

F

Fortran 90

标准程序设计语言丛书

何新贵 徐祖渊 吴庆宝 陈明远 编著

中国铁道出版社

378049

标准程序设计语言丛书

Fortran 90

何新贵 徐祖渊 吴庆宝 陈明远 编著

中国铁道出版社

1994年·北京

(京)新登字 063 号

J-160
内 容 简 介

本书全面地介绍了标准 Fortran 90 及其程序设计。强调 Fortran 程序设计的特点、注意方法与技巧训练。全书共分 15 章,主要包括:Fortran 入门;基本术语和概念;数据类型;数据对象的类型说明;数据对象的使用和存储结合;表达式和赋值语句;控制语句;输入/输出语句;程序单元;过程;内在过程;作用域、结合和定义;数据导出类型和说明;模块与过程接口等。

本书可作为高等学校计算机专业本科生教材,也可供从事计算机软件开发的技术人员作用。

标准程序设计语言丛书

Fortran 90

何新贵 徐祖渊 吴庆宝 陈明远 编著

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 彭 宇 封面设计 陈东山

各新华书店经售

北京朝阳北苑印刷厂印

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:17.25 字数:467 千

1994 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—2000 册

ISBN 7-113-01788-6/TP·187 定价:21.00 元

前 言

正如大家都知道的,不论国内还是国外,只要使用计算机,就不可避免地要接触程序设计语言,因此程序设计语言的书籍就如雨后春笋般地出版了。那么,我们又为什么要出版这套程序设计语言的丛书呢?或者说这套丛书又有什么特点呢?

在中国铁道出版社的大力支持下,我们——全国计算机与信息处理标准化技术委员会程序设计语言分技术委员会——组织编写了这套“标准程序设计语言”丛书。丛书的编著者是多年来勤勤恳恳工作在程序设计语言标准化最前沿的人们,对来自对口国际组织——ISO/IEC JTC1/SC22(国际标准化组织/计算机与信息处理技术委员会/语言分技术委员会)的各程序设计语言标准文本,我们都是国内的第一批接触者,并把它们及时地、严格地、具有立法权威地介绍给国内广大的软件工作人员。但我们在工作中深切地感到,能真正懂得文本真谛是一件很困难的事,标准文本对每个人的直觉是枯燥无味、晦涩难懂。那么在工作中,我们又怎能真正用好这些标准文本呢?

鉴于此,我们决心用通俗的语言编撰这套丛书。我们希望通过这套丛书能系统地并且严格地按照国家标准向读者介绍各有关程序设计语言,从名词、术语到内容上都严格地按照国家标准编写。全套丛书有统一的体例,介绍了有关该程序设计语言的发展历史及在我国如何进行标准化工作的。在内容上做到全面细致地讲解、介绍,可以学以致用,可作为教科书和手册使用,也可作为自学参考书。我们也把目前在国际化方面的最新动向介绍给读者,以使大家看到该语言的发展前景及方向。各册丛书的每章都配有相应的练习题,使读者可以检验自己学到了多少,可以进行反思。我们同时也注意到在国家标准和国际标准中出现的一些难以理解的

“边角料”，并给予了解释，这样做有助于加深对标准的理解，有助于编译程序的开发。

在这里也想告诉读者一个好消息，在1987年召开的ISO/IEC JTC1/SC22第二届年会上，通过我国代表团及各非英语国家代表团的努力，大会决定今后新推出的各项程序设计语言国际标准中都要考虑多字节字符集的加入问题。我们盼望着在国际标准中汉语将占有它应有的位置，盼望着这套丛书中将逐渐加入汉字字符的前景。

为使丛书使用起来更为有力，我们在国内首次推出对每本书中的例子都配有相应的软盘片，便于读者上机检验，加深感性认识，但考虑到经济负担，需要者可以直接和出版社联系购买。

我们希望这套丛书对我国广大的计算机用户、大专院校师生及从事计算机工作的技术人员都是适用的，希望成为你们的好助手。也希望大家在使用中把发现的不足之处及问题及时的告诉我们，以改进我们的工作。谢谢！

全国计算机与信息处理标准化技术委员会
程序设计语言分技术委员会主任委员

吴庆宝

1988年3月25日于北京

编 者 的 话

Fortran 语言是在 50 年代中期就已出现的最早的一种高级程序设计语言,因为当时计算机的应用领域主要是做科学计算,所以它就是为此目的而设计的,并且取了一个“公式翻译(FORmula TRANslation)”的名字。它在程序设计语言的发展史上起着突出而特殊的作用。时至今日,虽然 Fortran 语言已几经扩充,其它计算机语言已经多得难以统计,但 Fortran 仍然是最有影响和使用最广的程序设计语言之一。

本书的四位编者都曾是我国最早从事 Fortran 编译程序研究和开发的软件工作者。因为我们原来都曾做过许多科学计算工作,所以一开始就对当时传入我国的 Fortran 程序设计语言感到兴趣,并在当时最有影响的几种国产计算机上开发了自己的 Fortran 编译程序。几年前在中国铁道出版社发起出版一套程序设计语言丛书时,我们受领了编写 Fortran 程序设计语言的任务。当时的计划是以 Fortran 77 国际标准为蓝本介绍 Fortran 语言,作为从事科学计算人员的工具书,也作为高等学校本科生的教学参考书。但是后来由于各种原因,出书的计划被拖延了。后来,ISO 在 1991 年 5 月正式批准了一个新的国际标准,称为 Fortran 90 (ISO 编号 ISO/IEC1539:1991),它对 Fortran 77 又作了较大的扩充和完善,使其适用的范围大大超出了科学计算等领域,同时它仍保持了 Fortran 语言原有的风格和优点,它的出现很快引起了世界的普遍关注和重视。为了尽早把 Fortran 90 较准确地引入我国,在郭宇同志的鼓励和支持下,我们恢复了原定的编写一本关于 Fortran 的书的计划。

为了适应不同层次的读者,也为了使读者读起来层次分明循序渐进,本书拟将 Fortran 90 分为三大部分介绍,即入门篇(第一

章)、基本篇(第二章到第十二章)和提高篇(第十三章到第十五章)。按照 Fortran 的内容和发展进程,入门篇将介绍最早的 Fortran,即相当于 Fortran I 及 Fortran IV 的基本语法和语义;基本篇介绍与 Fortran 77 相当的内容以及部分 Fortran 90 的成份;在提高篇中全面介绍 Fortran 90 新增加的内容,包括它们的详细语法和语义,使读者最终全面了解 Fortran 90 语言。这种体系安排希望给读者一个由浅入深循序渐进的学习过程。为了使得它能作为一本教科书,在每章之后都附带了一些习题,供读者练习之用。为了使读者查阅方便,本书从我国 Fortran 90 国家标准草案中选用了三个附录(语法规则、索引、缩减的功能)。为此编著者要感谢我国程序设计语言分技术委员会 Fortran 工作组的全体同志。

由于 Fortran 90 标准刚出来不久,对 Fortran 90 的研究还远远不够,所以书中错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

1993 年 11 月于北京

目 录

第一章 Fortran 入门	(1)
第一节 Fortran 发展史	(1)
第二节 Fortran 的语言元素	(3)
第三节 最基本的 Fortran 语句	(27)
第四节 Fortran 程序	(60)
小 结	(70)
习 题	(70)
第二章 基本术语和概念	(72)
第一节 字符集	(72)
第二节 基本术语	(74)
第三节 关于“执行”的概念	(81)
第四节 程序单元	(85)
小 结	(89)
习 题	(89)
第三章 数据类型	(90)
第一节 数据类型的概念	(90)
第二节 数值类型	(100)
第三节 非数值类型	(101)
第四节 数 组	(101)
小 结	(102)
习 题	(102)
第四章 数据对象的类型说明	(104)
第一节 首字母隐含类型法则	(104)
第二节 类型说明符	(105)
第三节 属性	(109)

第四节	基本属性说明语句	(116)
小 结		(120)
习 题		(120)
第五章	数据对象的使用和存储结合	(121)
第一节	标量对象的使用	(121)
第二节	数组及有关对象的使用	(123)
第三节	动态结合	(129)
第四节	存储结合	(131)
小 结		(137)
习 题		(138)
第六章	表达式和赋值语句(一)	(139)
第一节	内在运算和相应的标量表达式	(139)
第二节	常量标量表达式	(142)
第三节	表达式的一般形式	(143)
第四节	初始化表达式和说明表达式	(147)
第五节	标量赋值语句和赋值规则	(149)
第六节	数组表达式和数组赋值语句	(151)
小 结		(152)
习 题		(153)
第七章	控制语句	(154)
第一节	分支语句	(154)
第二节	包含块的控制构造	(156)
第三节	其它控制语句	(176)
小 结		(177)
习 题		(177)
第八章	输入/输出语句	(179)
第一节	一般介绍	(179)
第二节	表控格式输入/输出及输入/输出项表	(193)
第三节	顺序格式输入/输出	(205)
第四节	辅助输入/输出语句	(240)

第五节 其它输入/输出能力及控制说明符	(260)
小 结	(273)
习 题	(274)
第九章 程序单元	(279)
第一节 主程序	(279)
第二节 外部辅程序	(283)
第三节 辅程序中虚元的限制	(296)
第四节 块数据程序单元	(298)
小 结	(299)
习 题	(300)
第十章 过程	(302)
第一节 过程的分类	(302)
第二节 过程的特性	(306)
第三节 过程的定义	(307)
第四节 过程的引用	(315)
小 结	(322)
习 题	(323)
第十一章 内在过程	(324)
第一节 内在函数	(324)
第二节 类属内在函数	(330)
第三节 内在子程序	(337)
第四节 内在函数的特定名和类属名对照表	(338)
第五节 内在过程的详细说明	(341)
第十二章 作用域、结合和定义	(403)
第一节 作用域	(403)
第二节 结合	(405)
第三节 定义和无定义	(412)
小 结	(416)
习 题	(417)
第十三章 数据导出类型和说明	(418)

第一节	导出类型的定义.....	(418)
第二节	几种属性说明.....	(421)
第三节	导出类型的确定.....	(426)
第四节	导出类型的值.....	(428)
第五节	导出类型的说明语句.....	(430)
小 结		(432)
习 题		(432)
第十四章	表达式和赋值语句(二).....	(433)
第一节	定义的运算.....	(433)
第二节	定义的赋值语句.....	(436)
第三节	屏蔽数组赋值语句.....	(439)
第四节	表达式的进一步说明.....	(441)
小 结		(447)
习 题		(447)
第十五章	模块与过程接口.....	(448)
第一节	模块的定义.....	(448)
第二节	USE 语句	(450)
第三节	过程接口.....	(454)
第四节	模块的应用.....	(464)
小 结		(471)
习 题		(471)
附 录		(473)
附录一	语法规则.....	(473)
附录二	索引.....	(513)
附录三	缩减的功能.....	(534)
附录四	软盘说明.....	(536)

第一章 Fortran 入门

本章将给初学 Fortran 的读者介绍 Fortran 的最基本概况。通过本章的阅读,读者将会编写一些最初级的 Fortran 源程序。在展开 Fortran 语言的内容介绍之前,先来介绍一点关于 Fortran 的发展历史。

第一节 Fortran 发展史

Fortran 是当今国际上极为流行的一种高级程序设计语言,它主要面向科学计算。Fortran 是英文词 Formula translation 的缩写,其含意为“公式翻译”。因而早期在我国曾把 Fortran 语言称为公式翻译语言。Fortran 语言比用英文表示的自然语言更接近数学语言,因此易为广大科学技术人员所接受。它好学、好记,便于推广使用。

第一个 Fortran 语言是在 1954 年提出来的,称为 Fortran I,它于 1956 年在 IBM 704 计算机上实现。其后经过不断地发展,形成了很多不同的版本,但最为流行的是 1958 年出现的 Fortran II,它对 Fortran I 做了很多重要的扩充,如引进了子程序等概念。1958 至 1963 年期间, Fortran 在很多类型的计算机上得以实现。在此期间,又曾设计过 Fortran III,但据说从未在任何计算机上实现。1962 年初出现了 Fortran IV,它对原 Fortran 语言做了某些改变,致使 Fortran II 的源程序在 Fortran IV 的编译程序下不能全部直接运行,出现了语言不兼容问题。于是形成了当时最常用的 Fortran II 和 Fortran IV 两种程序设计语言。

由于 Fortran 语言的种类很多,语义和语法的规定又不完全一致,但又大同小异,对于使用者很不方便,使用者热切希望有一

个能脱离实现机器、在各种机型上都能互换通用的 Fortran 语言,从而提出了 Fortran 语言标准化的问题。1962 年 5 月美国国家标准学会(American National Standards Institute)成立了有关工作组开展此项工作。1964 年提出了两个标准文本的草案,一为基本 Fortran(相当于 Fortran I),另一为 Fortran(相当于 Fortran N)。1966 年 3 月正式公布了两个标准文本:一是美国国家标准 Fortran(ANSI X3.9—1966)(相当于 Fortran N);一是美国国家标准基本 Fortran(ANSI X3.10—1966)(相当于 Fortran II)。美国国家标准基本 Fortran 是美国国家标准 Fortran 的一个子集,从而达到了语言的向上兼容。70 年代初我国计算机软件界参照这两个标准,在国产的 441B III、DJS—6、DJS—8、DJS—100 等机型上编制了我国第一批 Fortran 编译程序,并于 1973 年起先后投入运行,它们采用的语言一般比 Fortran II 大、比 Fortran N 小。

由于国际上广泛使用了 Fortran 语言,1972 年国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)公布了国际标准程序设计语言 Fortran (ISO R1539)。它描述了三种级别:基本级、中间级和完全级。基本级与 ANSI X3.10—1966 相近,完全级与 ANSI X3.9—1966 相近,而中间级则在两者之间。我国 Fortran 语言编译程序的研制在一定程度上受了 ISO 中间级的影响。

其后,根据语言的发展,美国国家标准学会于 1976 年对 1966 年公布的 ANSI X3.9—1966 进行了修订,增加了很多新的内容。1978 年 4 月美国国家标准学会正式公布了新的美国国家标准 ANSI X3.9—1978《程序设计语言 Fortran》,这就是我们通常称之为 Fortran 77 的 Fortran 语言标准,后经 ISO 正式采纳颁布为 ISO 1539—1980。我国国家标准局等同采用该标准,于 1982 年 5 月 12 日发布自 1983 年 5 月 1 日实施我国第一个《程序设计语言 Fortran》国家标准(GB 3057—82)。ISO 的 Fortran 语言标准自此一直和美国国家标准相一致,工作组也是相同的,只是召集人有时稍有差别。

Fortran 77 公布之后,各国就开始研讨下一个 Fortran 标准

应是什么样的问题？几经周折，最后在 1991 年 5 月通过了研制期间称为 Fortran 8x 的 Fortran 90，其美国编号为 ANSI X3. 198—1991，ISO 编号为 ISO/IEC 1539:1991。在此新标准中增加了许多新的功能，最重要的是增加了多字节字符集的数据类型及相应的内在函数，这一新数据类型的增加，给母语为非英语的国家在使用计算机方面提供了极大的支持。而且，此数据类型的方案正是采纳了我国计算机和信息处理标准化技术委员会程序设计语言分技术委员会 Fortran 工作组的提案的结果。

在 1992 年 5 月底 ISO 通过的 ISO/IEC 10646—1.2 通用多 8 位编码字符集(UCS—Universal Multiple—Octet Coded Character Set)第一部分之后，ISO 的 Fortran 工作组又进一步在考虑研制一个适用于 2000 年、支持 ISO/IEC 10646 的下一个 Fortran 标准，并提出了一些有关思想和意图。以上这些思想脉络都说明了：Fortran 程序设计语言虽然历史最悠久，但至今仍在日新月异地发展。本书将要介绍的 Fortran 语言就是最近才通过的 Fortran 90，它的编译程序不久将会作为产品推出。

第二节 Fortran 的语言元素

像自然语言一样，任何程序设计语言都是由一些最基本的语言元素组成的，Fortran 语言也不例外。它的最基本语言元素包括：字符、常量、变量、语句、数据、表达式、过程等等。下面我们将一一给予定义和给出例子。

一、字 符

Fortran 语言中最基本的成分是字符，任何其它的 Fortran 元素都要由字符按一种规则组成。字符的集合称为 Fortran 语言的字符集。在 Fortran N 中共有 47 个字符。它们是：

字母字符(26 个)

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

Fortran 语言中使用的字母都是大写字母,程序中若出现小写字母时,作为相应的大写字母处理。

数字字符(10 个)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

特殊字符(11 个)

+(加号)、-(减号)、*(星号)、/(斜线)、=(等号)、((左括号))、(右括号)、,(逗号)、.(小数点)、'(撇号)、 (空格)

这些特殊字符的意义大多数是明显的,但 *、/、. 等在不同的位置时有不同的意义。空格字符的使用往往是为了使程序清晰。

在 Fortran 语言中,其源程序只允许出现这 47 个字符,但在字面常量(此名称仅在 Fortran N 有效,在 Fortran 90 中另有新的含义)、A 编辑描述符、H 编辑描述符等中允许出现所在计算机能使用的任何字符。

二、常 量

Fortran 程序中经常会出现一些常量,它们在程序执行的过程中是不变的。Fortran 语言规定有六种类型的常量,即:整型常量、实型常量、双精度型常量、复型常量、逻辑型常量、字面常量。

有的还允许使用双精度复型常量,但这一般是不允许的。前五种常量一般被称为算术型常量。

在 Fortran 语言中为提高处理效率把整型常量和实型常量区别开来了。如 24 为整型常量,24.0 为实型常量,而这在平常人们做算术运算中是没有区别的。

1. 整 型 常 量

用以表示一个正的、负的或为零的整数值。它由若干个 0~9 的数字组成,前面可以有正、负(+或-)符号,但不能包括小数点或其它符号。若前面不带符号时则视为正数。它所表示的整数范围由机型而定。例如,16 位计算机,它所能表示的整数范围是: $-2^{15} \sim 2^{15}-1$ 之间,即 $-32768 \sim 32767$ 之间,而 32 位计算机,它所

能表示的整数范围是： $-2^{31} \sim 2^{31} - 1$ 之间，即 $-2147483648 \sim 2147483647$ 之间。根据整数在计算机内的存放方式，整数是没有误差的。整型常量的例子是：

-103

+276

45

2. 实型常量

实型常量是一个具有小数点的常量或为具有指数的常量。因此实型常量可以由三部分组成，即：整数部分、小数部分和指数部分。实型常量有两种表示方法，即：小数形式和指数形式。

(1) 小数形式。实型常量的小数形式由一串 0~9 的数字和小数点构成，前面可具有正号或负号，若数字串之前不具有正、负号则认为是正的实型常量，但必须在数字串中带有小数点。具体形式可有三种：一个数字串后跟有一个小数点，如 10.；一个小数点后跟一数字串，如 .14；数字串中包含一个小数点，如 10.14；以上各情况中都可包含前缀正、负号。

(2) 指数形式。实型常量小数形式后跟一实指数。实指数是由字母 E 后跟一个整型常量组成，此整型常量的位数最多为两位，且可带正、负号。但 E 之后不允许有小数点。现举例如下：

10^4 可表示成：1E+4、1E4、1.0E4、1.E+4，而 1.45 可表示成：145.E-2、14.5E-1、.145E1、.0145E+2、+0.145E+1 等。

如果写成 E34、.E34、0.14E2.3 等都是 Fortran 语言所不允许的。

实型常量的最大允许值及最大有效位数都是因所在机型而异的。

我们比较一下以下情况：

100 Fortran 语言把它看作整型常量

100. Fortran 语言把它看作实型常量

1E+2 Fortran 语言把它看作实型常量

3. 双精度型常量

在科学计算中往往需要较高的精度,而一般计算机中的实型常量往往不能达到所需的精度,因此 Fortran 语言提供了双精度型常量。双精度型常量的有效数字比实型常量多出一倍左右,这样对大多数科学计算都能满足要求。Fortran 语言只要求双精度型常量比实型常量有较多的有效位数,并不要求其有效位数必须是实型常量的一倍。双精度型常量和实型常量具有相同的最大允许值,但这一点也并非硬性规定,只明确规定实型常量占内存一个存储单元,而双精度常量占内存的相邻两个存储单元。由于双精度运算一般都是用软件来实现,所以双精度型常量的运算速度比实型常量的运算速度要低得多。

双精度型常量是以指数形式表示的,它与实型常量的指数形式相类似,只是把指数符号从 E 变为 D。如果你在书写中将指数符号写成 E,那么不论你把有效数字位数写得多么长, Fortran 语言仍旧认为这是一个实型常量,它把多余的有效数字位数全部截断。

双精度型常量的例子是:

0.145D+1 0.14567987124097D-4

双精度型常量零表示为: 0.0D0 或 0.D0

4. 复 型 常 量

复数是在科学计算中经常会碰到的一种数据类型,如二次方程的根就可能是复数。在电学中,交流电流、电压、阻抗等经常要使用复数表示。Fortran 语言提供了复型常量及相应的运算功能。

复型常量包括一个实部和一个虚部,在 Fortran 语言中用括在一个圆括号内的、用逗号分隔开的一对有序的实型常量表示,它们的前面可以带有正、负号,其中的第一个实型常量表示复数的实部,后者表示虚部。例如:

复数 $4.3+2.4i$ 写为(4.3, 2.4)

复数 $0+40i$ 写为(0,+4E1) (纯虚数)

在 Fortran 源程序的表达式内出现复数时,必须按复型常量的方式来书写,即必须写明括号及其数对之间的逗号。复型常量在