2024年春

程序设计实习：C++程序设计

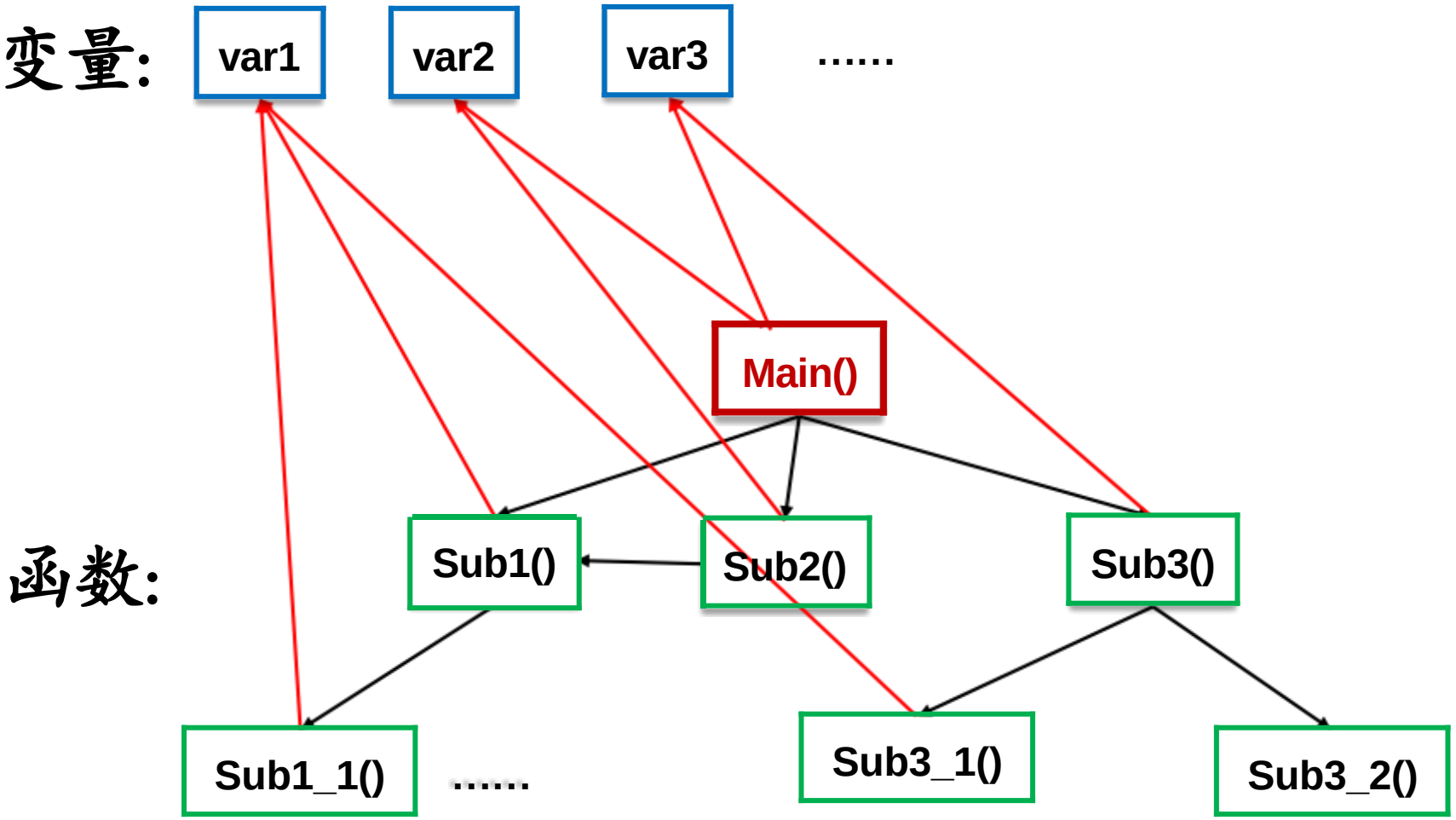
第四讲 类和对象（2）

贾川民
北京大学

主要内容

- 面向对象的**基本概念**
  - 例子 — 矩形类
  - 三种方式使用
  - 引用 & 常引用
  - 类成员的访问权限

结构化程序设计



面向对象的程序设计

- **面向对象的程序设计方法：**

  将某类客观事物**共同特点**(**属性**) 归纳出来

  → 形成一个**数据结构** (用多个变量描述事物的属性)

  将这类事物所能进行的**行为**也归纳出来

  → 形成一个个**函数**

  → 这些函数可以用来操作数据结构

C++关键字：抽象

面向对象的程序设计

- 通过某种语法形式，

将**数据结构**和操作该数据结构的**函数**“捆绑”在一起 → 形成一个“类”

- 使得数据结构和操作该数据结构的算法呈现出显而易见的紧密关系

C++关键字：封装

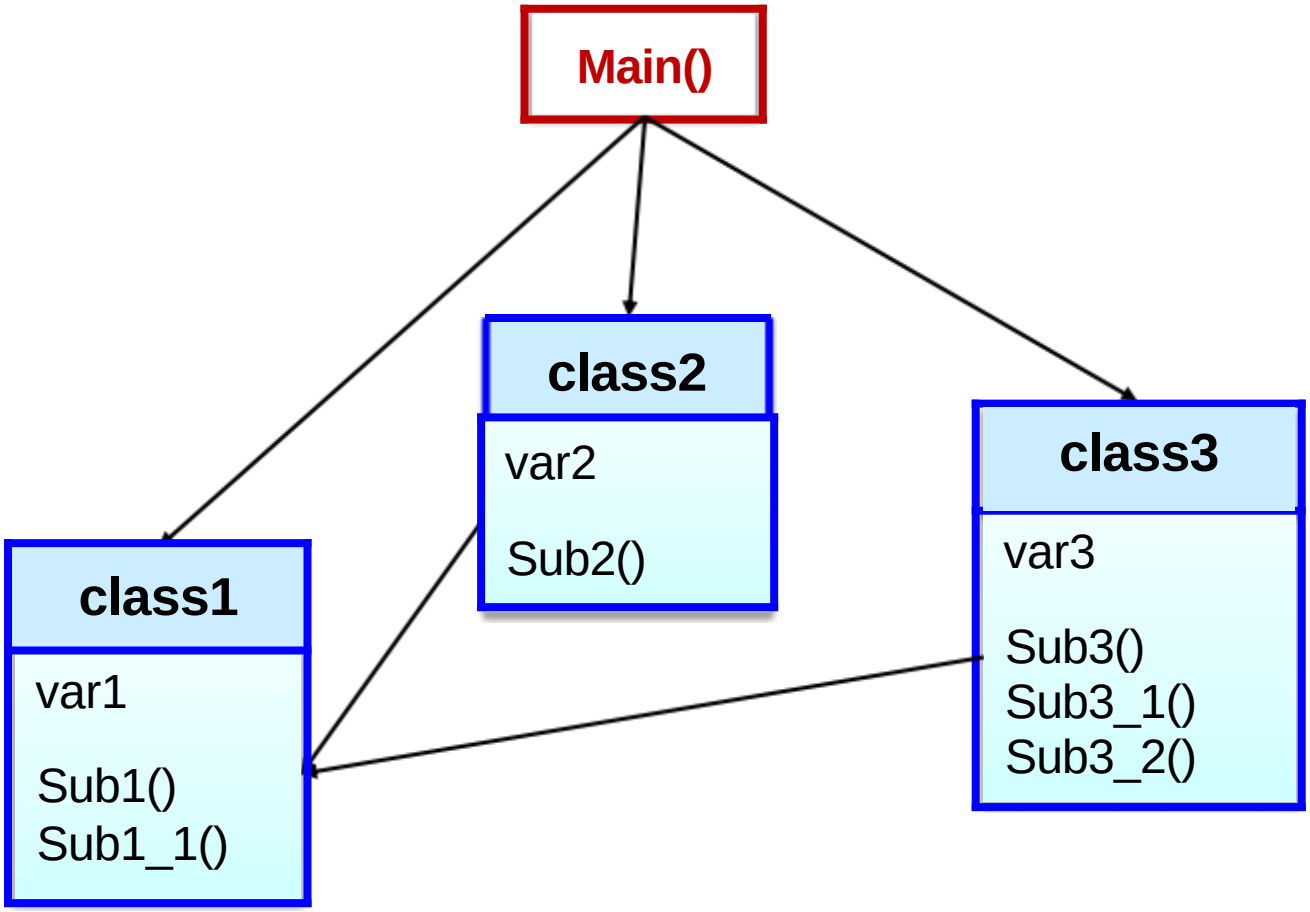
面向对象的程序设计

- 面向对象的程序设计方法，能够较好解决上述问题

  面向对象的程序 = 类 + 类 + … + 类

- 设计程序的过程，就是设计类的过程

面向对象的程序模式


Main()
class2
var2
Sub2()
class3
var3
Sub3()
Sub3_1()
Sub3_2()
class1
var1
Sub1()
Sub1_1()

从客观事物抽象出类

- **写一个程序，输入矩形的长和宽，输出面积和周长**
  - 如对于 "矩形" 这种**对象**，要用一个**类**来表示，该如何做 "抽象" 呢？
  - 矩形的**属性**就是长和宽
    - 因此需要两个变量，分别代表长和宽
  - 可以对矩形进行哪些**操作**
    - 矩形可以有设置长和宽，计算面积和计算周长这三种行为
    - 这三种行为，可以各用一个**函数**来实现，都需要用到长和宽这两个变量

从客观事物抽象出类

- 将长，宽变量和设置长，宽，求面积，以及求周长的三个函数封装在一起，就能形成一个"矩形类"
  - 长和宽变量成为该"矩形类"的"成员变量"
  - 三个函数成为该类的"成员函数"
  - 成员变量和成员函数统称为类的成员
- 类 → 带函数的结构

从客观事物抽象出类

```
class CRectangle
{
      public:
            int w, h;
            int Area()  {
                  return w  * h;
            }
            int Perimeter(){
                  return 2  *  (w + h);
            }
            void Init(int w_, int h_)  {
                  w = w_;   h = h_;
            }
}; //必须有分号
```

从客观事物抽象出类

```
int main( )  {
   int w, h;
   CRectangle   r; //r是CRectangle类的一个对象
   cin >> w >> h;
   r.Init(w, h);
   cout << r.Area() << endl << r.Perimeter();
   return 0;
}
```

对象

- 通过类，可以定义变量
- 类定义出来的变量，也称为**类的实例**，即**“对象”**
- C++中，类的名字就是用户自定义的类型的名字

可以像使用基本类型那样来使用它

  - CRectangle 就是一种**用户自定义**的类型

对象的内存分配

- 和结构变量一样，**对象**所占用的内存空间的大小，

  = 所有成员变量的大小之和

- 对于上面的**CRectangle**类，**sizeof(CRectangle) = 8**
- 每个对象各有自己的存储空间
- 一个对象的某个成员变量被改变了，不会影响到另一个对象

对象间的运算

- 和结构变量一样，对象之间可以用 "=" 进行赋值
- 不能用 "==" "!=" ">" "<" ">=" "<="进行比较，除非这些运算符经过了 "重载"

使用类的成员变量和成员函数

用法1: 对象名.成员名

```
CRectangle r1, r2;
r1.w = 5;

r2.Init(3,4);
```

- Init函数作用在 r2上, 即Init函数执行期间访问的w和h是属于r2这个对象的, 执行r2.Init不会影响到r1

使用类的成员变量和成员函数

用法2: 指针->成员名

```
CRectangle  r1, r2;
CRectangle * p1 = & r1;
CRectangle * p2 = & r2;

p1->w = 5;
p2->Init(3,4); //Init作用在p2指向的对象上
```

使用类的成员变量和成员函数

用法3: 引用名.成员名

```
CRectangle r2;
CRectangle & rr = r2;
rr.w = 5;
rr.Init(3, 4); //rr的值变了， r2的值也变
```

引用

类型名 & 引用名 = 某变量名;

- 定义了一个引用，并将其初始化为引用某个变量
- 某个变量的引用，和这个变量是一回事，相当于该变量的一个别名

```
int n = 4;
int & r = n;
r = 3;
cout << r; //输出 3
cout << n; //输出 3
n = 5;
cout << r; //输出5
```

- 定义引用时一定要将其初始化成引用某个变量，不初始化编译不过
- 引用只能引用变量，不能引用常量和表达式

引用的引用

- C语言中，交换两个整型变量值的函数，只能通过**指针**

```
void swap( int * a, int * b )
{
     int tmp;
     tmp = * a; * a = * b; * b = tmp;
}
int n1, n2;
swap(&n1, &n2) ;     // n1, n2的值被交换
```

引用的引用

- 使用引用:

```
void swap( int & a, int & b )
{
     int tmp;
     tmp = a; a = b; b = tmp;
}
int n1, n2;
swap(n1, n2)  ; // n1, n2的值被交换
```

引用作为函数的返回值

- 函数的返回值可以是引用,如:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int n = 4;
int & SetValue()   {     return n;   }
//返回对n的引用
int main()
{
      SetValue() = 40; //对返回值进行赋值   对n赋值
      cout << n;
      return 0;
} //程序输出结果是40
```

使用类的成员变量和成员函数

用法3: 引用名.成员名

```
CRectangle r2;
CRectangle & rr = r2;
rr.w = 5;
rr.Init(3, 4); //rr的值变了,r2的值也变

void PrintRectangle(CRectangle & r)
{
   cout << r.Area() << "," << r.Perimeter();
}
CRectangle r3;
r3.Init(3, 4);
PrintRectangle(r3);
```

常引用

- 定义引用时，
  在前面加 const关键字 — 该引用为“常引用”

```
int n;
const int & r = n;
```

不能通过常引用去修改其引用的内容

```
int n = 100;
const int & r = n;
r = 200; //编译出错，
         //不能通过常引用修改其引用的内容
n = 300; //没问题，n的值变为300
```

常引用

- 请注意, **const T &** 和 **T &** 是不同的类型
- **T &**类型的引用或 **T**类型的变量可以用来初始化 **const T &**类型的引用
- **const T** 类型的常变量和**const T &**类型的引用则不能用来初始化**T &**类型的引用, 除非进行强制类型转换

类的成员函数的另一种写法

- 成员函数体和类的定义分开写

```
class CRectangle
{
    public:
        int w, h;
        int Area(); //成员函数仅在此处声明
        int Perimeter();
        void Init( int w_, int h_ );
};
```

类的成员函数的另一种写法

```
int CRectangle::Area()   {
      return w * h;
}
int CRectangle::Perimeter() {
      return 2 *  ( w + h);
}
void CRectangle::Init( int w_, int h_ ){
     w = w_;  h = h_;
}
```

- CRectangle::说明后面的函数是CRectangle类的成员函数，而非普通函数
- 一定要通过对象或对象的指针或对象的引用才能调用

类成员的访问权限

- 结构化程序设计 *Vs.* 面向对象程序设计 → **封装**
- 类成员的**可访问范围**
  - 用**访问范围关键字**来说明类成员可被访问的范围：
    - **private: 私有成员，只能在成员函数内访问**
    - **public: 公有成员，可以在任何地方访问**
    - **protected: 保护成员**

```
class className {
  private:
    //私有属性和函数
  public:
    //公有属性和函数
  protected:
    //保护属性和函数
};
```

类成员的访问权限

- 类成员的**可访问范围**
  - 如过某个成员前面没有上述关键字，则**缺省地被认为是私有成员**

```
1  class Man {
2    int nAge; //私有成员
3    char szName[20]; // 私有成员
4  public:
5    void SetName(char * szName){
6      strcpy( Man::szName,szName);
7    }
8  };
```

以上三种关键字**出现的次数**和**先后次序**都没有限制

类成员的访问权限

- **在类的成员函数内部，能够访问：**
  - 当前对象的全部属性，函数
  - 同类其它对象的全部属性，函数
- **在类的成员函数以外的地方，只能够访问该类对象的公有成员**

类成员的访问权限

```
class CEmployee   {
    private:
        char szName[30]; //名字
    public:
         int salary; //工资
         void setName(char * name);
         void getName(char * name);
         void averageSalary(CEmployee e1,
CEmployee e2);
};
void CEmployee::setName(char * name)   {
      strcpy( szName, name); //ok
}
void CEmployee::getName(char * name)   {
      strcpy( name, szName); //ok
}
```

类成员的访问权限

```
void CEmployee::averageSalary(CEmployee e1,
CEmployee e2)
{
    salary =  (e1.salary + e2.salary)/2;
}
int main()
{
    CEmployee e;
    strcpy(e.szName,“Tom1234567889”);//编译错,
                                //不能访问私有成员
    e.setName("Tom");    // ok
    e.salary = 5000;     // ok
    return 0;
}
```

类成员的访问权限

```
int main(){
    CEmployee e;
    strcpy(e.szName,"Tom1234567889");
    //编译错，不能访问私有成员
    e.setName( "Tom"); // ok
    e.salary = 5000;    // ok
    return 0;
}
```

- 设置私有成员的**目的**
  - ① 强制对成员变量的访问一定要通过成员函数进行
  - ② 方便修改成员变量的类型等属性→只需更改成员函数

  Vs. 否则，所有直接访问成员变量的语句都需要修改
- 设置私有成员的机制叫**隐藏**

类成员的访问权限

- 例如，如将上述程序 → 内存空间紧张的手持设备上

将 **szName** 改为 **char szName[5]**，

若**szName**不是私有，那么就要找出所有类似

```
strcpy(man1.szName, "Tom1234567889");
```

这样的语句进行修改，以防止数组越界 → 太麻烦！

- 如果将szName变为私有，

那么程序中就不会出现 （除非在类的内部）

```
strcpy(man1.szName, "Tom1234567889");
```

类成员的访问权限

所有对**szName**的访问都是通过成员函数来进行，

例如：

```
man1.setName( “Tom12345678909887” );
```

- 如需将**szName**改短，也不需将上面的语句找出来修改，只要改**setName成员函数**，在里面确保不越界即可

用struct定义类

用struct定义类

```
1  struct CEmployee {
2    char szName[30]; //公有!!
3  public :
4    int salary; //工资
5    void setName(char * name);
6    void getName(char * name);
7    void averageSalary(CEmployee e1, CEmployee e2);
8  };
```

和用 class 的唯一区别，就是**未说明**是公有还是私有的成员，就是**公有**

主要内容

- 面向对象的基本概念
  - 例子—矩形类
  - 对象的内存分配 与 运算符
  - 三种方式使用
  - 引用 & 常引用
- 构造函数
- 复制构造函数
- 析构函数

构造函数（Constructor）

- 在程序没有明确进行初始化的情况下，
  - 全局基本类型变量 — 被自动初始化成全0
  - 局部基本类型变量 — 初始值随机
- 构造函数是**成员函数**的一种，用来**初始化对象**
  - 名字**与类名相同**，可以有参数
  - **不能有返回值 (注意: void也不行)**
  - 作用：为对象进行初始化，如给**成员变量赋初值**
    - 不必专门再写初始化函数，也不必担心忘记调用初始化函数
    - 避免对象未被初始化就使用而导致程序出错

构造函数（Constructor）

- 如果定义类时没写构造函数

→ 编译器生成一个**默认无参数**的构造函数

  - 默认构造函数无参数，不做任何操作

- 如果定义了构造函数，则编译器不生成默认的无参数的构造函数

对象生成时构造函数自动被调用

对象一旦生成，就再也不能在其上执行构造函数

- 为类编写构造函数是好的习惯，能够保证对象生成的时候总是有合理的值

- **一个类可以有多个构造函数**

构造函数（Constructor）

```
class Complex {
        private :
                double real, imag;
        public:
                void Set( double r, double i );
}; //编译器自动生成默认构造函数

Complex c1;  //默认构造函数被调用
Complex * pc = new Complex;  //默认构造函数被调用
```

构造函数（Constructor）

```
class Complex {
        private:
                double real, imag;
        public:
                Complex(doubler, double i = 0); //构造函数
};
Complex::Complex(double r, double i){
        real = r;    imag = i;
}
Complex c1;  // error, 没有参数
Complex * pc = new Complex; // error, 没有参数
Complex c2(2); // OK, Complex c2(2, 0)
Complex c3(2, 4), c4(3, 5);   //OK
Complex * pc = new Complex(3, 4);   //OK
```

构造函数（Constructor）

- 可以有多个构造函数，参数个数或类型不同

```
class Complex {
        private :
                double real, imag;
        public:
                void Set(double r, double i);
                Complex(double r, double i);
                Complex(double r);
                Complex(Complex  c1, Complex  c2);
};
Complex::Complex(double r, double i){
        real = r;    imag = i;
}
```

构造函数（Constructor）

```
Complex::Complex(double r)
{
        real = r; imag = 0;
}
Complex::Complex (Complex  c1,  Complex  c2)
{
        real   = c1.real+c2.real;
        imag = c1.imag+c2.imag;
}
Complex c1(3) , c2 (1, 0), c3(c1, c2);
// c1 = {3, 0}, c2 = {1, 0}, c3 = {4, 0};
```

构造函数（Constructor）

- 构造函数最好是public的
- private构造函数不能直接用来初始化对象

```
class CSample{
        private:
                CSample() {   }
};
int main(){
        CSample Obj;    //err. 唯一构造函数是private
}
```

开放思考题

- 如何写一个类，
  使该类只能有一个对象

构造函数在数组中的使用

```
class CSample {
      int x;
public:
      CSample() {
            cout << "Constructor 1 Called" << endl;
      }
      CSample(int n) {
             x = n;
            cout << "Constructor 2 Called" << endl;
      }
};
```

练习：构造函数在数组中的使用

```
int main(){
      CSample array1[2];
      cout << "step1"<<endl;
      CSample array2[2] = {4, 5};
      cout << "step2"<<endl;
      CSample array3[2] = {3};
      cout << "step3"<<endl;
      CSample * array4 = new CSample[2];
      delete []array4;
}
```

构造函数在数组中的使用

输出：

```
Constructor 1 Called
Constructor 1 Called
step1
Constructor 2 Called
Constructor 2 Called
step2
Constructor 2 Called
Constructor 1 Called
step3
Constructor 1 Called
Constructor 1 Called
```

构造函数在数组中的使用

```
class  Test {
   public:
      Test(int n) { }                  //(1)
      Test(int n, int m) { }           //(2)
      Test() { }                       //(3)
};
Test  array1[3] = {1, Test(1,2)};
// 三个元素分别用(1), (2), (3)初始化
Test  array2[3] = { Test(2,3), Test(1,2) , 1};
// 三个元素分别用(2), (2), (1)初始化
Test  * pArray[3] = {new Test(4), new Test(1,2)};
//两个元素分别用(1), (2)初始化
```

例题改一改

```
class Test {
   public:
      Test (int n) { cout << n << “(1)” << endl; }                    //(1)
      Test (int n, int m) { cout << n << m << “(2)” << endl; }  //(2)
      Test ( ) { cout << “(3)” << endl; }                                 //(3)
};
int main() {
   Test  array1[3] = { 1, Test(1, 2) };

   Test  array2[3] = { 1, (1, 2) };


   return 0;
}
```

例题改一改

```
class Test {
    public:
        Test (int n) { cout << n << “(1)” << endl; }                    //(1)
        Test (int n, int m) { cout << n << m << “(2)” << endl; }  //(2)
        Test ( ) { cout << “(3)” << endl; }                                 //(3)
};
int main() {
    Test  array1[3] = { 1, Test(1, 2) };
    // 三个元素分别用(1),(2),(3)初始化
    Test  array2[3] = { 1, (1, 2) };
    // 三个元素分别用(1),(1),(3)初始化
    return 0;
}
```

例题改一改

```
class Test {
    public:
        Test (int n) { cout << n << “(1)” << endl; }                    //(1)
        Test (int n, int m) { cout << n << m << “(2)” << endl; }  //(2)
        Test ( ) { cout << “(3)” << endl; }                                 //(3)
};
int main() {
    Test  array1[3] = { 1, Test(1, 2) };
    // 三个元素分别用(1),(2),(3)初始化
    Test  array2[3] = { 1, (1, 2) };
    // 三个元素分别用(1),(1),(3)初始化
    return 0;
}
```

主要内容

- 面向对象的基本概念
  - 例子—矩形类
  - 对象的内存分配 与 运算符
  - 三种方式使用
  - 引用 & 常引用
- 构造函数
- **复制构造函数**
- 析构函数

复制构造函数 (拷贝构造函数)

- 只有一个参数，即对同类对象的引用
  - 形如 **X::X(X&)** 或 **X::X(const X&)** 二者选一，后者能以常量对象作为参数

复制构造函数 (拷贝构造函数)

- 只有一个参数，即对同类对象的引用
  - 形如 **X::X(X&)** 或 **X::X(const X&)** 二者选一，后者能以常量对象作为参数
- 如果没有定义复制构造函数，那么编译器生成默认复制构造函数
  - **默认的复制构造函数完成复制功能**
- 如果定义的自己的复制构造函数，则默认的复制构造函数不存在。
- 不允许有形如X::X(X) 的构造函数

复制构造函数 (拷贝构造函数)

- 只有一个参数, 即对同类对象的引用

```
class Complex {
    private :
        double real, imag;
};
Complex c1;          //调用缺省无参构造函数
Complex c2(c1);  //调用缺省的复制构造函数
                     //将 c2 初始化成和c1一样
```

- 如果定义的自己的复制构造函数，则缺省的复制构造函数不存在

```
class Complex {
        public :
                double real, imag;
        Complex(){}
        Complex(Complex & c) {
                real = c.real;
                imag = c.imag;
                cout << “Copy Constructor called”;
        }
};
Complex c1;
Complex c2(c1);   //调用自己定义的复制构造函数，
                  //输出 Copy Constructor called
```

复制构造函数 (拷贝构造函数)

- 不允许有形如 X::X(X)的构造函数

```
class CSample {
        CSample(CSample c) {
        }  //错, 不允许这样的构造函数
};
```

复制构造函数 (拷贝构造函数)

复制构造函数在以下三种情况被调用:

a.当用一个对象去初始化同类的另一个对象时

```
Complex  c2(c1);
Complex c2 = c1; //初始化语句,非赋值语句
```

b.如果某函数有一个参数是类 A 的对象，那么该函数被调用时，类A的复制构造函数将被调用

```
class A {
   public:
      A() { };
      A(A & a) {
         cout << "Copy constructor called" <<endl;
      }
};
void Func(Ac){ }
int main(){
   A c1;
   Func(c1);
   return 0;
}
```

程序输出结果为:
Copy constructor called

复制构造函数 (拷贝构造函数)

c. 如果函数的返回值是类A的对象时，则函数返回时，
A的复制构造函数被调用：

```
class A {
   public:
      intv;
      A(int n) { v = n; };
      A( const A & a) {
         v = a.v;
         cout << "Copy constructor called" <<endl;
      }
};
AFunc() {  Ab(4);    return b;  }
int main(){ cout << Func().v << endl; return 0; }
```

输出结果:
Copy constructor called
4

经过优化的编译器可能导致结果不同

复制构造函数 (拷贝构造函数)

[注意]:对象间用等号赋值并不导致复制构造函数被调用

```
class CMyclass {
    public:
        int n;
        CMyclass() { }; //构造函数
        CMyclass(CMyclass & c) {  n = 2 * c.n;  } //复制构造函数
};
int main() {
        CMyclass c1, c2;
        c1.n = 5;     c2 = c1;    CMyclass c3(c1);
        cout <<"c2.n=" << c2.n << ",";
        cout <<"c3.n=" << c3.n << endl;
        return 0;
} // 输出: c2.n=5, c3.n=10
```

常量引用参数的使用

```
void fun(CMyclass obj_ ) {
    cout << "fun" << endl;
}
```

- 调用时生成形参会引发复制构造函数调用, 开销比较大
- 所以可以考虑使用 **CMyclass & 引用类型**作为参数
- 希望**确保实参的值在函数中不应被改变**

  可以加上 const关键字:

```
void fun(const  CMyclass & obj) {
//函数中任何试图改变 obj值的语句都将是变成非法
}
```

类型转换构造函数

- **类型转换构造函数**
  - **目的：**实现类型的自动转换
  - 只有**一个参数**
  - **又不是复制构造函数**的构造函数

    → 该构造函数起到类型自动转换的作用
- 需要时编译系统会自动调用转换构造函数
  - 建立一个**无名的临时对象** (或临时变量)

类型转换构造函数实例

```
class Complex   {
    public:
        double  real, imag;
        Complex(inti)  {    //类型转换构造函数
            cout <<  "IntConstructor called" << endl;
            real = i;  imag = 0;
        }
        Complex(double r, double i) {    real = r; imag = i;   }
};
int main (){
    Complex  c1(7, 8);
    Complex  c2 = 12;
    c1 = 9;   // 9被自动转换成一个临时Complex对象
    cout << c1.real <<  "," << c1.imag << endl;
    return 0;
}
```

输出：

IntConstructor called
IntConstructor called
9, 0

类型转换构造函数实例

```
class Complex   {
    public:
        double  real, imag;
        explicit Complex(inti)  {    //显式类型转换构造函数
            cout <<  "IntConstructor called" << endl;
            real = i;  imag = 0;
        }
        Complex(double r, double i) {    real = r; imag = i;   }
};
int main (){
    Complex  c1(7, 8);
    Complex  c2 = Complex(12);
    c1 = 9;    // error, 9不被自动转换成一个临时Complex对象
    c1 = Complex(9); //ok
    cout << c1.real << "," << c1.imag << endl;
    return 0;
}
```

explicit 关键字的作用就是防止类构造函数的隐式自动转换

析构函数（Destructors）

- **成员函数的一种**
  - 名字与类名相同，在前面加 '~'
    - **没有参数和返回值**
    - 一个类最多只有一个析构函数
  - 析构函数对象消亡时 → 自动被调用
    - 定义析构函数 → 对象消亡前做善后工作
      e.g. 释放分配的空间
  - 如果定义类时没写析构函数，则编译器生成缺省析构函数
    - 缺省析构函数什么也不做
  - 如果定义了析构函数，则编译器不生成缺省析构函数

析构函数（Destructors）

```
class CString{
        private :
                char * p;
        public:
                CString () {
                        p = new char[10];
                }
                ~ CString () ;
};
CString ::~ CString()
{
        delete [] p;
}
```

析构函数和数组

- 对象数组生命期结束时，
  对象数组的每个元素的析构函数都会被调用

```
class Ctest {
   public:
      ~Ctest()  {  cout<< "destructor called" << endl; }
};
int main () {
    Ctest array[2];
    cout << "End Main" << endl;
    return 0;
}
```

输出：

```
End Main
destructor called
destructor called
```

析构函数和数组

- delete 运算导致析构函数调用

```
Ctest  * pTest;
pTest = new Ctest;      //构造函数调用
delete pTest;           //析构函数调用
-----------------------------------------------------------
pTest = new Ctest[3]; //构造函数调用3次
delete [] pTest;        //析构函数调用3次
```

若new一个对象数组, 那么用delete释放时应该写 []
否则只delete一个对象(调用一次析构函数)

析构函数在对象作为函数返回值返回后被调用

```
class CMyclass {
    public:
        ~CMyclass() { cout << "destructor" << endl; }
};
CMyclass obj;
CMyclass fun(CMyclass sobj ) { //参数对象消亡也会导致析
                                //构函数被调用
    return sobj;      //函数调用返回时生成临时对象返回
}
int main(){
    obj = fun(obj);  //函数调用的返回值 (临时对象) 被用过后,
    return 0;        //该临时对象析构函数被调用
}
```

```
class CMyclass {
    public:
        ~CMyclass() { cout << "destructor" << endl; }
};
CMyclass obj;
CMyclass fun(CMyclass sobj ) { //参数对象消亡也会导致析
                               //构函数被调用
    return sobj;      //函数调用返回时生成临时对象返回
}
int main(){
    obj = fun(obj);  //函数调用的返回值 (临时对象) 被用过后,
    return 0;        //该临时对象析构函数被调用
}
```

输出:

```
destructor
destructor
destructor
```

在临时对象生成的时候会有构造函数被调用;
临时对象消亡导致析构函数调用

思考

构造函数和析构函数

什么时候被调用？

```
class Demo {
        int id;
    public:
        Demo(int i) {
                id = i;
                printf( "id=%d, Construct\n", id);
         }
        ~Demo()      {
                printf( "id=%d, Destruct\n", id);
         }
};
```

```
Demo d1(1);
void fun(){
        static Demo d2(2);
        Demo d3(3);
        printf( "fun \n");
}
int main (){
        Demo d4(4);
        printf( "main \n");
        {   Demo d5(5);   }
        fun();
        printf( "endmain \n");
        return 0;
}
```

```
Demo d1(1);
void fun(){
        static Demo d2(2);
        Demo d3(3);
        printf( "fun \n");
}
int main (){
        Demo d4(4);
        printf( "main \n");
        {   Demo d5(5);   }
        fun();
        printf( "endmain \n");
        return 0;
}
```

输出：

```
id=1, Construct
id=4, Construct
main
id=5, Construct
id=5, Destruct
id=2, Construct
id=3, Construct
fun
id=3, Destruct
endmain
id=4, Destruct
id=2, Destruct
id=1, Destruct
```

关于复制构造函数和析构函数的又一个例子

```
#include <iostream>
using namespace std;
class CMyclass {
    public:
        CMyclass() {};
        CMyclass( CMyclass & c )
        {
            cout << "copy constructor" << endl;
        }
        ~CMyclass() { cout << "destructor" << endl; }
};
```

关于复制构造函数和析构函数的又一个例子

```
void fun(CMyclass obj_ ) {
    cout << "fun" << endl;
}
CMyclass c;
CMyclass Test( ) {
    cout << "test" << endl;
    return c;
}
int main(){
    CMyclass c1;
    fun(c1);
    Test();
    return 0;
}
```

关于复制构造函数和析构函数的又一个例子

```
void fun(CMyclass obj_ ) {
    cout << "fun" << endl;
}
CMyclass c;
CMyclass Test( ) {
    cout << "test" << endl;
    return c;
}
int main(){
    CMyclass c1;
    fun(c1);
    Test();
    return 0;
}
```

运行结果：

```
copy constructor
fun
destructor    //参数消亡
test
copy constructor
destructor  // 返回值临时对象消亡
destructor  // 局部变量消亡
destructor  // 全局变量消亡
```

复制构造函数在不同编译器中的表现

```
1  class A {
2  public:
3    int x;
4    A(int x_):x(x_) {
5      cout << x << " constructor called" << endl;
6    }
7    A(const A & a ) {
8      x = 2 + a.x;
9      cout  << "copy called" << endl;
10   }
11   ~A() {
12     cout << x << " destructor called" << endl;
13   }
14 };
15
16 A f() {
17   A b(10);
18   return b;
19 }
20 int main() {
21   A a(1);
22   a = f();
23   return 0;
24 }
```

某些版本 Visual Studio 输出结果：

1 constructor called
10 constructor called
10 destructor called
copy called
12 destructor called
12 destructor called

复制构造函数在不同编译器中的表现

```
1  class A {
2  public:
3    int x;
4    A(int x_):x(x_) {
5      cout << x << " constructor called" << endl;
6    }
7    A(const A & a ) {
8      x = 2 + a.x;
9      cout  << "copy called" << endl;
10   }
11   ~A() {
12     cout << x << " destructor called" << endl;
13   }
14 };
15
16 A f() {
17   A b(10);
18   return b;
19 }
20 int main() {
21   A a(1);
22   a = f();
23   return 0;
24 }
```

DEVCPP 输出结果：

1 constructor called
10 constructor called
10 destructor called
10 destructor called

复制构造函数在不同编译器中的表现

- 某些编译器出于**优化目的**并未生成返回值临时对象

Thanks!