第七章 运算符重载

主讲教师：同济大学电子与信息工程学院 陈宇飞

目录

- 运算符重载的方法
- 运算符重载的规则
- 成员函数和友元函数
- 单双目运算符的重载
- 流运算符的重载
- 不同类型间数据的转换

7.1 运算符重载的方法

- 引例：今天早上在某账户上花费了2小时35分钟，下午又花费了2小时40分钟，则总共花了多少时间呢？

➢与加法概念吻合，但要相加的单位（小时与分钟的混合）与内置类型不匹配

解决方法0：在Time类中使用方法Sum()来处理加法

```
//mytime0.h -- Time class before
               operator overloading
#ifndef MYTIME0_H_
#define MYTIME0_H_
class Time {
private:
    int hours;
    int minutes;
public:
    Time();
    Time(int h, int m = 0);
    void AddMin(int m);
    void AddHr(int h);
    void Reset(int h = 0, int m = 0);
    Time Sum(const Time& t)const;
    void Show()const;
};
#endif
```

```
//mytime0.cpp -- implementing Time methods
#include<iostream>
#include"mytime0.h"
Time::Time() {…}
Time::Time(int h, int m) {…}
void Time::AddMin(int m) {…}
void Time::AddHr(int h) {…}
void Time::Reset(int h, int m) {…}
Time Time::Sum(const Time& t)const { //具体实现
   Time sum;
   sum.minutes = minutes + t.minutes;
   sum.hours = hours + t.hours + sum.minutes / 60;
   sum.minutes %= 60;
   return sum;
}
void Time::Show()const{…}
```

7.1 运算符重载的方法

- 解决方法0：在Time类中使用方法Sum()来处理加法

```
Time Time::Sum(const Time& t)const { //具体实现
  Time sum;
  sum.minutes = minutes + t.minutes;
  sum.hours = hours + t.hours + sum.minutes / 60;
  sum.minutes %= 60;
  return sum;
}
```

➢参数是引用：可以按值传递Time对象，但传递引用速度更快，占用内存更少

➢返回值不能是引用：返回对象sum将创建对象的副本，函数结束删除sum之前构造它的拷贝，供调用函数使用此拷贝。如果返回Time &，引用的是局部变量sum对象，函数结束时将被删除，引用将指向不存在的对象

```
//mytime0.h -- Time class before operator overloading
class Time {
    …
    Time Sum(const Time& t)const;
};
```

头文件
类的声明

```
//mytime0.cpp -- implementing Time methods
#include"mytime0.h"
Time Time::Sum(const Time& t)const {…}
…
```

源程序文件
函数的实现

```
//usetime0.cpp -- using the first draft of the Time class
//compile usetime0.cpp and mytime0.cpp together
#include"mytime0.h"
int main()
{
    Time coding(2, 40);
    Time fixing(5, 55);
    Time total;
    total = coding.Sum(fixing);  //想用更直观的+形式怎么办?
    ...
}
```

源程序文件
调用函数

7.1 运算符重载的方法

- 引例：今天早上在某账户上花费了2小时35分钟，下午又花费了2小时40分钟，则总共花了多少时间呢？

➢与加法概念吻合，但要相加的单位（小时与分钟的混合）与内置类型不匹配

解决方法0：在Time类中使用方法Sum()来处理加法

解决方法1：添加加法运算符来处理加法

```
//mytime1.h -- Time class before
               operator overloading
#ifndef MYTIME1_H_
#define MYTIME1_H_
class Time {
private:
    int hours;
    int minutes;
public:
    Time();
    Time(int h, int m = 0);
    void AddMin(int m);
    void AddHr(int h);
    void Reset(int h = 0, int m = 0);
    Time operator+(const Time& t)const;
    void Show()const;
};
#endif
```

```
//mytime1.cpp -- implementing Time methods
#include<iostream>
#include"mytime1.h"
Time::Time() {…}
Time::Time(int h, int m) {…}
void Time::AddMin(int m) {…}
void Time::AddHr(int h) {…}
void Time::Reset(int h, int m) {…}
Time Time::operator+ (const Time& t)const {
   Time sum;
   sum.minutes = minutes + t.minutes;
   sum.hours = hours + t.hours + sum.minutes / 60;
   sum.minutes %= 60;
   return sum;
}
void Time::Show()const{…}
```

7.1 运算符重载的方法

- 解决方法1：添加加法运算符来处理加法

```
Time Time::operator+ (const Time& t)const { //具体实现
  Time sum;
  sum.minutes = minutes + t.minutes;
  sum.hours = hours + t.hours + sum.minutes / 60;
  sum.minutes %= 60;
  return sum;
}
```

➢与sum()一样：参数是引用，返回值是对象

➢operator+()由Time对象调用，第二个Time对象作为参数，并返回一个Time对象

```
total = coding.operator+(fixing);  //function notation
total = coding + fixing;           //operator notation
```

```
//mytime1.h -- Time class before operator overloading
class Time {
    …
    Time operator+(const Time& t)const;
};
```

头文件
类的声明

```
//mytime1.cpp -- implementing Time methods
#include"mytime1.h"
Time Time::operator+ (const Time& t)const {…}
…
```

源程序文件
函数的实现

```
//usetime1.cpp -- using the second draft of the Time class
//compile usetime1.cpp and mytime1.cpp together
#include"mytime1.h"
int main()
{   Time coding(2, 40);
    Time fixing(5, 55);
    Time morefixing(3, 28);
    Time total;
    total = coding + fixing;  //operator notation
    total = morefixing.operator+(total);  //function notation
    …
}
```

源程序文件
调用函数

7.1 运算符重载的方法

- 运算符重载的形式：

```
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 * ⇔ *

7.1 运算符重载的方法

- 对象 运算符 另一个值(可以不是对象、可以无)转换为函数调用：

  对象.operator运算符(另一个值)

```
Time t1, t2, t3, t4;
t4 = t1 + t2 + t3;
```

➡ `t4 = t1.operator+(t2 + t3);`

➡ `t4 = t1.operator+(t2.operator+(t3));`

返回Time对象，值t2+t3

返回Time对象，值t1+t2+t3

7.1 运算符重载的方法

- 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

```
int a, b, c;
Time A, B, C;
c = a + b;          //use int addition
C = A + B;          //use addition defined for Time objects
```

目录

- 运算符重载的方法
- 运算符重载的规则
- 成员函数和友元函数
- 单双目运算符的重载
- 流运算符的重载
- 不同类型间数据的转换

7.2 运算符重载的规则

1. 重载运算符的两侧至少有一个是类对象（防止用户为标准类型重载运算符）
2. 不能违反运算符原来的句法规则
   - 不能改变操作对象的个数（例：不能将求模%重载成使用一个操作数）
   - 不能改变优先级
   - 不能改变结合性
3. 不能创建新运算符（例：不能定义operator **()函数来表示求幂）
4. 不能重载的运算符（primer书：sizeof　::　?:　.　.*　等）
5. 可重载的运算符（primer书 表11.1）
   - 只能通过成员函数进行重载：

     =：赋值运算符　　()：函数调用运算符

     []：下标运算符　　->：通过指针访问类成员的运算符

7.2 运算符重载的规则

6. 不允许带默认参数（操作数是不可缺少的）
7. 应当使重载运算符的功能与标准相同/相似(建议)
8. =和&系统缺省做了重载，=是对应内存拷贝，&取地址

例：关于=赋值，回顾模块0303

```
test t1("hello"), t2;
t2=t1;    //整体内存拷贝
```

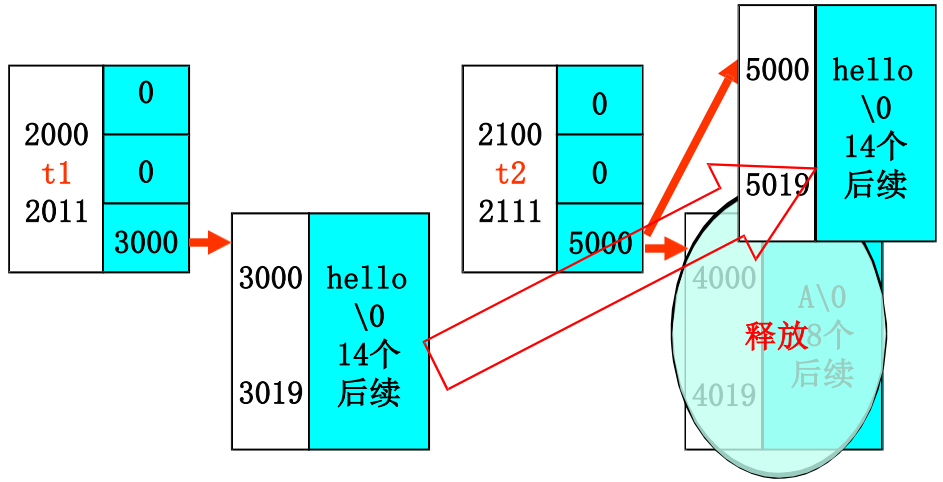
- 若对象数据成员是指针及动态分配的数据，则可能导致不可预料的后果甚至报错
- 解决方法：重载运算符=

3.3.4 对象的赋值与复制 （回顾）

- 对象的赋值
  - 有动态内存申请

```
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
}
```

```
//解决方法：运算符重载！！
test &test::operator=(const test &t)
{   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
}
```



7.2 运算符重载的规则

思考右侧运算符重载程序：

```
……//略
test &test::operator=(const test &t)
{  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
}
```

1）返回类型能否为test，而不是引用？

- 分析：返回值应符合运算符的语义

  t2 = t1理解为t2.operator=(t1)

  = 的语义希望执行后t2被改变

  若返回test，则返回时会调用复制构造函数，返回的就是临时对象而不是t2自身

- 对比7.1 Time类+: Time operator+(const Time& t)const;

  coding + fixing理解为coding.operator+(fixing)

  + 的语义不能改变coding，应该返回临时对象，所以返回值是Time而不是Time&

7.2 运算符重载的规则

思考右侧运算符重载程序：

```
……//略
test &test::operator=(const test &t)
{  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
}
```

2）返回类型能否为void?

- 分析：返回值应符合运算符的语义

  t2 = t1理解为t2.operator=(t1)

  = 的语义希望执行后t2被改变

  若返回void，this指针指向t2，对本题而言正确

- 进一步思考：t3 = (t2 = t1);

  t2 = t1：赋值表达式的值等于左值

  t3 = (t2 = t1)：没有找到接受void类型的右操作数的运算符（或没有可接受的转换），连续赋值时程序错误

7.2 运算符重载的规则

思考右侧运算符重载程序：

```
……//略
test &test::operator=(const test &t)
{  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
}
```

3）为什么要先释放再申请新空间？

- 分析：

  申请/释放都是20字节，内存不保证相同

  对本题而言可以仍旧使用原来已申请的空间，可删除这两条语句

- 进一步思考：若要求test类按需申请，不浪费空间

  必须释放原空间再申请新空间

```
delete c;
c=new char[strlen(t.c)+1];
```

7.2 运算符重载的规则

- 复制构造函数和重载=的区别：

	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，返回值为对象	执行语句中的=操作
调用时处理	对象生成时调用，此时不可能调用其它形式的构造函数	=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)

//复制构造函数和重载=的区别

```
class test {
 ...
 public:
  test(const test &t);
  test &operator=(const test &t);
 };
test::test(const test &s)
{    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)
{  a = t.a;
   b = t.b;
   delete c; //释放原空间（复制构造函数不需要）
   c=new char[20]; //申请新空间
   strcpy(c, t.c);
   return *this;//返回对象自身（复制构造函数不需要）
}
int main()
{   test t1("hello"),t2(t1); //复制构造函数
    t2 = t1; //=运算
}
```

目录

- 运算符重载的方法
- 运算符重载的规则
- 成员函数和友元函数
- 单双目运算符的重载
- 流运算符的重载
- 不同类型间数据的转换

7.3 成员函数和友元函数

- 回顾引例：今天早上在某账户上花费了2小时35分钟，下午又花费了2小时40分钟，则总共花了多少时间呢？

➢与加法概念吻合，但要相加的单位（小时与分钟的混合）与内置类型不匹配

解决方法0：在Time类中使用方法Sum()来处理加法

解决方法1：添加加法运算符来处理加法（成员函数）

➢其它重载运算符（成员函数）：

```
Time operator-(const Time& t)const;
Time operator*(double n)const;
```

//具体实现详见primer书：mytime2.h　mytime2.cpp　usetime2.cpp

➢进一步思考：乘法运算符重载的合理性

7.3 成员函数和友元函数

➢进一步思考：乘法运算符重载的合理性

```
Time operator*(double n)const;
A = B * 2.75;  //合理，左操作数是对象
A = 2.75 * B;  //不合理
```

➢上述二者从概念上应该相同

解决方法0：非成员函数

```
Time operator*(double m, const Time & t);  //无法访问类的私有数据
```

解决方法1：友元函数（非成员函数）

```
friend Time operator*(double m, const Time & t);
```

7.3 成员函数和友元函数

- 成员函数与友元函数的区别（结合7.4案例理解）

	成员函数	友元函数
单目运算符	空参数	一个参数(必须是对象)
双目运算符	一个参数 (可不是对象)	两个参数 (一个必须是对象,一个可不是)

- 两个操作数都是对象：没区别
- 一个操作数是对象：若希望 2.75 * B正确，则需要重载实现 double * Time，且该方式只能通过友元函数实现
- 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>>，类型转换　类型(值))，可能因编译系统不同而不同

目录

- 运算符重载的方法
- 运算符重载的规则
- 成员函数和友元函数
- 单双目运算符的重载
- 流运算符的重载
- 不同类型间数据的转换

7.4 单/双目运算符的重载

7.4.1 单目运算符的重载

- 例1：对复数的-重载，规则为实部虚部全部换符号
  - 成员函数的实现：

```
Complex operator-();
```

  - 友元函数的实现：

```
friend Complex operator-(Complex &a);
```

```
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 Complex::operator-() //成员函数
{  Complex c1;
   c1.real = -real;  //实部取反
   c1.imag = -imag;  //虚部取反
   return c1;
}
int main()
{  Complex c1(3,4),c2;
   c2 = -c1;
   c2.display();
}    //输出为-3+-4i形式
```

7.4 单/双目运算符的重载

思考右侧运算符重载程序：

```
……//略
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;
}
```

- 返回类型能否为引用Complex & ？

➢分析：

若只修改函数返回类型为Complex &，不可以

因为不能返回自动变量的引用

```
……//略
Complex & Complex::operator-() //成员函数
{
   real = -real; //实部取反
   imag = -imag; //虚部取反
   return *this;
}
```

➢进一步思考：

若改为右侧程序，不可以

```
c2 = -c1;
```

-的语义不希望改变对象自身，所以要返回临时对象，而不是this

```
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);
};
```

```
//该友元函数返回值不可以是Complex &
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;
}
int main()
{   Complex c1(3,4),c2;
    c2 = -c1;
    c2.display();
}  //输出为-3+-4i形式
```

7.4 单/双目运算符的重载

7.4.1 单目运算符的重载

- 例2：对++/--的前后缀运算符重载，规则为只对实部++/--，虚部不动

➢ 思考语义：程序中前缀++/--返回引用，后缀++/--返回对象

- 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

➢ 实现：

- 前缀：正常方式
- 后缀：多一个int型参数，不访问，仅进行区别

引申思考：i++和++i哪个效率更高？

```
class Complex {    //成员函数的实现方式
  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); //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();
}
```

```
class Complex {      //友元函数的实现方式
  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); //用对象a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();
}
```

7.4 单/双目运算符的重载

7.4.2 双目运算符的重载

- 例3：对复数的+重载，需考虑复数+复数，复数+double，double+复数

➢两个操作数都是对象（复数+复数）：

```
friend Complex operator+(Complex &a, Complex &b);
Complex operator+(Complex &b);
```

➢一个操作数是对象（复数+double，double+复数）：

(1) 复数+double：`friend Complex operator+(Complex &a, double b);`

`Complex operator+(double b);`

(2) double+复数：`friend Complex operator+(double a, Complex &b);`

• 双目运算符--两个操作数都是对象：友元函数、成员函数均可

```
class Complex {
    …
    friend Complex operator+(Complex &a, Complex &b);
};
Complex operator+(Complex &a, Complex &b)//友元函数
{  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

• 双目运算符--两个操作数都是对象：友元函数、成员函数均可

```
class Complex {
    …
    Complex operator+(Complex &b);
};
Complex Complex::operator+(Complex &b)//成员函数
{   Complex c;
    c.real=real+b.real;
    c.imag=imag+b.imag;
    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

• 双目运算符--一个操作数是对象：复数+double使用友元、成员均可

```
class Complex {
    …
    friend Complex operator+(Complex &a, double b);
};
Complex operator+(Complex &a, double b)  //友元函数
{  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
}
```

- 双目运算符--一个操作数是对象：复数+double使用友元、成员均可

```
class Complex {
    …
   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
}
```

- 双目运算符--一个操作数是对象：两个友元函数重载

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

```
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
```

- 双目运算符---一个操作数是对象：两个友元函数重载

```
class Complex {  //引申修改1：将double换成double &
    ...
    friend Complex operator+(Complex &a, double &b);
    friend Complex operator+(double &a, Complex &b);
};
Complex operator+(Complex &a, double &b) //复数+double
{   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) //double+复数
{   Complex c;
    c.real=a+b.real;//实部相加
    c.imag=b.imag; //虚部不变
    return c;
}
```

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

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

- 双目运算符---一个操作数是对象：两个友元函数重载

```
class Complex {  //引申修改2：将double换成const double &
    ...
    friend Complex operator+(Complex &a, const double &b);
    friend Complex operator+(const double &a, Complex &b);
};
Complex operator+(Complex &a, const double &b) //复数+double
{   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) //double+复数
{   Complex c;
    c.real=a+b.real;//实部相加
    c.imag=b.imag; //虚部不变
    return c;
}
```

若函数形参为常引用，则实参可以是变量/常量/表达式

```
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
```

- 双目运算符---一个操作数是对象：友元和成员函数重载

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

无法做到两个成员函数重载：
因为5+c1无法表示为成员函数形式
原因：第1个参数(左值)不是类

```
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
```

7.4 单/双目运算符的重载

7.4.2 双目运算符的重载

- 关于 + 交换律的说明 ：

➢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但本质不同：c1.operator+(c2)/c2.operator+(c1)结果相同，可以理解为交换律存在

➢对象+其它类型，例如 Complex+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

➢同理适用于其它存在交换律的运算符

目录

- 运算符重载的方法
- 运算符重载的规则
- 成员函数和友元函数
- 单双目运算符的重载
- 流运算符的重载
- 不同类型间数据的转换

7.5 流运算符的重载

- 形式：

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

  - >> 和 << 已被多次重载：

    最初：位移运算符

    istream类：重载为一个输入工具

    ostream类：重载为一个输出工具

  - >> 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

7.5 流运算符的重载

- 重载<<运算符（>>的实现类似）：

```
Time trip;  //trip是已定义的Time类对象

cout << trip;  //需要重载<<
```

  - 必须使用友元函数的方式来实现

假设：使用Time的成员函数来重载<<（Time对象将是第一个操作数）

则意味着使用形式为： trip << cout

结论：使用友元函数

7.5 流运算符的重载

- 重载<<运算符：
  - 第一种重载版本

```
void operator<<(ostream & os, const Time & t)
{
      os << t.hours << " hours, " << t.minutes << " minutes";
}
```

```
cout << trip; //可以
cout << "Trip time: " << trip << " (Tuesday)\n";   //不可以
```

ostream &

void

7.5 流运算符的重载

- 重载<<运算符：
  - 第二种重载版本

```
ostream & operator<<(ostream & os, const Time & t){
        os << t.hours << " hours, " << t.minutes << " minutes";
        return os;
}
```

```
cout << trip; //可以
cout << "Trip time: " << trip << " (Tuesday)\n";  //可以
```

ostream &

ostream &

```
//mytime3.h -- Time class with friends
class Time {
    …
    friend ostream & operator<<(ostream & os, const Time& t);
};
```

头文件
类的声明

```
//mytime3.cpp -- implementing Time methods
#include"mytime3.h"
ostream & operator<<(ostream & os, const Time& t);{…}
…
```

源程序文件
函数的实现

```
//usetime3.cpp -- using the fourth draft of the Time class
//compile usetime3.cpp and mytime3.cpp together
#include"mytime3.h"
int main()
{   Time aida(3, 35);
    Time tosca(2, 48);
    cout << aida << "; " << tosca << endl;  //operator<<
    …
}
```

源程序文件
调用函数

完整程序见primer书

目录

- 运算符重载的方法
- 运算符重载的规则
- 成员函数和友元函数
- 单双目运算符的重载
- 流运算符的重载
- 不同类型间数据的转换

7.6 不同类型间数据的转换

- 内置类型
  - 隐式转换：

    ```
    int + double; //按照转换规则（高程上第二章）
    int = double; //以左值为准进行转换
    ```

  - 显式转换：　（强制类型转换）

    C方式：　(int)89.5

    C++方式：　int(89.5)

- 自定义类型，能否进行类型转换？

• 例：设计一种合适的类型，以两种方式（磅和英石）来表示重量

```
// stonewt.h  -  definition for the Stonewt class
class Stonewt{
  private:
     enum {Lbs_per_stn = 14};          //类特定常量，相当于static const int
     int stone;                        Lbs_per_Stn = 14
     double pds_left;
     double pounds;
  public:                              //3种构造函数：
     Stonewt(double lbs);              Stonewt blossom(132.5);//132.5 pounds
     Stonewt(int stn, double lbs);     Stonewt buttercup(10,2);//10stone,2pounds
     Stonewt();                        Stonewt bubbles;//default value
     ~Stonewt();
     void show_lbs() const;
     void show_stn() const;
};

// stonewt.cpp  -  stonewt methods  具体程序见primer书
```

7.6 不同类型间数据的转换

7.6.1 转换构造函数（某类型->类类型）　//基本概念自行复习模块06：6.1

```
Stonewt(double lbs); //template for double-to-Stonewt conversion
```

- 只有接受一个参数的构造函数才能作为转换函数：

```
Stonewt(int stn, double lbs); //not a conversion function
```

如果第二个参数提供默认值，可用于转换int

```
Stonewt(int stn, double lbs = 0); //int-to-Stonewt conversion
```

- 单一个参数的构造函数，只有完成转换功能才称为转换构造函数：

```
Stonewt::Stonewt(double lbs){
    stone = 0; pds_left = 0; pounds = 0;
}  //not a conversion function
```

7.6 不同类型间数据的转换

7.6.1 转换构造函数（某类型->类类型）

```
Stonewt(double lbs); //template for double-to-Stonewt conversion
```

- 隐式的自动类型转换：

```
Stonewt myCat; //create a Stonewt object
myCat = 19.6; //use Stonewt(double) to convert 19.6 to Stonewt
```

- 显式的类型强制转换：（使用关键字explicit关闭隐式自动转换）

```
explicit Stonewt(double lbs);//只能显式类型转换
myCat = 19.6; //not valid
myCat = Stonewt(19.6)  //ok, an explicit conversion
myCat = (Stonewt) 19.6  //ok, old form for explicit typecast
```

7.6 不同类型间数据的转换

7.6.1 转换构造函数（某类型->类类型）

```
Stonewt(double lbs); //template for double-to-Stonewt conversion
```

- 隐式转换的时机：

1. 将Stonewt对象初始化为double值时；

2. 将double值赋给Stonewt对象时；

3. 将double值传递给接受Stonewt参数的函数时；

4. 返回值被声明为Stonewt的函数试图返回double值时；

5. 在上述任意一种情况下，使用可转换为double类型的内置类型时；

7.6 不同类型间数据的转换

7.6.1 转换构造函数（某类型->类类型）

```
Stonewt(double lbs); //template for double-to-Stonewt conversion
```

➢允许使用Stonewt(double)构造函数来转换其他数值类型：

```
Stonewt Jumb(7000);//uses Stonewt(double), converting int to double
Jumb = 7300; //uses Stonewt(double), converting int to double
```

二步转换的前提：不存在二义性

如果还存在Stonewt(long)，则编译器将拒绝执行上述语句

因为int可以转为long或者double，一次调用会出现二义性

```
//stonewt.h  -  definition for the Stonewt class
class Stonewt {
    …
    Stonewt(double lbs);
};
```

头文件
类的声明

```
//stonewt.cpp -- Stonewt methods
#include"stonewt.h"
Stonewt::Stonewt(double lbs){…}
…
```

源程序文件
函数的实现

```
//stone.cpp  -  user-defined conversions
//compile with stonewt.cpp
#include"stonewt.h"
int main()
{   Stonewt incognito = 275;
    Stonewt wolfe(285.7);
    Stonewt taft(21, 8);
    incognito = 276.8;
    taft = 325;
    display(422, 2);
    …
}
```

源程序文件
调用函数

完整程序见primer书

• 程序分析：

```
//stone.cpp  -  user-defined conversions
int main()
{    Stonewt incognito = 275;
     Stonewt wolfe(285.7);
     Stonewt taft(21, 8);
     incognito = 276.8;
     taft = 325;
     display(422, 2);
     …
}
void display(const Stonewt & st, int n){
     …
}
```

```
//隐式
等价形式：
Stonewt incognito(275);//隐式
Stonewt incognito = Stonewt(275)//显式
等价形式相比左侧标红程序的好处：
可以接受多个参数的构造函数
```

• 程序分析：

```
//stone.cpp  -  user-defined conversions
int main()
{    Stonewt incognito = 275;
     Stonewt wolfe(285.7);
     Stonewt taft(21, 8);
     incognito = 276.8;          //将double转换为Stonewt
     taft = 325;                 //将int转换为double再转换为Stonewt
     display(422, 2);
     …
}
void display(const Stonewt & st, int n){
     …
}
```

• 程序分析：

```
//stone.cpp  -  user-defined conversions
int main()
{    Stonewt incognito = 275;
     Stonewt wolfe(285.7);
     Stonewt taft(21, 8);
     incognito = 276.8;
     taft = 325;
     display(422, 2);
     …
}
void display(const Stonewt & st, int n){
     …
}
```

查找匹配顺序：

(1)是否有Stonewt(int)？　　无

(2)是否有系统内置类型的转换？　有

　　int->double

(3)是否有用户定义的内部转换？　有

　　Stonewt(double)

//将int转换为double再转换为Stonewt

7.6 不同类型间数据的转换

7.6.2 类型转换函数（类类型->某类型）

```
operator double(); //template for Stonewt-to-double conversion
```

- 类型转换函数是用户定义的强制类型转换：(若已定义operator double();)
  - 显式使用：

```
Stonewt wolfe(285.7);
double host = double (wolfe);
double thinker = (double) wolfe;
```

  - 隐式使用：

```
Stonewt wells(20, 3);
double star = wells;
```

7.6 不同类型间数据的转换

7.6.2 类型转换函数（类类型->某类型）

```
operator double(); //template for Stonewt-to-double conversion
```

- 注意事项：
  - 转换函数必须是类方法
  - 转换函数不能指定返回类型
  - 转换函数不能有参数
  - 可以使用explicit关键词关闭隐式自动转换

```
//stonewt1.h -- revised definition for the Stonewt class
class Stonewt {
    …
    operator int() const;
    operator double() const;
};
```

头文件
类的声明

```
//stonewt1.cpp -- Stonewt class methods + conversion functions
#include"stonewt1.h"
Stonewt::operator int() const{…}
Stonewt::operator double() const{…}
…
```

源程序文件
函数的实现

```
//stone1.cpp  -  user-defined conversion functions
//compile with stonewt1.cpp
#include"stonewt1.h"
int main()
{   Stonewt poppins(9,2.8);
    double p_wt = poppins;
    …
    cout << "Poppins: " << int(poppins) << " pounds.\n";
    …
}
```

源程序文件
调用函数

完整程序见primer书

• 程序分析：

```
//已定义了：
    operator int() const;
    operator double() const;
//stone1.cpp
int main()
{   Stonewt poppins(9,2.8);
    double p_wt = poppins;  //隐式
    …
    cout << "Poppins: " << int(poppins) << " pounds.\n";   //显式
    …
}
```

```
//左侧程序将显式修改为隐式：
cout << "Poppins: " << poppins
     << " pounds.\n";  //不可以
原因：二义性转换
     （未指出转换为int还是double）
若只定义：operator double() const;
则正确，没有二义性
```

• 程序分析：

```
//已定义了：
    operator int() const;
    operator double() const;
//stone1.cpp
int main()
{   Stonewt poppins(9,2.8);
    double p_wt = poppins;  //隐式
    …
    cout << "Poppins: " << int(poppins) << " pounds.\n";   //显式
    …
}
```

```
//若有以下赋值：
long gone = poppins;  //不可以
原因：二义性
    （int和double均可被赋值给long）
若删除任一转换函数：
则正确，没有二义性
```

• 程序分析：

```
//已定义了：
    operator int() const;
    operator double() const;
//stone1.cpp
int main()
{   Stonewt poppins(9,2.8);
    double p_wt = poppins;  //隐式
    …
    cout << "Poppins: " << int(poppins) << " pounds.\n";   //显式
    …
}
```

```
//可使用显式的强制类型转换：
long gone = (double) poppins;
                //use double conversion
long gone = int (poppins);
                //use int conversion
```

• 程序分析：应谨慎的使用隐式转换函数

```
//手误程序：
int ar[20];
…
Stonewt temp(14,4);
…
int Temp = 1;
…
cout << ar[temp] << "!\n";
//used temp instead of Temp
```

```
//隐式的将temp转换为int，用作了数组索引（结果越界）：
结论：最好使用显式转换
      （使用explicit关键字）

class Stonewt{
   …
   explicit operator int() const;
   explicit operator double() const;
};
```

总结

- 运算符重载的方法（掌握）
- 运算符重载的规则（熟悉）
- 成员函数和友元函数（熟悉）
- 单双目运算符的重载（掌握）
- 流运算符的重载（熟悉）
- 不同类型间数据的转换（了解）