普通高等教育“十一五”规划教材

C语言程序设计

C YUYAN CHENGXU SHEJI

任文　孔庆彦　主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材

C语言程序设计

主　编　任　文　孔庆彦
副主编　陈秀兰　张谢群
参　编　李光辉　毛乃川

机械工业出版社

本书以 ANSI C 为标准，以 Turbo C 2.0 为编译环境，全面系统地介绍了 C 语言程序设计方法。主要内容包括：C 语言概述，C 语言程序设计的初步知识，顺序结构程序设计，选择结构程序设计，循环结构程序设计，数组，函数，编译预处理，指针，结构体、共用体与枚举类型，位运算，文件。书末附有模拟试卷及附录供参考。

本书参照普通高等教育 C 语言程序设计课程教学大纲的基本要求编写，充分体现“必需、够用”的原则，知识叙述简明扼要、通俗易懂，内容安排由浅入深、循序渐进，同时注意突出重点、分散难点。每章都附有小结、习题，便于教师教学和学生学习。

本书可作为普通高等院校计算机及相关专业的学生学习 C 语言程序设计的教材或教学参考书，也适合参加二级、三级计算机等级考试的考生学习，同时还可以作为工程技术人员学习 C 语言的自学用书。

为方便教学，本书配备电子课件、习题参考答案、程序源代码等教学资源。凡选用本书作为教材的教师均可登录机械工业出版社教材服务网 www. cmpedu. com 免费下载。如有问题请致信 cmpgaozhi@ sina. com 或致电 010 - 88379375 咨询。

图书在版编目（CIP）数据

C 语言程序设计/任文，孔庆彦主编. —北京：机械工业出版社，2009.5
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-27017-1

Ⅰ. C… Ⅱ. ①任…②孔… Ⅲ. C 语言—程序设计—高等学校—教材
Ⅳ. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 066748 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：王玉鑫　刘子峰　责任编辑：张　芳
版式设计：张世琴　责任校对：陈立辉
封面设计：鞠　杨　责任印制：洪汉军
北京市朝阳展望印刷厂印刷
2009 年 7 月第 1 版 1 次印刷
184mm×260mm · 16.75 印张 · 435 千字
0001—4000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-27017-1
定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：(010)68326294
购书热线电话：(010)88379639　88379641　88379643
编辑热线电话：(010)88379543
封面无防伪标均为盗版

前　言

C 语言是一种应用十分广泛的编译型程序设计语言，和其他高级语言相比，它功能丰富、表达能力强、使用灵活、目标程序效率高、可移植性好，既可用于编写应用软件，又可用于编写系统软件；具有汇编语言的功能，可以直接处理硬件系统和外围设备接口的控制；是一种通用的结构化程序设计语言，支持自顶向下的结构化程序设计技术；具有完善的模块化结构，为大中型软件设计中采用模块化程序设计方法提供了基础。

本书以 ANSI C 为版本，兼顾集成化环境 Turbo C 编译程序，全面系统地介绍了 C 语言的数据类型和运算符、语句格式和功能、结构化程序设计的基本方法和编程技巧。全书共分为 12 章。第 1 章介绍 C 语言概述和 Turbo C 初步，第 2 章介绍基本数据类型及运算符和表达式，第 3 章介绍顺序结构程序设计，第 4 章介绍选择结构程序设计，第 5 章介绍循环结构程序设计，第 6 章介绍数组的使用及程序设计方法，第 7 章介绍函数的定义、调用及程序设计方法，第 8 章介绍宏、包含文件、条件编译等编译预处理方法，第 9 章介绍指针的使用及程序设计方法，第 10 章介绍了结构体、共用体、枚举型数据的特点、定义和使用及程序设计方法，第 11 章介绍了位运算的相关知识，第 12 章文件操作及程序设计方法。

本书具有如下特点：

1）内容全面、系统。知识点讲解由浅入深，循序渐进，符合大多数人的学习习惯，便于教师教学和学生学习。

2）对理论知识的阐述力争简明扼要、通俗易懂，在知识的应用方面尽可能照顾到各专业，选用的例题典型、精练、贴近工程实际。

3）突出重点、分散难点，便于学生对基本内容的学习、理解、记忆和掌握，也利于教师教学。

4）配套资料满足多方需求。为帮助学生更好地学习和掌握教材内容，检验学习效果，每章后均配有难度不等的大量习题（对难度较大的题目加“*”号以示区别），供不同层次的学生选做。习题模拟全国计算机等级考试样题，既可帮助学生牢固掌握 C 语言程序设计的主要内容，又为其参加 C 语言等级考试提供了极大的方便。同时，提供与教材同步、配套的多媒体教学课件。

5）本书的全部例题和习题参考答案中提供的程序，均在 Turbo C 环境中调试通过，使用其他 C 语言编译系统的读者请注意参考相关手册。

6）为方便学生学习，对每章的所有习题均给出了参考答案，并对其中考察到的重要知识点作了深度分析和解答，以便对提升学习效果起到事半功倍的效果。需要者可登录 www. cmpbook. com 免费下载。

本书中标有“*”的章节仅供有能力的学生选学。

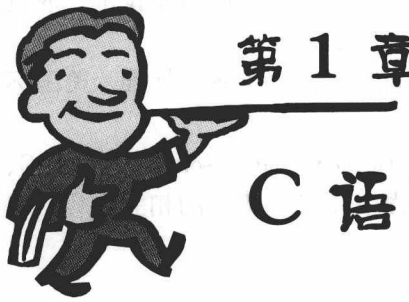
本书可作为高等院校计算机及相关专业的学生学习C语言程序设计的教材或教学参考书，也适合参加二级、三级计算机等级考试的考生学习，同时还可以作为工程技术人员学习C语言的自学用书。

本书由任文、孔庆彦主编，陈秀兰、张谢群任副主编，任文负责全书的组稿、统稿工作；李光辉、毛乃川参加编写。编写分工如下：任文编写第2、4、8、9章及附录部分，孔庆彦编写第1、6、11章，陈秀兰编写第3、10章及两套试题，张谢群编写第7章，李光辉编写第12章，毛乃川编写第5章。

由于编者水平有限，加之时间仓促，错漏之处在所难免，敬请专家和读者不吝赐教，以便于进一步完善。作者的电子信箱：rw. renwen@163. com。

编　者

目　录



第1章 C语言概述

学习目标

1）了解C语言的历史、特点和词法构成。

2）掌握C语言的程序结构。

3）熟悉C语言的上机过程。

1.1 C语言的历史与特点

在程序设计的发展过程中，出现了各种各样的计算机语言。计算机语言的发展，经历了从机器语言、汇编语言到高级语言的过程。

由于机器语言和汇编语言是一种依赖机器的语言，所以称这两种语言为“低级语言”或“面向机器的语言”。

高级语言是一种用接近自然语言的语句和一些数学符号来描述程序的语言，由于它是面向过程和算法问题描述的，所以又称之为“面向问题的语言”。高级语言的翻译方式有两种：解释方式和编译方式。高级语言的发展又经历了面向过程和面向对象两个发展阶段。

C语言是当前国际上公认的最流行、最重要的几种通用的面向过程的高级程序设计语言之一。

1.1.1 C语言的历史

C语言是1972年由美国的Dennis Ritchie设计发明的。它由早期的编程语言BCPL(Basic Combined Programming Language)发展演变而来。1970年，美国贝尔实验室的肯·汤普逊对BCPL语言进行了进一步简化，突出了硬件处理能力，并取了“BCPL”的第一个字母“B”作为新语言的名称，同时用B语言编写了UNIX操作系统程序。1972年贝尔实验室的布朗.W. 肯尼汉和丹尼斯.M. 利奇对B语言进行了完善和扩充，并取了“BCPL”的第二个字母“C”作为新语

言的名称，这样 C 语言就诞生了。此后，两人合作，用 C 语言重写了 UNIX 操作系统。

C 语言是伴随着 UNIX 操作系统成长起来的，创造了计算机历史上用高级语言设计操作系统的第一个成功范例。此后，计算机科学家们一发不可收拾地用 C 语言成功开发了包括 Windows 在内的诸多系统软件和大量应用软件，并在 C 语言的基础上，结合面向对象技术，成就了面向对象的程序设计语言 C ++；还结合网络环境的需求，催生了 Java 语言。

随着微型计算机（简称微机）的普及，出现了多种 C 语言版本，为了统一标准，美国标准化协会（ANSI）于 1987 年制定了 C 语言标准，即 ANSI C。

目前在微机上广泛使用的 C 语言编译程序有多种，如 Turbo C、Microsoft C、Quick C、Borland C 等。本书以 ANSI C 为标准，以 Turbo C 2.0 为编译程序介绍 C 语言的相关内容、程序设计和调试方法。

1.1.2 C 语言的特点

C 语言是一种用来描述算法的程序设计语言（简称算法语言），主要有如下特点：

1）语言简洁、紧凑，使用方便、灵活。C 语言一共有 32 个关键字（见附录 B）和 9 种控制语句，简单易学。

2）丰富的数据类型和运算符（见附录 C），便于实现各类复杂的数据结构，使程序设计和算法描述变得更加简单方便。

3）C 语言比其他高级语言更接近硬件，比低级语言更接近算法，兼具高级语言和低级语言的优点，故有人称它为“中级语言”。既可用来编写系统软件，也可用来编写应用软件。

4）C 语言是面向过程的结构化程序设计语言，提供了简单完整的程序控制语句，层次清晰，书写格式自由，便于按模块化方式组织程序，适合大型软件的研制、调试和维护，符合现代编程风格要求。

5）C 语言效率高，可移植性强。

6）C 语言提供了大量的库函数可供调用，简化了程序设计工作。

1.2 C 语言的字符集

C 语言的字符集是指在 C 语言中允许出现的所有基本字符的集合，包括：

1）52 个大写、小写英文字母。

2）10 个数字字符。

3）除字母和数字以外的 33 个键盘符号。

4）转义字符。

转义字符是在反斜杠字符(\)之后跟上一个或几个字符，用来表示控制代码或特殊符号的字符。转义字符具有特定的含义，不同于字符原有的意义，故称“转义”字符。例如，\n 表示回车换行符号；\a 表示响铃符号。更多的转义字符及其含义参见 2.2.4 节。

1.3 C 语言的基本词法

学习自然语言，一般都按照字、词、句、段、篇的顺序进行。C 语言的学习也可以按此进行，即先学基本字符、基本词类，然后再学习语句的构成规则和如何用语句构成函数，最后学

习如何用函数构成程序和应用系统。学习C语言的基本过程如图1-1所示。

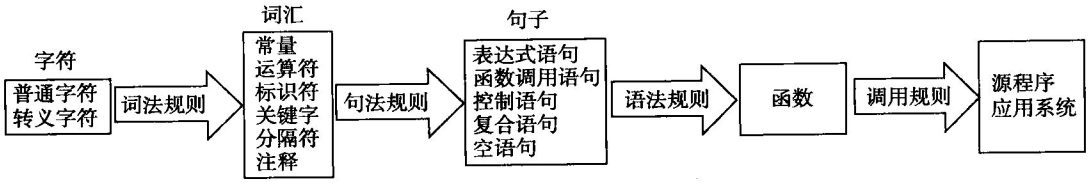


图1-1 学习C语言的基本过程

字符是构成C语言的最小单位，字符按一定的词法规则构成词汇（C语言标准的术语称标记），由词汇构造出语句，若干语句构成函数，若干函数构成C语言的源程序文件（*.c文件），若干源程序文件构成应用系统。

用C语言规定的文字和规则书写的程序叫做C语言的源程序；存放C语言源程序的文件叫做C语言的源程序文件。

C语言中使用的词汇可分为标识符、关键字、运算符、分隔符、常量和注释符等6类。

1.3.1 标识符

标识符是由用户自定义的一种字符系列，通常用来标识诸如变量名、函数名、数组名、文件名和符号常量名等对象的名称。

C语言规定，标识符只能由字母、数字、下划线三种字符构成，且首字符必须是字母或下划线。ANSI C和Turbo C 2.0规定标识符的最大有效长度为32个字符。

下面给出的是一些不合法的标识符，请读者自行分析其非法的原因：

Mr. john，&abc，3xy，x-y，ab?，xm@126.com

在C语言中，命名标识符需注意如下几点：

1）为了方便阅读理解，应尽量做到“见名知义”。

2）在标识符中，大小写是有区别的。例如，BOOK和book是两个不同的标识符。

3）有效字符相同的标识符被视为相同的标识符。

4）标识符不能是关键字。

1.3.2 关键字

关键字也称保留字，是C语言中具有特定意义的英语单词，主要用于构成语句，进行存储类型和数据类型定义。ANSI C标准定义了32个关键字，参见附录B。

1.3.3 运算符

运算符由一个或多个字符组成。C语言的运算符非常丰富，有30多种，常用的主要有算术运算符、关系运算符、逻辑运算符、按位运算符等。除此之外，还有一些用于完成特殊任务的运算符，具体见2.5节。

1.3.4 分隔符

分隔符的主要作用是分隔两个相邻的常量或标识符。在C语言中采用的分隔符有空格和逗号两种。空格多用于语句各单词之间，作间隔符。在关键字和标识符之间必须要有一个以上

的空格作间隔符，否则将会出现语法错误。例如，把“int a;”写成“inta;”，C 语言编译器会把“inta”当成一个标识符处理，其结果必然出错。而逗号主要用在类型说明和函数参数表中，用以分隔各个变量。

1.3.5 常量

C 语言中使用的常量可分为数值常量、字符常量、字符串常量、符号常量、转义字符等多种，具体将在第 2 章中详细介绍。

1.3.6 注释符

C 语言的注释符是以“/*”开头，并以“*/”结尾的串。在“/*”和“*/”之间的是注释的内容。注释的格式是：

/* 注释正文 */

注释可出现在程序中的任何位置，其作用是增强程序的可读性，在编译时会被编译程序忽略。注释不能嵌套(即在注释中不能再出现另一个注释)使用。此外，一个注释必须出现在同一行上。

技巧：在调试程序中对暂不使用的语句也可用注释符括起来，翻译时将跳过它不作处理，待调试结束后再去掉注释符。

1.4 C 语言的基本语句

C 语言程序的语句主要有如下几种：

1）数据定义语句。用来定义程序中使用的各种能存放数据的对象名称和类型。

2）表达式语句。由任何表达式加上分号组成的语句。

3）函数调用语句。形如“函数名（实际参数);”的语句，其作用是按给定的参数调用指定函数。

4）复合语句。用一对花括号({})括起来的任意若干语句。

5）空语句。仅由分号构成的语句，它不产生任何动作。

6）流程控制语句。用来控制程序的执行过程的语句，按功能可分为流程控制结构语句（如选择语句、循环语句）和流程转向语句（如限定转向语句 break、continue、return，无条件转向语句 goto）两大类。

上述语句的格式和功能将在后面章节中陆续介绍。

1.5 C 语言程序的基本结构

1.5.1 简单的 C 语言程序实例

为了说明 C 语言源程序结构的特点，先以图例的形式给出下面两个例子。这两个例子由易到难，体现了 C 语言源程序在组成结构上的特点。虽然有关内容还未介绍，但可从这些例子中了解到 C 语言源程序的基本结构和书写格式。

【例 1-1】下面的程序是一个求两个整数中较小者的 C 语言源程序。源程序的样式如图 1-2 所示。

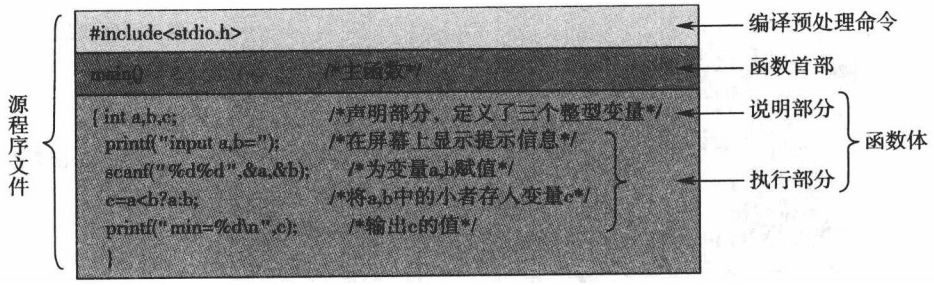


图 1-2 仅由主函数构成的程序

这是一个仅由主函数 main( )构成的 C 语言程序，其功能是输出两个整数中的较小者。其中：

1）#include <stdio. h>还可以写成#include " stdio. h"，这是一条编译预处理命令（详见 8.2 节），其作用是把尖括号（< >）或引号（""）内指定的文件包含到本程序中来，成为本程序的一部分。被包含的文件通常是由系统提供的，其扩展名为 . h。因此也称为头文件或首部文件。C 语言的头文件中包括了各个标准库函数的函数原型。因此，凡是在程序中调用一个库函数时，都必须包含该函数原型所在的头文件。在本例中使用的两个库函数 scanf 和 printf 是标准的输入输出函数，其头文件为 stdio. h，因此在主函数前用 include 命令包含了 stdio. h 文件。

注意：C 语言规定对 scanf 和 printf 这两个函数，可以省去对其头文件的包含命令。

2）main( )是主函数。每一个 C 语言源程序都必须有，且只能有一个主函数（main 函数）。

3）printf( )函数中双引号内的字符串原样照印，“% d”是输入输出的格式字符串，用来规定输入输出数据的类型和格式（详见 3.3 节），“\n”是换行符，scanf( ) 函数的作用是为变量 a、b 赋值，“&a”和“&b”中出现的“&”，其含义是“取地址”。

4）/**/是一对注解括号（也称杠星括号），括号内是注解，目的是提高程序的可读性。

5）程序中的分号（;）是 C 语言语句的结束标志。C 语言规定每条语句都要以分号结束。

注意：编译预处理命令和函数首部之后不能加分号。

如果在程序的多个地方要反复用到求“两数中较小者”的运算，则可按模块化程序设计的思想，将求“两数中较小者”的运算独立出来，设计成一个函数，需要时调用即可。具体做法如图 1-3 所示。

以上两个程序功能相同，最大的差异在于构成程序的函数数目不等。后者程序中包含了两个函数：主函数和被调用函数 min( )函数。min( )函数的作用是将 x、y 中较小者的值赋给变量 z，通过 return 语句将 z 的值返回给调用函数。函数的定义、调用、参数的传递等概念，将在第 7 章全面介绍，读者对此如不太理解，暂可不予深究。

1.5.2 C 语言源程序的结构特点和书写风格

通过上面的例子可以看到，C 语言源程序在结构上具有如下特点：

1）函数是 C 语言源程序的基本单位，每个 C 语言程序都是由函数组成的。C 语言中的函数相当于其他高级语言中的子程序，每个函数都完成特定的功能，编写 C 语言程序的过程实

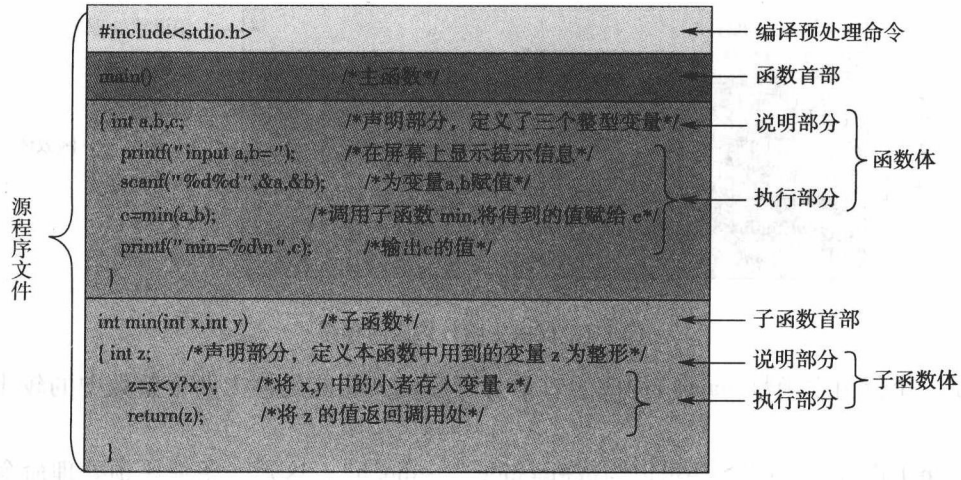


图 1-3　由主函数和子函数构成的程序

质上就是编写一个个函数的过程。

2）C 语言程序中的函数有主函数和子函数之分。从其数量而言，主函数有且只有一个，而子函数可有零个或多个；从其位置而言，大多数情况下要求被调用函数单位在前，调用函数单位在后；从其调用关系而言，主函数可以调用子函数，但子函数绝对不能调用主函数；从其执行过程而言，不论主函数在程序中位于何处，程序执行的起点和终点都是主函数。

3）每个函数都由函数首部和函数体两部分组成，函数首部包括函数类型、函数名和形参表；函数体写在一对花括号（{}）内（如果有多对花括号时，最外层的花括号为函数体的范围），一般由声明部分和执行部分两部分构成。声明部分用于定义函数中要用到的变量，以及对该函数中需要调用的函数进行声明。执行部分由若干语句组成，用以完成对数据的操作和算法的处理。

注意：C 语言允许函数体为空。

4）源程序中可以有预处理命令（include 命令仅为其中的一种），预处理命令通常应放在源文件或源程序的最前面。

5）C 语言程序书写格式自由，一行内可以写几个语句，一个语句也可以分写在多行上。

6）每个说明、每个语句都必须以分号结尾。但预处理命令、函数头和右花括号“}”之后不能加分号。

1.6　C 语言程序开发步骤

学习计算机语言的目的是利用该语言工具设计出能够解决特定问题的、可供计算机运行的程序。从拿到一个需要求解的实际问题开始，到问题在计算机上得到最后解决为止，一般需要经过图 1-4 所示的步骤。

一般而言，从实际问题抽象出数学模型，是有关领域专业工作者的任务。程序设计人员最关键的任务是设计算法（为解决一个特定问题而采取的方法和步骤），在算法正确的前提下，将它转换为任何一种高级语言程序并不困难。

程序的质量是由算法决定的。从这个意义上讲，程序不可能比算法更好。衡量算法优劣的

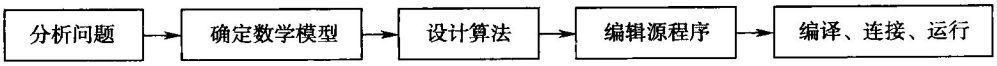


图 1-4 用计算机解题的过程

标准：过去是以节省时间和空间为原则的效率标准，这是由于早期的计算机速度慢、内存小，故早期的程序以追求效率为主要目标，不注意程序的易读性，程序设计无章可循，有时因过分追求效率方面的微小改动，使得程序晦涩难懂，无形中增加了程序在设计、调试和维护过程中的难度，且程序的可靠性差。随着计算机技术的发展，计算机的运算速度和内存容量迅速提高，效率问题已不再像过去那样突出，相反，由于程序的规模日益增大，可靠性问题显得更为突出。现在衡量程序质量的标准，已由过去的“效率第一”转为“清晰第一”，或者说“清晰第一，效率第二”。

创建并运行 C 语言程序的过程需要经过编辑、编译、连接和运行等 4 个步骤。

步骤 1：编辑程序

任何文本编辑软件都可以用来编辑 C 语言程序，这个过程就是将编写好的 C 语言程序输入计算机，并以文本文件的形式保存在计算机的磁盘上，以便在需要时改正错误。编辑的结果是建立 C 语言源程序文件。

注意：C 语言对大、小写字母是有区别的。C 语言程序习惯上使用小写英文字母，常量和其他用途的符号可用大写字母。关键字必须小写。

步骤 2：程序编译

程序编译是指将编辑好的源文件翻译成二进制目标代码的过程。编译过程是使用 C 语言提供的编译程序（编译器）完成的。不同操作系统中的各种编译器的使用命令不尽相同，使用时应注意计算机环境。

编译时，编译器首先要检查源程序中的每个语句在语法上有无错误，当发现语法错误时，就在屏幕上显示错误的位置和错误类型的信息。此时，要再次调用编辑器进行查错修改。然后，再进行编译，直至排除所有语法和语义错误。编译的结果是在磁盘上生成目标文件。

步骤 3：连接程序

编译后产生的目标文件是可重定位的程序模块，不能直接运行。连接就是把目标文件和系统提供的标准库函数连接在一起，生成可以运行的可执行文件的过程。连接过程使用 C 语言提供的连接程序（连接器）完成，生成的可执行文件存在磁盘中。

步骤 4：程序运行

生成可执行文件后，就可以在操作系统控制下运行。若执行程序后达到预期目的，则 C 语言程序的开发工作到此完成。否则，要进一步检查修改源程序，重复“编辑—编译—连接—运行”的过程，直到取得预期结果为止。

1.7 C 语言程序的开发环境

在了解了 C 语言的初步知识后，建议读者最好上机运行一个 C 语言程序，以建立对 C 语言程序开发环境的初步认识。下面以目前广泛流行的 Turbo C 2.0 为例，介绍在该环境下开发 C 语言程序的常用操作方法。

Turbo C 2.0 是美国 Borland 公司的产品，它采用集成开发环境，将文本编辑、程序编译、