普通高等教育“十三五”规划教材
高等院校计算机系列教材

C/C++语言程序设计

谭晓玲　熊　江　方伟鉴　杨　勇 ◉ 主编

華中科技大學出版社
http://www.hustp.com

普通高等教育“十三五”规划教材
高等院校计算机系列教材

C/C++语言程序设计

主　编　谭晓玲　熊　江　方伟鉴　杨　勇
副主编　雷国平　余先伦　牛晓伟　刘　毓
肖化武　胡政权

华中科技大学出版社
中国·武汉

内容简介

本书以面向应用型人才培养为目标，遵循理论联系实际的原则，注重基础性和实用性，简洁、通俗易懂、直观地讲述了C/C++语言程序设计。第1~8章讲述了C语言的背景知识，基本数据类型、运算符和表达式，程序的流程控制，数组，模块化程序设计，指针，结构体和共用体，文件等内容；第9章介绍了C++程序设计基础等内容；第10章是实验指导；第11章是习题。

本书以C/C++语言程序设计基础为主，面向零基础的初学者。C++语言在C语言的基础上做了部分修改和扩充，结合实验指导，着重培养学生的基本编程思想，提升学生的逻辑思维能力和抽象能力。本书既适合高等学校计算机专业和非计算机专业的学生使用，也可作为各类职业院校、计算机培训学校等相关专业课程的教材与工程技术人员自学和参考的资料。

图书在版编目(CIP)数据

C/C++语言程序设计/谭晓玲等主编. —武汉：华中科技大学出版社，2018.12
ISBN 978-7-5680-4931-3

Ⅰ. ①C… Ⅱ. ①谭… Ⅲ. ①C语言-程序设计-高等学校-教学参考资料 Ⅳ. ①TP312.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第008264号

C/C++语言程序设计　　谭晓玲　熊　江　方伟鉴　杨　勇　主编
C/C++ Yuyan Chengxu Sheji

策划编辑：范　莹
责任编辑：陈元玉
封面设计：原色设计
责任监印：赵　月
出版发行：华中科技大学出版社(中国·武汉)　　电话：(027)81321913
武汉市东湖新技术开发区华工科技园　　邮编：430223
录　　排：华中科技大学惠友文印中心
印　　刷：武汉科源印刷设计有限公司
开　　本：787mm×1092mm　1/16
印　　张：18.5
字　　数：437千字
版　　次：2018年12月第1版第1次印刷
定　　价：45.00元

前　言

程序设计是高等院校的一门基础课程。对于计算机相关专业，程序设计是基础，是进一步学习其他专业知识的第一步阶梯；对于非计算机专业，程序设计的学习有助于理解计算机的工作方式，哪些是计算机擅长解决的问题，计算机擅长用怎样的方式去解决这些问题，从而更好地利用计算机来解决本专业领域内的问题。

C 语言是古老而长青的编程语言，它具备了现代程序设计的基本要求，它的语法是很多其他编程语言的基础，在各类编程语言排行榜上常年名列前茅。它以其丰富灵活的控制和数据结构、简洁的语句、清晰的程序结构、良好的移植性、较小的时空开销广泛应用于系统软件和应用软件的开发中。C++语言是在 C 语言基础上发展起来的面向对象的高级计算机语言，它不但继承了 C 语言的所有优点，而且兼容 C 语言的所有语法，更增强了安全性、适应性，提高了编程效率高。C++既可用于面向过程的结构化程序设计，又可用于面向对象的程序设计，是一种功能强大的混合型程序设计语言。

在多年高校的教学工作中，编者深切体会到，对读者而言，学习 C/C++语言程序设计的过程不仅是非常重要的专业基础训练，而且锻炼耐心和毅力，培养独立思考、逻辑思维，有助于提高发现问题、分析问题和解决问题的综合应用能力，其意义要远大于学会一门程序设计语言，其对后续课程的学习和今后的工作也大有裨益。

本书由长期从事高等院校 C/C++语言程序设计课程的教学、科研开发的一线人员编写而成。依据编者多年的实践教学经验，并参考和借鉴了多本相关的同类教材，对本书的知识体系总体结构及内容讲述的逻辑顺序进行了精心的设计和安排，以基本理论、基本方法和基础知识为着眼点，力争做到知识体系完整，结构顺序合理，内容深浅适宜，例题典型全面，讲解循序渐进。另外，一开始就让读者上机实践，之后理论与实践互补学习，这有利于掌握程序设计的技巧，提高编程能力。扎实掌握好 C 语言编程后，再自然过渡到 C++语言编程。同时，编者还认真参考了全国计算机等级考试的考试大纲，在内容讲授的深度、广度以及侧重点上，尽量满足全国计算机等级考试的要求，让广大读者通过学习本书即可轻松应对全国计算机等级考试。

本书第 1 章由熊江、谭晓玲老师编写，第 2 章、第 3 章、第 7 章由杨勇老师编写，

第 4 章、第 5 章、第 6 章由方伟鉴老师编写，第 8 章由谭晓玲、牛晓伟老师编写，第 9 章由谭晓玲、雷国平、刘毓老师编写，第 10 章由谭晓玲、余先伦、肖化武老师编写，第 11 章、附录由谭晓玲、方伟鉴、杨勇、胡政权老师编写。本书由谭晓玲、熊江老师统稿。编写过程中还得到了重庆三峡学院朱丙丽老师、重庆信息技术职业学院谭俊老师、重庆三峡医药高等专科学校王红老师的热心帮助，在此表示衷心的感谢。

感谢重庆三峡学院、智能信息处理与控制重庆市高校市级重点实验室和重庆市高校创新团队建设计划资助项目（CXTDX201601034）对本书编写工作的资助。

我们在编写中参考了同行专家学者的相关著作，在此谨向他们表示谢意。书中不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编　者

2018 年 10 月

目　录

第 1 章　C 语言概述

C 语言是规模小、效率高、功能强的专业编程语言，它被广泛应用于系统软件和应用软件的编写，是公认的最重要的几种编程语言之一，也被称为“低级语言中的高级语言，高级语言中的低级语言”。本章首先介绍 C 语言的发展及其特点，然后通过实例重点介绍 C 语言程序的基本结构、书写规则、语句和关键字。

1.1　程序与程序设计语言

计算机本身不能完成任何运算，需要我们告诉计算机如何运算，这就是程序。程序需要有一定的格式才能让计算机识别我们要做的事。因此，我们只有解决一个问题之后（提出算法），才能依靠计算机来帮忙解答问题。

程序设计语言是用于书写计算机程序的语言。语言的基础是一组记号和一组规则。根据规则，由记号构成的记号串的总体就是语言。在程序设计语言中，这些记号串就是程序。程序设计语言有三个方面的因素，即语法、语义和语用。语法表示程序的结构或形式，即表示构成语言的各个记号之间的组合规律，但不涉及这些记号的特定含义，也不涉及使用者。语义表示程序的含义，即表示按照各种方法所表示的各个记号的特定含义，但不涉及使用者。

1.1.1　基本概念

要理解什么是程序，必须先知道什么是计算机？什么是计算？才有可能理解什么是程序。

1.计算

计算（computation）是模拟客观世界运行的一种机制。其目的是预测下一步会发生什么。它有很多种形式，如周易八卦图、大脑里的直觉感应、下意识的反应等。当然，还可以通过机械、电子电路、化学反应等来模拟。我们为计算对象建立模型，比如，需要回答在什么条件下对象的状态会发生转变；当某个数据发生变化时，会引起其他数据怎样变化，等等。将该模型通过特定“机制”描述出来，就是所谓的“计算机”了。

2. 计算机

计算机就是通过电子电路系统来模拟客观世界的运行，接收输入信号，给出输出信

号。但是，对专用计算机来说，只能完成单一功能的计算，是不需要程序的。例如运行2+3，可以设计一个专用电路完成。通用计算机可以模拟出任意专用计算机的功能（只要在这个通用计算机的表示范围内），比如 2+3、4*5 等。

3. 计算机程序

计算机程序就是描述这个专用计算机模型的数据结构，通用计算机解读这个数据结构，然后模拟运行。此数据结构称为程序。这个“解读”过程就是编译器/解释器的运行过程。通过扫描程序，然后将它们翻译成一个个类似的专用电路模块并相互连接而成特别的“计算机”，再让这个机器运行起来，得到预期的结果；否则进行程序调试、修改，重复上面的步骤。

4. 程序

程序（program）是计算机系统的必备元素，因为计算机系统由硬件、操作系统以及软件构成，而程序又是软件的组成部分。操作系统是管理和控制计算机硬件与软件资源的计算机软件，是直接运行在“裸机”上最基本的系统软件，任何其他软件都必须在操作系统的支持下才能运行。可见，操作系统也是一个特殊的程序，特殊在它扮演这个统筹管理的角色，类似于国家职能机关，管理着社会大大小小的事务，让社会有条不紊地发展。

5. 程序与软件的区别

程序与软件（software）的概念不同，但常因为概念相似而被混淆。软件是指程序及与其相关的文档或其他从属物的集合。一般我们视程序为软件的一个组成部分，简单来说，软件=程序+文档。比如一个游戏软件包括程序（如.exe 等）和其他图片（如.bmp 等）、音效（如.wav 等）、使用说明（如 readme.txt）等附件，那么这个程序称为应用程序（application），而它与其他文件（图片、音效等）在一起合称为软件。

本质上，程序是在计算机中执行的一系列指令，用于完成特定的目的，通常用某种程序设计语言编写。程序、程序设计语言、计算机与操作系统的关系，好比餐厅中完成一道酸菜鱼，厨房经理（操作系统）协调安排某厨师（计算机）按照某语言（比如 C 语言）编写的菜谱（程序），使用各种食材（文档），烹饪出美味的酸菜鱼。软件可以看成菜谱和各种食材的集合，用来完成特定的功能（烹饪美食）。

通常，代码文本文件经过预处理、编译、汇编和链接，生成人们不易理解的二进制指令文本，供计算机执行，这种二进制指令文件即为可执行的计算机程序。未经编译可解释运行的程序通常称为脚本程序，未经编译不可执行的代码文件称为源文件。下面以 C 语言为例，介绍学习编程语言的经典样例 helloworld 程序的执行过程。源文件 helloworld.c 如下：

```
#include <stdio.h>
```

```
int main(int argc,char* argv[])
{
  printf("hello world\n");
  return 0;
}
```

helloworld.c 编译默认生成名为 helloworld.exe 的可执行文件，执行输出结果为“hello world”。程序执行过程经历了如下步骤。

（1）二进制可执行文件 helloworld.exe 存储在磁盘上，由 CPU 或 DMA 将 helloworld.exe 加载到主存，加载的数据包括指令和待输出的字符串“hello world”。

（2）CPU 依次从内存读取指令，执行指令，将“hello world”复制到寄存器

（3）CPU 将“hello world”从寄存器复制到标准输出（默认为显示器）。

对于程序的理解，计算机科学家 Niklaus Wirth（尼古拉斯·沃斯）从本质上给出了简洁的定义，即程序=算法+数据结构。所以请记住，软件=程序+文档=算法+数据结构+文档。

6. 应用程序

完成特定功能的软件，这些功能是使用计算机的最终结果。文字处理软件、数据库程序、web 浏览器和图像编辑程序都是应用程序。应用程序使用计算机的操作系统和其他支持应用程序的服务。

1.1.2 程序设计语言

程序设计语言，通常称为编程语言，是指一组用来定义计算机程序的语法规则。更简单地说，就是算法的一种描述。这种标准化的语言可以向计算机发出指令。依靠程序设计语言，人们把解决某个或者某类问题的算法，也可以说是步骤，告诉计算机，从而让计算机帮助我们解决人脑难以解决的问题。如果说计算机的硬件是身体，那么程序就是计算机的灵魂，而程序设计语言就是组成灵魂的各种概念和思想。用户能够根据自己的需求来安装不同的程序，使计算机完成所需的功能，程序设计语言可以说是功不可没。

程序设计语言的基础是一组记号和一组规则。程序设计语言一般都由三部分组成：语法、语义与语用。语法就是在编写程序时所需要遵守的一些规则，也就是各个记号之间的组合规律。语法没有什么特殊含义，也不涉及使用者，但它是编译器识别并编译代码的基础。语义表示的就是程序的含义，也就是按照各种方法所表示的各个记号的特殊含义。程序设计语言的语义又包括静态语义和动态语义。静态语义指的是在编写程序时就可以确定的含义，而动态语义则必须在程序运行时才可以确定的含义。语义不清，计算机就无法知道所要解决问题的步骤，也就无法执行程序。语用表示构成语言的各个记号和使用者的关系，涉及符号的来源、使用和影响。语用的实现有一个语境问题。语境

是指理解和设计程序设计语言的环境，包括编译环境和运行环境。

和自然语言一样，程序设计语言也经过了一步步的发展才逐渐完善的。

自 20 世纪 60 年代以来，世界上公布的程序设计语言已有上千种，但是只有很小一部分得到了广泛应用。从发展历程看，程序设计语言可以分为四个阶段。

1. 第一代机器语言

机器语言是由二进制 0、1 代码指令构成的，不同的 CPU 有不同的指令系统。机器语言程序难编写、难修改、难维护，需要用户直接对存储空间进行分配，编程效率极低。这种语言已逐渐被淘汰了。

2. 第二代汇编语言

汇编语言指令是机器指令的符号化，与机器指令存在着直接的对应关系，所以汇编语言同样存在着难学难用、容易出错、维护困难等缺点。但是汇编语言也有自己的优点：可直接访问系统接口，汇编程序翻译成的机器语言程序的效率高。从软件工程角度看，只有在高级语言不能满足设计要求，或不具备支持某种特定功能的技术性能（如特殊的输入/输出）时，汇编语言才被使用。

3. 第三代高级语言

高级语言是面向用户的、基本上独立于计算机种类和结构的语言。其最大的优点是：形式上接近算术语言和自然语言，概念上接近人们通常使用的概念。高级语言的一个命令可以代替几条、几十条甚至几百条汇编语言的指令。因此，高级语言易学易用，通用性强，应用广泛。高级语言种类繁多，可以从应用特点和对客观系统的描述两个方面对其进一步分类。

1）从应用角度分类

从应用角度看，高级语言可以分为基础语言、结构化语言和专用语言。

（1）基础语言。基础语言也称通用语言。它的历史悠久，流传很广，有大量的已开发的软件库，拥有众多的用户，为人们所熟悉和接受。这类语言有 FORTRAN、COBOL、BASIC、ALGOL 等。FORTRAN 语言是目前国际上广为流行、也是使用得最早的一种高级语言，从 20 世纪 90 年代起，在工程与科学计算中一直占有重要地位，备受科技人员的欢迎。BASIC 语言是在 20 世纪 60 年代初为适应分时系统而研制的一种交互式语言，可用于一般的数值计算与事务处理。BASIC 语言结构简单，易学易用，并且具有交互能力，成为许多初学者学习程序设计的入门语言。

（2）结构化语言。20 世纪 70 年代以来，结构化程序设计和软件工程的思想日益为人们所接受和欣赏。在它们的影响下，先后出现了一些很有影响的结构化语言，这些结构化语言直接支持结构化的控制结构，具有很强的过程结构和数据结构能力。PASCAL、

C、Ada 等语言就是它们的突出代表。

PASCAL 语言是第一种系统地体现结构化程序设计概念的现代高级语言，软件开发的最初目标是把它作为结构化程序设计的教学工具。由于它模块清晰、控制结构完备、有丰富的数据类型和数据结构、语言表达能力强、移植容易，不仅被国内外许多高等院校定为教学语言，而且在科学计算、数据处理及系统软件开发中都有较广泛的应用。

C 语言功能丰富，表达能力强，有丰富的运算符和数据类型，使用灵活方便，应用面广，移植能力强，编译质量高，目标程序效率高，具有高级语言的优点。同时，C 语言还具有低级语言的许多特点，如允许直接访问物理地址，能进行位操作，能实现汇编语言的大部分功能，可以直接对硬件进行操作等。使用 C 语言编译程序产生的目标程序，其质量可以与汇编语言产生的目标程序相媲美，具有“可移植的汇编语言”的美称，成为编写应用软件、操作系统和编译程序的重要语言之一。

（3）专用语言。专用语言是为某种特殊应用而专门设计的语言，通常具有特殊的语法形式。一般来说，这种语言的应用范围狭窄，移植性和可维护性不如结构化程序设计语言。随着时间的发展，专业语言已有数百种，应用比较广泛的有 APL 语言、Forth 语言、LISP 语言。

2）从客观系统的描述分类

从客观系统的描述来看，程序设计语言可以分为面向过程语言和面向对象语言。

（1）面向过程语言。以“数据结构+算法”程序设计范式构成的程序设计语言，称为面向过程语言。前面介绍的程序设计语言大多为面向过程语言。

（2）面向对象语言。以“对象+消息”程序设计范式构成的程序设计语言，称为面向对象语言。比较流行的面向对象语言有 Delphi、Visual Basic、Java、C++等。

Delphi 语言具有可视化开发环境，提供面向对象的编程方法，可以设计各种具有 Windows 内核的应用程序（如数据库应用系统、通信软件和三维虚拟现实等），也可以开发多媒体应用系统。

Visual Basic 语言简称 VB，是为开发应用程序而提供的开发环境与工具。它具有很好的图形用户界面，采用面向对象和事件驱动的新机制，把过程化和结构化编程集合在一起。它在应用程序开发中的图形化构思，无需编写任何程序，就可以方便地创建应用程序界面，且与 Windows 界面非常相似，甚至是一致的。

Java 语言是一种面向对象的、不依赖于特定平台的程序设计语言，简单、可靠、可编译、可扩展、多线程、结构中立、类型显示说明、动态存储管理、易于理解，是一种理想的、用于开发 Internet 应用软件的程序设计语言。

4. 第四代非过程化语言

第四代编程语言（4GL）是非过程化语言，编码时只需说明“做什么”，不需要描述算法细节。数据库查询和应用程序生成器是4GL的两个典型应用。用户可以使用数据库查询语言（SQL）对数据库中的信息进行复杂的操作。用户只需将要查找的内容在什么地方、根据什么条件进行查找等信息告诉SQL，SQL将自动完成查找过程。应用程序生成器则是根据用户的需求“自动生成”满足需求的高级语言程序。真正的第四代程序设计语言应该说还没有出现。所谓的第四代程序设计语言大多是指基于某种语言环境上的具有4GL特征的软件工具产品，如System Z、PowerBuilder、FOCUS等。第四代程序设计语言是面向应用的，为最终用户设计的一类程序设计语言。它具有缩短应用开发周期、降低维护成本、最大限度地减少调试过程中出现的问题以及对用户友好等优点。

1.2 C语言的发展简史和特点

1.2.1 C语言的发展简史

C语言的前身是1967年由Martin Richards为了开发操作系统和编译器而提出的两种高级程序设计语言BCPL（Basic Combined Programming Language）和B.BCPL。Ken Thompson在BCPL的基础上，提出了新的功能更强的B语言，并在1970年使用B语言开发出UINX操作系统的早期版本。BCPL语言和B语言都属于“无数据类型”的程序设计语言，即所有的数据都是以“字”（Word）为单位出现在内存中的，由程序员来区分数据的类型。

1972年，贝尔实验室的Dennis M. Ritchie在BCPL语言和B语言的基础上，又增加了数据类型及其他一些功能，提出了C语言，并在DEC PDP-11计算机上实现。

到20世纪70年代末，C语言已经基本定型，这个C语言版本现在被称为“传统C语言”。1978年，B.W.Kernighan和D.M.Ritchit合著了很有名的《THE C PROGRAMMING LANGUAGE》（简称为《K&R》）一书。但是，在《K&R》中并没有定义一个完整的标准C语言。

C语言还是一门与硬件相关的语言，为了让它能够运行在各种类型的计算机上，即各种硬件平台（Hardware Platforms）上，人们就提出了多种相似但却常常不能相互兼容的C语言版本。这就出现了一个很严重的问题：能够在一台机器上运行的C语言程序往往不能够在另一台机器上运行，除非程序被重新编写。因此，退出C语言标准的呼声日益强烈。1983年，美国国家标准委员会（American National Standards Committee，ANSC）下属的计算机与信息处理部（X3）成立了“X3J11 技术委员会”，专门负责制定一个无二义性的与硬件无关的C语言标准。1989年，“标准C”诞生。1999年，这个标准被更