C++程序设计精要教程

华中科技大学

第11章 运算符重载

◆11.1 运算符概述

- 纯单目运算符，只能有一个操作数，包括：!、~、sizeof、new、delete 等
- 纯双目运算符，只能有两个操作数，包括：[ ]、->、%、= 等
- 三目运算符，有三个操作数，如 “? :”
- 既是单目又是双目的运算符，包括：+、-、&、* 等
- 多目运算符，如函数参数表 “( )”。
- 左值运算符是运算结果为左值的运算符，其表达式可出现在等号左边，如前置++、--以及赋值运算=、+=、*=和&=等。右值运算符是运算结果为右值的运算符，如+、-、>>、 %、后置++、--等。
- 某些运算符要求第一个操作数为左值，如 ++、-- 、=、+=、&=等。

第11章 运算符重载

【例11.1】传统左值运算符的用法

```
#include <stdio.h>
void main(int argc, char *argv[ ])
{    int x=0;
      ++x;          //++x的结果为左值（可出现在等号左边）
      ++  ++x;    //++x仍为左值，故可连续运算，x=3
      --x=10;     //--x仍为左值，故可再次赋值，x=10
      (x=5)=12;  //x=5仍为左值，故可再次赋值，x=12
      (x+=5)=7;  //x+=5仍为左值，故可再次赋值，x=7
      printf("%d %d", x, x++); //( )可看作任意目运算符
}//(x--)++是错的：x--的结果为右值，而++要求一个左值
```

第11章 运算符重载

◆11.1 运算符概述

- C++预定义了简单类型的运算符重载，如3+5、3.2+5.3分别表示整数和浮点加法。故C++规定运算符重载必须针对类的对象，即重载时至少有一个参数代表对象(类型如A、const A、A&、const A&、volatile A等) 。
- C++用operator加运算符进行运算符重载。对于普通运算符成员函数，this隐含参数代表第一个操作数对象。
- 根据能否重载及重载函数的类型，运算符分为：
  - 不能重载的：sizeof、. 、.*、::、? :
  - 只能重载为普通函数成员的：= 、–>、( )、[ ]
  - 不能重载为普通函数成员的：new、delete
  - 其他运算符：都不能重载为静态函数成员，但可以重载为普通函数成员和普通函数。

第11章 运算符重载

◆11.1 运算符概述

- 若运算符为左值运算符，则重载后运算符函数最好返回非只读引用类型(左值)。当运算符要求第一个参数为左值时，不能使用const说明第一个参数(含this)，例如++、--、=、+=等的第一个参数。
- 重载运算符函数可以声明为类的友元；重载的普通运算符成员函数也可定义为虚函数；重载的非成员函数被视为普通函数。
- 重载运算符函数一般不能缺省参数，只有任意目的运算符( )省略参数才有意义。
- 重载不改变运算符的优先级和结合性。
- 重载一般也不改变运算符的操作数个数。特殊的运算符->、++、--除外。

第11章 运算符重载

```
class A;
int operator=(int, A&); //错误，不能重载为普通函数
A& operator +=(A&,A&);//A*和A[ ]参数不代表对象
class A{
        friend int operator=(int,A&); //错误，不存在operator=
        static int operator( )(A&,int); //错误，不能为静态成员
        static int operator+(A&,int);  //错误，不能为静态成员
        friend A& operator += (A&,A&);  //正确
        A& operator ++( );    //隐含参数this代表一个对象
};
```

第11章 运算符重载

```
#include <iostream>
using namespace std;
class A{
    int x;
public:
    int getx ( )const{ return x; }    //隐含参数this的类型为const A*const this，可代表对象
    A(int x) { A::x=x; }               //隐含参数this的类型为A*const this
};
int operator+(const A&x, int y) //定义非成员函数：参数const A&x代表一个对象
{  return x.getx( )+y; }
int operator+(int y, A x)          //定义非成员函数：参数A x代表一个对象
{  return x.getx( )+y; }
```

第11章 运算符重载

```
//不能声明int operator+(A[6],int);//A[6]不是单个对象
//不能声明int operator+(A*, int);//A*是对象指针，属于简单类型，不能用于代表对象
void main(void)
{
    A a(6);                                  //调用A(int)时，实参&a传递给隐含形参this
    cout<<"a+7="<<a+7<<"\n";    //调用int operator+(const A&, int)
    cout<<"a+7="<< operator+(a,7)<<"\n"; //调用int operator+(const A&, int)
    cout<<"8+a="<< operator+(8,a)<<"\n"; //调用int operator+(int, A)
    cout<<"8+a="<<8+a<<"\n";    //调用int operator+(int, A)
}
```

第11章 运算符重载

◆11.2 运算符参数

- 重载函数种类不同，参数表列出的参数个数也不同。
  - 重载为普通函数：参数个数=运算符目数
  - 重载为普通成员：参数个数=运算符目数 - 1 (即this指针)
  - 重载为静态成员：参数个数 = 运算符目数(没有this指针)
- 注意有的运算符既为单目又为双目，如*, +, -等。
- 特殊运算符不满足上述关系：->双目重载为单目，前置++和--重载为单目，后置++和--重载为双目、函数( )可重载为任意目。
- ( )表示强制类型转换时为单参数；表示函数时可为任意个参数。

第11章　运算符重载

```
#include <string.h>
class SYMTAB;
struct SYMBOL{
    char *name;  int  value;  SYMBOL *next;   friend SYMTAB;
private:
    SYMBOL(char*s,int v, SYMBOL *n){/*...*/}; ~SYMBOL( ) { /*···*/ }
} *s;
class SYMTAB{
    SYMBOL *head;
public:
    SYMTAB( ) { head=0; };     ~SYMTAB( ){/*...*/  }
    SYMBOL *operator( )(char *s, int v, int w){ /*···*/};
} tab;
void main(void){ s=tab("a", 1, 2);} //包括this(指向tab)实际有四个参数
```

第11章 运算符重载

◆11.2 运算符参数

- 运算符++和--都会改变当前对象的值，重载时最好将参数定义为非只读引用类型(左值)，左值形参在函数返回时能使实参带出执行结果。前置运算是先运算再取值，后置运算是先取值再运算。
- 后置运算应重载为返回右值的双目运算符函数：
  - 如果重载为类的普通函数成员，则该函数只需定义一个int类型的参数(已包含一个不用const修饰的this参数)；
  - 如果重载为普通函数(C函数)，则最好声明非const引用类型和int类型的两个参数(无this参数)。
- 前置运算应重载为返回左值的单目运算符函数：
  - 前置运算结果应为左值，其返回类型应该定义为非只读类型的引用类型；左值运算结果可继续++或--运算。
  - 如果重载为普通函数(C函数)，则最好声明非const引用类型一个参数 (无this参数)。

第11章 运算符重载

```
class A{
    int  a;
    friend A &operator--(A&x){x.a--; return x; }//自动内联，返回左值
    friend A operator--(A&, int); //后置运算，返回右值
public:
    A &operator++( ){ a++;  return *this; }//单目，前置运算
    A operator++(int){ return  A(a++); }//双目，后置运算
    A(int x) { a=x; }
};//A m(3); (--m)--可以；因为--m左值，其后--要求左值操作数
A operator--(A&x, int){    //x左值引用，实参被修改
   return  A(x.a--);           //先取x.a返回A(x.a)右值，再x.a--
} //A m(3); (m--)--不可；因为m--右值，其后--要求左值操作数
```

第11章 运算符重载

```
//重载双目–>，使其只有一个参数(单目)，返回指针类型
struct A{ int a; A(int x) { a=x; } };
class  B{
   A  x;
public:
   A *operator ->( ){ return &x; }; //只有一个参数this，故重载为单目
   B(int v):x(v) { }
}b(5);
void  main(void){
   int i=b->a;        //等价于下一条语句，i=b.x.a=5
   i=b.operator ->( )->a;  //i=b.x.a=5
   i=(*b.operator->( )).a; //i=(&*b.operator->( ))->a= b.operator ->( )->a
}
```

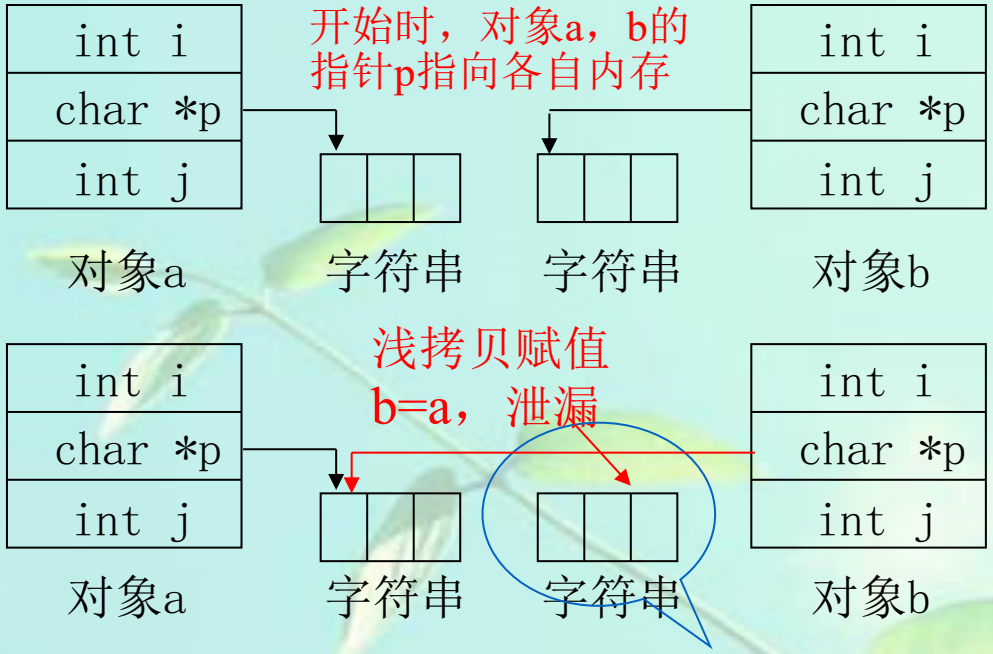
第11章 运算符重载

◆11.3 赋值与调用

- 编译程序为每个类提供了缺省赋值运算符函数，对类A而言，其成员函数原型为A&operator=(const A&)。
- 如果类自定义或重载了赋值运算函数，则优先调用类自定义或重载的赋值运算函数(不管是否取代型定义)。
- 缺省赋值运算实现数据成员的复制或浅拷贝赋值，如果数据成员为指针类型，则不复制指针所指存储单元的内容。若类不包含指针，浅拷贝赋值不存在问题。
- 如果函数参数要值参传递一个对象，当实参传值给形参时，若类A没有定义A(const A&)形式的构造函数，则值参传递也通过浅拷贝赋值实现

第11章 运算符重载

当类包含指针时，浅拷贝赋值可造成内存泄漏，并可导致页面保护错误或变量产生副作用。



第11章 运算符重载

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <string.h>
#include <iostream>
using namespace std;
class STRING {
    char *s;
public:
    STRING(const char *c) { strcpy(s = new char[strlen(c) + 1], c); }
    STRING(const STRING &s);                                    //深拷贝构造函数
    STRING(STRING &&s) noexcept;                                //移动构造函数
    virtual STRING& operator=(const STRING &s);                 //深拷贝赋值函数
    virtual STRING& operator=(STRING &&s) noexcept;//移动赋值函数
    virtual char &operator[ ](int x) { return s[x]; }
    virtual STRING operator+(const STRING &)const;
    virtual STRING &operator+=(const STRING&s) { return *this = *this + s; };
    virtual ~STRING( ) noexcept { if (s) { delete[ ]s; s = 0; }; };
};
```

第11章 运算符重载

```
STRING STRING::operator+(const STRING &c)const{
    char *t=new char[strlen(s)+strlen(c.s)+1];
    STRING r(strcat(strcpy(t,s),c.s));  //strcpy、strcat返回t
    delete [ ]t;    return r;
}
STRING &STRING::operator=(const STRING &cs){
    delete [ ]s;
    strcpy(s=new char[strlen(cs.s)+1], cs.s);      return *this;
}
void main(void){
    (s1=s1+s2)=s2;  //重载 “=” 返回左值，可连续赋值否则不可
    //等价于s1=s1+s2; s1=s2;s1被连续赋值
    s1+=s3;
    s3[0]= ‘T’ ;// s3[0]=调用char &operator[ ](int x)返回左值
}
```

第11章 运算符重载

对于类T，防止内存泄露要注意以下几点：

（1）应定义“T(const T &)”形式的深拷贝构造函数；
（2）应定义“T(T &&) noexcept”形式的移动构造函数；
（3）应定义“virtual T &operator=(const T &)”形式的深拷贝赋值运算符；
（4）应定义“virtual T &operator=(T &&) noexcept”形式的移动赋值运算符；
（5）应定义“virtual ~T( )”形式的虚析构函数；
（6）在定义引用“T &p=*new T( )”后，要用“delete &p”删除对象；
（7）在定义指针“T *p=new T( )”后，要用“delete p”删除对象；
（8）对于形如“T a; T&&f( );”的定义，不要使用“T &&b=f( );”之类的声明和“a=f( );”
（9）不要随便使用exit和abort退出程序。
（10）最好使用异常处理机制。

第11章 运算符重载

◆11.4 强制类型转换

- **C++是强类型的语言，运算时要求类型相容或匹配。隐含参数this匹配调用当前函数的对象，若用const、volatile说明this指向的对象，则匹配的是const、volatile对象。**
- **如定义了合适的类型转换函数，就可以完成操作数的类型转换；如定义了合适的构造函数，就可以构造符合类型要求的对象，构造函数也可以起到类型转换的作用。**
- **对象与不同类型的数据进行运算，可能出现在双目运算符的左边和右边，为此，可能需要定义多种运算符重载函数。**
- **只定义几种运算符重载函数是可能的，即限定操作数的类型为少数几种乃至一种。如果运算时对象类型不符合操作数的类型，则可以通过类型转换函数转换对象类型，或者通过构造函数构造出符合类型要求的对象。**

第11章 运算符重载

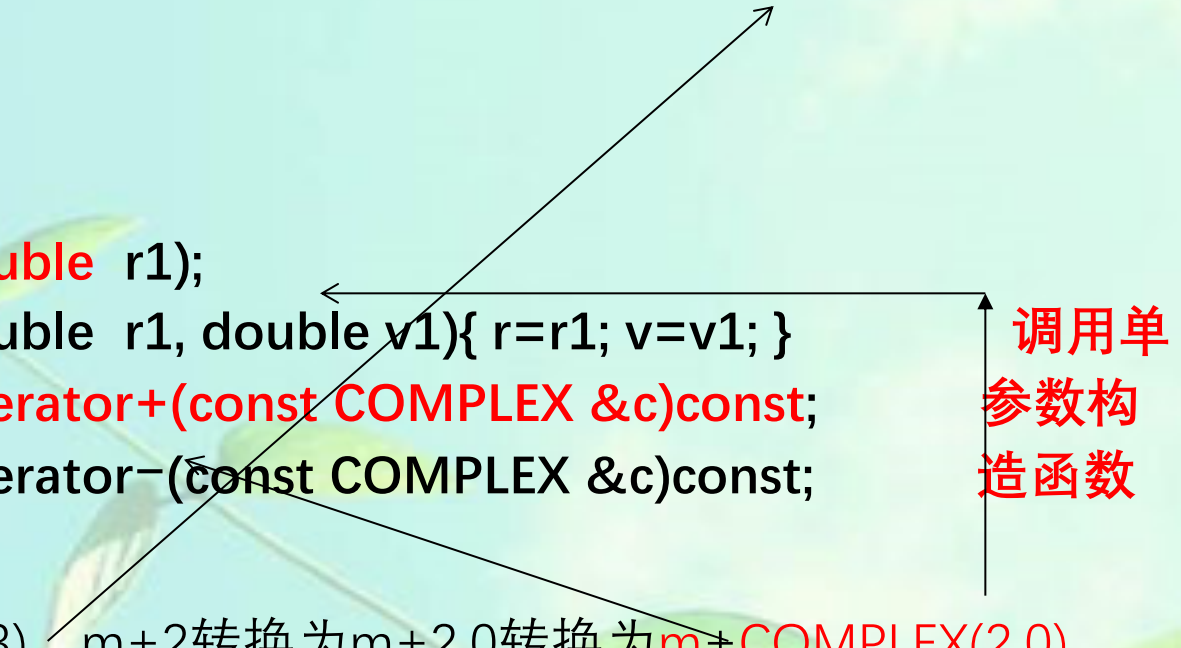
定义“复数+复数”、“复数+实数”、“复数+整数”、“复数-复数”、“复数-实数”、“复数-整数”几种运算（还有复数同实数乘除运算等等，实在太多）：

```
class COMPLEX{
    double r, v;
public:
    COMPLEX(double r1, double v1);
    COMPLEX operator+ (const COMPLEX &c)const;
    COMPLEX operator+ (double d)const;
    COMPLEX operator+ (int d)const;
    COMPLEX operator-(const COMPLEX &c)const;
    COMPLEX operator-(double d)const;
    COMPLEX operator-(int d)const;
};
```

第11章 运算符重载

- 单参数的构造函数具备类型转换作用，必要时能自动将参数类型的值转换为要构造的类型。以下通过定义单参数构造函数简化重载（同时注意C++会自动将int转为double）：

```
class COMPLEX{
        double r, v;
public:
        COMPLEX(double  r1);
        COMPLEX(double  r1, double v1){ r=r1; v=v1; }
        COMPLEX operator+(const COMPLEX &c)const;
        COMPLEX operator−(const COMPLEX &c)const;
};
```



- 定义COMPLEX m(3)，m+2转换为m+2.0转换为m+COMPLEX(2.0)。

第11章 运算符重载

◆11.4 强制类型转换

- 单参数的构造函数相当于类型转换函数，单参数的T::T(const A) T::T(A&&) 、T::T(const A&)等相当于A类到T类的强制转换函数。
- 也可以用operator定义强制类型转换函数。由于转换后的类型就是函数的返回类型，所以强制类型转换函数不需要定义返回类型。
- 不应该同时定义A::operator T和T::T(const A&)，否则容易出现二义性错误。
- 按照C++约定，类型转换的结果通常为右值，故最好不要将类型转换函数的返回值定义为左值，也不应该修改当前被转换的对象 (参数表后用const说明this)。
- C++规定转换的类型表达式不包含( )和[ ], 只能使用引用、指针。如operator int A::**const&( )正确，而operator int(*)*( )是错误的。

第11章 运算符重载

```
struct A{
        int  i;             A(int v) { i=v; }
        virtual operator int( ) const{ return  i; } //类型转换返回右值
}a(5);
struct B{
        int  i, j;          B(int x, int y) { i=x; j=y; }
        operator int( ) const{ return  i+j; }          //类型转换返回右值
        operator A( ) const{ return A(i+j); }          //类型转换返回右值
}b(7, 9),  c(a, b);
void  main(void){
    int  i=1+(int)a; //强制转换，调用A::operator int( )转换a，i=6
    i=b+3; //自动转换，调用B::operator int( )转换b，i=19
    i=a=b; //调用B::operator A( )和A::operator int( )，i=16
}//若B::operator int( ) const 或B:: operator A( ) const，可否使程序正常执行？
```

第11章 运算符重载

◆11.5重载new和delete

- **运算符函数new和delete定义在头文件new.h中，new的参数就是要分配的内存的字节数。其函数原型为：**

```
extern void * operator new(unsigned bytes);
extern void operator delete(void *ptr);
```

- **在使用运算符new分配内存时，使用类型表达式而不是值表达式作为实参，编译程序会根据类型表达式计算内存大小并调用上述new函数。例如：new long[20] 。**
- **按上述函数原型重载，new和delete可重载为普通函数，也可重载为静态函数成员。**
- **OS的最小内存分配单位为节(16字节:即使new char), 故重载new可先分得OS一大块内存，然后再分给需要单个字符的指针变量。**