数据结构练习题解答（四）

第四章 栈和队列

4-2 改写顺序栈的进栈成员函数 *Push* (*x*)，要求当栈满时执行一个 *stackFull* ( )操作进行栈满处理。其功能是：动态创建一个比原来的栈数组大二倍的新数组，代替原来的栈数组，原来栈数组中的元素占据新数组的前 *MaxSize* 位置。

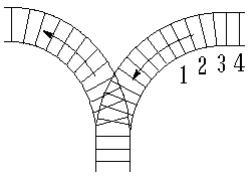
【解答】
```
template<class Type>void stack<Type> :: push ( const Type & item ) {
    if ( isFull ( ) ) stackFull ( );                //栈满，做溢出处理
    elements [ ++top ] = item;                      //进栈
}

template<class Type> void stack<Type> :: stackFull ( ) {
    Type * temp = new Type [ 2 * maxSize ];         //创建体积大一倍的数组
    for ( int i = 0; i <= top; i++ )                //传送原数组的数据
        temp[i] = elements[i];
    delete [ ] elements;                            //删去原数组
    maxSize *= 2;                                   //数组最大体积增长一倍
    elements = temp;                                //新数组成为栈的数组空间
}
```

4-3 铁路进行列车调度时，常把站台设计成栈式结构的站台，如右图所示。试问：

(1) 设有编号为 1,2,3,4,5,6 的六辆列车，顺序开入栈式结构的站台，则可能的出栈序列有多少种?

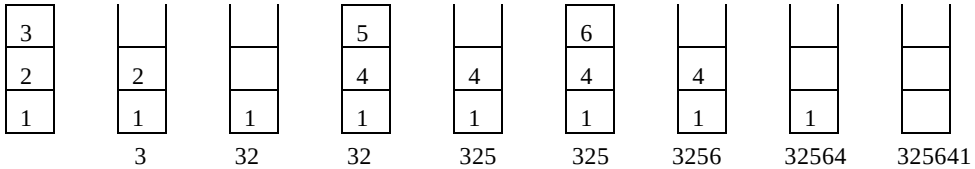
(2) 若进站的六辆列车顺序如上所述，那么是否能够得到 435612，325641，154623 和 135426 的出站序列，如果不能，说明为什么不能；如果能，说明如何得到(即写出"进栈"或"出栈"的序列)。

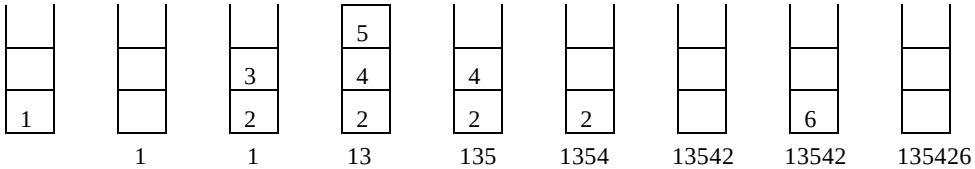


【解答】

(1) 可能的不同出栈序列有 $(1/(6+1))*C_{12}^{6} = 132$ 种。

(2) 不能得到 435612 和 154623 这样的出栈序列。因为若在 4, 3, 5, 6 之后再将 1, 2 出栈，则 1, 2 必须一直在栈中，此时 1 先进栈，2 后进栈，2 应压在 1 上面，不可能 1 先于 2 出栈。154623 也是这种情况。出栈序列 325641 和 135426 可以得到。





4-4 试证明：若借助栈可由输入序列 1, 2, 3, …, n 得到一个输出序列 $p_1, p_2, p_3, \cdots, p_n$ (它是输入序列的某一种排列)，则在输出序列中不可能出现以下情况，即存在 $i < j < k$，使得 $p_j < p_k < p_i$。(提示：用反证法)

【解答】

因为借助栈由输入序列 1, 2, 3, …, n，可得到输出序列 $p_1, p_2, p_3, \cdots, p_n$ ，如果存在下标 i, j, k，满足 $i < j < k$，那么在输出序列中，可能出现如下 5 种情况：

□ i 进栈，i 出栈，j 进栈，j 出栈，k 进栈，k 出栈。此时具有最小值的排在最前面 p_i 位置，具有中间值的排在其后 p_j 位置，具有最大值的排在 p_k 位置，有 $p_i < p_j < p_k$，不可能出现 $p_j < p_k < p_i$ 的情形；

□ i 进栈，i 出栈，j 进栈，k 进栈，k 出栈，j 出栈。此时具有最小值的排在最前面 p_i 位置，具有最大值的排在 p_j 位置，具有中间值的排在最后 p_k 位置，有 $p_i < p_k < p_i$ ，不可能出现 p_j， $p_k < p_i$ 的情形；

□ i 进栈，j 进栈，j 出栈，i 出栈，k 进栈，k 出栈。此时具有中间值的排在最前面 p_i 位置，具有最小值的排在其后 p_j 位置，有 $p_j < p_i < p_k$，不可能出现 $p_j < p_k < p_i$ 的情形；

□ i 进栈，j 进栈，j 出栈，k 进栈，k 出栈，i 出栈。此时具有中间值的排在最前面 p_i 位置，具有最大值的排在其后 p_j 位置，具有最小值的排在 p_k 位置，有 $p_k < p_i < p_j$， 也不可能出现 $p_j < p_k < p_i$ 的情形；

□ i 进栈，j 进栈，k 进栈，k 出栈，j 出栈，i 出栈。此时具有最大值的排在最前面 p_i 位置，具有中间值的排在其后 p_j 位置，具有最小值的排在 p_k 位置，有 $p_k < p_j < p_i$， 也不可能出现 $p_j < p_k < p_i$ 的情形；

4-5 写出下列中缀表达式的后缀形式：

(1) A * B * C

(2) − A + B − C + D

(3) A* − B + C

(4) (A + B) * D + E / (F + A * D) + C

(5) A **&&** B | | ! (E > F) {注：按 C++的优先级)

(6) !(A **&&** !((B < C) | | (C > D))) | | (C < E)

【解答】

(1) A B * C *

(2) A − B + C − D +

(3) A B − * C +

(4) A B + D * E F A D * + / C +

(5) A B **&&** E F > ! | |

(6) A B C < C D > | | ! **&&** ! C E < | |

4-7 设表达式的中缀表示为 $a * x - b / x \uparrow 2$，试利用栈将它改为后缀表示 $ax * bx2 \uparrow / -$。写出转换过程中栈的变化。

【解答】

步序	扫描项	项类型	动　　作	栈的变化	输　出
0			☞ '#' 进栈，读下一符号	#	
1	*a*	操作数	☞ 直接输出，读下一符号	#	*a*
2	*	操作符	☞ *isp* (' # ') < *icp* (' * '), 进栈，读下一符号	# *	*a*
3	*x*	操作数	☞ 直接输出，读下一符号	# *	*a x*
4	−	操作符	☞ *isp* (' * ') > *icp* (' − '), 退栈输出	#	*a x* *
			☞ *isp* (' # ') < *icp* (' - '), 进栈，读下一符号	# −	*a x* *
5	*b*	操作数	☞ 直接输出，读下一符号	# −	*a x* * *b*
6	/	操作符	☞ *isp* (' − ') < icp ('/'), 进栈，读下一符号	# −/	*a x* * *b*
7	*x*	操作数	☞ 直接输出，读下一符号	# −/	*a x* * *b x*

8	↑	操作符	☞ *isp* (' / ') < *icp* (' ↑ '), 进栈, 读下一符号	# − / ↑	*a x* * *b x*
9	2	操作数	☞ 直接输出, 读下一符号	# − / ↑	*a x* * *b x* 2
10	#	操作符	☞ *isp* (' ↑ ') > *icp* (' # '), 退栈输出	# − /	*a x* * *b x* 2 ↑
			☞ *isp* (' / ') > *icp* (' # '), 退栈输出	# −	*a x* * *b x* 2 ↑ /
			☞ *isp* (' − ') > *icp* (' # '), 退栈输出	#	*a x* * *b x* 2 ↑ / −
			☞ 结束		

4-9 假设以数组 Q[*m*]存放循环队列中的元素, 同时以 *rear* 和 *length* 分别指示环形队列中的队尾位置和队列中所含元素的个数。试给出该循环队列的队空条件和队满条件, 并写出相应的插入(*enqueue*)和删除(*dlqueue*)元素的操作。

【解答】

循环队列类定义

```
#include <assert.h>
template <class Type> class Queue {                    //循环队列的类定义
public:
    Queue ( int=10 );
    ~Queue ( ) { delete [ ] elements; }
    void EnQueue ( Type & item );
    Type DeQueue ( );
    Type GetFront ( );
    void MakeEmpty ( ) { length = 0; }                 //置空队列
    int IsEmpty ( ) const { return length == 0; }      //判队列空否
    int IsFull ( ) const { return length == maxSize; } //判队列满否
private:
    int rear, length;                                  //队尾指针和队列长度
    Type *elements;                                    //存放队列元素的数组
    int maxSize;                                       //队列最大可容纳元素个数
}
```

构造函数

```
template <class Type>
Queue<Type>:: Queue ( int sz ) : rear (maxSize−1), length (0), maxSize (sz) {
//建立一个最大具有 maxSize 个元素的空队列。
    elements = new Type[maxSize];                      //创建队列空间
    assert ( elements != 0 );                          //断言: 动态存储分配成功与否
}
```

插入函数

```
template<class Type>
void Queue<Type> :: EnQueue ( Type &item ) {
    assert ( ! IsFull ( ) );                           //判队列是否不满，满则出错处理
    length++;                                          //长度加 1
    rear = ( rear +1) % maxSize;                       //队尾位置进 1
    elements[rear] = item;                             //进队列
}
```

删除函数

```
template<class Type>
Type Queue<Type> :: DeQueue ( ) {
    assert ( ! IsEmpty ( ) );                    //判断队列是否不空，空则出错处理
    length--;                                    //队列长度减 1
    return elements[(rear-length+maxSize) % maxSize];        //返回原队头元素值
}
```

读取队头元素值函数

```
template<class Type>
Type Queue<Type> :: GetFront ( ) {
    assert ( ! IsEmpty ( ) );
    return elements[(rear-length+1+maxSize) % maxSize];      //返回队头元素值
}
```

4-10 假设以数组 Q[*m*]存放循环队列中的元素，同时设置一个标志 *tag*，以 *tag* == 0 和 *tag* == 1 来区别在队头指针(*front*)和队尾指针(*rear*)相等时，队列状态为“空”还是“满”。试编写与此结构相应的插入(*enqueue*)和删除(*dlqueue*)算法。

【解答】

循环队列类定义

```
#include <assert.h>
template <class Type> class Queue {              //循环队列的类定义
public:
    Queue ( int=10 );
    ~Queue ( ) { delete [ ] Q; }
    void EnQueue ( Type & item );
    Type DeQueue ( );
    Type GetFront ( );
    void MakeEmpty ( ) { front = rear = tag = 0; }                  //置空队列
    int IsEmpty ( ) const { return front == rear && tag == 0; }     //判队列空否
    int IsFull ( ) const { return front == rear && tag == 1; }      //判队列满否
private:
    int rear, front, tag;                        //队尾指针、队头指针和队满标志
    Type *Q;                                     //存放队列元素的数组
    int m;                                       //队列最大可容纳元素个数
}
```

构造函数

```
template <class Type>
Queue<Type>:: Queue ( int sz ) : rear (0), front (0), tag(0), m (sz) {
//建立一个最大具有 m 个元素的空队列。
    Q = new Type[m];                             //创建队列空间
    assert ( Q != 0 );                           //断言：动态存储分配成功与否
}
```

插入函数

```
template<class Type>
void Queue<Type> :: EnQueue ( Type &item ) {
```

```
        assert ( ! IsFull ( ) );                    //判队列是否不满，满则出错处理
        rear = ( rear + 1 ) % m;                    //队尾位置进 1, 队尾指针指示实际队尾位置
        Q[rear] = item;                             //进队列
        tag = 1;                                    //标志改 1，表示栈不空
    }
```

删除函数

```
    template<class Type>
    Type Queue<Type> :: DeQueue ( ) {
        assert ( ! IsEmpty ( ) );                   //判断队列是否不空，空则出错处理
        front = ( front + 1 ) % m;                  //队头位置进 1, 队头指针指示实际队头的前一位置
        tag = 0;                                    //标志改 0, 表示栈不满
        return Q[front];                            //返回原队头元素的值
    }
```

读取队头元素函数

```
    template<class Type>
    Type Queue<Type> :: GetFront ( ) {
        assert ( ! IsEmpty ( ) );                   //判断队列是否不空，空则出错处理
        return Q[(front + 1) % m];                  //返回队头元素的值
    }
```

4-11 若使用循环链表来表示队列，*p* 是链表中的一个指针。试基于此结构给出队列的插入(*enqueue*)和删除(*dequeue*)算法，并给出 *p* 为何值时队列空。

【解答】

链式队列的类定义

```
    template <class Type> class Queue;                          //链式队列类的前视定义

    template <class Type> class QueueNode {                     //链式队列结点类定义
    friend class Queue<Type>;
    private:
        Type data;                                              //数据域
        QueueNode<Type> *link;                                  //链域
        QueueNode ( Type d = 0, QueueNode *l = NULL ) : data (d), link (l) { }      //构造函数
    };

    template <class Type> class Queue {                         //链式队列类定义
    public:
        Queue ( ) : p ( NULL ) { }                              //构造函数
        ~Queue ( );                                             //析构函数
        void EnQueue ( const Type & item );                     //将 item 加入到队列中
        Type DeQueue ( );                                       //删除并返回队头元素
        Type GetFront ( );                                      //查看队头元素的值
        void MakeEmpty ( );                                     //置空队列，实现与~Queue ( ) 相同
        int IsEmpty ( ) const { return p == NULL; }             //判队列空否
    private:
```

```
    QueueNode<Type> *p;                                    //队尾指针（在循环链表中）
};
```

队列的析构函数

```
template <class Type> Queue<Type>::~Queue ( ) {            //队列的析构函数
    QueueNode<Type> *s;
    while ( p != NULL ) { s = p;   p = p→link;   delete s; }      //逐个删除队列中的结点
}
```

队列的插入函数

```
template <class Type> void Queue<Type>::EnQueue ( const Type & item ) {
    if ( p == NULL ) {                                     //队列空，新结点成为第一个结点
        p = new QueueNode<Type> ( item, NULL );   p→link = p;
    }
    else  {                                                //队列不空，新结点链入 p 之后
        QueueNode<Type> *s = new QueueNode<Type> ( item, NULL );
        s→link = p→link;   p = p→link = s;                 //结点 p 指向新的队尾
    }
}
```

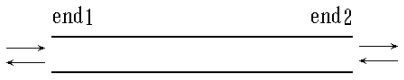
队列的删除函数

```
template <class Type> Type Queue<Type>::DeQueue ( ) {
    if ( p == NULL ) { cout << "队列空，不能删除！" << endl;   return 0; }
    QueueNode<Type> *s = p;                                //队头结点为 p 后一个结点
    p→link = s→link;                                       //重新链接，将结点 s 从链中摘下
    Type retvalue = s→data;     delete s;                  //保存原队头结点中的值，释放原队头结点
    return retvalue;                                       //返回数据存放地址
}
```

队空条件 $p == NULL$。

4-12 若将一个双端队列顺序表示在一维数组 $V[m]$中，两个端点设为 end1 和 end2，并组织成一个循环队列。试写出双端队列所用指针 end1 和 end2 的初始化条件及队空与队满条件，并编写基于此结构的相应的插入(enqueue)新元素和删除(dlqueue)算法。

【解答】



初始化条件 $end1 = end2 = 0$;

队空条件 $end1 = end2$;

队满条件 $(end1 + 1) \% m = end2$;　　//设 $end1$ 端顺时针进栈，$end2$ 端逆时针进栈

循环队列类定义

```
#include <assert.h>
template <class Type> class DoubleQueue {                  //循环队列的类定义
public:
    DoubleQueue ( int=10 );
    ~DoubleQueue ( ) { delete [ ] V; }
    void EnQueue ( Type & item, const int end );
    Type DeQueue (const int end );
    Type GetFront (const int end );
    void MakeEmpty ( ) { end1 = end2 = 0; }                //置空队列
```

```
    int IsEmpty ( ) const { return end1 == end2; }          //判两队列空否
    int IsFull ( ) const { return (end1+1) % m == end2; }   //判两队列满否
private:
    int end1, end2;                                         //队列两端的指针
    Type *V;                                                //存放队列元素的数组
    int m;                                                  //队列最大可容纳元素个数
}
```

构造函数

```
template <class Type>
DoubleQueue<Type>:: DoubleQueue ( int sz ) : end1 (0), end2 (0), m (sz) {
//建立一个最大具有 m 个元素的空队列。
    V = new Type[m];                                //创建队列空间
    assert ( V != 0 );                              //断言：动态存储分配成功与否
}
```

插入函数

```
template<class Type>
void DoubleQueue<Type> :: EnQueue ( Type &item,    const int end ) {
    assert ( !IsFull ( ) );
    if ( end == 1 ) {
        end1 = ( end1 + 1 ) % m;                    //end1 端指针先进 1，再按指针进栈
        V[end1] = item;                             //end1 指向实际队头位置
    }
    else {
        V[end2] = item;                             //end2 端先进队列，指针再进 1
        end2 = ( end2 − 1 + m ) % m;                //end2 指向实际队头的下一位置
    }
}
```

删除函数

```
template<class Type>
Type DoubleQueue<Type> :: DeQueue ( const int end ) {
    assert ( !IsEmpty ( ) );
    Type& temp;
    if ( end == 1 ) {
        temp = V[end1];                             //先保存原队头元素的值, end1 端指针退 1
        end1 = ( end1 + m − 1 ) % m;
    }
    else {
        end2 = ( end2 + 1 ) % m;
        temp = V[end2];                             //end2 端指针先退 1。再保存原队头元素的值
    }
    return temp;
}
```

读取队头元素的值

```
template<class Type>
```

```
Type DoubleQueue<Type> :: GetFront ( const int end ) {
    assert ( !IsEmpty ( ) );
    Type& temp;
    if ( end == 1 ) return V[end1];                    //返回队头元素的值
    else return V[(end2+1) % m];
}
```

4-13 设用链表表示一个双端队列，要求可在表的两端插入，但限制只能在表的一端删除。试编写基于此结构的队列的插入(*enqueue*)和删除(*dequeue*)算法，并给出队列空和队列满的条件。

【解答】

链式双端队列的类定义

```
template <class Type> class DoubleQueue;                    //链式双端队列类的前视定义

template <class Type> class DoubleQueueNode {               //链式双端队列结点类定义
friend class DoubleQueue<Type>;
private:
    Type data;                                              //数据域
    DoubleQueueNode<Type> *link;                            //链域
    DoubleQueueNode ( Type d = 0, DoubleQueueNode *l = NULL )
            : data (d), link (l) { }                        //构造函数
};

template <class Type> class DoubleQueue {                   //链式双端队列类定义
public:
    DoubleQueue ( );                                        //构造函数
    ~DoubleQueue ( );                                       //析构函数
    void EnDoubleQueue1 ( const Type& item );               //从队列 end1 端插入
    void EnDoubleQueue2 ( const Type& item );               //从队列 end2 端插入
    Type DeDoubleQueue ( );                                 //删除并返回队头 end1 元素
    Type GetFront ( );                                      //查看队头 end1 元素的值
    void MakeEmpty ( );                                     //置空队列
    int IsEmpty ( ) const { return end1 == end1→link; }     //判队列空否
private:
    QueueNode<Type> *end1, *end2;                           //end1 在链头，可插可删; end2 在链尾，可插不可删
};
```

队列的构造函数

```
template<class Type> doubleQueue<Type> :: doubleQueue ( ) {                 //构造函数
    end1 = end2 = new DoubleQueueNode<Type>( );             //创建循环链表的表头结点
    assert ( !end1 || !end2 );
    end1→link = end1;
}
```

队列的析构函数

```
template <class Type> Queue<Type>::~Queue ( ) {             //队列的析构函数
    QueueNode<Type> *p;                                     //逐个删除队列中的结点，包括表头结点
```

```
        while ( end1 != NULL ) { p = end1;    end1 = end1→link;    delete p; }
    }
```

队列的插入函数

```
    template<class Type>                                    //从队列 end1 端插入
    void DoubleQueue<Type> :: EnDoubleQueue1 ( const Type& item ) {
        if ( end1 == end1→link )                            //队列空，新结点成为第一个结点
            end2 = end1→link = new DoubleQueueNode<Type> ( item, end1 );
        else                                                //队列不空，新结点链入 end1 之后
            end1→link = new DoubleQueueNode<Type> ( item, end1→link );
    }

    template <class Type>                                   //从队列 end2 端插入
    void DoubleQueue<Type> :: EnDoubleQueue2 ( const Type& item ) {
        end2 = end2→link = new DoubleQueueNode<Type> ( item, end1 );
    }
```

队列的删除函数

```
    template <class Type>
    Type DoubleQueue<Type> :: DeDoubleQueue ( ) {
        if ( IsEmpty ( ) ) return { cout << "队列空，不能删除！" << endl;    return 0; }
        DoubleQueueNode<Type> *p = end1→link ;          //被删除结点
        end1→link = p→link;                             //重新链接
        Type retvalue = p→data;    delete p;            //删除 end1 后的结点 p
        if ( IsEmpty ( ) ) end2 = end1;
        return retvalue;
    }
```

读取队列 *end*1 端元素的内容

```
    template <class Type> Type DoubleQueue<Type> :: GetFront ( ) {
        assert ( !IsEmpty ( ) );
        return end1→link→data;
    }
```

置空队列

```
    template <class Type> void Queue<Type>:: MakeEmpty ( ) {
        QueueNode<Type> *p;                             //逐个删除队列中的结点，包括表头结点
        while ( end1 != end1→link ) { p = end1;    end1 = end1→link;    delete p; }
    }
```

4-14 试建立一个继承结构，以栈、队列和优先级队列为派生类，建立它们的抽象基类——*Bag* 类。写出各个类的声明。统一命名各派生类的插入操作为 *Add*，删除操作为 *Remove*，存取操作为 *Get* 和 *Put*，初始化操作为 *MakeEmpty*，判空操作为 *Empty*，判满操作为 *Full*，计数操作为 *Length*。

【解答】

Bag 类的定义

```
    template<class Type> class Bag {
    public:
        Bag ( int sz = DefaultSize );                   //构造函数
```

```
    virtual ~Bag ( );                                   //析构函数
    virtual void Add ( const Type& item );              //插入函数
    virtual Type *Remove ( );                           //删除函数
    virtual int IsEmpty ( ) { return top == −1; }       //判空函数
    virtual int IsFull ( ) { return top == maxSize − 1; }   //判满函数
private:
    virtual void Empty ( ) { cout << "Data Structure is empty." << endl; }
    virtual void Full ( ) { cerr << "DataStructure is full." << endl; }
    Type *elements;                                     //存储数组
    int maxSize;                                        //数组的大小
    int top;                                            //数组当前元素个数
};
```

Bag 类的构造函数

```
template<class Type> Bag<Type> :: Bag ( int MaxBagSize ) : MaxSize ( MaxBagSize ) {
    elements = new Type [ MaxSize ];
    top = −1;
}
```

Bag 类的析构函数

```
template<class Type> Bag<Type> :: ~Bag ( ) {
    delete [ ] elements;
}
```

Bag 类的插入函数

```
template<class Type> void Bag<Type> :: Add ( const Type & item ) {
    if ( IsFull ( ) ) Full ( );
    else elements [ ++top ] = item;
}
```

Bag 类的删除函数

```
template <class Type> Type *Bag<Type> :: Remove ( ) {
    if ( IsEmpty ( ) ) { Empty ( );    return NULL; }
    Type & x = elements [0];                    //保存被删除元素的值
    for ( int i = 0; i < top; i++ )             //后面元素填补上来
        elements [i] = elements [ i+1];
    top−−;
    return &x;
}
```

栈的类定义（继承 *Bag* 类）

```
template<class Type> class Stack : public Bag {
public:
    Stack ( int sz = DefaultSize );                 //构造函数
    ~Stack ( );                                     //析构函数
    Type *Remove ( );                               //删除函数
};
```

栈的构造函数

```
template<class Type> Stack<Type> :: Stack ( int sz ) : Bag ( sz ) { }
```

```
//栈的构造函数 Stack 将调用 Bag 的构造函数
```

栈的析构函数

```
template<class Type> Stack<Type> :: ~Stack ( ) { }
//栈的析构函数将自动调用 Bag 的析构函数，以确保数组 elements 的释放
```

栈的删除函数

```
template<class Type> Type * Stack<Type> :: Remove ( ) {
    if ( IsEmpty ( ) ) { Empty ( ); return NULL; }
    Type& x = elements [ top−− ];
    return &x;
}
```

队列的类定义（继承 *Bag* 类）

```
template<class Type> class Queue : public Bag {
public:
    Queue ( int sz = DefaultSize );                    //构造函数
    ~Queue ( );                                        //析构函数
};
```

队列的构造函数

```
template<class Type> Queue<Type> :: Queue ( int sz ) : Bag ( sz ) { }
//队列的构造函数 Queue 将调用 Bag 的构造函数
```

优先级队列的类定义（继承 *Bag* 类）

```
template <class Type> class PQueue : public Bag {
public:
    PQueue ( int sz = DefaultSize );                   //构造函数
    ~PQueue ( ) { }                                    //析构函数
    Type *PQRemove ( );                                //删除函数
}
```

优先级队列的构造函数

```
template <class Type> PQueue<Type> :: PQueue ( int sz ) : Bag ( sz ) { }
//建立一个最大具有 sz 个元素的空优先级队列。top = −1。
```

优先级队列的删除函数

```
template <class Type> Type *PQueue<Type> :: Remove ( ) {
//若优先级队列不空则函数返回该队列具最大优先权(值最小)元素的值，同时将该元素删除。
    if ( IsEmpty ( ) ) { Empty ( ); return NULL; }
    Type& min = elements[0];              //假设 elements[0]是最小值，继续找最小值
    int minindex = 0;
    for ( int i = 1; i <= top; i++ )
        if ( elements[i] < min ) { min = elements[i];     minindex = i; }
    elements[minindex] = elements[top];   //用最后一个元素填补要取走的最小值元素
    top−−;
    return& min;                          //返回最小元素的值
}
```

4-15 试利用优先级队列实现栈和队列。

【解答】

```
template <class Type> class PQueue;                          //前视的类定义

template <class Type> class PQueueNode {                     //优先级队列结点类的定义
friend class PQueue<Type>;                                   //PQueue 类作为友元类定义
public:
    PQueueNode ( Type& value, int newpriority, PQueue<Type> * next )
            : data ( value ), priority ( newpriority ), link ( next ) { }        //构造函数
    virtual Type GetData ( ) { return data; }                //取得结点数据
    virtual int GetPriority ( ) { return priority; }         //取得结点优先级
    virtual PQueueNode<Type> * GetLink ( ) { return link; }  //取得下一结点地址
    virtual void SetData ( Type& value ) { data = value; }   //修改结点数据
    virtual void SetPriority ( int newpriority ) { priority = newpriority; }   //修改结点优先级
    virtual void SetLink ( PQueueNode<Type> * next ) { link = next; }   //修改指向下一结点的指针
private:
    Type data;                                               //数据
    int priority;                                            //优先级
    ListNode<Type> *link;                                    //链指针
};

template <class Type> class PQueue {                         //优先级队列的类定义
public:
    PQueue ( ) : front ( NULL ), rear ( NULL ) { }           //构造函数
    virtual ~PQueue ( ) { MakeEmpty ( ); }                   //析构函数
    virtual void Insert ( Type & value, int newpriority );   //插入新元素 value 到队尾
    virtual Type Remove ( );                                 //删除队头元素并返回
    virtual Type Get ( );                                    //读取队头元素的值
    virtual void MakeEmpty ( );                              //置空队列
    virtual int IsEmpty ( ) { return front == NULL; }        //判队列空否
private:
    PQueueNode<Type> *front, *rear;                          //队头指针，队尾指针
};

template<class Type>
void PQueue<Type> :: MakeEmpty ( ) {                         //将优先级队列置空
    PQueueNode<Type> *q;
    while ( front != NULL )                                  //链不空时，删去链中所有结点
       { q = front;    front = front→link;    delete q; }    //循链逐个删除
    rear = NULL;                                             //队尾指针置空
}

template<class Type>
void PQueue<Type> :: Insert ( Type & value, int newpriority ) {          //插入函数
    PQueueNode<Type> *q = new PQueueNode ( value, newpriority, NULL );
    if ( IsEmpty ( ) ) front = rear = q;                     //队列空时新结点为第一个结点
```

```
    else {
        PQueueNode<Type> *p = front, *pr = NULL;                    //寻找 q 的插入位置
        while ( p != NULL && p→priority >= newpriority )            //队列中按优先级从大到小链接
            { pr = p;   p = p→link; }
        if ( pr == NULL ) { q→link = front;   front = q; }          //插入在队头位置
        else {   q→link = p;   pr→link = q;                         //插入在队列中部或尾部
                 if ( pr == rear ) rear = q;
             }
    }

    template<class Type> Type PQueue<Type> :: Remove ( ) {          //删除队头元素并返回
        if ( IsEmpty ( ) ) return NULL;
        PQueueNode<Type> *q = front;   front = front→link;          //将队头结点从链中摘下
        Type &retvalue = q→data;   delete q;
        if ( front == NULL ) rear = NULL;
        return& retvalue;
    }

    template<class Type> Type PQueue<Type> :: Get ( ) {             //读取队头元素的值
        if ( IsEmpty ( ) ) return NULL;
        else return front→data;
    }
```

(1) 栈的定义与实现

```
    template <class Type> class Stack : public PQueue {             //栈类定义
    public:
        Stack ( ) : front ( NULL ), rear ( NULL ) { }               //构造函数
        void Insert ( Type & value );                               //插入新元素 value 到队尾
    }
    template<class Type>
    void Stack<Type> :: Insert ( Type & value ) {                   //插入函数
        PQueueNode<Type> *q = new PQueueNode ( value, 0, NULL );
        if ( IsEmpty ( ) ) front = rear = q;                        //栈空时新结点为第一个结点
        else { q→link = front;   front = q; }                           //插入在前端
    }
```

(2) 队列的定义与实现

```
    template <class Type> class Queue : public PQueue {             //队列类定义
    public:
        Queue ( ) : front ( NULL ), rear ( NULL ) { }               //构造函数
        void Insert ( Type & value );                               //插入新元素 value 到队尾
    }
    template<class Type>
    void Queue<Type> :: Insert ( Type & value ) {                   //插入函数
        PQueueNode<Type> *q = new PQueueNode ( value, 0, NULL );
        if ( IsEmpty ( ) ) front = rear = q;                        //队列空时新结点为第一个结点
```

```
    else rear = rear→link = q;                    //插入在队尾位置
}
```