

高等学校试用教材

# 工程数学

## 算法语言·计算方法

华中工学院 数学教研室 编  
软件教研室

高等教育出版社

高等学校试用教材

工 程 数 学

# 算法语言·计算方法

华中工学院 数学教研室 编  
软件教研室

ND10/18

高等教育出版社

(京) 112号

### 图书在版编目(CIP)数据

工程数学:算法语言·计算方法/华中工学院数学教研室,华中工学院数学教研室编. —北京:高等教育出版社,1978.8(1999重印)

ISBN 7-04-001260-X

I. 工… I. ①华… ②华… III. ①工程数学②算法语言③计算方法 N. TB11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 20540 号

---

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电 话	010-64054588	传 真	010-64014048
网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	高等教育出版社印刷厂		
开 本	850×1168 1/32	版 次	1978 年 8 月第 1 版
印 张	8.125	印 次	1999 年 7 月第 24 次印刷
字 数	196 560	定 价	8.20 元

---

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

# 引 言

电子计算机的出现有力地推动了科学技术的发展。今天，掌握电子计算机进行科学计算，已成为广大工程技术人员的要求。这本书正是为了适应这一需要编写的。

本书分两篇，这两篇是有机地联系在一起。第一篇“算法语言”着重体现算法语言是算法的描述工具，为学习第二篇“计算方法”作准备；第二篇介绍电子计算机上的常用算法时，则尽量落实到框图或程序。

本教材教学时数，“算法语言”可为16—18学时，“计算方法”可为22—24学时。由于学时较少，本书只是介绍一些必要的基本概念和基本方法，作为进一步学习这方面内容的入门。使用本书时，可按实际需要内容加以充实或取舍。

算法语言和计算方法都是实践性较强的学科，建议在教学过程中加强上机实习，结合专业需要解决实际课题。

本书第一篇“算法语言”是由华中工学院林化夷编写的，由北京工业大学曹德和同志主审，参加这一部分审稿工作的单位尚有北京邮电学院、上海科技大学、上海交通大学等。

第二篇“计算方法”是由华中工学院王能超编写的，由上海交通大学孙增光教授主审，参加这一部分审稿工作的单位尚有清华大学、西安交通大学、上海交通大学以及南京航空学院等。

参加审稿的同志认真负责，对原稿提出了不少宝贵意见，并协助进行了修改。另外，在编写过程中还得到其他许多同志的指导

和幫助。對此，編者一併表示深切的謝意。

由於編寫時間較短，加之編者水平有限，因此，本書難免存在不少缺點和錯誤，懇切希望讀者給予批評指正。

編 者

一九七八年六月

# 目 录

## 第一篇 算法语言 ALGOL

引言 .....	1
第一章 算法语言的基本符号与源程序的结构 .....	5
§ 1 基本符号与标识符 .....	5
§ 2 源程序的结构 .....	7
第二章 算式 .....	11
§ 1 数、变量和标准函数 .....	11
§ 2 赋值语句、简单算术表达式 .....	13
§ 3 输入与输出过程语句 .....	16
第三章 分支 .....	21
§ 1 关系式与条件语句 .....	22
§ 2 转向语句与复合语句 .....	36
§ 3 开关说明与开关命名符 .....	42
第四章 循环 .....	51
§ 1 循环语句 .....	51
§ 2 下标变量与数组说明 .....	65
§ 3 分程序 .....	76
第五章 过程 .....	89
§ 1 一般过程 .....	89
§ 2 函数过程 .....	99
第一篇参考书和文献 .....	108

## 第二篇 计算方法

第一章 算法与误差 .....	109
§ 1 算法 .....	109
§ 2 误差 .....	117

第二章	方程求根	122
§ 1	引言	122
§ 2	二分法	124
§ 3	迭代法	128
§ 4	迭代过程的加速	133
§ 5	牛顿法	136
§ 6	弦截法	140
第三章	函数插值	144
§ 1	问题的提法	144
§ 2	线性插值	146
§ 3	拉格朗日插值公式	148
§ 4	插值余项	153
§ 5	逐步插值法	157
§ 6	分段插值法	160
§ 7	数值微分	165
第四章	数值积分	169
§ 1	插值求积公式	169
§ 2	变步长的梯形法则	175
§ 3	求积公式的误差	178
§ 4	龙贝方法	184
第五章	常微分方程的数值解法	189
§ 1	引言	189
§ 2	改进的欧拉方法	190
§ 3	龙格-库塔方法	195
§ 4	步长的自动选择	200
§ 5	一阶方程组	202
第六章	线性方程组的解法	208
§ 1	迭代法	208
§ 2	消去法	216
§ 3	矩阵分解方法	231
附录一	样条插值	238
附录二	曲线拟合	246

# 第一篇 算法语言 ALGOL

## 引 言

算法语言 ALGOL 是国内广泛流行的一种程序设计语言。为了照顾内容的通用性,故本篇不涉及特定类型的电子计算机;为了体现算法语言是算法的一种描述工具,本篇在内容安排上采取了从算法到语言的叙述,即将算法划分为算式、分支、循环和过程几种结构形式,然后按描述算法的需要有选择地引进语法成分;为使从算法到语言的过渡更为自然,在这部分内容中充分利用了框图这种描述方式作为桥梁。ALGOL 语言是人们与计算机对话的工具,为了能用 ALGOL 语言把计算步骤交给计算机,首先对电子计算机作一概略的介绍。

### 一、从电子计算机谈起

电子计算机是一种能执行逻辑运算和算术运算的机器。按电子计算机的用途来看,可将电子计算机分为两类:一类是“通用电子计算机”;另一类是“专用电子计算机”。“通用电子计算机”一般用作科学计算、方案设计,它的特点是解题能力强,运算速度快,数值范围大,并有记忆和逻辑判断能力。“专用电子计算机”是为解决某一方面的计算任务或自动控制而特制的,它的特点是结构简单、体积小、稳定可靠、环境适应性强。

电子计算机的结构大体上可分为以下五个主要部分:

- (1) 输入设备——计算机靠它来接受人们给它的运算任务。
- (2) 存贮器——计算机靠它来记忆。



(3) 运算器——计算机靠它来实现各种运算。

(4) 控制器——计算机靠它来指挥机器各部分自动协调工作。

(5) 输出设备——计算机靠它来把运算结果告诉人们。

然而,这五个部分究竟是怎样相互联系来完成计算任务的呢?下面是各部分之间的关系图:

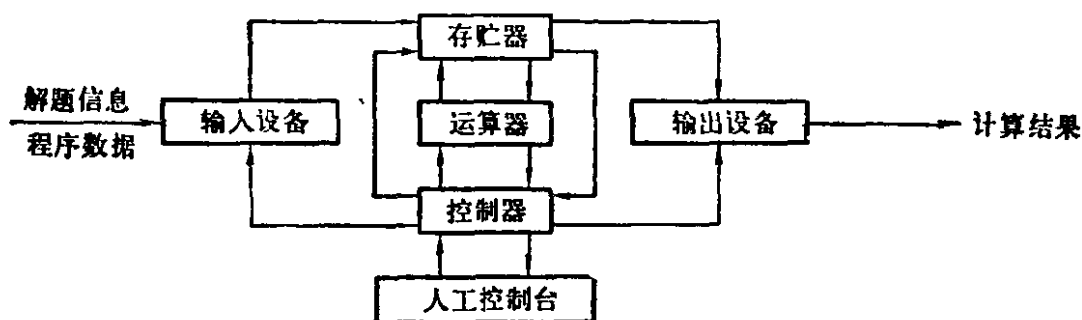


图 0-1

## 二、利用电子计算机解题的一般步骤

利用电子计算机解算生产实际中的问题,大体上有以下几个步骤:

(1) 构造数学模型——就是将实际问题归纳为明确的数学问题。一个生产过程、一条基本运动规律、一种技术设计,总可以经过分析、试验之后,用一系列数学算式来描述,构成数学模型。

(2) 选择计算方法——对数学问题,选择运算简单、工作量节省、并能保证精确度要求的计算方法,确定计算步骤。

(3) 计算过程的程序设计——计算方法中的公式,原始数据和计算步骤,构成计算问题的完整计算过程。为了让计算机来实现这个过程,还得把它们编成程序(即以计算机能识别的语言,将计算过程表示出来)。

(4) 将计算程序和原始数据输入,上机计算,最后计算机输出计算结果。

应当指出的是:计算机的工作特点之一是每当新的信息送入

内存单元时，该单元的原 有信息即被消除，否则原有信息仍然保留。

### 三、什么是算法语言

算法语言是算法的一种描述工具。在电子计算机产生初期，人们用电子计算机解题，需将解题步骤用机器语言编成程序。这样编出的程序叫做手编程序。

随着电子计算机的高速化，以及解题规模的扩大，一方面手编程序需要耗费大量人力与时间。另一方面手编程序极易出错，不易检查，检查错误所费的时间往往比机器解题所需时间多数百倍，乃至数千倍，为了解决这个问题，设计了种种便于编写程序的程序语言，算法语言就是其中一种，算法语言是介于机器语言和数学语言之间的一种通用语言。例如：

编写计算  $x=4$  时， $y=x^4-1$  的值的程序。

用算法语言来写就是下列形式：

```
begin
  integer x;
  real y;
  x := 4;
  y := x4-1;
  writel(y)①
end
```

这份程序用普通的语言来表示，其意义如下：

```
开始
  整型数 x;
```

---

① 按照“中华人民共和国国家标准程序设计语言 ALGOL”的规定，在输出语句符号 write 与输入语句符号 read 后，加上表示输出(入)量个数的数字。例如这里只输出一个量  $y$ ，故输出语句写成 writel( $y$ )。

实型数  $y$ ;

将 4 赋给变量  $x$ ;

计算  $x^4-1$  的值并把结果送到  $y$  中;

打印计算结果  $y$

结束

由于算法语言接近数学语言,因此,用这种语言编写程序大大减少了编写程序的时间,而且也便于人们阅读、检查和修改。用算法语言编写的程序叫做源程序。

目前,程序设计语言有数十种之多,最常用的是 ALGOL<sub>60</sub> (ALGORITHMIC LANGUAGE-60 的缩写)和 FORTRAN (FORMULA TRANSLATION 的缩写)。我国自行设计和制造的各种电子计算机所使用的程序设计语言与 ALGOL<sub>60</sub> 基本相同。因此,本书中仅介绍算法语言 ALGOL。

# 第一章 算法语言的基本符号 与源程序的结构

任何语言都有特定的一套基本符号,例如英语是由 26 个字母和标点符号构成的。算法语言 ALGOL 也是一些基本符号构成的。下面先介绍 ALGOL 的基本符号。

## § 1 基本符号与标识符

### 一、基本符号

现将本书涉及到的 ALGOL 基本符号,分为四大类列出:

1. 字母<sup>①</sup>:

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。

2. 数字:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9。

3. 逻辑值:

true(真), false(假)。

4. 定义符:

(1) 算术运算符:

+(加), -(减), ×(乘), /(除), ↑(乘幂);

(2) 关系运算符:

<(小于), ≤(小于等于), =(等于), ≥(大于等于),  
>(大于), ≠(不等于);

---

① 目前,我国许多计算机上,字母都是大小写不分,本书也遵循这个习惯。

(3) 逻辑运算符:

$\vee$ (或),  $\wedge$ (与),  $\neg$ (非);

(4) 顺序运算符:

**goto**(转向), **if**(如果); **then**(则), **else**(否则), **for**  
(对于), **do**(执行);

(5) 分隔符:

·(小数点), ,(逗号), ;(分号), :(冒号), 10(小拾),  
:= (赋值号), □(空档), **step**(步长); **until**(直到),  
**while**(当);

(6) 括号:

( )(圆括号), [ ](方括号), **begin**(开始),  
**end**(结束);

(7) 说明符:

**integer**(整型), **real**(实型), **array**(数组), **switch**  
(开关), **procedure**(过程);

(8) 分类符:

**value**(值)。

## 二、标识符

什么叫做标识符呢? 以字母开头的由字母和数字组成的符号序列叫做标识符。例如:

*a, b2c, eps, root, A176, sum, alpha, beta, ...*

等等, 都是标识符, 因为它们都是字母开头, 且仅仅是由字母与数字组成的序列。但是, 下列符号不能作为标识符:

8, 5AB, 12xy(因为不是以字母开头);

$\beta$ ,  $\pi r$ , A<sub>10</sub>37, K-point(不只是字母和数字)。

标识符只起“标识”的作用。在写 ALGOL 程序时, 标识符可由程序人员自由选用, 但通常在确定标识符时, 应尽量采用易于识别和

易于记忆的符号,例如:

$t$ (时间),  $h$ (高),  $r$ (半径),  $s$ (边),  
 $sum$ (和),  $term$ (项),  $alpha$ (希腊字母  $\alpha$ )。

在 ALGOL 中,有一些特殊意义的黑体字,如 **true**, **false**, **goto**, **if**, **then**, **else**, **for**, **do**, **step**, **until**, **while**, **begin**, **end**, **integer**, **real**, **array**, **switch**, **procedure**, **value** 等,不能与标识符混同。一般说来,不能用同一标识符表示两个不同的对象(当然也有例外情况)。选用标识符不得与标准函数标识符相同。下面是标准函数的标识符: **abs**, **sign**, **sqrt**, **arctan**, **ln**, **exp**, **sin**, **cos** 及 **entier**。

今后还可看到:标识符不但代表一些量的名字,而且还可以作为程序中其他对象的名字。这样说来,标识符本身没有独立的意义。

## § 2 源程序的结构

什么是计算问题的源程序呢? 我们从一个简单的例子入手介绍它的基本内容和结构。

例 已知  $a, b, c, x$  的值,计算  $y = ax^2 + bx + c$  的值。

在 ALGOL 中,首先应该说明  $a, b, c, x, y$  都是表示实数范围内取值的变量,写成

**real  $a, b, c, x, y$ ;**

然后,将变量  $a, b, c, x$  的值输入到机器内存贮器里代表变量  $a, b, c, x$  的单元中去,写成:

**read4( $a, b, c, x$ );**

变量  $a, b, c, x$  的给定值输入机器后,接着就按计算公式进行运算,写成:

**$y := (a \times x + b) \times x + c;$**

最后,将计算结果  $y$  的值打印在输出纸上,写成:

writel( $y$ );

以上就是采用算法语言对这个计算问题进行的全部描述,如果把它们写在一起并添加某些符号,就构成了计算问题的源程序(ALGOL 程序)。

```
begin.....开始部分
  real  $a, b, c, x, y$ ; .....说明部分
  read4( $a, b, c, x$ );
   $y := (a \times x + b) \times x + c$ ; } .....语句部分
  writel( $y$ )
end.....结束部分
```

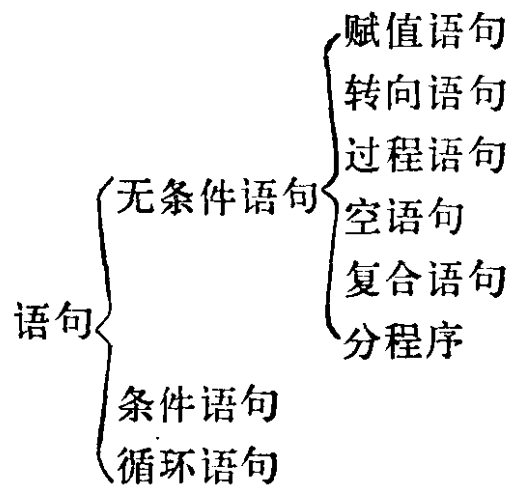
上面的源程序,用普通的语言来表示,其意义如下:

```
开始.....开始部分
  实型数  $a, b, c, x, y$ ; .....说明部分
  (从光电输入机上通过数据纸带)读入  $a, b, c, x$ ;
  计算  $ax^2 + bx + c$  的值并把结果送到  $y$  中; } .....语句部分
  (在打印机上)输出计算结果  $y$ 
结束.....结束部分
```

以上的简单例子表明:源程序是由开始部分,说明部分,语句部分以及结束部分所构成的。开始部分和结束部分是告诉机器从什么地方开始到什么地方结束,可以看成一对括号。说明部分起介绍作用。在语句部分出现的量,一般都要在说明部分加以说明,这样就可以使机器了解所用的量具有什么性质(类型、种类),从而对不同性质的量作出不同的处理,并分配相应的存贮单元。在ALGOL中,说明部分编写在语句部分的前面,不允许二者交叉地编写。

语句部分是程序的主体,正如一篇文章,除了标题及附注之

外，是由表达各种意思的语句组成的一样。在 ALGOL 程序中，完成计算过程的是具有各种功能的语句。语句大体上分为以下几类：



这些语句的形式及其作用，将在后面各节随着描述算法的需要陆续介绍。

## 习 题 一

1. 下列符号中，哪些是标识符？哪些不是标识符？

$x$	$cat$	$x+3$	$next$	$42y$
$x_{12}$	$3a$	$begin$	$while$	$B_7$
$t(3)$	$p[2]$	$158$	$T_{1.4}$	$abc$
$g^{-1}$	$\omega t$	$A/M$	$abs$	$(last)$
$algol_{60}$	$Fint$	$Bessal$	$function$	

2. 将下列程序用普通语言表示，并指出它们是描述什么样的计算公式：

(1) **begin**

```

    real R, H, V;
    read2(R, H);
    V := 3.141592654 × R × R × H;
    write1(V)
  
```

**end**

(2) **begin**

```

    real x, y, u;
  
```



```
 $x := 5/13;$   
 $y := 12/13;$   
 $u := 0.6 \times x - 0.5 \times y;$   
 $y := 0.6 \times x + 0.6 \times y;$   
 $x := u;$   
write2( $x, y$ )  
end
```