

丘玉甫 编著

标准PASCAL

程序设计

北京科学技术出版社

标准Pascal程序设计

丘玉圃 编著

北京科学技术出版社

内 容 提 要

本书以简明的方式系统地介绍 Pascal 语言的国际标准、国家标准(草案)的全部内容。书中通过典型例子并采用结构程序设计思想,介绍用 Pascal 语言进行程序设计的方法。最后一章介绍 Pascal 语言的发展——Modula-2 语言。文末附有习题。

标 准 Pascal 程 序 设 计

丘 玉 圃 编 著

责任编辑: 周汝忠

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路 19 号)

北京市新华书店发行 各地新华书店经售

北京樱花印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 印张 15 字数 358,000

1985 年 10 月第 1 版 1985 年 10 月第 1 次印刷

统一书号 15274·027 定价 2.80 元

序

Pascal 语言是七十年代初期由瑞士苏黎世联邦技术学院 N. 沃思教授设计的。它以历史上著名的数学家 B. Pascal 的名字来命名。

Pascal 语言问世以来,对程序设计语言的发展产生了巨大的影响,它已成为世界上流行最广泛的程序设计语言。

目前,国际标准化组织已对 Pascal 语言进行了标准化工作,我国已即将批准 Pascal 语言的国家标准,Pascal 语言在我国的推广与应用将进入一个新的历史阶段。

本书按 Pascal 语言的国际标准和我国国家标准审批稿编写。目的是完整地、系统地介绍 Pascal 语言标准文本的全部内容。本书是按照结构化程序设计的思想编写的。

Pascal 语言优于它同时代的其它语言。但是,对于大型程序设计,它在某些方面就显得不足。1980 年,Pascal 语言的作者、N. 沃思教授发表了 Modula-2 语言。Modula-2 语言是 Pascal 语言的发展。本书第十章介绍的 Modula-2 语言,是作者的研究生张云、宋熙平两同志编写的,它们正在从事这方面的研究。

本书初稿在 1981 年 12 月印出,曾在上海工业大学和北京软件分会 1982 年暑期学习班试用,我校蒋代梅、卢雄远两同志为计算机科学系学生讲授 Pascal 语言时也曾多次试用。作者十分感谢他们提出的修改意见和支持。本书得到系里各级领导和同志们的关心和支持,在此表示衷心的感谢。

丘玉圃

于北京工业大学计算机科学系

一九八五年三月

目 录

绪 论

第一章 Pascal 语言概述	(3)
§1. 程序举例	(3)
§2. 程序结构、语言要素和特点	(5)
§3. 符号	(8)
§4. 标识符	(10)
§5. 数、字符串、常量定义、注解和分隔符	(11)
§6. 需求类型与变量说明	(14)
§7. 赋值语句与表达式	(19)
§8. 输入、输出初步	(22)
第二章 控制语句	(28)
§1. 条件语句	(28)
§2. 重复语句	(32)
§3. 转语句	(40)
第三章 过程与函数	(43)
§1. 过 程	(43)
§2. 函 数	(49)
§3. 标识符的作用域	(51)
§4. 过程参数和函数参数	(53)
§5. 递 归	(56)
§6. 向前引用	(61)
第四章 简单类型	(63)
§1. 枚举类型	(63)
§2. 子域类型	(66)
§3. 类型相容性与赋值相容性	(68)
第五章 构造类型 1 ——数组类型	(70)
§1. 数组概念	(70)
§2. 十进制数转换为 r 进制字符串	(73)
§3. 紧缩数组	(75)
§4. 筛法求质数	(79)
§5. 多维数组	(81)
§6. 插入排序	(85)
§7. 走迷宫	(90)
§8. 可调数组参数	(94)

第六章 构造类型 2 —— 文卷类型	(98)
§1. 序列概念	(98)
§2. 顺序文卷	(99)
§3. 建立文卷与扫描文卷	(100)
§4. 正文文卷	(105)
§5. 外部文卷和内部文卷	(107)
§6. 简单正文编辑程序	(108)
第七章 构造类型 3 —— 集合类型	(111)
§1. 集合类型概念	(111)
§2. 集合运算	(113)
§3. 密码翻译	(116)
§4. 小型计算器模拟	(120)
§5. 排课程表	(127)
§6. 编译程序的扫描程序	(129)
§7. 扑克游戏	(135)
第八章 构造类型 4 —— 记录类型	(145)
§1. 记录类型概念	(145)
§2. with 语句	(150)
§3. 记录的变体	(153)
§4. 紧缩记录	(157)
第九章 动态数据结构	(159)
§1. 递归数据结构	(159)
§2. 指针类型	(160)
§3. 线性表	(164)
§4. 二叉树	(172)
§5. 动态分配需求过程	(181)
§6. 最优路线	(182)
第十章 Pascal 语言的发展—Modula-2 语言	(192)
§1. Pascal 语言中存在的问题	(192)
§2. Modula-2 语言对 Pascal 语言的改进与扩充	(193)
§3. 模 块	(198)
§4. 分离编译	(205)
§5. 低级设施	(206)
§6. 输入 / 输出设施	(207)
§7. 评价与展望	(210)
附 录 Pascal 语言的语法规则	(211)
习 题	(218)
参考文献	(236)

绪 论

一、Pascal 语言产生的历史背景

“计算机软件”一词是 1964 年提出的。当时，从软件发展史来看，它正进入一个所谓软件危机时期。软件的系统越来越大，错误越来越多，产品交付日期越来越得不到保证，软件给人造成不可靠的印象，因而使人们认识到，构造大型软件是一项尚未掌握的事业。在 1968 年召开的 NATO 会议上，提出了“软件工程”的概念，中心是如何研制大型软件，提高软件的生产率，使之具有较高的可靠性和可维护性。这涉及程序设计方法论、工具、组织和规范等各方面的问题。

从方法论方面，荷兰计算机科学家，Turing 奖获得者 E. W. Dijkstra 提出了“结构程序设计”思想。这是为了使程序具有合理结构，以便保证和验证其正确性而规定的一套进行程序设计的方法。用结构程序设计的方法设计出来的程序称为结构化程序。结构程序设计语言是这样一种语言，它的成分反映了结构程序设计的要求和限制，因而便于用它来书写结构化程序。而且，以它写出的程序，易于保证正确性。

在这样的历史背景下，1971 年便产生了 Pascal 语言^[1]。Pascal 语言是 N. Wirth 教授设计的，以历史上著名数学家 B. Pascal 的名字命名。

二、Pascal 是怎样的一种程序设计语言

Pascal 语言是七十年代最有影响和最重要的一种程序设计语言，它是作为 Algol 60 的后继发展而来的。Algol 60 的另一后继是 Algol 68，但 Algol 68 走的却是另一道路。

Algol 68 注重于语言的通用性、灵活性和功能的广泛性，而 Pascal 注重于语言的可靠性、易于验证性、概念的清晰性和实现的简化性。

Pascal 是一种结构程序设计语言。

Pascal 又是一种系统程序设计语言，可以用它来书写顺序型系统软件，如编译程序等。

Pascal 同时还是一种自编译语言。这使得它可以采用特殊的方法来实现，从而提高了可靠性。

Pascal 语言比 Fortran、PL/1 是更不依赖于机器的语言；比 Fortran、Algol 60 是功能更强的语言；比 PL/1 或 Algol 60 又是较简单的语言，因为它的编译程序没有必要是庞大的和多遍扫描的。

三、Pascal 语言的适用范围

Pascal 除适用于科学计算外，特别适用于：

(1) 教学 它使程序设计的基本概念和结构可以用 Pascal 所提供的一种系统的、精确的, 而且合理的方法来描述。例如, 计算机科学系中的课程, 如数据结构、编译技术、离散数学中的概念、算法都可以用 Pascal 来描述。

(2) 书写顺序型系统软件与应用软件 Pascal 语言具备书写顺序型系统软件与应用软件的各种语法成分, 具有丰富的数据类型, 并且还提供构造新类型的方法, 因此可以描述各种各样的数据结构。

四、Pascal 语言的现状

N. Wirth 教授设计计算机程序设计语言 Pascal 时, 有两个主要目标^{[2][3]}:

(1) 提供一种清晰、自然地表达某些基本概念的语言, 使其作为基本概念的系统训练, 适宜于讲授程序设计。

(2) 使新定义的语言能在现有的计算机上可靠、有效地加以实现。

然而, Pascal 具有的属性已远远超过了原始的目标。Pascal 语言的出现虽只有十余年的历史, 但它已是目前世界上流行最广泛的一种程序设计语言, 正越来越广泛地用于书写系统软件与应用软件。

目前, 国际标准化组织 (ISO) 已对 Pascal 语言进行了标准化工作, 已批准把 Pascal 语言的英国国家标准^[6]作为 ISO 标准。ISO 标准保持了 Pascal 语言的主要目标, 除了为使该标准清晰明了所作的改动外, 还有两处主要的改动:

(1) 将原始报告[1]中关于过程参数和函数参数的语法改为使用过程首部或函数首部(本书第三章 §4)。目前有许多系统已照此实现。

(2) 为了更适应程序设计要求, 引入了可调数组参数(见本书第五章 §8)。关于这一点改动, 作者未见到实现了的系统。

ISO 标准 Pascal 语言的规格分为两级: 0 级不包含可调数组参数, 1 级包含可调数组参数。由于标准制定时间不长, 因此目前未见有 1 级的实现。

我国正在制订 Pascal 语言的国家标准, 审批稿将于今年内批准。

我国的 Pascal 语言国家标准的审批稿与 ISO 标准一致。本书的内容将以这两个标准为基准。

鉴于 Pascal 语言的优点, 它将会在我国得到进一步推广和应用。

第一章 Pascal 语言概述

§1 程序举例

在显示终端上有一段正文，该段正文介于两个“↑”之间。试统计这段正文内部的字符个数，以及其中的空格、逗号和句号的个数。注意，正文中不含有“↑”字符。

为了统计字符，以及其中的空格、逗号和句号的个数，引入下面四个变量：

CharNumber	{ 字符个数 }
BlankNumber	{ 空格个数 }
CommaNumber	{ 逗号个数 }
PeriodNumber	{ 句号个数 }

解决这个问题的方案是极其简单的，无须解释就能明瞭。在计算机科学中，解决问题的方案称为算法。我们给出算法如下：

算法开始

四个变量均赋初值 0；

越过第 1 个“↑”前的字符，直至迂“↑”字符止；

跳过“↑”，取正文的第一个字符；

当字符不是“↑”时，重复做下列事情：

字符个数增加 1；

若该字符是空格字符

则空格个数增加 1

否则若该字符是逗号字符

则逗号个数增加 1

否则若该字符是句号字符

则句号个数增加 1；

取正文中下一个字符

输出字符、空格、逗号和句号的个数

算法结束。

根据算法，我们写出下面的 Pascal 程序。程序中花括号内的内容是注解，它解释程序有关部分的含义。

```
program CountChars(input, output);
```

```
{ CountChars 是程序名，该程序涉及到输入文件 input 和输出文件 output }
```

```
{ 以下是常量定义部分 }
```

```
const
```

```
blank = ' '; { blank 表示空格 }
```

```
comma = ','; { comma 表示逗号 }
```

period = '.'; { period 表示句号 }
{ 以下是变量说明部分 }

var

{ 把 CharNumber, BlankNumber, CommaNumber, PeriodNumber
四个量说明为整数类型 }

CharNumber, BlankNumber,

CommaNumber, PeriodNumber : integer;

{ 把 character 说明为字符类型 }

character : char;

{ 以下是语句部分 }

begin

CharNumber := 0; { 给 CharNumber 赋初值 0 }

BlankNumber := 0; { 给 BlankNumber 赋初值 0 }

CommaNumber := 0; { 给 CommaNumber 赋初值 0 }

PeriodNumber := 0; { 给 PeriodNumber 赋初值 0 }

{ 从显示终端上取字符, 直至所取字符是 “↑” 为止 }

repeat

read(character)

until character = '↑';

{ 取正文的第一个字符 }

read(character);

{ 当字符不是 “↑” 时, 做 begin 与 end 间的事情 }

while character <> '↑' do

begin

{ 字符个数增加 1 }

CharNumber := CharNumber + 1;

{ 若该字符是空格 }

if character = blank

{ 则空格个数增加 1 }

then BlankNumber := BlankNumber + 1

{ 否则若该字符是逗号 }

else if character = comma

{ 则逗号个数增加 1 }

then CommaNumber := CommaNumber + 1;

{ 否则若该字符是句号 }

else if character = period

{ 则句号个数增加 1 }

```

        then PeriodNumber := PeriodNumber + 1;
    { 取一个字符 }
    read(character)
end { while };
{ 输出字符、空格、逗号和句号的个数 }
writeln(CharNumber : 6, ' characters' );
writeln(BlankNumber : 6, ' blanks' );
writeln(CommaNumber : 6, ' commas' );
writeln(PeriodNumber : 6, ' periods' );
end { CountChars }.

```

输入

{ Pascal was invented in 1970 by Professor Niklaus Wirth of Zurich. It was named after the famous mathematician Blaise Pascal, who invented one of the earliest practical calculators. }

输出

183 characters
30 blanks
1 commas
2 period

注意：这段正文共换行三次，每个行分隔符被当作一个空格读入，因此输出的空格个数比实际的空格个数多了3个。

§ 2 程序结构、语言要素和特点

2.1 程序结构

在 Pascal 语言中，程序是由“程序首部”，后面跟上分号“；”、“程序体”和句号“.”组成的。这可用图来描述：



图 1.1

这样的图称为语法图，图中矩形框围起来的内容在别处另行定义，而端圆框（对此图是圆框）围起来的是必须出现的实际字符，它们是不必进一步定义的对象

在上一节的例子中，第1行（不计该行最后的分号）是程序首部，第2行至最后一行（除去最后一行 **end** 之后的部分“{ CountChars }.”之外）是程序体。下面分别给出程

序首部和程序体的语法：

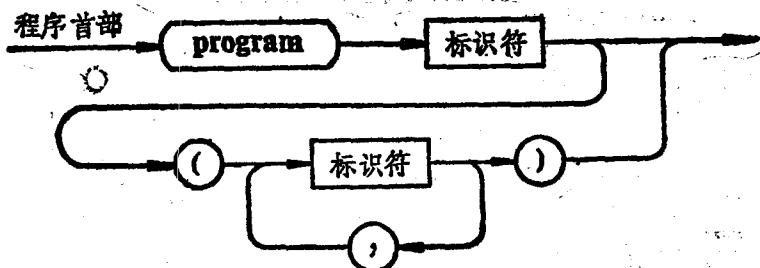


图 1.2

其中紧接在 **program** 后的标识符是程序的名字。

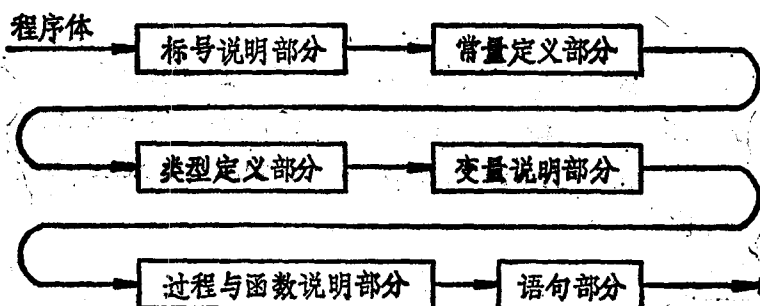


图 1.3

其中语句部分是一个复合语句。复合语句的语法是：

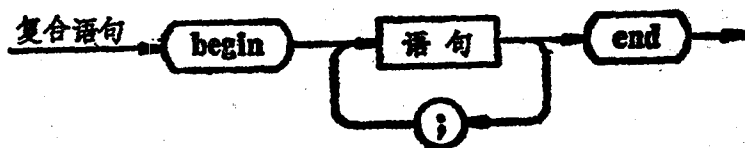


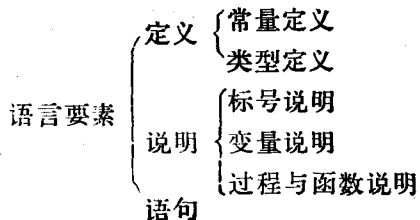
图 1.4

这就是说，复合语句是用 **begin** 和 **end** 括起来的，以分号隔开的语句序列。

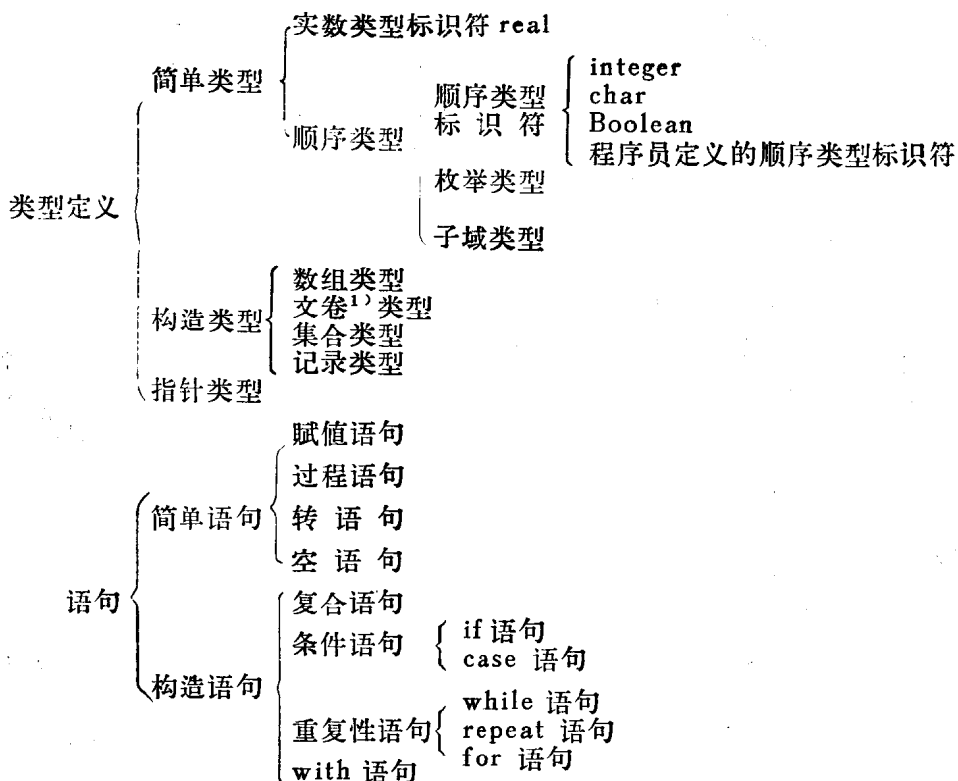
在上一节的例子中，第 4 行至第 7 行是常量定义部分，第 9 行至第 15 行是变量说明部分，第 17 行的 **begin** 开始至最后一行的 **end** 止是语句部分。这个 Pascal 程序没有标号说明部分，没有类型定义部分，也没有过程与函数说明部分。

2.2 语言要素

Pascal 语言的要素是定义、说明和语句：



对于 Pascal 语言，特别要提出的是类型定义与语句：



2.3 主要特点

对熟悉 Algol^[15] 语言或 Fortran^[16] 语言的读者，也许在这里介绍一下 Pascal 语言的特点是有好处的。Pascal 语言的主要特点如下：

1. 在 Pascal 中，语句部分中出现的变量（各种各样类型的变量），必须先说明，即使是语句标号也要进行说明。

2. Pascal 语言中的需求类型有整数类型、实数类型、字符类型、布尔类型和正文文卷类型。简单类型有枚举类型和子域类型。构造类型有数组、文卷、集合和记录类型。从而可以描述复杂的数据，如集合的数组，记录的文卷等。

3. 在 Pascal 中，数据可以动态地分配，并由指针进行访问，从而具有表处理的能力。

4. Pascal 有多种控制语句，从而可以写出结构化的程序。

5. 在 Pascal 中，数组的界只允许是常量，也就是说，它没有 Algol 语言中的变界数组。

6. Pascal 中也有过程说明与函数说明，并且，象 Algol 一样，形参有赋值参数与变量参数，但没有换名表达式。

7. Pascal 象 Algol 一样，过程和函数可以递归地调用。

8. Pascal 象 Algol 一样，过程说明与函数说明可以有嵌套的过程说明或函数说明，

1) 文卷即是 file。过去常称之为文件。根据我国国家标准，今后应把 file 称为文卷。

但 Pascal 中没有 Algol 的分程序概念，因而在语句部分中不能出现说明与定义。

9. Pascal 中的关键字是保留字，因此不能用作标识符。

前面说到的“需求类型”，以及今后还要介绍的“需求函数”和“需求过程”等术语，是指那些已经在系统中为用户准备好了的类型、函数和过程，用户不必进行定义或说明即可直接引用。“需求类型”、“需求函数”和“需求过程”也就是过去通常所说的“标准类型”、“标准函数”和“标准过程”。根据 Pascal 语言国家标准规定，本书使用“需求类型”、“需求函数”与“需求过程”等术语。

§ 3 符 号

任何一种程序设计语言都有它自己的一套符号。程序是由符号组成的。每一个符号是由一个或几个字符组成的。

3.1 Pascal 语言中的字符

在 Pascal 语言中，要用到下列三类字符：

1. 字母

a b c d e f g h i j k l m
n o p q r s t u v w x y z

Pascal 中也可使用大写字母，但除非在字符串（见本章 §5.2）之内，否则大写与小写字母被认为是相同的字符。

2. 数字

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

3. 其它

+ - * / = < > . , :
; ↑ () [] { } ' 空格

3.2 Pascal 语言中的符号

Pascal 程序是由具有一定含意的符号按照语法规则书写而成的。在 Pascal 程序中，单个字符不一定具有确定的含义，但是可以组成具有意义的符号。如组成标识符、无正负号数、字符串、标号和指示字（第三章 §6）等，这些都是 Pascal 语言中的符号。除了上面所说的这些符号外，在 Pascal 语言中，还有下列特定符号。我们列出这些特定符号以及它们在 Pascal 语言中的用法。

1. 字符符号（35个）

and	逻辑与
array	数组类型开始符
begin	复合语句开始符
case	case语句开始符
const	常量定义部分开始符
div	整除运算符
do	for 语句, while 语句, with 语句用

downto	for 语句用
else	if 语句用
end	复合语句结束符, 记录类型结束符, case语句结束符
file	文卷类型开始符
for	for 语句开始符
function	函数说明开始符
goto	goto语句开始符
if	if 语句开始符
in	集合成员关系运算符
label	标号说明部分开始符
mod	取余运算符
nil	指针变量的特定值
not	逻辑非
of	数组、文件和集合类型中
or	逻辑或
packed	紧缩构造类型开始符
procedure	过程说明开始符
program	程序开始符
record	记录类型开始符
repeat	repeat语句开始符
set	集合类型开始符
then	if 语句中用
to	for 语句中用
type	类型定义部分开始符
until	repeat语句中用
var	变量说明部分开始符
while	while 语句开始符
with	with语句开始符

由于这些特定符号都是字, 所以称做字符号。在 Pascal 语言中, 字符号是保留字, 它们不能当作标识符来用。今后为醒目起见, 用黑正体印出。

2. 非字特定符号 (21个) Pascal 中还有一些不是表示成字的特定符号, 叫做 非字特定符号。下面给出这些符号:

+	加
-	减
*	乘
/	除
<	小于

<=	小于等于
=	等于
<>	不等于
>	大于
>=	大于等于
↑	用于缓冲变量、标识（动态）变量和指针类型
.	小数点，记录成分选择，程序结束符
,	分隔表中的项
:	分隔变量名字和类型等等
;	分隔语句，分隔说明、定义等等
:=	赋值运算符
..	隔开子域类型中的上、下界
(和)	括参数表，括表达式
[和]	括下标表，括集合表达式

4 标识符

在 §1 中，我们以

blank, comma 和 period

分别标识空格，逗号和句号，以

CharNumber, BlankNumber, CommaNumber, PeriodNumber

和

character

分别标识字符个数，空格个数，逗号个数，句号个数和每次读到的字符。它们都称为标识符。

标识符是以字母开头的字母数字序列。它的语法为

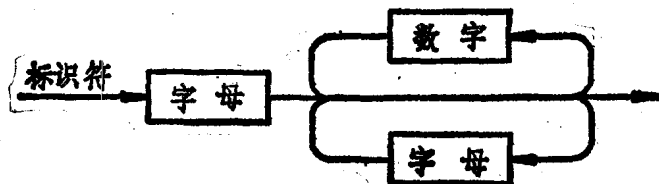


图 1.5

例如

CharSet student1 student2

等都是标识符。

注意：（1）标识符只能由字母和数字组成。在标识符中，不能出现其它字符。例如，不能出现空格字符，即 Char Set 不能作为一个标识符。

（2）字符是保留字，任何标识符不能与字符拼法相同。

(3) 标识符的长度不限。需要说明的是, 作为 Pascal 语言本身, 对标识符的长度不作限制, 但是, 在具体机器上实现时, 对标识符的长度或许有一个限制。

在 Pascal 语言中, 标识符用以标识常量、变量、类型、过程、函数和程序, 还用以标识记录中的域。尽管 Pascal 对于标识符中所用的字母没有规定, 但是为了使程序易于理解, 我们总希望采用一些比较易于记忆的标识符。例如, 用 V 标识体积, T 标识温度, CharNumber 标识字符个数等等。一般地, 标识符常用英语名词来表示。但是, 经验表明, 对于布尔变量 (§6.4) 采用形容词比较合适, 而过程标识符 (第三章 §1) 最好采用描述其动作的动词。

有时候为了使含义清晰起见, 一个标识符往往由若干个英文单词组成。例如 blanknumber 等, 这个标识符是由两个英文单词组成。为醒目起见, 每个英文单词的第一个字母可写成大写, 例如 BlankNumber 等。需要注意的是, 除非在字符串内部, 否则, 在计算机内部, 对 Pascal 语言来说, 大小写是不分的。所以

BlankNumber 和 blanknumber

实际在计算机内部是一样的, 不把它们当作两个不同的标识符。

§ 5 数、字符串、常量定义、注解和分隔符

5.1 数

在 Pascal 语言中, 采用的数是十进制数。数包括无正负号数和有正负号数。它们的语法是:

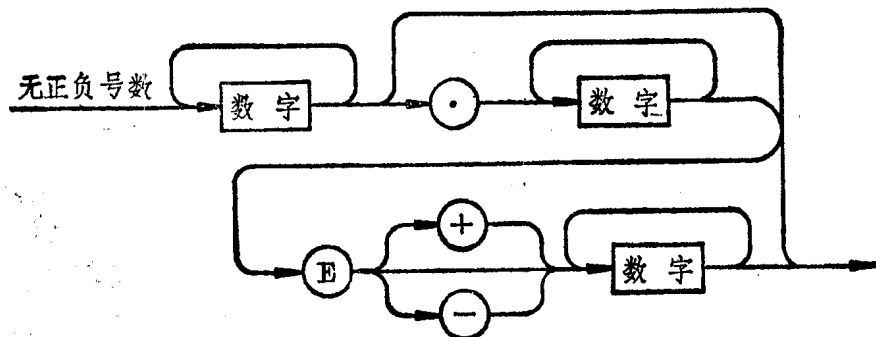


图 1.6

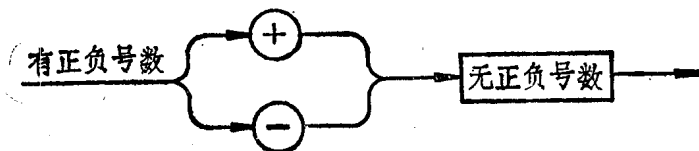


图 1.7

例如

5 0.2 5E-3 27.3E+8 1.4E2 -21.75E-11

等等都是 Pascal 语言的数。第一个数是无正负号整数, 最后一个是有正负号实数, 其他四个数是无正负号实数。若无正负号实数中出现字母 E, 则其后的整数表示 10 的幂次。如