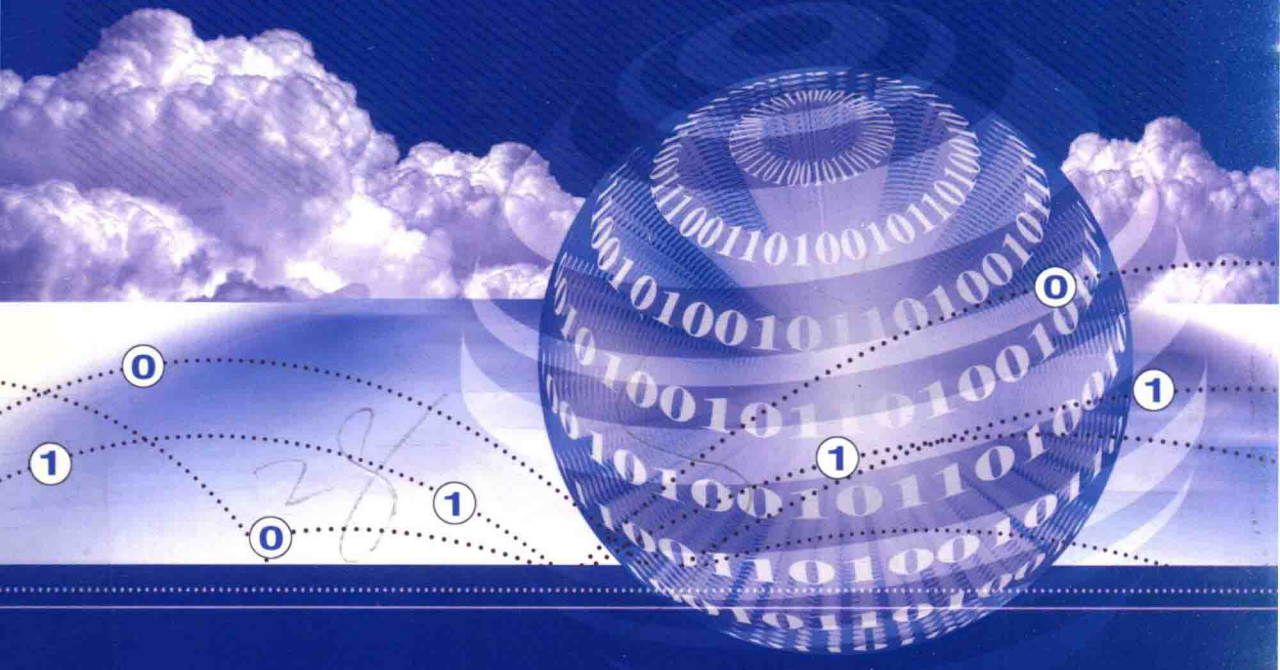
现代远程教育系列教材

C语言程序设计

C Programming

赵 宏　陈旭东　张 仕　魏慧琴　张学辉　编著



北京交通大学出版社
http://www.bjtup.com.cn

内附光盘

现代远程教育

C 语言程序设计

C Programming

赵 宏 陈旭东 张 仕 魏慧琴 张学辉 编著

扫描二维码，下载 App，
可获取本书相关电子资源

北京交通大学出版社
·北京·

内 容 简 介

“C 语言程序设计”是计算机和相关专业的基础课程。本书内容由浅入深，循序渐进，以“案例引入—理论讲解—实例学习—编程练习”的方式，全面介绍了 C 语言的知识和结构化程序设计方法。全书共 10 章，每章都有丰富的例题和习题。本书在注重语言知识讲解的同时，精选了大量应用案例，并详细介绍了每个案例程序的分析和设计过程，立足于逻辑思维能力与程序设计能力的培养。

本书可作为计算机及相关专业学生学习程序设计基础课程的教材，也可作为其他读者自学程序设计的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

C 语言程序设计 / 赵宏等编著. —北京 ：北京交通大学出版社，2017.1
ISBN 978-7-5121-3059-3

Ⅰ. ① C… Ⅱ. ① 赵… Ⅲ. ① C 语言-程序设计-高等学校-教材 Ⅳ. ① TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 263903 号

C 语言程序设计
C YUYAN CHENGXU SHEJI

责任编辑：张利军
出版发行：北京交通大学出版社　　电话：010-51686414　　http://www.bjtup.com.cn
地　　址：北京市海淀区高梁桥斜街 44 号　　邮编：100044
印 刷 者：北京时代华都印刷有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：185 mm×260 mm　　印张：19.75　　字数：493 千字
版　　次：2017 年 1 月第 1 版　　2017 年 1 月第 1 次印刷　　配 DVD 光盘 1 张
书　　号：ISBN 978-7-5121-3059-3/TP・840
印　　数：1～3 000 册　　定价：48.00 元（含光盘）

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。
投诉电话：010-51686043，51686008；传真：010-62225406；E-mail：press@bjtu.edu.cn。

现代远程教育系列教材

编 委 会

出 版 说 明

现代远程教育试点工作开展以来，编写适于我国远程教育培养目标、体现远程教育学习者学习特点、采用现代化的培养手段且便于教育机构和学生共享的学习资源一直是试点院校关注的问题。为促进教育资源的共建共享，中国石油大学（华东）远程与继续教育学院、北京交通大学远程与继续教育学院、福建师范大学网络教育学院、西南科技大学网络教育学院和北京网梯科技发展有限公司共同组建了“网络教育教学资源研发中心”，“现代远程教育系列教材”就是由以上单位合作组织编写的。

该系列教材力图体现以下特色：

1. 文字教材和数字化教学资源统筹考虑；

2. 适应远程学习者的学习特点，方便学习者的自主学习；

3. 教学内容适合应用型人才的培养目标；

4. 由多所高校长期从事一线教学工作的教师及资深专家共同编写，保证教材的高质量、高水平；

5. 实现远程教育教学资源的共建共享。

期望本系列教材成为远程教育学习者的好帮手。

现代远程教育系列教材编委会

2017 年 1 月

前　言

“C 语言程序设计”是计算机课程体系中一门重要的基础课程。本书以 C 语言作为编程语言讲解程序设计，因为 C 语言是使用最广泛的语言之一。C 语言具有完备的高级语言的特性，语言简洁紧凑、灵活方便，具有丰富的运算符和数据类型，生成目标代码质量高，程序执行效率高，可移植性好，是高校计算机和非计算机专业的首选语言。

本书将解决实际问题的程序设计思想作为出发点进行编写，选择 C 语言作为编程语言，突出结构化程序设计方法，介绍常用的数组、链表等数据结构，讲解递归、递推、排序、查找等算法的设计。本书的目标是使读者理解和掌握程序设计的基本概念和方法，具备运用程序设计语言、数据结构和算法进行基本的结构化程序设计的能力。

本书所选取的教学内容既注重基础理论又突出实用性，突出结构化程序设计的基本原理、概念和方法，突出重点，精选例题和习题，由浅入深、逐步展开地进行讲解。本书以“案例引入—理论讲解—实例学习—编程练习”的方式组织教学内容，符合学生的认知过程。参与本书编写的教师均为各学校程序设计方面的骨干教师，能够把教师的教学思想融入教材中，并且将语言和语法的讲解完全融会贯通在程序设计及实例中。本书每章均精选了大量的案例，并详细介绍了每个案例程序的分析和设计过程。通过这些案例的讲解，使读者能够综合应用所学知识解决实际问题，不断提高分析问题、解决问题的能力。“C 语言程序设计”是一门实践性很强的课程，所以本书每章都安排了相应的实践教学内容，供读者进行相关的练习。

本书改变传统教材静态的属性，融合了各种多媒体技术（如文字、动画和视频等），在部分重要知识点的讲解部分设置了二维码，读者通过扫码可以观看相应的动画和视频讲解。本书还提供了配套的教学资源解决方案，录制了全部课程的教学视频，开发了 Web 课件。本书所包含的大量的程序实例，凡在程序开头带有程序名编号的，均有配套的完整的程序源代码。这些教学资源可以在教材的配套光盘中查看，或者用手机扫描本书扉页上的二维码，到北京交通大学出版社的“加阅”平台上下载使用。

本书共 10 章，主要包括程序设计概述、C 程序设计基础、分支结构程序设计、循环结构程序设计、模块化程序设计（一）、数据的组织——数组、指针、模块化程序设计（二）、数据的组织——结构体与链表、文件等内容。

本书由赵宏负责全书的策划、组织，并对全书进行了统稿和校对。全书具体的编写分工为：张学辉负责编写第 1 章和第 5 章，魏慧琴负责编写第 2 章和第 7 章，张仕负责编写第 3 章和第 4 章，赵宏负责编写第 6 章和第 8 章，陈旭东负责编写第 9 章和第 10 章；赵宏、魏慧

琴、陈旭东、马迪芳负责教学视频的录制。

在编写此书时，我们参考了部分图书和网站资料，在此向这些资料的作者表示感谢。本书的编写还得到许多同事的关心和支持，在此表示深深的谢意。

由于时间仓促、作者水平有限，本书难免有不足和疏漏之处，欢迎读者朋友和社会各界同仁提出宝贵的意见和建议，以供再版时加以改进。

编　者

2017 年 1 月

目　录

第1章

程序设计概述

计算机并不是万能的，也不会自动进行所有的工作。计算机的每一个操作都是根据人们事先设定的指令进行的。一组计算机能够识别和执行的指令组合在一起就是程序。程序执行时，计算机会自动地执行各条指令，有条不紊地完成指定的工作。离开程序，计算机将一事无成，程序控制着计算机的所有操作。只有理解了程序设计，才能真正了解计算机是如何工作的，才能更深入地使用计算机。

1.1 程序设计和程序设计语言

1.1.1 程序设计

语言（如汉语、英语等）是人与人之间的交流工具。两个会相同语言的人之间可以直接交流。但是，一个只会汉语的人与一个只会英语的人之间无法直接交流，只有通过翻译才能进行有效的交流。那么，人与计算机之间如何交流呢？人和计算机交流的工具就是程序设计。

什么是程序设计呢？一般来说，所谓的程序设计，就是用计算机语言来编写程序的过程。那么，什么是程序呢？著名的计算机科学家 Wirth 提出了一个著名的公式：

程序=算法+数据结构

这就是说，程序主要由算法和数据结构两部分组成。在程序设计时，编程人员主要考虑两个问题：一个是选择什么算法，也就是问题的求解过程；另一个就是对于参与的数据怎样进行合理的组织和安排，以提高程序运行的效率和求解的精确性，这就是数据结构的问题。数据结构是计算机专业的基础课，包含了丰富的内容，感兴趣的可以自行查阅学习。

1.1.2 程序设计语言

要想让计算机按照人的意图去完成某项预期的工作，必须事先编写好程序。程序设计语言是人向计算机发送操作指令的工具。通过程序设计语言，人们就可以告诉计算机完成什么任务。

在过去的几十年里，人们根据描述问题的需要设计了几千种专用和通用的计算机程序设计语言。有的语言重视运行的效率，如 C 语言；有的语言主要应用于商业数据处理领域，如 COBOL 语言；有的语言适用于任何平台，如 Java 语言；还有一些语言仅仅用于教学，如 Pascal 语言。在目前已知的程序设计语言中，只有少部分得到了比较广泛的应用。图 1-1 是开发语言排行榜（TIOBE）在 2015 年 2 月公布的程序设计语言受欢迎程度的趋势图，从图中可以看

到 C 语言多年来一直占据前两位，并且最近一直居于首位。前 10 名中的 Java、C++、Objective-C、C#、PHP 都是从 C 语言派生来的，而 Python 语言本身就是由 C 语言开发的，由此也可以看出 C 语言的强大。

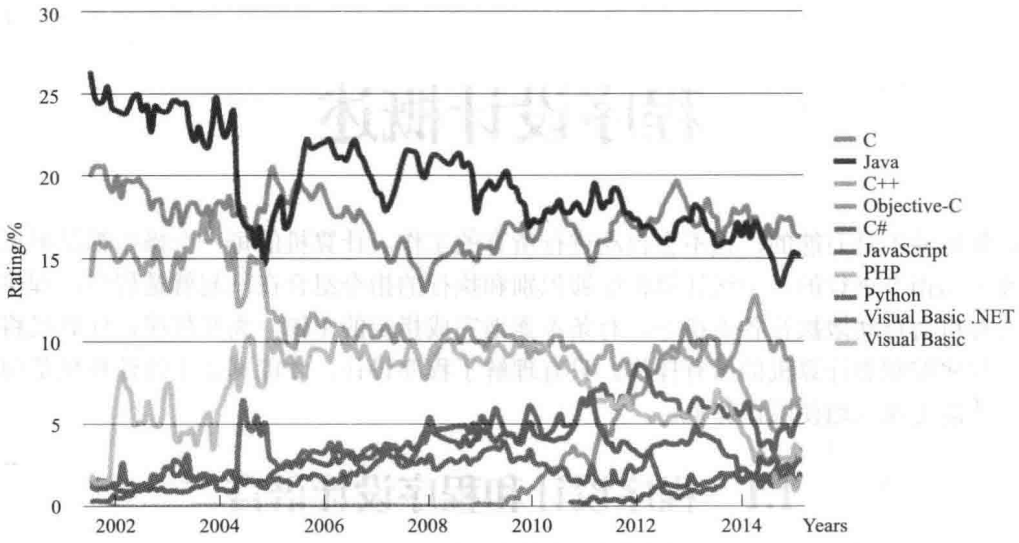


图 1-1　十大流行编程语言趋势图

对程序设计语言最常见的分类是，根据程序设计语言与计算机硬件的联系程度，分为机器语言、汇编语言和高级语言三种类型。机器语言和汇编语言比较依赖于计算机硬件，又被称为低级语言。

1. 机器语言

机器语言是用计算机能理解和执行的由 0 和 1 组成的二进制编码表示的命令，是所有计算机语言中唯一能被计算机直接理解和执行的指令。机器语言是面向机器的语言，计算机能够直接识别，执行效率高。但是，因为程序是由 0 和 1 组成，所以机器语言不易写、不易读、不易理解和记忆。因为依赖于计算机硬件，故其可移植性也比较差。

2. 汇编语言

为了简化机器语言，克服机器语言的缺点，人们采用了助记符和数字来代替二进制代码的指令和数据。例如“ADD R0,R1,”表示将寄存器 R0 和寄存器 R1 的内容相加，将相加后的结果放入寄存器 R1 中，而 R0 中的内容不变。这些由助记符和数字组成的指令称为汇编语言指令，汇编语言指令的集合称为这台机器的汇编语言。由于计算机不能直接识别和执行汇编语言，所以还需要通过“汇编”将汇编语言指令翻译成二进制代码的机器语言指令。

3. 高级语言

汇编语言相对于机器语言而言具有简单、直观的优点。但是，一方面它需要编程人员对机器硬件结构要有一定的了解，这对一般的人员来说感到难以掌握；另一方面它仍属于“面向机器”的语言，不同类型的机器都有自己的一套指令系统，这也给计算机的普及、推广应

用带来不少麻烦。高级语言是一种更接近自然语言、更接近数学语言的程序设计语言。高级语言与具体的计算机硬件平台无关，是面向应用的计算机语言。高级语言更符合人类叙述问题的习惯，简单易学，常见的有C、Java、Python、C#等。

显而易见，用高级语言编写的源程序，计算机也无法直接识别并执行，而是必须要有一个工具先把它翻译成计算机能识别的机器语言的目标程序。把高级语言的源程序翻译成机器语言的目标程序主要有两种方式：编译方式和解释方式。编译方式是指将用高级语言编写的程序经编译程序翻译，形成可由计算机执行的机器指令程序（称为目标程序）的过程。使用编译方式编写运行程序一般需要编写程序、调试和运行三个步骤。不管是编译，还是运行时发现程序有错，都需要修改程序代码之后重新编译，然后才能运行。一旦编译成功，目标代码可以反复运行。编译好的程序可以脱离编译环境而独立运行。C、C++、Fortran 等语言都是编译型语言。解释方式是由事先装入计算机内的“解释程序”将源程序翻译一句执行一句，再翻译一句，再执行一句，直到得到最终结果。解释方式可以随时对源程序进行调试，即使程序有错，有的语言也能运行，直到遇到错误才报告。Basic、Java 等语言属于解释型语言。相比较来说，编译方式下程序的运行速度快、效率高。

1.2 C语言概述

下面介绍C语言的发展历史、特点、应用，以及如何学习C语言。

1.2.1 C语言的历史

C 语言是众多高级程序设计语言中的一种，也是国际上广泛流行的一种高级语言，它的前身是 ALGOL60。1972 年 Ken Thompson 与 Dennis Ritchie 一起在 B 语言的基础上设计出了C语言。最初的C语言只是为了描述和实现 UNIX 操作系统并提供一种工作语言而设计的。由于C语言自身优点很多，所以直到现在一直被广泛使用。

C 语言问世以来，一直在不断发展。1983 年美国国家标准局（ANSI）制定了 C 语言标准草案，并不断完善，于 1987 年开始实施 ANSI 的标准 C。1989 年 ANSI 公布了一个完整的C语言标准，通常被称为 C89。1999 年，ISO 又对 C 语言标准进行了修订，在基本保留原来的C语言特征的基础上，针对应用的需要，增加了一些新功能，通常被称为 C99。

C 语言发展迅速，很快就成为最受欢迎的语言之一。因为其功能强大，优点众多，很快就在各类大、中、小型计算机上得到了广泛使用。

1.2.2 C语言的特点

C 语言是一种面向过程的程序设计语言，用途广泛、功能强大、简单灵活，具有丰富的数据结构和运算符，程序代码效率高，程序可移植性强，既可以用来编写系统软件，又能用于编写应用软件。归纳起来，C 语言有以下特点。

（1）语言简洁、紧凑，使用方便、灵活。C99 总共有 37 个关键字、9 条控制语句，程序书写自由，主要用小写字母表示，压缩了一切不必要的成分。

（2）运算符、数据类型丰富。C 语言的运算符总共有 34 种，并且把括号、赋值和强制类型转换等都作为运算符处理。C 语言还提供了整型、浮点型、字符型、数组、指针、结构体

和共用体等类型。C99 还扩充了复数浮点型、超长整型和布尔类型，使用起来十分灵活和多样化，能用来实现各种复杂的数据结构的运算。

（3）具有结构化的控制语句。结构化的特点是代码及数据结构的分隔化，程序的各个部分除了必要的信息交流之外，彼此独立。结构化方式可以使程序层次清晰，便于使用、维护和调试，也方便实现程序的模块化。

（4）C 语言生成目标代码质量高，程序执行效率高。C 语言和其他高级语言比，生成的目标代码比其他高级语言生成的目标代码质量高，执行效率高。同样的功能，用 C 语言写的一段代码出来的 exe 比其他高级语言小，执行的速度也比其他的快，但一般只比汇编程序生成的目标代码效率低 10%～20%。

（5）C 语言可移植性好。C 语言适合多种操作系统，也适用于多种机型。由于 C 语言编译系统相当简洁，因此简单的修改甚至不用修改就可以移植到新的系统。

当然，C 语言也存在缺点。C 语言中有指针，可以操作计算机硬件，在功能强大的同时也引入了不安全的因素，可能会对系统造成损害。另外，C 语言语法限制不严格，程序设计自由度大，如对数组下标越界不进行检查，这都会影响程序的安全性。

1.2.3 C 语言的应用

现在还有很多流行的程序设计语言，如 Java、C++、C#、PHP 等，与这些高级语言相比，C 语言能做什么呢？其实，Java、C++、C#、PHP 等一些高级语言，基本语法都与 C 语言类似，大多与 C 语言有着千丝万缕的联系。因此，掌握 C 语言会为学习其他高级程序设计语言打下良好的基础。

下面列举一些 C 语言活跃的应用领域。

（1）编写操作系统。UNIX、LINUX 操作系统就是用 C 语言编写的。

（2）编写程序语言的编译器。C、C++等语言的编译系统就是用 C 语言编写的。

（3）编写设备驱动程序。计算机一些外设的驱动程序，如打印机、扫描仪、声卡等的驱动程序，也能找到 C 语言的影子。

（4）嵌入式系统软件。例如工业控制、交通管理、车载智能电子设备等嵌入式系统，大多都是用 C 语言开发的。任何设备只要配置了微处理器，从冰箱到手机，都是由 C 语言技术来推动的。

（5）服务器端软件。很多客户端/服务器端模式的应用系统，客户端的代码大多用新兴的编程语言开发，但服务器端的代码很多仍旧用 C 语言实现。一些大型游戏的引擎也是用 C 语言开发出来的，C 语言的高效、快捷可以满足游戏对实时性的要求。

（6）一些新兴的程序设计语言就是用 C 语言写出来的，如经常用来编写网站后台处理程序的 PHP。

1.2.4 如何学习 C 语言

学习 C 语言最好的方法就是多动手实践，实践的方式有以下几种。

（1）多动手写程序，而不是读程序。仅能看懂别人的程序并不能证明学会了 C 语言。学习掌握 C 语言最好的方法就是多上机编写程序，而不是纸上谈兵。纸上写的程序与实际可以运行的程序还是有很大差别的。

（2）掌握程序调试的技巧。任何人都不可能一次性就写出一个完美的程序。在学习程序设计的过程中，要掌握程序调试的技巧，能根据编译器提示的语法错误信息，快速准确地找到出错的原因，并加以改正。对于逻辑错误，要学会使用调试工具，用单步调试的方式跟踪程序运行情况，找到错误产生的原因并加以改正。

（3）模仿优秀的程序。多阅读、分析一些优秀的程序，如开源系统的源代码。学习和模仿优秀程序的技巧及编码风格，以提高自己的编程能力。

（4）善于利用网络资源。遇到问题，除了及时看书、请教周围的人之外，还要善于利用搜索引擎、BBS 或者一些讨论组、QQ 答疑群等及时解决遇到的问题。

1.3 简单 C 语言程序

下面介绍几个简单的 C 程序，然后再总结出 C 程序的基本框架。

【例 1-1】 在屏幕上输出“Hello World”。

```
/*程序名：1_1.c
功能：输出 Hello World*/
#include <stdio.h>                    /*标准输入输出函数库*/

int main()                            /*主函数*/
{                                     /*{表示函数开始*/
   printf("Hello World\n");           /*输出 Hello World*/
   return 0;                          /*正常运行结束，主函数返回 0*/
}                                     /*}表示函数结束*/
```

将上面的程序代码输入到计算机中，并保存为 C 文件（又称为源代码）。然后对源代码文件进行编译、连接和运行后，在屏幕上输出以下信息：

```
Hello World
```

程序中第 1 行#include 是 C 语言编译预处理命令，尖括号中表示的是一个头文件名。在程序编译的时候会把头文件，如 stdio.h 中的内容包含到程序中。今后写的 C 程序，一般都要将结果输出到屏幕上，所以#include <stdio.h>是每个 C 程序都必需的。#include 一般都要写在程序的开始位置。

第 2 行 main 是主函数名，C 语言规定必须用 main 作为主函数名。main 前面的 int（整型）表示函数的返回值的数据类型。main 后面跟随一对圆括号，中间可以是空的，但是这对圆括号不能省略。main 函数是程序的入口。每个 C 程序都是从 main 函数开始执行，并且在 main 函数结束。一个 C 程序可以由一个或多个不同命名函数组成，但是可执行的 C 程序必须有并且只能有一个 main 函数。C99 标准规定，main 函数前面只能是 int。

第 3 行左花括号{表示函数的开始，与后面的右花括号}对应。花括号之间的部分称为函数体。包含在花括号中的第 4 行和第 5 行，是程序的执行部分，由这些语句向计算机系统发出操作指令。

第 4 行 printf 是 C 语言提供的标准输出函数，其作用是将括号中的内容按照指定格式输出到屏幕上。\n 是 C 语言提供的转义字符——换行符，遇到\n 输出光标自动切换到下一行的

开始位置。

第 5 行 return 0 表示 main 函数结束，并且向系统返回一个整数 0。通常系统根据程序是否返回 0 来判断程序是否正常结束。

第 6 行右花括号}表示函数结束，与左花括号{对应。

程序代码后面/*……*/中的部分是注释，表示对程序代码的说明。注释中可以说明变量的含义、程序段的功能，以方便他人读懂程序。因此，一个好的程序应该有详细的注释。/*和*/必须成对地出现，而且/和*之间不可以有空格。注释可以是中文、英文或者其他任何字符，可以写在程序的任何位置。程序编译和运行时，注释不起任何作用。C99 还支持另外一种注释格式，就是在程序代码行的尾部，用双斜线//开始直至行末的内容都是注释，具体可参看例 1-2。在实际编程中，单行注释一般使用//，多行注释一般使用/*……*/。

【例 1-2】 输入矩形的长和宽，求矩形的面积。

```
/*程序名：1_2.c
功能：输入矩形的长和宽，求矩形的面积*/
#include <stdio.h>

int main()
{
    int length,width;                    //length 和 width 分别表示矩形的长和宽
    int area;                            //area 表示矩形的面积
    scanf("%d%d",&length,&width);        //输入矩形的长和宽
    area=length*width;                   //根据公式求矩形的面积
    printf("area=%d\n",area);            //输出面积
    return 0;
}
```

将上面的程序代码输入到计算机中，并保存为 C 文件。然后对源代码文件进行编译、连接和运行。程序运行时从键盘上输入 length 和 width 的值：

```
10 5↙
```

↙表示回车键（Enter），则在屏幕上输出以下信息：

```
area=50
```

程序中的第 4 行和第 5 行是声明部分，定义了程序运行过程中要用到的 3 个整型变量 length、width 和 area。

第 6 行 scanf 是 C 语言提供的标准输入函数，作用是输入矩形的 length 值和 width 值。变量 length 和 width 前面的&的含义是取地址，是 scanf 函数指定的写法。%d 是标准输入的格式说明符，表示后面输入的是整数。

第 7 行是根据矩形的面积公式求出面积。注意：本行前必须要有给 length 和 width 赋值的语句。

第 8 行将矩形面积按照“area=50”的格式输出到屏幕上。

【例 1-3】 编写程序求两个整数 a 和 b 的最小值。