



§ 16. 运算符重载

1. 重载的引入与分类

函数重载(第04模块): 同一作用域内的不同函数具有相同的名称

- ★ 适用于完成不同个数、不同类型数据的相同操作
- ★ 函数参数的个数、类型不能完全相同

重载函数调用时的匹配查找顺序:

- (1) 寻找参数个数、类型完全一致的定义 (严格匹配)
 - (2) 通过系统定义的内部转换寻找匹配函数(系统转换)
 - (3) 通过用户定义的内部转换寻找匹配函数(自定义转换)
- ★ 若某一步匹配成功, 则不再进行下一顺序的匹配
 - ★ 若每一步中发现两个以上的匹配则出错

运算符重载: 同一运算符可以针对不同的数据类型完成相同的操作

```
#include <iostream>
using namespace std;
int max(int x, int y)
{
    cout << sizeof(x) << ' '; 1
    return (x > y ? x : y);
}
double max(double x, double y)
{
    cout << sizeof(x) << ' '; 2
    return (x > y ? x : y);
}
int main()
{
    cout << max(10, 15) << endl;    严格匹配1
    cout << max(10.2, 15.3) << endl; 严格匹配2
    cout << max(10, int(15.3)) << endl; 系统转换1
    // cout << max(5+4i, 15.3) << endl; 需自定义转换
    return 0;
}
```

复数形式目前编译会错, 如何定义复数以及定义复数向double的转换, 具体见荣誉课相关内容

4 15
8 15.3
4 15



§ 16. 运算符重载

1. 重载的引入与分类

例：复数的相加(实部、虚部对应相加)

[illegible]



§ 16. 运算符重载

1. 重载的引入与分类

例：复数的相加(实部、虚部对应相加)

//方法2: C++成员函数方法

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) { real = r;    imag = i; }
    void display() { cout << real <<"+"<< imag <<"i" << endl; }
    Complex complex_add(Complex &b);
};
```

```
Complex Complex::complex_add(Complex &b)
{
    Complex c;
    c.real = this->real+b.real;
    c.imag = this->imag+b.imag;
    return c;
}
```

```
int main()
{
    Complex c1(3,4), c2(4,5), c3;
    c3=c1.complex_add(c2);
    c3.display();
}
```

this指针

因页面篇幅，未考虑imag为负，本章后面都相同

```
void Complex::display()
{
    cout << real;
    if (imag>=0)    //考虑负数的体外实现方式
        cout << '+';
    cout << imag << 'i' << endl;
}
```

c3 = c1.complex_add(c2)时
this指针指向c1，形参为引用，
不调用复制构造
返回时调用复制构造函数



§ 16. 运算符重载

1. 重载的引入与分类

例：复数的相加 (实部、虚部对应相加)

//方法3: C++运算符重载方式

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

```
class Complex {
    ...
};
```

```
int main()
{   Complex c1, c2, c3;
    ...
    c3 = c1+c2;
}
```

```
c3 = c1.complex_add(c2);
```

```
c3 = complex_add(c1, c2);
```



§ 16. 运算符重载

2. 运算符重载的方法

方法：定义一个重载运算符的函数，当执行运算符时，自动执行该函数，达到相应的目的

★ 转换为函数重载，符合函数重载的匹配规则

形式：

```
返回类型 operator 运算符(形参表)
{
    重载函数实现
}
```

★ 用 **operator 运算符** 来表示**对应运算符**的函数

`operator + ⇔ +`

`operator * ⇔ *`

★ **对象 运算符 另一个值** (可以不是对象、可以无) 被解释为 **对象.operator运算符(另一个值)**

`c1 + c2 ⇔ c1.operator+(c2)`

★ 运算符被重载后，原来用于其它数据类型上的功能仍然被保留(重载)，系统根据重载函数的规则匹配

+ 仍然能表示两个int/两个float的加



§ 16. 运算符重载

2. 运算符重载的方法

例：复数的相加(实部、虚部对应相加)

//方法3: C++运算符重载方式

```
class Complex {  
    private:  
        double real;  
        double imag;  
    public:  
        Complex(double r=0, double i=0) { real = r;    imag = i; }  
        void display() { cout << real <<"+"<< imag <<"i" << endl; }  
        Complex operator+(Complex &b);  
};
```

```
Complex Complex::operator+(Complex &b)
```

```
{    Complex c;  
    c.real=real+b.real;  
    c.imag=imag+b.imag;  
    return c;  
}
```

实现部分与方法2相同
两者除函数名外没什么不同
因此实现相同

```
int main()
```

```
{    Complex c1(3,4), c2(4,5), c3;  
    c3 = c1+c2;  
    c3.display();  
}
```

c3 = c1.operator+(c2); 转为函数
c3 = c1.complex_add(c2); 方法2

若希望以cout<<c3的形式输出，要重载cout



§ 16. 运算符重载

3. 运算符重载的规则

共9条

- ★ 对已有运算符进行重载，不能定义新运算符
- ★ 除5个运算符外都允许重载 (唯一的三目 ?: 不允许)
- ★ 不能改变操作对象的个数
- ★ 不能改变优先级
- ★ 不能改变结合性
- ★ 不允许带默认参数
- ★ 重载运算符的两侧至少有一个是类对象
- ★ =和&系统缺省做了重载，=是对应内存拷贝，&取地址
- ★ 应当使重载运算符的功能与标准相同/相似 (建议)

不能重载的运算符只有 5 个：

.	(成员访问运算符)
*	(成员指针访问运算符)
::	(域运算符)
sizeof	(长度运算符)
?:	(条件运算符)

前面例子：c3=c1+c2
+是重载，=是缺省重载
可根据需要自己写=的重载

§ 13. 动态内存申请

- 4. 含动态内存申请内存的类和对象
- 4. 4. 含动态内存申请的对象赋值与复制
- 4. 4. 1. 含动态内存申请的对象赋值
- 4. 4. 2. 含动态内存申请的对象复制

当对象数据成员包含动态申请的内存指针时，都可能错
解决方法：

赋值：后续模块 重载=运算符

复制：自定义复制构造函数替代系统缺省的复制构造



§ 13. 动态内存申请

遗留问题

4. 4. 含动态内存申请的对象的赋值与复制

4. 4. 1. 含动态内存申请的对象的赋值

★ 若对象数据成员是指针及动态分配的数据，则可能导致不可预料的后果

用多编译器分别
运行下面两个例子

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;
class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(const char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    void set(const char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }
};

int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();
    t2.display();
    t2=t1;
    t2.display();
    t1.set("china");
    t1.display();
    t2.display();
}
```

有动态内存申请
执行结果错(与期望不同)

注意:
1、篇幅问题, 假设申请成功
2、程序不完整, 仅在构造
函数中动态申请, 未定义
析构函数进行释放

hello
A

hello

china

china

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;
class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(const char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    ~test() {
        delete []c;
    }
    void set(const char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }
};

int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();
    t2.display();
    t2=t1;
    t2.display();
    t1.set("china");
    t1.display();
    t2.display();
}
```

有动态内存申请
执行结果错(与期望不同)

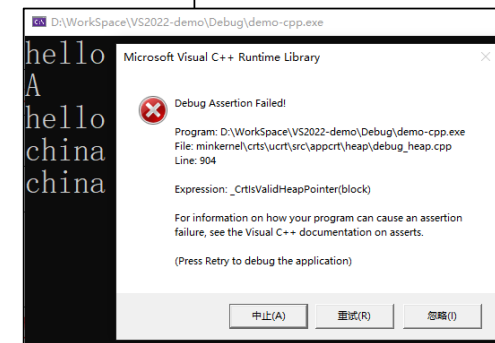
同左例, 加入析构函数后,
不但执行结果错, 而且
VS下会有错误弹窗,
GNU下虽然没有错误弹窗,
但仍然是错误的

hello
A

hello

china

china





遗留问题

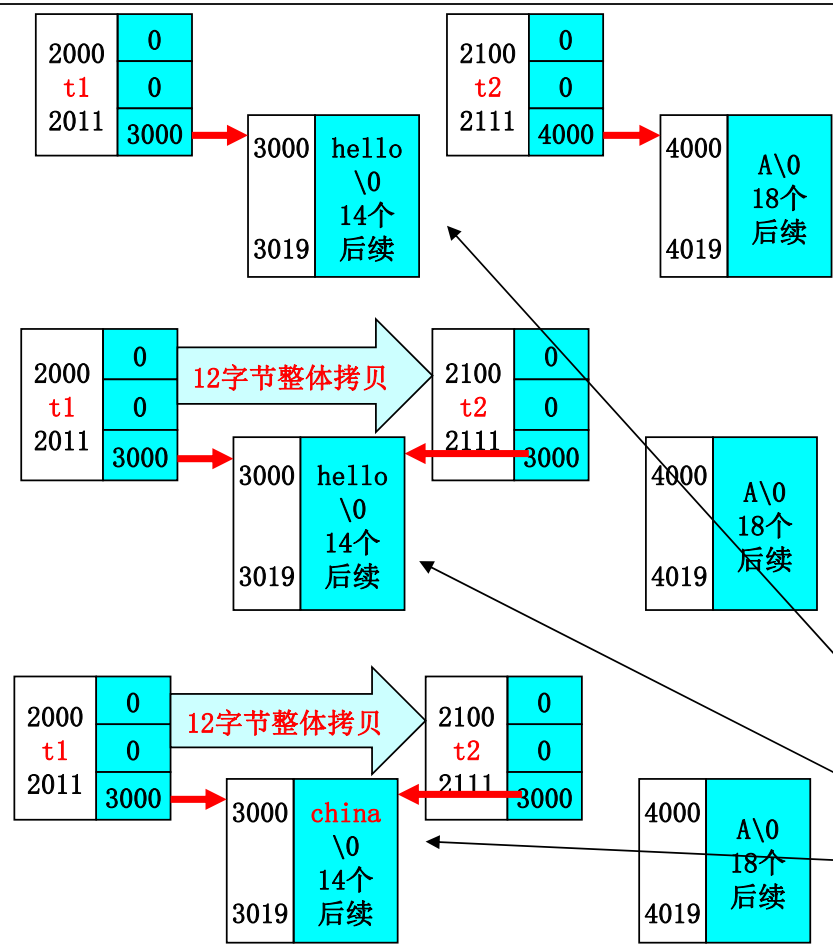
错误原因的图解及具体解释:

- 1、造成4000-4019这20个字节的内存丢失
- 2、t1/t2的c成员同时指向一块内存, 通过t1的c修改改内存块, 会导致t2的c值同时改变
- 3、若定义了析构函数, 则main函数执行完成后系统会调用析构函数(按t2, t1的顺序), t2调用析构函数释放3000-3019后, 再调用t1的析构函数会导致重复释放3000-3019, 错!!!

如何保证有动态内存时的赋值正确性?

后续模块 重载=运算符

4. 4. 含动态内存
4. 4. 1. 含动态内存
★ 若对象数据用



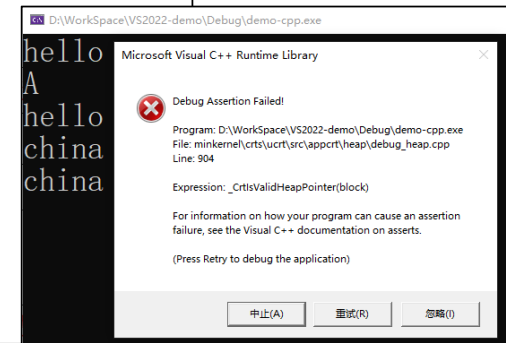
```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;
class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(const char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    ~test() {
        delete []c;
    }
    void set(const char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }
};

int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();
    t2.display();
    t2=t1;
    t2.display();
    t1.set("china");
    t1.display();
    t2.display();
}
```

有动态内存申请
执行结果错(与期望不同)

同左例, 加入析构函数后,
不但执行结果错, 而且
VS下会有错误弹窗,
GNU下虽然没有错误弹窗,
但仍然是错误的

hello
A
hello
china
china





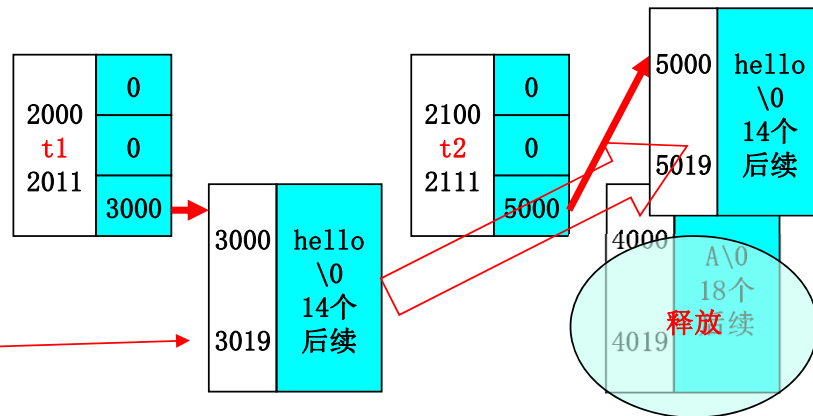
§ 16. 运算符重载

3. 运算符重载的规则

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS 遗留问题的解决
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;

class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    ~test() {
        delete []c;
    };
    void set(char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }
    test& operator=(const test& t); //重载=的声明
};
test& test::operator=(const test& t) //重载=体外实现
{
    a = t.a; b = t.b;
    delete []c; //释放原空间
    c=new char[20]; //申请新空间
    strcpy(c, t.c);
    return *this; //返回对象自身
}
```

```
int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();           hello
    t2.display();           A
    t2=t1;
    t2.display();           hello
    t1.set("china");
    t1.display();           china
    t2.display();           hello
}
```





§ 16. 运算符重载

3. 运算符重载的规则

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;

class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    ~test() {
        delete []c;
    };
    void set(char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }
    test& operator=(const test& t); //重载=的声明
};
test& test::operator=(const test& t) //重载=体外实现
{
    a = t.a; b = t.b;
    delete []c; //释放原空间
    c=new char[20]; //申请新空间
    strcpy(c, t.c);
    return *this; //返回对象自身
}
```

遗留问题的解决

```
int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();           hello
    t2.display();           A
    t2=t1;
    t2.display();           hello
    t1.set("china");
    t1.display();           china
    t2.display();           hello
}
```

问题1: 为什么返回类型是test& ?

答: t2=t1理解为t2.operator=(t1), 即this指针指向t2, 而=的语义希望执行后t2被改变, 因此返回类型test&, 返回*this

问题2: 如果返回类型为test, 表现如何? 为什么?

答: 若返回test, 则返回时会调用复制构造函数, 返回临时对象而不是t2自身, 因为缺省的复制构造函数未处理二次申请, 从而导致运行出错(具体错在哪里? 如何分析内存?), 因此不能返回test

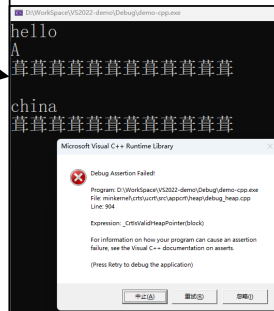
另一个例子: complex operator+(complex &b);
c1+c2理解为c1.operator+(c2), +的语义不能改变c1, 因此+应该返回临时对象, 所以返回值是 complex 而不是 complex&

结论:

函数重载的返回值应该由运算符的语义决定

问: operator=的返回类型 void 可以吗?

答: 1、对本题而言, void正确
2、如果出现类似t3=(t2=t1) 就会错误
=> 第2章 赋值表达式的值等于左值
=> 不可以void





§ 16. 运算符重载

3. 运算符重载的规则

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;

class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    ~test() {
        delete []c;
    };
    void set(char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }
};

test& operator=(const test& t); //重载=的声明

test& test::operator=(const test& t) //重载=体外实现
{
    a = t.a; b = t.b;
    delete []c; //释放原空间
    c=new char[20]; //申请新空间
    strcpy(c, t.c);
    return *this; //返回对象自身
}
```

遗留问题的解决

```
int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();           hello
    t2.display();           A
    t2=t1;
    t2.display();           hello
    t1.set("china");
    t1.display();           china
    t2.display();           hello
}
```

因为申请/释放都是20字节,
因此可以仍旧使用原来已申请的空间
(蓝色两句全部不要)

若要求test类按需申请, 不浪费空间
则必须释放原空间再申请新空间

```
int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    ...
    t2=t1;
}
```

```
//假设构造函数按需申请
test(char *s="A")
{
    a=0;
    b=0;
    c=new char[strlen(s)+1];
    strcpy(c, s);
}
```

```
test &test::operator=(const test &t)
{
    a = t.a;
    b = t.b;
    delete []c; //释放原2字节 必须有
    c=new char[strlen(t.c)+1]; //申请新6字节
    strcpy(c, t.c);
    return *this; //返回对象自身
}
```



§ 16. 运算符重载

3. 运算符重载的规则

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS 遗留问题的解决
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;

class test {
private:
    int a;
    int b;
    char *c;
public:
    test(char *s="A") {
        a=0; b=0;
        c = new char[20];
        strcpy(c, s);
    }
    ~test() {
        delete []c;
    };
    void set(char *s) {
        strcpy(c, s);
    }
    void display() {
        cout << c << endl;
    }

    test& operator=(const test& t); //重载=的声明
};

test& test::operator=(const test& t) //重载=体外实现
{
    a = t.a; b = t.b;
    delete []c; //释放原空间
    c=new char[20]; //申请新空间
    strcpy(c, t.c);
    return *this; //返回对象自身
}
```

```
int main()
{
    test t1("hello"), t2;
    t1.display();           hello
    t2.display();           A
    t2=t1;
    t2.display();           hello
    t1.set("china");
    t1.display();           china
    t2.display();           hello
}
```

本程序的=重载，在出现自赋值情况（即t2=t2/t1=t1等形式，虽然无意义，但语法并不禁止）时会怎样？

t1=t1;

- 1、观察运行结果
- 2、分析错误原因
- 3、如何才能修改正确

Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
hello
A
屯屯屯屯屯屯屯屯  ??
china
```



§ 16. 运算符重载

重要!!!

3. 运算符重载的规则

//复制构造函数和重载=的区别

```
class test {
    ...
public:
    test(const test &t);           //复制构造函数的声明
    test &operator=(const test &t); //重载=的声明
};

test::test(const test &s) //复制构造函数的体外实现
{
    a=s.a;
    b=s.b;
    c=new char[20]; //申请新空间
    strcpy(c, s.c);
}

test &test::operator=(const test &t) //重载=的体外实现
{
    a = t.a;
    b = t.b;
    delete []c; //释放原空间 (构造不需要)
    c=new char[20]; //申请新空间
    strcpy(c, t.c);
    return *this; //返回对象自身 (构造不需要)
}

int main()
{
    test t1("hello");
    test t2(t1); //复制构造函数
    t2 = t1; //赋值运算
}
```

	复制构造函数	重载赋值运算符
系统缺省	有，对应内存拷贝	有，对应内存拷贝
必须定义的时机	含动态内存申请时	含动态内存申请时
调用时机	定义时用对象初始化 函数形参为对象 函数返回值为对象	执行语句中的=操作
调用时处理	新对象生成时调用，此时不可能调用其它形式的构造函数 从未动态内存申请，因此不考虑释放	已有对象=操作时调用，在=前对象已生成，即已调用过某种形式的构造函数(包括复制构造函数) 已有动态内存申请，因此要考虑释放

```
class test {
    ...
    test(char *s="A");
    test(const test &t);
};
//普通构造函数的体外实现
test::test(char *s)
{
    a=0;
    b=0;
    c=new char[20];
    strcpy(c, s);
}
```

```
//复制构造函数的体外实现
test::test(const test &s)
{
    a=s.a;
    b=s.b;
    c=new char[20];
    strcpy(c, s.c);
}
```

```
int main()
{
    test t1("hello"), t2=t1, t3;
    t3 = t2; //调用此句前，t1/t2/t3
            //已调用过不同的构造函数
            //并动态申请过空间
}
```



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

类成员函数:

$c1 + c2 \Leftrightarrow c1.operator+(c2)$ 16.2的例

友元函数:

全局函数做友元函数 : 合适

其它类的成员函数做友元函数: 不合适

其他类做友元 : 不合适

★ 因为要访问类的成员, 所以需要定义为友元

★ 运算符的同一种重载实现, 友元/成员只能选择一个

★ 用全局普通函数也能实现运算符重载, 但因为只能访问public对象, 或通过类的公有成员函数访问private部分, 因此效率低, 一般不用



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

★ 运算符的同一种重载实现，友元/成员只能选择一个

例：复数的相加(实部、虚部对应相加)

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) {
        real = r;
        imag = i;
    }
    void display() {
        cout << real << "+" << imag << "i" << endl;
    }
    friend Complex operator+(Complex &a, Complex &b);
};
Complex operator+(Complex &a, Complex &b) //全局函数
{
    Complex c;
    c.real=a.real+b.real;
    c.imag=a.imag+b.imag;
    return c;
}
int main()
{
    Complex c1(3,4), c2(4,5), c3;
    c3 = c1+c2;
    c3.display();
}
```

全局友元函数，没有this指针
通过 对象.成员 的形式调用
返回时调用复制构造函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) {
        real = r;
        imag = i;
    }
    void display() {
        cout << real << "+" << imag << "i" << endl;
    }
    Complex operator+(Complex &b);
};
Complex Complex::operator+(Complex &b) //成员函数
{
    Complex c;
    c.real = real + b.real;
    c.image = image + b.image;
    return c;
}
int main()
{
    Complex c1(3,4), c2(4,5), c3;
    c3 = c1+c2;
    c3.display();
}
```

成员函数，有this指针
直接 成员 的形式调用
返回时调用复制构造函数



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

★ 用全局普通函数也能实现运算符重载，但因为只能访问public对象，或通过类的公有成员函数访问private部分，因此**效率低，一般不用**

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

class Complex {
public:
    double real;
    double imag;
    Complex(double r=0, double i=0) {
        real=r;
        imag=i;
    }
    void display() {
        cout << real << "+" << imag << "i" << endl;
    }
};

Complex operator+(Complex &a, Complex &b) //全局非友元
{
    Complex c;
    c.real=a.real+b.real;
    c.imag=a.imag+b.imag;
    return c;
}

int main()
{
    Complex c1(3,4), c2(4,5), c3;
    c3 = c1+c2;
    c3.display();
}
```

通过直接访问公有成员方式实现
因为成员公有，可被任意外部访问
封装性受影响，无法保护内部数据

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) {
        real=r;
        imag=i;
    }
    void display() {
        cout << real << "+" << imag << "i" << endl;
    }
    double getreal() { return real; }
    double getimag() { return imag; }
    void setreal(double r) { real = r; }
    void setimag(double i) { imag = i; }
};

Complex operator+(Complex &a, Complex &b) //全局非友元
{
    Complex c;
    double real, imag;
    real = a.getreal() + b.getreal();
    imag = a.getimag() + b.getimag();
    c.setreal(real);
    c.setimag(imag);
    return c;
}

int main()
{
    Complex c1(3,4), c2(4,5), c3;
    c3 = c1+c2;
    c3.display();
}
```

通过公有成员函数
访问私有成员，可
保护内部数据，但
效率受影响



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

成员函数与友元函数的区别:

★ 对单目运算符

成员函数是空参数

友元函数是一个参数(必须是对象)

16.3规则7

★ 对双目运算符

成员函数是一个参数(可不是对象)

对象(this) 双目运算符 参数

友元函数是两个参数(一个必须是, 一个可不是)

第一个参数 双目运算符 第二个参数

● 对两个都是对象的情况: 没区别

● 对一个是对象的情况:

形式	C+d 成员实现	C+d 友元实现
$c2 = c1 + 4$	正确	正确
$c2 = 4 + c1$	错误	错误

若希望 $c2 = 4+c1$ 正确, 则需要重载实现 `double + Complex`
因为第一个参数不是类对象, 该方式只能通过友元函数实现



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

成员函数与友元函数的区别:

★ 对双目运算符

● 对一个是对象的情况:

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0)
    {   real = r;   imag = i; }
    void display() {
        cout << real <<"+" << imag <<"i" <<endl;
    }
    friend Complex operator+(Complex &a, double b);
};
Complex operator+(Complex &a, double b) //全局函数
{   Complex c;
    c.real=a.real+b; //实部相加
    c.imag=a.imag;   //虚部不变
    return c;
}

int main()
{   Complex c1(3,4), c2;
    c2 = c1 + 4;   //正确
    c2 = 4 + c1;   //编译错
}
```

友元函数形式,
实现 `Complex+double`

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0)
    {   real = r;   imag = i; }
    void display() {
        cout << real <<"+" << imag <<"i" <<endl;
    }
    Complex operator+(double b);
};
Complex Complex::operator+(double b) //成员函数
{   Complex c;
    c.real=real+b; //实部相加
    c.imag=imag;   //虚部不变
    return c;
}

int main()
{   Complex c1(3,4), c2;
    c2 = c1 + 4;   //正确
    c2 = 4 + c1;   //编译错
}
```

成员函数形式,
实现 `Complex+double`



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数 成员函数与友元函数的区别:

★ 对双目运算符

● 对一个是对象的情况:

<pre>class Complex { ... public: friend Complex operator+(Complex &a, double b); //友元函数 friend Complex operator+(double a, Complex &b); //友元函数 }; Complex operator+(Complex &a, double b) { Complex c; c.real=a.real+b; //实部相加 c.imag=a.imag; //虚部不变 return c; } Complex operator+(double a, Complex &b) { Complex c; c.real=a+b.real; //实部相加 c.imag=b.imag; //虚部不变 return c; }</pre>		两个友元重载
<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; c2 = c1 + 4; //正确 c2.display(); c3 = 5 + c1; //正确 c3.display(); } //double型常量</pre>	<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; double d1=4, d2=5; c2 = c1 + d1; //正确 c2.display(); c3 = d2 + c1; //正确 c3.display(); } //double型变量</pre>	

形式	C+d 成员实现	C+d 友元实现
c2 = c1 + 4	正确	正确
c2 = 4 + c1	错误	错误

若希望c2 = 4 + c1正确,则需要重载实现 double + Complex
因为第一个参数不是类对象,该方式只能通过友元函数实现



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数 成员函数与友元函数的区别:

★ 对双目运算符

● 对一个是对象的情况:

<pre>class Complex { ... public: Complex operator+(double b); friend Complex operator+(double a, Complex &b); }; Complex Complex::operator+(double b) //成员函数 { Complex c; c.real=real+b; //实部相加 c.imag=imag; //虚部不变 return c; } Complex operator+(double a, Complex &b) //友元函数 { Complex c; c.real=a+b.real; //实部相加 c.imag=b.imag; //虚部不变 return c; }</pre>	<p>友元/成员重载</p> <p>$c1 + 4$</p> <p>$4 + c1$</p>
<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; c2 = c1 + 4; //正确 c2.display(); c3 = 5 + c1; //正确 c3.display(); } //double型常量</pre>	<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; double d1=4, d2=5; c2 = c1 + d1; //正确 c2.display(); c3 = d2 + c1; //正确 c3.display(); } //double型变量</pre>

形式	C+d 成员实现	C+d 友元实现
$c2 = c1 + 4$	正确	正确
$c2 = 4 + c1$	错误	错误

若希望 $c2 = 4 + c1$ 正确,则需要重载实现 $\text{double} + \text{Complex}$
因为第一个参数不是类对象,该方式只能通过友元函数实现

无法做到两个成员函数重载,
因为 $4 + c1$ 无法表示为成员函数形式
原因: 第1个参数(左值)不是类

关于+交换律的说明:

- 1、两个对象+,即定义两个类的+重载后,无论 $c1+c2$ 还是 $c2+c1$,都调用同一重载函数,具体实现不同 ($c1.operator+(c2)$ / $c2.operator+(c1)$) 但结果相同,可以理解为交换律存在
- 2、对象+其它类型,例如 $\text{Complex}+\text{double}$,交换律不存在,交换律的表面现象是通过多个函数的重载来实现的
- 3、同理适用于其它存在交换律的运算符



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

成员函数与友元函数的区别:

★ 对双目运算符

● 对一个是对象的情况:

将double换成double &, 观察区别

```
class Complex {  
    ...  
public:  
    friend Complex operator+(Complex &a, double b); //友元函数  
    friend Complex operator+(double a, Complex &b); //友元函数  
};  
Complex operator+(Complex &a, double b)  
{  
    Complex c;  
    c.real=a.real+b; //实部相加  
    c.imag=a.imag;   //虚部不变  
    return c;  
}  
Complex operator+(double a, Complex &b)  
{  
    Complex c;  
    c.real=a+b.real; //实部相加  
    c.imag=b.imag;   //虚部不变  
    return c;  
}
```

两个友元重载

c1 + 4

4 + c1

```
int main()  
{  
    Complex c1(3,4);  
    Complex c2, c3;  
  
    c2 = c1 + 4; //正确  
    c2.display();  
    c3 = 5 + c1; //正确  
    c3.display();  
} //double型常量
```

```
int main()  
{  
    Complex c1(3,4);  
    Complex c2, c3;  
    double d1=4, d2=5;  
    c2 = c1 + d1; //正确  
    c2.display();  
    c3 = d2 + c1; //正确  
    c3.display();  
} //double型变量
```

```
class Complex {  
    ...  
public:  
    friend Complex operator+(Complex &a, double &b); //友元函数  
    friend Complex operator+(double &a, Complex &b); //友元函数  
};  
Complex operator+(Complex &a, double &b)  
{  
    Complex c;  
    c.real=a.real+b; //实部相加  
    c.imag=a.imag;   //虚部不变  
    return c;  
}  
Complex operator+(double &a, Complex &b)  
{  
    Complex c;  
    c.real=a+b.real; //实部相加  
    c.imag=b.imag;   //虚部不变  
    return c;  
}
```

两个友元重载

c1 + 4

4 + c1

```
int main()  
{  
    Complex c1(3,4);  
    Complex c2, c3;  
  
    c2 = c1 + 4; //错  
    c2.display();  
    c3 = 5 + c1; //错  
    c3.display();  
} //double型常量
```

```
int main()  
{  
    Complex c1(3,4);  
    Complex c2, c3;  
    double d1=4, d2=5;  
    c2 = c1 + d1; //正确  
    c2.display();  
    c3 = d2 + c1; //正确  
    c3.display();  
} //double型变量
```



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

成员函数与友元函数的区别:

★ 对双目运算符

● 对一个是对象的情况:

将double换成double &, 观察区别

<pre>class Complex { ... public: friend Complex operator+(Complex &a, double b); friend Complex operator+(Complex &a, double &b); }; Complex operator+(Complex &a, double b) { Complex c; c.real=a.real+b; //3 c.imag=a.imag; //4 return c; } Complex operator+(Complex &a, double &b) { Complex c; c.real=a+b.real; //3 c.imag=b.imag; //4 return c; }</pre>	<p>情况:</p> <p>Complex operator+(Complex &a, double b) c2 = c1 + double型常量 正确 c2 = c1 + double型变量 正确</p> <p>Complex operator+(Complex &a, double &b) c2 = c1 + double型常量 错误 ← c2 = c1 + double型变量 正确</p> <p>原因: 引用是变量的别名, 因此若函数形参为引用 则实参只能是变量, 不能是常量/表达式</p>	<p>两个友元重载</p> <p>double &b); //友元函数 Complex &b); //友元函数</p> <p>+ 4</p> <p>c1</p>	
<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; c2 = c1 + 4; //正确 c2.display(); c3 = 5 + c1; //正确 c3.display(); } //double型常量</pre>	<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; double d1=4, d2=5; c2 = c1 + d1; //正确 c2.display(); c3 = d2 + c1; //正确 c3.display(); } //double型变量</pre>	<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; c2 = c1 + 4; //错 c2.display(); c3 = 5 + c1; //错 c3.display(); } //double型常量</pre>	<pre>int main() { Complex c1(3,4); Complex c2, c3; double d1=4, d2=5; c2 = c1 + d1; //正确 c2.display(); c3 = d2 + c1; //正确 c3.display(); } //double型变量</pre>



§ 6. 指针与引用

6.3. 引用(C++新增)

6.3.1. 引用的基本概念

6.3.2. 引用作函数参数

- ★ 当形参是引用时，不需要声明时初始化，调用时，形参不分配空间，而当作实参的别名，因此对形参的访问就是对实参的访问
- ★ 实参虽然是变量名，但传递给形参的实际上是实参的地址，同时形参不单独分配空间，只是虚实结合
- ★ 引用允许传递
- ★ 当引用做函数形参时，实参不允许是常量/表达式，否则编译错误

(形参为const引用时实参可为常量/表达式)

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

void fun(int x)
{
    cout << x << endl;
}

int main()
{
    int i=10;
    fun(i);    //正确
    fun(15);  //正确
    return 0;
}
```

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

void fun(int &x)
{
    cout << x << endl;
}

int main()
{
    int i=10;
    fun(i);    //正确
    fun(15);  //编译错
    return 0;
}
```

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

void fun(const int &x)
{
    cout << x << endl;
}

int main()
{
    int i=10;
    fun(i);    //正确
    fun(15);  //正确
    return 0;
}
```




§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

成员函数与友元函数的区别:

★ 对双目运算符

● 对一个是对象的情况:

将double &换成const double &, 即可编译正确

```
class Complex {  
    ...  
public:  
    friend Complex operator+(Complex &a, double b); //友元函数  
    friend Complex operator+(double a, Complex &b); //友元函数  
};  
Complex operator+(Complex &a, double b)  
{ Complex c;  
  c.real=a.real+b; //实部相加  
  c.imag=a.imag;   //虚部不变  
  return c;  
}  
Complex operator+(double a, Complex &b)  
{ Complex c;  
  c.real=a+b.real; //实部相加  
  c.imag=b.imag;   //虚部不变  
  return c;  
}
```

两个友元重载

c1 + 4

4 + c1

```
int main()  
{ Complex c1(3,4);  
  Complex c2, c3;  
  
  c2 = c1 + 4; //正确  
  c2.display();  
  c3 = 5 + c1; //正确  
  c3.display();  
} //double型常量
```

```
int main()  
{ Complex c1(3,4);  
  Complex c2, c3;  
  double d1=4, d2=5;  
  c2 = c1 + d1; //正确  
  c2.display();  
  c3 = d2 + c1; //正确  
  c3.display();  
} //double型变量
```

```
class Complex {  
    ...  
public:  
    friend Complex operator+(Complex &a, const double &b); //友元  
    friend Complex operator+(const double &a, Complex &b); //友元  
};  
Complex operator+(Complex &a, const double &b)  
{ Complex c;  
  c.real=a.real+b; //实部相加  
  c.imag=a.imag;   //虚部不变  
  return c;  
}  
Complex operator+(const double &a, Complex &b)  
{ Complex c;  
  c.real=a+b.real; //实部相加  
  c.imag=b.imag;   //虚部不变  
  return c;  
}
```

两个友元重载

c1 + 4

4 + c1

```
int main()  
{ Complex c1(3,4);  
  Complex c2, c3;  
  
  c2 = c1 + 4; //正确  
  c2.display();  
  c3 = 5 + c1; //正确  
  c3.display();  
} //double型常量
```

```
int main()  
{ Complex c1(3,4);  
  Complex c2, c3;  
  double d1=4, d2=5;  
  c2 = c1 + d1; //正确  
  c2.display();  
  c3 = d2 + c1; //正确  
  c3.display();  
} //double型变量
```



§ 16. 运算符重载

4. 运算符重载函数做为类成员函数和友元函数

成员函数与友元函数的区别:

★ 建议对单目运算符采用成员函数方式，双目运算符采用友元函数方式

★ C++规定，某些运算符必须是成员函数形式(赋值=, 下标[], 函数()), 某些运算符必须是友元函数形式(流插入<<, 流提取>>)

§ 16. 运算符重载



5. 重载双目运算符

通过作业理解



§ 16. 运算符重载

6. 重载单目运算符

例：假设复数的 $-$ ，规则为实部虚部全部换符号

<pre>#include <iostream> using namespace std; class Complex { private: double real; double imag; public: Complex(double r=0, double i=0) { real = r; imag = i; } void display() { cout << real << "+" << imag << "i" << endl; } Complex operator-(); };</pre>	<pre>#include <iostream> using namespace std; class Complex { private: double real; double imag; public: Complex(double r=0, double i=0) { real = r; imag = i; } void display() { cout << real << "+" << imag << "i" << endl; } friend Complex operator-(Complex &a); };</pre>
<p>为什么返回值不是complex & ? 答：不能返回自动变量的引用</p> <pre>Complex Complex::operator-() //成员函数 { Complex c1; c1.real = -real; //实部取反 c1.imag = -imag; //虚部取反 return c1; }</pre>	<p>友元函数</p> <pre>Complex operator-(Complex &a) //友元函数 { Complex c1; c1.real = -a.real; //实部取反 c1.imag = -a.imag; //虚部取反 return c1; }</pre>
<pre>int main() { Complex c1(3,4), c2; c2 = -c1; c1.display(); c2.display(); //输出-3+-4i形式 return 0; }</pre>	<pre>int main() { Complex c1(3,4), c2; c2 = -c1; c1.display(); c2.display(); //输出-3+-4i形式 return 0; }</pre>

为什么不能如下方式实现 ?
Complex& Complex::operator-()
{ real = -real; //实部取反
 imag = -imag; //虚部取反
 return *this;
}

答：因为 $-$ 的语义不改变对象自身，所以要返回临时对象
同理：int k = 10, m;
2*(-k); //k仍是10
m=-k; //k仍是10

若仅有c2.display(), 则看不出差异，测试用例很重要!!!

为什么不能如下方式实现 ?
Complex& operator-(Complex &a)
{ a.real = -a.real; //实部取反
 a.imag = -a.imag; //虚部取反
 return a;
}

答：因为 $-$ 的语义不改变对象自身，所以要返回临时对象
同理：int k = 10, m;
2*(-k); //k仍是10
m=-k; //k仍是10

若仅有c2.display(), 则看不出差异，测试用例很重要!!!



§ 16. 运算符重载

6. 重载单目运算符

★ ++/--的前后缀区别

前缀：正常方式

后缀：多一个int型参数，不访问，仅进行区别

例：假设复数的++是实部++，虚部不动

为什么前缀++/--返回引用，后缀++/--返回对象？

答：根据语义，前缀是自身先++/--，再自身参与运算
因此返回引用，即对象自身，且不需调用复制构造
后缀是保存旧值，自身++/--，再旧值参与运算
因此返回对象，返回时调用复制构造产生临时对象

成员函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) { real = r; imag = i; }
    void display() { cout << real <<"+" << imag <<"i" <<endl; }
    Complex& operator++(); //前缀
    Complex operator++(int); //后缀
};

Complex& Complex::operator++() //前缀
{ real++; //前后缀无所谓
  return *this; //返回自身
}

Complex Complex::operator++(int) //后缀
{ Complex c1(*this); //复制构造函数，用对象自身初始化c1
  real++; //前后缀无所谓，注意不是c1.real
  return c1; //返回++前的值，符合后缀语义
}

int main()
{ Complex c1(3,4), c2;
  c2 = c1++;
  c1.display();
  c2.display();
  c2 = ++c1;
  c1.display();
  c2.display();
}
```

友元函数

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) { real = r; imag = i; }
    void display() { cout << real <<"+" << imag <<"i" <<endl; }
    friend Complex& operator++(Complex &a); //前缀
    friend Complex operator++(Complex &a, int); //后缀
};

Complex& operator++(Complex &a) //前缀
{ a.real++; //前后缀无所谓
  return a; //全局函数没有this指针
}

Complex operator++(Complex &a, int) //后缀
{ Complex c1(a); //复制构造函数，用对象自身初始化c1
  a.real++; //前后缀无所谓，注意不是c1.real
  return c1; //返回++前的值，符合后缀语义
}

int main()
{ Complex c1(3,4), c2;
  c2 = c1++;
  c1.display();
  c2.display();
  c2 = ++c1;
  c1.display();
  c2.display();
}
```

§ 16. 运算符重载



6. 重载单目运算符

通过作业理解



§ 16. 运算符重载

7. 重载流插入运算符和流提取运算符

7.1. 形式

`istream& operator >> (istream &, 自定义类 &);`

`ostream& operator << (ostream &, 自定义类 &);`

★ >>本身是istream类(系统定义类)的成员函数，因此希望对istream类的 >> 运算符重载，使其能输入自定义类的内容

★ <<本身是ostream类(系统定义类)的成员函数，因此希望对ostream类的 << 运算符重载，使其能输出自定义类的内容

★ 不能用自定义类的成员函数方式来实现

假设：`operator<< (Complex &c1, ostream &cout)`

则意味着使用形式为：`c1 << cout`

结论：流插入和流提取不能通过重载Complex类来实现，而应该是重载istream/ostream类使其能接受自定义类



§ 16. 运算符重载

7. 重载流插入运算符和流提取运算符

7.2. 重载流提取运算符<<

例：假设复数的输出形式为 **实部+虚部i**

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) {
        real = r;
        imag = i;
    }
    friend ostream& operator << (ostream &out, Complex &a);
};

ostream& operator<<(ostream &out, Complex &a)
{
    out << a.real;
    if (a.imag>=0)
        out << '+'; //虚部小于0不需要+ (3-4i)
    out << a.imag << 'i';
    return out;
}

int main()
{
    Complex c1(3,4);
    cout << c1 << endl;
}
```

只能友元函数



§ 16. 运算符重载

7. 重载流插入运算符和流提取运算符

7.3. 重载流插入运算符>>

例：假设复数的输入形式为 **实部 虚部**

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex(double r=0, double i=0) {
        real = r;
        imag = i;
    }
    void display() {
        cout << real <<"+" << imag <<"i" <<endl;
    }
    friend istream& operator >> (istream &in, Complex &a);
};
istream& operator>>(istream &in, Complex &a)
{
    in >> a.real >> a.imag;
    return in;
}
int main()
{
    Complex c1;
    cin >> c1;
    c1.display();
}
```

只能友元函数



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.1. 标准类型数据间的转换

隐式转换: `int + double;` //转换优先级、整型提升
 `int = double;` //以左值为准进行转换

第02模块的内容

显式转换:

C方式: `(int)89.5`

C++方式: `int(89.5)` / `static_cast<int>(89.5)`

★ 问题的引入: 对于自定义类型, 能否进行类型转换

```
class Time {  
    ...; //假设包含hour/minute/second成员  
};  
  
int main()  
{  
    Time t1(14,15,23), t2;  
    int sec;  
    t2 = 3662; //期望t2为 1:1:2 (目前无法做到)  
    sec = t1; //期望sec为 51323 (目前无法做到)  
}
```

```
class Complex {  
    ...; //假设实现0参和2参构造, 无1参构造  
};  
  
int main()  
{  
    Complex c1(2.5, 3.5), c2;  
    double d;  
    c2 = 5.3; //期望c2为 5.3+0i (目前无法做到)  
    d = c1; //期望d 为 2.5 (目前无法做到)  
}
```



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

形式:

```
    类名(一个形参)
    {
        函数实现
    }
```

★ 只能带一个参数，非该类的数据类型，将该参数转换为对应的对象

★ 系统无缺省定义，根据需要自行定义并使用



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

例：将double转换为Complex的规则，成为对应实部

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

class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex() { real=0; imag=0; }
    Complex(double r, double i) { real=r; imag=i; }
    Complex operator+(const Complex &b) //const引用
    { return Complex(real+b.real, imag+b.imag); }
    Complex(double r) { real = r; imag = 0; } //转换构造
    void display()
    { cout << real << "+" << imag << "i" << endl; }
};
```

```
int main()
{
    Complex c1(3,5), c2;
    c2=c1+2.5;
    c2.display();
    c2=c1+Complex(2.5);
    c2.display();

    return 0;
}
```

隐式调用转换构造函数，
建立无名Complex对象，
再与c1相加

显式调用转换构造函数，
建立无名Complex对象，
再与c1相加

重载函数调用时的匹配查找顺序：

- (1) 寻找参数个数、类型完全一致的定义
(严格匹配)
 - (2) 通过系统定义的内部转换寻找匹配函数
 - (3) 通过用户定义的内部转换寻找匹配函数
- ★ 若每一步中发现两个以上的匹配则出错

	c1+2.5
(1) 是否有Complex+double?	无
(2) 是否有系统内部定义的转换?	无
(3) 是否有用户定义的内部转换?	有 d => C

	c1+Complex(2.5)
(1) 是否有Complex+Complex?	有



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

例：将double转换为Complex的规则，成为对应实部

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

class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex() { real=0; imag=0; }
    Complex(double r, double i) { real=r; imag=i; }
    Complex operator+(const Complex &b) //const引用
    { return Complex(real+b.real, imag+b.imag); }
    Complex(double r) { real = r; imag = 0; } //转换构造
    void display()
    { cout << real <<"+"<< imag <<"i" << endl; }
};

int main()
{
    Complex c1(3,5), c2;
    c2=c1+2.5;      5.5+5i
    c2.display();
    c2=c1+Complex(2.5); 5.5+5i
    c2.display();

    return 0;
}
```

问：为什么不能合并为

Complex(double r=0, double i=0)

{ real = r; imag = i; }

答：若缺省为一个参数时，与转换构造
存在二义性

问：

1、为什么不用 Complex b

答：每次调用复制构造，效率低

2、为什么不用 Complex &b

答：实参不能是常量/表达式

隐式调用转换构造函数，
建立无名Complex对象，
再与c1相加

显式调用转换构造函数，
建立无名Complex对象，
再与c1相加



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

例：整数n(0-86399)表示当天的秒，转换为Time对象

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Time {
private:
    int hour, minute, sec;
public:
    Time() {hour=0; minute=0; sec=0;}
    Time(int second);
    Time(int h, int m, int s) { hour = h; minute = m; sec = s; }
    Time operator-(Time &t);
    void display() { cout << hour << ":" << minute << ":" << sec << endl; }
};
Time Time::operator-(Time &t)
{ int s; Time tt;
  s = (hour*3600+minute*60+sec) - (t.hour*3600+t.minute*60+t.sec);
  tt.hour=s/3600;
  tt.minute=s%3600/60;
  tt.sec=s%60;
  return tt;
}
Time::Time(int second)
{ hour = second/3600; minute = second%3600/60; sec = second % 60;
}
int main()
{ Time t1, t2(3, 0, 0);
  t1 = Time(65234)-t2;
  t1.display();
}
```

65234 = 18:7:34
65234-3600*3 = 15:7:34

15:7:34



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

★ 单一个参数的构造函数也可以不做为转换构造函数只有完成**转换功能**才称为转换构造函数

例: Time类

```
class Time {  
    private:  
        int hour;  
        int minute;  
        int sec;  
    public:  
        Time(int second);  
};
```

```
Time::Time(int second)    //转换构造  
{  
    hour    = second / 3600;  
    minute  = second % 3600 / 60;  
    sec     = second % 60;  
}
```

例: Time类

```
class Time {  
    private:  
        int hour;  
        int minute;  
        int sec;  
    public:  
        Time(int second);  
};
```

```
Time::Time(int second)    //带一个参数  
                          //的普通构造  
{  
    hour    = 0;  
    minute  = 0;  
    sec     = second % 60;  
}
```

两者无法重载，因为函数名、参数个数、参数类型完全相同



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

★ 两种使用方式

类名(要转换类型的数据) 显式调用

对象名 = 要转换的数据 隐式调用

假设已实现无参/两参构造函数及两个复数+及转换构造

```
Complex c1(3, 5), c2;
```

```
c2 = 3.5; //正确(隐式)
```

```
c2 = c1 + Complex(3.5); //正确(显式)
```

```
c2 = c1 + 3.5; //正确(当复数+的参数是const引用时)
```




§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.2. 用转换构造函数进行类型转换

★ 也可以将一个类的对象转换为另一个类的对象

类名 (要转换类型的对象)

对象名 = 要转换的另一个对象

例：假设两个类表示身高，单位分别是厘米和米

```
class B;
class A {
    private:
        int height;
    public:
        A(int h) { height = h; }
        friend B;
};
class B {
    private:
        double height;
    public:
        B() { height = 0; }
        B(A ha) { height = ha.height/100.0; }
        void display() { cout << height << endl; }
};
```

```
int main()
{
    A ha1(178), ha2(183);
    B hb1, hb2;

    hb1 = B(ha1);
    hb1.display();

    hb2 = ha2;
    hb2.display();

    return 0;
}
```

1.78

1.83



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.3. 用类型转换函数进行类型转换

含义：将一个类对象转换为另一个类型的数据

形式：

```
operator 类型名()  
{  
    函数体实现;  
}
```

★ 返回类型不是缺省的int，由**类型名**决定，无参数

★ 只能是成员函数形式

★ 在需要类型转换的地方被系统自动地隐式调用

10 + t1, 因为没有定义 `int + Time` 的重载,
因此t1被转换为int(隐式调用类型转换函数),
再int相加

例：将Time类转换为秒

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
class Time {  
private:  
    int  hour;  
    int  minute;  
    int  sec;  
public:  
    Time(int h=0, int m=0, int s=0) {  
        hour = h;  
        minute = m;  
        sec = s;  
    }  
    operator int();    //类型转换函数  
};  
  
Time::operator int()    //类型转换函数的体外实现  
{  
    return hour*3600 + minute*60 + sec;  
}  
  
int main()  
{  
    Time t1(14,15,23);  
    int k;  
    k = 10 + t1;    14*3600 + 15*60 + 23 = 51323  
    cout << k << endl;    51333  
}
```



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.3. 用类型转换函数进行类型转换

含义：将一个类对象转换为另一个类型的数据形式：

```
operator 类型名()  
{  
    函数体实现;  
}
```

- ★ 返回类型不是缺省的int，由**类型名**决定，无参数
- ★ 只能是成员函数形式
- ★ 在需要类型转换的地方被系统自动地隐式调用

重载函数的匹配顺序：

- (1) 是否有double+Complex?
无
- (2) 是否有系统内部转换?
无
- (3) 是否有用户定义转换?
有 C => d

2.5 + c1，因为没有定义**double+复数**的重载，
因此c1被转换为double
(**隐式调用类型转换函数**)，再double相加

例：将complex对象转换为double的规则：实部赋值

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
class Complex {  
private:  
    double real;  
    double imag;  
public:  
    Complex() {  
        real = 0;  
        imag = 0;  
    }  
    Complex(double r, double i) {  
        real = r;  
        imag = i;  
    }  
    operator double() {  
        return real;  
    }  
};  
  
int main()  
{  
    Complex c1(3,4);  
    double d1;  
    d1 = 2.5 + c1;      5.5  
    cout << d1 << endl;  
}
```



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.3. 用类型转换函数进行类型转换

含义：将一个类对象转换为另一个类型的数据形式：

```
operator 类型名()  
{  
    函数体实现;  
}
```

- ★ 返回类型不是缺省的int，由**类型名**决定，无参数
- ★ 只能是成员函数形式
- ★ 在需要类型转换的地方被系统自动地隐式调用

编译错!!!

- 1、无 **double+复数** 的重载
- 2、无 **复数转double** 的类型转换函数，也无法理解为 double+
- 3、无 **double转复数** 的转换构造函数及 **复数+复数** 的重载，也无法理解为 复数+

例：将complex对象转换为double的规则：实部赋值

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
class Complex {  
private:  
    double real;  
    double imag;  
public:  
    Complex() {  
        real = 0;  
        imag = 0;  
    }  
    Complex(double r, double i) {  
        real = r;  
        imag = i;  
    }  
  
    // operator double() {  
    //     return real;  
    // }  
};  
  
int main()  
{  
    Complex c1(3,4);  
    double d1;  
    d1 = 2.5 + c1;  
    cout << d1 << endl;  
}
```



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.3. 用类型转换函数进行类型转换

含义：将一个类对象转换为另一个类型的数据

形式：

```
operator 类型名()  
{  
    函数体实现;  
}
```

- ★ 返回类型不是缺省的int，由**类型名**决定，无参数
- ★ 只能是成员函数形式
- ★ 在需要类型转换的地方被系统自动地隐式调用

2.5 + c1,
因为没有定义**double+复数**的重载,
因此c1被转换为double
(**隐式调用类型转换函数**),
再double相加,得5.5

c1 + c2,
复数的+重载得到**8-6i**,
赋值给d1时被转换为double
(**隐式调用类型转换函数**),
d1的值为8

例：将complex对象转换为double的规则：实部赋值

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
class Complex {  
private:  
    double real;  
    double imag;  
public:  
    Complex() { real = 0; imag = 0; }  
    Complex(double r, double i) {  
        real = r;  
        imag = i;  
    }  
    operator double() { return real; }  
    Complex operator+(const Complex &b) {  
        return Complex(real+b.real, imag+b.imag);  
    }  
};  
  
int main()  
{  
    Complex c1(3, 4), c2(5, -10);  
    double d1;  
    d1 = 2.5 + c1;  
    cout << d1 << endl;    5.5  
    d1 = c1 + c2;  
    cout << d1 << endl;    8  
}
```



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

8.3. 用类型转换函数进行类型转换

含义：将一个类对象转换为另一个类型的数据

形式：

```
operator 类型名()  
{  
    函数体实现;  
}
```

- ★ 返回类型不是缺省的int，由**类型名**决定，无参数
- ★ 只能是成员函数形式
- ★ 在需要类型转换的地方被系统自动地隐式调用

假设已实现类型转换及两个复数的+

```
d1 = 2.3 + c1; //c1 被隐式转换  
d1 = c1 + c2; //c1+c2 被隐式转换
```

- ★ 定义转换函数后，注意与转换构造函数的区别



§ 16. 运算符重载

8. 不同类型数据间的转换

★ 拓展讨论：转换构造函数及类型转换函数的使用

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

class Complex {
private:
    double real;
    double imag;
public:
    Complex() { real = 0; imag = 0; }
    Complex(double r, double i) { real = r; imag = i; }
    Complex(double r) { real = r; imag = 0; } //转换构造函数
    operator double() { return real; } //类型转换函数
    void display() { cout << real <<"+"<< imag <<"i" << endl; }
    //注意：下面两个用的时候只能选择一个，另一个要注释掉!!!!!!!!!!
    Complex operator+(const Complex &c2);
    friend Complex operator+(const Complex &c1, const Complex &c2);
};

Complex Complex::operator+(const Complex &c2)
{
    return Complex(real+c2.real, imag+c2.imag);
}
//注意：这两个用的时候只能选择一个，另一个要注释掉!!!!!!!!!!
Complex operator+(const Complex &c1, const Complex &c2)
{
    return Complex(c1.real+c2.real, c1.imag+c2.imag);
}

int main()
{
    Complex c1(3,4), c3;
    c3 = c1 + Complex(2.5);
    c3.display();
    c3 = c1 + 2.5;
    c3.display();
    c3 = 2.5 + c1;
    c3.display();
}
```

通过作业而完成

	的实现	c3=c1+Complex(2.5)	c3=c1+2.5	c3=2.5+c1
无转换构造 无类型转换	友元			
	成员			
无转换构造 有类型转换	友元			
	成员			
有转换构造 无类型转换	友元			
	成员			
有转换构造 有类型转换	友元			
	成员			