

FORTRAN 程序设计

丘玉圃 编著

科学出版社

FORTRAN 程序设计

丘玉圃 编著

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书系统地介绍 FORTRAN 程序设计语言,还介绍 FORTRAN 程序设计技巧以及一些用 FORTRAN 语言写的最常用的算法.全书共十二章.前八章介绍 FORTRAN 语言的基本内容,第九章是 FORTRAN 中一些较深入的问题,第十章对比了 FORTRAN 与 ALGOL 两种语言,第十一章是用 FORTRAN 语言写的一些最常用的算法,第十二章简要介绍了 DJS-6 机上配备的 FORTRAN.书中还附有习题和习题解答.

本书深入浅出、通俗易懂,可供从事程序设计工作的工程技术人员和大专院校师生使用,亦可作为大专院校教学参考书.

FORTRAN 程序设计

丘玉圃 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

法律出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979 年 12 月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1983 年 9 月第四次印刷 印张:15 3/4

印数:118,201—150,700 字数:361,000

统一书号:13031·1201

本社书号:1674·13-1

定价: 1.60 元

序

FORTRAN 是目前国外科技计算中使用最广泛的一种程序设计语言,也是国内即将广泛采用的程序设计语言。

本书介绍 FORTRAN 程序设计语言、程序设计技巧以及用 FORTRAN 语言写的一些最常用的算法。

本书力图处理好下面几个关系:

1. 一般性与特殊性 FORTRAN 是标准化较早、标准化程度较高的一种程序设计语言。1972 年国际标准化组织 (ISO) 推荐了三级 FORTRAN 文本。但是,对具体计算机上配备的 FORTRAN,它与 ISO 标准之间总有一些差别。这些差别通常是微小的,并且都会在语言说明书中给出。因此,为了适用于较一般的情形,本书按 ISO 推荐的完全 FORTRAN (相当于 FORTRAN IV) 编写。这样,一方面使读者学习后对 FORTRAN 标准能有一个完整的了解,以免受具体软件所局限;另一方面,对要在某台具体计算机上用 FORTRAN 算题的读者,又只需通过短时间的学习——了解该台计算机上配备的 FORTRAN 与 ISO 标准间的差别以及操作系统有关部分等就可以上机算题。为使读者便于从 FORTRAN 标准过渡到具体机器,作为例子,本书第十二章简要地介绍在 DJS-6 机上配备的 FORTRAN。

2. 严谨性、完整性与易读性 本书力求做到忠实于 FORTRAN 文本的严谨性和完整性。对 FORTRAN 中的一些较深入和难懂的问题,例如循环扩充域,关于对虚拟变元进行定义,函数副作用,程序覆盖以及二级定义等问题,力求作完整、确切的介绍。另一方面,为了便于自学,书中对每一语法

成分力求作详尽而通俗的解释,并给出适当的例子。

3. 系统性与易接受性 本书力求既具有 FORTRAN 语言的系统性又从教学法角度具有易接受性。例如 FORTRAN 有六种数据类型,其中整、实型是最基本的,因此,从第五章起才开始介绍其它四种类型。又如, FORTRAN 的输入/输出有着丰富的内容,但它对初学者显得过于庞杂。可是,要编写一个完整的 FORTRAN 程序又离不开输入/输出。因此,在第二章中介绍了输入/输出的一些必要的内容,其余在第八章介绍。

本书前八章是 FORTRAN 的基本内容,其中循环与过程两章是重要部分。作者力求细致地介绍组织循环与编写过程的技巧,并介绍编写通用程序时处理可调数组的方法。第九章是 FORTRAN 语言中的一些较深入的问题,在第一遍阅读本书时可暂不学习。第十章是为熟悉 ALGOL 60 的读者而写的,目的是通过两种语言的对比更快地掌握 FORTRAN。第十一章是一些用 FORTRAN 语言写的、最常用而有效的算法。为了便于阅读,加了较详细的注解。这些算法都是从《电子计算机常用算法》(科学出版社,1976年)一书中的相应算法改写过来的。在改写过程中对其中一些算法作了改进。

中国科学院计算所姚兆炜同志审阅了本书初稿,提出了许多宝贵意见。七机部二十六所何新贵、徐祖渊、童承璞、黄振雄等同志,国营北京有线电厂陈明源、黄正成、陈万芳、王懋江等同志,中国科学院计算所韩淑娟同志曾给予热情的帮助。在此对上述单位和同志表示衷心的感谢。

校内领导曾给予大力支持。第十一章中诸算法曾与林公豫同志多次讨论,得益匪浅。曹德和同志曾对本书进行了修改和补充。但限于作者水平,书中定有不妥之处,请批评指正。

丘玉圃 于北京工业大学计算站

一九七八年七月

目 录

绪 论	1
第一章 FORTRAN 语言概述	10
§ 1 FORTRAN 程序举例	10
§ 2 基本符号	12
§ 3 常数	15
§ 4 变量与符号名	18
§ 5 最常用的内部函数与基本外部函数	21
§ 6 源程序的书写格式	22
§ 7 程序结构与语句分类	26
习题	30
第二章 输入输出初步	31
§ 1 基本知识	32
§ 2 格式语句	33
§ 3 读、写语句	43
习题	47
第三章 赋值语句与控制语句	50
§ 1 算术赋值语句与算术表达式	50
§ 2 无条件转语句	57
§ 3 条件语句	59
§ 4 计算转语句和赋值转语句	68
§ 5 停语句和暂停语句	78
习题	79
第四章 数组、循环	83

§ 1	数组、维数语句	84
§ 2	循环语句与继续语句	94
§ 3	多重循环	107
§ 4	循环的控制转移	115
§ 5	高斯消去法	121
习题	130
第五章	各种类型的数据	133
§ 1	算术型数据	133
§ 2	逻辑型数据	142
§ 3	文字型数据	147
习题	149
第六章	过程	151
§ 1	内部函数与基本外部函数	151
§ 2	语句函数	153
§ 3	外部函数、函数辅程序	161
§ 4	子程序	174
§ 5	可调数组与通用程序的编写	182
§ 6	外部语句	200
§ 7	过程辅程序的有关问题	215
习题	222
第七章	数据联系语句与数据初值语句	224
§ 1	等价语句	224
§ 2	公用语句	229
§ 3	数据初值语句	242
§ 4	数据块辅程序	245
习题	246
第八章	输入/输出	249
§ 1	文件概念	249

§ 2	读语句和写语句	250
§ 3	格式说明	256
§ 4	字段描述符	264
§ 5	比例因子	273
§ 6	数组中的格式说明	275
§ 7	辅助的输入/输出语句	278
	习题	282
第九章	几个比较深入的问题以及随之而来的限制	286
§ 1	关于对虚拟变元进行定义的限制	286
§ 2	关于函数引用的限制	291
§ 3	程序覆盖以及与之有关的限制	294
§ 4	基本块和二级定义——关于下标和计算转语句 中的整变量的限制	298
第十章	从 ALGOL 60 看 FORTRAN 的特点	308
§ 1	两种语言的主要差别	308
§ 2	常数、变量和数组	313
§ 3	表达式	318
§ 4	语句	321
§ 5	过程	330
第十一章	常用算法	347
§ 1	插值	347
§ 2	数值积分	351
§ 3	线代数计算方法	364
§ 4	代数方程和超越方程求根	393
§ 5	常微分方程的数值积分	427
第十二章	DJS-6 机 FORTRAN 简介	441
§ 1	DJS-6 机简介	441
§ 2	DJS-6 机 FORTRAN (北京有线电厂)	442

§ 3 DJS-6 机 FORTRAN (七机部二十六所)	450
§ 4 用 DJS-6 机 FORTRAN 编写的程序	455
习题解答	469
附表 1 内部函数表	489
附表 2 基本外部函数表	491
附表 3 语句表	492
附表 4 算法索引	494
参考文献	496

绪 论

一、计算机简介

快速电子计算机是在算盘—手摇计算机—电动计算机的基础上发展起来的现代化工具。虽然从第一台电子计算机诞生至今只有三十多年的历史，但是它已在科学研究、工业、农业、国防建设和社会生活的各个方面得到了越来越广泛的应用，产生了深刻的影响。计算机的科学技术水平、生产规模和应用程度，已经成为衡量一个国家现代化水平的显著标志。

用算盘算题时需要算盘和口诀两大要素。对应地，计算机有硬件和软件两大要素。硬件是计算机的机器部份，软件是指计算机的程序(特别是系统程序)部份。

用算盘算题时，有三个因素：人(作控制用)、算盘(作运算用)、纸(作记录用，记录解题步骤和数据)。对应地，用电子计算机来解题时，计算机的硬件也有三个主要部份：控制器、运算器和存储器。这里，存储器用以存储解题步骤和数据，控制器顺序地到存储器中把解题步骤取出利用运算器进行加工运算。

因此，一台计算机能解多大的题目在很大程度上取决于存储器有多大的容量。存储器是由“单元”组成的。每个单元(或几个单元)中放一个数据或信息。这些单元按一定的顺序编号，每个单元的单元号称为该单元的地址。计算机中的每一个单元都具有这样的性质：若从单元中取信息，则取走后该单元中仍保留其原有信息，若往单元中送信息，则送

入后该单元中原有的信息就不复存在而被新送来的信息所取代。

存储器的每一个单元均由若干个二进位数组成，每个单元中包含的二进位数的个数称为该计算机的字长。粗略地算，约四个二进位数代表一个十进位数。所以，一般说来，一台计算机，如果字长越长，精确度就越高。

存储器有内、外之分。内存储器通常由磁芯组成，外存储器通常有磁鼓、磁带、磁盘等等。内存储器存取信息的速度快，但容量有限，外存储器容量比内存储器容量大得多，但存取周期长，速度慢。

所谓计算机的速度指的是每秒能做多少次运算。一台计算机速度越快，效率也就越高（当然，还必须配备合适的软件，才能更充分地发挥计算机的效率）。

因此，速度、字长、内存容量是衡量一台计算机硬件部分技术性能的三个重要指标。下面是几台国产计算机的这三项指标：

指 标	013 机	DJS-6 机	DJS-130 机
速 度	200 万次/秒(平均)	5--6万次/秒(平均)	50万次/秒(定点加)
字 长	48 位	48 位	16 位
内存容量	144K ¹⁾ (字)	32K(字)	32K(字)

1) 1K = 1024

控制器、运算器和内存储器统称为主机。它们是执行任务的主要部件。显然，除此之外计算机本身还需要有接受任务以及任务完成后报告结果的装置。前者称为输入设备，后者称为输出设备。输入设备通常有卡片读入器，纸带输入机，打字机等，输出设备通常有行式打印机，窄行打印机，曲线输出仪、屏幕显示等等。

输入设备、输出设备和外存储器统称为外部设备。外部设备的品种与数量也是衡量计算机硬件的重要指标之一。外部设备越齐全,计算机的能力也就越强,为用户提供的方便也就越多。

二、程序语言简介

每一台计算机都能完成若干种特定的操作。例如+, -, \times , \div , 存数、取数、打印等等,这些操作是通过机器指令来实现的,不同性质的机器指令的总和称为指令系统,又称为机器语言。一般计算机的指令系统包括几十至上百种操作,必须按计算机预定的方式进行编码,机器才能辨别。每一种操作所编的号码称之为操作码。以DJS-6机为例,操作码02, 03, 04, 05, 06, 07所表示的操作分别为存数,取数,+, -, \times , \div 。

要让机器代替人工进行运算,必须把解题步骤告诉机器,解题步骤称为程序。刚开始有计算机时,要用计算机算题,程序是用机器语言编写的——把要进行的运算的操作码以及运算对象所在的地址都写出来,这样的程序称为手编程序。

仍以DJS-6机为例。设要计算 $A \times B + C \div D$ 并把结果放在Y中且打印出来。我们首先要给A, B, C, D, Y分配地址,设把它们分别放在000100, 000102, 000104, 000106, 000110号单元中,又设程序放在000200为首的单元中,则计算

$$Y = A \times B + C \div D$$

的程序是:

```
000200 003 000 100 (把A取到B寄存器准备进行运算)
          006 000 102 ( $\times B$ )
          002 000 112 (把 $A \times B$ 暂存于000112单元中)
          003 000 104 (把C取到B寄存器)
```

```

007 000 106 (÷D)
004 000 112 (与A × B 相加)
002 000 110 (把结果送到Y中去)
..... (打印结果)
077 000 000 (停机)

```

可见,为了算题,人们先要分配地址并编制程序,然后把上述程序送入000200为首的内存单元,把A, B, C, D的已知值送入它们所分配到的单元中去,最后自000200启动,机器就能自动把Y算出送入000110单元中。

上面所叙述的是用机器语言算题的全过程。用机器语言算题很繁琐,非常容易出错,而且效率很低。一个题目,程序可能要编几个星期,而真正上机计算往往只要几分钟甚至几秒钟。

为了减少差错,减轻人工的繁琐劳动,人们在程序中用符号来代替手编程序中的操作码和地址,产生了汇编语言。利用汇编语言,上面的手编程序可写为如下的程序(仅写出核心部分):

```

SB A (SB意即“送B”,即把A送B寄存器)
× B
BS W (BS意即“B送”,即把B寄存器中的结果送W)
SB C
/ D (/表示除)
+ W
BS Y
..... (打印结果)
TIN (停机)

```

这样的程序称为符号程序。用汇编语言算题时,要求机器中有一个“翻译员”,它的职能是:

1. 分配地址。把 A, B, C, D, W, Y 以及上述符号程序各自分配好地址。

2. 翻译和代真。把符号化的操作 $SB, \times, BS, /, +$ 等各自翻译成机器的操作码, 把 A, B, C, D, W, Y 等符号化的地址用它们所分配到的真地址代入。

显然, 上述符号程序经过了“翻译员”的翻译后, 就变成了一份手编程序。然后, 它就可以与手编程序一样进行运算了。这个“翻译员”称为汇编程序, 它本身也是用机器指令写成的。

编制符号程序比手编程序进了一步, 但符号程序仍是依赖于具体机器的, 很难在不同型号的机器上互换, 并且, 它与所要进行计算的公式差别仍是很大的。计算机的高速度与编程的低效率之间仍然存在着很大的矛盾。随着高速计算机的发展, 五十年代中期出现了高级语言 FORTRAN。FORTRAN 是 FORMULA TRANSLATOR 的缩写, 意即公式翻译。随着, ALGOL, COBOL, BASIC, PL/I 等其它许多高级语言也相继问世。

用高级语言编写的程序称为源程序, 有时也称为 FORTRAN 程序, ALGOL 程序, ……。它与问题的原来形式非常接近。例如, 前面的例子的 FORTRAN 程序为

```
READ (4, 15) A, B, C, D    (读入 A, B, C, D 的值)
15 FORMAT (4F5.2)
   Y = A * B + C/D        (计算 Y)
   WRITE (3, 20) Y        (写出 Y 的值)
20 FORMAT (1X, F7.2)
   STOP                    (停机)
   END
```

可见, 用高级语言所编写的源程序已经脱离了具体的机

器。这样，为程序在不同型号的计算机上互换创造了良好的条件。同时，由于用高级语言编写的源程序与问题的本来形式很接近而易于掌握。这样就使得各行各业的具体工作人员可以直接使用计算机来解决本部门的问题。于是，计算机的应用领域及使用队伍就愈加广泛，反过来，这又促进了计算机的发展。

用高级语言编写的程序同样需要一个“翻译员”，它把源程序翻译成为机器指令程序，然后执行。这个“翻译员”称为编译程序。例如 FORTRAN 编译程序，专门用于把 FORTRAN 源程序翻译成为某具体计算机所能辨认的机器指令程序，而 ALGOL 编译程序则专门用于翻译 ALGOL 源程序。起初，编译程序本身是用机器语言来编写的，之后，用汇编语言来编写，近来又发展成为用高级语言来编写编译程序。

用高级语言来解题的全过程大致是：根据问题抽象出数学模型，选择合适的计算方法，通常用框图来描述具体解题步骤，根据框图写出源程序，将源程序和数据分别进行穿孔（在卡片或纸带上穿孔），然后上机进行调试。上机调试的大致过程如下：

1. 输入源程序。
2. 由编译程序对源程序进行编译。
3. 如果编译阶段发现有语法错，则称编译通不过，此时需进行修改后重复上述过程，直至编译通过。
4. 若编译通过，则源程序已被翻译成机器指令程序，称为目标程序。
5. 执行目标程序，即可得出结果。执行时，遇读语句时，则从外部设备上读入，遇写语句则从外部设备上输出结果。
6. 如果打印结果不合题意，则又需回头对数学模型、计算方法、程序及数据进行审查，然后重复上述步骤，直至打印结

果符合题意为止。

上面提到的汇编程序，编译程序等等都称之为软件。一般，把这种适用于各种用户和各种问题的软件称为通用软件。除此之外，还有专门用于解决某一特定领域的问题的软件，一般称之为专用软件。在计算机发展的初级阶段，它只包括硬件部分，因而只能用机器语言来解题。当今，几乎全部都用高级语言来解题，软件已成为计算机的一个不可分割的组成部分。可以这样断言，如果没有适当的软件相配合，计算机的效能是根本无法发挥出来的！

当前，软件已和硬件一样，成为计算机技术中的一个重要研究领域。并且，硬件的迅速发展已经为软件的发展提供了物质前提，而软件本身又为它自己的不断发展提供了技术基础。特别是，计算机应用领域的扩大又大大推动和促进了软件的发展。目前，所谓软件，已不仅仅是指汇编程序，编译程序，而且还包括管理程序，操作系统等等，各种程序语言也应运而生，除了最常用的 FORTRAN，ALGOL，……外，目前国际上已流行的通用与专用语言达数百种之多。

三、FORTRAN 的历史发展和现状

第一个 FORTRAN 发表于 1954 年，称为 FORTRAN I，它于 1956 年在 IBM 704 计算机上实现。1958 年，FORTRAN II 开始出现，它对 FORTRAN I 作了许多重大的扩充，例如引入了子程序等等。在 1958 年至 1963 年，FORTRAN 相继在许多计算机上实现。在此期间，又出现了 FORTRAN III。但是，据说 FORTRAN III 从来未被实现过。“虽然 FORTRAN II 的加工程序仍在实际使用，但在 1962 年初 FORTRAN IV 的加工程序开始出现了，并且在扩大其使用。FORTRAN IV

不仅扩大了 FORTRAN 语言,而且作了一定的改变,致使 FORTRAN II 的程序难于在 FORTRAN IV 的加工程序下直接运行。”¹⁾因此,在 1962 年 5 月,美国标准协会(简称 ASA²⁾)成立了有关的工作组,以开展 FORTRAN 语言的标准化工作。经过了几年的讨论,在 FORTRAN IV 的基础上,于 1966 年 3 月正式公布了两个标准文本:美国标准 FORTRAN 和美国标准基本 FORTRAN。美国标准基本 FORTRAN 是美国标准 FORTRAN 的一个子集。也就是说,用美国标准基本 FORTRAN 写的程序也是美国标准 FORTRAN 写的程序。一般地说,美国标准 FORTRAN 相当于以前的 FORTRAN IV,而美国标准基本 FORTRAN 相当于 FORTRAN II。

随着 FORTRAN 语言在国际上广泛流行,在美国标准的基础上,国际标准化组织(简称 ISO³⁾)于 1972 年 7 月发表了 FORTRAN 的推荐文本。ISO 标准 FORTRAN 分成三级:完全 FORTRAN,中间 FORTRAN 和基本 FORTRAN,其中完全 FORTRAN 相当于美国标准 FORTRAN,基本 FORTRAN 相当于美国标准基本 FORTRAN,而中间 FORTRAN 则介于完全 FORTRAN 与基本 FORTRAN 之间。

目前,美国正在拟定 FORTRAN 语言新的国家标准。随后,ISO 也将发表 FORTRAN 新的推荐文本。FORTRAN 将要进入一个新的发展阶段。

在科技计算中, FORTRAN 是当今世界上最广泛流行的一种程序设计语言,它自问世以来一直居于优先的地位。在国内, FORTRAN 的使用正在兴起。许多型号的计算机,如 441B, DJS-6, DJS-8, DJS-100 系列和 TQ-16 机等已配备了

1) 见参考文献 [1] 附录 W.2。

2) ASA 为 American Standards Association 的缩写。

3) ISO 为 International Standard Organization 的缩写。