

ALGOL-60

算法语言简介



上海教育出版社

算 法 语 言 简 介

上海师范大学数学系计算数学教研组

上海教育出版社

算 法 语 言 简 介

上海师范大学数学系计算数学教研组

上海教育出版社出版

(上海永嘉路 123 号)

本书在上海发行所发行 上海日明印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.5 字数 118,000

1978 年 2 月第 1 版 1978 年 2 月第 1 次印刷

统一书号. 7150·1795 定价. 0.36 元

序 言

电子数字计算机是二十世纪以来出现的一种先进的计算工具。我国采用自己生产的元件制造的 X-2 机、709 机和 719 机,都是中型电子数字计算机。它们均由运算器、存贮器、控制器、输入设备和输出设备五部分组成。由于电子数字计算机具有运算速度快、计算精度高和存贮量大(从而计算量也大)等特点,因此可以使用它来解决大量、复杂的计算课题,以便赢得时间、提高计算精度和节省人力物力。人们要电子数字计算机完成任何计算,都必须事先编好计算步骤,即编写计算程序,这是使用电子数字计算机时必不可少的一项工作。

本书主要介绍编写计算程序时必须依据的规则——一种易于被接受的编写程序的语言,即算法语言。目前在科学研究和工程计算中常用的算法语言有: ALGOL-60, FORTRAN, BASIC 等。本书结合 725 机(上海师范大学自行制造,性能基本同 709 机),着重介绍在 X-2、709、725 机上都可使用的算法语言的基本部分,它们是在 ALGOL-60 的基础上增改而成的。

用算法语言编写的程序称为源程序。例如,设物体由静止状态自由下落,则计算物体下落速度 v 的源程序为:

begin	开始信号
real $g, t, v;$	为原始数据 g, t 和结果 v 开设好存贮单元[注]

【注】 由于进行大量复杂运算的需要,存贮器具备成千上万个“房间”(称为存贮单元),用来存放数或计算命令。

`#read(0, '10', g, t);`把原始数据按十进制形式输入到对应的存储单元中去

`v:=g*t;`计算 $g \times t$, 结果送 v

`#print(0, '10', v)`将结果 v 用十进制形式打印出来

`end 55...5 止`结束信号

本书内容不求全面,概念逐步引入,解释力求通俗,各章节并配备适当的练习题,书末附有答案,供中学高年级学生、学校教师以及青年工人等自学使用,也可供大学生学习使用电子数字计算机时参考。

目 录

序言	1
第一章 源程序的编写方法	1
第一节 算术表达式	1
一、数	1
二、变量	2
三、标准函数	5
四、算术运算符与圆括号	6
五、算术表达式	7
习题一	8
第二节 赋值语句与简单程序	9
一、赋值语句	9
二、简单输入、输出语句	11
三、程序结构	13
习题二	23
第三节 条件语句与转向语句	24
一、条件语句	24
二、输出语句的几种输出格式	29
三、转向语句	32
四、停机语句	37
习题三	38
第四节 循环语句	39
一、循环语句的两种类型	40
二、使用循环语句时的注意点	47
三、数组输出格式——L 格式	49
习题四	51

第五节 半动态数组、分程序	54
一、半动态数组	54
二、分程序	56
习题五	62
第六节 过程	63
一、关于过程说明的编写	67
二、过程调用	71
三、函数过程	74
四、常用算法的标准过程	76
习题六	81
第二章 上机实习	84
第一节 数制简述	84
第二节 源程序穿孔和数据穿孔	86
一、五单位穿孔纸带	86
二、源程序穿孔	86
三、数据穿孔	90
第三节 725 机的操作技术	92
一、控制台简介	92
二、上机算题的操作步骤	94
三、输出错误信息的说明	98
四、两种常用的人工操作	100
第三章 程序实例	101
实例一、某齿廓曲线中有关点的坐标计算	102
实例二、活塞开槽计算	
——兼介绍用二分法求一般连续函数方程的解的计算方法	106
实例三、如何求出转子式机油泵内转子的面积	
——兼介绍用抛物线法求定积分的计算方法	111
实例四、一个凸轮的计算	
——兼介绍线性插值法	119

实例五、金属材料的“持久强度”试验中经验公式系数的确定

——兼介绍最小二乘法及求解线性方程组的无回代过程的

简单消元法129

附录145

一、基本符号145

二、编码表146

三、出错性质编码表147

四、编译过程中事故停机表及其处理150

五、执行目标程序时停机表及其处理150

习题解答152

习题一152

习题二152

习题三154

习题四155

习题五161

习题六163

第一章 源程序的编写方法

第一节 算术表达式

算术表达式的计算是使用电子计算机解题的重要内容，本节从二次方程求根公式出发，着重介绍算术表达式的书写形式。

二次方程 $ax^2+bx+c=0$ ($a \neq 0$, $b^2-4ac \geq 0$) 的两个根的计算式子是：

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

这里着重分析怎样将第一个式子送入计算机，使它按预定的要求进行计算，至于第二个式子的处理方法将完全类似。

要把一个数学式子送入计算机，必须按照次序把字符一个接着一个地送入。因此，要求把数学式子的各个字符写在一行中而不能有上下、高低之分，这样就要对数、变量、函数、算术运算符等的写法作一些新规定。

一、数

源程序中常数的书写形式与数学上常用的十进制数的书写形式没有多大区别，如：-9.7, 145, +10000, 0.024 等。此外，在源程序中还可使用一个特殊的符号₁₀(小拾)，利用它可以把常数写成 10 的乘幂从而缩短数的书写形式。例如：10000 与 0.00000024 可分别写为 10^4 与 $24_{10} \cdot 10^{-8}$ 。

注意:

(1) 符号 $_{10}$ 必须与它后面的整的常数值组成一个整体才能完整地表示一个10的方幂, 特别需指出此常数必须是整数. 如: $1.5_{10}4$, $_{10}-2$ 都是有意义的, 而 $_{10}-1.2$ 则无意义.

(2) 正数前的正号可写可不写, 但不能在一个数字的前面同时出现正负号, 亦不许在一个数中出现除了“ $_{10}$ ”(小拾), 数字, 小数点和正负号以外的其它符号. 类似 ± 2.4 , $\sqrt{2}$ 等写法在源程序中都是不允许的.

(3) 机器能表示的最大数不超过 $_{10}19$, 当源程序中出现形如 $5_{10}20$ 的数时, 机器便会停下来, 因为该数已超过了机器的表示范围.

二、变 量

如果我们用 a, b, c 表示一般二次方程 $ax^2+bx+c=0$ 的系数, 它们都是变量, 方程的两个根 x_1 与 x_2 也是变量. 算法语言中变量的概念与数学中的变量概念是一致的, 即把允许改变其值的量叫做变量.

1. 标识符

一个生产实际问题的计算过程往往涉及到很多变量, 为了使机器能够对它们进行区别, 便要对这些变量分别取名. 某个变量的名称就叫做该变量的标识符. 如: 二次方程三个系数的标识符分别是 a, b, c , 两个根的标识符是 x_1 与 x_2 . 当然三个系数的标识符亦可以取为 α, y, z . 这完全是由计算者自行确定的.

选定标识符必须遵照一定的规则, 标识符应是英文字母或是由英文字母与数字组成的符号序列, 且该符号序列必须

以英文字母为首。

例如： a_4 , aa , $b52c$, $\sin$, Q , $Alfa$ 等都可以作为标识符，而 $b-a$, $x[2]$, π , β , $4H$ 等都不能选作标识符，这是因为它们之中或是含有除了数字与英文字母以外的符号“ $-$ ”，“ $[$ ”，“ $]$ ”希腊字母，或是以数字为首。

标识符的长度原则上没有限制，但机器只能识别前 7 个（在 709 机上能识别前 8 个）。例如： $A1234567$ 与 $A123456$ 因为前 7 个字符一样，机器就认为它们代表了同一个变量。若变量的标识符为 a ，则我们通常简称为变量 a 。在以后的讨论中，将逐步地介绍数组、标号、过程等概念，可以看到标识符不仅用来标识变量亦可用它标识数组、语句和过程。

2. 简单变量和下标变量

在实际问题中，各个变量之间往往有着一定的联系。为了解决问题的需要，我们亦常常把一组有联系的量看作一个整体来加以研究。例如：在计算三次多项式的值的过程中， $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ 共有 6 个变量，可以分为两类：多项式的值 y 与自变量 x 叫做简单变量，而多项式的系数 a_0 , a_1 , a_2 , a_3 却可以看作一个整体，构成一个数组。

简单变量是指单个的变量。若在研究过程中，简单变量始终在实数范围中取值，则该简单变量又叫做实型量。

按一定次序排列的一组变量叫做一个数组，数组中的每一个变量叫做一个下标变量。

如三次多项式的系数构成一个数组，其标识符取为 a ，那么，它的每一个分量 a_0 , a_1 , a_2 , a_3 叫做数组 a 的一个下标变量，用 $a[0]$, $a[1]$, $a[2]$, $a[3]$ 表示，方括号里的数叫做该下标变量的下标。

一个变量究竟是简单变量还是下标变量，要根据研究

的需要来确定。如二次方程的两个根 $\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ 与 $\frac{-b-\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ 可以看作是简单变量，分别用 x_1 、 x_2 来表示；也可以从它们是同一个方程的两个根出发，把它们看作是一个数组，若其标识符取为 x ，那么 $\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ 是其中第一个下标变量，用 $x[1]$ 表示， $\frac{-b-\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ 是第二个下标变量，用 $x[2]$ 表示。

显然， $x[1]$ 与 x_1 是两回事， x_1 是简单变量，它的标识符是 x_1 ，而 $x[1]$ 是一个下标变量，它所属数组的标识符是 x ，下标是 1。

有时，我们用两个下标来表示一个下标变量在数组中的位置。如方程组

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2, \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3. \end{cases} \quad (I)$$

(I)中出现的系数，就可以用两个下标来确定。第一个下标指出该系数在第几个方程里，第二个下标进一步指出它是哪一个未知量前的系数。若此数组的标识符是 A ，那么 a_{23} 就用 $A[2, 3]$ 表示， a_{11} 就用 $A[1, 1]$ 表示。这正象电影院里的座位按行按列编号，观众凭电影票上的几排几座可以很快地找到自己的座位一样。

一般来说，下标变量的下标是一个整数，但亦允许以算术表达式作为下标。例如： $A[i-1]$ ， $B[K]$ 等，这里，下标 K 与 $i-1$ 限于取整数值。一个数组中的下标变量若用一个下标表示，则称该数组是一维数组。下标变量用两个下标表示，该数组是二维数组。类似地，我们还可定义三维数组、四维数组等。

三、标准函数

在计算公式中,常常出现一些初等函数。源程序中允许把这些初等函数写进去,但在写法上有新的规定。如设求根公式 $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 中的 $b^2 - 4ac = t$, 那么, 算法语言中用 $\# \text{sqrt}(t)$ 表示数 t 的平方根。

又如 $\sin A$ 、 $\cos B$ 及 e^x , 分别用 $\# \sin(A)$ 、 $\# \cos(B)$ 、 $\# \exp(x)$ 表示, 在 709 与 725 机上可以使用 22 个标准函数, 其中常用的有 15 个, 现列表如下:

标准函数	数 学 含 义
$\# \text{abs}(x)$	x 的绝对值
$\# \text{entier}(x)$	不大于 x 的最大整数
$\# \text{sign}(x)$	x 的符号, 即 $\# \text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{若 } x > 0 \\ 0 & \text{若 } x = 0 \\ -1 & \text{若 } x < 0 \end{cases}$
$\# \sin(x)$	x 的正弦值 $ x \leq \pi \cdot 2^{24}/4$
$\# \cos(x)$	x 的余弦值 $ x \leq \pi \cdot 2^{24}/4$
$\# \text{tg}(x)$	x 的正切值 $ x \leq \pi \cdot 2^{24}/4$
$\# \text{arc sin}(x)$	x 的反正弦值 $ x \leq 1$ [注 1]
$\# \text{arc tg}(x)$	x 的反正切值
$\# \ln(x)$	x 的自然对数, $x > 0$
$\# \exp(x)$	x 的指数函数, $x < 63 \cdot \ln 2$
$\# \text{axp}(x, y)$	x 的 y 次方值, 其中要求: $x > 0$, $-64 \ln 2 < y \cdot \ln x < 63 \cdot \ln 2$ [注 2]

[注 1] 如计算 $\text{arc cos } x$ 值应化成 $3.14159265/2 - \# \text{arc sin}(x)$ 。

[注 2] 3.75^8 应写成 $\# \text{axp}(3.7, 5.8)$ 。

(续表)

标准函数	数 学 含 义
# sqrt(x)	x 的平方根, $x \geq 0$
# cubrt(x)	x 的立方根
# wg(x)	把弧度 x 转换成如下形式的度、分、秒值(称为度、分、秒的十进制数表示形式): $\pm a_m a_{m-1} \dots a_1 . b_1 b_2 \dots b_n$ 它表示 $\pm a_m a_{m-1} \dots a_1 \pm b_1 b_2 \dots b_n$
# gw(x)	把十进制数表示形式的度、分、秒值 $x = \pm a_m a_{m-1} \dots a_1 . b_1 b_2 \dots b_n$ 转换成弧度值。

使用标准函数时需注意以下几点:

(1) 书写标准函数时“#”与圆括号不可漏掉,如: $\sin x + u$ 在用算法语言书写时一定要写为 $\# \sin(x) + u$ 。

(2) 标准函数的自变量可以是常数或变量。一般地,它可以是一个算术表达式。这里,必须把自变量部分用圆括号括起来,例如: $\# \sin(x \uparrow 2)$ 与 $\# \sin(x) \uparrow 2$ 就分别表示 $\sin x^2$ 与 $\sin^2 x$ 。

(3) 三角函数的自变量是用弧度来表示的。例如,需求 $32^\circ 08' 59.37''$ 的正弦值时,必须先将角度化成弧度,写为 $\# \sin(\# \text{gw}(32.085937))$ 。

四、算术运算符与圆括号

1. 算术运算符

源程序中允许使用的算术运算符有 $+$ 、 $-$ 、 $*$ 、 $/$ 、 $\uparrow$ 。其中“ $*$ ”表示乘号,乘号不用“ $\times$ ”是为了避免与英文字母 x 混淆;“ $/$ ”表示除号, $\frac{a}{b}$ 在源程序中要写为 a/b ;“ $\uparrow$ ”表示乘幂, b^3 就表示为 $b \uparrow 3$ 。

这样, $b^2 - 4ac$ 在源程序中应写为 $b*b - 4*a*c$ 或 $b \uparrow 2 - 4*a*c$ 。

算术运算符除了在写法上与平时的习惯略有不同外,在

使用上还要注意下列几点:

(1) 乘号不能省略, 亦不可写成“.”。如: $2*n$ 不能写为 $2 \cdot n$ 或 $2n$ 。

(2) 两个运算符不能写在一起。 $\frac{a}{-b}$ 要写为 $a/(-b)$, 2^{-10} 要写为 $2 \uparrow (-10)$ 。

(3) 若使用乘幂符号, 则幂指数必须是整数。例如: $10 \uparrow 5$, $2 \uparrow (-10)$, $a \uparrow K$ (K 为正整数) 都是有意义的。

2. 圆括号

当遇到多种运算符号时, 计算机执行的次序亦按先乘幂再乘除后加减, 在同一级运算中, 执行的次序是从左到右。由此, 若把 $\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 写为 $-b + \# \text{sqrt}(b \uparrow 2 - 4*a*c) / 2*a$, 则计算机实际求出的并不是所需的值, 而是计算 $-b + \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2} a$ 的结果。为了使计算机能按预定的步骤进行计算, 就需要再添加括号, 写成

$$(-b + \# \text{sqrt}(b \uparrow 2 - 4*a*c)) / (2*a). \quad (\text{II})$$

在使用圆括号时应注意:

(1) 圆括号必须成对出现。

(2) 当出现多重括号时, 一律都使用圆括号, 不可使用方括号(它在算法语言中有专用)和其它括号, 且计算从内层的圆括号开始。

五、算术表达式

算术表达式是对常数、变量以及标准函数进行算术运算的式子。算术表达式的运算结果是一个数值。

例如, (II) 式就是一个算术表达式。

再举几个算术表达式的例子:

算 术 表 达 式	数 学 意 义
$a/b/c(\text{或 } a/(b*c))$	$\frac{a}{bc}$
$a \uparrow 3 - b * c / d$	$a^3 - \frac{bc}{d}$
$\# \sin(A) + \# \cos(B)$	$\sin A + \cos B$
$((y+58) * \# \exp(x)) \uparrow 8$	$[(y+58)e^x]^8$

类似地, 我们可以把由生产实际问题归结而得的许多计算公式都写为算术表达式, 把它们按一定的次序送入机器, 由此命令计算机按预定的要求进行一系列的运算得到结果。

通过上面的讨论我们看到: 算法语言中构成算术表达式的规则与通常书写的数学公式的习惯大致相同, 因而把一组计算公式改写为算术表达式时往往只是一个简单的抄写过程, 这就为编制程序带来很大的方便。

习 题 一

一、指出下列诸符号中哪些不可以做标识符:

a_{12} A_a $5mt$ $\sin x$ $\# \ln(y)$ Δ β_{11}
 C_{11} $k[2]$ yi π s $B-x$

二、指出下列书写形式的数, 哪些在源程序中是不允许出现的。

192.420^2 $2+3i$ $3_{10}0.2$ ± 7.05 $0.47_{10}-3$

三、在程序中如何书写下列算式:

$$\frac{ac}{b} \quad \frac{a}{bc} \quad \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}} \quad \frac{(x-1)^2 + \frac{2}{3}}{(x+1)^3 + \frac{4}{5}} \quad \frac{2|ab|}{1 + \frac{1}{2}(a^2 + b^2)}$$

$$1+x+\frac{x^2}{2!}+\frac{x^3}{3!} \quad e^{\sqrt{2}\sin(1+\theta\pi)} \quad \left(\frac{\cos[a(t+b)]}{1+a^2}\right)^{5/2}$$

$$\frac{1}{2}[x\sqrt{a^2+x^2}+a^2\ln(x+\sqrt{a^2+x^2})]$$

四、说明下列算术表达式的数学含义:

1. $R_3 * \# \sin(e[i]) * (A + P * \# \cos(\omega) / \# \sin(\omega)) - R_3 * \# \cos(s)$.
2. $2 * \# \sin(2 * m * \# \operatorname{arctg}(t)) / m * 3.1416$.
3. $4 * \# \ln(\operatorname{Beta} + \# \operatorname{sqrt}(\operatorname{Beta} \uparrow 2 - 1)) / (\operatorname{Alfa} * (\operatorname{Beta} - 1))$.

第二节 赋值语句与简单程序

语句是程序中的一个十分重要的组成部分,它是人指挥机器进行工作的一种命令。各种不同的语句命令机器完成各种不同的工作。本节介绍三个最基本的语句——赋值语句和简单输入、输出语句,在此基础上建立起完整程序的概念。

一、赋值语句

x_1 是二次方程的一个根,可以通过书写如下形式的语句

$$x_1 := (-b + \# \operatorname{sqrt}(b \uparrow 2 - 4 * a * c)) / 2 / a; \text{ (III)}$$

命令机器算出结果。

形式(III)叫做赋值语句。它指示机器依次完成两个工作:

(1) 把“=”右边的算术表达式 $(-b + \# \operatorname{sqrt}(b \uparrow 2 - 4 * a * c)) / 2 / a$ 的值计算出来。

(2) 把计算结果赋给“:=”左边的变量 x_1 。

再举几个赋值语句的例子:

赋值语句

机器的相应工作

$pi := 3.1415926;$ 把常数 3.1415926 赋给变量 pi 。

$y1 := a;$ 把变量 a 的值赋给变量 $y1$ 。