

857390

5(3)62

7/9016

高等学校教学参考书

地面测量BASIC程序

〔英〕 P.H. 米尔恩

郭达志 周丙申 朱鸿禧 译



煤炭工业出版社

062

016

高等学校教学参考书

地面测量BASIC程序

〔英〕 P. H. 米尔恩

郭达志 周丙申 朱鸿禧 译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

《地面测量BASIC程序》一书的全部程序是在苹果Ⅱ单微机上用BASIC语言编写的。

本书所提供的程序可以用来解决地面测量和工程测量工作中大部分计算机数据处理、计算和测距平差的问题。

本书可供高等学校和中等专业学校的测量专业的教师、学生学习参考，也可供从事测绘工作的有关人员借鉴。

责任编辑：洪 敏

P. H. Milne

BASIC

PROGRAMS FOR LAND SURVEYING

E. & F. N. SPON

London New York 1984

高等学校教学参考书

地面测量BASIC程序

〔英〕P. H. 米尔恩

郭达志 周丙申 朱鸿禧 译

煤炭工业出版社 出版

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

北京地质学院北营发行所 发行

开本 787mm×1092mm 1/32 张 21 1/2

字数 620 千字 印数 1—1,080

1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-0080-1/TD·76

书号 2991

定价 3.70元

译校者的话

微型计算机已广泛应用于科学技术的各个领域。近年来，我国的许多测绘科技人员，在PC-1500型袖珍计算机上开发了不少测量数据计算和处理的程序。但微型计算机则刚刚开始在我国测绘界应用。本书的全部程序是在比较通用的苹果Ⅱ型微机上采用BASIC语言编写的，所提供的程序覆盖了地面测量和工程测量工作中大部分计算机数据处理、计算和测量平差问题。译校者希望本书的翻译出版能对微型机在我国测绘领域的应用和普及起到促进作用。

郭达志译序言和第一、二章，周丙申译第三、五章，朱鸿禧译第四、六章。序言和第一、二章由高晓东校订，其余各章由郭达志校订。

由于译者水平所限，译文中难免存在错误和不当之处，恳切希望读者批评指正。

译校者

1986年7月

序 言

70年代末，廉价微型计算机的出现，使广大学生和小型测量机构得以推广使用，这就产生了对地面测量BASIC程序的需要。作者在刚完成了关于水下测量的BASIC程序一书《Underwater Acoustic Positioning Systems》（水下声波定位系统）之后，即与E和F. N. Spon有限公司的编辑P.里德先生讨论了关于地面测量的另一本类似书籍的编写事宜。作者真挚地感谢P.里德（编辑）和M.A.奥曼尼（编辑部干事）先生对编写本书所给予的鼓励和耐心。

由于在大、中、小学校中普遍教学BASIC语言，所以本书中的全部程序均采用Apple II BASIC的要求来编写，而不采用Algol或FORTRAN语言。此外，为了便于移植到其他微机上，一般来说，只使用了Microsoft BASIC中的基本指令和通用程序。作者有幸得到机会，能在斯特斯科里德（Strathclyde）大学的土木工程系运用多种类型的计算机，包括Hewlett-Packard HP-85和HP-87，Apple II + /e以及Commodore PET。由于Apple II +的多功能性，因此它是土木工程系微机实验室选用的机型。而本书中的程序正是在这种机型上通过的。表2.1列出了Apple II + /e与若干其他通用微机之间的指令对照关系。作者期望这些程序对在建筑结构、土木工程、公路工程、采矿工程或估量测量行业中工作的地面测量员将是有益的。

我有幸得到了许多同事和测量仪器设备制造商非常慷慨的帮助，他们对需要介绍的仪器设备或给予表演，或提供使用。我衷心感谢为了完善本书向我提供资料或插图的所有朋友们（所提供的照片都在其说明中表示了谢意）。

我特别感谢本系的D.I.H.巴尔教授在发表我的研究成果中所给予的不断鼓励。衷心感谢在开发或调试这些程序中给予直接或间接帮助的所有大学生和研究生们。还要感谢在实验室和学生现场实习中给予帮助的我系的J.吉利甘和其他技术人员们。

我也要对在大学的机械、土木和化学工程绘图室工作的S.纳尔逊女士在准备本书的图注，特别是K.斯特拉瑟斯女士对插图，I.芒加尔女士对照片图方面的帮助表示感谢。

最后，我忠诚地感谢我的家庭给予的支持和谅解。正是我的父亲，已故H.米尔恩（英国皇家特许测量工程师协会会员，最初与M.摩哈姆和布罗特奇都是爱登堡特许估量测量工程师，后来成为格拉斯科国内税收一局的地地区土地估测员）介绍我开始了测量工作的生涯。我真诚感谢我的妻子海伦，她在打印全书手稿中所给予的有益的建议和表现出的不屈不挠的精神。

Department of Civil Engineering,
University of Strathclyde,
John Anderson Building,
Glasgow G40NG,
Scotland,

土木工程系 P.H.米尔恩 (Milne)
斯特斯科里德大学 1983年9月
约翰爱迪生大楼
格拉斯科G40NG
苏格兰

程序磁盘的获得

本书包含了许多冗长的程序清单。为了免除用户键入程序的麻烦，已将这些程序复制到Apple II +/e 48K系统的5¹/₄"软盘上。全部程序包含在四块软盘中，从第三章到第六章每章一块，程序的名称与书中所述相同。其他规格的微型机软、硬件系统，其中包括CP/M，也可以使用这些软盘。若了解软盘价格等详情，请垂询下列地址：

Strathand Ltd,

斯特拉森德

2, 02 Kelvin Campus,

2.02凯尔文校舍

West of Scotland Science Park,

西苏格兰科学公园

Glasgow G20 OSP,

格拉斯哥 G20 OSP

Scotland

苏格兰

作者和出版商已尽了一切努力来保证本出版物内容的准确性，因此，对任何人利用本书的资料而造成的损失概不负责。

目 录

第一章 适用于测量工作的计算机简介	1
第二章 BASIC语言程序设计	7
§ 2.1 引言	7
§ 2.2 BASIC 语句	7
§ 2.3 输出的表达形式	17
§ 2.4 Applesoft BASIC语句汇总	19
第三章 经纬仪和导线测量	21
§ 3.1 角度规则概述	21
§ 3.2 三角形的解算	21
§ 3.3 视距测量归算	34
§ 3.4 视距测量的三维定位	41
§ 3.5 二维前方交会法确定点位	58
§ 3.6 二维后方交会法确定点位	85
§ 3.7 光电测距的斜距归算	97
§ 3.8 光电测距三维定位	110
§ 3.9 导线测量和平差	111
§ 3.10 坐标变换	128
第四章 面积、体积和土方累计图	138
§ 4.1 引言	138
§ 4.2 面积计算	138
§ 4.3 土方	146
§ 4.4 体积	173
第五章 曲线测设	187
§ 5.1 引言	187
§ 5.2 圆曲线设计	187
§ 5.3 圆曲线标定	206
§ 5.4 反向圆曲线设计	222
§ 5.5 缓和曲线设计	238
§ 5.6 竖曲线设计	255
第六章 观测误差及其平差	264
§ 6.1 引言	264
§ 6.2 观测误差分析	266
§ 6.3 测量平差	278
§ 6.4 大地四边形	288
§ 6.5 矩阵解算	305
§ 6.6 坐标变化平差法	322
参考文献	340

第一章 适用于测量工作的计算机简介

对于地面测量师，为了获得数据，并在室内进行数据处理，计算机是一种特别有用的工具。尽管它不能替代现场作业的测量员，但却可能在加速数据记录、数据处理，并消除运算错误等方面带来重大效益。

地面测量是一门测量地面上地形及地物的相对位置的学科。其量测值可用来计算面积，绘定边界，绘制一定比例尺的各种图，或者会同建筑师、施工人员、土木工程师、估量测量师、结构工程师或城镇设计师等在一起标定建筑工程。地面测量还为地理和地质工程提供必要的图纸资料。

70年代末以来，由于易编程序微型机的发展，使广大学生和小型企事业单位也有了以前只有拥有大型机的单位才具有的那种计算能力。由于大型机往往以批处理方式运行，因此，必须备有大量穿孔卡片，而人们几乎无需干预。随着人机对话BASIC微机系统的发展，便开始了“个人计算机”时代。

鉴于在大、中学已普及BASIC语言知识，故选用BASIC作为本书的程序语言。与Pascal语言相比，虽然BASIC属于一种非结构型语言，但它具有对各种微型机适应性强的优点。第二章对BASIC编程方法作了介绍，供不熟悉BASIC术语和技术的人们学习。

70年代末期，最初研制的微型机大多是字长为8位，最大存贮量为64K（K代表1000个字节，实际上为1024个字节）的各种机器。80年代初以来，由于微处理机技术的进步，已出现了存贮量超过256K、字长为16及32位的计算机。如此大的存贮能力已使微型机系统能够完成过去大型及小型计算机所能完成的工作，并可用Algol及FORTRAN语言编程序。

由于有8、16及32位这样不同的计算机，因此如何选用适合于地面测量的微型机是一个复杂的问题。有时人们建议，应首先获得软件，然后选用适用的计算机。原因在于各种微型机的程序设计语言往往互不通用，这就是说程序在不同计算机之间相互移植比较困难。为了克服这一障碍，方便计算机的通用，已研制了各种操作系统，如CP/M及UNIX。

除了微型机软件之外，还应特别注意今后计算机应用在接口方面的要求。为了获得数据打印结果，必须有打印机。为了绘图的需要，接口还应能连接到彩色图示屏幕、绘图板和绘图机等设备上。与这些外围设备相连接的三种最常用的接口是：Centronics并行接口，IEEE-488接口及RS-232C接口。第一种为标准打印机接口，它不像使用RS-232C接口那样存在同步交换的问题。就一般的绘图设备而言，有时把IEEE-488称为HP-IB接口，因为它最早是由美国的HP公司研制成功，尔后应用于计算机工业的，它可以与4个外围设备连接在一起。

为使测量数据处理具有足够的存贮能力，绝大多数微型机都用外接电源供电，且宜于安装在室内。属于8位型微机之列的有：Apple II +, Apple II e, Commodore Pet, HP80系列，North Star Advantage及Tandy TRS-80等。属于16位型的两种常用机是：ACTSirius 1及IBM个人计算机。具有更大存贮和处理能力的微型机则有：HP-9845, Olivetti P 6066及Wang（王安）2200型。

本书所列的全部BASIC程序都是在Apple II + 型机(图1.1)上采用Applesoft语言编写的。但为了便于其他机型的使用,或许应尽力采用与Microsoft BASIC通用的语句和应用程序。其中多数程序也曾在Commodore pet, Epson HX-20及HP80系列机上运行过(80系列机包括HP-85和HP-87,都采用HP-IB接口进行数据传送,前者利用盒式软件,后者利用磁盘软件)。由于Apple II + /e型微机在全世界广泛应用,所以已配有几种商品化测量软件包,它们是坐标几何(COGO)程序,导线测量及绘等高线图程序。除了Applesoft语言之外,CP/M程序也能够在配有Z-80卡的Apple II + /e型机上运行,且这些Applesoft程序可直接传输。遗憾的是,在用“PRINT”语句作打印输出时,实际只是又一次在屏幕上加以显示。因为正确的命令是“LPRINT”,所以对于CP/M操作系统来说,必须编写新的有关程序段。

有几家测量公司已将它们的地面测量软件标准化,以便能在HP80系列机上运行。最早的计算机能在16K内存基础上扩充到32K的HP-83及HP-85。随后,又出现了HP-87(图1.2),HP-86及HP-85B,它们可将存贮能力扩充到544K。各种80系列机还能够与许多外

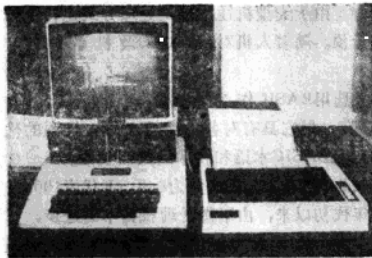


图 1.1 配有双软盘驱动器、12英寸显示器及 Epson MX-80打印机的基本Apple II + 计算机系统

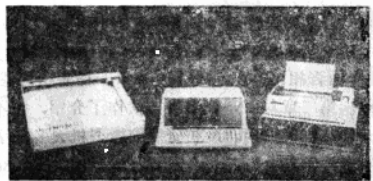


图 1.2 带有双磁盘驱动器(HP-82901M)、80列显示器、80列打印机(HP-82905B)及A3绘图机(HP-9872A)的HP-87型计算机

围设备连接。标准接口当然是HP-IB。但若有适用的附加插件板,也可用Centronics并行接口或RS-232C接口。HP-83/85机有小5英寸、32列的显示屏,而HP-87的显示屏则增加到80列。以出售为主的HP-86(图1.3)则有12英寸显示屏。由于它使用方便,基本微型机能连接到多种型式的打印机、绘图机、绘图板上,因而受到几家测量软件公司推荐。

正如前面已提到,上述轻便型微机不管是在室内还是在野外,都只能用交流电源。在发明现代电池供电的计算机之前,为了在野外进行某些计算工作,采用了一些带有测量软件模块的手持式计算器,如得克萨斯仪器厂的TI58/59可编程程序计算器及HP-41CV计算器(图1.4)。在这两种计算器中,由于后者使用逆波兰表示法(RPN),因此,可在野外进行综合计算工作。为了记录数据,也可用带有HP-CV的电池供电的打印机。然而,直到1982年以前,仍然需要用手键入法将测量数据转录到较大型微机中作数据处理。由于环路接口HP-IL(Interface Loop)的推广应用,现在可用HP-41CV在野外记录数据,然后直接通过HP-IL接口将数据传输到HP80系列机上(图1.5)。还可应用HP-IL接口连接到小型打印机、磁带驱动器及外加的显示屏上(图1.6)。

现在有几家生产电子经纬仪和光电测距仪的测量仪器厂提供记录观测值的数据接口(图1.7), 详见§3.7。

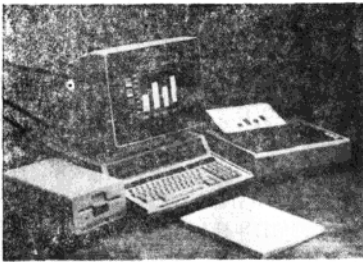


图 1.3 带有HP-9130A单磁盘驱动器、12英寸显示器及HP-82905B80列打印机的商品化HP-86型机

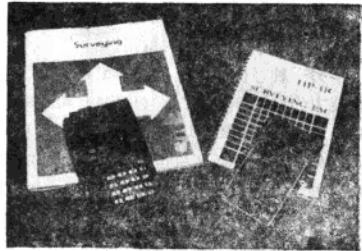


图 1.4 装有测量模块的得克萨斯仪器厂的T158/59及HP-41CV手持式计算器

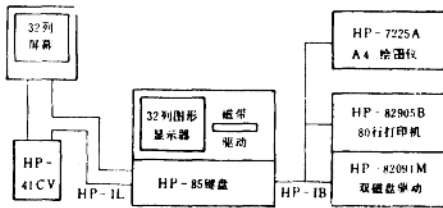


图 1.5 用HP-1L接口将HP-41CV连接到HP-85微型机及附加显示屏上的框图



图 1.6 利用HP-1L接口将HP-41CV及HP-85连接起来以便显示、打印输出和绘图 (HP-7225A)

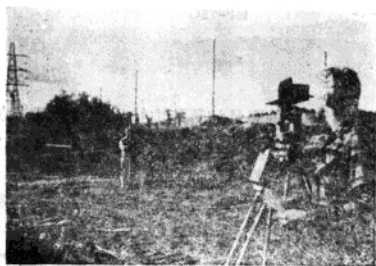


图 1.7 用在瑞典AGA Geodimeter 122光电测距仪经纬仪上的Geodat自动野外测量数据记录器

随着微处理机及电子技术的微型化，目前有几种运行于BASIC的手持式微型机在野外作数据分析极其有效。具有单行LCD显示、机内HP-IL接口及48K操作系统的袖珍型HP-75C，就是其中之一（图1.8）。这是一种在只读存储器中装有测量软件的万能机，且能像上述HP-41CV那样直接与80系列机连接。由于它可将固有的16KCMOS用户存储器扩充到24K，因此其程序可随时取用。

另一种轻便型微机是Epson HX-20，它有一个4行20列的显示屏（图1.9）。其标准存储能力为16K随机存储器（RAM）和32K只读存储器（ROM），还可再扩充32K ROM或16K ROM/16K RAM。它配有机内打印机，既可用微型盒式磁盘机，也可用微型磁带录音机作外存。这种微型机运用Microsoft BASIC语言，已提供有几种商品化的测量程序，可完成多种野外测量任务。如同HP-75C一样，Epson HX-20具有保留存储器，它分成五个区用来存储用户程序。由于可将它直接连接到80或132列的打印机上，因此能够迅速获得野外测量数据和成果。它也提供有大显示屏接口，以便连接到16行32列的显示器或彩色图形显示设备上（图1.9）。

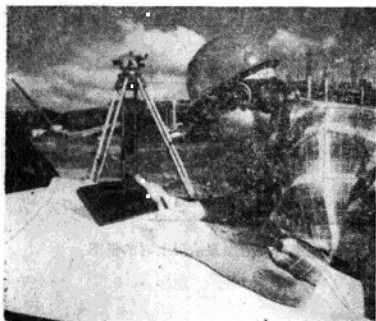


图 1.8 在现场使用的电池供电袖珍微型机
HP-75C

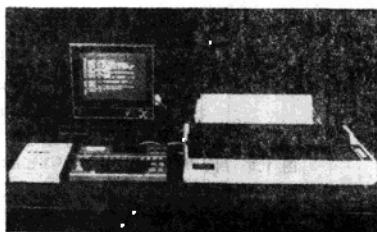


图 1.9 配有Epson MX-100型打印机及HO-20接口，用以连结附加的文本/图像显示器，并以电池供电的Epson HX-20型微机

微型机的野外计算能力给地面测量员带来极大的益处，现在他们能在野外计算导线数据，前、后方交会点的坐标，计算线路曲线标定表。由于投入市场的计算机日新月异，例如具有8行40列显示屏的坦迪TRS-80型100（图1.10）等。如何选择微型机的问题，将取决于软件的适用性及接口的能力。像具有集成微型磁带机及打印机的Epson HX-20微型机，比那些用电缆连接的计算机就更适用于野外。

由于目前已具备自动记录野外测量数据，然后在室内作数据处理和分析的能力，这就促使了集成测量和绘图系统的发展。过去几年中，由于应用计算机制图学于机助设计和机助制图方面所取得的重大进展，导致适用于测量工作的这种系统的出现。

目前特别适用于测量工作的两种系统是由英国的测量与一般仪器公司和瑞士的威尔特

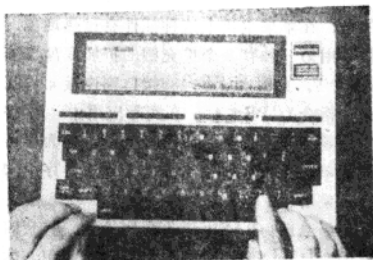


图 1.10 具有8行40列显示屏的电池供电坦迪 TRS-80型100微型机



图 1.11 以HP-9816微型机为基础的SGI-HASP Digital II S测量系统

仪器厂提供的。第一种系统称为SGI-HASP Digital II S测量系统(图1.11),它包括HP-9816微型机和其他有关外围设备,如打印机、绘图机和数字化机。测量数据可通过磁盘、数字化机或键盘输入到计算机中,以进行数据分析和绘制测量图等。

第二种人机对话制图与测量系统称为Geomap,它是由威尔特仪器厂研制的。这种组合系统能够处理从野外测量值的取得,到室内进行数据处理,最后输出数字或图形成果的整个过程。该系统包括带有两个磁盘驱动器的计算机Tektronix4054,显示屏及绘图台。过去,一些大公司往往将这种系统在室内开发,如温皮斯公司研制了专用软件,比如绘制现场图的软件CALSID及SIDS等。

一般来说,小企业和教育机关开发、安装这类组合测绘系统是不合算的,除非承接外面的成批数据处理任务。近来,可进行字处理的80列微型机、CP/M操作系统及较大型Visicalc显示器的运用,给设计者提供了能同时显示文本和图像的系统。

前面提到的Apple II+就是这种微型机之一(图1.1)。它能够在不同的显示屏上分别显示文本或图像。在Apple II+中,40列或图形屏幕有输出地址‘PR#0’,而80列卡一般为‘PR#3’。因此,它能在文本屏幕上显示各种文本和选择程序的菜单等,而同时在图示屏幕上显示图形。

Apple II/IIe微型机的优点之一是在主机板上备有8个扩充槽,供连接外围设备用(图1.12)。在斯特斯科里德大学的Apple II+型机上,语言卡插接在0号孔槽中,以便将存贮能力扩展到64K。打印机接到1号孔槽,因此在有关程序清单中,所有硬拷贝输出都经由‘PR#1’打印机槽。孔槽2用来连接绘图板,以便将断面面积和其他要素直接输入(图1.13)。如果采用字处理,必须将80列卡连接到孔槽3中。另外两个专用孔槽是:6——磁盘驱动,7——彩色图形(280×192像元)插口。绘制线段时,这样的分辨率将产生参差不齐的斜叉线,通称“锯齿”或“台阶形”。为了克服这一问题,有几家制造厂生产了图形处理插件。就测量工作来说,512×512像元的显示屏即够用。因为制图学是与仪器设备相关的论题,故不属于本书论及的范围。



图 1.12 在斯特斯科里德大学安装的以苹果 II 为基础的人机对话计算机图的工作站。包括双显示屏（80列单色显示屏和彩色图形显示屏），打印机和绘图板

由于绘图是测量工作的基本内容，因此配备一个IEEE-488接口是很有用的。遗憾的是，在苹果主机上这种插件有过热现象，故采用另一种有 8 个扩充槽的扩展底盘（图 1.13）^①。此时 IEEE-488 接口则连接 4 号孔槽，指令为‘PR#4’。在实际应用中，时钟对注解打印输出等是很有好处的，但为尽可能简单起见，在本书所编的BASIC程序中却没有采用。

第二章为BASIC语言程序设计，其余四章的题目是：经纬仪和导线测量；面积、体积和土方累积图；曲线测设以及观测值的平差。编写程序的指导思想是使BASIC程序能方便地移植到其他各种微机上。程序设计中大部分为1000行程序块结构，只有少部分较

短的程序按100或500行的倍数来计数。为了表述各个例行子程序的功能，包含有许多注释语句（REM）。如果存贮空间有限的话，也可将它们删去。全书中对经常使用的子程序赋予相同的行号，以便建立适用于各种不同程序的子程序库。

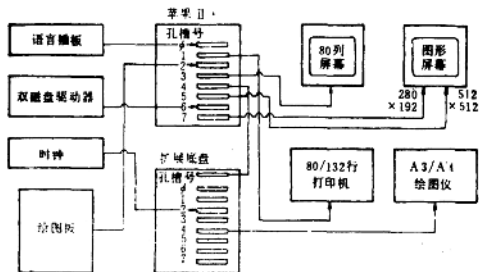


图 1.13 带有扩展底盘接口位置的苹果 II 人机对话计算机图形工作站框图

所列的全部程序是用键盘输入方式写出的。但在外业工作中，测站坐标等数据也可由数据文件、适宜的磁带或软盘资料提供。采用键盘输入的原因，在于使清单简明，并使不同的程序员能使用各种不同的微型机。

为确保本书中各个计算机程序的准确性，在编写过程中已竭尽一切努力。然而，作者承认仍然存在印刷或逻辑上的差错。为此，建议运用这些程序的人们对编程方法和步骤的准确性再次进行检核。

① 原书误为图1.12——译者注。

第二章 BASIC语言程序设计

§ 2.1 引言

尽管在第一章中提到了几种不同的计算机语言，但本书中的全部程序都是用BASIC语言编写的。因为这种语言通常是大学的计算机科学系以及中学对学生教授的第一种语言，并且由于多数微型机都配备有BASIC语言，因而它极为普及。

遗憾的是，尽管多年来一直试图研制一种对各种微型机都可通用的ANSI标准BASIC版本，然而由于各计算机制造厂所提供的往往是扩充（增强）的专用BASIC语言，这就使得为一种计算机编写的程序可能对另一种机型不兼容。为便于软件的移植，本书所提供的程序均以基本BASIC形式编写，以便易于适应某些专门机型。

为促进程序的可移植性，一直在研究标准结构的计算机操作系统，例如控制程序/微处理机[CP/M(Control Program/Microprocessors)]，它以数字研究公司为商标。在微机中最通用的CP/M工具语言是Microsoft的ANSI标准EASIC-80。某些微型机以Z-80为基础，而另外一些机型则要求在CP/M运行之前，在计算机中先安装一个Z-80卡。然而，鉴于并不是所有微型机都能有Z-80软卡，故作者决定提供一份苹果计算机公司所开发的Applesoft BASIC语言清单。多数情况下，Applesoft BASIC非常类似其他流行的微型机（例如HP，北极星，PET及TRS-80等）上所采用的BASIC语言。可直接引用Applesoft BASIC或需要作些修改的一些微型机的对照关系，如表2.1所示。过去BASIC只能工作在交流电源供电的计算机上，但由于小型电池供电的袖珍计算机的研制成功，如EPSON HX-20及HP-75C等，现在可以在野外进行计算工作了，尽管存储器的容量有限。

在全书中，我们认为读者通过正式或非正式的教育，已经具有BASIC语言的初步知识，并且不应该把本书看作是BASIC语言的入门手册。所以，本书的主要目的在于运用BASIC计算机程序设计知识，帮助测量人员去解决麻烦而又费时的数据归算工作。尽管我们作了上述假定，下面还是要对BASIC语言的指令、指令的执行及不同计算机之间的变换进行一般性的讨论。

§ 2.2 BASIC 语句

2.2.1 程序结构

计算机程序是由精确定义执行过程的一系列语句组成的。在BASIC语言中，这些语句利用行号来表示操作次序的先后。行之间的增量值通常为10，但如果需要的话，也可减小到1。以10为步距作程序设计的优点，是具有9个备用行可供增添附加的指令或设置错误陷阱。此外，还可添加注释语句（REM），以便帮助读者理解后继程序设计语句的功能。本书用结构法编写所有程序，即所有程序分成1000行的子程序组，同时依据程序的长短，以100或500行的倍数起算更小的子程序。

2.2.2 变量

Apple II + /c Applesoft	Apple II + /c MBASIC	Epson HX-20 Epson BASIC	HP Series-80 BASIC
ABS(n)	ABS(n)	ABS(n)	ABS(n)
ATN(x)	ATN(x)	ATN(x)	ATN(x)
CHR\$(n)	CHR\$(n)	CHR\$(n)	CHR\$(n)
CLEAR	CLEAR	CLEAR	RUN
COS(x)	COS(x)	COS(x)	COS(x)
DEFFN<name>(p)	DEFFN<name>(p)	DEFFN<name>(p)	DEFFN<name>(p)
DIM	DIM	DIM	DIM
END	END	END	END
EXP(n)	EXP(n)	EXP(n)	EXP(n)
FOR..TO..(STEP)	FOR..TO..(STEP)	FOR..TO..(STEP)	FOR..TO..(STEP)
GOSUB	GOSUB	GOSUB	GOSUB
GOTO	GOTO	GOTO	GOTO
HOME	HOME	CLS	CLEAR
IF..GOTO	IF..GOTO	IF..GOTO..(ELSE)	
IF..THEN	IF..THEN..(ELSE)	IF..THEN..(ELSE)	IF..THEN..(ELSE)
INPUT	INPUT	INPUT	INPUT
INT(n)	INT(n)	INT(n)	INT(n)
INVERSE	INVERSE		
LET	LET	LET	LET
LOG(n)	LOG(n)	LOG(n)	LOG(n)
NEXT	NEXT	NEXT	NEXT
NORMAL	NORMAL		
NOTRACE	NOTRACE	TROFF	NORMAL
ON..GOSUB	ON..GOSUB	ON..GOSUB	ON..GOSUB
ON..GOTO	ON..GOTO	ON..GOTO	ON..GOTO
ONERR GOTO	ONERROR GOTO	ONERROR GOTO	ONERROR GOTO
	OPTION BASE(m)	OPTION BASE(m)	OPTION BASE(m)
PEEK(n)	PEEK(n)	PEEK(n)	
PEEK(222)	ERR	ERR	ERRN
^	ERL	ERL	ERRL
POKE(addr,n)	POKE(addr,n)	POKE(addr,n)	
PR#(n)			
"PR#0",PRINT	PRINT	PRINT	DISP
"PR#1",PRINT	LPRINT	LPRINT	PRINT
PRINT CHR\$(?)	BEEP(n,n)	SOUND	BEEP
READ	READ	READ	READ
REM	REM	REM	REM
RESUME	RESUME	RESUME	CONT
RETURN	RETURN	RETURN	RETURN
SIN(x)	SIN(x)	SIN(x)	SIN(x)
SQR(n)	SQR(n)	SQR(n)	SQR(n)
STOP	STOP	STOP	STOP
TAB(n)	TAB(n)	TAB(n)	TAB(n)
TAN(x)	TAN(x)	TAN(x)	TAN(x)
TRACE	TRACE	TRON	TRACE

注：(....)表示可选用的输入，addr表示地址，n表示数字，p为参数，x为弧度角值。

数 及 语 句

North Star BASIC	PET/CRM MBASIC	TRS-80 BASIC	注 释
ABS(n)	ABS(n)	ABS(n)	绝对值
ATN(x)	ATN(x)	ATN(x)	反正切
CHR\$(n)	CHR\$(n)	CHR\$(n)	字符
RUN	CLR	CLEAR	清除变量
COS(x)	COS(x)	COS(x)	余弦
DEF FN<name>(p)	DEF FN<name>(p)	DEF FN<name>(p)	自定义函数
DIM	DIM	DIM	数组定维
END	END	END	程序终止
EXP(n)	EXP(n)	EXP(n)	指数
FOR,,TO,,(STEP)	FOR,,TO,,(STEP)	FOR,,TO,,(STEP)	循环
GOSUB	GOSUB	GOSUB	转子程序语句
GOTO	GOTO	GOTO	转向语句
	PRINT "clr"	CLS	清除屏幕
	IF,,GOTO		条件语句
IF,,THEN,,(ELSE)	IF,,THEN	IF,,THEN	条件语句
INPUT	INPUT	INPUT	键盘输入
INT(n)	INT(n)	INT(n)	取整数
	PRINT "R"		屏幕位置
LET	LET	LET	赋值语句
LOG(n)	LOG(n)	LOG(n)	对数(e)
NEXT	NEXT	NEXT	循环终止
	PRINT "-"		屏幕正常
		TROFF	解除跟踪语句
ON,,GOSUB	ON,,GOSUB	ON,,GOSUB	开关语句
ON,,GOTO	ON,,GOTO	ON,,GOTO	开关语句
ERRSET		ONERRORGOTO	错误转移
			选择m=1或0
EXAM(n)	PEEK(n)	PEEK(n)	读存贮器
ERRSET			错误编号
ERRSET			错误行号
FILL(addr,n)	POKE(addr,n)	POKE(addr,n)	存贮数据
PRINT#(n)	PRINT#(n)		输入/输出地址
PRINT	PRINT	PRINT	打印(屏幕)
PRINT#(n)	PRINT	PRINT	打印(打字机)
PRINTCHR\$(7)			铃声
READ	READ	READ	读数据
REM	REM	REM	注释语句
		RESUME	由错误程序返回
RETURN	RETURN	RETURN	返主
SIN(x)	SIN(x)	SIN(x)	正弦
SQR(n)	SQR(n)	SQR(n)	平方根
STOP	STOP	STOP	暂停程序
TAB(n)	TAB(n)	TAB(n)	列表
	TAN(x)	TAN(x)	正切
		TRON	跟踪语句

如 §2.1 所述,经常要求测量员归算大量的数据。这些数据必须通过键盘以变量的形式输入微机中存贮起来。有两种不同的变量,即“数值变量”和“字符串变量”。数值变量只能存贮数字,如25, 37.625等。数值变量可用单个字母,如A、B、C等或字母之后紧接一个数字,如A0、A1、A2等来表示。

这些变量的值可以由键盘输入,也可以下列形式在程序的开始予以赋值:

行号[LET]变量 = 数字表达式

式中LET常可省略,因此,如果把数37.625赋值给变量A1,则下面两种形式的写法都是可以接受的:

100 LET A1 = 37.625

或 100 A1 = 37.625

此外,微型机将字符串变量看作是一系列字符,可以是数字、字母或两者兼有,并用单个字母后面加“\$”,如B\$等来表示。某些版本的BASIC也允许用多个文字字符,如“name\$”来存贮字符串变量。然而,在本书的基本BASIC程序中,仅用单个字母及数字符号来表示。

2.2.3 数组变量

在程序中为了存贮10个独立的数字变量,如A1、A2、A3等时,采用具有10个元素的数组变量往往要方便得多。一个一维的数组,如A(10),相当于只有一行数的一个表,其中下标表示某数在该行中的位序。具有二维的数组,如A(3, 2),则得到具有行和列的数表,且常用于矩阵代数中,其中一个下标表示该数所在行,而另一下标表示该数所在列。

在多数微型机系统中,数组的下限为0,因此数组A(10)包含有11个变量A(0)、A(1)、A(2)……A(10),而二维数组A(3, 2)表示一个具有4行(0、1、2、3)和3列(0、1、2)的矩阵。某些微型机,如HP-80系列以及使用Microsoft BASIC语言的那些计算机,允许程序在开始时使用“OPTION BASE”语句,利用这一语句我们可置数组的下限为0,即“OPTION BASE 0”,也可置下限为1,即“OPTION BASE 1”。本书中的程序采用“OPTION BASE 0”这一格式,它表示在数组A(n)中的第3个元素将存贮在A(2)中,这里n表示整型数。

在程序的开头,对程序中所用数组的大小进行定维是一种较好的结构方式,尽管对某些微型机来说不一定是必要的。下面是定维语句的一个例子,分别表示具有10个变量的一维数组P,具有4行3列的二维矩阵Q,以及具有25个字符的字符串变量R(应该指出,字符串变量是从字符1开始的):

10 DIM P(9), Q(3, 2), R\$(25)

2.2.4 数学表达式

在本书所提供的每一个程序中,讨论了求解问题的算法,列出了代数表达式。应该记住,在代数学的表达式里隐含着两变量相乘的运算,这一点在BASIC语言中则不同,必须细心研究数学算符运算的确切优先等级关系。表2.2列出了各运算符的运算先后次序。

为了避免含糊不清或改变设计的运算次序,必须采用括号。括号内的操作优先进行,但在括号内部运算的优先等级则仍保持不变。例如函数

$$\frac{a+b}{c+d} \text{ 可改写成 } (A+B)/(C+D)$$