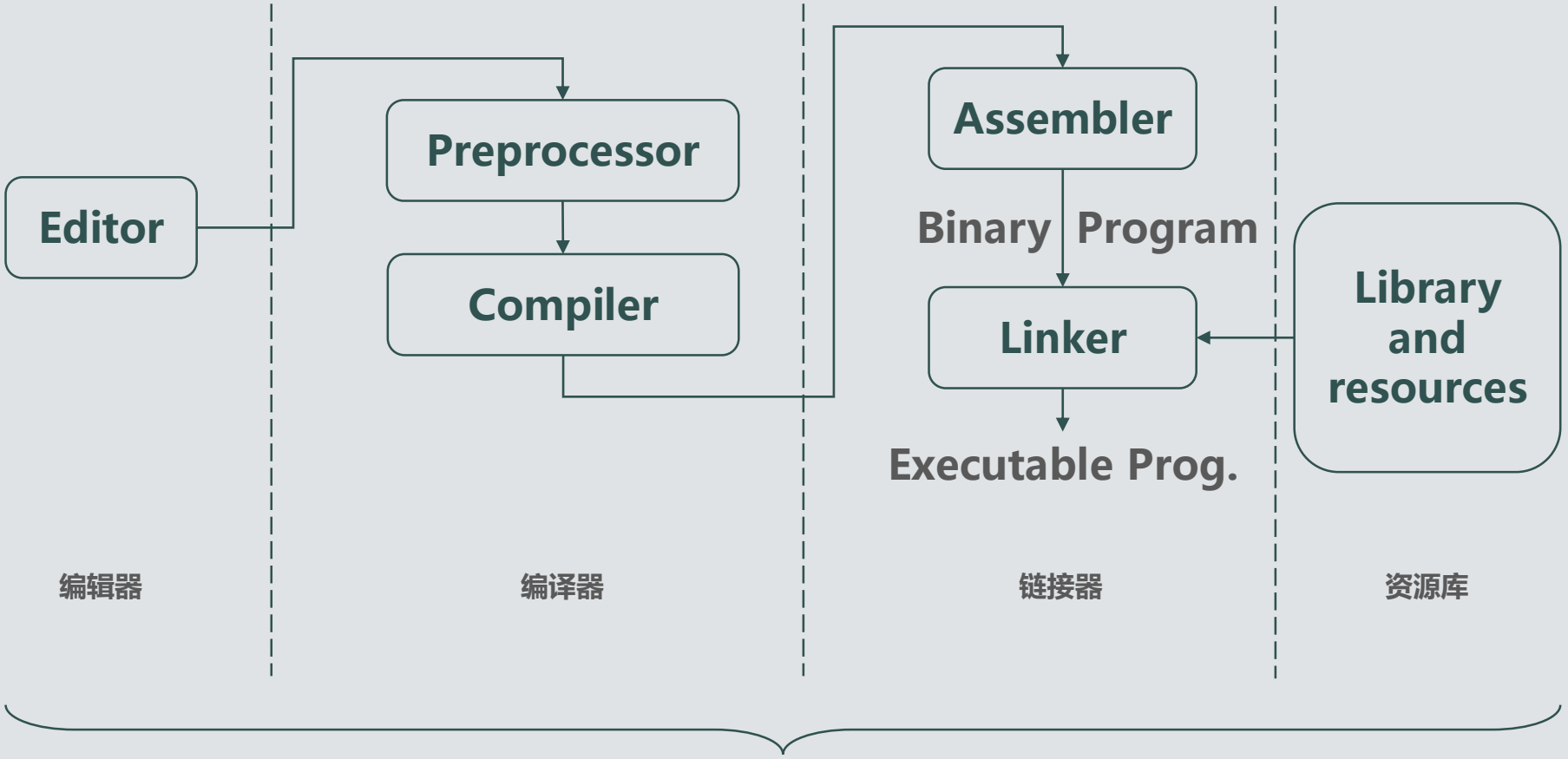
Engineering Applications

General C++

> Something before C++ ...



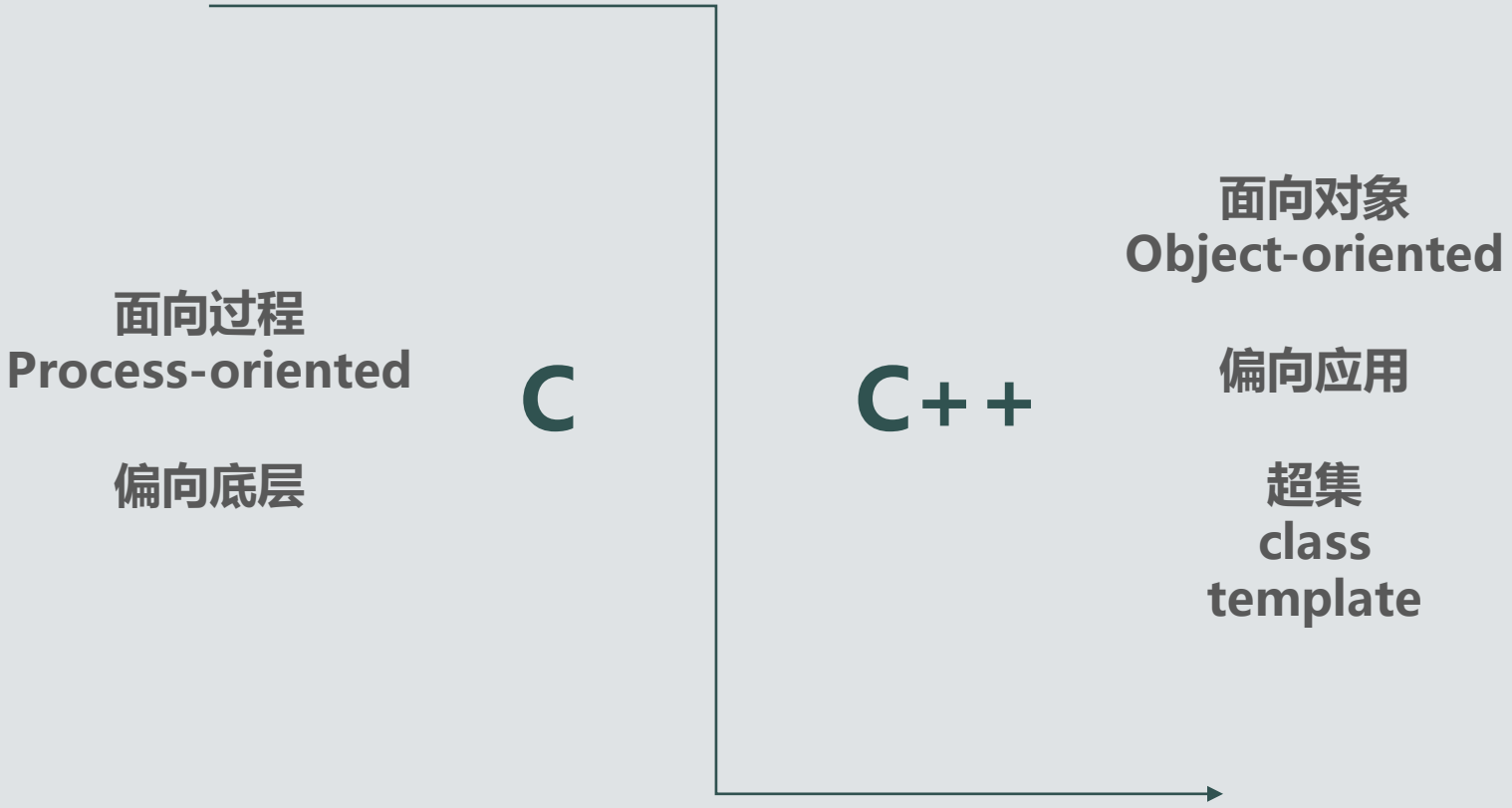
IDE, Integrated Development Environment

> 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;
}
```

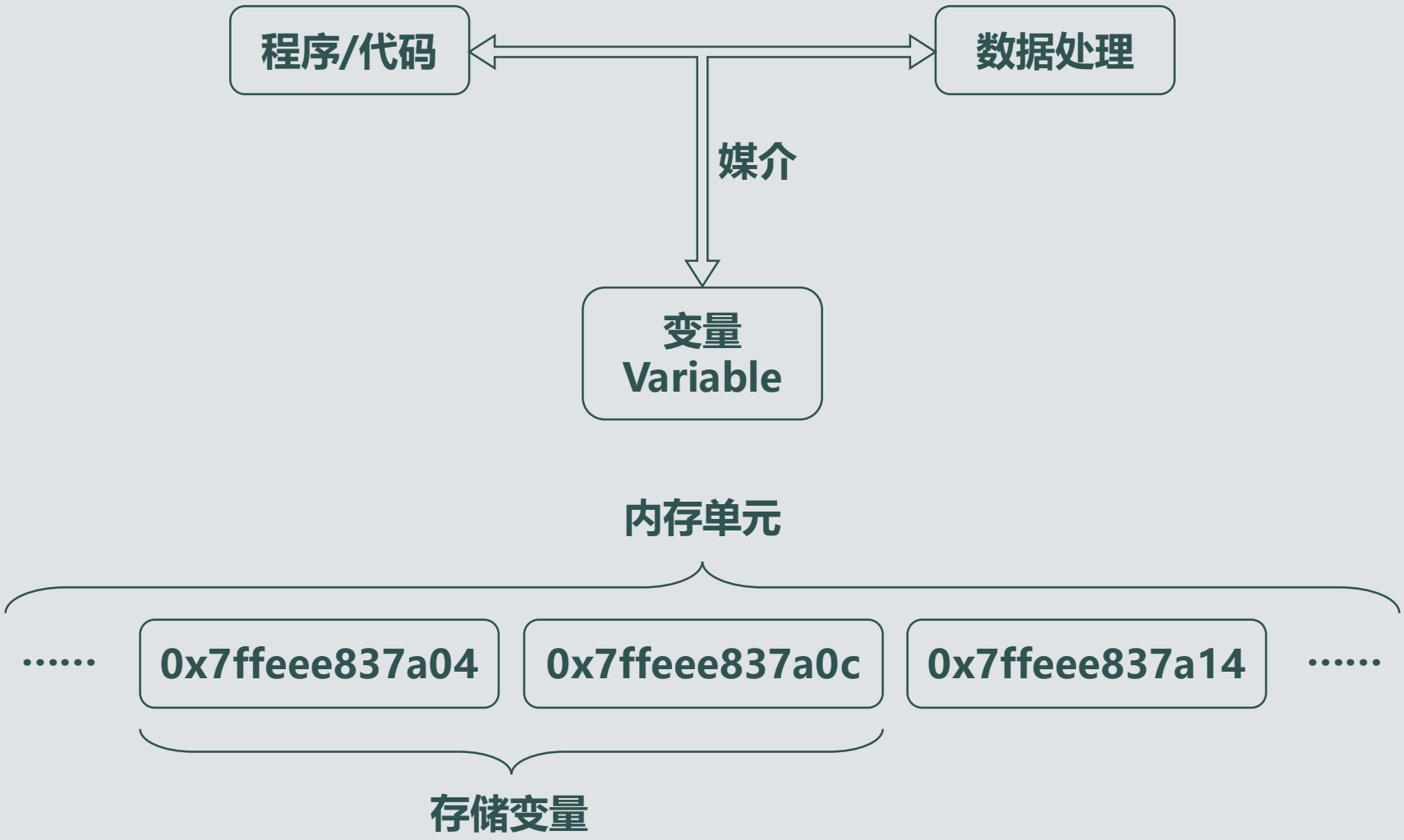
cout用以显示消息；

<<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

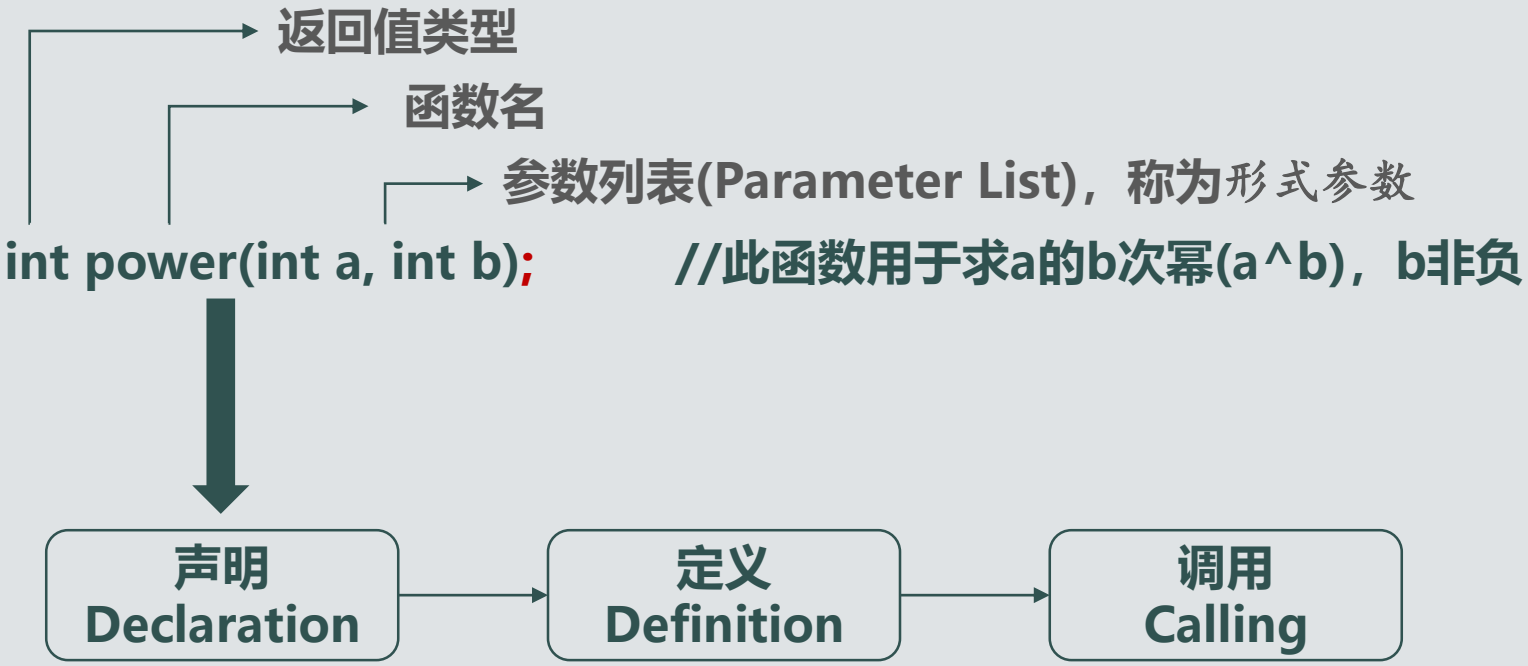
> Function: Introduction

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。