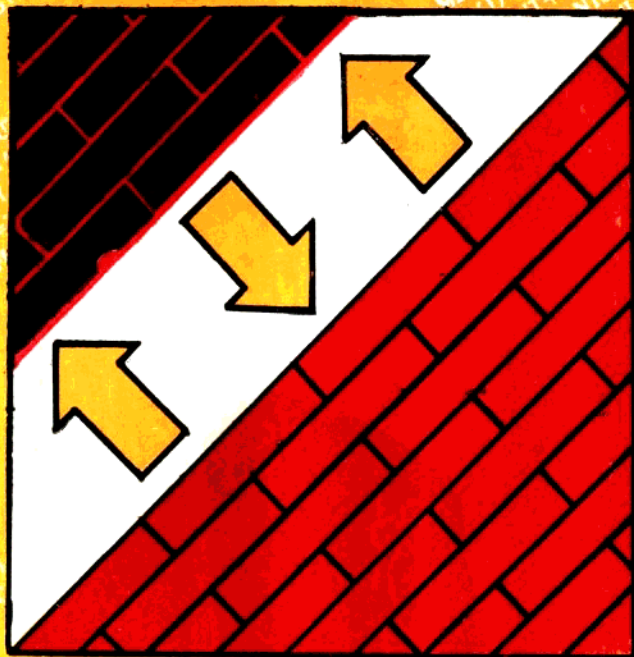


工程测量程序设计方法

GONG CHENG CI LIANG CHENG XU SHE JI FANG FA

孙桂芳 编著



武汉测绘科技大学出版社

内 容 简 介

本书以介绍 FORTRAN 77 结构程序设计语言为基础,重点讨论了工程测量计算的基本算法和程序设计,结合测量计算的特点和程序实例,探讨了用结构程序设计方法进行工程测量程序设计的步骤、方法和技巧,讨论了阅读和修改现有程序的步骤和方法,以及测量程序的调试和错误分析。

本书可作为大专院校测量专业学生的教材或教学参考书,亦可供测绘科研及工程技术人员参考和自学使用。

前 言

计算机技术和信息处理技术的迅速发展及微机的普遍应用,大大促进了测绘科学技术的进步和发展。测绘生产的内业计算、观测数据的处理、工程建筑物的监测和变形分析、控制网的优化设计和精度分析以及各种新技术的应用,都需要大批掌握计算机技术和程序设计方面的人才。为了培养工程测量专业的大学生具备能胜任上述工作的能力,武汉测绘科技大学工程测量系于1986年起,开设了“FORTRAN 77与测量程序设计”选修课。本书就是以此讲义作为基础,综合了结构程序设计的最新内容,并附有较多实用性的计算程序。

本书第二、三、四、五章介绍了FORTRAN 77语言基本内容;第六章讨论了工程测量基本算法的设计和相应的子程序;第七章用平面网和水准网的平差和变形分析等计算程序为实例,探讨了结构化程序设计方法;第八章讨论了程序设计的技巧和程序调试中的错误分析。本书各章有关测量计算的程序算例均在IBM-PC机上调试。

本书在编写过程中,全国测绘教材委员会组织有关专家对书稿进行了初复审,承蒙他们提出了许多宝贵的意见和建议,中南工业大学罗时恒教授、武汉测绘科技大学的吴子安副教授和刘大杰教授都给予了很大帮助和支持,谨此表示深切的谢意。

由于本人水平有限,书中难免有不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

孙桂芳

目 录

第一章 绪论

- § 1-1 工程测量计算程序概述 (1)
- § 1-2 结构化程序的基本结构 (2)

第二章 FORTRAN 77 程序基础

- § 2-1 FORTRAN 语言发展历史和程序结构 (9)
 - § 2-2 FORTRAN 程序书写格式和数据 (13)
 - § 2-3 FORTRAN 表达式 (21)
 - § 2-4 FORTRAN 语句概述 (27)
 - § 2-5 FORTRAN 基本语句 (29)
 - § 2-6 控制转移语句 (37)
 - § 2-7 块 IF 语句 (44)
 - § 2-8 基本的输入输出 (51)
 - § 2-9 编辑描述符 (59)
- 习题

第三章 循环、数组和过程

- § 3-1 DO 循环语句 (80)
- § 3-2 数组 (91)
- § 3-3 测量程序应用举例 (102)
- § 3-4 内部函数和语句函数 (110)
- § 3-5 函数子程序和子例程子程序 (118)
- § 3-6 可调数组和不定长数组 (129)
- § 3-7 程序设计举例 (131)

习题

第四章 程序单位间的数据传送

- § 4-1 哑实结合传递数据的方法 (141)
- § 4-2 公用区数据联系的方法 (151)
- § 4-3 等价语句(EQUIVALENCE 语句) (160)
- § 4-4 参数语句、外部语句和内部语句 (162)
- § 4-5 DATA 语句和数据块子程序 (165)

习题

第五章 文件、输入输出和字符处理

- § 5-1 文件 (170)
- § 5-2 OPEN 语句和 CLOSE 语句 (175)
- § 5-3 文件的输入、输出语句 (180)
- § 5-4 字符型量和字符处理 (189)

习题

第六章 工程测量基本算法设计

- § 6-1 算法的概念 (205)
- § 6-2 工测平面控制网信息数据的设计 (207)
- § 6-3 计算误差方程式系数的算法设计和子程序 (214)
- § 6-4 误差方程式系数的存贮和法方程式的组成 (221)
- § 6-5 法方程式系数的存贮和解算 (231)
- § 6-6 法方程式的解算和求逆 (238)
- § 6-7 秩亏网法方程式系数阵的求逆 (244)
- § 6-8 用平均间隙法分析点位稳定性的算法 (250)

第七章 工程测量计算程序设计

- § 7-1 结构程序设计的方法 (257)

| | | |
|-------|-----------------------------------|-------|
| § 7-2 | 平面监测网平差和变形分析程序设计(结构程序设计方法举例)..... | (262) |
| § 7-3 | 水准网平差与稳定性分析程序设计 | (272) |
| § 7-4 | 应变分析程序设计(哑实结合联系数据的方法) | (280) |
| § 7-5 | 逐步回归和多元回归分析程序..... | (288) |

第八章 程序设计技巧和程序调试

| | | |
|-------|----------------------|-------|
| § 8-1 | 程序设计的技巧问题 | (295) |
| § 8-2 | 设计、阅读和修改程序..... | (299) |
| § 8-3 | 程序的调试、检测和排除错误..... | (303) |
| § 8-4 | 测量程序调试中的常见错误分析 | (307) |

附录 I 平面监测网平差和变形分析源程序

附录 II FORTRAN 77 语句分类

附录 III FORTRAN 77 内部函数

附录 IV ASCII 字符码

第一章 绪 论

§ 1-1 工程测量计算程序概述

在测绘生产和科研中,除了规模不算大但比较复杂的外业观测和计算外,还有十分繁重的内业计算工作。近些年来,随着国内外微机应用的飞速发展,测绘部门的微机应用也得到迅速普及。大多数外业生产单位都配备了各种适合于野外条件的个人计算机。一些适合于各种作业条件的定型的计算程序也已用于生产,承担了过去需要耗费大量人力和时间才能完成的计算内容。同时在内业计算和科学研究方面,测绘工作者也研制了一些较为实用的软件,如控制网平差和精度评定软件、数据的处理分析软件、控制网的优化设计软件等等。

然而,随着测绘科学技术的不断进步和发展,与测绘有关的计算程序,已不仅仅限于上述内容,它涉及的领域已大大拓宽。随着外业观测方法、内容、手段和仪器的不断进步,与之相应的处理方法和分析过程也在不断改进。如变形观测的内容、数据处理和分析方法等,就与其它相关学科有着紧密联系,正在向着边缘学科的方向发展。因此,相应的数学模型的研究,计算程序的设计也增加了许多新的内容。一些常用的平差方法已越来越不能满足测绘科技发展的需要。所以,测绘科技工作者必须掌握必要的高级语言,具备一定的程序设计能力,才能适应测绘科技的发展,同时,计算程序已成为测绘生产和科研工作发展的重要工具之一。

分析一下测绘计算方面的内容可以发现,平差方法和分析过程虽然不尽相同,但是其中有很多计算内容都是围绕一些基本算法展开的。例如误差方程式系数的计算、法方程式的组成和解算、矩阵求逆、迭代计算和矩阵变换等等。若采用结构化程序设计的方法,上述计算内容均可以设计成通用模块。现代,一些常用的数值计算问题已有很成熟的算法和子程序。特别是 FORTRAN 语言,由于它在数值计算方面被长期广泛地应用,人们已经积累了许多适合于各个专业、各个领域的 FORTRAN 算法和子程序可供参考。与测绘专业有关的算法虽起步较晚,但是在应用过程中其基本算法已逐渐形成。采用 FORTRAN 77 结构化程序设计方法,在编写程序时有可能直接引用现成模块,或略加修改和补充就可以方便地装配成所需要的专用程序,从而避免了大量的重复劳动和人力物力的浪费。本书以 FORTRAN 77 结构程序设计为基础,讨论了工程测量常用算法和程序的设计方法和技巧。其思路对其它高级语言的程序设计亦可作为参考。

§ 1-2 结构化程序的基本结构

我们编写一个程序,首先要求程序正确,能在计算机上运行,并能给出正确的结果,但是,这并不一定是个好程序。还应当对程序的质量提出要求。随着计算技术的迅速发展,评价程序质量的标准,在不同时期有所不同。初期,由于计算机的内存容量不大,运算速度不高,因而关注程序的质量,主要是占用内存单元的多少和运行时间的长短。为此在节省内存和运行时间上作了许多研究,总结出种种技巧。而这些技巧往往使

得程序难以读懂和修改。

随着计算机硬件的发展,计算机的内存容量和运算速度大大提高。以前的主要矛盾已退为次要地位。而软件的规模愈来愈大,编制、调试和维护的费用愈来愈高。因此,现在人们衡量程序质量的标准,更关心的是程序的结构清晰,容易读懂和理解,容易调试和维护,用户使用方便。在此前提下再力求占用较少的内存单元和缩短运行时间,结构化程序设计就是当前提高程序质量的最有效方法。

结构化程序设计规定了程序设计员设计和编写程序的一套方法。使程序具有合理的结构,通过理论和规范去控制程序的复杂性。整个程序由不同层次的许多模块组成。每个模块具有明确的功能和层次上的从属关系,并且是由几种标准的基本结构组合嵌套而成。可以保证和验证程序的正确性,使程序容易阅读、容易理解、容易修改。大大提高了程序设计、调试和维护的效率。

一、结构化程序的三种基本结构

1. 顺序结构

这是最简单的一种基本结构。如图 1.1 所示。图中的各个运算处理框是按照它们排列的先后次序执行。块内是不产生控制转移的可执行语句,如读语句、写语句、赋值语句等等。

2. 选择结构

如图 1.2 所示。由条件控制下的两个分支执行块组成。如果有一个执行块为空块,则其结构形式如图 1.3。

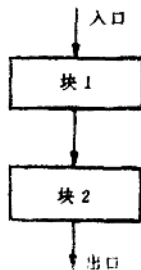


图 1.1

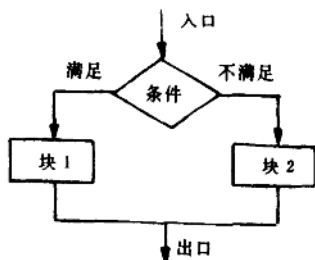


图 1·2

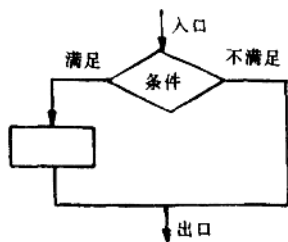


图 1·3

3. 循环结构

亦称重复处理结构。有两种形式：当型循环结构，又称 WHILE 型结构，如图 1.4 所示；直到型循环结构，又称 UNTIL 型结构，如图 1.5 所示，前者把条件判断放在循环体的前面，先判断后执行；后者把条件判断放在循环体的后面，先执行后判断。

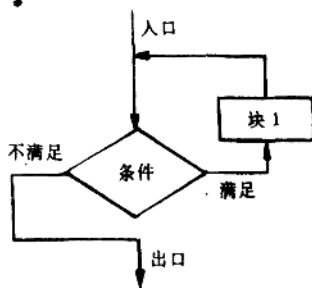


图 1·4

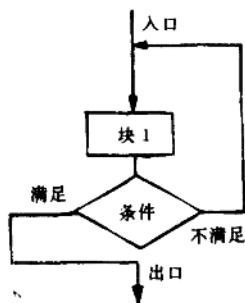


图 1·5

以上的每个块内,可以只是一个除条件语句和 GOTO 语句之外的可执行语句或空块,也可以是一个基本结构。也就是说上述三种基本结构是可以嵌套的,但是对每一个基本结构来说,都只能是一个入口和一个出口。这样才能把各种基本结构按顺序串接成一个大程序,能方便地验证各部分的正确性。在修改某个基本结构时,不会影响到其它块。任何一个复杂的程序都可以用这三种基本结构组成。不能分解成为这三种基本结构的程序,就不是结构化程序。

二、流程图

流程图是用一些图框来表示不同类型的操作。用它来描述一个算法,直观形象,易于理解,最常用的流程图符号如图 1.6。

三、结构化流程图

为适应结构化程序设计的需要,美国又提出了一种结构化流程图(I. Nassi 和 B. Shneiderman, 1973)。这种流程图没有指向线和箭头,是由一个一个框按顺序上下堆集组合而成。每个框代表着一种基本结构。看流程图时,不需要沿着流程线方向上下左右跟踪寻找,只要由上而下一直看下去就很明白了,对于三种基本结构,它规定了四种不同形式的框。

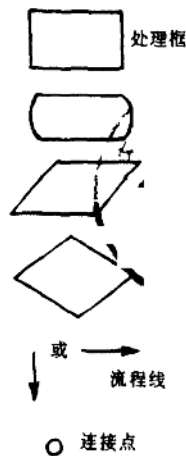


图 1.6

1. 顺序结构。用矩形框表示。如图 1.7。上下排列的每个框代表着一个语句或一个顺序结构。

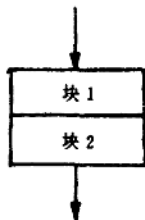


图 1.7

2. 选择结构。用带三角形的框表示。如图 1.8, 由条件控制的两个框组成。如果三角形中条件成立, 就执行“THEN”下面的块 1; 如果条件不成立, 则执行“ELSE”下面的块 2。块 1 和块 2 可以有一个空块。



图 1.8a 二分支结构的框

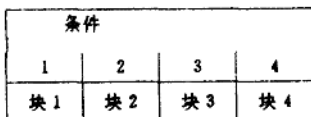


图 1.8b 多分支结构的框

3. 当型循环结构。用一个含倒立的 L 形框的方框来表示 (图 1.9)。倒立的 L 框表示循环条件, L 框所围的方框代表循环体。当条件成立时执行块 A, 若不成立则一次也不执行块 A。

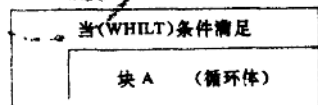


图 1.9 当型结构框

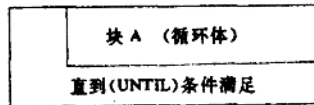


图 1.10 直到型结构框

4. 直到型循环结构。用一个含 L 形框的方框表示。重复执行 L 形框所围成的方框块 A, 直到条件满足时为止 (图 1.10)

由于基本结构可以嵌套, 所以这些框也是可以嵌套的。框的不同组合方式代表着不同的控制结构, 表达了某一种算法

逻辑,将更多的基本框放在一起组合成新的框,亦即组成了某种算法的结构框图。

例如图 1.11 图,它由五个框组成。1、2、3 框是顺序结构的执行块;框 4 是一个分支选择结构,在 ELSE 下面的块中又嵌套有一个选择结构,并含有一个空块;框 5 也是一个顺序结构。

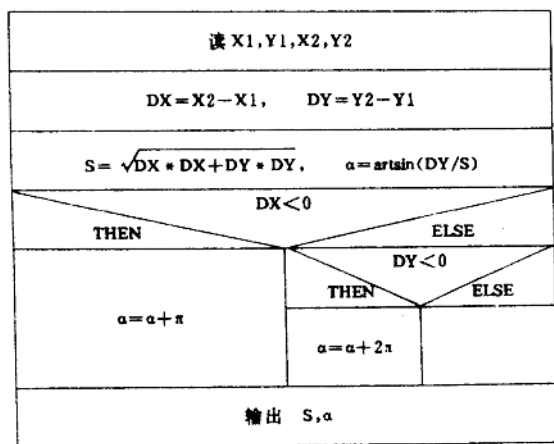


图 1.11

四、结构化程序设计的方法

结构化程序设计的基本原则是:自顶而下,逐步求精。首先对整个程序要有一个全局的考虑,程序应当分成几大部分,每个部分的功能、主模块和各部分之间以及各部分相互之间的联系方式等。每个部分再分成更小的部分。这样一层层分

下去,直到能根据它直接写出 FORTRAN 语句为止。亦即从顶层的主模块开始,向下一层层地确定和编写所需要的模块,每个模块只允许由三种基本结构组合而成。同时应当注意在层次结构中,上层模块可以调用下层的模块,而下层不得调用上层的。这种设计方法,每一步都可以检查和验证算法的正确性,并使我们能思路清楚、有条不紊、步步深入地往下进行。

第二章 FORTRAN 77 程序基础

§ 2-1 FORTRAN 语言发展 历史和程序结构

一、FORTRAN 语言的发展概况

FORTRAN 程序设计语言是一种适用于科学计算的高级语言。FORTRAN 是英文 FORmula TRANslation 的缩写,意为“公式翻译”语言。自从 1956 年美国首次在 IBM 704 计算机上实现了 FORTRAN 语言以来,至今一直在世界范围内得到广泛使用。

国际上比较流行的 FORTRAN 版本,有美国 1958 年提出的 FORTRAN I,1962 年提出的 FORTRAN N。由于 FORTRAN 语言种类多,具体规定不统一,各大、中、小型计算机都有自己的 FORTRAN 编译系统,通用性差。因此,美国国家标准协会(简称 ANSI)把各类型 FORTRAN 语言统一标准化,于 1966 年公布了标准基本 FORTRAN(ANSI X3. 10-1966,相当于 FORTRAN I)和标准 FORTRAN(ANSI X3. 9-1966,即 FORTRAN N)。标准 FORTRAN 得到较为普遍的使用,基本 FORTRAN 未被充分使用。

国际标准化组织(简称 ISO)于 1972 年公布了三级标准 FORTRAN 文本,即完全级(一级)、中间级(二级)和基本级(三级)。完全级相当于 FORTRAN N,基本级相当于 FORTRAN I,中间级则在两者之间。完全级和中间级都得到很多

国家的承认。如英、日、德、法等。

经过十多年的实践和发展,美国标准化协会对 FORTRAN 66(N)进行了一次大的修改和扩充,于 1976 年提出,1978 年定稿,称之为美国国家标准 FORTRAN 语言 ANSI X3.9-1978 文本(即 FORTRAN 77)。它包括了以前的各种 FORTRAN 文本的功能,并且作了重要的扩充和发展。如增加了字符数据类型及其运算,提高了字符处理的能力;增加了文件管理的各种语句和条件语句的种类(如 IF 块);增加了表控格式输出的功能等等。使得 FORTRAN 程序更加结构清晰,调用灵活。

FORTRAN 77 于 1980 年为国际标准化组织(ISO)采用,作为国际标准 FORTRAN 文本(即 ISO 1953-1980)。

我国于 1982 年颁布采用国际标准 FORTRAN ISO 1939—1980 文本的编写格式。1983 年正式施行。

国际上流行的 FORTRAN N 和 FORTRAN 77,尽管有标准文本,但是具体计算机正式使用的 FORTRAN 编译程序,总是根据计算机的具体情况作了某些限制、修改和补充。随着计算技术和计算方法的迅速发展,又不断有新的内容补充进去。因此, FORTRAN N 或 FORTRAN 77 在具体机器上的规定和功能,还是和标准文本有差异的。在使用某种计算机之前,要先研究该机的用户手册和其它有关资料,以便了解其具体规定和特点。

二、FORTRAN 程序结构及运行

首先以一个弧度化角度的简单程序为例,分析 FORTRAN 程序的形式和组成部分。

例 2.1 将弧度 T 转换成以度的小数形式表示度分秒的角度形式。如: $136^{\circ}14'21.3''$ 表示为 136.14213。计算机程序见表 2.1。

$$\text{计算公式: } A = T \times \frac{180}{\pi};$$

T: 弧度值; A: T 的角度形式; PI 表示 π 。

程序的第 1 行是注释行, 说明程序的计算内容。第 2 行是输入语句, 输入要化算的弧度值。第 3 行是赋值语句, 将 π 的值赋给变量 PI。第 4 行至第 9 行是运算部分, 将弧度值化算成以度的小数形式表示度分秒的角度值。第 10 行是输出语句, 输出角度值。第 11、12 行表示程序至此运算结束。

| 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10... | | 72... 80 | 表 2-1 |
|-------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| C | EXA M | PLE OF PROGRAM READ(*, *) T PI = 3.14159 A = T * 180 / PI I = INT(T) A1 = (A - I) * 60 I1 = INT(A1) A2 = (A1 - I1) * 60 A = I + I1 / 100 + A2 / 10000 WRITE(*, *) A STOP END | |

这是一个完整的计算程序, 由一个程序单位组成。该程序也可设计成如下形式:

主程序

```

PROGRAM MAIN
DIMENSION T (100)
10 READ( *, * ) T
IF(T.LT.0) GOTO 20
A=WG(T)
    
```