普通高等学校计算机科学与技术应用型规划教材

C语言程序设计与应用

C YUYAN CHENGXU SHEJI YU YINGYONG

主　编　梁宏涛　姚立新
副主编　林旭平　苏爱玲
　　杨新艳　房正华

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

普通高等学校计算机科学与技术应用型规划教材

C语言程序设计与应用

主　编　梁宏涛　姚立新
副主编　林旭平　苏爱玲
　　杨新艳　房正华

北京邮电大学出版社
·北京·

前　言

C语言是一种面向过程的计算机程序设计语言，它是目前众多计算机语言中举世公认的优秀的结构程序设计语言之一。

目前几乎是所有高等院校理工科专业都把C语言作为第一门编程语言，作为入门语言，其重要性不言而喻，能够学好C语言对将来工作和学习都起到至关重要的作用。本书作为本科低年级学生初学程序设计及C语言的教材，以掌握C语言基本语法、培养程序设计思维、提高上机实践能力为目标，旨在用简单明了的语言、简洁实用的例子，阐述C语言的基本语法和程序设计的基本逻辑思路。C语言的语法及使用有很多灵活和复杂的方面，对初学者来说往往难以全面掌握，所以我们只对主要的、适合初学者入门的知识点进行讲解，主要目的是通过C语言的学习与实践，培养学生的程序设计的抽象逻辑思维能力，掌握动手编程上机实践的技能。程序设计的抽象性往往使学生望而生畏，本书选用简单实用的例题，目的是让学生能尽快入门，并对程序设计产生兴趣，能体会到编程和调试的乐趣。

全书共8章，第1、2章介绍C语言的基本概念、编程所需的数据类型和表达式等基本知识，由房正华编写；第3章主要介绍了程序控制结构，含语句的概念、顺序结构、分支结构和循环流程结构等基本概念和应用，由梁宏涛编写；第4章主要介绍了数组，含一维数组、字符串和二维数组等概念和应用，由杨新艳编写；第5章主要介绍了函数、变量的存储性质、递归函数等，由苏爱玲编写；第6章主要介绍了指针，字符串操作、指针数组、指针函数等，由姚立新编写；第7章主要介绍了结构体、共用体、链表和编译预处理等知识，第8章主要讨论了文件及主要应用，由林旭平编写。附录给出了常用的ASCII码表、库函数、常见错误提示等。

本书的例题程序代码是在Microsoft Visual C++ 6.0环境下进行编译运行的。本书及配套实验指导书对在Microsoft Visual C++ 6.0环境下如何调试程序给出了实际案例，旨在帮助学生掌握程序调试的技能，这对于学习C语言和程序设计都是至关重要的。

本书有配套的《C语言程序设计与应用实验指导》，包括各章节的实验案例、实验内容和本书的练习题和课后习题解答。本书可以作为一般普通高等院校理工科C语言程序设计教材，特别适用于以培养应用型人才为目标的高等学校使用，学时为50～60，实验学时为30～40。本书适用于自学C语言的读者，也可作为计算机等级考试的参考用书。

由于编者水平有限，本书难免有错误和不足，敬请同行和读者批评指正，不胜感激。

编　者

目　录

第1章　C语言概述

C语言是面向过程的高级程序设计语言之一，它具有数据类型丰富、灵活高效和结构化等特征。本章主要介绍C语言的来历，C语言的特征和如何使用Visual C++ 6.0设计一个简单的C程序，并编译和运行这个程序，最后就如何学好C语言给出一点建议。

1.1　C语言的历史

计算机执行的每一个操作，都是按预先设好的指令完成的。如图1-1所示，“勇气号”火星探测器在火星的行走、对岩石等取样都是一个个具体的任务，都需要设好指令。用指令编写成能够完成一个具体任务的序列，这就是程序。但直接用由0、1代码构成的机器指令来编写程序很不方便，而且依赖于计算机的指令系统。从1946年第一台计算机ENIAC诞生以来，计算机在不断发展，编程语言也在不断发展。

图1-1　“勇气号”火星探测器

1. 计算机程序语言的进展

(1) 机器语言

机器语言表现为二进制代码的形式。至今，计算机硬件能识别的只有0和1构成的二进制代码。最早的程序都是使用机器语言编写的，但是要精通计算机的内部结构和熟记0和1构成的机器指令才能进行程序设计，这相当困难，影响了计算机的普及和应用。

(2) 汇编语言

汇编语言是将机器指令符号化而形成的一种语言，比机器语言前进了一步。汇编语言通过助记符代替机器指令，克服了机器语言难记和不易读等缺点，但是汇编语言和机器语言一样依赖于计算机的指令系统，可移植性差，只是用在系统软件和特定领域的开发。

(3) 面向过程的高级语言

为了普及计算机，需要编制各领域的应用软件，让计算机发挥更大的作用，人们就需要

更易于掌握和接近人类自然语言的编程语言，因此面向过程的高级语言就产生了。使用高级语言开发应用程序，相对汇编语言易于掌握，可移植性强，但编写后的源程序，需要编译或解释系统“翻译”成机器语言才能运行。不同的高级语言有不同的编译系统。

高级语言种类很多，有 FORTRAN、Visual Basic、ALGOL、C 等。面向过程的高级语言主要是面向数学公式和算法的语言。具有丰富的数据类型、结构化的语句、模块化的结构、简单易懂、高效等特点。

(4) 面向对象的高级语言

随着编写大型应用软件的需要，20 世纪 80 年代，产生了更接近人类自然的语言，如 Visual C++、Perl、Visual Basic、JAVA 等，从此计算机进入面向对象的程序设计阶段。

随着各种软件系统的设计实现，计算机已经深入到国防安全、工业控制、金融通信、物联网等生活的方方面面。

2. C 语言的来历

C 语言是在 20 世纪 70 年代早期由贝尔(Bell)实验室的 Dennis M. Ritchie 为初创的 UNIX 操作系统的系统实现语言而设计的。它起源于无类型的 BCPL 语言，在它的基础上发展了数据类型。它建立在一个小机器上，作为改善其贫乏的编程环境的工具，它现在已经成为占主导地位的语言之一。

在 C 语言诞生之前，系统软件主要是用汇编语言编写的。由于汇编语言程序依赖于计算机硬件，其可读性和可移植性都比较差。一般的高级语言难以实现对计算机硬件的直接操作。

人们期盼有一种兼有汇编语言和高级语言特性的新语言，C 语言就是在这种背景下应运而生的。

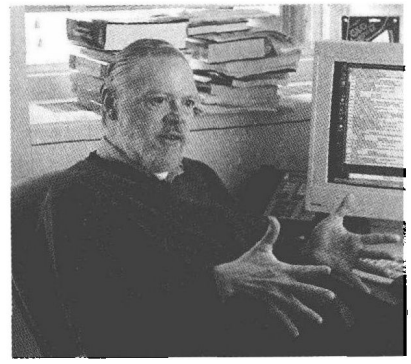

图 1-2 Dennis M. Ritchie

C 语言是贝尔实验室于 20 世纪 70 年代初期，在 B 语言的基础上研发出来的，并随着 UNIX 操作系统的广泛使用，迅速得到推广。后来，C 语言又被多次改进，并出现了众多版本。1983 年，美国国家标准化协会(ANSI)对 C 语言进行了进一步发展和扩充，制定了 ANSIC，并在 1989 年被正式采用，简称 ANSIC'89。本书以 ANSIC'89标准介绍 C 语言。

目前，在计算机上广泛使用的 C 语言编译系统有 Microsoft C(简称 MS-C)、Turbo C(简称 TC)、GUN Compiler Collection(简称 Gcc)等。虽然它们的基本部分是相同的，但还是有些差异，因此读者需要注意自己使用的 C 语言编译系统的特点和规定。本书所有程序选定的上机环境是 Visual C++ 6.0。

1.2 C 语言的特点

C 语言是近年来国际上最流行的计算机高级语言，如图 1-3 所示 C 语言发展来的 40 年间用户占有排名一直为第一位，直到 JAVA 的出现 C 语言才出现了对手。2010 年 11 月 C 语言曾回到第一的位置，这主要是因为 C 语言既可以用来编写系统软件，也可以用来编写应用软件。C 语言的主要特点如下：

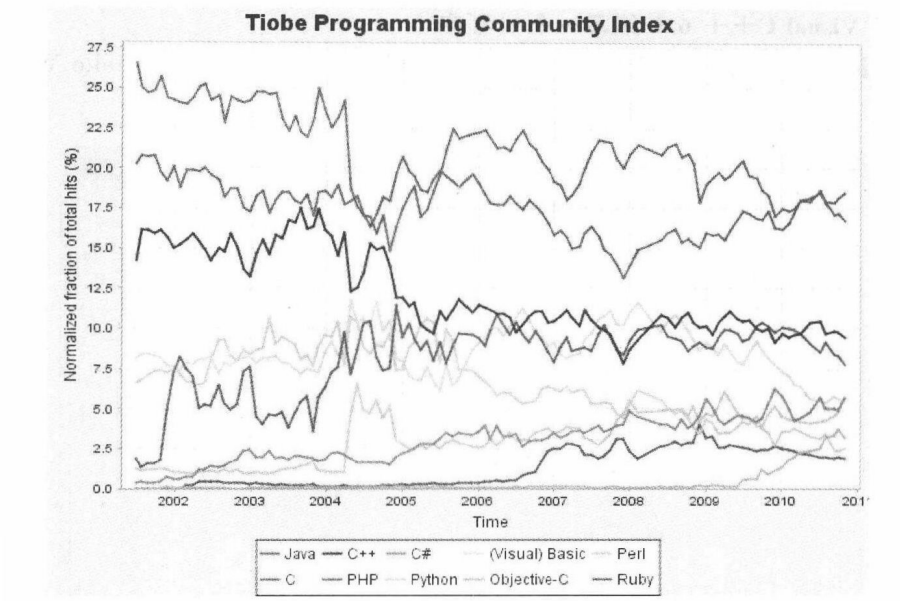

图 1-3 C语言用户所占比例统计图

(1) 语言简洁、紧凑,使用方便灵活。C语言一共有32个关键字,9种控制语句,程序书写形式自由,主要用小写字母表示。

(2) 运算符丰富,数据处理能力强。C语言的运算符包含范围很广,共有34种运算符。

(3) 数据结构丰富,具有现代高级语言提供的大多数数据结构。C语言的数据类型有整型、实型、字符型、数组类型、指针类型、结构体类型等。C语言能用来实现各种复杂的数据结构的运算,尤其是指针型数据,使用起来比较灵活多样。

(4) C语言是一种结构化的程序设计语言。C语言具有结构化的控制语句,并用函数作为程序的模块单位,是一种理想的结构化的编程语言。

(5) C语言允许直接访问物理地址,能进行位(bit)操作,实现汇编语言的大部分功能,还可以直接对硬件进行操作。

(6) 可移植性好(与汇编语言相比)。源代码基本上不做修改,经过重新编译,就能够用于各种操作系统。

当然,C语言也有其不足之处。例如,C语言的语法限制不太严格,在增加程序设计的灵活性的同时,在一定程度上降低了某些安全性,这对程序设计人员提出了更高的要求。

1.3 如何编写、运行一个C程序

1.3.1 用 Visual C++ 6.0 编写C语言程序

C语言源程序的编辑可以采用各种常见编辑器,如记事本、UltraEdit、Editplus等,也可以使用C语言编译器的IDE环境中自带的编辑器。这里用 Visual C++ 6.0 这个集成开发工具设计一个C语言源程序,然后对其编译、连接,最后运行,查看程序的运行结果。

1. 使用 Visual C++ 6.0 编写一个 C 程序

【例 1-1】 写一个最简单的 C 语言程序，在屏幕上输出一个字符串“Hello World!”。

(1) 建立源文件(如图 1-4 所示)，分以下 4 步：

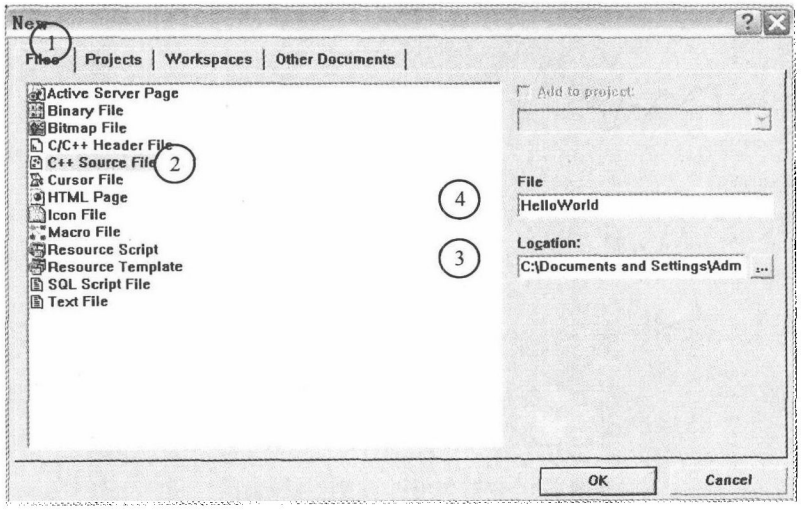

图 1-4 新建源文件窗口

① 选新建文件(Files)标签。

② 选文件类型为 C++ Source File。

③ 调整文件存取路径 Location。

④ 填写文件名(默认文件扩展名.cpp，可以加.c)。

(2) 编辑源文件(如图 1-5 所示)

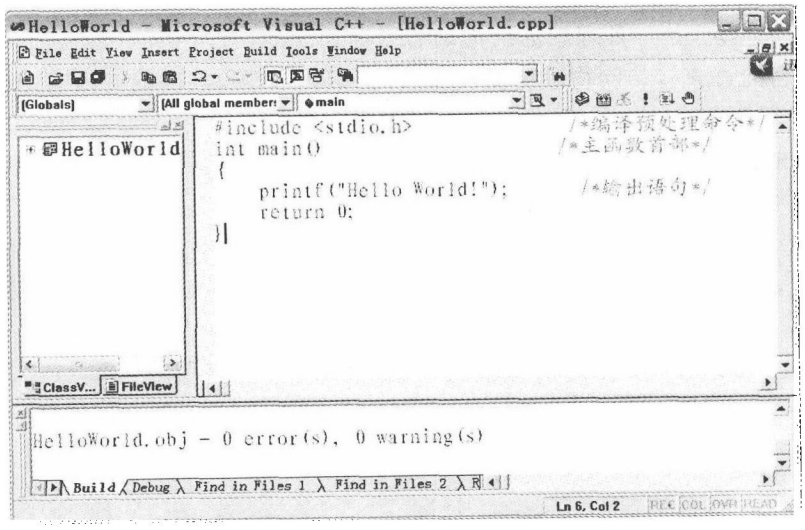

图 1-5 编辑源文件窗口

2. 源文件的一般要求

(1) C语言程序由函数构成，每个程序总有一个main函数，而且最多只能有一个。这里的“main”是函数名，它构成函数首部，函数名前面的int，是函数的类型。函数体部分开始于左大括号“{”，结束于右大括号“}”。在第5章中，将学习编写并调用自己的函数，即自定义函数。

C语言程序还可直接调用系统自带函数，即库函数，常见的标准库函数如标准输入、输出函数scanf和printf等，它们的定义存储在文件在文件“stdio.h”中。因此当要调用printf、scanf等函数时需要在程序的开头加上一条编译预处理命令，即#include <stdio.h>详见第7章。

以上的程序中的printf函数的作用是在屏幕上输出指定的内容，详见第2章。

(2) 程序由函数构成，而函数由语句构成，语句的特点是以分号结尾，例如，以上程序段中的prinrf和return 0的结尾都有一个分号。

(3) 以上程序段中还有如/*…*/的部分，这属于C程序的注释部分，主要是对程序的功能或含义加以说明。

1.3.2 编译、连接和运行

C语言程序正确的唯一标准就是程序的运行结果与预期结果完全相同，否则就是错误的程序，但在运行程序之前必须对程序进行编译、连接。

1. 编译、连接和运行C程序的步骤

(1) 编译程序，它的作用是检查程序中是否有语法错误，编译无误可生成目标文件(.obj文件)。

(2) 连接目标文件，因为编译后得到的文件是孤立的，仍然不能运行，需要与库文件或程序中的其他文件进行连接，如程序中用到的printf函数，它的定义都是放在库文件中的。连接无误后便可生成可执行文件(.exe文件)。

(3) 运行可执行文件，得到运行结果。

以上三步通常要借助于编译器，常见的编译器有TC、Microsoft Visual C++ 6.0、Gcc等。本书全部采用Microsoft Visual C++ 6.0作为编译器，具体使用方法详见本书配套的《C语言程序设计与应用实验指导》。

2. C程序的错误

在以上的三步中，每一步都可能出现错误，都需要重新返回编辑环境，修改程序直到程序正确为止。程序中出现的错误可以分为两类：语法错误和语义错误。

(1) 语法错误。在编译和连接阶段出现的错误称之为语法错误，这也是初学者经常会遇到的情况，语法错误的修改主要借助于编译器，它会提示用户错误所在位置及错误的性质和原因。

总结典型错误的方法可以采用倒推的方法，从一个正确的程序出发，将其加以改动，然后编译，查看结果，如果出现错误，查看对应的错误提示。

(2) 语义错误。程序可以正常运行，但执行结果与预期结果不相符，此时的错误称之为语义错误或逻辑错误。语义错误的修改主要借助于调试。

3. 调试程序

调试的主要方法有单步跟踪和设置断点，这两种方法都要借助于观察变量。调试的原理就是通过对程序中语句的逐条执行或者多条语句一次性执行，对程序错误进行定位。

(1) 单步跟踪(Trace Step by Step)：即一步一步跟踪程序的执行过程。

(2) 设置断点(Break Point Setting)：可以在程序的任何一个语句上做断点标记，程序会直接运行到断点所在处并停下来。

(3) 观察变量(Variable Watching)：当程序运行到断点的地方停下来后，就可以观察各个相关变量的值，判断此时变量值是否正确，从而判断已执行语句的正确性，如果错误，说明在该处或之前的语句已经出现错误，然后用该方法逐步缩小范围，从而实现对程序错误的定位。

1.4 如何学习C语言

学习C语言途径很多，但是如果掌握学习C语言的一般规律，再去学习C语言会收到事半功倍的效果，不至于越学越累，越学越迷惑。如下几条推荐给读者。

1. 体会C语言严谨性，养成逻辑思维习惯

严谨性是C语言的重要特征之一。读程序、写程序，都要一句一句地来，用逻辑思维习惯分析问题，加强逻辑思维锻炼，并以流程图的方式描述出分析结果即解决问题的流程。流程图的绘制方法详见第3章。

2. 程序的结构——结构化编程思想

应该明确程序目的，按照输入、数据处理和输出3个部分分析问题。另外数据处理是关键部分，但是它都遵守从上而下的顺序结构、分支结构和循环结构的基本结构。

3. 积木搭建的宫殿——模块化编程思想

积木搭建宫殿的思路，大多数人非常清楚，其实C语言在进行稍大系统设计的时候，是通过把大问题分解成小问题，即模块来实现的。如果读者浏览过第3章和第5章，就会发现C语言的程序其实就是一个一个的模块搭建起来的系统。

4. 能工巧匠的基本技能——调试程序

如果一个程序是建好的宫殿，那么编程者就是建筑宫殿的工匠。要想做一个“能工巧匠”，除了养成良好的编程习惯外，还要积累丰富的调试程序的技巧和经验。单步执行、设置断点和观察中间变量，就是一个很好的方法，但是如何分析错误，灵活应用这些方法还需要不断地积累。

5. 遵守良好的编程风格、养成良好的编程习惯

如语句的阶梯缩进、详细的注释、必要的空行等，这都是一个好源码具有的风格。初学者如果能够从一开始就养成这些好习惯，就能够少犯错误、少走弯路。具体的编程风格请参见附录V。

除此之外，初学者不要急于求成，要多读程序，尝试多编写程序。遇到实际问题，用逻辑思维的习惯，具体问题具体分析，遇到错误不要困惑，任何错误都是有原因的，要分析错误的起因，对症下药，寻找解决方法，从中体会C语言学习的乐趣，这无形中会提高学习C语言的兴趣，在兴趣的引导下一定能够学好C语言。

习　题

(1) 以下不是C语言编译器的是_____。

A) MS-C　　B) Turbo C　　C) Gcc　　D) Com

(2) 计算机能直接执行的程序是_____。

A) 源程序　　B) 目标程序　　C) 汇编程序　　D) 可执行程序

(3) 对于一个正常运行的C程序,以下叙述中正确的是_____。

A) 程序的执行总是从main函数开始,在main函数结束

B) 程序的执行总是从程序的第一个函数开始,在main函数结束

C) 程序的执行总是从main函数开始,在程序的最后一个函数中结束

D) 程序的执行总是从程序中的第一个函数开始,在程序的最后一个函数中结束

(4) C语言源程序名的后缀是_____。

A) .exe　　B) .c　　C) .obj　　D) .cp

第2章　数据类型和表达式

本章主要介绍C语言中的不同数据类型及其划分原因，输入、输出方法和常用运算符。

程序中处理的所有数据可以分为常量和变量，变量需要定义，主要是为它分配数据类型和名字。变量定义后，在引用变量的值之前，必须对变量进行初始化，初始化有两种方法：赋值运算和标准输入。接下来就是对变量、常量等数据进行运算，主要借助于各种运算符。运算符与变量或常量进行有意义的组合后就形成了表达式，最后将运算的结果输出到屏幕等标准输出设备上。C语言中的标准输入、输出主要借助于库函数scanf和printf。

在第一次阅读本章时，以下内容可以采用迅速阅读的方式，即不必求理解，或者直接越过以下三条内容，待本章全部阅读完后再重新看，作为检验学习效果的标准。

(1) 掌握不同数据类型之间的区别，即int、float、double与char之间的区别。

(2) 掌握输入、输出函数的语法结构及使用方法，即注意函数参数的意义及整个函数所代表的含义。

(3) 掌握常用运算符的运算规律。常用运算符主要有算术运算符、关系运算符、赋值运算符和逻辑运算符。

2.1　引　　言

在小学的数学科目中，解题的思路之一就是设定未知数，即将题目中给定的信息用数学符号表示出来，同样的道理，要用计算机解决实际问题，也需要将问题中的信息表示出来，只不过必须以计算机能理解的方式进行表达，其次才是问题解决的方法。前者在程序语言中被称为数据结构，后者被称为算法。著名的计算机科学家，Pascal之父——Niklaus Wirth曾提出了一个公式，并因此而获得了计算机界的诺贝尔奖——图灵奖。

算法＋数据结构＝程序

数据结构即计算机存储、组织数据的方式。举个简单的例子，在许多快餐店中，盛放饮料的杯子都会根据饮料类型的不同而采用不同的样式，如从一方面来说，冷饮和热饮经常采用不同的杯子；从另一方面说，同样是可乐，还分为小杯、中杯和大杯，如果顾客要的是中杯可乐，绝不会用小杯或大杯来盛可乐。在这个例子中可乐就是计算机中的数据，杯子的不同类型对应着计算机中各种数据的不同类型。

在计算机程序中，数据的类型可以是简单的基本数据类型，也可以是复杂的用户自定义的数据类型。不同的数据类型间除了有存储方式的不同外，不同类型的数据能参与的运算也不同。下面首先来了解一下计算机程序中数据的存储和运算方式。

计算机程序中的数据都是存储在计算机内存中，所有运算都需要首先从内存中读取数

据。计算机内存是由存储单元构成的。如果把计算机内存比做旅馆，那么存储单元就是旅馆中的标准间。存储单元作为内存的基本存储单位，它的大小是固定的，1 个字节，即可存储 8 位二进制数据。在计算机内存中，数据的读取都是以存储单元为单位。存储单元的个数取决于内存的大小，如现在的主流内存大小是 2 G，即 2 GB，那该内存中就有 2 G 个存储单元，即 2^{21} 个存储单元。为了区分不同的内存单元，每个内存单元都有自己的“房间号”，即内存地址。通过该地址即可获取该内存单元下的内容。

如图 2-1 所示，图中的 0x001268 就是一个内存地址，该内存单元存放的数据为十进制的 65，内存地址通常是一串较长的数码，不便于记忆，也不便于引用。为此，可以给这段空间起一个有意义的别名，即变量名，如图 2-1 所示的 a。

大杯容量的可乐不可能用小杯承载，同样对于很多数据，如整数 300 则无法用 1 个存储单元存储，这时可以用连续的内存单元进行存储，这时的地址称为首地址，即连续的存储空间中地址最小的那一个。同时，该段空间中存储的数据的取值按照“低地址低数据，高地址高数据”的方式进行。此外，根据程序运行期间对应内存空间的数据值可否发生变化，将数据分为变量和常量。

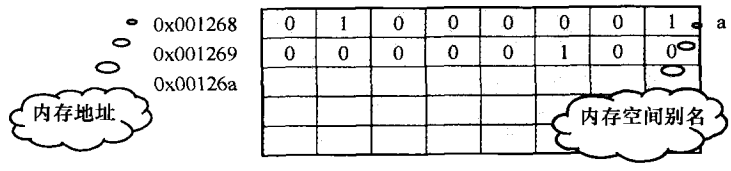

图 2-1 计算机内存存储方式

不同的数据占据的空间大小不同，存储的方式也不同，能够参与的运算也不同，基于以上原因，程序中的数据在存储到计算机内存前必须先定义类型，即任一数据都有唯一的数据类型。数据类型决定了数据所占内存空间的大小、取值范围及能参与的运算。因此数据类型为数据的定义和使用设定了标准。

2.2 C 语言数据类型

在 C 语言中，数据类型可分为基本数据类型、构造数据类型、指针类型和空类型 4 大类。

1. 基本数据类型

基本数据类型最主要的特点是，其值不可以再分解为其他类型。C 语言的基本数据类型只有以下 4 种：

(1) char 为字符型，通常存放本地字符集中的 1 个字符。

(2) int 为整型，通常反映了所用机器中整数的存储长度。

(3) float 为单精度浮点型。

(4) double 为双精度浮点型。

整型数据即不带小数点的数据。它在计算机中存储的就是它的二进制所对应的补码形式；字符型数据在计算机中存储的是它对应的 ASCII 码的二进制形式，见附录 I；而浮点型数采用的是与整型数据完全不同的存储方式，这不属于 C 语言的范畴，在后续的计算机组