存下一个
228         LinkList pre = L, cur = L->next;
229         while (cur && cur->data < p->data) {
230             pre = cur;
231             cur = cur->next;
232         }
233         p->next = cur; // 插入到合适位置
234         pre->next = p;
235         p = q;
236     }
237 }
238 status SaveList(LinkList L, char FileName[]) {
239     if (L == NULL)
240         return INFEASIBLE; // 未初始化
241     FILE *fp = fopen(FileName, "r");
242     if (fp) {
```



```
243         fclose(fp);
244         fp = fopen(FileName, "w");
245     } else {
246         fp = fopen(FileName, "w");
247     }
248     if (!fp)
249         return ERROR; // 打开失败
250     LinkList p = L->next;
251     while (p) {
252         fprintf(fp, "%d ", p->data); // 写入数据
253         p = p->next;
254     }
255     fclose(fp);
256     return OK;
257 }
258 status LoadList(LinkList &L, char FileName[]) {
259     if (L != NULL)
260         return INFEASIBLE; // 已初始化
261     FILE *fp = fopen(FileName, "r");
262     if (!fp)
263         return ERROR; // 文件不存在
264     LinkList tail;
265     L = (LinkList)malloc(sizeof(LinkList)); // 分配头结点
266     tail = L;
267     ElemType e;
268     while (fscanf(fp, "%d", &e) == 1) {
269         LinkList node = (LinkList)malloc(sizeof(LinkList)); //
            新结点
270         tail->next = node;
271         node->data = e;
272         tail = tail->next;
273         tail->next = NULL;
274     }
275     fclose(fp);
276     return OK;
```

```
277 }
278 status AddList(LISTS &Lists, char ListName[]) {
279     for (int i = 0; i < Lists.length; i++)
280         if (strcmp(Lists.elem[i].name, ListName) == 0)
281             return ERROR; // 名称重复
282     Lists.length++;
283     strcpy(Lists.elem[List.length - 1].name, ListName); // 赋
        名
284     LinkList l;
285     l = NULL;
286     InitList(l); // 初始化链表
287     Lists.elem[List.length - 1].Li = l;
288     return OK;
289 }
290 status RemoveList(LISTS &Lists, char ListName[]) {
291     int k = 0;
292     int isfound = 0;
293     for (int i = 0; i < Lists.length; i++) {
294         if (strcmp(Lists.elem[i].name, ListName) == 0) {
295             DestroyList(Lists.elem[i].Li); // 释放链表
296             k = i;
297             isfound = 1;
298         }
299     }
300     if (isfound) {
301         for (int j = k; j < Lists.length - 1; j++)
302             Lists.elem[j] = Lists.elem[j + 1]; // 前移
303         Lists.length--;
304         return OK;
305     }
306     return ERROR;
307 }
308 int LocateList(LISTS Lists, char ListName[]) {
309     for (int i = 0; i < Lists.length; i++) {
310         if (strcmp(Lists.elem[i].name, ListName) == 0)
```

```
311         return i + 1; // 返回下标+1
312     }
313     return ERROR;
314 }
315 status SwitchList(LISTS Lists, char ListName[], LinkList &L) {
316     for (int i = 0; i < Lists.length; i++) {
317         if (strcmp(ListName, Lists.elem[i].name) == 0) {
318             L = Lists.elem[i].Li; // 切换当前链表
319             return OK;
320         }
321     }
322     return ERROR;
323 }
324 void ShowAllLists(LISTS lists) {
325     for (int i = 0; i < lists.length; i++) {
326         printf("%s ", lists.elem[i].name); // 输出名字
327         ListTraverse(lists.elem[i].Li);    // 输出内容
328         printf("\n");
329     }
330 }
331 #include "def2.h"
332 #include "system2Func.h"
333 int main() {
334     LinkList L;                // 当前操作的链表指针
335     L = NULL;                  // 初始化为空
336     LISTS lists;               // 链表集合
337     lists.length = 0;          // 集合长度初始化
338     lists.listsize = LIST_INIT_SIZE; // 集合容量初始化
339     int op = 1;                // 操作选项
340     printf(" Menu for Linear List on Linked Structure\n")
341         "-----|
342         n"
343         "1. InitList      12.ListTraverse\n"
344         "2. DestroyList   13.ReverseList\n"
345         "3. ClearList     14.RemoveNthFromEnd\n"
```

```
345         "4. ListEmpty      15.SortList\n"
346         "5. ListLength    16.SaveList\n"
347         "6. GetElem       17.LoadList\n"
348         "7. LocateElem    18.AddList\n"
349         "8. PriorElem     19.RemoveList\n"
350         "9. NextElem      20.LocateList\n"
351         "10.ListInsert    21.SwitchList\n"
352         "11.ListDelete    22.ShowAllLists\n"
353         "0. Exit\n"
354         "-----|
            n");
355 while (op) {
356     printf("\n Choose you operation : ");
357     scanf("%d", &op); // 读取操作选项
358     switch (op) {
359     case 1:
360         if (InitList(L) == OK)
361             printf("Linear list was successfully created \n"); // 初始化链表
362         else
363             printf("Linear list creation failed \n");
364         getchar();
365         break;
366     case 2:
367         if (DestroyList(L) == OK)
368             printf("Linear list was successfully destroyed \n"); // 销毁链表
369         else
370             printf("Linear list destruction failed \n");
371         getchar();
372         break;
373     case 3:
374         if (ClearList(L) == OK)
375             printf("Linear list was successfully cleared \n"); // 清空链表
```

```
376         else
377             printf("Linear list clear failed \n");
378         getchar();
379         break;
380     case 4:
381         if (ListEmpty(L) == TRUE)
382             printf("The linear list is empty \n"); // 判断
                                                    链表是否为空
383         else
384             printf("The linear list is not empty \n");
385         getchar();
386         break;
387     case 5:
388         if (ListLength(L) != INFEASIBLE)
389             printf("The length of this linear list is %d \
                                                    n", ListLength(L)); // 输出链表长度
390         getchar();
391         break;
392     case 6: {
393         printf("Please choose the position of your number
                                                    (1 to length) : ");
394         int pos;
395         ElemType res;
396         scanf("%d", &pos);
397         if (GetElem(L, pos, res) == OK)
398             printf("The number is %d \n", res); // 获取指
                                                    定位置元素
399         else
400             printf("The position is illegal \n");
401         getchar();
402         break;
403     }
404     case 7: {
405         printf("Please enter the number you want to locate
                                                    in comparison : ");
```

```
406         ElemType loc;
407         scanf("%d", &loc);
408         getchar();
409         printf("Choose one comparison mode ( > = < ) :");
410         char mode;
411         scanf("%c", &mode);
412         if (LocateElem(L, loc, mode))
413             printf("The first number %c %d is located on
                     the position of %d \n", mode, loc,
414                     LocateElem(L, loc, mode)); // 查找第一
                                                个满足条件的位置
415         else
416             printf("The number does not exist \n");
417         getchar();
418         break;
419     }
420     case 8: {
421         printf("Please enter your number : ");
422         ElemType num, pre;
423         scanf("%d", &num);
424         if (PriorElem(L, num, pre) == OK)
425             printf("The prior number is %d \n", pre); //
                                                查找前驱
426         else
427             printf("This number does not have a prior
                     number in the list \n");
428         getchar();
429         break;
430     }
431     case 9: {
432         printf("Please enter your number : ");
433         ElemType numD, next;
434         scanf("%d", &numD);
435         if (NextElem(L, numD, next) == OK)
436             printf("The next number is %d \n", next); //
```

查找后继

```
437         else
438             printf("This number does not have a next
                     number in the list \n");
439         getchar();
440         break;
441     }
442     case 10: {
443         printf("Please choose your position and number to
                 insert : ");
444         int pos1;
445         ElemType num1;
446         scanf("%d%d", &pos1, &num1);
447         if (ListInsert(L, pos1, num1) == OK)
448             printf("The number is successfully inserted \n
                     "); // 插入元素
449         else
450             printf("ListInsert failed \n");
451         getchar();
452         break;
453     }
454     case 11:
455         printf("Please choose the position to delete : ");
456         int pos2;
457         ElemType num2;
458         scanf("%d", &pos2);
459         if (ListDelete(L, pos2, num2) == OK)
460             printf("The number is successfully deleted \n
                     "); // 删除元素
461         else
462             printf("Deletion failed \n");
463         getchar();
464         break;
465     case 12:
466         if (!ListTraverse(L))
```

```
467         printf("The list is empty \n"); // 遍历链表
468         getchar();
469         break;
470     case 13:
471         if (ReverseList(L) == OK)
472             printf("The list is reversed \n"); // 反转链表
473         else
474             printf("ERROR \n");
475         getchar();
476         break;
477     case 14: {
478         int n;
479         printf("Enter the rank from the end : ");
480         scanf("%d", &n);
481         status resFromEnd = RemoveNthFromEnd(L, n);
482         if (resFromEnd == OK)
483             printf("Successfully removed \n"); // 删除倒数
484                                     第n个
485         else if (resFromEnd == INFEASIBLE)
486             printf("The list doesn't exist \n");
487         else
488             printf("The rank is illegal \n");
489         getchar();
490         break;
491     }
492     case 15:
493         if (L == NULL)
494             printf("No elem to sort\n");
495         else if (L->next == NULL)
496             printf("Can't sort empty list \n");
497         else {
498             sortList(L);
499             printf("List sorted \n"); // 排序链表
500         }
501         getchar();
```



```
501         break;
502     case 16: {
503         char filename[] = "c:\\Users\\12841\\Desktop\\none
504             \\2025springDS\\experiments\\ex2\\list2.txt";
505         if (SaveList(L, filename) == OK)
506             printf("Saved successfully \n"); // 保存链表到
507             文件
508         else
509             printf("Saving failed \n");
510         getchar();
511         break;
512     }
513     case 17: {
514         char filename[] = "c:\\Users\\12841\\Desktop\\none
515             \\2025springDS\\experiments\\ex2\\list2.txt";
516         LinkList l = NULL;
517         if (l != NULL)
518             printf("List is not empty \n");
519         if (LoadList(l, filename) == OK)
520             printf("Load successfully \n"); // 从文件加载
521             链表
522         else
523             printf("Loading failed \n");
524         printf("Do you want to check the list (Y/N) : ");
525         char opt;
526         getchar();
527         scanf("%c", &opt);
528         if (opt == 'Y' || opt == 'y')
529             ListTraverse(l); // 加载后遍历
530         else
531             break;
532         getchar();
533         break;
534     }
535     case 18: {
```

```
532         printf("Please enter your listname : ");
533         char name[100];
534         scanf("%s", name);
535         if (AddList(lists, name) == OK) {
536             printf("List added \n"); // 添加新
537                                     链表到集合
538             L = lists.elem[lists.length - 1].Li; // 切换到
539                                     新链表
540         } else
541             printf("Failed \n");
542         getchar();
543         break;
544     }
545 case 19:
546     printf("Enter the listname to remove : ");
547     char name2[100];
548     scanf("%s", name2);
549     if (RemoveList(lists, name2) == OK)
550         printf("List removed \n"); // 移除链表
551     else
552         printf("Can't remove the list \n");
553     getchar();
554     break;
555 case 20: {
556     printf("Enter the name to locate : ");
557     char name3[100];
558     scanf("%s", name3);
559     if (LocateList(lists, name3))
560         printf("The position is : %d \n", LocateList(
561             lists, name3)); // 查找链表在集合中的位置
562     else
563         printf("The list does not exist !\n");
564     getchar();
565     break;
566 }
```

```
564         case 21: {
565             printf("Enter the name to switch : ");
566             char name3[100];
567             scanf("%s", name3);
568             if (SwitchList(lists, name3, L) == OK)
569                 printf("Switched successfully \n"); // 切换当
                    前链表
570             else
571                 printf("The list does not exist \n");
572             getchar();
573             break;
574         }
575         case 22:
576             ShowAllLists(lists); // 显示所有链表及内容
577             getchar();
578             break;
579         case 0:
580             break;
581     } // end of switch
582 } // end of while
583 printf("Welcome to the system next time \n"); // 退出提示
584 return 0;
585 }
```

6 附录 C 基于二叉链表二叉树实现的源程序

```
1  #include "stdio.h"
2  #include "stdlib.h"
3  #include <malloc.h>
4  #include <string.h>
5  #define TRUE 1
6  #define FALSE 0
7  #define OK 1
8  #define ERROR 0
9  #define INFEASIBLE -1
10 #define OVERFLOW -2
11 #define MAXTREENUM 10
12 typedef int status;
13 typedef int KeyType;
14 typedef struct {
15     KeyType key;
16     char others[20];
17 } TElemType; // 二叉树结点类型定义
18 typedef struct BiTNode { // 二叉链表结点的定义
19     TElemType data;
20     struct BiTNode *lchild, *rchild;
21 } BiTNode, *BiTree;
22 typedef struct {
23     struct {
24         char name[20];
25         BiTree T;
26     } elem[10];
27     int amount;
28 } Trees;
29 typedef struct {
30     int pos;
31     TElemType data;
32 } DEF;
33 status CreateBiTree(BiTree &T, DEF definition[]) {
```

```
34     int i = 0, j;
35     static BiTNode *p[100];
36     while (j = definition[i].pos) {
37         p[j] = (BiTNode *)malloc(sizeof(BiTNode));
38         p[j]->data = definition[i].data;
39         p[j]->lchild = NULL;
40         p[j]->rchild = NULL;
41         if (j != 1) {
42             if (j % 2)
43                 p[j / 2]->rchild = p[j];
44             else
45                 p[j / 2]->lchild = p[j];
46         }
47         i++;
48     }
49     T = p[1];
50     return OK;
51 }
52 status DestroyBiTree(BiTree &T) {
53     if (!T)
54         return ERROR;
55     if (T->lchild)
56         DestroyBiTree(T->lchild);
57     if (T->rchild)
58         DestroyBiTree(T->rchild);
59     free(T);
60     T = NULL;
61     return OK;
62 }
63 status ClearBiTree(BiTree &T) {
64     if (!T)
65         return ERROR;
66     if (T->lchild)
67         ClearBiTree(T->lchild);
68     if (T->rchild)
```

```
69         ClearBiTree(T->rchild);
70     T->data.key = 0;
71     strcpy(T->data.others, "NULL");
72     return OK;
73 }
74 status BiTreeEmpty(BiTree T) {
75     if (!T)
76         return TRUE;
77     else
78         return FALSE;
79 }
80 int BiTreeDepth(BiTree T) {
81     if (!T)
82         return 0;
83     int left = BiTreeDepth(T->lchild);
84     int right = BiTreeDepth(T->rchild);
85     return (left > right) ? (left + 1) : (right + 1);
86 }
87 BitNode *LocateNode(BiTree T, KeyType e) {
88     if (!T)
89         return NULL;
90     if (T->data.key == e)
91         return T;
92     BitNode *left = LocateNode(T->lchild, e);
93     if (left)
94         return left;
95     return LocateNode(T->rchild, e);
96 }
97 status Assign(BiTree &T, KeyType e, TElemType value) {
98     BitNode *target = LocateNode(T, e);
99     BitNode *err = LocateNode(T, value.key);
100    if (!target)
101        return ERROR;
102    if (err != target && err != NULL)
103        return INFEASIBLE;
```

```
104     target->data = value;
105     return OK;
106 }
107 BiTNode *GetSibling(BiTree T, KeyType e) {
108     if (!T || !T->lchild || !T->rchild)
109         return NULL;
110     if (T->lchild && T->lchild->data.key == e)
111         return T->rchild;
112     if (T->rchild && T->rchild->data.key == e)
113         return T->lchild;
114     BiTNode *tmp = GetSibling(T->lchild, e);
115     if (tmp)
116         return tmp;
117     return GetSibling(T->rchild, e);
118 }
119 status InsertNode(BiTree &T, KeyType e, int LR, TElemType c) {
120     if (LocateNode(T, c.key))
121         return ERROR;
122     if (!LocateNode(T, e))
123         return ERROR;
124     BiTNode *ins = (BiTNode *)malloc(sizeof(BiTNode));
125     ins->data = c;
126     ins->lchild = NULL;
127     ins->rchild = NULL;
128
129     BiTNode *tmp = LocateNode(T, e);
130     if (LR == -1) {
131         ins->rchild = T;
132         ins->lchild = NULL;
133         T = ins;
134     }
135     if (LR == 0) {
136         ins->rchild = tmp->lchild;
137         tmp->lchild = ins;
138     }
```

```
139     if (LR == 1) {
140         ins->rchild = tmp->rchild;
141         tmp->rchild = ins;
142     }
143     return OK;
144 }
145 status DeleteNode(BiTree &T, KeyType e) {
146     if (!T)
147         return ERROR;
148     if (T->data.key == e) {
149         BiTree tmp = T;
150         if (!T->lchild && !T->rchild) {
151             free(T);
152             T = NULL;
153         } else if (!T->lchild && T->rchild) {
154             T = T->rchild;
155             free(tmp);
156         } else if (T->rchild && T->lchild) {
157             T = T->lchild;
158             free(tmp);
159         } else {
160             BiTree l = T->lchild;
161             BiTree r = T->rchild;
162             BiTree mr = T->lchild;
163             while (mr->rchild)
164                 mr = mr->rchild;
165             mr->rchild = r;
166             T = l;
167             free(tmp);
168         }
169         return OK;
170     }
171     if (DeleteNode(T->lchild, e) == OK)
172         return OK;
173     if (DeleteNode(T->rchild, e) == OK)
```



```
174         return OK;
175     }
176     void visit(BiTree T) {
177         printf("%d,%s ", T->data.key, T->data.others);
178     }
179     status PreOrderTraverse(BiTree &T, void (*visit)(BiTree)) {
180         if (!T)
181             return ERROR;
182         BiTree stack[100];
183         int top = 0;
184         BiTree p = T;
185         while (p || top > 0) {
186             if (p) {
187                 visit(p);
188                 stack[top++] = p;
189                 p = p->lchild;
190             } else {
191                 p = stack[--top];
192                 p = p->rchild;
193             }
194         }
195         return OK;
196     }
197     status InOrderTraverse(BiTree &T, void (*visit)(BiTree)) {
198         if (!T)
199             return ERROR;
200         InOrderTraverse(T->lchild, visit);
201         visit(T);
202         InOrderTraverse(T->rchild, visit);
203         return OK;
204     }
205     status PostOrderTraverse(BiTree &T, void (*visit)(BiTree)) {
206         if (!T)
207             return ERROR;
208         PostOrderTraverse(T->lchild, visit);
```

```
209     PostOrderTraverse(T->rchild, visit);
210     visit(T);
211     return OK;
212 }
213 status LevelOrderTraverse(BiTree &T, void (*visit)(BiTree)) {
214     if (!T)
215         return ERROR;
216     BiTree queue[100];
217     int front = 0, rear = 0;
218     queue[rear++] = T;
219     while (front < rear) {
220         BiTree cur = queue[front++];
221         visit(cur);
222         if (cur->lchild)
223             queue[rear++] = cur->lchild;
224         if (cur->rchild)
225             queue[rear++] = cur->rchild;
226     }
227     return OK;
228 }
229 int MaxPathSum(BiTree T) {
230     if (!T)
231         return 0;
232     if (!T->lchild && !T->rchild)
233         return T->data.key;
234     int leftSum = MaxPathSum(T->lchild);
235     int rightSum = MaxPathSum(T->rchild);
236     return T->data.key + ((leftSum > rightSum) ? leftSum :
        rightSum);
237 }
238 BiTNode *LowestCommonAncestor(BiTree T, BiTNode *e1, BiTNode *
    e2) {
239     if (!T)
240         return T;
241     if (T->data.key == e1->data.key || T->data.key == e2->data
```

```
        .key)
242     return T;
243     BiTNode *left = LowestCommonAncestor(T->lchild, e1, e2);
244     BiTNode *right = LowestCommonAncestor(T->rchild, e1, e2);
245     if (left && right)
246         return T;
247     return left ? left : right;
248 }
249 status InvertTree(BiTree &T) {
250     if (!T)
251         return ERROR;
252     BiTree tmp = T->lchild;
253     T->lchild = T->rchild;
254     T->rchild = tmp;
255     InvertTree(T->lchild);
256     InvertTree(T->rchild);
257     return OK;
258 }
259 status SaveBiTreeHelper(BiTree &T, FILE *fp) {
260     if (!fp)
261         return ERROR;
262     if (T) {
263         fprintf(fp, "%d %s\n", T->data.key, T->data.others);
264         SaveBiTreeHelper(T->lchild, fp);
265         SaveBiTreeHelper(T->rchild, fp);
266     } else
267         fprintf(fp, "0 NULL\n");
268     return OK;
269 }
270 status LoadBiTreeHelper(BiTree &T, FILE *fp) {
271     if (!fp)
272         return ERROR;
273     int key;
274     char others[20];
275     if (fscanf(fp, "%d %s", &key, others) != 2) {
```

```
276         fclose(fp);
277         fp = NULL;
278         return ERROR;
279     }
280     if (key == 0 && strcmp(others, "NULL") == 0) {
281         T = NULL;
282         return OK;
283     }
284     T = (BiTree) malloc(sizeof(BiTNode));
285     if (!T)
286         return OVERFLOW;
287     T->data.key = key;
288     strcpy(T->data.others, others);
289     LoadBiTreeHelper(T->lchild, fp);
290     LoadBiTreeHelper(T->rchild, fp);
291     return OK;
292 }
293 status SaveBiTree(BiTree &T, char FileName[]) {
294     FILE *fp = fopen(FileName, "r");
295     if (fp) {
296         fclose(fp);
297         fp = fopen(FileName, "w");
298     } else {
299         fp = fopen(FileName, "w");
300     }
301     if (!fp)
302         return ERROR;
303     SaveBiTreeHelper(T, fp);
304     fclose(fp);
305     return OK;
306 }
307 status LoadBiTree(BiTree &T, char FileName[]) {
308     static FILE *fp = NULL;
309     if (!fp) {
310         fp = fopen(FileName, "r");
```

```
311         if (!fp)
312             return ERROR;
313     }
314     LoadBiTreeHelper(T, fp);
315     return OK;
316 }
317 status AddTree(Trees &trees, char TreeName[]) {
318     if (trees.amount > MAXTREENUM)
319         return ERROR; // 超过最大树数量
320     for (int i = 0; i < trees.amount; i++)
321         if (strcmp(trees.elem[i].name, TreeName) == 0) {
322             printf("The name has already exists \n ");
323             return ERROR; // 名称已存在
324         }
325     strcpy(trees.elem[trees.amount].name, TreeName); // 复制树
326                                                         // 名
327     trees.elem[trees.amount].T = NULL; // 初始化
328                                         // 树指针
329     trees.amount++;
330     return OK;
331 }
332 status RemoveTree(Trees &trees, char TreeName[]) {
333     for (int i = 0; i < trees.amount; i++) {
334         if (strcmp(trees.elem[i].name, TreeName) == 0) {
335             DestroyBiTree(trees.elem[i].T); // 释放树内存
336             for (int j = i; j < trees.amount - 1; j++)
337                 trees.elem[j] = trees.elem[j + 1]; // 后续前移
338             trees.amount--;
339             return OK;
340         }
341     }
342     return ERROR;
343 }
344 int LocateTree(Trees trees, char TreeName[]) {
345     for (int i = 0; i < trees.amount; i++) {
```

```
344         if (strcmp(trees.elem[i].name, TreeName) == 0)
345             return i + 1; // 返回下标+1
346     }
347     return ERROR;
348 }
349 status SwitchTrees(Trees trees, char TreeName[], BiTree &T) {
350     for (int i = 0; i < trees.amount; i++) {
351         if (strcmp(trees.elem[i].name, TreeName) == 0) {
352             T = trees.elem[i].T; // 切换当前树
353             return OK;
354         }
355     }
356     return ERROR;
357 }
358 void ShowAllTrees(Trees trees) {
359     for (int i = 0; i < trees.amount; i++) {
360         printf("%s", trees.elem[i].name); // 输出树名
361         printf("\nPreOrder : ");
362         PreOrderTraverse(trees.elem[i].T, visit); // 先序遍历
363         printf("\nInOrder : ");
364         InOrderTraverse(trees.elem[i].T, visit); // 中序遍历
365         printf("\n");
366     }
367 }
368 #include "def3.h"
369 #include "system3Func.h"
370 int main() {
371     BiTree T = NULL;
372     Trees trees;
373     trees.amount = 0;
374     char filename[] = "c:\\Users\\12841\\Desktop\\none\\2025
        springDS\\experiments\\ex3\\bitree.txt";
375     int op = 1;
376     printf(" Menu for BiTree Structure\n")
377         "-----|
```

```

        n"
378         "1. CreateBiTree          13. PostOrderTraverse\n"
379         "2. DestroyBiTree         14. LevelOrderTraverse\n"
380         "3. ClearBiTree            15. MaxPathSum\n"
381         "4. BiTreeEmpty            16. LowestCommonAncestor\n"
382         "5. BiTreeDepth             17. InvertTree\n"
383         "6. LocateNode              18. SaveBiTree\n"
384         "7. Assign                  19. LoadBiTree\n"
385         "8. GetSibling              20. AddTree\n"
386         "9. InsertNode              21. RemoveTree\n"
387         "10. DeleteNode             22. LocateTree\n"
388         "11. PreOrderTraverse       23. SwitchTrees\n"
389         "12. InOrderTraverse        24. ShowAllTrees\n"
390         "0. Exit"
391         "-----\n"
        n");
392 while (op) {
393     printf("\n Choose your operation : ");
394     scanf("%d", &op);
395     switch (op) {
396     case 0:
397         break;
398     case 1: {
399         DEF definition[100];
400         int count = 0;
401         printf("Enter the definition BiTree : ");
402         do {
403             scanf("%d%d%s", &definition[count].pos, &
                    definition[count].data.key, definition[
                    count].data.others);
404         } while (definition[count++].pos); // 输入树的定
            义, 直到pos为0
405         if (CreateBiTree(T, definition) == OK)
406             printf("BiTree create successfully\n"); // 创
            建二叉树
    
```

```
407         else
408             printf("Failed \n");
409         break;
410     }
411     case 2:
412         if (T == NULL) {
413             printf("The BiTree does not exist \n"); // 树
414                 不存在
415             break;
416         }
417         if (DestroyBiTree(T) == OK)
418             printf("Destroy successfully \n"); // 销毁树
419         else
420             printf("Failed \n");
421         break;
422     case 3:
423         if (T == NULL) {
424             printf("The BiTree does not exist \n"); // 树
425                 不存在
426             break;
427         }
428         if (ClearBiTree(T) == OK)
429             printf("Clear successfully \n"); // 清空树内容
430         else
431             printf("Failed \n");
432         break;
433     case 4:
434         if (BiTreeEmpty(T) == TRUE)
435             printf("The BiTree is empty \n"); // 判断树是
436                 否为空
437         else
438             printf("The BiTree is not empty \n");
439         break;
440     case 5: {
441         int depth = BiTreeDepth(T);
```



```
439         printf("The depth of this BiTree is %d \n", depth)
           ; // 输出树深度
440     break;
441 }
442 case 6: {
443     BiTNode *tmp;
444     KeyType e;
445     printf("Enter the key node : ");
446     scanf("%d", &e);
447     getchar();
448     tmp = LocateNode(T, e);
449     if (tmp != NULL)
450         printf("The node is %d %s \n", tmp->data.key,
                tmp->data.others); // 查找节点
451     else
452         printf("Couldn't find the node with key %d \n",
                e);
453     break;
454 }
455 case 7: {
456     KeyType e;
457     TElemType value;
458     printf("Enter the key and the message of value(key
           and others) :");
459     scanf("%d%d%s", &e, &value.key, value.others);
460     getchar();
461     status as = Assign(T, e, value);
462     if (as == OK)
463         printf("Assign successfully \n"); // 赋值节点
464     else if (as == INFEASIBLE)
465         printf("The value's key has already exists \n"
                );
466     else
467         printf("Assign failed \n");
468     break;
```

```
469     }
470     case 8: {
471         KeyType e;
472         printf("Enter the key to find sibling : ");
473         scanf("%d", &e);
474         getchar();
475         BiTNode *p = GetSibling(T, e);
476         if (p)
477             printf("The sibling is %d %s \n", p->data.key,
478                 p->data.others); // 查找兄弟节点
479         else
480             printf("The target node doesn't have sibling \n");
481         break;
482     }
483     case 9: {
484         KeyType e;
485         int mode;
486         TElemType c;
487         printf("Enter the target node's key : ");
488         scanf("%d", &e);
489         getchar();
490         printf("Enter the mdoe(-1/0/1) : ");
491         scanf("%d", &mode);
492         getchar();
493         printf("Enter the key and others to insert : ");
494         scanf("%d%s", &c.key, c.others);
495         getchar();
496         if (InsertNode(T, e, mode, c) == OK)
497             printf("Insert successfully \n"); // 插入节点
498         else
499             printf("Failed \n");
500         break;
501     }
502     case 10: {
```

```
502         KeyType e;
503         printf("Enter the key node to delete : ");
504         scanf("%d", &e);
505         getchar();
506         if (DeleteNode(T, e) == OK)
507             printf("Delete successfully \n"); // 删除节点
508         else
509             printf("Failed \n");
510         break;
511     }
512     case 11:
513         if (!PreOrderTraverse(T, visit))
514             printf("Error \n"); // 先序遍历
515         else
516             printf("\n");
517         break;
518     case 12:
519         if (!InOrderTraverse(T, visit))
520             printf("Error \n"); // 中序遍历
521         else
522             printf("\n");
523         break;
524     case 13:
525         if (!PostOrderTraverse(T, visit))
526             printf("Error \n"); // 后序遍历
527         else
528             printf("\n");
529         break;
530     case 14:
531         if (!LevelOrderTraverse(T, visit))
532             printf("Error \n"); // 层序遍历
533         else
534             printf("\n");
535         break;
536     case 15:
```

```
537         if (!T) {
538             printf("The BiTree doesn't exist \n"); // 树不
                    存在
539             break;
540         }
541         printf("The max path sum is %d \n", MaxPathSum(T))
                    ; // 最大路径和
542         break;
543     case 16: {
544         if (!T) {
545             printf("The BiTree doesn't exist \n"); // 树不
                    存在
546             break;
547         }
548         int key1, key2;
549         printf("Enter the key of e1 and e2 : ");
550         scanf("%d%d", &key1, &key2);
551         getchar();
552         BiTNode *e1 = LocateNode(T, key1);
553         BiTNode *e2 = LocateNode(T, key2);
554         if (!e1 || !e2) {
555             printf("One or two node is not found \n"); //
                    节点不存在
556             break;
557         }
558         BiTNode *p = LowestCommonAncestor(T, e1, e2);
559         if (p)
560             printf("The lowest common ancestor is %d %s \n
                    ", p->data.key, p->data.others); // 最近公
                    共祖先
561         else
562             printf("No common ancestor found \n");
563         break;
564     }
565     case 17:
```

```
566         if (InvertTree(T) == OK)
567             printf("Invert successfully \n"); // 翻转树
568         else
569             printf("Failed \n");
570         break;
571     case 18:
572         if (SaveBiTree(T, filename) == OK)
573             printf("Save successfully \n"); // 保存树到文件
574         else
575             printf("Error \n");
576         break;
577     case 19: {
578         char name[20];
579         printf("Input the tree name to load : ");
580         scanf("%s", name);
581         getchar();
582         BiTree t = NULL;
583         if (LoadBiTree(t, filename) == OK)
584             printf("Load successfully \n"); // 加载树
585         else
586             printf("Error \n");
587         printf("Do you want to check the tree(Y/N) : ");
588         char opt;
589         scanf("%c", &opt);
590         getchar();
591         if (opt == 'Y' || opt == 'y') {
592             printf("PreOrder :");
593             PreOrderTraverse(t, visit);
594             printf("\nInOrder :");
595             InOrderTraverse(t, visit);
596         }
597         trees.elem[trees.amount].T = t;
598         strcpy(trees.elem[trees.amount++].name, name);
599         T = t;
```

```
600         printf("\n");
601         break;
602     }
603     case 20: {
604         printf("Enter the name to add : ");
605         char name[20];
606         scanf("%s", name);
607         getchar();
608         if (AddTree(trees, name) == OK) {
609             DEF definition[100];
610             int count = 0;
611             printf("Enter the definition BiTree : ");
612             do {
613                 scanf("%d%d%s", &definition[count].pos, &
                        definition[count].data.key, definition[
                        count].data.others);
614             } while (definition[count++].pos); // 输入树定
                义
615             if (CreateBiTree(trees.elem[trees.amount - 1].
                T, definition) == OK) {
616                 printf("Add successfully \n"); // 添加树
617                 T = trees.elem[trees.amount - 1].T;
618             } else
619                 printf("Error \n");
620         }
621         break;
622     }
623     case 21: {
624         printf("Enter the name to remove : ");
625         char name[20];
626         scanf("%s", name);
627         getchar();
628         if (RemoveTree(trees, name) == OK)
629             printf("Remove successfully \n"); // 移除树
630         else
```

```
631         printf("Failed \n");
632     break;
633 }
634 case 22: {
635     printf("Enter the name to locate : ");
636     char name3[100];
637     scanf("%s", name3);
638     if (LocateTree(trees, name3))
639         printf("The position is : %d \n", LocateTree(
640             trees, name3)); // 查找树在集合中的位置
641     else
642         printf("The tree does not exist !\n");
643     getchar();
644     break;
645 }
646 case 23: {
647     printf("Enter the name to switch : ");
648     char name[20];
649     scanf("%s", name);
650     getchar();
651     if (SwitchTrees(trees, name, T) == OK)
652         printf("Switch successfully \n"); // 切换当前
653         树
654     else
655         printf("Failed \n");
656     break;
657 }
658 case 24:
659     ShowAllTrees(trees); // 显示所有树及遍历
660     break;
661 default:
662     break;
663 }
664 }
665 printf("Welcome to the system next time \n"); // 退出提示
```

664 }

7 附录 D 基于邻接表图实现的源程序

```

1  #include "stdio.h"
2  #include "stdlib.h"
3  #include <string.h>
4  #include <malloc.h>
5  #define TRUE 1
6  #define FALSE 0
7  #define OK 1
8  #define ERROR 0
9  #define INFEASIBLE -1
10 #define OVERFLOW -2
11 #define MAX_VERTEX_NUM 20
12 typedef int status;
13 typedef int KeyType;
14 typedef enum {
15     DG,DN,UDG,UDN
16 } GraphKind;
17 typedef struct {
18     KeyType key;
19     char others[20];
20 } VertexType; // 顶点类型定义
21 typedef struct ArcNode { // 表结点类型定义
22     int adjvex; // 顶点位置编号
23     struct ArcNode *nextarc; // 下一个表结点指针
24 } ArcNode;
25 typedef struct VNode { // 头结点及其数组类型定义
26     VertexType data; // 顶点信息
27     ArcNode *firstarc; // 指向第一条弧
28 } VNode, AdjList[MAX_VERTEX_NUM];
29 typedef struct { // 邻接表的类型定义
30     AdjList vertices; // 头结点数组
31     int vexnum, arcnum; // 顶点数、弧数
32     GraphKind kind; // 图的类型
33 } ALGraph;

```

```
34 typedef struct {
35     int amount;
36     struct {
37         char name[20];
38         ALGraph G;
39     } elem[20];
40 } Graphs;
41 status CreateGraph(ALGraph &G, VertexType V[], KeyType VR
    [][][2]) {
42     int i = 0;
43     while (V[i].key != -1)
44         i++;
45     G.vexnum = i;
46     if (G.vexnum == 0 || G.vexnum > MAX_VERTEX_NUM)
47         return ERROR;
48     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++)
49         for (int j = i + 1; j < G.vexnum; j++)
50             if (V[i].key == V[j].key)
51                 return ERROR;
52     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
53         G.vertices[i].data = V[i];
54         G.vertices[i].firstarc = NULL;
55     }
56     i = 0;
57     while (VR[i][0] != -1) {
58         int v1 = -1, v2 = -1;
59         for (int j = 0; j < G.vexnum; j++) {
60             if (G.vertices[j].data.key == VR[i][0])
61                 v1 = j;
62             if (G.vertices[j].data.key == VR[i][1])
63                 v2 = j;
64         }
65         if (v1 == -1 || v2 == -1)
66             return ERROR;
67         ArcNode *arc12 = (ArcNode *)malloc(sizeof(ArcNode));
```

```
68         if (!arc12)
69             return ERROR;
70         arc12->adjvex = v2;
71         arc12->nextarc = G.vertices[v1].firstarc;
72         G.vertices[v1].firstarc = arc12;
73         ArcNode *arc21 = (ArcNode *)malloc(sizeof(ArcNode));
74         arc21->adjvex = v1;
75         arc21->nextarc = G.vertices[v2].firstarc;
76         G.vertices[v2].firstarc = arc21;
77         i++;
78     }
79     G.arcnum = i;
80     return OK;
81 }
82 status DestroyGraph(ALGraph &G) {
83     if (G.vexnum <= 0)
84         return ERROR;
85     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
86         ArcNode *p = G.vertices[i].firstarc;
87         while (p) {
88             ArcNode *tmp = p;
89             p = p->nextarc;
90             free(tmp);
91             G.vertices[i].firstarc = p;
92         }
93         G.vertices[i].firstarc = NULL;
94     }
95     G.arcnum = 0;
96     G.vexnum = 0;
97     return OK;
98 }
99 int LocateVex(ALGraph G, KeyType u) {
100     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
101         if (G.vertices[i].data.key == u)
102             return i;
```

```
103     }
104     return -1;
105 }
106 status PutVex(ALGraph &G, KeyType u, VertexType value) {
107     if (G.vexnum <= 0)
108         return ERROR;
109     int find = 0;
110     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
111         if (G.vertices[i].data.key == value.key)
112             return ERROR;
113     }
114     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
115         if (G.vertices[i].data.key == u) {
116             G.vertices[i].data.key = value.key;
117             strcpy(G.vertices[i].data.others, value.others);
118             find = 1;
119         }
120     }
121     if (!find)
122         return ERROR;
123     return OK;
124 }
125 int FirstAdjVex(ALGraph &G, KeyType u) {
126     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
127         if (G.vertices[i].data.key == u) {
128             if (G.vertices[i].firstarc == NULL)
129                 return -1;
130             return G.vertices[i].firstarc->adjvex;
131         }
132     }
133     return -1;
134 }
135 int NextAdjVex(ALGraph &G, KeyType v, KeyType w) {
136     int vpos = -1, wpos = -1;
137     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
```

```
138         if (G.vertices[i].data.key == v)
139             vpos = i;
140         if (G.vertices[i].data.key == w)
141             wpos = i;
142     }
143     if (vpos == -1 || wpos == -1)
144         return -1;
145     ArcNode *p = G.vertices[vpos].firstarc;
146     while (p != NULL) {
147         if (p->adjvex == wpos) {
148             if (!p->nextarc)
149                 return -1;
150             return p->nextarc->adjvex;
151         }
152         p = p->nextarc;
153     }
154     return -1;
155 }
156 status InsertVex(ALGraph &G, VertexType v) {
157     if (G.vexnum >= MAX_VERTEX_NUM)
158         return ERROR;
159     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++)
160         if (G.vertices[i].data.key == v.key)
161             return ERROR;
162     G.vertices[G.vexnum].data = v;
163     G.vertices[G.vexnum].firstarc = NULL;
164     G.vexnum += 1;
165     return OK;
166 }
167 status DeleteVex(ALGraph &G, KeyType v) {
168     int find = 0, pos = -1;
169     int del = 0;
170     ArcNode *p = NULL;
171     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++)
172         if (G.vertices[i].data.key == v) {
```

```
173         find = 1;
174         pos = i;
175         break;
176     }
177     if (!find)
178         return ERROR;
179     if (G.vexnum == 1)
180         return ERROR;
181     p = G.vertices[pos].firstarc;
182     while (p) {
183         ArcNode *tmp = p;
184         p = p->nextarc;
185         free(tmp);
186         del++;
187     }
188     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
189         if (i == pos)
190             continue;
191         p = G.vertices[i].firstarc;
192         if (p && p->adjvex == pos) {
193             G.vertices[i].firstarc = p->nextarc;
194             free(p);
195             del++;
196             p = G.vertices[i].firstarc;
197         }
198         while (p && p->nextarc) {
199             if (p->nextarc->adjvex == pos) {
200                 ArcNode *tmp = p->nextarc;
201                 p->nextarc = p->nextarc->nextarc;
202                 free(tmp);
203                 del++;
204             } else
205                 p = p->nextarc;
206         }
207     }
```

```
208     for (int i = pos; i < G.vexnum - 1; i++) {
209         G.vertices[i].data = G.vertices[i + 1].data;
210         G.vertices[i].firstarc = G.vertices[i + 1].firstarc;
211     }
212     G.vexnum--;
213     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
214         p = G.vertices[i].firstarc;
215         while (p) {
216             if (p->adjvex > pos)
217                 p->adjvex--;
218             p = p->nextarc;
219         }
220     }
221     G.arcnum -= del / 2;
222     return OK;
223 }
224 status InsertArc(ALGraph &G, KeyType v, KeyType w) {
225     int vpos = -1, wpos = -1;
226     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
227         if (G.vertices[i].data.key == v)
228             vpos = i;
229         if (G.vertices[i].data.key == w)
230             wpos = i;
231     }
232     if (vpos == -1 || wpos == -1)
233         return ERROR;
234     ArcNode *p = G.vertices[vpos].firstarc;
235     while (p) {
236         if (p->adjvex == wpos)
237             return ERROR;
238         p = p->nextarc;
239     }
240     ArcNode *vw = (ArcNode *)malloc(sizeof(ArcNode));
241     ArcNode *wv = (ArcNode *)malloc(sizeof(ArcNode));
242     vw->nextarc = G.vertices[vpos].firstarc;
```

```
243     G.vertices[vpos].firstarc = vw;
244     vw->adjvex = wpos;
245     wv->nextarc = G.vertices[wpos].firstarc;
246     G.vertices[wpos].firstarc = wv;
247     wv->adjvex = vpos;
248     G.arcnum += 1;
249     return OK;
250 }
251 status DeleteArc(ALGraph &G, KeyType v, KeyType w) {
252     int vpos = -1, wpos = -1;
253     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
254         if (G.vertices[i].data.key == v)
255             vpos = i;
256         if (G.vertices[i].data.key == w)
257             wpos = i;
258     }
259     if (vpos == -1 || wpos == -1)
260         return ERROR;
261     ArcNode *p = G.vertices[vpos].firstarc;
262     int find = 0;
263     while (p) {
264         if (p->adjvex == wpos) {
265             find = 1;
266             break;
267         }
268         p = p->nextarc;
269     }
270     if (!find)
271         return ERROR;
272     p = G.vertices[vpos].firstarc;
273     if (p->adjvex == wpos) {
274         G.vertices[vpos].firstarc = p->nextarc;
275         free(p);
276     };
277     p = G.vertices[vpos].firstarc;
```



```
278     while (p && p->nextarc) {
279         if (p->nextarc->adjvex == wpos) {
280             ArcNode *tmp = p->nextarc;
281             p->nextarc = p->nextarc->nextarc;
282             free(tmp);
283             break;
284         }
285         p = p->nextarc;
286     }
287     p = G.vertices[wpos].firstarc;
288     while (p && p->nextarc) {
289         if (p->nextarc->adjvex == vpos) {
290             ArcNode *tmp = p->nextarc;
291             p->nextarc = p->nextarc->nextarc;
292             free(tmp);
293             break;
294         }
295         p = p->nextarc;
296     }
297     G.arcnum -= 1;
298     return OK;
299 }
300 void visit(VertexType v) {
301     printf(" %d %s", v.key, v.others);
302 }
303 status DFS(ALGraph &G, int v, int visited[], void (*visit)(
    VertexType)) {
304     visited[v] = 1;
305     visit(G.vertices[v].data);
306     ArcNode *p = G.vertices[v].firstarc;
307     while (p) {
308         if (!visited[p->adjvex])
309             DFS(G, p->adjvex, visited, visit);
310         p = p->nextarc;
311     }
```

```
312     return OK;
313 }
314 status DFSTraverse(ALGraph &G, void (*visit)(VertexType)) {
315     static int visited[MAX_VERTEX_NUM] = {0};
316     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++)
317         visited[i] = 0;
318     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
319         if (!visited[i])
320             DFS(G, i, visited, visit);
321     }
322     return OK;
323 }
324 status BFSTraverse(ALGraph &G, void (*visit)(VertexType)) {
325     int visited[MAX_VERTEX_NUM] = {0};
326     int queue[MAX_VERTEX_NUM];
327     int front = 0, rear = 0;
328     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
329         if (!visited[i]) {
330             visited[i] = 1;
331             visit(G.vertices[i].data);
332             queue[rear++] = i;
333             while (front < rear) {
334                 int v = queue[front++];
335                 ArcNode *p = G.vertices[v].firstarc;
336                 while (p) {
337                     if (!visited[p->adjvex]) {
338                         visited[p->adjvex] = 1;
339                         visit(G.vertices[p->adjvex].data);
340                         queue[rear++] = p->adjvex;
341                     }
342                     p = p->nextarc;
343                 }
344             }
345         }
346     }
```

```
347     return OK;
348 }
349 status VerticesSetLessThanK(ALGraph G, VertexType v, int k) {
350     if (k < 0)
351         return ERROR;
352     int *visited = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
353     int *d = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
354     if (!visited || !d)
355         return ERROR;
356     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
357         visited[i] = 0;
358         d[i] = -1;
359     }
360     int pos = LocateVex(G, v.key);
361     if (pos == -1)
362         return ERROR;
363     d[pos] = 0;
364     int queue[MAX_VERTEX_NUM];
365     memset(queue, -1, MAX_VERTEX_NUM * sizeof(int));
366     int front = 0, rear = 0;
367     queue[rear++] = pos;
368     visited[pos] = 1;
369     while (front < rear) {
370         int cur = queue[front++];
371         ArcNode *p = G.vertices[cur].firstarc;
372         while (p) {
373             if (!visited[p->adjvex]) {
374                 d[p->adjvex] = d[cur] + 1;
375                 visited[p->adjvex] = 1;
376                 queue[rear++] = p->adjvex;
377             }
378             p = p->nextarc;
379         }
380     }
381     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
```

```
382         if (d[i] >= 0 && d[i] < k) {
383             printf( "(%d,%s) ", G.vertices[i].data.key, G.
                    vertices[i].data.others);
384         }
385     }
386     printf( "\n");
387     return OK;
388 }
389 int ShortestPathLength(ALGraph G, VertexType v, VertexType w)
    {
390     int pos_v = LocateVex(G, v.key);
391     int pos_w = LocateVex(G, w.key);
392     if (pos_v == -1 || pos_w == -1)
393         return -1;
394     int *visited = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
395     int *dist = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
396     int *parent = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
397     if (!visited || !dist)
398         return -1;
399     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
400         visited[i] = 0;
401         dist[i] = -1;
402         parent[i] = -1;
403     }
404     int *queue = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
405     if (!queue) {
406         free(visited);
407         free(dist);
408         free(parent);
409         return -1;
410     }
411     int front = 0, rear = 0;
412     queue[rear++] = pos_v;
413     visited[pos_v] = 1;
414     dist[pos_v] = 0;
```

```
415     while (front < rear) {
416         int curr = queue[front++];
417         if (curr == pos_w) {
418             int path[MAX_VERTEX_NUM];
419             int pathLen = 0;
420             for (int i = curr; i != -1; i = parent[i])
421                 path[pathLen++] = i;
422             for (int i = pathLen - 1; i >= 0; i--) {
423                 printf("(d,s)", G.vertices[path[i]].data.key
                        , G.vertices[path[i]].data.others); // 输出
                        路径节点
424                 if (i > 0)
425                     printf(">"); // 路径箭头
426             }
427             printf("\nlength is d\n", dist[curr]); // 输出路
                        径长度
428             free(visited);
429             free(dist);
430             free(queue);
431             free(parent);
432             return dist[curr];
433         }
434         ArcNode *p = G.vertices[curr].firstarc;
435         while (p) {
436             int next = p->adjvex;
437             if (!visited[next]) {
438                 visited[next] = 1;
439                 dist[next] = dist[curr] + 1;
440                 parent[next] = curr;
441                 queue[rear++] = next;
442             }
443             p = p->nextarc;
444         }
445     }
446     free(visited);
```

```
447     free(dist);
448     free(queue);
449     free(parent);
450     return -1;
451 }
452 void DFS_C(ALGraph &G, int v, int visited[]) {
453     visited[v] = 1; // 标记已访问
454     ArcNode *p = G.vertices[v].firstarc;
455     while (p) {
456         if (!visited[p->adjvex])
457             DFS_C(G, p->adjvex, visited); // 递归访问
458         p = p->nextarc;
459     }
460 }
461 int ConnectedComponentNums(ALGraph &G) {
462     if (G.vexnum <= 0)
463         return 0; // 空图
464     int *visited = (int *)malloc(G.vexnum * sizeof(int));
465     if (!visited)
466         return 0;
467     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++)
468         visited[i] = 0;
469     int count = 0;
470     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
471         if (!visited[i]) {
472             DFS_C(G, i, visited); // 统计连通分量
473             count++;
474         }
475     }
476     free(visited);
477     return count;
478 }
479 status SaveGraph(ALGraph G, char FileName[]) {
480     FILE *fp = fopen(FileName, "w");
481     if (!fp)
```

```
482         return ERROR;                // 文件打开失败
483     fprintf(fp, "%d\n", G.vexnum); // 写入顶点数
484     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
485         fprintf(fp, "%d %s ", G.vertices[i].data.key, G.
            vertices[i].data.others); // 写入顶点信息
486         ArcNode *p = G.vertices[i].firstarc;
487         while (p) {
488             fprintf(fp, "%d ", p->adjvex); // 写入邻接点
489             p = p->nextarc;
490         }
491         fprintf(fp, "-1\n"); // 邻接表结束
492     }
493     fclose(fp);
494     return OK;
495 }
496 status LoadGraph(ALGraph &G, char FileName[]) {
497     FILE *fp = fopen(FileName, "r");
498     KeyType m;
499     if (!fp)
500         return ERROR;                // 文件打开失败
501     fscanf(fp, "%d", &G.vexnum); // 读取顶点数
502     for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
503         fscanf(fp, "%d %s", &G.vertices[i].data.key, G.
            vertices[i].data.others); // 读取顶点信息
504         G.vertices[i].firstarc = NULL;
505         ArcNode *tail = NULL;
506         while (fscanf(fp, "%d", &m) == 1 && m != -1) {
507             ArcNode *p = (ArcNode *)malloc(sizeof(ArcNode));
508             p->adjvex = m;
509             p->nextarc = NULL;
510             if (G.vertices[i].firstarc == NULL)
511                 G.vertices[i].firstarc = p; // 第一个邻接点
512             else
513                 tail->nextarc = p; // 追加邻接点
514             tail = p;
```

```
515     }
516 }
517 fclose(fp);
518 return OK;
519 }
520 status AddGraph(Graphs &graphs, char GraphName[]) {
521     for (int i = 0; i < graphs.amount; i++)
522         if (strcmp(graphs.elem[i].name, GraphName) == 0)
523             return ERROR; // 名称重复
524     strcpy(graphs.elem[graphs.amount].name, GraphName); // 复制名称
525     graphs.elem[graphs.amount].G.vexnum = 0;
526     graphs.elem[graphs.amount].G.arcnum = 0;
527     graphs.amount++;
528     return OK;
529 }
530 status RemoveGraph(Graphs &graphs, char GraphName[]) {
531     if (graphs.amount <= 0)
532         return ERROR; // 没有图
533     for (int i = 0; i < graphs.amount; i++) {
534         if (strcmp(graphs.elem[i].name, GraphName) == 0) {
535             DestroyGraph(graphs.elem[i].G); // 释放图内存
536             for (int j = i; j < graphs.amount - 1; j++)
537                 graphs.elem[j] = graphs.elem[j + 1]; // 前移
538             graphs.amount--;
539             return OK;
540         }
541     }
542     DestroyGraph(graphs.elem[graphs.amount].G);
543     return ERROR;
544 }
545 int LocateGraph(Graphs &graphs, char GraphName[]) {
546     for (int i = 0; i < graphs.amount; i++) {
547         if (strcmp(graphs.elem[i].name, GraphName) == 0)
```



```
548         return i + 1; // 返回下标+1
549     }
550     return ERROR;
551 }
552 status SwitchGraph(Graphs &graphs, char GraphName[], ALGraph G
    ) {
553     for (int i = 0; i < graphs.amount; i++) {
554         if (strcmp(graphs.elem[i].name, GraphName) == 0) {
555             G = graphs.elem[i].G; // 切换当前图
556             return OK;
557         }
558     }
559     return ERROR;
560 }
561 void ShowAllGraphs(Graphs graphs) {
562     for (int i = 0; i < graphs.amount; i++) {
563         printf("%s\n", graphs.elem[i].name); // 输出图名
564         for (int j = 0; j < graphs.elem[i].G.vexnum; j++) {
565             printf("%d %s ", graphs.elem[i].G.vertices[j].data
                .key,
566                 graphs.elem[i].G.vertices[j].data.others);
567             // 输出顶点
568             ArcNode *p = graphs.elem[i].G.vertices[j].firstarc
                ;
569             while (p) {
570                 printf("%d ", p->adjvex); // 输出邻接点
571                 p = p->nextarc;
572             }
573             printf("\n");
574         }
575         printf("\n");
576     }
577     #include "def4.h"
578     #include "system4Func.h"
```

华中科技大学课程实验报告

```
579 int main() {
580     ALGraph G;                // 当前操作的图
581     Graphs graphs;            // 图集合
582     graphs.amount = 0;         // 图集合数量初始化
583     char filename[] = "./graph.txt"; // 默认文件名
584     int op = 1;                // 操作选项
585     printf(" Menu for Graph Structure\n"
586           "-----|
587           "
588           "1.CreateGraph          2.DestroyGraph          \n
589           "
590           "3.LocateVex            4.PutVex                \n
591           "
592           "5.FirstAdjVex          6.NextAdjVex            \n
593           "
594           "7.InsertVex            8.DeleteVex             \n
595           "
596           "9.InsertArc            10.DeleteArc             \n
597           "
598           "11.DFSTraverse          12.BFSTraverse         \n
599           "
600           "13.VerticesSetLessThanK  14.ShortestPathLength \n
601           "
602           "15.ConnectedComponentNums  16.SaveGraph          \n
603           "
604           "17.LoadGraph            18.AddGraph           \n
605           "
606           "19.RemoveGraph          20.LocateGraph         \n
607           "
608           "21.SwitchGraph          22.ShowAllGraphs       \n
609           "
610           "0.Exit\n"
611           "-----|
612           "
613           "n");
614     while (op) {
```

```
601     printf("\n Please Choose your operation : ");
602     scanf("%d", &op); // 读取操作选项
603     switch (op) {
604     case 0:
605         break;
606     case 1: {
607         VertexType V[100];
608         KeyType VR[100][2];
609         printf("Input the name :");
610         scanf("%s", graphs.elem[graphs.amount].name); //
            输入图名
611         G.vexnum = 0, G.arcnum = 0;
612         printf("Input the vexs and keys definition :");
613         while (scanf("%d%s", &V[G.vexnum].key, V[G.vexnum
            ].others)) {
614             if (V[G.vexnum].key == -1)
615                 break;
616             G.vexnum++;
617         }
618         while (scanf("%d%d", &VR[G.arcnum][0], &VR[G.
            arcnum][1])) {
619             if (VR[G.arcnum][0] == -1)
620                 break;
621             G.arcnum++;
622         }
623
624         if (CreateGraph(G, V, VR) == OK) {
625             graphs.elem[graphs.amount].G = G; // 保存图到
            集合
626             printf("Graph create successfully \n");
627         } else
628             printf("Failed \n");
629
630         break;
631     }
```

```
632         case 2: {
633             if (G.vexnum <= 0) {
634                 printf("The graph does not exist \n"); // 图不
                    存在
635                 break;
636             }
637             if (DestroyGraph(G) == OK)
638                 printf("Destroy succeddfully \n"); // 销毁图
639             else
640                 printf("Failed \n");
641             break;
642         }
643         case 3: {
644             KeyType u;
645             printf("Input the key of the vex :");
646             scanf("%d", &u);
647             getchar();
648             int p = LocateVex(G, u);
649             if (p >= 0 && p < G.vexnum)
650                 printf("The vex is (%d,%s) \n", G.vertices[p].
                    data.key, G.vertices[p].data.others); // 查
                    找顶点
651             else
652                 printf("Failed \n");
653             break;
654         }
655         case 4: {
656             KeyType u;
657             VertexType value;
658             printf("Input the key :");
659             scanf("%d", &u);
660             getchar();
661             int find = 0;
662             for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
663                 if (u == G.vertices[i].data.key) {
```

```
664             find = 1;
665         }
666     }
667     if (find == 0) {
668         printf("The key does not exist \n"); // 顶点不
669             存在
670         break;
671     }
672     printf("Input the value key and others :");
673     scanf("%d%s", &value.key, value.others);
674     getchar();
675     status p = PutVex(G, u, value);
676     if (p == OK)
677         printf("Put vex successfully \n"); // 修改顶点
678             信息
679     else
680         printf("Failed \n");
681     break;
682 }
683 case 5: {
684     KeyType u;
685     printf("Input the key :");
686     scanf("%d", &u);
687     getchar();
688     int p = FirstAdjVex(G, u);
689     if (p != -1)
690         printf("The first adjVex of u is (%d,%s) \n",
691             G.vertices[p].data.key,
692             G.vertices[p].data.others); // 查找第一
693             个邻接点
694     else
695         printf("Failed \n");
696     break;
697 }
698 case 6: {
```

```
695         KeyType v, w;
696         printf("Input the key of v and w :");
697         scanf("%d%d", &v, &w);
698         getchar();
699         int p = NextAdjVex(G, v, w);
700         if (p == -1)
701             printf("Failed \n");
702         else
703             printf("The next vex of w to v is (%d,%s) \n",
704                    G.vertices[p].data.key,
705                    G.vertices[p].data.others); // 查找下一个邻接点
706     }
707     case 7: {
708         VertexType v;
709         printf("Input the key and others of v to insert :");
710         scanf("%d%s", &v.key, v.others);
711         getchar();
712         if (InsertVex(G, v) == OK)
713             printf("Insert vex successfully \n"); // 插入顶点
714         else
715             printf("Failed \n");
716         break;
717     }
718     case 8: {
719         KeyType v;
720         printf("Input the key to delete :");
721         scanf("%d", &v);
722         getchar();
723         if (DeleteVex(G, v) == OK)
724             printf("Delete vex successfully \n"); // 删除顶点
```

```
725         else
726             printf("Failed \n");
727         break;
728     }
729     case 9: {
730         KeyType v, w;
731         printf("Input the key of v w to insert :");
732         scanf("%d%d", &v, &w);
733         getchar();
734         if (InsertArc(G, v, w) == OK)
735             printf("Insert arc successfully \n"); // 插入
736                                                     边
737         else
738             printf("Failed \n");
739         break;
740     }
741     case 10: {
742         KeyType v, w;
743         printf("Input the key of v w arc to delete :");
744         scanf("%d%d", &v, &w);
745         getchar();
746         if (DeleteArc(G, v, w) == OK)
747             printf("Delete arc successfully \n"); // 删除
748                                                     边
749         else
750             printf("Falied \n");
751         break;
752     }
753     case 11: {
754         if (!DFSTraverse(G, visit))
755             printf("Failed \n"); // 深度优先遍历
756         else
757             printf("\n");
758         break;
759     }
760 }
```

```
758         case 12: {
759             if (!BFSTraverse(G, visit))
760                 printf("Failed \n"); // 广度优先遍历
761             else
762                 printf("\n");
763             break;
764         }
765         case 13: {
766             if (G.vexnum <= 0)
767                 printf("The graph does not exist \n");
768             else {
769                 VertexType v;
770                 int k;
771                 printf("Input the key:");
772                 scanf("%d", &v.key);
773                 getchar();
774                 int find = 0;
775                 for (int i = 0; i < G.vexnum; i++) {
776                     if (v.key == G.vertices[i].data.key) {
777                         find = 1;
778                     }
779                 }
780                 if (find == 0) {
781                     printf("The key does not exist \n"); // 顶
782                                     点不存在
783                     break;
784                 }
785                 printf("Input the distance :");
786                 scanf("%d", &k);
787                 status s = VerticesSetLessThanK(G, v, k);
788                 if (s == ERROR)
789                     printf("Failed \n");
790             }
791             break;
792         }
```



```
792     case 14: {
793         VertexType v, w;
794         printf("Input the key of v w :");
795         scanf("%d%d", &v.key, &w.key);
796         getchar();
797         int pathlen = ShortestPathLength(G, v, w);
798         if (pathlen == -1)
799             printf("No path exists from %d to %d\n", v.key
800                 , w.key); // 无路径
801         break;
802     }
803     case 15: {
804         if (G.vexnum <= 0)
805             printf("The graph does not exist \n");
806         else {
807             int count = ConnectedComponentNums(G);
808             if (count > 0)
809                 printf("The number of connected component
810                     is %d \n", count); // 连通分量数
811             else
812                 printf("Failed \n");
813         }
814         break;
815     }
816     case 16: {
817         if (SaveGraph(G, filename) == OK)
818             printf("Save successfully \n"); // 保存图到文
819             件
820         else
821             printf("Failed \n");
822         break;
823     }
824     case 17: {
825         char name[20];
826         printf("Input the graph name to load : ");
```

```
824         scanf("%s", name);
825         getchar();
826         int find = 0;
827         for (int i = 0; i < graphs.amount; i++) {
828             if (strcmp(name, graphs.elem[i].name) == 0) {
829                 printf("The name has already existed \n");
830                 find = 1;
831             }
832         }
833         if (find == 1)
834             break;
835         ALGraph g;
836         if (LoadGraph(g, filename) == OK)
837             printf("Load successfully \n"); // 加载图
838         else
839             printf("Failed \n");
840         printf("Do you want to check the graph(Y/N) : ");
841         char opt;
842         scanf("%c", &opt);
843         getchar();
844         if (opt == 'Y' || opt == 'y') {
845             for (int i = 0; i < g.vexnum; i++) {
846                 printf("%d %s ", g.vertices[i].data.key, g
                        .vertices[i].data.others);
847                 ArcNode *p = g.vertices[i].firstarc;
848                 while (p) {
849                     printf("%d ", p->adjvex);
850                     p = p->nextarc;
851                 }
852                 printf("\n");
853             }
854         }
855         graphs.elem[graphs.amount].G = g;
856         strcpy(graphs.elem[graphs.amount++].name, name);
857         G = g;
```

```
858         printf("\n");
859         break;
860     }
861     case 18: {
862         printf("Input the name to add : ");
863         char name[20];
864         scanf("%s", name);
865         getchar();
866         int find = 0;
867         for (int i = 0; i < graphs.amount; i++) {
868             if (strcmp(name, graphs.elem[i].name) == 0) {
869                 printf("The name has already existed \n");
870                 find = 1;
871             }
872         }
873         if (find == 1)
874             break;
875         if (AddGraph(graphs, name) == OK) {
876             VertexType V[100];
877             KeyType VR[100][2];
878             int vexnum = 0, arcnum = 0;
879             printf("Input the vexs and keys definition :")
880                 ;
881             while (scanf("%d%s", &V[vexnum].key, V[vexnum]
882                 ].others)) {
883                 if (V[vexnum].key == -1)
884                     break;
885                 vexnum++;
886             }
887             while (scanf("%d%d", &VR[arcnum][0], &VR[
888                 arcnum][1])) {
889                 if (VR[arcnum][0] == -1)
890                     break;
891                 arcnum++;
892             }
893         }
```

```
890         if (CreateGraph(graphs.elem[graphs.amount -
891                             1].G, V, VR) == OK) {
892             printf("Add successfully \n"); // 添加图
893             G = graphs.elem[graphs.amount - 1].G;
894         } else
895             printf("Failed \n");
896     }
897     break;
898 }
899 case 19: {
900     printf("Input the name to remove : ");
901     char name[20];
902     scanf("%s", name);
903     getchar();
904     if (RemoveGraph(graphs, name) == OK)
905         printf("Remove successfully \n"); // 移除图
906     else
907         printf("Failed \n");
908     break;
909 }
910 case 20: {
911     printf("Input the name to locate : ");
912     char name[20];
913     scanf("%s", name);
914     getchar();
915     int pos = LocateGraph(graphs, name);
916     if (pos)
917         printf("The position is %d \n ", pos); // 查找
918         // 图在集合中的位置
919     else
920         printf("The graph does not exist \n");
921     break;
922 }
923 case 21: {
924     printf("Input the name to switch :");
```

```
923         char name[20];
924         scanf("%s", name);
925         getchar();
926         if (SwitchGraph(graphs, name, G) == OK)
927             printf("Switch successfully \n"); // 切换当前
                                                图
928         else
929             printf("Failed \n");
930         break;
931     }
932     case 22: {
933         ShowAllGraphs(graphs); // 显示所有图及内容
934         break;
935     }
936     default:
937         break;
938     }
939 }
940 printf("Welcome to the system next time \n"); // 退出提示
941 }
```
