第七章 继承

继承的基本概念

在学习类和对象时，我们知道对象是基本，我们从对象上抽象出类。但是，世界可并不是一层对象一层类那么简单，对象抽象出类，在类的基础上可以再进行抽象，抽象出更高层次的类。

而C++ 中模拟这种结构发展的方式就是继承，它也是代码重用的方式之一。通过继承，我们可以用原有类型来定义一个新类型，定义的新类型既包含了原有类型的成员，也能自己添加新的成员，而不用将原有类的内容重新书写一遍。原有类型称为“基类”或“父类”，在它的基础上建立的类称为“派生类”或“子类”。

总的来说，定义派生类的需求一般是：

1.复用原有代码的功能；

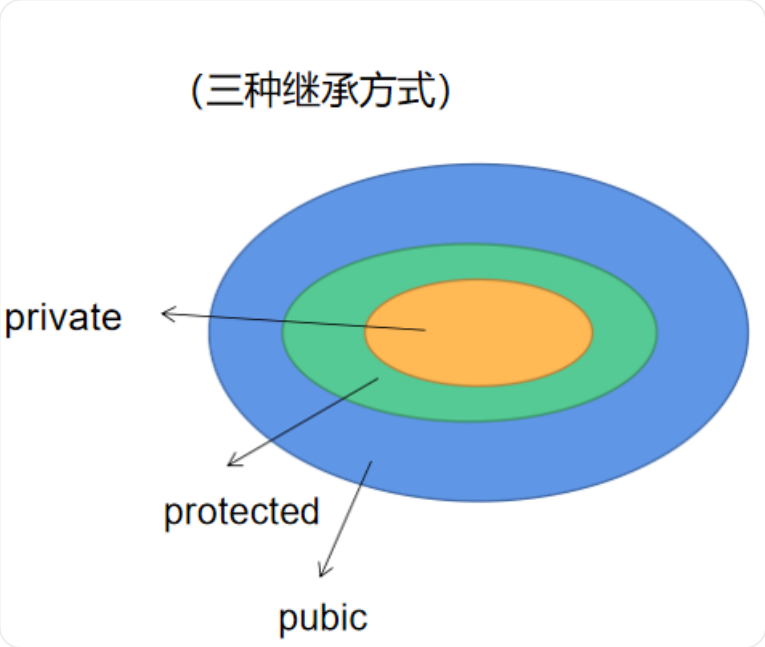
2.添加新的成员；

3.实现新的功能

定义派生类时，需要要在派生类的类派生列表中明确的指出它是从哪个基类继承而来的。

```
class 基类
{};

class 派生类
: public/protected/private 基类
{};
```

如上述代码所示，有三种继承方式，其“继承效果”如图：



定义一个派生类的过程：

1. 吸收基类的成员
2. 添加新的成员（非必须）
3. 隐藏基类的成员（非必须）

```
class Point3D
: public Point
{
public:
    Point3D(int x, int y, int z)
    : Point(x,y)
    , _iz(z)
    {
        cout << "Point3D(int*3)" << endl;
    }

    void display() const{
        print();
        cout << _z << endl;
    }
private:
    int _iz;
};
```

如果定义一个派生类只写了继承关系，没有写任何的自己的内容，那么也会吸收基类的成员，这个情况叫做空派生类（其目的是在特定的场景建立继承关系，为将来的拓展留出空间）

三种继承方式的访问权限

继承方式	基类成员访问权限	在派生类中访问权限	在类外派生类对象对基类成员的访问
公有继承public	public protected private	可以访问(保持public) 可以访问(保持protected) 不可直接访问	可以直接访问 不可直接访问 不可直接访问
保护继承protected	public protected private	可以访问(protected属性) 可以访问(protected属性) 不可直接访问	均不可直接访问
私有继承private	public protected private	可以访问(private属性) 可以访问(private属性) 不可直接访问	均不可直接访问

总结：派生类的访问权限如下：

1. 不管什么继承方式，派生类内部都不能访问基类的私有成员；
2. 不管什么继承方式，派生类内部除了基类的私有成员不可以访问，其他的都可以访问；
3. 不管什么继承方式，派生类对象在类外除了公有继承基类中的公有成员可以访问外，其他的都不能访问。

（记忆：1.私有的成员在类外无法直接访问； 2.继承方式和基类成员访问权限做交集）

根据上面的总结，很容易感受到公有继承和另外两种继承方式的区别，但是**保护继承和私有继承之间有什么区别呢?**

—— 如果再往下派生一层，试着在最底层的派生类中访问顶层基类的成员，看看效果。

以三层继承为例，如果中间层采用保护继承的方式继承顶层基类，那么在底层派生类中也能访问到顶层基类的公有成员和保护成员。

如果中间层采用私有继承的方式继承顶层基类，那么底层派生类中对顶层基类的任何成员都无法访问了。

私有继承的特性：

在多层继承的关系中，如果有一层采用了私有继承的方式，那么再往下进行派生的类就没法访问更上层的基类的成员了。

```
1  class A
2  {
```

```
public:
    int a;
};

class B
: private A
{};

class C
: private B
{
    void func(){
        a;//error，无法访问a
    }
};
```

常考题总结

Q1：派生类在类之外对于基类成员的访问，具有什么样的限制?

只有公有继承自基类的公有成员，可以通过派生类对象直接访问，其他情况一律都不可以进行访问

Q2：派生类在类内部对于基类成员的访问，具有什么样的限制?

对于基类的私有成员，不管以哪种方式继承，在派生类内部都不能访问；

对于基类的非私有成员，不管以哪种方式继承，在派生类内部都可以访问；

Q3：保护继承和私有继承的区别?

如果继承层次中都采用的是保护继承，任意层次都可以访问顶层基类的非私有成员；但如果采用私有继承之后，这种特性会被打断。

—— 公有继承被称为接口继承，保护继承、私有继承称为实现继承。

继承关系的局限性

创建、销毁的方式不能被继承 —— 构造、析构

复制控制的方式不能被继承 —— 拷贝构造、赋值运算符函数

空间分配的方式不能被继承 —— operator new 、 operator delete

友元不能被继承（友元破坏了封装性，为了降低影响，不允许继承）

单继承下派生类对象的创建和销毁

简单的单继承结构

有这样一种说法：创建派生类对象时，先调用基类构造函数，再调用派生类构造函数，对吗?

错误，创建派生类对象，一定会先调用派生类的构造函数，在此过程中会先去调用基类的构造

- **创建派生类对象时调用基类构造的机制**

1.当派生类中没有显式调用基类构造函数时，默认会调用基类的默认无参构造;

```
class Base {
public:
    Base(){ cout << "Base()" << endl; }
private:
    long _base;
};

class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long derived)
    // : Base()  //自动调用Base的默认无参构造
    : _derived(derived)
    { cout << "Derived(long)" << endl; }

    long _derived;
};

void test() {
    Derived d(1);
}
```

创建一个派生类对象，在对象的内存布局开始位置会存在一个基类子对象，在基类子对象之后存储自己的新的数据成员

2.此时如果基类中没有默认无参构造，就直接不允许派生类对象的创建；

```
 5 class Base {
 6 public:
 7     Base(long base)
 8     : _base(base)
 9     { cout << "Base()" << endl; }
10
11     long _base = 10;
12 };
13
14 class Derived
15 : public Base
16 {
17 public:
18     Derived(long derived)
19     : _derived(derived)
20     { cout << "Derived(long)" << endl; }
21
22     long _derived;
23 };
```

3.当派生类对象调用基类构造时，希望使用非默认的基类构造函数，必须显式地在初始化列表中写出。

```
1  class Base {
2  public:
3      Base(long base){ cout << "Base(long)" << endl; }
4  private:
5      long _base;
6  };
7
8  class Derived
```

```
: public Base
{
public:
    Derived(long base, long derived)
    : Base(base)
    , _derived(derived)
    { cout << "Derived(long)" << endl; }
private:
    long _derived;
};

void test() {
    Derived d;//error
}
```

```
class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base,long derived)
    : Base(base)//显式调用基类的构造函数
    , _derived(derived)
    { cout << "Derived(long)" << endl; }

    long _derived;
};
```

注意与对象成员的初始化做区分。

- **派生类对象的销毁**

当派生类析构函数执行完毕之后，会自动调用基类析构函数，完成基类部分的销毁。

记忆：创建一个对象，一定会马上调用自己的构造函数；一个对象被销毁，也一定会马上调用自己的析构函数。

当派生类对象中包含对象成员

在派生类的构造函数中，初始化列表里调用基类的构造，写的是类名；

初始化列表中调用对象成员的构造函数，写的是对象成员的名字。

```
class Test{
public:
    Test(long test)
```

```
    : _test(test)
    { cout << "Test()" << endl; }
    ~Test(){ cout << "~Test()" << endl; }
private:
    long _test;
};

class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base,long test,long b2,long derived)
    : Base(base)//创建基类子对象
    , _t(test)//创建Test类的成员子对象
    , _b(b2)//创建Base类的成员子对象
    , _derived(derived)
    {
        cout << "Derived()" << endl;
    }

    ~Derived(){
        cout << "~Derived()" << endl;
    }
private:
    Test _t;
    Base _b;
    long _derived;
};
```

```
class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base,long derived,long test)
    : Base(base)//显式调用基类的构造函数
    , _derived(derived)
    , _test(test)//显式调用对象成员的构造函数
    { cout << "Derived(long)" << endl; }

    ~Derived(){ cout << "~Derived()" << endl; }

    long _derived;
    Test _test;
};
```

显式调用基类构造函数，写的是基类类名；显式调用对象成员的构造函数，写的是对象成员的名字。

思考： 如果再给派生类中加上一个基类的对象成员，派生类的构造函数应该怎么写呢?

```
class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base,long derived,long test,long sonbase)
    : Base(base)//显式调用基类的构造函数
    , _derived(derived)
    , _test(test)//显式调用对象成员的构造函数
    , _sonbase(sonbase)
    { cout << "Derived(long)" << endl; }

    ~Derived(){ cout << "~Derived()" << endl; }

    long _derived;
    Test _test;
    Base _sonbase;//基类的对象成员
};
```

创建一个派生类对象时，会马上调用自己的构造函数，在此过程中，还是会先调用基类的构造函数创建基类子对象，然后根据对象成员的声明顺序去调用对象成员的构造函数，创建出成员子对象；

一个派生类对象销毁时，调用自己的析构函数，析构函数执行完后，按照对象成员的声明顺序的逆序去调用对象成员的析构函数，最后调用基类的析构函数。

对基类成员的隐藏

基类数据成员的隐藏

派生类中定义了和基类的数据成员同名的数据成员，就会对基类的这个数据成员形成隐藏，无法直接访问基类的这个数据成员

```
class Base{
public:
    Base(long x)
    : _base(x)
    {
        cout << "Base()" << endl;
    }

    void print() const{
        cout << "Base::_base:" << _base << endl;
        cout << "Base::_data:" << _data  << endl;
```

```
    }

    long _data = 100;
private:
    long _base;
};

class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base,long derived)
    : Base(base)//创建基类子对象
    , _derived(derived)
    {
        cout << "Derived()" << endl;
    }

    long _data = 19;
private:
    long _derived;

};


void test0(){
    Derived dd(1,2);
    cout << dd._data << endl;
    cout << dd.Base::_data << endl;
}

```

隐藏不代表改变了基类的这个数据成员

如果一定要访问基类的这个数据成员，需要加上作用域，**但是这种写法不符合面向对象的原则，不推荐实际使用**。

基类成员函数的隐藏

当派生类定义了与基类同名的成员函数时，只要名字相同，即使参数列表不同，也只能看到派生类部分的，无法调用基类的同名函数。

看一个例子：

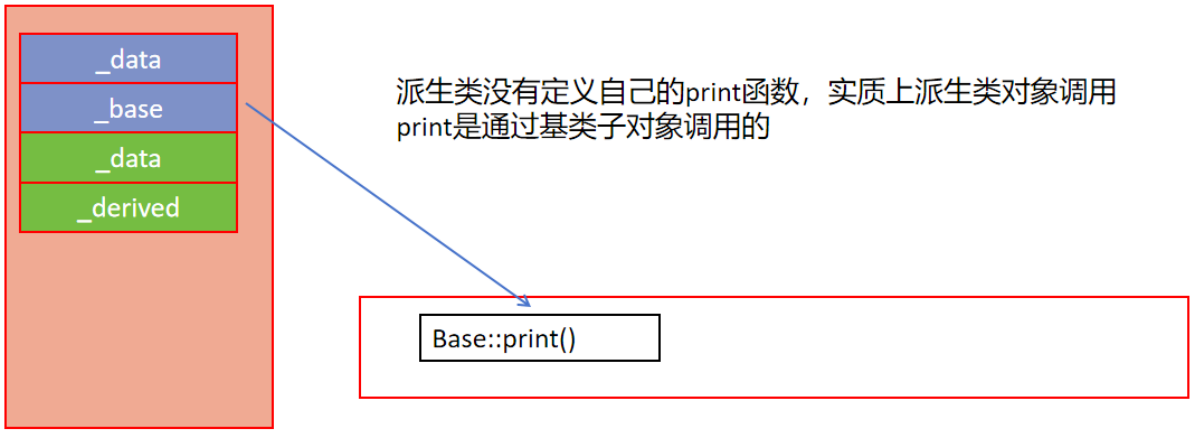
Base中定义一个不传参的print函数，Derived类中不定义print函数

```
    void print() const{
        cout << "Base::_base:" << _base << endl;
        cout << "Base::_data:" << _data  << endl;
    }
```

Derived对象调用print(),输出的基类的_data

```
void test0(){
    Derived dd(1,2);
    //当派生类定义了与基类同名的数据成员
    //那么对基类的这个数据成员形成了隐藏
    cout << dd._data << endl;
    cout << dd.Base::_data << endl;
    dd.print();
}
```

```
Base()
Derived()
19
100
Base::_base:1
Base::_data:100
```



Derived类中定义一个print函数

```
class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base,long derived)
    : Base(base)//创建基类子对象
    , _derived(derived)
    {
        cout << "Derived()" << endl;
    }

    void print() const{
        cout << "Derived::_data:" << _data  << endl;
    }

    long _data = 19;
private:
    long _derived;

};
```

再通过Derived对象调用print函数会调用到自己的print

Derived中print函数需要传入一个int型参数

```
1     void print(int x) const{
2         cout << "Derived::_derived:" << _derived << endl;
3         cout << "Derived::_data:" << _data  << endl;
4     }
```

使用Derived对象调用print时，只能通过传入一个int参数的形式去调用，说明Base类中的print函数也发生了隐藏。

派生类对基类的成员函数构成隐藏，只需要派生类中定义一个与基类中成员函数同名的函数即可（函数的返回类型、参数情况都可以不同，依然能隐藏）。

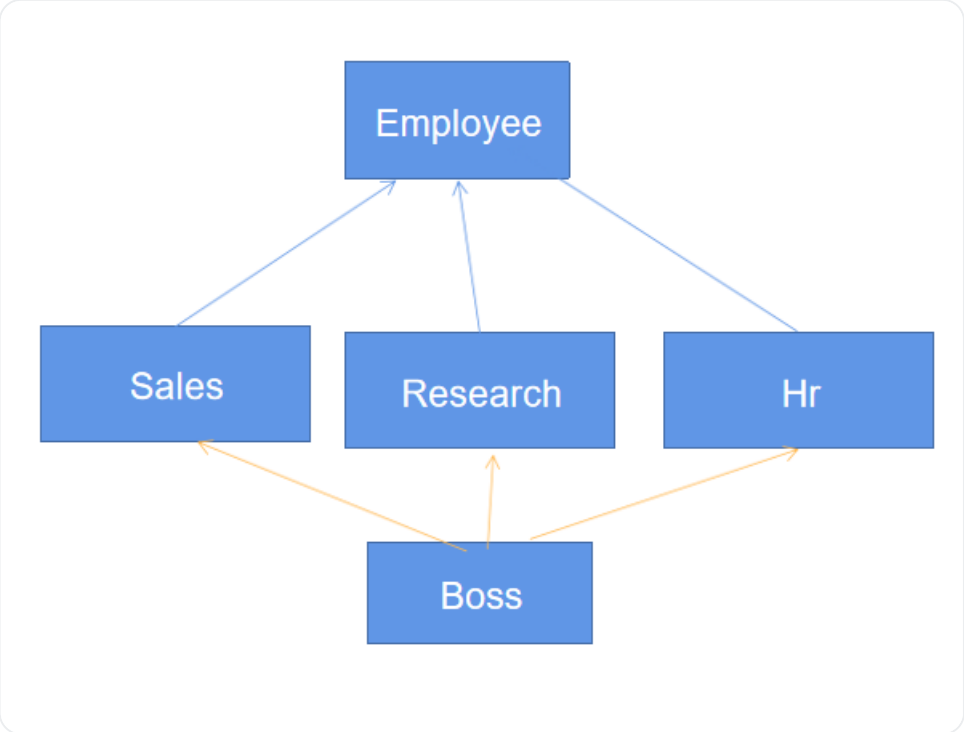
如果一定要调用基类的这个成员函数，需要加上作用域，但是这种写法不符合面向对象的原则，不推荐实际使用。

```
    dd.print(1);
    dd.Base::print();
```

多继承

C++ 除了支持单继承外，还支持多重继承。那为什么要引入多重继承呢？其实是因为在客观现实世界中，我们经常碰到一个人身兼数职的情况，如在学校里，一个同学可能既是一个班的班长，又是学生中某个部门的部长；在创业公司中，某人既是软件研发部的 CTO，又是财务部的 CFO；一个人既是程序员，又是段子手。诸如此类的情况出现时，单一继承解决不了问题，就可以采用多基继承了。

继承关系本质上是一个IS A的关系。



多重继承的派生类对象的构造和析构

多继承的定义方式

```
class A
{
public:
    A(){ cout << "A()" << endl; }
    ~A(){ cout << "~A()" << endl; }
    void print() const{
        cout << "A::print()" << endl;
    }
};

class B
{
public:
    B(){ cout << "B()" << endl; }
```

```
    ~B(){ cout << "~B()" << endl; }
    void show() const{
        cout << "B::show()" << endl;
    }
};

class C
{
public:
    C(){cout << "C()" << endl; }
    ~C(){ cout << "~C()" << endl; }
    void display() const{
        cout << "C::display()" << endl;
    }
};

class D
: public A,B,C
{
public:
    D(){ cout << "D()" << endl; }
    ~D(){ cout << "~D()" << endl; }
    //void print() const{
    //    cout << "D::print()" << endl;
    //}
};
```

如果这样定义，那么D类公有继承了A类，但是对B/C类采用的默认的继承方式是private

```
class D
: public A,B,C
{
public:
    D(){ cout << "D()" << endl; }
    ~D(){ cout << "~D()" << endl; }
    /* void print() const{ */
    /*     cout << "D::print()" << endl; */
    /* } */
};

void test0(){
    D dd;
    dd.print();
    /* dd.show(); */
    /* dd.display(); */
}
```

如果想要公有继承A/B/C三个类

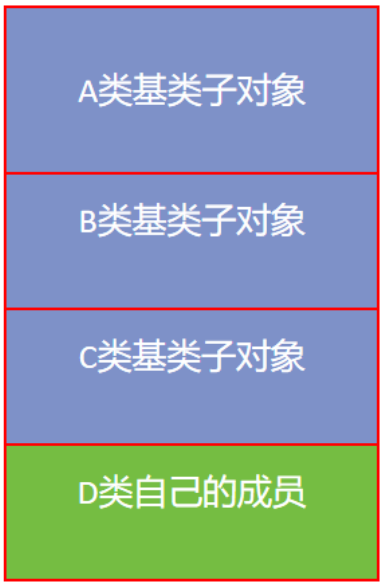
```
class D
: public A
, public B
, public C
{
public:
    D(){ cout << "D()" << endl; }
    ~D(){ cout << "~D()" << endl; }
    void print() const{
        cout << "D::print()" << endl;
    }
};
```

此结构下创建D类对象时，这四个类的构造函数调用顺序如何?

马上调用D类的构造函数，在此过程中会根据继承的声明顺序，依次调用A/B/C的构造函数，创建出这三个类的基类子对象

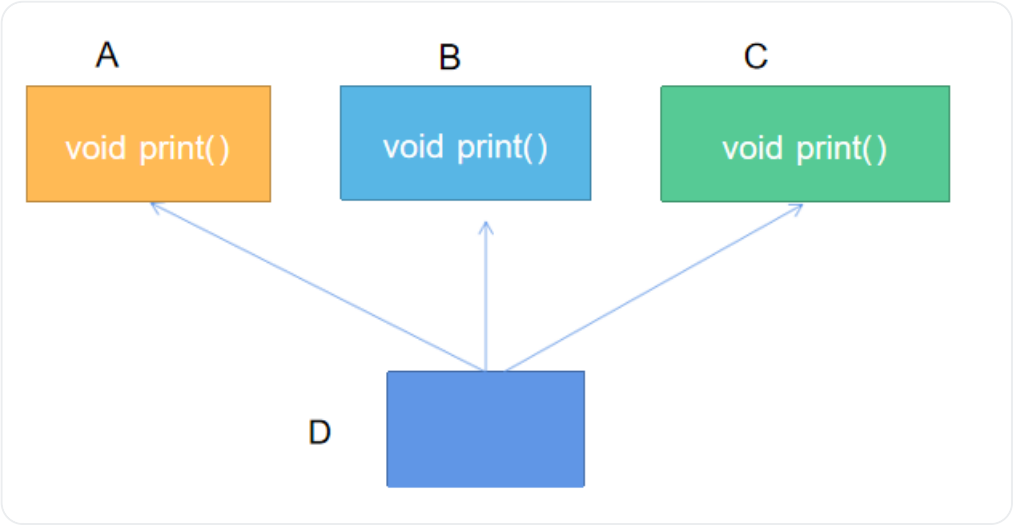
D类对象销毁时，这四个类的析构函数调用顺序如何?

马上调用D类的析构函数，析构函数执行完后，按照继承的声明顺序的逆序，依次调用A/B/C的析构函数



多重继承可能引发的问题

成员名访问冲突的二义性



解决成员名访问冲突的方法：加类作用域（不推荐）—— 应该尽量避免。

同时，**如果D类中定义了同名的成员，可以对基类的这些成员造成隐藏效果**，那么就可以直接通过成员名进行访问。

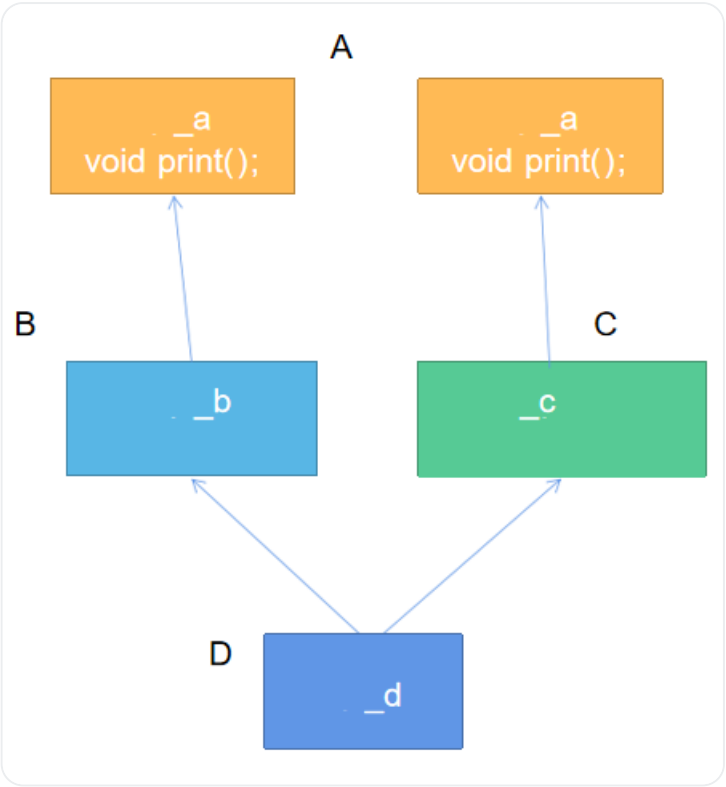
```
    D d;
    d.A::print();
    d.B::print();
    d.C::print();
    d.print(); //ok
```

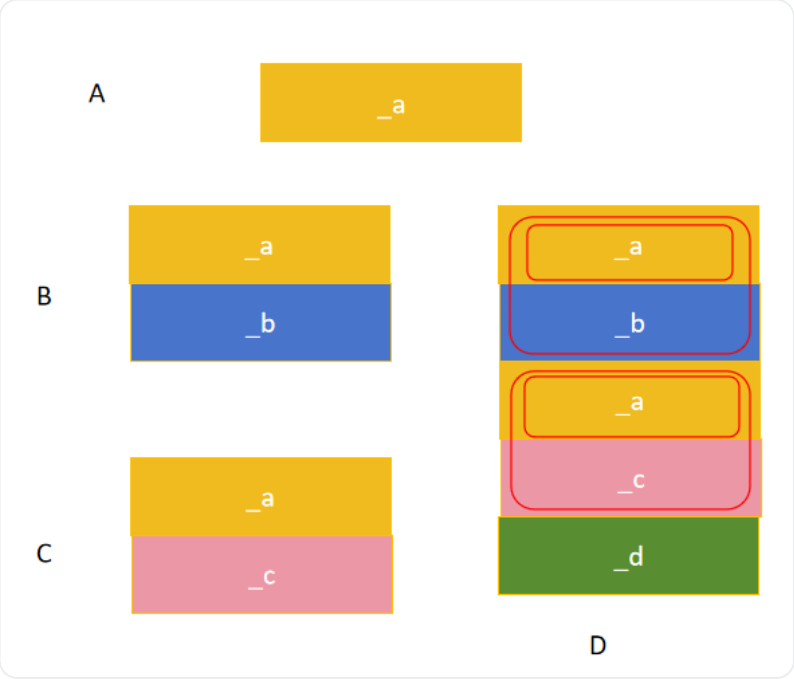
存储二义性的问题（重要）

菱形继承结构

```
class A
{
public:
    void print() const{
        cout << "A::print()" << endl;
    }
    double _a;
};

class B
: public A
{
```

```
13  public:
14      double _b;
15  };
16
17  class C
18  : public A
19  {
20  public:
21      double _c;
22  };
23
24  class D
25  : public B
26  , public C
27  {
28  public:
29      double _d;
30  };
```






```
42      D d;
43      d.print();
44      /* d.A::print();  //error*/
45      /* d.B::print(); //不推荐*/
46      /* d.C::print(); */
```

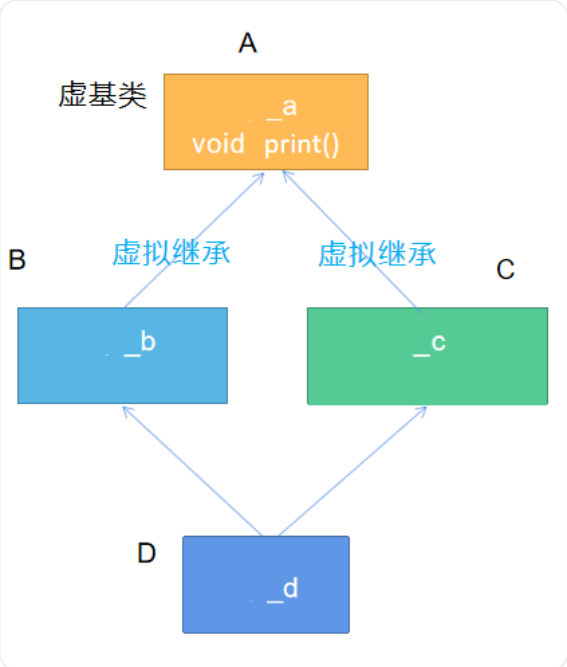
菱形继承情况下，D类对象的创建会生成一个B类子对象，其中包含一个A类子对象；还会生成一个C类子对象，其中也包含一个A类子对象。所以D类对象的内存布局中有多个A类子对象，访问继承自A的成员时会发生二义性。因为编译器需要通过基类子对象去调用，但是不知道应该调用哪个基类子对象的成员函数。

当然，D类如果再写一个同名成员函数，会发生隐藏。

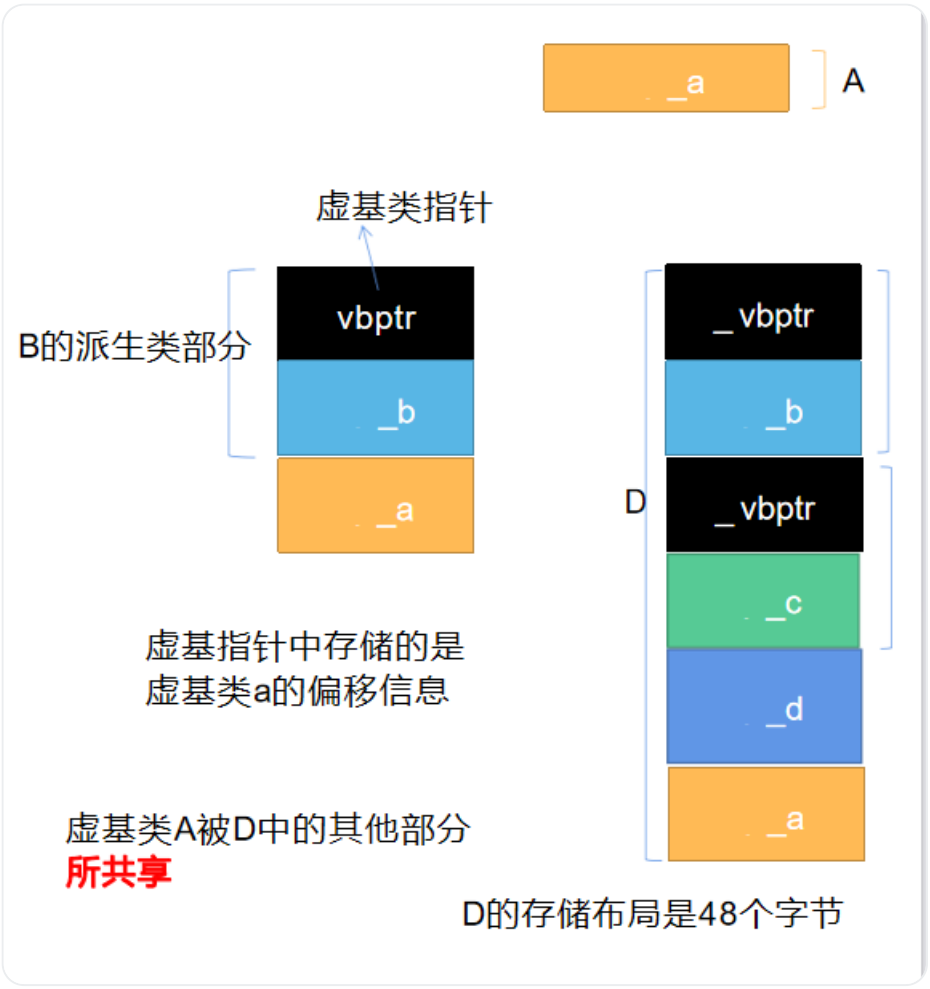
解决存储二义性的方法：中间层的基类采用虚继承方式解决存储二义性

```
class A
{
public:
    void print() const{
        cout << "A::print()" << endl;
    }
    double _a;
};

class B
: virtual public A
{
public:
```

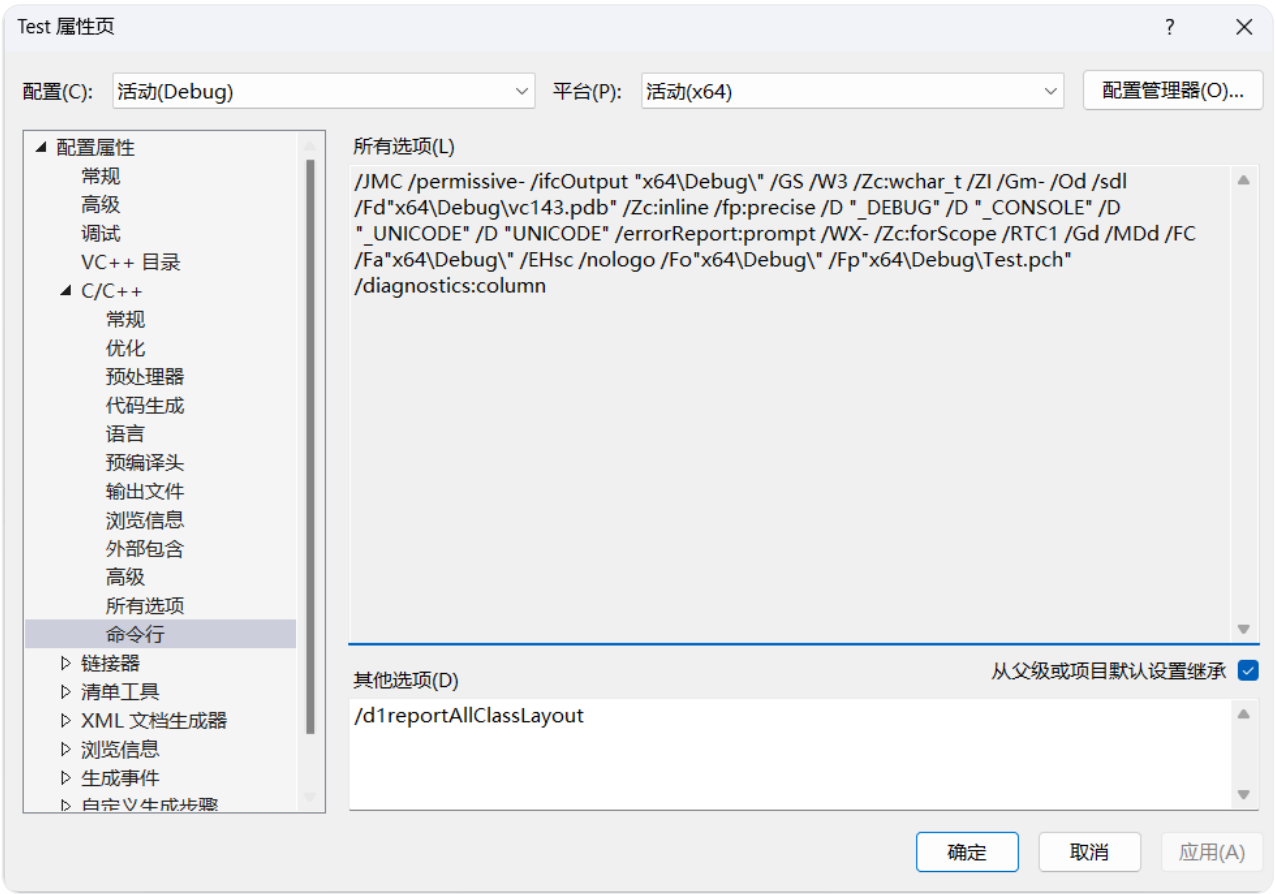
```
    double _b;
};

class C
: virtual public A
{
public:
    double _c;
};

class D
: public B
, public C
{
public:
    double _d;
};
```

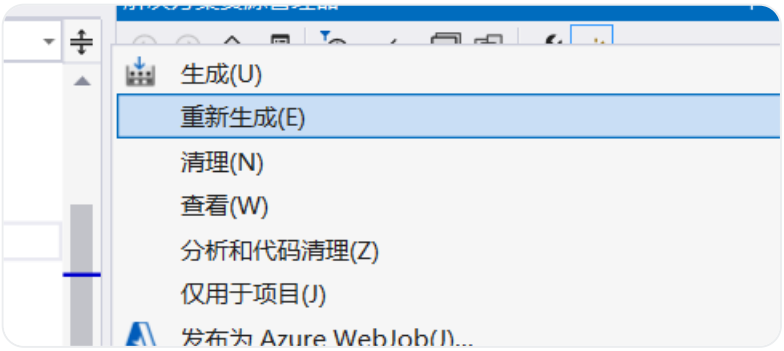


采用虚拟继承的方式处理菱形继承问题，实际上改变了派生类的内存布局。B类和C类对象的内存布局中多出一个虚基类指针，位于所占内存空间的起始位置，同时继承自A类的内容被放在了这片空间的最后位置。D类对象中只会有一份A类的基类子对象。



通过VS可以验证，查看D类的布局：





验证得到的结果：

```
1>class D   size(48):
1>  +---
1> 0    | +--- (base class B)
1> 0    | | {vbptr}
1> 8    | | _b
1>  | +---
1>16    | +--- (base class C)
1>16    | | {vbptr}
1>24    | | _c
1>  | +---
1>32    | _d
1>  +---
1>  +--- (virtual base A)
1>40    | _a
1>  +---
```

基类与派生类之间的转换

一般情况下，基类对象占据的空间小于派生类。

（空类继承时，有可能相等，但是这是占位机制的具体实现，各个平台的结果也不统一，不用太在意）

1：可否把一个基类对象赋值给一个派生类对象？可否把一个派生类对象赋值给一个基类对象？

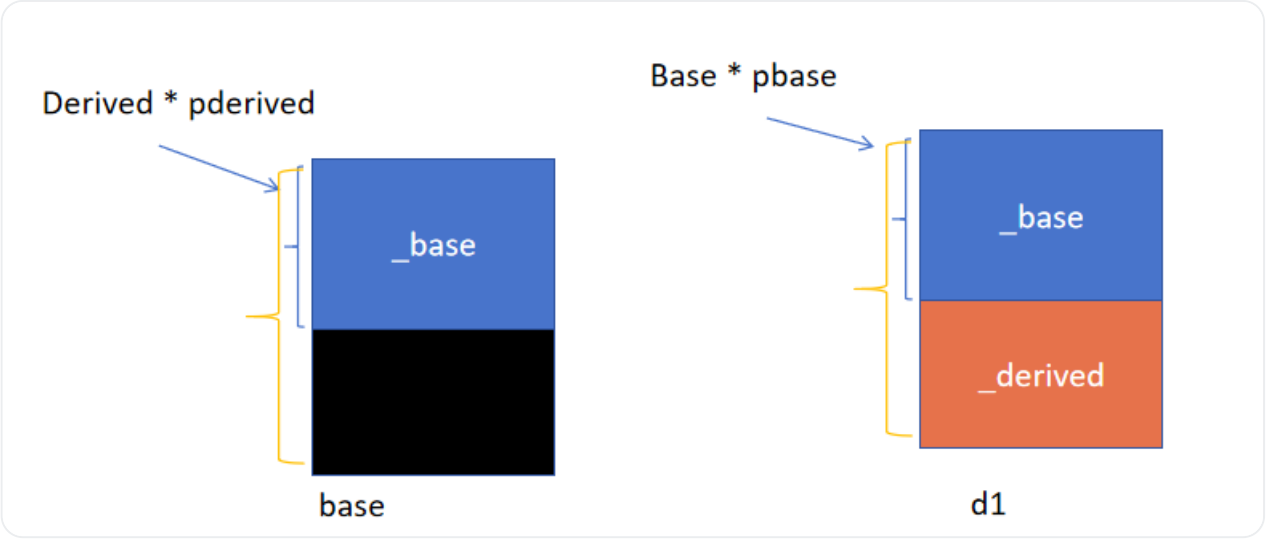
2：可否将一个基类指针指向一个派生类对象？可否将一个派生类指针指向一个基类对象？

3：可否将一个基类引用绑定一个派生类对象？可否将一个派生类引用绑定一个基类对象？

```
Base base;
Derived d1;

base = d1; //ok
d1 = base; //error

Base * pbase = &d1; //ok
Derived * pderived = &base //error

Base & rbase = d1; //ok
Derived & rderived = base; //error
```

以上三个ok的操作，叫做向上转型（往基类方向就是向上），向上转型是可行的；

向下转型有风险（如下）



Base类的指针指向Derived类的对象，d1对象中存在一个Base类的基类子对象，这个Base类指针所能操纵只有继承自Base类的部分；

Derived类的指针指向Base对象，除了操纵Base对象的空间，还需要操纵一片空间，只能是非法空间，所以会报错。

```
void test0(){
    Base base(1);
    Derived d1(2,3);
    Derived d2(6,8);

    /* d1 = d2; */
    base = d1; //ok
    d1 = base;

    //基类指针指向派生类对象
    Base * pbase = &d1; //ok
    Derived * pderived = &base; //error

    Base & rbase = d1; //ok
    Derived & rderived = base; //error
}
```

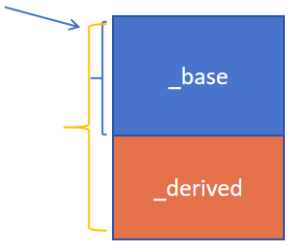
补充：基类对象和派生类对象之间的转换没有太大的意义，基类指针指向派生类对象（基类引用绑定派生类对象）重点掌握，只能访问到基类的部分。

```
Base base(1);
Derived d1(2,3);

//基类指针指向派生类对象
//通过这个指针只能访问基类的部分
Base * pbase = &d1; //ok
pbase->display();
cout << pbase->_base << endl;;
//pbase->_derived; //error


//基类引用绑定派生类对象
//通过这个引用只能访问基类的部分
Base & rbase = d1; //ok
cout << rbase._base << endl;
/* cout << rbase._derived << endl; */
cout << d1._derived << endl;
```

- **有些场景下，向下转型是合理的，可以使用dynamic_cast来进行转换，如果属于合理情况，可以转换成功。**

基类指针指向派生类对象，是可以的，但是只能操作基类子对象的部分

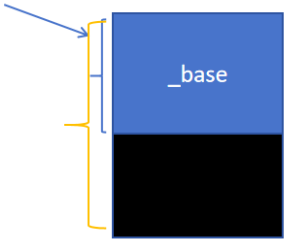
Base * pbase



pbase想转换成一个Derived*是合理的，因为它本身就指向一个Derived对象

派生类指针指向基类对象，希望操作更多的空间，非法访问，不允许

Derived * pderived



```
    Base base;
    Derived d1;
    Base * pbase = &d1;

    //向下转型
    Derived * pd = dynamic_cast<Derived*>(pbase);
    if(pd){
        cout << "转换成功" << endl;
        pd->display();
    }else{
        cout << "转换失败" << endl;
    }

```

这里可以转换成功，因为pbase本身就是指向一个Derived对象

如下，属于不合理的转换，因为pbase本身是指向一个Base对象的。

```
void test1(){
    Base base(1);
    Derived d1(2,3);
    /* Base * pbase = &d1; */
    Base * pbase = &base;

    //向下转型
    //如果是合理的转换，能够成功转换成一个Derived*
    //并使用这个指针去访问成员
    //如果是不合理的转换，会返回一个空指针
    Derived * pd = dynamic_cast<Derived*>(pbase);
    if(pd){
        cout << "转换成功" << endl;
        pd->display();
    }else{
        cout << "转换失败" << endl;
    }
}
```

补充：在使用dynamic_cast时还需要有多态的内容。

```
class Base {
public:
    Base(long base)
        : _base(base)
    { cout << "Base()" << endl; }

    virtual void display(){
        cout << "Base::display()" << endl;
    }
```

结论：可以用派生类对象赋值给基类对象，可以用基类指针指向派生类对象，可以用基类引用绑定派生类对象。

反之则均不可。

派生类对象间的复制控制（重点）

复制控制函数就是 拷贝构造函数、赋值运算符函数

原则：基类部分与派生类部分要单独处理

（1）当派生类中没有显式定义复制控制函数时，就会自动完成基类部分的复制控制操作；

（2）当派生类中有显式定义复制控制函数时，不会再自动完成基类部分的复制控制操作，需要显式地调用；

对于拷贝构造，如果显式定义了派生类的拷贝构造，在其中不去显式调用基类的拷贝构造，那么编译器会直接报错（因为无法初始化基类的部分）

```
Derived(const Derived & rhs)
: Base(rhs) //显式调用Base的拷贝构造
, _derived(rhs._derived)
{ cout << "Derived(const Derived &)" << endl; }
```

对于赋值运算符函数，如果显式定义了派生类的赋值运算符函数，在其中不去显式调用基类的赋值运算符函数，那么基类的部分没有完成赋值操作。

```
Derived & operator=(const Derived & rhs){
    //需要显式调用Base的赋值运算符函数
    Base::operator=(rhs);
    _derived = rhs._derived;
    cout << "Derived& operator=(const Derived&)" << endl;
    return *this;
}
```

如下，Derived对象没有指针成员申请堆空间，不需要显式定义拷贝构造函数和赋值运算符函数。编译器会自动完成基类部分的复制工作。

但是如果在Derived类中显式写出了复制控制的函数，就需要显式地调用基类的复制控制函数。

```
class Base{
public:
    Base(long base)
    : _base(base)
    {}

protected:
    long _base = 10;
};


class Derived
: public Base
{
public:
    Derived(long base, long derived)
    : Base(base)
    , _derived(derived)
    {}

    Derived(const Derived & rhs)
    : Base(rhs)//调用Base的拷贝构造
    , _derived(rhs._derived)
    {
        cout << "Derived(const Derived & rhs)" << endl;
    }

    Derived &operator=(const Derived & rhs){
        //调用Base的赋值运算符函数
        Base::operator=(rhs);
        _derived = rhs._derived;
        cout << "Derived& operator=(const Derived &)" << endl;
        return *this;
    }

private:
    long _derived = 12;
};
```

如果Derived类的数据成员申请了堆空间，那么必须手动写出Derived类的复制控制函数，此时就要考虑到基类的复制控制函数的显式调用。

（如果只是Base类的数据成员申请了堆空间，那么Base类的复制控制函数必须显式定义，Derived类自身的数据成员如果没有申请堆空间，不用显式定义复制控制函数）

练习：将Base类的数据成员换成char *类型，体验一下派生类的复制。

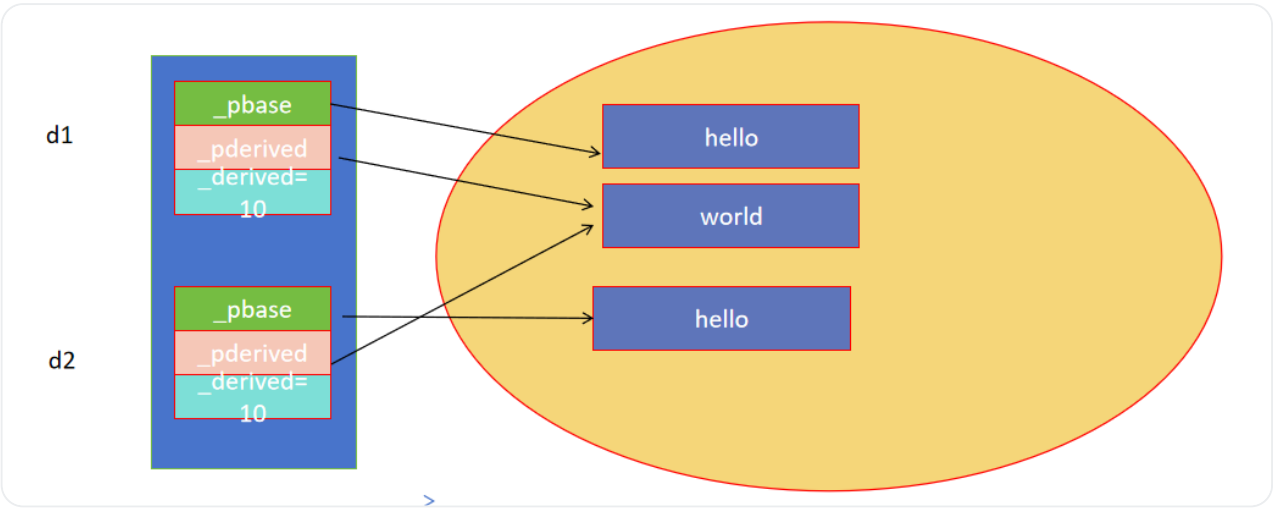
如果派生类中没有指针数据成员，不需要显式写出复制控制函数。

- **对于派生类的拷贝构造函数**

如果给Derived类中添加一个char * 成员，依然不显式定义Derived的复制控制函数。

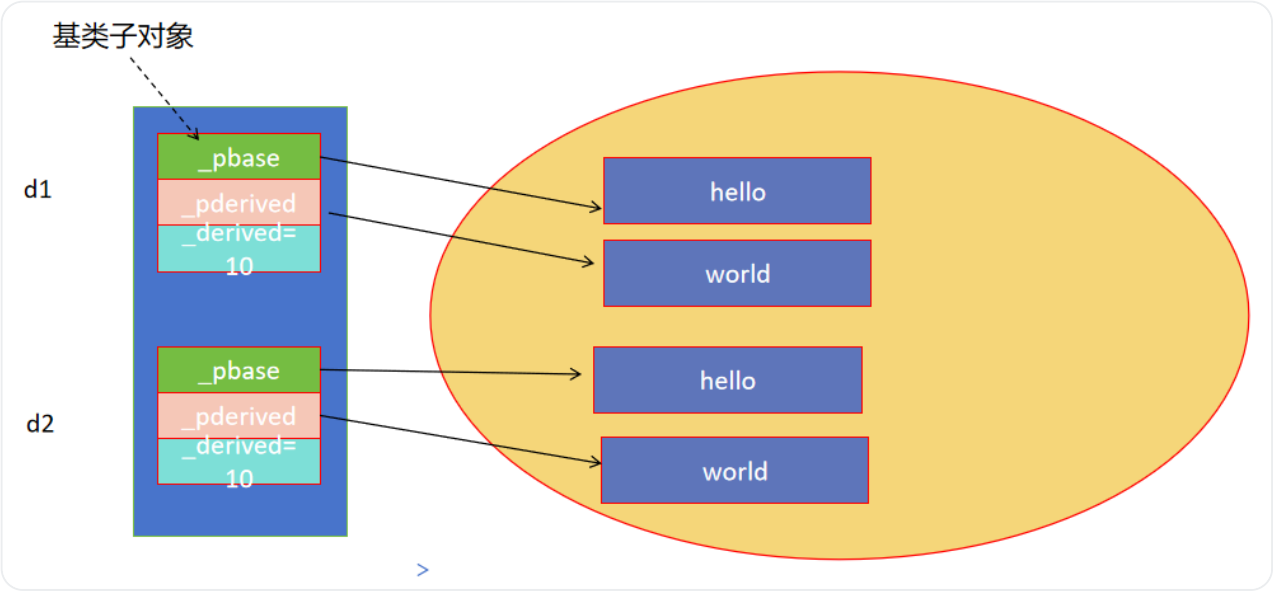
那么进行派生类对象的复制时，基类的部分会完成正确的复制，派生类的部分只能完成浅拷贝（最终对象销毁时导致double free问题）

```
Derived d1("hello","world");
Derived d2 = d1;
```



如果接下来给Derived类显式定义了拷贝构造，但是没有在这个拷贝构造中显式调用基类的拷贝构造（没有写任何的基类子对象的创建语句），会直接报错。

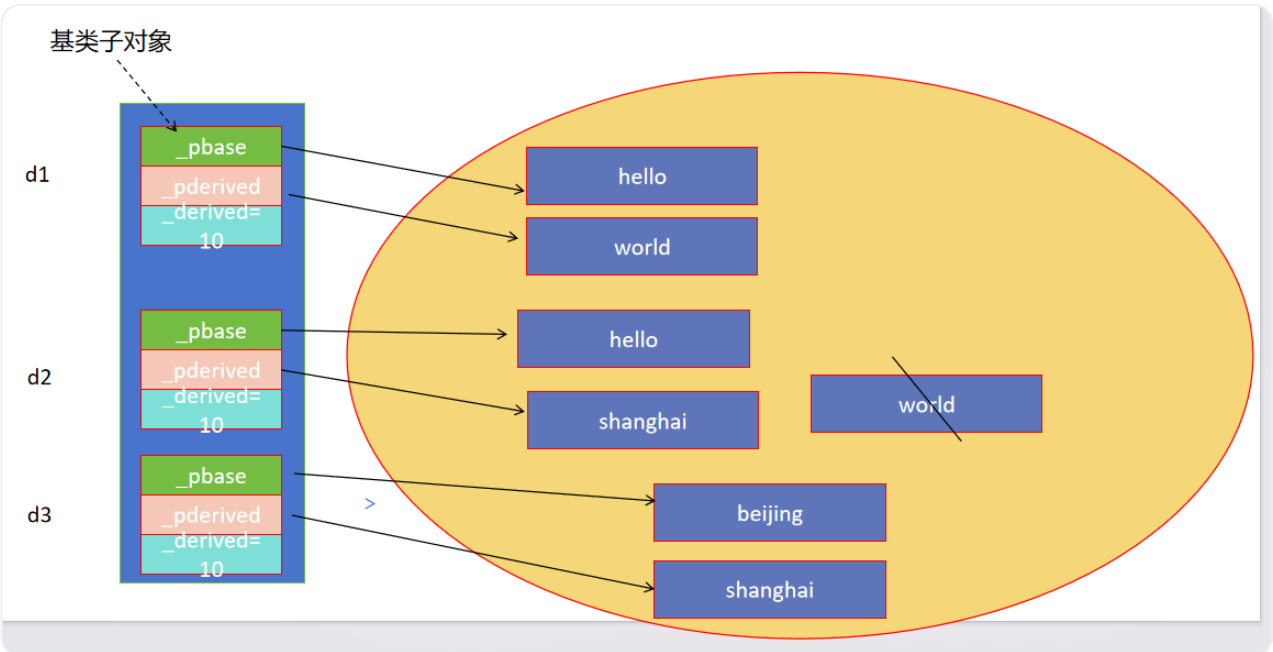
因为没有初始化d2的基类子对象，需要在derived的拷贝构造函数中显式调用Base的拷贝构造。



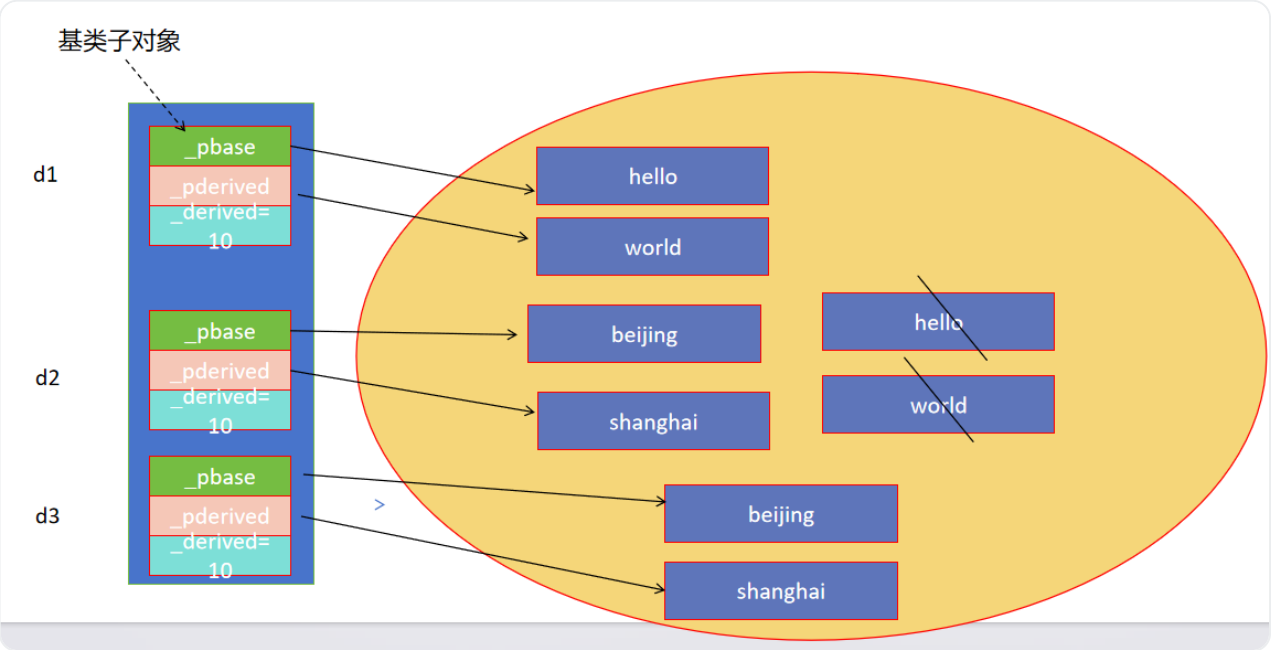
- **对于赋值运算符函数**

如果接下来给Derived显式定义赋值运算符函数，但是没有在其中显式调用基类的赋值运算符函数

```
Derived d1("hello","world");
Derived d2 = d1;
Derived d3("beijing","shanghai");

d2 = d3;  //派生类对象的部分完成了复制，但是基类部分没有完成复制
```



基类的部分不会自动完成复制，需要在Derived的赋值运算符函数中显式调用Base的赋值运算符函数，才能完成正确的复制



总结：

给Derived类手动定义复制控制函数，注意在其中显式调用相应的基类的复制控制函数

（注意：派生类对象进行复制时一定会马上调用派生类的复制控制函数，在进行复制时会首先复制基类的部分，此时调用基类的复制控制函数）

```
Derived(const Derived & rhs)
    : Base(rhs)//显式调用基类的拷贝构造
    , _pderived(new char[strlen(rhs._pderived) + 1]())
    {
        strcpy(_pderived, rhs._pderived);
        cout << "Derived(const Derived &)" << endl;
    }

Derived & operator=(const Derived & rhs){
    cout << "Derived & operator=(const Derived &)" << endl;
    if(this != &rhs){
    //显式调用基类的赋值运算符函数
    Base::operator=(rhs);//关键
    delete [] _pderived;
    _pderived = new char[strlen(rhs._pderived) + 1]();
    strcpy(_pderived,rhs._pderived);
    _derived = rhs._derived;
    }
    return *this;
```

```
20 }
```