C++程序设计

实习指导书（2021）

夏军宝

中国地质大学（北京）信息工程学院

2021 年 9 月

目　　录

1　C++过程化编程

1.1 实习目的

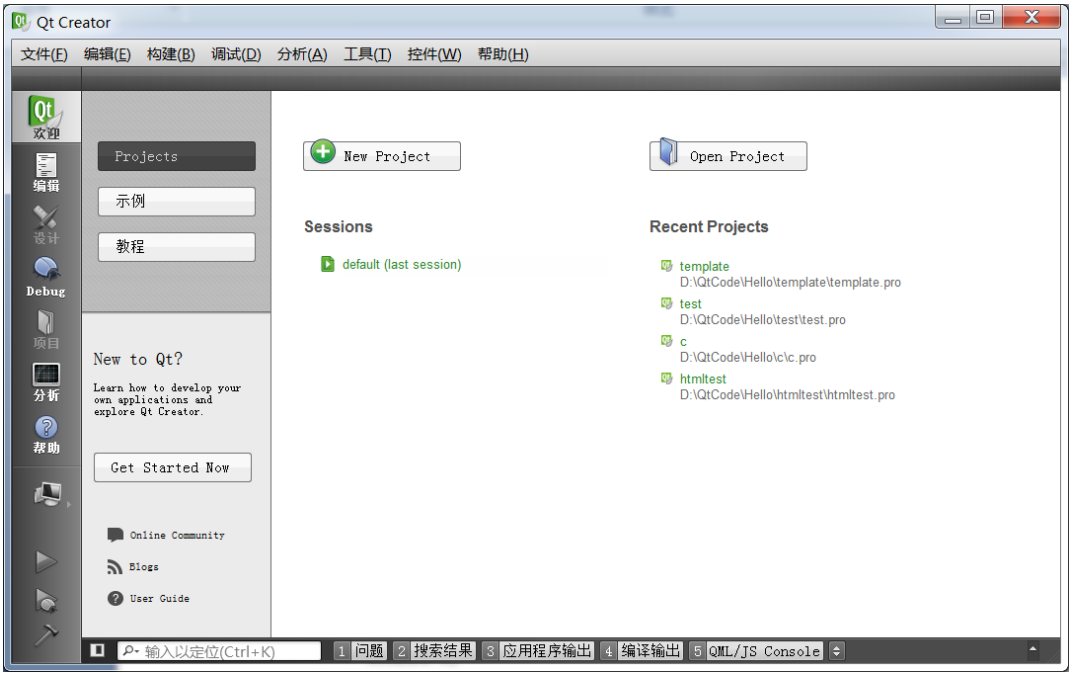
1) 掌握 C++语言基础（常量、变量、输入输出、命名空间）；
2) 掌握指针与动态内存分配的使用；
3) 掌握函数传参的概念及扩展应用（引用与指针传参、返回指针、递归、函数参数默认值）；
4) 掌握 C++11 的基础语言扩展机制（auto 类型推导、统一初始化、范围循环等）
5) 了解 string 和 vector 的基础应用。

1.2 实习指导

1) QT5 安装

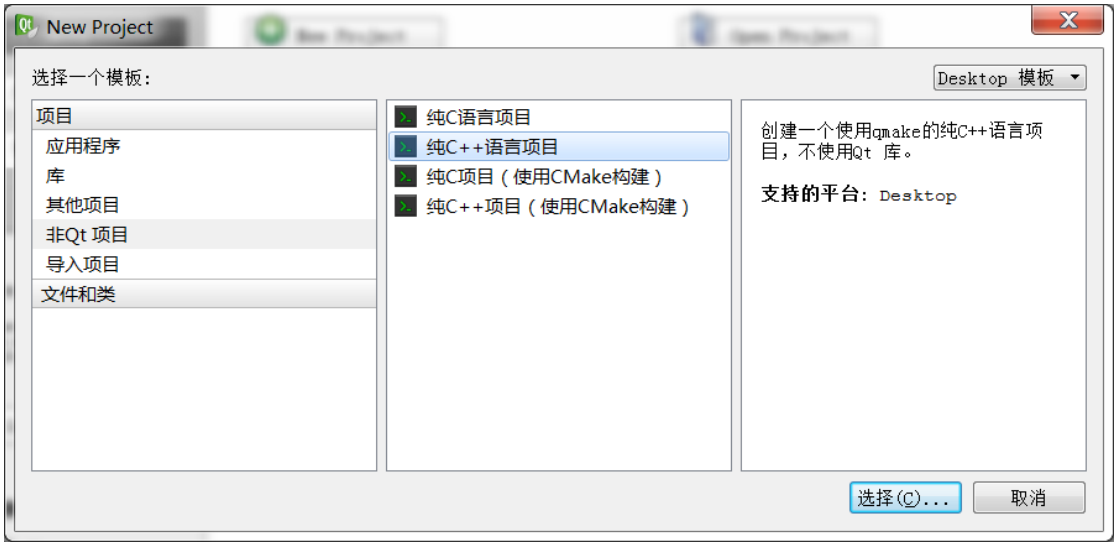
安装 qt-opensource-windows-x86-mingw48_opengl-5.2.1.exe，勾选全部选项，否则无法编译。

2) 创建项目

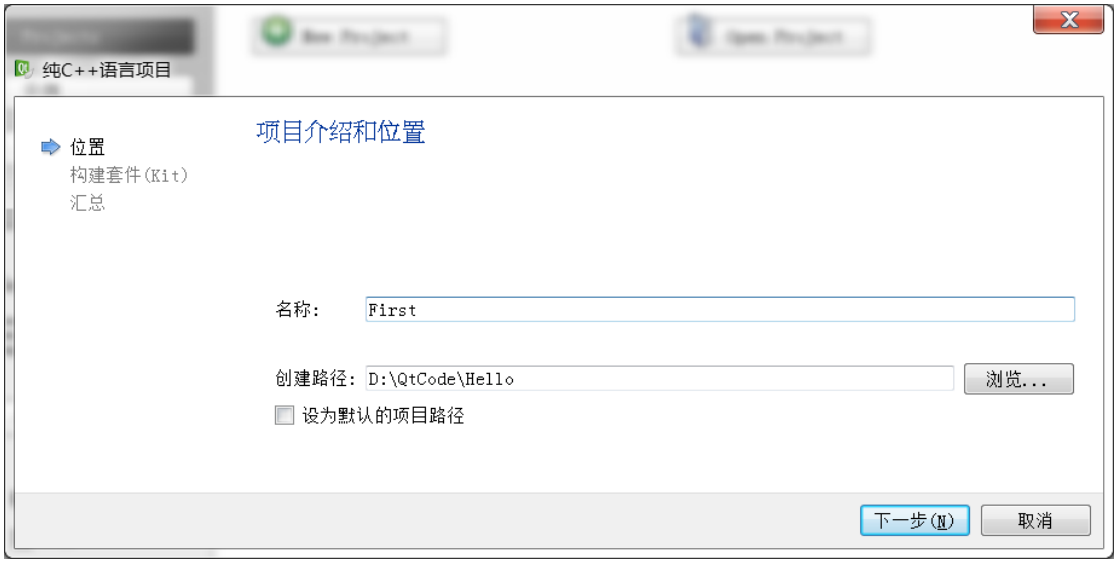


首页中点击“New Project”按钮，弹出向导中，左侧栏中选择“非 Qt 项目”，

中间栏选择“纯 C++语言项目”，点击右下角的“选择”按钮。

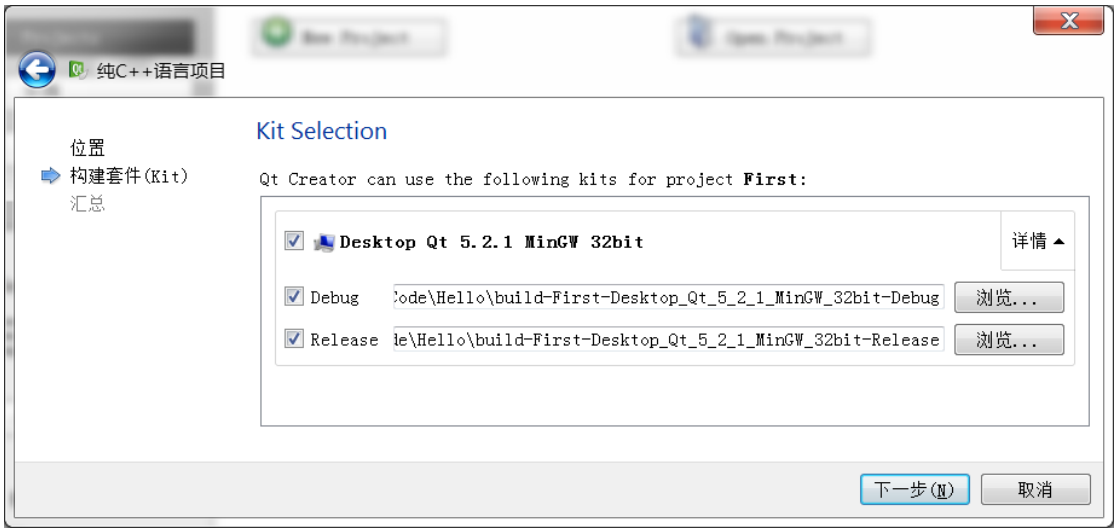


在弹出的对话框中，输入项目名称，指定项目保存路径。设置好之后点击“下一步”按钮。进入构建套件选择页面。



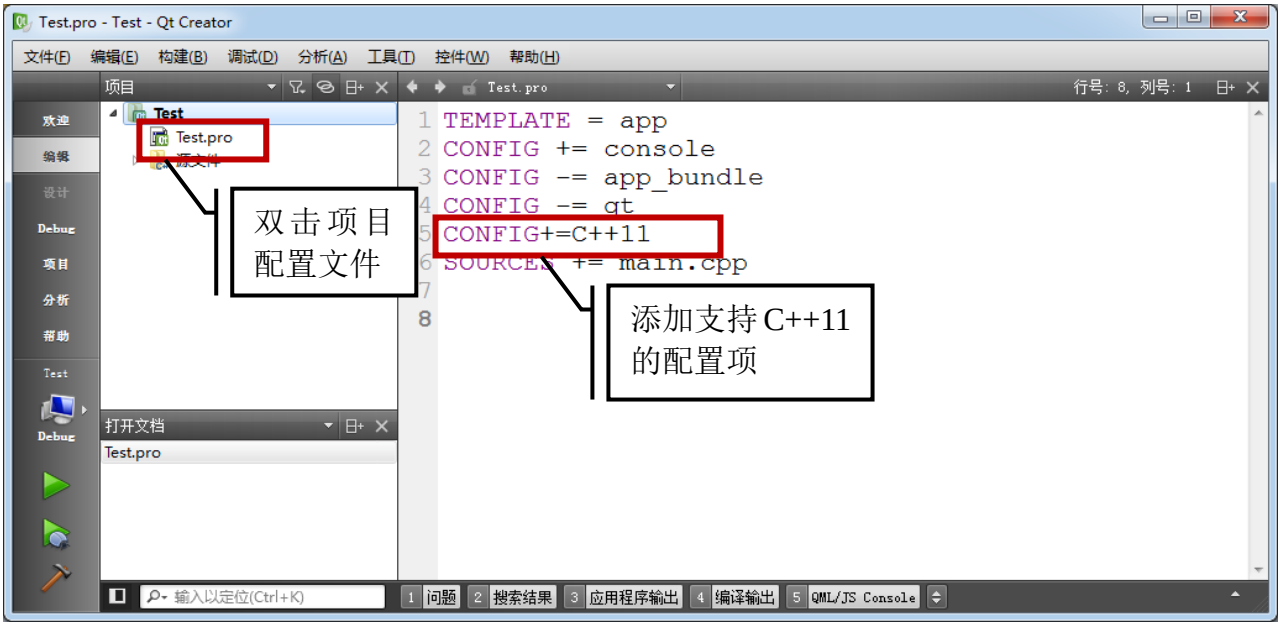
在设置项目名称和选择路径时，不要使用含中文等特殊字符的项目名称和路径，否则会编译失败。

在构建套件选择页面，保持默认选项即可。点击“下一步”进入汇总页面，在汇总页面，点击“完成”按钮完成项目创建。

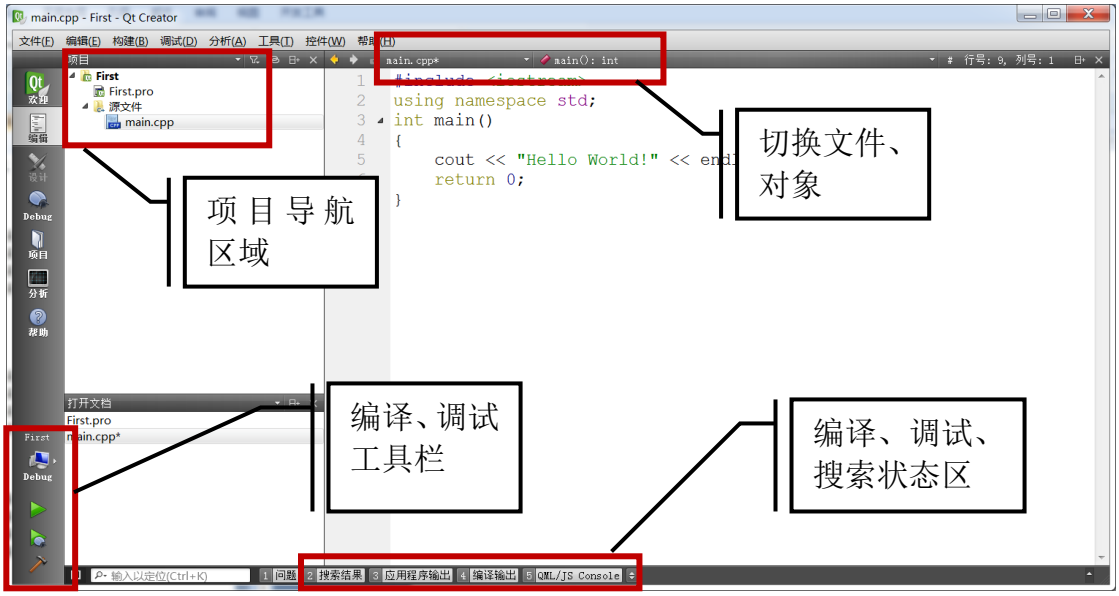


3) 代码编辑和编译

项目中通常会包含 pro 文件、源代码文件及相关的编译过程与结果文件。pro 文件中会保存一些编译选项，较早的版本需要在其中手工添加下面的配置，以支持 C++11 特性，Qt5.7 以后的版本自动支持 C++11。



Qt Creator 的主要工具栏如下图所示。

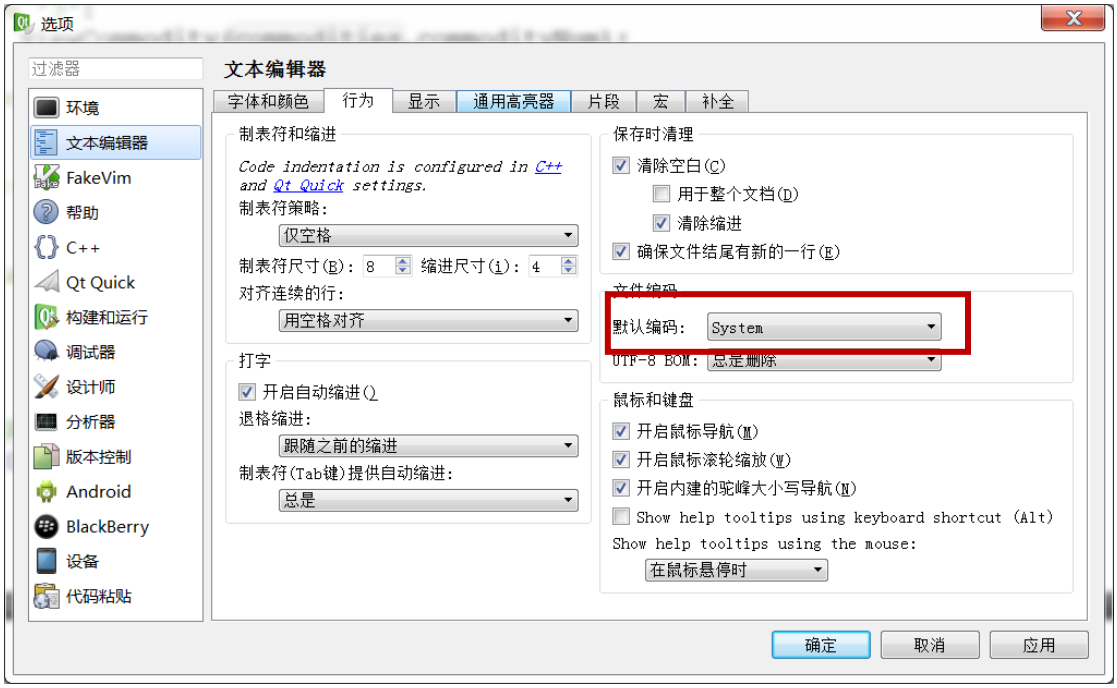


4) 控制台中文支持

如果希望在控制台程序中输出中文，需要在系统中进行配置，将编码设置为 system 编码，否则会出现乱码。

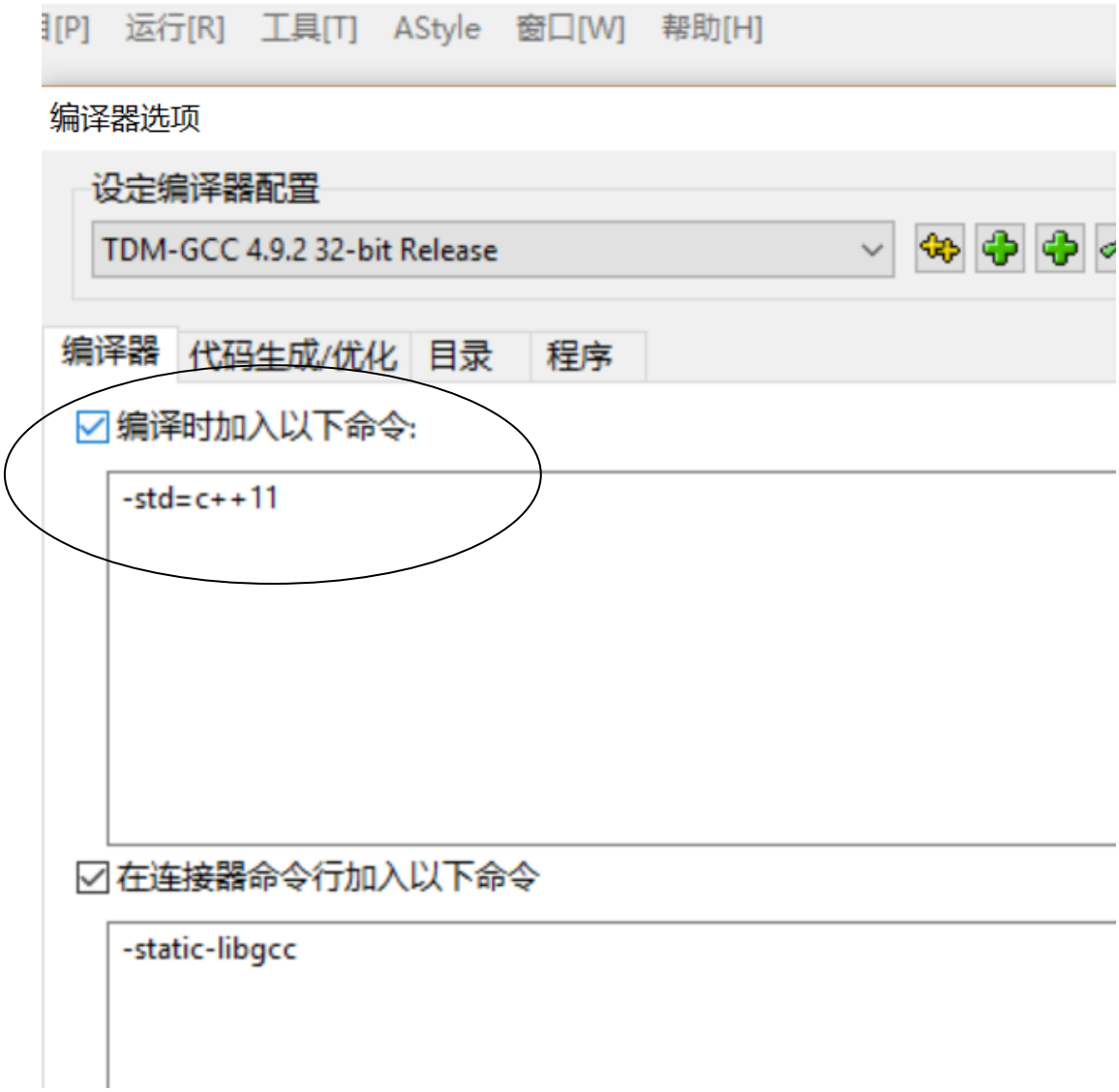
执行“工具”→“选项”菜单项，在弹出的对话框中，选择“文本编辑器”选项，在“行为”tab 页，设置默认编码为“system”。

该配置只对新建的项目有效，对已经创建的项目无效。对出现乱码的项目，重新创建项目并进行代码迁移。



5) Dev 中启动对 C++11 特性的支持

在 Dev 中执行“工具 -> 编译选项->编译器”。在弹出的对话框中勾选“编译时加入如下命令”，在下面输入“-std=c++11”。



1.3 实习任务

1.3.1 实习任务一

1) 调试运行下面的程序，记录程序的运行结果。

```
namespace xxx{
    double fun(double a,double b){
        return a+b;
    }
```

```
}
namespace yyy{
    double fun(double a,double b){
        return (a+b)/2;
    }
}
#include <iostream>
using namespace std;
using namespace yyy;
int main(){
    cout<<fun(1,4)<<endl;
    using xxx::fun;
    cout<<fun(1,4)<<endl;
    cout<<yyy::fun(1,4)<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

2) 调试运行下面的程序，记录程序运行结果。

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
string add(const string& s1,const string s2){
    return s1+s2;
}
double add(double a,double b){
    return a+b;
}
int main(){
    cout<<add("hello","world")<<endl;
    cout<<add(3,5)<<endl;
    cout<<add('3','5')<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

3) 调试运行下面的程序，记录程序运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int gcd(int m, int n){
    if(n==0)
        return m;
    return gcd(n, m%n);
}
int main(){
    cout<<"1:"<<gcd(20,8)<<endl;
    cout<<"2:"<<gcd(36,64)<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

1.3.2 实习任务二

1) 编写函数 reverse，将数组中的元素逆序，函数原型如下。

```
void reverse( int array[], int size );
```

其中 array 为指向数组的指针，size 表示数组的大小。

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2) 编写函数 getMax，计算数组的最大值，函数原型如下。

```
int getMax(int *array, int size);
```

其中 array 为指向数组的指针，size 表示数组的大小。

1.3.3 实习任务三*

1) 编写函数 getDiagonal，获得 n×n 方阵的对角线元素，通过动态内存分配技术，返回指针指向动态创建的对角线元素数组。函数原型如下：

```
int * getDiagonal(int ** matrix, int n);
```

其中 matrix 是二级指针，指向动态创建的方阵，n 为方阵的大小；返回类型为 int *，指向创建的的对角线元素。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int * getDiagonal(int ** matrix, int n){
```

```
}
int main(){
    int **data, n=5;
    data =new int*[n];   //动态创建指针数组
    for(int i=0;i<n;++i)
        data[i]=new int[n];     //每个指针数组指向动态创建的 1 维数组
    for(int i=0;i<n;++i){       //初始化数组元素
        for(int j=0;j<n;++j)
            data[i][j]=i+j;
    }
    int *diagonal=getDiagonal(data,n);
    for(int i=0;i<n;++i)
        cout<<diagonal[i]<<endl;
    delete[] diagonal;       //释放动态创建的对角线元素数组
    for(int i=0;i<n;++i)   //释放二维数组
        delete[] data[i];
    delete[] data;
    return 0;
}
```

2) 重新实现 getDiagonal，使用 vector 存储 n×n 方阵数据，使用 vector 保存获得的对角线元素，通过返回 vector 返回计算结果。函数原型如下：

```
vector<int> getDiagonal(const vector<vector<int>>& matrix);
```

其中 matrix 是 vector 数组，其中的元素是嵌套的 vector 数组，嵌套的 vector 包含 int 数据，从而构成二维方阵；返回类型为 vector，保存方阵的对角线元素。

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
vector<int> getDiagonal(const vector<vector<int>>& matrix){
```

```
}
int main(){
    vector<vector<int>> matrix{
        {0,1,2,3,4},
        {1,2,3,4,5},
        {2,3,4,5,6},
        {3,4,5,6,7},
        {4,5,6,7,8}
    };
    vector<int> diagonal=getDiagonal(matrix);
    for( auto e: diagonal){
        cout<<e<<endl;
    }
    return 0;
}
```

1.3.4 实习任务四*

下面的程序实现小学生 4 则运算（加、减、乘）的模拟测试，每次测试时，随机生成 2 位整数进行运算，根据用户的输入判断计算结果是否正确。

以下是实现题目要求的参考程序代码，请认真阅读并上机调试程序，验证程序功能是否正确。程序中通过函数指针，传递指定的运算函数作为参数，在 answerQuestion 函数中，通过比较调用函数指针的运算结果和传入的答案判断结果是否正确。用户输入不同选项时，将函数指针指向相应的计算函数（add、sub、

multiply），从而实现灵活性。

```
#include <iostream>
#include <ctime>
using namespace std;
int add(int a,int b){
    return a+b;
}
int sub(int a,int b){
    return a-b;
}
int multiply(int a,int b){
    return a*b;
}
char menu(){
    char choice;
    cout<<"1) add two number\n";
    cout<<"2) sub two number\n";
    cout<<"3) multiply two number\n";
    cout<<"0) quit\n";
    cout<<"Enter your choice:\n";
    cin>>choice;
    return choice;
}
bool answerQuestion(int num1,int num2,int (*f)(int ,int ), int answer ){
    return f(num1,num2)==answer;
}
int main(){
    srand((unsigned)time(NULL));
    while(true)  {
        char choice=menu();
        if(choice=='0')
            break;
        int num1, num2;
        num1=rand()%90+10;       //得到 10~99 的整数
        num2=rand()%90+10;
        decltype(add) *pf;   //函数指针，类型由 decltype 推断
        char op;
```

```
            switch(choice){
                case '1':pf=add; op='+'; break;
                case '2':pf=sub; op='-'; break;
                case '3':pf=multiply; op='*'; break;
                default:continue;
            }
            int answer;
            cout<<num1<<op<<num2<<"=?";
            cin>>answer;
            if(answerQuestion(num1,num2,pf,answer)==true)
                cout<<"Correct!"<<endl;
            else
                cout<<"Wrong!"<<endl;
        }
        return 0;
    }
```

试着按下面的需求修改程序，上机调试并验证程序是否正确：①用户输入答案错误后，可以再次输入答案，但最多只能输入 3 次；②最终退出 while 循环时，报告答题数量和正确率；③添加除法功能，生成随机数时，需要确保 2 个数能够整除。随机数的过程说明参见实习 2 的实习任务四的说明。

1.4 课后练习

1. 写出下面程序的运行结果，假定输入"Hello_123"。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main(){
    char word[50];
    cout<<"Enter a word:";
    cin>>word;
    for(int i=0; word[i]!='\0'; ++i) {
        if(word[i]>='a' && word[i]<= 'z' )
            word[i]-= 32;
    }
    cout<<"Upper case: "<<word<<endl;
    return 0;
```

```
}
```

2. 写出下面程序的运行结果，假定输入"Hello123_World"。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main(){
    char word[50];
    cout<<"Enter a string:";
    cin>>word;
    int pos=0;
    for(int i=0; word[i]!='\0'; ++i) {
        if(word[i]<'0' || word[i]>'9' ){
            word[pos]=word[i];
            ++pos;
        }
    }
    word[pos]='\0';
    cout<<"result: "<<word<<endl;
    return 0;
}
```

3. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int sum( int a, int b=1, int c=3 ){
    return a+b+c;
}
int main(){
    int sum(int a, int b=3, int c=4);
    cout<<sum (2)<<endl;
    cout<<sum (2,5)<<endl;
    cout<<sum (2,3,6)<<endl;
    return 0;
}
```

4. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
char & elem(char *s, int n){
```

```
    return s[n];
}
int main(){
    char str[]="HelloWorld";
    elem(str,1)= 'A';
    cout<<str<<endl;
      return 0;
}
```

5. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int x=10;
int main(){
    int x=15;
    cout<<x<<endl;
    cout<<::x<<endl;
    return 0;
}
```

6. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
void xhg(int *a,int *b){
    int *tmp;
    tmp=b; b=a; a=tmp;
    cout<<*a<<'    '<<*b<<endl;
}
int main(){
    int x(5),y(4);
    xhg(&x,&y);
    cout<<x<<'    '<<y<<endl;
    return 0;
}
```

7. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
void xhg(int &a,int &b){
```

```
    int tmp;
    tmp=b; b=a; a=tmp;
    cout<<a<<'    '<<b<<endl;
}
int main(){
    int x(5),y(4);
    xhg(x,y);
    cout<<x<<'    '<<y<<endl;
    return 0;
}
```

8. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int ff(int *a,int size){
    if(size==1)
        return a[0];
    return a[size-1]+ff(a,size-1);
}
int main(){
    int a[5]={1,2,3,4,5};
    cout<<"result: "<<ff(a,5)<<endl;
    return 0;
}
```

9. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
void f(const string& s,int n){
    cout<<s[n-1];
    if(n>1)
        f(s,n-1);
}
int main(){
    f("animal",6);
    cout<<endl;
    f("hello",3);
    return 0;
}
```

10. 写出下面程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int func(int data[],int size){
    int a=data[0];
    int b=data[0];
    for(int i=1;i<size;++i)      {
        if(data[i]>a) a=data[i];
        if(data[i]<b) b=data[i];
    }
    return a-b;
}
int main(){
    int a[]{9,3,2,-1,8,0,4};
    cout<<func(a,7)<<endl;
    cout<<func(a+2,4)<<endl;
    return 0;
}
```

11. 写出下面程序的执行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int fun(int interval=1){
    int sum=0, i=0;
    for(i=0; i<100; i+=interval)
        sum+=i;
    return sum;
}
int main(){
    cout<<"Result1: "<<fun(2)<<endl;
    cout<<"Result2: "<<fun()<<endl;
    return 0;
}
```

12. 写出下面程序的执行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
double func( double pData[ ], int size);
```

```
int main(){
    double array[]{2.2, 3.8, 6, 5.4};
    cout<<"Result: "<<func(array, 4)<<endl;
    cout<<"Result: "<<func(array, 3)<<endl;
    return 0;
}
double func( double pData[ ], int size){
    double result=0;
    int i;
    for(i=0; i<size; ++i)   {
        result+=pData[i];
    }
    result /= size;
    return result;
}
```

13. 写出下面程序的执行结果。

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
int main(){
    vector<int> vec{2,4,5,6,10,15,3,21,36,72,9,13};
    for(int i=0;i<vec.size ();++i)
        cout<<vec[i]<<"    ";
    cout<<endl;
    for(auto it=vec.begin ();it!=vec.end ();++it)
        cout<<*it<<"    ";
    cout<<endl;
    for(auto e : vec)
        cout<<e<<"    ";
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

2 类与对象基础

2.1 实习目的

1) 掌握类的定义；
2) 掌握对象的定义和方法调用；
3) 熟悉构造函数和析构函数的定义和执行过程；
4) 掌握复制构造函数和初始化列表的使用。

2.2 实习任务

2.2.1 实习任务一

1) 运行调试下面的程序，记录程序运行的结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class TestClass{
public:
    TestClass(int a){
        aa=a;
        cout<<aa<<" Constructed!\n";
    }
    ~TestClass(){
        cout<<aa<<" Destructed!\n";
    }
private:
    int aa;
};
TestClass AA(3);     //全局对象
int main(){
    cout<<"In MainFuction."<<endl;
    TestClass BB(5);
    return 0;
}
```

运行结果_____

_____

_____

_____

【提示】在 main 函数执行之前，系统会创建所有的全局对象和数据，为这些数据执行初始化操作。

2) 调试运行下面的程序，写出程序的输出结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class TestClass{
public:
    TestClass() { cout<<"Constructed!\n"; }
    ~TestClass() { cout<<"Destructed!\n"; }
};
int main(){
    TestClass t1;
    TestClass *p;
    p=new TestClass;
    delete p;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

_____

_____

3) 调试运行下面的程序，写出程序的输出结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class TestClass{
public:
    TestClass() {
        cout<<"Constructed!\n";
        value = 10;
    }
```

```
    ~TestClass() { cout<<"Destructed!\n"; }
    void setValue( int newValue) { value = newValue; }
    int getValue(){ return value; }
private:
    int value;
};
int main(){
    TestClass t1;
    cout<<t1.getValue()<<endl;
    TestClass &rt1 = t1;
    rt1.setValue(20);
    cout<<t1.getValue()<<endl;
    TestClass *pt=&t1;
    pt->setValue(30);
    cout<<t1.getValue()<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

4) 调试运行下面的程序，写出程序的输出结果。

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
class Test{
public:
    Test():a(1){cout<<a<<endl;}
    Test(int a){
        cout<<this->a<<endl;
        this->a=a;
        cout<<this->a<<endl;
    }
private:
    int a=3;
```

```
};
int main(){
    Test t1;
    Test t2(10);
    return 0;
}
```

运行结果：

2.2.2 实习任务二

编写 Complex 类，封装复数的基本功能，Complex 的定义如下：

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex{
public:
    Complex();  //缺省构造函数，实部和虚部为 0
    Complex(double r);  //只有 1 个参数，虚部为 0
    Complex(double r, double i); //设置实部和虚部
    void setValue(double r, double i);    //设置实部和虚部
    double getReal();    //获取实部值
    double getImage();    //获取虚部值
    double getDistance();    //获取复数和原点距离
    void output();  //按复数形式输出，如 3-5i
private:
    double real;  //实部
    double image; //虚部
};
```

给出所有成员函数的定义：

按照下面的主程序测试所写的复数类，检查结果是否正确。

```
int main(){
    Complex c1, c2(2), c3(3,4);
    c1.output();
    c2.output();
    c3.output();
    c1.setValue(6, 4);
    c1.output();
    cout<<c1.getDistance( )<<endl;
    return 0;
}
```

2.2.3 实习任务三

添加头文件 MyTime.h，编写 Time 类，封装对时间的操作，Time 类处理 1 天内的时间，精确到分钟。Time 类的定义如下，请给出 Time 类的成员函数定义，并编写主程序进行测试。

【提示】尽量不要使用 Time.h 作为头文件，可能会和系统中的文件命名冲突。

```
class Time{
public:
    Time();   //指定小时和分钟数为 0 构造 Time 对象
    Time(int h,int m); //通过指定 h 和 m 构造 Time 对象
    void setTime(int h, int m);   //设置新的时间
    void output();   //以 hh:mm 规范格式输出时间
    int getHour();     //获得小时
    int getMinute();   //获得分钟
```

```
    int getTotalMinutes();   //获得从 0 点 0 分起的总分钟数
private:
    int hour;
    int minute;
    void normalizeTime();   //规范化小时为 0~23，分钟为 0~59
};
```

添加源程序文件 MyTime.cpp，给出所有成员函数的定义。

【提示】以 hh:mm 格式对齐输出时，需要使用 setw 设置将要输出内容的宽度，当宽度不足时，使用 setfill 设置前导填充字符。

setw 和 setfill 需要包含如下头文件：

```
#include <iomanip>
cout<<setfill('0')<<setw(2)<<hour<<":"<<setw(2)<<minute<<endl;
```

给出所有成员函数的定义：

测试主程序如下。

```
int main(){
    Time t1(12, 75);
    t1.output();
    t1.setTime(8, 65);
    t1.output();
    cout<<"t1 Hour: "<<t1.getHour()<<endl;
    cout<<"t1 Minute: "<<t1.getMinute()<<endl;
    cout<<"t1 TotalMinutes: "<<t1.getTotalMinutes()<<endl;
    return 0;
}
```

【试一试】Time 类的设计方案并不是唯一的，请尝试使用“一天内的总分钟数”作为数据成员重新实现 Time 类，保持 Time 类的构造函数和访问接口不变，测试的主程序也无需修改。

2.2.4 实习任务四*

编写随机数类。随机数类的定义如下，请给出所要求的成员函数定义。

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <ctime>
#include <cstdlib>
class RandomNum{
public:
    RandomNum();   //用系统当前时间设置随机数种子
    RandomNum(unsigned int seed);   //用传入的 seed 设置随机数种子
    void setSeed(unsigned int seed);   //重置不同的随机数种子
    int random();   //产生 0~RAND_MAX 的整数
    int random(int max);   //产生 0~max 之间的随机数（不含 max）
    double frandom();   //产生 0~1.0 之间的 double 型随机数（不含 1.0）
};
```

【随机数基础概念】

很多程序都需要通过生成随机数，以模拟随机过程。系统构建随机数的基本方法如下，系统排列 0~RAND_MAX 之间的所有整数构成 1 个随机数序列（RAND_MAX 是系统预设的可生成最大随机数的上限）。0~RAND_MAX 的不同排列的数量很多，不同的序列通过不同的种子加以标识，种子是一个无符号整数。在程序中，通过 srand 方法设置随机数种子后，便确定了 1 个随机数序列，之后通过 rand 方法生成随机数的过程便是顺序从设定的随机数序列中取数而已。

srand 函数用于在程序中设置随机数种子，也就是确定一个随机数序列，rand 函数依次从指定的随机数序列中取 1 个整数。srand 和 rand 函数的原型如下：

```
void srand(unsigned int seed);
int rand();
```

如果在程序运行时，每次设置相同的种子，则每次确定的随机数序列是相同的，程序每次运行时取得的随机数是相同的，这种现象称为伪随机数。为了使程序每次运行时获得不同的随机数序列，一种常见的做法是程序启动时调用 time(NULL)函数获得系统当前时间，并转换为无符号整数（1970 年 1 月 1 日的 UTC 时间从 0 时 0 分 0 秒算起到现在所经过的秒数），由于每次运行程序的时间不同，所以得到的随机数序列不同，从而实现真正的随机数生成。调用 time 方法需要包含<ctime>头文件。

rand 函数返回 0~RAND_MAX 之间的整数，如果程序需要生成指定范围的随机数，需要相应的处理。比如，要生成 2 位随机整数（10~99），可通过下面的方法获得：

rand()%90+10;

如果要生成 0~1.0 之间的 double 类型浮点随机数，可通过下面的方法获得：

1.0*rand() / RAND_MAX;

给出所有成员函数的定义：

测试 RandomNum 类的主程序如下。

```
int main(){
    RandomNum randomGenerator;
    int i;
    for(i=0;i<100;++i)
        cout<<randomGenerator.random(100)<<'    ';
    cout<<"\n";
    for(i=0;i<100;++i)
        cout<<randomGenerator.frandom()<<'    ';
    cout<<"\n";
    return 0;
}
```

3 类与对象应用

3.1 实习目的

1) 掌握静态数据成员及静态成员函数的使用；
2) 掌握友元函数的使用；
3) 掌握常成员函数的应用；
4) 掌握对象成员的使用；
5) 掌握 C++11 中移动复制构造函数、委托构造函数等语言扩展机制。

3.2 实习任务

3.2.1 实习任务一

1) 调试运行下面的程序，记录程序运行结果

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
class Mouse{
public:
    Mouse( string newName );
    ~Mouse();
    string getName() { return name; }
    static int mouseNum;
private:
    string name;
};
int Mouse::mouseNum = 0;
Mouse::Mouse( string newName ) : name(newName){
    cout<<name<<" is born!\n";
    mouseNum++;
}
Mouse::~Mouse(){
    cout<<name<<" is gone...\n";
```

```
    mouseNum--;
}
class Cat{
public:
    Cat( const string& newName): name(newName){
        cout<<name<<" is coming!\n";
    }
    void catchMouse( Mouse *pMouse);
private:
    string name;
};
void Cat::catchMouse( Mouse *pMouse){
    cout<<"I catch you! I never want to see you again. "
        <<pMouse->getName()<<"!"<<endl;
    delete pMouse;
}
int main(){
    Cat cat("Black Cat Detective");
    Mouse *pMouse1 = new Mouse("Micky");
    cout<<Mouse::mouseNum<<" mouse left.\n";
    Mouse *pMouse2 = new Mouse("Xiaohua");
    cout<<Mouse::mouseNum<<" mouse left.\n";
    cat.catchMouse(pMouse2);
    cout<<Mouse::mouseNum<<" mouse left.\n";
    cat.catchMouse(pMouse1);
    cout<<Mouse::mouseNum<<" mouse left.\n";
    return 0;
}
```

运行结果：

2) 运行调试下面的程序，写出程序运行结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class TestClass{
public:
    TestClass( int newValue=0) {
        value = newValue;
        cout<<"Value: "<<value<<", Constructed!\n";
    }
    TestClass( const TestClass & rhs){
        value = rhs.value;
        cout<<"Value: "<<value<<", Copy Constructed!\n";
    }
    ~TestClass() { cout<<"Value: "<<value<<", Destructed!\n"; }
    void setValue( int newValue) { value = newValue; }
    int getValue()const { return value; }
private:
    int value;
};
TestClass fooFun( TestClass t){
    t.setValue(20);
    return t;
}
int main(){
    TestClass t1(10),t2(t1),t3;
    t3=fooFun(t1);
    return 0;
}
```

运行结果：

3) 将程序 1）中的 fooFun 传递对象作为参数和返回对象修改为传递引用以及返回引用，重新运行程序，记录运行结果。修改后的 fooFun 如下：

```
TestClass & fooFun(TestClass &t){
    t.setValue(20);
    return t;
}
```

运行结果：

3.2.2 实习任务二

实习 2 中的复数类还很不完善，请按照下面定义和要求完善复数类。

- 将 Complex 类中的 getReal、getImage、getDistance、output 定义为常成员函数。要求构造函数通过初始化列表进行初始化。
- 添加常成员函数 add，实现复数相加计算，计算结果返回一个新的复数对象，返回类型为 Complex。
- 添加常成员函数 multiply，实现复数乘积计算，计算结果返回一个新的复数对象，返回类型为 Complex。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex{
public:
    Complex();
    Complex(double r);
    Complex(double r, double i);
    void setValue(double r, double i);
    double getReal() const ;
    double getImage() const;
```

```
    double getDistance() const;
    void output() const;
    Complex add(const Complex& c)const;
    Complex multiply(const Complex& c)const;
private:
    double real;
    double image;
};
```

给出新增或修改成员函数的定义：

3.2.3 实习任务三

1) 完善实习 2 中的 Time 类

在 Time 类中增加 1 个公有成员函数 getTimeSpan，计算 2 个时间之间的时间差，返回结果也是一个 Time 对象。

此外为类增加 1 个构造函数，通过传递 1 个参数（时间的总分钟数）来构造时间对象。将 output、getHour、getMinute、getTotalMinutes 定义为常成员函数。

```
class Time{
public:
    Time();
    Time(int h,int m); //通过指定 h 和 m 构造 Time 对象
    Time( int minutes);   //通过指定分钟数构造 Time 对象
    void setTime(int h, int m);   //设置新的时间
    void output() const;   //以 hh:mm 格式输出时间
    int getHour() const;     //获得小时
    int getMinute() const;   //获得分钟
```

```
    int getTotalMinutes() const;   //获得从 0 点 0 分起的总分钟数
    Time getTimeSpan( const Time &t )const; //计算时间差
private:
    int hour;
    int minute;
    void normalizeTime();   //规范化小时为 0~23，分钟为 0~59
};
Time::Time(int minutes){
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
}
Time Time::getTimeSpan( const Time & t)const{
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
}
int main(){
    Time t1(9,20),t2(11,35),t3;
    t3=t1.getTimeSpan(t2);
    t3.output();
    return 0;
}
```

【提示】计算时间差，可先计算出 2 个时间的总分钟数，得到分钟数差值，再根据分钟数构造 1 个 Time 对象并返回。

2) 停车收费问题

编写 ParkingCard 类，解决停车计费问题，类的定义及部分成员函数定义如下所示，请补充未定义的成员函数，编写主程序进行测试。

ParkingCard 类包含 2 个 Time 类对象作为数据成员，用来保存开始停车和离开时间。

```
#include "MyTime.h"
class ParkingCard{
public:
    ParkingCard(double newRate) { rate = newRate; }
```

```
    void setRate(double newRate) { rate = newRate; }   //设置每小时费率
    double getRate() const{ return rate; }
    void setParkingTime( const Time &time);   //设置开始停车时间
    void setLeavingTime( const Time &time );   //设置离开时间
    double getTotalExpenses() const;   //计算停车费用
    //停车时间分钟数不足半小时按半小时计算，不足 1 小时按 1 小时计算
    void output() const;   //输出停车起始时间、费率及总费用
private:
    double rate; //停车费率，按元/每小时计算
    Time parkingTime; //开始停车时间
    Time leavingTime; //离开时间
};
void ParkingCard::setParkingTime(const Time &time){
    parkingTime = time;
}
```

ParkingCard 的 output 示例输出如下：

```
Total Expenses: 12.5
  Parking Time: 09:20
  Leaving Time: 11:35
  Rate: 5
```

【提示】计算停车费用时，调用 parkingTime.getTimeSpan(leavingTime);可以计算 2 个时间对象的时间差，返回 1 个时间对象；通过调用时间对象的 getHour 和 getMinute 可以获得对应的小时数和分钟数。在显示停车详细信息时，可以调用 parkingTime 和 leavingTime 的 output 方法，而不用重复编写输出时间的处理代码。

按下面的主程序测试 ParkingCard 类，检查结果是否正确。

```
int main(){
    ParkingCard card(5);
    card.setParkingTime(Time(9, 20));     //构造临时时间对象并作为参数
    card.setLeavingTime(Time(11, 35));
    cout<<"Expenses: "<<card.getTotalExpenses()<<endl;
    cout<<"Detailed info:\n";
    card.output();
    return 0;
}
```

给出所有成员函数的定义：

3.2.4 实习任务四

1) Point 类

实现 1 个简单的二维点类，点类的定义如下，实现该类的成员函数。构造函数请用初始化列表实现对数据成员的初始化。

```
class Point{
public:
    Point( double newX=0, double newY=0);
    Point(const Point& p);
    ~Point();
    void setValue(double newX, double newY);
    double getX( ) const;
    double getY() const;
private:
    double x, y;
};
```

2) 计算 2 点之间距离：成员函数定义

在 Point 类中添加成员函数 getDistance，计算 2 点之间距离，类的定义如下，给出 getDistance 成员函数的定义。

```
class Point{
public:
    Point( doubl newX=0, double newY=0);
    Point(const Point& p);
    ~Point();
    void setValue(double newX, double newY);
    double getX( ) const;
```

```
    double getY() const;
    double getDistance( const Point& p2)const;
private:
    double x, y;
};
```

测试的主程序如下：

```
int main(){
    Point p1(3,4);
    Point p2(5,2);
    double distance = p1.getDistance(p2);    //getDistance 是 p1 的成员函数
    cout<<"Distance: "<<distance<<endl;
    return 0;
}
```

3) 计算 2 点之间距离：普通函数版本

定义普通函数 getDistance，计算 2 点之间距离，函数原型如下：

```
double getDistance(const Point& p1, const Point& p2);
```

测试的主程序如下：

```
int main(){
    Point p1(3, 4);
    Point p2(5, 2);
    double distance = getDistance(p1,p2);
    cout<<"Distance: "<<distance<<endl;
    return 0;
}
```

4) 计算 2 点之间距离：友元函数版本

将 3)中的普通函数声明为 Point 的友元，重新定义 getDistance 函数，在函数中不调用 getX 和 getY 即可访问 Point 对象的数据成员。

```
class Point{
public:
    Point( doubl newX=0, double newY=0);
    Point(const Point& p);
    ~Point();
    void setValue(double newX, double newY);
    double getX( )const;
    double getY()const;
```

_____

```
private:
    double x, y;
};
```

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

测试的主程序和 3)中的相同。

5) 实现三角形类 Triangle

基于 Point 类，实现三角形类 Triangle，Triangle 类包含 3 个 Point 类对象，描述其 3 个顶点坐标，Triangle 类的定义如下。

```
class Triangle{
public:
    Triangle(const Point &p1, const Point& p2, const Point& p3);
    double getArea()const;   //计算三角形的面积
    double getPerimeter()cosnt;   //计算三角形周长
private:
    Point p1,p2,p3;   //三角形 3 个顶点
};
```

测试主程序如下

```
int main(){
    Point p1(0,0), p2(0,3), p3(4,0);
    Triangle t(p1,p2,p3);
    cout<<"Area: "<<t.getArea()<<endl;
    cout<<"Perimeter: "<<t.getPerimeter()<<endl;
    return 0;
}
```

3.3 课后练习

1. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Example{
private:
    int i;
public:
    Example(int n) {
        i=n;
        cout<<"Constructing. "<<endl;
    }
    ~Example() { cout<<"Destructing. "<<endl; }
    int get_i() { return i; }
};
int sqrt_it(Example o) {
    return o.get_i()*o.get_i();
}
int main(){
    Example x(10);
    cout<<x.get_i()<<endl;
```

```
    cout<<sqrt_it(x)<<endl;
    return 0;
}
```

2. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
public:
    Test() { cout<<“Default constructor.”<<endl; }
    Test(const Test& t)
    { cout<<“Copy constructor!”<<endl; }
};
void fun(Test p) {}
int main(){
    Test a;
    fun(a);
    return 0;
}
```

3. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Dog{
public:
    static int number;
    Dog() {
        number++;
        cout<<"New Dog"<<endl;
    }
    ~Dog() {
        number--;
        cout<<"A Dog Die"<<endl;
    }
};
int Dog::number=0;
int main(){
    Dog dog;
    Dog *pDog=new Dog();
```

```
    delete pDog;
    cout<<Dog::number<<endl;
    return 0;
}
```

4. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
public:
    Test(int xx=1):x(xx){}
    void output()const{cout<<"x:"<<x<<endl;}
private:
    int x;
};
int main(){
    Test t;
    t.output();
    t=4;
    t.output();
    return 0;
}
```

5. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
public:
    Test(){cout<<"Default Constructor\n";}
    Test(int xx):x(xx){cout<<"Int Constructor\n";}
    Test(const Test& t):x(t.x){cout<<"Copy Constructor\n";}
private:
    int x;
};
Test t;
int main(){
    cout<<"--------------------\n";
    Test tt(t);
    return 0;
```

```
}
```

6. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Point {
    int x,y;
public:
    Point(int x1=0, int y1=0) :x(x1), y(y1) {
        cout<<"Point:"<<x<<'    '<<y<<'\n';
    }
    ~Point() {
        cout<<"Point destructor!\n";
    }
};
class Circle {
    Point center;//圆心位置
    int radius;//半径
public:
    Circle(int cx,int cy, int r):center(cx,cy),radius(r) {
        cout<<"Circle radius:"<<radius<<'\n';
    }
    ~Circle() {cout<<"Circle destructor!\n";}
};
int main(){
    Circle c(3,4,5);
    return 0;
}
```

7. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
public:
    Test() { cout<<"Hello: "<<++i<<endl; }
    static int i;
};
int Test::i=0;
int main(){
```

```
    Test t[2];
    Test *p;
    p=new Test[2];
    return 0;
}
```

8. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
class Person{
private:
    string name;
    int age;
public:
    Person(string name,int age);
    ~Person(){
        cout<<"Bye! My name is "<<name<<",I'm "<<age
            <<" years old."<<endl;
    }
    void growup() { age++; }
};
Person::Person(string name, int age){
    this->name=name;
    this->age=age;
    cout<<"Hello,"<<name<<" is comming!"<<endl;
}
int main(){
    Person p("zhang",1);
    for(int i=0;i<90;++i)
        p.growup();
    return 0;
}
```

9. 下面的程序无法通过编译，分析原因并提出修改办法。

```
#include <iostream>
class Test{
private:
    int a;
```

```
public:
    Test(const Test& t)=default;
};
int main(){
    Test t;
    return 0;
}
```

10. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
private:
    int a,b;
public:
    Test():Test(1){cout<<"Constructor without parameter!\n";}
    Test(int x):Test(x,10){cout<<"Constructor with 1 parameter!\n";}
    Test(int x,int y):a(x),b(y){cout<<"Constructor with 2 paramter!\n";}
    void output()const{cout<<a<<","<<b<<endl;}
};
int main(){
    Test t;
    t.output();
    Test t1(3,5);
    t1.output();
    return 0;
}
```

11. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
private:
    int a;
public:
    Test(){cout<<"Default constructor!\n";}
    Test(int x):a(x){cout<<"Constructor!\n";}
    Test(const Test& t){
        a=t.a;
```

```
        cout<<"Copy constructor!\n";
    }
    Test(Test&& t){
        a=t.a;
        cout<<"move copy constructor!\n";
    }
};
Test fun(){
    return Test(3);
}
int main(){
    Test t;
    Test t2=move(fun());
    return 0;
}
```

12. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
class Element{
private:
    int a;
public:
    Element(int e=0):a(e){}
    Element(const Element& e):Element(e.a){cout<<"Copy constructor!\n";}
    Element(Element&& e):Element(e.a){cout<<"Move copy constructor!\n";}
};
int main(){
    vector<Element> vec;
    vec.reserve(10);
    vec.push_back(Element(3));
    Element e(5);
    vec.push_back(e);
    return 0;
}
```

4 运算符重载

4.1 实习目的

1) 掌握运算符函数的定义；
2) 掌握+、-、++、+=等常用运算符的重载；
3) 了解<<运算符、前置和后置++运算符的使用；
4) 掌握 C++11 中移动赋值运算符等语言扩展机制。

4.2 实习指导

1) 重载输入输出运算符简介

C++中的 cin 和 cout 用于键盘输入和控制台输出，它们是定义在 std 中的全局对象，cin 所属的类型是 istream，cout 所属类型是 ostream。

istream 重载了 operator>>运算符，ostream 重载了 operator<<运算符，以支持对基本数据类型的输入和输出，但不支持自定义类对象的输入输出。

若希望通过>>和<<运算符输入输出自定义类对象，必须要在自定义类中重载 operator<<和 operator>>运算符，这两个运算符需要通过友元函数实现。

假定要在 MyClass 类中重载 operator<<和 operator>>，声明的原型如下：

```
MyClass
{
    ... //类中的其它定义省略
    friend std::ostream& operator<<( std::ostream& out, const MyClass& o);
    friend std::istream& operator>>( std::istream& in, MyClass& o);
};
```

实现了全局的 operator<<和 operator>>函数后，在主程序中，就可以通过如下代码输出自定义对象。

```
MyClass obj1, obj2;
cout<<obj1<<obj2;
```

cout<<obj1 相当于调用 operator<<(cout, obj1)，将 cout 传入全局的 operator<<

函数中，实现对 obj1 的输出；operator<<返回 ostream&是为了支持级联输出。

4.3 实习任务

4.3.1 实习任务一

1) 在实习 3 的 Complex 类基础上重载 operator+、operator*、operator+=、operator*=、前置++和后置++运算符，Complex 的定义如下：

```
class Complex{
public:
    Complex();
    Complex(double r);
    Complex(double r, double i);
    Complex(const Complex& c);
    ~Complex();
    void setValue(double r, double i);
    double getReal() const ;
    double getImage() const;
    double getDistance() const;
    void output() const;
    Complex operator+(const Complex& f)const;
    Complex operator*(const Complex& f)const;
    Complex & operator+=(const Complex & f);
    Complex & operator*=(const Complex & f);
    Complex & operator ++(); //前置++，实部加 1
    Complex operator++(int); //后置++，实部加 1
~~    Complex add(const Complex& c)const;~~
~~    Complex multiply(const Complex& c)const;~~
private:
    double real;
    double image;
};
```

给出新增的函数定义。

【提示】注意 operator+和 operator+=的返回值类型，operator+计算 2 个复数对象的和，返回一个新的复数对象；operator+=将右侧的复数加到左侧复数之上，并返回修改后的复数对象引用。

2) 为 1)中的 Complex 类添加 operator-、operator-=和 operator<<运算符，其中 operator-和 operator<<使用友元函数的方法实现，operator-=使用成员函数的方法实现。修改后的 Complex 类定义如下。

```
class Complex{
public:
    Complex();
    Complex(double r);
    Complex(double r, double i);
    Complex(const Complex& c);
    ~Complex();
    void setValue(double r, double i);
    double getReal() const ;
    double getImage() const;
    double getDistance() const;
    void output() const;
    friend std::ostream& operator<<( std::ostream& out,
                const Complex& f);
    Complex operator+(const Complex& f)const;
    Complex operator*(const Complex& f)const;
    Complex & operator+=(const Complex & f);
    Complex & operator*=(const Complex & f);
    Complex & operator++();//前置++，实部加 1
    Complex operator++(int);//后置++，实部加 1
    Complex& operator-=(const Complex & f);
    friend Complex operator-(const Complex & f1, const Complex & f2);
```

```
private:
    double real;
    double image;
};
```

4.3.2 实习任务二

1) 完善 Time 类

在实习 3Time 类的基础之上，重载运算符，优化程序结构。

删除 Time 类中的 output 方法，通过重载 operator<<运算符进行替代。删除 Time 类的 getTimeSpan 方法，通过重载 operator-运算符进行替代。

```
class Time{
public:
    Time();
    Time(int h,int m); //通过指定 h 和 m 构造 Time 对象
    Time( int minutes );   //通过指定分钟数构造 Time 对象
    void setTime(int h, int m);   //设置新的时间
    ~~void output() const;   //以 hh:mm 格式输出时间~~
    friend std::ostream& operator<<( std::ostream& out, const Time& t);
    int getHour() const;     //获得小时
    int getMinute() const;   //获得分钟
    int getTotalMinutes() const;   //获得从 0 点 0 分起的总分钟数
    ~~Time getTimeSpan(const Time &newTime )const; //计算时间差~~
    Time operator-(const Time& newTime)const; //计算时间差
private:
    int hour;
    int minute;
    void normalizeTime();   //规范化小时为 0~23，分钟为 0~59
};
```

2) 完善 ParkingCard 类

在实习 3 中的 ParkingCard 类基础上，修改 getTotalExpense 方法，不再调用 Time 类的 getTimeSpan 方法，而是通过 operator-计算时间差。删除 ParkingCard 的 output 方法，通过重载 operator<<运算符进行替代。

```
class ParkingCard{
public:
    ParkingCard(double newRate) { rate = newRate; }
    void setRate(double newRate) { rate = newRate; }   //设置每小时费率
    double getRate() const { return rate; }
    void setParkingTime( const Time &time);   //设置开始停车时间
    void setLeavingTime( const Time &time );   //设置离开时间
    double getTotalExpenses() const;   //计算停车费用
    //停车时间分钟数不足半小时按半小时计算，不足 1 小时按 1 小时计算
    void output();   //输出停车起始时间、总时间、费率及总费用
    friend std::ostream& operator<<( std::ostream& out,
                                     const ParkingCard& t);
private:
    double rate;   //停车费率，按元/每小时计算
    Time parkingTime;   //开始停车时间
    Time leavingTime;   //离开时间
};
```

测试的主程序如下：

```
int main(){
    ParkingCard card(5);
    card.setParkingTime(Time(9, 20) );
    card.setLeavingTime(Time(11, 35) );
    cout<<"Expenses: "<<card.getTotalExpenses()<<endl;
    cout<<"Detailed info:\n";
    cout<<card<<endl;
```

```
    return 0;
}
```

4.3.3 实习任务三*

定义并实现 MyString 类，模拟简单的字符串处理功能。MyString 通过 char * 管理动态分配的字符串。实现字符串输出、连接、下标运算符、赋值运算符等功能，支持移动语义的拷贝构造函数和赋值运算符，MyString 类的定义如下。

```
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;
```

```
class MyString{
public:
    MyString(char *s){
        str=new char[strlen(s)+1];
        strcpy(str,s);
    }
    MyString(){
        str=nullptr;
    }
    MyString(const MyString& s);
    MyString(MyString&& s);
    ~MyString();
    MyString& operator=(const MyString& s);
    MyString& operator=(MyString&& s);
    int size()const;
    MyString operator+(const MyString& s)const;
    char& operator[](int index);
    const char& operator[](int index) const;
    friend std::ostream& operator<<( std::ostream& out,const MyString& s);
private:
    char *str;
};
```

```
int main(){
    MyString s("Hello");
    cout<<s<<endl;
    MyString s2=s+"World";
    cout<<s2<<endl;
    cout<<"Index 5:"<<s2[5]<<endl;
    MyString s3(move(s2));
    cout<<s3<<endl;
    return 0;
}
```

4.4 课后练习

1. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test{
private:
    int x;
public:
    Test(int xx=0):x(xx){}
    Test& operator++(){x++;return *this;}
    Test operator++(int){Test temp(*this);    x++;    return temp;}
    int getValue()const{return x;}
};
int main(){
    Test t;
    cout<<t.getValue()<<endl;
    cout<<(t++).getValue()<<endl;
    cout<<(++t).getValue()<<endl;
    return 0;
}
```

2. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Matrix{
```

```
    double * elem;
    int row,col;
public:
    Matrix(int r,int c){
        row=r;col=c;
        elem=new double[row *col];
    }
    double &operator() (int x,int y)    {
        return elem[ col *(x-1)+y-1];
    }
    double &operator()(int x,int y) const    {
        return elem[ col*(x-1)+y-1];
    }
    ~Matrix(){delete [] elem; }
};
int main(){
    Matrix m(5,8)；
    int i;
    for(i=1;i<6; ++i)
        m(i,1)=i+5;
    for(i=1; i<6; ++i)
        cout<<m(i, 1)<< ",";
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

3. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Array{
private:
    int *pdata;
    int size;
public:
    Array():size(0){ pdata=nullptr;}
    Array(int s):size(s){
        pdata=new int[size];
    }
```

```
    ~Array(){delete[] pdata;}
    Array(const Array& a):size(a.size){
        pdata=new int[size];
        for(int i=0;i<size;++i) pdata[i]=a[i];
    }
    Array(Array&& a):size(a.size){
        pdata=a.pdata;
        a.size=0;
        a.pdata=nullptr;
    }
    Array& operator=(const Array& a){
        if(this==&a) return *this;
        size=a.size;
        pdata=new int[size];
        for(int i=0;i<size;++i) pdata[i]=a[i];
        return *this;
    }
    Array& operator=(Array&& a){
        if(this==&a) return *this;
        size=a.size;
        pdata=a.pdata;
        a.size=0;
        a.pdata=nullptr;
        return *this;
    }
    const int& operator[](int index)const{ return pdata[index];}
    int& operator[](int index){return pdata[index];}
    int length()const{return size;}
};
int main(){
    Array a1(3);
    for(int i=0;i<3;++i) a1[i]=i;
    cout<<"length of a1:"<<a1.length()<<endl;
    Array a2(a1);
    cout<<"length of a1:"<<a1.length()<<endl;
    cout<<"length of a2:"<<a2.length()<<endl;
    Array a3(move(a1));
```

```
    cout<<"length of a1:"<<a1.length()<<endl;
    cout<<"length of a3:"<<a3.length()<<endl;
    return 0;
}
```

4. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
class Fraction{
private:
    int num,den;
public:
    explicit Fraction(int n=0,int d=1):num(n),den(d){}
    explicit operator double()const {return 1.0*num/den; }
    Fraction operator+(const Fraction& f)const{
        return Fraction(num*f.den+den*f.num,den*f.den);
    }
    void output()const{cout<<num<<"/"<<den<<endl;}
};
int main(){
    Fraction f1(1,3);
    f1.output();
    Fraction f2=f1+static_cast<Fraction>(1);
    f2.output();
    cout<<1+static_cast<double>(f1)<<endl;
    return 0;
}
```

5. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
class Array1D{
private:
    vector<int> vec;
public:
    void push_back(int data){vec.push_back(data);}
    int& operator[](int index){return vec[index];}
```

```
    const int & operator[](int index)const{return vec[index];}
};
class Array2D{
private:
    vector<Array1D> vec;
public:
    void push_back(const Array1D& a){vec.push_back(a);}
    Array1D& operator[](int index){return vec[index];}
    const Array1D& operator[](int index)const{return vec[index];}
};
int main(){
    Array2D aa;
    for(int i=0;i<3;++i){
        Array1D a;
        for(int j=0;j<4;++j)
            a.push_back(j+i);
        aa.push_back(a);
    }
    for(int i=0;i<3;++i){
        for(int j=0;j<4;++j) cout<<aa[i][j]<<"    ";
        cout<<endl;
    }
    return 0;
}
```

5 继承与多态

5.1 实习目的

1) 掌握派生类的定义和使用；
2) 掌握派生类构造与析构函数的定义；
3) 掌握重写基类的成员函数；
4) 掌握通过基类指针或引用实现多态的方法。

5.2 实习任务

5.2.1 实习任务一

1) 导入实习 3 的 Point 类，其定义如下。

```
#include <iostream>
#include<cmath>
using namespace std;
class Point{
public:
    Point( doubl newX=0, double newY=0);
Point(const Point& p);
    ~Point();
    void setValue(double newX, double newY);
    double getX( ) const;
    double getY() const;
    double getDistance( cosnt Point& p2) const;
private:
    double x, y;
};
```

现要定义处理 3 维点的类，而又不能直接修改 Point 类，以 Point 类作为基类派生得到 Point3D，Point3D 的定义和部分功能已经实现，请补充未完成的部分成员函数定义。要求构造函数通过初始化列表实现。

```
class Point3D : public Point{
public:
```

```
    Point3D(double newX=0, double newY=0, double newZ=0);
    double getZ() const;
    double getDistance( const Point3D& p)const;
private:
    double z;
};
```

【提示】在 Point3D 的 getDistance 方法中，通过调用基类的 getDistance 可以计算出 XY 平面内的距离 dis，再通过 sqrt(dis*dis+dz*dz)即可计算出 3D 空间内点的距离。

测试的主程序如下：

```
int main(){
```

```
    Point p1(3, 4), p2(5,3);
    Point3D p1_3D(3,4,6);
    Point3D p2_3D(2,6,9);
    double dis=p1.getDistance(p2);   //计算二维点 p1 和 p2 的距离
    cout<<"Distance between p1 and p2: "<<dis<<endl;
    dis=p1_3D.getDistance(p2_3D);   //计算 3 维点 p1_3D 和 p2_3D 的距离
    cout<<"Distance between p1_3D and p2_3D: "<<dis<<endl;
    return 0;
}
```

2) 修改主程序如下，记录程序的运行结果。

```
int main(){
    Point p1(3, 4), p2(5,3);
    Point3D p1_3D(3,4,6);
    Point3D p2_3D(2,6,9);
    double dis=p1.getDistance(p2);   //计算二维点 p1 和 p2 的距离
    cout<<"Distance between p1 and p2: "<<dis<<endl;
    dis=p1.getDistance(p2_3D);   //计算 p1 和 p2_3D 的距离
    cout<<"Distance between p1 and p2_3D: "<<dis<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

3) 修改主程序如下。

```
int main(){
    Point p1(3, 4), p2(5,3);
    Point3D p1_3D(3,4,6);
    Point3D p2_3D(2,6,9);
    double dis=p1.getDistance(p2);   //计算二维点 p1 和 p2 的距离
    cout<<"Distance between p1 and p2: "<<dis<<endl;
    dis=p1.getDistance(p2_3D);   //计算 p1 和 p2_3D 的距离
    cout<<"Distance between p1 and p2_3D: "<<dis<<endl;
    dis=p1_3D.getDistance(p2);   //计算点 p1_3D 和 p2 的距离
    cout<<"Distance between p1_3D and p2: "<<dis<<endl;
    return 0;
}
```

该程序无法通过编译，请分析可能的原因：

【提示】如果某个函数调用需要传递基类对象，可以将派生类对象传递给他，此时将发生切片效果，只将基类需要的数据复制过去。相反，如果需要 1 个派生类对象，传递基类对象将无法通过编译。

4) 修改 Point3D 类，为其增加如下的构造函数，通过 1 个 Point 对象构造 Point3D 对象，实现办法是将 z 设置为 0。

```
class Point3D : public Point{
public:
    Point3D(double newX=0, double newY=0, double newZ=0);
    Point3D(const Point& p);
    double getZ()const;
    double getDistance( const Point3D& p)const;
private:
    double z;
};
Point3D::Point3D(const Point& p): Point(p), z(0) {}
```

重新编译程序，记录运行结果。

运行结果：

【提示】只含有 1 个参数的构造函数称为类型转换构造函数，可以将传入参数类型转换为当前类类型。如果需要将基类对象复制给派生类对象，可以通过类型转换构造函数间接实现。

5.2.2 实习任务二

1) 调试运行下面的程序，写出程序的运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
const double PI=3.14;
class Shape{
public:
```

```
    double getArea()const;
    double getPerimeter()const ;
};
double Shape::getArea()const{
    return 0;
}
double Shape::getPerimeter()const{
    return 0;
}
class Circle: public Shape{
public:
    Circle(double r) : radius(r) {}
    double getArea() const;
    double getPerimeter() const;
private:
    double radius;
};
double Circle::getArea( )const{
    return PI*radius*radius;
}
double Circle::getPerimeter( )const{
    return 2*PI*radius;
}
class Rectangle: public Shape{
public:
    Rectangle( double w, double h): width(w), height(h) {}
    double getArea()const;
    double getPerimeter()const;
private:
    double width;
    double height;
};
double Rectangle::getArea()const{
    return width*height;
}
double Rectangle::getPerimeter( )const{
    return 2*(width+height);
```

```
}
int main(){
    Shape *pShapes[3];   //定义基类指针数组
    pShapes[0]=new Shape;
    pShapes[1]=new Rectangle(3,4);
    pShapes[2]=new Circle(1.0);
    double totalArea=0, totalPerimeter=0;
    for(int i=0;i<3;++i){
        totalArea+=pShapes[i]->getArea();
        totalPerimeter+=pShapes[i]->getPerimeter();
    }
    cout<<"Total Area: "<<totalArea<<endl;
    cout<<"Total Perimeter: "<<totoalPerimeter<<endl;
    for(int i=0;i<3;++i)
        delete pShapes[i];
    return 0;
}
```

运行结果：_____

【想一想】输出结果和你的预期一致吗？请分析输出结果的原因。

2) 修改 1)中的 Shape 类，将 getArea 和 getPerimeter 定义为虚函数，以实现多态效果，并增加虚析构函数。重新运行程序，记录程序的运行效果。

```
class Shape{
public:
```

_____

};

运行结果：

3) 修改 2)中的 Shape 类，将 getArea 和 getPerimeter 定义为纯虚函数，以实现多态效果。修改主函数，重新运行程序，记录程序的运行效果。

```
class Shape{
public:

};
double Shape::getArea()const{
    return 0;
}
double Shape::getPerimeter()const{
    return 0;
}
int main(){
    Shape *pShapes[3];   //定义基类指针数组
    pShapes[0]=new Shape;
    pShapes[0]=new Rectangle(3,4);
    pShapes[1]=new Circle(1.0);
    pShapes[2]=new Rectangle(2,1);
    double totalArea=0, totalPerimeter=0;
    for(int i=0;i<3;++i){
        totalArea+=pShapes[i]->getArea();
        totalPerimeter+=pShapes[i]->getPerimeter();
```

```
    }
    cout<<"Total Area: "<<totalArea<<endl;
    cout<<"Total Perimeter: "<<totoalPerimeter<<endl;
    for(int i=0;i<3;++i)
        delete pShapes[i];
    return 0;
}
```

运行结果：

4) 从 Shape 派生得到 Triangle 类（三角形类），在其中定义 3 个边长数据成员，实现构造函数和虚函数 getArea 和 getPerimeter。类的定义如下：

```
class Triangle : public Shape{
public:
    Triangle(double newA, double newB, double newC);
    virtual double getArea( )const;
    virtual double getPerimeter( )const;
private:
    double a, b, c;
};
```

【提示】计算三角形面积，可以参考海伦公式。调用 sqrt 函数时需要包含头文件：#include <cmath>

测试主程序修改如下。

```
int main(){
    Shape *pShapes[3];   //定义基类指针数组
    pShapes[0]=new Rectangle(3,4);
    pShapes[1]=new Circle(1.0);
    pShapes[2]=new Triangle(3,4,5);
    double totalArea=0, totalPerimeter=0;
    for(int i=0;i<3;++i){
        totalArea+=pShapes[i]->getArea();
        totalPerimeter+=pShapes[i]->getPerimeter();
    }
    cout<<"Total Area: "<<totalArea<<endl;
    cout<<"Total Perimeter: "<<totoalPerimeter<<endl;
    for(int i=0;i<3;++i)
        delete pShapes[i];
}
```

运行结果：

5.3 课后练习

1. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
class Base {
public:
    void display() {cout<<"Base display"<<endl; }
};
class Derived : public Base {
public:
    void display() { cout<<"Derived display"<<endl; }
};
void display(Base & rr){
    rr.display();
}
int main(){
    Base b;
    Derived d;
    display(b);
    display(d);
    return 0;
}
```

2. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Person{
public:
    Person() {
        cout<<"Person 构造函数! "<<endl;
    }
    ~Person() {
        cout<<"Person 被析构! "<<endl;
    }
};
class Student : public Person
{
public:
    Student() {cout<<"Student 构造函数! "<<endl;}
    ~Student() {cout<<"Student 被析构! "<<endl;}
};
```

```
class Teacher : public Person{
public:
    Teacher() {
        cout<<"Teacher 构造函数! "<<endl;
    }
    ~Teacher()
    {cout<<"Teacher 被析构! "<<endl;}
};
int main(){
    Student s;
    Teacher t;
    return 0;
}
```

3. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Animal{
public:
    virtual void Report() { cout<<"Report from Animal! "<<endl; }
};
class Tiger : public Animal{
public:
    virtual void Report() {cout<<"Report from Tiger! "<<endl; }
};
class Monkey : public Animal{
public:
    virtual void Report() {
        cout<<"Report from Monkey! "<<endl;
    }
};
void show(Animal *p){
    p->Report();
}
int main(){
    Tiger tiger;
    Monkey monkey;
    Animal animal=tiger;
```

```
    show(&tiger);
    show(&monkey);
    show(&animal);
    return 0;
}
```

4. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Base{
private:
    int base;
public:
    Base(int b) {
        base=b;
        cout<<"base="<<b<<endl;
    }
    ~Base() { }
};
class Derived : public Base{
private:
    Base bb;
    int derived;
public:
    Derived(int d,int b,int c) : bb(c) , Base(b) {
        derived=d;
        cout<<"derived="<<derived<<endl;
    }
    ~Derived() {}
};
int main(){
    Derived d(3,4,5);
    return 0;
}
```

5. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Base{
```

```
public:
    Base (int i,int j){ x0=i; y0=j;}
    void Move(int x,int y){ x0+=x; y0+=y;}
    void Show(){ cout<<"Base("<<x0<<","<<y0<<")"<<endl;}
private:
    int x0,y0;
};
class Derived: private Base{
public:
    Derived(int i,int j,int m,int n):Base(i,j){ x=m; y=n;}
    void Show (){cout<<"Next("<<x<<","<<y<<")"<<endl;}
    void Move1(){Move(2,3);}
    void Show1(){Base::Show();}
private:
    int x,y;
};
int main( ){
    Base b(1,2);
    b.Show();
    Derived d(3,4,10,15);
    d.Move1();
    d.Show();
    d.Show1();
    return 0;
}
```

6. 写出程序输出结果

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <vector>
using namespace std;
class Sales{
private:
    string product;
    double price;
    double quantity;
public:
    Sales(string prod,double p,double q):product(prod),price(p),quantity(q){}
```

```
    virtual double net_price()const{return price*quantity;}
};
class DiscountSales:public Sales{
private:
    double rate;
public:
    DiscountSales(string prod,double p,double q,double r)
        :Sales(prod,p,q),rate(r){}
    virtual double net_price()const{return Sales::net_price()*rate;}
};
class FullDiscountSales:public Sales{
private:
    double fullMoney,discountMoney;
public:
    FullDiscountSales(string prod,double p,double q,double f,double d)
        :Sales(prod,p,q),fullMoney(f),discountMoney(d){}
    virtual double net_price()const{
        double money=Sales::net_price();
        int count=0;
        while((money-=fullMoney)>=0) {count++;}
        return Sales::net_price()-count*discountMoney;
    }
};
int main(){
    vector< Sales* > vec;
    vec.push_back(new DiscountSales("C++",100,2,0.8));
    vec.push_back(new FullDiscountSales("Java",80,5,200,30));
    cout<<vec[0]->net_price()<<endl;
    cout<<vec[1]->net_price()<<endl;
    double totalPrice=0;
    for(auto p : vec) totalPrice+=p->net_price();
    cout<<"totalPrice:"<<totalPrice<<endl;
    for(auto p: vec) delete p;
    return 0;
}
```

6 模板

6.1 实习目的

1) 熟悉类模板的定义；
2) 熟悉函数模板的定义与参数匹配；
3) 了解栈的基础知识。

6.2 实习任务

6.2.1 实习任务一

1) 调试运行下面的程序，记录运行结果。

```
#include <iostream>
using namespace std;
template<typename T>
T average( T *pd, int n) {
    T sum=0;
    int i=0;
    while(i<n)
        sum+=pd[i++];
    return sum/n;
}
int main(){
    double a[]={2.5,4.5,6.5,8.5};
    cout<<"Average of a: "<<average(a, 4)<<endl;
    int b[]={3,5,7,8};
    cout<<"Average of b: "<<average(b, 4)<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

2) 调试运行下面的程序，记录运行结果。

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
template<typename T1,typename T2,typename T3>
T1 sum(T2 a, T3 b){
    return a+b;
}
int main(){
    auto r1=sum<double,int,double>(2,5.5);
    cout<<"result1: "<<r1<<endl;
    auto r2=sum<double,int,int>(2.3,5.6);
    cout<<"result2: "<<r2<<endl;
    auto r3=sum<int>(2.4,5.5);
    cout<<"result3: "<<r3<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

_____

6.2.2 实习任务二

1) 存放整型数据的栈类定义及成员函数定义如下：

```
class Stack{
public:
    Stack(int size=100); //按指定的大小构建堆栈
    ~Stack();
    void push(int data);   //向栈顶添加元素
    int pop();   //弹出并返回栈顶元素
    bool isEmpty()const;   //判断堆栈是否为空
    bool isFull()const;   //判断堆栈是否满
private:
    int *pData;     //指向堆中为堆栈分配的数据
    int stackSize;     //堆栈当前容量
    int top;   //栈顶的下标位置
};
Stack::Stack(int size){
    pData=new int[size];
```

```
    stackSize=size;
    top=-1;
}
Stack::~Stack(){
    delete [] pData;
}
void Stack::push(int data){
    if(isFull())    {
        cout<<"Stack is full!\n";
        exit(0);
    }
    top++;
    pData[top]=data;
}
int Stack::pop(){
    if(isEmpty()) {
        cout<<"Stack is empty!\n";
        exit(0);
    }
    int temp=pData[top];
    top--;
    return temp;
}
bool Stack::isEmpty()const{
    return top==-1;
}
bool Stack::isFull()const{
    return top==stackSize-1;
}
```

按照如下的主程序进行测试，记录运行结果。

```
int main(){
    int array[10]={1, 3, 2, 4};
    Stack s(4);     //创建堆栈 s，设置初始大小为 4
    int i;
    for(i=0;i<3; ++i)
        s.push(array[i]);
    while(!s.isEmpty())
```

```
        cout<<s.pop()<<'  ';
    for( i=0;i<10; ++i)
        s.push(array[i]);
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

2) 将 1)中实现的堆栈数据结构修改为基于模板类型，类的定义如下，给出所有成员函数的定义。

```
template <typename T>
class Stack{
public:
    Stack(int size=100);
    ~Stack();
    void push(T data);
    T pop();
    bool isEmpty()const;
    bool isFull()const;
private:
    T *pData;
    int stackSize;
    int top;
};
```

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

【提示】编写模板类时，将定义和成员函数的定义放在同一个文件（头文件中），在主程序中包含头文件，才能顺利通过编译。

测试的主程序如下：

```
int main(){
    int array[10]={1, 3, 2, 4};
    Stack<int> s(4);     //创建堆栈 s，设置初始大小为 4
    int i;
    for( i=0;i<3; ++i)
        s.push(array[i]);
    while(!s.isEmpty())
        cout<<s.pop()<<'   ';
    for( i=0;i<10; ++i)
        s.push(array[i]);
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

6.2.3 实习任务三

1) 将课件中的 Array1D 类改造为基于模板实现，以实现对不同数据类型的统一处理。数组类的定义及部分成员函数定义如下，给出其它成员函数的定义。

```
template <typename T>
class Array1D{
public:
    Array1D (int newSize);   //指定数组大小
    Array1D (T *p, int newSize); //指定数组大小并传递初始值
    Array1D ( const Array1D <T>& a);   //拷贝构造函数
    ~Array1D ();
    int getSize()const;   //获取数组的大小
    T max()const;   //获取数组的最大值
    void reverse();   //逆转数组元素
    const T& operator[](int index)const;
    T& opeator[](int index);
    Array1D& operator=(const Array1D<T>& a);   //赋值运算符
    template <typename X>
    friend ostream& operator<<( ostream& out, const Array1D <X>& t);
private:
    T *pData;       //指向堆中数组的指针
    int size;       //数组元素个数
};
```

说明：类的模板类型参数为 T，但友元函数 operator<<不是类的成员，所以不能使用类型参数 T，在声明时必须指定自己的模板参数。

测试主程序如下：

```
int main(){
    Array1D <int> array(5);
    for(i=0;i<array.getSize();++i)
        array [i]=i+1;
    cout<<"Max: "<< array.max()<<endl;
    for(i=0;i<array.getSize();++i)
        cout<<array[i]<< "    ";
    cout<<endl;
    cout<<array;
    return 0;
```

}

6.3 课后练习*

1. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
```

```
template <typename T>
void f(const T& a,const T& b){
    cout<<a+b<<endl;
}
int main(){
    string s="Time",t="Marches";
    f(4,5);
    f(s,t);
    return 0;
}
```

2. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
template<typename T>
class Array1D{
private:
    vector<T> vec;
public:
    Array1D(int size){vec.resize (size);}
    T& operator[](int index){return vec[index];}
    const T& operator[](int index)const{
        return vec[index];
    }
    int size()const{return vec.size ();}
};
int main(){
    Array1D<int> a(10);
    cout<<"size:"<<a.size ()<<endl;
    for(int i=0;i<a.size ();++i)
        a[i]=i*i;
    for(int i=0;i<a.size();++i)
        cout<<a[i]<<"    ";
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

3. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
template<typename T1,typename T2>
auto sum(const T1& a,const T2& b)->decltype(a+b){
    return a+b;
}
int main(){
    char str[]{"helloworld"};
    cout<<"first:"<<sum(string("hello"),"world")<<endl;
    cout<<"second:"<<sum(10,'a')<<endl;
    cout<<"third:"<<sum(string("hello"),'w')<<endl;
    cout<<"fourth:"<<sum(str,3)<<endl;
    return 0;
}
```

4. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
template<typename T>
T add(T a, T b){return a+b;}
template<typename T>
T sub(T a, T b){return a-b;}
template<typename T1, typename T2>
T1 cal(T1 a, T1 b, T2 f){
    return f(a,b);
}
int main(){
    int a=3,b=5;
    cout<<"First:"<<cal(a,b,add<decltype(a+b)>)<<endl;
    cout<<"Second:"<<cal(a,b,sub<decltype(a-b)>)<<endl;
    string s1{"hello"};
    string s2{"world"};
    cout<<"Third:"<<cal(s1,s2,add<string>)<<endl;
    return 0;
}
```

5. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <vector>
using namespace std;
template<typename T,typename V>
T search(T begin,T end,V value){
    while(begin!=end){
        if(*begin==value) return begin;
        begin++;
    }
    return end;
}
int main(){
    int a[3]={5,9,10};
    auto it=search(begin(a),end(a),9);
    if(it==end(a)) cout<<"No\n";
    else
        cout<<*it<<" Yes\n";
    vector<string> v{"hello","world","welcome"};
    if(search(v.begin (),v.end (),"test")==v.end ())
        cout<<"No\n";
    else
        cout<<"Yes\n";
    return 0;
}
```

6. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
template<typename T>
bool greaterFun(T a,T b){return a>=b;}
template<typename T>
bool lessFun(T a,T b){return a<b;}
template<typename T,typename T2,typename C>
T search(T begin,T end,T2 value,C con){
    while(begin!=end){
        if(con(*begin,value)) return begin;
```

```
            begin++;
        }
        return end;
}
int main(){
        int a[]={90,87,56,100,82};
        auto it=search(begin(a),end(a),100,greaterFun<int>);
        if(it!=end(a))
            cout<<"First:"<<*it<<endl;
        it=search(begin(a),end(a),60,lessFun<int>);
        if(it!=end(a))
            cout<<"Second:"<<*it<<endl;
        return 0;
}
```

7 STL 及应用

7.1 实习目的

1) 了解标准模板库中容器、迭代器、算法的基础概念；
2) 掌握基础容器和常用算法的应用；
3) 熟悉函数对象、Lambda 等工具的使用。

7.2 实习任务

7.2.1 实习任务一

1) 调试运行下面的程序，记录运行结果。

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;
int main(){
    vector<int> vec{1,3,6,20,3,5};
    vec.push_back (17);
    for(auto e: vec)cout<<"    "<<e;
    cout<<endl;
    transform(vec.begin (),vec.end (),vec.begin (),
                []int e){ return e%2==0?e:e*2;});
    for_each(vec.begin (),vec.end (),
                []int e){cout<<"    "<<e;});
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

2) 调试运行下面的程序，记录运行结果。

下面的程序由用户输入形如 3*5 的表达式，系统完成计算。测试如下的输入：

3*5

50-34
5+11

```
#include <iostream>
#include <ctime>
#include <functional>
using namespace std;
int main(){
    function<int(int,int)> ope;
    while(true){
        int num1,num2;
        char op;
        cout<<"Input the expression(5*3):";
        cin>>num1>>op>>num2;
        if(num1==0)break;
        switch(op){
        case '+':ope=plus<int>();break;
        case '-':ope=minus<int>();break;
        case '*':ope=multiplies<int>();break;
        }
        cout<<num1<<op<<num2<<"="<<ope(num1,num2)<<endl;
    }
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

_____

【提示】C+11 中通过 function 模板定义仿函数对象及 Lambda 表达式（匿名函数对象）的数据类型，function<int(int,int)>表示的函数对象返回值类型为 int，2 个参数类型也为 int，可以使用 auto 简化这种类型表达。

7.2.2 实习任务二

1) 下面的程序将容器中的 3 的倍数且不大于 20 的元素复制到另外一个容器之中，判定规则使用普通函数实现，给出 predicate 的实现。通过 copy_if 算法可以根据指定规则实现选择复制。

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
#include <functional>
using namespace std;
bool predicate(int data){
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
}
int main(){
    vector<int> vec{2,4,5,6,10,15,3,21,36,72,9,13};
    vector<int> result;
    result.resize (vec.size());
    auto end=copy_if(vec.begin (),vec.end (),result.begin(),predicate);
    result.erase(end,result.end ());
    for_each(result.begin (),result.end (),[](int e){cout<<e<<endl;});
    return 0;
}
```

【提示】考虑到从 vec 中符合条件复制到 result 中的元素数量的不确定性，初始时设置 result 和 vec 相同大小，复制完成后，copy_if 返回的 end 表示实际有效元素的下一个位置，通过 erase 方法可以删除 end 到容器尾（result.end()）之间的无效元素。

2) 将 1)中的 predicate 方法改用函数对象实现，定义 Predicate 函数对象，在其中实现函数调用运算符，作为判定规则。给出 Predicate 类的实现。

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;
class Predicate{
public:
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
    ____________________________________________________________
```

```
};
int main(){
    vector<int> vec{2,4,5,6,10,15,3,21,36,72,9,13};
    vector<int> result;
    result.resize (vec.size());
    auto end=copy_if(vec.begin (),vec.end (),result.begin(),Predicate());
    result.erase(end,result.end ());
    for (auto e : result ) cout<<e<<endl;
    return 0;
}
```

3) 将 2)的基础之上，不使用 Predicate 类，直接在 copy_if 算法中使用 Lambda 表达式实现相同的判断规则。

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;
int main(){
    vector<int> vec{2,4,5,6,10,15,3,21,36,72,9,13};
    vector<int> result;
    result.resize (vec.size());
    auto end=copy_if(vec.begin (),vec.end (),result.begin(),
    ------------------------------------------------------------
    );
    result.erase(end,result.end ());
    for (auto e : result ) cout<<e<<endl;
    return 0;
}
```

4) 将 2)中实现的 Predicate 基础之上，增加约束条件，最多复制前 3 个符合条件的元素。给出 Predicate 类的实现。

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;
class Predicate{
```

```
public:
        _____
        _____
        _____
        _____
        _____
        _____
        _____
        _____
};
int main(){
    vector<int> vec{2,4,5,6,10,15,3,21,36,72,9,13};
    vector<int> result;
    result.resize (vec.size());
    auto end=copy_if(vec.begin (),vec.end (),result.begin(),Predicate(0));
    result.erase(end,result.end ());
    for(auto e: result) cout<<e<<endl;
    return 0;
}
```

【提示】在 Predicate 类中定义成员变量 count，记录找到的符合条件的数据数量，通过构造函数初始化为 0，如果已经达到预定数量，则在 operator()函数中直接返回 false，从而限制数量上限。根据需要，还可以将上限值作为参数传入，增加灵活性。

函数对象相对普通函数，更具有灵活性，可以通过数据成员保存处理状态，如果要在普通函数中实现这种灵活性，需要依赖于全局变量，破坏了封装性，建议对于复杂逻辑处理的情况下，尽量使用函数对象。

5) 将 4)的基础之上，不使用函数对象，使用 Lambda 表达式直接在 copy_if 算法指定相同的规则。

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;
int main(){
```

```
    vector<int> vec{2,4,5,6,10,15,3,21,36,72,9,13};
    vector<int> result;
    result.resize (vec.size());
    int count=0;
    auto end=copy_if(vec.begin (),vec.end (),result.begin(),
```

```
    );
    result.erase(end,result.end ());
    for(auto e: result) cout<<e<<endl;
    return 0;
}
```

【提示】在 main 方法中定义局部变量 count，初始为 0，用于计数。在判断规则的 Lambda 表达式中，需要捕获该变量，并进行计数判断。

Lambda 表达式相对于函数对象，表达更加简洁，避免了定义大量的小型类。但不易在 Lambda 表达式中定义特别复杂的处理逻辑。

7.2.3 实习任务三*

1) 定义 Student 类

Student 类封装了简单的学生信息，其定义如下：

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <string>
#include <algorithm>
using namespace std;
class Student{
private:
    string name;
    string specialty;//专业
    long id;//  学号
    double creditPoint; //学分积点
public:
    Student(string n,string s,long i,double c)
        :name(n),specialty(s),id(i),creditPoint(c){}
    void setCreditPoint(double c){creditPoint=c;}
```

```
        double getCreditPoint()const{return creditPoint;}
        string getName()const{return name;}
        long getId()const{return id;}
        string getSpecialty()const{return specialty;}
        friend std::ostream& operator<<(std::ostream& out,const Student& s);
    };
    ostream& operator<<(ostream& out,const Student& s){
        out<<"Name:"<<s.name<<endl;
        out<<"    Id:"<<s.id<<endl;
        out<<"    Specialty:"<<s.specialty<<endl;
        out<<"    CreditPoint:"<<s.creditPoint<<endl;
        return out;
    }
    int main(){
        vector<Student> vec{
            {"zhang","Computer",11001,4.2},
            {"wang","Computer",11002,3.8},
            {"Li","English",12001,4.1},
            {"Tang","English",12002,3.9},
            {"Qian","Computer",11003,4.0},
            {"Song","Geology",10001,4.1}
        };
        for(auto e: vec)
            cout<<e;
        return 0;
    }
```

2) 定义 StudentManage 类

在 StudentManage 类中定义 vector<Student>数据成员，保存所有的学生信息，同时定义添加、删除、查询和输出所有学生信息的接口。

添加学生时，输入学生信息，将学生保存到容器中，需要检查学号是否已经存在；删除学生时，输入学号，移除指定学号的学生；查询接口应提供根据姓名和学号的查询功能，按姓名查询时，显示所有姓名匹配的学生信息；输出学生信息时，按照指定的排序规则输出所有学生信息，可根据学号、姓名、专业或学分积点排序。StudentManage 类的接口定义如下，写出未定义的成员函数。

```
    class StudentManage{
```

```
public:
    enum SortType{BY_NAME,BY_ID,
            BY_SPECIALTY,BY_CRDITPOINT};
    StudentManage()=default;
    void addStudent();
    void removeStudent();
    void setSortType(SortType st);
    void findStudent();
    int size()const{ return students.size();}
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& out,
                const StudentManage& sm);
private:
    vector<Student> students;
    SortType sortType=BY_ID;
};
void StudentManage::setSortType (SortType st){
    function<bool(const Student&,const Student&)> f;
    switch(st){
    case BY_ID: f=[](const Student& s1,const Student& s2)
        {return s1.getName()<s2.getName();};break;
    case BY_NAME:f=[](const Student& s1,const Student& s2)
        {return s1.getId()<s2.getId();};break;
    case BY_SPECIALTY:f=[](const Student& s1,const Student& s2)
        {return s1.getSpecialty()<s2.getSpecialty();};break;
    case BY_CRDITPOINT:f=[](const Student& s1,const Student& s2)
        {return s1.getCreditPoint()<s2.getCreditPoint();};break;
    }
    sort(students.begin(),students.end(),f);
}
```

【补充说明】在 StudentManage 类中定义枚举类型 SortType，用于标识排序类型，在 StudentManage 外部访问该枚举类型时通过 StudentManage::SortType 访问。students 为保存学生信息的 vector 容器，sortType 是 SortType 类型的变量，默认为 BY_ID（根据 ID 排序）。每次调用 addStudent 方法后，应调用 setSortType 重新排序，removeStudent 后元素仍然有序，无需重新排序。

可能的测试主程序如下：

```
int main(){
    StudentManage sm;
    sm.addStudent();
    sm.addStudent();
    sm.addStudent();
    sm.addStudent();
```

```
        cout<<"sort type(0-name,1-id,2-specialty,3-creditpoint):";
        int choice;
        cin>>choice;
        sm.setSortType (static_cast<StudentManage::SortType>(choice));
        cout<<sm;
        sm.findStudent ();
        sm.removeStudent ();
        cout<<sm;
        return 0;
    }
```

【扩展应用】可以在主程序中添加菜单选项，允许用户多次操作各项功能，实习更加友好的交互功能。

7.3 课后练习

1. 写出下面程序的运行结果

```
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
int main(){
    vector<int>data;
    data.push_back(1);
    data.push_back(3);
    data.push_back(2);
    sort(data.begin(),data.end());
    for(unsigned int i=0; i!=data.size();++i)
        cout<<data.at(i)<< "    ";
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

2. 写出下面程序的运行结果

```
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
```

```
int main(){
    vector<int>data;
    data.push_back(1);
    data.push_back(3);
    data.push_back(2);
    sort(data.begin(),data.end());
    vector<int>::iterator it=data.begin();
    for(; it!=data.end(); it++)
        cout<<*it<<"    ";
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

3. 写出下面程序的运行结果

```
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;
int main(){
    vector<int>data;
    data.push_back(1);
    data.push_back(3);
    data.push_back(2);
    sort(data.begin(),data.end());
    for( auto e :data)
        cout<<e<<"    ";
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

4. 写出下面程序的运行结果

假定用户输入 hello hello me me me

```
#include <iostream>
#include <map>
#include <string>
using namespace std;
int main(){
    map<string,int> counts;
    string word;
```

```
        while(cin>>word)
            ++counts[word];
        for(auto e : counts)
            cout<<e.first<<"\t"<<e.second<<"\n";
        return 0;
    }
```

5. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <list>
#include <algorithm>
#include <numeric>
using namespace std;
double arithMean(const list<int>& nums){
    double sum=accumulate(nums.begin(),nums.end(),0);
    return sum/nums.size();
}
int main(){
    list<int> data;
    data.push_back(2);
    data.push_back(3);
    data.push_back(1);
    data.push_back(4);
    cout<<"mean:"<<arithMean(data)<<endl;
    return 0;
}
```

6. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <list>
#include <algorithm>
#include <numeric>
#include <cmath>
using namespace std;
int product(int num1, int num2){
    return num1*num2;
}
double geoMean(const list<int>& nums){
    double mult=accumulate(nums.begin(),nums.end(),1,product);
```

```
        //pow 函数计算 mult 的 1.0/nums.size()次幂
        return pow(mult, 1.0/nums.size());
    }
    int main(){
        list<int> data;
        data.push_back(2);
        data.push_back(4);
        data.push_back(1);
        cout<<"mean:"<<geoMean(data)<<endl;
        return 0;
    }
```

7. 写出下面程序的运行结果

```
    #include <algorithm>
    #include <map>
    #include <iostream>
    using namespace std;
    int main( ){
        map<int, int> myMap;
        myMap.insert(make_pair(5, 50));
        myMap.insert(make_pair(6, 60));
        myMap.insert(make_pair(4, 40));
        myMap.insert(make_pair(7, 70));
        for_each(myMap.begin(), myMap.end(),
                [](const pair<int,int>& e)
                    {cout<<e.first<<"->"<<e.second<<endl;});
        return (0);
    }
```

8. 写出下面程序的运行结果

```
    #include <iostream>
    #include <vector>
    #include <algorithm>
    #include <functional>
    using namespace std;
    using namespace std::placeholders;
    int main( ){
        vector<int> myVector;
        myVector.push_back(50);
```

```
    myVector.push_back(76);
    myVector.push_back(68);
    for_each(myVector.begin(), myVector.end(),
            [](int e){cout<<e<<"    ";});
    cout << endl;
    transform(myVector.begin(), myVector.end(), myVector.begin(),
        bind(plus<int>(), _1,10));
    for(auto e : myVector) cout<<e<<"    ";
    cout << endl;
    return (0);
}
```

9. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <functional>
using namespace std;
template<typename T1, typename T2>
T1 cal(T1 a, T1 b, T2 f){
    return f(a,b);
}
int main(){
    int a=3,b=5;
    cout<<"First:"<<cal(a,b,plus<int>())<<endl;
    cout<<"Second:"<<cal(a,b,minus<int>())<<endl;
    string s1{"hello"};
    string s2{"world"};
    cout<<"Third:"<<cal(s1,s2,plus<string>())<<endl;
    return 0;
}
```

10. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm>
#include <functional>
using namespace std;
using namespace std::placeholders;
int main(){
```

```
    vector<int> vec{1,3,5,2,6,9};
    int value=4;
    int cnt=count_if(vec.begin(),vec.end(),
            [=](int i) {return i<value; } );
    cout<<"count:"<<cnt<<endl;
    cnt=count_if(vec.begin(),vec.end(),
            bind(greater_equal<int>(),_1,value));
    cout<<"count:"<<cnt<<endl;
    return 0;
}
```

8　异常处理与输入输出流

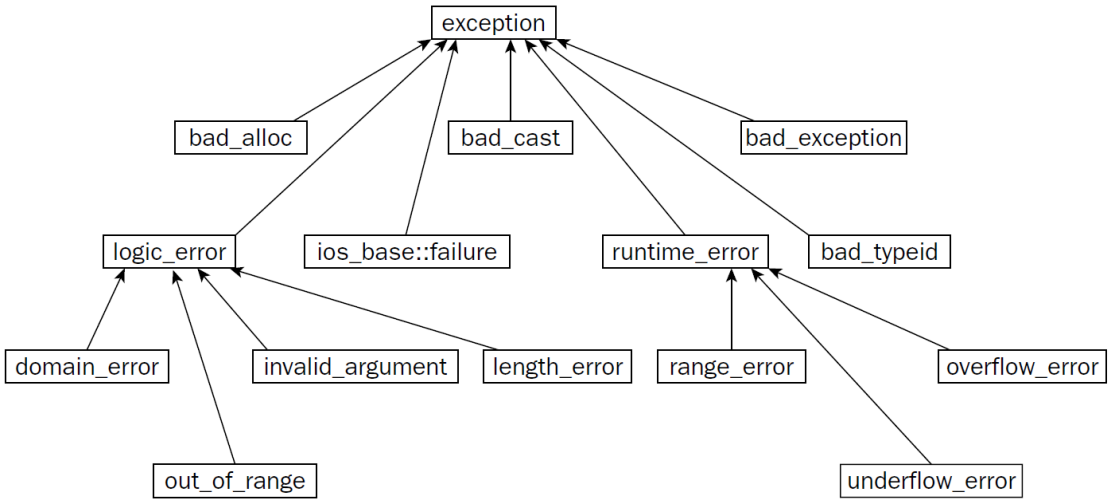
8.1　实习目的

1) 掌握异常处理的机制和方法；
2) 了解基于多态的异常类体系；
3) 熟悉常见输入输出流的应用；
4) 掌握文件的读写操作。

8.2　实习指导

1) C++中的异常类体系简介

C++标准库中定义了常用的异常类体系，如下图所示。



exception 类是所有异常类的基类，所有异常类都通过传入 1 个字符串参数来构造（字符串描述异常信息）。所有异常类中都包含 what 虚函数，what 虚函数返回 const char *，指向所包含的异常信息。

若需要使用 exception 类及其派生类，需要包含头文件：

#include <stdexcept>

如果程序中只抛出 exception 及其子类对象，采用多态技术，在捕获异常中只需要 1 个 catch 分支即可捕获所有的异常对象并能够多态地处理。处理的框架

代码如下：

```
catch(exception & e) {    //一定要捕获异常基类引用，才能多态处理
    cout<<e.what()<<endl;
}
```

8.3 实习任务

8.3.1 实习任务一

1) 调试运行下面的程序，输入不同数据，记录运行结果。

分别测试 b 为 0、a<b、无异常输入等几种情况。

```
#include <cmath>
#include <iostream>
using namespace std;
double sqrtIt(double a, double b){
    if( (a-b) < 0 )
        throw "Sqrt negative number!\n";
    return sqrt( a-b );
}
double divide(double a, double b){
    if(b==0)
        throw 0;
    return a/b;
}
int main( ){
    double a, b;
    cout<<"Enter a and b: ";
    cin>>a>>b;
    try {
        cout<<"The Sqrt of a-b: "<<sqrtIt(a, b)<<endl;
        cout<<"a/b: "<<divide(a,b)<<endl;
    }
    catch(const char * pError)    {
        cout<<pError<<endl;
    }
```

```
    catch ( int error)      {
        cout<<"divided by zero!"<<endl;
    }
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

_____

_____

_____

_____

2) 调试运行下面的程序，记录运行结果。

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
int main(){
    ofstream outf("D:\\tmp.txt",ios::trunc);
    outf<<"World Wide Web";
    outf.close();
    ifstream inf("D:\\tmp.txt");
    char str[40];
    inf>>str;
    inf.close();
    cout<<str <<endl;
    return 0;
}
```

运行结果：_____

_____

8.3.2 实习任务二

1) 在实习 6 的堆栈类基础之上，分析代码中可能存在异常的地方。

- 当堆栈已经为空时，执行 pop 操作；
- 当堆栈已满时，执行 push 操作。

根据可能出现的各种异常，自定义系统中所需要的异常类体系，并在堆栈类的相应操作中抛出异常。异常基类 ExceptionBase 的定义如下。

```
class ExceptionBase { //异常基类
public:
    virtual void showReason( ) {
        cout<<"Base Exception!\n";
    }
};
```

PushOnFull 类和 PopOnEmpty 类从 ExceptionBase 类派生，给出它们的定义和实现代码。

在堆栈类的 push 和 pop 方法中判断并抛出异常。

```
template <typename T>
void Stack<T>::push(T data){ //栈满时 push 数据抛出 PushOnFull 异常
```

```
        top++;
        pData[top]=data;
    }
    template <typename T>
    T Stack::pop(){ //栈空时 pop 数据抛出 PopOnEmpty 异常
        T temp=pData[top];
        top--;
        return temp;
    }
```

在主程序中，捕获堆栈类中抛出的异常，在 catch 中捕获的是基类的引用，从而实现多态异常处理，此时调用 showReason 为虚函数。

```
int main(){
    int array[10]={1, 3, 2, 4};
    Stack<int> s(4);     //创建堆栈 s，设置初始大小为 4
    cout<<endl;
    try {
       for(int i=0;i<3; ++i)
           s.push(array[i]);
       while(!s.isEmpty())
           cout<<s.pop()<<'   ';
       for(int i=0;i<10; ++i)
           s.push(array[i]);
    }
    catch(ExceptionBase & e) {
        e.showReason();
    }
    return 0;
}
```

2) 增加对堆栈类构造函数中非法参数的异常捕获

在 Stack 类的构造函数中，判断初始堆栈大小参数，如果该参数≤0，则抛出异常。首先定义 ExceptionBase 类的派生类 IllegalParameter，实现其中的 showReason 方法。在 Stack 的构造函数中判断初始化化参数非法，则抛出相应异常。

```
template<typename T>
Stack<T>::Stack(int size){
    pData=new T[size];
    stackSize=size;
    top=-1;
}
```

测试主程序如下：

```
int main(){
    int array[10]={1, 3, 2, 4};
    int size;
    cout<<"Input Stack Size:";
    cin>>size;
    try{
       Stack<int> s(size);
       for(int i=0;i<3; ++i)
           s.push(array[i]);
       while(!s.isEmpty())
           cout<<s.pop()<<'   ';
    }
```

```
    catch(ExceptionBase & e){
        e.showReason();
    }
    return 0;
}
```

运行程序，尝试输入不同的参数，查看显示的不同异常信息。体会多态异常的特点和优势。

8.3.3 实习任务三

在实习 7 的 StudentManage 类基础之上，添加 saveData 和 loadData 接口，实现将学生数据保存磁盘文件中以及从磁盘文件中加载学生数据。

```
class StudentManage{
public:
    enum SortType{BY_NAME,BY_ID,
            BY_SPECIALTY,BY_CRDITPOINT};
    StudentManage()=default;
    void addStudent();
    void removeStudent();
    void setSortType(SortType st);
    void findStudent();
    void loadData( string filename);   //从文件中加载数据
    void saveData( string filename); //将数据保存到磁盘文件中
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& out,
                    const StudentManage& sm);
private:
    vector<Student> students;
    SortType sortType=BY_ID;
};
```

测试主程序如下：

```
int main(){
    StudentManage sm;
    sm.loadData("d:\\students.txt" );     //从文件中加载数据
    if(sm.size()==0){
        sm.addStudent();
        sm.addStudent();
        sm.addStudent();
        sm.addStudent();
    }
    cout<<"sort type(0-name,1-id,2-specialty,3-creditpoint):";
    int choice;
    cin>>choice;
    sm.setSortType (static_cast<StudentManage::SortType>(choice));
    cout<<sm;
    sm.findStudent ();
    sm.removeStudent ();
    cout<<sm;
    sm.saveData("d:\\students.txt" );     //将数据保存到文件中
```

```
    return 0;
}
```

【提示】读取文件时首先需要判断文件是否已经存在，如果文件不存在则不读取数据。保存数据时，应首先保存学生数量，然后依次保存每个学生的基本信息（各属性）；读取数据时，首先读取学生数量，再根据数量循环读取每个学生的信息，创建学生对象并添加到 sm 中。

8.4 课后练习

1. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
class CException{
public:
    virtual void display() {
        cout<<"数组访问越界!\n";
    }
};
class CUpperBoundException : public CException{
public:
    void display()
    { cout<<"数组访问超过最大许可下标"<<endl; }
};
class CLowerBoundException : public CException {
public:
    void display()
    { cout<<"数组访问小于最小许可下标"<<endl; }
};
#define N 3
int getElement(int *p,int index)
{
    if(index>=N) throw CUpperBoundException();
    if(index<0) throw CLowerBoundException();
        return p[index];
}
int main(){
```

```
    int a[N]={1,2,3};
    try {
        cout<<getElement(a,2)<<endl;
        cout<<getElement(a,-1)<<endl;
    }
    catch (CException & ex)
    { ex.display(); }
    try { cout<<getElement(a,4)<<endl; }
    catch(CException & ex) { ex.display(); }
    return 0;
}
```

2. 写出下面程序的运行结果

假定用户输入"Every student love C++"，写出程序执行后文件"D:\1.txt"中存储的内容。

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
int main(){
    char buf[100];
    cin>>buf;
    ofstream of;
    of.open("D:\\1.txt");
    of<<buf;
    of.close();
    return 0;
}
```

3. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
using namespace std;
int f(int n){
    if(n<=0)
        throw n;
    int s=1;
    for(int i=1;i<=n; ++i)
        s*=i;
    return s;
}
```

```
int main(){
    try  {
        cout<<f(4)<<endl;
        cout<<f(-2)<<endl;
    }
    catch(int n)  {
        cout<<"n="<<n<<"不能计算 n! "<<endl;
        cout<<"程序执行结束"<<endl;
    }
    return 0;
}
```

4. 写出下面程序的运行结果

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main(){
    cout<<hex<<20<<endl;
    cout<<oct<<10<<endl;
    cout<<setfill('x')<<setw(10);
    cout<<100<<"aa"<<endl;
    return 0;
}
```

5. 写出下面程序的运行结束后，文件 tmp.txt 中存储的内容。

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;
class Fraction{
private:
     int num,den;
public:
     Fraction(int n,int d):num(n),den(d){}
     void output()const{cout<<num<<"/"<<den<<endl;}
     int getNum()const{return num;}
     int getDen()const{return den;}
};
```

```
int main(){
    vector<Fraction> vec{{3,5},{2,7},{1,8}};
    ofstream f("d:\\tmp.txt");
    if(!f) return -1;
    f<<vec.size ()<<endl;
    for_each(vec.begin (),vec.end (), [&f](const Fraction& e)
        {f<<e.getNum()<<"    "<<e.getDen()<<endl;});
    return 0;
}
```

6. 写出下面程序的运行输出结果。

假定 d:\\tmp.txt 的文件内容如下：

```
3
2 9
3 7
1 4
3 8
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <vector>
using namespace std;
class Fraction{
private:
    int num,den;
public:
    Fraction(int n,int d):num(n),den(d){}
    void output()const{cout<<num<<"/"<<den<<endl;}
    int getNum()const{return num;}
    int getDen()const{return den;}
};
int main(){
    vector<Fraction> vec;
    ifstream f("d:\\tmp.txt");
    if(!f) return -1;
    int size;
    f>>size;
    for(int i=0;i<size;++i){
        int num,den;
```

```
            f>>num>>den;
            vec.push_back (Fraction(num,den));
        }
        for(auto e:vec) e.output();
        cout<<endl;
        return 0;
    }
```

7. 写出下面程序的运行输出结果。

```
    #include <iostream>
    #include <sstream>
    using namespace std;
    string writeString(int a,int b,char op){
        ostringstream ostr;
        ostr<<a<<op<<b;
        return (ostr.str());
    }
    int calString(const string& s){
        int a,b,result;
        char op;
        istringstream istr(s);
        istr>>a>>op>>b;
        switch(op){
        case '+':result=a+b;break;
        case '-':result=a-b;break;
        case '*':result=a*b;break;
        default:result=0;
        }
        return result;
    }
    int main(){
        cout<<calString(writeString(3,4,'+'));
        cout<<calString(writeString(3,5,'-'));
        cout<<calString(writeString(3,4,'*'));
        cout<<calString(writeString(4,2,'/'));
        return 0;
    }
```