

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

高等教育出版社

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

•
高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
天津新华印刷四厂印刷

•
1978年8月第1版 1988年4月第13次印刷

ISBN 7-04-001260-X/O·410

定价 1.45元

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迫切要求。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的。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:

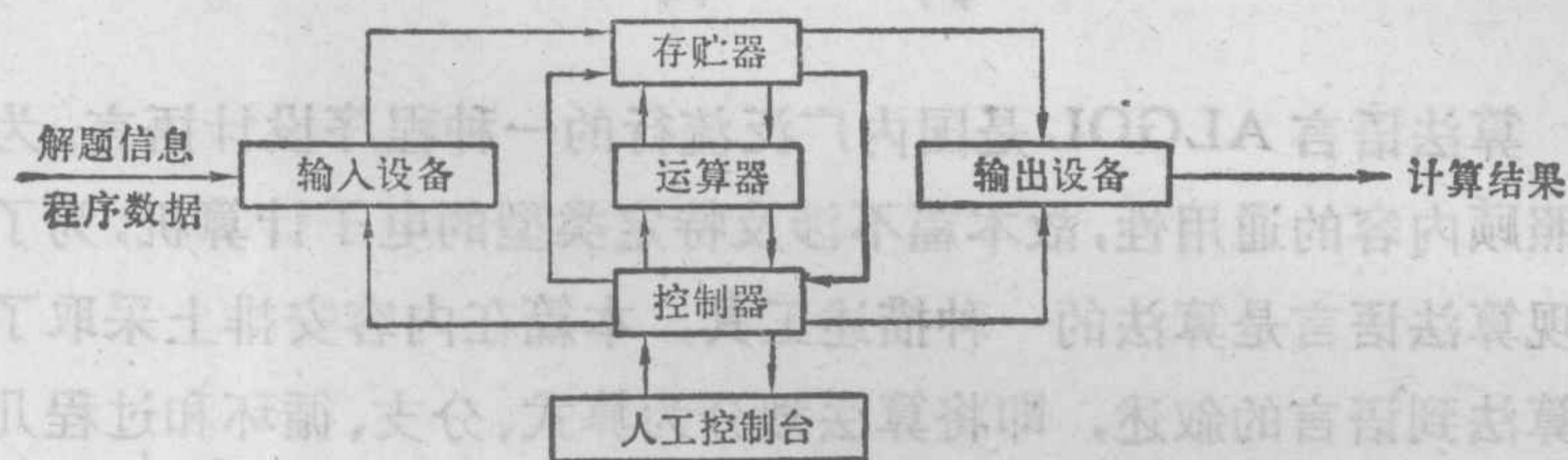


图 0-1

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 ;

$x:=4$;

$y:=x^4-1$;

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 ALGOL₆₀ (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 ALGOL₆₀ 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^①:

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);

β , πr , $A_{10}37$, 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 α).

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:

writeln(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

writeln(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

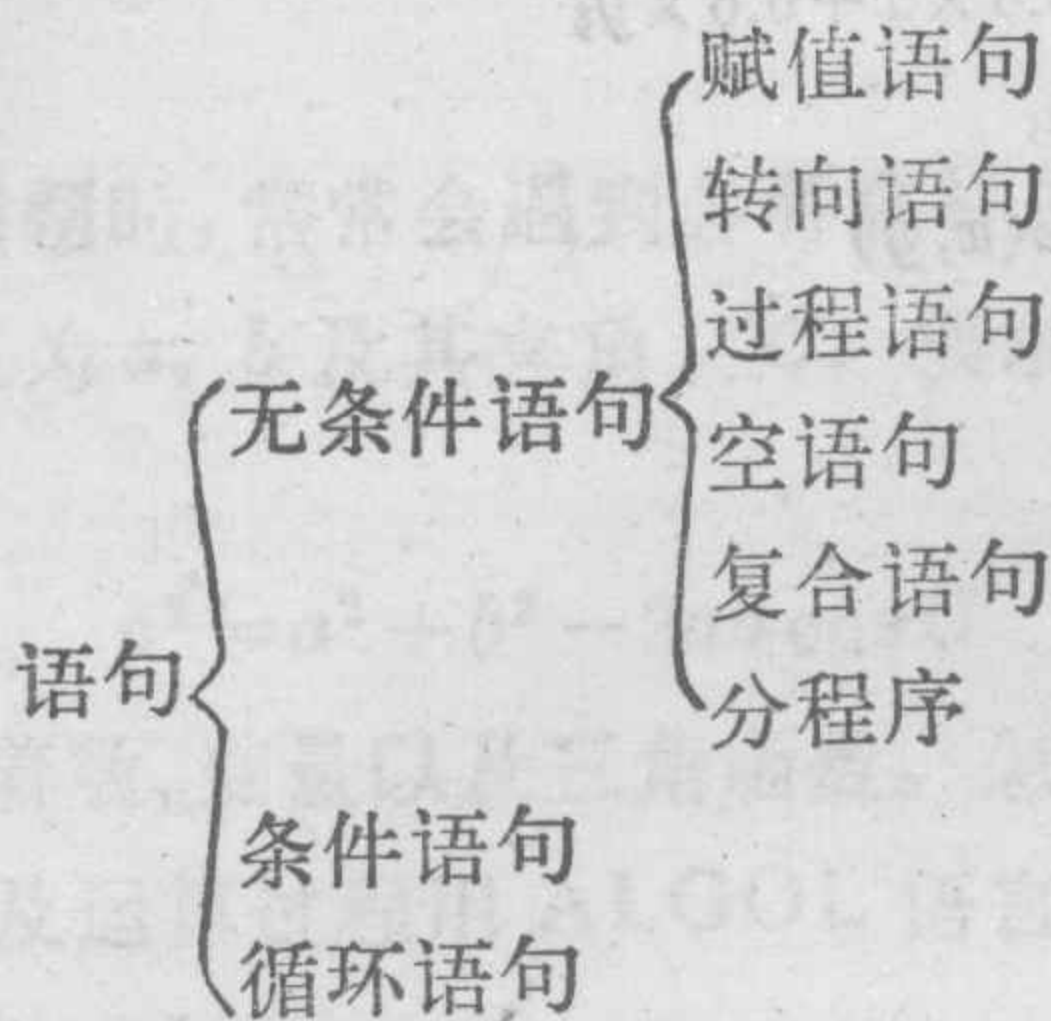
(在打印机上)输出计算结果 y

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	<i>cat</i>	$x+3$	<i>next</i>	$42y$
x_{12}	$3a$	<i>begin</i>	<i>while</i>	B_7
$t(3)$	$p[2]$	158	$T_{1.4}$	<i>abc</i>
g^{-1}	ωt	A/M	<i>abs</i>	(<i>last</i>)
<i>algol</i> ₆₀	<i>Fin</i>	<i>Bessal</i>	<i>function</i>	

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

需由后到前逐条翻译并各面已拍齐。用其文为基再作(译)面。

上面的程序,用普通的话来表示,其意义如下:

开始.....开始部分

实型数 a, b, c, x, y 说明部分

(从光电输入机上输入数据)下列符号中,哪些是数据?

计算 $u = (a \times c - b) \times x - y$ 下列符号中,哪些是运算?

(在打印机上输出结果)下列符号中,哪些是输出?

结束(或).....下列符号中,哪些是结束?

以上的符号,在ALGOL语言中,是用下列符号表示的:

ALGOL语言中,是用下列符号表示的:

什么地方开始到什么地方结束,用begin和end表示。

变量作用。在说明部分出现的变量,在程序部分出现时,就起作用。

这些就可以使机器了解所用符号的意义了。

对不同性质的量作出不同的处理,用不同的符号表示。

在ALGOL语言中,说明部分都写在程序部分的前面,不允许交叉。

符号.....(2) begin

符号.....real a, b, c, x, y

符号.....end