第六章 类和对象的使用进阶

模块6.2：数据共享与参数化类

主讲教师：同济大学计算机科学与技术学院 陈宇飞
同济大学计算机科学与技术学院 龚晓亮

目录

- 共用数据的保护
- 静态成员
- 类模板

目录

- 共用数据的保护
  - 基本概念
  - 常对象
  - 常对象成员
  - 共用数据小结

1.1 基本概念

一个数据可以通过不同的方式进行共享访问，因此可能导致数据因为误操作而改变，为了达到既能共享，又不会因误操作而改变，引入共用数据保护

- 常对象

  const 类名 对象名(初始化实参表)

- 常对象成员

  常数据成员

  常成员函数

1.2 常对象

- 常对象：

  const 类名 对象名(初始化实参表) 或 类名 const 对象名(初始化实参表)

  const Time t1(15); Time const t2(16, 30, 0);

- 在整个程序的执行过程中值不可再变化
- 必须在定义时进行初始化
- 不能调用普通成员函数(即使不改变数据成员的值)

```
//常对象
#define <iostream>
using namespace std;

class Time {
  public:
   int hour, minute, sec;
   Time(int h=0, int m=0, int s=0)
   {
     hour = h; minute = m; sec = s;
   }
   void display()
   {
     cout << hour << minute << sec;
   }
};

int main()
{
   const Time t1(15);
   Time const t2(16, 30, 0);
   t1.minute = 12;    //编译报错
   t2.sec = 27;       //编译报错
   t1.display();    //编译报错
   //display函数虽然不改变值，仍报错
}
```

```
t1始终是15:00:00
t2始终是16:30:00
```

1.3 常对象成员

- 常对象成员：

常对象中的所有数据成员在程序执行过程中值均不可变，如果只需要限制部分成员的值在执行过程中不可变，则需要引入常对象成员的概念

常数据成员：该数据成员的值在执行中不可变

常成员函数：该函数只能引用成员的值，不能修改

```
//常数据成员：
class 类名 {
      const 数据类型 数据成员名
   或 数据类型 const 数据成员名
};
class Time {
   private:
      const int hour;
      int const minute;
      int sec;
};
```

```
//常成员函数：
class 类名 {
      返回类型 成员函数名(形参表) const;
};

class Time {
   public:
      void display() const;
};
```

- 使用：常数据成员要在构造函数中初始化，使用中值不可变，在构造函数中初始化时，必须用参数初始化表形式，而不能用赋值形式

```
#define <iostream>
using namespace std;
class Time {
  public:
     const int hour;
     int minute, sec;
     Time(int h=0, int m=0, int s=0) : hour(h)
     {   minute = m;
         sec = s;
     }
};
int main()
{   Time t1;
    t1.hour = 10; //错误
}
```

```
//错误
Time(int h=0, int m=0, int s=0)
{  hour = h;
   minute = m;
   sec = s;
}
```

```
//正确
```

- 使用：常成员函数只能引用类的数据成员(无论是否常数据成员)的值，而不能修改数据成员的值

```
#define <iostream>
using namespace std;
class Time {
  public:
     int hour, minute, sec;
     void set(int h=0,int m=0,int s=0) const
     {    hour = h;
          minute = m;                    //错误
          sec = s;
     }
};
int main()
{   Time t1;
    t1.set(14,15,23);
}
```

```
void set(int h=0,int m=0,int s=0)
{   hour = h;
    minute = m;                    //正确
    sec = s;
}
```

- 使用：常成员函数写成下面形式，编译不报错但不起作用

  const 返回类型 成员函数名(形参表) 或 返回类型 const 成员函数名(形参表)

```
#define <iostream>
using namespace std;
class Time {
  public:
    int hour, minute, sec;
    const void set(int h, int m,int s)
    {  hour = h;
       minute = m;
       sec = s;
    }
};
int main()
{  Time t1;
   t1.set(14,15,23);  //赋值正确，说明set不是常成员函数
}
```

```
void const set(int h, int m, int s)
{  hour = h;
   minute = m;
   sec = s;
}
```

- 使用：常成员函数可以调用本类的另一个常成员函数，但不能调用本类的非常成员函数（即使该非常成员函数不修改数据成员的值）

```
#define <iostream>
using namespace std;
class Time {
  public:
    int hour, minute, sec;
    void display()
    {  cout << hour << endl;
    }
    void fun() const
    {  display(); //错误
    }
};
int main()
{   Time t1;
    t1.fun();
}
```

```
void display() const
{  cout << hour << endl;
}
void fun() const
{  display(); //正确
}
```

- 使用：若希望常成员函数能强制修改数据成员，则要将数据成员定义为mutable

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Time {
  public:
    int mutable hour, minute, sec;  // mutable int hour, minute, sec;
    void set(int h=0, int m=0, int s=0) const
    {    hour = h;
         minute = m;
         sec = s;
    }
};
int main()
{  Time t1;
   t1.set(14,15,23);
}
```

- 使用：若定义对象为常对象，则只能调用其中的常成员函数(不能修改数据成员的值),而不能调用其中的普通成员函数(即使该成员不修改数据成员的值)

```
class Time {
  public:
    int hour, minute, sec;
    Time(int h=0, int m=0, int s=0)
    { hour = h; minute = m; sec = s;}
    void display()
    { cout << hour << minute << sec << endl;}
};
int  main()
{  const Time t1(13, 14, 23);
   t1.minute = 12; //编译报错
   t1.display(); //编译报错
}
```

```
   …
   void display() const
   …
int main()
{  const Time t1(13, 14, 23);
   t1.display(); //正确
}
```

- 使用：若定义对象为常对象，则只能调用其中的常成员函数(不能修改数据成员的值),而不能调用其中的普通成员函数(即使该成员不修改数据成员的值)

```
class Time {
  public:
    int hour, minute, sec;
    Time(int h=0, int m=0, int s=0)
     { hour = h; minute = m; sec = s;
     }
     void display() const
     { cout << hour << minute << sec << endl;
       sec++; // 错误
     }
};
int main()
{   const Time t1(13, 14, 23);
    t1.display();
}
```

```
mutable int sec;
…
void display() const
{  cout<<hour<<minute<<sec<<endl;
   sec++; //正确
}
```

- 使用：
  - 不能定义构造/析构函数为常成员函数
  - 全局函数不能定义const

```
class Time {    //编译报错
  public:
    int hour, minute, sec;
    Time(int h=0, int m=0, int s=0) const
     { hour = h; minute = m; sec = s;
     }
    ~Time() const{}
};
int main()
{   Time t1(13, 14, 23);
    …
}
```

```
void fun() const  //编译报错
{
    …
    return;
}
int main()
{
    fun();
    …
}
```

1.4 共用数据小结

	普通 数据成员	const 数据成员	mutable 数据成员	普通 成员函数	const 成员函数
普通对象	读写	读	读写	可调用	可调用
const对象	读	读	读写	不可调用	可调用
普通成员函数	读写	读	读写	可调用	可调用
const成员函数	读	读	读写	不能调用	可调用

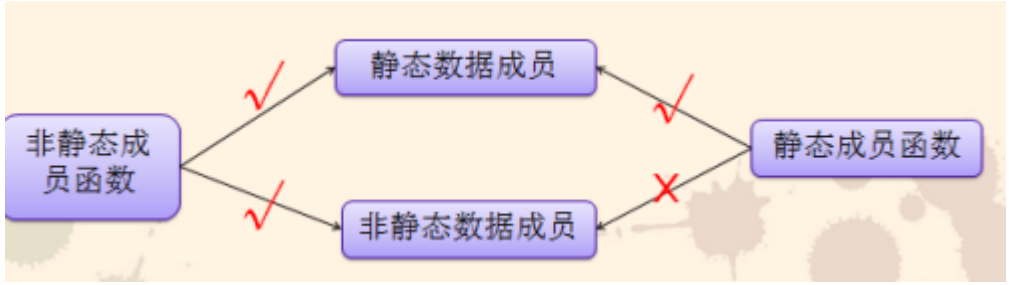
目录

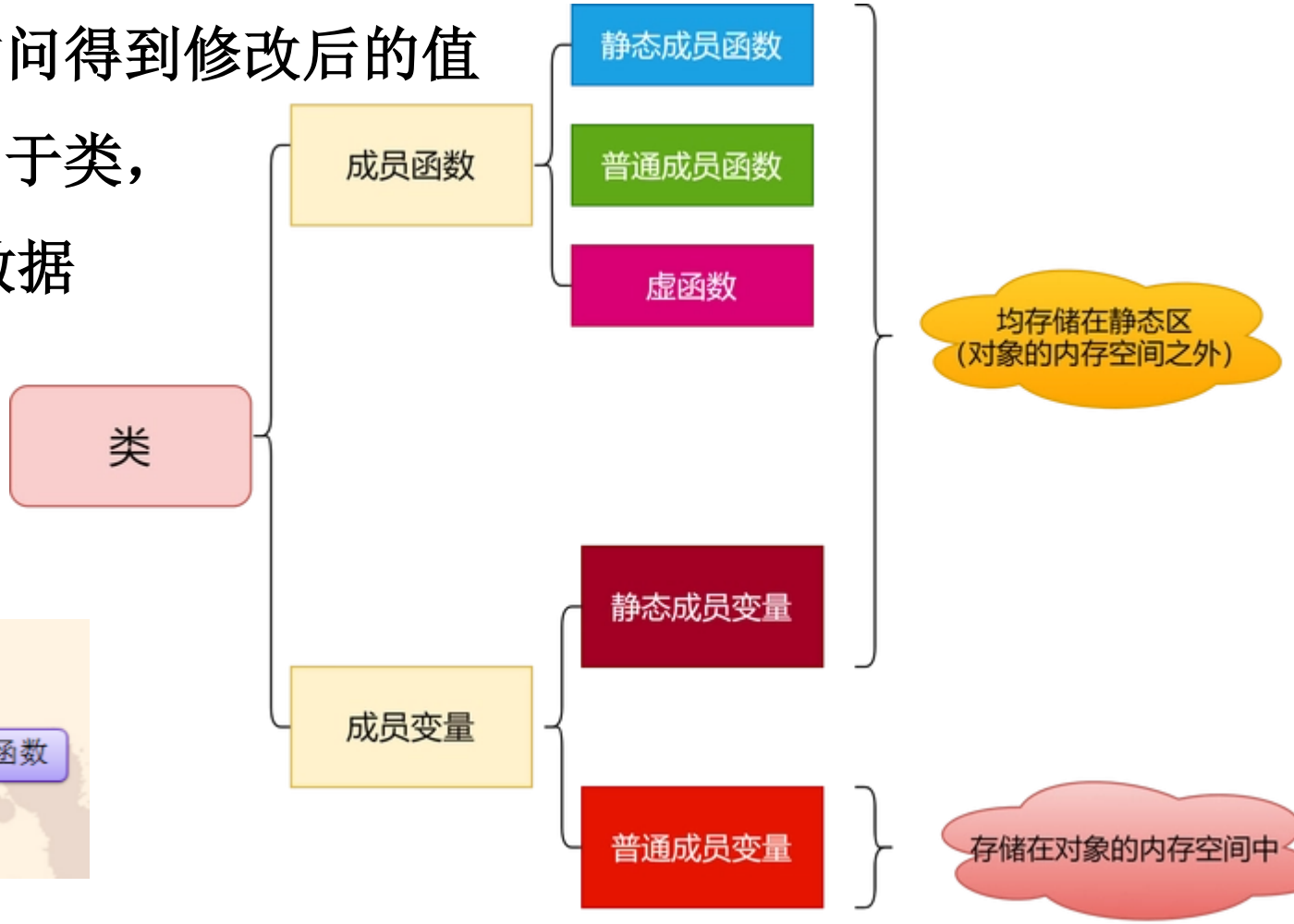
- 静态成员
  - 基本概念
  - 静态数据成员
  - 静态成员函数

2.1 基本概念

希望在同一个类的多个对象间实现数据共享

- 一个对象修改，另一个对象访问得到修改后的值
- 类似与全局变量的概念，但属于类，仅供该类的不同对象间共享数据





2.2 静态数据成员

- 定义：

```
class 类名 {
    private/public:
        static 数据类型 成员名;
        …
};
```

```
class Test{
    private:
        static int a; //静态数据成员
        …
};
```

2.2 静态数据成员

- 使用：
  - 静态数据成员不属于任何一个对象，不在对象中占用空间，单独在静态数据区分配空间(初值为0，不随对象的释放而释放)，一个静态数据成员只占有一个空间，所有对象均可共享访问
  - 静态数据成员不是面向对象的概念，它破坏了数据的封装性，但方便使用，提高了运行效率

➢静态数据成员必须进行初始化，初始化位置在类定义体后，函数体外进行(此时不受类的作用域限制)　数据类型 类名::静态数据成员名=初值;

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test {
private:
    static int a; //静态数据成员
public:
    int GetA() const { return a; }
};
//int Test::a;  如果这样定义不赋予初值则初值为零
int Test::a = 1;
```

```
int main()
{
    Test T;
    cout << T.GetA() << endl;
    return 0;
}
```

➢既可以通过类型引用，也可以通过对象名引用

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test {
public:
    static int a; //静态数据成员
    int GetA() const { return a; }
};
int Test::a = 1;
```

```
int main()
{
    Test T;
    T.a++;        //对象名引用
    Test::a++;    //类型引用
    cout << T.GetA() << endl;  //3
    return 0;
}
```

➢不能通过参数初始化表进行初始化，但可以通过赋值方式初始化

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test {
private:
    static int a; //静态数据成员
public:
    int GetA() const { return a; }
    Test(int x) { a = x; } //正确
};
int Test::a = 1; //不可省，否则编译错
int main()
{
    Test T(5);
    cout << T.GetA() << endl;  //5
    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Test {
private:
    static int a; //静态数据成员
public:
    int GetA() const { return a; }
    Test(int x): a(x) {}  //错误
};
int Test::a = 1;
int main()
{
    Test T(5);
    cout << T.GetA() << endl;
    return 0;
}
```

➢静态数据成员被类的所有对象共享，包括该类的派生类对象，基类对象和派生类对象共享基类的静态数据成员（后续讲继承，此处了解）

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Base {
public:
    static int a;//静态数据成员
};
class Derived : public Base {
};
int Base::a; //可以，初值为零
```

```
int main()
{
    Base B;
    Derived D;
    B.a++;
    cout << B.a << endl;
    D.a++;
    cout << D.a << endl;
    return 0;
}
```

1
2

- 静态数据成员可以作为成员函数的默认形参，而普通数据成员则不可以
- 静态数据成员的类型可以是所属类的类型，而普通数据成员则不可以。
  普通数据成员只能声明为所属类类型的指针或引用

```
class Test {
public:
    static int a;    //静态数据成员
    int b;
    void fun_1(int i = a) {};//正确
    void fun_2(int i = b) {};//报错
};
```

```
class Test {
public:
    static Test a;//正确
    Test b;//报错
    Test* pTest;//正确
    Test& m_Test;//正确
    static Test* pStaticObject;//正确
};
```

➢静态数据成员在const函数中可以修改，而普通的数据成员不能修改

```
class Test {
public:
    static int a;//静态数据成员
    int b;
    Test():b(0) {}
    void test() const  //不能修改当前调用该函数对象的非静态数据成员
    {   a++;
        b++;   //错误
    }
};
int Test::a;
```

const修饰的是当前this指针所指向的对象是const，但是静态数据成员不属于任何类的对象，它可被类的所有对象修改，this指针不修饰静态的数据成员，所以可以修改

2.3 静态成员函数

- 定义：

```
class 类名 {
    private/public:
        static 返回类型 函数名(形参表);
}...
```

- 调用：

类名::成员函数名(实参表);

任意对象名.成员函数名(实参表);

➢静态成员函数没有this指针，静态成员函数不能使用修饰符(函数后面的const关键字)

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Student
{
private:
    int num; int age; float score;
    static float sum;//静态数据成员，累计学生的总分
    static int count;//静态数据成员，累计学生的人数
public:
    Student(int n, int a, float s) :num(n),age(a),score(s){ }  //构造函数
    void total();
    static float average();//声明静态成员函数，不能使用const
};
float Student::sum;
int Student::count;
```

```
//接上页
void Student::total() //定义非静态成员函数
{   sum += score;
    count++;        //有this指针，可以写this->sum，  this->score，  this->count
}
float Student::average()
//定义静态成员函数,此处不需要再次写上static，也不能用const修饰
{   return( sum/count ); //没有this指针，不可以写this->sum或this->count
}
int main()
{   Student stud[3] = { Student(1001,18,70),Student(1002,19,78),Student(1005,20,98) };
    for (int i = 0; i < 3; i++)
    {
        stud[i].total();   //调用非静态成员函数
    }
    cout<<"the average score of the students is "<<Student::average()<<endl;
    return 0;                                          //调用静态成员函数
}
```

➢静态成员函数不能调用非静态成员函数，但是反过来是可以的

```
…
void Student::total() //定义非静态成员函数
{
    sum += score;
    count++;
    average();  //可以
}
float Student::average() //定义静态成员函数
{
    total();   //不可以，报错
    return(sum / count);
}
…
```

- 在静态成员函数中不能对非静态数据成员进行直接访问，而要通过对象参数的方式(不提倡，建议静态成员函数只访问静态数据成员)

```
…
float Student::average(Student &s) //定义静态成员函数
{
    num++;      //不可以，报错
    s.num++;    //可以
    return(sum / count);
}
…
```

- 静态成员函数的地址可用普通函数指针储存，而普通成员函数地址需要用类成员函数指针来储存

…

```
float (*pf1)() = &Student::average;
```

//普通的函数指针　　静态成员函数的地址

```
void (Student:: * pf2)() = &Student::total;
```

//类成员函数指针　　普通成员函数地址

…

目录

- 类模板
  - 函数模板（复习）
  - 类模板的使用

3.1 函数模板（复习）

- 建立一个通用函数，其返回类型及参数类型不具体指定，用一个虚拟类型来代替，该通用函数称为函数模板，调用时再根据不同的实参类型来取代模板中的虚拟类型，从而实现不同的功能

一段代码,两个功能
1、两个int型求max
2、两个double型求max

```
#include <iostream>
using namespace std;
template <typename T>
T max(T x, T y)
{  cout << sizeof(x) << ' ';
   return x>y?x:y;
}
int main()
{  int a=10, b=15;
   double f1=12.34, f2=23.45;
   cout << max(a, b) << endl;
   cout << max(f1, f2) << endl;
   return 0;
}
```

3.1 函数模板（复习）

- 使用：
  - 仅适用于参数个数相同、类型不同，实现过程完全相同的情况
  - typename可用class替代
  - 类型定义允许多个

```
template <typename T1, typename T2>
template <class T1, class T2>
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
template <typename T1, typename T2>
char max(T1 x, T2 y)
{    cout << sizeof(x) << ' ';
     cout << sizeof(y) << ' ';
     return x>y ? 'A' : 'a';
}
int main()
{   int a = 10, b = 15;
    double f1 = 12.34, f2 = 23.45;
    cout << max(a, f1) << endl;
    cout << max(f2, b) << endl;
    return 0;
}
```

3.2 类模板的使用

- 仅适用于参数个数相同、类型不同，实现过程完全相同的情况
- 类模板可以看作是类的抽象，称为参数化的类
- 模板的具体实现称为实例化（instantiation）或具体化（specialization）
- 类型定义允许多个

```
template <class T1, class T2>
```

示例：基础stack类

```
typedef unsigned long Item;     //只能处理unsigned long类型
class Stack
{
private:
    enum {MAX = 10};     // constant specific to class
    Item items[MAX];     // holds stack items
    int top;             // index for top stack item
public:
    Stack();
    bool isempty() const;
    bool isfull() const;

    // push() returns false if stack already is full, true otherwise
    bool push(const Item & item);   // add item to stack
    // pop() returns false if stack already is empty, true otherwise
    bool pop(Item & item);          // pop top into item
};
```

• 定义类模板：组织在头文件里

```
// stacktp.h -- a stack template
#ifndef STACKTP_H_
#define STACKTP_H_
template <class Type>
class Stack
{
private:
    enum {MAX = 10};
    Type items[MAX];
    int top;
public:
    Stack();
    bool isempty();
    bool isfull();
    bool push(const Type & item);
    bool pop(Type & item);
};

template <class Type>
Stack<Type>::Stack(){ top = 0; }
```

```
template <class Type>
bool Stack<Type>::isempty(){ return top == 0; }

template <class Type>
bool Stack<Type>::isfull(){return top == MAX; }

template <class Type>
bool Stack<Type>::push(const Type & item)
{   if (top < MAX) …
    else …
}

template <class Type>
bool Stack<Type>::pop(Type & item)
{   if (top > 0) …
    else …
}

#endif
```

体外实现的类限定符不要忘记泛型名！

- 使用模板类：包含头文件

```
// stacktem1.cpp
#include <iostream>
#include <string>
#include <cctype>
#include "stacktp.h"
using namespace std;

int main()
{
    Stack<string> st;
    string po;
    char ch;
    …
}
//可使用字符串作为订单ID
```

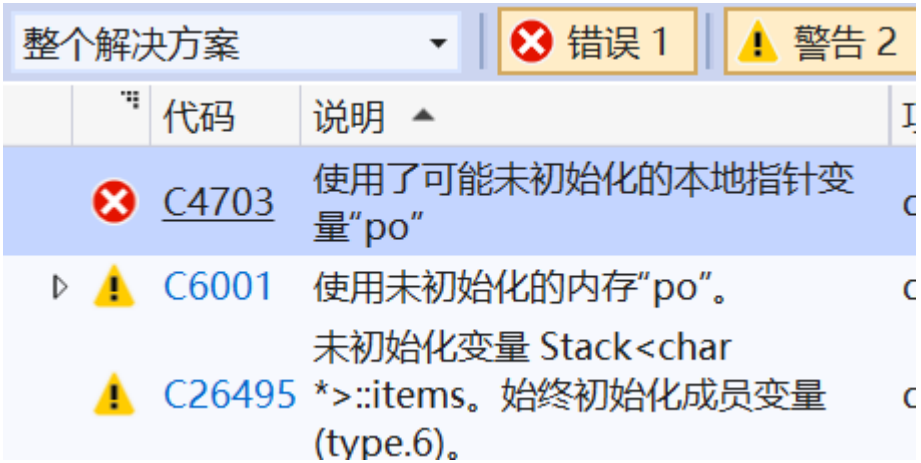
```
// stacktem2.cpp
#include <iostream>
#include <string>
#include <cctype>
#include "stacktp.h"
using namespace std;

int main()
{
    Stack<int> st;
    int po;
    char ch;
    …
}
//可使用int值作为订单ID
```

使用模板实现泛型编程：实现相同算法下不同类型参数的统一编程

- 深入探讨模板类：不正确地使用指针栈

```
//例1：
int main()
{
    Stack<char *> st;
    char * po;
    …
    cin >> po;  //错误
    …
}
//仅创建指针，没有创建用于保存输入字符串的空间
```



- 深入探讨模板类：不正确地使用指针栈

```
//例2:
int main()
{
    Stack<char *> st;
    char po[40];
    …
    st.pop(po);  //错误
    …
}
```

➡

```
template <class Type>
bool Stack<Type>::pop(Type& item)
{
    if (top > 0)
    {
        item = items[--top];
        return true;
    }
    else
        return false;
}
```

//引用变量item必须引用某类型的左值，而不是数组名；
代码不能为数组名赋值

- 深入探讨模板类：不正确地使用指针栈

```
//例3:
int main()
{
    Stack<char *> st;
    char * po = new char[40];
    …
    st.push(po);
    …
}
```

➡

```
template <class Type>
bool Stack<Type>::push(const Type& item)
{
    if (top < MAX)
    {
        items[top++] = item;
        return true;
    }
    else
        return false;
}
```

//每次执行压入操作时，加入到栈中的地址都相同

对栈执行弹出操作时，得到的地址总是指向读入的最后一个字符串

- 数组模板：

➢ 非类型（non-type）或表达式（expression）参数

```
template <class T, int n>      //使用模板参数提供常规数组的大小
class ArrayTP                  //详见primer书  arraytp.h
{
    ...
};
```

假设有：ArrayTP<double, 12> eggweights;

则：编译器定义名为ArrayTP<double, 12>的类，并创建一个类型为ArrayTP<double, 12>的eggweight对象。定义类时，编译器将使用double替换T，使用12替换n

- 模板多功能性：

➢ 递归使用模板

```
ArrayTP < ArrayTP<int,5>, 10> twodee;
```

- twodee是一个包含10个元素的数组，其中每个元素都是一个包含5个int元素的数组
- 等价于常规的数组声明：int twodee[10][5]
- 示例程序：详见primer书

➢ 使用多个类型参数

- 模板可以包含多个类型参数。假设希望类可以保存两种值，则可以创建并使用Pair模板来保存两个不同的值

```
Pair<string, int>("The Purpled Duck", 5) //调用构造函数
```

- 标准模板库提供了类似的模板，名为pair

- 模板多功能性：

➢ 默认类型模板参数

```
template <class T1, class T2 = int> class Topo {...};
```

- 类模板的新特性：为类型参数提供默认值
- 如果省略T2的值，编译器将使用int：

```
Topo<double, double> m1;  // T1 is double, T2 is double
Topo<double> m2;          // T1 is double, T2 is int
```

- 将模板用作参数：
  - 模板可以包含类型参数（如typename T）和非类型参数（如int n）
  - 模板还可以包含本身就是模板的参数，用于实现STL（标准模板库，不深入讨论）

```
template <template <typename T> class Thing>
class Crab {…};
```

  - 模板参数是template <typename T> class Thing
  - 其中template <typename T> class 是类型，Thing是参数
  - 假设有：Crab<Stack> nebula; 则Stack的声明需与Thing的声明匹配：

```
template <typename T>
class Stack {…};      //stacktp.h中已定义
```

• 将模板用作参数示例：

```
// tempparm.cpp - templates as parameters
#include <iostream>
#include "stacktp.h"
using namespace std;
template <template <typename T> class Thing >
class Crab
{
  private:
     Thing<int> s1;
     Thing<double> s2;
  public:
     Crab() {};
     // assumes the thing class has push and pop() members
     bool push(int a, double x) { return s1.push(a) && s2.push(x); }
     bool pop(int& a, double& x) { return s1.pop(a) && s2.pop(x); }
};  //接下一页
```

```
// 接上一页
int main()
{
    Crab<Stack> nebula;// Stack must match template <typename T> class Thing
    int ni;
    double nb;
    cout << "Enter int double pairs, such as 4 3.5 (0 0 to end):\n";
    while (cin >> ni >> nb && ni > 0 && nb > 0)
    {
        if (!nebula.push(ni, nb)) break;
    }
    while (nebula.pop(ni, nb))
        cout << ni << ", " << nb << endl;
    cout << "Done.\n";
    return 0;
}
```

```
Enter int double pairs, such as 4 3.5 (0 0 to end):
50 22.48
25 33.87
60 19.12
0 0
60, 19.12
25, 33.87
50, 22.48
Done.
```

总结

- 共用数据的保护（熟悉）
  - 基本概念
  - 常对象
  - 常对象成员
  - 共用数据小结
- 静态成员（熟悉）
  - 基本概念
  - 静态数据成员
  - 静态成员函数
- 类模板（了解）
  - 函数模板（复习）
  - 类模板的使用