5.4 同名的成员函数

1.重载成员函数：与普通函数的重载类同，成员函数的重载是在一个类作用域内，多个函数体可以使用相同的函数名，这类成员函数称为重载成员函数。这类成员函数或者参数的个数不同，或者至少有一个参数的类型不同。实际选择调用哪一个成员函数的匹配规则与普通函数类同。

```
class Counter {
public :
      Counter( ) { v = 0; }
      Counter & operator ++( );
            //Prefix increment operator
      Counter operator ++(int);
            //Suffix increment operator
      void Print( );
private :
      unsigned v;
};
```


如前所述，几乎每个类都定义了多个构造函数，以适应创建对象时，对象的参数具有不同个数的情况，即定义了重载构造函数。

2.基类和派生类的同名成员函数

在类层次结构中，基类的成员函数在派生类中重新定义，即在基类和派生类中有同名的成员函数。它们是在编译时加以区分，即编译系统确定调用哪一个类的成员函数，有如下区分方法：

(1)根据类对象加以区分。即使基类和派生类的同名成员函数具有不同参数时，仍然是基类对象调用基类的成员函数，派生类对象调用派生类的成员函数。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class A {
public:
  int foo(int i) { return i + 1; }
};
class B : public A {
public:
  float foo(float f) { return f + 10; }
};
```



```
void main( )
{ A a;   B b;
  cout << "(1) 基类对象调用基类的成员函数
  foo( )，其结果为 : " << a.foo(5) << endl;
     cout << "(2) 派生类对象调用派生类的成员
  函数foo( )，其结果为 : " << b.foo(2)
        << endl;
  cout << "(3) 派生类对象调用基类的成员函
   数foo( )，其结果为 : " << b.A::foo(6)
        << endl;
}
```

该程序的输出结果：

(1) 基类对象调用基类的成员函数foo( )，其结果为 : 6
(2) 派生类对象调用派生类的成员函数foo( )，其结果为 : 12
(3) 派生类对象调用基类的成员函数foo( )，其结果为 : 7

上例中，由于派生类B中定义的同名成员函数foo(float f)与从基类A中继承的成员函数foo(int i)的作用域不同，虽然它们的形式参数不同，但在类B(的作用域)中不发生重载。仍然是基类对象a调用基类的成员函数A: : foo()，派生类对象b调用派生类的成员函数B: : foo()。

(2)在派生类的成员函数体内，需要访问基类中的同名成员函数，则必须使用作用域分辨符加以区分，否则将产生无穷循环的递归调用，其格式为：

基类名::成员函数名(参数表);

例如：

```
void Derived::print()
{   Base::print();
        ...
}
```


公有继承方式时，派生类对象访问基类中的同名成员函数，也必须使用作用域分辨符加以区分，其格式为：派生类对象.基类名::成员函数名（参数表），例如：

```
int i=b.A::foo(2);
```

(3)在派生类中重定义的成员函数掩盖（override）了基类中所有同名成员函数，即使基类中的同名成员函数的参数表与派生类完全不同，在派生类作用域内基类的同名成员函数也只有用“基类名::”的格式指明才能访问到它们。

3.基类指针和派生类对象：虽然在类层次结构中，基类指针可用来指向公有派生类的对象，但是当基类和派生类中具有同名的成员函数时，编程者即使让基类指针指向派生类对象，然而由于“静态联编”机制的特点，编译系统只能根据基类指针定义时的类型说明，确定基类类型的指针总是指向基类的(函数)。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class A{
public:
  void Display( )  { puts("Class A"); }
};
class B : public A {
public:
  void Display( )  { puts("Class B"); }
};
void Show(A * p)  {  p -> Display( );  }
//Show( )的形参是基类的对象指针
```



```
void main( )
{
  A * pa = new A;
  B * pb = new B;
  pa -> Display( );
  //多接口界面，基类动态对象pa调用A::Display( )
  pb -> Display( );
//多接口界面，派生类动态对象pb调用B::Display( )。
  Show(pa);
  /* 通过Show( )的单接口界面，用基类动态对象pa作
     实参，调用的是A::Display( )。*/
  Show(pb);
  /* 通过Show( )的单接口界面，用派生类动态对象pb
     作实参，仍然是调用A::Display( )。*/
}
```

该程序的输出结果：
Class A
Class B
Class A
Class A
例程说明：

(1) 因此，如果调用了基类A中的成员函数A::Display（）则在CRT屏幕上出现Class A而调用了派生类B中的成员函数B::Display()则出现Class B。编程者的意图是在main()函数内，第一次调用Show(pa)，实参采用基类A的指针pa，第二次调用Show(pb)，实参采用派生类B的指针pb，在CRT屏幕上似乎应该得到Class A Class B的结果，但其实并非如此。

(2) Show()函数对基类A和派生类B中的两个同名成员函数Display（）的访问都是通过指向基类A的指针*p实现的。

然而main()函数内，第二次调用Show(pb)，在实参传递给形参的过程中，main()函数内的B类指针pb自动转换成A类指针赋给Show()函数的形参(A *p)，因此“Show(b)；”语句理所当然地调用A::Display()。由此可知，Show()函数总只能访问基类A中的成员函数A::Display()，而无法访问派生类B中的同名成员函数B：：Display()。

在屏幕上显示的结果为：
Class A
Class A ，而达不到编程者的目的

这种情况经常出现在编程者设计“单界面，多实现版本”的程序中，正如上例中，设计一个函数Show()，使用基类指针“A *p”作为它的形式参数，形成了一个“单界面”。再利用“一个指向基类的指针可用来指向从基类公有继承的任何对象”这一重要规则，在基类和派生类各层中，编写各种不同实现版本的同名成员函数A::Display()、B::Display()、...。

但是由于“静态联编”的弊病，使得“在基类和派生类中有同名成员函数的情况下，编译时基类指针总是指向基类成员”而达不到目的。因此要实现“单界面，多实现版本”的思想，必须依靠虚函数和“动态联编”机制。

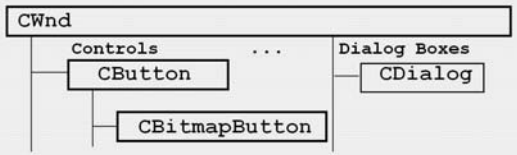
(3)从程序可知，编程者是想构造一个“单界面，多实现版本”的框架，然而，采用上述“静态联编”的方法，却不能实现“单界面，多实现版本”的框架。于是有人可能提出在main()函数内编写如下语句：

```
pa -> Display();//Call A::Display()
pb -> Display();//Call B: : Display()
```

上面是在main（）函数内定义了两个动态对象pa和pb。对于自动型对象也可编写如下语句：

```
void main（）
{
    A  a ;
    B  b ;
    a.Display();//Call A: : Display()
    b.Display();//Call B: : Display()
}
```

但是它们都是多接口界面。因为A::Display()和B::Display()都是普通的成员函数，则按“静态联编”机制来实现调用，即在编译时按调用成员函数的对象确定好调用哪个类的成员函数。
仍然是基类对象a调用基类的成员函数A::Display()，派生类对象b调用派生类的成员函数B::Display()，但是它不是单接口界面而是多接口界面。

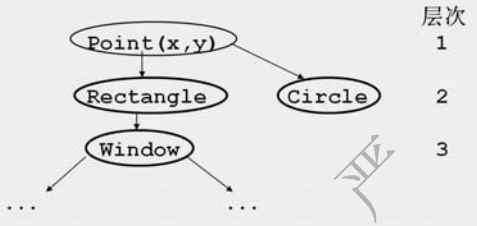


(4)由于对象引用也是地址传递方式，与对象指针有类似的性质，即基类的对象引用可用于从基类公有继承的任何派生类对象”。因此例5.7可改写为：

```
void Show(A & r)
{  r.Display( );  }

void main( )
{   A a;        B b;
    a.Display( );//use A::Display( )
    b.Display( );//use B::Display( )
    Show(a);     //use A::Display( )
    Show(b);     //use A::Display( )
}
```


又如：




```
#include <iostream>
using namespace std;
class Point {
public :
  Point(double i, double j)
    { x = i;  y = j; }
  double Area( ) const { return 0.0; }
private :
  double  x, y;
};
class Rectangle : public Point {
public :
  Rectangle(double i, double j,
            double k, double l);
  double  Area(void) const
  { return w * h; }
private :
  double w , h ;
};
```

```
Rectangle::Rectangle(double i,
         double j, double k, double l)
       : Point(i, j)
{    w = k ;     h = l ;    }

void fun(Point & s)          //单接口界面
{  cout << "The Area = "
            << s.Area( ) << endl;  }

void main( )
{  Rectangle  rec(3.0 , 5.2 ,
                  15.0 , 25.0);
   fun(rec);
}
```

该程序的输出结果：

```
The Area = 0
```


•程序的输出结果表明，由于采用静态联编，在fun()函数中，由s所引用的对象执行的Area()操作，在程序编译阶段被选择到Point::Area()函数体代码上，从而导致输出不期望的结果，而编程者希望s所引用的对象执行的Area()操作，应选择到Rectangle::Area()函数体代码上，完成计算长方形面积的任务，这是静态联编所达不到的。

§5.5 虚函数

1.静态联编：所谓“联编”是当函数调用时，链接上相应函数体的代码，这一程序执行过程称为联编。例如：

```
    ...
print（3.1415926）;    //函数调用语句
          ...
print（double value）//函数头
{ cout << value; }    //函数体
```


C++有两种函数联编机制，静态联编和动态联编。静态联编（Static Binding或Early Binding先期联编）是在编译时，编译系统根据对象就能决定调用固定（程序运行期间不能改变）的函数体代码段。例如：编译系统根据浮点数3.1415926这一实例，调用print（double value）{ cout << value; }这一函数体代码段，生成完成向CRT屏幕输出浮点数的机器码代码段。

在静态联编方式下，编译系统在编译该语句时就知道函数调用过程中将要使用哪些对象，并能决定调用哪一个函数，然后生成能完成语句功能的可执行代码。静态联编支持C++中的运算符重载和函数名重载这两种形式的多态性。与动态联编相比，其优点是运行开销小（仅传递参数，执行函数调用，清除堆栈等），程序执行速度快，缺点是灵活性差。

2.虚函数机制和动态联编技术：为了实现“单界面，多实现版本”的思想，C++提供了一种解决方法，引用虚函数机制，即动态联编技术。

(1)虚函数定义：虚函数是基类的公有部分或保护部分的某成员函数，在函数头前加上关键字“virtual”，其格式为：

```
class  A {
public : (或protected  : )
 virtual <返回类型> 成员函数名(参数表);
       。。。
};
```



```
#include <iostream>
using namespace std;
class A{
public:
virtual void Display( )
{ puts("Class A"); }
};
class B : public A {
public:
   [virtual] void Display( )
{ puts("Class B"); }
};

void Show(A * p)
{    p -> Display( );    }
```



```
void main( )
{
    A * pa = new A;
    B * pb = new B;
    pa -> Display( );   //use A::Display( )
    pb -> Display( );   //use B::Display( )
    Show(pa);           //use A::Display( )
    Show(pb);           //use B::Display( )
}
```

该程序的输出结果：

```
Class A
Class B
Class A
Class B
```

①虚函数可以在一个或多个公有派生类中被重新定义（即可以有不同的实现版本），但在派生类中重新定义时，该同名虚函数的原型，其中包括返回类型、参数的个数和类型以及它们的顺序等，都必须完全相同，否则将不产生动态联编。

②一旦在基类中说明了一个虚函数，那么对于所有后续派生类中它仍然是虚函数，即使在派生类中没有用“virtual”指明。

③用虚函数实现程序运行时多态性的关键之处是，必须用指向基类的指针访问虚函数。只有在同一个指向基类的指针访问虚函数时，多态性才能实现。

如例程中，一个单界面的函数Show()，其形参采用指向基类A的指针(A *p)。而在Show()函数体内指明函数调用“p->Display();”，即用指向基类A的指针p去访问虚函数 。但究竟是调 A::Display()还是B::Display()，取决于程序运行时指向基类A的指针p所具有的地址值。

在执行调用语句“Show(pa);”，实参传递给形参时，将pa赋给了指向基类A的指针p，则调用A::Display()。而执行“Show(pb);”时，则将pb赋给了指向基类A的指针p，而调用B::Display()。

因此是根据同一个指向基类的指针p传递消息“动态选中”，激活对象所属类的虚函数完成该实现版本所规定的功能。这种“动态选中”的性质称为虚特性，也称虚函数机制。

所谓“动态联编”（Dynamic Binding 或Late Binding滞后联编）是在程序运行时刻，将函数的界面（形式参数）与函数的不同实现版本（函数体）动态地进行匹配的联编过程，称为动态联编。

顺便指出，访问虚函数的Show(A * p)函数，在实现了动态联编机制后能呈现多态性，故称为“多态函数”。

④如前所述，引用也是通过地址方式传递消息，对虚函数的访问也可通过对基类A的对象引用。此时Show()可定义为：

```
void Show(A & a){ a.Display(); }
void main()
{    A a ; B b ;    //自动型对象
     Show(a);       //Call A::Display()
     Show(b);       //Call B::Display()
}
```

```
class Point {
public :
     Point(double i, double j)
     { x = i;  y = j; }
     virtual double Area( ) const
     { return 0.0; }
private :
     double  x, y;
};
class Rectangle : public Point {
public :
     Rectangle(double i, double j,
                  double k, double l);
     double  Area(void) const
     { return w * h; }
private :
     double w , h ;
};
```

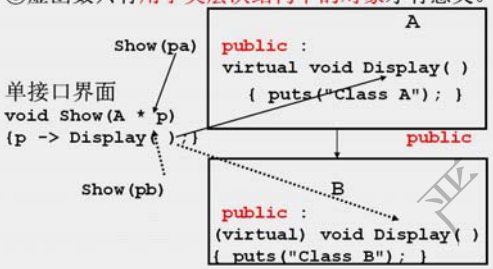


```
void fun(Point & s)        //单接口界面
{  cout << "The Area = "
           << s.Area( ) << endl;   }

void main( )
{  Rectangle rec(3.0 , 5.2 ,
                  15.0 , 25.0);
   fun(rec);
}
```

该程序的输出结果为：The Area = 375

⑤虚函数只有用于类层次结构中的对象才有意义。



多实现版本

虚函数用于类层次结构中的对象

对于不是类层次结构中的基类成员函数，虽然在语法上可以定义为虚函数，但只会引起不必要的运行时间开销。一个虚函数是属于基类A公有部分或保护部分的成员函数，那么这个虚函数可以在A类的公有派生类B中重新定义，即一个函数原型完全相同，而函数体内的执行代码不同的同名虚函数，得到了在派生类B中的新实现版本，编程者可以用一个单界面Show (A *p)调用多个实现版本A::Display()、B::Display()。

⑥虚函数必须是类的成员函数，非成员函数不能说明为虚函数，构造函数和静态成员函数也不能说明为虚函数。析构函数呢？

(2) 虚函数和重载成员函数的区别

① 重载成员函数使用静态联编机制，虚函数采用动态联编机制

②基类A中指明的虚函数f()，编程者若在派生类B中重新定义f()时，必须确保派生类B中的新函数与基类A中的虚函数f()具有完全相同的函数原型（其中包括函数名、参数的个数和类型以及排列顺序都必须相同），才能覆盖原虚函数f()而产生虚特性执行动态联编机制，否则只要有一个参数不同，编译系统就认为它是一个全新的函数，而不实现动态联编机制。


```
#include <iostream>
using namespace std;
class A{
public:
  virtual void Print(int a, int b)
  { cout << "a = " << a << " , b = "
         << b << endl; }
};
class B : public A {
public:
  virtual void Print(int a, double d)
  { cout << "a = " << a << " , d = "
         << d << endl; }
};
void Show(A * p)
{     p -> Print(3, 5.8);     }
```



```
void main( )
{
    A * pa = new A;
    B * pb = new B;
    Show(pa);          //Call A::Print( )
    Show(pb);          //Call A::Print( )
    delete pa;
    delete pb;
}
```

该程序的输出结果：

```
a = 3 , b = 5
a = 3 , b = 5
```


本例中的多态函数Show(A * p)总是调用基类的虚函数A::Print(int a, int b)，因为派生类中的虚函数A::Print(int a, double d)与基类虚函数A::Print()原型不是完全相同，这样前者不能覆盖后者，即不执行动态联编机制。

如前所述，重载成员函数必须在同一个作用域内，确保函数参数个数不同，或者至少有一个参数的类型不同。

3.例程说明

```
#include <iostream>
using namespace std;
class A {
  int a;
public :
  virtual void f( )
  { puts("Function A::f( )"); }
  void g( )
  { puts("Function A::g( )"); }
  virtual void h( )
  { puts("Function A::h( )"); }
};
```



```
class B : public A {
  int b;
public :
  void g( )
  { puts("Function B::g( )"); }
  virtual void h( )
  { puts("Function B::h( )"); }
};
void Do(A & a)
{ a.f( ); a.g( ); a.h( ); }
void main( )
{   A a;
    B b;
    Do(a);   Do(b);
}
```


该程序的输出结果：

```
Function A::f( )
Function A::g( )
Function A::h( )
Function A::f( )
Function A::g( )
Function B::h( )
```


(1)A为基类，公有继承得B类。因此在派生类B的公有部分仍有一个从基类A继承而来的虚函数f()，由于它在派生类中没有重新定义，其函数体代码仍然是：

```
virtual void B::f()
{ puts ("Function A::f();) }
```

这也就是说，基类A的虚函数f()和派生类的虚函数f()具有完全相同的函数原型，则采用动态联编机制。

(2) 基类A中的成员函数g()，在公有派生类B中又重新定义了。但因g()不是虚函数，仍采用静态联编。在main()函数内，执行”Do(a);”语句将实参a传递给形参A & a时，相当于执行了一条引用初始化语句”A & a = b;”，b则是基类对象的引用，理所当然调用基类A的成员函数A::g()，向CRT屏幕输出”Function A::g( )”信息。

(3) 基类A中的成员函数h()，在公有派生类B中又重新定义了新实现版本。 B::h()和 A::h()的函数原型完全相同，具有虚特性采用动态联编机制。

(4) 如前所述，实现“单接口界面，多实现版本”的单入口，且呈现多态性的Do(A & a)函数称之为“多态函数”。在main()函数内执行”Do(a);”和”Do(b);”两语句的情况如图5.3所示。

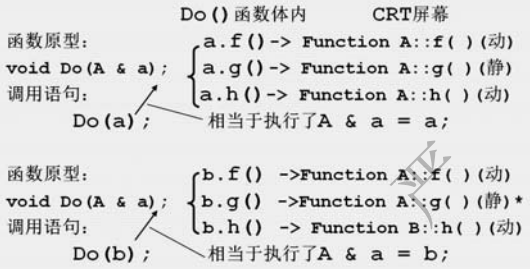


图5.3 Do(a)和Do(b)两语句的执行情况

由于g()不是虚函数仍实行静态联编。编译系统将实参b转换成基类对象的引用，这样一来在静态联编时，Do()函数总只能访问基类A中的成员函数g()，而不能访问它的派生类B中的同名成员函数。因为A::g()和B::g()作用域不同，不发生函数重载。

4.虚函数表VFT(Virtual Function Table)

使用虚函数引入动态联编技术，使得class类型注入了很大的灵活性。然而这一灵活性却要增加额外开销。

(1)C++为每个至少拥有一个虚函数的类建立一个与之有关的虚函数表VFT，该表是由一系列函数指针组成。现以vt.cpp为例，对于基类A和公有派生类B，编译系统分别为它们建立了一个VFT如图5.4所示。

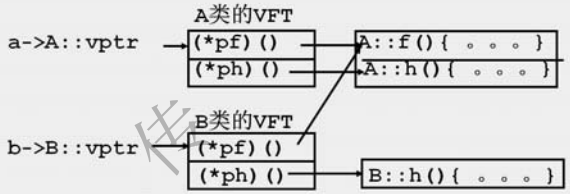


图5.4 对象 a和b的虚函数表与寻找路径

(2)一个类只有一个虚函数表VFT，不管该类建立了多少个对象，每个类的VFT由它的所有对象共享，如图5.4所示，每个对象都具有一个指针vptr，该指针指向本对象所属类的虚函数表VFT。

(3)虚函数表VFT是自动生成的，其内的函数指针也是隐含的，编程者不必编写操作它们的语句。

(4)基类A的VFT包含两个函数指针A::(*pf)()和A::(*ph)()，分别指向两个虚函数A::f()和A::h()。基类对象a含有一个指针A::vptr指向A类的虚函数表VFT。

派生类B中除了包含有从A类继承的虚函数A::f()外，并对基类A中的虚函数h()重新加以定义为B::h()。因此B类的VFT也包含两个函数指针B::(*pf)()和B::(*ph)()，前者指向虚函数A::f()，另一个指向B::h()。公有派生类B的对象b含有一个指针B::vptr指向B类的虚函数表VFT。

(5) 从图5.4可知，非虚函数A::g()和B::g()在虚函数表VFT中没有入口地址，即无函数指针指向它们。

(6) 调用虚函数时，C++是通过对象查找到对应类的VFT。例中在调用多态函数Do(A & a)时，用基类对象a作为实参(调用语句为：Do(a))，通过对象a的指针A::vptr寻找到A类的VFT。首先执行"a.f();"语句，从A类的VFT中查到对应的函数指针A::(*pf)()，从而引导到调用虚函数A::f(){ ...}，如此类推。

用B类的对象b调用多态函数Do(A & a)时，实际上是按顺序调用了A::f()、A::g()和B::h()等函数，这是因为：

- 在执行实参b传递给形参(A & a)的过程中，由传递过来的对象b的指针B::vptr寻找到B类的VFT。对于a.f()函数调用，从B类的VFT查到函数指针(*pf)()。由于B类的f()只是继承A类的虚函数f()而没有重新定义，因此B类的函数指针B::(*pf)()是指向A::f()，从而引导到执行A::f(){ ...}。
- 由于g()不是虚函数仍采用静态联编机制，编译时将对象b的引用隐式转换成A类的对象引用，直接调用A::g(){ ...}。
- 对a.h()函数调用，经对象b的指针B::vptr寻找到B类的VFT，其内函数指针B::(*ph)()指向了B::h()，因此执行B::h(){ ...}。

虚析构函数

- 用多态性处理动态分配的类层次结构中的对象时存在一个问题。如果delete运算符用于指向派生类对象的基类指针，而程序中又显式地用该运算符删除每一个对象，那么不管基类指针所指向的对象是何种类型，也不管每个类的析构函数名是不同的这样一种情况，系统都会为这些对象调用基类的析构函数。
- 这种问题有一种简单的解决方法，即将基类析构函数声明为虚析构函数。这样就会使所有派生类的析构函数自动成为虚析构函数（即使它们与基类析构函数名不同）。
- 这时，如果使用delete运算符时，系统会调用相应类的析构函数，基类析构函数在派生类析构函数之后自动执行。

§ 5.6纯虚函数和抽象类

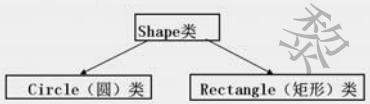
5.6.1纯虚函数

纯虚函数是一种特殊的虚函数，它在基类中声明为虚函数，但却没有定义实现部分，而是在它的各派生类中定义各自的实现版本，其一般格式为：

```
class  类名  {
  virtual <类型> 纯虚函数名（参数表） = 0;
                ...
};
```

其中，<类型>是该纯虚函数返回值的数据类型。由此可见，它与普通虚函数的基本一样，仅在函数头后加上" = 0"，即将该虚函数指明为纯虚函数。

注意：在它的所有派生类中都必须定义该纯虚函数的实现版本，否则将产生编译错误。



Shape类和其派生类

5.6.2 抽象类

定义：含有纯虚函数的类，称为“抽象类”。

至少含有一个纯虚函数。

只要有一个纯虚函数就是抽象类。

主要作用：抽象类机制用来描述一般抽象概念性的东西。

如描述平面几何形状的Shape类，以它作为基类派生出表示具体形状的圆、矩形和椭圆等的变种Circle类、Rectangle类和ellipse类等才是描述具体实体的类。但是抽象类却为它的所有派生类提供了一个统一的公共接口界面，编程者可利用虚函数机制实现“单接口界面、多实现版本”这样灵活多变的功能。

Visual C++的标准类库MFC（Microsoft Foundation Class）中的CObject类就是抽象类，它是MFC所有标准类的根，即最上层的基类，也可作为用户所开发的面向对象程序系统的根。

- 只能作为基类，而不能为抽象类创建对象。
- 不能用来说明函数参数的类型和返回类型，不能用于显式转换类型。
- 可以为抽象类定义指针变量和引用。

```
const float PI = 3.1415926;
//定义圆周率常量PI。
//定义一个描述抽象几何形状的类Shape ，即抽象类。
class Shape {
protected :
    float x, y;

    //平面几何形状的基点在屏幕上的X和Y坐标的值。
    int   fillpattern;

    //记录Draw( )函数的填充方式。
    int   color;

    //记录Draw( )函数的填充颜色。
```



```
public :
Shape(float h = 0, float v = 0,
        int fill = 0); //构造函数。
    float GetX(void) const
    {  return x;  }  //读取X坐标值。
    float GetY(void) const
    {  return y;  }  //读取Y坐标值。
    void SetPoint(float h, float v);
    //设定平面几何形状基点的X和Y坐标值。
    int GetFill(void) const;
    //返回填充方式。
    void SetFill(int fill) const;
    //设置填充方式。
    //纯虚函数，其派生类必须定义各自的求面积和周长的成员函数。
```



```
    virtual float Area(void) const = 0;
    virtual float Perimeter(void) const = 0;
    virtual void Draw(void) const;
};
Shape::Shape(float h, float v, int fill) : x(h),
y(v), fillpattern(fill)
{    }    //函数体为空。
/*在Shape的派生类Draw( )成员函数进行初始化填充方式时调用的虚函数。*/
void Shape::Draw(void) const
{ setfillstyle(fillpattern,
                color);
//调用BC31标准图形库中的setfillstyle()
}
//从Shape类公有继承的派生类Circle。
```



```
class Circle : public Shape {
protected :
    float radius;

public :
Circle(float h = 0, float v = 0,
        float r = 0, int fill = 0);
    //初始化圆心、半径和填充方式的构造函数。

float GetRadius(void) const;          //读圆半径值。
void SetRadius(float r);              //设置圆半径值。
virtual float Area(void) const;       //求圆面积。
virtual float Perimeter(void) const;  //求圆周长。

virtual void Draw(void) const;
//调用Shape类的Draw( )初始化填充方式，再调用库函数circle( )画圆
};
```

```
//Circle类的实现部分。
Circle::Circle(float h, float v, float r, int fill) :
Shape(h, v, fill)  {   radius = r;   }

float Circle::GetRadius(void) const {return radius;}

void Circle::SetRadius(float r) {  radius = r;  }

float Circle::Perimeter(void)  const
{   return 2 * PI * radius;   }

float Circle::Area(void)  const
{   return PI * radius * radius;   }

void Circle::Draw(void) const
{   Shape::Draw( );
    circle(x, y, radius);
}//调用Shape类的Draw( )初始化填充方式，再调用标准库函数circle( )画圆。
```



```
//从Shape类公有继承的派生类Rectangle。
class Rectangle : public Shape {
protected :
    float length, width;
public :
//初始化基点、长度和填充方式的构造函数。
Rectangle(float h = 0, float v = 0,float l = 0,
float w = 0, int fill = 0);
float GetLength(void) const;
void SetLength(float l);
float GetWidth(void) const;
void SetWidth(float w);
virtual float Area(void) const;
Virtual float Perimeter(void) const;

virtual void Draw(void) const;
/* 调用Shape类的Draw( )初始化填充方式，再调用库函数rectangle( )画矩形。*/
};
```



```
//Rectangle类的实现部分。
Rectangle::Rectangle(float h, float v,
            float l, float w, int fill)
        : Shape(h, v, fill)
{   length = l;     width = w;    }
float Rectangle::GetLength(void)const  {  return  length; }
void Rectangle::SetLength(float l)    {   length = l;   }
float Rectangle::GetWidth(void)const  {   return  width; }
void Rectangle::SetWidth(float w)  {   width = w;   }
float Rectangle::Area(void)  const
{   return length * width;   }
float Rectangle::Perimeter(void)const
{   return 2 * (length + width);     }
void Rectangle::Draw(void) const
{
Shape::Draw( );
//调用Shape类的Draw( )初始化填充方式。
rectangle(x, y, x + length,
                y + width);
   //再调用标准库函数rectangle( )画矩形。
}
```