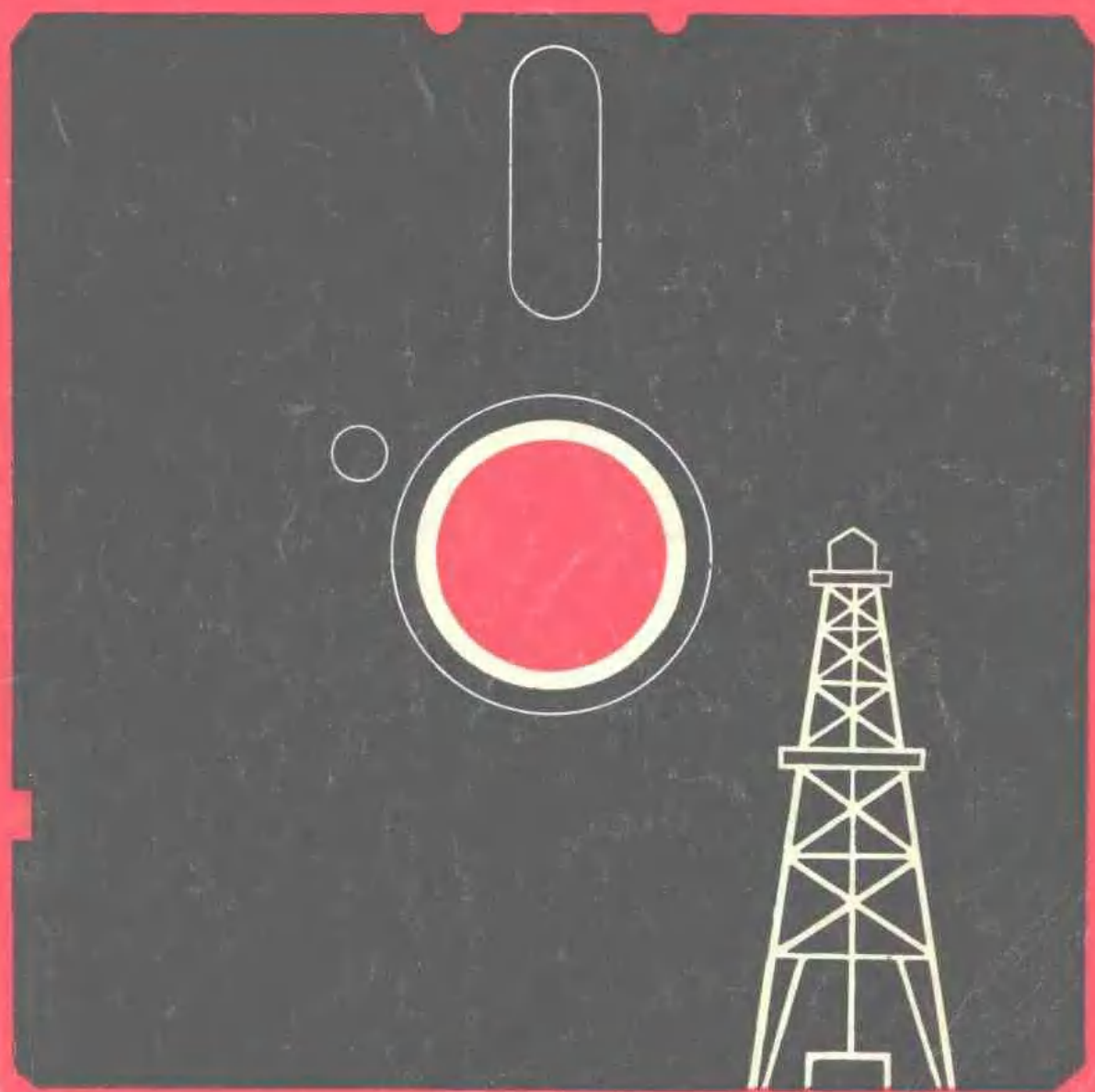


微型计算机 在勘探技术中的应用

鄢泰宁 顾家林编著
屠厚泽 鄢定明审校



湖北科学技术出版社

054565



微型计算机在勘探技术中的应用

鄢泰宁 顾家林 编著
屠厚泽 鄢定明 审校



200431167



5473/05

湖北科学技术出版社

1985·武汉

内 容 提 要

本书曾作为地质矿产部“电算在探矿工程中的应用”短训班教材，受到学员们的欢迎。强烈要求正式出版。这次出版作者增补了五章，并给出了全部程序清单。

本书介绍了国内外探矿工程界近年来应用微机的现状，解决勘探技术问题的方法和软件技巧。书中主要内容：应用微机进行科技计算和数据处理，寻找复杂钻掘系统中各因素之间的规律，建立经验公式；对以前只能定性分析的问题如何选择数学模型，进行趋势分析，应用微机进行钻孔弯曲和生产统计推断的繁琐计算；如何选择最少的试验次数用微机优选各类配方及工艺参数，处理最优化钻进问题。应用微机进行机械辅助设计和勘探队生产管理（含中文报表）。书中配有丰富的实例，书后附有习题和附表，通俗易懂，深入浅出。书中出现的全部程序都用微机和袖珍机通用的 BASIC 语言写成，并录制在磁盘和磁带上同时出版。

读者对象：从事钻探（岩心、水文、工程）、钻井、勘探机械、坑探、勘察的技术人员和生产管理人员，上述专业的大、中专学生和职工培训学员，以及致力于微机应用开发的专业人员和自学者。

微型计算机在勘探技术中的应用

覃泰宁 顾家林 编著

湖北科学技术出版社出版

武汉地质学院教材科发行

武汉地质学院印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/16·印张：20 $\frac{3}{4}$ ·字数：48.4万

1985年9月第一版 1985年9月第一次印刷

印数：1—3750

书号：15304·66 定价：3.95元

序

人类文明史正经历着世界性第三次变革浪潮的冲击，其来势猛烈，势不可挡，而且影响范围广泛，已经超出了科学家们的预料。它正以“势如破竹”之势促进新技术、新工艺、新领域的开发；必将促使生产力突飞猛进的发展；同时也对人类的工作、生活、管理、教育等产生深刻的影响。

第三次浪潮是以信息革命为主要标志，以电子学及电子计算机的应用为中心的。

勘探技术、探矿工程学处在这个科学技术惊人发展的汪洋大海之中，势必也受到第三次变革浪潮的冲击。

勘探技术、探矿工程学是在钻探工程学、勘探坑道掘进学和探矿机械学的基础上，大量移植引用了其它学科的新成果、新技术、新工艺，并予以创新、溶汇而成的。因此，三十五年来尽管探矿工程取得的成就远远超过了前百余年自有机钻探、机械掘进以来所积累的全部成就，但是，不可讳言它还存在着特有的，其它新兴学科也具有薄弱环节：

探矿工程作为一门新兴的边缘学科，年青而又复杂。它的工作对象是地球。构成地球的岩石、矿物本身的复杂性给技术工艺参数带来极为重迭错落的多变性。

探矿工程学的基础理论处于创建、再创建过程。目前其研究方法主要有两类：一是来自生产一线的经验总结，内容朴实丰富，但大多缺乏理论性的论证与提高，定性的成份多，定量的成份少。二是来自学院研究部门的成果，大多从经典的数学、力学入手寻找内在关系，往往与实际尚有距离，有些一时还不能对实践起到“立竿见影”或指导未来的实效。

钻进、掘进参数数据采集手段落后。积累的大量数据的处理，仍以人工统计分析方法为主。因此延误了①最优化钻（掘）进、②对施工动作进行遥测与远程控制、③计算机辅助钻进（CAD-Computer Aids Drilling）、④建立“专家计算机”帮助实时监督钻进工艺等四大项工作的进程。

“钻探程序分析信息库”尚未着手建立，以制定与设计泥浆系统、钻孔结构、套管程序、孔底钻具组合、定向钻探、控制钻孔轨迹、施工计划、作业计划以及培训计划等。

综上所述，归根结蒂是信息论、控制论、系统论、多元数理统计等在探矿工程各个领域中还未来得到应用的问题。近年来，由于微型计算机向多功能方向发展，它已成为适合野外作业、勤于搬迁、便于编制探矿工程及其它勘探技术专用程序的，现代化的好助手。

道路是人们走出来的，事业要有开拓者创业。郦泰宁、顾家林两位中年同志，在李世忠、屠厚泽教授的指导下，编著了《微型计算机在勘探技术中的应用》一书。无疑这是在勘探技术领域一项带开拓性的工作。

一九八四年地质矿产部曾委托武汉地质学院探矿工程系开办“电算在探矿工程中的应用”培训班，这本书的原型本曾作为教材，受到全体学员们的欢迎，希望能尽快出版。培训班后，许多省、市、区地质矿产局要求购买油印本，在探矿工程技术领域积极推广微型计算机的意向溢于言表。

郦泰宁、顾家林二同志在这种情绪和要求的鼓舞下，在原型本的基础上增补了五章。该书以通俗易懂，由浅入深，理论结合实践的方式，配以来自生产第一线的实例，以便使读者能应用微型计算机在复杂多变的钻（掘）进系统多因素之间寻找规律，建立经验公式，进行趋势分析；优选各类配方或工艺参数；进行钻孔弯曲与多元数理统计计算等等。书中还有用

BASIC语言写成的30多个微机程序，并录在二片5英寸的磁盘上，读者只要把磁盘插入机器，就可以进行快速准确的运算，解决实际技术问题。还可按读者需要复制PC—1500袖珍机磁带。

该书的公开出版发行将会对地质、冶金、煤炭、有色、化工、石油、建材、铁道、交通等十几个部委系统中从事钻探、坑探、机械工作的人员迅速应用微型计算机起促进作用；并可为院、校探矿工程系（科）教师、学生提供一份完整系统的教材。

微型计算机在勘探技术各个领域的推广，将使钻探、坑探工程从大量收集表面看来互不关联、难于寻找规律的数据，加以描述、推断，从以定性为主的阶段，转向以所取得的实测资料为依据，进行计算机分析，逐渐进入定量分析并上升到理论概括的新阶段。

深切地期望鄢、顾二同志会同全国探矿工作者，继续努力，不断提高，开拓探矿工程的新路，为繁荣我国探矿工程事业，为社会主义祖国四化事业作出更大贡献。

地质矿产部探矿工程装备工业公司总工程师
中国地质学会探矿工程专业委员会主任委员

刘广志

1985年5月5日

前 言

近年来,有关微型计算机的应用及各种算法语言程序库的教材和参考书已出版过多部,其中有不少是很受欢迎的,收到了显著的社会效果。但这份教材的出版决不是多余的。因为到目前为止,还没有一本书涉及到微型计算机在勘探技术中的应用。本书第一稿曾作为地质矿产部首届“电算技术在探矿工程中的应用”短训班教材,受到学员们的热烈欢迎,要求正式出版。这次出版作者作了较大的修改,增补了许多新的内容并注意列举实例。

我们编著这本书的出发点,一是着眼于生产、科研单位的钻探(井)、坑探、凿机技术人员和管理干部的知识更新,普及电算知识;二是考虑到学校教育要做到“电算不断线”,就必须有配套的教材和参考书。目前,各院校探矿工程专业普遍开设了电算基础课,但多数学生尚不知道如何用它来解决勘探中的技术问题。这本书可作为大学选修课或短训班的教材和参考书。希望它能对推动计算机在勘探技术中的应用起到抛砖引玉的作用;能为繁荣探矿工程学作点贡献。由于探矿工程领域中不少同志对计算机的应用还比较陌生,本书力求通俗易懂,深入浅出,每种方法都从实例入手,尽量少引繁琐的数学推导,详细介绍解决工程实际问题的思路、技巧和计算机程序。并在各章后附有习题,帮助读者熟悉和掌握所学的内容。

本书主要内容是:应用微机进行钻孔弯曲和数理统计的繁琐计算;引进控制论的“黑箱理论”,应用微机寻找复杂钻掘系统中多因素之间的规律,建立系统数学模型,确定经验公式,进行趋势分析;应用微机对优化问题(泥浆、胎体最优配方和规程最优化等)进行设计,以最少的试验次数优选出各类配方或工艺参数;应用微机进行勘探机械辅助设计和勘探生产管理(含简化汉字生产报表);介绍应用微机实现钻探生产过程自控的知识。

书中出现的程序全部用微型机和袖珍机(PC-1500)通用的BASIC语言写成,易读、易懂。这些程序均经过了实际考验,并录成磁盘(或磁带)同时出版。读者不必深入钻研软件技巧,只要把磁盘插入机器就可快速准确地解决实际问题。

全书共十二章。由鄢泰宁同志编写第一、二、三、五、六、八、十二章,第四章第5节和附表。由顾家林同志编写第四、七、九、十、十一章。书中实例一部份取自国内外有关资料,一部份取自作者近年来的科研内容。

在修订出版本书过程中,得到了地质矿产部探矿工程装备工业公司、湖北科技出版社和武汉地质学院教材发行部的大力支持。中国地质学会探矿工程委员会主任刘广志总工程师给予了关心和帮助,并在百忙中为本书写序。武汉地院探工系屠厚译教授和武汉邮电研究院鄢定明同志认真审阅了全书,并提出了宝贵意见。赵国隆、胡耿寰、戴智长、薛征、许未仪、薛军、樊冀安、黄振国、张美南、石智军、石昆山、单志刚等同志为作者提供了数据,俞承城老师为全书作了大量细致的文字加工工作,特此一并表示衷心的感谢。

由于我们掌握的新知识和业务水平有限,加之时间仓促,书中缺点错误一定不少,敬请读者批评指正。

编 者

1985年5月于武汉地质学院探工系

目 录

前 言	(VI)
第一章 概述	(1)
§1.1 计算机基础知识	(1)
§1.2 程序设计基础知识	(2)
§1.3 微型计算机在勘探技术中应用的现状	(4)
第二章 应用微机求解勘探工程中的统计推断问题	(7)
§2.1 求随机变量数字特征及经验分布曲线的程序	(7)
§2.2 程序TD2-1在岩石可钻性及钻杆事故分析中的应用	(9)
§2.3 应用一个正态总体的假设检验判断质量问题	(13)
§2.4 两个正态总体的假设检验及其程序TD2-2	(15)
§2.5 程序TD2-2用于检验钻头及泥浆特性的举例	(19)
习 题	(20)
第三章 应用微机进行勘探工程中的方差分析	(22)
§3.1 单因素方差分析的检验标准	(22)
§3.2 单因素方差分析程序TD3-1及其应用举例	(25)
§3.3 无交互作用的双因素方差分析在勘探工程中的应用	(28)
§3.4 程序TD3-2及其用于寻找勘探生产中主要影响因素的若干实例	(31)
§3.5 有交互作用的双因素方差分析程序	(36)
§3.6 应用程序TD3-3分析主要规程参数及其交互作用的举例	(39)
§3.7 多因素(系统分组)试验的方差分析	(42)
§3.8 程序TD3-4及其用于多因素问题综合评价的例子	(43)
习 题	(48)
第四章 微机在钻孔弯曲计算中的应用	(50)
§4.1 由测斜资料计算钻孔的空间轨迹	(50)
§4.2 满眼钻具扶正器安装位置的计算	(52)
§4.3 钻孔弯曲类型的判别	(57)
§4.4 自然弯曲定向斜孔的设计程序TD4-4	(63)
§4.5 介绍一个用于油气井田的定向钻井程序	(68)
习 题	(79)
第五章 应用微机建立勘探技术中的一元回归方程	(80)
§5.1 一元线性回归分析的步骤	(80)
§5.2 一元线性回归分析程序 TD5-1 及其应用举例	(83)
§5.3 建立一元非线性回归方程的方法及其应用举例	(87)
§5.4 用一元非线性回归及程序TD5-2确定合理钻速的例子	(92)
§5.5 用回归系数衡量泥浆失水特性的实例	(97)
§5.6 用一元回归分析建立二元经验公式的例子	(98)
§5.7 计算钻进时间和机械钻速的程序TD5-3	(101)

习 题	(103)
第六章 应用微机建立勘探技术中的多元回归方程	(105)
§6.1 多元线性回归分析的参数估计	(105)
§6.2 回归方程的显著性检验	(107)
§6.3 利用回归方程进行预报和控制	(109)
§6.4 多元线性回归分析程序TD6-1	(110)
§6.5 介绍控制论中的“黑箱理论”	(112)
§6.6 应用程序TD6-1制定钻探生产定额的实例	(114)
§6.7 线性回归数学模型的其它形式	(122)
§6.8 回归系数的显著性检验	(124)
§6.9 多元线性回归分析计算程序TD6-3及其应用举例	(125)
§6.10 应用程序 TD6-3 建立 壤土改性经验方程的实例	(137)
§6.11 数学模型未知时, 用 TD6-3 建立多元多项式回归方程的 举 例	(141)
§6.12 用于研究人造金刚石钻头井底功率消耗的综合实例	(145)
习 题	(153)
第七章 逐步回归分析在建立系统数学模型中的应用	(155)
§7.1 对系统数学模型的要求	(155)
§7.2 用逐步回归建立系统数学模型的方法	(156)
§7.3 逐步回归分析电算程序TD7-1及其应用举例	(157)
§7.4 建立矿区孔斜规律数学模型的综合实例	(170)
习 题	(178)
第八章 应用微机进行最优化试验的回归设计	(180)
§8.1 什么是回归设计	(180)
§8.2 一次回归的正交设计	(181)
§8.3 含交互效应的一次回归正交设计	(186)
§8.4 一次回归正交设计在寻找钻进参数最优区域中的应用	(188)
§8.5 一次回归设计的程序TD8-1及其应用举例	(192)
§8.6 二次回归的正交设计	(196)
§8.7 二次回归正交设计的步骤	(201)
§8.8 二次回归正交设计的程序TD8-2及其在优选泥浆配方中的应用举例	(207)
§8.9 介绍回归的旋转设计	(219)
§8.10 二次回归旋转设计的步骤及其在钻进最优化问题中的应用实例	(221)
§8.11 二次回归的通用旋转组合设计程序TD8-4及其应用举例	(227)
习 题	(236)
第九章 微型计算机在最优化技术中的应用	(238)
§9.1 孕镶金刚石钻头最优化钻进的实例	(238)
§9.2 孕镶金刚石钻头回转冲击钻进规程研究的实例	(240)
§9.3 拉格朗日乘子法及其电算程序TD9-2	(246)
§9.4 地下巷道断面的最优设计	(251)
习 题	(255)

第十章 微型计算机在勘探机械设计中的应用	(256)
§10·1 机械设计问题的电算程序编制举例.....	(256)
§10·2 计算机辅助设计对表格和线图的处理.....	(267)
§10·3 齿轮传动的的设计程序 TD10-8 及其应用举例.....	(273)
习 题.....	(280)
第十一章 微型计算机在勘探生产管理中的应用	(281)
§11·1 用计算机编制生产统计报表 (程序TD11-1)	(281)
§11·2 用计算机制定生产调度计划 (程序TD11-2)	(291)
习 题.....	(302)
第十二章 微型计算机在过程控制中的应用	(303)
§12·1 微机在模拟钻进试验台上的应用.....	(303)
§12·2 用微机控制钻进生产过程的原则.....	(305)
§12·3 国外用微机控制深孔钻进过程的实例.....	(308)
附 表 一、正态分布表	(317)
二、t分布的双侧分位数 (t_{α}) 表.....	(318)
三、F 检验的临界值 (F_{α} 表).....	(319)
参考文献	(324)

第一章 概 述

§1.1 计算机基础知识

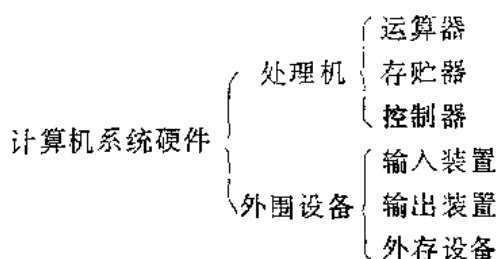
什么叫计算机？美国的计算机科学家说过，计算机就是按照一定的程序和逻辑进行计算的机器。

电子计算机和以前我们所用的算盘、计算尺一样，都是为了适应社会需要由人创造出来的。在现代社会“信息爆炸”的形势下，人类需要某种新型工具来储存、分析和处理日益增多的信息和知识。同时，随着科学技术的发展，许多计算工作量愈来愈大，要求的计算速度和精度愈来愈高，人工难以完成。比如现代气象预报中的计算工作，如果用手摇计算机去算，需要一、二个星期才能算出结果，那么“预报”就变成了“历史记录”。再如钻探中的最优化钻进，须对大量实测数据进行快速计算，并将算得的最优规程参数反馈给钻机调整其参数，如果用人工计算也只能“望洋兴叹”。因此，电子计算机便在这种形势下应运而生。

自从1946年第一台电子计算机问世以来，至今还不到四十年，但是计算机工业已发展成为强大的独立工业部门。计算机经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路四个世代的演变更迭。总的趋势是，体积愈来愈小，记忆（存储）容量愈来愈大，运行速度愈来愈快，功能愈来愈强，稳定性愈来愈高，操作愈来愈简便，用途愈来愈广。目前，微型计算机异军突起，其功能强、成本低（功能已超过了60年代小型机）。微型机的迅速发展和广泛应用，已经深刻地影响到工农业生产、科学技术和社会生活各个领域。

一部完整的计算机由硬件和软件两部份组成。组成计算机的物质设备，我们称它为硬件。为使用计算机和发挥它的效益功能的各种经常起作用的程序，我们称它为软件。硬件加软件就构成了一个完整的计算机系统（参见图1—1）。图中粗线条是计算工作所走的路径，细线条为控制指令所走的路径。

电子计算机必须具备的设备是：



其中

1. **运算器**——是进行算术运算和逻辑运算的主要部件，由许多基本的逻辑电路组成。

2. **存储器**——它能记忆原始题目，原始数据和中间结果以及使机器自动运算所必须的各种命令。存储器有一个重要的性质，从它的每个单元取出信息后，该单元仍保留着原有的

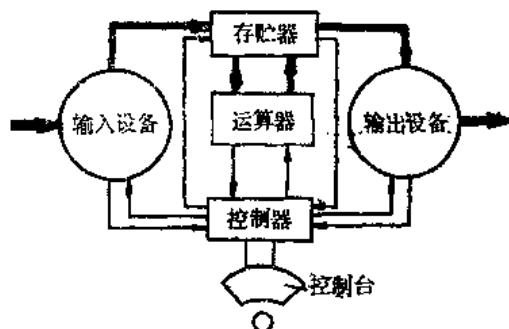


图1—1 电子计算机系统

信息——“记忆”。但是当送入一个新的信息后，原有的信息即被破坏，而由新送入的信息取而代之。

存贮器所具有的存贮单元的总数，称为存贮容量。存贮容量愈大，意味着机器的功能愈强。存贮器通常又可以分为内存和外存两部份。内存容量小（微型机通常为64k字节），但存取速度快；外存容量大，但存取速度较慢，常用的有磁盘、磁带等。

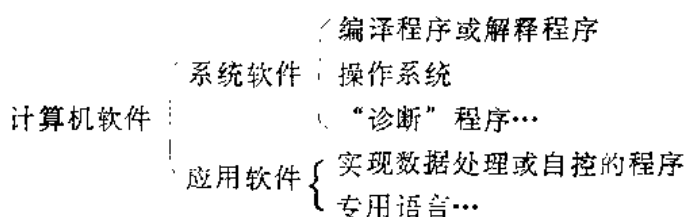
3. **输入和输出设备**——它相当于书写数据、程序和计算结果的笔，它是实现人和机器联系的桥梁。微型机多用键盘输入装置。在人手按键时，计算机便立即把信息收到机内。而输出装置是打印机、终端显示器。

4. **控制器**——它是计算机的“神经中枢”，统一指挥和控制计算机各部份的联系，支配机器按人们事先编好的程序自动运算。它可代替人的大脑和手的作用，发出命令：什么时候取数，从什么地方取数，送到什么地方，进行什么运算，计算结果送到什么地方等等。

在上述硬件中，人们往往把运算器、存贮器和控制器合起来称为计算机的主机；而把各种输入输出设备统统称为计算机的外围设备。在主机部份中，又往往把运算器和控制器合在一起称之为中央处理单元——CPU (Central Processing Unit)

如果一台微型计算机光有硬件，而不配备较完善的软件，要发挥机器的系统功能是不可能的。我们在本书中讲述的各种处理勘探技术问题的算法，计算公式、计算顺序、计算结果打印的格式等都属于软件的范畴。软件的作用在于充分地发挥计算机硬件的功能，使用户更为方便和有效地使用计算机，对计算机控制的对象进行更理想的控制，以达到预期的目的等等。

计算机软件分为系统软件、应用软件两大类



计算机的“智能”是人们赋予它的，它的工作是由人们编制的程序 (Program) 制约和指挥的。就微计算机而言，其硬件——“计算的可能”已经具备，对于一般的用户来说，要用好微机，了解和使用软件更为重要。本书正是考虑到地质勘探（勘察）战线一般用户的需要，着重介绍该行业常用的科技计算、数据处理、生产管理、优化设计等方面的软件及其操作使用方法。

§1.2 程序设计基础知识

程序设计是伴随着计算机的出现而产生的一门学科。

通俗地说，所谓程序就是人们把需要计算机做的工作写成计算机能间接接受的“文章”。任何文章都是使用一种特定的语言文字，按其语法规则书写出来的，而程序这篇“文章”是用计算机语言文字按该语言的语法规定写出来的。不同的语言文字有不同的语法，写出来的文章结构形式是不同的。计算机程序语言也经历了从低级到高级的发展阶段。

机器语言和汇编语言阶段。

在计算机问世之初，用二进制码表示计算机指令系统，用二进制代码编写程序——这就是

“机器语言”。由于机器语言使用很不方便，编写起来极其繁琐，大大阻碍了计算机的广泛使用。为此，人们用一些简单而又形象的符号来代替每一条具体的指令，而这些指令又对应于具体机器的二进制指令码。这就形成了“符号语言”。在此基础上，把一些子程序，存储器地址等也用符号来表示，这就是现在人们称呼的“汇编语言”。从汇编语言到机器语言，中间要有一个翻译过程，这便是翻译程序——叫“汇编程序”，简称汇编。机器语言和汇编语言，是与具体的计算机相关的，所以称为面向机器的语言。

高级语言阶段。

人们在汇编语言的基础上，设想能否避开具体的机型，用一些符号来描述自己的解题意图。同时希望这些符号尽量接近于人们早已习惯的数学表达式形式，并能在各类机器上运行。这便出现了各类高级语言，也叫程序设计语言。这种“语言”包括简单的英文代号和常用的运算符号。用它写成的源程序机器可以间接地接受。目前，国内外比较通用的计算机语言有几十种。常见的，应用最普遍的是：

FORTRAN (*FOR*Mula *TRAN*slator的缩写)；

ALGOL—60 (*ALGO*rithmic *LAN*guage的缩写)；

BASIC (*B*eginner's *A*ll-purpose *S*ymbolic *I*nstruction *C*ode的缩写)；

COBOL (*CO*mmon *B*usiness *O*riented *L*anguage的缩写)。

最近还出现了PASCAL等高级语言。其中FORTRAN和ALGOL适合于科技计算，COBOL适于商业，经济管理。而BASIC是从FORTRAN语言中提炼，简化而来的。

必须指出的是，用上述语言编写的程序，机器还是读不懂，必须“翻译”成机器指令，计算机才能直接执行。计算机出厂时一般都配好了“翻译”功能。通常有两种方式：编译方式和解释方式。编译方式是事先编好一个称为编译程序的机器指令程序，放在计算机内。输入用算法语言编的源程序后，编译程序便把整个源程序翻译成用机器指令表示的目的程序，然后执行目的程序得出计算结果（如图1—2a所示）。FORTRAN, ALGOL, COBOL等语言采用编译执行方式。

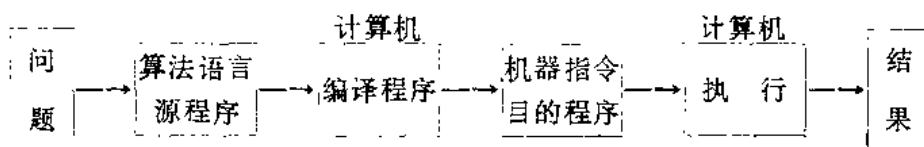


图1—2 a：编译执行方式

解释方式是事先编好一个称为解释程序的机器指令程序，并放在计算机中。它不像编译方式那样把整个源程序翻译成目的程序，然后再去执行。而是逐句地翻译，译出一句立即执行，即边翻译边执行（见图1—2 b所示）。这种方式比前者多费机器时间，但可少占计算机的内存，这对容量较小的计算机是有意义的。BASIC语言大都采用解释执行方式。

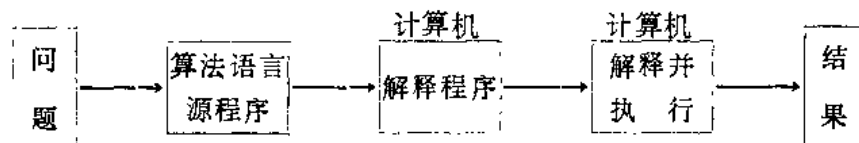


图1—2 b：解释执行方式

由于计算机具有上述自我“翻译”功能，所以我们可以不必去钻研计算机的硬件和机器指令系统，只要掌握算法语言编源程序的技巧就能得心应手地使用计算机了。而且算法语言

对不同的机型具有通用性（有时根据机器说明书仅需作微小改动），这亦是算法语言写程序的一大优点。

总之，高级语言使用方便，通用性强，便于推广和交流，但它必须经过编译才能执行。而一般的编译程序要占16k—32k内存，要求机器的内存容量大。而且机器编译后的目标程序比有经验的程序员编的汇编源程序长50—100%，所以占的内存空间就大，机器的执行时间就长，大约要长50—300%。这在实时控制中就是一个十分突出的问题。

而机器语言，不好记忆，使用麻烦，编出的程序不好推广，但机器在执行时却最直接最快。目前仅在一些单板机上用它。

汇编语言是一种较好的折衷，其执行速度与机器语言相仿，但比机器语言好理解，便于记忆和使用。汇编语言源程序要经过汇编程序汇编才能执行，汇编程序一般仅占2—4k内存。

综上所述，在科技计算方面采用高级语言较合适；而在实时控制中，通常要用汇编语言。而且除单板机（通常内存为2—4k）外，一般机器都可配上汇编程序。

当然，随着计算机系统功能的发展，应用越来越广泛，其算法语言也不会停留在一个水平上。今后为解决各种应用问题而设计的专门语言也会越来越多，人们的意图将更容易被计算机所接受，从而达到人们预想的目的。

一般程序设计，大致要经历以下几个步骤：

1. 根据任务提出问题；
2. 确定方法——构造数学模型，选择计算方法；
3. 编制程序——画出框图，编写程序，上机反复调试；
4. 在实践中检查程序的结果，如果正确无误，则设计任务基本完成。否则，要反复修改，直到满足要求为止。

对高质量的程序还要求尽量做到程序短，占据内存单元少，运行时间省，便于修改、调试和通用性好。

§1.3 微型计算机在勘探技术中应用的现状

微型计算机的应用范围很广泛，大致可分为四个方面：

一、科技计算（亦称数值计算）

这是计算机应用的基本方面，它广泛应用于科学研究和工程技术的计算。世界上第一台电子计算机(ENIAC)就是美国为了解决研制氢弹过程中的科技计算问题于1946年制造的。所以说计算机是靠科技计算起家的，它能胜任四则运算、代数、向量、矩阵运算、数值积分、概率统计和最优化计算等多种运算。而且许多以前人工无法解出的数理方程都可在计算机上用计算数学算出指导生产技术工作的具体数据来。

用计算机解题时，往往须借助于计算数学中的某种算法才能完成。读者在阅读科技计算的软件时，首先必须搞懂它所使用的某种算法之步骤，否则很难完全读懂程序（当然，如果仅仅调用别人编好的源程序而不准备加以改进时，也可以不去钻研它所采用的具体算法）。

二、数据处理（亦称信息处理）

数据处理是用计算机对数据及时地加以记录、整理和计算，加工成人们所要求的数据形式。它和数值计算的区别在于，虽然它也涉及数学计算，但一般都已知数学模型，计算公式也不复杂。只是待处理的数据量大，需反复套用现成的公式或反复进行逻辑判断，所以必需

借助电子计算机才能完成。比如本书的第二、三、四、十一章内容属于数据处理的范畴。

三、管理和办公自动化

在工业发达国家微型计算机主要用于管理和办公自动化。利用计算机具有记忆、逻辑判断和算得快的特点，可对大量生产和商业信息进行区分、加工、整理，代替人编制统计报表、企业的各类计划任务书、成本核算表和产品分配方案等。国外一些银行已采用计算机记账、算账，把成千上万的出纳、会计、审核员从繁琐枯燥的四则运算中解放出来。

目前，铁路上火车的行车调度、编组和售票，图书馆里的查书目、资料检索，医院里的诊断、开处方和假条等都可由计算机自动完成，可见在管理和办公自动化方面具有广阔的应用前景。

四、过程控制（亦称自动控制）

过程控制就是利用微型计算机在生产过程、科学实验过程中及时地收集检测数据或资料，并且由机器按照某种标准状态或最优值进行控制。比如以最低成本或最高回次钻速为优选目标，可应用微型计算机对钻探参数进行自动控制，使压力、转速、泵量等参数处于最优组合状态，从而取得高效、优质、安全、低耗的经济效益。

五、人工智能

它在应用上表现为使计算机具有逻辑推理和学习的功能，能模拟人脑的一部份职能进行语言文学翻译，数学证明，工程设计等。

从上述列举的五大方面可看出，目前微型计算机的应用已逐渐转向非数值计算方面，特别是应用计算机较早的行业更是如此。

当前，微型计算机的应用大至空间探索，小到微观研究，从尖端科学到日常生活，几乎无所不包，当然在勘探技术中的应用也应列入其中。但是由于探矿工程的特殊性：人们要在地表通过几百米甚至上千米的钻杆，向地下深处的岩石钻进，“看不见，摸不着”，测试仪表目前尚不完善，加之探矿工程界对计算机及其程序设计熟悉的人才准备不足，所以起步较迟，进展较慢。目前国内还主要停留在科技计算和数据处理阶段。

国内在用电算解决下述问题上已有了良好开端，或者说已取得初步成果。它们是岩石可钻性及其分级的研究；岩石研磨性及其分级的研究；人造金刚石钻进中功耗的计算；人造金刚石钻头合理选用的试验研究；钻探生产定额的制定；钻孔弯曲规律趋势分析及其应用的研究；孕镶金刚石钻头最优化钻进规程参数的选择；钻探冲洗液配方优选的试验设计及其数据处理；冲击回转新工艺规程参数的研究；探矿机械设备的计算机优化设计；探矿生产管理系统的办公室自动化；由生产、试验数据建立经验公式等等。这些问题多数都属于科技计算或数据处理，其解题过程是：首先分析所要研究的工程问题（或理论问题）的物理过程或工作状态，把有关的影响因素归纳为数学问题的形式——建立数学模型。然后编制源程序，上机算出结果后再用于定量解释或分析工程问题，也可能直接得出工程中应采用的具体数据。有时数学模型比较复杂，须先作些简化，建立近似的计算模式。

我们知道，勘探工作的对象是成因各异，成份复杂的非均质体——岩石，其物理机械性质往往表现为概率性。加之施工过程中，井内的影响因素多，作用复杂，离散性大。往往事物内在的规律性蕴藏在看起来杂乱无章的数据之中，表现为多元非线性的相关关系。要想寻找或建立这种相关关系的数学表达式，要想把勘探技术中的许多问题从定性分析上升至定量研究，就必须采用新方法。而四十年代以来出现的系统工程理论给我们提供了新的思维方式，为处理上述工程问题开辟了广阔的前景，它以新的数理统计理论为依据，用数学语言着重研

究客体内部的因果关系。由于在研究这种因果关系中，须对大量数据进行繁琐的统计运算，人工手算是无能为力的，所以它的每一步都离不开计算机。这是目前电算在勘探技术中应用的一个主要方面。前述在该专业中的一些专题研究正是应用了计算机进行数值计算才得以成功的。这方面也是本书的重点。

计算机用于“控制探矿生产工艺过程”和“智能模拟”方面的例子，国内探矿界尚未见到。国外也远未普及，只是在有关外文文献上看到美国在海洋钻井平台上，用计算机控制八台螺旋推进器自动对准孔口位置；苏联利用计算机逻辑判断的功能，按最低每米成本或最高回次机械钻速来控制深井钻进等方面的例子。说明“过程控制”和“智能模拟”方面的应用，国外探矿界才起步不久，正在探索中前进。

当前，在勘探工程领域中首先应该大力研究和推广微型计算机的应用。70年代以来，由于大规模集成电路的发展，微型计算机异军突起，发展更为迅速。其CPU集成度几乎是每两年翻一番，且性能增长一个数量级。如果说大型计算机在国防尖端和重大科研中起过巨大作用的话，那么微型计算机由于体积小，功能强、成本低（一般勘探队和钻井队都买得起），才真正使计算机能渗透和占领各个技术领域，为计算机应用在勘探技术中的普及和推广，开创了现实的可能性。

近年来我国微型计算机的生产、科研和应用有了很大的发展。据不完全统计，我国各种微型机有数万台，与勘探技术有关的院、所及许多探矿工程队也纷纷武装了微型计算机。因此，当务之急是大力进行应用开发，使这些微型计算机在技术改造，提高生产经济效益中真正充分发挥作用。

我们相信，随着我国电子工业的发展，微型计算机的大力普及，勘探领域应用程序的进一步开拓，计算机在本专业中的应用范围必将愈来愈广。不久的将来，不仅在数值计算方面、数据处理方面，而且在生产工艺过程自控方面也会有新的突破。让我们作好知识准备，去迎接这场新的技术革命吧。

第二章 应用微机求解勘探工程中的统计推断问题

概率统计方法是研究并揭示随机现象中统计规律的有力工具。如果说由于它要进行大量繁琐的统计运算,靠手算很难推广的话,那么,随着微型计算机的普及,则使概率统计的理论和方法“如鱼得水”,在目前工农业生产和科技工作中得到了广泛的应用。

勘探工程领域也不例外,大量的随机现象有待用概率统计方法去寻找隐藏规律。例如,在相同的热压工艺条件下,生产出来的金刚石钻头胎体性能是不均匀的;相同的钻头在同类地层中的工作寿命离散性很大;同一个钻头在同一块大岩样上试钻,各次机械钻速也不尽相同,无论怎样控制钻进规程参数,也无法在每次试钻前给出一个钻速的精确数值;深孔作业中难免发生钻具折断事故,但每次钻具折断的深度也是不确定的……这样的例子还能举出许多,以前人们仅仅凭经验打钻,对类似的随机事件仅停留在定性的了解和经验描述上,实在很不科学,亦满足不了工程技术进步的需要。近年来,不少专家、学者和勘探技术人员大声疾呼,要尽快把概率统计的理论和方法引到探矿工程领域中来,是很有见地的。

本章重点介绍如何应用微机进行概率统计计算解决勘探工程中的一些问题,如果读者没有学习过概率统计基础,请参阅有关参考书。当然,方差分析、回归分析等方法也属于数理统计范畴,则放在后续章节中分别介绍。

§2.1 求随机变量数字特征及经验分布曲线的程序

在随机变量研究中,期望和方差是两个最重要的数字特征。

计算均值的常用算法有:

1. 直接算法,即用算术平均值的定义式

$$\bar{X} = \frac{1}{N}(x_1 + x_2 + \cdots + x_n) = \frac{1}{N} \sum_n x_n \quad (2-1)$$

2. 递推算法,即令 $\bar{X}_0 = 0$

则
$$\bar{X}_n = \frac{n-1}{n} \bar{X}_{n-1} + \frac{1}{n} x_n = \bar{X}_{n-1} + \frac{1}{n} (x_n - \bar{X}_{n-1})$$

$$n=1, 2, \cdots, N$$

记为
$$\bar{X} = \bar{X}_n \quad (2-2)$$

比较上面两种算法不难看出,直接算法(2-1)的运算量最省;递推算法(2-2)可以进行实时处理,得到一系列中间均值。

计算方差的常用算法有:

1. 样本方差的无偏估计

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_n (x_n - \bar{X})^2 \quad (2-3)$$

2. 当 n 比较大时的直接算法

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_n x_n^2 - (\bar{X})^2 \quad (2-4)$$

下面, 我们给出的程序中, 计算均值使用递推算法, 计算方差使用直接算法。

由实验数据求得的随机变量数字特征——均值 $\bar{X}$ 和方差 S^2 , 只是概括地描述了随机变量的一些基本统计特性。而经验分布曲线可给出样本的取值情况。经验分布曲线即为直方图, 它大致描述了随机变量 X 的概率分布情况。具体做法是:

1. 先把样本值进行分组, 找出 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 的最小值与最大值, 分别记为 x_1^*, x_n^* ; 选 A (它略小于 x_1^*), B (它略大于 x_n^*), 并等分区间 (A, B) 为 K 个互不相交的子区间:

$$A = a_0 < a_1 < a_2 < \dots < a_{K-1} < a_K = B$$

其中
$$a_i - a_{i-1} = \frac{B-A}{K} \quad (i=1, 2, \dots, K)$$

2. 计算样本值的经验频率, 即检查落入每个子区间上的实验数据个数 N_i

则有
$$f_i = \frac{N_i}{n} \quad (i=1, 2, \dots, K)$$

显然
$$0 \leq f_i \leq 1 \quad \sum_{i=1}^K f_i = 1$$

当 n 充分大时, f_i 可以近似地表示随机变量 X 在区间 (a_{i-1}, a_i) 上取值的概率。由子区间和相应的经验频率组成的曲线叫做经验分布曲线, 它给出了随机变量 X 分布曲线的一个估计值。

下面, 用BASIC语言写出求随机变量数字特征及经验分布曲线的微机程序

一、程序名TD2-1

二、程序说明

1. 程序中从50—110句, 一面输入随机变量的样本值, 一面用递推算法取平均值。随机变量的样本值放在 $X(I)$ 数组之中, 使用者若要计算别的随机变量样本, 可改写第360句DATA语句, 或用键盘输入语句。第120—150句计算方差。

2. 第170—220句为找出样本值的最小值和最大值。

3. 第230—350句画经验分布曲线图。

4. 本程序使用 $X(I)$ 一维数组, 并使用 A, B, C, H, S, S_0, X_0 等简单变量。

三、上机操作

1. 按RUN键启动本程序运行, 机器自动询问样本数据个数 N 之值。

2. 由键盘敲入 N 值以后, 机器自动完成求均值与方差, 并印出 $E(X) = \times \times$ 和 $D(X) = \times \times$ 。

3. 机器找出样本中的最小值和最大值后, 印出 $MIN = \times \times$ 和 $MAX = \times \times$ 。

4. 最后, 印出“INPUT A, B, S”, 询问直方图下限值 A 、上限值 B 和子区间个数 S 。一般取 A, B 值比样本值多一位小数, N 值较大时, S 也应大些; 反之, S 则小些。键入以上各值后, 机器开始计算经验频率值, 并印出经验分布曲线。

四、程序清单

```
10 PRINT "PROGRAM TD 2-1"
50 INPUT N
```