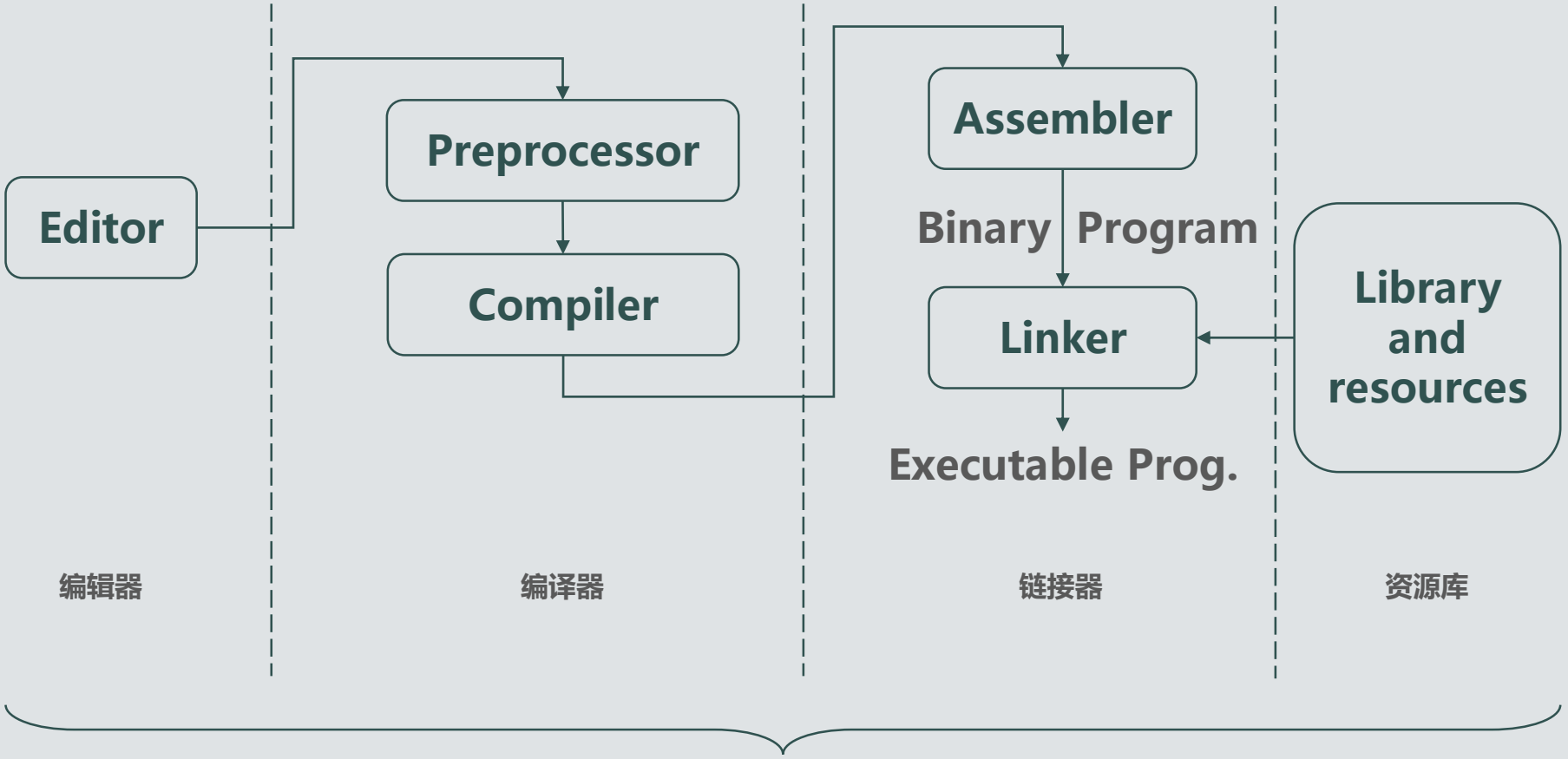
Engineering Applications

General C++

> Something before C++ ...



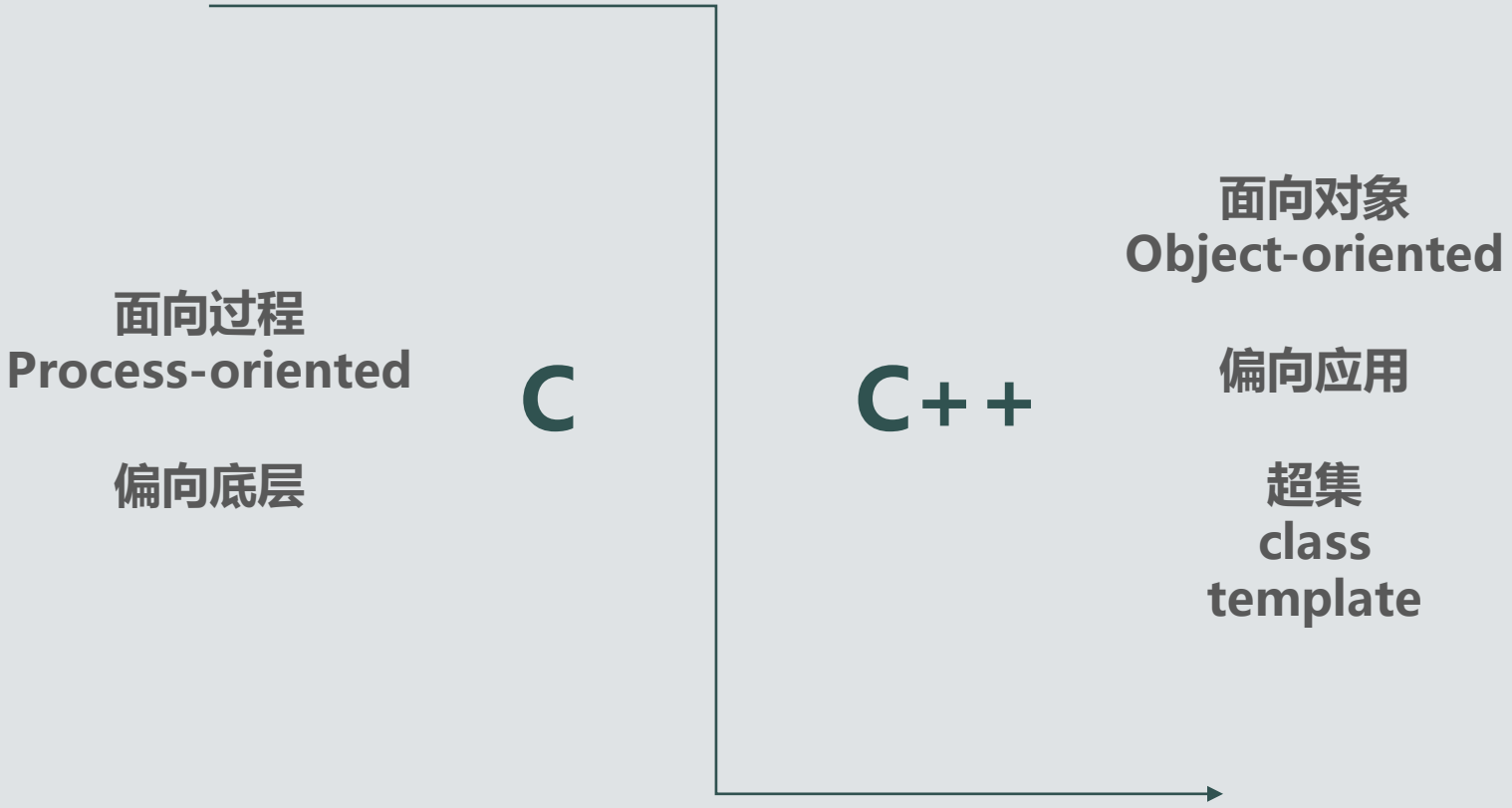
IDE, Integrated Development Environment

> Something before C++ ...

Editor	MS Office word, Text Editor, VS Code, ...
Compiler	ICC, GCC, Clang, VC++,... (C++)
Linker	(built-in)
IDE	Visual Studio (Microsoft, C/C++, C#, ...) Xcode (Apple, java, Object-C, C++, Swift, ...) Eclipse (Open Source, java, C++, Python, PHP, ...)

- 各编译器对源码的处理有一定差别（“严格程度”不同），同时也与编译器版本有关。对于C++国际标准未规定的内容，各编译器会“自由发挥”。
- 现行最新C++版本为C++17，而大多数编译器还未对最新版本进行支持，处于普及地位版本是C++11。

> Something before C++ ...



Recommended references

> **C++ Prime Plus, 6th Edition, Stephen Prata (中文版，英文原版)**

R 1.4.2 refers to ch. 1.4.2 of the Literature

> Create Code-File and Compiling

1. 扩展名　　.cpp / .cxx

2. 文件名　　只能使用字母、数字和下划线_，不能以数字开头

3. 编辑器　　可使用记事本(Windows)，TextEdit(Mac OS)
可使用VS Code(全平台)提高效率和保护视力
可使用IDE包含的编辑器

R 1.4.2

对于编译器，Windows平台可下载Visual Studio或安装Linux子系统，使用g++编译器编译，Mac OS平台已包含clang编译器，可以直接使用命令行编译。

```
username/directory$ g++ codefile.cpp -o filename
username/directory$ ./filename
```

> First C++ Program

```cpp
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     // output "hello world"
     cout<<"hello world"<<endl;
     return 0;
}
```

特性　**大小写敏感**
空格/空行不敏感

```
EdwarddeMacBook-Pro:General_CPP edwardsue$ g++ helloworld.cpp -o hello_world
EdwarddeMacBook-Pro:General_CPP edwardsue$ ls -l
total 40
-rwxr-xr-x  1 edwardsue  staff  15788 Mar  9 23:20 hello_world
-rw-r--r--  1 edwardsue  staff    110 Mar  9 23:16 helloworld.cpp
EdwarddeMacBook-Pro:General_CPP edwardsue$ ./hello_world
hello world
```

> First C++ Program

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
    // output "hello world"
    cout<<"hello world"<<endl;
    return 0;
}
```

//	注释，行中//后内容不会被编译，用于帮助理解
#include	预处理指令，“添加包含库<iostream>”
namespace	名空间
int main()	主函数，程序的入口函数
cout	标准输出控制
return	结束一个需要返回值的函数
{}	引起一段程序段(Block)

> First C++ Program: main() function

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     // output "hello world"
     cout<<"hello world"<<endl;
     return 0;
}
```

int main()

函数头，其中int表示函数返回(return)类型为整形(integer)的结果；

{

…… ……

}

函数体，说明函数的执行过程，由数条语句构成；
每一条具有实意的c++语句都由分号(英文)隔开；
分号是编译器的断句符，而非空格或空行。

> First C++ Program：notation

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     // output "hello world"
     cout<<"hello world"<<endl;
     return 0;
}
```

注释应简要描述语句功能，设计思想，便于纠错、阅读；
编译器将忽略注释；

1. 以“//”开始，至行尾结束；

2. 以“/*”开始，至“*/”结束。

> First C++ Program：pre-processor directive

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     // output "hello world"
     cout<<"hello world"<<endl;
     return 0;
}
```

以#开头的指令：预处理语句；

在进行主编译之前对源文件进行处理；

#include <iostream>
将“iostream”的内容添加到代码中，io即输入输出in&out；

此程序中需要将语句输出到屏幕(标准输出)，需要使用cout语句，已包含在iostream内容中，因此可以调用(call)。

> First C++ Program：namespace

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     // output "hello world"
     cout<<"hello world"<<endl;
     return 0;
}
```

“名空间”是一个存放内容的区域，用以区分不同封装的同名变量、函数等；

std::hello();
mySpace::hello();

使用双冒号访问符“::”访问名空间的内容；

using namespace std;
使用“std”名空间，std成为默认的名空间；

iostream的内容包含在std中，在以下内容中可以省略std::直接使用cout等。

> First C++ Program：cout

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     // output "hello world"
     cout<<"hello world"<<endl;
     return 0;
}
```

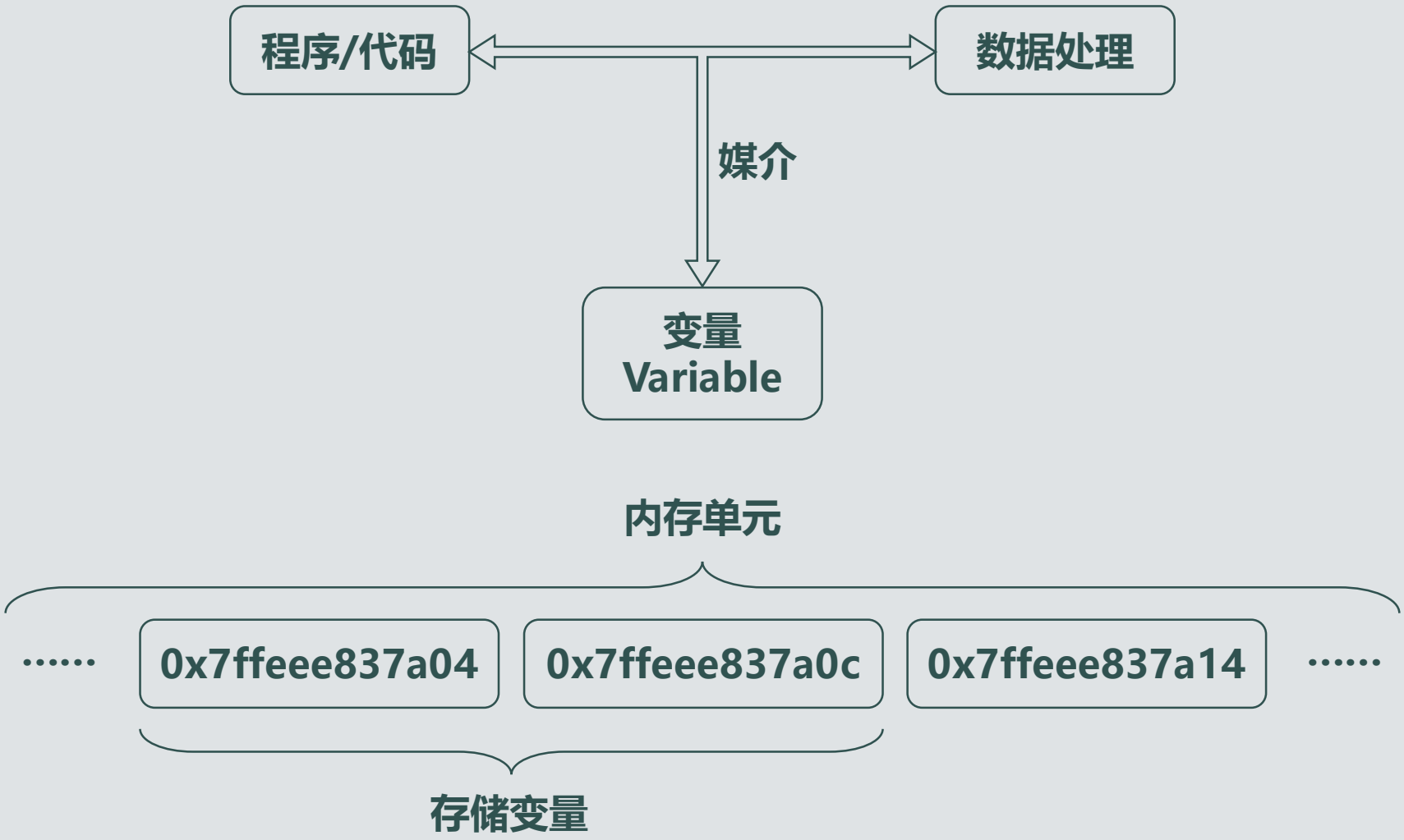
cout用以显示消息；

<<为流操作符，显示了流的方向(输入/输出)；

用双引号修饰的内容类型为字符串，cout可以接受字符串类型的参数；

endl表示换行(endline)，将屏幕光标移动到下一行开头。

变量
Variable


程序/代码
数据处理
媒介
变量
Variable
内存单元
……
0x7ffeee837a04
0x7ffeee837a0c
0x7ffeee837a14
……
存储变量

基础格式

-声明 `varType varName;`

-定义 `varName = varValue;`

`varType2 varName2 = varValue2;`

*** 遵循先声明再使用规则**

声明的本质是占取一片内存空间
然后给内存空间一个合法的名称

先命名再存储值

只能由字母、数字、下划线（_）组成;
不能以数字开头;
大小写敏感;
不能使用C++关键字。

> Basic Variable Types

R 3.1.3
R 3.1.4

1. 整形 int (Integer)
   用于表示整数，如：int score = 90;
   可以用short, long, unsigned修饰，改变可表示值的取值范围。

2. 浮点数 float / double (Floating Point Number)
   用于表示小数，如：float GPA = 1.3;
   float为单精度——至少32位有效位，dec保证6位有效值；
   double为双精度——至少48位有效位，通常64位，dec保证13位；
   可以用long修饰。

3. 字符（串）char / string （Character)
   用于表示字符，如：char TshirtSize = ‘M’；
   char * name = “KIT”; string major = “机械工程”；
   char值对应ASCII编码；
   char *为指针表示字符数组，部分情况下字符数组可与字符串混用；
   string为C++引入的标准字符串变量。

> Basic Variable Types

4. 布尔类型 bool (Boolean)

用于表示二选一的值或情况，如：bool pass = true;
bool变量只有true和false两种取值;
也可以用数字来赋值/运算，非0表示true，0表示false;
如：bool start = -100; // bool start = true;
bool stop = 0; // bool stop = false;

5. 枚举类型 enum (Enumeration)

用于表示自定义的集合，如：enum color {red, green, blue};
color成为新的变量名称，red、green和blue自动对应0,1,2;
在枚举定义之后的使用中:
color desk; desk = red;
color chair; chair = 0;

R 4.6.1 枚举将对集合中的值自动+1类推，也可显式指定对应的整数值。

> Variable Operations

优先级	运算符	简介
1	. -> [ ] ( ) ++ --	各种访问符，自增，自减
2	! ~ & sizeof	取反，取补，取地址，取长度
4	* / %	乘，除，取模
5	+ -	加，减
6	<< >>	左移位，右移位
7	< > <= >=	关系判断符
8	== !=	关系判断符
9 - 13	& ^ | && ||	按位与，异或，或；逻辑与，或
14	? :	三元操作符
15	= += -= etc.	赋值操作符
16	,	逗号分隔符

> Complex Variable Types

1. 变量修饰 const (Constant)

用const修饰的变量，在第一次赋值之后，变量的值无法改变；
如：const int score = 59; **score = 60;** 是非法的；

const变量值必须在声明时初始化，否则将会产生不确定值；
如：const int dis; **dis = 120;** 是非法的；此处dis的值无法确定；

用const修饰的变量狭义上可称之为常量；
在尽可能的情况下为变量加上const修饰（编程习惯）；

const能够加快程序编译（无需推断变量，直接从链接表访问变量）。

> Complex Variable Types

2. 变量修饰 static

用static修饰的变量为全局变量，在代码任何位置都可以访问；
如：static int count = 10;

在函数中进行初始化的全局变量只会在第一次调用赋值,如：

```
int func_count()          //返回函数调用次数
{
    static int n = 0;     //后续调用不会进行初始化
    n = n + 1;
    return n;
}
```

> Complex Variable Types

3. 变量修饰 & (Reference)

用&修饰的变量称为引用变量，相当于赋予原变量一个别名；
所有对引用变量进行的操作都会影响原变量；

```
int a = 100; int b = 200;
int &r = a;          // r通过引用修饰赋值
int nr = b;          // nr通过复制赋值

a = 10;              // r的值随a变化，r = 10
b = 20;              // nr的值不随b变化，nr = 200

r = 1;               // a的值随r变化，a = 1
nr = 2;              // b的值不随nr变化，b = 20
```

> Complex Variable Types

4. 数组变量 [] (Array)

数组是基于基础变量类型的序列，存放相同类型的一系列变量；
如：int scores[3] = {70, 80, 90}; // 声明同时初始化

数组的内容通过下标(index)访问，从0开始计数；
如：scores[0], scores[1], scores[2]

声明数组但不初始化时必须包含元素个数；
如：int scores[50]; int scores[]; //非法

声明同时初始化，可以让编译器推断元素个数；
如：int scores[] = {59, 60, 70}; //推断出元素个数为3

> Complex Variable Types

4. 数组变量 [] (Array)

字符数组需要空字符(‘\0’)来形成字符串，因此实际长度多一位;
如：char name[4] = “wen”;

避免使用单字符形成字符数组（注意区分单双引号）;
如：char name[4] = {‘w’, ‘e’, ‘n’, ‘\0’}; //等价但麻烦

字符数组同样可以让编译器推断元素数量;
如：char address[] = “durlach”; //推断出元素个数为8

数组可以嵌套，形成高维数组;
如：int area[2][3] = {1, 2, 3, 4, 5, 6}; //依次从最末下标赋值
通过area[m][n]访问数组成员。

> Complex Variable Types

4. 数组变量 [] (Array)

数组的局限性：必须显式指定元素数量，只能由常量指定。

考虑：char fullName[31];

此处认为30个字母长度的名称是“够用的”，但一旦给出超过30个字母长度的名称就会导致崩溃，但如果给出fullName[1000]则会导致资源浪费，并且也不是绝对保险；

→ 动态数组 → 指针，可以在使用时确定元素数量。

> Complex Variable Types

5. 指针变量 * (Pointer)

指针存储变量的地址，可以通过地址访问变量的值;
此处&为取地址操作符;

声明形式形如：int * pName;
其中：pName表示地址;
*pName表示地址存放的值;

```
int day = 29;
int *p_day;
p_day = &day;
```

操作指针会影响原值;
*p_day = 0; // day = 0

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
     int room = 302;
     cout<<"room value: "<<room<<endl;
     cout<<" address: "<<&room<<endl;
     return 0;
}
```

```
room value: 302
   address: 0x7ffeee837a08
```

> Complex Variable Types

5. 指针变量 * (Pointer)

指针可以代替数组：
double *p;
double scores[50];
p = scores;

此处，指针p指向数组scores的第一个元素的**地址**；
可以用*(p+1)、*(p+2)……访问数组中其他元素的**值**；

> Complex Variable Types

5. 指针变量 * (Pointer)

动态指针可以改变“先命名再存储”的模式；

R 4.7.4

→ 使用new来动态分配内存；
如：int *pd = new int;

此时一片无名的内存将被占用；
pd为这片内存（开头）的地址；
*pd为值，但没有名称；

* 遵循先声明再使用规则

声明的本质是占取一片内存空间
然后给内存空间一个合法的名称

先命名再存储值

区别于：int *p; int var; p = &var;

结束使用后必须使用delete pd; 来释放内存，否则将永久占用。

> Complex Variable Types

5. 指针变量 * (Pointer)

R 4.7.6

动态指针可以管理动态数组：

```
int * pt = new int[10];

… …

delete [] pt;    //动态数组需要加上[]释放内存
```

同一内存不可以delete两次；
如果未使用动态数组则不可以使用delete []释放内存。

> Complex Variable Types

5. 指针变量 * (Pointer)

注意：

```
int * a, b;       // a的类型为int指针，b的类型为int
int * a, * b;     // a与b均为int指针
```

指针计算将自动转化地址单位：a+1将指向a地址的下一个地址；
在数组指针中，若a为数组arr的指针，则a指向arr[0]的地址，
a+1指向arr[1]的地址；

！指针非常危险，谨慎地使用指针
在使用*varName赋值之前必须指定确切的、正确的指针地址；
如：char *name; *name = “zhang”；
指针变量name地址未知，但赋值将会执行 → 内存覆盖

> Type Conversion

1. 运算前提

C++对于变量的基础运算基于相同的类型，如整形之间的加减乘除；
如果混合计算整数变量和浮点数变量，是非法的；
若要执行运算，则需要对变量进行类型转换。

* 基础运算包含5种：加+，减-，乘*，除/，求模(余数)%；
  求模预算只能对整数进行，浮点数求模编译器会报错；

* 相同类型的变量运算结果也是该类型：
  (int)5/(int)2结果是2， 小数部分将被截去；

> Type Conversion

2. 显式(explicit)类型转换

```
float f = 1.5;
int i1 = (int)f;    // i = 1, 小数点后截去
int i2 = int(f);    // i = 1, 小数点后截去
```

3. 隐式(implicit)类型转换

```
int i = 10.0/8;    // i = 1, 小数点后截去
```

* 在除法中，如果 / 两侧的变量都是整数，执行整数除法，小数部分截去；
  如果 / 两侧有至少一个浮点数，则结果为浮点数。

分支语句
Branch Statement

> Branch Statement

分支语句**用于对情况进行判断，以采取相应的操作，如：**

当n为正整数时， $\gamma(n) = (n-1)!$

当n为其他情况时， $\gamma(n) = \int_0^\infty \frac{t^{n-1}}{e^t} dt$

常用的分支语句有：

if-statement

switch-statement

三元操作符？：

> Branch Statement: Logical Expression

关系/逻辑表达式**的结果非true即false;**

常用的关系表达式:

>, <, >=, <=, ==, !=

常用的逻辑表达式:

|| 逻辑或，&& 逻辑与，！逻辑非

如: x > 5 || x < 0 && x > -3

优先级	运算符	简介
4	* / %	乘，除，取模
5	+ -	加，减
9 - 13	& ^ | && ||	按位与，异或，或；逻辑与，或

> Branch Statement: if

句法：

```
if (test-condition)          //满足测试条件 → 执行statement(s)
    {statement(s);}          //否则跳过{...}
```

test-condition是一个关系/逻辑表达式；
true → 满足，false → 不满足；

statement为单行时可省略花括号{}

if可以配合else使用：

```
if (test-condition)          //满足测试条件 → 执行statement_1
    {statement_1;}
else                         //否则执行statement_2
    {statement_2;}
```

如：`if(x>y) z = x;`
`else z = y;`

> Branch Statement: if

if可以配合else if使用：

```
if (test-condition-1)          //满足测试条件1 → 执行statement_1
    {statement_1;}
else if (test-condition-2)     //满足测试条件2 → 执行statement_2
    {statement_2;}
        …
else if (test-condition-n)     //满足测试条件n → 执行statement_n
    {statement_n;}
        …
else
    {statement_else;}          //不满足上述任一条件，可选
```

* 一旦任一statement被执行，下面的分支将会被跳过（即使满足测试条件）

```
int x = 5;
if(x > 3) x = 0;
else if(x > 4) x = 1;
else x = 2;
```

x = ?

> Branch Statement: switch

句法：

```
switch (integer-expression)      //表达式的结果只能是整数
{
case value_1:                    //结果与value相比较，
      statement(s);              //执行相应的statement;
      break;                     //跳出switch语句，如果
case value_2:                    //没有break?
      statement(s);
      break;
                ...
case value_n:
      statement(s);
      break;
default:                         //可选，如果不满足任一
      statement(s);              //value的值，则执行
}
```

> Branch Statement: switch

break的作用

```
int x = 3;
switch(x)
{
case 1: cout<<"x = 1"<<endl;
case 2: cout<<"x = 2"<<endl;
case 3: cout<<"x = 3"<<endl;
case 4: cout<<"x = 4"<<endl;
default: cout<<"x = ?"<<endl;
}
```

```
x = 3
x = 4
x = ?
```

```
int x = 3;
switch(x)
{
case 1: cout<<"x = 1"<<endl; break;
case 2: cout<<"x = 2"<<endl; break;
case 3: cout<<"x = 3"<<endl; break;
case 4: cout<<"x = 4"<<endl; break;
default: cout<<"x = ?"<<endl;
}
```

```
x = 3
```

跳出程序块(Block)，即跳出{}的范围，后续语句将被忽略。

> Branch Statement: operator ? :

称为三元运算符，需要三个操作数；

句法：

```
expression ? statement_1 : statement_2
```

如果expression为true，执行statement_1，否则执行_2；

如：

```
a > b ? a : b       //求a、b中较大的一个
```

> Loop Statement

循环**用于重复执行任务，如：**

将规模为1000的数组内容全部输出到屏幕 (array[1000])

根据不同的条件/要求，常用的循环语句有：

for-loop

while-loop

do-while-loop

> Loop Statement: for-loop

1. 循环初始化 i = 0
   只能设置整数变量(int, short等);
   初始值可以不为0;

2. 循环测试 i < 5
   检查变量是否满足条件;
   若满足则执行操作;

3. 循环体 {...}
   实际进行的操作;
   变量i可代入循环体中，也可不代入;

4. 循环更新 i++
   更新用于控制循环的变量i;
   i++区别于++i;
   循环更新表达式可以是任意的。

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

int main()
{
    for(int i = 0; i<5; i++)
    {
        cout<<i<<". "<<"for-loop"<<endl;
    }
    cout<<"end for-loop"<<endl;
}
```

```
0. for-loop
1. for-loop
2. for-loop
3. for-loop
4. for-loop
end for-loop
```

> Loop Statement: for-loop

R 5.1.5
R 5.1.7

1. i++与++i

运算结果：i=i+1;
返回值：i++ → i，++i → i+1

2. 循环更新表达式

任意合法的表达式，i = i * i + 5 ……
组合赋值运算符 +=, -=, *=, /= %=

* 注意{}的作用范围;
  单行循环体可以省略{};

* 不进行操作时保留分号，表达式省略：for(; ; i++)
  循环测试语句为空，意味始终满足条件。

> Loop Statement: while-loop

1. 循环初始化 i = 0
   只能设置整数变量(int, short等);
   初始值可以不为0;

2. **循环测试 i < 5**
   检查变量是否满足条件;
   若满足则执行操作;

3. **循环体 {...}**
   实际进行的操作;
   变量i可代入循环体中，也可不代入;

4. **循环更新 i++**
   更新用于控制循环的变量i;
   i++区别于++i;
   循环更新表达式可以是任意的。

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

int main()
{
     int i = 2;
     while(i<5)
     {
          cout<<i<<". while-loop"<<endl;
          i++;
     }
     cout<<"end while-loop"<<endl;
}
```

```
2. while-loop
3. while-loop
4. while-loop
end while-loop
```

> Loop Statement: do-while-loop

1. 循环初始化 i = 0
   只能设置整数变量(int, short等);
   初始值可以不为0;

2. **循环测试 i < 5**
   检查变量是否满足条件;
   若满足则执行操作;

3. **循环体 {...}**
   实际进行的操作;
   变量i可代入循环体中，也可不代入;

4. **循环更新 i++**
   更新用于控制循环的变量i;
   i++区别于++i;
   循环更新表达式可以是任意的。

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

int main()
{
     int i = 2;
     do
     {
          cout<<i<<". while-loop"<<endl;
          i++;
     }while(i<5);
     cout<<"end do-while-loop"<<endl;
}
```

```
2. while-loop
3. while-loop
4. while-loop
end do-while-loop
```

> Loop Statement

while-loop首先判断循环条件，满足则执行循环体；

R 5.3 do-while首先执行循环体，再判断是否继续执行。

```
while(i<5)
{
     cout<<i<<". while-loop"<<endl;
     i++;
}
```

```
do
{
     cout<<i<<". while-loop"<<endl;
     i++;
}while(i<5);
```

循环可以嵌套、混合使用：

```
for(int i=0; i<5; i++)
{
     for(int j=0; j<4; j++)
     {
          while(...) {...}
     }
}
```

> Loop Statement

continue的作用

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

int main()
{
     for(int i = 0; i < 10; i++)
     {
          if (i%2 == 0) continue;
          cout<<i<<". loop, not be skipped"<<endl;
     }
}
```

```
1. loop, not be skipped
3. loop, not be skipped
5. loop, not be skipped
7. loop, not be skipped
9. loop, not be skipped
```

不再执行continue之后的语句；
进行变量更新(for-loop)，执行下一次循环。

函数
Function

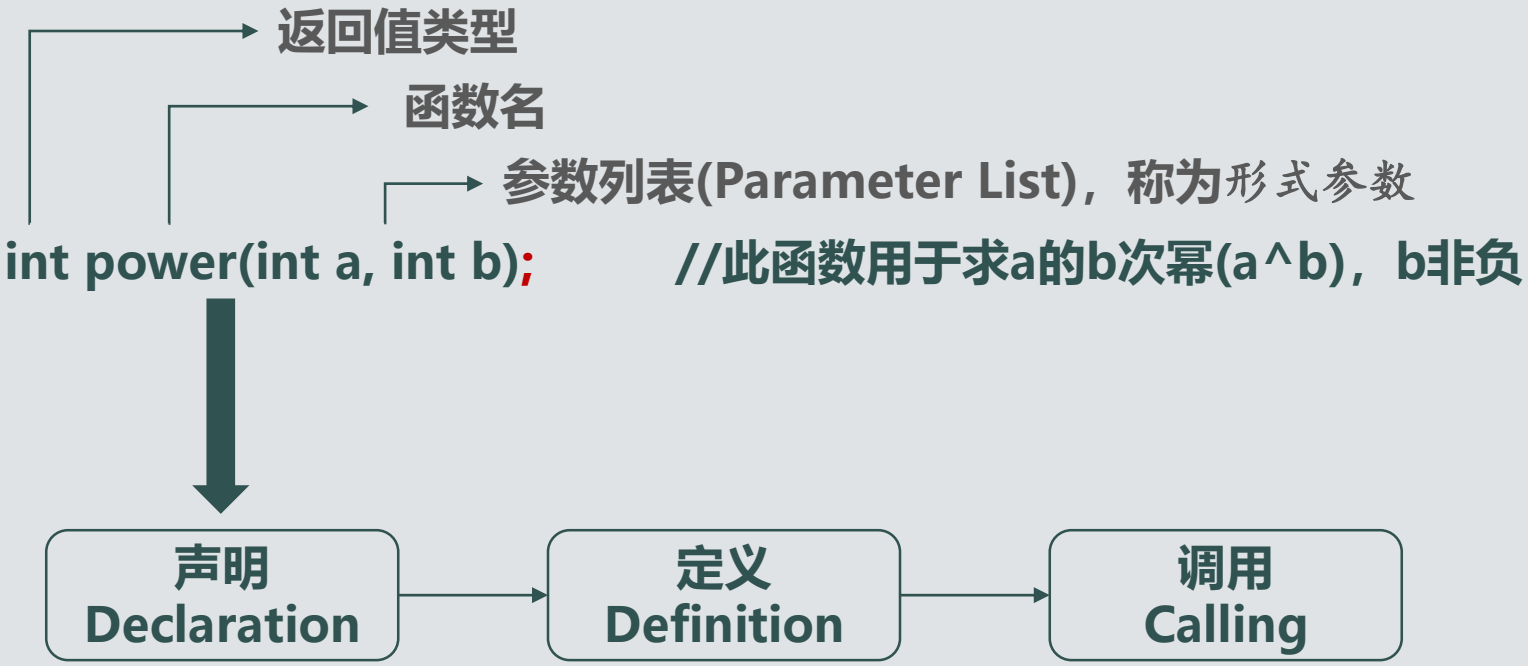
> Function: Introduction

函数是完整程序的子程序，用于完成特定的任务，具有相对的独立性；

一般具有输入参数，并且有返回值，建立映射关系；

主函数main()是一个特殊的函数，它具有函数的所有特征；

> Function: Introduction



> Function: Introduction

```
int power(int a, int b)
{
    if(b == 0 && a == 0) return 0;
    else if(b == 0 && a != 0) return 1;
    else {
        int i = 1;
        while(b--) i *= a;
        return i;
    }
}
```

> Function: Introduction

实际参数(Argument)

```
int main()
{
    cout<< “3^4 = ” <<power(3,4)<<endl;
    return 0;
}
```

> Function: Return

返回值可以是任何变量类型，但**不可以是数组类型**；

特殊的返回值类型void：

“空”类型，不具有实际的值(Value)，无需写return语句；

用于执行操作而不需要返回含有实际意义的值；

如打印一个int数组的所有内容：

R 7.3

方括号表示参数为数组，方括号为空表示数组长度任意（编写函数时将array[]看做数组即可，实际上这是一个指针，可用int * arr替换，这个替换仅在函数声明中可以互换）

```
void print_all(int array[], int length)
{
     for(int i = 0; i<length; i++)
          cout<<array[i]<<" ";
     cout<<endl;
}
```

```
int numbers[10];
for(int i = 0; i<10; i++) numbers[i] = i;
int count = sizeof(numbers) / sizeof(int);
print_all(numbers,count);
```

用sizeof()可以求出变量的size，但是在函数中不可使用，因为函数中传值时，只传递了数组指针（只是一个地址，没有长度）

> Function: Return

递归(Recursion)：以函数自身作为返回值，如斐波那契数列：

```
int fibonacci(int n)
{
     if(n == 1 || n == 2) return 1;
     else return fibonacci(n-1) + fibonacci(n-2);
}
```

* 递归非常消耗资源，因为函数在内存中运行，递归将使得数以千百计个函数同时占用内存。

* 将函数视为可展开的一条语句，该语句的值即返回值：函数可与变量一同代入计算或其他应用。

> Function: Parameter and Argument

参数传递是函数的核心，在此之前需了解：

变量的作用域/生命周期
仅限于程序块(Block，{})，一旦在{}范围以外，此变量即销毁；
程序块可以嵌套；
全局变量不会销毁，若有同名变量需要用::访问符。

```
#include <iostream>
using namespace std;
int a = 1, b = 2;
int main()
{
      int a = 10;
      cout<<"global a = "<<::a<<endl;
      cout<<"local a = "<<a<<endl;
      {
            int b = 20; int c = 30;
            cout<<"global b = "<<::b<<endl;
            cout<<"local b = "<<b<<endl;
      }
cout<<"global b without :: = "<<b<<endl;
// cout<<"c = "<<c<<endl; // c is not visiable
}
```

```
global a = 1
local a = 10
global b = 2
local b = 20
global b without :: = 2
```

> Function: Parameter and Argument

参数传递是函数的核心，在此之前需了解：

变量的作用域/生命周期
仅限于程序块(Block，{})，一旦在{}范围以外，此变量即销毁；
程序块可以嵌套；
全局变量不会销毁，若有同名变量需要用::访问符。

函数自动具有块标记{}，因此变量在函数运行结束之后会销毁：

```
void swap_value(int a, int b)
{
     int temp = a;
     a = b;
     b = temp;
}
```

```
swap x,y by value pass: x = 3,y = 5
```

```
int x = 3, y = 5;
swap_value(x,y);
cout<<"swap x,y by value pass: "<<"x = "<<x<<","<<"y = "<<y<<endl;
```

> Function: Parameter and Argument

参数传递是函数的核心，在此之前需了解：

变量的作用域/生命周期
仅限于程序块(Block，{})，一旦在{}范围以外，此变量即销毁；
程序块可以嵌套；
全局变量不会销毁，若有同名变量需要用::访问符。

~~函数自动具有块标记{}，因此变量在函数运行结束之后会销毁：~~

R 7.2

复制传值，又称为按值传递(Value Pass)，形参将实参复制了一份，
在函数运行结束之后，为复制变量创建的内存将会释放 → 变量销毁。

如何实现交换两个变量的值(Swap)?

> Function: Parameter and Argument

R 8.2

引用传值，又称为引用传递(Reference Pass)，形参不复制实参；通过在形参前加&符号形成引用传值，传入的是实参变量的地址；实参处于更大的生命周期中，在函数结束时实参变量不会销毁，对实参变量进行的操作则会保留：

```
void swap_ref(int &a, int &b){
    int temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
```

调用时无需加上&符号

R 7.2

复制传值，又称为按值传递(Value Pass)，形参将实参复制了一份，在函数运行结束之后，为复制变量创建的内存将会释放 → 变量销毁。

√ **如何实现交换两个变量的值(Swap)?**

> Function: Parameter and Argument

R 8.2

引用传值，又称为引用传递(Reference Pass)，形参不复制实参；通过在形参前加&符号形成引用传值，传入的是实参变量的地址；实参处于更大的生命周期中，在函数结束时实参变量不会销毁，对实参变量进行的操作则会保留：

R 7.2

复制传值，又称为按值传递(Value Pass)，形参将实参复制了一份，在函数运行结束之后，为复制变量创建的内存将会释放 → 变量销毁。

实际上还有第三种传值方式，称为指针传递(Pointer Pass)，即将变量的指针作为参数传入函数，声明如：

```
typeName funcName(typeName *varName);
```

数组作为函数参数时，就使用了指针传值（又称为**地址传递**）。

> Function: Overload

R 8.4 **函数重载指的是：**

对于相同的函数名，针对不同的参数（数量、类型），采取不同的操作，以达到不同的目的；

这种特性称之为函数的多态。

如计算几个“数”相加：

```
int add(int a, int b);
int add(int a, int b, int c);
double add(double a, double b);
complex add(complex a, complex b);
```

这里每个函数都叫做add，在调用这些函数时，编译器将通过实参的类型和数量，自动选定相应的函数。

> Function: Overload

函数重载可以实现逻辑合理的许多功能，不再需要使用多余的名称去命名一些功能重复的函数；

不仅仅是函数，各种**运算符也可以重载**，如：+ - * / ^等；
（后续会涉及到运算符重载）

C++已经内置重载了许多函数和运算符；

如果使用VS Code或者其他具有类似功能的编辑器，将鼠标悬置于运算符/函数上，可以看到此运算符/函数被重载了多少次。

> Function: Array as Parameter (Special Topic) R 7.3

```
int sum_arr(int arr[], int n)
{
     int total = 0;
     for (int i = 0; i < n; i++) total += arr[i];
     return total;
}
```

考虑以上代码，用于int数组元素求和；

当且仅当用于函数头(函数声明)时，int arr[]与int *arr是等效的；

arr[]是表面，实际上是一个指针，指向传入数组的第一个元素；
（如果数组十分庞大，传值时进行复制将消耗非常多的资源；
因此使用指针指向数组第一个元素进行传值，避免资源浪费。）

因此**在函数中**使用sizeof()并不能正确得到**数组参数**的长度。
（得到的是指针/地址的size）

> Function: Array as Parameter (Special Topic) R 7.3

```
int sum_arr(int arr[], int n)
{
    int total = 0;
    for (int i = 0; i < n; i++) total += arr[i];
    return total;
}
```

函数无法使用类似于sizeof这样的方法自行判断数组元素的个数，因此参数需要显式指定(此函数参数中的int n)；

除指定int n之外，还有一种方式用以判断函数数组结束的标识：采用**两个指针**作为参数，一个指向开始的位置，一个指向结束的位置；

声明类似于：

int sum_arr(int *arr_begin, int *arr_end);

> Function: Array as Parameter (Special Topic) R 7.3

```
int sum_arr(int * arr_begin, int * arr_end)
{
     int total = 0;
     while(arr_begin < arr_end) total += *arr_begin++;
     return total;
}
```

具体的实现方法如上；

请注意total += *arr_begin++;的运算符优先级；
如果对优先级无把握，可拆分为：total+=*arr_begin; arr_begin++;

调用方法如下：

```
int numbers[10];
for(int i = 0; i<10; i++) numbers[i] = i;
cout<<"sum of numbers = "<<sum_arr(numbers,numbers+10)<<endl;
```

此方法在处理字符串数组时十分实用（指针指向字符串开头和结尾）。

> Function: Array as Parameter (Special Topic) R 7.3

数组无法作为函数的返回值类型，但是**指针可以** → 用指针替代数组；

```
double * vec_add(double * vec_2_1, double * vec_2_2)
{
    static double r[2];
    r[0] = vec_2_1[0] + vec_2_2[0];
    r[1] = vec_2_1[1] + vec_2_2[1];
    return r;
}
```

以上代码可以实现两个2x1向量相加，采用指针作为返回值类型；
函数声明中的double * vec_2_1等价于double vec_2_1[];

作为返回对象的指针，必须能够在出函数之后不销毁：
使用static前缀 或 double * r = **new** double[2];

```
double vec2[] = {PI/6,0.0};
double vec2_2[] = {3.0, 4.5};
double * vec = vec_add(vec2_2,vec2);
```

调用方式如上，PI为宏定义，#define PI 3.1415926

> Function: Other Considerations

函数声明可以省略参数名（变量名），定义时不可省略，如：

```
int swap(int, int);
```

数组不可以作为返回值类型，以下写法是错误的：

```
int[] invert_arr(int []);   //数组不可作为返回值类型
```

但是数组作为结构体/类的成员，可以作为返回值，在后续进行讲解；

使用const修饰的函数参数（形参），可以接受const或非const的实参；
不用const修饰则只能接受非const实参，修饰如：

```
int print(const int []);
```

应尽量将具体功能用函数实现（代码模块化），main函数应尽量调用各个子函数。

类
Class

> How to describe vector?

描述一个2x1的向量：

数组：double vec_2[2];

向量之间的运算：

函数：double * add(double * vec_1, double * vec_2);

对比其他类型之间的运算：

```
double a = 1.3; double b = 2.4;
double c = a + b;
```

如果“向量”能够成为double这样的变量类型?

→ 类

> Class: Introduction

类是一个自定义的数据类型：

能够将数据的表示和数据的操作整合在一起；

类声明：以数据成员的方式描述数据部分，以成员函数（称之为方法）的方式描述对数据的操作；

类定义：描述如何实现成员函数（对数据的操作）；

声明提出类的蓝图，定义则是实现的细节。

> Class: 2 Dimensional Vector

对象，又称为实例(Instance)，即由抽象的变量类型创建的实际变量，如：int x; vec2 vector1;
x和vector1则被称为int和vec2的实例或对象。

访问，即通过“.”访问符实现，如通过vec2 vector1创建一个实例，则可以通过vector1.get_x()访问成员函数。

声明：

```
class vec2
{
private:
        double m_x;
        double m_y;
public:
        double get_x();
        double get_y();
        void show();
};
```

结尾的分号必不可少

访问控制，类的对象可以直接访问所有的公有成员，但无法访问类的私有成员；
必须通过特殊的方式，或者公有成员方法访问；

除了private和public之外，还有第三种访问控制关键字：protected；protected的权限介于public与private之间，后续会详细讨论；

通过访问控制防止程序直接访问数据成员，称为数据隐藏，也是封装(Encapsulation)的一种形式。

> Class: 2 Dimensional Vector

声明：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

结尾的分号必不可少

访问控制是C++区别于C的核心，也是面向对象编程(Object-Oriented Programming)的核心；

用户无需了解数据是如何表示的，只需要知道成员函数的功能；

可以将具体的实现和接口(Interface)分隔开，修改实现而接口无需改动；

C++鼓励进行数据封装，因此类的成员默认为private属性(即private可省略)。

> Class: 2 Dimensional Vector

通过域访问符::
标识成员函数
(方法)的归属

声明：

```
class vec2
{
private:
        double m_x;
        double m_y;
public:
        double get_x();
        double get_y();
        void show();
};
```

其他部分就如同函数定义(方法首先也是一个函数)；

类的方法可以访问private成员；

R 10.2.3

实现(定义)：

```
double vec2::get_x()
{
        return m_x;
}
double vec2::get_y()
{
        return m_y;
}
void vec2::show()
{
        cout<<m_x<< " "
             <<m_y<<endl;
}
```

* 类的声明可以放在一个单独的文件中，与类的定义文件同名，路径相同，以.h为后缀名(头文件)，需要加上#include “className.h”进行编译。

> Class: 2 Dimensional Vector

小结:

```
class className
{
private:
    data member declarations
public:
    member function prototypes
};
```

* 数据成员和成员函数，并无规定谁是公有谁是私有，一切按照需求设定；

* 成员函数也可以在类中直接定义，无需在类外使用域访问符::定义；

* 谁的数据成员?

R 10.2.3.3

```
class vec2
{
    double m_x;
public:
    double get_x();
};
```

```
double vec2::get_x()
{
    return m_x;
}
```

```
vec2 vector1, vector2;
double sum_x = vector1.get_x()
             + vector2.get_x();
```

对象/实例的成员，“我”的m_x，this->m_x

> Class: 2 Dimensional Vector

```
class vec2
{
private:
     double m_x;
     double m_y;
public:
     double get_x();
     double get_y();
     void show();
};
double vec2::get_x() {return m_x;}
double vec2::get_y() {return m_y;}
void vec2::show()
{
     cout<<setw(4)<<m_x<<endl;
     cout<<setw(4)<<m_y<<endl;
}
```

```
int main()
{
vec2 vector1;
vector1.show();
return 0;
}
```

```
 0
6.95313e-310
```

变量的值由运行时内存随机赋予

如何对类中的数据成员进行赋值? → 构造函数

> Class: 2 Dimensional Vector

构造函数(Constructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

vec2()是默认的构造函数，无参数；

vec2(double x, double y)是带参数的构造函数；

构造函数的作用就是在类创建对象/实例时，给对象一个初值，就如同默认变量类型赋初值：

```
double x = 5;
double x(5);
double x{5};      //C++11
```

默认构造函数不赋值，不显式写出时，编译器会自动创建。

* 带有C++11标记的内容，需要支持C++11的编译器，编译语句加上：--std=c++11

> Class: 2 Dimensional Vector

R 10.3.1

构造函数(Constructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

构造函数也是成员函数，同时必须是公有属性：public;

如果在类外定义，也需要域访问符::限定：

```
vec2::vec2()
{
    cout<< “call default constructor” <<endl;
}
```

不需要返回值，即声明和定义前没有返回值类型；

默认构造函数可以省略或使用以下方式无需定义：(在类声明中)

```
vec2() = default; //C++11
```

* 带有C++11标记的内容，需要支持C++11的编译器，编译语句加上：--std=c++11

> Class: 2 Dimensional Vector

构造函数(Constructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

类似的，对于带参数的构造函数的定义如下：

```
vec2::vec2(double x, double y)
    {
        m_x = x;
        m_y = y;
        cout<< “call x_y constructor” <<endl;
    }
```

带参数的构造函数也可以成为默认构造函数，方法是声明中加上默认值：

```
    vec2(double x=1., double y=2.);   //定义时无需默认值
```

构造函数名称即类的名称；
不同构造函数实质上是函数的重载。

> Class: 2 Dimensional Vector

构造函数(Constructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    // vec2();
    vec2(double x=1.,
         double y=2.);
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

类似的，对于带参数的构造函数的定义如下：

```
vec2::vec2(double x, double y)
    {
        m_x = x;
        m_y = y;
        cout<< “call x_y
constructor” <<endl;
    }
```

带参数的构造函数也可以成为默认构造函数，方法是声明中加上默认值：

```
    vec2(double x=1., double
y=2.);   //定义时无需默认值
```

一个类只能有一个默认构造函数！

> Class: 2 Dimensional Vector

构造函数(Constructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

具体调用哪一个构造函数，取决于实例化对象的构造方式：

```
vec2::vec2()
{   cout<<"● call: constructor, default"<<endl;
}
vec2::vec2(double x, double y)
{
    m_x = x; m_y = y;
    cout<<"● call: constructor, double x double y"<<endl;
}
```

```
vec2 vector1;
vec2 vector2(2.,4.);
```

```
● call: constructor, default
● call: constructor, double x double y
```

> Class: 2 Dimensional Vector

构造函数(Constructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

```
vec2 vector1;
vec2 vector2(2.,4.);
```

在构造对象/实例时，构造函数就会被调用；

对于带参数的构造函数，还可以使用以下方式调用：

```
vec2 vector1 = vec2(1., 2.);
```

不要混淆构造函数中的参数与类中的数据成员。

> Class: 2 Dimensional Vector

析构函数(Destructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    ~vec2();
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

在由类创建的对象“失去价值”(往往是程序运行结束、不再需要某一变量)的时候，这个对象需要销毁，把占用的内存空间释放出来：

→ 析构函数

用于完成清理工作；

声明：在构造函数前加“~”符号；

无论有多少个构造函数，都**只有一个**析构函数。

> Class: 2 Dimensional Vector

析构函数(Destructor)：

```
class vec2
{
private:
        double m_x;
        double m_y;
public:
        vec2();
        vec2(double x, double y);
        ~vec2();
        double get_x();
        double get_y();
        void show();
};
```

与构造函数类似，析构函数也有编译器自动创建的默认版本，在不进行析构函数声明时，默认析构函数即会被调用；

一旦声明析构函数，就必须进行定义：

```
vec2::~vec2()
{
        cout<< “call default destructor” <<endl;
}
```

> Class: 2 Dimensional Vector

析构函数(Destructor)：

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    vec2();
    vec2(double x, double y);
    ~vec2();
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

析构函数在程序中无需显式调用，在内存释放时将会自动调用此函数(往往是程序运行结束时)：

```
int main()
{
    vec2 vector1;
    vec2 vector2(2.,4.);
    vector1.show();
    vector2.show();
    return 0;
}
```

```
• call: constructor, default
• call: constructor, double x double y
  0
6.95312e-310
  2
  4
• call: destructor, default
• call: destructor, default
```

> Class: 2 Dimensional Vector

析构函数(Destructor)：

```
class vec2
{
private:
        double m_x;
        double m_y;
public:
        vec2();
        vec2(double x, double y);
        ~vec2();
        double get_x();
        double get_y();
        void show();
};
```

析构函数一定是没有参数的；

在没有使用new操作符的情况下，空的析构函数/默认析构函数是可行的；（程序运行结束自动释放内存）

如果数据成员使用了new操作符，则必须在析构函数中使用delete语句将相应的内存释放。

> Class: 2 Dimensional Vector

小结：

```
class className
{
private:
    data member declarations
public:
    Constructor(s)
    Destructor
    member function prototypes
};
```

* 构造函数和析构函数都是公有的成员函数，符合类方法的一切特性；

* 构造函数在创建对象/实例时自动调用；
* 析构函数在对象/实例销毁时自动调用；

* 构造函数与析构函数都没有返回值类型（即使是void也不行）；

* 类的函数与变量区别在于声明时有没有括号()。

> Class: 2 Dimensional Vector

至此，我们完成了一个二维向量类的基本框架：

```
class vec2
{
private:
     double m_x;
     double m_y;
public:
     vec2();
     vec2(double x, double y);
     ~vec2();
     double get_x();
     double get_y();
     void show();
};
```

成为完善的二维向量“变量类型”还需要添加一些功能：

向量之间的加法；
向量之间的点乘；
向量与实数相乘（尺度变换）；

考虑这些计算的结果类型：

加法 → 二维向量
点乘 → double
尺度变换 → 二维向量

> Class: 2 Dimensional Vector

至此，我们完成了一个二维向量类的基本框架：

```
class vec2
{
private:
     double m_x;
     double m_y;
public:
     vec2();
     vec2(double x, double y);
     ~vec2();
     double get_x();
     double get_y();
     void show();
     vec2 add(vec2 v);
     double dot_product(vec2 v);
     vec2 scale(double r);
};
```

加法 → **二维向量** → **vec2**
点乘 → double
尺度变换 → **二维向量** → **vec2**

新添加成员函数定义：

```
vec2 add(vec2 v);
double dot_product(vec2 v);
vec2 scale(double r);
```

考虑：为何这些函数只有一个参数?

> Class: 2 Dimensional Vector

点乘函数定义：

```
double vec2::dot_product(vec2 v)
{
    return m_x * v.m_x + m_y * v.m_y;
}
```

向量相加函数定义：

```
vec2 vec2::add(vec2 v)
{
    m_x += v.m_x;
    m_y += v.m_y;
    return ? ? ? ;
}
```

尺度变换函数定义：

```
vec2 vec2::scale(double r)
{
    m_x *= r;
    m_y *= r;
    return ? ? ? ;
}
```

此处应返回(return)哪个值才是vec2类型的?

> Class: 2 Dimensional Vector

向量相加函数定义：

```
vec2 vec2::add(vec2 v)
{
     m_x += v.m_x;
     m_y += v.m_y;
     return ? ? ? ;
}
```

尺度变换函数定义：

```
vec2 vec2::scale(double r)
{
     m_x *= r;
     m_y *= r;
     return ? ? ? ;
}
```

此处应返回(return)哪个值才是vec2类型的?

return *this;

使用被称为this的特殊指针；
this指针自动指向类的对象，如：
vec2 vector;　　//则this指针就是vector的地址

> Class: 2 Dimensional Vector

this指针

每个成员函数/类的方法都包含一个this指针；

this指针指向调用的对象：
vec2 vector1;
vec2 vector2;
vector1.this指向vector1对象；
vector2.this指向vector2对象；

如果需要调用整个对象，需要加上*符号，正如return *this一样；

指针的内容通过“->”访问符获取，在只涉及一个对象的成员函数中，this->可以省略（m_x实质上是this->m_x的缩写）：

```
double vec2::get_x()
{
    return m_x;
}
```

> Class: 2 Dimensional Vector

```
class vec2
{
private:
     double m_x;
     double m_y;
public:
     vec2();
     vec2(double x, double y);
     ~vec2();
     double get_x();
     double get_y();
     void show();
     vec2 add(vec2 v);
     double dot_product(vec2 v);
     vec2 scale(double r);
};
```

```
vec2 vec2::add(vec2 v)
{
     m_x += v.m_x;
     m_y += v.m_y;
     return *this;
}
```

```
vec2 add_outClass(vec2 v1, vec2 v2)
{
     vec2 vR(v1.get_x()+v2.get_x(),
             v1.get_y()+v2.get_y());
     return vR;
}
```

为何这些函数只有一个参数？—— 类的成员函数与普通函数的区别

> Class: Other Considerations

类同样可以创建数组方式的对象：

```
vec2 vectors[5];                          //这将调用默认构造函数
vec2 vectors2[2] =
    {vec2(1.,2.), vec2(3.,4.)}            //调用带参数的构造函数
```

this指针无需在函数声明的参数列表中出现，可直接使用；

类的数据成员不可以在声明时赋值：

```
class vec2{double m_x = 1.0;};   //非法
```

这是因为类在没有创建对象/实例的时候是不占用内存空间的，变量的值也就无处存放；

例外：使用static前缀可以在数据成员声明时赋值：

```
class vec2{static double m_x = 1.0;};
```

> Struct

结构(Structure)也是一种自定义的变量类型，句法与类相似：

```
struct structName
{
    varType1 varName1;
    varType2 varName2;
        … …
};

structName ins_1;          //通过结构名称创建对象/实例
… ins_1.varName1 …        //通过.访问符获取结构体的变量
```

> Struct

结构与类的异同：

结构是C时代的产物，默认成员为public属性；
类是C++的产物，默认成员为private属性（数据封装）；

结构也可以通过添加public、protected、private等关键字改变访问权限；

结构在进行继承时，默认为公有(public)继承；
类在进行继承时，默认为私有(private)继承。

> Accessor

直接成员访问符 .

用于访问类、结构的成员；

间接成员访问符 ->

用于访问指针的成员；

域访问符 ::

用于访问域、namespace的成员；

在类外定义函数时，类名成为成员函数的域，需要使用::访问符。

> Multiple Files Compiling

声明：

P. 72

```
class vec2
{
private:
    double m_x;
    double m_y;
public:
    double get_x();
    double get_y();
    void show();
};
```

* 类的声明可以放在一个单独的文件中，与类的定义文件同名，路径相同，以.h为后缀名(头文件)，需要加上#include “className.h”进行编译。

How?

> Multiple Files Compiling

声明放置于以类命名的头文件vec2.h：

```
#ifndef VEC2_
#define VEC2_

class vec2
{
private:
     double m_x;
     double m_y;
public:
     vec2();
     vec2(double x, double y);
     ~vec2();
     double get_x();
     double get_y();
     void show();
     vec2 add(vec2 v);
     double dot_product(vec2 v);
     vec2 scale(double r);
};

#endif
```

```
#ifndef x
#define x
    … …
#endif
```

是预编译命令：如果未定义x，则对x进行定义；

用于控制一段代码只进行编译一次。

> Multiple Files Compiling

定义放置于以类命名的文件vec2.cpp：

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include "vec2.h“

using namespace std;

vec2::vec2() {cout<<"● call:
    constructor,  default"<<endl;}
vec2::vec2(double x, double y)
{
    m_x = x; m_y = y;
    cout<<"● call: constructor,
    double x  double y"<<endl;
}
vec2::~vec2() {cout<<"● call:
    destructor,   default"<<endl;}
double vec2::get_x() {return m_x;}
double vec2::get_y() {return m_y;}
void vec2::show()
{
    cout<<setw(4)<<m_x<<endl;
    cout<<setw(4)<<m_y<<endl;
}
vec2 vec2::add(vec2 v)
{
    m_x += v.m_x;
    m_y += v.m_y;
    return *this;
}
double vec2::dot_product(vec2 v)
{
    return m_x * v.m_x + m_y * v.m_y;
}
vec2 vec2::scale(double r)
{
    m_x *= r;
    m_y *= r;
    return *this;
}
```

> Multiple Files Compiling

主程序使用#include “vec2.h”包含这个类：

```
#include "vec2.h"

int main()
{
     vec2 vector1;
     vec2 vector2(2.,4.);
     vector1.show();
     vector2.show();
     return 0;
}
```

此时，在主程序中，vec2已经是一个已定义的自定义变量类型，可以直接使用、调用成员函数；

编译此主程序时，由于有多个源文件，因此需要在编译命令中添加所有源文件名称：

```
g++ mainFile.cpp vec2.cpp -o programName --std=c++11
```

运算符重载
Operator Overload

> Review

函数重载指的是：

P. 60

对于相同的函数名，针对不同的参数（数量、类型），采取不同的操作，以达到不同的目的；

这种特性称之为函数的多态。

如计算几个“数”相加：

```
int add(int a, int b);
int add(int a, int b, int c);
double add(double a, double b);
complex add(complex a, complex b);
```

这里每个函数都叫做add，在调用这些函数时，编译器将通过实参的类型和数量，自动选定相应的函数。

> Introduction

运算符重载属于函数重载的一种，但一般情况下：

重载的函数对象是运算符，如“+，-，*，/”等，使得使用相同的运算符，能够调用不同的函数；

int + int
complex + complex
matrix + matrix

大多数情况下，仅对封装在类中的运算符进行重载；

C++内置了许多运算符重载，如：

```
int *a;
a = &b;
*a = b * c;          // “*”被重载为乘号、解除引用符号
```

编译器将根据操作数、操作类型来决定符号的实际意义。

> Syntax

参数列表

返回值类型

要重载的运算符

```
varType operator + (parameterList);
```

* 并不是所有的符号都可以被重载，如“@”就不是一个可以重载的运算符；常用可以重载的运算符请参考Variable章节 – 运算符的优先级中介绍的符号以及下标访问符“[]”；

* 运算符重载一般作为类的成员函数，在实际定义时(类外)，需要加上域访问符::如：

```
myClass myClass::operator+(myClass var1);
```

返回值类型　域　要重载的运算符　参数列表

> Example

一个用来表示时间的类：myTime

```
#ifndef MYTIME_
#define MYTIME_

class myTime
{
     int hh,mm,ss;
public:
     myTime();
     myTime(int h, int m, int s);
     myTime(const myTime &time);
     ~myTime();
     myTime operator+(myTime time);
     void print();
};

#endif
```

```
myTime myTime::operator+(myTime time)
{
     myTime sum;
     sum.ss = (ss + time.ss)%60;
     sum.mm = (mm + time.mm + (ss +
time.ss)/60)%60;
     sum.hh = (hh + time.hh + (mm +
time.mm + (ss + time.ss)/60)/60);
     return sum;
}
```

```
myTime t1(14,20,25);
myTime t2(1,50,43);
myTime t3 = t1 + t2;
t3.print();
```

```
16:11:8
```

> Example

注意：

1. 重载加号(+)之后，仅会使得满足参数列表条件的运算调用；

2. t3=t1+t2将被翻译为：t3 = t1.operator+(t2);
也可以手动写作此形式，具有相同意义；

3. 连续使用运算符如：t4 = t1 + t2 + t3将被翻译为：
t4 = t1.operator+(t2.operator+(t3));
具有可行性；

4. **从此形式可以看出，运算符左侧的对象是调用对象(类)，右侧的对象作为参数被传递；**重载要求运算符两侧至少有一个是自定义的类型(保护默认操作符)。

> Constraint

其他重载限制：

1. 重载运算符不可以改变原先运算符的操作数，如：
   a+的形式是错误的，+需要两个操作数；

2. 重载运算符不可以改变原先运算符的优先级；

3. 不能创建新的运算符，如：a**b，**运算符是不存在的；

4. 一些运算符是不允许重载的，R 11.2.2

有关所有运算符的详细解释和使用规范，参考教材附录E。

> friend: Introduction

考虑以下情况：

有一个复数类complex，乘号*运算符经过重载，可以计算复数与实数的乘积，运算结果仍然为一个复数，即：

```
complex_result = complex_number * real_number;
```

则以下的表达式是合法的（A、B为complex类型）：

```
B = A * 3.5;
```

这个表达式将会被翻译为`B = A.operator*(3.5);`

如果交换乘法顺序：

```
B = 3.5 * A;
```

表达式并不成立！3.5不是类的对象，无法进行翻译。

4. **从此形式可以看出，运算符左侧的对象是调用对象(类)，右侧的对象作为参数被传递；**重载要求运算符两侧至少有一个是自定义的类型(保护默认操作符)。

> friend: Introduction

一种解决方法：

将此表达式B = 3.5 * A换一种方式翻译：

B = operator*(3.5, A);

来源于函数原型：

complex operator*(double rn, complex cn);

这种写法是可行的，此翻译过程来源于将运算符运用非成员函数重载，因此不需要运算符左侧是一个类的对象进行结合；

括号中的参数列表顺序，与应用时从左到右顺序相符；

但引发了一个新的问题：

complex中的数据作为私有成员，非类的成员函数无法访问私有数据成员

→ 友元 friend

> friend

一种解决方法：

将此表达式B = 3.5 * A换一种方式翻译：

B = operator*(3.5, A);

来源于函数原型：

complex operator*(double rn, complex cn);

友元函数只需要把此函数原型放入类的声明中，与其他成员函数放置在一起，加上“friend”标识：

friend complex operator*(double rn, complex cn);

* 虽然友元函数在类声明中，但是它不是类的成员，定义时无需使用域访问符::，调用时也不可使用成员访问符.来调用，但是它的访问权限与其他成员函数一致；

* 定义时不需要friend前缀。

> friend：<<

当需要使用标准流输出时：

```
cout<<“hello, the time now is”;
t3.print();
cout<<endl;
```

这样的表达方式割裂了完整的流；

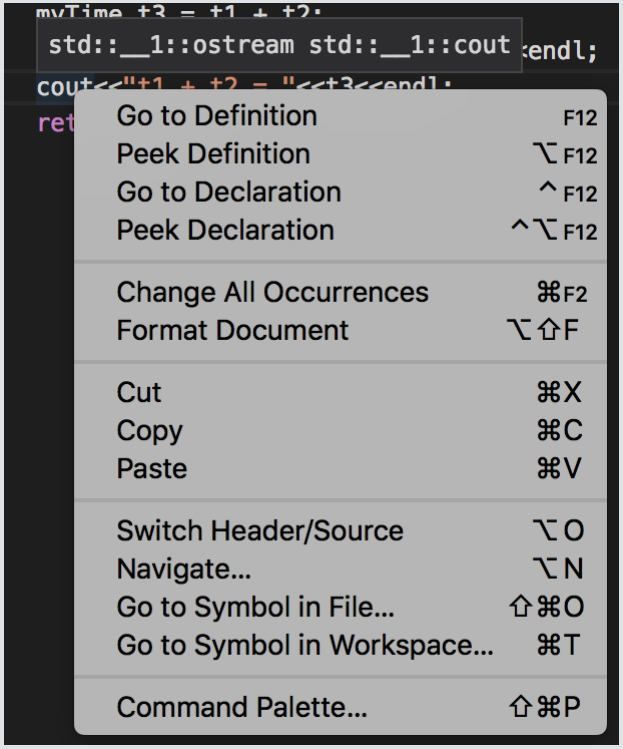
考虑cout<<可以插入int、double、char(*)类型到输出流中，则<<也是一个可以重载的运算符，我们想要达到以下目的：

```
cout<<“hello, the time now is”<<t3<<endl;
```

> friend：<<

cout是什么：

使用较为智能的编辑器时，在输入的cout上右击，可以查看其声明或定义：




```
#ifndef _LIBCPP_HAS_NO_STDOUT
extern _LIBCPP_FUNC_VIS ostream cout;
extern _LIBCPP_FUNC_VIS wostream wcout;
#endif
```

可以看到，cout是一个ostream类型的对象；

还可以在ostream上继续右击进行展开，但在本例中无需再进行深究。

> friend：<<

观察cout<<t3语句：

<<运算符的左侧为cout，cout是ostream(输出流)的对象，不是myTime的对象，无法通过左侧结合；

因此需要通过友元向右侧结合<<运算符；

可以在类声明中添加：

```
friend void operator<<(ostream &os, myTime time);
```

按以下方式定义：

```
void operator<<(ostream &os, myTime time){
    os<<t.hh<< ":" <<t.mm<< ":" <<t.ss;
}
```

> friend：<<

按以下方式定义：

```
void operator<<(ostream &os, myTime time){
    os<<t.hh<< “:” <<t.mm<< “:” <<t.ss;
}
```

* &os表示传递ostream对象的引用，void表示无返回值，此函数可以将定义的格式插入到流中；

* 但如果想要实现cout<< “time now is ” <<t3<<endl;这样的功能，就必须还要返回ostream对象：

```
ostream & operator<<(ostream &os, myTime time){
    os<<t.hh<< “:” <<t.mm<< “:” <<t.ss;
    return os;
}
```

> friend：Compare

重载时间myTime类的<<操作符和+操作符

类声明如下：

```
class myTime
{
     int hh,mm,ss;
public:
     myTime();
     myTime(int h, int m, int s);
     myTime(const myTime &time);
     ~myTime();
     myTime operator+(myTime time);
     friend ostream & operator<<(ostream & os, myTime t);

     void print();
};
```

> friend：Compare

重载时间myTime类的<<操作符和+操作符

运算符重载如下：

```
void myTime::print(){
     cout<<hh<<":"<<mm<<":"<<ss<<endl;
}
```

```
myTime myTime::operator+(myTime time)
{
     myTime sum;
     sum.ss = (ss + time.ss)%60;
     sum.mm = (mm + time.mm + (ss + time.ss)/60)%60;
     sum.hh = (hh + time.hh + (mm + time.mm + (ss + time.ss)/60)/60);
     return sum;
}

ostream & operator<<(ostream & os, myTime t)
{
     os<<t.hh<<":"<<t.mm<<":"<<t.ss;
     return os;
}
```

> friend：Compare

重载时间myTime类的<<操作符和+操作符

进行测试：

```
int main()
{
     myTime t1(14,20,25);
     myTime t2(1,50,43);
     myTime t3 = t1 + t2;
     cout<<"t1 = "<<t1<<", t2 = "<<t2<<endl;
     cout<<"t1 + t2 = "<<t3<<endl;
     return 0;
}
```

```
t1 = 14:20:25, t2 = 1:50:43
t1 + t2 = 16:11:8
```

文件读写
File Read & Write

> Introduction

绝大多数应用程序都通过“文件”来进行必要的交互：输入以及输出

MS Office系列：打开文件，编辑，保存；

VS Code：编辑代码文件(文本文档)，保存；

客户端游戏：保存必要的数据文件(游戏配置、地图、BGM等)在本地，需要时读取；

……

文件本身可以在存储设备中，通过定义文件的格式，在必要时读取，节省程序运行的消耗，因此文件的读写是工程类编程必须要了解的。

> Simple File-I/O

C++提供了非常方便的读写文件的方法：

fstream – 文件流

通过#include<fstream>可以如同使用iostream一样在文件中进行输入和输出；

如同iostream一样，fstream在使用时也分为两种类型：
ofstream – 输出文件流
ifstream – 输入文件流

fstream派生(Derived)自iostream，因此(理论上)在包含了fstream之后，无需再包含iostream头文件即可使用iostream的全部功能。

> Simple File-I/O：Example

一个存放用户名和密码的程序：

```
int main()
{
    cout<<" - Welcome - "<<endl;
    cout<<" "<<endl;
    cout<<" Please enter username "<<endl;
    ofstream userfile;
    userfile.open("users.dat");

    string username;
    cin>>username;
    userfile<<"[user]"<<username<<endl;
    cout<<endl;

    cout<<" Please enter password "<<endl;
    string passw;
    cin>>passw;
    userfile<<"[password]"<<passw<<endl;
    cout<<endl;
    cout<<" Done! "<<endl<<endl;
    userfile.close();

    ifstream fin("users.dat");
    cout<<"Content of
Userfiles:"<<endl<<endl;

    char ch;
    while(fin.get(ch)) cout<<ch;
    cout<<endl<<" Done! "<<endl;

    fin.close();

    return 0;
}
```

> Simple File-I/O：Example

一个存放用户名和密码的程序：

```
- Welcome -

 Please enter username
wenyi1994

 Please enter password
6883214

        Done!

Content of Userfiles:

[user]wenyi1994
[password]6883214

        Done!
```

在当前目录多了一个名为”users.dat”的文件，打开后其内容为：

users.dat

```
1   [user]wenyi1994
2   [password]6883214
3
```

> Simple File-I/O：Example

句法与格式解析：

```
ofstream userfile;
userfile.open("users.dat");

string username;
cin>>username;
userfile<<"[user]"<<username<<endl;
cout<<endl;

… …

userfile.close();
```

ofstream用于声明一个输出文件流对象，声明之后可以用.open语句关联一个文件；

如果文件不存在将被自动创建；

可以将两句话合并为：
ofstream fout(“x.y”);

在处理完数据之后，用声明的对象加上<<插入流运算符以及对应的变量，即可输出到文件；

在输出完毕之后使用.close语句断开文件关联。

> Simple File-I/O：Example

句法与格式解析：

```
ifstream fin("users.dat");
cout<<"Content of Userfiles:"<<endl<<endl;

char ch;
while(fin.get(ch)) cout<<ch;
cout<<endl<<" Done! "<<endl;

fin.close();
```

ifstream用于声明一个输入文件流对象，声明之后可以用.open语句关联一个文件，与ofstream类似；

如果文件不存在将会**读取失败**：if(!fin.is_open()) … … R 11.2.2

可以将两句话合并为：ifstream fout(“x.y”);

fin.get()按字符读取文件内容，当文件未到结尾时返回true。

> Simple File-I/O：Example

句法与格式解析：

我们假设现在有一个ofstream类型的对象fout，一个ifstream类型的对象fin：

fout<<支持所有类似于cout<<格式的输出，也可以通过setw()、setf()等函数设置格式化输出；

fin>>支持所有类似于cin>>格式的输入，也支持所有cin.get()、cin.getline()等函数，用于跳过空格等操作；

完整的流操作函数可以在使用时查询 R 17.2 R 17.3 。

> File Mode

在以上例子中，如果反复执行此程序，会发现创建的文件users.dat中的**内容在每次执行完之后都会被覆盖**：

这是因为通过userfile.open()建立文件关联时，默认建立了写入模式，而非追加模式，通过合适的参数，可以设置文件以**读、写、追加**模式建立关联。

R 17.4.5

```
ofstream fout;
// 通过指定第二个参数设置文件操作模式
fout.open(“users.dat”, mode);
```

ios_base::in	打开文件以读取
ios_base::out	打开文件以写入
ios_base::ate	打开文件并移到文件尾
ios_base::app	追加到文件尾
ios_base::trunc	如果文件存在则截短文件
ios_base::binary	二进制文件

> File Mode

如果需要向文件中添加内容，则需要设置为“追加”模式：

```
ofstream userfile;
userfile.open(“users.dat”,ios_base::out | ios_base::app);

……
```

这里用按位或运算符|可以合并两种模式，同时设置；
在一些编译器中，app模式包含了out模式，只需要写出ios_base::app即可。

ios_base::in	打开文件以读取
ios_base::out	打开文件以写入
ios_base::ate	打开文件并移到文件尾
ios_base::app	追加到文件尾
ios_base::trunc	如果文件存在则截短文件
ios_base::binary	二进制文件

> File Mode: Example

对之前的程序做出一些修改，使其能够添加新数据到users.dat中：

```
int main()
{
    cout<<" - Welcome - "<<endl;
    cout<<" "<<endl;
    cout<<" Please enter username "<<endl;
    ofstream userfile;
    userfile.open("users.dat",
ios_base::out | ios_base::app);

    string username;
    cin>>username;
    userfile<<"[user]"<<username<<endl;
    cout<<endl;

    cout<<" Please enter password "<<endl;
    string passw;
    cin>>passw;
    userfile<<"[password]"<<passw<<endl;
    cout<<endl;

    cout<<" Done! "<<endl<<endl;
    userfile.close();

    ifstream fin("users.dat");
    cout<<"Content of
Userfiles:"<<endl<<endl;

    char ch;
    while(fin.get(ch)) cout<<ch;
    cout<<endl<<" Done! "<<endl;

    fin.close();

    return 0;
}
```

> File Mode: Example

对之前的程序做出一些修改，使其能够添加新数据到users.dat中：

```
 - Welcome -                    - Welcome -

 Please enter username          Please enter username
yzjdwy                         uxvcp

 Please enter password          Please enter password
wenyi6883214                   495423518

        Done!                          Done!

Content of Userfiles:          Content of Userfiles:

[user]yzjdwy                   [user]yzjdwy
[password]wenyi6883214         [password]wenyi6883214
                               [user]uxvcp
        Done!                  [password]495423518

                                       Done!
```

将此程序执行两次，可以观察到第一次users.dat保存的数据并没有消失：

users.dat

```
1  [user]yzjdwy
2  [password]wenyi6883214
3  [user]uxvcp
4  [password]495423518
5
```

> File Mode: Example

额外的一些说明

在实际的应用情况下，并不会使用如同此例程的方法保存用户的数据，此方法有两个弊端：

1. 文本文件的方式保存数据，当数据量十分庞大时，存储消耗极其巨大，一般会使用数据库保存数以百万、千万计的用户信息；

2. 用明文方式保存用户的用户名、密码等敏感信息并不可取，一旦有访问数据库的权限，密码就会泄露；

在数据库中保存的用户名和密码都是hash值，这是一个可以通过哈希函数计算出的值，具有不可逆性，通过哈希值无法反推原密码；
用户登录时，会将输入的密码也通过哈希函数计算，得到的结果与数据库中的哈希值比较，一致则登陆成功；
通过此种方式只能**一定程度上**保证只有用户知道密码明文；
除此之外还需要通过其它方式加密以保证安全(常见如**加盐**)。

“Thank **You**„

github.com/wenyi1994/General-CPP

yi.wen@student.kit.edu