

C++核心编程

本阶段主要针对C++**面向对象**编程技术做详细讲解，探讨C++中的核心和精髓。

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（const修饰的全局常量）**也存放在此。

该区域的数据在程序结束后由操作系统释放。（不能人为控制）

示例:

```
1 //全局变量（全局区）
2 int g_a = 10;
3 int g_b = 10;
4
5 //const修饰的全局常量（全局区）
6 const int c_g_a = 10;
7 const int c_g_b = 10;
8
9 int main() {
10
11     //局部变量（栈区）
12     int a = 10;
13     int b = 10;
14
15     //打印地址
16     cout << "局部变量a地址为: " << (int)&a << endl;
17     cout << "局部变量b地址为: " << (int)&b << endl;
18
19     cout << "全局变量g_a地址为: " << (int)&g_a << endl;
20     cout << "全局变量g_b地址为: " << (int)&g_b << endl;
21
22     //静态变量（全局区）
23     static int s_a = 10;
24     static int s_b = 10;
25
26     cout << "静态变量s_a地址为: " << (int)&s_a << endl;
27     cout << "静态变量s_b地址为: " << (int)&s_b << endl;
28
29     //字符串常量（全局区）
30     cout << "字符串常量地址为: " << (int)&"hello world" << endl;
31     cout << "字符串常量地址为: " << (int)&"hello world1" << endl;
32
33     cout << "全局常量c_g_a地址为: " << (int)&c_g_a << endl;
34     cout << "全局常量c_g_b地址为: " << (int)&c_g_b << endl;
35
36     // const修饰的局部常量（栈区）
37     const int c_l_a = 10;
38     const int c_l_b = 10;
39     cout << "局部常量c_l_a地址为: " << (int)&c_l_a << endl;
40     cout << "局部常量c_l_b地址为: " << (int)&c_l_b << endl;
41
42     system("pause");
43
44     return 0;
45 }
```

打印结果:

```

局部变量a地址为: 9697232
局部变量b地址为: 9697220
全局变量g_a地址为: 3461120
全局变量g_b地址为: 3461124
静态变量s_a地址为: 3461128
静态变量s_b地址为: 3461132
字符串常量地址为: 3451880
字符串常量地址为: 3451896
全局常量c_g_a地址为: 3452096
全局常量c_g_b地址为: 3452100
局部常量c_l_a地址为: 9697208
局部常量c_l_b地址为: 9697196
请按任意键继续. . .

```

← 局部变量存放在栈区
 ← 全局变量和静态变量存放在全局区
 ← 常量区
 ← 局部常量存放在栈区

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、常量
- 常量区中存放 **const**修饰的全局常量和 字符串常量

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 (形参), 局部变量等

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

示例:

```

1  int * func()
2  {
3      int a = 10;
4      return &a;
5  }
6
7  int main() {
8
9      int *p = func();
10
11     cout << *p << endl;
12     cout << *p << endl;
13
14     system("pause");
15
16     return 0;

```

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

示例：

```
1  int* func()
2  {
3      int* a = new int(10);
4      return a;
5  }
6
7  int main() {
8
9      int *p = func();
10
11     cout << *p << endl;
12     cout << *p << endl;
13
14     system("pause");
15
16     return 0;
17 }
```

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

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

示例1：基本语法

```
1  int* func()
2  {
3      int* a = new int(10);
4      return a;
5  }
6
7  int main() {
8
9      int *p = func();
10
11     cout << *p << endl;
12     cout << *p << endl;
13
14     //利用delete释放堆区数据
15     delete p;
16
17     //cout << *p << endl; //报错，释放的空间不可访问
18
19     system("pause");
20
21     return 0;
22 }
```

示例2：开辟数组

```
1  //堆区开辟数组
2  int main() {
3
4      int* arr = new int[10];
5
6      for (int i = 0; i < 10; i++)
7      {
8          arr[i] = i + 100;
9      }
10
11     for (int i = 0; i < 10; i++)
12     {
13         cout << arr[i] << endl;
14     }
15     //释放数组 delete 后加 []
16     delete[] arr;
17
18     system("pause");
19
20     return 0;
21 }
22
```

2 引用

2.1 引用的基本使用

作用： 给变量起别名

语法： `数据类型 &别名 = 原名`

示例：

```
1  int main() {
2
3      int a = 10;
4      int &b = a;
5
6      cout << "a = " << a << endl;
7      cout << "b = " << b << endl;
8
9      b = 100;
10
11     cout << "a = " << a << endl;
12     cout << "b = " << b << endl;
13
14     system("pause");
15
16     return 0;
17 }
```

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

示例：

```
1  int main() {
2
3      int a = 10;
4      int b = 20;
5      //int &c; //错误，引用必须初始化
6      int &c = a; //一旦初始化后，就不可以更改
7      c = b; //这是赋值操作，不是更改引用
8
9      cout << "a = " << a << endl;
```

```

10     cout << "b = " << b << endl;
11     cout << "c = " << c << endl;
12
13     system("pause");
14
15     return 0;
16 }

```

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

```

1  int b = 10;
2  int* a = &b;  // 指针取地址
3  int &c = b;   // 引用换名字

```

示例：

```

1  //1. 值传递
2  void mySwap01(int a, int b) {
3      int temp = a;
4      a = b;
5      b = temp;
6  }
7
8  //2. 地址传递
9  void mySwap02(int* a, int* b) {
10     int temp = *a;
11     *a = *b;
12     *b = temp;
13 }
14
15 //3. 引用传递
16 void mySwap03(int& a, int& b) {
17     int temp = a;
18     a = b;
19     b = temp;
20 }
21
22 int main() {
23
24     int a = 10;
25     int b = 20;
26

```

```

27     mySwap01(a, b);
28     cout << "a:" << a << " b:" << b << endl;
29
30     mySwap02(&a, &b);
31     cout << "a:" << a << " b:" << b << endl;
32
33     mySwap03(a, b);
34     cout << "a:" << a << " b:" << b << endl;
35
36     system("pause");
37
38     return 0;
39 }
40

```

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：

```

1 //返回局部变量引用
2 int& test01() {
3     int a = 10; //局部变量
4     return a;
5 }
6
7 //返回静态变量引用
8 int& test02() {
9     static int a = 20;
10    return a;
11 }
12
13 int main() {
14

```



```

15 //不能返回局部变量的引用
16 int& ref = test01();
17 cout << "ref = " << ref << endl;
18 cout << "ref = " << ref << endl;
19
20 //如果函数做左值，那么必须返回引用
21 int& ref2 = test02();
22 cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
23 cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
24
25 test02() = 1000; // （左值操作）相当于对静态变量a赋值
26
27 cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
28 cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
29
30 system("pause");
31
32 return 0;
33 }

```

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：

```

1 //发现是引用，转换为 int* const ref = &a;
2 void func(int& ref){
3     ref = 100; // ref是引用，转换为*ref = 100
4 }
5 int main(){
6     int a = 10;
7
8     //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
9     int& ref = a;
10    ref = 20; //内部发现ref是引用，自动帮我们转换为： *ref = 20;
11
12    cout << "a:" << a << endl;
13    cout << "ref:" << ref << endl;
14
15    func(a);
16    return 0;
17 }

```

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

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

示例：

```
1 //引用使用的场景，通常用来修饰形参
2 void showValue(const int& v) {
3     //v += 10;
4     cout << v << endl;
5 }
6
7 int main() {
8
9     //int& ref = 10; 引用本身需要一个合法的内存空间，因此这行错误
10    //加入const就可以了，编译器优化代码，int temp = 10; const int& ref = temp;
11    const int& ref = 10;
12
13    //ref = 100; //加入const后不可以修改变量
14    cout << ref << endl;
15
16    //函数中利用常量引用防止误操作修改实参
17    int a = 10;
18    showValue(a);
19
20    system("pause");
21
22    return 0;
23 }
```

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

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

声明和实现只能一个默认值

示例：

```
1  int func(int a, int b = 10, int c = 10) {
2      return a + b + c;
3  }
4
5  //1. 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
6  //2. 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
7  int func2(int a = 10, int b = 10);
8  int func2(int a, int b) {
9      return a + b;
10 }
11
12 int main() {
13
14     cout << "ret = " << func(20, 20) << endl;
15     cout << "ret = " << func(100) << endl;
16
17     system("pause");
18
19     return 0;
20 }
```

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){}

在现阶段函数的占位参数存在意义不大，但是后面的课程中会用到该技术

示例：

```
1 //函数占位参数 ， 占位参数也可以有默认参数
2 void func(int a, int) {
3     cout << "this is func" << endl;
4 }
5
6 int main() {
7
8     func(10,10); //占位参数必须填补
9
10    system("pause");
11
12    return 0;
13 }
```

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：

```
1 //函数重载需要函数都在同一个作用域下（以下例子在全局作用域下）
2 void func()
3 {
4     cout << "func 的调用！" << endl;
5 }
6 void func(int a)
7 {
8     cout << "func (int a) 的调用！" << endl;
9 }
10 void func(double a)
```

```

11 {
12     cout << "func (double a)的调用! " << endl;
13 }
14 void func(int a ,double b)
15 {
16     cout << "func (int a ,double b) 的调用! " << endl;
17 }
18 void func(double a ,int b)
19 {
20     cout << "func (double a ,int b)的调用! " << endl;
21 }
22
23 //函数返回值不可以作为函数重载条件
24 //int func(double a, int b)
25 //{
26 //    cout << "func (double a ,int b)的调用! " << endl;
27 //}
28
29
30 int main() {
31
32     func();
33     func(10);
34     func(3.14);
35     func(10,3.14);
36     func(3.14 , 10);
37
38     system("pause");
39
40     return 0;
41 }

```

3.3.2 函数重载注意事项

- 引用可以作为重载条件
- 函数重载碰到函数默认参数

示例:

```

1 //函数重载注意事项
2 //1、引用作为重载条件
3

```

```

4 void func(int &a)
5 {
6     cout << "func (int &a) 调用 " << endl;
7 }
8
9 void func(const int &a)
10 {
11     cout << "func (const int &a) 调用 " << endl;
12 }
13
14
15 //2、函数重载碰到函数默认参数
16
17 void func2(int a, int b = 10)
18 {
19     cout << "func2(int a, int b = 10) 调用" << endl;
20 }
21
22 void func2(int a)
23 {
24     cout << "func2(int a) 调用" << endl;
25 }
26
27 int main() {
28
29     int a = 10;
30     func(a); //调用无const
31     func(10); //调用有const
32
33
34     //func2(10); //碰到默认参数产生歧义，需要避免
35
36     system("pause");
37
38     return 0;
39 }

```

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 };`

示例1：设计一个圆类，求圆的周长

示例代码：

```
1 //圆周率
2 const double PI = 3.14;
3
4 //1、封装的意义
5 //将属性和行为作为一个整体，用来表现生活中的事物
6
7 //封装一个圆类，求圆的周长
8 //class代表设计一个类，后面跟着的是类名
9 class Circle
10 {
11     public: //访问权限 公共的权限
12
13         //属性
14         int m_r; //半径
15
16         //行为
17         //获取到圆的周长
18         double calculateZC()
19         {
20             //2 * pi * r
21             //获取圆的周长
22             return 2 * PI * m_r;
23         }
24 };
25
26 int main() {
27
28     //通过圆类，创建圆的对象
29     // c1就是一个具体的圆
30     Circle c1;
31     c1.m_r = 10; //给圆对象的半径 进行赋值操作
32
33     //2 * pi * 10 == 62.8
```

```

34     cout << "圆的周长为: " << c1.calculateZC() << endl;
35
36     system("pause");
37
38     return 0;
39 }

```

示例2：设计一个学生类，属性有姓名和学号，可以给姓名和学号赋值，可以显示学生的姓名和学号

示例2代码：

```

1  //学生类
2  class Student {
3  public:
4      void setName(string name) {
5          m_name = name;
6      }
7      void setID(int id) {
8          m_id = id;
9      }
10
11     void showStudent() {
12         cout << "name:" << m_name << " ID:" << m_id << endl;
13     }
14 public:
15     string m_name;
16     int m_id;
17 };
18
19 int main() {
20
21     Student stu;
22     stu.setName("德玛西亚");
23     stu.setID(250);
24     stu.showStudent();
25
26     system("pause");
27
28     return 0;
29 }
30

```

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：

1. public 公共权限
2. protected 保护权限
3. private 私有权限

示例：

```
1 //三种权限
2 //公共权限 public 类内可以访问 类外可以访问
3 //保护权限 protected 类内可以访问 类外不可以访问 子类可以访问父类内容
4 //私有权限 private 类内可以访问 类外不可以访问 子类不可以访问父类内容
5
6 class Person
7 {
8     //姓名 公共权限
9     public:
10         string m_Name;
11
12     //汽车 保护权限
13     protected:
14         string m_Car;
15
16     //银行卡密码 私有权限
17     private:
18         int m_Password;
19
20     public:
21         void func()
22         {
23             m_Name = "张三";
24             m_Car = "拖拉机";
25             m_Password = 123456;
26         }
27 };
28
29 int main() {
30
31     Person p;
32     p.m_Name = "李四";
33     //p.m_Car = "奔驰"; //保护权限类外访问不到
34     //p.m_Password = 123; //私有权限类外访问不到
35
36     system("pause");
37
38     return 0;
39 }
```

4.1.2 struct和class区别**

在C++中 struct和class唯一的区别就在于 默认访问权限不同

区别:

- struct 默认权限为公共
- class 默认权限为私有

```
1  class C1
2  {
3      int m_A; //默认是私有权限
4  };
5
6  struct C2
7  {
8      int m_A; //默认是公共权限
9  };
10
11 int main() {
12
13     C1 c1;
14     c1.m_A = 10; //错误，访问权限是私有
15
16     C2 c2;
17     c2.m_A = 10; //正确，访问权限是公共
18
19     system("pause");
20
21     return 0;
22 }
```

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

示例:

```
1  class Person {
2  public:
3
4      //姓名设置可读可写
5      void setName(string name) {
6          m_Name = name;
7      }
8      string getName()
9      {
10         return m_Name;
11     }
12
13
14     //获取年龄
15     int getAge() {
16         return m_Age;
17     }
18     //设置年龄
19     void setAge(int age) {
20         if (age < 0 || age > 150) {
21             cout << "你个老妖精!" << endl;
22             return;
23         }
24         m_Age = age;
25     }
26
27     //情人设置为只写
28     void setLover(string lover) {
29         m_Lover = lover;
30     }
31
32 private:
33     string m_Name; //可读可写  姓名
34
35     int m_Age; //只读  年龄
36
37     string m_Lover; //只写  情人
38 };
39
40
41 int main() {
42
43     Person p;
44     //姓名设置
45     p.setName("张三");
46     cout << "姓名:  " << p.getName() << endl;
47
48     //年龄设置
49     p.setAge(50);
50     cout << "年龄:  " << p.getAge() << endl;
51
52     //情人设置
53     p.setLover("苍井");
54     //cout << "情人:  " << p.m_Lover << endl;  //只写属性, 不可以读取
55 }
```

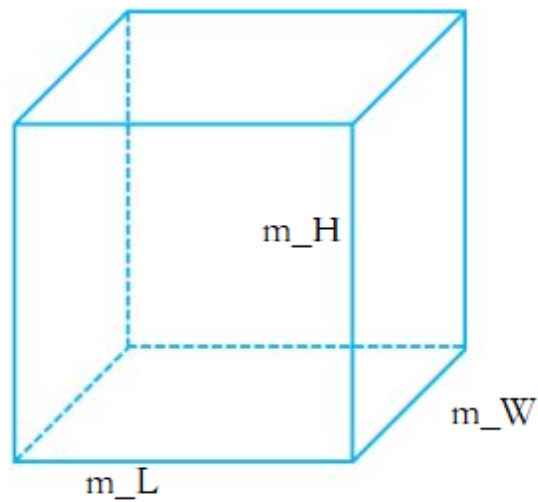
```
56     system("pause");  
57  
58     return 0;  
59 }
```

练习案例1：设计立方体类

设计立方体类(Cube)

求出立方体的面积和体积

分别用全局函数和成员函数判断两个立方体是否相等。



练习案例2：点和圆的关系

设计一个圆形类 (Circle) , 和一个点类 (Point) , 计算点和圆的关系。



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O{}`

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(){}`

1. 析构函数，没有返回值也不写void
2. 函数名称与类名相同,在名称前加上符号 ~
3. 析构函数**不可以有参数**，因此不可以发生重载
4. 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

```
1  class Person
2  {
3  public:
4      //构造函数
5      Person()
6      {
7          cout << "Person的构造函数调用" << endl;
8      }
9      //析构函数
10     ~Person()
11     {
12         cout << "Person的析构函数调用" << endl;
13     }
14
15 };
16
17 void test01()
18 {
19     Person p;
20 }
21
22 int main() {
23
24     test01();
25
26     system("pause");
27
28     return 0;
29 }
```

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

三种调用方式：

括号法

显示法

隐式转换法

重点记录拷贝函数

必须有const 且是&

主要用于拷贝另一个对象

示例：

```
1 //1、构造函数分类
2 // 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
3 // 按照类型分类分为 普通构造和拷贝构造
4
5 class Person {
6 public:
7     //无参（默认）构造函数
8     Person() {
9         cout << "无参构造函数!" << endl;
10    }
11    //有参构造函数***
12    Person(int a) {
13        age = a;
14        cout << "有参构造函数!" << endl;
15    }
16    //拷贝构造函数
17    Person(const Person& p) {
18        age = p.age;
19        cout << "拷贝构造函数!" << endl;
20    }
21    //析构函数
22    ~Person() {
23        cout << "析构函数!" << endl;
24    }
25 public:
26     int age;
27 };
28
29 //2、构造函数的调用
30 //调用无参构造函数
31 void test01() {
32     Person p; //调用无参构造函数
33 }
34
35 //调用有参的构造函数
36 void test02() {
```

```

37
38 //2.1 括号法，常用
39 Person p1(10);
40 //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
41 //Person p2();
42
43 //2.2 显式法
44 Person p2 = Person(10);
45 Person p3 = Person(p2);
46 //Person(10)单独写就是匿名对象 当前行结束之后，马上析构
47
48 //2.3 隐式转换法
49 Person p4 = 10; // Person p4 = Person(10);
50 Person p5 = p4; // Person p5 = Person(p4);
51
52 //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
53 //Person p5(p4);
54 }
55
56 int main() {
57
58     test01();
59     //test02();
60
61     system("pause");
62
63     return 0;
64 }

```

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

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（什么时候会使用析构函数）

- 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
- 以值方式返回局部对象

示例:

```

1 class Person {
2 public:
3     Person() {
4         cout << "无参构造函数!" << endl;
5         mAge = 0;
6     }
7     Person(int age) {
8         cout << "有参构造函数!" << endl;

```



```

9         mAge = age;
10    }
11    Person(const Person& p) {
12        cout << "拷贝构造函数!" << endl;
13        mAge = p.mAge;
14    }
15    //析构函数在释放内存之前调用
16    ~Person() {
17        cout << "析构函数!" << endl;
18    }
19 public:
20     int mAge;
21 };
22
23 //1. 使用一个已经创建完毕的对象来初始化一个新对象
24 void test01() {
25
26     Person man(100); //p对象已经创建完毕
27     Person newman(man); //调用拷贝构造函数
28     Person newman2 = man; //拷贝构造
29
30     //Person newman3;
31     //newman3 = man; //不是调用拷贝构造函数, 赋值操作
32 }
33
34 //2. 值传递的方式给函数参数传值
35 //相当于Person p1 = p;
36 void dowork(Person p1) {}
37 void test02() {
38     Person p; //无参构造函数
39     dowork(p);
40 }
41
42 //3. 以值方式返回局部对象
43 Person dowork2()
44 {
45     Person p1;
46     cout << (int *)&p1 << endl;
47     return p1;
48 }
49
50 void test03()
51 {
52     Person p = dowork2();
53     cout << (int *)&p << endl;
54 }
55
56
57 int main() {
58
59     //test01();
60     //test02();
61     test03();
62
63     system("pause");
64
65     return 0;
66 }

```

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

示例：

```
1  class Person {
2  public:
3      //无参（默认）构造函数
4      Person() {
5          cout << "无参构造函数!" << endl;
6      }
7      //有参构造函数
8      Person(int a) {
9          age = a;
10         cout << "有参构造函数!" << endl;
11     }
12     //拷贝构造函数
13     Person(const Person& p) {
14         age = p.age;
15         cout << "拷贝构造函数!" << endl;
16     }
17     //析构函数
18     ~Person() {
19         cout << "析构函数!" << endl;
20     }
21 public:
22     int age;
23 };
24
25 void test01()
26 {
27     Person p1(18);
28     //如果不写拷贝构造，编译器会自动添加拷贝构造，并且做浅拷贝操作
29     Person p2(p1);
30
31     cout << "p2的年龄为:  " << p2.age << endl;
32 }
33
```

```

34 void test02()
35 {
36     //如果用户提供有参构造，编译器不会提供默认构造，会提供拷贝构造
37     Person p1; //此时如果用户自己没有提供默认构造，会出错
38     Person p2(10); //用户提供的有参
39     Person p3(p2); //此时如果用户没有提供拷贝构造，编译器会提供
40
41     //如果用户提供拷贝构造，编译器不会提供其他构造函数
42     Person p4; //此时如果用户自己没有提供默认构造，会出错
43     Person p5(10); //此时如果用户自己没有提供有参，会出错
44     Person p6(p5); //用户自己提供拷贝构造
45 }
46
47 int main() {
48
49     test01();
50
51     system("pause");
52
53     return 0;
54 }

```

4.2.5 深拷贝与浅拷贝**

深浅拷贝是面试经典问题，也是常见的一个坑

浅拷贝：简单的赋值拷贝操作

深拷贝：在堆区重新申请空间，进行拷贝操作

浅拷贝的问题：堆区内存的重复释放

示例：

```

1  class Person {
2  public:
3      //无参（默认）构造函数
4      Person() {
5          cout << "无参构造函数!" << endl;
6      }
7      //有参构造函数
8      Person(int age ,int height) {
9
10         cout << "有参构造函数!" << endl;
11
12         m_age = age;

```

```

13         m_height = new int(height);
14
15     }
16     //拷贝构造函数
17     Person(const Person& p) {
18         cout << "拷贝构造函数!" << endl;
19         //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
20         m_age = p.m_age;
21         m_height = new int(*p.m_height); // 重新在堆区开辟新的内存, 指向不同的位置, 但对应的值一样
22
23     }
24
25     //析构函数, 将堆区开辟的数据做释放操作
26     ~Person() {
27         cout << "析构函数!" << endl;
28         if (m_height != NULL)
29         {
30             delete m_height;
31         }
32     }
33 public:
34     int m_age;
35     int* m_height;
36 };
37
38 void test01()
39 {
40     Person p1(18, 180);
41
42     Person p2(p1);
43
44     cout << "p1的年龄: " << p1.m_age << " 身高: " << *p1.m_height << endl;
45
46     cout << "p2的年龄: " << p2.m_age << " 身高: " << *p2.m_height << endl;
47 }
48
49 int main() {
50
51     test01();
52
53     system("pause");
54
55     return 0;
56 }

```

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

只针对构造函数

语法: 构造函数(): 属性1(值1), 属性2(值2) ... {}

示例:

```
1  class Person {
2  public:
3
4      ////传统方式初始化
5      //Person(int a, int b, int c) {
6      //    m_A = a;
7      //    m_B = b;
8      //    m_C = c;
9      //}
10
11     //初始化列表方式初始化
12     Person(int a, int b, int c) :
13         m_A(a), m_B(b), m_C(c)
14     {}
15     void PrintPerson() {
16         cout << "mA:" << m_A << endl;
17         cout << "mB:" << m_B << endl;
18         cout << "mC:" << m_C << endl;
19     }
20 private:
21     int m_A;
22     int m_B;
23     int m_C;
24 };
25
26 int main() {
27
28     Person p(1, 2, 3);
29     p.PrintPerson();
30
31
32     system("pause");
33
34     return 0;
35 }
```

个人笔记:

初始化数据成员和数据成员赋值的区别

1. **内置数据类型 (int, float...), 复合类型 (指针, 引用)** - 在成员初始化列表和构造函数体内进行, 在性能和结果上都是一样的
2. **用户定义类型 (类 类型)** - 结果上相同, 但是性能上存在很大的差别。**使用初始化列表少了一次调用默认构造函数的过程, 这对于数据密集型的类来说, 是非常高效的。**在成员初始化列表处调用构造函数, 在进入函数体之后, 再对已经构造好的类对象的赋值, 又调用个拷贝赋值操作符

必须使用初始化列表的情况

1. 成员类型是**没有默认构造函数的类**。若没有提供显示初始化式, 则编译器隐式使用成员类型的默认构造函数, 若类没有默认构造函数, 则编译器尝试使用默认构造函数将会失败。
2. **const 成员**或**引用类型**的成员。因为 const 对象或引用类型只能初始化, 不能对他们赋值。

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:

```
1 class A {}
2 class B
3 {
4     A a;
5 }
```

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?

示例:

```
1 class Phone
2 {
3 public:
4     Phone(string name)
5     {
6         m_PhoneName = name;
7         cout << "Phone构造" << endl;
8     }
9
10    ~Phone()
11    {
12        cout << "Phone析构" << endl;
13    }
14
15    string m_PhoneName;
16 }
```

```

17 };
18
19
20 class Person
21 {
22 public:
23
24     //初始化列表可以告诉编译器调用哪一个构造函数
25     Person(string name, string pName) :m_Name(name), m_Phone(pName)
26     {
27         cout << "Person构造" << endl;
28     }
29
30     ~Person()
31     {
32         cout << "Person析构" << endl;
33     }
34
35     void playGame()
36     {
37         cout << m_Name << " 使用" << m_Phone.m_PhoneName << " 牌手机!" <<
endl;
38     }
39
40     string m_Name;
41     Phone m_Phone;
42
43 };
44 void test01()
45 {
46     //当类中成员是其他类对象时，我们称该成员为 对象成员
47     //构造的顺序是：先调用对象成员的构造，再调用本类构造
48     //析构顺序与构造相反
49     Person p("张三", "苹果X");
50     p.playGame();
51
52 }
53
54
55 int main() {
56
57     test01();
58
59     system("pause");
60
61     return 0;
62 }

```

构造的顺序是：先调用对象成员（手机）的构造，再调用本类（人）构造

析构的顺序正好相反：先人后手机

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
- 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**

示例1：静态成员变量

```
1  class Person
2  {
3
4  public:
5
6      static int m_A; //静态成员变量
7
8      //静态成员变量特点：
9      //1 在编译阶段分配内存
10     //2 类内声明，类外初始化
11     //3 所有对象共享同一份数据
12
13 private:
14     static int m_B; //静态成员变量也是有访问权限的
15 };
16 int Person::m_A = 10; // 必须在全局位置定义好
17 int Person::m_B = 10;
18
19 void test01()
20 {
21     //静态成员变量两种访问方式
22
23     //1、通过对象
24     Person p1;
25     p1.m_A = 100;
26     cout << "p1.m_A = " << p1.m_A << endl;
27
28     Person p2;
29     p2.m_A = 200;
30     cout << "p1.m_A = " << p1.m_A << endl; //共享同一份数据
31     cout << "p2.m_A = " << p2.m_A << endl;
32
33     //2、通过类名
34     cout << "m_A = " << Person::m_A << endl;
```



```

35
36
37     //cout << "m_B = " << Person::m_B << endl; //私有权限访问不到
38 }
39
40 int main() {
41
42     test01();
43
44     system("pause");
45
46     return 0;
47 }

```

示例2: 静态成员函数

```

1  class Person
2  {
3
4  public:
5
6      //静态成员函数特点:
7      //1 程序共享一个函数
8      //2 静态成员函数只能访问静态成员变量
9
10     static void func()
11     {
12         cout << "func调用" << endl;
13         m_A = 100; // 可以, 因为是共有的, 所以可以单独使用
14         //m_B = 100; //错误, 不可以访问非静态成员变量 **** 无法区分哪个对象的属性
15     }
16
17     static int m_A; //静态成员变量
18     int m_B; //
19 private:
20
21     //静态成员函数也是有访问权限的
22     static void func2()
23     {
24         cout << "func2调用" << endl;
25     }
26 };
27 int Person::m_A = 10;
28
29
30 void test01()
31 {
32     //静态成员变量两种访问方式
33
34     //1、通过对象
35     Person p1;
36     p1.func();
37
38     //2、通过类名
39     Person::func();

```

```

40
41
42     //Person::func2(); //私有权限访问不到
43 }
44
45 int main() {
46
47     test01();
48
49     system("pause");
50
51     return 0;
52 }

```

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**

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

每个空对象都有一个独一无二的内存地址：1个字节

如果空对象中加入一个非静态变量如(int)，那么占用内存就会变为4个字节，而非1+4=5个字节

只有类中的非静态变量，才会使该类的对象占用内存增加，其他的都会增加对象的内存。

```

1  class Person {
2  public:
3      Person() {
4          mA = 0;
5      }
6      //非静态成员变量占对象空间 +4个字节
7      int mA;
8      //静态成员变量不占对象空间 不增加内存
9      static int mB;
10     //函数也不占对象空间，所有函数共享一个函数实例 不增加内存
11     void func() {
12         cout << "mA:" << this->mA << endl;
13     }
14     //静态成员函数也不占对象空间 不增加内存
15     static void sfunc() {
16     }
17 };
18
19 int main() {
20

```

```

21     cout << sizeof(Person) << endl;
22
23     system("pause");
24
25     return 0;
26 }

```

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**

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

```

1  class Person
2  {
3  public:
4
5      Person(int age)
6      {
7          //1、当形参和成员变量同名时，可用this指针来区分
8          this->age = age;
9      }
10
11     Person& PersonAddPerson(Person p)
12     {
13         this->age += p.age;
14         //返回对象本身
15         return *this;
16     }
17
18     int age;
19 };
20
21 void test01()
22 {
23     Person p1(10);

```

```

24     cout << "p1.age = " << p1.age << endl;
25
26     Person p2(10);
27     p2.PersonAddPerson(p1).PersonAddPerson(p1).PersonAddPerson(p1);
28     cout << "p2.age = " << p2.age << endl;
29 }
30
31 int main() {
32
33     test01();
34
35     system("pause");
36
37     return 0;
38 }

```

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：

```

1  //空指针访问成员函数
2  class Person {
3  public:
4
5      void ShowClassName() {
6          cout << "我是Person类!" << endl;
7      }
8
9      void ShowPerson() {
10         if (this == NULL) {
11             return;
12         }
13         cout << mAge << endl;
14     }
15
16 public:
17     int mAge;
18 };
19
20 void test01()
21 {
22     Person * p = NULL;

```

```

23     p->ShowClassName(); //空指针，可以调用成员函数
24     p->ShowPerson();   //但是如果成员函数中用到了this指针，就不可以了
25 }
26
27 int main() {
28
29     test01();
30
31     system("pause");
32
33     return 0;
34 }

```

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：

```

1  class Person {
2  public:
3      Person() {
4          m_A = 0;
5          m_B = 0;
6      }
7
8      //this指针的本质是一个指针常量，指针的指向不可修改
9      //如果想让指针指向的值也不可以修改，需要声明常函数
10     void ShowPerson() const {
11         //const Type* const pointer;
12         //this = NULL; //不能修改指针的指向 Person* const this;
13         //this->mA = 100; //但是this指针指向的对象的数据是可以修改的
14     }

```

```

15         //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
16         this->m_B = 100;
17     }
18
19     void MyFunc() const {
20         //mA = 10000;
21     }
22
23 public:
24     int m_A;
25     mutable int m_B; //可修改 可变的
26 };
27
28
29 //const修饰对象 常对象
30 void test01() {
31
32     const Person person; //常量对象
33     cout << person.m_A << endl;
34     //person.mA = 100; //常对象不能修改成员变量的值,但是可以访问
35     person.m_B = 100; //但是常对象可以修改mutable修饰成员变量
36
37     //常对象访问成员函数
38     person.MyFunc(); //常对象不能调用const的函数
39
40 }
41
42 int main() {
43
44     test01();
45
46     system("pause");
47
48     return 0;
49 }

```

4.4 友元

生活中你的家有客厅(Public)，有你的卧室(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

类似在类内做一个全局函数的函数声明

```
1  class Building
2  {
3      //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
4      friend void goodGay(Building * building);
5
6  public:
7
8      Building()
9      {
10         this->m_SittingRoom = "客厅";
11         this->m_BedRoom = "卧室";
12     }
13
14
15  public:
16     string m_SittingRoom; //客厅
17
18  private:
19     string m_BedRoom; //卧室
20 };
21
22
23 void goodGay(Building * building)
24 {
25     cout << "好基友正在访问: " << building->m_SittingRoom << endl;
26     cout << "好基友正在访问: " << building->m_BedRoom << endl;
27 }
28
29
30 void test01()
31 {
32     Building b;
33     goodGay(&b);
34 }
35
36 int main(){
37
38     test01();
39 }
```

```
40     system("pause");
41     return 0;
42 }
```

4.4.2 类做友元

在类内对友元进行声明

```
1  class Building;
2  class goodGay
3  {
4  public:
5
6      goodGay();
7      void visit();
8
9  private:
10     Building *building;
11 };
12
13
14 class Building
15 {
16     //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
17     friend class goodGay;
18
19 public:
20     Building();
21
22 public:
23     string m_SittingRoom; //客厅
24 private:
25     string m_BedRoom; //卧室
26 };
27
28 Building::Building()
29 {
30     this->m_SittingRoom = "客厅";
31     this->m_BedRoom = "卧室";
32 }
33
34 goodGay::goodGay()
35 {
36     building = new Building;
37 }
38
39 void goodGay::visit()
40 {
41     cout << "好基友正在访问" << building->m_SittingRoom << endl;
42     cout << "好基友正在访问" << building->m_BedRoom << endl;
43 }
44
45 void test01()
46 {
47     goodGay gg;
```



```

48     gg.visit();
49
50 }
51
52 int main(){
53
54     test01();
55
56     system("pause");
57     return 0;
58 }

```

4.4.3 成员函数做友元

在类内对指定成员函数声明

```

1
2 class Building;
3 class goodGay
4 {
5 public:
6
7     goodGay();
8     void visit(); //只让visit函数作为Building的好朋友，可以访问Building中私有内容
9     void visit2();
10
11 private:
12     Building *building;
13 };
14
15
16 class Building
17 {
18     //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
19     friend void goodGay::visit();
20
21 public:
22     Building();
23
24 public:
25     string m_SittingRoom; //客厅
26 private:
27     string m_BedRoom; //卧室
28 };
29
30 Building::Building()
31 {
32     this->m_SittingRoom = "客厅";
33     this->m_BedRoom = "卧室";
34 }
35
36 goodGay::goodGay()
37 {

```

```

38     building = new Building;
39 }
40
41 void goodGay::visit()
42 {
43     cout << "好基友正在访问" << building->m_SittingRoom << endl;
44     cout << "好基友正在访问" << building->m_BedRoom << endl;
45 }
46
47 void goodGay::visit2()
48 {
49     cout << "好基友正在访问" << building->m_SittingRoom << endl;
50     //cout << "好基友正在访问" << building->m_BedRoom << endl;
51 }
52
53 void test01()
54 {
55     goodGay gg;
56     gg.visit();
57 }
58 }
59
60 int main(){
61
62     test01();
63
64     system("pause");
65     return 0;
66 }

```

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

```

1  class Person {
2  public:
3      Person() {};
4      Person(int a, int b)
5      {

```

```

6         this->m_A = a;
7         this->m_B = b;
8     }
9     //成员函数实现 + 号运算符重载
10    Person operator+(const Person& p) {
11        Person temp;
12        temp.m_A = this->m_A + p.m_A;
13        temp.m_B = this->m_B + p.m_B;
14        return temp;
15    }
16
17
18    public:
19        int m_A;
20        int m_B;
21    };
22
23    //全局函数实现 + 号运算符重载
24    //Person operator+(const Person& p1, const Person& p2) {
25    //    Person temp(0, 0);
26    //    temp.m_A = p1.m_A + p2.m_A;
27    //    temp.m_B = p1.m_B + p2.m_B;
28    //    return temp;
29    //}
30
31    //运算符重载 可以发生函数重载
32    Person operator+(const Person& p2, int val)
33    {
34        Person temp;
35        temp.m_A = p2.m_A + val;
36        temp.m_B = p2.m_B + val;
37        return temp;
38    }
39
40    void test() {
41
42        Person p1(10, 10);
43        Person p2(20, 20);
44
45        //成员函数方式
46        Person p3 = p2 + p1; //相当于 p2.operao+(p1)
47        cout << "mA:" << p3.m_A << " mB:" << p3.m_B << endl;
48
49
50        Person p4 = p3 + 10; //相当于 operator+(p3,10)
51        cout << "mA:" << p4.m_A << " mB:" << p4.m_B << endl;
52
53    }
54
55    int main() {
56
57        test();
58
59        system("pause");
60
61        return 0;
62    }

```

总结1：对于内置的数据类型的表达式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

打印是使用<<实现的，因此重载该运算符可以自定义打印

必须是全局函数作为友元

```
1  class Person {
2      friend ostream& operator<<(ostream& out, Person& p);
3
4  public:
5
6      Person(int a, int b)
7      {
8          this->m_A = a;
9          this->m_B = b;
10     }
11
12     //成员函数 实现不了 p << cout 不是我们想要的效果
13     //void operator<<(Person& p){
14     //}
15
16 private:
17     int m_A;
18     int m_B;
19 };
20
21 //全局函数实现左移重载 —— 简化为out << p
22 //ostream对象只能有一个（该类型是自己查找<<的定义看到的）
23 ostream& operator<<(ostream& out, Person& p) {
24     out << "a:" << p.m_A << " b:" << p.m_B;
25     return out;
26 }
27
28 void test() {
29
30     Person p1(10, 20);
31
32     cout << p1 << "hello world" << endl; //链式编程
33 }
34
35 int main() {
36
37     test();
38 }
```

```

39     system("pause");
40
41     return 0;
42 }

```

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

int代表占位参数，可以区分前置和后置递增。不加默认前置，加int默认后置递增

```

1
2  class MyInteger {
3
4      friend ostream& operator<<(ostream& out, MyInteger myint);
5
6  public:
7      MyInteger() {
8          m_Num = 0;
9      }
10     //前置++
11     MyInteger& operator++() {
12         //先++
13         m_Num++;
14         //再返回
15         return *this;
16     }
17
18     //后置++
19     MyInteger operator++(int) {    // int代表占位参数，可以区分前置和后置递增。不加
默认前置，加默认后置递增
20         //先返回
21         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++；
22         m_Num++;
23         return temp;
24     }
25
26 private:
27     int m_Num;
28 };
29

```

```

30
31 ostream& operator<<(ostream& out, MyInteger myint) {
32     out << myint.m_Num;
33     return out;
34 }
35
36
37 //前置++ 先++ 再返回
38 void test01() {
39     MyInteger myInt;
40     cout << ++myInt << endl;
41     cout << myInt << endl;
42 }
43
44 //后置++ 先返回 再++
45 void test02() {
46
47     MyInteger myInt;
48     cout << myInt++ << endl;
49     cout << myInt << endl;
50 }
51
52 int main() {
53
54     test01();
55     //test02();
56
57     system("pause");
58
59     return 0;
60 }

```

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:

```
1  class Person
2  {
3  public:
4
5      Person(int age)
6      {
7          //将年龄数据开辟到堆区
8          m_Age = new int(age);
9      }
10
11     //重载赋值运算符
12     Person& operator=(Person &p)
13     {
14         // 先判断本体是否有属性在堆区，如果有先释放干净，然后再深拷贝
15         if (m_Age != NULL)
16         {
17             delete m_Age;
18             m_Age = NULL;
19         }
20         //编译器提供的代码是浅拷贝
21         //m_Age = p.m_Age;
22
23         //提供深拷贝 解决浅拷贝的问题
24         m_Age = new int(*p.m_Age);
25
26         //返回自身
27         return *this;
28     }
29
30
31     ~Person()
32     {
33         if (m_Age != NULL)
34         {
35             delete m_Age;
36             m_Age = NULL;
37         }
38     }
39
40     //年龄的指针
41     int *m_Age;
42
43 };
44
45
46 void test01()
47 {
48     Person p1(18);
```

```

49     Person p2(20);
50
51     Person p3(30);
52
53     p3 = p2 = p1; //赋值操作
54
55     cout << "p1的年龄为: " << *p1.m_Age << endl;
56
57     cout << "p2的年龄为: " << *p2.m_Age << endl;
58
59     cout << "p3的年龄为: " << *p3.m_Age << endl;
60 }
61
62 int main() {
63     test01();
64
65     //int a = 10;
66     //int b = 20;
67     //int c = 30;
68
69     //c = b = a;
70     //cout << "a = " << a << endl;
71     //cout << "b = " << b << endl;
72     //cout << "c = " << c << endl;
73
74     system("pause");
75
76     return 0;
77 }

```

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：

```

1  class Person
2  {
3  public:
4      Person(string name, int age)
5      {
6          this->m_Name = name;
7          this->m_Age = age;
8      };
9

```



```

10     bool operator==(Person & p)
11     {
12         if (this->m_Name == p.m_Name && this->m_Age == p.m_Age)
13         {
14             return true;
15         }
16         else
17         {
18             return false;
19         }
20     }
21
22     bool operator!=(Person & p)
23     {
24         if (this->m_Name == p.m_Name && this->m_Age == p.m_Age)
25         {
26             return false;
27         }
28         else
29         {
30             return true;
31         }
32     }
33
34     string m_Name;
35     int m_Age;
36 };
37
38 void test01()
39 {
40     //int a = 0;
41     //int b = 0;
42
43     Person a("孙悟空", 18);
44     Person b("孙悟空", 18);
45
46     if (a == b)
47     {
48         cout << "a和b相等" << endl;
49     }
50     else
51     {
52         cout << "a和b不相等" << endl;
53     }
54
55     if (a != b)
56     {
57         cout << "a和b不相等" << endl;
58     }
59     else
60     {
61         cout << "a和b相等" << endl;
62     }
63 }
64
65
66 int main() {
67

```

```

68     test01();
69
70     system("pause");
71
72     return 0;
73 }

```

4.5.6 函数调用运算符重载

- 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：

```

1  class MyPrint
2  {
3  public:
4      void operator()(string text)
5      {
6          cout << text << endl;
7      }
8
9  };
10 void test01()
11 {
12     //重载的 () 操作符 也称为仿函数
13     MyPrint myFunc;
14     myFunc("hello world");
15 }
16
17
18 class MyAdd
19 {
20 public:
21     int operator()(int v1, int v2)
22     {
23         return v1 + v2;
24     }
25 };
26
27 void test02()
28 {
29     MyAdd add;
30     int ret = add(10, 10);
31     cout << "ret = " << ret << endl;
32
33     //匿名对象调用
34     cout << "MyAdd() (100,100) = " << MyAdd() (100, 100) << endl;
35 }

```

```

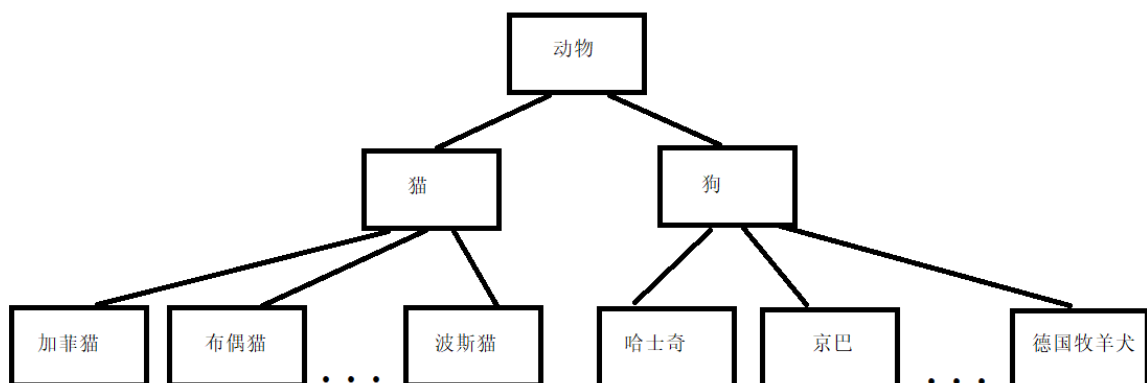
36
37  int main() {
38
39      test01();
40      test02();
41
42      system("pause");
43
44      return 0;
45  }

```

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

普通实现：

```

1  //Java页面
2  class Java
3  {

```

```
4 public:
5     void header()
6     {
7         cout << "首页、公开课、登录、注册...(公共头部)" << endl;
8     }
9     void footer()
10    {
11        cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
12    }
13    void left()
14    {
15        cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
16    }
17    void content()
18    {
19        cout << "JAVA学科视频" << endl;
20    }
21 };
22 //Python页面
23 class Python
24 {
25 public:
26     void header()
27     {
28         cout << "首页、公开课、登录、注册...(公共头部)" << endl;
29     }
30     void footer()
31     {
32         cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
33     }
34     void left()
35     {
36         cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
37     }
38     void content()
39     {
40         cout << "Python学科视频" << endl;
41     }
42 };
43 //C++页面
44 class CPP
45 {
46 public:
47     void header()
48     {
49         cout << "首页、公开课、登录、注册...(公共头部)" << endl;
50     }
51     void footer()
52     {
53         cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
54     }
55     void left()
56     {
57         cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
58     }
59     void content()
60     {
61         cout << "C++学科视频" << endl;
```

```

62     }
63 };
64
65 void test01()
66 {
67     //Java页面
68     cout << "Java下载视频页面如下: " << endl;
69     Java ja;
70     ja.header();
71     ja.footer();
72     ja.left();
73     ja.content();
74     cout << "-----" << endl;
75
76     //Python页面
77     cout << "Python下载视频页面如下: " << endl;
78     Python py;
79     py.header();
80     py.footer();
81     py.left();
82     py.content();
83     cout << "-----" << endl;
84
85     //C++页面
86     cout << "C++下载视频页面如下: " << endl;
87     CPP cp;
88     cp.header();
89     cp.footer();
90     cp.left();
91     cp.content();
92
93 }
94
95 int main() {
96
97     test01();
98
99     system("pause");
100
101     return 0;
102 }

```

继承实现:

```

1 //公共页面
2 class BasePage
3 {
4 public:
5     void header()
6     {
7         cout << "首页、公开课、登录、注册... (公共头部)" << endl;
8     }
9
10    void footer()
11    {

```

```

12         cout << "帮助中心、交流合作、站内地图...(公共底部)" << endl;
13     }
14     void left()
15     {
16         cout << "Java,Python,C++...(公共分类列表)" << endl;
17     }
18
19 };
20
21 //Java页面
22 class Java : public BasePage
23 {
24 public:
25     void content()
26     {
27         cout << "JAVA学科视频" << endl;
28     }
29 };
30 //Python页面
31 class Python : public BasePage
32 {
33 public:
34     void content()
35     {
36         cout << "Python学科视频" << endl;
37     }
38 };
39 //C++页面
40 class CPP : public BasePage
41 {
42 public:
43     void content()
44     {
45         cout << "C++学科视频" << endl;
46     }
47 };
48
49 void test01()
50 {
51     //Java页面
52     cout << "Java下载视频页面如下: " << endl;
53     Java ja;
54     ja.header();
55     ja.footer();
56     ja.left();
57     ja.content();
58     cout << "-----" << endl;
59
60     //Python页面
61     cout << "Python下载视频页面如下: " << endl;
62     Python py;
63     py.header();
64     py.footer();
65     py.left();
66     py.content();
67     cout << "-----" << endl;
68
69     //C++页面

```

```

70     cout << "C++下载视频页面如下:  " << endl;
71     CPP cp;
72     cp.header();
73     cp.footer();
74     cp.left();
75     cp.content();
76
77
78 }
79
80 int main() {
81
82     test01();
83
84     system("pause");
85
86     return 0;
87 }

```

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。

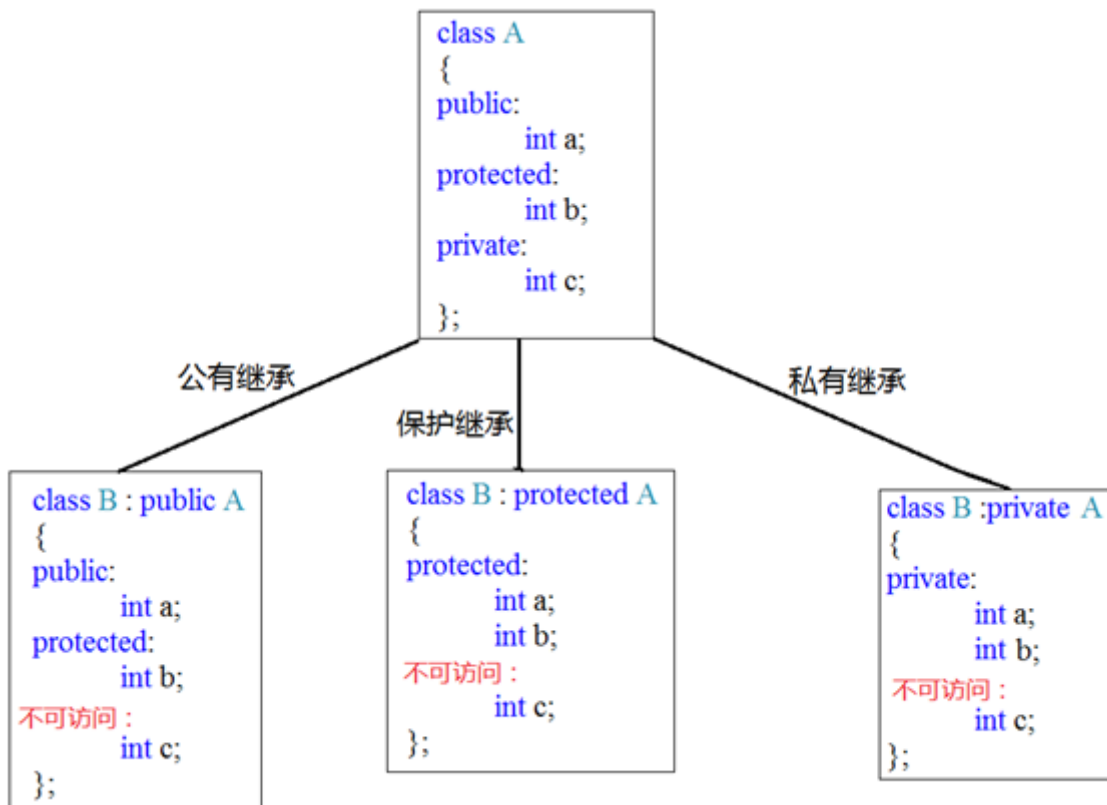
从基类继承过来的表现其共性, 而新增的成员体现了其个性。

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:

```

1  class Base1
2  {
3  public:
4      int m_A;
5  protected:
6      int m_B;
7  private:
8      int m_C;
9  };
10
11 //公共继承
12 class Son1 :public Base1
13 {
14 public:
15     void func()
16     {
17         m_A; //可访问 public权限
18         m_B; //可访问 protected权限
19         //m_C; //不可访问
20     }
21 };
22
23 void myClass()
24 {
25     Son1 s1;
26     s1.m_A; //其他类只能访问到公共权限
27 }

```



```
28
29 //保护继承
30 class Base2
31 {
32 public:
33     int m_A;
34 protected:
35     int m_B;
36 private:
37     int m_C;
38 };
39 class Son2:protected Base2
40 {
41 public:
42     void func()
43     {
44         m_A; //可访问 protected权限
45         m_B; //可访问 protected权限
46         //m_C; //不可访问
47     }
48 };
49 void myClass2()
50 {
51     Son2 s;
52     //s.m_A; //不可访问
53 }
54
55 //私有继承
56 class Base3
57 {
58 public:
59     int m_A;
60 protected:
61     int m_B;
62 private:
63     int m_C;
64 };
65 class Son3:private Base3
66 {
67 public:
68     void func()
69     {
70         m_A; //可访问 private权限
71         m_B; //可访问 private权限
72         //m_C; //不可访问
73     }
74 };
75 class GrandSon3 :public Son3
76 {
77 public:
78     void func()
79     {
80         //Son3是私有继承，所以继承Son3的属性在GrandSon3中都无法访问到
81         //m_A;
82         //m_B;
83         //m_C;
84     }
85 };
```

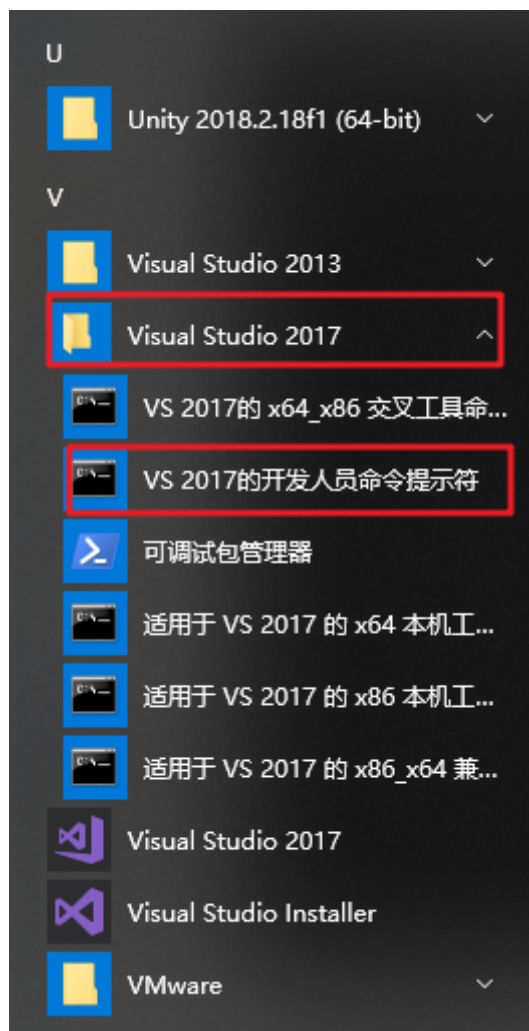
4.6.3 继承中的对象模型

问题：从父类继承过来的成员，哪些属于子类对象中？

示例：

```
1  class Base
2  {
3  public:
4      int m_A;
5  protected:
6      int m_B;
7  private:
8      int m_C; //私有成员只是被隐藏了，但是还是会继承下去
9  };
10
11 //公共继承
12 class Son :public Base
13 {
14 public:
15     int m_D;
16 };
17
18 void test01()
19 {
20     cout << "sizeof Son = " << sizeof(Son) << endl;
21 }
22
23 int main() {
24
25     test01();
26
27     system("pause");
28
29     return 0;
30 }
```

利用工具查看：



打开工具窗口后，定位到当前CPP文件的盘符

然后输入：cl /d1 reportSingleClassLayout查看的类名 所属文件名

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 C4530: 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：

```
1  class Base
2  {
3  public:
4      Base()
5      {
6          cout << "Base构造函数!" << endl;
7      }
8      ~Base()
9      {
10         cout << "Base析构函数!" << endl;
11     }
12 };
13
14 class Son : public Base
15 {
16 public:
17     Son()
18     {
19         cout << "Son构造函数!" << endl;
20     }
21     ~Son()
22     {
23         cout << "Son析构函数!" << endl;
24     }
25
26 };
27
28
```

```

29 void test01()
30 {
31     //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
32     Son s;
33 }
34
35 int main() {
36
37     test01();
38
39     system("pause");
40
41     return 0;
42 }

```

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

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：

```

1  class Base {
2  public:
3      Base()
4      {
5          m_A = 100;
6      }
7
8      void func()
9      {
10         cout << "Base - func()调用" << endl;
11     }
12
13     void func(int a)
14     {
15         cout << "Base - func(int a)调用" << endl;
16     }

```

```

17
18 public:
19     int m_A;
20 };
21
22
23 class Son : public Base {
24 public:
25     Son()
26     {
27         m_A = 200;
28     }
29
30     //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
31     //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
32     void func()
33     {
34         cout << "Son - func()调用" << endl;
35     }
36 public:
37     int m_A;
38 };
39
40 void test01()
41 {
42     Son s;
43
44     cout << "Son下的m_A = " << s.m_A << endl;
45     cout << "Base下的m_A = " << s.Base::m_A << endl;
46
47     s.func();
48     s.Base::func();
49     s.Base::func(10);
50
51 }
52 int main() {
53
54     test01();
55
56     system("pause");
57     return EXIT_SUCCESS;
58 }

```

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：

```
1  class Base {
2  public:
3      static void func()
4      {
5          cout << "Base - static void func()" << endl;
6      }
7      static void func(int a)
8      {
9          cout << "Base - static void func(int a)" << endl;
10     }
11
12     static int m_A;
13 };
14
15 int Base::m_A = 100;
16
17 class Son : public Base {
18 public:
19     static void func()
20     {
21         cout << "Son - static void func()" << endl;
22     }
23     static int m_A;
24 };
25
26 int Son::m_A = 200;
27
28 //同名成员属性
29 void test01()
30 {
31     //通过对象访问
32     cout << "通过对象访问： " << endl;
33     Son s;
34     cout << "Son 下 m_A = " << s.m_A << endl;
35     cout << "Base 下 m_A = " << s.Base::m_A << endl;
36
37     //通过类名访问
38     cout << "通过类名访问： " << endl;
```

```

39     cout << "Son 下 m_A = " << Son::m_A << endl;
40     cout << "Base 下 m_A = " << Son::Base::m_A << endl;
41 }
42
43 //同名成员函数
44 void test02()
45 {
46     //通过对象访问
47     cout << "通过对象访问: " << endl;
48     Son s;
49     s.func();
50     s.Base::func();
51
52     cout << "通过类名访问: " << endl;
53     Son::func();
54     Son::Base::func();
55     //出现同名，子类会隐藏掉父类中所有同名成员函数，需要加作用域访问
56     Son::Base::func(100);
57 }
58 int main() {
59
60     //test01();
61     test02();
62
63     system("pause");
64
65     return 0;
66 }

```

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）**

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:

```
1  class Base1 {
2  public:
3      Base1()
4      {
5          m_A = 100;
6      }
7  public:
8      int m_A;
9  };
10
11 class Base2 {
12 public:
13     Base2()
14     {
15         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
16     }
17 public:
18     int m_A;
19 };
20
21 //语法: class 子类: 继承方式 父类1 , 继承方式 父类2
22 class Son : public Base2, public Base1
23 {
24 public:
25     Son()
26     {
27         m_C = 300;
28         m_D = 400;
29     }
30 public:
31     int m_C;
32     int m_D;
33 };
34
35
36 //多继承容易产生成员同名的情况
37 //通过使用类名作用域可以区分调用哪一个基类的成员
38 void test01()
39 {
40     Son s;
41     cout << "sizeof Son = " << sizeof(s) << endl;
42     cout << s.Base1::m_A << endl;
43     cout << s.Base2::m_A << endl;
44 }
45
46 int main() {
47
48     test01();
49
50     system("pause");
```

```
51  
52     return 0;  
53 }
```

总结：多继承中如果父类中出现了同名情况，子类使用时要加作用域

4.6.8 菱形继承**

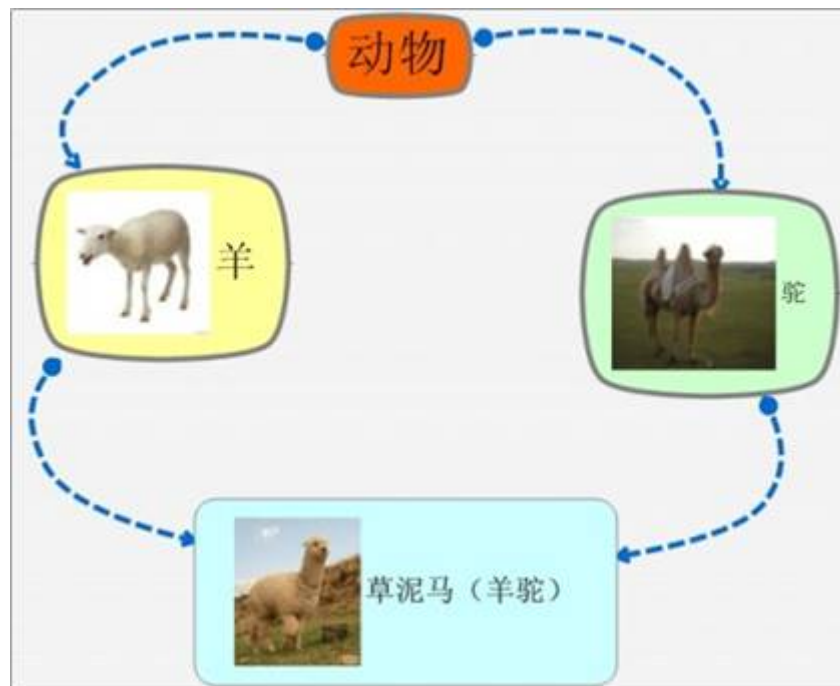
菱形继承概念：

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：

```
1  class Animal
2  {
3  public:
4      int m_Age;
5  };
6
7  //继承前加virtual关键字后，变为虚继承
8  //此时公共的父类Animal称为虚基类
9  class Sheep : virtual public Animal {};
10 class Tuo    : virtual public Animal {};
11 class SheepTuo : public Sheep, public Tuo {};
12
13 void test01()
14 {
15     SheepTuo st;
16     st.Sheep::m_Age = 100;
17     st.Tuo::m_Age = 200;
18
19     cout << "st.Sheep::m_Age = " << st.Sheep::m_Age << endl;
20     cout << "st.Tuo::m_Age = " << st.Tuo::m_Age << endl;
21     cout << "st.m_Age = " << st.m_Age << endl;
22 }
23
24
25 int main() {
26
27     test01();
28
29     system("pause");
30
31     return 0;
32 }
```

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
 - 虚继承，继承的是虚指针；虚指针(vbptr)指向虚基表(vbtable)
 - 虚基表记录子类的地址偏移量，该偏移量+子类地址就是父类地址。也就是说所有虚继承的子类，都指向了同一个父类，也就是只有一个基类；因此在从多个子类继承时，就只继承了父类，不会继承多个相同的数据。

4.7 多态——虚函数

虚函数（自行添加）

定义一个函数为虚函数，不代表函数为不被实现的函数。

定义他为虚函数是为了允许用基类的指针来调用子类的这个函数。

定义一个函数为纯虚函数，才代表函数没有被实现。

定义纯虚函数是为了实现一个接口，起到一个规范的作用，规范继承这个类的程序员必须实现这个函数。

虚函数是C++中用于实现多态(polymorphism)的机制。核心理念就是通过基类访问派生类定义的函数。

4.7.1 多态的基本概念

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

```
1  class Animal
2  {
3  public:
4      //Speak函数就是虚函数
5      //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。
6      virtual void speak()
7      {
8          cout << "动物在说话" << endl;
9      }
10 };
11
12 class Cat :public Animal
13 {
```

```

14 public:
15     void speak()
16     {
17         cout << "小猫在说话" << endl;
18     }
19 };
20
21 class Dog :public Animal
22 {
23 public:
24
25     void speak()
26     {
27         cout << "小狗在说话" << endl;
28     }
29
30 };
31 //我们希望传入什么对象，那么就调用什么对象的函数
32 //如果函数地址在编译阶段就能确定，那么静态联编
33 //如果函数地址在运行阶段才能确定，就是动态联编
34
35 void DoSpeak(Animal & animal)
36 {
37     animal.speak();
38 }
39 //
40 //多态满足条件：
41 //1、有继承关系
42 //2、子类重写父类中的虚函数
43 //多态使用：
44 //父类指针或引用指向子类对象
45
46 void test01()
47 {
48     Cat cat;
49     DoSpeak(cat);
50
51
52     Dog dog;
53     DoSpeak(dog);
54 }
55
56
57 int main() {
58
59     test01();
60
61     system("pause");
62
63     return 0;
64 }

```

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

动态多态使用条件

- 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

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：

```
1 //普通实现
2 class Calculator {
3 public:
4     int getResult(string oper)
5     {
6         if (oper == "+") {
7             return m_Num1 + m_Num2;
8         }
9         else if (oper == "-") {
10            return m_Num1 - m_Num2;
11        }
12        else if (oper == "*") {
13            return m_Num1 * m_Num2;
14        }
15        //如果要提供新的运算，需要修改源码
16    }
17 public:
18     int m_Num1;
19     int m_Num2;
20 };
21
22 void test01()
23 {
24     //普通实现测试
25     Calculator c;
26     c.m_Num1 = 10;
27     c.m_Num2 = 10;
```

```
28     cout << c.m_Num1 << " + " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("+") <<
endl;
29
30     cout << c.m_Num1 << " - " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("-") <<
endl;
31
32     cout << c.m_Num1 << " * " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("*") <<
endl;
33 }
34
35
36
37 //多态实现
38 //抽象计算器类
39 //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
40 class AbstractCalculator
41 {
42 public :
43
44     virtual int getResult()
45     {
46         return 0;
47     }
48
49     int m_Num1;
50     int m_Num2;
51 };
52
53 //加法计算器
54 class AddCalculator :public AbstractCalculator
55 {
56 public:
57     int getResult()
58     {
59         return m_Num1 + m_Num2;
60     }
61 };
62
63 //减法计算器
64 class SubCalculator :public AbstractCalculator
65 {
66 public:
67     int getResult()
68     {
69         return m_Num1 - m_Num2;
70     }
71 };
72
73 //乘法计算器
74 class MulCalculator :public AbstractCalculator
75 {
76 public:
77     int getResult()
78     {
79         return m_Num1 * m_Num2;
80     }
81 };
82
```

```

83
84 void test02()
85 {
86     //创建加法计算器
87     AbstractCalculator *abc = new AddCalculator;
88     abc->m_Num1 = 10;
89     abc->m_Num2 = 10;
90     cout << abc->m_Num1 << " + " << abc->m_Num2 << " = " << abc-
>getResult() << endl;
91     delete abc; //用完了记得销毁，销毁的只是指针内的数据，指针依然存在，所以后面不需
要重新创建指针
92
93     //创建减法计算器
94     abc = new SubCalculator;
95     abc->m_Num1 = 10;
96     abc->m_Num2 = 10;
97     cout << abc->m_Num1 << " - " << abc->m_Num2 << " = " << abc-
>getResult() << endl;
98     delete abc;
99
100    //创建乘法计算器
101    abc = new MulCalculator;
102    abc->m_Num1 = 10;
103    abc->m_Num2 = 10;
104    cout << abc->m_Num1 << " * " << abc->m_Num2 << " = " << abc-
>getResult() << endl;
105    delete abc;
106 }
107
108 int main() {
109
110     //test01();
111
112     test02();
113
114     system("pause");
115
116     return 0;
117 }

```

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：

```
1  class Base
2  {
3  public:
4      //纯虚函数
5      //类中只要有一个纯虚函数就称为抽象类
6      //抽象类无法实例化对象
7      //子类必须重写父类中的纯虚函数，否则也属于抽象类
8      virtual void func() = 0;
9  };
10
11 class Son :public Base
12 {
13 public:
14     virtual void func()
15     {
16         cout << "func调用" << endl;
17     };
18 };
19
20 void test01()
21 {
22     Base * base = NULL;
23     //base = new Base; // 错误，抽象类无法实例化对象
24     base = new Son;
25     base->func();
26     delete base; //记得销毁
27 }
28
29 int main() {
30
```

```
31     test01();
32
33     system("pause");
34
35     return 0;
36 }
```

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

- 1、煮水
- 2、冲泡咖啡
- 3、倒入杯中
- 4、加糖和牛奶



冲咖啡

- 1、煮水
- 2、冲泡茶叶
- 3、倒入杯中
- 4、加柠檬



冲茶叶

示例：

```
1 //抽象制作饮品
2 class AbstractDrinking {
3 public:
4     //烧水
5     virtual void Boil() = 0;
6     //冲泡
7     virtual void Brew() = 0;
```

```
8      //倒入杯中
9      virtual void PourInCup() = 0;
10     //加入辅料
11     virtual void PutSomething() = 0;
12     //规定流程
13     void MakeDrink() {
14         Boil();
15         Brew();
16         PourInCup();
17         PutSomething();
18     }
19 };
20
21 //制作咖啡
22 class Coffee : public AbstractDrinking {
23 public:
24     //烧水
25     virtual void Boil() {
26         cout << "煮农夫山泉!" << endl;
27     }
28     //冲泡
29     virtual void Brew() {
30         cout << "冲泡咖啡!" << endl;
31     }
32     //倒入杯中
33     virtual void PourInCup() {
34         cout << "将咖啡倒入杯中!" << endl;
35     }
36     //加入辅料
37     virtual void PutSomething() {
38         cout << "加入牛奶!" << endl;
39     }
40 };
41
42 //制作茶水
43 class Tea : public AbstractDrinking {
44 public:
45     //烧水
46     virtual void Boil() {
47         cout << "煮自来水!" << endl;
48     }
49     //冲泡
50     virtual void Brew() {
51         cout << "冲泡茶叶!" << endl;
52     }
53     //倒入杯中
54     virtual void PourInCup() {
55         cout << "将茶水倒入杯中!" << endl;
56     }
57     //加入辅料
58     virtual void PutSomething() {
59         cout << "加入枸杞!" << endl;
60     }
61 };
62
63 //业务函数
64 void DOWork(AbstractDrinking* drink) {
65     drink->MakeDrink();
```

```

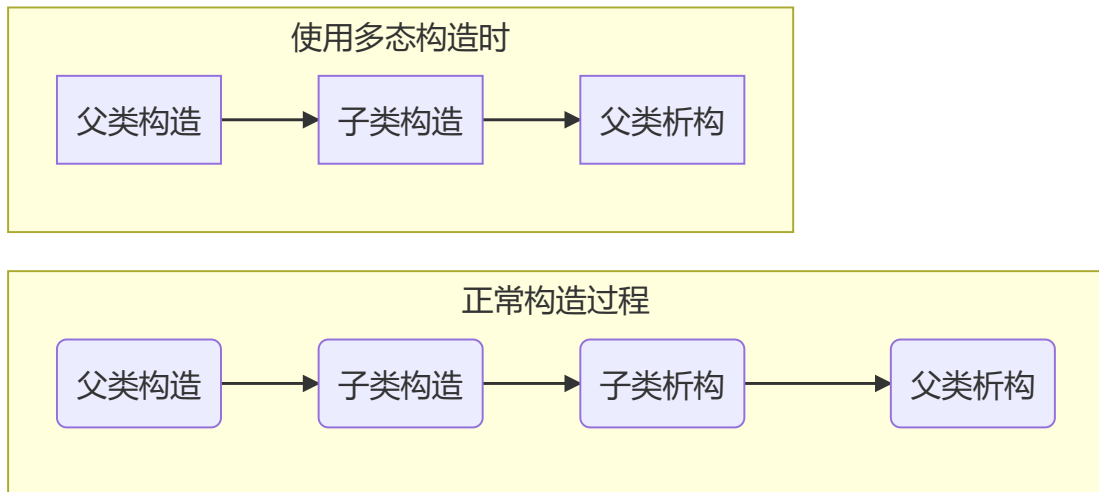
66     delete drink;
67 }
68
69 void test01() {
70     DoWork(new Coffee);
71     cout << "-----" << endl;
72     DoWork(new Tea);
73 }
74
75
76 int main() {
77
78     test01();
79
80     system("pause");
81
82     return 0;
83 }

```

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

- 具体表现
无法调用子类析构函数，此时如果子类在堆区创建了对象，那么将无法释放，造成内存泄漏



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：

```
1  class Animal {
2  public:
3
4      Animal()
5      {
6          cout << "Animal 构造函数调用!" << endl;
7      }
8      virtual void Speak() = 0;
9
10     //析构函数加上virtual关键字，变成虚析构函数
11     //virtual ~Animal()
12     //{
13     //    cout << "Animal虚析构函数调用!" << endl;
14     //}
```

```

15
16
17     virtual ~Animal() = 0;
18 };
19
20 Animal::~~Animal()
21 {
22     cout << "Animal 纯虚析构函数调用!" << endl;
23 }
24
25 //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。
26
27 class Cat : public Animal {
28 public:
29     Cat(string name)
30     {
31         cout << "Cat构造函数调用!" << endl;
32         m_Name = new string(name);
33     }
34     virtual void Speak()
35     {
36         cout << *m_Name << "小猫在说话!" << endl;
37     }
38     ~Cat()
39     {
40         cout << "Cat析构函数调用!" << endl;
41         if (this->m_Name != NULL) {
42             delete m_Name;
43             m_Name = NULL;
44         }
45     }
46
47 public:
48     string *m_Name;
49 };
50
51 void test01()
52 {
53     Animal *animal = new Cat("Tom");
54     animal->Speak();
55
56     //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
57     //怎么解决？给基类增加一个虚析构函数
58     //虚析构函数就是用来解决通过父类指针释放子类对象
59     delete animal;
60 }
61
62 int main() {
63
64     test01();
65
66     system("pause");
67
68     return 0;
69 }

```

总结：

1. 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
 2. 如果子类中没有堆区数据，可以不写为虚析构或纯虚析构，因为不需要释放子类中的堆区数据
 3. 拥有纯虚析构函数的类也属于抽象类，无法实例化对象
- 纯虚析构需要声明也需要有实现；纯虚函数只需要有声明。

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：

```
1  #include<iostream>
2  using namespace std;
3
4  //抽象CPU类
5  class CPU
6  {
7  public:
8      //抽象的计算函数
9      virtual void calculate() = 0;
10 };
11
12 //抽象显卡类
13 class VideoCard
14 {
15 public:
16     //抽象的显示函数
17     virtual void display() = 0;
18 };
19
```

```
20 //抽象内存条类
21 class Memory
22 {
23 public:
24     //抽象的存储函数
25     virtual void storage() = 0;
26 };
27
28 //电脑类
29 class Computer
30 {
31 public:
32     Computer(CPU * cpu, VideoCard * vc, Memory * mem)
33     {
34         m_cpu = cpu;
35         m_vc = vc;
36         m_mem = mem;
37     }
38
39     //提供工作的函数
40     void work()
41     {
42         //让零件工作起来，调用接口
43         m_cpu->calculate();
44
45         m_vc->display();
46
47         m_mem->storage();
48     }
49
50     //提供析构函数 释放3个电脑零件
51     ~Computer()
52     {
53
54         //释放CPU零件
55         if (m_cpu != NULL)
56         {
57             delete m_cpu;
58             m_cpu = NULL;
59         }
60
61         //释放显卡零件
62         if (m_vc != NULL)
63         {
64             delete m_vc;
65             m_vc = NULL;
66         }
67
68         //释放内存条零件
69         if (m_mem != NULL)
70         {
71             delete m_mem;
72             m_mem = NULL;
73         }
74     }
75
76 private:
77
```



```
78     CPU * m_cpu; //CPU的零件指针
79     VideoCard * m_vc; //显卡零件指针
80     Memory * m_mem; //内存条零件指针
81 };
82
83 //具体厂商
84 //Intel厂商
85 class IntelCPU :public CPU
86 {
87 public:
88     virtual void calculate()
89     {
90         cout << "Intel的CPU开始计算了! " << endl;
91     }
92 };
93
94 class IntelVideoCard :public VideoCard
95 {
96 public:
97     virtual void display()
98     {
99         cout << "Intel的显卡开始显示了! " << endl;
100     }
101 };
102
103 class IntelMemory :public Memory
104 {
105 public:
106     virtual void storage()
107     {
108         cout << "Intel的内存条开始存储了! " << endl;
109     }
110 };
111
112 //Lenovo厂商
113 class LenovoCPU :public CPU
114 {
115 public:
116     virtual void calculate()
117     {
118         cout << "Lenovo的CPU开始计算了! " << endl;
119     }
120 };
121
122 class LenovoVideoCard :public VideoCard
123 {
124 public:
125     virtual void display()
126     {
127         cout << "Lenovo的显卡开始显示了! " << endl;
128     }
129 };
130
131 class LenovoMemory :public Memory
132 {
133 public:
134     virtual void storage()
135     {
```

```

136         cout << "Lenovo的内存条开始存储了!" << endl;
137     }
138 };
139
140
141 void test01()
142 {
143     //第一台电脑零件
144     CPU * intelCpu = new IntelCPU;
145     videoCard * intelCard = new IntelVideoCard;
146     Memory * intelMem = new IntelMemory;
147
148     cout << "第一台电脑开始工作：" << endl;
149     //创建第一台电脑
150     Computer * computer1 = new Computer(intelCpu, intelCard, intelMem);
151     computer1->work();
152     delete computer1;
153
154     cout << "-----" << endl;
155     cout << "第二台电脑开始工作：" << endl;
156     //第二台电脑组装
157     Computer * computer2 = new Computer(new LenovoCPU, new LenovoVideoCard,
new LenovoMemory);;
158     computer2->work();
159     delete computer2;
160
161     cout << "-----" << endl;
162     cout << "第三台电脑开始工作：" << endl;
163     //第三台电脑组装
164     Computer * computer3 = new Computer(new LenovoCPU, new IntelVideoCard,
new LenovoMemory);;
165     computer3->work();
166     delete computer3;
167
168 }

```

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:

```
1  #include <fstream>
2
3  void test01()
4  {
5      ofstream ofs;
6      ofs.open("test.txt", ios::out);
7
8      ofs << "姓名: 张三" << endl;
9      ofs << "性别: 男" << endl;
10     ofs << "年龄: 18" << endl;
11
12     ofs.close();
13 }
14
15 int main() {
16
17     test01();
18
19     system("pause");
20
21     return 0;
22 }
```

总结:

- 文件操作必须包含头文件 fstream
- 读文件可以利用 ifstream , 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:

```
1  #include <fstream>
2  #include <string>
3  void test01()
4  {
5      ifstream ifs;
6      ifs.open("test.txt", ios::in);
7
8      if (!ifs.is_open())
9      {
10         cout << "文件打开失败" << endl;
11         return;
12     }
13
14     //第一种方式
15     //char buf[1024] = { 0 };
16     //while (ifs >> buf)
17     //{
18     //    cout << buf << endl;
19     //}
20
21     //第二种
22     //char buf[1024] = { 0 };
23     //while (ifs.getline(buf,sizeof(buf)))
24     //{
25     //    cout << buf << endl;
26     //}
27
28     //第三种
29     //string buf;
30     //while (getline(ifs, buf))
31     //{
32     //    cout << buf << endl;
33     //}
34
35     char c;
36     while ((c = ifs.get()) != EOF)
37     {
38         cout << c;
39     }
40
```

```

41     ifs.close();
42
43
44 }
45
46 int main() {
47
48     test01();
49
50     system("pause");
51
52     return 0;
53 }

```

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

建议使用第三种string读取, 避免提前设置buffer大小

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:

```

1  #include <fstream>
2  #include <string>
3
4  class Person
5  {
6  public:
7      char m_Name[64];

```

```

8      int m_Age;
9  };
10
11  //二进制文件 写文件
12  void test01()
13  {
14      //1、包含头文件
15
16      //2、创建输出流对象
17      ofstream ofs("person.txt", ios::out | ios::binary);
18
19      //3、打开文件
20      //ofs.open("person.txt", ios::out | ios::binary);
21
22      Person p = {"张三" , 18};
23
24      //4、写文件
25      ofs.write((const char *)&p, sizeof(p));
26
27      //5、关闭文件
28      ofs.close();
29  }
30
31  int main() {
32
33      test01();
34
35      system("pause");
36
37      return 0;
38  }

```

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:

```

1  #include <fstream>
2  #include <string>
3
4  class Person

```

```

5  {
6  public:
7      char m_Name[64];
8      int m_Age;
9  };
10
11 void test01()
12 {
13     ifstream ifs("person.txt", ios::in | ios::binary);
14     if (!ifs.is_open())
15     {
16         cout << "文件打开失败" << endl;
17     }
18
19     Person p;
20     ifs.read((char *)&p, sizeof(p));
21
22     cout << "姓名: " << p.m_Name << " 年龄: " << p.m_Age << endl;
23 }
24
25 int main() {
26
27     test01();
28
29     system("pause");
30
31     return 0;
32 }

```

- 文件输入流对象 可以通过read函数，以二进制方式读数据