

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。

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

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。

示例：

```
1 //全局变量
2 int g_a = 10;
3 int g_b = 10;
4 //全局常量
5 const int c_g_a = 10;
6 const int c_g_b = 10;
7 int main() {
8
9     //局部变量
10    int a = 10;
11    int b = 10;
12    //打印地址
13    cout << "局部变量a地址为: " << (int)&a << endl;
14    cout << "局部变量b地址为: " << (int)&b << endl;
15
16    cout << "全局变量g_a地址为: " << (int)&g_a << endl;
```

```

17     cout << "全局变量g_b地址为: " << (int)&g_b << endl;
18
19     //静态变量
20     static int s_a = 10;
21     static int s_b = 10;
22
23     cout << "静态变量s_a地址为: " << (int)&s_a << endl;
24     cout << "静态变量s_b地址为: " << (int)&s_b << endl;
25
26     cout << "字符串常量地址为: " << (int)&"hello world" << endl;
27     cout << "字符串常量地址为: " << (int)&"hello world1" << endl;
28
29     cout << "全局常量c_g_a地址为: " << (int)&c_g_a << endl;
30     cout << "全局常量c_g_b地址为: " << (int)&c_g_b << endl;
31
32     const int c_l_a = 10;
33     const int c_l_b = 10;
34     cout << "局部常量c_l_a地址为: " << (int)&c_l_a << endl;
35     cout << "局部常量c_l_b地址为: " << (int)&c_l_b << endl;
36
37     system("pause");
38
39     return 0;
40 }

```

打印结果:

The screenshot shows the output of the program with several lines highlighted by red boxes and arrows pointing to explanatory text on the right:

- 局部变量a地址为: 9697232** and **局部变量b地址为: 9697220** are grouped by a red box and pointed to by an arrow labeled **局部变量存放在栈区** (Local variables are stored in the stack area).
- 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**, and **静态变量s_b地址为: 3461132** are grouped by a red box and pointed to by an arrow labeled **全局变量和静态变量存放在全局区** (Global variables and static variables are stored in the global area).
- 字符串常量地址为: 3451880** and **字符串常量地址为: 3451896** are grouped by a red box and pointed to by an arrow labeled **常量区** (Constant area).
- 全局常量c_g_a地址为: 3452096** and **全局常量c_g_b地址为: 3452100** are grouped by a red box and pointed to by an arrow labeled **常量区** (Constant area).
- 局部常量c_l_a地址为: 9697208** and **局部常量c_l_b地址为: 9697196** are grouped by a red box and pointed to by an arrow labeled **局部常量存放在栈区** (Local constants are stored in the stack area).

At the bottom, it says "请按任意键继续..." (Press any key to continue...).

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

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;
17 }
```

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

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

```

引用

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 }

```

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 }

```

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

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

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;
26
27     cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
28     cout << "ref2 = " << ref2 << endl;
29
30     system("pause");
31
32     return 0;
33 }
```

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

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 }
```

函数提高

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）{ }

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 }
```

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 }

```

函数重载

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
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 }

```

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:

```

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 }

```

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

封装

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
4  //私有权限 private 类内可以访问 类外不可以访问
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 }

```

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 }
```

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。

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(){}

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 }

```

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

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 }

```

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
- 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 }

```

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 }

```

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

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);
22
23     }
24
25     //析构函数
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

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：

```
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) :m_A(a), m_B(b), m_C(c) {}
13     void PrintPerson() {
14         cout << "mA:" << m_A << endl;
15         cout << "mB:" << m_B << endl;
16         cout << "mC:" << m_C << endl;
17     }
18 private:
19     int m_A;
20     int m_B;
21     int m_C;
22 };
23
24 int main() {
25
26     Person p(1, 2, 3);
27     p.PrintPerson();
28
29
30     system("pause");
31
32     return 0;
33 }
```

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 }

```

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;

```

```

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;
14         //m_B = 100; //错误，不可以访问非静态成员变量
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 }

```

C++对象模型和this指针

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

```

1  class Person {
2  public:
3      Person() {
4          mA = 0;
5      }
6      //非静态成员变量占对象空间
7      int mA;
8      //静态成员变量不占对象空间
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
11     void func() {
12         cout << "mA:" << this->mA << endl;
13     }

```

```

14 //静态成员函数也不占对象空间
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 }

```

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 }

```

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 }

```

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->m_A = 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
16         量
17         this->m_B = 100;
18     }
19
20     void MyFunc() const {
21         //m_A = 10000;
22     }
23 public:
24     int m_A;
25     mutable int m_B; //可修改 可变的
26 };
27
28 //const修饰对象 常对象
29 void test01() {
30
31     const Person person; //常量对象
32     cout << person.m_A << endl;
33 }

```

```

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 }

```

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

全局函数做友元

```

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 }

```

类做友元

```

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 }

```

成员函数做友元

```

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 }
```

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

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

左移运算符重载

作用：可以输出自定义数据类型

```

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
22 //ostream对象只能有一个
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

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

```

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) {
20        //先返回
21        MyInteger temp = *this; //记录当前本身的价值，然后让本身的价值加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

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         if (m_Age != NULL)
15         {
16             delete m_Age;
17             m_Age = NULL;
18         }
19         //编译器提供的代码是浅拷贝
20         //m_Age = p.m_Age;
21
22         //提供深拷贝 解决浅拷贝的问题
23         m_Age = new int(*p.m_Age);
24
25         //返回自身
26         return *this;
27     }
28
29
30     ~Person()
31     {
32         if (m_Age != NULL)
33         {
34             delete m_Age;
35             m_Age = NULL;
36         }
37     }
38
39     //年龄的指针
40     int *m_Age;
41
42 };
43
44
45 void test01()
46 {
47     Person p1(18);
48
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
64     test01();
65
66     //int a = 10;
67     //int b = 20;
68     //int c = 30;
69
70     //c = b = a;
71     //cout << "a = " << a << endl;
72     //cout << "b = " << b << endl;
73     //cout << "c = " << c << endl;
74
75     system("pause");
76
77     return 0;
78 }

```

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 }

```

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 }

```

继承

继承是面向对象三大特性之一

我们发现，定义这些类，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

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。

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 };

```

继承中的对象模型

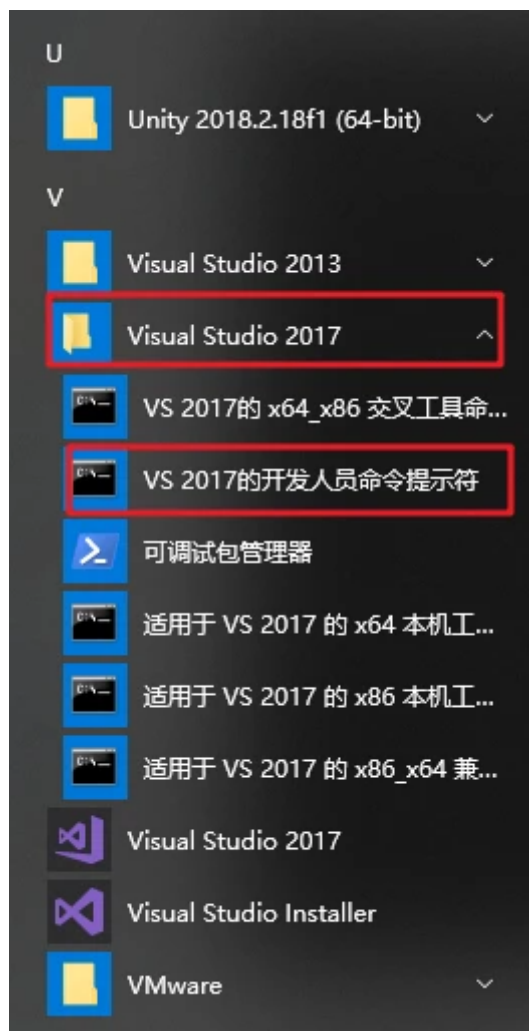
问题：从父类继承过来的成员，哪些属于子类对象中？

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 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
2  +---
   |   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>
```

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

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

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

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）

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，子类使用时候要加作用域

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

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

多态

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：

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

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("+") <<
29     endl;
30     cout << c.m_Num1 << " - " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("-") <<
31     endl;
32     cout << c.m_Num1 << " * " << c.m_Num2 << " = " << c.getResult("*") <<
33     endl;
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-
91 >getResult() << endl;
92     delete abc; //用完了记得销毁
93
94     //创建减法计算器
95     abc = new SubCalculator;
96     abc->m_Num1 = 10;
97     abc->m_Num2 = 10;
98     cout << abc->m_Num1 << " - " << abc->m_Num2 << " = " << abc-
99 >getResult() << endl;
100     delete abc;
101
102     //创建乘法计算器
103     abc = new MulCalculator;
104     abc->m_Num1 = 10;
105     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

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 }

```

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

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
3. 拥有纯虚析构函数的类也属于抽象类

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

文本文件

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

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

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

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

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