

电子外业手簿 EFB-S

程序设计与应用

黄克龙 孙在宏 张润如 著

测绘出版社

1992

前 言

随着现代超大规模集成电路的出现,微处理器(Microprocessor)及其外围芯片有了迅猛发展。它们在测绘仪器领域中的应用,已使测绘仪器的制造和使用在技术上发生了革命。传统的光机结合的测绘仪器已逐渐被现代光机电一体化的高新技术产品所取代;传统的外业测绘工作方式逐步被由计算机集中控制与管理的综合测绘系统(Total Station)所替代。

自从1947年瑞典AGA公司在世界上首次推出了第一台光电测距仪和1977年在瑞典斯德哥尔摩FIG会议上展示了电子经纬仪,以后,在短短数十年间,光电测距仪、电子经纬仪等电子测量仪器连续不断地更新,一代比一代先进。主要表现在:体积和重量的减少,精度和测程的提高,性能和实用性加强,价格不断下跌。

我国电子测量仪器的研制与生产虽然起步较晚(80年代初才有国产的光电测距仪投放市场),但发展速度较快;到1991年,我国已有北京光学仪器厂、苏州第一光学仪器厂、南京测绘仪器厂、常州第二电子仪器厂、常州大地测距仪厂等单位研制和生产光电测距仪和电子经纬仪,并在国内得到广泛应用。

近年来我国又陆续从国外引进了相当数量的中短程光电测距仪和2"、6"精度等级的电子经纬仪及全站型速测仪,连同国内生产的,在测量作业中应用的数量已十分可观。电子测量仪器的发展和普及,为测绘人员操作提供了极大的方便:主要的是它将传统外业测绘工作中的模拟图解测图方式转变成数字测图,并为计算机辅助制图提供了基础;同时也极大地提高了测图速度和精度,降低了劳动强度。

在电子计算机技术的快速发展过程中,主要方向之一是向微型化、便携式方向发展。电子计算机的应用也从室内扩大到室外数据处理。日本夏普公司(SHARP)的PC-1500系列袖珍计算机,因具备这样的性能,国内引进已达30万台以上。现代袖珍计算机虽然只有一般计算器那么大,但它已具备室内一般微型计算机的基本功能,并特别适应像外业测绘作业方式所需的实时控制以及现场处理、贮存和管理数据的需求。与室内计算机相比,主要由于它具有体积小,携带和操作方便,工作环境适应性强,可在低温、潮湿等恶劣环境下工作,低功耗(可用普通电池供电)等特点,对于人烟稀少的偏僻地区的测绘作业特别适合。袖珍计算机配置适于测绘作业的应用软件包构成了电子外业手簿(Electronic Field Books)或称为测绘数据终端(Survey Data Terminator),本书称电子外业手簿。电子外业手簿与电子测量仪器相结合,就组成了现代综合测绘系统。在综合测绘系统的测绘数据流程中,电子外业手簿起着枢纽作用:

(1) 在外业测绘作业中,它通过特定的软硬件接口(目前大多数采用RS-232C)与电子测量仪器联机使用,在各个测站上实时地控制电子测量仪器的工作方式,全自动接收测量数据(当采用光学仪器,测量数据可由人工现场输入),并及时对测量数据进行检校、计算与处理、贮存,达到电子记簿的功效。避免了人工记簿、计算、手工反复输入数据的工序,降低了数据的粗差。电子外业手簿还可以在机内进行诸如平差计算、解析坐标计算、测绘草图自动绘制等,从而方便了测绘数据的实时处理等工作,摆脱了过去依靠室内计算机的困境。

(2) 它可将外业采集和贮存的测量数据自动高速地传送到室内计算机,为计算机辅助

制图提供准确可靠的数据源。

我国电子外业手簿的研制、生产与应用比光电测距仪、电子经纬仪起步更晚，80年代我国几乎完全依赖进口。由于国外电子外业手簿的专用性太强，一般只能适配本公司的电子测量仪器，加之配置的测绘应用软件包所采用的测量方法、劳动组织、精度检验标准不完全适用于我国，而且它们固化加密，难以修改调整和深入开发应用工作，不便于测绘作业人员现场灵活使用，因而造成了虽然进口了大量电子外业手簿，却闲置不用而仍由人工键入的落后状况。有的单位引进电子测量仪器时，因配套电子外业手簿和其它配件的价格十分昂贵，无力购买，只能将高档、智能化的精密电子经纬仪和全站型速测仪降格降档为普通光学仪器使用，造成先进电子测量仪器设备资源的巨大浪费。

针对目前国内对电子外业手簿迫切需要的实际状况，作者根据多年从事 PC-1500 软硬件开发应用的经验，以 PC-1500 / PC-1501 / PC-1500A 主机为依托，于 1991 年 2 月成功地研制了 EFB-S 系列电子外业手簿产品。它们均配有两个 RS-232C 和一个标准并行接口，并将 PC-1500 贮存容量扩至 64KB、128KB、192KB、256KB。设计了大量适于我国测绘规范要求和测绘作业方式的应用软件包。产品性能甚至超过国际名牌电子外业手簿，已在石油物探、水利水电、地籍测量、房产测量、城市建设、公路设计测量、大型工矿企业、军事测绘等部门广泛应用，深受广大用户欢迎。为了使国内测绘界更好地了解 EFB-S 以及满足广大用户和测绘经营部门的要求，我们撰写了本书，以便于用户有效地开发和应用电子测量仪器和 EFB-S，不断提高我国电子测量仪器的制造和应用水平以及测绘应用软件包的设计能力。

本书第一至第五章由黄克龙撰写；第六至第十一章由孙在宏撰写；附录由张润如撰写；著名制图学家陆漱芬教授审阅了全书。

EFB-S 的研制与推广应用是陆漱芬教授主持的国家自然科学基金资助课题“城市地籍信息系统的建立与应用”中“测量数据采集系统研究”子课题。

EFB-S 的研制和本书的写作得到了我系陆漱芬教授、魏长发副教授的悉心指导和帮助。国家测绘局物资站、北京光学仪器厂、苏州第一光学仪器厂、常州大地测距仪厂、南京测绘仪器服务部、武汉测绘科技大学日本测机舍服务部、江苏省土地管理局、沈阳宇航测绘仪器商店、东北城市测绘仪器经销部等单位以及天津水利勘测设计院茅玉清总工程师、南京师范大学物理系高玉副教授都给予支持。夏洪兴、吴槐义、冯有明、黄震方、王黎明、周春林等同志参加了 EFB-S 的推广应用和改进等工作。作者在此向大家表示衷心感谢。

由于我们水平有限，不当之处，恳请读者批评指正。

作者

1992 年 2 月于南京

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 电子外业手簿的发展概况	(1)
第二节 国内电子外业手簿的应用现状	(4)
第二章 PC-1500 系列袖珍计算机系统及其 BASIC	(9)
第一节 PC-1501 袖珍计算机概述	(9)
第二节 PC-1501 的 BASIC 语句	(16)
第三章 EFB-S 系统概述	(22)
第一节 EFB-S 系统的基本结构与配置	(22)
第二节 EFB-S 的工作方式及初步使用	(23)
第三节 EFB-S 在综合测绘系统中的应用	(27)
第四章 EFB-S 的操作系统命令和扩展 BASIC 语句	(32)
第一节 EFB-S 的操作系统命令	(32)
第二节 EFB-S 扩展 BASIC 语句	(36)
第五章 EFB-S 串并接口及其应用	(42)
第一节 串行通讯与 EFB-S 的串行接口	(42)
第二节 EFB-S 与电子测量仪器的联机使用	(46)
第三节 EFB-S 与 IBM-PC 系列微型计算机的通讯	(54)
第四节 EFB-S 与 PC 型磁盘机的联机使用	(57)
第五节 EFB-S 的并行接口	(61)
第六章 导线测量与记簿	(64)
第一节 硬件环境及程序功能	(64)
第二节 限差及检验条件	(65)
第三节 操作与使用	(66)
第四节 导线野外记簿程序说明及清单	(80)
第七章 导线测量成果打印	(81)
第一节 硬件环境及程序功能	(83)
第二节 距离改正的数学模式	(83)
第三节 均值文件的数据结构	(84)
第四节 操作说明	(85)
第五节 导线成果打印程序说明及源程序清单	(86)
第八章 导线自动平差	(96)
第一节 单导线平差数据合并与排序	(96)
第二节 单导线平差	(103)
第九章 机助碎部测量记簿	(109)
第一节 无角坐标测图法	(109)
第二节 硬件条件及软件功能	(110)
第三节 操作与使用	(112)

第四节	机助碎部测量记簿程序说明及源程序清单.....	(117)
第十章	碎部测量成果打印与整理	(125)
第一节	工作模式与软件功能.....	(126)
第二节	操作与使用.....	(128)
第三节	碎部测量成果打印与整理程序说明及源程序.....	(130)
第十一章	数据通讯	(137)
第一节	微机数据接收.....	(130)
第二节	导线原始数据发送.....	(139)
第三节	导线均值数据发送.....	(143)
第四节	碎部原始数据发送.....	(145)
第五节	碎部点坐标发送.....	(147)
附录	EFB-S、PC-1500 显示汉字	(150)
参考文献		(167)

第一章 绪 论

电子外业手簿 (Electronic Field Books) 是测绘界普遍使用的专业术语, 是专门用于记录和处理外业测绘数据的电子笔记本。随着电子计算机技术的迅猛发展和普及应用, 便携式、袖珍型的电子笔记本如雨后春笋, 种类十分繁多。如企业家们所用的记事电子笔记本, 售货员们所用的记货、记帐电子笔记本等。电子外业手簿是一种特殊的电子笔记本。它除了具有体积小、携带方便, 信息的贮存和通讯等功能外, 还应满足以下要求: 在硬件方面, 电子外业手簿不仅能适应外业测绘作业的环境要求, 而且还满足贮存测绘数据大容量的需求; 在软件方面, 它配置了一定规模的测绘应用软件包, 这些应用软件的运行流程能仿真和适应测绘作业方式, 以满足测绘数据记录、检校与处理等要求。现代电子外业手簿实质上是一种专门服务于测绘作业的袖珍计算机系统, 因而它又被称为外业测量的数据终端。

第一节 电子外业手簿的发展概况

电子外业手簿是电子计算机技术和现代测绘技术日益结合的必然产物, 它经历了四个主要的发展阶段。

一、电子外业手簿发展的四个阶段

1. 手工键入式的外业记录器阶段

早期的电子外业手簿是本世纪 80 年代的袖珍计算机产品。当时虽然出现了光电测距仪, 但它们不带与其它计算机联机使用的通讯接口, 测绘作业所使用的主流仪器仍为光学测量仪器。这个阶段的电子外业手簿也不带有与电子测量仪器相互通讯的接口, 因而测量数据 (测距、测角、编码等) 只能由手工键入。但电子外业手簿能进行有关限差判断、解算坐标等现场数据处理工作。贮存在电子外业手簿中的测量数据需要打印出来, 再由人工重新输入室内计算机, 由室内计算机完成更复杂的数据处理和计算机辅助制图等工作。电子外业手簿的应用, 主要避免了外业测量过程中一些复杂烦琐的人工计算工作, 一定程度上提高了外业的测量效率。但由于人工反复多次地输入测量数据, 不仅增加了人工输入数据的劳动强度, 而且也增加了数据输入的粗差, 影响了数据处理的速度和效率。如国内目前普遍使用的 PC-1500 系列袖珍计算机, 当用于外业测量作业的记录器时, 就明显存在这一缺陷。

2. 专用记录器阶段

70 年代光电测距仪和电子经纬仪得到进一步发展, 无论是体积、性能、价格都有了进一步改善, 因而被广泛应用。同时, 计算机的相互通讯技术和超大规模的集成电路以及外围芯片迅速发展和部分投放市场, 为电子测量仪器的进一步智能化提供了有利条件。在这个阶段, 主要电子测量仪器一般带有与计算机联机通讯的 RS-232C 或 RS-422 接口, 为电子外业手簿的联机通讯提供了先决条件。电子外业手簿也向专用化方向发展, 电子测量仪器厂家开始采用单片机、单板机技术单独研制适配于自己电子测量仪器的电子外业手

簿,并配置了特定的通讯接口。因此,这个阶段的电子外业手簿已能与光电测距仪、电子经纬仪、全站型速测仪联机使用;在测量过程中,全自动采集和贮存测量数据,并能将贮存的数据全自动传送到室内计算机;有关限差判别、平差计算等数据计算与处理工作均由室内计算机完成。不难看出这个阶段电子外业手簿的应用,已克服了第一阶段人工反复多次输入外业测量数据的弊端。然而,由于微处理器(Microprocessor)和外围芯片的技术发展还远不及现在这样成熟和实用,由单片机、单板机构成的电子外业手簿,无论在贮存空间方面,还是在高级语言的编译器以及仿真常规测量作业的数据处理流程等方面,性能受到极大的限制。测绘技术人员不可能像应用室内计算机那样,利用电子外业手簿实时灵活地调用其基本的软硬件资源和编制测绘应用软件包,加之电子外业手簿在现场处理测量作业中的数据的能力不强,大大影响了它的推广应用进程。

3.测绘数据的终端阶段

八十年代是微电子技术、袖珍计算机和便携式计算机、计算机辅助制图、数据库以及综合测绘系统的大发展时期。电子测量仪器,特别是全站型速测仪的迅猛发展和普及应用,客观上对电子外业手簿在通讯、贮存、数据处理和实时编程等能力以及测绘应用软件包的功能等方面提出了更高的要求,以充分发挥电子测量仪器的实效。因而这个阶段的电子外业手簿产品向着大容量、可编程的方向迅猛发展,种类很多。如日本测机舍(SOKKISHA)的SDR20系列、瑞士威尔特(WILD,现名为Leica)的GRE4、日本拓普康(TOPCON)的FC-S系列、瑞典Geotronics公司的GEODAT126、Kern公司的ALPHACORD64等电子外业手簿。它们一般具有以下特点:

(1)配置了高级语言编译器或解释器,一般采用非标准的BASIC语言编程。开始为非计算机专业的测绘技术人员根据自己的作业情况需要编制实用化的测绘应用软件包敞开大门。有关外业测绘的各类计算和数据处理在应用软件包的支持下,均能由电子外业手簿实时完成,大大降低了测量人员记簿、计算的劳动强度,提高了测量速度和精度。

(2)具有较强的通讯功能。一般配有1~2个RS-232C接口,不仅可以保证电子外业手簿与光电测距仪、电子经纬仪、全站型速测仪联机通讯,全自动采集测量数据,而且也保证了能与室内计算机联机通讯,将外业测量数据全自动地发送到室内计算机。从而为从外业计算机辅助测量到室内计算机辅助制图的全数字流程的测图提供了基础。有的电子外业手簿还带有一个标准的并行接口,能与各种打印机(如日本EPSON公司LQ-1600、日本夏普公司CE-515P、日本东芝公司的TH3070等)和绘图仪(如DXY880、HI公司的DMP52系列、SPL-450等)联机控制,实现外业记录数据的自动打印和测绘草图(如地籍测量的宗地图、控制网图、剖面图等)的自动绘制。测绘人员可以现场或实时了解测量精度等情况,以便发现问题及时解决。

(3)具有大容量的存贮器。一般配置了可供用户有效使用贮存器,其贮存空间达64KB-256KB,可一次连续贮存七天到一个月的测量数据,并能适应中等规模的数据处理需要,为远离城市和驻地的测绘作业数据处理和随队数据移动等提供了极大的方便。

(4)配置了相当规模的测绘应用软件包。绝大多数电子外业手簿都采用了固化技术,将常规测量作业所需的诸如控制测量、碎部测量的数据自动采集、平距及高程计算、精度检校及限差判别、碎部点坐标计算、数据自动发送与打印等应用软件固化在芯片中,并以菜单方式的界面向用户提供,用户可以根据菜单和按功能键直接调用或运行应用软件。

总之,这个阶段的电子外业手簿已经初步具备室内微型计算机的基本功能。在外业测绘作业中起着自动采集、检校、计算、贮存、打印、绘图及向外发送数据等作用,同时又与室内计算机辅助成图系统进行数据的相互通讯,为室内机助制图和测绘数据库的建立提供准确可靠的数据源。从这一角度,电子外业手簿已成为测绘的数据终端。

4.磁卡阶段

80年代末期和九十年代是超大规模集成电路的迅猛发展时期,程序存储器、数据存储器、高级语言编程器等特殊功能芯片的出现和不断更新,使全站型速测仪得到惊人的发展。它的集成度和智能化水平越来越高。主要突出的标志之一是电子外业手簿不再像过去那样独立、分离于电子测量仪器主体,而是内嵌在全站型速测仪之内。具体地讲,它有以下特点:

(1)有关电子外业手簿的测绘应用软件包和高级语言编程器已固化装配在全站型速测仪中。测量人员可以操作它的面板功能键,按菜单提示方式直接调用软件功能。

(2)全站型速测仪中可以安放一个或几个很薄较小的磁性贮存介质片,作为仪器自动贮存测量数据的外存,这种磁性介质称为磁卡。如日本测机舍的 SET2C、日本拓朴康的 GTS、瑞士威尔特的 TC3000 等全站型速测仪均配有磁卡。每片磁卡一般可连续贮存 500~1000 个测量点的数据。当磁卡空间用完后,可以随时取出来,再换另一片磁卡。取出的磁卡虽然脱离主机,但它具有数据保护功能,不会丢失已贮存的测量数据。因此,对于这类全站型速测仪,只要测量人员随身带有足够多的磁卡,其贮存量可以认为是无限的,不受任何限制。

(3)磁卡通过磁卡阅读机或阅读器(实质上它也是一种微型计算机),读出内藏的外业测量数据,并进行有关计算、处理与数据通讯等工作;完成后,可通过阅读机清除磁卡中的数据,以备再用。

二、电子外业手簿的发展趋势

电子外业手簿在短短的几十年内,经历了四代,一代比一代体积更小、价格更低廉、性能更完善。它的未来将向着以下几个方面发展:

1.通用性和普及性更强

未来的电子外业手簿不仅能与各种带数据通讯接口的电子测量仪器和智能仪表联机使用,而且联机方式和握手协议也能达到标准规范化,测量技术人员只要掌握一种高级语言的编程方法,就可以在电子外业手簿上实时方便地开发自己所需的各种测绘应用软件包,为电子外业手簿的普及化提供优越的技术条件。

2.贮存能力更大,日趋无限

与电子外业手簿配套使用的各种外业硬盘机和软盘机将大量出现,并与大众化计算机兼容。当电子外业手簿贮存空间使用完时,能将贮存的数据随时转存到外业硬盘机或软盘机中,这可使目前电子外业手簿中的数据向外转移得到更完美的解决。

3.屏幕实时作图功能大大增强

随着液晶显示(LCD)技术的进一步发展和实用化,未来电子外业手簿的 LCD,不仅能显示字符,而且还能实时作图,为计算机辅助测图系统中最复杂、最烦琐的外业测量点的空间拓朴图形关系编码工作提供方便。

4.软件资源更加丰富

未来的电子外业手簿不仅能提供门类众多、功能齐全的测绘应用软件包,方便于测量人员的操作使用;而且还能配置相当丰富的系统软件和多种高级语言的编译器、解释器。如目前大众化微机 IBM-PC 系列机所用的 DOS 操作系统 (Disk Opration System)、高级 BASIC、FORTRAN77、C 以及数据库管理系统 (Data Base Management System, 简称 DBMS) 等系统软件。随着超大规模集成电路和专用功能芯片的发展,这些软件可望固化在几个芯片中,固定在电子外业手簿的电路板上。

5.磁卡技术得到进一步发展,但不能完全替代独立于测量仪器的电子外业手簿

因为磁卡技术不可能像电子外业手簿那样,能为测量工程技术人员方便地编制应用软件,构造自己独特的计算机辅助测图和应用系统。但磁卡技术可迅速转移到电子外业手簿中,使电子外业手簿的性能更完善。

6.电子外业手簿的研制和生产逐步纳入大众化袖珍计算机和便携式计算机的生产体系

电子外业手簿的标准化、规范化、普及化得到进一步加强,产品的价格也会与现在普通微型计算机那样逐年下降。设计与编制测绘专业的各种应用软件包是有效地应用电子外业手簿的核心。

第二节 国内电子外业手簿的应用现状

我国电子外业手簿与国外相比,研制工作的起步更晚,应用水平较低。80 年代初期,我国从日本 SHARP 公司购买了大量的袖珍计算机 PC-1500,仅测绘部门就达 30 万台以上。PC-1500 在我国测绘部门主要用于内业计算,也有一些单位将 PC-1500 主机作为电子外业手簿,用于外业测量的数据记录和处理。但由于 PC-1500 容量小,加上扣除应用程序占用的空间,可供测量数据贮存的空间就更小,因而大大影响了其应用领域。八十年代中期以来,我国在引进国外电子测量仪器的同时也引进了一些配套的电子外业手簿,对我国计算机辅助测图和综合测绘系统的发展以及电子外业手簿的推广应用起了积极的推动作用。

一、国内引进的主要电子外业手簿简介

1.日本测机舍 SDR20 系列电子外业手簿

它共有 SDR24、SDR22、SDR20、SDRP 四种。内存空间为 64KB~128KB,固化有导线测量、反算、地形测量、后方交会、放样测量和坐标计算等测绘应用软件。由于它们不具备编程功能,所以用户只能通过功能键调用固化软件功能,而不能阅读或修改内部软件以及向电子外业手簿追加新的软件。它们都带有一个 RS-232C,波特率可由 300~9600 波特选择,采用奇、偶检验,可与测机舍 RED2L、RED2A、REDMINI2 等红外测距仪和 DT2、DT5 等电子经纬仪以及 SET 系列的全站型速测仪联机使用,并能与微型计算机通讯,发送内部贮存的测量数据。它配有一个两行、每行显示 16 个字符的 LCD;电源采用 4 节 5 号电池;键盘配有 36 个操作键。

2.瑞士威尔特 GRE 系列电子外业手簿

它共有 GRE3、GRE4 两种。用户可以使用的内存容量为 64KB (GRE3)、128KB

(GRE4); 内驻固化的常用测绘软件, 用户可以根据菜单, 接功能键直接调用。配有非标准的 BASIC 编译器, 可运行用户自编的 BASIC 源程序。配有三个一行 8 个字符的 LCD 窗口。具有一个 RS-232C 和一个标准并行接口, 串行接口的波特率可由 300~19200 波特选择, 可与各种带 RS-232C 接口的电子测量仪器和计算机联机通讯; 并行接口可与各种带标准并行接口的打印机、绘图仪联机控制。键盘共有 17 个操作键, 用户不可以在 GRE3 或 GRE4 上直接进行 BASIC 的编程和调试工作, 而需由其它计算机 (如 IBM-PC、PC-1500 等) 根据 GRE 电子外业手簿和 BASIC 语法规则, 预先编制好程序, 然后再将编好的源程序通过 RS-232C 接口传送到 GRE 中, 由 GRE 的 BASIC 编译器解释执行。如果源程序有错误, 用户也不能直接在 GRE 上修改, 而仍需在其它计算机的 BASIC 编程环境下进行修改, 直到调试成功为止。可见用户向 GRE 追加测绘应用软件是一件十分烦琐的工作, 其编程效率比 PC-1500 还要低下。

3. 日本拓朴康 FC-S 电子外业手簿

FC-S 具有可供用户使用的内存容量达 64KB~256KB。与 SDR20 和 GRE 相比, FC-S 不仅配置了 BASIC 的编译器, 而且还装配了可供 BASIC 编程的键盘。用户可以像在 IBM-PC 或 PC-1500 上那样, 直接进行 BASIC 的编程和调试工作, 这一功能大大方便了测绘技术人员开发测绘应用软件包的工作。此外 FC-S 的通讯功能很强, 配有一个专为本公司电子测量仪器联机通讯的接口和两个通用的 RS-232C 接口, 这就为 FC-S 与其它公司的电子测量仪器联机通讯, 以及同时联接红外测距仪、电子经纬仪组成合式全站仪提供了方便。

4. 全站型速测仪磁卡

目前全站型速测仪磁卡专用性很强, 一般只配本公司的全站型速测仪, 相互不能通用。磁卡必须通过磁卡阅读机读出数据, 磁卡阅读机也不能互用。磁卡阅读机实际上是一台微型计算机, 它配有专用的磁卡阅读软件; 带有 RS-232C 接口, 将从磁卡中读出的数据发送到其它计算机中。80 年代末期的全站型速测仪一般都配有磁卡, 如日本测机舍 SET2C、瑞士威尔特 TC3000 等全站型速测仪。

二、国内应用进口电子外业手簿存在的问题

近几年来, 我国由于改革开放, 引进了一定数量的电子外业手簿, 虽然发挥了一些实效, 但由于种种原因, 特别是引进的电子外业手簿的自身缺陷, 这些耗资巨大的设备没有得到充分应用, 甚至闲置浪费。这些原因概括起来有以下几点:

1. 价格十分昂贵, 普及率低

进口的电子外业手簿一般售价为 2 万元左右, 有的甚至达 4 万元, 已超过两台或几台 PC286 高档微型计算机的价格。如果再引进测绘数据后续处理软件则价格更贵。相当多的单位由于财力有限, 只能配置电子测量仪器主件。由于缺少电子外业手簿的支持, 这些单位不得不沿用传统的手工记簿、计算、反复输入数据的测量方式, 从而将性能较好、智能化程度较高的高档测距仪、电子经纬仪、全站型速测仪降档成普通光学测绘仪器使用, 造成先进的电子测量仪器的工作效率低下, 设备资源的巨大浪费的被动局面。根据初估, 全国至少有一半数量的全站型速测仪和电子经纬仪至今仍未能配置合适的电子外业手簿。

2. 专用性太强、通用性差

进口电子外业手簿匹配的测绘应用软件,因保密和固化,用户无法阅读和修改及追加,不合理地限制了用户的应用方式。由于外国测量作业的组织方式和执行的测量规范标准与我国不尽相同,差别很大,这就从根本上决定了这些软件不能直接为我国测绘部门使用,造成软件资源的浪费。一些电子外业手簿不具备可编程功能,用户无法进行应用软件的开发工作,只能将其降档成手工键入式的外业记录器使用;即使有些电子外业手簿具备了编程功能,也因其操作十分复杂和烦琐,一般程序员往往难以胜任软件开发工作。此外,还由于各公司电子外业手簿的 BASIC 编译器互不通用,编制的应用软件也无法通用,失去了软件共享的优点。一些开发能力较强的单位,往往为两、三台电子外业手簿单独开发一套测绘应用软件包,软件投入的工作量大,软件的生产效率极为低下。

3. 依赖性强、系统完整性差

国内引进的大多数电子外业手簿的测绘数据后续计算与处理以及向外转移都要依赖于微型计算机。这种处理方法适合于微型计算机应用十分普及的西方发达国家,而不符合我国当前和今后相当一段时期的测绘作业的具体实际情况。此外,电子外业手簿后续处理的软硬件设备过于专用化,需要追加的投资也十分巨大,绝大多测绘单位的财力难以承受。如磁卡阅读机全套软件、硬件和其它各种配件的价格已超过一台 386 甚至 486 微机的价格,性能价格比较低。

4. 技术资料缺乏、应用环境差

目前绝大多数国外电子外业手簿随机配带的技术资料仅局限于操作手册或用户指南,而有关程序设计与系统软件资源的调用方式等核心技术资料十分缺乏,有的甚至对我国封锁,进一步加大了国内进行消化和深入开发的强度和难度。由于引进的电子外业手簿种类十分杂乱,国内没有组织人力对引进的电子外业手簿进行消化攻关,各单位的自行消化造成重复开发;加之技术资料全是外文,用户界面又是英文,一般测量操作人员难于掌握和使用,因而也大大影响了它的推广应用。

三、国产电子外业手簿的现状

目前国产的电子外业手簿基本上都以 PC-1500 主机为基础,从扩充内存容量和通讯功能,改进 PC-1500 原 BASIC 语言的功能等方面入手,研制与生产扩充接口,与 PC-1500 主机组成电子外业手簿。这些电子外业手簿具有以下主要特点:

1. 内存容量大、通讯功能强。

目前国内研制的 PC-1500 型电子外业手簿可供用户使用的内存空间达 64KB~256KB。配有 1~2 个 RS-232C 接口和并行接口,且通用性强,联机方式方便简单,能与国内外光电测距仪、电子经纬仪、全站型速测仪等电子测量仪器或智能仪表以及打印机、绘图仪等计算机外围设备联机使用,以适应国内多种类型电子测量仪器不同接口的联机需要,消除了进口电子外业手簿接口专用性强的弊端。

2. 扩展了 BASIC 语句,编程工作十分方便

PC-1500 的 BASIC 编程工作十分方便,但功能不强。研制单位为了使用户方便地应用扩充内存和扩充通讯接口的硬件资源,在 PC-1500 原 BASIC 语句的基础上,扩展了 RS-232C、并行接口的通讯设置和用于扩充内存的数据文件操作与管理等语句,并将这些扩展语句的基本软件固化在程序芯片上,供用户直接调用。由于扩展后的 BASIC 语句

丰富,有利于用户深入开发和应用,这是目前国内进口电子外业手簿所无法比拟的。

3.应用软件包针对性强、实用可靠

目前国产的 PC-1500 电子外业手簿一般配置了按我国测绘生产的组织方法和国家测绘规范(含各行业的测绘规范标准)要求的应用软件包,功能远超过国外电子外业手簿。有的软件包(如 EFB-S 所配置的应用软件包)可以供用户阅读、修改和调试源程序;有的软件包用户界面全部汉化,大大方便了操作使用。由于应用软件包针对性强、实用可靠,因而有力地推动了国产电子外业手簿的推广应用。

4.外业测绘数据的后续处理能力强

对于远离城市或测绘单位驻地的长时间测绘作业,由于测量时间长,测绘数据量往往会十分巨大,即使电子外业手簿配置的内存容量很大,迟早也将被用完;况且几个月的测绘数据成果不向外转移,存放在电子外业手簿中也是十分危险的。因为一旦发生意外事故,造成电子外业手簿致命性的破坏,内部贮存的测绘数据也遭致毁坏,后果不堪设想。为了解决这一问题,许多国产电子外业手簿都配有与国内主流微型计算机 IBM-PC 相兼容的外业软盘机和硬盘机。此外,国产电子外业手簿还配带了测量数据打印、平差计算、草图绘制等软件,以解决测绘数据的后续处理工作。

5.软件后备资源丰富、应用环境优越

PC-1500 袖珍计算机是目前我国测绘部门使用的主流机,国内围绕着 PC-1500 开发应用工作十分扎实,编制的各种测绘软件和出版、发表的有关著作和论文更是不计其数,这是一笔十分可观的软件投入和可利用的技术资源。PC-1500 电子外业手簿完全兼容这些软件,用户已有成熟的 PC-1500 应用软件可以不作任何修改得到运行,原来从事 PC-1500 测绘软件开发和程序员只要花很小的气力熟悉和掌握电子外业手簿的扩展语句和 BASIC 语句,就可方便地从事软件开发工作。

四、国内电子外业手簿今后发展的设想

目前国内 PC-1500 电子外业手簿虽然一定程度上缓解了测绘部门迫切需要的矛盾,但由于 PC-1500 是日本七十年代的产品,在当前和今后电子计算机发展的迅猛潮流中已被淘汰。SHARP 公司已停止该机器的生产,国内 PC-1500 货源已告枯竭,价格也随之猛涨,这与 IBM-PC 系列微型计算机和其它计算机发展过程中,性能不断提高,价格不断下降,形成十分明显的反差。此外由于 PC-1500 固有的缺陷和性能的限制,加之 PC-1500 电子外业手簿生产批量小,成本持高不降,因而该产品必将面临着严重危机。研制整体式的电子外业手簿或寻求新机型的高档袖珍计算机加以改造已刻不容缓。我们认为这种新型的电子外业手簿至少应具备以下功能:

1. 64KB 以上的 RAM; 64KB 以上的 ROM 用于固化测绘应用软件包。
2. 可进行 BASIC 编程,最好能与 PC-1500 BASIC 的源程序兼容。
3. 具有两个 RS-232C 和一个标准并行接口;配有能作图的 LCD,并在 -20°C — $+50^{\circ}\text{C}$ 正常工作。
4. 功耗低,四节 5 号普通电池能连续工作 24 小时以上,关机后具有数据保护作用。
5. 配带便携式的外业软盘机或硬盘机。
6. 整体式,体积小,重量轻。

7.能形成批量生产，产品价格较低，便于性能不断改进和性能价格比不断提高。

第二章 PC-1500 系列袖珍计算机系统 及其 BASIC

目前国内流行的 PC-1500 系列机主要机型有 PC-1500、PC-1501、PC-1500A 和国产 NANFENG 的 PC-1501。后三种属同一机型，通称 PC-1501。PC-1500 与 PC-1501 相比，区别仅在于 PC-1500 的内存比 PC-1501 小 4KB。本章重点介绍 PC-1501。

第一节 PC-1501 袖珍计算机概述

一、PC-1501 计算机系统的适配方式

1. 配 CE-161 (16KB RAM) 模块，总内存为 24KB。
2. 配 CE-150 彩色图形打印机，可接 CE-152 盒式磁带录音机，进行磁带数据的读写工作。
3. 配 CE-158 并行、串行 (RS-232C) 接口模块，可直接驱动带标准并行接口的宽行打印机、绘图仪等外设，也可以与带有标准 RS-232C 接口的微型计算机红外测距仪、电子经纬仪、全站型速测仪进行数据通讯。

系统联接图 2-1 可概括上述适配方式。

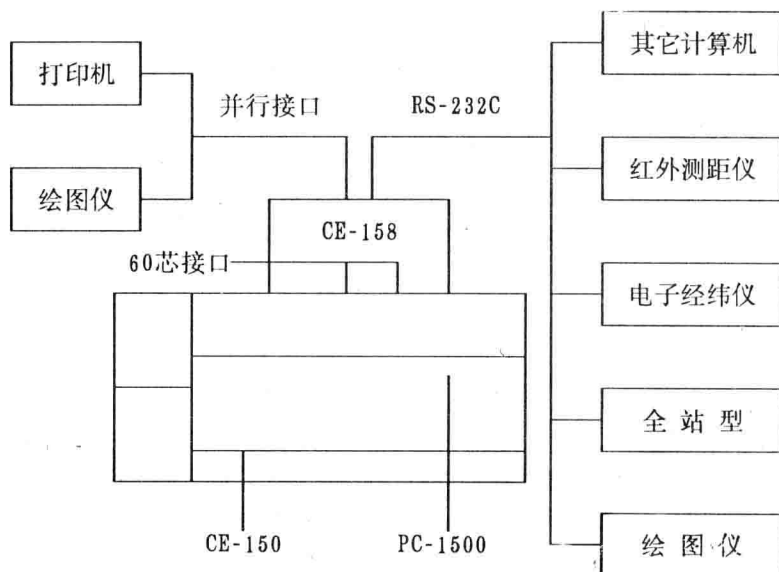


图 2-1 PC-1501 与外围设备的连接图

二、PC-1501 计算机的性能及主要功能

1. PC-1501 计算机的性能

(1) 计算位数: 10 位尾数加 2 位指数, 即 $\pm 1 \times 10^{-99}$ 至 $\pm 9.99999999 \times 10^{99}$ 。

(2) 程序语言: 带扩展的 BASIC 语言和类似于 Z-80 指令系统的汇编语言。

(3) 中央处理器 (CPU): LH5801, 8 位 CMOS 的 CPU。

(4) 内存容量: 系统 ROM (只读存储器) 16KB, 系统 RAM (随机存储器) 为 6.6KB。其中固定存储区为 62B, 备用区为 188B, 而基本程序数据为 5946B。

(5) RAM 扩展组件:

a) CE-151 4KB RAM

b) CE-155 8KB RAM

c) CE-156 8KB RAM (插件拔下后, 所存数据可保存两年)

d) CE-157 4KB RAM (同上)

e) CE-160 8KB RAM (同上)

f) CE-161 16KB RAM (同上)

(6) 工作电源: 4 节 1.5V 电源或输出电压为 9V 的 EA-150 稳压电源。在使用干电池时请注意以下事项:

a) 检查电池的正负极是否安装正确, 如不正确, 主机无法工作。

b) 新、旧电池不能混合使用。

c) 不同种类的电池或者电压不同外形相同的电池不能混合使用。

d) 若主机长时间不用, 应取出其中的电池, 以防止电池漏液损坏机器。

e) 若使用可充电电池, 请按使用说明书使用。

f) 4 节 1.5V 新电池可连续工作 50 小时以上, 若主机液晶显示模糊, 说明主机电源电压不够, 应关机后更换新电池。

(7) 运行温度: 厂家公布的温度指标为 $0^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ 。我们在实际应用过程中发现当采用高容量 4 节 1.5V 干电池, 机器运行正常的温度指标为放宽到 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 。若环境温度在 $-20^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$ 时, 主机液晶显示会出现低温失控不显示现象, 但 CPU 仍能正常运行。

2. PC-1501 基本功能

(1) 计算功能

a) 基本运算: 算术运算、负数运算、指数运算。

b) 函数运算: 三角函数、反三角函数、角度变换、对数、指数、平方根、绝对值、取整、符号函数、圆周率、随机数、字符与代码转换函数、键函数、字符长度函数、数字与数字符号转换函数、字符串截取函数、查询内存容量函数、时钟函数等。

(2) 编辑功能: 控制光标左、右移动 (◀、▶), 字符插入 (INS), 字符删除 (DEL), 控制上、下移动 (↑↓)。

(3) BASIC 编程与运行功能: 处于“PRO”状态即编程状态, 支持 BASIC 源程序的输入工作; 处于“RUN”状态即运行状态, 解释执行机内当前 BASIC 程序, 指出错误的行号、位置及错误性质。

(4) 支持汇编语言与机器语言: PC-1501 机内带有类似于 Z-80 指令系统的机器语言。用户可以直接使用机器语言或汇编语言编译后的机器指令实现 BASIC 语言无法达到的功能。

(5) 数据保护功能: 切断电源后主机中已存贮的程序、数据以及保留的内容均可保护。

(6) 自动关机功能: 当主机等待最后一次操作结束后七分钟左右, 主机自动关闭电源。

3. PC-1501 的主要用途

(1) 科学计算: PC-1501 可以用 BASIC 语言编制用户程序, 其基本语句与一般微型计算机兼容, 便于程序移植。它具有多种可供调用的函数和一定的内存空间, 在工程、测绘等科学计算方面被广泛应用。

(2) 数据处理与事务管理: PC-1501 与同类袖珍计算机相比, 具有内存量大、文字处理能力强、使用简单方便的优点。使用者只需稍具有 BASIC 编程能力, 便可以进行开发应用工作。尤其是它可以通过打印机和磁带机以及各种内存扩充模块进行输出与数据存取工作, 极大地拓宽了 PC-1501 的使用范围, 可以直接用于一般性数据处理与事务管理等工作。

(3) 实时控制: PC-1501 具有性能稳定、I/O 功能强的优点, 可在科研与生产中充当控制机, 实时控制与指挥其它外界仪器设备的工作方式。

(4) 野外数据终端: PC-1501 对外界条件要求较低、耗电较小、携带方便, 当与扩充模块配套使用 (如 EFB-S 主控制盒见本书第三章) 可与各种具有标准或准标准的 RS-232 接口的仪表、测量仪器 (如日本测机舍测距仪、电子经纬仪、全站型速测仪)、其它机型的微型计算机、打印机、绘图仪进行联机通讯, 广泛应用于野外电子记簿、计算、通讯等, 充当野外数据终端。

三、PC-1501 的键盘

1. PC-1501 的液晶显示屏和光标

(1) 显示屏: PC-1501 的显示屏可以将程序、数据 (文字和符号) 以 7×5 点阵的方式显示出来。显示屏上方的一排小字, 主要显示机器的当前状态: BUSY (正在运行, 处于繁忙状态)、RUN (执行)、PRO (编程)、RESERVE (定义备用键)、SHIFT (选择第二功能键)、DEF (启用永存键及 BASIC 过程标号)、SML (小写字母), I 或 II . III (备用键的组号, DEG、RAD 或 GRAD 选择角度单位制)。最右上角“·”表示电池是否正常, 如果“·”不显示或很暗则表示电池电压不足, 应及时更换。显示屏下方的大字, 显示命令、程序或数据。每次只能显示一行, 每行可显示 26 个字符。

(2) 光标和催促光标: PC-1501 开机后, 状态正常应出现催促光标“>”, 此时主机处于等待状态。当操作人员输入一个字符后, 该字符立即取代>, 并在其右侧下方出现光标“-”, 它表示下一个字符出现的位置。当再输入一个字符时, 光标就向右移一位。

2. PC-1501 键的分类及使用方法

PC-1501 的键盘面上共有 65 个键, 按其作用可分为字母键、数字键、符号键、备用键 (自定义键) 和操作功能键五大类, 它们的作用和使用方法如下:

(1) 字母键 A-Z。

它们的作用为：写入变量名和字符串，输入 BASIC 源程序时，写定义符、函数名和变量名，输入操作命令。当按了 SML 键后再按字母键，则为小写字母。在 BASIC 的语句命令中的关键字不允许小写字母。

(2) 数字键 0-9。

它们与运算符号正常使用，充当计算器。

(3) 符号键 +、-、*、/、=、()、. 和 SPACE 键。

(.) 的第二功能充当关系运算符 <、>。空格键 SPACE 第二功能键为 $\wedge$ (乘方)。

(4) 操作功能键 ON、OFF、CL、MODE、 $\blacktriangleleft$ 、 $\blacktriangleright$ 、 $\downarrow$ 、 $\uparrow$ 、ENTER、SML、DEF、 $\blacklozenge$ 和 RCL。

a) MODE 为状态键，每按它一次，RUN 和 PRO 状态交替出现。当按 SHIFT 和 MODE 键后，出现 RESERVE 状态，再按 MODE 键，出现 RUN 状态。

b) SHIFT 键为双重功能键的开关键，每按它一次，再按双重功能键，所代表的键含义交替变化。

c) SML 键为字母大、小写的开关键，每按它一次，再按字母键，大小写字母交替变化。

d) DEF 键为启用永存键和调用 BASIC 程序过程标号键。DEF+下列字母的含义为：Q-INPUT，W-PRINT，E-USING，R-GOTO，T-GOSUB，Y-RETURN，U-CSAVE，I-CLOAD，O-MERGE，P-LIST。

(5) 备用键 (自定义键) !, ", #, \$, %, &。

上述 6 个键在未定义时，第一功能、第二功能均为键上各个符号；定义后仅第二功能为键上各个符号，而第一功能为定义的内容。

这 6 个键可自行定义三个内容，为 I、II、III 组。因此它们可以定义 18 个内容，每个内容可以为指令、命令、语句、表达式，以供调用，总长度不得超过 77 个字符。以下详细介绍备用键的定义、调用、修改、清除方法。

a) 备用键的定义

- 按 SHIFT 和 MODE 键，建立 RESERVE 状态，此时显示屏显示 RESERVE 状态标志。

- 按 键选择备键组号，显示屏显示指定后的组号 I (或 II、或 III)。
- 按要定义的键。如 \$ 键，显示 F4。
- 键入要定义的内容。如 "NANJING NORMAL UNIVERSITY"

如备用键所存的内容为命令，且要求调出后立即执行，可在定义的内容后加一个 @ 符号，如 PRINT "NANJING NORMAL UNIVERSITY"。

b) 备用键定义内容的调用 (在 RUN 或 PRO 状态均适用)

- 按空格键，选择备用键定义内容的相应组号。
- 按指定的备用键，即调出该备用键指定组号的定义内容，并显示在显示屏上。

c) 备用键的更改

- 建立 RESERVE 工作状态。
- 选择备用键的组号。