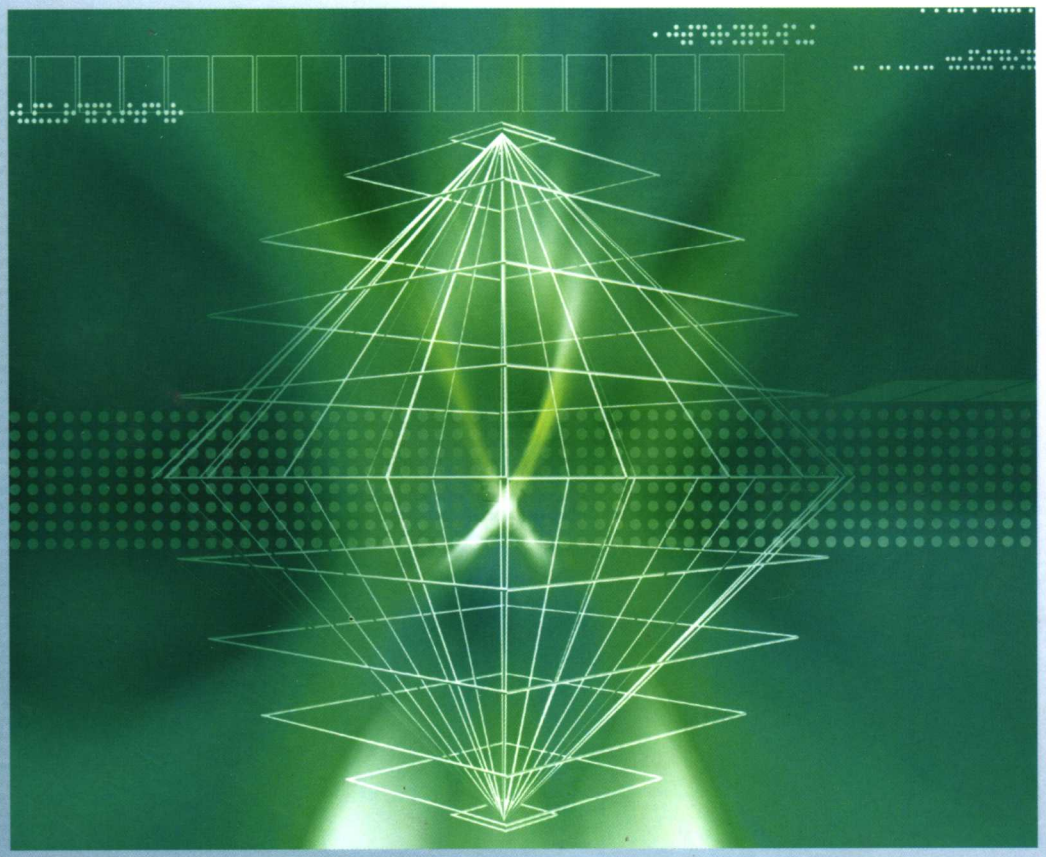
高等院校计算机系列规划教材

C语言程序设计基础教程

高洪志 主编　　王婧　邓琨　张世龙　副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等院校计算机系列规划教材

C语言程序设计基础教程

主　编　高洪志

副主编　王　婧　邓　琨　张世龙

主　审　王文仲

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是高等学校计算机科学与技术及相关专业C程序设计课程教材。全书由10章组成，内容包括：C语言概述，数据类型、运算符及表达式，C语言程序设计，选择结构程序设计，循环结构程序设计，函数，数组，指针，结构体、共用体和枚举类型，文件。

本书是按照教材的体例编写的，在内容的组织和描述上遵循了学习的规律。由浅入深、循序渐进地介绍了C语言的各个知识点。注重教材的可读性和可用性，文字严谨、流畅，例题及课后习题类型丰富，注重程序设计技能训练，可作为高等院校学生学习C语言的教材，也可作为程序设计人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

C语言程序设计基础教程/高洪志主编. —北京：
中国铁道出版社，2006.8
（高等院校计算机系列规划教材）
ISBN 7-113-07275-5

Ⅰ.C… Ⅱ.高… 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（2006）第097493号

书　　名：C语言程序设计基础教程
作　　者：高洪志　等
出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市宣武区右安门西街8号）
策划编辑：严晓舟　秦绪好
责任编辑：苏　茜　李晶璞　黄园园
封面设计：薛　为
封面制作：白　雪
责任校对：熊严飞
印　　刷：北京市兴顺印刷厂
开　　本：787×1092　1/16　**印张**：15.5　**字数**：359千
版　　本：2006年8月第1版　　2006年8月第1次印刷
印　　数：1～5 000册
书　　号：ISBN 7-113-07275-5/TP·1973
定　　价：25.00元

前　言

程序设计是软件工作人员的基本功。在高等学校，一般都开设程序设计课程，根据不同的需要选用不同的计算机语言。C 语言由于其功能强大、使用灵活、可移植性好、目标程序质量好而受到广泛的欢迎。

C 语言于 20 世纪 70 年代由贝尔实验室在 B 语言的基础上提出，并成功地用来编写了 UNIX 操作系统。由于 C 语言的强大功能和各方面的优点得以迅速传播，因此它已成为计算机科学与技术及相关专业首选的高级程序设计语言之一。

本书是一本适用于高等职业院校计算机程序设计基础课的教材，可供计算机专业和非计算机专业的 C 程序设计基础课教学使用，也适用于程序设计的初学者和渴望更深入了解 C 语言的人使用。本书根据高等院校计算机科学与技术专业 C 程序设计课程教学大纲，在编者多年讲授 C 程序设计的基础上编写而成。和同类书相比，注重可读性和可用性，分散难点，用人们易于理解的方式叙述复杂的概念，具有结构合理、逻辑清楚、例题丰富、通俗易懂的特点。在本书编写过程中，编者遵循了知识讲授和能力训练并重的原则，在讲清基本知识的基础上，注重了例题的选择，适当增加了例题和习题的数量和类型。将相近的内容尽可能安排在一起，每一章、每一节乃至每一段落都大小适当，注重程序文档的规范。每行文字的落笔，都以把问题讲清楚、讲明白、讲透彻，又不累赘为目标。

程序设计是一门实践性很强的课程，仅靠听课和看书不太容易掌握 C 语言的程序设计方法。应当十分重视自己动手编写程序和上机运行程序。学习 C 语言时应当注意把精力放在最基本、最常用的内容上。对于一些细节，随着对 C 语言的了解逐步深入和实践经验的逐步丰富，会自然地掌握，而有一些细节则要通过长期的实践才能真正熟练掌握。

本书共分 10 章，内容包括：C 语言概述，数据类型、运算符与表达式，C 语言程序设计、选择结构程序设计，循环结构程序设计，函数，数组，指针，结构体与共用体，文件。全书由高洪志主编，王婧、邓琨、张世龙、孙立家、刘政宇、翟霞、杨微编写，由哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院王文仲教授主审。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，衷心欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，邮件请发至 hithdjsj@126.com。

编者

2006 年 7 月

目 录

第 1 章　C 语言概述

1.1　C 语言的发展历史及特点

1.1.1　C 语言的发展历史

C 语言的前身是 ALGOL 60 语言。ALGOL 60 是一种面向问题的高级语言，它描述算法很方便，但是它离硬件比较远，不适合用来编写系统程序。

1963 年，英国的剑桥大学在 ALGOL 60 语言的基础上添加了硬件处理的功能，推出 CPL 语言。但 CPL 语言规模比较大，难以实现。

1976 年英国剑桥大学的 Matin Richards 对 CPL 语言作了简化，推出了 BCPL 语言。

1970 年美国贝尔实验室以 BCPL 语言为基础，又作了进一步简化，设计出更简单且更接近硬件的 B 语言，并用 B 语言写了第一个 UNIX 操作系统。

但 B 语言过于简单，功能有限。1972 年至 1973 年间，贝尔实验室在 B 语言的基础上设计出了 C 语言。C 语言既保持了 BCPL 和 B 语言的优点（精练、接近硬件），又克服了它们的缺点（过于简单、数据无类型等）。

最初，C 语言被用来编写 UNIX 操作系统，但由于 C 语言的强大功能和各方面的优点逐渐为人们所认识，C 开始迅速传播，成为当代最优秀的程序设计语言之一。

多年来 C 语言在各种计算机上的迅速推广，导致了许多 C 语言版本的问世。1983 年，美国国家标准化协会（ANSI）根据 C 语言问世以来各种版本对 C 的发展和扩充，制定了新的标准，称为 ANSI C。1987 年，ANSI C 又公布了新标准 87 ANSI C。1990 年，国际标准化组织 ISO 接受 87 ANSI C 为 ISO C 的标准。目前流行的 C 编译系统都是以它为基础的。本书的叙述基本上以 ANSI C 为基础。

目前最流行的 C 语言有以下几种：

- Microsoft C 或称 MS C
- Borland Turbo C 或称 Turbo C
- AT&TC

这些 C 语言版本不仅实现了 ANSI C 标准，而且在此基础上各自作了一些扩充，使之更加方便、完美。

我们书中对 C 程序的讲解都是在使用 Borland Turbo C 2.0 这个版本的环境下。Turbo C 2.0 是美国 Borland 公司的产品，Borland 公司是一家专门从事软件开发、研制的大公司。该公司相继推出了一套 Turbo 系列软件，如 Turbo BASIC、Turbo Pascal、Turbo Prolog，这些软件很受用户欢迎。该公司在 1987 年首次推出 Turbo C 1.0 产品，其中使用了全然一新的集成开发环境，即一系列下拉式菜单，将文本编辑、程序编译、连接以及程序运行一体化，大大方便了程序的开发。1988 年，Borland 公司又推出 Turbo C 1.5 版本，增加了图形库和文本窗口函数库等，而 Turbo C 2.0 则是该公司 1989 年出版的，Turbo C 2.0 在原来集成开发环境的基础上增加了查错功能，并可以在 Tiny 模式下直接生成.COM（数据、代码、堆栈处在同一 64KB 内

存中）文件。还可对数学协处理器（支持 8087/80287/80387 等）进行仿真。

1.1.2 C 语言的特点

一种语言之所以能存在和发展，并具有生命力，总是有其不同于（或优于）其他语言的特点。C 语言的主要特点如下：

（1）C 语言简洁、紧凑，使用方便、灵活。ANSI C 标准的 C 语言一共只有 32 个关键字（见附录 B），9 种控制语句，程序书写形式自由，主要用小写字母表示，压缩了一切不必要的成分。

注意：*在 C 语言中，关键字都是小写的。*

（2）运算符丰富。C 的运算符包含的范围很广泛，共有 34 种。C 语言把括号、赋值、逗号等都作为运算符处理，从而使 C 的运算类型极为丰富，表达式类型多样化。灵活使用各种运算符可以实现其他高级语言难以实现的运算。

（3）数据结构类型丰富，具有现代化语言的各种数据结构。C 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、共用体类型等。能用来实现各种复杂的数据结构（如链表、树、栈等）的运算，尤其是指针类型数据，使用起来比 PASCAL 更为灵活、多样。

（4）具有结构化的控制语句（如 if…else 语句、while 语句、do…while 语句、switch 语句、for 语句）。用函数作为程序的模块单位，便于实现程序的模块化。C 语言是理想的结构化语言，符合现代编程风格的要求。

（5）语法限制不太严格，程序设计自由度大。例如对数组下标越界不做检查，由程序编写者自己保证程序的正确。对变量的类型使用比较灵活，例如整型数据与字符型数据可以通用。一般的高级语言语法检查比较严格，能检查出几乎所有的语法错误。而 C 语言允许程序编写者有较大的自由度，因此放宽了语法检查。程序员应当仔细检查程序，保证其正确，而不要过分依赖 C 编译程序去查错。“限制”与“灵活”是一对矛盾。限制严格，就失去灵活性；而强调灵活，就必然放松限制。一个不熟练的编程人员，编写一个正确的 C 程序可能会比编写一个其他高级语言程序难一些。也就是说，对用 C 语言的人，要求对程序设计更熟练一些。

（6）C 语言允许直接访问物理地址，能进行位（bit）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。因此 C 既具有高级语言的功能，又具有低级语言的许多功能，可用来写系统软件。C 语言的这种双重性，使它既是成功的系统描述语言，又是通用的程序设计语言。有人把它称为“高级语言中的低级语言”或“中级语言”，意为兼有高级和低级语言的特点。

按此观点可将各语言分类如下：

高级	BASIC
	FORTRAN
	COBOL
	PASCAL
	Ada
	Modula-2
中级	C
	FORTH

宏汇编

低级　　汇编语言

一般仍习惯将 C 语言称为高级语言，因为 C 程序也要通过编译、连接才能得到可执行的目标程序，这是和其他高级语言相同的。

（7）生成目标代码质量高，程序执行效率高。一般只比汇编程序生成的目标代码效率低 10%～20%。

（8）与汇编语言相比，用 C 语言写的程序可移植性好。基本上不做修改就能用于各种型号的计算机和各种操作系统。

上面只介绍了 C 语言的最容易理解的一般特点，至于 C 语言内部的其他特点，将结合以后各章的内容作介绍。由于 C 语言的这些优点，使 C 语言应用面很广。许多大的软件都用 C 编写，这主要是由于 C 的可移植性好和硬件控制能力高，表达和运算能力强。许多以前只能用汇编语言处理的问题，现在可以改用 C 语言来处理了。

C 语言的以上特点，读者现在也许还不能深刻理解，待学完 C 语言以后再回顾一下，就会有比较深的体会。

下面从应用的角度出发，对 C 语言和其他传统的高级语言进行简单比较。

从掌握语言的难易程度来看，C 语言比其他语言难一些。BASIC 是初学者入门的较好的语言，FORTRAN 也比较好掌握。对科学计算多用 FORTRAN 或 PL/I；对商业和管理等数据处理领域，用 COBOL 为宜。C 语言虽然也可用于科学计算和管理领域，但并不理想，C 的特长不在这里。对操作系统和系统实用程序以及需要对硬件进行操作的场合，用 C 语言明显优越于其他高级语言，有的大型应用软件也用 C 语言编写。从教学角度，由于 PASCAL 是世界上第一个结构化语言，而曾被认为是计算机专业的比较理想的教学语言。目前在数据结构等课程中一般用 PASCAL 语言举例。但 PASCAL 语言难以推广到各实际应用领域，到目前为止基本上只是教学语言。C 语言也是理想的结构化语言，且描述能力强，同样适于教学。操作系统课程多结合 UNIX 讲解，而 UNIX 与 C 密不可分，因此，C 语言已经成为被广泛使用的教学语言。C 除了能用于教学外，还有广泛的应用领域，因此更有生命力。PASCAL 和其他高级语言的实际目标是通过严格的语法定义和检查来保证程序的正确性，而 C 则是强调灵活性，使程序设计人员能有较大的自由度，以适应宽广的应用面。

总之，C 语言对程序员的要求较高。程序员用 C 语言写程序会感到限制少，灵活性大，功能强，可以编写出任何类型的程序，但较其他高级语言在学习上要困难一些。现在，C 语言已不仅用来编写系统软件，也用来编写应用软件。学习和使用 C 语言的人已越来越多。

1.2　简单的 C 程序介绍

为了说明 C 语言源程序结构的特点，先看以下几个程序。这几个程序由简到难，表现了 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组成一个 C 源程序的基本部分和书写格式。

【例 1.1】分析一个简单的 C 程序。

```
main()
{
```

```
    printf("Hello Word! \n");
}
```

（1）main 是主函数的函数名，表示这是一个主函数。

（2）每一个 C 源程序都必须有且只能有一个主函数（main 函数）。

（3）函数调用语句，printf 函数的功能是把要输出的内容送到显示器去显示。

（4）printf 函数是一个由系统定义的标准函数，可在程序中直接调用。

本程序的结果是在显示屏上输出以下一行信息：

```
Hello Word!
```

【例 1.2】 写出运行结果。

```
main()                          /*求两数之和*/
{
    int a,b,sum;                /*这是定义变量*/
    a=123;b=456;                /*以下 3 行为 C 语句*/
    sum=a+b;
    printf("sum is %d\n",sum);
}
```

本程序的作用是求两个整数 a 和 b 之和。/*…*/表示注释部分，为便于理解，用汉字表示注释，当然也可以用英语或汉语拼音作注释。注释只是给人看的，对编译和运行不起作用。注释可以加在程序中任何位置。第 2 行是声明部分，定义变量 a 和 b，指定 a 和 b 为整型（int）变量。第 3 行是两个赋值语句，使 a 和 b 的值分别为 123 和 456。第 4 行使 sum 的值为 a+b，第 5 行中“%d”表示“以十进制整数形式输出”。在执行输出时，此位置上代以一个十进制整数值。printf 函数中括弧内最右端 sum 是要输出的变量，现在它的值为 579（即 123+456 之值）。因此输出一行信息为：

```
sum is 579
```

【例 1.3】 分析下面的 C 语言。

```
#include<math.h>
#include<stdio.h>    /* include 称为文件包含命令，扩展名为 .h 的文件称为头文件*/
main()
{
    double x,s;      /*定义两个实数变量，以被后面程序使用*/
    printf("input number:\n");              /*显示提示信息*/
    scanf("%lf",&x);                        /*从键盘获得一个实数 x*/
    s=sin(x);                               /*求 x 的正弦,并把它赋给变量 s*/
    printf("sine of %lf is %lf\n",x,s);     /*显示程序运算结果*/
 }                                          /*main 函数结束*/
```

程序运行结果：

```
input number:
45↙
sine of 45.000000 is 16488.000000
```

程序的功能是从键盘输入一个数 x，求 x 的正弦值，然后输出结果。在 main 之前的两行称为预处理命令（详见后面）。预处理命令还有其他几种，这里的 include 称为文件包含命令，其意义是把尖括号<>或引号""内指定的文件包含到本程序来，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，使用了 3 个库函数：输入函数 scanf，正弦

函数 sin，输出函数 printf。sin 函数是数学函数，其头文件为 math.h 文件，因此在程序的主函数前用 include 命令包含了 math.h。scanf 和 printf 是标准输入/输出函数，其头文件为 stdio.h，在主函数前也用 include 命令包含了 stdio.h 文件。

需要说明的是，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。所以在本例中也可以删去第二行的包含命令#include<stdio.h>。

同样，在例 1.1 和例 1.2 中使用了 printf 函数，也省略了包含命令。

在例题中的主函数体中又分为两部分，一部分为声明部分，另一部分为执行部分。声明是指变量的类型说明。例题 1.1 中未使用任何变量，因此无声明部分。C 语言规定，源程序中所有用到的变量都必须先声明，后使用，否则将会出错。这一点是编译型高级程序设计语言的一个特点，与解释型的 BASIC 语言是不同的。声明部分是 C 源程序结构中很重要的组成部分。本例中使用了两个变量 x，s，用来表示输入的变量和 sin 函数值。由于 sin 函数要求这两个量必须是双精度浮点型，故用类型说明符 double 来声明这两个变量。声明部分后的 4 行为执行部分或称为执行语句部分，用以完成程序的功能。执行部分的第 1 行是输出语句，调用 printf 函数在显示器上输出提示字符串，请操作人员输入变量 x 的值。第 2 行为输入语句，调用 scanf 函数，接受键盘上输入的数并存入变量 x 中。第 3 行是调用 sin 函数并把函数值送到变量 s 中。第 4 行是用 printf 函数输出变量 s 的值，即 x 的正弦值，程序结束。

运行本程序时，首先在显示器屏幕上给出提示字符串 input number:，这是由执行部分的第 1 行完成的。用户在提示下从键盘上键入某一数，如 5，按下回车键，接着程序会在屏幕上给出计算结果。

1.2.1　C 源程序的结构特点

通过以上几个例子，可以总结出一些 C 源程序有如下一些结构特点。

1．C 程序是由函数构成的。一个 C 源程序至少包含一个 main 函数，也可以包含一个 main 函数和若干个其他函数。因此，函数是 C 程序的基本单位。被调用的函数可以是系统提供的库函数（例如 printf 和 scanf 函数），也可以是用户根据需要自己编制设计的函数。C 的函数相当于其他语言中的子程序，用函数来实现特定的功能。程序中的全部工作都是由各个函数分别完成的。编写 C 程序就是编写一个个函数。C 的库函数十分丰富，ANSI C 建议的标准库函数中包括 100 多个函数，Turbo C 和 MS C 4.0 提供 300 多个库函数。

C 的这种特点使得其容易实现程序的模块化。

2．一个函数由两部分组成：

（1）函数的首部，即函数的第 1 行。包括函数名、函数类型、函数属性、函数参数（形参）名、参数类型。

一个函数名后面必须跟一对圆括弧，函数参数可以省略，如 main()。

（2）函数体，即函数首部下面的大括弧{…}内的部分。如果一个函数内有多个大括弧，则最外层的一对为函数体的范围。

函数体一般包括：

① 声明部分：在这部分中定义所用到的变量，如例 1.2 中 main 函数中的“int a,b,sum;”。

在第 6 章中还将会看到，在声明部分中要对所调用的函数进行声明。

② 执行部分：由若干个语句组成。

当然，在某些情况下也可以没有声明部分（例如，例 1.1）。甚至可以既无声明部分，也无执行部分。如：

```
dump()
{   }
```

它只是一个空函数，但这是合法的。

3．一个 C 源程序有且只能有一个 main 函数，即主函数。总是从 main 函数开始执行，而不论 main 函数在整个程序中的位置如何（main 函数可以放在程序的最前头，也可以放在程序最后，或在一些函数之前，在另一些函数之后）。

4．每一个声明，每一个语句都必须以分号结尾。但预处理命令，函数头和花括号“}”之后不能加分号。分号是 C 语句的必要组成部分。例如：

```
c=a+b;
```

分号不可少。即使是程序中最后一个语句也应包含分号。

5．标识符，关键字之间必须至少加一个空格以示间隔。若已有明显的间隔符，也可不再加空格来间隔。

6．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。

7．C 语言本身没有输入/输出语句。输入和输出的操作是由库函数 scanf 和 printf 等函数来完成的。C 语言对输入/输出实行“函数化”。由于输入/输出操作牵涉到具体的计算机设备，所以把输入/输出操作放在函数中处理，就可以使 C 语言本身的规模较小，编译程序简单，很容易在各种机器上实现，程序具有可移植性。当然，不同的 C 语言系统需要对函数库中的函数做不同的处理。不同的 C 系统除了提供函数库中的标准函数外，还按照硬件的情况提供一些专门的函数。因此不同的系统所提供的函数个数和功能是有所不同的。

8．可以用/*…*/对 C 程序中的任何部分作注释。一个好的、有使用价值的源程序都应当加上必要的注释，以增加程序的可读性。

1.2.2 编写程序时应遵循的规则

从书写清晰，便于阅读，易于维护的角度出发，在编写程序时应遵循以下规则：

（1）一个声明或一个语句占一行。

（2）用{}括起来的部分，通常表示了程序的某一层次结构。{}一般与该结构语句的第一个字母对齐，并单独占一行。

（3）低一层次的语句或声明可比高一层次的语句或声明缩进若干格后书写。以便看起来更加清晰，增加程序的可读性。

在编程时应力求遵循这些规则，以养成良好的编程风格。

1.2.3 C 语言词汇

在 C 语言中使用的词汇分为 6 类：标识符，关键字，运算符，分隔符，常量，注释符。

1．标识符

在程序中使用的变量名、函数名、标号等统称为标识符。除库函数的函数名由系统定义外，其余都由用户自定义。C 语言规定，标识符只能是字母（A～Z，a～z）、数字（0～9）、下划线（_）组成的字符串，并且其第一个字符必须是字母或下划线。

以下标识符是合法的：

a，x，x3，BOOK_1，sum5

以下标识符是非法的：

3s　　以数字开头

s*T　　出现非法字符*

bowy-1　出现非法字符“-”减号

在使用标识符时还必须注意以下几点。

（1）标准 C 不限制标识符的长度，但它受各种版本的 C 语言编译系统限制，同时也受到具体机器的限制。例如在某版本 C 中规定标识符前 8 位有效，当两个标识符前 8 位相同时，则被认为是同一个标识符。

（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）标识符虽然可由程序员随意定义，但标识符是用于标识某个量的符号。因此，命名应尽量有相应的意义，以便于阅读理解，作到“顾名思义”。

2．关键字

关键字是由 C 语言规定的具有特定意义的字符串，通常也称为保留字。用户定义的标识符不应与关键字相同。C 语言的关键字分为以下几类。

（1）类型说明符

类型说明符用于定义、声明变量、函数或其他数据结构的类型。如前面例题中用到的 int、double 等。

（2）语句定义符

语句定义符用于表示一个语句的功能。如例 1.3 中用到的 if…else 就是条件语句的语句定义符。

（3）预处理命令字

预处理命令字用于表示一个预处理命令。如前面各例中用到的 include。

3．运算符

C 语言中含有相当丰富的运算符。运算符与变量，函数一起组成表达式，表示各种运算功能。运算符由一个或多个字符组成。

4．分隔符

在 C 语言中采用的分隔符有逗号和空格两种。逗号主要用在类型说明和函数参数表中，分隔各个变量。空格多用于语句各单词之间，作间隔符。在关键字、标识符之间必须要有一个以上的空格符作间隔，否则将会出现语法错误，例如把 int a;写成 inta;，C 编译器会把 inta 当成一个标识符处理，其结果必然出错。

5．常量

C 语言中使用的常量可分为数字常量、字符常量、字符串常量、符号常量、转义字符等