第二讲 C++ 编程基础

潘建瑜@MATH.ECNU

目录页

Contents

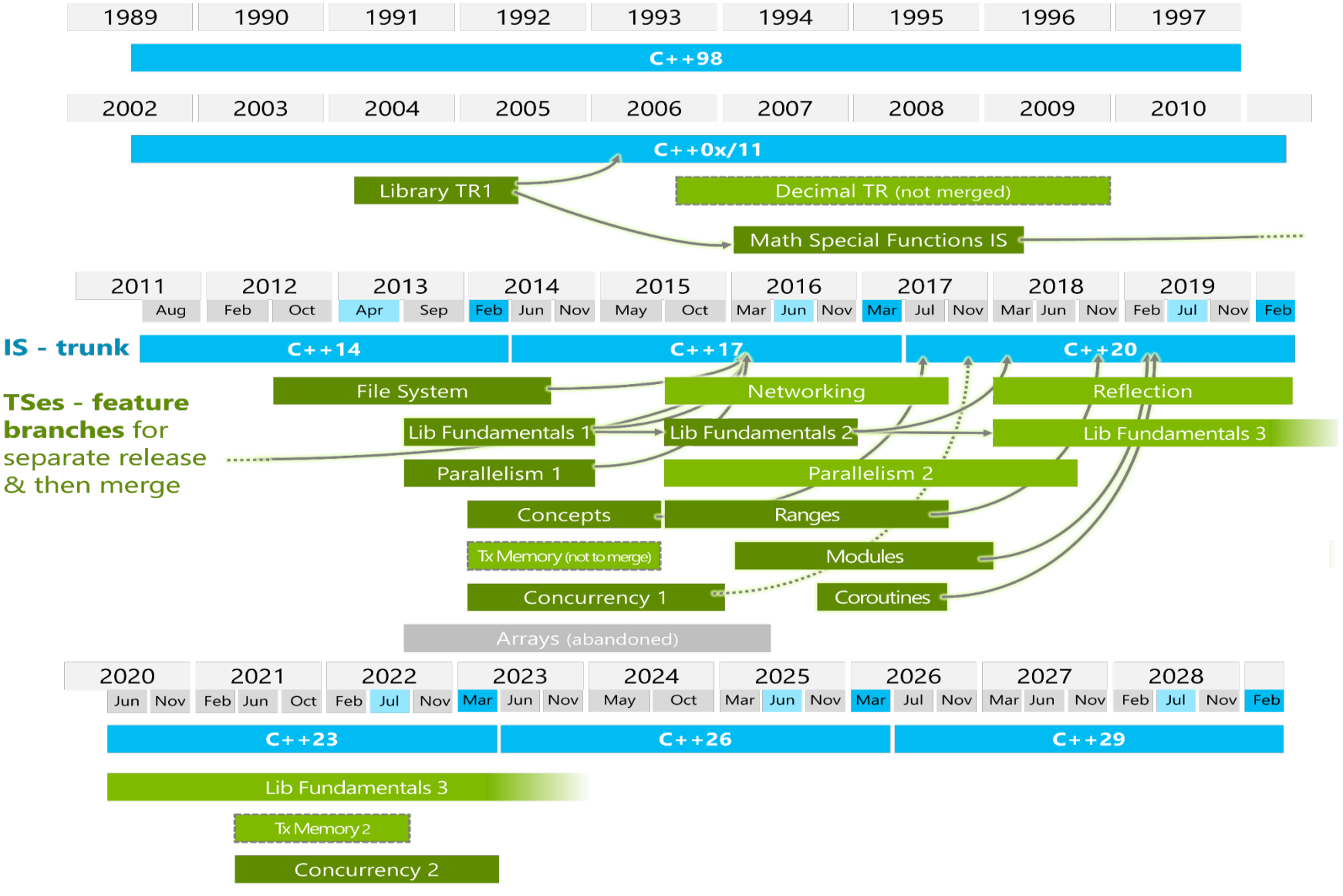
1 C++ 语言概述

- C++ 的发展
- C++ 源程序结构与书写规范
- C++ 编译器和集成开发环境

C++ 语言的发展

http://isocpp.org/std/status

- C++ 是从 C 语言发展演变而来，可以看成是 C 的超集
- 1980 年由 Bjarne Stroustrup 开发创建
- 1983 年正式取名 C++，1989 年开始 C++ 的标准化工作
- 1994 年制定了 ANSI C++ 标准草案
- 1998 年由 ISO 批准为国际标准，通称 C++98
- 2011 年发布 C++11, 增加了多线程支持、通用编程支持等, 标准库也有很多变化
- 目前的 C++ 最新标准是 C++20
- Recent milestones: C++23 done, out for final ballot; C++26 work has begun
- C++ 可用于软件/系统/游戏开发、单片机和嵌入式系统等


1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
C++98
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
C++0x/11
Library TR1
Decimal TR (not merged)
Math Special Functions IS
2011
Aug
2012
Feb
Oct
2013
Apr
Sep
2014
Feb
Jun
Nov
2015
May
Oct
2016
Mar
Jun
Nov
2017
Mar
Jul
Nov
2018
Mar
Jun
Nov
2019
Feb
Jul
Nov
Feb
IS - trunk
C++14
C++17
C++20
TSes - feature branches for separate release & then merge
File System
Networking
Reflection
Lib Fundamentals 1
Lib Fundamentals 2
Lib Fundamentals 3
Parallelism 1
Parallelism 2
Concepts
Ranges
Tx Memory (not to merge)
Modules
Concurrency 1
Coroutines
Arrays (abandoned)
2020
Jun
Nov
2021
Feb
Jun
Oct
2022
Feb
Jul
Nov
2023
Mar
Jun
Nov
2024
May
Oct
2025
Mar
Jun
Nov
2026
Mar
Jul
Nov
2027
Mar
Jun
Nov
2028
Feb
Jul
Nov
Feb
C++23
C++26
C++29
Lib Fundamentals 3
Tx Memory 2
Concurrency 2

程序示例分析

```
#include <iostream> // 预处理指令，载入头文件
using namespace std; // 使用标准的命名空间
int main()
{
    cout << "Hello!" << endl;

    cout << "Welcome to C++! " << endl;

    return 0;
}
```

主函数

cout：标准输出，通常指屏幕

<<：插入

endl：换行并刷新流

C++源程序结构

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    cout << "Hello!" << endl;
    cout << "Welcome to C++! " << endl;

    return 0;
}
```

C++ 源程序结构：

- 一个 C++ 源程序由一个或多个源文件组成
- 每个源文件可由一个或多个函数组成
- 一个源程序有且只能有一个 main 函数，即主函数
- 程序执行从 main 开始，在 main 中结束
- 源程序中可以有预处理命令，通常应放在源文件或源程序的最前面
- 一行可以写多个语句，一个语句可以分几行书写

C++ 程序书写规范

- 每条语句以分号“;”结尾，（预处理命令，函数头和花括号“}”之后除外）
- 标识符、关键字之间用空格隔开（若已有明显的间隔符，可不加）
- 区分大小写
- 注释：// 和 /* */
- 适当的缩进：锯齿形书写格式
- 所有标点符号必须在英文状态下输入

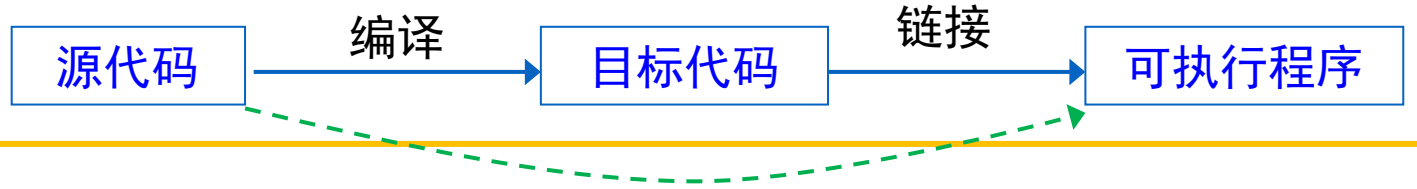
代码书写建议：

- { } 要对齐
- 一行写一个语句，一个语句写一行
- 缩进一致，可使用 TAB
- 有合适的空行，有足够的注释

C++ 编译器

什么是编译器

- 编译器就是将“高级语言”翻译为“机器语言”的程序
- 一个现代编译器的主要工作流程：



常见的 C++ 编译器

- **GNU C++** 开源免费，Linux/Unix 平台首选，非常优秀
- **Visual C++** 微软，Windows平台最流行，集成在 Visual Studio 中
- **Intel C++** Intel 编译器，对自家硬件支持很好，Win/Linux 都适用
- **Clang** LLVM 框架下的 C 家族语言编译器

IDE

IDE (集成开发环境)

Integrated Development Environment

- 用于程序开发的应用软件，一般包括编辑器、编译器、调试器和图形界面等
- 常见的 C++ 集成开发环境
  - **Dev C++**：小巧免费，功能简单，适合初学者和教学
  - **VS Code** + MinGW / Remote SSH：微软免费IDE + GCC（微软有配置方法指导）
  - **Visual Studio**：微软出品，大而全，有社区版（免费）

Dev C++

- Dev-Cpp 5.11 （gcc 4.9.2, 支持 C11/C++11, 缺省为 C90/C++98，机房电脑）
- Embarcadero Dev-Cpp 6.3 （gcc 9.2, 支持 C17/C++17, 缺省为 C11/C++14）

2 C++ 编程基础

- C++ 字符集：标识符，关键字
- C++ 数据类型与类型转换
- 变量、常量、符号常量
- 运算符、运算优先级
- 语句与表达式

字符集

C++ 字符集

- 字母（大写和小写，共 **52** 个）
- 数字（**0** 到 **9** 共 **10** 个）
- 空白符（空格符、制表符、换行符）
- 标点 和 特殊字符

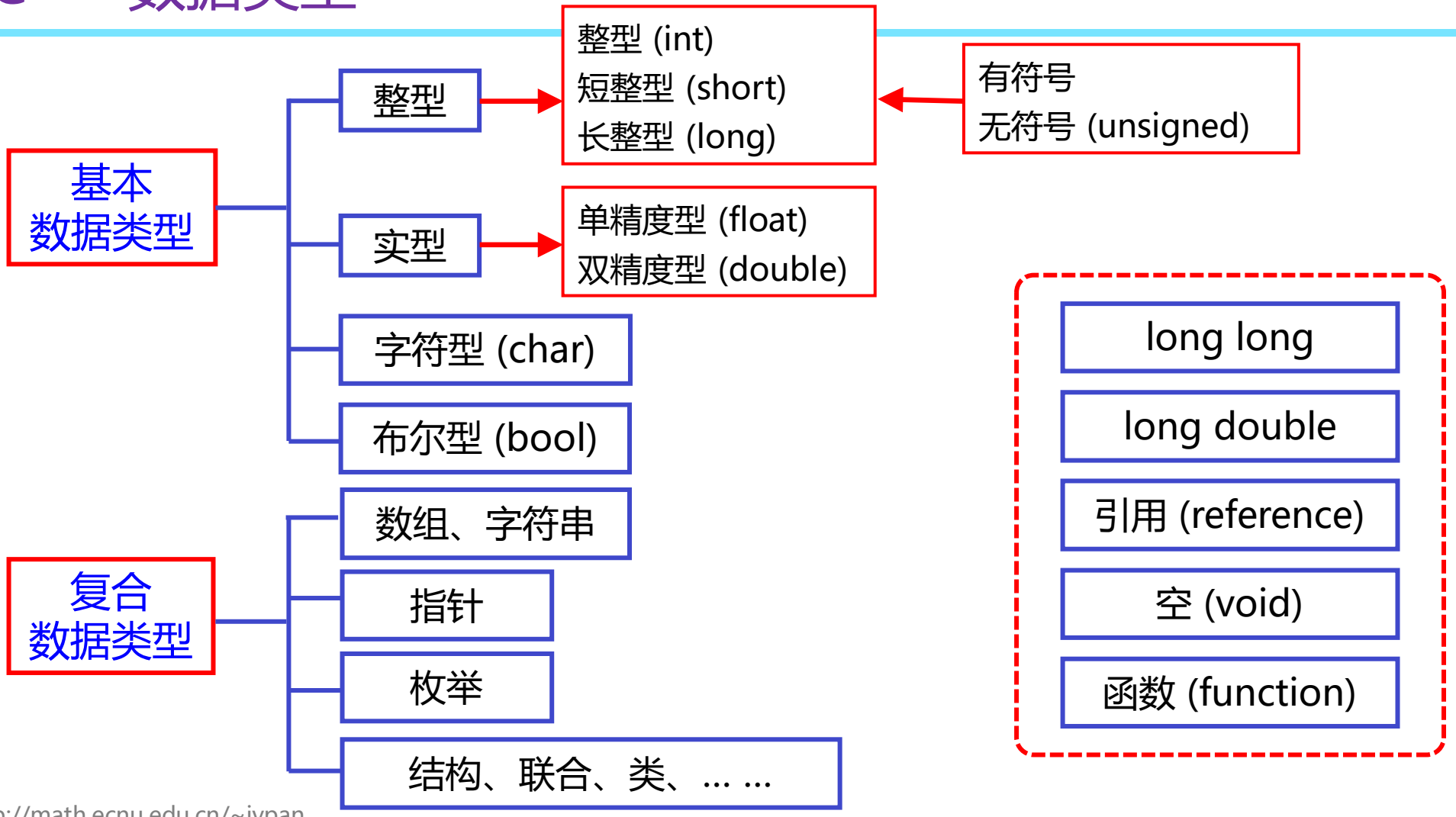
```
!   #   %   ^   &   *   ()   []   {}   _   +
=   -   ~   <   >   /   \    '    "    ;   .   ,
```

† 注：这里的标点符号都是指在英文状态下的标点

词法记号/词汇

- 标识符：用来标识变量名、函数名、对象名等的字符序列
  - 由字母、数字、下划线组成，第一个字符必须是字母或下划线
  - 区分大小写，不能用关键字
  - C++ 不限制标识符长度，实际长度与编译器有关
  - 命名原则：见名知意、不宜混淆
- 关键字：具有特定意义的字符串，通常也称为保留字
  - 包括：类型标识符（类型说明符）、语句定义符（控制命令）、编译预处理命令等
- 运算符（详见后面介绍）
- 分隔符：空格、逗号、冒号、分号、（ ）、 {}
- 注释符：以 “ /* ” 开头并以 “ */ ” 结尾（大段注释）；或 “ // ” 开头（行注释）
- 文字：直接用字符表示的数据，即常量，如数字、字符串等

C++ 数据类型


基本
数据类型
整型
整型 (int)
短整型 (short)
长整型 (long)
有符号
无符号 (unsigned)
实型
单精度型 (float)
双精度型 (double)
字符型 (char)
布尔型 (bool)
复合
数据类型
数组、字符串
指针
枚举
结构、联合、类、… …
long long
long double
引用 (reference)
空 (void)
函数 (function)

基本数据类型 / 原生数据类型

ex02_sizeof.cpp

类型	关键字（类型标识符）	所占字节数	表示范围
整型	short	2	$-2^{15} \sim 2^{15}-1$
	int	2 / 4	$-2^{15} \sim 2^{15}-1$ / $-2^{31} \sim 2^{31}-1$
	long	4 / 8	$-2^{31} \sim 2^{31}-1$ / $-2^{63} \sim 2^{63}-1$
	unsigned short	2	$0 \sim 2^{16}-1$
	unsigned int	2/4	$0 \sim 2^{16}-1$ / $0 \sim 2^{32}-1$
	unsigned long	4/8	$0 \sim 2^{32}-1$ / $0 \sim 2^{64}-1$
实型	float	4 (6-7)	$10^{-38} \sim 10^{38}$
	double	8 (15-16)	$10^{-308} \sim 10^{308}$
	long double	16 (18-19)	$10^{-4932} \sim 10^{4932}$
布尔型	bool	1	true, false
字符型	char	1	

- C++ 标准没有规定每种数据类型的字节数，只规定大小顺序，具体长度由处理器和编译器确定

数据运算基本准则和数据类型转换

相同类型的数据才能直接运算，运算结果为同类型数据

数据类型转换：自动转换/隐式转换

- 不同类型的数据进行运算，需先转换成同一类型
- 转换按数据长度增加的方向进行，以保证精度不降低
- 所有的浮点运算都是以双精度进行的
- char 型和 short 型参与运算时，必须先转换成 int 型
- 赋值号两边的数据类型不同时，右边的类型将转换为左边的

```
char → short → int  → long
     → unsigned long → double ← float
```

```
int i=2;
double x=3.2, y;
y=i+x;
```

数据类型转换：强制转换

数据类型转换：强制转换/显式转换

```
类型标识符(表达式)  // C++ 风格
(类型标识符)表达式  // C 风格
static_cast<类型标识符>(表达式) // C++, 静态转换
```

- 将表达式的 值 转换成指定的数据类型，作用是临时性的

ex02_datatype_conversion.cpp

```
int a=2, b=5;
double x, y, z;
x=b/a;            // x=2.0
y=double(b)/a;    // y=2.5
z=double(b/a);    // z=2.0
```

```
int a=2, b=5;
double c=static_cast<double>(b)/a;
```

注：类型转换不会改变变量本身的数据类型！

数据类型转换规则

- 浮点型转整型：直接丢掉小数部分
- 字符型转整型：取字符的 **ASCII** 码
- 整型转字符型：取 **ASCII** 码对应的字符

```
int i;
char a;
i=3.6;  cout << "i=" << i << endl;
i=-3.6; cout << "i=" << i << endl;
i='m';  cout << "i=" << i << endl;
a=90;   cout << "a=" << a << endl;
```

变量

变量： 用于存储数据，值可以改变

- 变量名：要求与标识符相同
- 变量类型：整型、实型、字符型、布尔型
- 变量必须 先声明，后使用

变量的声明

类型标识符 变量名列表;

- 变量的初始化：三种方式（赋值号，小括号，大括号）

```
int i=20;
int j(2);
int k{4};
```

常量：常数常量

常量： 在程序运行中值不能改变的量

常数常量

- 整型常量：整数，后面加 l 或 L 表示长整型，加 u 或 U 表示无符号整型
- 实型常量：缺省为双精度，
  后面加 f 或 F 表示单精度，加 l 或 L 表示 long double
- 字符型常量：用单引号括起来的单个字符或转义字符
- 字符串常量：用双引号括起来的字符序列
- 布尔常量：true 和 false

```
123, -456, 123L, 456U;
1.2, 1.2F, 1.2L, 1.2e8, 1.2e8F
'M', 'A', 'T', 'H', '?', '$'
"MATH@ECNU"
```

常量：符号常量

符号常量

const 类型说明符 变量名=常量值;

- 符号常量在声明时必须初始化
- 符号常量的值在程序中不能被修改（不能重新赋值）

```
const float PI=3.1415926;
```

为已有的数据类型说明符取别名

数据类型取别名

typedef 已有数据类型名 别名;

using 别名 = 已有数据类型名;

- “原数据类型说明符”必须是已经存在或定义过的
- 可以同时取多个别名

```
typedef double area, volume; // 可以同时定义多个别名，用逗号隔开
using real = float;
area   x;
volume y;
real   z;
```

ex02_typedef.cpp

运算符

- 算术运算符：+、-、*、/、%、++ (自增)、-- (自减)
- 赋值运算符：=、+=、-=、*=、/=、%= 、&=、|=、^=、>>=、<<=
- 逗号运算符：, (把若干表达式组合成一个表达式)
- 求字节数运算符：sizeof (计算数据类型所占的字节数，运算符，不是函数)

- 关系运算符：用于比较运算，>、<、==、>=、<=、!=
- 逻辑运算符：用于逻辑运算，&&、||、!
- 条件运算符：是一个三目运算符，用于条件求值 (? :)
- 指针运算符：* (取内容)、& (取地址)
- 位运算符：按二进制位进行运算，&、|、^ (异或)、~ (取反) 、<< (左移)、>> (右移)

赋值运算

- 标准赋值语句：变量 = 表达式

```
x=3;
y=z=4; // 这种方式不能用于初始化
```

- 自增自减（前置和后置）：++、--

x++;	⟺	x=x+1;
++x;	⟺	x=x+1;
y=x++*3;	⟺	y=x*3; x=x+1;
y=++x*3;	⟺	x=x+1; y=x*3;

- 前置：先自增自减，然后使用
- 后置：先使用，然后自增自减

```
int i=10, j, k;
j=i++;  // j=?
k=++i;  // k=?
```

ex02_increment.cpp

不要在同一语句中包含一个变量的多个++或--，因为它们的解释在C/C++标准中没有规定，完全取决于编译器的个人行为，同时也应避免 y=x++*x 及类似语句

复合赋值与逗号运算

- 复合赋值语句：`+=、-=、*=、/=、%=`

`x+=3;` ⟺ `x=x+3;`

`x/=3;` ⟺ `x=x/3;`

```
int a, b, c, d, e;
a = 5;
b = a + 3;
a = a + (c=6);    // a=?, c=?
d = e = f = a;
e *= d;           // e=?
f /= c - 2;       // f=?
```

ex02_shortcut_assignment.cpp

- 逗号运算符：表达式 1，表达式 2
  - 先计算表达式 1 的值，再计算表达式 2 的值，并将表达式 2 的值作为整个表达式的结果

```
int a=2, b1, b2;
b1 = a++, a+10;     // b1=?
b2 = (a++, a+10);   // b2=?
```

ex02_comma.cpp

注意运算的优先级！
（逗号运算最低）

位运算

- 位运算符：按二进制位进行运算

&、|、^ (异或)、~ (取反) 、<< (左移)、>> (右移)

```
short a=5, b=14;
short c1,c2,c3,c4,c5,c6;
c1 = a & b;
c2 = a | b;
C3 = ~ a;
C4 = a ^ b;
C5 = a << 3;
C6 = a >> 2;
```

ex02_bitwise.cpp

```
a : 00000000 00000101
b : 00000000 00001110
```

a&b	: 00000000 00000100
a | b	: 00000000 00001111
~ a	: 11111111 11111010
a ^ b	: 00000000 00001011
a<<3	: 00000000 00101000
a>>2	: 00000000 00000001

其他运算符将会再后面的讲义中陆续介绍

运算优先级

高

低

() ++(后置) --(后置) 强制类型转换
! ++(前置) --(前置) +(正号) -(负号)
* / %
+ -
< <= > >=
== !=
&&
||
赋值(= += -= *= /= 等)
逗号运算(,)

更多详见讲义或课程主页

sizeof

- 返回对象或数据类型所占内存字节数（注意：sizeof 是操作符，不是函数）

sizeof(数据类型)	返回指定数据类型所占的字节数
sizeof(变量名)	返回存储指定变量所需的字节数
sizeof(表达式)	返回存储表达式结果所需的字节数

ex02_sizeof.cpp

```
int a, b, c, d;
a = sizeof(int);
b = sizeof(a);
c = sizeof(3 + 5);
d = sizeof(3.0L + 5);
```

常用数学函数

需加头文件 #include <cmath>

绝对值	abs(x)
平方根	sqrt(x)
指数函数	exp(x)
x^y	pow(x,y)
对数函数	log(x), log10(x)
取整函数	ceil(x), floor(x), round(x), trunc(x)
三角函数	sin, cos, tan, asin, acos, atan
双曲三角函数	sinh, cosh, tanh, asinh, acosh, atanh

ex02_math.cpp

表达式与语句

- 表达式：由运算符连接常量、变量、函数所组成的式子，通常返回一个具体的值
- 程序由语句构成，C++的语句包括：
  - 空语句（只有分号）
  - 声明语句
  - 表达式语句（赋值表达式）
  - 复合语句（将多个语句用 { } 括起来组成的一个语句）
  - 选择语句
  - 循环语句
  - 跳转语句
  - ……

3 简单输入输出

- 标准输出：cout
- 标准输入：cin
- 操纵符：控制输出的格式

标准输出

- 输出到标准输出设备（显示器）：cout

```
x = 3.14159;
cout << "x=" << x << endl;
```

  - 转义字符：在输出语句中有特殊含义的字符

\a	响铃	\r	回车	\\	反斜杠
\b	退后一格	\t	水平制表符	\'	单引号
\n	换行	\v	垂直制表符	\"	双引号

```
x = 3.14159;  y = 2.71828;
cout << "x=" << x << "\t y=" << y << "\n";
```

ex02_IO_01.cpp

标准输入

- 从标准输入设备（键盘）中输入数据：cin

ex02_IO_02.cpp

```
cout << "Please input x: ";
cin >> x ;
```

  - 在输入语句前通常需要输出一些 提示信息

操纵符

- 操纵符：控制输入输出格式

需加头文件 #include <iomanip>

操纵符	含义
endl	插入换行符，并刷新流
setw(n)	设置域宽
right	右对齐（缺省方式）
left	左对齐
setfill(字符)	设置填充
fixed	使用定点形式
scientific	使用指数形式（科学计数法）
setprecision(n)	设置输出的有效数字个数； 若在 scientific 后使用，则设置小数位数

▶ 更多用法见第七讲：输入输出与文件操作

操纵符

- 操纵符的作用范围
  - setw: 只对紧随其后的输出起作用
  - 其它操纵符: 直至下一个同类型命令为止

ex02_IO_03.cpp

```
double x=3.14159,  y=12.3456789;
cout << setprecision(5);
cout << "x=" << x << endl;
cout << "y=" << y << endl;

cout << fixed; cout << setprecision(5);
cout << "x=" << x << endl;
cout << "y=" << y << endl;

cout << left;
cout << "x=" << setw(20) << x << "MATH" <<endl;
cout << setw(20) << "x=" << x << "MATH" <<endl;
```

举例：贷款问题

例：银行贷款问题

已知贷款总额、贷款月利率和贷款年限，计算每月需偿还的金额和偿还总额。

- 等额本息方式：

  L ： 贷款总额

  r_m ： 月利率

  y ： 还贷年限

每月需偿还的金额： $$L \times \frac{r_m (1+r_m)^{12y}}{(1+r_m)^{12y} - 1}$$

- 等额本金方式：

  R ： 已偿还的本金总额

每月需偿还的金额： $$\frac{L}{12y} + (L - R) \times r_m$$

等额本息

ex02_loan.cpp

```
#include <iostream>
#include <cmath>  // 数学函数
using namespace std;

int main()
{   double Loan, rate_year, rate_month, year;
    double payment_month, payment_total;
    cout << "input loan amount: " ;          cin >> Loan;
    cout << "input yearly interest rate: ";  cin >> rate_year;
    rate_month = rate_year/1200;
    cout << "input number of years: ";       cin >> year;
    double vtmp = pow(1+rate_month,12*year); // 计算每月还款金额
    payment_month=Load*rate_month*vtmp/(vtmp-1);
    payment_total=payment_month*year*12;
    cout << "Monthly payment: " << payment_month << ", ";
    cout << "Total payment: " << payment_total;
    return 0;
}
```

举例：显示系统时间

例：显示系统当前时间

头文件 ctime 中函数 time(0) 或 time(NULL) 返回当前时间与1970年1月1日零时的时间差（格林威治时间，以秒为单位）

ex02_showtime.cpp

```
#include <iostream>
#include <ctime>

using namespace std;

int main()
{   long second, minute, hour;
    second = time(NULL);
    minute = second/60;
    hour = minute/60;

    cout << "当前北京时间是 ";          // 北京时间：格林威治时间 + 8小时
    cout << (hour+8) % 24 << ":" << minute % 60 << ":" << second % 60 << endl;

    return 0;
}
```

第二讲上机作业

1、编写程序，从键盘读入圆柱体的半径和高度，计算其表面积和体积，并将结果在屏幕上输出。
（π 取值 3.14159265，输入要有提示，程序取名 hw02_01.cpp）

2、银行提供两种 5 年定期存款方式：
一年期方式：年利率 10%, 每年到期后, 自动将本年度的利息加入本金中；
五年期方式：年利率 11%, 五年后本金和利息一起归还储户。
编写程序，分别以两种方式存入 100 万，输出五年后各得多少？（程序取名 hw02_02.cpp）

3、修改程序 ex02_showtime.cpp，使得输出的时、分、秒都占两个位置，如：
14 点 25 分 10 秒显示为 14:25:10，9 点 8 分 5 秒显示为 09:08:05
（提示：setw 和 setfill，程序取名 hw02_03.cpp）