

电子计算器 及其在测量计算中的应用

吉林省冶金地质勘探公司编

测绘出版社

内 容 提 要

本书介绍了函数型和程序型电子计算器（共 22 种型号）以及这些计算器在测量计算工作中的应用。书中计算示例部分虽引用的为测量工作中的常用公式，但如掌握了这些计算器的性能，对其它专业的计算工作亦可起到举一反三的作用。

本书共分十章。第一章介绍计算器的发展概况和有关计算器使用方面的基本知识。第二章介绍 fx 系列中的 140 型及 EL 系列中的 5812 型计算器的使用方法，列有测量计算示例 17 个。第三章和第四章介绍 EL-5002 型、DS-5 型、EC-201 型、8031 型和 EL-5101 型、EL-5100 型等简单程序型计算器的使用方法，列有 76 个测量计算程序和示例。第五章介绍进行程序计算的一般步骤及可编程序型计算器普遍具有的各种功能，并对编写程序的方法和技巧系统地进行了叙述。第六～十章介绍了日本 fx 系列的 201P 型、202P 型、PROfx-I 型、501P 型、502P 型，夏普 PC1201 型，美国 HP 系列的 33E 型、29C 型、19C 型、67 型、97 型，美国 TI 系列的 58C 型、59 型等可编程序型计算器的使用方法、编写计算程序的具体方法和技巧，列有 94 个测量计算程序和示例。本书所介绍的计算器 and 所编程序可供图根测量、工程测量及三、四等控制测量计算工作使用。

本书可供国民经济各部门的测绘人员、有关大中专院校师生及其它行业的人员学习和参考。

电子计算器 及其在测量计算中的应用 吉林省冶金地质勘探公司编

测绘出版社出版
河北省三河县中赵甫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16·印张 47·字数 1085 千字

1984 年 9 月第一版·1984 年 9 月第一次印刷

印数 1—17,000 册·定价 4.80 元

统一书号：15039·新 271

前 言

近几年来在测量计算工作中,广泛应用了各种类型的电子计算器,使测量计算的质量和速度为之面目一新。

我们在学习和使用电子计算器进行各种测量计算方面取得了一些经验,在实践中编制出了较多的用于各种型号计算器的测量计算程序。在此基础上,经过总结、改进和提高,编写成此书。希望它能在推广电子计算器的应用、提高计算技巧和效率、促进测量计算工作的改革等方面起到一定作用。

本书共分十章。第一章介绍电子计算器的发展概况和有关电子计算器使用方面的基本知识。第二章重点介绍常用的 fx 系列计算器中的 140 型及 EL 系列计算器中的 5812 型的使用方法,列有测量计算的专用示例 17 个。第三章和第四章介绍 EL-5002 型、DS-5 型、EC-201 型、8031 型和 EL-5101 型、EL-5100 简单程序型电子计算器的使用方法,列有 76 个测量专用计算程序和示例。以上所介绍的计算器基本上可满足一般的图根测量、工程测量及部分单项控制测量计算之用。第五章介绍进行程序计算的一般步骤及可编程序型计算器普遍具有的各种功能,并对编写程序的方法和技巧系统地进行了叙述,目的是为掌握程序型计算器的使用方法奠定基础。从第六章至第十章,按功能由简到繁的顺序,介绍了日本卡西欧 fx 系列的 201P 型、202P 型、PRO fx-I 型、501P 型、502P 型,日本夏普 PC-1201 型,美国 HP 系列的 33E 型、29C 型、19C 型、67 型、97 型,美国 TI 系列的 58C 型、59 型等可编程序型计算器的使用方法,编写计算程序的具体方法和技巧以及 94 个包括图根测量、工程测量、三、四等控制测量的计算程序和示例,使用其中某些程序如三个中心网(8 个条件)的平差计算程序,其计算的速度和计算结果的精度,均可达到电子计算机计算的水平。全书在编写时,尽量使各章之间保持一定的联系,以避免文字叙述方面的过多重复,又力求保持较大的独立性,使读者在学习某一种型号计算器的使用方法时,不必过多地参考其它型号计算器的使用方法。

本书由杨树高、文炳占主编,参加编写的还有张裕昆、全泰俊、徐树德、郑朝阳、孔庆东等。

本书初稿承哈尔滨冶金测量学校沈迪宸详细审稿,提出了不少改进意见。本书在编写过程中,曾得到吉林省测绘学会、哈尔滨冶金测量学校、长春冶金地质学校的支持和帮助,冶金工业部第一冶金地质勘探公司姜永慎工程师、西北冶金地质测绘队章培浩工程师对本书也提出了不少有益的建议,谨在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

一九八一年十月

目 录

第一章 袖珍电子计算器概况	(1)
§1-1 国内外电子计算器发展简述.....	(1)
§1-2 电子计算器的结构与分类.....	(2)
§1-3 电子计算器普遍具有的功能.....	(4)
§1-4 袖珍电子计算器使用须知.....	(7)
第二章 函数型袖珍电子计算器	(8)
§2-1 CASIO fx-140 型计 算 器.....	(8)
§2-2 SHARP EL-5812 型计算器.....	(33)
§2-3 计算范围与输出精度.....	(45)
§2-4 测量计算示例.....	(48)
一 边长及方位角反算.....	(48)
二 坐标之计算.....	(49)
三 三角形边长之计算.....	(50)
四 前方交会点坐标计算之一.....	(51)
五 前方交会点坐标计算之二.....	(53)
六 后方交会点坐标之计算.....	(53)
七 按菲列罗公式计算测角中误差.....	(55)
八 无对角线四边形边长之计算.....	(56)
九 横尺视差导线距离之计算.....	(57)
十 视距测量平距及高差之计算.....	(58)
十一 量距导线平距及高差之计算.....	(58)
十二 测边交会点坐标之计算.....	(59)
十三 附和导线近似平差之计算.....	(60)
十四 三角高程测量高差之计算.....	(63)
十五 竖井联系三角形之测站平差.....	(65)
十六 竖井联系三角形之解算.....	(66)
十七 定向测量各元素之计算.....	(67)
第三章 EL-5002 简单程序型电子计算器	(69)
§3-1 概述.....	(69)
§3-2 键盘说明.....	(70)
§3-3 显示格式以及溢出与错误.....	(74)
§3-4 基本运算.....	(75)

§3-5	计算数值的范围及精度	(81)
§3-6	运算须知	(87)
§3-7	测量计算示例	(96)
一	边长及方位角之反算	(96)
二	三角形边长之计算	(97)
三	坐标之计算	(93)
四	前方交会点坐标之计算	(98)
五	后方交会点坐标计算之一	(99)
六	后方交会点坐标计算之二	(101)
七	测边交会点坐标之计算	(102)
八	按菲列罗公式计算测角中误差	(104)
九	线形锁近似平差之一	(104)
十	线形锁近似平差之二	(106)
十一	横尺视差导线距离之计算	(108)
十二	等差级数视距法测定距离及高差之计算	(110)
十三	基线倾斜改正数之计算	(111)
十四	基线温度改正数之计算	(111)
十五	支导线坐标之计算	(112)
十六	附和导线近似平差	(113)
十七	三角高程观测高差之计算 (按单向观测)	(116)
十八	三角高程观测高差之计算 (按双向观测)	(116)
十九	绝对航高之计算	(117)
二十	投影差之计算	(117)
二十一	DGS-II型光电测距仪频率之计算	(118)
二十二	DGS-II型光电测距仪整波数之计算	(119)
二十三	测站归心及照准点归心改正数之计算	(120)
二十四	球面角超之计算	(121)
二十五	大地曲率改正数计算之一	(121)
二十六	大地曲率改正数计算之二	(122)
二十七	极条件自由项之计算	(123)
二十八	条件方程式改化系数之计算	(124)
二十九	法方程式系数之组成 (按条件平差)	(126)
三十	法方程式系数之组成 (按坐标平差)	(126)
三十一	a、b系数之计算	(128)
三十二	过渡 L' 及 S' 之计算	(129)
三十三	按吉德尔法解算法方程式	(130)
三十四	单一结点导线网之平差	(132)

三十五、三边测量角度之计算	(135)
第四章 EL-5100 简单程序型计算器	(137)
§4-1 EL-5100 型计算器概述	(137)
§4-2 显示窗与显示方式	(139)
§4-3 键盘	(141)
§4-4 手控计算	(145)
§4-5 公式存储和调用	(148)
§4-6 各种运算的优先权与语法	(154)
§4-7 EL-5101 型测量计算示例	(158)
一 边长及方位角反算之一	(158)
二 边长及方位角反算之二	(159)
三 坐标计算之一	(160)
四 坐标计算之二	(161)
五 三角形边长之计算	(162)
六 前方交会点坐标之计算	(163)
七 横尺视差导线端点法距离之计算	(165)
八 基线倾斜改正数之计算	(166)
九 测站归心及照准点归心改正数之计算	(166)
十 大地曲率改正数之计算	(167)
十一 极条件自由项之计算	(169)
§4-8 EL-5100 型测量计算示例	(170)
一 边长方位角反算及三角形边长之计算	(170)
二 坐标之计算	(171)
三 独立三角形坐标之计算	(172)
四 前方交会点坐标计算之一	(173)
五 前方交会点坐标计算之二	(175)
六 侧方交会点坐标之计算	(176)
七 后方交会点坐标计算之一	(178)
八 后方交会点坐标计算之二	(180)
九 后方交会点坐标计算之三	(182)
十 测边交会点坐标及方位角之计算	(184)
十一 无对角线四边形角度平差及边长之计算	(185)
十二 测边网坐标之计算	(186)
十三 线形锁近近平差	(188)
十四 横尺视差导线距离及高差之计算	(191)
十五 横尺视差导线辅助基线法距离之计算	(192)
十六 支导线坐标之计算	(194)

十七	单一附合导线坐标之计算	(195)
十八	三角高程测量观测高差之计算 (按双向观测)	(199)
十九	三角高程测量观测高程之计算 (按单向观测)	(201)
二十	绝对航高及投影差之计算	(203)
二十一	归心改正数、大地曲率改正数、球面角超之计算	(204)
二十二	极条件自由项之计算	(208)
二十三	基线条件自由项之计算	(209)
二十四	基线尺倾斜改正数及温度改正数之计算	(210)
二十五	按菲列罗公式计算测角中误差	(212)
二十六	a、b 系数及过渡 L'、S' 之计算	(213)
二十七	单一结点导线网之平差计算	(215)
二十八	单一结点水准网之平差计算	(218)
二十九	条件方程式改化系数之计算	(219)
三十	法方程式系数之组成	(221)
第五章 程序计算的步骤和方法		(224)
§5-1	指令和程序的概念	(224)
§5-2	程序型计算器与程序计算	(224)
§5-3	进行程序计算的步骤	(227)
§5-4	简单程序的编制	(236)
§5-5	程序型计算器的程序控制指令	(241)
§5-6	编程序的基本技巧	(248)
§5-7	编程序举例	(258)
第六章 fx-201P 程序型计算器		(265)
§6-1	fx-201P 计算器概况	(265)
§6-2	手控计算	(267)
§6-3	程序计算	(270)
§6-4	测量计算示例	(284)
一	三角形边长之计算	(284)
二	前方交会点坐标之计算	(285)
三	后方交会点坐标之计算	(286)
四	横尺视差导线端点法距离之计算	(288)
五	导线点坐标之计算	(289)
六	绝对航高之计算	(290)
七	投影差之计算	(291)
八	三角高程测量观测高差之计算 (按单向观测)	(292)
九	三角高程测量观测高程之计算 (按双向观测)	(292)
十	DGS-II 型光电测距仪频率之计算	(293)

十一	DGS-II 型光电测距仪整波数之计算	(295)
十二	测站归心及照准点归心改正数之计算	(295)
十三	大地曲率改正数之计算	(296)
十四	极条件自由项之计算	(297)
十五	条件方程式改化系数之计算	(298)
十六	a、b 系数之计算	(299)
第七章 PC-1201 程序型计算器		(301)
§7-1	概述	(301)
§7-2	键盘说明	(301)
§7-3	基本运算	(304)
§7-4	程序的编制与应用	(306)
§7-5	测量计算示例	(318)
一	前方交会点坐标之计算	(318)
二	后方交会点坐标之计算	(320)
三	测边交会点坐标之计算	(322)
四	三角高程测量观测高差之计算	(324)
五	DGS-II 型光电测距仪频率及整波数之计算	(326)
六	极条件及基线条件自由项之计算	(328)
七	条件方程式改化系数之计算	(331)
八	a、b 系数之计算	(332)
九	单一结点水准网之平差	(333)
十	按等权代替法作水准网平差	(336)
第八章 FX-502P 程序型计算器		(339)
§8-1	整机概况	(339)
§8-2	各种按键指令的功能	(341)
§8-3	显示窗	(346)
§8-4	手控计算	(349)
§8-5	程序计算	(350)
§8-6	FA-I 型程序传送器	(365)
§8-7	测量程序分析	(367)
§8-8	FX-501P 型计算器的测量计算示例	(377)
一	独立三角形坐标之计算	(377)
二	前方交会点坐标之计算	(379)
三	后方交会点坐标之计算	(380)
四	测边交会点坐标之计算	(382)
五	单一结点水准网之平差	(384)
§8-9	FX-502P 型计算器的测量计算示例	(386)

一	前方交会点坐标之计算	(386)
二	后方交会点坐标之计算	(389)
三	测边交会点坐标之计算	(392)
四	双点后方交会点坐标之计算	(394)
五	线形锁近似平差	(397)
六	单一结点导线网之平差	(401)
七	按等权代替法作水准网平差	(405)
八	固定角内插入一点之平差计算	(408)
九	大地四边形之平差计算	(413)
十	按异步迭代法解算法方程式	(418)
十一	由高斯平面直角坐标反算大地坐标	(420)
十二	由大地坐标计算高斯平面直角坐标	(424)
第九章 HP 系列可编程序型电子计算机		(429)
§9-1	HP-29C 型计算机器的概况	(429)
§9-2	波兰运算式与自动寄存栈	(431)
§9-3	各种指令的功能	(436)
§9-4	手控计算	(441)
§9-5	程序计算	(445)
§9-6	控制程序转移和数据存储的指令及其用途	(448)
§9-7	HP-19C 型计算机器的打印器部分	(454)
§9-8	HP-33E 型计算器的一些特有功能	(457)
§9-9	HP-67 型计算器的特有功能和磁卡读写器	(460)
§9-10	HP 系列计算器之显示寄存器内数据的上章和转入【LASTx】寄存器的条件	(465)
§9-11	编写测量计算程序的举例	(468)
§9-12	HP-29C 型计算器的测量计算示例	(473)
一	独立三角形坐标、边长、方位角、三角高程测量观测高差之计算	(473)
二	前方交会点坐标、边长及方位角之计算	(476)
三	前方交会点(利用坐标方位角)坐标、边长、方位角、三角高程测量观测高差之计算	(478)
四	侧方交会点坐标、边长、方位角、允许差之计算	(481)
五	后方交会点坐标之计算	(483)
六	测边交会坐标之计算	(485)
七	线形锁近似平差	(487)
八	附和导线近似平差	(491)
九	三角形边长、归心改正数、大地曲率改正数、球面角超之计算	(493)
十	极条件及基线条件自由项之计算	(496)

十一	单一结点水准网之平差计算	(499)
十二	按等权代替法作水准网平差	(500)
十三	单一结点导线网之平差计算	(502)
十四	法方程式系数之组成	(504)
十五	用高斯约化法解算法方程式	(507)
十六	用吉德尔法解算法方程式	(509)
§9-13	HP-33E 型计算器的测量计算示例	(513)
一	用叠式运算寄存器进行边长及方位角之计算	(513)
二	三角形之解算	(514)
三	独立三角形坐标之计算	(515)
四	前方交会点坐标之计算	(517)
五	前方交会点(利用坐标方位角)坐标、边长、方位角之计算	(519)
六	后方交会点坐标之计算	(520)
七	测边交会点坐标之计算	(522)
八	单一附和导线坐标之计算	(524)
九	测边网坐标之计算	(526)
十	三角高程测量观测高程之计算(按单向观测)	(529)
十一	三角高程测量观测高差之计算(按双向观测)	(530)
十二	投影差及绝对航高之计算	(531)
十三	归心改正数及球面角超之计算	(532)
十四	大地曲率改正数之计算	(533)
十五	极条件自由项之计算	(535)
§9-14	HP-67 型计算器的测量计算示例	(536)
一	前方交会点坐标、边长、方位角计算之一	(536)
二	前方交会点坐标、边长、方位角计算之二	(538)
三	后方交会点坐标之计算	(540)
四	固定角内插入一点之平差计算	(542)
五	中心三角形之平差计算(用第一次改正后的角度)	(547)
六	大地四边形之平差计算(用第一次改正后的角度)	(551)
第十章	TI-58C、TI-59 型程序计算器	(556)
§10-1	TI-58C 型计算器概况	(556)
§10-2	键的功能	(558)
§10-3	显示窗与数的显示	(564)
§10-4	存储区、程序存储器与数据存储器	(567)
§10-5	寄存器	(568)
§10-6	程序模块	(570)
§10-7	多用途指令【2nd】【Op】【n】【n】	(573)

§10-8	算术计算、函数计算和转换	(574)
§10-9	利用数据存储器进行四则计算	(578)
§10-10	程序的复位和停止	(579)
§10-11	编辑和调试程序时使用的指令	(582)
§10-12	标号与标号说明 指令【2nd】【Lbl】	(583)
§10-13	【GTO】无条件转移的说明指令 与无条件转移	(583)
§10-14	【SBR】转子说明指令与子程序	(586)
§10-15	条件转移之一——由【2nd】【x=t】类型指令控制的转移	(588)
§10-16	条件转移之二——由【2nd】【Dsz】控制的转移	(590)
§10-17	条件转移之三——由标志控制的转移	(593)
§10-18	间接寻址	(598)
§10-19	PC-100C 型打印机及打印控制	(600)
§10-20	TI-59 型计算器及其所使用之磁卡	(610)
§10-21	主程序模块中之部分程序的使用方法	(616)
§10-22	编制测量计算程序举例	(625)
§10-23	TI-58C 型计算器的测量计算示例	(629)
一	前方交会点坐标、边长之计算	(629)
二	前方交会点坐标之计算	(632)
三	后方交会点坐标计算之一	(634)
四	后方交会点坐标计算之二	(638)
五	测边交会坐标之计算	(641)
六	线形锁近近平差	(643)
七	单一结点水准网之平差计算	(648)
八	单一结点导线网之平差计算	(651)
§10-24	TI-59 型计算器的测量计算示例	(658)
一	固定角内插入一点之平差计算	(658)
二	固定角内插入两点之平差计算	(665)
三	固定三角形内插入一点之平差计算	(673)
四	大地四边形之平差计算	(681)
五	中心多边形之平差计算	(688)
六	两固定边之间插入三角形单锁之平差	(696)
七	三角网之平差计算	(711)
附录 1	按键标识符索引	(731)
附录 2	电子计算器(机)性能及规格简表	(735)
参考文献		(739)

第一章 袖珍电子计算器概况

计算工具的历史,是从算盘开始,经过机械式、电动式计算机发展到今天的电子计算机以及袖珍电子计算器。电子计算机的出现,是二十世纪科学技术的卓越成就之一。

今天,包括测量技术在内的现代科学技术,提出了大量复杂的计算课题,这些课题的解决需要几千次乃至几十亿次的运算。如果使用手摇式或电动式的计算工具,不仅需要漫长的时间,付出巨大的劳动,而且最后还得不到十分精确的答案,这就满足不了生产和科学研究的需要。为了解决这个现实矛盾,就需要研究一种计算速度快,精确度高,能自动进行计算的新型机器——电子计算机来赢得时间,提高计算精确度和减轻人们的脑力劳动。

早在五十年代,我国已开始在测量计算中使用电子计算机。由于这项先进技术的采用,使大量的计算工作得以实现自动化,使测量人员摆脱了繁重而复杂的计算工作,大大地提高了工效和测量成果的质量。

袖珍电子计算器是电子计算机的一个重要分支,是大规模集成电路技术发展的产物。虽然电子计算器在运算速度、存储容量解题能力等方面不如电子计算机,但对于计算一些较小的课题而言电子计算器也有许多电子计算机所不及的优点,如携带方便、体积小,(重量仅150~200克)、价格低廉,维修费用低,消耗电能极微,操作简便,容易掌握,便于推广使用。因而近几年来,电子计算器的生产和使用发展甚快,在测绘单位同样得到了广泛的应用,特别是工程测量和其它外业目前已广为采用。

§ 1-1 国内外电子计算器发展简述

在世界上,日本是袖珍电子计算器的主要生产和销售国,年产量达一千多万台,其中夏普(SHARP)、佳能(Canon)、卡西欧(CASIO)三家公司规模最大。电子计算器的另一主要生产国是美国,在美国生产电子计算器的主要厂家有休来特-派克(HEWLETT-PACKARD),德克萨斯仪器公司(Texas Instrument)等。

据有关资料介绍,世界上计算器型号很多,并且各自向多功能、低成本的方向发展。如日本的卡西欧(CASIO)公司制造的FX-502P型袖珍电子计算器,可运用10位常规式数或10位尾数加2位指数的科学式数进行运算,具有22个数据存储器,51种函数计算功能,10层括号计算和256个程序步。目前,袖珍电子计算器正向着多功能、超小型和与外部设备配套使用方面发展。某些型号的电子计算器还可用于演奏乐曲或附有电子表等。

美国休来特-派克公司一九七一年首次研制成HP-35型多功能的电子计算器。一九七四年以后该公司又制出几种改进型电子计算器。如HP-65型是世界上第一批可编程序型

电子计算器。由 12 块大规模集成电路板组成，体积 $15.2 \times 8 \times 3.3\text{cm}$ 。此外还有 HP-25 型、HP-33E 型、HP-29C 型以及 HP-67 型都非常适合野外作业使用。

美国 Texas Instruments 公司生产的可编程序型计算器，从七十年代中期才陆续大量进入市场。其中如 TI-57 型、58 型、58C 型和 59 型计算器均属于可编程序型袖珍电子计算器。此类计算器，可存储操作者自编的程序高速度地进行各种运算。

近几年来，我国北京、上海、广州、大连、杭州、合肥、福州等地已能生产函数型计算器。如大连生产的 DS-5 型、天津生产的 EC-201 型和广州生产的广州-8031 型等。

§ 1-2 电子计算器的结构与分类

一、电子计算器的结构

袖珍电子计算器（以下简称电子计算器）与电子计算机一样，是由“输入装置”、“运算器”、“存储器”、“控制器”和“输出装置”等五个主要部分组成的，只是各个部分都比电子计算机简单得多。它的输入装置是一个键盘，输出装置是一个显示窗，而运算器、存储器、控制器则由单片大规模集成电路构成。形象地说，运算器相当于能进行数字运算的算盘，存储器相当于能记录和保存原始数据、运算步骤（程序）以及中间计算结果和最后计算结果的“纸”，输入设备和输出设备就是能书写数据、程序和计算结果的“笔”，控制器就是能控制“算盘”、“笔”和“纸”协调工作的指挥者。他们之间的联系如图 1-1 所示。

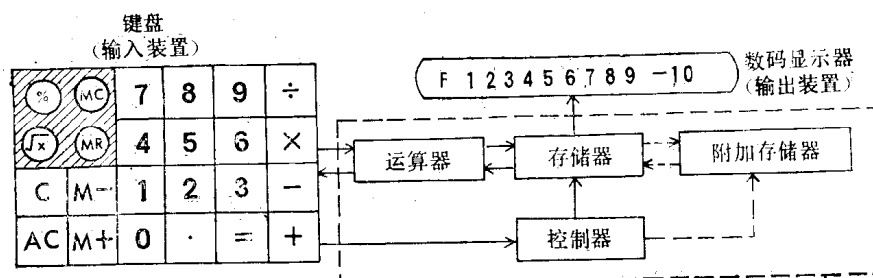


图 1-1 电子计算器的结构

现将计算器中五个部分简要介绍如下：

1. 运算器

它相当于算盘，是计算器进行各种运算的部件。一切算术运算如加、减、乘、除、逻辑加、逻辑乘以及对关系式进行判别等等都在运算器中进行。因此，运算器除具有运算的功能外，还能从存储器中接收运算用的数，并能将计算结果送到存储器中，暂时保存起来。完成这些任务的是运算器中的寄存器和累加器。

累加器既能进行运算，又能保存运算结果。它在机器进行操作时起着重要作用。所有运算结果如和、差、积、商及逻辑运算的结果等都在运算结束时保存在累加器中。如果没有新的运算结果产生，它就将这项结果一直保留着。如果我们想对该项计算结果进行某些

操作，例如，用 y 去乘该项计算结果，我们就没有必要先将该项结果送入内存存储器，然后，再从内存存储器中取出该结果连同 y 值送到运算器中相乘，而只须从内存存储器中取出 y 值直接和累加器中的数相乘，这样可以减少机器向内存存储器存数和从内存存储器取数的次数，提高机器的工作效率。

因此，我们在编程序时，要注意每条指令执行后，累加器中的内容。如果需要将当时运算结果暂时保存起来以免被下一次的运算所破坏，就必须将该项结果送入内存存储器的某一单元。这时累加器中的数没有变动，仍然可以参加以后的运算，一旦新的数和新的运算结果进入累加器，它的原有内容才被破坏。

2. 存储器

存储器是存放数据和程序的装置，形象地说，它相当于人的大脑起记忆的作用。

存储器要存储大量的代码，因此分成许多小的单元，正如一座大宿舍有许多小房间一样。存储器内的小单元，称为存储单元。每个存储单元有一个编号，正如集体宿舍中每个房间均编有房号一样。存储单元的编号，称为地址。每个存储单元通常存放一个有独立意义的代码。既可存放数字，也可存放运算指令的代码。

存储器按其在机器中的作用分两类：一类称为内存存储器，简称内存；另一类称为外存储器，简称外存。内存容量比外存容量小，但存取速度快。在袖珍电子计算器中，常采用盒式磁带或磁卡作为外存储器。

3. 控制器

控制器是整个机器的指挥系统，是整个机器的中枢。通过它向机器的各个部位发出控制信号来指挥整台机器自动地、协调地进行工作。控制器按预先编好的程序，一条指令一条指令地连续自动进行操作。它能判别运算器、存储器等各部分的当时状态，并根据指令确定应该做什么性质的运算。取哪些数或将运算结果存放在何处。它向机器的各有关部分发出各种控制脉冲，指挥它们协调地、有节奏地进行工作。

4. 输入器

输入器是向计算器送数据、程序等信息的设备。在电子计算器中，基本的输入器是键盘。通过按压键盘上的键能将数字和各种运算指令输入计算器，使之按一定的程序进行计算。某些型号的计算器还具有读卡器等输入装置，可将磁卡或磁带上记录的信息读入计算器的内存存储器中。

5. 输出器

输出器是用于将计算器计算所得之中间结果或最后结果表示出来的装置。在电子计算器中，主要的输出器是由若干个数码管或液晶显象单元组成的显示窗。近年来出产的某些计算器尚附有将输出信息印制在热敏纸上或录制在磁卡或磁带上的装置。

二、电子计算器的分类

电子计算器虽然种类繁多，按运算功能来区分，大体上可分为四种类型。

1. 普通型。只能进行四则运算，乘方、开方和百分比等算术运算。一般只有一个存储单元，供存储中间结果之用。这种类型的计算器中，有的还附有电子表并能演奏乐曲。此类计算器在测量计算中用途不大，本书不作介绍。

2. 函数型。除具备普通型计算器的功能外,还能进行三角函数、反三角函数以及对数函数、指数函数等代数函数的运算,可代替计算尺供科技人员和大专院校学生使用。一般具有一个以上的存储单元且可使用两重以上括号。本书第二章中介绍的各种型号的计算器均属于此一类型。

3. 专用型。根据某种专业工作的特殊需要而制造的各种计算器均属此种类型。如日本生产的“家庭会计”,美国生产的“数据人”和“小教授”等即属此种类型。前者用于记载和核算家庭收支情况,后者能自动出题,自动改卷和评分,可用于提高中、小学生的运算能力。

4. 可编程序型。除具有函数型的功能以外,其主要特点是能存储一个或若干个由操作者自行编制的计算程序,并可随时调用存储的程序来求解某些特殊问题。这一类型的计算器是本书介绍的重点。本书第三、四两章介绍的 EL-5002 型和 EL-5100 型函数型计算器已具有存储程序的能力,在本书中将它们命名为简单程序型计算器。本书第六章至第十章全部介绍可编程序型计算器。其中第八章 FX-502P 型、第九章之 HP-67 型和第十章之 TI-59 型计算器附有输入、输出设备。

§ 1-3 电子计算器普遍具有的功能

如前所述,电子计算器的基本输入装置是一个由若干按键组成的键盘,使用者通过键盘一方面可将计算所用的数据键入*计算器内,另方面可向计算器发出进行各种运算的指令。电子计算器的基本输出装置是一个由微型荧光数码管或液晶显象单元组成的显示窗,计算器通过显示窗显示数据和其它一些字符用以把计算的结果和种种其它情况告诉使用者。因此,键盘和显示窗是使用者与计算器进行联系的主要工具。现将计算器显示数据的方式以及计算器从键盘上接受到各种运算指令(如加、减、开方等)后,对指令的处理方式等简略地加以介绍,作为了解各种计算器使用方法的入门。

一、数据的键入和显示

电子计算器一律采用十进制数进行计算。大多数计算器均可将十进制数按三种不同的方式键入和显示,现分述如下。

1. 常规式十进数。即按通常方式书写的十进式数,如一万二千三百四十五写成 12345。键入此数据时,只须顺次按压 1、2、3、4、5 这五个数码键即可。数据键入后,显示窗上出现 12345 这个数据,使用者通过这一显示即可验证键入的数据是否正确。小数为先按压小数点键之后键入,显示屏上可以显示出小数点的位置。负数的键入有两种方式,多数是在键入正数后通过按压反号键而改变成负数,少数是在键入数据前先按压负号键,显示窗上可以显示出负数的符号。

2. 科学式十进数。我们知道,用常规式十进式数来表示一个很大的或很小的数都非常不便。例如用常规式十进数来表示一千万亿。就要用十六位数码,直接键入或显示这一

* 通过按键操作将数据或运算指令输入计算器,称为键盘输入,本书为书写方便简称“键入”(key in)。

数据就有一定的困难。在自然科学中,经常采用一种科学式十进数来表示特大或特小的数,这种数的表示法是将数与位分开,如一万二千三百四十五可写成 1.2345×10^4 ,一千万亿可写成 1×10^{16} 。上两数中乘号前的部分称为科学式数的尾数(不同于对数的尾数),尾数部分必须写成小数点前一位数且只有一位数的形式;10的指数部分称为科学式数的指数,指数一律写成整数(正、负均可)。键入科学式数的顺序是:先键入尾数,然后按压指数键(通常用【EXP】表示),随之键入指数。键入科学式数时常犯的错误是用乘法指令键代替了指数键。科学式数的显示方式通常是用显示窗右面的两个显象单元来显示指数,因此最大可显示到10的99次方。指数左面一个显象单元用于显示负指数的符号,若指数为正数时则不显示。指数符号显示单元的左侧则按常规十进数的显示方法显示科学式数的尾数。例如 1.2345×10^4 显示成1.2345 04。由于使用了科学式数,这就使计算器显示数值的范围大为扩大。例如一个由八个显象单元组成的显示窗,如果显示常规式十进数的正数,最大只能显示99999999。但按科学式显示,则可显示之最大数为 9.99999×10^{99} 。

3. 工程式十进数。工程式数与科学式数的书写格式相同,但指数部分只能是3的整数倍如-6、-3、0、3、6等;尾数部分在小数点之前可以是位数、十位数或百位数。工程式数与科学式数的显示格式相同。采用工程式记数法的目的,是便于与工程技术中经常使用的微、毫、千、兆等单位互相对应。

二、算式的键入——AOS 与 RPN 制

算术和代数学中规定了一套算式的书写格式和按算式进行计算的先后顺序。例如先乘除后加减,先内层括号后外层括号等便是对算式进行计算的先后顺序。如果违背了这个顺序,便会得出不符合算式原意的结果。例如对算式 $3 + 2 \times 5$ 进行计算时,若违背了先乘后加的规定,而按先加后乘进行计算,便会得出与算式原意不符的结果25。为了使用方便,绝大多数电子计算器均具有自动判别各种不同运算的先后顺序——优先权的功能,使操作者可以按代数式书写的顺序,从左至右依次进行按键操作而得出符合算式原义的正确结果。凡具有此种功能的计算器,通常称为采用代数运算制 AOS (Algebraic Operation System) 的计算器。顺便指出,大多数采用 AOS 制的计算器,在涉及函数计算时,均不能按照代数式的书写顺序按键操作,而是先键入自变量的值,然后按压相应的函数键求函数值。例如求100的自然对数值 $\ln 100$ 时,一般均应先键入自变量100,然后按压求自然对数的键。本书除第九章中介绍的计算器外,其余各章所介绍的计算器均系采用 AOS 制。其中第四章介绍的 EL-5100 型和 EL-5101 型计算器基本上可以完全按照代数式的顺序按键进行计算,其它型号的计算器在计算一元函数时均须先键入自变量的值。

波兰逻辑学家 J.Lukasiewicz 提出了一种不用括号和等号的表示法,可用于书写逻辑表达式、算术表达式和代数表达式。通常将这种表示法称为逆式波兰表示法 RPN (Reverse Polish Notation),按此种表示法书写的算式称为波兰逆算式。关于此种算式,在本书第九章将作较详细的介绍。按照波兰逆算式书写的顺序进行按键计算的计算器,通常称为采用 RPN 制的计算器。本书第九章介绍的计算器均系采用 RPN 制。采用 RPN 制不仅有利于计算器的设计与制造,而且在操作上也有一些特殊的优点。采用 RPN 制的主要缺点是要求使用人去熟悉并习惯于此种按波兰逆算式的顺序进行按键计算的方法。

三、角度单位与角度单位的选择

角度的大小，在我国常用度和弧度为单位进行度量。度的小数部分除用十进小数表示外，又常用六十进位的分和秒表示，例如 $3.25^\circ = 3^\circ 15' 00''$ ，这是读者所熟悉的。欧洲各国所使用的度，不是周角的三百六十分之一，而是四百分之一。称为 Gradian。在本书中用 g 来表示，并称为四百分度制的角度单位。显然 $1g = 0.9^\circ$ 或 $1g = 0^\circ 54' 00''$ 。

为了适应按不同单位的角度计算函数值或坐标转换等的需要，所有计算器均设置有供选择角度单位的开关或按键，同时还具有将三百六十分度 (Degree) 之小数部分从十进小数转换为分、秒和分、秒转换为十进小数的按键。凡在涉及到角度的计算中，必须注意当以度为单位进行函数计算或坐标转换时，度的小数部分必须是十进小数而不是分秒。采用液晶显示的计算器大部分能在显示窗上显示出选定之角度单位并以醒目的形式显示出度的小数部分是分、秒或十进小数，因而不易疏忽以致出错。但以荧光数码管显示的计算器，角度单位只能从选择开关的位置来判断，但多数的 (除 fx 系列外) 荧光数码管显示的计算器度的小数部分是分秒还是十进小数无法区别，因此，在操作时更应十分注意。

四、计算器的工作状态和工作状态选择

计算器上通常均具有一个工作状态选择开关或按键，可使计算器处于两种以上的工作状态下。计算器在不同的工作状态下所能完成的工作大不相同。因此，在使用计算器进行某项工作之前，首先必须正确选定计算器的工作状态。多数计算器均具有一般计算、统计计算和存储程序三种工作状态。采用液晶显象的计算器大都能将工作状态用字符显示在显示窗上。

五、按键的功能和指令的功能

为了尽量减少按键的数量，各种型号的计算器的大多数按键均具有两种以上的功能，例如本书第十章介绍的 TI-59 型计算器，多数按键均具有三种或四种功能。由于一个键有几个功能，因此，用键的功能来作为键的名称便发生困难。为方便计，本书以键的第一功能来作为键的名称。所谓键的第一功能，就是直接按压该键时的功能。键的其它功能是由先按某一个键 (称为前置键) 然后再按该键而组合起来的功能。

每一按键操作均向计算器输入一个电信息，计算器接受到此一信息后即完成指定之工作。按键所发出的特定信息称为指令。因此，键的功能和由键发出的指令的功能完全是相同的。为了叙述方便和精简文字，本书常以指令的功能代替键的功能进行叙述，在正文中采取将指令的标识符 (表示该指令用途的字符) 来表示。在计算器上顺序地按键进行某种计算或其它操作时，本书也一律用指令的顺序来表示按键操作的顺序。例如要将 2 这个数存入 2 号数据存储器并把 3 这个数存入 3 号数据存储器，我们就记作 $2 \text{ [STO] [2] } 3 \text{ [STO] [3]}$ ，其中 [STO] 代表计算器的存储指令，数据 2 和 3 不使用括号，而代表存储器地址的 2 和 3 却使用方括号，其目的在于清楚地区分数和存储器的地址并使数据和操作指令相区别。按此种约定，计算 $3.25 + 6.75 = ?$ 这一问题的操作顺序便可记作 $3.25 \text{ [+] } 6.75 \text{ [=]}$ 。