C++面向对象部分

1 内存分区模型

- C++程序在执行时，将内存大方向划分为**4个区域**
  - 代码区：存放函数体的二进制代码，由操作系统进行管理的
  - 全局区：存放全局变量和静态变量以及常量
  - 栈区：由编译器自动分配释放, 存放函数的参数值,局部变量等
  - 堆区：由程序员分配和释放,若程序员不释放,程序结束时由操作系统回收
- **内存四区意义：**
  - 不同区域存放的数据，赋予不同的生命周期, 给我们更大的灵活编程

1.1 程序运行前

- 在程序编译后，生成了`exe`可执行程序，**未执行该程序前**分为两个区域
- **代码区：**
  - 存放 CPU 执行的机器指令
  - 代码区是**共享**的，共享的目的是对于频繁被执行的程序，只需要在内存中有一份代码即可
  - 代码区是**只读**的，使其只读的原因是防止程序意外地修改了它的指令
- **全局区：**
  - 全局变量和静态变量存放在此
  - 全局区还包含了常量区, 字符串常量和其他常量也存放在此
  - 该区域的数据在程序结束后由操作系统释放
- 总结：
  - C++中在程序运行前分为全局区和代码区
  - 代码区特点是共享和只读
  - 全局区中存放全局变量、静态变量、字符串常量和const修饰的全局变量
  - 常量区中存放 const修饰的全局常量和字符串常量
  - 局部常量以及局部常量都存放在栈区（主要是局部修饰的都放在栈区）

1.2 程序运行后

- **栈区：**
  - 由编译器自动分配释放, 存放函数的参数值，局部变量，形参等
  - 注意事项：不要返回局部变量的地址，栈区开辟的数据由编译器自动释放
  - 为了放置误操作，有些编译器会对局部变量进行一次保存
- **堆区**：
  - 由程序员分配释放,若程序员不释放,程序结束时由操作系统回收
  - 在C++中主要利用new在堆区开辟内存
  - **总结**：
    - 堆区数据由程序员管理开辟和释放
    - 堆区数据利用new关键字进行开辟内存，使用delete可以释放内存

1.3 new操作符

- C++中利用**new**操作符在堆区开辟数据

- 堆区开辟的数据，由程序员手动开辟，手动释放，释放利用操作符**delete**
- 语法：`new 数据类型`
- 利用new创建的数据，会返回该数据对应的类型的指针
- 举例：

```
int *p = new int(10);    //申请一个整型变量空间，初始为10
delete p;                //变量释放直接释放指针即可
int *arr = new int[10]; //申请10个空间的整型数组，arr指向首地址
delete[] arr;            //数组释放需要表明数组类型
```

2 引用

2.1 引用的基本使用

- **作用**：给变量起别名，此时别名与原名操作的同一块内存
- **语法**：`数据类型 &别名 = 原名`

2.2 引用注意事项

- 引用必须初始化
- 引用在初始化后，不可以改变
  - 如果&b=a，此时当b=c时，相当于将c的值赋值给了b，即赋值给了a，并不是更改了引用

2.3 引用做函数参数

- **作用**：函数传参时，可以利用引用的技术让形参修饰实参
- **优点**：可以简化指针修改实参

```
//值传递，无法更改原数据
int swap(int a, int b)
{
    int temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
//地址传递，可以改变原数据
int swap(int *a, int *b)
{
    int temp = *a;
    *a = *b;
    *b = temp;
}
//引用传递，可以改变源数据，此处的形参a相当于实参a的别名，两个引用的是同一个内存空间
int swap(int &a, int &b)
{
    int temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
```

> 总结：通过引用参数产生的效果同按地址传递是一样的。引用的语法更清楚简单

2.4 引用做函数返回值

- 作用：引用是可以作为函数的返回值存在的
- 注意：**不要返回局部变量引用**
- 用法：函数调用作为左值

示例：

```
//返回局部变量引用
int& test01() {
    int a = 10; //局部变量
    return a;
}

//返回静态变量引用
int& test02() {
    static int a = 20;
    return a;
}

int main() {

    //不能返回局部变量的引用，因为局部变量在调用之后就被释放掉了
    int& ref = test01();
    cout << "ref = " << ref << endl;
    cout << "ref = " << ref << endl;

    //如果函数做左值，那么必须返回引用
    int& ref2 = test02();
    cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
    cout << "ref2 = " << ref2 << endl;

    test02() = 1000;//因为test02()返回的是静态局部变量a的引用，这就相当于将1000赋值给了a的引用，即相当于赋值给了a，又因为ref2本身也属于a的引用，因此ref2也就成为了1000

    cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
    cout << "ref2 = " << ref2 << endl;

    system("pause");

    return 0;
}
```

2.5 引用的本质

- 本质：**引用的本质在c++内部实现是一个指针常量**
- 讲解示例：

```
//发现是引用，转换为 int* const ref = &a;
void func(int& ref){
    ref = 100; // ref是引用，转换为*ref = 100
}
int main(){
    int a = 10;
```

```
    //自动转换为 int* const ref = &a; 指针常量是指针指向不可改，也说明为什么引用不可更改
    int& ref = a;
    ref = 20; //内部发现ref是引用，自动帮我们转换为: *ref = 20;

    cout << "a:" << a << endl;
    cout << "ref:" << ref << endl;

    func(a);
    return 0;
}
```

- 结论：C++推荐用引用技术，因为语法方便，引用本质是指针常量，但是所有的指针操作编译器都帮我们做了
- 总的来说，书写了`int &ref = a;`就等价于`int* const ref = &a;`，因此ref是常量，无法改变

2.6 常量引用

- **作用**：常量引用主要用来修饰形参，防止误操作
- 在函数形参列表中，可以加const修饰形参，防止形参改变实参
- 使用场景：

```
int &ref = 10;//这是不可行的，因为引用必须是一块合法的内存空间。而10是字面量
const int & ref = 10;//这是可行的，此处相当于申请了一个临时整型变量存储10，随后ref引用该临时变量

//在传递参数时，形参引用时添加限定修饰const，则形参中该原数据就无法被改变
//引用使用的场景，通常用来修饰形参
void showValue(const int& v) {
    //v的值就不允许改变了
    cout << v << endl;
}
```

3 函数提高

3.1 函数默认参数

- 在C++中，函数的形参列表中的形参是可以有默认值的。
- 语法：`返回值类型  函数名 （参数= 默认值）{}`

```
//如果传入了参数则实现传入的参数，否则实现默认值
int func(int a, int b = 10, int c = 10) {
    return a + b + c;
}

//如果某个位置参数有默认值，那么从这个位置往后，从左向右，必须都要有默认值
//func1就是错误的，因此b有默认值，而c没有
int func1(int a, int b = 10, int c) {
    return a + b + c;
}
```

```
//如果函数声明有默认值，函数实现的时候就不能有默认参数，这是为了保证默认值的唯一性，如果声明和实现中存在不一样的默认值，就会出现冲突
//func2就是错误的
int func2(int a = 10, int b = 10);
int func2(int a = 10, int b = 10) {
    return a + b;
}
```

3.2 函数占位参数

- C++中函数的形参列表里可以有占位参数，用来做占位，调用函数时必须填补该位置
- **语法：** `返回值类型 函数名 (数据类型){}`
- **示例：**

```
//函数占位参数 ，占位参数也可以有默认参数
void func(int a, int) {
    cout << "this is func" << endl;
}

int main() {

    func(10,10); //占位参数必须填补

    system("pause");

    return 0;
}
```

3.3 函数重载

3.3.1 函数重载概述

- **作用：**函数名可以相同，提高复用性
- **函数重载满足条件：**
  - 同一个作用域下
  - 函数名称相同
  - 函数参数**类型不同** 或者 **个数不同** 或者 **顺序不同**
- **注意：**函数的返回值不可以作为函数重载的条件
- **示例：**

```
//函数重载需要函数都在同一个作用域下
void func()
{
    cout << "func 的调用！" << endl;
}
void func(int a)
{
    cout << "func (int a) 的调用！" << endl;
}
void func(double a)
{
    cout << "func (double a)的调用！" << endl;
}
```

```
void func(int a ,double b)
{
    cout << "func (int a ,double b) 的调用! " << endl;
}
void func(double a ,int b)
{
    cout << "func (double a ,int b)的调用! " << endl;
}

//函数返回值不可以作为函数重载条件
//int func(double a, int b)
//{
//  cout << "func (double a ,int b)的调用! " << endl;
//}


int main() {

    func();
    func(10);
    func(3.14);
    func(10,3.14);
    func(3.14 , 10);

    system("pause");

    return 0;
}
```

3.3.2 函数重载注意事项

- 引用作为重载条件
- 函数重载碰到函数默认参数
- **示例：**

```
//函数重载注意事项
//1、引用作为重载条件

//int &a与const int &a是两种不同的类型，因此满足重载条件
void func(int &a)
{
    cout << "func (int &a) 调用 " << endl;
}

void func(const int &a)
{
    cout << "func (const int &a) 调用 " << endl;
}


//2、函数重载碰到函数默认参数

void func2(int a, int b = 10)
{
    cout << "func2(int a, int b = 10) 调用" << endl;
}
```

```
void func2(int a)
{
    cout << "func2(int a) 调用" << endl;
}

int main() {

    int a = 10;
    func(a); //调用无const
    func(10);//调用有const


    //func2(10); //碰到默认参数产生歧义，需要避免
    func2(10, 20); //这种是很明确的，因此可以使用

    system("pause");

    return 0;
}
```

4 类和对象

- C++面向对象的三大特性为：封装、继承、多态
- C++认为万事万物都皆为对象，对象上有其属性和行为
- **例如：**
  - 人可以作为对象，属性有姓名、年龄、身高、体重...，行为有走、跑、跳、吃饭、唱歌...
  - 车也可以作为对象，属性有轮胎、方向盘、车灯...,行为有载人、放音乐、放空调...
  - 具有相同性质的对象，我们可以抽象称为类，人属于人类，车属于车类

4.1 封装

4.1.1 封装的意义

- 封装是C++面向对象三大特性之一
- 封装的意义：
  - 将属性和行为作为一个整体，表现生活中的事物
  - 将属性和行为加以权限控制
- **封装意义一：**
  - 在设计类的时候，属性和行为写在一起，表现事物
  - **语法：** `class 类名{  访问权限：  属性  / 行为  };`
  - 类的举例：

```
class Circle
{
public:  //访问权限  公共的权限

    //属性
    int m_r;//半径
```

```
    //行为
    double calculateZC()
    {
        return  2 * PI * m_r;
    }
};

int main() {

    //通过圆类，创建圆的对象
    Circle c1;
    c1.m_r = 10; //给圆对象的半径 进行赋值操作
    cout << "圆的周长为：  " << c1.calculateZC() << endl;
    return 0;
}
```

- **封装意义二：**
  - 类在设计时，可以把属性和行为放在不同的权限下，加以控制
  - 访问权限有三种：
    - public   公共权限
    - protected 保护权限
    - private   私有权限

```
//三种权限
//公共权限   public      类内可以访问   类外可以访问      子类可以访问
//保护权限   protected   类内可以访问   类外不可以访问   子类可以访问
//私有权限   private     类内可以访问   类外不可以访问   子类不可以访问
```

4.1.2 struct和class区别

- 在C++中 struct和class唯一的**区别**就在于 **默认的访问权限不同**
- 区别：
  - struct 默认权限为公共
  - class 默认权限为私有

4.1.3 成员属性设置为私有

- **优点1**：将所有成员属性设置为私有，可以自己控制读写权限
- **优点2**：对于写权限，我们可以检测数据的有效性

4.2 对象的初始化和清理

- 生活中我们买的电子产品都基本会有出厂设置，在某一天我们不用时候也会删除一些自己信息数据保证安全
- C++中的面向对象来源于生活，每个对象也都会有初始设置以及 对象销毁前的清理数据的设置

4.2.1 构造函数和析构函数

- 对象的**初始化和清理**也是两个非常重要的安全问题
  - 一个对象或者变量没有初始状态，对其使用后果是未知
  - 同样的使用完一个对象或变量，没有及时清理，也会造成一定的安全问题
- c++利用了**构造函数**和**析构函数**解决上述问题，这两个函数将会被编译器自动调用，完成对象初始化和清理工作。

- 对象的初始化和清理工作是编译器强制要我们做的事情，因此如果**我们不提供构造和析构，编译器会提供**
- **编译器提供的构造函数和析构函数是空实现。**
    - 构造函数：主要作用在于创建对象时为对象的成员属性赋值，构造函数由编译器自动调用，无须手动调用。
    - 析构函数：主要作用在于对象**销毁前**系统自动调用，执行一些清理工作。
- **构造函数语法：** `类名(){}`
    1. 构造函数，没有返回值也不写void
    2. 函数名称与类名相同
    3. 构造函数可以有参数，因此可以发生重载
    4. 程序在调用对象时候会自动调用构造，无须手动调用,而且只会调用一次
- **析构函数语法：** `~类名(){}`
    - 析构函数，没有返回值也不写void
    - 函数名称与类名相同,在名称前加上符号 ~
    - 析构函数不可以有参数，因此不可以发生重载
    - 程序在对象销毁前会自动调用析构，无须手动调用,而且只会调用一次

```
class Person
{
public:
    //构造函数
    Person()
    {
        cout << "Person的构造函数调用" << endl;
    }
    //析构函数
    ~Person()
    {
        cout << "Person的析构函数调用" << endl;
    }

};

void test01()
{
    Person p;//创建对象时会调用构造函数
}

int main() {

    test01();
    //因为对象p创建在了栈区，因此test01执行完毕之后就会销毁对象，会调用一次析构函数
    system("pause");
    //如果申请的对象是随着程序结束销毁的话，那么就会在程序结束的时候执行一次
    return 0;
}
```

4.2.2 构造函数的分类及调用

- 两种分类方式：
    - 按参数分为： 有参构造和无参构造
    - 按类型分为： 普通构造和拷贝构造

按参数分为： 有参构造和无参构造

- 三种调用方式：
  - 括号法
  - 显示法
  - 隐式转换法
- **示例：**

```
//1、构造函数分类
// 按照参数分类分为 有参和无参构造    无参又称为默认构造函数
// 按照类型分类分为 普通构造和拷贝构造

class Person {
public:
    //无参（默认）构造函数
    Person() {
        cout << "无参构造函数!" << endl;
    }
    //有参构造函数
    Person(int a) {
        age = a;
        cout << "有参构造函数!" << endl;
    }
    //拷贝构造函数
    //相当于将p对象传递进来，之后可以使用p对象的数据而已
    Person(const Person& p) {
        age = p.age;
        cout << "拷贝构造函数!" << endl;
    }
    //析构函数
    ~Person() {
        cout << "析构函数!" << endl;
    }
public:
    int age;
};

//2、构造函数的调用
//调用无参构造函数
void test01() {
    Person p; //调用无参构造函数
}

//调用有参的构造函数
void test02() {

    //2.1  括号法，常用
    Person p1(10);
    //注意1：调用无参构造函数不能加括号，如果加了编译器认为这是一个函数声明
    //Person p2();

    //2.2 显式法
    Person p2 = Person(10); //有参构造
    Person p3 = Person(p2); //拷贝构造
    //Person(10)单独写就是匿名对象  当前行结束之后，马上析构

    //2.3 隐式转换法
```

```
    Person p4 = 10; // 等价于Person p4 = Person(10);
    Person p5 = p4; // 恩驾驭Person p5 = Person(p4);

    //注意2：不能利用拷贝构造函数初始化匿名对象 编译器认为是对象声明
    //Person p5(p4);
}

int main() {

    test01();
    test02();

    system("pause");

    return 0;
}
```

4.2.3 拷贝构造函数调用时机

- C++中拷贝构造函数调用时机通常有三种情况
  - 使用一个已经创建完毕的对象来初始化一个新对象
  - 值传递的方式给函数参数传值（值传递与引用传递一定要区分出来）
  - 以值方式返回局部对象

4.2.4 构造函数调用规则

- 默认情况下，c++编译器至少给一个类添加3个函数

  1．默认构造函数(无参，函数体为空)

  2．默认析构函数(无参，函数体为空)

  3．默认拷贝构造函数，对属性进行值拷贝
- 构造函数调用规则如下：
  - 如果用户定义有参构造函数，c++不在提供默认无参构造，但是会提供默认拷贝构造
  - 如果用户定义拷贝构造函数，c++不会再提供其他构造函数

4.2.5 深拷贝与浅拷贝

- 浅拷贝：简单的赋值拷贝操作
  - 如果利用编译器体提供的拷贝构造函数，会做浅拷贝操作，也就是简单的数据复制，如果`p1`创建的对象中有数据存放在堆区，那么`p2`浅拷贝时就会将该堆区的地址也原样复制过去，这就导致`p2`和`p1`在堆中指向相同，当释放任意一个的时候另一个也被释放了，这就会出现错误
- 深拷贝：在堆区重新申请空间，进行拷贝操作
  - 一般是在析构代码中将堆区开辟的数据做释放，为了解决上述浅拷贝出现的问题，一般需要自己书写拷贝函数，`p2`需要在堆中申请空间，然后将p1在堆中申请空间的数据值复制过来，这样`p1`和`p2`就有了两个不同的堆空间，自然不会出现释放重复问题
- **示例：**

```
class Person {
public:
    //无参（默认）构造函数
    Person() {
        cout << "无参构造函数!" << endl;
```

```
    }
    //有参构造函数
    Person(int age ,int height) {

        cout << "有参构造函数!" << endl;

        m_age = age;
        m_height = new int(height);

    }
    //拷贝构造函数
    Person(const Person& p) {
        cout << "拷贝构造函数!" << endl;
        //如果不利用深拷贝在堆区创建新内存，会导致浅拷贝带来的重复释放堆区问题
        m_age = p.m_age;
        m_height = new int(*p.m_height);

    }

    //析构函数
    ~Person() {
        cout << "析构函数!" << endl;
        if (m_height != NULL)
        {
            delete m_height;
        }
    }
public:
    int m_age;
    int* m_height;
};

void test01()
{
    Person p1(18, 180);

    Person p2(p1);

    cout << "p1的年龄：  " << p1.m_age << " 身高：  " << *p1.m_height << endl;

    cout << "p2的年龄：  " << p2.m_age << " 身高：  " << *p2.m_height << endl;
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结：如果属性有在堆区开辟的，一定要自己提供拷贝构造函数，防止浅拷贝带来的问题

4.2.6 初始化列表

- **作用：**

    - C++提供了初始化列表语法，用来初始化属性
- **语法：** `构造函数()：属性1(值1),属性2（值2）... {}`
- 示例

```
class Person {
public:
////传统方式初始化
//Person(int a, int b, int c) {
//  m_A = a;
//  m_B = b;
//  m_C = c;
//}

//初始化列表方式初始化，其实就是简化操作
Person(int a, int b, int c) :m_A(a), m_B(b), m_C(c) {}

void PrintPerson() {
    cout << "mA:" << m_A << endl;
    cout << "mB:" << m_B << endl;
    cout << "mC:" << m_C << endl;
}
private:
    int m_A;
    int m_B;
    int m_C;
};
```

4.2.7 类对象作为类成员

- C++类中的成员可以是另一个类的对象，我们称该成员为 对象成员
- 例如：

```
class A {}
class B
{
    A a;
}
```

- B类中有对象A作为成员，A为对象成员
- 那么当创建B对象时，A与B的构造和析构的顺序是谁先谁后？
- 当类中成员是其他类对象时，我们称该成员为 对象成员，构造的顺序是 ： 先调用对象成员的构造，再调用本类构造，析构顺序与构造相反

4.2.8 静态成员

- 静态成员就是在成员变量和成员函数前加上关键字static，称为静态成员
- 静态成员分为：
    - 静态成员变量
        - 所有对象共享同一份数据
        - 在编译阶段分配内存
        - 类内声明，类外初始化（简言之，在类加载进空间的时候就已经被创建了，即使此时没有对象也不影响）

- 静态成员函数
  - 所有对象共享同一个函数
  - 静态成员函数只能访问静态成员变量（因为静态成员函数在类创建的时候就存在了，此时无法保证非静态成员变量存在，因此只能访问静态变量）

```
//静态成员变量两种访问方式
//1、通过对象
Person p1;
p1.m_A = 100;
cout << "p1.m_A = " << p1.m_A << endl;

Person p2;
p2.m_A = 200;
cout << "p1.m_A = " << p1.m_A << endl; //共享同一份数据
cout << "p2.m_A = " << p2.m_A << endl;

//2、通过类名
cout << "m_A = " << Person::m_A << endl;
```

4.3 C++对象模型和this指针

4.3.1 成员变量和成员函数分开存储

- C++中，根据每个无非静态成员的类创建的对象（即类中没有任何非静态变量以及静态变量）分配一个字节的内存空间，主要用来区分占用内存的位置，每个空对象应该有一个独一无二的内存地址，如果是根据有非静态成员的类创建的对象的话则会分配器对应的空间，只要是静态变量，不会占用对象空间
- 在C++中，类内的成员变量和成员函数分开存储
- 只有非静态成员变量才属于类的对象上

4.3.2 this指针概念

- 通过4.3.1我们知道在C++中成员变量和成员函数是分开存储的
- 每一个非静态成员函数只会诞生一份函数实例，也就是说多个同类型的对象会共用一块代码
- 那么问题是：这一块代码是如何区分那个对象调用自己的呢？
- c++通过提供特殊的对象指针，this指针，解决上述问题。**this指针指向被调用的成员函数所属的对象**（谁调用，this就是指向谁，如果此时是p1调用，那么this就相当于p1）
- this指针是隐含每一个非静态成员函数内的一种指针
- this指针不需要定义，直接使用即可
- this指针的用途：
  - 当形参和成员变量同名时，可用this指针来区分
  - 在类的非静态成员函数中返回对象本身，可使用return *this

```
class Person
{
public:

    Person(int age)
    {
        //1、当形参和成员变量同名时，可用this指针来区分
```

```
        this->age = age;//这就等价于在类外使用了p.age = age;
    }

    Person& PersonAddPerson(Person p)
    {
        this->age += p.age;
        //返回对象本身，这样就可以实现连续的调用函数了
        //例如在类外调用p1.PersonAddPerson(p2).PersonAddPerson(p2);
        //如果返回值是void的话那就不可以连续调用
        return *this;
    }
    int age;
};
```

4.3.3 空指针访问成员函数

- C++中空指针也是可以调用成员函数的，但是也要注意有没有用到this指针
- 如果用到this指针，需要加以判断保证代码的健壮性
- **示例：**

```
//空指针访问成员函数
class Person {
public:

    void ShowClassName() {
        cout << "我是Person类!" << endl;
    }

    void ShowPerson() {
        if (this == NULL) {
            return;
        }
        cout << mAge << endl;
    }

public:
    int mAge;
};

void test01()
{
    Person * p = NULL;
    p->ShowClassName(); //空指针，可以调用成员函数
    p->ShowPerson();  //但是如果成员函数中用到了this指针，就不可以了
}

int main() {

    test01();
    system("pause");
    return 0;
}
```

4.3.4 const修饰成员函数

- **常函数：**
  - 成员函数后加const后我们称为这个函数为**常函数**
  - 常函数内不可以修改成员属性
  - 成员属性声明时加关键字mutable后，在常函数中依然可以修改
- **常对象：**
  - 声明对象前加const称该对象为常对象
  - 常对象只能调用常函数
- **示例：**

```
class Person {
public:
    Person() {
        m_A = 0;
        m_B = 0;
    }

    //this指针的本质是一个指针常量，指针的指向不可修改，但是可以修改指向的值
    //如果想让指针指向的值也不可以修改，需要声明常函数，即函数后添加const
    //在成员函数后面加const，相当于修饰的是this指向
    void ShowPerson() const {
        //const Type* const pointer;
        //this = NULL; //不能修改指针的指向 Person* const this;
        //this->mA = 100; //但是this指针指向的对象的数据是可以修改的
        //const修饰成员函数，表示指针指向的内存空间的数据不能修改，除了mutable修饰的变量
        //this->m_B = 100;//因为m_A是普通变量所以不可变
        this->m_B = 100;//因为m_B是mutable所以可变
    }

    void MyFunc() const {
        //mA = 10000;
    }

public:
    int m_A;
    mutable int m_B; //可修改 可变的
};


//const修饰对象  常对象
void test01() {

    const Person person; //常量对象
    cout << person.m_A << endl;
    //person.mA = 100; //常对象不能修改成员变量的值,但是可以访问
    person.m_B = 100; //但是常对象可以修改mutable修饰成员变量

    //常对象访问成员函数
    person.MyFunc(); //常对象不能调用const的函数

}

int main() {

    test01();

    system("pause");
```

```
    return 0;
}
```

4.4 友元

- 生活中自己家有客厅(Public)，有卧室(Private)，客厅所有来的客人都可以进去，但是你的卧室是私有的，也就是说只有你能进去，但是呢，你也可以允许你的好闺蜜好基友进去
- 在程序里，有些私有属性 也想让类外特殊的一些函数或者类进行访问，就需要用到友元的技术
- 友元的目的就是让一个函数或者类 访问另一个类中私有成员
- 友元的关键字为 `friend`
- 友元的三种实现
    - 全局函数做友元
    - 类做友元
    - 成员函数做友元

4.4.1 全局函数做友元

```
class Building
{
    //告诉编译器 goodGay全局函数 是 Building类的好朋友，可以访问类中的私有内容
    friend void goodGay(Building * building);

public:

    Building()
    {
        this->m_SittingRoom = "客厅";
        this->m_BedRoom = "卧室";
    }


public:
    string m_SittingRoom; //客厅

private:
    string m_BedRoom; //卧室
};


void goodGay(Building * building)
{
    cout << "好基友正在访问：  " << building->m_SittingRoom << endl;
    cout << "好基友正在访问：  " << building->m_BedRoom << endl;
}


void test01()
{
    Building b;
    goodGay(&b);
}

int main(){
```

```
    test01();

    system("pause");
    return 0;
}
```

4.4.2 类做友元

```
class Building;
class goodGay
{
public:

    goodGay();
    void visit();

private:
    Building *building;
};


class Building
{
    //告诉编译器 goodGay类是Building类的好朋友，可以访问到Building类中私有内容
    friend class goodGay;

public:
    Building();

public:
    string m_SittingRoom; //客厅
private:
    string m_BedRoom;//卧室
};
//类外实现成员函数需要添加作用域，表明自己是属于哪个类的
Building::Building()
{
    this->m_SittingRoom = "客厅";
    this->m_BedRoom = "卧室";
}

goodGay::goodGay()
{
    building = new Building;
}

void goodGay::visit()
{
    cout << "好基友正在访问" << building->m_SittingRoom << endl;
    cout << "好基友正在访问" << building->m_BedRoom << endl;
}

void test01()
{
    goodGay gg;
    gg.visit();
```

```
}

int main(){

    test01();

    system("pause");
    return 0;
}
```

4.4.3 成员函数做友元

```
class Building;
class goodGay
{
public:

    goodGay();
    void visit(); //只让visit函数作为Building的好朋友，可以发访问Building中私有内容
    void visit2();

private:
    Building *building;
};


class Building
{
    //告诉编译器  goodGay类中的visit成员函数 是Building好朋友，可以访问私有内容
    friend void goodGay::visit();

public:
    Building();

public:
    string m_SittingRoom; //客厅
private:
    string m_BedRoom;//卧室
};

Building::Building()
{
    this->m_SittingRoom = "客厅";
    this->m_BedRoom = "卧室";
}

goodGay::goodGay()
{
    building = new Building;
}

void goodGay::visit()
{
    cout << "好基友正在访问" << building->m_SittingRoom << endl;
    cout << "好基友正在访问" << building->m_BedRoom << endl;
}
```

```
void goodGay::visit2()
{
    cout << "好基友正在访问" << building->m_SittingRoom << endl;
    //cout << "好基友正在访问" << building->m_BedRoom << endl;
}

void test01()
{
    goodGay  gg;
    gg.visit();

}

int main(){

    test01();

    system("pause");
    return 0;
}
```

4.5 运算符重载

运算符重载概念：对已有的运算符重新进行定义，赋予其另一种功能，以适应不同的数据类型

4.5.1 加号运算符重载

- 作用：实现两个自定义数据类型相加的运算

```
class Person {
public:
    Person() {};
    Person(int a, int b)
    {
        this->m_A = a;
        this->m_B = b;
    }
    //成员函数实现 + 号运算符重载
    Person operator+(const Person& p) {
        Person temp;
        temp.m_A = this->m_A + p.m_A;
        temp.m_B = this->m_B + p.m_B;
        return temp;
    }


public:
    int m_A;
    int m_B;
};

//全局函数实现 + 号运算符重载
//Person operator+(const Person& p1, const Person& p2) {
//  Person temp(0, 0);
//  temp.m_A = p1.m_A + p2.m_A;
//  temp.m_B = p1.m_B + p2.m_B;
```

```
//  return temp;
//}

//运算符重载 可以发生函数重载
Person operator+(const Person& p2, int val)
{
    Person temp;
    temp.m_A = p2.m_A + val;
    temp.m_B = p2.m_B + val;
    return temp;
}

void test() {

    Person p1(10, 10);
    Person p2(20, 20);

    //成员函数方式
    Person p3 = p2 + p1;  //此处是等价于p2.operaor+(p1)，其中operaor+是函数名
    cout << "mA:" << p3.m_A << " mB:" << p3.m_B << endl;


    Person p4 = p3 + 10; //相当于 operator+(p3,10)
    cout << "mA:" << p4.m_A << " mB:" << p4.m_B << endl;

}

int main() {

    test();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结1：对于内置的数据类型的表达式的的运算符是不可能改变的

> 总结2：不要滥用运算符重载

4.5.2 左移运算符重载

- 作用：可以输出自定义数据类型

```
class Person {
    friend ostream& operator<<(ostream& out, Person& p);

public:

    Person(int a, int b)
    {
        this->m_A = a;
        this->m_B = b;
    }

    //成员函数 实现不了  p << cout 不是我们想要的效果
    //void operator<<(Person& p){
```

```
    //}

private:
    int m_A;
    int m_B;
};

//全局函数实现左移重载
//ostream即输出流对象只能有一个，因此使用引用的方式
ostream& operator<<(ostream& out, Person& p) {
    out << "a:" << p.m_A << " b:" << p.m_B;
    return out;
}

void test() {

    Person p1(10, 20);

    cout << p1 << "hello world" << endl; //链式编程
}

int main() {

    test();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结：重载左移运算符配合友元可以实现输出自定义数据类型

4.5.3 递增运算符重载

- 作用： 通过重载递增运算符，实现自己的整型数据

```
class MyInteger {

    friend ostream& operator<<(ostream& out, MyInteger myint);

public:
    MyInteger() {
        m_Num = 0;
    }
    //前置++
    MyInteger& operator++() {
        //先++
        m_Num++;
        //再返回
        return *this;
    }

    //后置++
    //函数中添加占位符int来区分前置与后置
    //添加占位符之后编译器就会将其按照后置来执行，是由编译器解析的
    MyInteger operator++(int) {
        //先返回
```

```
        MyInteger temp = *this; //记录当前本身的值，然后让本身的值加1，但是返回的是以前的值，达到先返回后++；
        m_Num++;
        return temp;
    }

private:
    int m_Num;
};


ostream& operator<<(ostream& out, MyInteger myint) {
    out << myint.m_Num;
    return out;
}


//前置++ 先++ 再返回
void test01() {
    MyInteger myInt;
    cout << ++myInt << endl;
    cout << myInt << endl;
}

//后置++ 先返回 再++
void test02() {

    MyInteger myInt;
    cout << myInt++ << endl;
    cout << myInt << endl;
}

int main() {

    test01();
    //test02();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结： 前置递增返回引用，后置递增返回值

4.5.4 赋值运算符重载

- c++编译器至少给一个类添加4个函数
    1. 默认构造函数(无参，函数体为空)
    2. 默认析构函数(无参，函数体为空)
    3. 默认拷贝构造函数，对属性进行值拷贝
    4. 赋值运算符 operator=, 对属性进行值拷贝
- 如果类中有属性指向堆区，做赋值操作时也会出现深浅拷贝问题
- **示例：**

```
class Person
{
```

```
public:

    Person(int age)
    {
        //将年龄数据开辟到堆区
        m_Age = new int(age);
    }

    //重载赋值运算符
    Person& operator=(Person &p)
    {
        if (m_Age != NULL)
        {
            delete m_Age;
            m_Age = NULL;
        }
        //编译器提供的代码是浅拷贝
        //m_Age = p.m_Age;

        //提供深拷贝 解决浅拷贝的问题
        m_Age = new int(*p.m_Age);

        //返回自身
        return *this;
    }


    ~Person()
    {
        if (m_Age != NULL)
        {
            delete m_Age;
            m_Age = NULL;
        }
    }

    //年龄的指针
    int *m_Age;

};


void test01()
{
    Person p1(18);

    Person p2(20);

    Person p3(30);

    p3 = p2 = p1; //赋值操作

    cout << "p1的年龄为: " << *p1.m_Age << endl;

    cout << "p2的年龄为: " << *p2.m_Age << endl;

    cout << "p3的年龄为: " << *p3.m_Age << endl;
}
```

```
int main() {

    test01();

    //int a = 10;
    //int b = 20;
    //int c = 30;

    //c = b = a;
    //cout << "a = " << a << endl;
    //cout << "b = " << b << endl;
    //cout << "c = " << c << endl;

    system("pause");

    return 0;
}
```

4.5.5 关系运算符重载

- **作用**：重载关系运算符，可以让两个自定义类型对象进行对比操作
- **示例**：

```
class Person
{
public:
    Person(string name, int age)
    {
        this->m_Name = name;
        this->m_Age = age;
    };

    bool operator==(Person & p)
    {
        if (this->m_Name == p.m_Name && this->m_Age == p.m_Age)
        {
            return true;
        }
        else
        {
            return false;
        }
    }

    bool operator!=(Person & p)
    {
        if (this->m_Name == p.m_Name && this->m_Age == p.m_Age)
        {
            return false;
        }
        else
        {
            return true;
        }
    }
```

```
    string m_Name;
    int m_Age;
};

void test01()
{
    //int a = 0;
    //int b = 0;

    Person a("孙悟空", 18);
    Person b("孙悟空", 18);

    if (a == b)
    {
        cout << "a和b相等" << endl;
    }
    else
    {
        cout << "a和b不相等" << endl;
    }

    if (a != b)
    {
        cout << "a和b不相等" << endl;
    }
    else
    {
        cout << "a和b相等" << endl;
    }
}


int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

4.5.6 函数调用运算符重载（仿函数）

- 函数调用运算符 () 也可以重载
- 由于重载后使用的方式非常像函数的调用，因此称为仿函数
- 仿函数没有固定写法，非常灵活

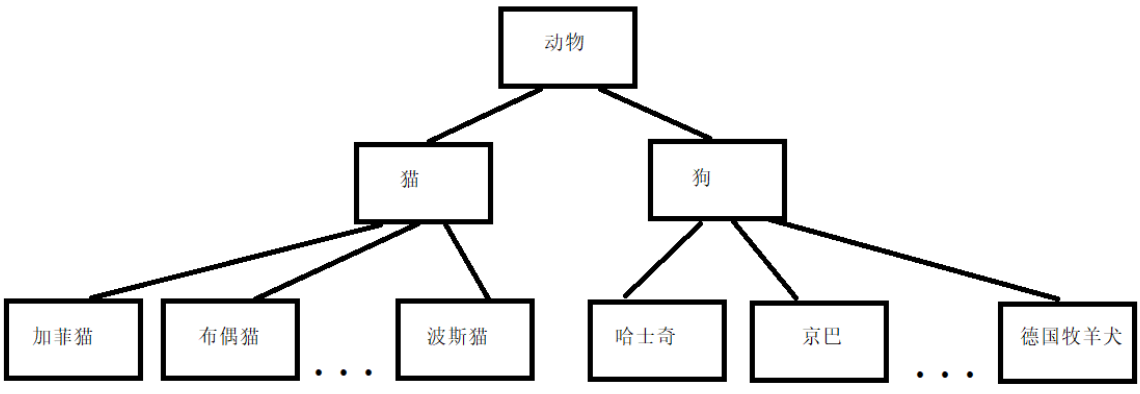
- **示例：**

```
class MyPrint
{
public:
    void operator()(string text)
    {
        cout << text << endl;
    }
```

```
};
void test01()
{
    //重载的（）操作符 也称为仿函数
    MyPrint myFunc;
    myFunc("hello world");
}


class MyAdd
{
public:
    int operator()(int v1, int v2)
    {
        return v1 + v2;
    }
};

void test02()
{
    MyAdd add;
    int ret = add(10, 10);
    cout << "ret = " << ret << endl;

    //匿名对象调用
    cout << "MyAdd()(100,100) = " << MyAdd()(100, 100) << endl;
}

int main() {

    test01();
    test02();

    system("pause");

    return 0;
}
```

4.6 继承

- **继承是面向对象三大特性之一**
- 有些类与类之间存在特殊的关系，例如下图中：



- 我们发现，定义这些类时，下级别的成员除了拥有上一级的共性，还有自己的特性，这个时候我们就可以考虑利用继承的技术，减少重复代码

4.6.1 继承的基本语法

- 例如我们看到很多网站中，都有公共的头部，公共的底部，甚至公共的左侧列表，只有中心内容不同
- 接下来我们分别利用普通写法和继承的写法来实现网页中的内容，看一下继承存在的意义以及好处
- 继承的语法：`class 子类：继承方式 父类`
- **普通实现：**

```
//Java页面
class Java
{
public:
    void header()
    {
        cout << "首页、公开课、登录、注册...（公共头部）" << endl;
    }
    void footer()
    {
        cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
    }
    void left()
    {
        cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
    }
    void content()
    {
        cout << "JAVA学科视频" << endl;
    }
};
//Python页面
class Python
{
public:
    void header()
    {
        cout << "首页、公开课、登录、注册...（公共头部）" << endl;
    }
    void footer()
    {
        cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
    }
    void left()
    {
        cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
    }
    void content()
    {
        cout << "Python学科视频" << endl;
    }
};
//C++页面
class CPP
{
```

```
public:
    void header()
    {
        cout << "首页、公开课、登录、注册...（公共头部）" << endl;
    }
    void footer()
    {
        cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
    }
    void left()
    {
        cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
    }
    void content()
    {
        cout << "C++学科视频" << endl;
    }
};

void test01()
{
    //Java页面
    cout << "Java下载视频页面如下：  " << endl;
    Java ja;
    ja.header();
    ja.footer();
    ja.left();
    ja.content();
    cout << "---------------------" << endl;

    //Python页面
    cout << "Python下载视频页面如下：  " << endl;
    Python py;
    py.header();
    py.footer();
    py.left();
    py.content();
    cout << "---------------------" << endl;

    //C++页面
    cout << "C++下载视频页面如下：  " << endl;
    CPP cp;
    cp.header();
    cp.footer();
    cp.left();
    cp.content();

}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- **继承实现：**

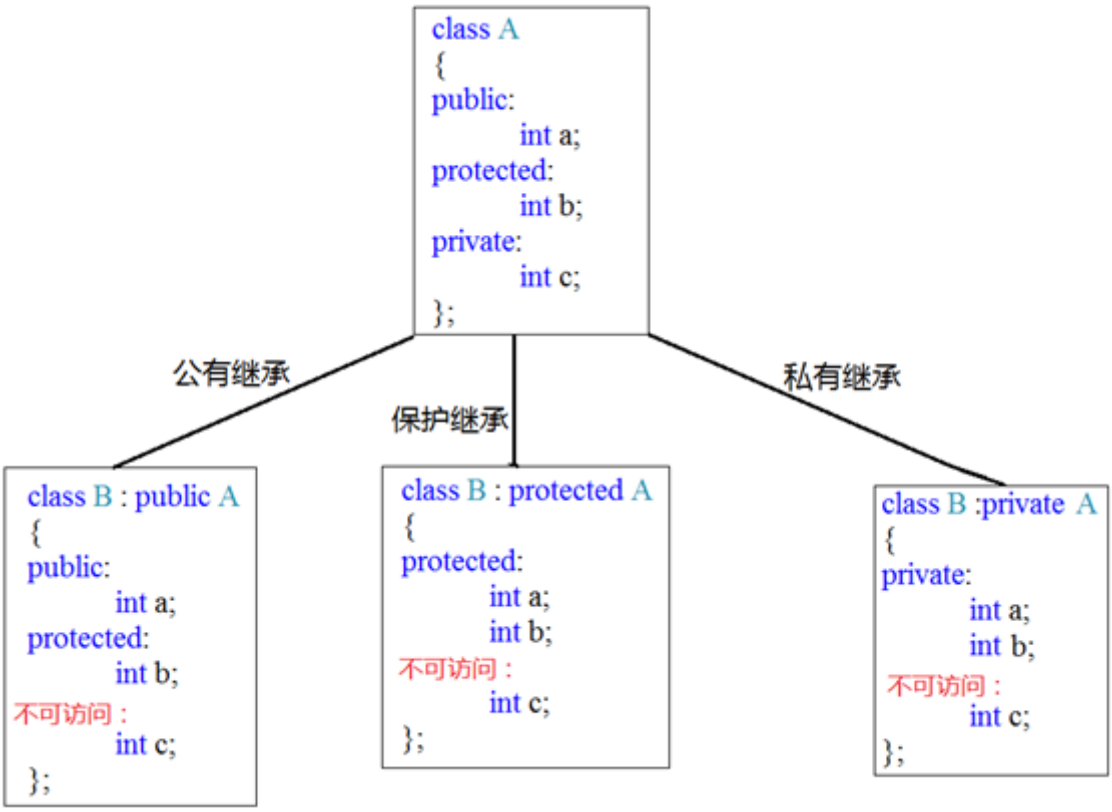
```
//公共页面
class BasePage
{
public:
    void header()
    {
        cout << "首页、公开课、登录、注册...（公共头部）" << endl;
    }

    void footer()
    {
        cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
    }
    void left()
    {
        cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
    }

};
//Java页面
class Java : public BasePage
{
public:
    void content()
    {
        cout << "JAVA学科视频" << endl;
    }
};
//Python页面
class Python : public BasePage
{
public:
    void content()
    {
        cout << "Python学科视频" << endl;
    }
};
//C++页面
class CPP : public BasePage
{
public:
    void content()
    {
        cout << "C++学科视频" << endl;
    }
};

void test01()
{
    //Java页面
    cout << "Java下载视频页面如下：  " << endl;
    Java ja;
    ja.header();
    ja.footer();
    ja.left();
```

```
    ja.content();
    cout << "--------------------" << endl;

    //Python页面
    cout << "Python下载视频页面如下：  " << endl;
    Python py;
    py.header();
    py.footer();
    py.left();
    py.content();
    cout << "--------------------" << endl;

    //C++页面
    cout << "C++下载视频页面如下：  " << endl;
    CPP cp;
    cp.header();
    cp.footer();
    cp.left();
    cp.content();


}

int main() {

    testO1();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- **总结：**
- 继承的好处：可以减少重复的代码
- class A : public B;
  - A 类称为子类 或 派生类
  - B 类称为父类 或 基类
- **派生类中的成员，包含两大部分**：
  - 一类是从基类继承过来的，一类是自己增加的成员。
  - 从基类继承过过来的表现其共性，而新增的成员体现了其个性。

4.6.2 继承方式

- 继承的语法：`class 子类 : 继承方式  父类`
- **继承方式一共有三种：**
  - 公共继承
  - 保护继承
  - 私有继承



- **示例：**

```
class Base1
{
public:
    int m_A;
protected:
    int m_B;
private:
    int m_C;
};

//公共继承
class Son1 :public Base1
{
public:
    void func()
    {
        m_A; //可访问 public权限
        m_B; //可访问 protected权限
        //m_C; //不可访问
    }
};

void myClass()
{
    Son1 s1;
    s1.m_A; //其他类只能访问到公共权限
}

//保护继承
class Base2
{
public:
```

```
    int m_A;
protected:
    int m_B;
private:
    int m_C;
};
class Son2:protected Base2
{
public:
    void func()
    {
        m_A; //可访问 protected权限
        m_B; //可访问 protected权限
        //m_C; //不可访问
    }
};
void myClass2()
{
    Son2 s;
    //s.m_A; //不可访问
}

//私有继承
class Base3
{
public:
    int m_A;
protected:
    int m_B;
private:
    int m_C;
};
class Son3:private Base3
{
public:
    void func()
    {
        m_A; //可访问 private权限
        m_B; //可访问 private权限
        //m_C; //不可访问
    }
};
class GrandSon3 :public Son3
{
public:
    void func()
    {
        //Son3是私有继承，所以继承Son3的属性在GrandSon3中都无法访问到
        //m_A;
        //m_B;
        //m_C;
    }
};
```

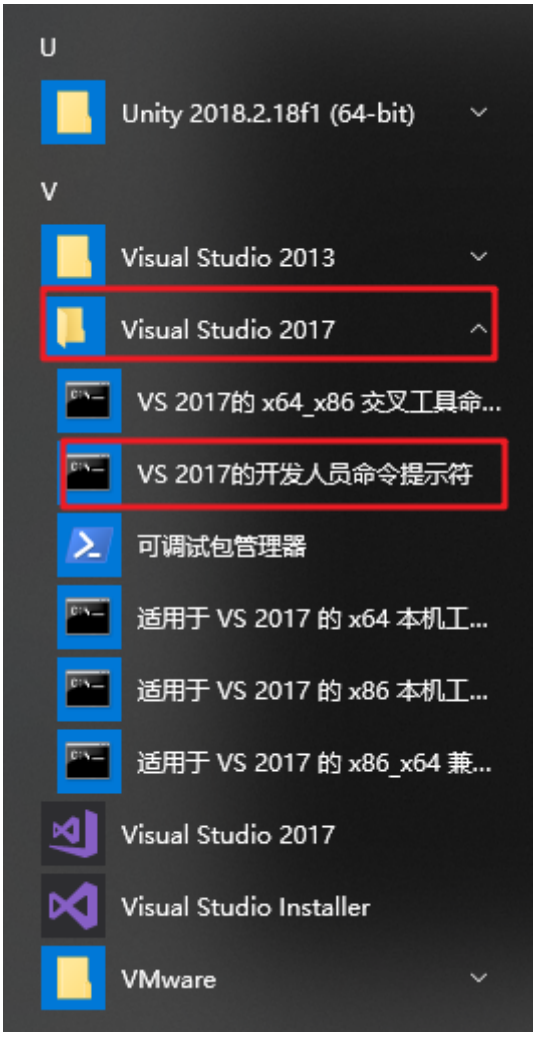
4.6.3 继承中的对象模型

- **问题**：从父类继承过来的成员，哪些属于子类对象中？

- **示例：**

```
class Base
{
public:
    int m_A;
protected:
    int m_B;
private:
    int m_C; //私有成员只是被隐藏了，但是还是会继承下去
};

//公共继承
class Son :public Base
{
public:
    int m_D;
};

void test01()
{
    cout << "sizeof Son = " << sizeof(Son) << endl;
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

利用工具查看：



1. 打开工具窗口后，定位到当前 CPP 文件的盘符
2. 然后输入： `cl /d1 reportSingleClassLayout` 查看的类名　所属文件名
3. 效果如下图：

```
********************************************************************************

C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2017\Community>F:

F:\>cd F:\VS项目\继承\继承

F:\VS项目\继承\继承>cl /d1 reportSingleClassLayoutSon "03 继承中的对象模型.cpp"
用于 x86 的 Microsoft (R) C/C++ 优化编译器 19.15.26732.1 版
版权所有(C) Microsoft Corporation。保留所有权利。

03 继承中的对象模型.cpp
C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2017\Community\VC\Tools\MSVC\14.15.26726\include\xlocale(319): warning C4
530: 使用了 C++ 异常处理程序，但未启用展开语义。请指定 /EHsc

class Son       size(16):
        +---
 0      | +--- (base class Base)
 0      | | m_A
 4      | | m_B
 8      | | m_C
        | +---
12      | m_D
        +---
Microsoft (R) Incremental Linker Version 14.15.26732.1
Copyright (C) Microsoft Corporation.  All rights reserved.

"/out:03 继承中的对象模型.exe"
"03 继承中的对象模型.obj"

F:\VS项目\继承\继承>
```

父类继承过来的

子类特有的

> 结论： 父类中私有成员也是被子类继承下去了，只是由编译器给隐藏后访问不到

4.6.4 继承中构造和析构顺序

- 子类继承父类后，当创建子类对象，也会调用父类的构造函数
- 问题：父类和子类的构造和析构顺序是谁先谁后？

- **示例：**

```
class Base
{
public:
    Base()
    {
        cout << "Base构造函数!" << endl;
    }
    ~Base()
    {
        cout << "Base析构函数!" << endl;
    }
};

class Son : public Base
{
public:
    Son()
    {
        cout << "Son构造函数!" << endl;
    }
    ~Son()
    {
        cout << "Son析构函数!" << endl;
    }

};


void test01()
{
    //继承中 先调用父类构造函数，再调用子类构造函数，析构顺序与构造相反
    Son s;
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结：继承中先调用父类构造函数，再调用子类构造函数，析构顺序与构造相反

> 先用父类再有子，子类释放后释父

4.6.5 继承同名成员处理方式

- 问题：当子类与父类出现同名的成员，如何通过子类对象，访问到子类或父类中同名的数据呢？
    - 访问子类同名成员 直接访问即可
    - 访问父类同名成员 需要加作用域
- **示例：**

```cpp
class Base {
public:
    Base()
    {
        m_A = 100;
    }

    void func()
    {
        cout << "Base - func()调用" << endl;
    }

    void func(int a)
    {
        cout << "Base - func(int a)调用" << endl;
    }

public:
    int m_A;
};


class Son : public Base {
public:
    Son()
    {
        m_A = 200;
    }

    //当子类与父类拥有同名的成员函数，子类会隐藏父类中所有版本的同名成员函数（任意重载的只要是同名的都会被隐藏）
    //如果想访问父类中被隐藏的同名成员函数，需要加父类的作用域
    void func()
    {
        cout << "Son - func()调用" << endl;
    }
public:
    int m_A;
};

void test01()
{
    Son s;

    cout << "Son下的m_A = " << s.m_A << endl;
    cout << "Base下的m_A = " << s.Base::m_A << endl;

    s.func();//此时执行的是子类的函数
    s.Base::func();//执行的父类中的函数
    s.Base::func(10);//执行的父类中的函数

}
int main() {

    test01();

    system("pause");
    return EXIT_SUCCESS;
```

```
}
```

- 总结：
    1. 子类对象可以直接访问到子类中同名成员
    2. 子类对象加作用域可以访问到父类同名成员
    3. 当子类与父类拥有同名的成员函数，子类会隐藏父类中同名成员函数，加作用域可以访问到父类中同名函数

4.6.6 继承同名静态成员处理方式

- 问题：继承中同名的静态成员在子类对象上如何进行访问？
- 静态成员和非静态成员出现同名，处理方式一致
    - 访问子类同名成员 直接访问即可
    - 访问父类同名成员 需要加作用域
- **示例：**

```
class Base {
public:
    static void func()
    {
        cout << "Base - static void func()" << endl;
    }
    static void func(int a)
    {
        cout << "Base - static void func(int a)" << endl;
    }

    static int m_A;
};

int Base::m_A = 100;

class Son : public Base {
public:
    static void func()
    {
        cout << "Son - static void func()" << endl;
    }
    static int m_A;
};

int Son::m_A = 200;

//同名成员属性
void test01()
{
    //通过对象访问
    cout << "通过对象访问： " << endl;
    Son s;
    cout << "Son  下 m_A = " << s.m_A << endl;
    cout << "Base 下 m_A = " << s.Base::m_A << endl;

    //通过类名访问
    cout << "通过类名访问： " << endl;
    cout << "Son  下 m_A = " << Son::m_A << endl;
```

```
    cout << "Base 下 m_A = " << Son::Base::m_A << endl;
}

//同名成员函数
void test02()
{
    //通过对象访问
    cout << "通过对象访问： " << endl;
    Son s;
    s.func();
    //第一个.表示通过对象方式访问数据，第二个::表示访问父类作用域下的数据
    s.Base::func();

    //通过类名访问
    cout << "通过类名访问： " << endl;
    Son::func();
    //第一个::表示通过类名方式访问数据，第二个::表示访问父类作用域下的数据
    Son::Base::func();
    //出现同名，子类会隐藏掉父类中所有同名成员函数，需要加作作用域访问
    Son::Base::func(100);
}
int main() {

    //test01();
    test02();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结：同名静态成员处理方式和非静态处理方式一样，只不过有两种访问的方式（通过对象 和 通过类名）

> 还是建议直接从类名访问，因为静态数据本身就是属于类而不是属于对象的

4.6.7 多继承语法

- C++允许**一个类继承多个类**
- 语法：`class 子类 ： 继承方式 父类1 ， 继承方式 父类2...`
- 多继承可能会引发父类中有同名成员出现，需要加作用域区分
- **C++实际开发中不建议用多继承**
- **示例：**

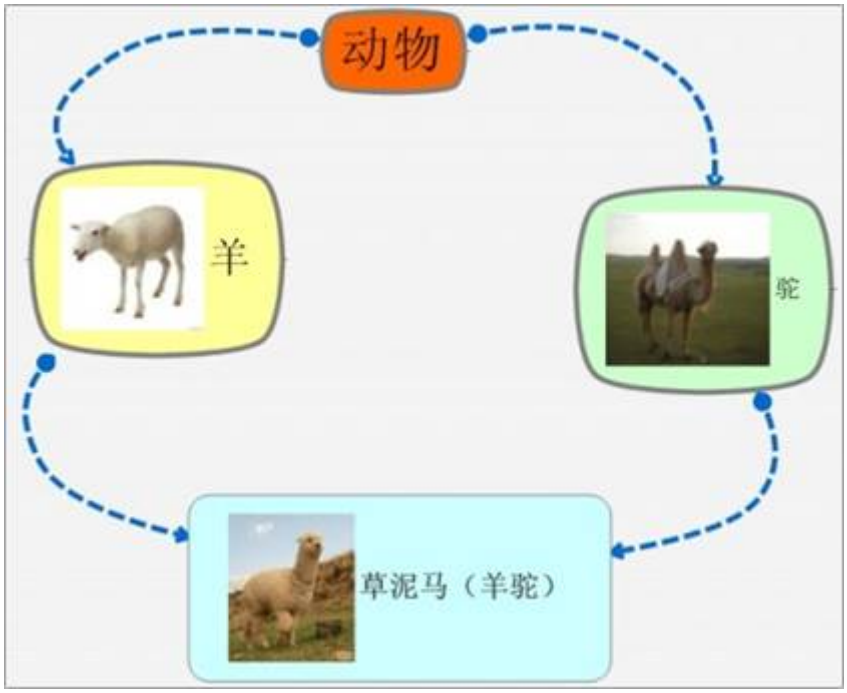
```
class Base1 {
public:
    Base1()
    {
        m_A = 100;
    }
public:
    int m_A;
};

class Base2 {
```

```
public:
    Base2()
    {
        m_A = 200;  //开始是m_B 不会出问题，但是改为mA就会出现不明确
    }
public:
    int m_A;
};

//语法：class 子类：继承方式 父类1 ，继承方式 父类2
class Son : public Base2, public Base1
{
public:
    Son()
    {
        m_C = 300;
        m_D = 400;
    }
public:
    int m_C;
    int m_D;
};


//多继承容易产生成员同名的情况
//通过使用类名作用域可以区分调用哪一个基类的成员
void test01()
{
    Son s;
    cout << "sizeof Son = " << sizeof(s) << endl;
    cout << s.Base1::m_A << endl;
    cout << s.Base2::m_A << endl;
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结： 多继承中如果父类中出现了同名情况，子类使用时候要加作用域

4.6.8 菱形继承（钻石继承）

- **菱形继承概念：**
  - 两个派生类继承同一个基类
  - 又有某个类同时继承者两个派生类
  - 这种继承被称为菱形继承，或者钻石继承
- **典型的菱形继承案例：**



- **菱形继承问题：**

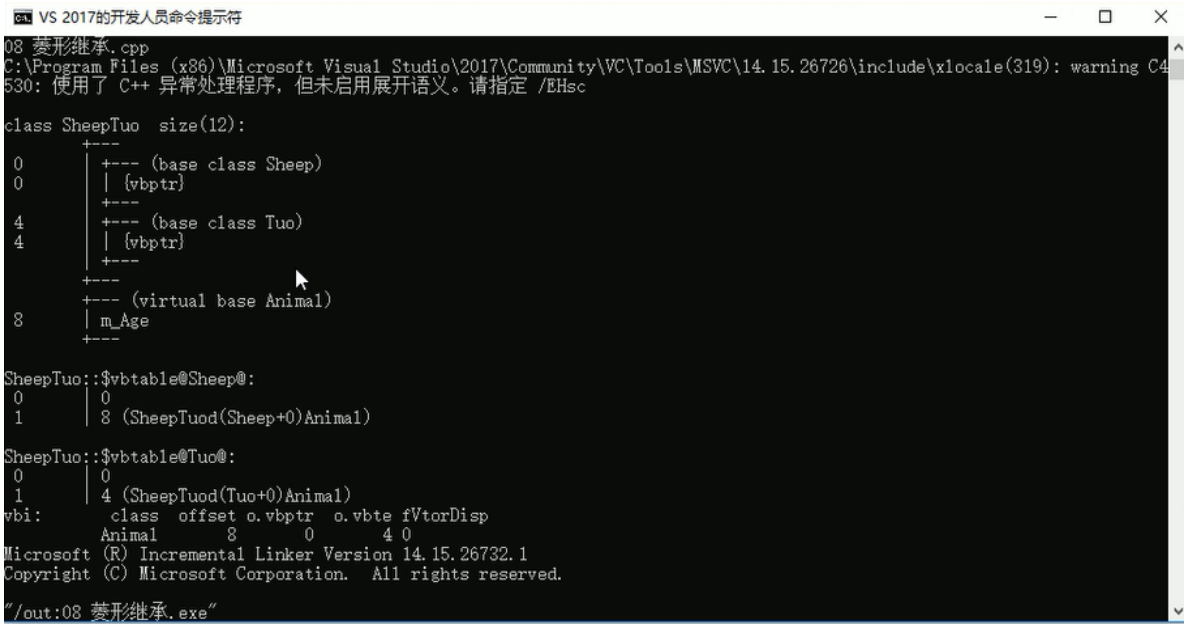
  1. 羊继承了动物的数据，驼同样继承了动物的数据，当草泥马使用数据时，就会产生二义性
  2. 草泥马继承自动物的数据继承了两份，其实我们应该清楚，这份数据我们只需要一份就可以

示例：

```
class Animal
{
public:
    int m_Age;
};

//继承前加virtual关键字后，变为虚继承
//此时公共的父类Animal称为虚基类
class Sheep : virtual public Animal {};
class Tuo   : virtual public Animal {};
class SheepTuo : public Sheep, public Tuo {};

void test01()
{
    SheepTuo st;
    st.Sheep::m_Age = 100;
    st.Tuo::m_Age = 200;
    //菱形继承时，如果两个父类既有相同数据，需要加以数据域区分
    cout << "st.Sheep::m_Age = " << st.Sheep::m_Age << endl;
    cout << "st.Tuo::m_Age = " <<  st.Tuo::m_Age << endl;
    cout << "st.m_Age = " << st.m_Age << endl;
}


int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
```

```
}
```

- 总结：
  - 菱形继承带来的主要问题是子类继承两份相同的数据，导致资源浪费以及毫无意义
  - 利用虚继承可以解决菱形继承问题
- `virtue`关键字作用
  - 当使用virtue关键字之后，生成的类模型如下，其中`vbptr`是一个指针，名称为虚基类指针，指向`vbtable`（虚基类表格），表格中存放的是基于当前地址的偏移量，例如Sheep类处指向的表格中的值为8，即Sheep中存放的数据的值存储在离它本身8个地址的空间，即图中的m_Age处，也就是说，多个类中相同的数据是共享的，只申请了一个空间存放



4.7 多态

4.7.1 多态的基本概念（虚函数）

- **多态是C++面向对象三大特性之一**
- 多态分为两类
  - 静态多态: 函数重载和运算符重载属于静态多态，复用函数名
  - 动态多态: 派生类和虚函数实现运行时多态
- 静态多态和动态多态区别：
  - 静态多态的函数地址早绑定 - 编译阶段确定函数地址
  - 动态多态的函数地址晚绑定 - 运行阶段确定函数地址
- 下面通过案例进行讲解多态

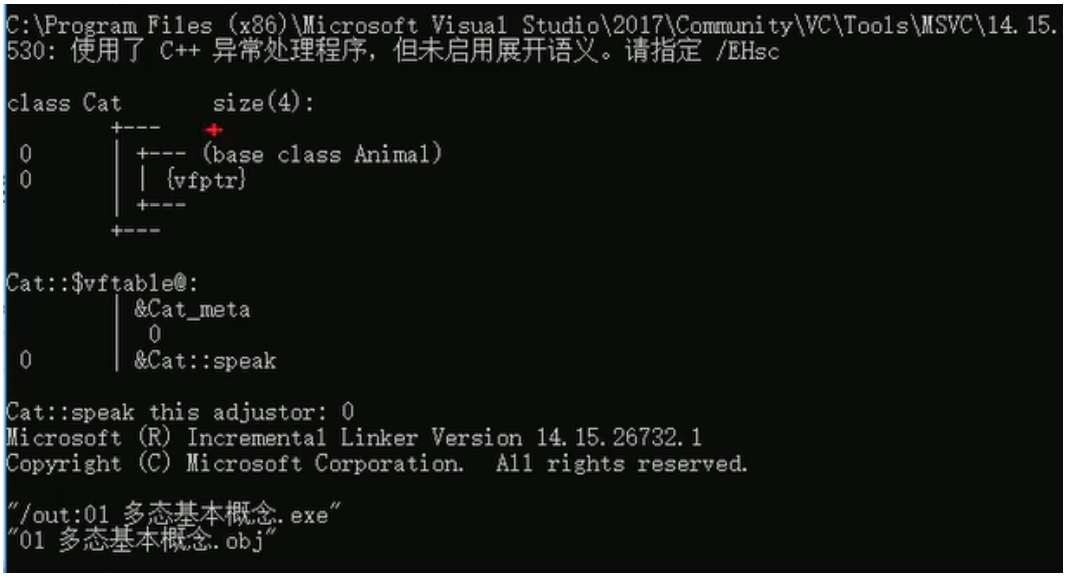
```
class Animal
{
public:
    //Speak函数就是虚函数
    //函数前面加上virtual关键字，变成虚函数，那么编译器在编译的时候就不能确定函数调用了。
    virtual void speak()
    {
        cout << "动物在说话" << endl;
    }
};

class Cat :public Animal
```

```
{
public:
    void speak()
    {
        cout << "小猫在说话" << endl;
    }
};

class Dog :public Animal
{
public:

    void speak()
    {
        cout << "小狗在说话" << endl;
    }

};
//我们希望传入什么对象，那么就调用什么对象的函数
//如果函数地址在编译阶段就能确定，那么静态联编
//如果函数地址在运行阶段才能确定，就是动态联编

void DoSpeak(Animal & animal)
{
    animal.speak();
}
//
//多态满足条件：
//1、有继承关系
//2、子类重写父类中的虚函数
//多态使用：
//父类指针或引用指向子类对象

void test01()
{
    Cat cat;
    DoSpeak(cat);


    Dog dog;
    DoSpeak(dog);
}


int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- 总结：
- 动态多态满足条件
    - 有继承关系

    - 子类重写父类中的虚函数
- 多态使用条件
- 父类指针或引用指向子类对象
- 重写：函数返回值类型 函数名 参数列表 完全一致称为重写
- 重载：与函数返回值无关的函数明相同，但是函数列表不一致的函数成为重载
- 动态多态的底层原理
    - 当父类的一个普通函数前面添加virtue时，此时该函数就成了虚函数，如果该类为空类，即不包含非静态成员变量时，该父类的`sizeof`大小为4个字节或8个字节的指针（这取决于自己电脑的位数）`vfptr`，该指针指向内存中记录虚函数的地址的表格`vftable`
        - 如果此时子类重写了父类的虚函数，那么子类中的虚函数表内部会替换成父类的虚函数地址，父类的仍然保持改变。当父类的指针或者引用指向子类对象时，就会发生多态，虽然是父类的指针，但是本质是子类的对象，因此就会走向子类对象指向的虚地址
        - 如果没有重写，那么子类就会指向父类的函数的地址
- 示例
    - 未重写只继承时的内存图

    - 重写时的内存图



4.7.2 多态案例一-计算器类

- 案例描述：
- 分别利用普通写法和多态技术，设计实现两个操作数进行运算的计算器类
- 多态的优点：
    - 代码组织结构清晰
    - 可读性强

    - 利于前期和后期的扩展以及维护
- **示例：**

```
//普通实现
class Calculator {
public:
    int getResult(string oper)
    {
        if (oper == "+") {
            return m_Num1 + m_Num2;
        }
        else if (oper == "-") {
            return m_Num1 - m_Num2;
        }
        else if (oper == "*") {
            return m_Num1 * m_Num2;
        }
        //如果要提供新的运算，需要修改源码
    }
public:
    int m_Num1;
    int m_Num2;
};

void test01()
{
    //普通实现测试
    Calculator c;
    c.m_Num1 = 10;
    c.m_Num2 = 10;
    cout << c.m_Num1 << " + " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("+") << endl;

    cout << c.m_Num1 << " - " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("-") << endl;

    cout << c.m_Num1 << " * " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("*") << endl;
}



//多态实现
//抽象计算器类
//多态优点：代码组织结构清晰，可读性强，利于前期和后期的扩展以及维护
class AbstractCalculator
{
public :

    virtual int getResult()
    {
        return 0;
    }

    int m_Num1;
    int m_Num2;
};

//加法计算器
class AddCalculator :public AbstractCalculator
```

```
{
public:
    int getResult()
    {
        return m_Num1 + m_Num2;
    }
};

//减法计算器
class SubCalculator :public AbstractCalculator
{
public:
    int getResult()
    {
        return m_Num1 - m_Num2;
    }
};

//乘法计算器
class MulCalculator :public AbstractCalculator
{
public:
    int getResult()
    {
        return m_Num1 * m_Num2;
    }
};


void test02()
{
    //创建加法计算器，父类指针指向字符对象，因为父类是虚函数，因此父类指针本质可以指向申请的子类对象
    AbstractCalculator *abc = new AddCalculator;
    abc->m_Num1 = 10;
    abc->m_Num2 = 10;
    cout << abc->m_Num1 << " + " << abc->m_Num2 << " = " << abc->getResult() << endl;
    delete abc;  //用完了记得销毁

    //创建减法计算器
    abc = new SubCalculator;
    abc->m_Num1 = 10;
    abc->m_Num2 = 10;
    cout << abc->m_Num1 << " - " << abc->m_Num2 << " = " << abc->getResult() << endl;
    delete abc;

    //创建乘法计算器
    abc = new MulCalculator;
    abc->m_Num1 = 10;
    abc->m_Num2 = 10;
    cout << abc->m_Num1 << " * " << abc->m_Num2 << " = " << abc->getResult() << endl;
    delete abc;
}

int main() {
```

```
    //test01();

    test02();

    system("pause");

    return 0;
}
```

> 总结：C++开发提倡利用多态设计程序架构，因为多态优点很多

4.7.3 纯虚函数和抽象类

- 在多态中，通常父类中虚函数的实现是毫无意义的，主要都是调用子类重写的内容
- 因此可以将虚函数改为**纯虚函数**
- 纯虚函数语法：`virtual 返回值类型 函数名 （参数列表）= 0 ;`
- 当类中有了纯虚函数，这个类也称为抽象类
- **抽象类特点**：
  - 无法实例化对象
  - 子类必须重写抽象类中的纯虚函数，否则也属于抽象类
- **示例：**

```
class Base
{
public:
    //纯虚函数
    //类中只要有一个纯虚函数就称为抽象类
    //抽象类无法实例化对象
    //子类必须重写父类中的纯虚函数，否则也属于抽象类
    virtual void func() = 0;
};

class Son :public Base
{
public:
    virtual void func()
    {
        cout << "func调用" << endl;
    };
};

void test01()
{
    //抽象父类申请指针之后，指向自己是毫无意义的，因为自己本身就是一个抽象类。但是因为抽象父类的特性因此父类可以指向一个其子类申请的空间，从而可以通过父类这个指针指向子类之后去调用子类中的数据和函数
    Base * base = NULL;
    //base = new Base; // 错误，抽象类无法实例化对象
    base = new Son;
    base->func();
    delete base;//记得销毁
}

int main() {
```

```
    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

4.7.4 多态案例二-制作饮品

- **案例描述：**
- 制作饮品的大致流程为：煮水 - 冲泡 - 倒入杯中 - 加入辅料
- 利用多态技术实现本案例，提供抽象制作饮品基类，提供子类制作咖啡和茶叶

- **示例：**

```
//抽象制作饮品
class AbstractDrinking {
public:
    //烧水
    virtual void Boil() = 0;
    //冲泡
    virtual void Brew() = 0;
    //倒入杯中
    virtual void PourInCup() = 0;
    //加入辅料
    virtual void PutSomething() = 0;
    //规定流程
    void MakeDrink() {
        Boil();
        Brew();
        PourInCup();
        PutSomething();
    }
};

//制作咖啡
class Coffee : public AbstractDrinking {
public:
    //烧水
```

```
    virtual void Boil() {
        cout << "煮农夫山泉!" << endl;
    }
    //冲泡
    virtual void Brew() {
        cout << "冲泡咖啡!" << endl;
    }
    //倒入杯中
    virtual void PourInCup() {
        cout << "将咖啡倒入杯中!" << endl;
    }
    //加入辅料
    virtual void PutSomething() {
        cout << "加入牛奶!" << endl;
    }
};

//制作茶水
class Tea : public AbstractDrinking {
public:
    //烧水
    virtual void Boil() {
        cout << "煮自来水!" << endl;
    }
    //冲泡
    virtual void Brew() {
        cout << "冲泡茶叶!" << endl;
    }
    //倒入杯中
    virtual void PourInCup() {
        cout << "将茶水倒入杯中!" << endl;
    }
    //加入辅料
    virtual void PutSomething() {
        cout << "加入枸杞!" << endl;
    }
};

//业务函数
void DoWork(AbstractDrinking* drink) {
    drink->MakeDrink();
    delete drink;
}

void test01() {
    DoWork(new Coffee);
    cout << "--------------" << endl;
    DoWork(new Tea);
}


int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
```

```
}
```

4.7.5 虚析构和纯虚析构

- 多态使用时，如果子类中有属性开辟到堆区，那么父类指针在释放时无法调用到子类的析构代码（虽然父类申请了指针，但是具体的对象是子类对象，如果子类的属性开辟到堆区，而堆区的一些属性释放是需要执行到子类的析构函数的，父类指针释放的时候并不会调用到子类析构代码）
    - 因为使用多态方式，父类指针在析构的时候不会调用子类中的析构函数，故子类对象的堆中的属性仍然存在，这就导致内存泄漏问题
- 解决方式：将父类中的析构函数改为**虚析构**或者**纯虚析构**
- 虚析构和纯虚析构共性：
    - 可以解决父类指针释放子类对象
    - 都需要有具体的函数实现
- 虚析构和纯虚析构区别：
    - 如果是纯虚析构，该类属于抽象类，无法实例化对象
- 虚析构语法：

`virtual ~类名(){}`

- 纯虚析构语法：

`virtual ~类名() = 0;`

`类名::~类名(){}`

- **示例：**

```
class Animal {
public:

    Animal()
    {
        cout << "Animal 构造函数调用！" << endl;
    }
    virtual void Speak() = 0;

    //析构函数加上virtual关键字，变成虚析构函数（如果是虚析构的话，因为声明的同时也进行了实现，故书写一次即可）
    //virtual ~Animal()
    //{
    //  cout << "Animal虚析构函数调用！" << endl;
    //}

    //纯虚析构的声明（纯虚析构的声明和实现是分开的，但是缺一不可）
    virtual ~Animal() = 0;
};
//纯虚析构的实现（声明和实现都必须有）
Animal::~Animal()
{
    cout << "Animal 纯虚析构函数调用！" << endl;
}

//和包含普通纯虚函数的类一样，包含了纯虚析构函数的类也是一个抽象类。不能够被实例化。

class Cat : public Animal {
public:
```

```
    Cat(string name)
    {
        cout << "Cat构造函数调用！" << endl;
        m_Name = new string(name);
    }
    virtual void Speak()
    {
        cout << *m_Name <<  "小猫在说话!" << endl;
    }
    ~Cat()
    {
        cout << "Cat析构函数调用!" << endl;
        if (this->m_Name != NULL) {
            delete m_Name;
            m_Name = NULL;
        }
    }

public:
    string *m_Name;
};

void test01()
{
    Animal *animal = new Cat("Tom");
    animal->Speak();

    //通过父类指针去释放，会导致子类对象可能清理不干净，造成内存泄漏
    //怎么解决？给基类增加一个虚析构函数
    //虚析构函数就是用来解决通过父类指针释放子类对象
    delete animal;
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- 总结：
  - 虚析构或纯虚析构就是用来解决通过父类指针释放子类对象
  - 如果子类中没有堆区数据，可以不写为虚析构或纯虚析构
  - 拥有纯虚析构函数的类也属于抽象类

4.7.6 多态案例三-电脑组装

- **案例描述：**
- 电脑主要组成部件为 CPU（用于计算），显卡（用于显示），内存条（用于存储）
- 将每个零件封装出抽象基类，并且提供不同的厂商生产不同的零件，例如Intel厂商和Lenovo厂商
- 创建电脑类提供让电脑工作的函数，并且调用每个零件工作的接口
- 测试时组装三台不同的电脑进行工作
- **示例：**

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

//抽象CPU类
class CPU
{
public:
    //抽象的计算函数
    virtual void calculate() = 0;
};

//抽象显卡类
class VideoCard
{
public:
    //抽象的显示函数
    virtual void display() = 0;
};

//抽象内存条类
class Memory
{
public:
    //抽象的存储函数
    virtual void storage() = 0;
};

//电脑类
class Computer
{
public:
    Computer(CPU * cpu, VideoCard * vc, Memory * mem)
    {
        m_cpu = cpu;
        m_vc = vc;
        m_mem = mem;
    }

    //提供工作的函数
    void work()
    {
        //让零件工作起来，调用接口
        m_cpu->calculate();

        m_vc->display();

        m_mem->storage();
    }

    //提供析构函数 释放3个电脑零件
    ~Computer()
    {

        //释放CPU零件
        if (m_cpu != NULL)
        {
            delete m_cpu;
```

```
            m_cpu = NULL;
        }

        //释放显卡零件
        if (m_vc != NULL)
        {
            delete m_vc;
            m_vc = NULL;
        }

        //释放内存条零件
        if (m_mem != NULL)
        {
            delete m_mem;
            m_mem = NULL;
        }
    }

private:

    CPU * m_cpu; //CPU的零件指针
    VideoCard * m_vc; //显卡零件指针
    Memory * m_mem; //内存条零件指针
};

//具体厂商
//Intel厂商
class IntelCPU :public CPU
{
public:
    virtual void calculate()
    {
        cout << "Intel的CPU开始计算了！" << endl;
    }
};

class IntelVideoCard :public VideoCard
{
public:
    virtual void display()
    {
        cout << "Intel的显卡开始显示了！" << endl;
    }
};

class IntelMemory :public Memory
{
public:
    virtual void storage()
    {
        cout << "Intel的内存条开始存储了！" << endl;
    }
};

//Lenovo厂商
class LenovoCPU :public CPU
{
public:
```

```
    virtual void calculate()
    {
        cout << "Lenovo的CPU开始计算了！" << endl;
    }
};

class LenovoVideoCard :public VideoCard
{
public:
    virtual void display()
    {
        cout << "Lenovo的显卡开始显示了！" << endl;
    }
};

class LenovoMemory :public Memory
{
public:
    virtual void storage()
    {
        cout << "Lenovo的内存条开始存储了！" << endl;
    }
};


void test01()
{
    //第一台电脑零件
    CPU * intelCpu = new IntelCPU;
    VideoCard * intelCard = new IntelVideoCard;
    Memory * intelMem = new IntelMemory;

    cout << "第一台电脑开始工作：" << endl;
    //创建第一台电脑
    Computer * computer1 = new Computer(intelCpu, intelCard, intelMem);
    computer1->work();
    delete computer1;

    cout << "-----------------------" << endl;
    cout << "第二台电脑开始工作：" << endl;
    //第二台电脑组装
    Computer * computer2 = new Computer(new LenovoCPU, new LenovoVideoCard, new
LenovoMemory);;
    computer2->work();
    delete computer2;

    cout << "-----------------------" << endl;
    cout << "第三台电脑开始工作：" << endl;
    //第三台电脑组装
    Computer * computer3 = new Computer(new LenovoCPU, new IntelVideoCard, new
LenovoMemory);;
    computer3->work();
    delete computer3;

}
```

5 文件操作

- 程序运行时产生的数据都属于临时数据，程序一旦运行结束都会被释放
- 通过**文件可以将数据持久化**
- C++中对文件操作需要包含头文件 < fstream >
- 文件类型分为两种：
  1. **文本文件** - 文件以文本的**ASCII码**形式存储在计算机中
  2. **二进制文件** - 文件以文本的**二进制**形式存储在计算机中，用户一般不能直接读懂它们
- 操作文件的三大类:
  1. ofstream：写操作
  2. ifstream： 读操作
  3. fstream ： 读写操作

5.1文本文件

5.1.1写文件

- 写文件步骤如下：

1. 包含头文件

   #include <fstream>

2. 创建流对象

   ofstream ofs;

3. 打开文件

   ofs.open("文件路径",打开方式);

4. 写数据

   ofs << "写入的数据";

5. 关闭文件

   ofs.close();

- 文件打开方式：

打开方式	解释
ios::in	为读文件而打开文件
ios::out	为写文件而打开文件
ios::ate	初始位置：文件尾
ios::app	追加方式写文件
ios::trunc	如果文件存在先删除，再创建
ios::binary	二进制方式

- **注意：** 文件打开方式可以配合使用，利用|操作符
- **例如：**用二进制方式写文件 `ios::binary |  ios:: out`
- **示例：**

```
#include <fstream>

void test01()
{
    ofstream ofs;
    ofs.open("test.txt", ios::out);

    ofs << "姓名：张三" << endl;
    ofs << "性别：男" << endl;
    ofs << "年龄：18" << endl;

    ofs.close();
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- 总结：
  - 文件操作必须包含头文件 fstream
  - 读文件可以利用 ofstream ，或者fstream类
  - 打开文件时候需要指定操作文件的路径，以及打开方式
  - 利用<<可以向文件中写数据
  - 操作完毕，要关闭文件

5.1.2读文件

- 读文件与写文件步骤相似，但是读取方式相对于比较多
- 读文件步骤如下：

1. 包含头文件

   #include <fstream>

2. 创建流对象

   ifstream ifs;

3. 打开文件并判断文件是否打开成功

   ifs.open("文件路径",打开方式);

4. 读数据

   四种方式读取

5. 关闭文件

   ifs.close();

- **示例：**

```
#include <fstream>
#include <string>
void test01()
{
```

```
    ifstream ifs;
    ifs.open("test.txt", ios::in);

    if (!ifs.is_open())
    {
        cout << "文件打开失败" << endl;
        return;
    }

    //第一种方式：读取到空格、换行、对齐时都会当作换行输出
    //char buf[1024] = { 0 };
    //while (ifs >> buf)
    //{
    //  cout << buf << endl;
    //}

    //第二种：按行读取，与第一种不同的是，读取到的空格等不会自动换行，读到什么就是什么
    //char buf[1024] = { 0 };
    //while (ifs.getline(buf,sizeof(buf)))
    //{
    //  cout << buf << endl;
    //}

    //第三种：使用getline全局函数
    //string buf;
    //while (getline(ifs, buf))
    //{
    //  cout << buf << endl;
    //}
    //不太推荐使用，这是单个字符读取
    char c;
    while ((c = ifs.get()) != EOF)
    {
        cout << c;
    }

    ifs.close();

}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- 总结：
  - 读文件可以利用 ifstream ， 或者fstream类
  - 利用is_open函数可以判断文件是否打开成功
  - close 关闭文件

5.2 二进制文件

- 以二进制的方式对文件进行读写操作

- 打开方式要指定为 ios::binary

5.2.1 写文件

- 二进制方式写文件主要利用流对象调用成员函数write
- 函数原型：`ostream& write(const char * buffer,int len);`
- 参数解释：字符指针buffer指向内存中一段存储空间。len是读写的字节数
- **示例：**

```
#include <fstream>
#include <string>

class Person
{
public:
    char m_Name[64];
    int m_Age;
};

//二进制文件  写文件
void test01()
{
    //1、包含头文件

    //2、创建输出流对象
    ofstream ofs("person.txt", ios::out | ios::binary);

    //3、打开文件
    //ofs.open("person.txt", ios::out | ios::binary);

    Person p = {"张三"  , 18};

    //4、写文件
    //强转是因为函数原型此处需要的就是const char型的指针
    ofs.write((const char *)&p, sizeof(p));

    //5、关闭文件
    ofs.close();
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- 总结：
    - 文件输出流对象 可以通过write函数，以二进制方式写数据

5.2.2 读文件

- 二进制方式读文件主要利用流对象调用成员函数read

- 函数原型：`istream& read(char *buffer,int len);`
- 参数解释：字符指针buffer指向内存中一段存储空间。len是读写的字节数
- 示例：

```
#include <fstream>
#include <string>

class Person
{
public:
    char m_Name[64];
    int m_Age;
};

void test01()
{
    ifstream ifs("person.txt", ios::in | ios::binary);
    if (!ifs.is_open())
    {
        cout << "文件打开失败" << endl;
    }

    Person p;
    ifs.read((char *)&p, sizeof(p));

    cout << "姓名： " << p.m_Name << " 年龄： " << p.m_Age << endl;
}

int main() {

    test01();

    system("pause");

    return 0;
}
```

- 文件输入流对象 可以通过read函数，以二进制方式读数据