

Easy搞定



C plus plus ...

传智播客 无崖子

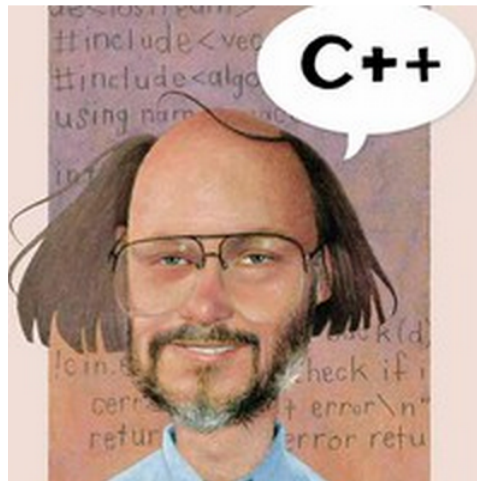
1. 综述 C++

1.1. 作者

1982 年,美国 **AT&T** 公司贝尔实验室的 Bjarne Stroustrup 博士在 c 语言的基础上引入并扩充了面向对象的概念,发明了一种新的程序语言。为了表达该语言与 c 语言的渊源关系,它被命名为 C++。而 Bjarne Stroustrup(本贾尼·斯特劳斯特卢普)博士被尊称为 C++语言之父。



C++语言之父



1.2. 历史背景

1.2.1. 应“运”而生?运为何?

C 语言作为结构化和模块化的语言,在处理较小规模的程序时,比较得心应手。但是当问题比较复杂,程序的规模较大的时,需要高度的抽象和建模时,c 语言显得力不从心。

为了解决软件危机,20 世纪 80 年代,计算机界提出了 OOP(object oriented programming)思想,这需要设计出支持面向对象的程序设计语言。Smalltalk 就是当时问世的一种面向对象的语言。而在实践中,人们发现 c 是语此深入人心,使用如此之广泛,以至于最好的办法,不是发明一种新的语言去取代它,而是在原有的基础上发展它。在这种情况下 c++应运而生,最初这门语言并不叫 c++而是 c with class (带类的 c)。

1.2.2. C++发展大记事

1983 年 8 月, 第一个 C++实现投入使用

1983 年 12 月,Rick Mascitti 建议命名为 CPlusPlus,即 C++。

1985 年 2 月, 第一个 C++ Release E 发布。

10 月,CFront 的第一个商业发布,CFront Release 1.0。

10 月,Bjarne 博士完成了经典巨著 *The C++ Programming Language* 第一版 1986

年 11 月,C++第一个商业移植 CFront 1.1,Glockenspiel。

1987 年 2 月, CFront Release 1.2 发布。

11 月,第一个 USENIX C++会议在新墨西哥州举行。

1988 年 10 月,第一次 USENIX C++实现者工作会议在科罗拉多州举行

1989 年 12 月,ANSI X3J16 在华盛顿组织会议。

1990 年 3 月, 第一次 ANSI X3J16 技术会议在新泽西州召开。

1990 年 5 月,C++的又一个传世经典 ARM 诞生。 1990 年 7 月, 模板被加入。

1990 年 11 月,异常被加入。

1991 年 6 月, *The C++ Programming Language* 第二版完成。

1991 年 6 月, 第一次 ISO WG21 会议在瑞典召开。

1991 年 10 月,CFront Release 3.0 发布。

1993 年 3 月, 运行时类型识别在俄勒冈州被加入。

1993 年 7 月, 名字空间在德国慕尼黑被加入。

1994 年 8 月, ANSI/ISO 委员会草案登记。

1997 年 7 月, *The C++ Programming Language* 第三版完成。

1997 年 10 月,ISO 标准通过表决被接受

1998 年 11 月,ISO 标准被批准。

1.3. 应用领域

如果项目中,既要求效率又要建模和高度抽象,那就选择 c++吧。

1.3.1. 系统层软件开发

C++的语言本身的高效。

1.3.2. 服务器程序开发

面向对像,具有较强的抽象和建模能力。

1.3.3. 游戏, 网络, 分布式, 云计算

效率与建模

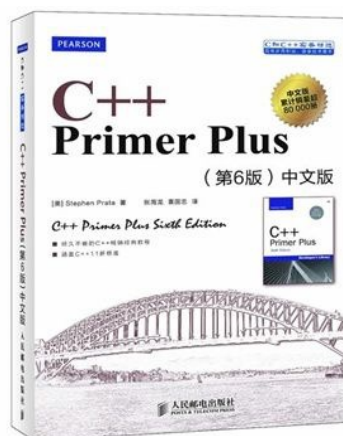
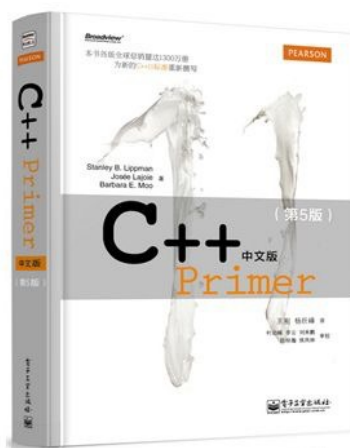
1.3.4. 科学计算

比如大名鼎鼎的 ACE 等科学类库。

1.4. 内容

C++语言的名字,如果看作 c 的基本语法,是由操作数 c 和运算符后++构成。C++ 是本身这门语言先是 c,是完全兼容 c.然后在此基础上++。这个++包含三大部分,c++对 c 的基础语法的扩展,面向对像(继承,封装,多态),STL 等。

1.5. 书籍推荐



2. C++对C语言的加强

2.1 namespace命名空间

2.1.1 C++命名空间基本常识

所谓namespace，是指**标识符的各种可见范围**。C++标准程序库中的所有标识符都被定义于一个名为std的namespace中。

—：<iostream>和<iostream.h>格式不一样，前者没有后缀，实际上，在你的编译器include文件夹里面可以看到，二者是两个文件，打开文件就会发现，里面的代码是不一样的。后缀为.h的头文件c++标准已经明确提出不支持了，早些的实现将标准库功能定义在全局空间里，声明在带.h后缀的头文件里，c++标准为了和C区别开，也为了正确使用命名空间，规定头文件不使用后缀.h。因此，

1) 当使用<iostream.h>时，相当于在c中调用库函数，使用的是全局命名空间，也就是早期的c++实现；

2) 当使用<iostream>的时候，该头文件没有定义全局命名空间，必须使用namespace std；这样才能正确使用cout。

二：由于namespace的概念，使用C++标准程序库的任何标识符时，可以有三种选择：

1) 直接指定标识符。例如std::ostream而不是ostream。完整语句如下：

```
std::cout << std::hex << 3.4 << std::endl;
```

2) 使用using关键字。

```
using std::cout;  
using std::endl;  
using std::cin;
```

以上程序可以写成：

```
cout << std::hex << 3.4 << endl;
```

3) 最方便的就是使用using namespace std; 例如：using namespace std;这样命名空间std内定义的所有标识符都有效（曝光）。就好像它们被声明为全局变量一样。那么以上语句可以如下写: cout << hex << 3.4 << endl;因为标准库非常的庞大，所以程序员在选择类的名称或函数名时就很有可能和标准库中的某个名字相同。所以为了避免这种情况所造成的名字冲突，就把标准库中的一切都被放在名字空间std中。但这又会带来了一个新问题。无数原有的C++代码都依赖于使用了多年的伪标准库中的功能，他们都是在全局空间下的。所以就有了<iostream.h> 和<iostream>等等这样的头文件，一个是为了兼容以前的C++代码，一个是为了支持新的标准。命名空间std封装的是标准程序库的名称，标准程序库为了和以前的头文件区别，一般不加".h"

2.1.2 C++命名空间定义以及使用方法

在C++中，名称（name）可以是符号常量、变量、宏、函数、结构、枚举、类和对象等等。为了避免，在大规模程序的设计中，以及在程序员使用各种各样的C++库时，这些标识符的命名发生冲突。

标准C++引入了关键字namespace（命名空间/名字空间/名称空间/名域），可以更好地控制标识符的作用域。

std是c++标准命名空间，c++标准程序库中的所有标识符都被定义在std中，比如标准库中的类iostream、vector等都定义在该命名空间中，使用时要加上using声明(using namespace std) 或using指示(如std::string、std::vector<int>).

C中的命名空间

在C语言中只有一个全局作用域

C语言中所有的全局标识符共享同一个作用域

标识符之间可能发生冲突

C++中的命名空间

命名空间将全局作用域分成不同的部分

不同命名空间中的标识符可以同名而不会发生冲突

命名空间可以相互嵌套

全局作用域也叫默认命名空间

C++命名空间的定义：

```
namespace name { ... }
```

C++命名空间的使用：

使用整个命名空间：using namespace name;

使用命名空间中的变量：using name::variable;

使用默认命名空间中的变量：::variable

默认情况下可以直接使用默认命名空间中的所有标识符

2.1.3 C++命名空间编程实践

```
#include <stdio.h>

namespace NameSpaceA
{
    int a = 0;
}

namespace NameSpaceB
```

```

{
    int a = 1;

    namespace NameSpaceC
    {
        struct Teacher
        {
            char name[10];
            int age;
        };
    }
}

int main(void)
{
    using namespace NameSpaceA;
    using NameSpaceB::NameSpaceC::Teacher;

    printf("a = %d\n", a); //0
    printf("a = %d\n", NameSpaceB::a); //1

    NameSpaceB::NameSpaceC::Teacher t2;
    Teacher t1 = {"aaa", 3};

    printf("t1.name = %s\n", t1.name); //aaa
    printf("t1.age = %d\n", t1.age); //3

    return 0;
}

```

2.1.4 结论

- 1) 当使用<iostream>的时候，该头文件没有定义全局命名空间，必须使用 *namespace std*；这样才能正确使用 *cout*。若不引入 *using namespace std*，需要这样做。 *std::cout*。
- 2) *c++*标准为了和*C*区别开，也为了正确使用命名空间，规定头文件不使用后缀*.h*。
- 3) *C++*命名空间的定义： *namespace name { ... }*
- 4) *using namespace NameSpaceA*;
- 5) *namespce*定义可嵌套。

2.2 “实用性”增强

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
```

//C语言中的变量都必须在作用域开始的位置定义！！

//C++中更强调语言的“实用性”，所有的变量都可以在需要使用时再定义。

```
int main(void)
{
    int i = 0;
    cout << "i = " <<i <<endl;

    int k;
    k = 4;
    cout << "k = " <<k <<endl;

    return 0;
}
```

2.3 变量检测增强

```
/*
    在C语言中，重复定义多个同名的全局变量是合法的
    在C++中，不允许定义多个同名的全局变量
    C语言中多个同名的全局变量最终会被链接到全局数据区的同一个地址空间上
    int g_var;
    int g_var = 1;

    C++直接拒绝这种二义性的做法。
*/

#include <iostream>

int g_var;
int g_var = 1;

int main(int argc, char *argv[])
{
    printf("g_var = %d\n", g_var);

    return 0;
}
```

2.4 struct 类型增强

```
/*
    C语言的struct定义了一组变量的集合，C编译器并不认为这是一种新的类型
    C++中的struct是一个新类型的定义声明
*/

#include <iostream>
struct Student
```

```

{
    char name[100];
    int age;
};

int main(int argc, char *argv[])
{
    Student s1 = {"wang", 1};
    Student s2 = {"wang2", 2};

    return 0;
}

```

2.5 C++中所有变量和函数都必须有类型

```

/*
    C++中所有的变量和函数都必须有类型
    C语言中的默认类型在C++中是不合法的

    函数f的返回值是什么类型，参数又是什么类型？
    函数g可以接受多少个参数？
*/

//更换成.cpp试试

f(i)
{
    printf("i = %d\n", i);
}

g()
{
    return 5;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    f(10);

    printf("g() = %d\n", g(1, 2, 3, 4, 5));

    getchar();

    return 0;
}

```

在C语言中

`int f( )`; 表示返回值为`int`，接受任意参数的函数

`int f(void);` 表示返回值为`int`的无参函数

在C++中

`int f( )`;和`int f(void)`具有相同的意义，都表示返回值为`int`的无参函数

C++更加强调类型，任意的程序元素都必须显示指明类型

2.6 新增bool类型关键字

```
/*
C++中的布尔类型
C++在C语言的基本类型系统之上增加了bool
C++中的bool可取的值只有true和false
理论上bool只占用一个字节，
如果多个bool变量定义在一起，可能会各占一个bit，这取决于编译器的实现

true代表真值，编译器内部用1来表示
false代表非真值，编译器内部用0来表示

bool类型只有true（非0）和false（0）两个值
C++编译器会在赋值时将非0值转换为true，0值转换为false
*/

#include <iostream>

using namespace std;

int main(int argc, char *argv[])
{
    int a;
    bool b = true;
    printf("b = %d, sizeof(b) = %d\n", b, sizeof(b));

    b = 4;
    a = b;
    printf("a = %d, b = %d\n", a, b);

    b = -4;
    a = b;
    printf("a = %d, b = %d\n", a, b);

    a = 10;
    b = a;
    printf("a = %d, b = %d\n", a, b);

    b = 0;
    printf("b = %d\n", b);
}
```

```
    return 0;
}
```

2.7 三目运算符功能增强

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main(void)
{
    int a = 10;
    int b = 20;

    //返回一个最小数 并且给最小数赋值成30
    //三目运算符是一个表达式，表达式不可能做左值
    (a < b ? a : b) = 30;

    printf("a = %d, b = %d\n", a, b);

    return 0;
}
```

1) C语言返回变量的值 C++语言是返回变量本身

C语言中的三目运算符返回的是变量值，不能作为左值使用

C++中的三目运算符可直接返回变量本身，因此可以出现在程序的任何地方

2) 注意：三目运算符可能返回的值中如果有一个是常量值，则不能作为左值使用

$(a < b ? 1 : b) = 30;$

3) C语言如何支持类似C++的特性呢？

当左值的条件：要有内存空间；C++编译器帮助程序员取了一个地址而已

2.8 const增强

2.8.1 const基础知识

```
#include <iostream>

int main(void)
{
    //const 定义常量---> const 意味只读

    const int a;
    int const b;
    //第一个第二个意思一样 代表一个常整形数

    const int *c;
    //第三个 c是一个指向常整形数的指针(所指向的内存数据不能被修改，但是本身可以修改)

    int * const d;
    //第四个 d 常指针（指针变量不能被修改，但是它所指向内存空间可以被修改）

    const int * const e ;
    //第五个 e一个指向常整形的常指针（指针和它所指向的内存空间，均不能被修改）

    return 0;
}
```

合理的利用const的好处，

- 1指针做函数参数，可以有效提高代码可读性，减少bug；
- 2清楚的分清参数的输入和输出特性

```
int setTeacher_err( const Teacher *p)
```

Const修改形参的时候，在利用形参不能修改指针所指向的内存空间

2.8.2 C语言中的“冒牌货”

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    const int a = 10;
    int *p = (int*)&a;
```

```

    printf("a==>%d\n", a);

    *p = 11;
    printf("a==>%d\n", a);

    return 0;
}

```

2.8.3 const 和 #define 的相同

```

#include <iostream>

// #define N 10

int main()
{
    const int a = 1;
    const int b = 2;

    int array[a + b] = {0};
    int i = 0;

    for(i = 0; i < (a+b); i++)
    {
        printf("array[%d] = %d\n", i, array[i]);
    }

    return 0;
}

```

C++中的const修饰的，是一个真正的常量，而不是C中变量（只读）。在const修饰的常量编译期间，就已经确定下来了

2.8.4 const 和 #define 的区别

```

#include <iostream>

void fun1()
{
    #define a 10
    const int b = 20;
}

void fun2()
{
    printf("a = %d\n", a);
    //printf("b = %d\n", b);
}

```

```
int main()
{
    fun1();
    fun2();

    return 0;
}
```

C++中的const常量类似于宏定义

`const int c = 5;` $\approx$ `#define c 5`

C++中的const常量与宏定义不同

const常量是由编译器处理的，提供类型检查 and 作用域检查
宏定义由预处理器处理，单纯的文本替换

C语言中的const变量

C语言中const变量是只读变量，有自己的存储空间

C++中的const常量

可能分配存储空间,也可能不分配存储空间

当const常量为全局，并且需要在其它文件中使用，会分配存储空间

当使用&操作符，取const常量的地址时，会分配存储空间

当`const int &a = 10;` const修饰引用时，也会分配存储空间

2.9 真正的枚举

c语言中枚举本质就是整型,枚举变量可以用任意整型赋值。而c++中枚举变量,只能用被枚举出来的元素初始化。

```
#include <iostream>
using namespace std;

enum season {SPR,SUM,AUT,WIN};

int main()
{
    enum season s = SPR;
    //s = 0;    // error, 但是C语言可以通过
    s = SUM;
```

```
cout << "s = " << s << endl;    //1  
return 0;  
}
```

3. C++对C语言的拓展

3.1 引用

3.1.1 变量名

变量名实质上是一段连续存储空间的别名，是一个标号(门牌号)
通过变量来申请并命名内存空间。
通过变量的名字可以使用存储空间。

问题：对一段连续的内存空间只能取一个别名吗？

3.1.2 引用的概念

变量名，本身是一段内存的引用，即别名(alias). 引用可以看作一个**已定义变量**的别名。

引用的语法：Type& name = var;

用法如下：

```
#include <iostream>  
  
using namespace std;  
  
int main(void)  
{  
    int a = 10; //c编译器分配4个字节内存，a内存空间的别名  
    int &b = a; //b就是a的别名  
  
    a = 11; //直接赋值  
    {  
        int *p = &a;  
        *p = 12;  
    }  
}
```

```

        cout << a <<endl;
    }

    b = 14;

    cout << "a = " <<a << ", b = " << b <<endl;

    return 0;
}

```

3.1.3 规则

1 引用没有定义,是一种关系型声明。声明它和原有某一变量(实体)的关系。故而类型与原类型保持一致,且不分配内存。与被引用的变量有相同的地址。

2 声明的时候必须初始化,一经声明,不可变更。

3 可对引用,再次引用。多次引用的结果,是某一变量具有多个别名。

4 &符号前有数据类型时,是引用。其它皆为取地址。

```

int main(void)
{
    int a,b;
    int &r = a;
    int &r = b; //错误,不可更改原有的引用关系
    float &rr = b; //错误,引用类型不匹配 cout<<&a<<&r<<endl; //变量与引用具有相>同
的地址。
    int &ra = r; //可对引用更次引用,表示 a 变量有两个别名,分别是 r 和 ra

    return 0;
}

```

3.1.4 引用作为函数参数

普通引用在声明时必须用其它的变量进行初始化,引用作为函数参数声明时不进行初始化。

```

#include <iostream>
using namespace std;

struct Teacher
{
    char name[64];
    int age ;
};

```

```

void printfT(Teacher *pT)
{
    cout<< pT->age <<endl;
}

//pT是t1的别名 ,相当于修改了t1
void printfT2(Teacher &pT)
{
    pT.age = 33;
    cout<<pT.age<<endl;
}

//pT和t1的是两个不同的变量
void printfT3(Teacher pT)
{
    cout<<pT.age<<endl;
    pT.age = 45; //只会修改pT变量 ,不会修改t1变量
}

int main(void)
{
    Teacher t1;
    t1.age = 35;

    printfT(&t1);

    printfT2(t1); //pT是t1的别名
    printf("t1.age:%d \n", t1.age); //33

    printfT3(t1) ;// pT是形参 ,t1 copy一份数据 给pT
    printf("t1.age:%d \n", t1.age); //33

    return 0;
}

```

3.1.5 引用的意义

- 1) 引用作为其它变量的别名而存在，因此在一些场合可以代替指针
- 2) 引用相对于指针来说具有更好的可读性和实用性

```

void swap(int a, int b); //无法实现两数据的交换
void swap(int *p, int *q); //开辟了两个指针空间实现交换

```

```

void swap(int &a, int &b){
    int tmp;
    tmp = a; a = b;
    b = tmp;
}

```

```

}

int main()
{
    int a = 3, b = 5;
    cout<<"a = "<<a<<"b = "<<b<<endl;
    swap(a,b);
    cout<<"a = "<<a<<"b = "<<b<<endl;
    return 0;
}

```

c++中引入引用后,可以用引用解决的问题。避免用指针来解决。

3.1.6 引用的本质

```

#include <iostream>

int main()
{
    int a = 10;
    int &b = a; // 注意： 单独定义的引用时，必须初始化。

    b = 11;

    printf("a:%d\n", a);
    printf("b:%d\n", b);
    printf("&a:%p\n", &a);
    printf("&b:%p\n", &b);

    return 0;
}

```

思考1：C++编译器定义引用时，背后做了什么工作。

```

#include <iostream>

struct Teacher {
    int &a;
    int &b;
};

int main()
{
    printf("sizeof(Teacher) %d\n", sizeof(Teacher));

    return 0;
}

```

思考2：普通引用有自己的空间吗？

1) 引用在C++中的内部实现是一个常指针

`Type& name <==> Type* const name`

2) C++编译器在编译过程中使用常指针作为引用的内部实现，因此引用所占用的空间大小与指针相同。

3) 从使用的角度，引用会让人误会其只是一个别名，没有自己的存储空间。这是C++为了实用性而做出的细节隐藏。

```
void func(int &a)
{
    a = 5;
}

void func(int *const a)
{
    *a = 5;
}
```

```
int main()
{
    int x = 10;
    func(x);

    return 0;
}
```

间接赋值的3各必要条件

1 定义两个变量（一个实参一个形参）

2 建立关联 实参取地址传给形参

3 *p 形参去间接的修改实参的值

引用在实现上，只不过是把：间接赋值成立的三个条件的后两步和二为一。
当实参传给形参引用的时候，只不过是c++编译器帮我们程序员手工取了一个实参地址，传给了形参引用（常量指针）。

3.1.7 引用作为函数的返回值（引用当左值）

I. 当函数返回值为引用时，

若返回栈变量：

不能成为其它引用的初始值（不能作为左值使用）

```
include <iostream>
using namespace std;

int getA1()
{
    int a;
    a = 10;
    return a;
}

int& getA2()
{
    int a;
    a = 10;
    return a;
}

int main(void)
{
    int a1 = 0;
    int a2 = 0;

    //值拷贝
    a1 = getA1();

    //将一个引用赋给一个变量，会有拷贝动作
    //理解： 编译器类似做了如下隐藏操作，a2 = *(getA2())
    a2 = getA2();

    //将一个引用赋给另一个引用作为初始值，由于是栈的引用，内存非法
    int &a3 = getA2();

    cout <<"a1 = " <<a1<<endl;
    cout <<"a2 = " <<a2<<endl;
    cout <<"a3 = " <<a3<<endl;

    return 0;
}
```

II. 当函数返回值为引用时，

若返回静态变量或全局变量

可以成为其他引用的初始值（可作为右值使用，也可作为左值使用）

```
#include <iostream>

using namespace std;

int getA1()
{
    static int a;
    a = 10;
    return a;
}

int& getA2()
{
    static int a;
    a = 10;
    return a;
}

int main(void)
{
    int a1 = 0;
    int a2 = 0;

    //值拷贝
    a1 = getA1();

    //将一个引用赋给一个变量，会有拷贝动作
    //理解：编译器类似做了如下隐藏操作，a2 = *(getA2())
    a2 = getA2();

    //将一个引用赋给另一个引用作为初始值，由于是静态区域，内存合法
    int &a3 = getA2();

    cout <<"a1 = " <<a1<<endl;
    cout <<"a2 = " <<a2<<endl;
    cout <<"a3 = " <<a3<<endl;

    return 0;
}
```

引用作为函数返回值，

如果返回值为引用可以当左值，

如果返回值为普通变量不可以当左值。

```
#include <iostream>
using namespace std;

//函数当左值
//返回变量的值
int func1()
{
    static int a1 = 10;
    return a1;
}

//返回变量本身 ,
int& func2()
{
    static int a2 = 10;
    return a2;
}

int main(void)
{
    //函数当右值
    int c1 = func1();
    cout << "c1 = " << c1 << endl;

    int c2 = func2(); //函数返回值是一个引用,并且当右值
    cout << "c2 = " << c2 << endl;

    //函数当左值
    //func1() = 100; //error
    func2() = 100; //函数返回值是一个引用,并且当左值

    c2 = func2();
    cout << "c2 = " << c2 << endl;

    return 0;
}
```

3.1.8 指针引用

```
#include <iostream>
using namespace std;

struct Teacher
{
    char name[64];
    int age ;
};
```

```

//在被调用函数 获取资源
int getTeacher(Teacher **p)
{
    Teacher *tmp = NULL;
    if (p == NULL)
    {
        return -1;
    }
    tmp = (Teacher *)malloc(sizeof(Teacher));
    if (tmp == NULL)
    {
        return -2;
    }
    tmp->age = 33;
    // p是实参的地址 *实参的地址 去间接的修改实参的值
    *p = tmp;

    return 0;
}

//指针的引用 做函数参数
int getTeacher2(Teacher* &myp)
{
    //给myp赋值 相当于给main函数中的pT1赋值
    myp = (Teacher *)malloc(sizeof(Teacher));
    if (myp == NULL)
    {
        return -1;
    }
    myp->age = 36;

    return 0;
}

void FreeTeacher(Teacher *pT1)
{
    if (pT1 == NULL)
    {
        return ;
    }
    free(pT1);
}

int main(void)
{
    Teacher *pT1 = NULL;

    //1 c语言中的二级指针
    getTeacher(&pT1);
    cout<<"age:"<<pT1->age<<endl;
    FreeTeacher(pT1);

    //2 c++中的引用 (指针的引用)
    //引用的本质 间接赋值后2个条件 让c++编译器帮我们程序员做了。

```

```

    getTeacher2(pT1);
    cout<<"age:"<<pT1->age<<endl;
    FreeTeacher(pT1);

    return 0;
}

```

3.1.9 const 引用

const 引用有较多使用。它可以防止对象的值被随意修改。因而具有一些特性。

(1) **const 对象的引用必须是 const 的,将普通引用绑定到 const 对象是不合法的。**这个原因比较简单。既然对象是 const 的,表示不能被修改,引用当然也不能修改,必须使用 const 引用。实际上,

```

    const int a=1;
    int &b=a;

```

这种写法是不合法的,编译不过。

(2) **const 引用可使用相关类型的对象(常量,非同类型的变量或表达式)初始化。**这个是 const 引用与普通引用最大的区别。

```

    const int &a=2;

```

是合法的。

```

    double x=3.14;
    const int &b=a;

```

也是合法的。

```

#include <iostream>
using namespace std;

int main(void)
{
    //普通引用
    int a = 10;
    int &b = a;

    cout << "b = " << b << endl;

    //常引用
    int x = 20;
    const int &y = x;    //常引用是限制变量为只读 不能通过y去修改x了
    //y = 21;           /error

    return 0;
}

```

```
}
```

3.1.10 const引用的原理

const 引用的目的是,禁止通过修改引用值来改变被引用的对象。const 引用的 初始化特性较为微妙,可通过如下代码说明:

```
double val = 3.14;
const int &ref = val;
double & ref2 = val;

cout<<ref<<" "<<ref2<<endl;

val = 4.14;

cout<<ref<<" "<<ref2<<endl;
```

上述输出结果为 3 3.14 和 3 4.14。因为 ref 是 const 的,在初始化的过程中已经给定值,不允许修改。而被引用的对象是 val,是非 const 的,所以 val 的修改并未影响 ref 的值,而 ref2 的值发生了相应的改变。

那么,为什么非 const 的引用不能使用相关类型初始化呢?实际上,const 引用 使用相关类型对象初始化时发生了如下过程:

```
int temp = val;
const int &ref = temp;
```

如果 ref 不是 const 的,那么改变 ref 值,修改的是 temp,而不是 val。期望对 ref 的赋值会修改 val 的程序员会发现 val 实际并未修改。

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(void)
{

    //1> 用变量 初始化 常引用
    int x1 = 30;
    const int &y1 = x1; //用x1变量去初始化 常引用

    //2> 用字面量 初始化 常量引用
    const int a = 40; //c++编译器把a放在符号表中

    //int &m = 41; //error , 普通引用 引用一个字面量 请问字面量有没有内存地址
```

```

    const int &m = 43;    //c++编译器 会 分配内存空间
                          // int temp = 43
                          // const int &m = temp;

    return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

struct Teacher
{
    char name[64];
    int age ;
};

void printTeacher(const Teacher &myt)
{
    //常引用 让 实参变量 拥有只读属性
    //myt.age = 33;
    printf("myt.age:%d \n", myt.age);
}

int main(void)
{
    Teacher t1;
    t1.age = 36;

    printTeacher(t1);

    return 0;
}

```

结论：

- 1) *const int &e* 相当于 *const int * const e*
- 2) 普通引用 相当于 *int *const e*
- 3) 当使用常量（字面量）对*const*引用进行初始化时，C++编译器会为常量值分配空间，并将引用名作为这段空间的别名
- 4) 使用字面量对*const*引用初始化后，将生成一个只读变量

3.2 inline内联函数

c 语言中有宏函数的概念。宏函数的特点是内嵌到调用代码中去,避免了函数调用 的开销。但是由于宏函数的处理发生在预处理阶段,缺失了语法检测和有可能带来的语 意差错。

3.2.1 内联函数基本概念

C++提供了 inline 关键字,实现了真正的内嵌。

```
#include <iostream>
using namespace std;

inline void func(int a)
{
    a = 20;
    cout << a <<endl;
}

int main(void)
{
    func(10);
    /*
        //编译器将内联函数的函数体直接展开
    {
        a = 20;
        cout << a <<endl;
    }
    */

    return 0;
}
```

特点:

- 1) 内联函数声明时inline关键字必须和函数定义结合在一起,否则编译器会直接忽略内联请求。
- 2) C++编译器直接将函数体插入在函数调用的地方。
- 3) 内联函数没有普通函数调用时的额外开销(压栈,跳转,返回)。
- 4) 内联函数是一种特殊的函数,具有普通函数的特征(参数检查,返回类型等)。
- 5) 内联函数由编译器处理,直接将编译后的函数体插入调用的地方,宏代码片段由预处理器处理,进行简单的文本替换,没有任何编译过程。
- 6) C++中内联编译的限制:

不能存在任何形式的循环语句
不能存在过多的条件判断语句
函数体不能过于庞大
不能对函数进行取址操作
函数内联声明必须在调用语句之前

7) 编译器对于内联函数的限制并不是绝对的，内联函数相对于普通函数的优势只是省去了函数调用时压栈，跳转和返回的开销。因此，当函数体的执行开销远大于压栈，跳转和返回所用的开销时，那么内联将无意义。

3.2.2 内联函数 vs 宏函数

```
#include <iostream>
#include <string.h>
using namespace std;

#if 0
优点： 内嵌代码, 避免压栈与出栈的开销
缺点： 代码替换, 易使生成代码体积变大, 易产生逻辑错误。
#endif
#define SQR(x) ((x)*(x))

#if 0
优点： 高度抽象, 避免重复开发
缺点： 压栈与出栈, 带来开销
#endif
inline int sqr(int x)
{
    return x*x;
}

int main()
{
    int i=0;
    while(i<5)
    {
        // printf("%d\n", SQR(i++));
        printf("%d\n", sqr(i++));
    }
    return 0;
}
```

3.2.3 内联函数总结

优点: 避免调用时的额外开销(入栈与出栈操作)

代价: 由于内联函数的函数体在代码段中会出现多个“副本”，因此会增加代码段的空间。

本质:以牺牲代码段空间为代价,提高程序的运行时间的效率。

适用场景:函数体很“小”,且被“频繁”调用。

3.3 默认参数和占位参数

通常情况下,函数在调用时,形参从实参那里取得值。对于多次调用同一函数同一实参时,C++给出了更简单的处理办法。给形参以默认值,这样就不用从实参那里取值了。

3.3.1 单个默认参数

```
//1 若 你填写参数,使用你填写的,不填写默认
void myPrint(int x = 3)
{
    cout<<"x: "<<x<< endl;
}
```

3.3.2 多个默认参数

```
//2 在默认参数规则 , 如果默认参数出现,那么右边的都必须有默认参数
float volume(float length, float weight = 4, float high = 5)
{
    return length*weight*high;
}

int main()
{
    float v = volume(10);
    float v1 = volume(10,20);
    float v2 = volume(10,20,30);

    cout<<v<<endl;
    cout<<v1<<endl;
    cout<<v2<<endl;

    return 0;
}
```

3.3.3 默认参数规则

只有参数列表后面部分的参数才可以提供默认参数值

一旦在一个函数调用中开始使用默认参数值，那么这个参数后的所有参数都必须使用默认参数值

3.3.4 占位参数

```
#include <iostream>

/*
  函数占位参数
  占位参数只有参数类型声明，而没有参数名声明
  一般情况下，在函数体内部无法使用占位参数
*/

int func(int a, int b, int)
{
    return a + b;
}

int main()
{
    func(1, 2); //error, 必须把最后一个占位参数补上。
               //好悲剧的语法 -_-!

    printf("func(1, 2, 3) = %d\n", func(1, 2, 3));

    return 0;
}
```

```
#include <iostream>

/*
  可以将占位参数与默认参数结合起来使用
  意义
  为以后程序的扩展留下线索
  兼容C语言程序中可能出现的不规范写法
*/
//C++可以声明占位符参数，占位符参数一般用于程序扩展和对C代码的兼容
int func2(int a, int b, int = 0)
{
    return a + b;
}

int main()
```

```

{
    //如果默认参数和占位参数在一起，都能调用起来
    func2(1, 2);
    func2(1, 2, 3);

    return 0;
}

/*
结论：如果默认参数和占位参数在一起，都能调用起来
*/

```

3.4 函数重载

函数重载(Function Overload)：用同一个函数名定义不同的函数，当函数名和不同的参数搭配时函数的含义不同。

3.4.1 重载规则

- 1, 函数名相同。
- 2, 参数个数不同, 参数的类型不同, 参数顺序不同, 均可构成重载。
- 3, 返回值类型不同则不可以构成重载。

```

void func(int a); //ok
void func(char a); //ok
void func(char a, int b); //ok
void func(int a, char b); //ok
char func(int a); //与第一个函数有冲突

```

3.4.2 调用准则

- 1, 严格匹配, 找到则调用。
- 2, 通过隐式转换寻求一个匹配, 找到则调用。

```

#include <iostream>
using namespace std;

```

```

void print(double a){
    cout<<a<<endl;
}

void print(int a){
    cout<<a<<endl;
}

int main()
{
    print(1); // print(int)
    print(1.1); // print(double)
    print('a'); // print(int)
    print(1.11f); // print(double)

    return 0;
}

```

编译器调用重载函数的准则:

- 1.将所有同名函数作为候选者
- 2.尝试寻找可行的候选函数
- 3.精确匹配实参
- 4.通过默认参数能够匹配实参
- 5.通过默认类型转换匹配实参
- 6.匹配失败
- 7.最终寻找到的可行候选函数不唯一，则出现二义性，编译失败。
- 8.无法匹配所有候选者，函数未定义，编译失败。

3.4.3 重载底层实现 (name mangling)

C++利用 name mangling(倾轧)技术,来改名函数名,区分参数不同的同名函数。

实现原理:用 **v c i f l d** 表示 **void char int float long double** 及其引用。

```

void func(char a); // func_c(char a)
void func(char a, int b, double c); //func_cid(char a, int b, double c)

```

3.4.4 函数重载与函数默认参数

一个函数,不能既作重载,又作默认参数的函数。当你少写一个参数时,系统无法确认是重载还是默认参数。

```
#include <iostream>
using namespace std;

int func(int a, int b, int c = 0)
{
    return a * b * c;
}

int func(int a, int b)
{
    return a + b;
}

int func(int a)
{
    return a;
}

int main()
{
    int c = 0;

    c = func(1, 2); //error. 存在二义性, 调用失败, 编译不能通过

    printf("c = %d\n", c);

    return 0;
}
```

3.4.5 函数重载和函数指针结合

```
/*
    函数重载与函数指针
    当使用重载函数名对函数指针进行赋值时
    根据重载规则挑选与函数指针参数列表一致的候选者
    严格匹配候选者的函数类型与函数指针的函数类型
*/
#include <iostream>
using namespace std;

int func(int x) // int(int a)
{
    return x;
}
```

```

}

int func(int a, int b)
{
    return a + b;
}

int func(const char* s)
{
    return strlen(s);
}

typedef int(*PFUNC)(int a); // int(*) (int a)
typedef int(*PFUNC2)(int a, int b); // int(*) (int a, int b)

int main()
{
    int c = 0;

    PFUNC p = func;
    c = p(1);

    printf("c = %d\n", c);

    PFUNC2 p2 = func;
    c = p2(1, 2);

    printf("c = %d\n", c);

    return 0;
}

```

函数指针基本语法

```

//方法一：
//声明一个函数类型
typedef void (myTypeFunc)(int a,int b);
//定义一个函数指针
myTypeFunc *myfuncp = NULL; //定义一个函数指针 这个指针指向函数的入口地址

//方法二：
//声明一个函数指针类型
typedef void (*myPTypeFunc)(int a,int b) ; //声明了一个指针的数据类型
//定义一个函数指针
myPTypeFunc fp = NULL; //通过 函数指针类型 定义了一个函数指针 ,

//方法三：
//定义一个函数指针 变量
void (*myVarPFunc)(int a, int b);

```

3.4.6 函数重载总结

重载函数在本质上是相互独立的不同函数。

函数的函数类型是不同的

函数返回值不能作为函数重载的依据

函数重载是由函数名和参数列表决定的。

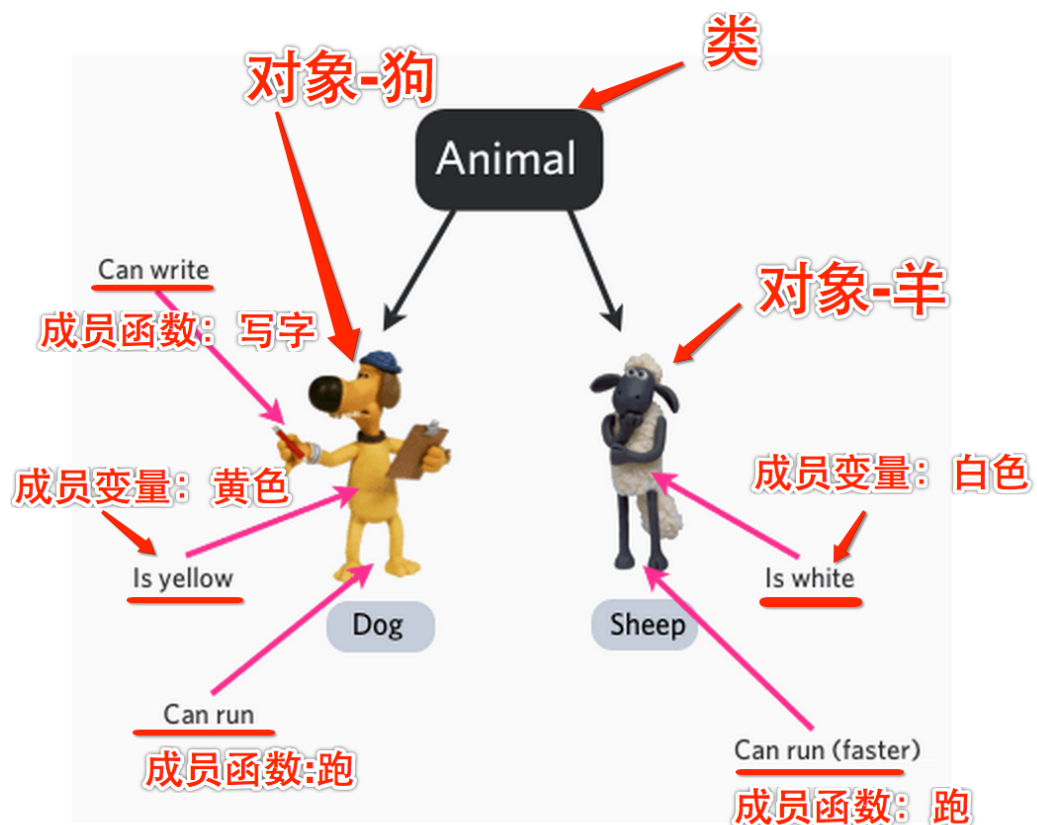
4. 类和对象

4.1 基本概念

4.1.1 类与对象



4.1.2 成员变量和成员函数



4.2 封装和访问控制

4.2.1 从struct说起

当单一变量无法完成描述需求的时候,结构体类型解决了这一问题。可以将多个类型打包成一体,形成新的类型。这是 c 语言中封装的概念。

```
#include <iostream>
using namespace std;

struct Date
{
    int year;
    int month;
    int day;
};

void init(Date &d)
{
    cout<<"year,month,day:"<<endl;
    cin>>d.year>>d.month>>d.day;
}

void print(Date &d)
{
    cout<<"year month day"<<endl;
    cout<<d.year<<":"<<d.month<<":"<<d.day<<endl;
}

bool isLeapYear(Date &d)
{
    if((d.year%4==0&& d.year%100 != 0) || d.year%400 == 0)
        return true;
    else
        return false;
}

int main()
{
    Date d;
    init(d);
    print(d);
}
```

```

    if(isLeapYear(d))
        cout<<"leap year"<<endl;
    else
        cout<<"not leap year"<<endl;

    return 0;
}

```

对C语言中结构体的操作，都是通过外部函数来实现的。比如

```

void init(Date &d);
void print(Date & d);
bool isLeapYear(Date & d);

```

4.2.2 封装的访问属性

访问属性	属性	对象内部	对象外部
public	公有	可访问	可访问
protected	保护	可访问	不可访问
private	私有	可访问	不可访问

struct 中所有行为和属性都是 public 的(默认)。C++中的 class 可以指定行为和属性的访问方式。

封装,可以达到,对内开放数据,对外屏蔽数据,对外提供接口。达到了信息隐蔽的功能。

比如我们用 struct 封装的类,即知其接口,又可以直接访问其内部数据,这样却没有达到信息隐蔽的功效。而 class 则提供了这样的功能,屏蔽内部数据,对外开放接口。

4.2.3 用class去封装带行为的类

class 封装的本质,在于将数据和行为,绑定在一起然后能过对象来完成操作。

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Date

```

```

{
public:
    void init(Date &d);
    void print(Date & d);
    bool isLeapYear(Date & d);
private:
    int year;
    int month;
    int day;
};

void Date::init(Date &d)
{
    cout<<"year,month,day:"<<endl;
    cin>>d.year>>d.month>>d.day;
}

void Date::print(Date & d)
{
    cout<<"year month day"<<endl;
    cout<<d.year<<":"<<d.month<<":"<<d.day<<endl;
}

bool Date::isLeapYear(Date & d)
{
    if((d.year%4==0 && d.year%100 != 0) || d.year%400 == 0)
        return true;
    else
        return false;
}

int main()
{
    Date d;
    d.init(d);
    d.print(d);
    if(d.isLeapYear(d))
        cout<<"leap year"<<endl;
    else
        cout<<"not leap year"<<endl;
    return 0;
}

```

Date 类 访问自己的成员,可以不需要传引用的方式

封装有2层含义（把属性和方法进行封装 对属性和方法进行访问控制）

Public修饰成员变量和成员函数可以在类的内部和类的外部被访问。

Private修饰成员变量和成员函数只能在类的内部被访问。

*struct*和*class*关键字区别

在用*struct*定义类时，所有成员的默认属性为*public*

在用*class*定义类时，所有成员的默认属性为*private*

4.3 面向对象编程案例练习



面向对象与面向过程

面向对象：狗.吃(屎)

面向过程：吃(狗,屎)

4.3.1 求圆的周长和面积

数据描述：

半径，周长，面积均用实型数表示

数据处理：

输入半径 r ；

计算周长 = $2 * \pi * r$ ；

计算面积 = $\pi * r^2$ ；

输出半径，周长，面积；

方法1：用结构化方法编程，求圆的周长和面积

```
// count the girth and area of circle
#include <iostream>

using namespace std;

int main (void)
{
    double r, girth, area ;
    const double PI = 3.1415 ;

    cout << "Please input radius:\n" ; //操作符重载

    cin >> r ; //输入

    girth = 2 * PI * r ;
    area = PI * r * r ;

    cout << "radius = " << r << endl ;
    cout << "girth = " << girth << endl ;
    cout << "area = " << area << endl ;

    return 0;
}
```

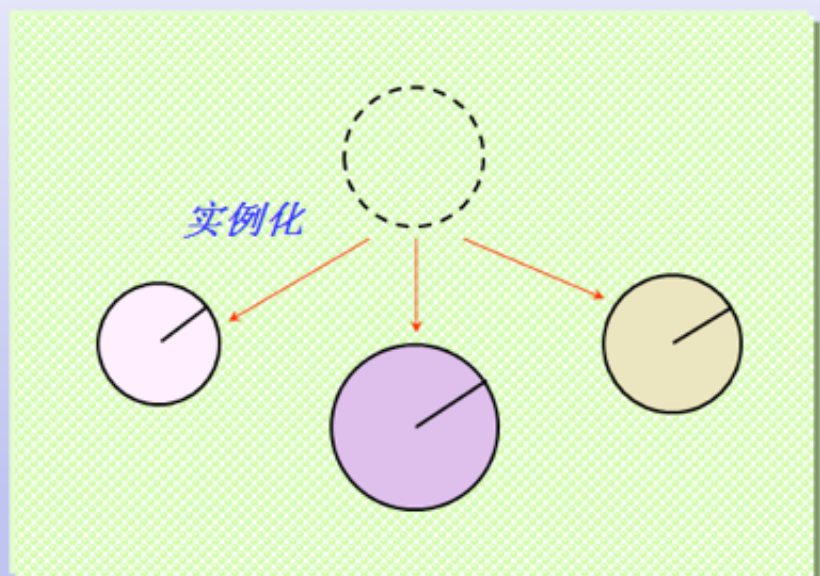
分析

“圆”是抽象的类类型

半径？

建立具体的圆（对象）

圆的周长？
面积？



分析

圆类

成员变量

半径

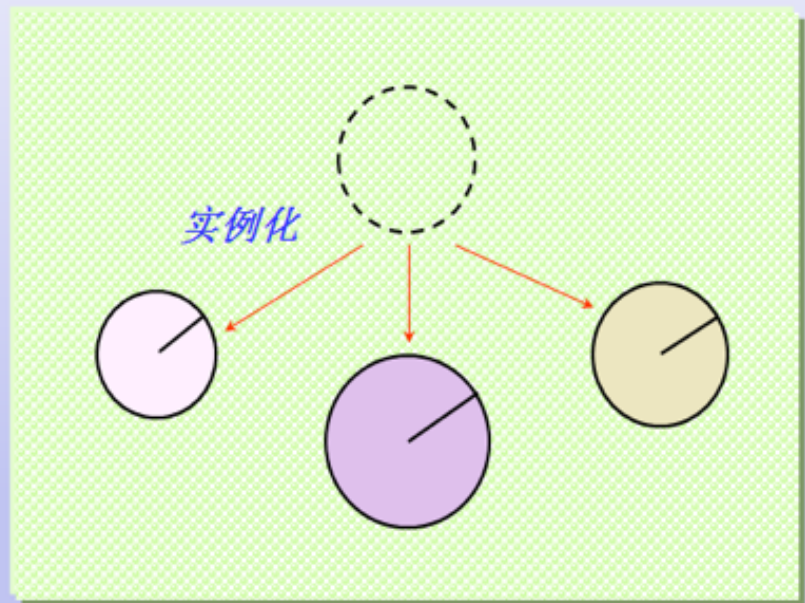
成员函数

置半径值

求圆的半径

求周长

求面积



方法2：用面向对象方法编程，求圆的周长和面积

```
#include<iostream>

using namespace std;

class Circle
{
private:
    double radius ; //成员变量
public : //类的访问控制
    void Set_Radius( double r )
    {
        radius = r;
    } //成员函数
    double Get_Radius()
    {
        return radius;
    } //通过成员函数设置成员变量
    double Get_Girth()
    {
        return 2 * 3.14f * radius;
    } //通过成员函数获取成员变量
    double Get_Area()
    {
        return 3.14f * radius * radius;
    }
};

int main(void)
```

```

{
    Circle A, B ; //用类定义对象
    A.Set_Radius( 6.23 ) ; //类的调用

    cout << "A.Radius = " << A.Get_Radius() << endl ;
    cout << "A.Girth = " << A.Get_Girth() << endl ;
    cout << "A.Area = " << A.Get_Area() << endl ;

    B.Set_Radius( 10.5 ) ;

    cout << "B.radius = " << B.Get_Radius() << endl ;
    cout << "B.Girth=" << B.Get_Girth() << endl ;
    cout << "B.Area = " << B.Get_Area() << endl ;

    return 0;
}

```

总结：建立类、对象、成员变量、成员函数，输入输入流基本概念。

4.3.2 初学者易犯错误模型

```

// demo02_circle_err.cpp

#include<iostream>

using namespace std; //c++的命名空间

class circle
{
public:
    double r;
    double pi = 3.1415926;
    double area = pi*r*r;
};

int main(void)
{
    circle pi;

    cout << "请输入area" << endl;
    cin >> pi.r;

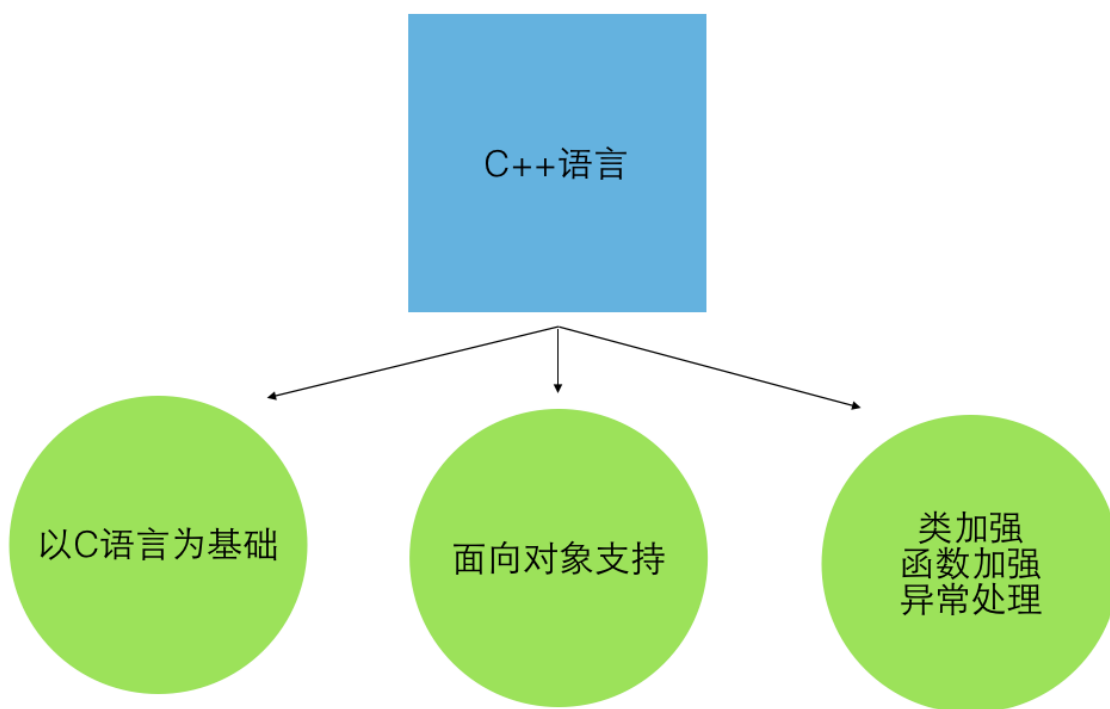
    cout << pi.area << endl;    //乱码

    return 0;
}

```

总结：从内存四区的角度，解释为什么会出现乱码,理解为什么需要成员函数

4.3.3 C语言和C++语言的关系



C语言是在实践的过程中逐步完善起来的

沒有深思熟慮的设计过程
使用时存在很多“灰色地带”
残留量过多低级语言的特征
直接利用指针进行内存操作

C语言的目标是高效

当面向过程方法论暴露越来越多的缺陷的时候，业界开始考虑在工程项目中引入面向对象的设计方法，而第一个需要解决的问题就是：高效的面向对象语言，并且能够兼容已经存在的代码。

C语言 + 面向对象方法论 ==> Objective C /C++

C语言和C++并不是对立的竞争关系

C++是C语言的加强，是一种更好的C语言

C++是以C语言为基础的，并且完全兼容C语言的特性

学习C++并不会影响原有的C语言知识，相反会根据加深对C的认知；
学习C++可以接触到更多的软件设计方法，并带来更多的机会。

- 1) C++是一种更强大的C，通过学习C++能够掌握更多的软件设计方法.
- 2) C++是Java/C#/D等现代开发语言的基础，学习C++后能够快速掌握这些语言.
- 3) C++是各大知名软件企业挑选人才的标准之一.

4.3.4 综合面向对象案例练习

面向对象练习1

设计立方体类(cube)，求出立方体的面积和体积

求两个立方体，是否相等（全局函数和成员函数）

面向对象练习2

设计一个圆形类（AdvCircle），和一个点类（Point），计算点在圆内部还是圆外

即：求点和圆的关系（圆内和圆外）

面向对象练习3

对于第二个案例，类的声明和类的实现分开



作业1：编写C++程序完成以下功能：

- 1) 定义一个Point类，其属性包括点的坐标，提供计算两点之间距离的方法；
- 2) 定义一个圆形类，其属性包括圆心和半径；
- 3) 创建两个圆形对象，提示用户输入圆心坐标和半径，判断两个圆是否相交，并输出结果。

作业2：设计并测试一个名为Rectangle的矩形类，其属性为矩形的左下角与右上角两个点的坐标，根据坐标能计算出矩形的面积

作业3：定义一个Tree类，有成员ages（树龄），成员函数grow（int years）对ages加上years，age（）显示tree对象的ages的值。

4.4 对象的构造和析构

4.4.1 如果没有构造函数？

面向对象的思想是从生活中来，手机、车出厂时，是一样的。生活中存在的对象都是被初始化后才上市的；初始状态是对象普遍存在的一个状态的。

如果不用构造函数初始化，该怎么办：

为每个类都提供一个public的initialize函数；
对象创建后立即调用initialize函数进行初始化。

缺点

- 1) initialize只是一个普通的函数，必须显示的调用
- 2) 一旦由于失误的原因，对象没有初始化，那么结果将是不确定的
没有初始化的对象，其内部成员变量的值是不定的。

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Test
{
public:
    void init(int a, int b)
    {
        m_a = a;
        m_b = b;
    }

private:
    int m_a;
    int m_b;
};

int main(void)
{
    Test t1;

    int a = 10;
    int b = 20;

    t1.init(a, b);

    Test tArray[3];
    //手动调用显示初始化函数
    tArray[0].init(0, 0);
    tArray[1].init(0, 0);
    tArray[2].init(0, 0);
}
```

```

Test t21;
//手动调用显示初始化函数
t21.init(0, 0);

Test t22;
//手动调用显示初始化函数
t22.init(0, 0);

Test t23;
//手动调用显示初始化函数
t23.init(0, 0);

//在这种场景之下 显示的初始化方案 显得很蹩脚
Test tArray2[3] = {t21, t22, t23};

//在这种场景之下,满足不了,编程需要
Test tArray3[1999] = {t21, t22, t23};

return 0;
}

```

所以C++对类提供了一个给对象的初始化方案，就是构造函数。

4.4.2 构造函数

定义

C++中的类可以定义与类名相同的特殊成员函数，这种与类名相同的成员函数叫做构造函数。

```

class 类名 {
    类名(形式参数) {
        构造体
    }
}

```

```

class A
{
    A(形参)
    {
    }
}

```

调用

自动调用：一般情况下C++编译器会自动调用构造函数。

手动调用：在一些情况下则需要手工调用构造函数。

规则：

- 1 在对象创建时自动调用,完成初始化相关工作。
- 2 无返回值,与类名同,默认无参,可以重载,可默认参数。
- 3 一经实现,默认不复存在。

4.4.3 析构函数

定义

C++中的类可以定义一个特殊的成员函数清理对象，这个特殊的成员函数叫做析构函数。

```
class 类名
{
    ~类名() {
        析构体
    }
}
```

```
class A
{
    ~A()
    {}
}
```

规则：

- 1 对象销毁时,自动调用。完成销毁的善后工作。
- 2 无返回值,与类名同。无参。不可以重载与默认参数

析构函数的作用,并不是删除对象,而在对象销毁前完成的一些清理工作。

4.4.4 构造函数的分类及调用

```
class Test
{
    public:
        //无参数构造函数
        Test()
        {
            ;
        }

        //带参数的构造函数
        Test(int a, int b)
        {
            ;
        }
        //赋值构造函数
        Test(const Test &obj)
        {
            ;
        }

    private:
        int a;
        int b;
};
```

(1) 无参构造函数

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Test
{
    public:
        //无参数构造函数
        Test()
        {
            a = 0;
            b = 0;
            cout <<"Test() 无参构造函数执行" <<endl;
        }

    private:
        int a;
        int b;
};

int main(void)
{
    Test t; //调用无参构造函数
```

```
    return 0;
}
```

(2) 有参数构造函数

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Test
{
    private:
        int a;
    public:
        //带参数的构造函数
        Test(int a)
        {
            cout <<"a = " << a <<endl;
        }
        Test(int a, int b)
        {
            cout <<"a = " << a << ", b = " << b <<endl;
        }
};

int main()
{
    Test t1(10);           //调用有参构造函数 Test(int a)
    Test t2(10, 20);       //调用有参构造函数 Test(int a, int b)

    return 0;
}
```

(3) 拷贝构造函数

由已存在的对象,创建新对象。也就是说新对象,不由构造器来构造,而是由拷贝构造器来完成。拷贝构造器的格式是固定的。

```
class 类名
{
    类名(const 类名 & another)
    {
        拷贝构造体
    }
}
```

```
class A
{
    A(const A & another)
    {}
}
```

使用拷贝构造函数的几种场合

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Test
{
    public:
        Test() //无参构造函数
        {
            cout<<"我是无参构造函数，被调用了"<<endl;
        }
        Test(int a) //带参数的构造函数
        {
            m_a = a;
        }

        Test(const Test &another_obj) //拷贝构造函数
        {
            cout<<"我也是构造函数，我是通过另外一个对象，来初始化我自己"<<endl;
            m_a = another_obj.m_a;
        }

        ~Test()
        {
            cout<<"我是析构函数，自动被调用了"<<endl;
        }

        void printT()
        {
            cout << "m_a = " << m_a <<endl;
        }
    private:
        int m_a;
};
```

(1)

```
//拷贝构造函数的第一个应用场景
int main(void)
{
```

```

    Test t1(10);

    Test t2 = t1;    //用对象t1 初始化 对象 t2

    t2.printT();

    return 0;
}

```

(2)

```

//拷贝构造函数的第二个应用场景
int main(void)
{
    Test t1(10);

    Test t2(t1);    //用对象t1 初始化 对象 t2

    t2.printT();

    return 0;
}

```

(3)

```

//拷贝构造函数的第三个应用场景
#include <iostream>
using namespace std;

class Location
{
public:
    //带参数的构造函数
    Location( int xx = 0 , int yy = 0 )
    {
        X = xx ;
        Y = yy ;
        cout << "Constructor Object." <<endl;
    }

    //copy构造函数 完成对象的初始化
    Location(const Location & obj) //copy构造函数
    {
        X = obj.X;
        Y = obj.Y;
        cout << "Copy Constructor." <<endl;
    }

    ~Location()
    {

```

```

        cout << X << ", " << Y << " Object destroyed." << endl ;
    }

    int GetX () {
        return X;
    }

    int GetY () {
        return Y;
    }
private :
    int X;
    int Y;
};

void func(Location p)    //会执行 p = b 的操作, p会调用copy构造函数进行初始化
{
    cout <<"func begin" <<endl;
    cout<<p.GetX()<<endl;
    cout <<"func end" <<endl;
}

void test()
{
    Location  a(1, 2);    //对象a 调用带参数的构造函数进行初始化
    Location  b = a;      //对象b 调用copy构造函数进行初始化

    cout <<"-----" <<endl;

    func(b);              //b实参取初始化形参p,会调用copy构造函数
}

int main(void)
{
    test();

    return 0;
}

```

(4)

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Location
{
    //带参数的构造函数
    Location( int xx = 0 , int yy = 0 )
    {
        X = xx ;
        Y = yy ;
        cout << "Constructor Object." <<endl;
    }
}

```

```

//copy构造函数 完成对象的初始化
Location(const Location & obj) //copy构造函数
{
    X = obj.X;
    Y = obj.Y;
    cout << "Copy Constructor." << endl;
}

~Location()
{
    cout << X << "," << Y << " Object destroyed." << endl ;
}

int GetX () {
    return X;
}

int GetY () {
    return Y;
}

private :
    int X;
    int Y;
};

```

/g函数 返回一个元素

//结论1：函数的返回值是一个元素（复杂类型的），返回的是一个新的匿名对象（所以会调用匿名对象类的copy构造函数）

//
 //结论2：有关 匿名对象的去和留
 //如果用匿名对象 初始化 另外一个同类型的对象，匿名对象 转成有名对象
 //如果用匿名对象 赋值给 另外一个同类型的对象，匿名对象 被析构

//
 //设计编译器的大牛们：
 //我就给你返回一个新对象(没有名字 匿名对象)

```

Location g()
{
    Location temp(1, 2);
    return temp;
}

```

```

void test1()
{
    g();
}

```

```

void test2()
{
    //用匿名对象初始化m 此时c++编译器 直接把匿名对转成m；（扶正）从匿名转成有名字了m
    //就是将这个匿名对象起了名字m,他们都是同一个对象
}

```

```

    Location m = g();
    printf("匿名对象,被扶正,不会析构掉\n");
    cout<<m.GetX()<<endl;;
}

void test3()
{
    //用匿名对象 赋值给 m2后, 匿名对象被析构
    Location m2(1, 2);
    m2 = g();
    printf("因为用匿名对象=给m2, 匿名对象,被析构\n");
    cout<<m2.GetX()<<endl;;
}

int main(void)
{
    test1();
    test2();
    test3();

    return 0;
}

```

(5) 默认构造函数

二个特殊的构造函数

1) 默认无参构造函数

当类中没有定义构造函数时，编译器默认提供一个无参构造函数，并且其函数体为空

2) 默认拷贝构造函数

当类中没有定义拷贝构造函数时，编译器默认提供一个默认拷贝构造函数，简单的进行成员变量的值复制

4.4.5 构造函数规则

规则：

- 1 系统提供默认的拷贝构造器。一经实现,不复存在。
- 2 系统提供的浅拷贝,也就是所谓的浅浅的拷贝。
- 3 要实现深拷贝,必须要自定义。

```

#include <iostream>
using namespace std;

//当类中定义了拷贝构造函数时，c++编译器不会提供无参数构造函数
//当类中定义了有参数构造函数是,c++编译器不会提供无参数构造函数
//在定义类时，只要你写了构造函数,则必须要用

class Test
{
    public:
        Test(const Test& obj) //copy构造函数 作用：用一个对象初始化另外一个对象
        {
            a = obj.a + 100;
            b = obj.b + 100;
        }

    #if 0
        Test()
        {

        }
    #endif

    void printT()
    {
        cout << "a:" << a << "b: " << b << endl;
    }

    private:
        int a;
        int b;
};

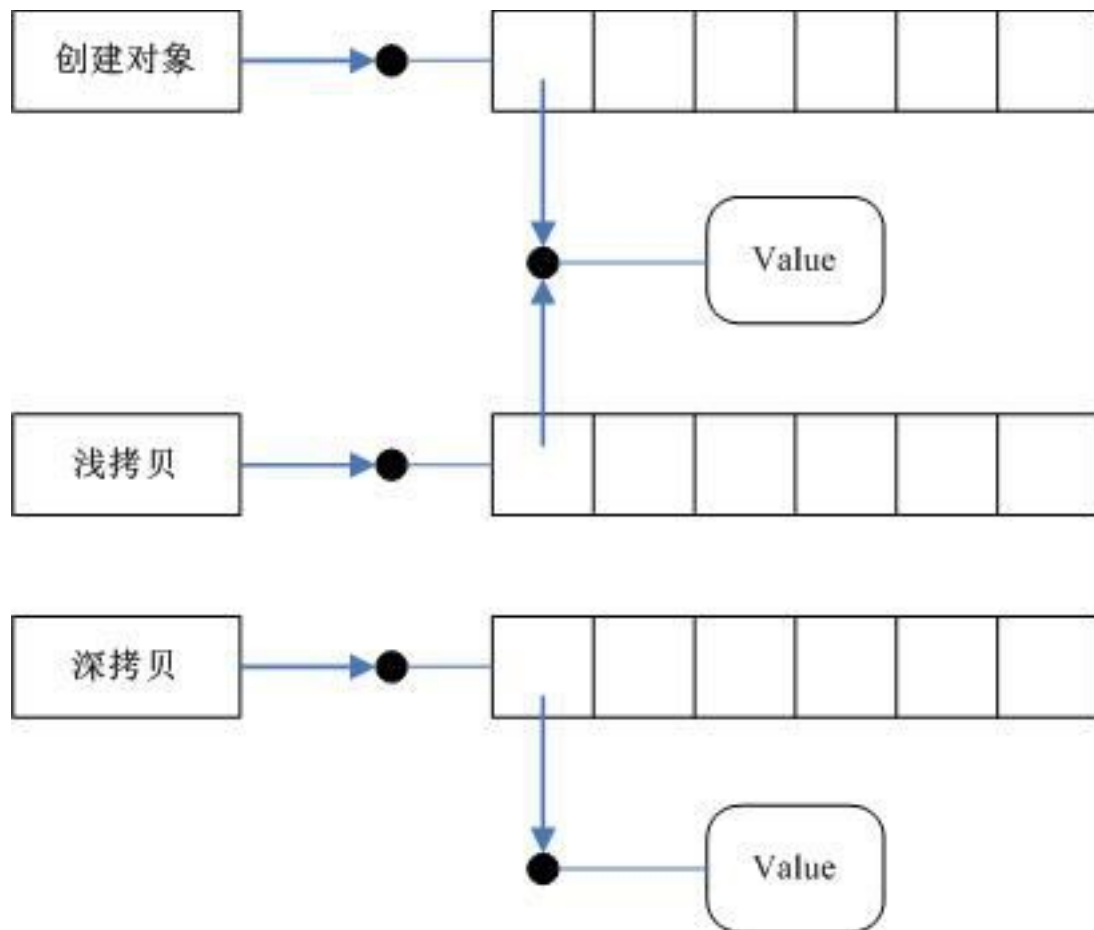
int main(void)
{
    Test t1; //error, 没有合适的构造函数

    return 0;
}

```

4.4.6 浅拷贝与深拷贝

系统提供默认的拷贝构造器,一经定义不再提供。但系统提供的默认拷贝构造器是等位拷贝,也就是通常意义上的浅拷贝。如果类中包含的数据元素全部在栈上,浅拷贝也可以满足需求的。但如果堆上的数据,则会发生多次析构行为。



```
#include <iostream>
using namespace std;

class Name
{
public:
    Name(const char *myp)
    {
        m_len = strlen(myp);
        m_p = (char *) malloc(m_len + 1); //
        strcpy(m_p, myp);
    }

    //Name obj2 = obj1;
    //解决方案：手工的编写拷贝构造函数 使用深copy
    Name(const Name& obj1)
    {
        m_len = obj1.m_len;
        m_p = (char *)malloc(m_len + 1);
        strcpy(m_p, obj1.m_p);
    }

    ~Name()
    {
        if (m_p != NULL)
        {
            free(m_p);
        }
    }
}
```

```

        m_p = NULL;
        m_len = 0;
    }
}
private:
    char *m_p ;
    int m_len;
};

//对象析构的时候 出现coredump
void test()
{
    Name obj1("abcdefg");
    Name obj2 = obj1; //C++编译器提供的 默认的copy构造函数 浅拷贝
    Name obj3("abc");
    //obj3 = obj2; // 当执行=操作的时候, C++编译器也是使用的默认拷贝构造函数, 也是
    浅拷贝
}

int main(void)
{
    test();

    return 0;
}

```

4.4.7 构造函数初始化列表

如果我们有一个类成员，它本身是一个类或者是一个结构，而且这个成员它只有一个带参数的构造函数，没有默认构造函数。这时要对这个类成员进行初始化，就必须调用这个类成员的带参数的构造函数，

如果没有初始化列表，那么他将无法完成第一步，就会报错。

```

#include <iostream>
using namespace std;

class A {
public:
    A(int a) {
        m_a = a;
    }

private:
    int m_a;
};

```

```

class B {
public:
    B(int b) {
        m_b = b;
    }

private:
    int m_b;
    A obja; //当A的对象 是B类的一个成员的时候，在初始化B对象的时候，
            //无法给B 分配空间，因为无法初始化A类对象
};

int main(void)
{
    A obja(10);
    B objb(20); //error,

    return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

class ABC
{
public:
    ABC(int a, int b, int c)
    {
        this->a = a;
        this->b = b;
        this->c = c;

        printf("a:%d,b:%d,c:%d \n", a, b, c);
        printf("ABC construct ..\n");
    }

    ~ABC()
    {
        printf("a:%d,b:%d,c:%d \n", a, b, c);
        printf("~ABC() ..\n");
    }

private:
    int a;
    int b;
    int c;
};

class MyD
{
public:
    MyD():abc1(1,2,3),abc2(4,5,6),m(100)
    {
        cout<<"MyD()"<<endl;
    }
}

```

```

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

private:
    ABC abc1;
    ABC abc2;
    const int m;
};

int main()
{
    MyD myD;
    return 0;
}

```

当类成员中含有一个const对象时，或者是一个引用时，他们也必须要通过成员初始化列表进行初始化，因为这两种对象要在声明后马上初始化，而在构造函数中，做的是对他们的赋值，这样是不被允许的。

初始化列表中的初始化顺序,与声明顺序有关,与前后赋值顺序无关。

4.4.8 强化训练

练习1, 分析下列代码构造器和析构器的执行顺序

```

#include <iostream>
using namespace std;

class ABCD
{
public:
    ABCD(int a, int b, int c)
    {
        _a = a;
        _b = b;
        _c = c;
        printf("ABCD() construct, a:%d,b:%d,c:%d \n", _a, _b, _c);
    }
    ~ABCD()
    {
        printf("~ABCD() construct,a:%d,b:%d,c:%d \n", _a, _b, _c);
    }
    int getA()
    {
        return _a;
    }
}

```

```

    }
private:
    int _a;
    int _b;
    int _c;
};

class MyE
{
public:
    MyE():abcd1(1,2,3),abcd2(4,5,6),m(100)
    {
        cout<<"MyD()"<<endl;
    }
    ~MyE()
    {
        cout<<"~MyD()"<<endl;
    }
    MyE(const MyE & obj):abcd1(7,8,9),abcd2(10,11,12),m(100)
    {
        printf("MyD(const MyD & obj)\n");
    }

public:
    ABCD abcd1; //c++编译器不知道如何构造abcd1
    ABCD abcd2;
    const int m;
};

int doThing(MyE mye1)
{
    printf("doThing() mye1.abcd1.a:%d \n", mye1.abcd1.getA());
    return 0;
}

int run()
{
    MyE mye;
    doThing(mye);

    return 0;
}

int main(void)
{
    run();
    return 0;
}

```

练习2 根据 练习1 分析以下构造器和析构的调用顺序

```

int run2()
{
    printf("run2 start..\n");

    ABCD(400, 500, 600); //临时对象的生命周期

    //ABCD abcd = ABCD(100, 200, 300);

    printf("run2 end\n");
    return 0;
}

```

练习3 构造函数再调构造函数，分析以下代码结果

```

#include <iostream>
using namespace std;

//构造中调用构造是危险的行为
class MyTest
{
public:
    MyTest(int a, int b, int c)
    {
        _a = a;
        _b = b;
        _c = c;
    }

    MyTest(int a, int b)
    {
        _a = a;
        _b = b;

        MyTest(a, b, 100); //产生新的匿名对象
    }
    ~MyTest()
    {
        printf("MyTest~:%d, %d, %d\n", _a, _b, _c);
    }

    int getC()
    {
        return _c;
    }
    void setC(int val)
    {
        _c = val;
    }
}

```

```
private:
    int _a;
    int _b;
    int _c;
};

int main()
{
    MyTest t1(1, 2);
    printf("c:%d\n", t1.getC()); //请问c的值是?

    return 0;
}
```

4.5 对象动态建立和释放 new 和delete

在软件开发过程中，常常需要动态地分配和撤销内存空间，例如对动态链表中结点的插入与删除。在C语言中是利用库函数malloc和free来分配和撤销内存空间的。C++提供了较简便而功能较强的运算符new和delete来取代malloc和free函数。

new和delete是运算符，不是函数，因此执行效率高。

虽然为了与C语言兼容，C++仍保留malloc和free函数，但建议用户不用malloc和free函数，而用new和delete运算符。

```
new int;
    //开辟一个存放整数的存储空间，返回一个指向该存储空间的地址(即指针)
new int(100);
    //开辟一个存放整数的空间，并指定该整数的初值为100，返回一个指向该存储空间的地址

new char[10];
    //开辟一个存放字符数组(包括10个元素)的空间，返回首元素的地址

new int[5][4];
    //开辟一个存放二维整型数组(大小为5*4)的空间，返回首元素的地址

float *p=new float (3.14159);
    //开辟一个存放单精度数的空间，并指定该实数的初值为//3.14159，将返回的该空间的地址
    赋给指针变量p
```

➤ new 运算符动态分配堆内存

使用形式：`指针变量 = new 类型 ( 常量 ) ;`

`指针变量 = new 类型[表达式] ;`

作用：从堆分配一块“类型”大小的存储空间，返回首地址

其中：“常量”是初始化值，可缺省

创建数组对象时，不能为对象指定初始值

➤ delete 运算符释放已分配的内存空间

使用形式：`delete 指针变量 ;`

`delete [] 指针变量 ;`

其中：“指针变量”必须是一个 new 返回的指针

用new分配数组空间时不能指定初值。如果由于内存不足等原因而无法正常分配空间，则new会返回一个空指针NULL，用户可以根据该指针的值判断分配空间是否成功。

malloc不会调用类的构造函数,而new会调用类的构造函数

Free不会调用类的析构函数，而delete会调用类的析构函数

4.6 静态成员变量和成员函数

在 C++ 中,静态成员是属于整个类的而不是某个对象,静态成员变量只存储一份供 所有对象共用。所以在所有对象中都可以共享它。使用静态成员变量实现多个对象之间的数据共享不会破坏隐藏的原则,保证了安全性还可以节省内存。

类的静态成员,属于类,也属于对象,但终归属于类。

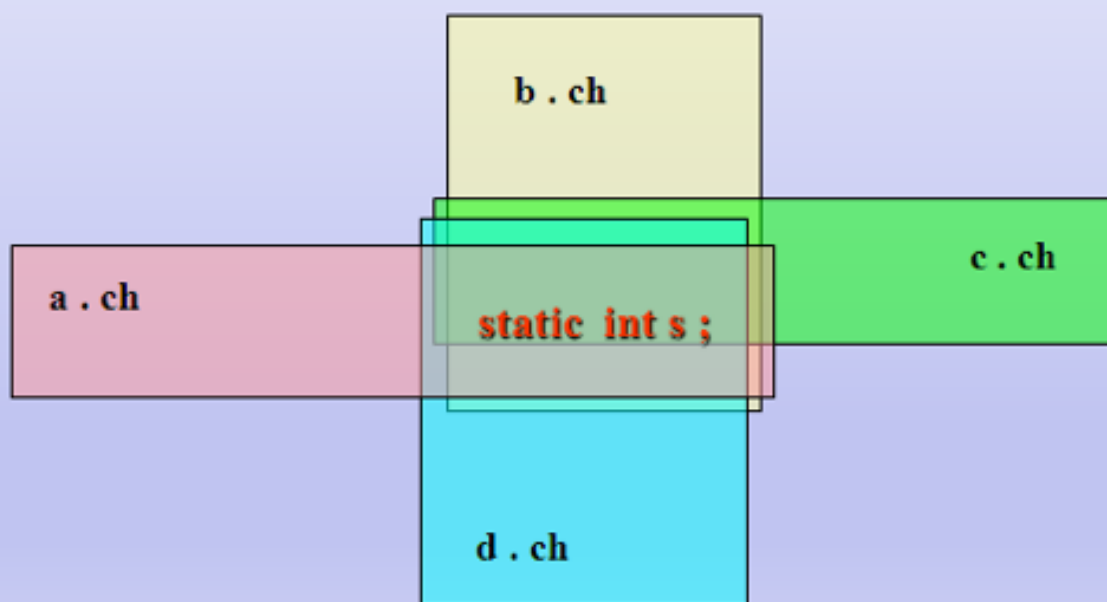
4.6.1 静态成员变量

```
//声明
static 数据类型 成员变量;           //在类的内部

//初始化
数据类型 类名::静态数据成员 = 初值; //在类的外部

//调用
类名::静态数据成员
类对象.静态数据成员
```

```
class X { char ch; static int s; ..... };
int X :: s = 0 ;
X a , b , c , d ;
```



案例：生成一个 Box 类,要求所在 Box 的高度 height 一致。

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Box
{
public:
    Box(int l, int w):length(l),width(w) {

    }

    int volume()
    {
        return length * width * height;
    }

    static int height;
    int length;
    int width;
};

int Box::height = 5;

int main()
{
    // cout<<sizeof(Box)<<endl;
    // Box b(2,3);
    // cout<<sizeof(b)<<endl;

    cout<<Box::height<<endl;
    Box b(1,1);
    cout<<b.height<<endl;
    cout<<b.volume()<<endl;

    return 0;
}
```

- 1.static 成员变量实现了同类对象间信息共享。
- 2.static 成员类外存储,求类大小,并不包含在内。
- 3.static 成员是命名空间属于类的全局变量,存储在 data 区。
- 4.static 成员只能类外初始化。
- 5,可以通过类名访问(无对象生成时亦可),也可以通过对象访问。

4.6.2 静态成员函数

```
//声明  
static 函数声明
```

```
//调用  
类名::函数调用  
类对象.函数调用
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
class Student  
{  
public:  
    Student(int n,int a,float s):num(n),age(a),score(s){}  
  
    void total()  
    {  
        count++;  
        sum += score;  
    }  
  
    static float average();  
  
private:  
    int num;  
    int age;  
    float score;  
    static float sum;  
    static int count;  
};  
  
float Student::sum = 0;  
int Student::count = 0;  
  
float Student::average() {  
    return sum/count;  
}  
  
int main()  
{  
    Student stu[3]= {  
        Student(1001,14,70),  
        Student(1002,15,34),  
        Student(1003,16,90)  
    };  
  
    for(int i=0; i<3; i++) {  
        stu[i].total();  
    }  
}
```

```
    cout<<Student::average()<<endl;

    return 0;
}
```

1,静态成员函数的意义,不在于信息共享,数据沟通,而在于管理静态数据成员,完成对静态数据成员的封装。

2,静态成员函数只能访问静态数据成员。原因:非静态成员函数,在调用时this指针被当作参数传进。而静态成员函数属于类,而不属于对象,没有this指针。

4.7 编译器对属性和方法的处理机制

4.7.1 静态成员占多大

```
#include <iostream>
using namespace std;

class C1
{
    public:
        int i;    //4
        int j;    //4
        int k;    //4
}; //12

class C2
{
    public:
        int i;
        int j;
        int k;

        static int m;    //4
    public:
        int getK() const { return k; } //4
        void setK(int val) { k = val; } //4
};

struct S1
{
    int i;
    int j;
    int k;
}; //12

struct S2
```

```

{
    int i;
    int j;
    int k;
    static int m;
}; //12?

int main()
{
    cout << "c1 : " << sizeof(C1) << endl;
    cout << "c1 : " << sizeof(C2) << endl;
    cout << "c1 : " << sizeof(S1) << endl;
    cout << "c1 : " << sizeof(S2) << endl;

    return 0;
}

```

4.7.2 处理机制

通过上面的案例，我们可以的得出：

C++类对象中的成员变量和成员函数是分开存储的

成员变量：

普通成员变量：存储于对象中，与struct变量有相同的内存布局和字节对齐方式

静态成员变量：存储于全局数据区中

成员函数：存储于代码段中。

很多对象共用一块代码？代码是如何区分具体对象的那？

换句话说：int getK() const { return k; }，代码是如何区分，具体obj1、obj2、obj3对象的k值？

C++编译器对类的成员的内部处理机制类似如下

```
class Test
{
private:
    int mI;
public:
    Test(int i)
    {
        mI = i;
    }

    int getI()
    {
        return mI;
    }

    static void Print()
    {
        printf("This is class Test.\n");
    }
};

Test a(10);
a.getI();
Test::Print();

struct Test
{
    int mI;
};

void Test_initialize(Test* pThis, int i)
{
    pThis->mI = i;
}

int Test_getI(Test* pThis)
{
    return pThis->mI;
}

void Test_Print()
{
    printf("This is class Test.\n");
}

Test a;
Test_initialize(&a, 10);
Test_getI(&a);
Test_Print();
```

- 1、C++类对象中的成员变量和成员函数是分开存储的。C语言中的内存四区模型仍然有效！
- 2、C++中类的普通成员函数都隐式包含一个指向当前对象的**this**指针。
- 3、静态成员函数、成员变量属于类
- 4、静态成员函数与普通成员函数的区别
 - 静态成员函数不包含指向具体对象的指针
 - 普通成员函数包含一个指向具体对象的指针

4.7.3 this指针

```
#include<iostream.h> // 例5-5
class Simple
{ int x, y;
public:
    void setXY ( int a, int b) { x = a ; y = b ; }
    void printXY() { cout << x << " " << y << endl ; } ;
};

void main()
{ Simple obj1, obj2, obj3 ;
  obj1 . setXY ( 10, 15 ) ;
  obj1 . printXY() ;
  obj2 . setXY ( 20, 25 ) ;
  obj2 . printXY() ;
  obj3 . setXY ( 30, 35 ) ;
  obj3 . printXY() ;
}
```

成员函数隐含定义 **this** 指针
接受调用对象的地址

obj1 setXY (10, 15, &obj1) ;

obj1.x		obj1.y	
obj2.x		obj2.y	
obj3.x		obj3.y	

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Test
{
public:
    Test(int a, int b) //--> Test(Test *this, int a, int b)
    {
        this->a = a;
        this->b = b;
    }
    void printT()
    {
        cout<<"a: " <<a <<endl;
        cout<< "b: " << this->b <<endl;
    }
protected:
private:
    int a;
    int b;
};
```

```

int main(void)
{
    Test t1(1, 2);    //==> Test(&t1, 1, 2);
    t1.printT();      // ==> printT(&t1)

    return 0;
}

```

- (1): 若类成员函数的形参和类的属性, 名字相同, 通过this指针来解决。
 (2): 类的成员函数可通过const修饰。

4.7.4 全局函数与成员函数

- 1、把全局函数转化成成员函数, 通过this指针隐藏左操作数
 Test add(Test &t1, Test &t2)==> Test add(Test &t2)
- 2、把成员函数转换成全局函数, 多了一个参数
 void printAB()==> void printAB(Test *pthis)
- 3、函数返回元素和返回引用

```

Test& add(Test &t2) /**this //函数返回引用
{
    this->a = this->a + t2.getA();
    this->b = this->b + t2.getB();
    return *this; /*操作让this指针回到元素状态
}

Test add2(Test &t2) /**this //函数返回元素
{
    //t3是局部变量
    Test t3(this->a+t2.getA(), this->b + t2.getB());
    return t3;
}

```

4.8 强化练习

练习1

某商店经销一种货物。货物购进和卖出时以箱为单位,各箱的重量不一样,因此,商店需要记录目前库存的总重量。现在用C++模拟商店货物购进和卖出的情况。

练习2 数组类封装

目标: 解决实际问题, 训练构造函数、copy构造函数等, 为操作符重载做准备

4.9 友元

采用类的机制后实现了数据的隐藏与封装,类的数据成员一般定义为私有成员,成员函数一般定义为公有的,依此提供类与外界间的通信接口。但是,有时需要定义一些函数,这些函数不是类的一部分,但又需要频繁地访问类的数据成员,这时可以将这些函数定义为该函数的友元函数。除了友元函数外,还有友元类,两者统称为友元。友元的作用是提高了程序的运行效率(即减少了类型检查 and 安全性检查等都需要时间开销),但它破坏了类的封装性和隐藏性,使得非成员函数可以访问类的私有成员。

友元可以是一个函数,该函数被称为友元函数;友元也可以是一个类,该类被称为友元类。

同类对象间无私处

```
MyString::MyString(const MyString & other)
{
    int len = strlen(other._str);
    this->_str = new char[len+1];
    strcpy(this->_str, other._str);
}
```

异类对象间有友元

4.9.1 友元函数

友元函数是可以直接访问类的私有成员的非成员函数。它是定义在类外的普通函数,它不属于任何类,但需要在类的定义中加以声明,声明时只需在友元的名称前加上关键字 friend,其格式如下:

```
friend 类型 函数名(形式参数);
```

一个函数可以是多个类的友元函数,只需要在各个类中分别声明。

全局函数作友元函数

```
#include<iostream>
#include<cmath>

using namespace std;

class Point
{
    public:
        Point(double xx, double yy)
        {
            x = xx;
            y = yy;
        }
        void Getxy();
        friend double Distance(Point &a, Point &b);
    private:
        double x, y;
};

void Point::Getxy()
{
    cout << "(" << x << "," << y << ")" << endl;
}

double Distance(Point &a, Point &b)
{
    double dx = a.x - b.x;
    double dy = a.y - b.y;
    return sqrt(dx*dx + dy*dy);
}

int main(void)
{
    Point p1(3.0, 4.0), p2(6.0, 8.0);
    p1.Getxy();
    p2.Getxy();
    double d = Distance(p1, p2);
    cout << "Distance is " << d << endl;

    return 0;
}
```

类成员函数作友元函数

```
#include<iostream>
#include<cmath>
using namespace std;

class Point;
//前向声明,是一种不完全型声明,即只需提供类名(无需提供类实现)即可。仅可用 于声明指针和引用。

class ManagerPoint
{
    public:
        double Distance(Point &a, Point &b);
};

class Point
{
    public:
        Point(double xx, double yy)
        {
            x = xx;
            y = yy;
        }
        void Getxy();
        friend double ManagerPoint::Distance(Point &a, Point &b);
    private:
        double x, y;
};

void Point::Getxy()
{
    cout << "(" << x << "," << y << ")" << endl;
}

double ManagerPoint::Distance(Point &a, Point &b) {
    double dx = a.x - b.x;
    double dy = a.y - b.y;

    return sqrt(dx*dx + dy*dy);
}

int main(void)
{
    Point p1(3.0, 4.0), p2(6.0, 8.0);
    p1.Getxy();
    p2.Getxy();
    ManagerPoint mp;
    float d = mp.Distance(p1,p2);
    cout << "Distance is " << d<< endl;

    return 0;
}
```

4.9.2 友元对象

友元类的所有成员函数都是另一个类的友元函数,都可以访问另一个类中的隐藏信息(包括私有成员和保护成员)。

当希望一个类可以存取另一个类的私有成员时,可以将该类声明为另一类的友元类。定义友元类的语句格式如下:

```
friend class 类名;
```

其中:friend 和 class 是关键字,类名必须是程序中的一个已定义过的类。

例如,以下语句说明类 B 是类 A 的友元类:

```
class A
{
    ...
    public:
        friend class B;
    ...
};
```

经过以上说明后,类 B 的所有成员函数都是类 A 的友元函数,能存取类 A 的私有成员和保护成员。

```
class A
{
    public:
        inline void Test()
        {
        }
    private:
        int x ,y; friend Class B;
}
class B
{
    public:
        inline void Test()
        {
            A a;
            printf("x=%d,y=%d".a.x,a.y);
        }
}
```

4.9.3 论友元

声明位置

友元声明以关键字 `friend` 开始,它只能出现在类定义中。因为友元不是授权类的成员,所以它不受其所在类的声明区域 `public` `private` 和 `protected` 的影响。通常我们选择把所有友元声明组织在一起并放在类头之后。

友元的利弊

友元不是类成员,但是它可以访问类中的私有成员。友元的作用在于提高程序的运行效率,但是,它破坏了类的封装性和隐藏性,使得非成员函数可以访问类的私有成员。不过,类的访问权限确实在某些应用场合显得有些呆板,从而容忍了友元这一特别语法现象。

注意事项

- (1) 友元关系不能被继承。
- (2) 友元关系是单向的,不具有交换性。若类 B 是类 A 的友元,类 A 不一定是类 B 的友元,要看在类中是否有相应的声明。
- (3) 友元关系不具有传递性。若类 B 是类 A 的友元,类 C 是 B 的友元,类 C 不一定是类 A 的友元,同样要看类中是否有相应的声明。

4.10 运算符重载

所谓重载,就是重新赋予新的含义。函数重载就是对一个已有的函数赋予新的含义,使之实现新功能,因此,一个函数名就可以用来代表不同功能的函数,也就是“一名多用”。

运算符也可以重载。实际上,我们已经在不知不觉之中使用了运算符重载。例如,大家都已习惯于用加法运算符“+”对整数、单精度数和双精度数进行加法运算,如 `5+8`, `5.8+3.67` 等,其实计算机对整数、单精度数和双精度数的加法操作过程是很不相同的,但由于 C++ 已经对运算符“+”进行了重载,所以就能适用于 `int`, `float`, `double` 类型的运算。

又如“<<”是 C++ 的位运算中的位移运算符(左移),但在输出操作中又是与流对象 `cout` 配合使用的流插入运算符,“>>”也是位移运算符(右移),但在输入操作中又是与流对象 `cin` 配合使用的流提取运算符。这就是运算符重载(operator overloading)。C++ 系统对“<<”和“>>”进行了重载,用户在不同的场合下使用它们时,作用是不同的。对“<<”和“>>”的重载处理是放在头文件 `stream` 中

的。因此，如果要在程序中用“<<”和“>>”作流插入运算符和流提取运算符，必须在本文件模块中包含头文件stream(当然还应当包括“using namespace std”)。现在要讨论的问题是：用户能否根据自己的需要对C++已提供的运算符进行重载，赋予它们新的含义，使之一名多用。

运算符重载的本质是函数重载。

重载函数的一般格式如下：

```
函数类型 operator 运算符名称(形参表列) {  
    重载实体;  
}
```

operator 运算符名称 在一起构成了新的函数名。比如

```
const Complex operator+(const Complex &c1,const Complex &c2);
```

我们会说,operator+ 重载了重载了运算符+。

4.10.1 友元重载

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
class Complex  
{  
public:  
    Complex(float x=0, float y=0) :_x(x),_y(y){}  
  
    void dis() {  
        cout<<"("<<_x<<" "<<_y<<")"<<endl;  
    }  
    friend const Complex operator+(const Complex &c1,const Complex &c2);  
private:  
    float _x;  
    float _y;  
};  
  
const Complex operator+(const Complex &c1,const Complex &c2) {  
    return Complex(c1._x + c2._x,c1._y + c2._y);  
}  
  
int main() {  
  
    Complex c1(2,3);  
    Complex c2(3,4);
```

```

    c1.dis();
    c2.dis();

    Complex c3 = c1+c2;
    //Complex c3 = operator+(c1,c2);
    c3.dis();

    return 0;
}

```

4.10.2 成员重载

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Complex
{
public:
    Complex(float x=0, float y=0) :_x(x),_y(y){}
    void dis() {
        cout<<"("<<_x<<","<<_y<<")"<<endl;
    }

    friend const Complex operator+(const Complex &c1,const Complex &c2);

    const Complex operator+(const Complex &another);
private:
    float _x;
    float _y;
};

const Complex operator+(const Complex &c1,const Complex &c2)
{
    cout<<"友元函数重载"<<endl;
    return Complex(c1._x + c2._x,c1._y + c2._y);
}

const Complex Complex::operator+(const Complex & another)
{
    cout<<"成员函数重载"<<endl;
    return Complex(this->_x + another._x,this->_y + another._y);
}

int main()
{
    Complex c1(2,3);
    Complex c2(3,4);

    c1.dis();
    c2.dis();
}

```

```

//Complex c3 = c1+c2;
//Complex c3 = operator+(c1,c2);
Complex c3 = c1+c2;
c3.dis();

return 0;
}

```

```

int a = 3;
int b = 4;

```

(a+b) = 100; 这种语法是错的,所以重载函数的返回值必须是 `const`

4.10.2 重载规则

(1)C++不允许用户自己定义新的运算符,只能对已有的 C++运算符进行重载。

例如,有人觉得 BASIC 中用 “**” 作为幂运算符很方便,也想在 C++中将 “*” 定义为幂运算符,用 “3**5” 表示 35,这是不行的。

(2)C++允许重载的运算符

C++中绝大部分运算符都是可以被重载的。

可以被重载的操作符

new	new[]	delete	delete[]	+	-	*
/	%	^	&		~	!
=	<	>	+=	-=	*=	/=
%=	^=	&=	=	<<	>>	<<=
>>=	==	!=	<=	>=	&&	
++	--	,	->*	->	()	[]

() -----> 函数调用操作符 [] 是下标操作符

不能重载的运算符只有 4 个:

前两个运算符不能重载是为了保证访问成员的功能不能被改变, 域运算符 `sizeof` 运算符的运算对象是类型而不是变量或一般表达式, 不具备重载的特征。

3)重载不能改变运算符运算对象(即操作数)的个数。

如, 关系运算符 “>” 和 “<” 等是双目运算符, 重载后仍为双目运算符, 需要两个参数。运算符 “+”, “-”, “*”, “&” 等既可以作为单目运算符, 也可以作为双目运算符, 可以分别将它们重载为单目运算符或双目运算符。

4)重载不能改变运算符的优先级别。

例如 “*” 和 “/” 优先级高于 “+” 和 “-”, 不论怎样进行重载, 各运算符之间的优先级不会改变。有时在程序中希望改变某运算符的优先级, 也只能使用加括号的方法 强制改变重载运算符的运算顺序。

(5)重载不能改变运算符的结合性。

如, 复制运算符 “=” 是右结合性(自右至左), 重载后仍为右结合性。

(6)重载运算符的函数不能有默认的参数

否则就改变了运算符参数的个数, 与前面第(3)点矛盾。

(7)重载的运算符必须和用户定义的自定义类型的对象一起使用,其参数至少应有一个是类对象(或类对象的引用)。

也就是说, 参数不能全部是 C++ 的标准类型, 以防止用户修改用于标准类型数据成员的运算符的性质, 如下面这样是不对的:

复制代码 代码如下:

```
int operator + (int a,int b) {  
    return(a-b); }
```

原来运算符+的作用是对两个数相加, 现在企图通过重载使它的作用改为两个数相减。如果允许这样重载的话, 如果有表达式 `4+3`, 它的结果是 7 还是 1 呢?显然, 这是绝对要禁止的。

(8)用于类对象的运算符一般必须重载,但有两个例外,运算符 “=” 和运算符 “&” 不必用户重载。

复制运算符” = “可以用于每一个类对象,可以用它在同类对象之间相互赋值。因为系统已为每一个新声明的类重载了一个赋值运算符,它的作用是逐个复制类中的数据 成员地址运算符&也不必重载,它能返回类对象在内存中的起始地址。

(9)应当使重载运算符的功能类似于该运算符作用于标准类型数据时候时所实现的功能。

例如,我们会去重载” + “以实现对象的相加,而不会去重载” + “以实现对象相减的功能,因为这样不符合我们对” + “原来的认知。

(10)运算符重载函数可以是类的成员函数,也可以是类的友元函数,还可以是既非类的成员函数也不是友元函数的普通函数

4.10.3 双目运算符重载

```
//使用: L#R  
operator#(L,R); //全局函数  
L.operator#(R); //成员函数
```

```
operator+=  
  
#include <iostream>  
using namespace std;  
class Complex  
{  
public:  
    Complex(float x=0, float y=0) :_x(x),_y(y){}  
  
    void dis()  
    {  
        cout<<"("<<_x<<","<<_y<<")"<<endl;  
    }  
  
    Complex& operator+=(const Complex &c)  
    {  
        this->_x += c._x; this->_y += c._y;  
        return * this;  
    }  
  
private:  
    float _x;  
    float _y;  
};  
  
int main()  
{  
    // int a=10,b=20,c=30;  
    // a+=b;  
    // b+=c;
```

```

// cout<<"a = "<<a<<endl;
// cout<<"b = "<<b<<endl;
// cout<<"c = "<<c<<endl;
// Complex a1(10,0),b1(20,0), c1(30,0);
// 此时的+=重载函数返回 void
// a1 += b1;
// b1 += c1;
// a1.dis();
// b1.dis();
// c1.dis();

//-----
// int a=10,b=20,c=30;
// a+=b+=c;
// cout<<"a = "<<a<<endl;
// cout<<"b = "<<b<<endl;
// cout<<"c = "<<c<<endl;
// Complex a1(10,0),b1(20,0), c1(30,0);
//此时重载函数+=返回的是 Complex // a1+=b1+=c1;
// a1.dis();
// b1.dis();
// c1.dis();

//-----
int a = 10, b = 20, c = 30;
(a += b) += c;
cout<<"a = "<<a<<endl;
cout<<"b = "<<b<<endl;
cout<<"c = "<<c<<endl;
Complex a1(10,0),b1(20,0), c1(30,0);
// 此时重载函数+=返回的是 Complex &
// 一定要注意在连等式中,返回引用和返回对象的区别
(a1 += b1) += c1;
a1.dis();
b1.dis();
c1.dis();

return 0;
}

```

operator-=

```

friend Complex& operator-=(Complex &c1, const Complex & c2)
{
}

```

4.10.4 单目运算符重载

//使用: #M 或者 M#

```
operator#(M);    //全局函数
M.operator#()    //成员函数
```

不可以被重载的操作符

- 成员选择符
- .* 成员对象选择符
- :: 域解析操作符
- ?: 条件操作符

除了赋值号(=)外，基类中被重载的操作符都将被派生类继承

operator++ 前加加

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Complex
{
public:
    Complex(float x=0, float y=0)
        :_x(x),_y(y){}

    void dis()
    {
        cout<<"("<<_x<<","<<_y<<")"<<endl;
    }

    friend Complex & operator++(Complex& c);
private:
    float _x;
    float _y;
};

Complex & operator++(Complex& c)
{
    c._x++;
    c._y++;

    return c;
}

int main()
```

```

{
    int n = 10;
    cout<<n<<endl;      //10
    cout<<++n<<endl;     //11
    cout<<n<<endl;       //11
    cout<<++++n<<endl;   //13
    cout<<n<<endl;

    Complex c(10,10);
    c.dis();             //10 10
    Complex c2=++c;
    c2.dis();            //11 11
    c.dis();             //11 11
    c2 = ++++c;
    c2.dis();            //13 13
    c.dis();             //13 13

    return 0;
}

```

operator++ 后加加

```

#include <iostream>
using namespace std;
class Complex
{
public:
    Complex(float x=0, float y=0):_x(x),_y(y){}
    void dis()
    {
        cout<<"("<<_x<<","<<_y<<")"<<endl;
    }

#if 0
    const Complex operator++(int)
    {
        Complex t = *this; _x++;
        _y++;
        return t;
    }
#endif

    friend const Complex operator++(Complex &c,int);
private:
    float _x;
    float _y;
};

const Complex operator++(Complex &c,int)
{
    Complex t(c._x,c._y); c._x++;
    c._y++;

    return t;
}

```

```

}

int main()
{
    int n = 10;
    cout<<n<<endl;    //10
    cout<<n++<<endl;   //10
    cout<<n<<endl;     //11
    // cout<<n++++<<endl; //13 后++表达式不能连用
    cout<<n<<endl; //11

    Complex c(10);
    c.dis();
    Complex c2 = c++;
    c2.dis();
    c.dis();

    //c2 = c++++;
    //c2.dis();
    c.dis();

    return 0;
}

```

4.10.5 输入输出运算符重载

```

istream & operator>>(istream &,自定义类&);
ostream & operator<<(ostream &,自定义类&);

```

通过友元来实现, 避免修改 c++的标准库。

operator<< 和 operator>>

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Complex {
public:
    Complex(float x=0, float y=0)
        :_x(x),_y(y){}

    void dis() {
        cout<<"("<<_x<<","<<_y<<")"<<endl;
    }
    friend ostream & operator<<(ostream &os, const Complex & c);
    friend istream & operator>>(istream &is, Complex &c);

private:
    float _x;
    float _y;
};

ostream & operator<<(ostream &os, const Complex & c)

```

```

{
    os<<"("<<c._x<<" "<<c._y<<")";
    return os;
}

istream & operator>>(istream &is, Complex &c)
{
    is>>c._x>>c._y;
    return is;
}

int main()
{
    Complex c(2,3);

    cout<<c<<endl;

    cin>>c;

    cout<<c<<endl;

    return 0;
}

```

4.10.6 友元还是成员

假设,我们有类 Sender 类和 Mail 类,实现发送邮件的功能。

sender<< mail;

sender 左操作数,决定了 operator<<为 Sender 的成员函数,而 mail 决定了 operator<<要作 Mail 类的友员。

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Mail;

class Sender
{
public:
    Sender(string s):_addr(s){}
    Sender& operator<<(const Mail & mail); //成员

private:
    string _addr;
};

class Mail
{
public:

```

```

    Mail(string _t,string _c ):_title(_t),_content(_c){}
    friend Sender& Sender::operator<<(const Mail & mail);
private:
    string _title;
    string _content;
};

Sender& Sender::operator<<(const Mail & mail)
{
    cout<<"Address:"<<_addr<<endl;
    cout<<"Title : "<<mail._title<<endl;
    cout<<"Content:"<<mail._content<<endl;

    return *this;
}

int main()
{
    Sender sender("danbing_at@gmail.com");

    Mail mail("note","meeting at 3:00 pm");
    Mail mail2("tour","One night in beijing");

    sender<<mail<<mail2;

    return 0;
}

```

结论:

- 1,一个操作符的左右操作数不一定是相同类型的对象,这就涉及到将该操作符函数定义为谁的友元,谁的成员问题。
- 2,一个操作符函数,被声明为哪个类的成员,取决于该函数的调用对象(通常是左操作数)。
- 3,一个操作符函数,被声明为哪个类的友元,取决于该函数的参数对象(通常是右操作数)。

4.10.7 运算符重载提高

(1) 赋值运算符重载 (operator=)

用一个已有对象,给另外一个已有对象赋值。两个对象均已创建结束后,发生的赋值行为。

```
类名  
{  
    类名& operator=(const 类名& 源对象) 拷贝体  
}
```

```
class A  
{  
    A& operator=(const A& another)  
    {  
        //函数体  
        return *this;  
    }  
};
```

规则

- 1 系统提供默认的赋值运算符重载,一经实现,不复存在。
- 2 系统提供的也是等位拷贝,也就浅拷贝,一个内存泄漏,重析构。
- 3 要实再深深的赋值,必须自定义。
- 4 自定义面临的问题有三个:
 - 1,自赋值
 - 2,内存泄漏
 - 3,重析构。
- 5 返回引用,且不能用 **const** 修饰。其目的是实现连等式。

(2) 数组下标运算符 (operator[])

```
类型 类 :: operator[] ( 类型 );
```

设 x 是类 X 的一个对象,则表达式

x [y]

可被解释为

x . operator [] (y)

```

#include<iostream.h>
class vector
{ public :
    vector ( int n ) { v = new int [ n ] ; size = n ; }
    ~ vector ( ) { delete [ ] v ; size = 0 ; }
    int & operator [ ] ( int i ) { return v [ i ] ; }
private :
    int * v ;    int size ;
};
void main ( )
{ vector a ( 5 ) ;
  a [ 2 ] = 12 ;
  cout << a [ 2 ] << endl ;
}

```

返回元素的引用
this -> v[i]

```

#include<iostream.h>
class vector
{ public :
    vector ( int n ) { v = new int [ n ] ; size = n ; }
    ~ vector ( ) { delete [ ] v ; size = 0 ; }
    int & operator [ ] ( int i ) { return v [ i ] ; }
private :
    int * v ;    int size ;
};
void main ( )
{ vector a ( 5 ) ;
  a [ 2 ] = 12 ;
  cout << a [ 2 ] << endl ;
}

```

返回引用的函数调用
作左值

练习：实现一个数组类，要求有<<, >>等重载

(3) 函数调用符号 (operator ())

把类对象像函数名一样使用。

仿函数(functor),就是使一个类的使用看上去象一个函数。其实现就是类中实现一个operator(),这个类就有了类似函数的行为,就是一个仿函数类了。

```
class 类名 {  
    返回值类型 operator()(参数类型) 函数体  
}
```

```
#include <iostream>  
  
using namespace std;  
class Sqr  
{  
    public:  
        int operator()(int i)  
        {  
            return i*i;  
        }  
        double operator()(double d)  
        {  
            return d*d;  
        }  
};  
  
int main()  
{  
    Sqr sqr;  
  
    int i = sqr(4);  
    double d = sqr(5.5);  
  
    cout<<i<<endl;  
    cout<<d<<endl;  
  
    return 0;  
}
```

(4) 不可重载&&和||操作符

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Test
{
public:
    Test(int i = 0)
    {
        this->i = i;
    }

    Test operator+ (const Test& obj)
    {
        cout<<"执行+号重载函数"<<endl;
        Test ret;
        ret.i = i + obj.i;
        return ret;
    }

    bool operator&&(const Test& obj)
    {
        cout<<"执行&&重载函数"<<endl;
        return i && obj.i;
    }

private:
    int i;
};

int main()
{
    int a1 = 0;
    int a2 = 1;

    cout<<"注意：&&操作符的结合顺序是从左向右"<<endl;

    if( a1 && (a1 + a2) )
    {
        cout<<"有一个是假，则不在执行下一个表达式的计算"<<endl;
    }

    Test t1(0);
    Test t2(1);

    if ( t1 && (t1 + t2) )
    {
        //t1 && t1.operator(t2)
        // t1.operator&&( t1.operator+(t2) )
        cout<<"两个函数都被执行了，而且是先执行了+"<<endl;
    }
}
```

```
    return 0;
}
```

C++如果重载&&或者||将无法实现短路规则

练习 实现一个字符串类

构造函数要求

```
MyString a;
MyString a("dddd");
MyString b = a;
```

常用的操作符

```
<< >> != == > < = []
```

(7) 解引用与智能指针

常规意义上讲,new 或是 malloc 出来的堆上的空间,都需要手动 delete 和 free 的。但在其它高级语言中,只需申请无需释放的功能是存在的。

c++中也提供了这样的机制。我们先来探究一下实现原理。

常规应用

```
void foo()
{
    A*p = new A;

    // do something

    delete p;
}
```

智能指针

```
#include <iostream>
#include <memory>

using namespace std;

class A
```

```

{
public:
    A() {
        cout<<"A constructor"<<endl;
    }
    ~A() {
        cout<<"A destructor"<<endl;
    }

    void dis() {
        cout <<"class A's dis() " <<endl;
    }
};

int main()
{
    //使用智能指针 auto_ptr
    auto_ptr<A> p (new A);

    p->dis();

    return 0;
}

```

自定义智能指针

```

#include <iostream>
#include <memory>
using namespace std;

class A
{
public:
    A()
    {
        cout<<"A constructor"<<endl;
    }
    ~A()
    {
        cout<<"A destructor"<<endl;
    }

    void dis()
    {
        cout<<"in class A's dis"<<endl;
    }
};

class PMA
{
public:
    PMA(A *p) :_p(p){}
}

```

```

~PMA()
{
    delete _p;
}

A& operator*()
{
    return *_p;
}

A* operator->()
{
    return _p;
}
private:
    A *_p;
};

```

->和* 重载格式

```

类名& operator*() {
    函数体
}

类名* operator->() {
    函数体
}

```

作业



作业1 设计TDate类

定义一个处理日期的类 TDate, 它有 3 个私有数据成员:Month,Day,Year 和若干个 公有成员函数, 并实现如下要求:

- 1构造函数重载
- 2成员函数设置缺省参数
- 3可使用不同的构造函数来创建不同的对象
- 4定义一个友元函数来打印日期

作业2 设计一个矩阵类

设计一个 3*3 的矩阵类 class Matrix, 通过一数组进行初始化。

要求如下:

- 1默认构造(初始化为 0),有参构造(数组作实参)
- 2重载+ / +=
- 3重载* / *=
- 4实现输出

```
class Matrix
{
public:
    Matrix(void);
    Matrix(int p[][3]);
private:
    int data[3][3];
};
```

5. 继承和派生

在 C++ 中 **可重用性** (software reusability) 是通过继承 (inheritance) 这一机制来实现的。如果没有掌握继承性, 就没有掌握类与对象的精华。

5.1 类和类之间的关系

has-A, uses-A 和 is-A

has-A 包含关系, 用以描述一个类由多个“部件类”构成。实现 has-A 关系用类成员表示, 即一个类中的数据成员是另一种已经定义的类。

uses-A 一个类部分地使用另一个类。通过类之间成员函数的相互联系, 定义友员或对象参数传递实现。

is-A 机制称为“继承”。关系具有传递性, 不具有对称性。

5.2 什么是继承

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Student
{
public:
    void dis() {
        cout<<name<<endl;
        cout<<age<<endl;
    }

    string name;
    int age;
};
```

重写:

```
class Student2
{
public:
    void dis() {
        cout<<name<<endl;
        cout<<age<<endl;
        cout<<sex<<endl;
        cout<<score<<endl;
    }
}
```

```
private:
    string name;
    int age;
    char sex;
    float score;
};
```

继承：

```
class Student2:public Student
{
public:
    Student2(string n,int a,char s,float f)
    {
        name = n; age = a; sex = s; score = f;
    }

    void dis() {
        Student::dis();
        cout<<sex<<endl;
        cout<<score<<endl;
    }

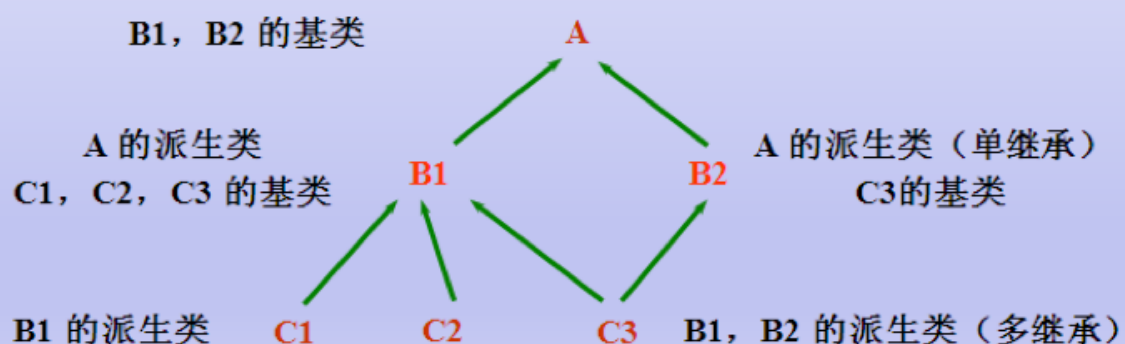
    char sex;
    float score;
};
```

定义：

类的继承,是新的类从已有类那里得到已有的特性。或从已有类产生新类的过程就是类的派生。原有的类称为基类或父类,产生的新类称为派生类或子类。

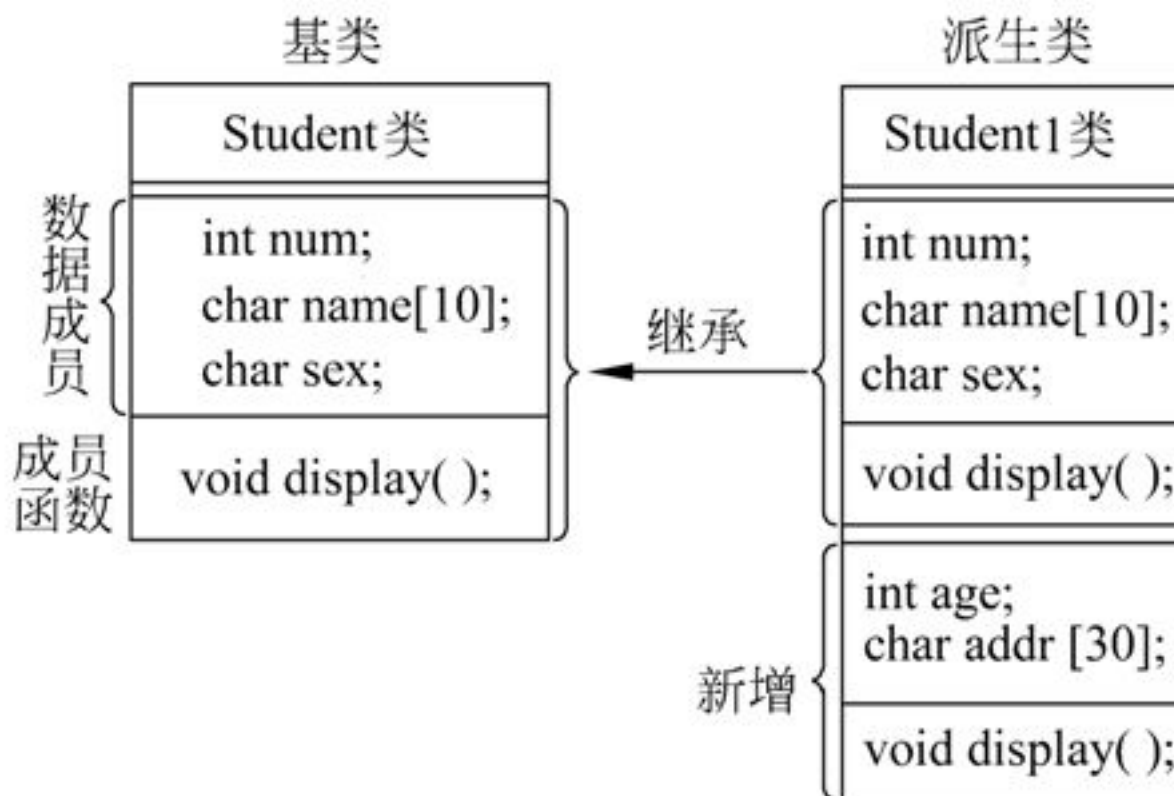
派生与继承,是同一种意义两种称谓。 isA 的关系。

- **继承** 是类之间定义的一种重要关系
- 一个 B 类继承A类，或称从类 A 派生类 B
类 A 称为基类（父类），类 B 称为派生类（子类）



派生类的组成

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。



几点说明:

1,全盘接收,除了构造器与析构器。基类有可能会造成派生类的成员冗余,所以说基类是需设计的。

2,派生类有了自己的个性,使派生类有了意义。

5.3 继承的方式

5.3.1 语法

```
class 派生类名:[继承方式] 基类名 {  
    派生类成员声明;  
};
```

一个派生类可以同时有多个基类,这种情况称为多重继承,派生类只有一个基类,称为单继承。下面从单继承讲起。

5.3.2 protected 访问控制

protected 对于外界访问属性来说,等同于私有,但可以派生类中可见。

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Base
{
public:
    int pub;
protected:
    int pro;
private:
    int pri;
};

class Drive:public Base {
public:
    void func() {
        pub = 10;
        pro = 100;
        //pri = 1000;//error
    }
};

int main(void)
{
    Base b;
    b.pub = 10;
    //b.pro = 100; //error
    //b.pri = 1000;//error

    return 0;
}
```

5.3.3 派生类成员的标识和访问

	public	protected	private
公有继承(public)	public	protected	不可见
保护继承(protected)	protected	protected	不可见
私有继承(private)	private	private	不可见

public 公有继承

当类的继承方式为公有继承时,基类的公有和保护成员的访问属性在派生类中 不变,而基类的私有成员不可访问。即基类的公有成员和保护成员被继承到派生类 中仍作为派生类的公有成员和保护成员。派生类的其他成员可以直接访问它们。无 论派生类的成员还是派生类的对象都无法访问基类的私有成员。

private 私有继承

当类的继承方式为私有继承时,基类中的公有成员和保护成员都以私有成员身 份出现在派生类中,而基类的私有成员在派生类中不可访问。基类的公有成员和保 护成员被继承后作为派生类的私有成员,派生类的其他成员可以直接访问它们,但 是在类外部通过派生类的对象无法访问。无论是派生类的成员还是通过派生类的对 象,都无法访问从基类继承的私有成员。通过多次私有继承 后,对于基类的成员都 会成为不可访问。因此私有继承比较少用。

protected 保护继承

保护继承中,基类的公有成员和私有成员都以保护成员的身份出现在派生类 中,而基类的私有成员不可访问。派生类的其他成员可以直接访问从基类继承来的 公有和保护成员,但是类外部通过派生类的对象无法访问它们,无论派生类的成员 还是派生类的对象,都无法访问基类的私有成员。

private成员在子类中依然存在，但是却无法访问到。不论何种方式继承基类，派生类都不能直接使用基类的私有成员。

如何恰当的使用public, protected和private为成员声明访问级别？

- 1、需要被外界访问的成员直接设置为public
- 2、只能在当前类中访问的成员设置为private
- 3、只能在当前类和子类中访问的成员设置为protected , protected成员的访问权限介于public和private之间。

练习: 分析下列代码的访问权限

```
#include <iostream>
using namespace std;

class A
{
private:
    int a;
protected:
    int b;
public:
    int c;
    A()
    {
        a = 0;
        b = 0;
        c = 0;
    }
    void set(int a, int b, int c)
    {
        this->a = a;
        this->b = b;
        this->c = c;
    }
};

class B : public A
{
public:
    void print()
    {
        cout<<"a = "<<a;    //能否访问???
        cout<<"b = "<<b;    //能否访问???
        cout<<"c = "<<endl; //能否访问???
    }
};

class C : protected A
{
public:
    void print()
    {
        cout<<"a = "<<a;    //能否访问???
        cout<<"b = "<<b;    //能否访问???
        cout<<"c = "<<endl; //能否访问???
    }
};

class D : private A
{
public:
    void print()
```

```

    {
        cout<<"a = "<<a;          //能否访问???
        cout<<"b = "<<b<<endl;    //能否访问???
        cout<<"c = "<<c<<endl;    //能否访问???
    }
};

int main(void)
{
    A aa;
    B bb;
    C cc;
    D dd;

    aa.c = 100;          //能否访问???
    bb.c = 100;          //能否访问???
    cc.c = 100;          //能否访问???
    dd.c = 100;          //能否访问???

    aa.set(1, 2, 3);     //能否访问???
    bb.set(10, 20, 30);  //能否访问???
    cc.set(40, 50, 60);  //能否访问???
    dd.set(70, 80, 90);  //能否访问???

    bb.print();          //能否访问???
    cc.print();          //能否访问???
    dd.print();          //能否访问???

    return 0;
}

```

5.4 继承中的构造和析构

5.4.1 类型兼容性原则

类型兼容规则是指在需要基类对象的任何地方，都可以使用公有派生类的对象来替代。通过公有继承，派生类得到了基类中除构造函数、析构函数之外的所有成员。这样，公有派生类实际就具备了基类的所有功能，凡是基类能解决的问题，公有派生类都可以解决。

类型兼容规则中所指的替代包括以下情况：

子类对象可以当作父类对象使用

子类对象可以直接赋值给父类对象

子类对象可以直接初始化父类对象

父类指针可以直接指向子类对象

父类引用可以直接引用子类对象

在替代之后，派生类对象就可以作为基类的对象使用，但是只能使用从基类继承的成员。

子类就是特殊的父类 ($base *p = \&child;$)

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Parent
{
public:
    void printP()
    {
        cout << "parent...." << endl;
    }
};

class Child : public Parent
{
public:
    void printC()
    {
        cout << "child..." << endl;
    }
};

void print01(Parent *p)
{
    p->printP();
}

void print02(Parent &p)
{
    p.printP();
}

int main()
{
    Child c1;
    c1.printC();

    Parent *p = NULL;
    //可以用父类指针 指向 子类对象
    p = &c1;
    p->printP(); //执行父类的函数
```

```

Child  c2;
Parent p2;

print01(&p2);
print01(&c2);    //父类指针指向子类对象

print02(p2);
print02(c2);    //父类引用指向子类对象

//第二层含义 用子类初始化父类对象
Child  c3;
Parent p3 = c3;

return 0;
}

```

5.4.2 继承中的对象模型

类在C++编译器的内部可以理解为结构体,子类是由父类成员叠加子类新成员得到的.

公有继承的测试

```

#include<iostream>
class A
{ public :
    void get_XY() { cout << "Enter two numbers of x, y : "; cin >> x >> y; }
    void put_XY() { cout << "x = " << x << ", y = " << y << '\n'; }
    protected: int x, y;
};
class B : public A
{ public :
    int get_S() { return s; };
    void make_S() { s = x * y; }; // 使用基类数据成员
    protected: int s;
};
class C : public B
{public :
    void get_H() { cout << "Enter a number of h : "; cin >> h; }
    int get_V() { return v; }
    void make_V() { make_S(); v = get_S() * h; } // 使用基类成员函数
    protected: int h, v;
};

```

```
void main()
```

```
{ A objA ;
```

```
  B objB ;
```

```
  C objC ;
```

```
  cout << "It is object_A :\n" ;
```

```
  objA.get_XY() ;
```

```
  objA.put_XY() ;
```

```
  cout << "It is object_B :\n" ;
```

```
  objB.get_XY() ;
```

```
  objB.make_S() ;
```

```
  cout << "S = " << objB.get_S() << endl ;
```

```
  cout << "It is object_C :\n" ;
```

```
  objC.get_XY() ;
```

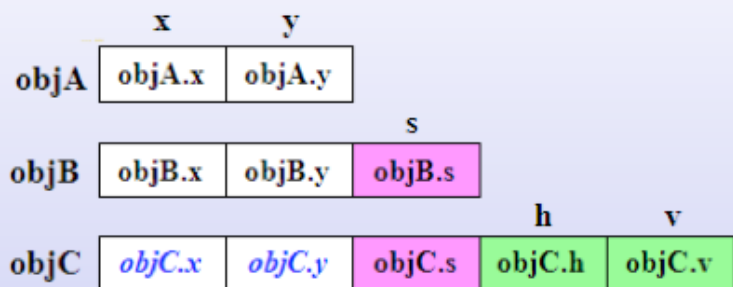
```
  objC.get_H() ;
```

```
  objC.make_V() ;
```

```
  cout << "V = " << objC.get_V() << endl ;
```

```
}
```

公有继承的测试



调用基类A成员函数
对 objC 的数据成员操作

问题：如何初始化父类成员？

父类与子类的构造函数有什么关系？

在子类对象构造时，需要调用父类构造函数对其继承得来的成员进行初始化。

在子类对象析构时，需要调用父类析构函数对其继承得来的成员进行清理。

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Parent
{
public:
    Parent(const char* s)
    {
        this->s = s;
        cout << "Parent()" << " " << s << endl;
    }
}
```

```

    ~Parent()
    {
        cout<<"~Parent()"<<endl;
    }
private:
    const char *s;
};

class Child : public Parent
{
public:
    Child(int a) : Parent("Parameter from Child!")
    {
        cout<<"Child()"<<endl;
        this->a = a;
    }

    Child(int a, const char *s) : Parent(s)
    {
        cout<<"Child()"<<endl;
        this->a = a;
    }

    ~Child()
    {
        cout<<"~Child()"<<endl;
    }
private:
    int a;
};

void run()
{
    //Child child(10);
    Child child(10, "Parameter form child...");
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    run();

    return 0;
}

```

5.4.3 继承中构造析构调用原则

- 1、子类对象在创建时会首先调用父类的构造函数
- 2、父类构造函数执行结束后，执行子类的构造函数
- 3、当父类的构造函数有参数时，需要在子类的初始化列表中显示调用

4、析构函数调用的先后顺序与构造函数相反

5.4.4 继承和组合并存，构造和析构原则

先构造父类，再构造成员变量、最后构造自己
先析构自己，在析构成员变量、最后析构父类

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Object
{
public:
    Object(const char* s)
    {
        cout<<"Object()"<<" "<<s<<endl;
    }
    ~Object()
    {
        cout<<"~Object()"<<endl;
    }
};

class Parent : public Object
{
public:
    Parent(const char* s) : Object(s)
    {
        cout<<"Parent()"<<" "<<s<<endl;
    }
    ~Parent()
    {
        cout<<"~Parent()"<<endl;
    }
};

class Child : public Parent
{
public:
    Child() : o2("o2"), o1("o1"), Parent("Parameter from Child!")
    {
        cout<<"Child()"<<endl;
    }

    ~Child()
    {
        cout<<"~Child()"<<endl;
    }
}
```

```
private:
    Object o1;
    Object o2;
};

void run()
{
    Child child;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    run();

    return 0;
}
```

结果

```
Object() o1
Object() o2
Child()
~Child()
~Object()
~Object()
~Parent()
~Object()
```

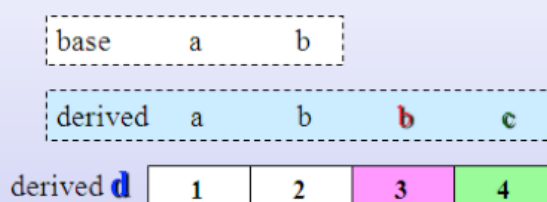
5.4.5 继承中同名成员变量处理方法

- 1、当子类成员变量与父类成员变量同名时
- 2、子类依然从父类继承同名成员
- 3、在子类中通过作用域分辨符::进行同名成员区分（在派生类中使用基类的同名成员，显式地使用类名限定符）
- 4、同名成员存储在内存中的不同位置

1. 重名数据成员

例:

```
class base
{ public :
    int a , b ;
} ;
class derived : public base
{ public :
    int b , c ;
} ;
void f ()
{ derived d ;
    d . a = 1 ;
    d . base :: b = 2 ;
    d . b = 3 ;
    d . c = 4 ;
} ;
```



- > 基类成员的作用域延伸到所有派生类
- > 派生类的重名成员屏蔽基类的同名成员

2. 重名成员函数

```
#include<iostream.h>
class A
{ public:
    int a1, a2 ;
    A( int i1=0, int i2=0 ) { a1 = i1; a2 = i2; }
    void print()
    { cout << "a1=" << a1 << '\t' << "a2=" << a2 << endl ; }
};
```

```
class B : public A
{ public:
    int b1, b2 ;
    B( int j1=1, int j2=1 ) { b1 = j1; b2 = j2; }
```

```
void print() //定义同名函数
{ cout << "b1=" << b1 << '\t' << "b2=" << b2 << endl ; }
```

```
void printAB()
{ A::print(); //派生类对象调用基类版本同名成员函数
  print(); //派生类对象调用自身的成员函数
}
```

```
};
void main()
{ B b; b.A::print(); b.printAB(); }
```

派生类屏蔽基类同名成员函数
调用自身的成员函数

//定义同名函数

//派生类对象调用基类版本同名成员函数

//派生类对象调用自身的成员函数

同名成员变量和成员函数通过作用域分辨符进行区分

5.4.6 派生类中的static关键字

- ★ 基类定义的静态成员，将被所有派生类共享
- ★ 根据静态成员自身的访问特性和派生类的继承方式，在类层次体系中具有不同的访问性质（遵守派生类的访问控制）
- ★ 派生类中访问静态成员，用以下形式显式说明：

类名 :: 成员

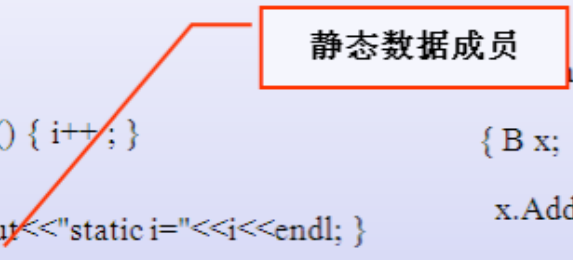
或通过对象访问

对象名 . 成员

在派生类中访问静态成员

```
#include<iostream.h>
class B
{ public:
    static void Add() { i++; }
    static int i;
    void out() { cout<<"static i="<<i<<endl; }
};
int B::i=0;
class D : private B
{ public:
    void f();
    { i=5;
      Add();
      B::i++;
      B::Add();
    }
};

int main()
{ B x; D y;
  x.Add();
  x.out();
  y.f();
  cout<<"static i="<<B::i<<endl;
  cout<<"static i="<<x.i<<endl;
  //cout<<"static i="<<y.i<<endl;
}
```



//例7-5 在派生类中访问静态成员

```
#include<iostream.h>
class B
{ public:
    static void Add() { i++ ;}
    static int i;
    void out() { cout<<"static i="<<i<<endl; }
};
int B::i=0;
class D : private B
{ public:
    void f();
    { i=5;
      Add();
      B::i++;
      B::Add();
    }
};

void main()
{ B x; D y;
  x.Add();
  x.out();
  cout<<"static i="<<B::i<<endl;
  cout<<"static i="<<x.i<<endl;
  //cout<<"static i="<<y.i<<endl;
}
```

访问B类的静态成员

//例7-5 在派生类中访问静态成员

```
#include<iostream.h>
class B
{ public:
    static void Add() { i++ ;}
    static int i;
    void out() { cout<<"static i="<<i<<endl; }
};
int B::i=0;
class D : private B
{ public:
    void f();
    { i=5;
      Add();
      B::i++;
      B::Add();
    }
};

void main()
{ B x; D y;
  x.Add();
  x.out();
  y.f();
  cout<<"static i="<<B::i<<endl;
  cout<<"static i="<<x.i<<endl;
  //cout<<"static i="<<y.i<<endl;
}
```

访问B类的静态数据成员

static函数也遵守3个访问原则

static易犯错误（不但要初始化，更重要的显示的告诉编译器分配内存）

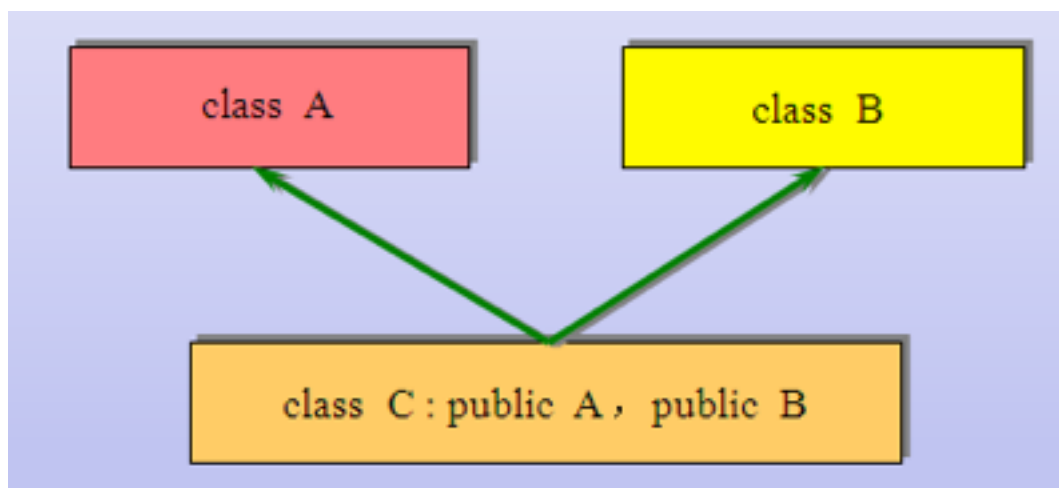
5.5 多继承

俗话讲的,鱼与熊掌不可兼得,而在计算机就可以实现,生成一种新的对象,叫熊掌鱼,多继承自鱼和熊掌即可。还比如生活中,“兼”。

5.5.1 语法

```
派生类名::派生类名(参数总表):基类名 1(参数表 1),基类名(参数名 2)....  
                                基类名 n(参数名 n),内嵌子对象 1(参数表 1),  
                                内嵌子对象 2(参数表 2).... 内嵌子对象 n(参数表 n)  
{  
    派生类新增成员的初始化语句;  
}
```

一个类有多个直接基类的继承关系称为多继承



5.5.2 沙发床实现



```
//bed.h
#ifndef BED_H
#define BED_H

//床类
class Bed
{
public:
    Bed();
    ~Bed();
    void sleep();
};
#endif // BED_H
```

```
//bed.cpp
#include "bed.h"
#include <iostream>
using namespace std;

Bed::Bed()
{
```

```

}
Bed::~Bed()
{
}
void Bed::sleep()
{
    cout<<"take a good sleep"<<endl;
}

```

```

//sofa.h
#ifndef SOFA_H
#define SOFA_H

//沙发类
class Sofa {
public:
    Sofa();
    ~Sofa();
    void sit();
};
#endif // SOFA_H

```

```

//sofa.cpp
#include "sofa.h"
#include <iostream>
using namespace std;

Sofa::Sofa()
{
}
Sofa::~Sofa()
{
}

void Sofa::sit()
{
    cout<<"take a rest"<<endl;
}

```

```

//main.cpp
#include <iostream>
#include "sofa.h"
#include "bed.h"
#include "sofabed.h"
using namespace std;
int main()
{
    Sofa s;

```

```

    s.sit();

    Bed b;
    b.sleep();

    SofaBed sb;
    sb.sit();
    sb.sleep();

    return 0;
}

```

5.6 虚继承

如果一个派生类从多个基类派生，而这些基类又有一个共同的基类，则在对该基类中声明的名字进行访问时，可能产生二义性

5.6.1 多继承中二义性问题

例如：

```

class B { public: int b; };
class B1 : public B { private: int b1; };
class B2 : public B { private: int b2; };
class C : public B1, public B2
{ public: int f(); private: int d; };

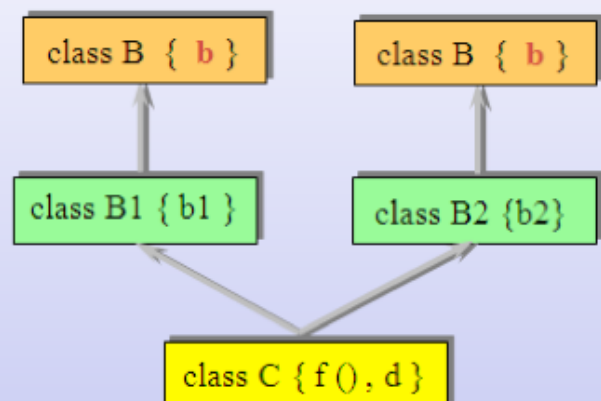
```

有：

```

C c;
c.B;           // error
c.B::b;        // error, 从哪里继承的?
c.B1::b;       // ok, 从B1继承的
c.B2::b;       // ok, 从B2继承的

```

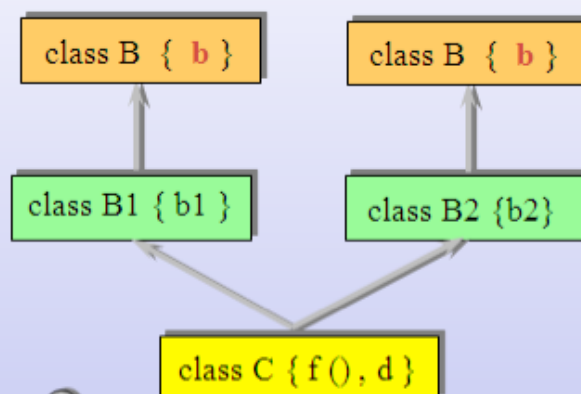
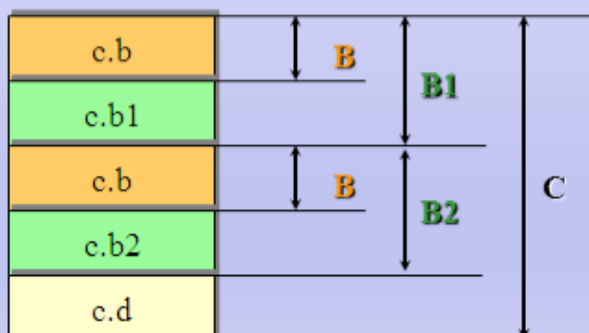


分析：

例如：

```
class B { public: int b; };  
class B1: public B { private: int b1; };  
class B2: public B { private: int b2; };  
class C: public B1, public B2  
{ public: int f(); private: int d; };
```

多重派生类C的对象的存储结构示意



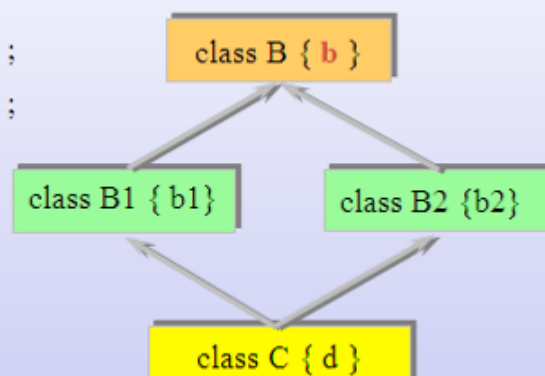
建立C类的对象时，B的构造函数将被调用两次：一次由B1调用，另一次由B2调用，以初始化C类的对象中所包含的两个B类的子对象

5.6.2 虚继承virtual

- ★ 如果一个派生类从多个基类派生，而这些基类又有一个共同的基类，则在对该基类中声明的名字进行访问时，可能产生二义性
- ★ 如果在多条继承路径上有一个公共的基类，那么在继承路径的某处汇合点，这个公共基类就会在派生类的对象中产生多个基类子对象
- ★ 要使这个公共基类在派生类中只产生一个子对象，必须对这个基类声明为虚继承，使这个基类成为虚基类。
- ★ 虚继承声明使用关键字 `virtual`

例如:

```
class B { public: int b; };  
class B1: virtual public B { private: int b1; };  
class B2: virtual public B { private: int b2; };  
class C: public B1, public B2  
    { private: float d; };
```



有:

```
C cc;
```

```
cc.b // ok
```

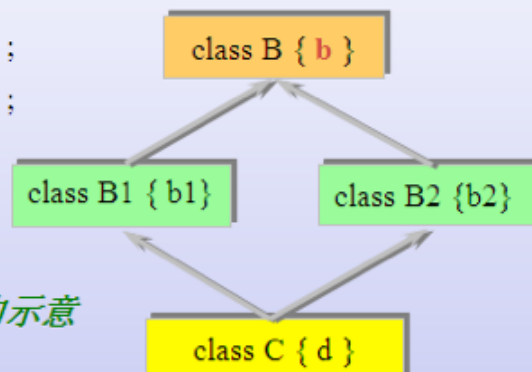
由于类C的对象中只有一个B类子对象，名字b被约束到该子对象上，所以，当以不同路径使用名字b访问B类的子对象时，所访问的都是那个唯一的基类子对象。即

cc.B1::b 和 cc.B2::b

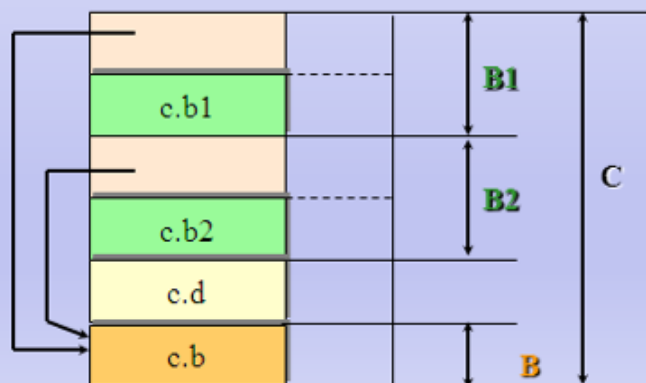
引用是同一个基类B的子对象

例如:

```
class B { public: int b; };  
class B1: virtual public B { private: int b1; };  
class B2: virtual public B { private: int b2; };  
class C: public B1, public B2  
    { private: float d; };
```



带有虚基类的派生类C的对象存储结构示意图



6. 多态

6.1 什么是多态

6.1.1 浅析多态的意义

如果有几个上似而不完全相同的对象,有时人们要求在向它们发出同一个消息时,它们的反应各不相同,分别执行不同的操作。这种情况就是多态现象。

例如,甲乙丙 3 个班都是高二年级,他们有基本相同的属性和行为,在同时听到上课铃声的时候,他们会分别走向 3 个不同的教室,而不会走向同一个教室。

同样,如果有两支军队,当在战场上听到同种号声,由于事先约定不同, A 军队可能实施进攻,而 B 军队可能准备 **kalalok**。

C++中所谓的多态(polymorphism)是指,由继承而产生的相关的不同的类,其对象对同一消息会作出不同的响应。

多态性是面向对象程序设计的一个重要特征,能增加程序的灵活性。可以减轻系统 升级,维护,调试的工作量和复杂度。

6.1.2 赋值兼容 (多态实现的前提)

赋值兼容规则是指在需要基类对象的任何地方都可以使用公有派生类的对象来替代。

赋值兼容是一种默认行为,不需要任何的显示的转化步骤。

赋值兼容规则中所指的替代包括以下的情况:

派生类的对象可以赋值给基类对象。

派生类的对象可以初始化基类的引用。

派生类对象的地址可以赋给指向基类的指针。

在替代之后,派生类对象就可以作为基类的对象使用,但只能使用从基类继承的成员。

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Parent
{
public:
```

```

    Parent(int a)
    {
        this->a = a;
        cout<<"Parent a"<<a<<endl;
    }

    void print() //子类的和父类的函数名字一样
    {
        cout<<"Parent 打印 a:"<<a<<endl;
    }
private:
    int a ;
};

class Child : public Parent
{
public:
    Child(int b) : Parent(10)
    {
        this->b = b;
        cout<<"Child b"<<b<<endl;
    }
    void print()
    {
        cout<<"Child 打印 b:"<<b<<endl;
    }
private:
    int b;
};

void howToPrint(Parent *base)
{
    base->print(); //一种调用语句 有多种表现形态...
}

void howToPrint2(Parent &base)
{
    base.print();
}

int main(void)
{
    Parent *base = NULL;
    Parent p1(20);
    Child c1(30);

    base = &p1;
    base->print(); //执行父类的打印函数

    base = &c1;
}

```

```

/*
    编译器认为最安全的做法是编译到父类的print函数，
    因为父类和子类肯定都有相同的print函数。
*/

base->print(); //执行谁的函数？ //貌似我们希望之星Child的print函数

Parent &base2 = p1;
base2.print(); //执行父类的打印函数

Parent &base3 = c1;
base3.print(); //执行谁的函数？

//函数调用
howToPrint(&p1);
howToPrint(&c1);

howToPrint2(p1);
howToPrint2(c1);

return 0;
}

```

6.1.3 面向对象新需求

编译器的做法不是我们期望的；

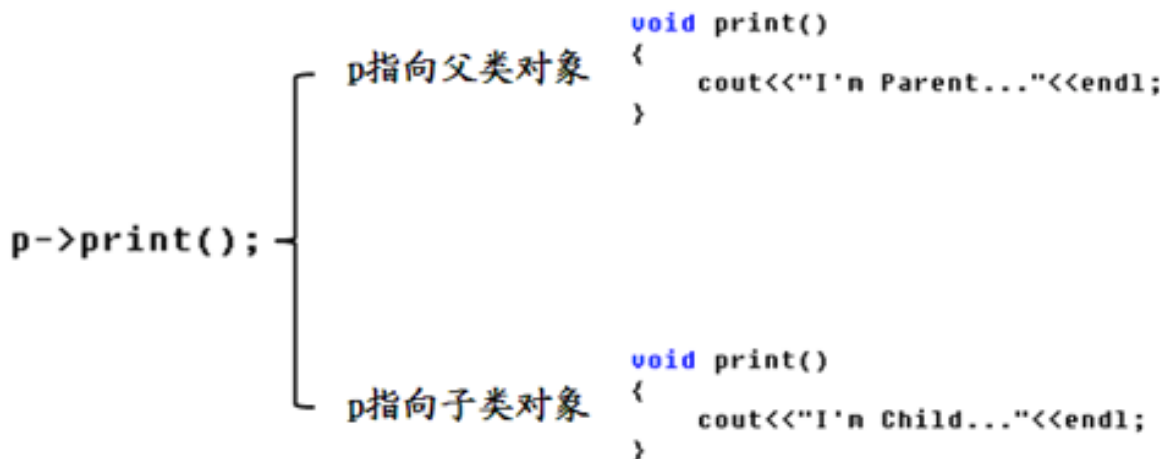
根据实际的对象类型来判断重写函数的调用；

如果父类指针指向的是父类对象则调用父类中定义的函数；

如果父类指针指向的是子类对象则调用子类中定义的重写函数；

面向对象中的多态

根据实际的对象类型决定函数调用语句的具体调用目标



多态：同样的调用语句有多种不同的表现形态

6.1.4 解决方案

- ★ C++中通过virtual关键字对多态进行支持
- ★ 使用virtual声明的函数被重写后即可展现多态特性

```
#include <iostream>
using namespace std;

class HeroFighter
{
public:
    virtual int ackPower()
    {
        return 10;
    }
};

class AdvHeroFighter : public HeroFighter
{
public:
```

```

    virtual int ackPower()
    {
        return HeroFighter::ackPower()*2;
    }
};

class enemyFighter
{
public:
    int destoryPower()
    {
        return 15;
    }
};

//如果把这个结构放在动态库里面
void objPK(HeroFighter *hf, enemyFighter *enemyF)
{
    if (hf->ackPower() > enemyF->destoryPower())
    {
        printf("英雄打败敌人。。。胜利\n");
    }
    else
    {
        printf("英雄。。。牺牲\n");
    }
}

void main()
{
    HeroFighter hf;
    enemyFighter ef;

    objPK(&hf, &ef);

    AdvHeroFighter advhf;
    objPK(&advhf, &ef);

    return 0;
}

```

6.1.5 多态工程的意义

封装

突破了C语言函数的概念。

继承

代码复用，复用原来写好的代码。

多态

多态可以使用未来，80年代写了一个框架，90人写的代码。
多态是软件行业追寻的一个目标。

6.1.6 多态成立的条件

- 1 要有继承
- 2 要有虚函数重写
- 3 要有父类指针（父类引用）指向子类对象

多态是设计模式的基础，多态是框架的基础

6.1.6 静态联编和动态联编

- 1、联编是指一个程序模块、代码之间互相关联的过程。
- 2、静态联编（static binding），是程序的匹配、连接在编译阶段实现，也称为早期匹配。**重载函数使用静态联编。**
- 3、动态联编是指程序联编推迟到运行时进行，所以又称为晚期联编（迟绑定）。**switch 语句和 if 语句是动态联编的例子。**

- 1、C++与C相同，是静态编译型语言
- 2、在编译时，编译器自动根据指针的类型判断指向的是一个什么样的对象；所以编译器认为父类指针指向的是父类对象。
- 3、由于程序没有运行，所以不能知道父类指针指向的具体是父类对象还是子类对象，从程序安全角度，编译器假设父类指针只指向父类对象，因此编译的结果为调用父类的成员函数。这种特性就是静态联编。
- 4、多态的发生是动态联编，实在程序执行的时候判断具体父类指针应该调用的方法。

6.2 虚析构造函数

- ★ 构造函数不能是虚函数。建立一个派生类对象时，必须从类层次的根开始，沿着继承路径逐个调用基类的构造函数。
- ★ 析构函数可以是虚的。虚析构函数用于指引 delete 运算符正确析构动态对象。

```
#include <iostream>
using namespace std;

class A
{
public:
    A()
    {
        p = new char[20];
        strcpy(p, "obja");
        printf("A()\n");
    }
    virtual ~A()
    {
        delete [] p;
        printf("~A()\n");
    }
private:
    char *p;
};

class B : public A
{
public:
    B()
    {
        p = new char[20];
        strcpy(p, "objb");
        printf("B()\n");
    }
    ~B()
    {
        delete [] p;
        printf("~B()\n");
    }
private:
    char *p;
};

class C : public B
{
public:
```

```

    C()
    {
        p = new char[20];
        strcpy(p, "objc");
        printf("C()\n");
    }
    ~C()
    {
        delete [] p;
        printf("~C()\n");
    }
private:
    char *p;
};

//通过父类指针 把 所有的子类对象的析构函数 都执行一遍
//通过父类指针 释放所有的子类资源
void howtodelete(A *base)
{
    delete base;
}

int main()
{
    C *myC = new C;

    //delete myC; //直接通过子类对象释放资源 不需要写virtual

    howtodelete(myC); //通过父类的指针调用释放子类的资源

    return 0;
}

```

6.3 重载、重写、重定义

重载（添加）：

- a 相同的范围（在同一个类中）
- b 函数名字相同
- c 参数不同
- d *virtual* 关键字可有可无

重写（覆盖） 是指派生类函数覆盖基类函数，特征是：

- a 不同的范围，分别位于基类和派生类中

- b 函数的名字相同
- c 参数相同
- d 基类函数必须有 *virtual* 关键字

重定义(隐藏) 是指派生类的函数屏蔽了与其同名的基类函数，规则如下：

a 如果派生类的函数和基类的函数同名，但是参数不同，此时，不管有无 *virtual*，基类的函数被隐藏。

b 如果派生类的函数与基类的函数同名，并且参数也相同，但是基类函数没有 *virtual* 关键字，此时，基类的函数被隐藏。

6.4 多态的实现原理

6.4.1 虚函数表和vptr指针

- ☑ 当类中声明虚函数时，编译器会在类中生成一个虚函数表；
- ☑ 虚函数表是一个存储类成员函数指针的数据结构；
- ☑ 虚函数表是由编译器自动生成与维护的；
- ☑ *virtual* 成员函数会被编译器放入虚函数表中；
- ☑ 存在虚函数时，每个对象中都有一个指向虚函数表的指针(vptr指针)。

```
class Parent
{
public:
    virtual void func()
    {
        cout<<"Parent::func()"<<endl;
    }

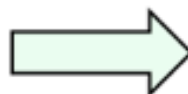
    virtual void func(int i)
    {
        cout<<"Parent::func(int i)"<<endl;
    }
};
```



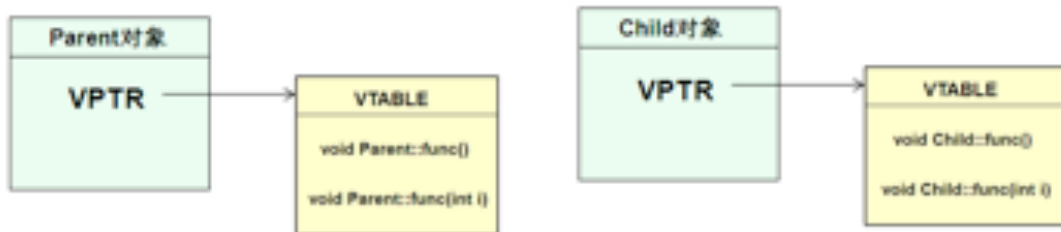
VTABLE
void Parent::func()
void Parent::func(int i)

```
class Child : public Parent
{
public:
    virtual void func()
    {
        cout<<"Child::func()"<<endl;
    }

    virtual void func(int i)
    {
        cout<<"Child::func(int i)"<<endl;
    }
};
```



VTABLE
void Child::func()
void Child::func(int i)



```

void run(Parent* p)
{
    p->func();
}
  
```

编译器确定func是否为虚函数

1) func不是虚函数，编译器可直接确定被调用的成员函数，（静态链接，根据Parent类型来确定）。

2) func是虚函数，编译器根据对象p的Vpтр指针，所指的虚函数表中查找func（）函数，并调用。

注意：查找和调用在运行时完成，（实现所谓的动态链接）。

```

void run(Parent* p)
{
    p->func();
}
  
```



说明：

1. 通过虚函数表指针VPTR调用重写函数是在程序运行时进行的，因此需要通过寻址操作才能确定真正应该调用的函数。而普通成员函数是在编译时就确定了调用的函数。在效率上，虚函数的效率要低很多。

2. 出于效率考虑，没有必要将所有成员函数都声明为虚函数。

3. C++编译器，执行run函数，不需要区分是子类对象还是父类对象，而是直接通过p的VPTR指针所指的对象函数执行即可。

6.4.2 证明vpтр指针的存在

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Parent1
{
public:
    Parent1(int a=0)
    {
        this->a = a;
    }
}
  
```

```

    void print()
    {
        cout<<"我是爹"<<endl;
    }
private:
    int a;
};

class Parent2
{
public:
    Parent2(int a=0)
    {
        this->a = a;
    }

    virtual void print()
    {
        cout<<"我也是爹"<<endl;
    }
private:
    int a;
};

int main()
{
    cout <<"sizeof(Parent1): " << sizeof(Parent1) <<endl;
    cout <<"sizeof(Parent2): " << sizeof(Parent2) <<endl;

    return 0;
}

```

6.4.3 构造函数中能否调用虚函数，实现多态？

对象在创建时,由编译器对VPTR指针进行初始化
 只有当对象的构造完全结束后VPTR的指向才最终确定
 父类对象的VPTR指向父类虚函数表
 子类对象的VPTR指向子类虚函数表

```

#include <iostream>
using namespace std;

//构造函数中调用虚函数能发生多态吗?
class Parent
{
public:
    Parent(int a=0)
    {
        this->a = a;
        print();
    }
}

```

```

    }

    virtual void print()
    {
        cout<<"我是爹"<<endl;
    }

private:
    int a;
};

class Child : public Parent
{
public:
    Child(int a = 0, int b=0):Parent(a)
    {
        this->b = b;
        print();
    }

    virtual void print()
    {
        cout<<"我是儿子"<<endl;
    }
private:
    int b;
};

void HowToPlay(Parent *base)
{
    base->print(); //有多态发生
}

int main(void)
{
    Child c1; //定义一个子类对象 ,在这个过程中,在父类构造函数中调用虚函数print 能发生多态吗?

    HowToPlay(&c1);

    return 0;
}

```

6.4.4 父类指针和子类指针的步长

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Parent
{
public:
    Parent(int a=0)
    {
        this->a = a;
    }
    virtual void print()
    {
        cout<<"我是爹"<<endl;
    }

private:
    int a;
};

class Child : public Parent
{
public:
    Child(int b = 0):Parent(0)
    {
        this->b = b;
    }
    virtual void print()
    {
        cout<<"我是儿子"<<endl;
    }

private:
    int b;
};

int main()
{
    Parent *pP = NULL;
    Child *pC = NULL;

    Child array[] = {Child(1), Child(2), Child(3)};
    pP = array;
    pC = array;

    pP->print();//发生多态
    pC->print();

    pP++;
    pC++;
    pP->print();//发生多态
    pC->print();

    return 0;
}
```

6.5 有关多态的理解

多态的实现效果

多态：同样的调用语句有多种不同的表现形态；

多态实现的三个条件

有继承、有virtual重写、有父类指针（引用）指向子类对象。

多态的C++实现

virtual关键字，告诉编译器这个函数要支持多态；不是根据指针类型判断如何调用；而是要根据指针所指向的实际对象类型来判断如何调用

多态的理论基础

动态联编PK静态联编。根据实际的对象类型来判断重写函数的调用。

多态的重要意义

设计模式的基础 是框架的基石。

多态原理探究

虚函数表和vptr指针。

6.6 纯虚函数和抽象类

6.6.1 基本概念

纯虚函数是一个在基类中说明的虚函数，在基类中没有定义，要求任何派生类都定义自己的版本

纯虚函数为个派生类提供一个公共界面（接口的封装和设计、软件的模块功能划分）

纯虚函数的语法：

```
virtual 类型 函数名（参数表） = 0;
```

一个具有纯虚函数的基类称为抽象类。

6.6.2 纯虚函数和抽象类

```
#include <iostream>
```

```

using namespace std;

////面向抽象类编程(面向一套预先定义好的接口编程)

class Figure //抽象类
{
public:
    //阅读一个统一的界面(接口),让子类使用,让子类必须去实现
    virtual void getArea() = 0 ; //纯虚函数
};

class Circle : public Figure
{
public:
    Circle(int a, int b)
    {
        this->a = a;
        this->b = b;
    }
    virtual void getArea()
    {
        cout<<"圆形的面积: "<<3.14*a*a<<endl;;
    }

private:
    int a;
    int b;
};

class Tri : public Figure
{
public:
    Tri(int a, int b)
    {
        this->a = a;
        this->b = b;
    }
    virtual void getArea()
    {
        cout<<"三角形的面积: "<<a*b/2<<endl;;
    }

private:
    int a;
    int b;
};

class Square : public Figure
{
public:
    Square(int a, int b)
    {
        this->a = a;
        this->b = b;
    }

```

```

    }
    virtual void getArea()
    {
        cout<<"四边形的面积: "<<a*b<<endl;;
    }

private:
    int a;
    int b;
};

void area_func(Figure *base)
{
    base->getArea(); //会发生多态
}

int main()
{
    //Figure f; //抽象类不能被实例化

    Figure *base = NULL; //抽象类不能被实例化

    Circle c1(10, 20);
    Tri t1(20, 30);
    Square s1(50, 60);

    //面向抽象类编程(面向一套预先定义好的接口编程)

    area_func(&c1);
    area_func(&t1);
    area_func(&s1);

    return 0;
}

```

1,含有纯虚函数的类,称为抽象基类,不可实例化。即不能创建对象,存在的意义就是被继承,提供族类的公共接口。

2,纯虚函数只有声明,没有实现,被“初始化”为0。

3,如果一个类中声明了纯虚函数,而在派生类中没有对该函数定义,则该虚函数在派生类中仍然为纯虚函数,派生类仍然为纯虚基类。

6.6.3 抽象类在多继承中的应用

绝大多数面向对象语言都不支持多继承,绝大多数面向对象语言都支持接口的概念

C++中没有接口的概念,C++中可以使用纯虚函数实现接口

接口类中只有函数原型定义,没有任何数据的定义。

```
class Interface
{
public:
    virtual void func1() = 0;
    virtual void func2(int i) = 0;
    virtual void func3(int i) = 0;
};
```

```
#include <iostream>
using namespace std;

/*
    C++中没有接口的概念
    C++中可以使用纯虚函数实现接口
    接口类中只有函数原型定义,没有任何数据的定义。
*/

class Interface1
{
public:
    virtual void print() = 0;
    virtual int add(int a, int b) = 0;
};

class Interface2
{
public:
    virtual void print() = 0;
    virtual int add(int a, int b) = 0;
    virtual int sub(int a, int b) = 0;
};

class parent
{
public:
    int a;
};

class Child : public parent, public Interface1, public Interface2
{
public:
```

```

    void print()
    {
        cout<<"Child::print"<<endl;
    }

    int add(int a, int b)
    {
        return a + b;
    }

    int sub(int a, int b)
    {
        return a - b;
    }
};

int main()
{
    Child c;

    c.print();

    cout<<c.add(3, 5)<<endl;
    cout<<c.sub(4, 6)<<endl;

    Interface1* i1 = &c;
    Interface2* i2 = &c;

    cout<<i1->add(7, 8)<<endl;
    cout<<i2->add(7, 8)<<endl;

    return 0;
}

```

6.7 面向抽象类编程案例

案例1 动物园里欢乐多

```

//animal.h
#ifndef ANIMAL_H
#define ANIMAL_H
class Animal
{
public:
    Animal();
    virtual ~Animal();
    virtual void voice() = 0;
};

#endif // ANIMAL_H

```

```
//animal.cpp
#include <iostream>
#include "animal.h"

using namespace std;

Animal::Animal()
{
    cout<<"Animal::Animal()"<<endl;
}
Animal::~~Animal()
{
    cout<<"Animal::~~Animal()"<<endl;
}
```

```
//dog.h
#ifndef DOG_H
#define DOG_H
#include "animal.h"
class Dog:public Animal
{
    public:
        Dog();
        ~Dog();
        virtual void voice();
};
#endif // DOG_H
```

```
//dog.cpp
#include "dog.h"
#include <iostream> using namespace std;
Dog::Dog()
{
    cout<<"Dog::Dog()"<<endl;
}
Dog::~~Dog()
{
    cout<<"Dog::~~Dog()"<<endl;
}
void Dog:: voice()
{
    cout<<"wang wang"<<endl;
}
```

```
//cat.h
#ifndef CAT_H
#define CAT_H
#include "animal.h"
class Cat:public Animal
{
    public:
        Cat();
}
```

```

        ~Cat();
        virtual void voice();
};
#endif // CAT_H

```

```

//cat.cpp
#include "cat.h"
#include <iostream>
using namespace std;
Cat::Cat() {
    cout<<"Cat::Cat()"<<endl;
}
Cat::~Cat()
{
    cout<<"Cat::~Cat()"<<endl;
}
void Cat::voice()
{
    cout<<"miao miao "<<endl;
}

```

```

//main.cpp
int main()
{
    // Animal ani; 抽象基类,不能实例化。

    Animal * pa = new Dog;
    pa->voice();
    delete pa;

    cout<<"-----"<<endl;
    pa = new Cat;
    pa->voice();
    delete pa;

    return 0;
}

```

案例2 员工待遇

编写一个C++程序, 计算程序员(*programmer*)工资

1 要求能计算出初级程序员(*junior__programmer*) 中级程序员 (*mid__programmer*) 高级程序员(*adv__programmer*) 的工资

2 要求利用抽象类统一界面, 方便程序的扩展, 比如: 新增, 计算 架构师 (*architect*) 的工资

案例3 电脑组装案例，面向抽象层编程

组装电脑有3个抽象类，抽象的cpu，抽象的显卡，抽象的内存。
现在要求组装两台电脑，一台是Intel的CPU，Intel的显卡和Intel的内存。
另一台是Intel的CPU、Nvidia的显卡和Kingston的内存条。针对抽象层编程练习完成此题。

案例4 几何图形多态练习

设计一个基类Shape包含成员函数Show(), 将Show()声明为纯虚函数。
Shape类公有派生矩形类Square（正方形）和圆类Circle（圆形），

问题1：分别定义Show()实现其主要集合元素的显示。使用抽象类Shape类型的指针，当它指向某个派生类的对象时，就可以通过访问该对象的虚函数成员Show()。

问题2：用ShowArea()分别显示各种图形的面积.最后还要显示所有图形的各个面积。要求积累指针数组，数组的每个元素指向一个派生类对象。

案例5 企业员工信息管理系统

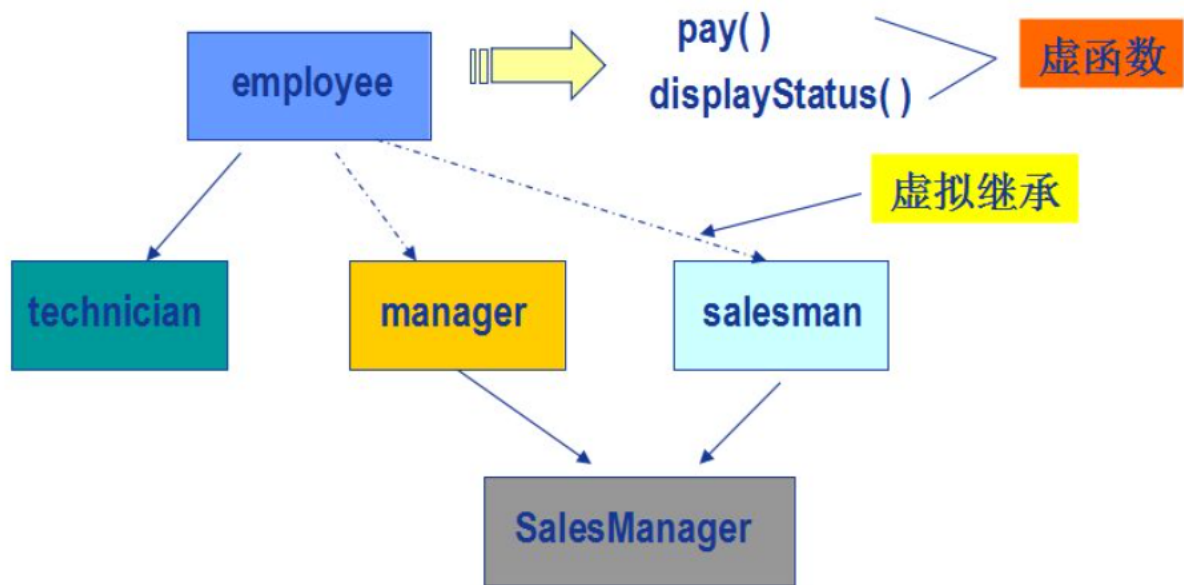
一个小型公司的人员信息管理系统

某小型公司,主要有四类人员:经理、技术人员、销售经理和推销员。现在,需要存储这些人员的姓名、编号、级别、当月薪水.计算月薪总额并显示全部信息。

人员编号基数为 1000,每输入一个人员信息编号顺序加 1。

程序要有对所有人员提升级别的功能。本例中为简单起见,所有人员的初始级别均为 1 级。然后进行升级,经理升为 4 级,技术人员和销售经理升为 3 级,推销员仍为1级。

月薪计算办法是: 经理拿固定月薪 8000 元;技术人员按每小时 100 元领取月薪; 推销员的月薪按该推销员当月销售额的 4%提成;销售经理既拿固定月薪也领取销售提成,固定月薪为 5000 元,销售提成为所管辖部门当月销售总额的 5%。



6.8 C语言中的面向接口编程

函数三要素：名称、参数、返回值

思考：如何定义一个数组类型？

如何定义一个数组指针？

6.8.1 函数类型语法基础

函数指针用于指向一个函数, 函数名是函数体的入口地址

1) 可通过函数类型定义函数指针: `FuncType* pointer;`

2) 也可以直接定义: `type (*pointer)(parameter list);`

`pointer` 为函数指针变量名

`type` 为指向函数的返回值类型

`parameter list` 为指向函数的参数类型列表

```

#include <stdio.h>

typedef int(FUNC)(int); //定义一个函数类型

int test(int i) //定义一个函数
{
    return i * i;
}

void f() //定义一个函数
{
    printf("Call f()...\n");
}

int main()
{
    FUNC* pt = test; //定义一个指向函数的类型FUNC的指针pt,
                    //并初始化指向 test 函数

    printf("Function pointer call: %d\n", pt(3)); //通过函数指针pt 间接调用test

    void(*pf)() = &f; //直接定义一个函数指针 指向f

    pf(); //通过函数指针间接调用
    (*pf)(); //通过函数指针间接调用 等价于上述调用方法

    return 0;
}

```

思考：

- 如何定义一个函数类型？
- 如何定义一个函数指针类型？
- 如何定义一个函数指针（指向一个函数的入口地址）？

6.8.2 函数指针做函数参数

当函数指针做为函数的参数，传递给一个被调用函数，被调用函数就可以通过这个指针调用外部的函数，这就形成了回调。

```
#include <stdio.h>

int add(int a, int b);
int libfun(int (*pDis)(int a, int b));

int main(void)
{
    int (*pfun)(int a, int b); //定义一个函数指针pfun 指向 int()(int, int)函数类型

    pfun = add;
    libfun(pfun);

    return 0;
}

int add(int a, int b)
{
    return a + b;
}

int libfun(int (*pDis)(int a, int b))
{
    int a, b;
    a = 1;
    b = 2;

    add(1,3); //直接调用add函数
    printf("%d", pDis(a, b)); //通过函数指针做函数参数,间接调用add函数

    return 0;
}
```

回调函数的优点

- 1 函数的调用 和 函数的实现 有效的分离
- 2 类似C++的多态,可扩展

现在这几个函数是在同一个文件当中

```
int libfun(int (*pDis)(int a, int b))
```

是一个库中的函数，就只有使用回调了，通过函数指针参数将外部函数地址传入来实现调用。

函数 add 的代码作了修改，也不必改动库的代码，就可以正常实现调用便于程序的维护和升级。

刘备利用周瑜、曹仁厮杀之际，乘虚袭取了南郡、荆州、襄阳，以后又征服了长沙等四郡。周瑜想想十分气恨，正无处报复以夺还荆州。不久，刘备忽然丧偶，周瑜计上心来，对孙权说：“您的妹妹，美丽、刚强，我们以联姻抗曹名义向刘备招亲，把他骗来南徐幽禁，逼他们拿荆州来换。”孙权大喜，即派人到荆州说亲。

刘备认为这是骗局，想要拒绝，诸葛亮笑道：“送个好妻子上门何不答应？您只管去东吴，我叫赵云陪您去，自有安排，包您得了夫人又不失荆州。”接着，诸葛亮暗暗关照赵云道：“我这里有三个锦囊，内藏三条妙计。到南徐时打开第一个，到年底时打开第二个，危急无路时打开第三个。”

第一个锦囊

一到东吴就拜会乔国老

第二个锦囊

刘备被孙权设计留下就对他谎称曹操大军压境

第三个锦囊

被东吴军队追赶就求孙夫人解围

回调函数的本质：

提前做了一个协议的约定（把函数的参数、函数返回值提前约定）

赵云 任务的调用者



诸葛亮 任务的实现者



拆开锦囊架构函数 (锦囊* 锦囊p)

```
{  
    锦囊p0;  
}
```

调用锦囊

实现锦囊



锦囊1



锦囊2



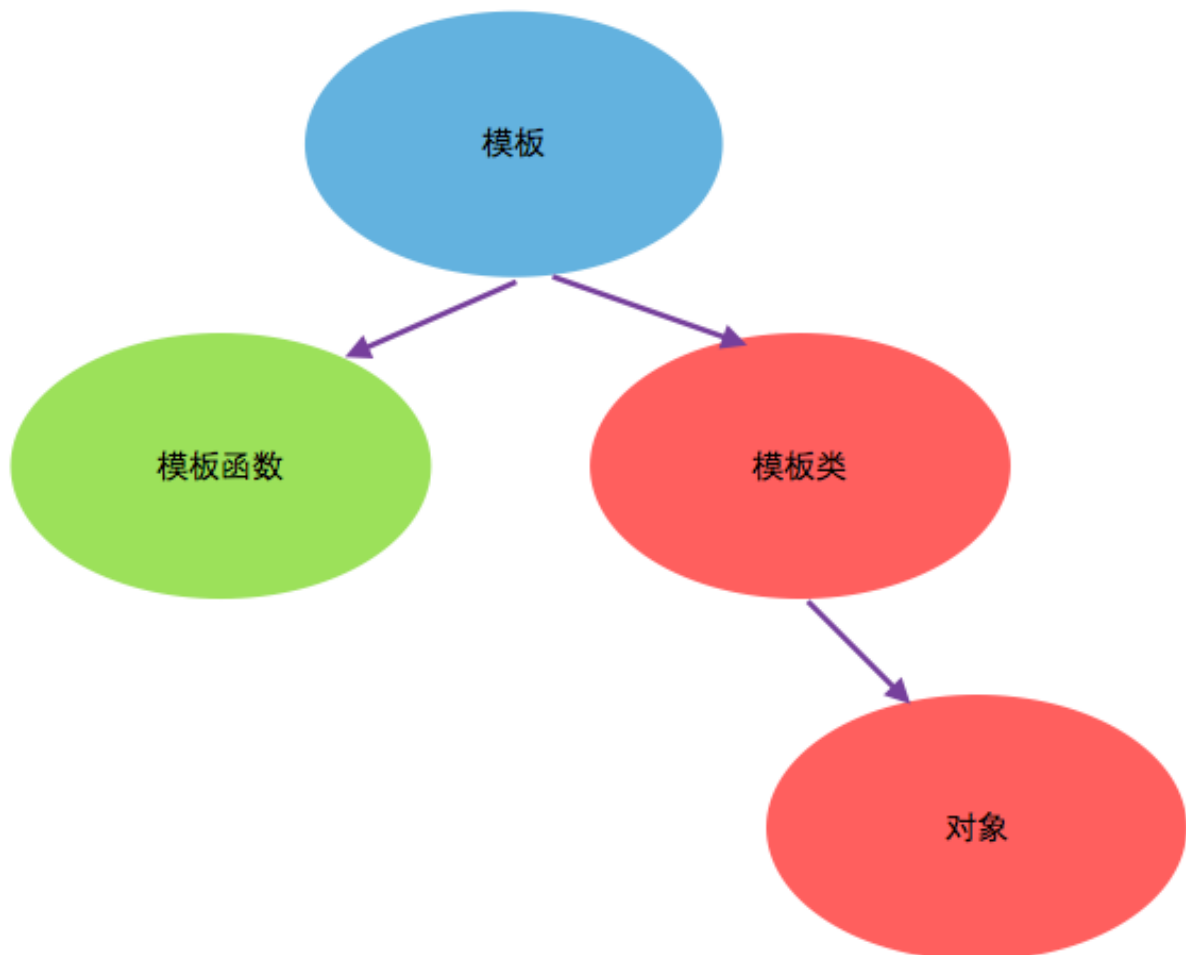
锦囊3

7. 模板

泛型(Generic Programming)即是指具有在多种数据类型上皆可操作的含意。泛型编程的代表作品 STL 是一种高效、泛型、可交互操作的软件组件。

泛型编程最初诞生于 C++ 中,目的是为了实现在 C++ 的 STL(标准模板库)。其语言支持机制就是模板(Templates)。模板的精神其实很简单:参数化类型。换句话说,把一个原本特定于某个类型的算法或类当中的类型信息抽掉,抽出来做成模板参数 T。

所谓函数模板,实际上是建立一个通用函数,其函数类型和形参类型不具体指定,用一个虚拟的类型来代表。这个通用函数就称为函数模板。



7.1 函数模板

7.1.1 函数重载实现的泛型

写n个函数，交换char类型、int类型变量的值。

```
#include <iostream>
using namespace std;

void myswap(int &a, int &b)
{
    int t = a;
    a = b;
    b = t;
}

void myswap(char &a, char &b)
{
    char t = a;
    a = b;
    b = t;
}

int main(void)
{
    int x = 1;
    int y = 2;
    myswap(x, y);
    cout << "x: " << x << ", y:" << y << endl;

    char a = 'c';
    char b = 'b';
    myswap(a, b);

    cout << "a: " << a << ", b:" << b << endl;

    return 0;
}
```

7.1.2 函数模板的引入

语法格式

```
template<typename T>
template<class T>

-----

template<typename 类型参数表>
返回类型 函数模板名(函数参数列表) {
    函数模板定义体
}
```

template 是语义是模板的意思,尖括号中先写关键字 typename 或是 class ,后面跟一个类型 T,此类即是虚拟的类型。至于为什么用 T,用的人多了,也就是 T 了。

7.1.3 函数模板的实例

调用过程是这样的,先将函数模板实再化为函数,然后再发生函数调用。

```
#include <iostream>
using namespace std;

template<typename T>
void myswap(T &a, T &b)
{
    T t = a;
    a = b;
    b = t;
}

int main(void)
{
    int x = 1;
    int y = 2;

    myswap(x, y);
    cout <<"x: " << x <<" , y:" << y <<endl;
    myswap<int>(x, y);
    cout <<"x: " << x <<" , y:" << y <<endl;

    char a = 'a';
    char b = 'b';

    myswap(a, b);
    cout <<"a: " << a <<" , b:" << b <<endl;
    myswap<char>(a, b);
    cout <<"a: " << a <<" , b:" << b <<endl;
```

```
    return 0;
}
```

函数模板只适用于函数的参数个数相同而类型不同,且函数体相同的情况。
如果个数不同,则不能用函数模板。

练习 写一个泛化的排序程序, 用template T 来通用基本类型

```
template<typename T>
void sortArray(T *array, int num);
```

7.1.4 函数模板与函数重载

```
#include <iostream>
using namespace std;

template <typename T>
void myswap(T &a, T &b)
{
    T t;
    t = a;
    a = b;
    b = t;
    cout<<"myswap 模板函数do"<<endl;
}

void myswap(char &a, int &b)
{
    int t;
    t = a;
    a = b;
    b = t;
    cout<<"myswap 普通函数do"<<endl;
}

int main()
{
    char cData = 'a';
    int iData = 2;

    myswap(cData, iData);
    myswap(iData, cData);
    // 普通函数会进行隐士的数据类型转换

    myswap<int>(cData, iData);
```

```
//      函数模板不提供隐式的数据类型转换 必须是严格的匹配

return 0;
}
```

普通函数会进行隐士的数据类型转换, 函数模板不提供隐式的数据类型转换 必须是严格的匹配。

```
#include <iostream>
using namespace std;

int Max(int a, int b)
{
    cout<<"int Max(int a, int b)"<<endl;
    return a > b ? a : b;
}

template<typename T>
T Max(T a, T b)
{
    cout<<"T Max(T a, T b)"<<endl;
    return a > b ? a : b;
}

template<typename T>
T Max(T a, T b, T c)
{
    cout<<"T Max(T a, T b, T c)"<<endl;
    return Max(Max(a, b), c);
}

int main()
{
    int a = 1;
    int b = 2;

    cout<<Max(a, b)<<endl; //当函数模板和普通函数都符合调用时,优先选择普通函数
    cout<<Max<>>(a, b)<<endl; //若显示使用函数模板,则使用<> 类型列表

    cout<<Max(3.0, 4.0)<<endl; //如果 函数模板产生更好的匹配 使用函数模板

    cout<<Max(5.0, 6.0, 7.0)<<endl; //重载

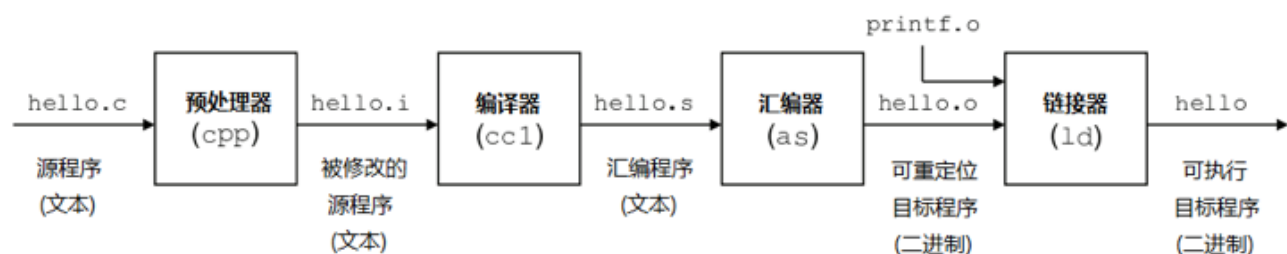
    cout<<Max('a', 100)<<endl; //调用普通函数 可以隐式类型转换

    return 0;
}
```

1. 当函数模板和普通函数都符合调用时,优先选择普通函数
2. 若显示使用函数模板,则使用<> 类型列表
3. 如果 函数模板产生更好的匹配 使用函数模板

7.1.5 编译器对模板机制剖析

简析编译器的编译过程



g++ -E hello.c -o hello.i (预处理)

g++ -S hello.i -o hello.s (编译)

g++ -c hello.s -o hello.o (汇编)

g++ hello.o -o hello (链接)

以上四个步骤,可合成一个步骤

g++ hello.c -o hello (直接编译链接成可执行目标文件)

template.cpp

```
#include <iostream>

using namespace std;

template<class T>
void mySwap(T &a, T& b)
{
    T c = a;
    a = b;
    b = c;
}
```

```

}

int main(void)
{
    int x = 10;
    int y = 20;

    mySwap<int>(x, y);

    cout <<"x: " << x <<"", y: " << y <<endl;

    char a = 'a';
    char b = 'b';
    mySwap<char>(a, b);

    cout <<"a: " << a <<"", b: " << b << endl;

    return 0;
}

```

```
g++ -E template.cpp -o template.s
```

template.s

```

2 .file "template.cpp"
3 .local __ZStL8__ioinit
4 .comm __ZStL8__ioinit,1,1
5 .section .rodata
6 .LC0:
7 .string "x: "
8 .LC1:
9 .string ", y: "
10 .LC2:
11 .string "a: "
12 .LC3:
13 .string ", b: "
14 .text
15 .globl main
16 .type main, @function
17 main: # int main(void)
18 .LFB972:
19 .cfi_startproc
20 pushq %rbp
21 .cfi_def_cfa_offset 16
22 .cfi_offset 6, -16
23 movq %rsp, %rbp
24 .cfi_def_cfa_register 6
25 pushq %r12
26 pushq %rbx
27 subq $16, %rsp
28 .cfi_offset 12, -24

```

```

29     .cfi_offset 3, -32
30     movl    $10, -24(%rbp)
31     movl    $20, -20(%rbp)
32     leaq    -20(%rbp), %rdx
33     leaq    -24(%rbp), %rax
34     movq    %rdx, %rsi
35     movq    %rax, %rdi
36     call    Z6mySwapIiEvRT_S1 # mySwap<int>(x, y);
37     movl    -20(%rbp), %ebx
38     movl    -24(%rbp), %r12d
39     movl    $.LC0, %esi
40     movl    $_ZSt4cout, %edi
41     call    _ZStlsISt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIcT_ES5_PKc
42     movl    %r12d, %esi
43     movq    %rax, %rdi
44     call    _ZNSolsEi
45     movl    $.LC1, %esi
46     movq    %rax, %rdi
47     call    _ZStlsISt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIcT_ES5_PKc
48     movl    %ebx, %esi
49     movq    %rax, %rdi
50     call    _ZNSolsEi
51     movl    $_ZSt4endlIcSt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIT_T0_ES6_,
%esi
52     movq    %rax, %rdi
53     call    _ZNSolsEPFRSoS_E
54     movb    $97, -26(%rbp)
55     movb    $98, -25(%rbp)
56     leaq    -25(%rbp), %rdx
57     leaq    -26(%rbp), %rax
58     movq    %rdx, %rsi
59     movq    %rax, %rdi
60     call    Z6mySwapIcEvRT_S1 # mySwap<char>(a, b);
61     movzbl  -25(%rbp), %eax
62     movsbl  %al, %ebx
63     movzbl  -26(%rbp), %eax
64     movsbl  %al, %r12d
65     movl    $.LC2, %esi
66     movl    $_ZSt4cout, %edi
67     call    _ZStlsISt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIcT_ES5_PKc
68     movl    %r12d, %esi
69     movq    %rax, %rdi
70     call    _ZStlsISt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIcT_ES5_c
71     movl    $.LC3, %esi
72     movq    %rax, %rdi
73     call    _ZStlsISt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIcT_ES5_PKc
74     movl    %ebx, %esi
75     movq    %rax, %rdi
76     call    _ZStlsISt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIcT_ES5_c
77     movl    $_ZSt4endlIcSt11char_traitsIcEERSt13basic_ostreamIT_T0_ES6_,
%esi
78     movq    %rax, %rdi
79     call    _ZNSolsEPFRSoS_E
80     movl    $0, %eax
81     addq    $16, %rsp

```

```

82     popq    %rbx
83     popq    %r12
84     popq    %rbp
85     .cfi_def_cfa 7, 8
86     ret
87     .cfi_endproc
88 .LFE972:
89     .size    main, .-main

90     .section    .text._Z6mySwapIiEvRT_S1_,"axG",@progbits,_Z6mySwapIiEvRT_S1_
91     .weak      _Z6mySwapIiEvRT_S1_
92     .type      _Z6mySwapIiEvRT_S1_, @function
93 _Z6mySwapIiEvRT_S1_:                # void mySwap<int>(int &a, int &b)
94 .LFB973:
95     .cfi_startproc
96     pushq    %rbp
97     .cfi_def_cfa_offset 16
98     .cfi_offset 6, -16
99     movq     %rsp, %rbp
100    .cfi_def_cfa_register 6
101    movq     %rdi, -24(%rbp)
102    movq     %rsi, -32(%rbp)
103    movq     -24(%rbp), %rax
104    movl     (%rax), %eax
105    movl     %eax, -4(%rbp)
106    movq     -32(%rbp), %rax
107    movl     (%rax), %edx
108    movq     -24(%rbp), %rax
109    movl     %edx, (%rax)
110    movq     -32(%rbp), %rax
111    movl     -4(%rbp), %edx
112    movl     %edx, (%rax)
113    popq     %rbp
114    .cfi_def_cfa 7, 8
115    ret
116    .cfi_endproc
117 .LFE973:
118     .size     _Z6mySwapIiEvRT_S1_, .-_Z6mySwapIiEvRT_S1_
119     .section    .text._Z6mySwapIcEvRT_S1_,"axG",@progbits,_Z6mySwapIcEvRT_S1_
120     .weak      _Z6mySwapIcEvRT_S1_
121     .type      _Z6mySwapIcEvRT_S1_, @function
122 _Z6mySwapIcEvRT_S1_:                # void mySwap<char>(char &a, char &a)
123 .LFB977:
124     .cfi_startproc
125     pushq    %rbp
126     .cfi_def_cfa_offset 16
127     .cfi_offset 6, -16
128     movq     %rsp, %rbp
129     .cfi_def_cfa_register 6
130     movq     %rdi, -24(%rbp)
131     movq     %rsi, -32(%rbp)
132     movq     -24(%rbp), %rax
133     movzbl   (%rax), %eax

```

```

134     movb    %al, -1(%rbp)
135     movq    -32(%rbp), %rax
136     movzbl  (%rax), %edx
137     movq    -24(%rbp), %rax
138     movb    %dl, (%rax)
139     movq    -32(%rbp), %rax
140     movzbl  -1(%rbp), %edx
141     movb    %dl, (%rax)
142     popq    %rbp
143     .cfi_def_cfa 7, 8
144     ret
145     .cfi_endproc
146 .LFE977:
147     .size    _Z6mySwapIcEvRT_S1_, .-_Z6mySwapIcEvRT_S1_
148     .text
149     .type    _Z41__static_initialization_and_destruction_0ii, @function
150     _Z41__static_initialization_and_destruction_0ii:
151 .LFB984:
152     .cfi_startproc
153     pushq    %rbp
154     .cfi_def_cfa_offset 16
155     .cfi_offset 6, -16
156     movq     %rsp, %rbp
157     .cfi_def_cfa_register 6
158     subq     $16, %rsp
159     movl     %edi, -4(%rbp)
160     movl     %esi, -8(%rbp)
161     cmpl     $1, -4(%rbp)
162     jne     .L5
163     cmpl     $65535, -8(%rbp)
164     jne     .L5
165     movl     $_ZStL8__ioinit, %edi
166     call     _ZNSt8ios_base4InitC1Ev
167     movl     $__dso_handle, %edx
168     movl     $_ZStL8__ioinit, %esi
169     movl     $_ZNSt8ios_base4InitD1Ev, %edi
170     call     __cxa_atexit
171     .L5:
172     leave
173     .cfi_def_cfa 7, 8
174     ret
175     .cfi_endproc
176 .LFE984:
177     .size    _Z41__static_initialization_and_destruction_0ii, .-
_Z41__static_initialization_and_destruction_0ii
178     .type    _GLOBAL__sub_I_main, @function
179     _GLOBAL__sub_I_main:
180 .LFB985:
181     .cfi_startproc
182     pushq    %rbp
183     .cfi_def_cfa_offset 16
184     .cfi_offset 6, -16
185     movq     %rsp, %rbp
186     .cfi_def_cfa_register 6
187     movl     $65535, %esi

```

```

188     movl    $1, %edi
189     call    _Z41__static_initialization_and_destruction_0ii
190     popq    %rbp
191     .cfi_def_cfa 7, 8
192     ret
193     .cfi_endproc
194 .LFE985:
195     .size    _GLOBAL__sub_I_main, .-_GLOBAL__sub_I_main
196     .section .init_array,"aw"
197     .align 8
198     .quad    _GLOBAL__sub_I_main
199     .hidden __dso_handle
200     .ident   "GCC: (Ubuntu 4.8.4-2ubuntu1~14.04) 4.8.4"
201     .section .note.GNU-stack,"",@progbits

```

1. 编译器并不是把函数模板处理成能够处理任意类的函数
2. 编译器从函数模板通过具体类型产生不同的函数
3. 编译器会对函数模板进行**两次编译**,在声明的地方对模板代码本身进行编译;在调用的地方对参数替换后的代码进行编译。

7.2 类模板

7.2.1 类模板定义

类模板与函数模板的定义和使用类似,我们已经进行了介绍。有时,有两个或多个类,其功能是相同的,仅仅是数据类型不同,所以将类中的类型进行泛化。

```

template<typename T>
class A
{
}

```

7.2.2 简单的模板类

```

#include <iostream>
using namespace std;
template<typename T>    //定义类模板 要在类的头部之前加入template<typename T> 或者
template<class T>
class A

```

```

{
public:
    A(T t)
    {
        this->t = t;
    }

    T &getT()
    {
        return t;
    }

public:
    T t;
};

int main(void)
{
    //在定义一个对象的时候，要明确此类所泛化的具体类型
    A<int> a(100);

    cout << a.getT() << endl;

    return 0;
}

```

7.2.3 模板类的派生

```

#include <iostream>
using namespace std;

template<class T>
class A
{
public:
    A(T a) {
        this->a = a;
    }
protected:
    T a;
};

//模板类派生普通类
//结论：子类从模板类继承的时候，需要让编译器知道 父类的数据类型具体是什么(数据类型的本质:固定大小内存块的别名)A<int>
class B : public A<int>
{
public:
    B(int a, int b) : A<int>(a)
    {
        this->b = b;
    }
}

```

```

    }

    void printB()
    {
        cout<<"b: " <<b <<endl;
    }
private:
    int b;
};

//模板类派生模板类
template <class T>
class C :public A<T>
{
public:
    C(T a, T c): A<T>(a)
    {
        this->c = c;
    }

    void printC()
    {
        cout <<"C : " << c <<endl;
    }
private:
    T c;
};

```

7.3 类模板实现

7.3.1 函数体写在类中

```

#include <iostream>
using namespace std;

template <class T>
class Complex
{
    friend ostream & operator<<(ostream &os, Complex &c)
    {
        os << "( " << c.a << " + " << c.b << "i" << " )";
        return os;
    }

public:
    Complex()
    {
    }

    Complex(T a, T b)
    {
    }

```

```

        this->a = a;
        this->b = b;
    }

    void printComplex()
    {
        cout << "(" << a << " + " << b << "i" << ")" << endl;
    }

    Complex operator+(Complex &another)
    {
        Complex temp(a +another.a, b +another.b);
        return temp;
    }

private:
    T a;
    T b;
};

int main(void)
{
    Complex<int> a(10, 20); //让模板类具体化是为了告诉编译具体的大小，分配内存
    Complex<int> b(3, 4);
    a.printComplex();

    Complex<int> c;
    c = a + b; // Complex c.operator+(Complex &another)

    c.printComplex();

    cout << c << endl;

    return 0;
}

```

7.3.2 函数体写在类外(在一个cpp中)

```

#include <iostream>
using namespace std;

template <class T>
class Complex;

template <class T>
Complex<T> mySub(Complex<T> &one, Complex<T> &another);

template <class T>
class Complex
{
public:

```

```
friend ostream & operator<< <T> (ostream &os, Complex<T> &c);
//在模板类中 如果有友元重载操作符<<或者>>需要 在 operator<< 和 参数列表之间
//加入 <T>
```

```
//滥用友元函数，本来可以当成员函数，却要用友元函数
//如果说是非<< >> 在模板类中当友元函数
//在这个模板类 之前声明这个函数
```

```
friend Complex<T> mySub <T> (Complex<T> &one, Complex<T> &another);
```

```
//最终的结论， 模板类 不要轻易写友元函数， 要写的 就写<< 和>> 。
```

```
Complex();
Complex(T a, T b);
```

```
Complex operator+(Complex &another);
Complex operator-(Complex &another);
void printComplex();
```

```
private:
```

```
T a;
T b;
```

```
};
```

```
template <class T>
Complex<T>::Complex()
{
}
```

```
template <class T>
Complex<T>::Complex(T a, T b)
{
    this->a = a;
    this->b = b;
}
```

```
template <class T>
void Complex<T>::printComplex()
{
    cout << "( " << a << " + " << b << "i" << " )" << endl;
}
```

```
template <class T>
Complex<T> Complex<T>::operator+(Complex<T> &another)
{
    Complex temp(a + another.a, b + another.b);
    return temp;
}
```

```
template <class T>
Complex<T> Complex<T>::operator-(Complex<T> &another)
{
    Complex temp(this->a - another.a, this->b - another.b);
    return temp;
}
```

```

//友元函数
template <class T>
ostream & operator<<(ostream &os, Complex<T> &c)
{
    os << "( " << c.a << " + " << c.b << "i" << " )";
    return os;
}

template <class T>
Complex<T> mySub(Complex<T> &one, Complex<T> &another)
{
    Complex<T> temp(one.a - another.a, one.b - another.b);
    return temp;
}

int main(void)
{
    Complex<int> a(10, 20); //让模板类具体化是为了告诉编译具体的大小, 分配内存
    Complex<int> b(3, 4);
    a.printComplex();

    Complex<int> c;
    c = a + b;

    c.printComplex();

    cout << c << endl;

    c = mySub(a, b);
    cout << c << endl;

    return 0;
}

```

综上： 模板类不要轻易使用友元函数。

7.3.3 函数体写在类外（在.h和.cpp中）

Complex.h

```

#pragma once

#include <iostream>
using namespace std;

template <class T>

```

```

class Complex;

template <class T>
Complex<T> mySub(Complex<T> &one, Complex<T> &another);
template <class T>
ostream & operator<<(ostream &os, Complex<T> &c);

template <class T>
class Complex
{
    friend ostream & operator<< <T> (ostream &os, Complex<T> &c);
    //在模板类中 如果有友元重载操作符<<或者>>需要 在 operator<< 和 参数列表之间
    //加入 <T>

    //滥用友元函数，本来可以当成员函数，却要用友元函数
    //如果说是非<< >> 在模板类中当友元函数
    //在这个模板类 之前声明这个函数
    friend Complex<T> mySub <T>(Complex<T> &one, Complex<T> &another);
    //最终的结论， 模板类 不要轻易写友元函数， 要写的 就写<< 和>> 。

public:
    Complex();
    Complex(T a, T b);

    void printComplex();

    Complex operator+(Complex &another);
    Complex operator-(Complex &another);

private:
    T a;
    T b;
};

```

Complex.hpp

```

#include "Complex.h"

template <class T>
Complex<T>::Complex()
{
}

template <class T>
Complex<T>::Complex<T>(T a, T b)
{
    this->a = a;
    this->b = b;
}

template <class T>

```

```

void Complex<T>::printComplex()
{
    cout << "( " << a << " + " << b << "i" << " )" << endl;
}

template <class T>
Complex<T> Complex<T>::operator+(Complex<T> &another)
{
    Complex temp(a + another.a, b + another.b);
    return temp;
}

template <class T>
Complex<T> Complex<T>::operator-(Complex<T> &another)
{
    Complex temp(this->a - another.a, this->b - another.b);
    return temp;
}

//友元函数
template <class T>
ostream & operator<<(ostream &os, Complex<T> &c)
{
    os << "( " << c.a << " + " << c.b << "i" << " )";
    return os;
}

template <class T>
Complex<T> mySub(Complex<T> &one, Complex<T> &another)
{
    Complex<T> temp(one.a - another.a, one.b - another.b);
    return temp;
}

```

main.cpp

```

#include <iostream>
#include "Complex.h"
#include "Complex.hpp"

using namespace std;

int main(void)
{
    Complex<int> a(10, 20); //让模板类具体化是为了告诉编译具体的大小, 分配内存
    Complex<int> b(3, 4);
    a.printComplex();

    Complex<int> c;
    c = a + b; // Complex c.operator+(Complex &another)

    c.printComplex();
}

```

```

    cout << c << endl;

    c = mySub(a, b);
    cout << c << endl;

    return 0;
}

```

由于二次编译，模板类在.h在第一次编译之后，并没有最终确定类的具体实现，只是编译器的词法校验和分析。在第二次确定类的具体实现后，是在.hpp文件生成的最后的具体类，所以main函数需要引入.hpp文件。

综上：引入.hpp文件一说也是曲线救国之计，所以实现模板方法建议在同一个文件.h中完成

7.3.4 类模板中的static

```

#include <iostream>
using namespace std;

template <class T>
class A{
    public:
        static T s_value;
};
//静态变量需要在类的外部初始化
template <class T>
T A<T>::s_value = 0;

/*
    当编译器看见 A<int> 被调用， 将执行二次编译， 生成如下的类A
    class A
    {
    public:
    static int s_value;
    };
    int A::s_value = 0;
*/

/*
    当编译器看见 A<char> 被调用， 将执行二次编译， 生成如下的类A
    class A
    {
    public:
    static char s_value;
    };
    char A::s_value = 'A';
*/

```

```

};
char A::s_value = 0;
*/

int main(void)
{
    A<int> a1, a2, a3; //class A <int>家族的 对象
    A<char> b1, b2, b3; // class A <char>家族的 对象

    a1.s_value = 10;
    b1.s_value = 'a';

    cout << a1.s_value << endl;
    cout << b1.s_value << endl;
    //打印出 a1.s_value = 10, b1.s_value = 'a' 说明 两个s_value 在两个类中是不同的

    a1.s_value++;
    cout << a2.s_value << endl; // 11
    cout << a3.s_value << endl; // 11

    b1.s_value++;
    cout << b2.s_value << endl; // 'b'
    cout << b3.s_value << endl; // 'b'

    //通过以上结果, 说明 a1, a2, a3 是属于A<int>家族的他们共享A<int>::s_value;
    //                                     b1, b2, b3 是属于A<char>家族的他们共享
    A<char>::s_value;

    return 0;
}

```

练习 实现一个模板数组类

请设计一个数组模板类 (MyVector), 完成对int、char、Teacher类型元素的管理。

需要实现 构造函数 拷贝构造函数 << [] 重载=操作符。

8 类型转换

8.1 类型转换的名称和语法

类型转换有 c 风格的,当然还有 c++风格的。c 风格的转换的格式很简单 (TYPE) EXPRESSION,但是 c 风格的类型转换有不少的缺点,有的时候用 c 风格的转换是不合适的,因为它可以在任意类型之间转换,比如你可以把一个指向 const 对象的指针转换成指向非 const 对象的指针,把一个指向基类对象的指针转换成指向一个派生类对象的指针,这两种转换之间的差别是巨大的,但是传统的 c 语言风格的类型转换没有区分这些。还有一个缺点就是,c 风格的转换不容易查找,他由一个括号加上一个标识符组成,而这样的东西在 c++程序里一大堆。所以 c++为了克服这些缺点,引进了 4 新的类型转换操作符。

C风格的强制类型转换(Type Cast)

TYPE b = (TYPE) a

C++提供了4种类型转换, 分别处理不同的场合应用

static_cast	静态类型转换。
reinterpret_cast	重新解释类型转换。
dynamic_cast	子类和父类之间的多态类型转换。
const_cast	去掉const属性转换。

8.2 转换方式

8.2.1 static_cast 静态类型转换

static_cast<目标类型> (标识符)

所谓的静态,即在编译期内即可决定其类型的转换,用的也是最多的一种。

```

#include <iostream>
using namespace std;

int main(void)
{
    double dPi = 3.1415926;
    int num1 = (int)dPi;           //c语言的 旧式类型转换
    int num2 = dPi;               //隐式类型转换

    // 静态的类型转换:
    // 在编译的时 进行基本类型的转换 能替代c风格的类型转换 可以进行一部分检查
    int num3 = static_cast<int> (dPi); //c++的新式的类型转换运算符
    cout << "num1:" << num1 << " num2:" << num2 << " num3:" << num3 << endl;

    return 0;
}

```

8.2.2 dynamic_cast 子类和父类之间的多态类型转换

dynamic_cast<目标类型> (标识符)

用于多态中的父子类之间的强制转化。

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Animal
{
public:
    virtual void cry() = 0;
};

class Dog : public Animal
{
public:
    virtual void cry()
    {
        cout << "旺旺~ " << endl;
    }

    void doHome()
    {
        cout << "看家" << endl;
    }
};

class Cat : public Animal

```

```

{
public:
    virtual void cry()
    {
        cout << "喵喵~ " << endl;
    }

    void doHome()
    {
        cout << "抓老鼠" << endl;
    }
};

int main(void)
{
    Animal *base = NULL;

    base = new Cat();
    base->cry();    //此时父类指针指向 猫

    //用于将父类指针转换成子类,
    Dog *pDog = dynamic_cast<Dog *>(base); //转换之后 讲父类指针转换成 子类狗指针
                                           // 但是由于父类指针此时指向的对象是猫,
                                           // 所以转换狗是失败的
                                           //如果转换失败则返回 NULL

    if (pDog != NULL)
    {
        pDog->cry();
        pDog->doHome();
    }

    Cat *pCat = dynamic_cast<Cat *>(base); //转换之后 讲父类指针转换成 子类猫指针
                                           //向下转换

    if (pCat != NULL)
    {
        pCat->cry();
        pCat->doHome();
    }

    return 0;
}

```

8.2.2 const_cast 去掉const属性转换

const_cast<目标类型> (标识符) //目标类类型只能是指针或引用。

```

#include <iostream>
using namespace std;

struct A {

```

```

    int data;
};

int main(void)
{
    const A a = {200};

    A a1 = const_cast<A>(a);
    a1.data = 300;

    A &a2 = const_cast<A&>(a);
    a2.data = 300;
    cout<<a.data<<a2.data<<endl;

    A *a3 = const_cast<A*>(&a);
    a3->data = 400;
    cout<<a.data<<a3->data<<endl;

    const int x = 3;

    int &x1 = const_cast<int&>(x);
    x1 = 300;
    cout<<x<<x1<<endl;

    int *x2 = const_cast<int*>(&x);
    *x2 = 400;
    cout<<x<<*x2<<endl;

    return 0;
}

```

8.2.3 reinterpret_cast 重新解释类型转换

```
reinterpret_cast<目标类型> (标识符)
```

interpret 是解释的意思,reinterpret 即为重新解释,此标识符的意思即为数据的二进制形式重新解释,但是不改变其值。

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Animal
{
public:
    virtual void cry() = 0;
};

class Dog : public Animal
{

```

```

public:
    virtual void cry()
    {
        cout << "旺旺~ " << endl;
    }

    void doHome()
    {
        cout << "看家" << endl;
    }
};

class Cat : public Animal
{
public:
    virtual void cry()
    {
        cout << "喵喵~ " << endl;
    }

    void doHome()
    {
        cout << "抓老鼠" << endl;
    }
};

class Book
{
public:
    void printP()
    {
        cout << "book" << endl;
    }
};

int main(void)
{
    Animal *base = NULL;

    //1 可以把子类指针赋给 父类指针 但是反过来是不可以的 需要 如下转换
    //Dog *pdog = base;
    Dog *pDog = static_cast<Dog *> (base);

    //2 把base转换成其他 非动物相关的 err
    //Book *book= static_cast<Book *> (base);

    //3 reinterpret_cast 可以强制类型转换
    Book *book = reinterpret_cast<Book *> (base);

    return 0;
}

```

建议1:

程序员要清除的知道: 要转的变量, 类型转换前是什么类型, 类型转换后是什么类型。转换后有什么后果。

建议2:

一般情况下, 不建议进行类型转换。

9 异常

1) 异常是一种程序控制机制, 与函数机制独立和互补

函数是一种以栈结构展开的上下函数衔接的程序控制系统, 异常是另一种控制结构, 它依附于栈结构, 却可以同时设置多个异常类型作为网捕条件, 从而以类型匹配在栈机制中跳跃回馈。

2) 异常设计目的:

栈机制是一种高度节律性控制机制, 面向对象编程却要求对象之间有方向、有目的的控制传动, 从一开始, 异常就是冲着改变程序控制结构, 以适应面向对象程序更有效地工作这个主题, 而不是仅为了进行错误处理。

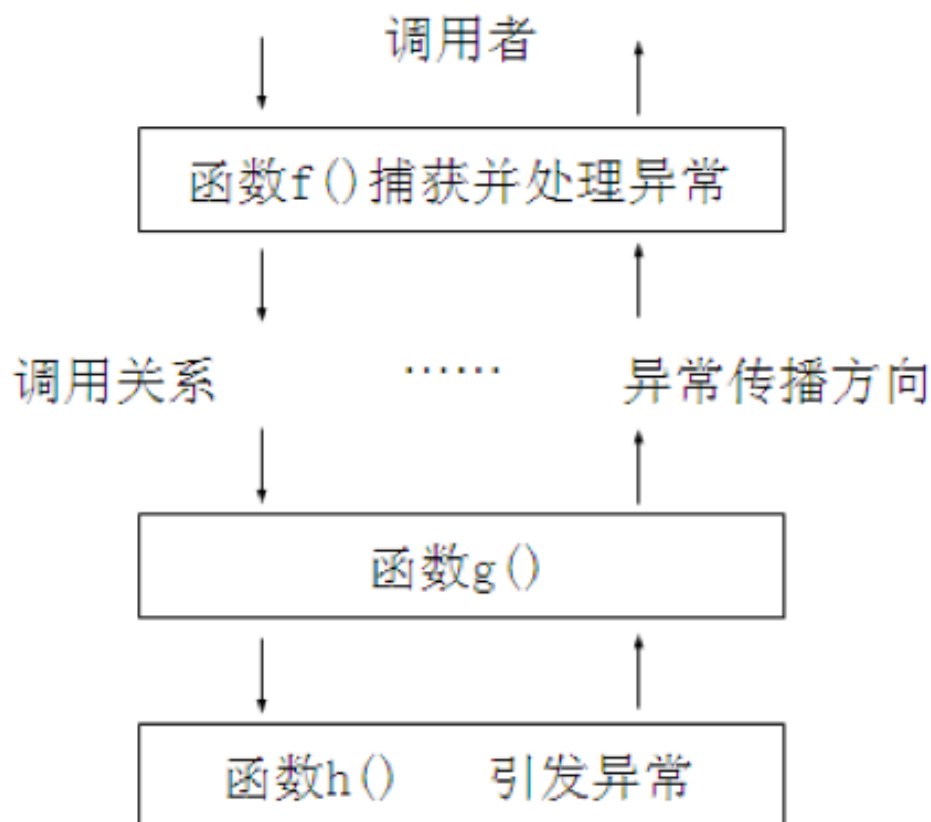
异常设计出来之后, 却发现错误处理方面获得了最大的好处。

9.1 异常处理的基本思想

9.1.1 传统的错误处理机制

通过函数返回值来处理错误。

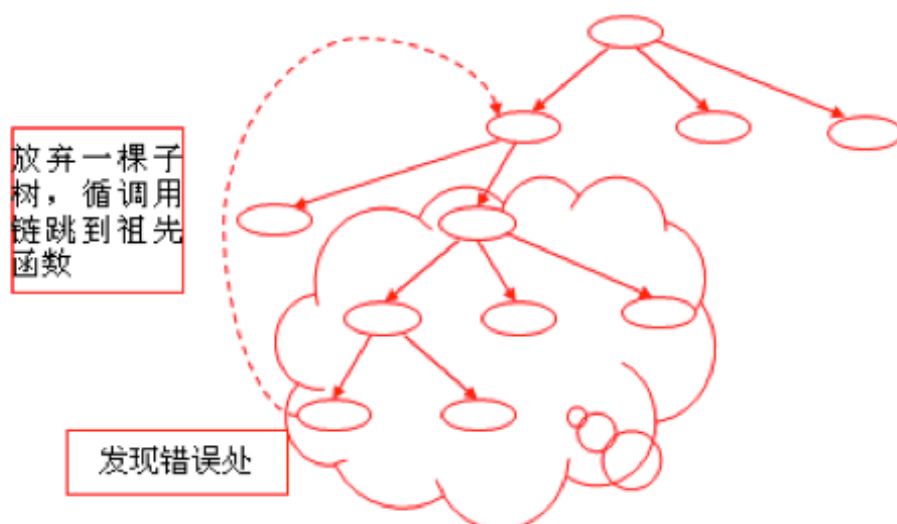
9.1.2 异常的错误处理机制



1) C++的异常处理机制使得**异常的引发**和**异常的处理**不必在同一个函数中，这样底层的函数可以着重解决具体问题，而不必过多的考虑异常的处理。上层调用者可以再适当的位置设计**对不同类型异常**的处理。

2) 异常是专门针对抽象编程中的一系列错误处理的，C++中不能借助函数机制，因为栈结构的本质是先进后出，依次访问，无法进行跳跃，但错误处理的特征却是遇到错误信息就想要转到若干级之上进行重新尝试，如图

❖ 错误处理示意：



- 3) 异常超脱于函数机制，决定了其对函数的跨越式回跳。
- 4) 异常跨越函数

9.2 C++异常处理的实现

9.2.1 异常的基本语法

❖ 抛掷异常的程序段

```
void Fun ()
{
.....
throw    表达式;
.....
}
```

❖ 捕获并处理异常的程序段

```
try {
    复合语句
}
catch (异常类型声明)
    复合语句
catch (类型    (形参))
    复合语句
...
```

- 1) 若有异常则通过throw操作**创建一个异常对象**并抛掷。
- 2) 将可能抛出异常的程序段嵌在try块之中。控制通过正常的顺序执行到达try语句，然后执行try块内的保护段。
- 3) 如果在保护段执行期间没有引起异常，那么跟在try块后的catch子句就不执行。程序从try块后跟随的最后一个catch子句后面的语句继续执行下去。
- 4) catch子句按其在try块后出现的顺序被检查。匹配的catch子句将捕获并处理异常（或继续抛掷异常）。
- 5) 如果匹配的处理程序未找到，则运行函数terminate将被自动调用，其缺省功能是调用abort终止程序。
- 6) 处理不了的异常，可以在catch的最后一个分支，使用throw语法，向上扔。

```

#include <iostream>
using namespace std;

int divide(int x, int y )
{
    if (y ==0)
    {
        throw x;
    }
    return x/y;
}

int main(void)
{
    try
    {
        cout << "8/2 = " << divide(8, 2) << endl;
        cout << "10/0 =" << divide(10, 0) << endl;
    }
    catch (int e)
    {
        cout << "e" << " is divided by zero!" << endl;
    }
    catch(...)
    {
        cout << "未知异常" << endl;
    }

    return 0;
}

```

9.2.2 栈解旋(unwinding)

异常被抛出后，从进入try块起，到异常被抛掷前，这期间在栈上的构造的所有对象，都会被自动析构。析构的顺序与构造的顺序相反。这一过程称为栈的解旋(unwinding)。

```

#include <iostream>

using namespace std;

class MyException {};

class Test
{
public:
    Test(int a=0, int b=0)
    {

```

```

        this->a = a;
        this->b = b;
        cout << "Test 构造函数执行" << "a:" << a << " b: " << b << endl;
    }
    void printT()
    {
        cout << "a:" << a << " b: " << b << endl;
    }
    ~Test()
    {
        cout << "Test 析构函数执行" << "a:" << a << " b: " << b << endl;
    }
private:
    int a;
    int b;
};

void myFunc() throw (MyException)
{
    Test t1;
    Test t2;

    cout << "定义了两个栈变量,异常抛出后测试栈变量的如何被析构" << endl;

    throw MyException();
}

int main(void)
{
    //异常被抛出后,从进入try块起,到异常被抛掷前,这期间在栈上的构造的所有对象,
    //都会被自动析构。析构的顺序与构造的顺序相反。
    //这一过程称为栈的解旋(unwinding)
    try
    {
        myFunc();
    }
    catch(MyException &e)
    //catch(MyException ) //这里不能访问异常对象
    {
        cout << "接收到MyException类型异常" << endl;
    }
    catch(...)
    {
        cout << "未知类型异常" << endl;
    }

    return 0;
}

```

9.2.3 异常接口声明

1) 为了加强程序的可读性，可以在函数声明中列出可能抛出的所有异常类型，例如：

`void func() throw (A, B, C, D);` //这个函数func（）能够且只能抛出类型A B C D及其子类型的异常。

2) 如果在函数声明中没有包含异常接口声明，则次函数可以抛掷任何类型的异常，例如：

`void func();`

3) 一个不抛掷任何类型异常的函数可以声明为：

`void func() throw();`

4) 如果一个函数抛出了它的异常接口声明所不允许抛出的异常，unexpected函数会被调用，该函数默认行为调用terminate函数中止程序。

9.2.4 异常类型和异常变量的生命周期

1) throw的异常是有类型的，可以使，数字、字符串、类对象。

2) throw的异常是有类型的，catch严格按照类型进行匹配。

3) 注意 异常对象的内存模型 。

(一) 传统的错误模型处理

```
//传统的错误处理机制
int my_strcpy(char *to, char *from)
{
    if (from == NULL)
    {
        return 1;
    }
    if (to == NULL)
    {
        return 2;
    }

    //copy是的 场景检查
    if (*from == 'a')
    {
        return 3; //copy时出错
    }
    while (*from != '\0')
    {
        *to = *from;
        to ++;
        from ++;
    }
}
```

```

    *to = '\0';

    return 0;
}

int main(void)
{
    int ret = 0;
    char buf1[] = "zbcdefg";
    char buf2[1024] = {0};

    ret = my_strcpy(buf2, buf1);
    if (ret != 0)
    {
        switch(ret)
        {
            case 1:
                printf("源buf出错!\n");
                break;
            case 2:
                printf("目的buf出错!\n");
                break;
            case 3:
                printf("copy过程出错!\n");
                break;
            default:
                printf("未知错误!\n");
                break;
        }
    }
    printf("buf2:%s \n", buf2);

    return 0;
}

```

(二) 抛出普通类型异常

```

//throw int类型异常
void my_strcpy1(char *to, char *from)
{
    if (from == NULL)
    {
        throw 1;
    }
    if (to == NULL)
    {
        throw 2;
    }

    //copy是的 场景检查
    if (*from == 'a')
    {
        throw 3; //copy时出错
    }
}

```

```

while (*from != '\0')
{
    *to = *from;
    to ++;
    from ++;
}
*to = '\0';
}

```

```

//throw char*类型异常
void my_strcpy2(char *to, char *from)
{
    if (from == NULL)
    {
        throw "源buf出错";
    }
    if (to == NULL)
    {
        throw "目的buf出错";
    }

    //copy是的 场景检查
    if (*from == 'a')
    {
        throw "copy过程出错"; //copy时出错
    }
    while (*from != '\0')
    {
        *to = *from;
        to ++;
        from ++;
    }
    *to = '\0';
}

```

(三) 抛出自定义类型异常

```

class BadSrcType {};
class BadDestType {};
class BadProcessType
{
public:
    BadProcessType()
    {
        cout << "BadProcessType构造函数do \n";
    }

    BadProcessType(const BadProcessType &obj)
    {

```

```

        cout << "BadProcessType copy构造函数do \n";
    }

    ~BadProcessType()
    {
        cout << "BadProcessType析构造函数do \n";
    }
};

```

//throw 类对象 类型异常

```
void my_strcpy3(char *to, char *from)
```

```

{
    if (from == NULL)
    {
        throw BadSrcType();
    }
    if (to == NULL)
    {
        throw BadDestType();
    }

    //copy是的 场景检查
    if (*from == 'a')
    {
        printf("开始 BadProcessType类型异常 \n");
        throw BadProcessType();
    }

    if (*from == 'b')
    {
        throw &(BadProcessType());
    }

    if (*from == 'c')
    {
        throw new BadProcessType;
    }
    while (*from != '\0')
    {
        *to = *from;
        to ++;
        from ++;
    }
    *to = '\0';
}

```

```
int main(void)
```

```

{
    int ret = 0;
    char buf1[] = "cbbcdefg";
    char buf2[1024] = {0};

    try
    {

```

```

        //my_strcpy1(buf2, buf1);
        //my_strcpy2(buf2, buf1);
        my_strcpy3(buf2, buf1);
    }
    catch (int e) //e可以写 也可以不写
    {
        cout << e << " int类型异常" << endl;
    }
    catch(char *e)
    {
        cout << e << " char* 类型异常" << endl;
    }

    //---
    catch(BadSrcType e)
    {
        cout << " BadSrcType 类型异常" << endl;
    }
    catch(BadDestType e)
    {
        cout << " BadDestType 类型异常" << endl;
    }
    //结论1: 如果 接受异常的时候 使用一个异常变量,则copy构造异常变量.
    /*
        catch( BadProcessType e)
        {
            cout << " BadProcessType 类型异常" << endl;
        }
    */
    //结论2: 使用引用的话 会使用throw时候的那个对象
    //catch( BadProcessType &e)
    //{
    //    cout << " BadProcessType 类型异常" << endl;
    //}

    //结论3: 指针可以和引用/元素写在一块 但是引用/元素不能写在一块
    catch( BadProcessType *e)
    {
        cout << " BadProcessType 类型异常" << endl;
        delete e;
    }

    //结论4: 类对象时, 使用引用比较合适
    // -

    catch (...)
    {
        cout << "未知 类型异常" << endl;
    }

    return 0;
}

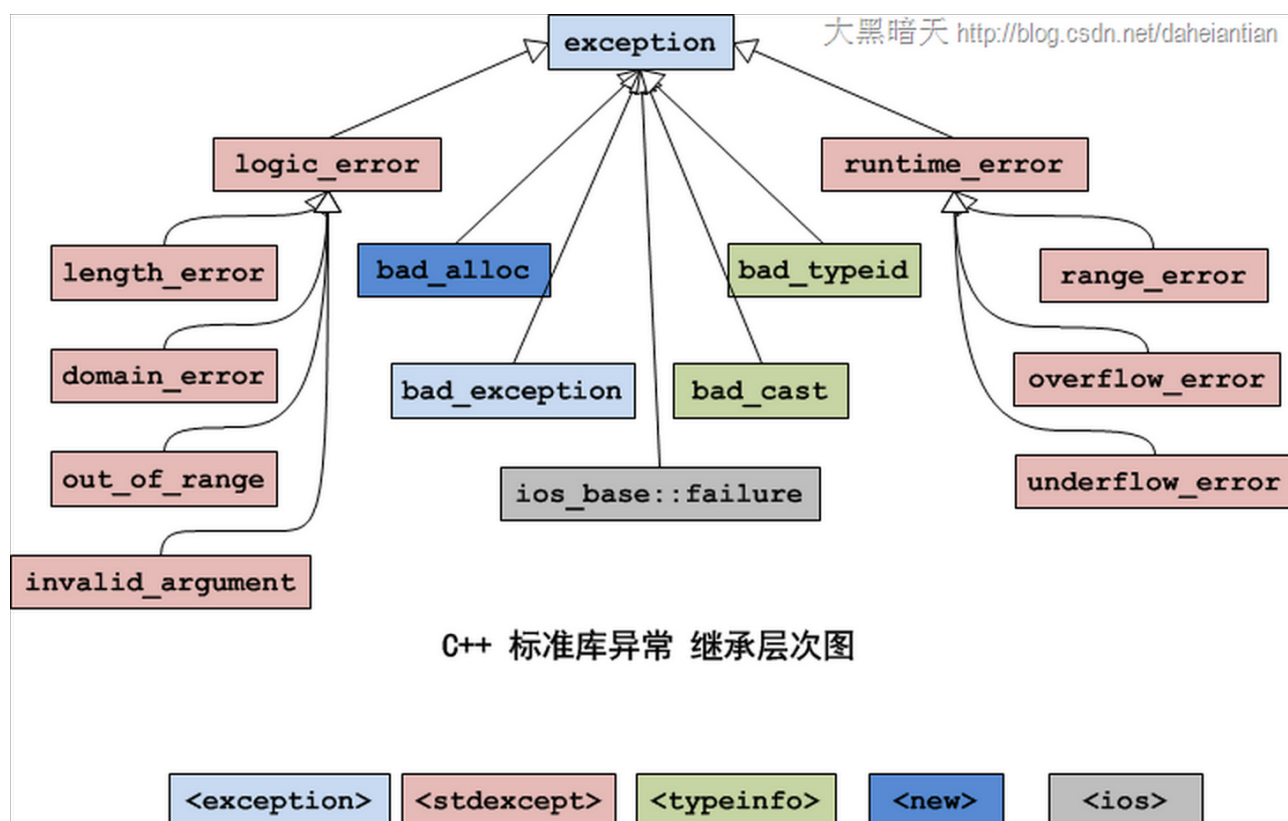
```

9.2.5 异常的层次结构

设计一个数组类 `MyArray`，重载 `[]` 操作，数组初始化时，对数组的个数进行有效检查

- 1) `index < 0` 抛出异常 `eNegative`
- 2) `index = 0` 抛出异常 `eZero`
- 3) `index > 1000` 抛出异常 `eTooBig`
- 4) `index < 10` 抛出异常 `eTooSmall`
- 5) `eSize` 类是以上类的父类，实现有参数构造、并定义 `virtual void printErr()` 输出错误。

9.3 标准程序库异常



每个类所在的头文件在图下方标识出来.

标准异常类的成员：

① 在上述继承体系中，每个类都提供了构造函数、复制构造函数、和赋值操作符重载。

② logic_error类及其子类、runtime_error类及其子类，它们的构造函数是接受一个string类型的形式参数，用于异常信息的描述；

③ 所有的异常类都有一个what()方法，返回const char* 类型（C风格字符串）的值，描述异常信息。

异常名称	描述
exception	所有标准异常类的父类
bad_alloc	当operator new and operator new[], 请求分配内存失败时
bad_exception	这是个特殊的异常，如果函数的异常抛出列表里声明了bad_exception异常，当函数内部抛出了异常抛出列表中没有的异常，这是调用的unexpected函数中若抛出异常，不论什么类型，都会被替换为bad_exception类型
bad_typeid	使用typeid操作符，操作一个NULL指针，而该指针是带有虚函数的类，这时抛出bad_typeid异常
bad_cast	使用dynamic_cast转换引用失败的时候
ios_base::failure	io操作过程出现错误
logic_error	逻辑错误，可以在运行前检测的错误
runtime_error	运行时错误，仅在运行时才可以检测的错误

异常名称	描述
length_error	试图生成一个超出该类型最大长度的对象时，例如vector的resize操作
domain_error	参数的值域错误，主要用在数学函数中。例如使用一个负值调用只能操作非负数的函数
out_of_range	超出有效范围
invalid_argument	参数不合适。在标准库中，当利用string对象构造bitset时，而string中的字符不是'0'或'1'的时候，抛出该异常

异常名称	描述
range_error	计算结果超出了有意义的值域范围
overflow_error	算术计算上溢
underflow_error	算术计算下溢

案例1：

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <stdexcept>

class Teacher
{
public:
    Teacher(int age) //构造函数，通过异常机制 处理错误
    {
        if (age > 100)
        {
            throw out_of_range("年龄太大");
        }
        this->age = age;
    }
};
```

```

    }
protected:
private:
    int age;
};

int main()
{
    try
    {
        Teacher t1(102);
    }
    catch (out_of_range e)
    {
        cout << e.what() << endl;
    }

    return 0;
}

```

案例2：

```

#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

class Dog
{
public:
    Dog()
    {
        parr = new int[1024*1024*100]; //4MB
    }
private:
    int *parr;
};

int main()
{
    Dog *pDog;
    try{
        for(int i=1; i<1024; i++) //40GB!
        {
            pDog = new Dog();
            cout << i << ": new Dog 成功." << endl;
        }
    }
    catch(bad_alloc err)
    {
        cout << "new Dog 失败: " << err.what() << endl;
    }
}

```

```
}  
  
    return 0;  
  
}
```

10. 输入输出流

10.1 I/O流的概念和流类库的结构

程序的输入指的是从输入文件将数据传送给程序，程序的输出指的是从程序将数据传送给输出文件。

C++输入输出包含以下三个方面的内容：

对系统指定的标准设备的输入和输出。即从键盘输入数据，输出到显示器屏幕。这种输入输出称为标准的输入输出，简称标准I/O。

以外存磁盘文件为对象进行输入和输出，即从磁盘文件输入数据，数据输出到磁盘文件。以外存文件为对象的输入输出称为文件的输入输出，简称文件I/O。

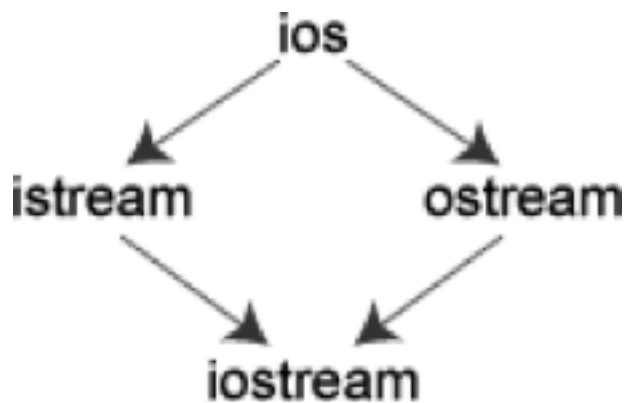
对内存中指定的空间进行输入和输出。通常指定一个字符数组作为存储空间(实际上可以利用该空间存储任何信息)。这种输入和输出称为字符串输入输出，简称串I/O。

C++的I/O对C的发展--类型安全和可扩展性

在C语言中，用printf和scanf进行输入输出，往往不能保证所输入输出的数据是可靠的安全的。在C++的输入输出中，编译系统对数据类型进行严格的检查，凡是类型不正确的数据都不可能通过编译。因此C++的I/O操作是类型安全(type safe)的。C++的I/O操作是可扩展的，不仅可以用来输入输出标准类型的数据，也可以用于用户自定义类型的数据。

C++通过I/O类库来实现丰富的I/O功能。这样使C++的输入输出明显地优于C语言中的printf和scanf，但是也为之付出了代价，C++的I/O系统变得比较复杂，要掌握许多细节。

C++编译系统提供了用于输入输出的iostream类库。iostream这个单词是由3个部分组成的，即i-o-stream，意为输入输出流。在iostream类库中包含许多用于输入输出的类。常用的见表



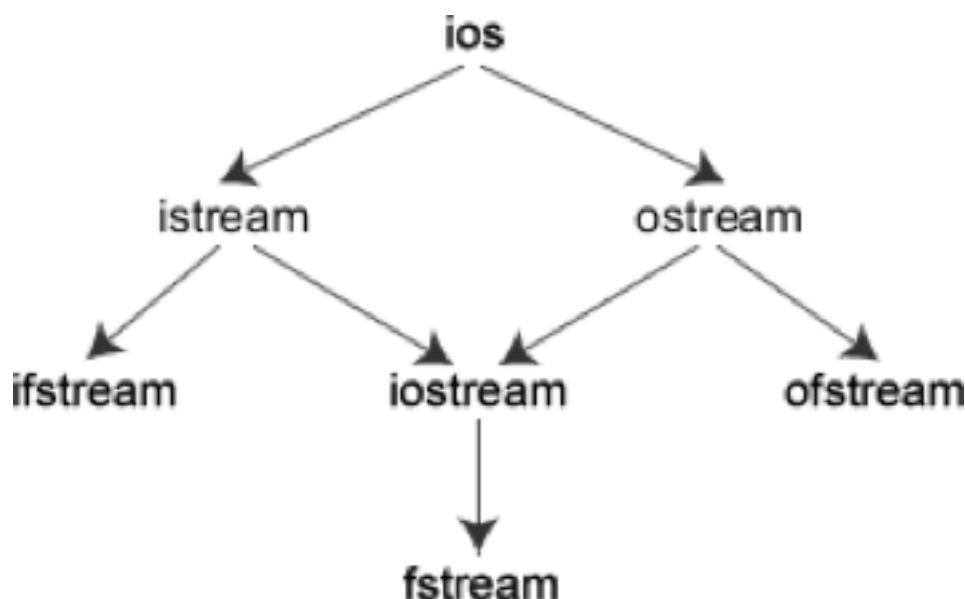
.I/O类库中的常用流类

类名	作用	在哪个头文件中声明
ios	抽象基类	iostream
istream	通用输入流和其他输入流的基类	iostream
ostream	通用输出流和其他输出流的基类	iostream
iostream	通用输入输出流和其他输入输出流的基类	iostream
ifstream	输入文件流类	fstream
ofstream	输出文件流类	fstream
fstream	输入输出文件流类	fstream
istrstream	输入字符串流类	strstream
ostrstream	输出字符串流类	strstream
strstream	输入输出字符串流类	strstream

ios是抽象基类，由它派生出istream类和ostream类，两个类名中第1个字母i和o分别代表输入(input)和输出(output)。istream类支持输入操作，ostream类支持输出操作，iostream类支持输入输出操作。iostream类是从istream类和ostream类通过多重继承而派生的类。其继承层次见上图表示。

C++对文件的输入输出需要用ifstream和ofstream类，两个类名中第1个字母i和o分别代表输入和输出，第2个字母f代表文件(file)。ifstream支持对文件的输入操

作，ofstream支持对文件的输出操作。类ifstream继承了类istream，类ofstream继承了类ostream，类fstream继承了类iostream。见图



I/O类库中还有其他一些类，但是对于一般用户来说，以上这些已能满足需要了。

与iostream类库有关的头文件

iostream类库中不同的类的声明被放在不同的头文件中，用户在自己的程序用#include命令包含了有关的头文件就相当于在本程序中声明了所需要用到的类。可以换一种说法：头文件是程序与类库的接口，iostream类库的接口分别由不同的头文件来实现。常用的有

- iostream 包含了对输入输出流进行操作所需的基本信息。
- fstream 用于用户管理的文件的I/O操作。
- stringstream 用于字符串流I/O。
- stdiostream 用于混合使用C和C++的I/O机制时，例如想将C程序转变为C++程序。
- iomanip 在使用格式化I/O时应包含此头文件。

在iostream头文件中定义的流对象

在 iostream 头文件中定义的类有 ios, istream, ostream, iostream, istream_withassign, ostream_withassign, iostream_withassign 等。

在*iostream*头文件中重载运算符

“<<”和“>>”本来在C++中是被定义为左位移运算符和右位移运算符的，由于在*iostream*头文件对它们进行了重载，使它们能用作标准类型数据的输入和输出运算符。所以，在用它们的程序中必须用#include命令把*iostream*包含到程序中。

```
#include <iostream>
```

- 1) >>a表示将数据放入a对象中。
- 2) <<a表示将a对象中存储的数据拿出。

10.2 标准I/O流

标准I/O对象:cin , cout , cerr , clog

cout流对象

cout是console output的缩写，意为在控制台（终端显示器）的输出。强调几点。

1) cout不是C++预定义的关键字，它是ostream流类的对象，在iostream中定义。顾名思义，流是流动的数据，cout流是流向显示器的数据。cout流中的数据是用流插入运算符“<<”顺序加入的。如果有

```
cout<<"I "<<"study C++ "<<"very hard. << "wang bao ming ";
```

按顺序将字符串"I ", "study C++ ", "very hard."插入到cout流中，cout就将它们送到显示器，在显示器上输出字符串"I study C++ very hard."。cout流是容纳数据的载体，它并不是一个运算符。人们关心的是cout流中的内容，也就是向显示器输出什么。

2)用“ccmt<<”输出基本类型的数据时，可以不必考虑数据是什么类型，系统会判断数据的类型，并根据其类型选择调用与之匹配的运算符重载函数。这个过程都是自动的，用户不必干预。如果在C语言中用printf函数输出不同类型的数据，必须分别指定相应的输出格式符，十分麻烦，而且容易出错。C++的I/O机制对用户来说，显然是方便而安全的。

3) cout流在内存中对应开辟了一个缓冲区，用来存放流中的数据，当向cout流插入一个endl时，不论缓冲区是否已满，都立即输出流中所有数据，然后插入一个换行符，并刷新流（清空缓冲区）。注意如果插入一个换行符“\n”（如cout<<a<<“\n”），则只输出和换行，而不刷新cout流(但并不是所有编译系统都体现出这一区别)。

4) 在iostream中只对“<<”和“>>”运算符用于标准类型数据的输入输出进行了重载，但未对用户声明的类型数据的输入输出进行重载。如果用户声明了新的

类型，并希望用“<<”和“>>”运算符对其进行输入输出，按照重载运算符重载来做。

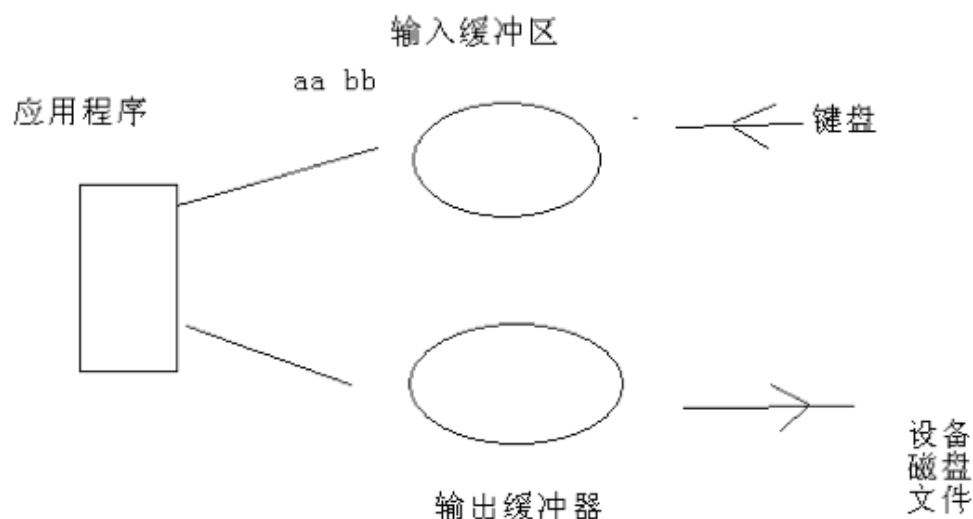
cerr流对象

cerr流对象是标准错误流，cerr流已被指定为与显示器关联。cerr的作用是向标准错误设备(standard error device)输出有关出错信息。cerr与标准输出流cout的作用和用法差不多。但有一点不同：cout流通常是传送到显示器输出，但也可以被重定向 输出到磁盘文件，而cerr流中的信息只能在显示器输出。当调试程序时，往往不希望程序运行时的出错信息被送到其他文件，而要求在显示器上及时输出，这时 应该用cerr。cerr流中的信息是用户根据需要指定的。

clog流对象

clog流对象也是标准错误流，它是console log的缩写。它的作用和cerr相同，都是在终端显示器上显示出错信息。区别：cerr是不经过缓冲区，直接向显示器上输出有关信息，而clog中的信息存放在缓冲区中，缓冲区满后或遇endl时向显示器输出。

缓冲区概念：



1 读和写是站在应用程序的角度来说的

10.2.1 标准的输入流

标准输入流对象cin，重点掌握的函数

cin.get() //一次只能读取一个字符
cin.get(一个参数) //读一个字符
cin.get(三个参数) //可以读字符串
cin.getline()
cin.ignore()
cin.putback()

```
#include <iostream>
using namespace std;

//2 输入字符串 你 好 遇见空格,停止接受输入
void main()
{
    char YourName[50];
    int myInt;
    long myLong;
    double myDouble;
    float myFloat;
    unsigned int myUnsigned;

    cout << "请输入一个Int: ";
    cin >> myInt;
    cout << "请输入一个Long: ";
    cin >> myLong;
    cout << "请输入一个Double: ";
    cin >> myDouble;

    cout << "请输入你的姓名: ";
    cin >> YourName;

    cout << "\n\n你输入的数是: " << endl;
    cout << "Int: \t" << myInt << endl;
    cout << "Long: \t" << myLong << endl;
    cout << "Double: \t" << myDouble << endl;
    cout << "姓名: \t" << YourName << endl;
    cout << endl << endl;

    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
```

```

using namespace std;

//1 输入英文 ok
//2 ctrl+z 会产生一个 EOF(-1)
int main()
{
    char ch;
    while( (ch= cin.get())!= EOF)
    {
        std::cout << "字符: " << ch << std::endl;
    }
    std::cout << "\n结束.\n";

    return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

//演示:读一个字符 链式编程
int main(void)
{
    char a, b, c;

    cin.get(a);
    cin.get(b);
    cin.get(c);

    cout << a << b << c<< endl;

    cout << "开始链式编程" << endl;

    cin.get(a).get(b).get(c);

    cout << a << b << c<< endl;

    return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

//演示cin.getline() 可以接受空格
int main(void)
{
    char buf1[256];
    char buf2[256];
}

```

```

cout << "\n请输入你的字符串 不超过256" ;
cin.getline(buf1, 256, '\n');
cout << buf1 << endl;

//
cout << "注意: cin.getline() 和 cin >> buf2 的区别, 能不能带空格 " << endl;
cin >> buf2 ; //流提取操作符 遇见空格 停止提取输入流
cout << buf2 << endl;

return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

//缓冲区实验
/*
1 输入 "aa bb cc dd" 字符串入缓冲区
2 通过 cin >> buf1; 提走了 aa
3 不需要输入 可以通过cin.getline() 把剩余的缓冲区数据提走
*/
int main()
{
    char buf1[256];
    char buf2[256];

    cout << "请输入带有空格的字符串,测试缓冲区" << endl;
    cin >> buf1;
    cout << "buf1:" << buf1 << endl;

    cout << "请输入数据..." << endl;

    //缓冲区没有数据,就等待; 缓冲区如果有数据直接从缓冲区中拿走数据
    cin.getline(buf2, 256);
    cout << "buf2:" << buf2 << endl;

    return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

// ignore
int main(void)
{
    int intchar;
    char buf1[256];
    char buf2[256];

    cout << "请输入带有空格的字符串,测试缓冲区 aa bbccddeee " << endl;
}

```

```

cin >> buf1;
cout << "buf1:" << buf1 << endl;

cout << "请输入数据..." << endl;
cin.ignore(2);

//缓冲区没有数据,就等待; 缓冲区如果有数据直接从缓冲区中拿走数据
cin.getline(buf2, 256);
cout << "buf2:" << buf2 << endl;

return 0;
}

```

```

#include <iostream>
using namespace std;

//案例:输入的整数和字符串分开处理
int main()
{
    cout << "Please, enter a number or a word: ";
    char c = cin.get();

    if ( (c >= '0') && (c <= '9') ) //输入的整数和字符串 分开处理
    {
        int n; //整数不可能 中间有空格 使用cin >>n
        cin.putback (c);
        cin >> n;
        cout << "You entered a number: " << n << '\n';
    }
    else
    {
        string str;
        cin.putback (c);
        getline (cin,str); // //字符串 中间可能有空格 使用 cin.getline();
        cout << "You entered a word: " << str << '\n';
    }

    return 0;
}

```

10.2.2 标准的输出流

标准输出流对象cout

```
cout.put()
cout.write()
cout.width()
cout.fill()
cout.setf(标记)
```

操作符、控制符

```
flush
endl
oct
dec
hex
setbase
setw
setfill
setprecision
```

```
#include <iostream>
#include <iomanip>

using namespace std;

int main(void)
{
    cout << "hello world" << endl;
    cout.put('h').put('e').put('l').put('\n');

    cout.write("hello world", 4); //输出的长度

    char buf[] = "hello world";
    printf("\n");
    cout.write(buf, strlen(buf));

    printf("\n");
    cout.write(buf, strlen(buf) - 6);

    printf("\n");

    return 0;
}
```

```

#include <iostream>
#include <iomanip>

using namespace std;

//使用cout.setf()控制符

int main(void)
{
    //使用类成员函数
    cout << "<start>";
    cout.width(30);
    cout.fill('*');
    cout.setf(ios::showbase); // #include <iomanip>
    cout.setf(ios::internal); // 设置
    cout << hex << 123 << "<End>\n";

    cout << endl;
    cout << endl;

    //使用 操作符、控制符

    cout << "<Start>"
        << setw(30)
        << setfill('*')
        << setiosflags(ios::showbase) // 基数
        << setiosflags(ios::internal)
        << hex
        << 123
        << "<End>\n"
        << endl;

    return 0;
}

```

10.2.3 输出格式化

在输出数据时，为简便起见，往往不指定输出的格式，由系统根据数据的类型采取默认的格式，但有时希望数据按指定的格式输出，如要求以十六进制或八进制形式输出一个整数，对输出的小数只保留两位小数等。有两种方法可以达到此目的。

- 1) 使用控制符的方法；
- 2) 使用流对象的有关成员函数。分别叙述如下。

表 3.1 输入输出流的控制符

控制符	作用
dec	设置数值的基数为10
hex	设置数值的基数为16
oct	设置数值的基数为8
setfill(c)	设置填充字符c, c可以是字符常量或字符变量
setprecision(n)	设置浮点数的精度为n位。在以一般十进制小数形式输出时, n代表有效数字。在以 fixed(固定小数位数)形式和 scientific(指数)形式输出时, n为小数位数
setw(n)	设置字段宽度为n位
setiosflags(ios::fixed)	设置浮点数以固定的小数位数显示
setiosflags(ios::scientific)	设置浮点数以科学记数法(即指数形式)显示
setiosflags(ios::left)	输出数据左对齐
setiosflags(ios::right)	输出数据右对齐
setiosflags(ios::skipws)	忽略前导的空格
setiosflags(ios::uppercase)	数据以十六进制形式输出时字母以大写表示
setiosflags(ios::lowercase)	数据以十六进制形式输出时字母以小写表示
setiosflags(ios::showpos)	输出正数时给出 "+" 号

需要注意的是：如果使用了控制符，在程序单位的开头除了要加 iostream 头文件外，还要加 iomanip 头文件。

使用控制符的方法

```
#include <iostream>
#include <iomanip>

using namespace std;

int main()
{
    int a;
    cout<<"input a:";
    cin>>a;
    cout<<"dec:"<<dec<<a<<endl; //以十进制形式输出整数
    cout<<"hex:"<<hex<<a<<endl; //以十六进制形式输出整数a
    cout<<"oct:"<<setbase(8)<<a<<endl; //以八进制形式输出整数a

    const char *pt="China"; //pt指向字符串"China"
    cout<<setw(10)<<pt<<endl; //指定域宽为,输出字符串
    cout<<setfill('*')<<setw(10)<<pt<<endl; //指定域宽,输出字符串,空白处以'*'填充
    double pi=22.0/7.0; //计算pi值
    //按指数形式输出,8位小数
    cout<<setiosflags( ios::scientific)<<setprecision(8);
```

```

    cout<<"pi="<<pi<<endl; //输出pi值
    cout<<"pi="<<setprecision(4)<<pi<<endl; //改为位小数

    return 0;
}

```

结果：

```

input a:16
dec:16
hex:10
oct:20
    China
****China
pi=3.14285714e+00
pi=3.1429e+00
pi=0x1.9249249249249p+1

```

人们在输入输出时有一些特殊的要求，如在输出实数时规定字段宽度，只保留两位小数，数据向左或向右对齐等。C++提供了在输入输出流中使用的控制符(有的书中称为操纵符)

举例， 输出双精度数：

```
double a=123.456789012345; // 对a赋初值
```

- 1) cout<<a; 输出： 123.456
- 2) cout<<setprecision(9)<<a; 输出： 123.456789
- 3) cout<<setprecision(6); 恢复默认格式(精度为6)
- 4) cout<< setiosflags(ios::fixed); 输出： 123.456789
- 5) cout<<setiosflags(ios::fixed)<<setprecision(8)<<a; 输出：
123.45678901
- 6) cout<<setiosflags(ios::scientific)<<a; 输出： 1.234568e+02
- 7) cout<<setiosflags(ios::scientific)<<setprecision(4)<<a; 输出：
1.2346e02

下面是整数输出的例子：

```
int b=123456; // 对b赋初值
```

- 1) `cout<<b;` 输出: 123456
- 2) `cout<<hex<<b;` 输出: 1e240
- 3) `cout<<setiosflags(ios::uppercase)<<b;` 输出: 1E240
- 4) `cout<<setw(10)<<b<<', '<<b;` 输出: 123456, 123456
- 5) `cout<<setfill('*')<<setw(10)<<b;` 输出: **** 123456
- 6) `cout<<setiosflags(ios::showpos)<<b;` 输出: +123456

如果在多个`cout`语句中使用相同的`setw(n)`，并使用`setiosflags(ios::right)`，可以实现各行数据右对齐，如果指定相同的精度，可以实现上下小数点对齐。

例如：各行小数点对齐。

```
int main()  
{  
    double a=123.456,b=3.14159,c=-3214.67;  
  
    cout<<setiosflags(ios::fixed)<<setiosflags(ios::right)<<setprecision(2);  
    cout<<setw(10)<<a<<endl;  
    cout<<setw(10)<<b<<endl;  
    cout<<setw(10)<<c<<endl;  
    system("pause");  
    return 0;  
}
```

输出如下：

```
123.46 (字段宽度为10，右对齐，取两位小数)  
3.14  
-3214.67
```

先统一设置定点形式输出、取两位小数、右对齐。这些设置对其后的输出均有效(除非重新设置)，而`setw`只对其后一个输出项有效，因此必须在输出`a`，`b`，`c`之前都要写`setw(10)`。

用流对象的成员函数控制输出格式

除了可以用控制符来控制输出格式外，还可以通过调用流对象cout中用于控制输出格式的成员函数来控制输出格式。用于控制输出格式的常用的成员函数如下：

表13.4 用于控输出格式的流成员函数

流成员函数	与之作用相同的控制符	作用
precision(n)	setprecision(n)	设置实数的精度为n位
width(n)	setw(n)	设置字段宽度为n位
fill(c)	setfill(c)	设置填充字符c
setf()	setiosflags()	设置输出格式状态，括号中应给出格式状态，内容与控制符setiosflags括号中的内容相同，如表13.5所示
unsetf()	resetiosflags()	终止已设置的输出格式状态，在括号中应指定内容

流成员函数setf和控制符setiosflags括号中的参数表示格式状态，它是通过格式标志来指定的。格式标志在类ios中被定义为枚举值。因此在引用这些格式标志时要在前面加上类名ios和域运算符“::”。格式标志见表13.5。

表13.5 设置格式状态的格式标志

格式标志	作用
ios::left	输出数据在本域宽范围内向左对齐
ios::right	输出数据在本域宽范围内向右对齐
ios::internal	数值的符号位在域宽内左对齐，数值右对齐，中间由填充字符填充
ios::dec	设置整数的基数为10
ios::oct	设置整数的基数为8
ios::hex	设置整数的基数为16
ios::showbase	强制输出整数的基数(八进制数以0打头，十六进制数以0x打头)
ios::showpoint	强制输出浮点数的小点和尾数0
ios::uppercase	在以科学记数法格式E和以十六进制输出字母时以大写表示
ios::showpos	对正数显示 “+” 号
ios::scientific	浮点数以科学记数法格式输出
ios::fixed	浮点数以定点格式(小数形式)输出
ios::unitbuf	每次输出之后刷新所有的流
ios::stdio	每次输出之后清除stdout, stderr

```

#include <iostream>
#include <iomanip>

using namespace std;

int main( )
{
    int a=21;
    cout.setf(ios::showbase); //显示基数符号(0x或)
    cout<<"dec:"<<a<<endl; //默认以十进制形式输出a
    cout.unsetf(ios::dec); //终止十进制的格式设置
    cout.setf(ios::hex); //设置以十六进制输出的状态
    cout<<"hex:"<<a<<endl; //以十六进制形式输出a
    cout.unsetf(ios::hex); //终止十六进制的格式设置
    cout.setf(ios::oct); //设置以八进制输出的状态
    cout<<"oct:"<<a<<endl; //以八进制形式输出a
    cout.unsetf(ios::oct);

    const char *pt="China"; //pt指向字符串"China"
    cout.width(10); //指定域宽为
    cout<<pt<<endl; //输出字符串
    cout.width(10); //指定域宽为
    cout.fill('*'); //指定空白处以'*'填充
    cout<<pt<<endl; //输出字符串

    double pi=22.0/7.0; //输出pi值
    cout.setf(ios::scientific); //指定用科学记数法输出
    cout<<"pi="; //输出"pi="
    cout.width(14); //指定域宽为
    cout<<pi<<endl; //输出pi值
    cout.unsetf(ios::scientific); //终止科学记数法状态
    cout.setf(ios::fixed); //指定用定点形式输出
    cout.width(12); //指定域宽为
    cout.setf(ios::showpos); //正数输出“+”号
    cout.setf(ios::internal); //数符出现在左侧
    cout.precision(6); //保留位小数
    cout<<pi<<endl; //输出pi,注意数符“+”的位置

    return 0;
}

```

结果是：

```

dec:21
hex:0x15
oct:025
    China
*****China
pi=**3.142857e+00

```

```
+***3.142857
```

对程序的几点说明：

1) 成员函数width(n)和控制符setw(n)只对其后的第一个输出项有效。如：
cout.width(6);

```
cout <<20 <<3.14<<endl;
```

输出结果为 203.14

在输出第一个输出项20时，域宽为6，因此在20前面有4个空格，在输出3.14时，width(6)已不起作用，此时按系统默认的域宽输出（按数据实际长度输出）。如果要求在输出数据时都按指定的同一域宽n输出，不能只调用一次width(n)，而必须在输出每一项前都调用一次width(n)，上面的程序中就是这样做的。

2) 在表13.5中的输出格式状态分为5组，每一组中同时只能选用一种（例如dec、hex和oct中只能选一，它们是互相排斥的）。在用成员函数setf和控制符setiosflags设置输出格式状态后，如果想改设置为同组的另一状态，应当调用成员函数unsetf（对应于成员函数self）或resetiosflags（对应于控制符setiosflags），先终止原来设置的状态。然后再设置其他状态，大家可以从本程序中看到这点。程序在开始虽然没有用成员函数self和控制符setiosflags设置用dec输出格式状态，但系统默认指定为dec，因此要改变为hex或oct，也应当先用unsetf函数终止原来设置。如果删去程序中的第7行和第10行，虽然在第8行和第11行中用成员函数setf设置了hex和oct格式，由于未终止dec格式，因此hex和oct的设置均不起作用，系统依然以十进制形式输出。

同理，程序倒数第8行的unsetf函数的调用也是不可缺少的。

3) 用setf函数设置格式状态时，可以包含两个或多个格式标志，由于这些格式标志在ios类中被定义为枚举值，每一个格式标志以一个二进位代表，因此可以用位运算符“|”组合多个格式标志。如倒数第5、第6行可以用下面一行代替：

```
cout.setf(ios::internal | ios::showpos); //包含两个状态标志，用"|"组合
```

可以看到：对输出格式的控制，既可以用控制符(如例13.2)，也可以用cout流的有关成员函数(如例13.3)，二者的作用是相同的。控制符是在头文件

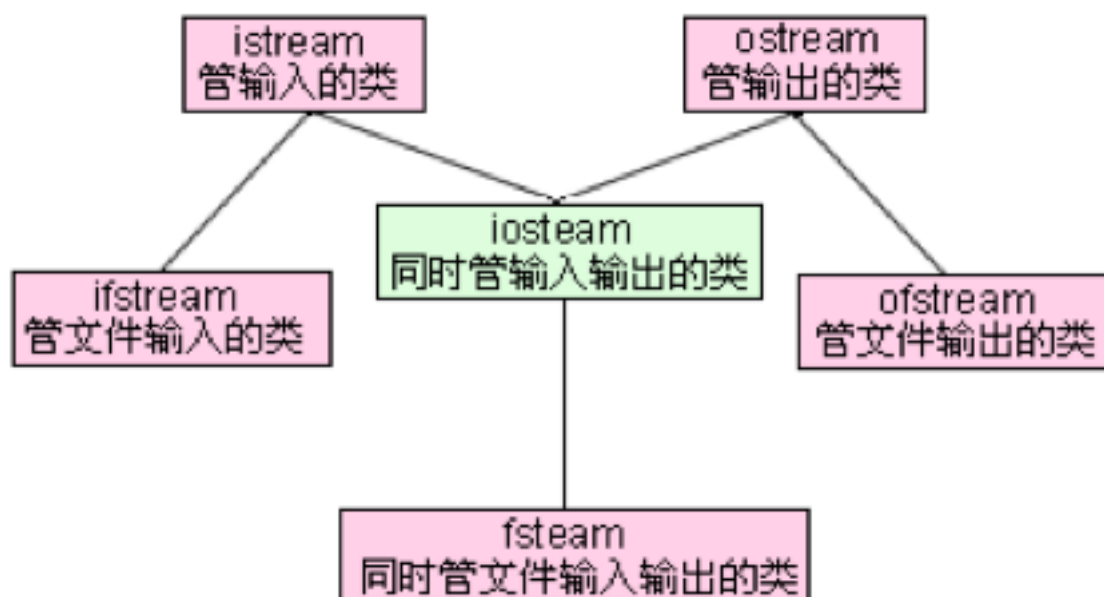
`iomanip`中定义的，因此用控制符时，必须包含*iomanip*头文件。`cout`流的成员函数是在头文件*iostream* 中定义的，因此只需包含头文件*iostream*，不必包含*iomanip*。许多程序人员感到使用控制符方便简单，可以在一个`cout`输出语句中连续使用多种控制符。

10.3 文件IO

10.3.1 文件流类和文件流对象

输入输出是以系统指定的标准设备（输入设备为键盘，输出设备为显示器）为对象的。在实际应用中，常以磁盘文件作为对象。即从磁盘文件读取数据，将数据输出到磁盘文件。

和文件有关的输入输出类主要在*fstream.h*这个头文件中被定义，在这个头文件中主要被定义了三个类，由这三个类控制对文件的各种输入输出操作，他们分别是*ifstream*、*ofstream*、*fstream*，其中*fstream*类是由*iostream*类派生而来，他们之间的继承关系见下图所示。



由于文件设备并不像显示器屏幕与键盘那样是标准默认设备，所以它在*fstream.h*头文件中是没有像`cout`那样预先定义的全局对象，所以我们必须自己定义一个该类的对象。

ifstream类，它是从istream类派生的，用来支持从磁盘文件的输入。
ofstream类，它是从ostream类派生的，用来支持向磁盘文件的输出。
fstream类，它是从iostream类派生的，用来支持对磁盘文件的输入输出。

10.3.2 文件的打开与关闭

打开文件

所谓打开(open)文件是一种形象的说法，如同打开房门就可以进入房间活动一样。打开文件是指在文件读写之前做必要的准备工作，包括：

- 1) 为文件流对象和指定的磁盘文件建立关联，以便使文件流流向指定的磁盘文件。
- 2) 指定文件的工作方式，如，该文件是作为输入文件还是输出文件，是ASCII文件还是二进制文件等。

以上工作可以通过两种不同的方法实现。

- 1) 调用文件流的成员函数open。如

```
ofstream outfile; //定义ofstream类(输出文件流类)对象outfile
```

```
outfile.open("f1.dat",ios::out); //使文件流与f1.dat文件建立关联
```

第2行是调用输出文件流的成员函数open打开磁盘文件f1.dat，并指定它为输出文件，文件流对象outfile将向磁盘文件f1.dat输出数据。ios::out是I/O模式的一种，表示以输出方式打开一个文件。或者简单地说，此时f1.dat是一个输出文件，接收从内存输出的数据。

调用成员函数open的一般形式为：

文件流对象.open(磁盘文件名, 输入输出方式);

磁盘文件名可以包括路径，如"c:\new\f1.dat"，如缺省路径，则默认为当前目录下的文件。

- 2) 在定义文件流对象时指定参数

在声明文件流类时定义了带参数的构造函数，其中包含了打开磁盘文件的功能。因此，可以在定义文件流对象时指定参数，调用文件流类的构造函数来实现打开文件的功能。如

`ostream outfile("f1.dat",ios::out);` 一般多用此形式，比较方便。作用与 `open` 函数相同。

输入输出方式是在 `ios` 类中定义的，它们是枚举常量，有多种选择，见表 13.6。

表13.6 文件输入输出方式设置值

方式	作用
<code>ios::in</code>	以输入方式打开文件
<code>ios::out</code>	以输出方式打开文件（这是默认方式），如果已有此名字的文件，则将其原有内容全部清除
<code>ios::app</code>	以输出方式打开文件，写入的数据添加在文件末尾
<code>ios::ate</code>	打开一个已有的文件，文件指针指向文件末尾
<code>ios::trunc</code>	打开一个文件，如果文件已存在，则删除其中全部数据，如文件不存在，则建立新文件。如已指定了 <code>ios::out</code> 方式，而未指定 <code>ios::app</code> , <code>ios::ate</code> , <code>ios::in</code> ，则同时默认此方式
<code>ios::binary</code>	以二进制方式打开一个文件，如不指定此方式则默认为ASCII方式
<code>ios::nocreate</code>	打开一个已有的文件，如文件不存在，则打开失败。 <code>nocreate</code> 的意思是不建立新文件
<code>ios::noreplace</code>	如果文件不存在则建立新文件，如果文件已存在则操作失败， <code>replace</code> 的意思是不更新原有文件
<code>ios::in ios::out</code>	以输入和输出方式打开文件，文件可读可写
<code>ios::out ios::binary</code>	以二进制方式打开一个输出文件
<code>ios::in ios::binary</code>	以二进制方式打开一个输入文件

几点说明：

1) 新版本的I/O类库中不提供 `ios::nocreate` 和 `ios::noreplace`。

2) 每一个打开的文件都有一个文件指针，该指针的初始位置由I/O方式指定，每次读写都从文件指针的当前位置开始。每读入一个字节，指针就后移一个字节。当文件指针移到最后，就会遇到文件结束EOF（文件结束符也占一个字节，其值为-1），此时流对象的成员函数 `eof` 的值为非0值（一般设为1），表示文件结束了。

3) 可以用“位或”运算符“|”对输入输出方式进行组合，如表13.6中最后3行所示那样。还可以举出下面一些例子：

`ios::in | ios::noreplace` //打开一个输入文件，若文件不存在则返回打开失败的信息

`ios::app | ios::nocreate` //打开一个输出文件，在文件尾接着写数据，若文

件不存在，则返回打开失败的信息

`ios::out | ios::noreplace` //打开一个新文件作为输出文件，如果文件已存在则返回打开失败的信息

`ios::in | ios::out | ios::binary` //打开一个二进制文件，可读可写

但不能组合互相排斥的方式，如 `ios::nocreate | ios::noreplace`。

4) 如果打开操作失败，`open`函数的返回值为0(假)，如果是用调用构造函数的方式打开文件的，则流对象的值为0。可以据此测试打开是否成功。如

```
if(outfile.open("f1.bat", ios::app) == 0)
    cout << "open error";
```

或

```
if( !outfile.open("f1.bat", ios::app) )
    cout << "open error";
```

关闭文件

在对已打开的磁盘文件的读写操作完成后，应关闭该文件。关闭文件用成员函数`close`。如

```
outfile.close( ); //将输出文件流所关联的磁盘文件关闭
```

所谓关闭，实际上是解除该磁盘文件与文件流的关联，原来设置的工作方式也失效，这样，就不能再通过文件流对该文件进行输入或输出。此时可以将文件流与其他磁盘文件建立关联，通过文件流对新的文件进行输入或输出。如

```
outfile.open("f2.dat", ios::app | ios::nocreate);
```

此时文件流`outfile`与`f2.dat`建立关联，并指定了`f2.dat`的工作方式。

10.3.3 C++对ASCII文件的读写操作

如果文件的每一个字节中均以ASCII代码形式存放数据,即一个字节存放一个字符,这个文件就是ASCII文件(或称字符文件)。程序可以从ASCII文件中读入若干字符,也可以向它输出一些字符。

- 1) 用流插入运算符“<<”和流提取运算符“>>”输入输出标准类型的数据。“<<”和“>>”都已在iostream中被重载为能用于ostream和istream类对象的标准类型的输入输出。由于ifstream和ofstream分别是ostream和istream类的派生类；因此它们从ostream和istream类继承了公用的重载函数，所以在对磁盘文件的操作中，可以通过文件流对象和流插入运算符“<<”及流提取运算符“>>”实现对磁盘文件的读写，如同用cin、cout和<<、>>对标准设备进行读写一样。
- 2) 用文件流的put、get、getline等成员函数进行字符的输入输出，：用C++流成员函数put输出单个字符、C++ get()函数读入一个字符和C++ getline()函数读入一行字符。

```
#include <iostream>
#include <fstream>

using namespace std;

int main(void)
{
    char* fname = "c:/aaaa.txt";

    ofstream fout(fname, ios::app); //建一个 输出流对象 和文件关联;
    if (!fout)
    {
        cout << "打开文件失败" << endl;
        return ;
    }
    fout << "hello....111" << endl;
    fout << "hello....222" << endl;
    fout << "hello....333" << endl;
    fout.close();

    //读文件
    ifstream fin(fname); //建立一个输入流对象 和文件关联
    char ch;

    while (fin.get(ch))
    {
        cout << ch ;
    }
    fin.close();

    return 0;
}
```

10.3.4 C++对二进制文件的读写操作

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;

class Teacher
{
public:
    Teacher()
    {
        age = 33;
        strcpy(name, "");
    }
    Teacher(int _age, const char *_name)
    {
        age = _age;
        strcpy(name, _name);
    }
    void printT()
    {
        cout << "age:" << age << "name:" << name << endl;
    }
protected:
private:
    int age;
    char name[32];
};

int main()
{
    const char* fname = "./11a.dat";
    ofstream fout(fname, ios::binary); //建立一个 输出流对象 和文件关联;
    if (!fout)
    {
        cout << "打开文件失败" << endl;
        return -1;
    }
    Teacher t1(31, "t31");
    Teacher t2(32, "t32");
    fout.write((char *)&t1, sizeof(Teacher));
    fout.write((char *)&t2, sizeof(Teacher));
    fout.close();

    //
    ifstream fin(fname); //建立一个输入流对象 和文件关联
    Teacher tmp;

    fin.read((char *)&tmp, sizeof(Teacher));
    tmp.printT();
}
```

```

    fin.read( (char*)&tmp,sizeof(Teacher) );
    tmp.printT();

    fin.close();

    return 0;
}

```

10.3.5 作业及参考答案

1 编程实现以下数据输入/输出：

- (1)以左对齐方式输出整数,域宽为12。
- (2)以八进制、十进制、十六进制输入/输出整数。
- (3)实现浮点数的指数格式和定点格式的输入/输出,并指定精度。
- (4)把字符串读入字符型数组变量中,从键盘输入,要求输入串的空格也全部读入,以回车符结束。
- (5)将以上要求用流成员函数和操作符各做一遍。

2编写一程序，将两个文件合并成一个文件。

3编写一程序，统计一篇英文文章中单词的个数与行数。

4编写一程序，将C++源程序每行前加上行号与一个空格。

5编写一程序，输出 ASCII码值从20到127的ASCII码字符表，格式为每行10个。

参考答案

第一题：

```

//ios类成员函数实现
#include<iostream>
#include<iomanip>
using namespace std;

int main()
{
    long a=234;
    double b=2345.67890;
    char c[100];

    cout.fill('*');
    cout.flags(ios_base::left);
    cout.width(12);
    cout<<a<<endl;
    cout.fill('*');
    cout.flags(ios::right);
    cout.width(12);

```

```

    cout<<a<<endl;
    cout.flags(ios::hex);
    cout<<234<<'\t';
    cout.flags(ios::dec);
    cout<<234<<'\t';
    cout.flags(ios::oct);
    cout<<234<<endl;
    cout.flags(ios::scientific);
    cout<<b<<'\t';
    cout.flags(ios::fixed);
    cout<<b<<endl;
    cin.get(c,99);
    cout<<c<<endl;

    return 0;
}

//操作符实现
#include<iostream>
#include<iomanip>
using namespace std;

int main()
{
    long a=234;
    double b=2345.67890;
    char c[100];

    cout<<setfill('*');
    cout<<left<<setw(12)<<a<<endl;
    cout<<right<<setw(12)<<a<<endl;
    cout<<hex<<a<<'\t'<<dec<<a<<'\t'<<oct<<a<<endl;
    cout<<scientific<<b<<'\t'<<fixed<<b<<endl;

    return 0;
}

```

第二题：

```

#include<iostream>
#include<fstream>

using namespace std;

int main()
{
    int i=1;
    char c[1000];

    ifstream ifile1("D:\\1.cpp");
    ifstream ifile2("D:\\2.cpp");
    ofstream ofile("D:\\3.cpp");
}

```

```

while(!ifile1.eof()){
    ifile1.getline(c,999);
    ofile<<c<<endl;
}

while(!ifile2.eof()){
    ifile2.getline(c,999);
    ofile<<c<<endl;
}

ifile1.close();
ifile2.close();
ofile.close();

return 0;
}

```

第三题：

```

#include<iostream>
#include<fstream>
using namespace std;

bool isalph(char);

int main()
{
    ifstream ifile("C:\\daily.doc");

    char text[1000];
    bool inword=false;
    int rows=0,words=0;
    int i;

    while(!ifile.eof()) {
        ifile.getline(text,999);
        rows++;
        i=0;

        while(text[i]!=0){
            if(!isalph(text[i]))
                inword=false;
            else if(isalph(text[i]) && inword==false){
                words++;
                inword=true;
            }
            i++;
        }
    }

    cout<<"rows= " << rows <<endl;
    cout<<"words= " << words <<endl;
}

```

```

        ifile.close();

        return 0;
    }

    bool isalph(char c)
    {
        return ((c>='A' && c<='Z') || (c>='a' && c<='z'));
    }

```

第四题：

```

#include<iostream>
#include<fstream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=1;
    char c[1000];

    ifstream ifile("D:\\1.cpp");
    ofstream ofile("D:\\2.cpp");

    while(!ifile.eof()){
        ofile<<i++<<" ";
        ifile.getline(c,999);
        ofile<<c<<endl;
    }
    ifile.close();
    ofile.close();

    return 0;
}

```

第五题：

```

#include<iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i,l;
    for(i=32;i<127;i++){
        cout<<char(i)<<" ";
        l++;
        if(l%10==0)cout<<endl;
    }
    cout<<endl;
}

```

```

return 0;
}

```

附录A

附录 C 运算符和结合性

优先级	运 算 符	含 义	要 求 运 算 对象的个数	结合方向
1	()	圆括号		自左至右
	[]	下标运算符		
	->	指向结构体成员运算符		
	·	结构体成员运算符		
2	!	逻辑非运算符	1 (单目运算符)	自右至左
	~	按位取反运算符		
	++	自增运算符		
	--	自减运算符		
	-	负号运算符		
	(类型)	类型转换运算符		
	*	指针运算符		
	&	取地址运算符		
	sizeof	长度运算符		
3	*	乘法运算符	2 (双目运算符)	自左至右
	/	除法运算符		
	%	求余运算符		
4	+	加法运算符	2 (双目运算符)	自左至右
	-	减法运算符		
5	<<	左移运算符	2 (双目运算符)	自左至右
	>>	右移运算符		
6	< <= > >=	关系运算符	2 (双目运算符)	自左至右