第六章　数组 指针与字符串（二）

用指针访问数组元素

数组是一组连续存储的同类型数据，可以通过指针的算术运算，使指针依次指向数组的各个元素，进而可以遍历数组。

定义指向数组元素的指针

- 定义与赋值

  例：int a[10], *pa;

  pa=&a[0]; 或 pa=a;

- 等效的形式
- 经过上述定义及赋值后

  pa就是a[0]，(pa+1)就是a[1]，… ，*(pa+i)就是a[i].

  a[i], *(pa+i), *(a+i), pa[i]都是等效的。

- 注意
- 不能写 a++，因为a是数组首地址、是常量。

例 6-7

设有一个int型数组a，有10个元素。用三种方法输出各元素：

- 使用数组名和下标
- 使用数组名和指针运算
- 使用指针变量

例 6-7 (1) 使用数组名和下标访问数组元素

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a[10] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 };
    for (int i = 0; i < 10; i++)
```

```
        cout << a[i] << "  ";
    cout << endl;
    return 0;
}
```

例 6-7 (2) 使用数组名和指针运算访问数组元素

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a[10] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 };
    for (int i = 0; i < 10; i++)
      cout << *(a+i) << "  ";
    cout << endl;
    return 0;
}
```

例 6-7 (3) 使用指针变量访问数组元素

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a[10] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 };
    for (int *p = a; p < (a + 10); p++)
      cout << *p << "  ";
    cout << endl;
    return 0;
}
```

指针数组

- 数组的元素是指针型

  例：Point *pa[2];

  由pa[0]、pa[1]两个指针组成

例 6-8 利用指针数组存放矩阵

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
int main() {
    int line1[] = { 1, 0, 0 };        //矩阵的第一行
    int line2[] = { 0, 1, 0 };        //矩阵的第二行
    int line3[] = { 0, 0, 1 };        //矩阵的第三行

    //定义整型指针数组并初始化
    int *pLine[3] = { line1, line2, line3 };
    cout << "Matrix test:" << endl;
  //输出矩阵
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
      for (int j = 0; j < 3; j++)
        cout << pLine[i][j] << " ";
   cout << endl;
    }
    return 0;
}
```

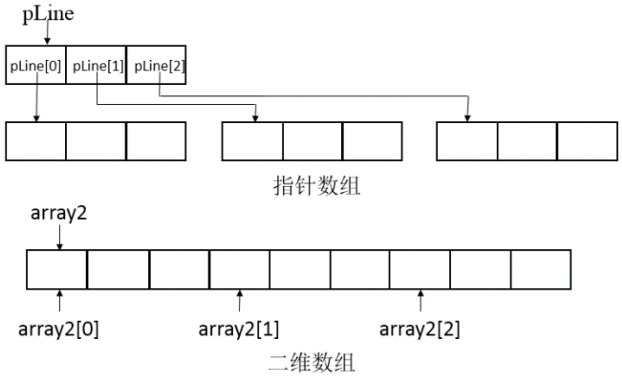
输出结果为：

```
Matrix test:
1,0,0
0,1,0
0,0,1
```

指针数组与二维数组对比

对比例6-8中的指针数组和如下二维数组

```
int array2[3][3] ={ { 1,0,0 }, { 0,1,0 }, { 0,0,1 } };
```



以指针作为函数参数

为什么需要用指针做参数？

- 需要数据双向传递时（引用也可以达到此效果）
  - 用指针作为函数的参数，可以使被调函数通过形参指针存取主调函数中实参指针指向的数据，实现数据的双向传递
- 需要传递一组数据，只传首地址运行效率比较高
  - 实参是数组名时形参可以是指针

例 6-10 读入三个浮点数，将整数部分和小数部分分别输出

```
#include <iostream>
using namespace std;
void splitFloat(float x, int *intPart, float *fracPart) {
  *intPart = static_cast<int>(x); //取x的整数部分
  *fracPart = x - *intPart; //取x的小数部分
}
int main() {
  cout << "Enter 3 float point numbers:" << endl;
  for(int i = 0; i < 3; i++) {
    float x, f;
    int n;
    cin >> x;
    splitFloat(x, &n, &f);  //变量地址作为实参
    cout << "Integer Part = " << n << " Fraction Part = " << f << endl;
  }
  return 0;
}
```

例: 指向常量的指针做形参

```
#include<iostream>
using namespace std;
const int N = 6;
void print(const int *p, int n);
int main() {
```

```
  int array[N];
  for (int i = 0; i < N; i++)
       cin>>array[i];
  print(array, N);
  return 0;
}
void print(const int *p, int n) {
  cout << "{ " << *p;
  for (int i = 1; i < n; i++)
       cout << ", " << *(p+i);
  cout << " }" << endl;
}
```

指针类型的函数

若函数的返回值是指针，该函数就是指针类型的函数。

指针函数的定义形式

```
存储类型  数据类型  *函数名()
{ //函数体语句
}
```

注意

- 不要将非静态局部地址用作函数的返回值
  - 错误的例子：在子函数中定义局部变量后将其地址返回给主函数，就是非法地址
- 返回的指针要确保在主调函数中是有效、合法的地址
  - 正确的例子：
    主函数中定义的数组，在子函数中对该数组元素进行某种操作后，返回其中一个元素的地址，这就是合法有效的地址
- 返回的指针要确保在主调函数中是有效、合法的地址
  - 正确的例子：
    在子函数中通过动态内存分配new操作取得的内存地址返回给主函数是合法有效的，但是内存分配和释放不在同一级别，要注意不能忘记释放，避免内存泄漏

错误的例子

```
int main(){
    int* function();
    int* ptr= function();
    *prt=5; //危险的访问！
    return 0;
}
int* function(){
    int local=0; //非静态局部变量作用域和寿命都仅限于本函数体内
    return &local;
}//函数运行结束时，变量local被释放
```

正确的例子 1

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main(){
    int array[10]; //主函数中定义的数组
    int* search(int* a, int num);
    for(int i=0; i<10; i++)
      cin>>array[i];
    int* zeroptr= search(array, 10);  //将主函数中数组的首地址传给子函数
    return 0;
}
int* search(int* a, int num){ //指针a指向主函数中定义的数组
    for(int i=0; i<num; i++)
      if(a[i]==0)
        return &a[i]; //返回的地址指向的元素是在主函数中定义的
}//函数运行结束时，a[i]的地址仍有效
```

正确的例子 2

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main(){
    int* newintvar();
```

```
    int* intptr= newintvar();
    *intptr=5; //访问的是合法有效的地址
    delete intptr; //如果忘记在这里释放，会造成内存泄漏
    return 0;
}
int* newintvar (){
    int* p=new int();
    return p; //返回的地址指向的是动态分配的空间
}//函数运行结束时，p中的地址仍有效
```

指向函数的指针

函数指针的定义

- 定义形式

  存储类型 数据类型 (*函数指针名)();

- 含义
  - 函数指针指向的是程序代码存储区。

函数指针的典型用途——实现函数回调

- 通过函数指针调用的函数
  - 例如将函数的指针作为参数传递给一个函数，使得在处理相似事件的时候可以灵活的使用不同的方法。
- 调用者不关心谁是被调用者
  - 需知道存在一个具有特定原型和限制条件的被调用函数。

函数指针举例

编写一个计算函数compute，对两个整数进行各种计算。有一个形参为指向具体算法函数的指针，根据不同的实参函数，用不同的算法进行计算

编写三个函数：求两个整数的最大值、最小值、和。分别用这三个函数作为实参，测试compute函数

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

```
int compute(int a, int b, int(*func)(int, int))
{    return func(a, b);}

int max(int a, int b) // 求最大值
{    return ((a > b) ? a: b);}

int min(int a, int b) // 求最小值
{    return ((a < b) ? a: b);}

int sum(int a, int b) // 求和
{    return a + b;}

int main()
{
    int a, b, res;
    cout << "请输入整数a："; cin >> a;
    cout << "请输入整数b："; cin >> b;

    res = compute(a, b, & max);
    cout << "Max of " << a << " and " << b << " is " << res << endl;
    res = compute(a, b, & min);
  cout << "Min of " << a << " and " << b << " is " << res << endl;
    res = compute(a, b, & sum);
    cout << "Sum of " << a << " and " << b << " is " << res << endl;
}
```

对象指针

- 对象指针定义形式

类名 *对象指针名；

- 例:

```
Point a(5,10);
Piont *ptr;
ptr=&a;
```

- 通过指针访问对象成员

  对象指针名->成员名

  例：ptr->getx() 相当于 (*ptr).getx();

例 6-12 使用指针来访问 Point 类的成员

```
//6_12.cpp
#include <iostream>
using namespace std;
class Point {
public:
  Point(int x = 0, int y = 0) : x(x), y(y) { }
    int getX() const { return x; }
    int getY() const { return y; }
private:
    int x, y;
};
int main() {
    Point a(4, 5);
    Point *p1 = &a;       //定义对象指针，用a的地址初始化
    cout << p1->getX() << endl;//用指针访问对象成员
    cout << a.getX() << endl; //用对象名访问对象成员
    return 0;
}
```

this 指针

- 指向当前对象自己
- 隐含于类的每一个非静态成员函数中。
- 指出成员函数所操作的对象。
- 当通过一个对象调用成员函数时，系统先将该对象的地址赋给this指针，然后调用成员函数，成员函数对对象的数据成员进行操作时，就隐含使用了this指针。
- 例如：Point类的getX函数中的语句：

  return x;

  相当于：

  return this->x;

曾经出现过的错误例子

```
class Fred; //前向引用声明
class Barney {
   Fred x;    //错误：类Fred的声明尚不完善
};
class Fred {
   Barney y;
};
```

正确的程序

```
class Fred; //前向引用声明
class Barney {
   Fred *x;
 };
class Fred {
   Barney y;
 };
```

动态内存分配

动态申请内存操作符 new

- new 类型名T（初始化参数列表）
- 功能：在程序执行期间，申请用于存放T类型对象的内存空间，并依初值列表赋以初值。
- 结果值：成功：T类型的指针，指向新分配的内存；失败：抛出异常。

释放内存操作符 delete

- delete 指针p
- 功能：释放指针p所指向的内存。p必须是new操作的返回值。

例 6-16 动态创建对象举例

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Point {
```

```
public:
    Point() : x(0), y(0) {
      cout<<"Default Constructor called."<<endl;
    }
    Point(int x, int y) : x(x), y(y) {
      cout<< "Constructor called."<<endl;
    }
    ~Point() { cout<<"Destructor called."<<endl; }
    int getX() const { return x; }
    int getY() const { return y; }
    void move(int newX, int newY) {
      x = newX;
      y = newY;
    }
private:
    int x, y;
};

int main() {
    cout << "Step one: " << endl;
    Point *ptr1 = new Point;   //调用默认构造函数
    delete ptr1;   //删除对象，自动调用析构函数

    cout << "Step two: " << endl;
    ptr1 = new Point(1,2);
    delete ptr1;

    return 0;
}
```

运行结果：

```
Step One:
Default Constructor called.
Destructor called.
```

Step Two:
Constructor called.
Destructor called.

分配和释放动态数组

- 分配：new 类型名T [数组长度]
  - 数组长度可以是任何表达式，在运行时计算
- 释放：delete[] 数组名p
  - 释放指针p所指向的数组。
    p必须是用new分配得到的数组首地址。

例 6-17 动态创建对象数组举例

```
#include<iostream>
using namespace std;
class Point {   //类的声明同例6-16，略 };
int main() {
    Point *ptr = new Point[2]; //创建对象数组
    ptr[0].move(5, 10);  //通过指针访问数组元素的成员
    ptr[1].move(15, 20); //通过指针访问数组元素的成员
    cout << "Deleting..." << endl;
    delete[] ptr;       //删除整个对象数组
    return 0;
}
```

运行结果：

```
Default Constructor called.
Default Constructor called.
Deleting...
Destructor called.
Destructor called.
```

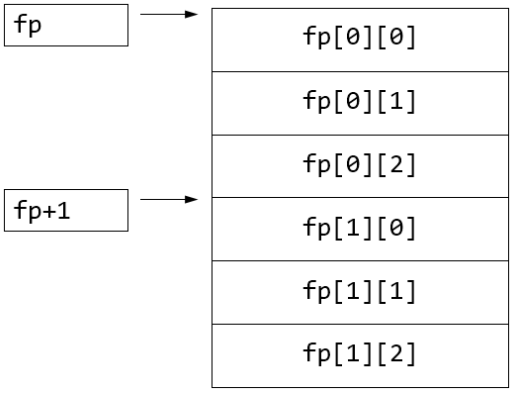
动态创建多维数组

new 类型名T[第1维长度][第2维长度]...；

- 如果内存申请成功，new运算返回一个指向新分配内存首地址的指针。

例如：

```
char (*fp)[3];
fp = new char[2][3];
```



例 6-19 动态创建多维数组

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
  int (*cp)[9][8] = new int[7][9][8];
  for (int i = 0; i < 7; i++)
    for (int j = 0; j < 9; j++)
      for (int k = 0; k < 8; k++)
        *(*(*(cp + i) + j) + k) = ( i * 100 + j * 10 + k);
  for (int i = 0; i < 7; i++) {
      for (int j = 0; j < 9; j++) {
        for (int k = 0; k < 8; k++)
        cout << cp[i][j][k] << "  ";
        cout << endl;
      }
      cout << endl;
    }
    delete[] cp;
    return 0;
}
```

将动态数组封装成类

- 更加简洁，便于管理

- 可以在访问数组元素前检查下标是否越界

例 6-18 动态数组类

```
#include <iostream>
#include <cassert>
using namespace std;
class Point {   //类的声明同例6-16 …  };
class ArrayOfPoints {     //动态数组类
public:
    ArrayOfPoints(int size) : size(size) {
      points = new Point[size];
    }
    ~ArrayOfPoints() {
      cout << "Deleting..." << endl;
      delete[] points;
    }
    Point& element(int index) {
      assert(index >= 0 && index < size);
      return points[index];
    }
private:
    Point *points; //指向动态数组首地址
    int size;          //数组大小
};

int main() {
    int count;
   cout << "Please enter the count of points: ";
    cin >> count;
    ArrayOfPoints points(count);       //创建数组对象
    points.element(0).move(5, 0);   //访问数组元素的成员
    points.element(1).move(15, 20);  //访问数组元素的成员
    return 0;
}
```

运行结果：

Please enter the number of points:2
Default Constructor called.
Default Constructor called.
Deleting...
Destructor called.
Destructor called.

为什么 element 函数返回对象的引用？

返回“引用”可以用来操作封装数组对象内部的数组元素。如果返回“值”则只是返回了一个“副本”，通过“副本”是无法操作原来数组中的元素的

智能指针

- 显式管理内存在是能上有优势，但容易出错。
- C++11提供智能指针的数据类型，对垃圾回收技术提供了一些支持，实现一定程度的内存管理

C++11 的智能指针

- unique_ptr ：不允许多个指针共享资源，可以用标准库中的move函数转移指针
- shared_ptr ：多个指针共享资源
- weak_ptr ：可复制shared_ptr，但其构造或者释放对资源不产生影响

vector 对象

为什么需要 vector？

- 封装任何类型的动态数组，自动创建和删除。
- 数组下标越界检查。
- 例6-18中封装的ArrayOfPoints也提供了类似功能，但只适用于一种类型的数组。

vector 对象的定义

- vector<元素类型> 数组对象名(数组长度);
- 例：

  vector<int> arr(5)

  建立大小为5的int数组

vector 对象的使用

- 对数组元素的引用

- 与普通数组具有相同形式：

  vector对象名 [下标表达式]

- vector数组对象名不表示数组首地址
- 获得数组长度
- 用size函数

  数组对象名.size()

例 6-20 vector 应用举例

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

//计算数组arr中元素的平均值
double average(const vector<double> &arr)
{
    double sum = 0;
    for (unsigned i = 0; i<arr.size(); i++)
      sum += arr[i];
    return sum / arr.size();
}

int main() {
    unsigned n;
    cout << "n = ";
    cin >> n;

    vector<double> arr(n);     //创建数组对象
    cout << "Please input " << n << " real numbers:" << endl;
    for (unsigned i = 0; i < n; i++)
      cin >> arr[i];

    cout << "Average = " << average(arr) << endl;
    return 0;
}
```

基于范围的 for 循环配合 auto 举例

```
#include <vector>
#include <iostream>
int main()
{
std::vector<int> v = {1,2,3};
for(auto i = v.begin(); i != v.end(); ++i)
    std::cout << *i << std::endl;

for(auto e : v)
    std::cout << e << std::endl;
}
```

对象复制与移动

浅层复制与深层复制

- 浅层复制
  - 实现对象间数据元素的一一对应复制。
- 深层复制
  - 当被复制的对象数据成员是指针类型时，不是复制该指针成员本身，而是将指针所指对象进行复制。

例 6-21 对象的浅层复制

```
#include <iostream>
#include <cassert>
using namespace std;
class Point {
  //类的声明同例6-16
  //……
};
class ArrayOfPoints {
  //类的声明同例6-18
  //……
};
```

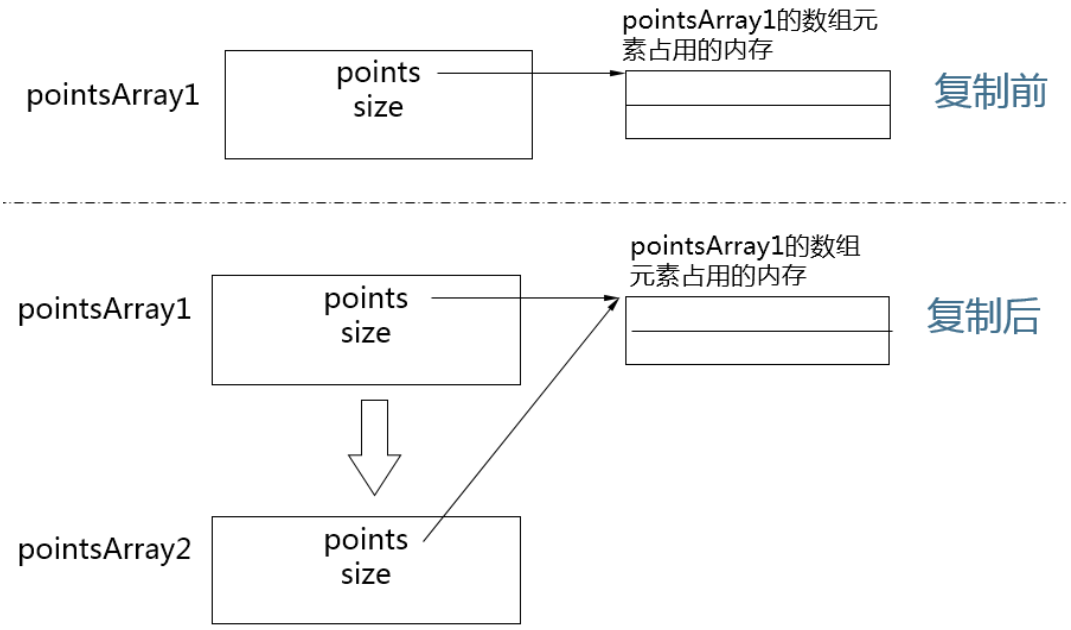
```
int main() {
    int count;
    cout << "Please enter the count of points: ";
    cin >> count;
    ArrayOfPoints pointsArray1(count); //创建对象数组
    pointsArray1.element(0).move(5,10);
    pointsArray1.element(1).move(15,20);

    ArrayOfPoints pointsArray2(pointsArray1); //创建副本

   cout << "Copy of pointsArray1:" << endl;
    cout << "Point_0 of array2: " << pointsArray2.element(0).getX() << ", "
      << pointsArray2.element(0).getY() << endl;
    cout << "Point_1 of array2: " << pointsArray2.element(1).getX() << ", "
      << pointsArray2.element(1).getY() << endl;
    pointsArray1.element(0).move(25, 30);
    pointsArray1.element(1).move(35, 40);

   cout<<"After the moving of pointsArray1:"<<endl;

    cout << "Point_0 of array2: " << pointsArray2.element(0).getX() << ", "
      << pointsArray2.element(0).getY() << endl;
    cout << "Point_1 of array2: " << pointsArray2.element(1).getX() << ", "
      << pointsArray2.element(1).getY() << endl;

    return 0;
}
```

运行结果如下：

```
Please enter the number of points:2
Default Constructor called.
Default Constructor called.
```

```
Copy of pointsArray1:
Point_0 of array2: 5, 10
Point_1 of array2: 15, 20
After the moving of pointsArray1:
Point_0 of array2: 25, 30
Point_1 of array2: 35, 40
Deleting...
Destructor called.
Destructor called.
Deleting...
```

接下来程序出现运行错误。



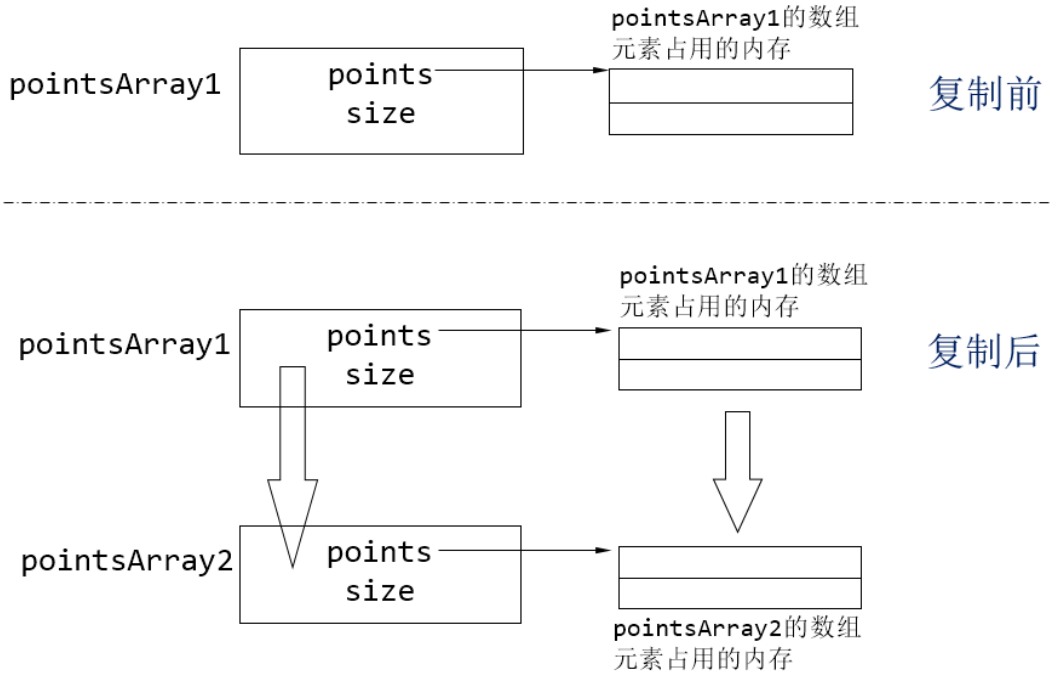
例 6-22 对象的深层复制

```
#include <iostream>
#include <cassert>
using namespace std;
class Point { //类的声明同例6-16
};
class ArrayOfPoints {
public:
   ArrayOfPoints(const ArrayOfPoints& pointsArray);
```

```
    //其他成员同例6-18
};
ArrayOfPoints::ArrayOfPoints(const ArrayOfPoints& v) {
    size = v.size;
    points = new Point[size];
    for (int i = 0; i < size; i++)
      points[i] = v.points[i];
}
int main() {
    //同例6-20
}
```

程序的运行结果如下：

```
Please enter the number of points:2
Default Constructor called.
Default Constructor called.
Default Constructor called.
Default Constructor called.
Copy of pointsArray1:
Point_0 of array2: 5, 10
Point_1 of array2: 15, 20
After the moving of pointsArray1:
Point_0 of array2: 5, 10
Point_1 of array2: 15, 20
Deleting...
Destructor called.
Destructor called.
Deleting...
Destructor called.
Destructor called.
```



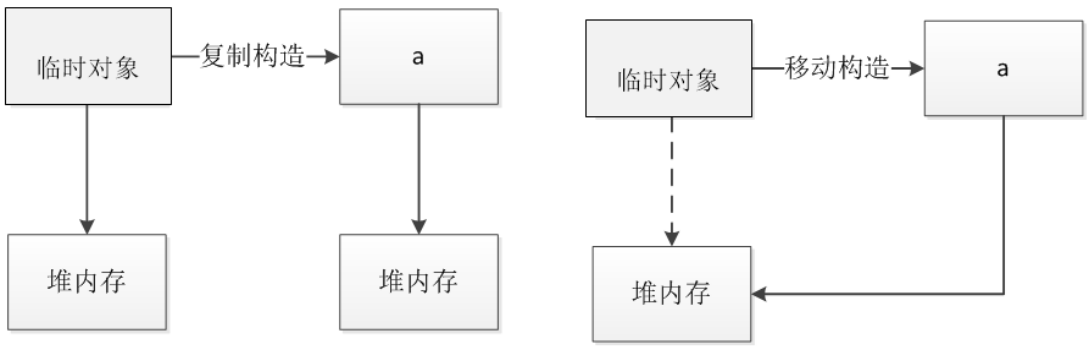
移动构造

在现实中有很多这样的例子，我们将钱从一个账号转移到另一个账号，将手机SIM卡转移到另一台手机，将文件从一个位置剪切到另一个位置……移动构造可以减少不必要的复制，带来性能上的提升。

- C++11标准中提供了一种新的构造方法——移动构造。
- C++11之前，如果要将源对象的状态转移到目标对象只能通过复制。在某些情况下，我们没有必要复制对象——只需要移动它们。
- C++11引入移动语义：
  - 源对象资源的控制权全部交给目标对象
- 移动构造函数

问题与解决

- 当临时对象在被复制后，就不再被利用了。我们完全可以把临时对象的资源直接移动，这样就避免了多余的复制操作。



移动构造

- 什么时候该触发移动构造？
- 有可被利用的临时对象
- 移动构造函数:

class_name (class_name &&)

例：函数返回含有指针成员的对象（版本 1）

- 使用深层复制构造函数

返回时构造临时对象，动态分配将临时对象返回到主调函数，然后删除临时对象。

```
#include<iostream>
using namespace std;
class IntNum {
public:
    IntNum(int x = 0) : xptr(new int(x)){ //构造函数
        cout << "Calling constructor..." << endl;
    }
    IntNum(const IntNum & n) : xptr(new int(*n.xptr)){//复制构造函数
        cout << "Calling copy constructor..." << endl;
    };
    ~IntNum(){ //析构函数
        delete xptr;
        cout << "Destructing..." << endl;
    }
    int getInt() {   return *xptr;   }
private:
    int *xptr;
};

//返回值为IntNum类对象
IntNum getNum() {
    IntNum a;
```

```
        return a;
}
int main() {
        cout<<getNum().getInt()<<endl;
        return 0;
}
```

运行结果：

```
Calling constructor...
Calling copy constructor...
Destructing...
0
Destructing...
```

例：函数返回含有指针成员的对象（版本 2）

- 使用移动构造函数

将要返回的局部对象转移到主调函数，省去了构造和删除临时对象的过程。

```
#include<iostream>
using namespace std;
class IntNum {
public:
        IntNum(int x = 0) : xptr(new int(x)){ //构造函数
                cout << "Calling constructor..." << endl;
        }
        IntNum(const IntNum & n) : xptr(new int(*n.xptr)){//复制构造函数
                cout << "Calling copy constructor..." << endl;
        }
        IntNum(IntNum && n): xptr( n.xptr){   //移动构造函数
                n.xptr = nullptr;
                cout << "Calling move constructor..." << endl;
        }
        ~IntNum(){ //析构函数
                delete xptr;
```

注：
- &&是右值引用
- 函数返回的临时变量是右值

```
            cout << "Destructing..." << endl;
        }
private:
        int *xptr;
};

  //返回值为IntNum类对象
  IntNum getNum() {
  IntNum a;
  return a;
  }
  int main() {
  cout << getNum().getInt() << endl; return 0;
  }
```

运行结果：

```
Calling constructor...
Calling move constructor...
Destructing...
0
Destructing...
```

字符串

字符串常量

- 例："program"
- 各字符连续、顺序存放，每个字符占一个字节，以‘\0’结尾，相当于一个隐含创建的字符常量数组
- “program”出现在表达式中，表示这一char数组的首地址
- 首地址可以赋给char常量指针：

```
const char *STRING1 = "program";
```

用字符数组存储字符串（C风格字符串）

- 例如

```
char str[8] = { 'p', 'r', 'o', 'g', 'r', 'a', 'm', '\0' };
char str[8] = "program";
char str[] = "program";
```

p	r	o	g	r	a	m	\0

用字符数组表示字符串的缺点

- 执行连接、拷贝、比较等操作，都需要显式调用库函数，很麻烦
- 当字符串长度很不确定时，需要用new动态创建字符数组，最后要用delete释放，很繁琐
- 字符串实际长度大于为它分配的空间时，会产生数组下标越界的错误

string 类

- 使用字符串类string表示字符串
- string实际上是对字符数组操作的封装

string 类常用的构造函数

- string(); //默认构造函数，建立一个长度为0的串

  例：

  ```
  string s1;
  ```

- string(const char *s); //用指针s所指向的字符串常量初始化string对象

  例：

  ```
  string s2 = “abc”;
  ```

- string(const string& rhs); //复制构造函数

  例：

  ```
  string s3 = s2;
  ```

string 类常用操作

- s + t 将串s和t连接成一个新串
- s = t 用t更新s
- s == t判断s与t是否相等
- s != t 判断s与t是否不等
- s < t 判断s是否小于t（按字典顺序比较）
- s <= t判断s是否小于或等于t （按字典顺序比较）

- s > t　判断s是否大于t（按字典顺序比较）
- s >= t判断s是否大于或等于t（按字典顺序比较）
- s[i]　访问串中下标为i的字符
- 例：

```
string s1 = "abc", s2 = "def";
string s3 = s1 + s2;    //结果是"abcdef"
bool s4 = (s1 < s2);    //结果是true
char s5 = s2[1];        //结果是'e'
```

例 6-23 string 类应用举例

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

//根据value的值输出true或false
//title为提示文字
inline void test(const char *title, bool value)
{
    cout << title << " returns "
    << (value ? "true" : "false") << endl;
}
int main() {
    string s1 = "DEF";
    cout << "s1 is " << s1 << endl;
    string s2;
    cout << "Please enter s2: ";
    cin >> s2;
    cout << "length of s2: " << s2.length() << endl;

    //比较运算符的测试
    test("s1 <= \"ABC\"", s1 <= "ABC");
    test("\"DEF\" <= s1", "DEF" <= s1);
```

```
    //连接运算符的测试
      s2 += s1;
      cout << "s2 = s2 + s1: " << s2 << endl;
      cout << "length of s2: " << s2.length() << endl;
      return 0;
}
```

考虑：如何输入整行字符串？

- 用cin的>>操作符输入字符串，会以空格作为分隔符，空格后的内容会在下一回输入时被读取

输入整行字符串

- getline可以输入整行字符串（要包string头文件），例如：

getline(cin, s2);

- 输入字符串时，可以使用其它分隔符作为字符串结束的标志（例如逗号、分号），将分隔符作为getline的第3个参数即可，例如：

getline(cin, s2, ',');

例 6-24 用 getline 输入字符串

```
include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
int main() {
    for (int i = 0; i < 2; i++){
      string city, state;
      getline(cin, city, ',');
      getline(cin, state);
      cout << "City:" << city <<  " State:" << state << endl;
    }
    return 0;
}
```

运行结果：

```
Beijing,China
City: Beijing   State: China
San Francisco,the United States
```

City: San Francisco State: the United States

小结：本章主要内容

- 数组
- 指针
- 动态存储分配
- 指针与数组
- 指针与函数
- 对象的复制与移动
- 字符串