

73.
821

袖珍电子计算器测量常用算法

郑 生 裕 编著

中国计量出版社

内 容 提 要

本书介绍了袖珍电子计算器在测量计算中的具体应用。并以目前广为流行的 SHARP EL-506 H 函数型及 CASIO fx-3600 p (fx-180 p) 简单程序型袖珍电子计算器为例, 提供了 80 种测绘生产中最常用的算法。对每种计算方法, 均给出了计算公式、按键步骤或计算程序、计算格式以及计算实例。全书共分三章和五个附录, 内容丰富, 实用性强。对广大测绘生产技术人员使用电子计算器是一本很好的参考书; 同时, 也可供大专院校有关专业的师生、工程设计人员阅读。

袖珍电子计算器测量常用算法

郑生裕 编著

责任编辑 刘长顺



中国计量出版社出版

北京和平里11区7号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行



开本 787×1092/32 印张 11 字数 250 千字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数 1—8000

ISBN 7—5026—0039—6/TB·35

定价 2.80 元

目 录

前 言	(1)
第一章 袖珍电子计算器的基本知识	(1)
第一节 电子计算器的基本结构	(1)
第二节 电子计算器普遍具有的功能	(3)
第三节 函数型(SHARP EL-506 H)计算器 及其使用简介	(8)
第四节 简单程序型(CASIO fx-3 600 P、fx-180 P) 计算器及其使用简介	(22)
第二章 函数型袖珍电子计算器测量常用算法	(37)
第一节 坐标正算	(39)
第二节 边长及方位角反算	(41)
第三节 三角形边长计算	(42)
第四节 支导线计算	(43)
第五节 附和导线计算	(44)
第六节 闭合导线计算	(49)
第七节 独立三角形坐标计算	(53)
第八节 前方交会点坐标计算	(55)
第九节 侧方交会点坐标计算	(58)
第十节 后方交会计算(一)	(61)
第十一节 后方交会计算(二)	(65)
第十二节 普通基线长度计算	(68)
第十三节 量距导线平距与高差计算	(70)
第十四节 视距导线平距与高差计算	(72)
第十五节 碎部测量平距与高程计算	(73)
第十六节 横尺视差导线端点法距离与高差计算	(74)
第十七节 横尺视差导线中点法距离与高差计算	(75)

第 十 八 节	横尺视差导线辅助基线端点法距离 之计算	(77)
第 十 九 节	横尺视差导线辅助基线中点法距离 之计算	(79)
第 二 十 节	四边形近似平差	(81)
第二十一节	中心多边形的近似平差	(85)
第二十二节	一端有基线的单三角锁计算	(90)
第二十三节	两端有基线的单三角锁近似平差	(93)
第二十四节	两端有固定边的单三角锁近似 平差	(98)
第二十五节	线形三角锁的计算	(105)
第二十六节	三角高程(按单向天顶距观测) 高差计算	(114)
第二十七节	三角高程(按双向天顶距观测)高 差计算	(116)
第二十八节	单一水准路线(附合水准)高程 计算	(117)
第二十九节	单一水准路线(闭合水准)高程 计算	(119)
第 三 十 节	单一结点水准网平差计算	(120)
第三章	简单程序型袖珍电子计算机测量常用算法	(123)
第 一 节	坐标正算	(124)
第 二 节	边长及方位角反算	(125)
第 三 节	三角形边长计算	(127)
第 四 节	支导线计算	(129)
第 五 节	附合导线计算	(131)
第 六 节	闭合导线计算	(135)
第 七 节	独立三角形坐标计算	(139)
第 八 节	前方交会计算	(142)
第 九 节	侧方交会计算	(145)
第 十 节	后方交会计算(一)	(147)

第十一节	后方交会计算(二)	(153)
第十二节	普通基线长度计算	(156)
第十三节	量距导线平距与高差计算	(162)
第十四节	视距导线平距与高差计算	(163)
第十五节	碎部测量平距与高程计算	(164)
第十六节	横尺视差导线端点法距离与高差计算	(166)
第十七节	横尺视差导线中点法距离与高差计算	(168)
第十八节	横尺视差导线辅助基线端点法距离 之计算	(170)
第十九节	横尺视差导线辅助基线中点法距离 之计算	(172)
第二十节	四边形近似平差	(174)
第二十一节	中心多边形近似平差	(178)
第二十二节	一端有基线的单三角锁计算	(184)
第二十三节	两端有基线的单三角锁近似平差	(187)
第二十四节	两端有固定边的单三角锁近似平差	(192)
第二十五节	线形三角锁的计算	(197)
第二十六节	三角高程(按单向天顶距观测)高差 计算	(207)
第二十七节	三角高程(按双向天顶距观测)高差 计算	(208)
第二十八节	单一水准路线(附和水准)高程计算	(210)
第二十九节	单一水准路线(闭合水准)高程计算	(212)
第三十节	单一结点水准网平差计算	(213)
第三十一节	按等权代替法作两个结点水准网 平差(一)	(216)
第三十二节	按等权代替法作两个结点水准网 平差(二)	(221)
第三十三节	按等权代替法作三个结点水准网平差	(225)
第三十四节	单一结点导线网平差	(230)
第三十五节	用结点法作水准网平差	(234)

第三十六节	多边形法作水准网平差	(239)
第三十七节	极条件方程式的组成	(245)
第三十八节	基线条件方程式的组成	(247)
第三十九节	应用乌尔马耶夫规则进行条件方程 式改化系数的计算	(249)
第四十节	条件平差时法方程式系数之计算	(254)
第四十一节	用消元法解法方程式	(258)
第四十二节	按吉德尔法解法方程式	(262)
第四十三节	大地四边形严密平差	(268)
第四十四节	中心多边形严密平差	(271)
第四十五节	介于两固定边之间的三角锁按克吕 格两组平差法平差	(275)
第四十六节	固定角(包括圆周角)插入 n 点 按三组平差法	(283)
第四十七节	一点插入一角按三组平差	(289)
第四十八节	两点插入一角按三组平差	(292)
第四十九节	中心多边形按三组平差	(296)
第五十节	三角网逐一分组平差	(299)
附录		(317)
一、测量常用的计量单位		(317)
二、常用数学与测量公式		(318)
三、地球曲率和大气折光差改正数表		(334)
四、袖珍电子计算器使用注意事项		(334)
五、国内外部分电子计算器性能及规格简表		(340)
主要参考文献		(342)

第一章 袖珍电子计算器的基本知识

第一节 电子计算器的基本结构

袖珍电子计算器与电子计算机一样，它们是“麻雀虽小，五脏俱全”。电子计算机主要是由输入、存储、运算、控制、输出等五个基本部分构成。电算器也是这样，基本结构如图 1-1 所示。图中实线是工作信号传输线路，虚线是控制信号的传输线路。

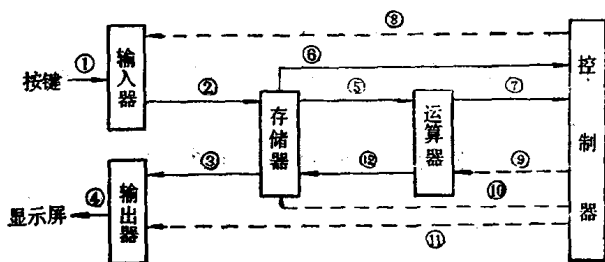


图 1-1

当打开电源开关以后，显示屏上出现“0.”字，这表示计算器处于工作状态，这时按动 0~9 任何一个数字输入键时，就产生了电脉冲。由①进入输入器的译码器，把按入的十进制信号译成计算过程所用的二进制信号，再由②送入存储器内的数码寄存器。它接受寄存后随即发出电脉冲，由③送到输出器内的译码器，把二进制码再译成十进制信号，由

④送到显示器在显示屏上显示刚输入的数字。这些复杂的工作，计算器在十分之几或百分之几秒内即可完成。

输入数码后，再按动运算功能键（+、-、×、÷、……）。输入器产生相应的电脉冲，把数码寄存器内的寄存数码由⑤推进到运算器内的操作数码寄存器，并由⑦通知控制器。同时由⑥把运算符号的信息存入控制器内的运算码寄存器。这时控制器就发出脉冲信息由⑧通知输入器，结束本组数码的输入。

输入第二组数码时，仍按上述程序进入存储器，同时显示器显示第二组数码。当按动等号或下一个运算功能键时，脉冲由①→②→⑥进入控制器。这时控制器内的指令控制器发出指令，由⑨进入运算器和⑩进入存储器把第二组数码送入运算器，并由⑪把脉冲信息送入输出器，将显示器上的数码消去。两组数字在运算器内进行运算，然后将运算结果寄存下来，并由⑫→③→④进行运算结果的输出显示。

由于袖珍电子计算器是由大规模集成电路组成的，在一个底片上有数十万到数百万元器件。上面的介绍只是示意，实际过程要比这复杂得多，而且速度也很快，这里不作详细的介绍。

电子计算器虽然种类繁多，按运算功能来区分，大体可分为四种类型：

1. 普通型计算器

该类型计算器只能进行四则运算、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。此类计算器在测量计算中用途不大，本书不作介绍。

2. 函数型计算器

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计算器就属于此类型。

3. 专用型计算器

根据某种专业工作的特殊需要而制造的各种计算器均属于此种类型。如日本生产的“家庭会计”，美国生产的“数据人”和“小教授”等即属于此种类型。前者用于记载和核算家庭收入情况，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。本书亦不作介绍。

4. 可编程序型计算器

除具有函数型计算器的功能以外，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，并可随时调整存储的程序来求解某些特列问题。本书第三章内容就是采用此类型的计算器。

第二节 电子计算器普遍具有的功能

如前所述，电子计算器的输入器是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输入计算器内，另一方面可向计算器发出进行各种运算的指令。电子计算器的输出器是一个由微型荧光数码管、液晶数码管或点针式液晶数码管组成的显示窗，计算器通过显示窗显示数字和其它一些字符，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收到各种运算指令（如加、减、开方等）后，对指令的处理方式等简略地加以介绍。

一、数据的输入和显示

电子计算器一律采用十进制数输入和显示。大多数计算

器均可将十进制数按三种不同方式输入和显示，现分述如下：

1. 常规式十进制数

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

我们知道，用常规式十进制数表示一个很大的或很小的数都是非常不方便的。例如用常规式十进数来表示一千万亿，就要用十六位数码，直接输入或显示这一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）。输入科学式数的顺序是：先输入尾数，然后按压指数键（通常用〔EXP〕表示），随之输入指数。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1.234504。

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 99 999 999。但按科学式显示，则可显示之最大数为 $9.999\ 999 \times 10^{99}$ 。

二、算式的输入——AOS 制与 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，先括号内后括号外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，从左至右进行按键操作而得出符合算式原意的正确结果。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，而是先输入自变量的值，然后按压相应的函数键来求函数值。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。本书介绍的计算器均采用 AOS 制。

波兰逻辑学家 J. Lukaszewicz 提出了一种不用括号和等号的表示法，可用于写逻辑表达式、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。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

计算方法。限于篇幅及我们所采用的机型重点，故不作详细介绍。

三、角度单位的选择及输入和显示

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 $3^{\circ}.25 = 3^{\circ}15'00''$ ，这是读者所熟悉的。欧洲各国所使用的度，不是圆周角的三百六十分之一，而是四百分之一，称为 **Gradian**。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。凡是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。现分述六十进制度单位的分秒输入与显示的两两种格式。

1. 一种是（如第二章 SHARP EL-506 H 计算器）输入六十进数时，用小数点键分开十进进度数和六十进制的小数，即分、秒。例如 $112^{\circ}35'50''.5$ ，其输入操作与显示格式如图 1-2 所示。

从上图可见，度、分、秒的显示格式和十进数没有区别，

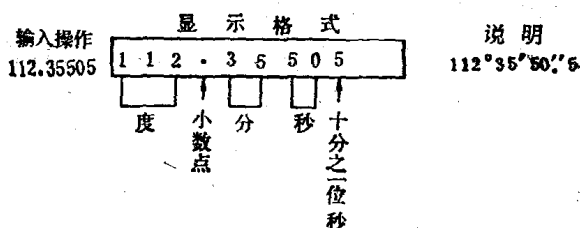


图 1-2

输入 $112^{\circ}35'50''.5$ 的操作和输入 112.35505° 的操作也没有区别。因此，显示数到底是 $112^{\circ}35'50''.5$ 还是 112.35505° ，只能由操作者在心中默记。若是十进度时，可直接进行三角函数计算或坐标转换；若是度、分、秒时，则必须先按 [DEG] 键将它转换成十进度后，再求三角函数或坐标转换。

(十进度变为度、分、秒时，只须按压 [2ndF] 和 [DEG] 键即可)。例如 47.6925° 要化成度、分、秒表示时，输入 47.6925 再按键 [2ndF] 和 [DEG] 后，显示为 47.4133 即为 $47^{\circ}41'33''$ 。见图 1-3 所示。

输入操作	显示格式	说明
47.6925	→ 47.6925	47.6925°
[2ndF][DEG]	→ 47.4133	$47^{\circ}41'33''$

图 1-3

2. 一种是(如第三章 CASIO fx-3 600 p 计算器)输入度、分、秒或时、分、秒，是通过按键 [°'"] 将六十进数(度、分、秒)转换为十进数度，由十进数度再操作 [INV] [°'"] 键可转化为六十进数的度、分、秒表示。例如六十进数度 $84^{\circ}58'46''$ 输入，显示十进数度为 84.97944444° ，再按 [INV] [°'"] 则显示为 $84^{\circ}58'46''$ 。见图 1-4 所示。

输入操作	显示格式	说明
$84[^{\circ}'"]58[^{\circ}'"]46[^{\circ}'"]$	84.97944444	十进制度
[INV][°'"]	$84^{\circ}58'46''$	度、分、秒

图 1-4

四、计算器的工作状态选择

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。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计算之前，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（我们第二章所介绍的函数型计算器仅有前两种工作状态）。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。直接按压该键时的功能称为第一功能；键的其它功能是先按某一键（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相同。

为了书写方便和清楚区分数和存储器的地址码，本书约定输入数据不加[]，而表示存储器的地址要加[]，其它所有的运算指令键、函数键、转换键及其他功能键亦都须加[]括起。按此规定，若计算 $314.56 \times \sin 30^\circ + \sin 58^\circ = ?$ 这一问题的操作顺序便可记作（注意在度即 DEG 工作状态下） $314.56[\times]30[\sin][+]58[\sin][=]$ 。

第三节 函数型 (SHARP EL-506H)

计算器及其使用简介

EL-506 H 型袖珍电子计算器是液晶显示的普通函数型

计算器，图 1-5 为 EL-506 型计算器面板布置图。本计算器与 EL 系列其它函数型计算器的功能和用法大同小异，而

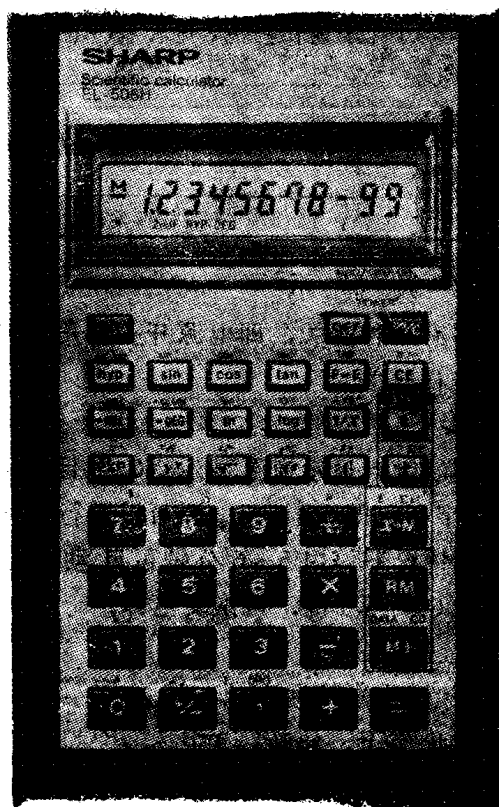


图 1-5 EL-506 H 计算器面板布置图

且与 fx 系列函数型计算器大部分功能亦相同。因此，这里以 EL-506 H 型计算器为例进行叙述。EL-506 H 型计算器的主要技术规格见表 1-1。

EL-508 H 型计算器主要技术规格

表 1-1

类 型	函 数 型
显 示 窗	由液晶显象单元组成
数据显示格式	常规十进制数与科学式数
数据显示位数	显示 10 位常规十进制数；显示尾数 8 位，指数 2 位的科学式数。两种显示数可相互转换
角 度 单 位	度、弧度和四百分度制的度
运 算 功 能	算术四则运算，各种标准函数计算，坐标转换及统计计算等
数 据 存 储 器	一个

一、开 关 及 显 示

这类计算器有三种开关，即电源开关、角度单位选择开关和工作状态选择开关。

1. 电源开关

按下〔ON/C〕键，显示窗上显示“0.”且显示窗中央下边部出现 DEG 字样，即为接通电源可以进行工作。这类计算器具有在通电情况下停用 5~6 分钟可自动切断电源。继续工作时，再按〔ON/C〕键，可恢复电源。

2. 角度单位选择键

当按〔ON/C〕键重新接通电源，计算器处于 DEG (360° 角度单位) 工作状态下。每按〔2ndF〕〔DRG〕键时，计算器按照 RAD (弧度单位) → GRAD (400 g 单位) → DEG 的次序循环转换角度单位。选择好的角度单位均由计算器自动显示在显示窗下边部。

3. 统计计算工作状态选择键

选择统计计算工作状态是利用交换键〔↓〕的第二功能。按〔2ndF〕〔↓〕键，即可使计算器处于统计计算工作状态，显示窗右下边即显示黑体 STAT 字样。按〔ON/C〕键即可解

除统计计算状态。

4. 数的显示

数有三种显示法，即常规显示、科学记数法显示和六十进制单位的分秒显示。

(1) 常规十进制数显示，其特点是与通常书写数的形式相同，例如将数字 -123.456789 按键输入计算器时，则在计算器上的显示格式如图 1-6 所示。

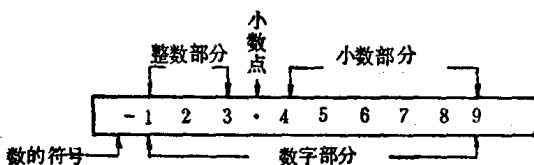


图 1-6

(2) 科学记数法显示

科学十进数如 $-1.234\ 567\ 8 \times 10^{99}$ 在计算器上的显示为图 1-7 所示的形式。

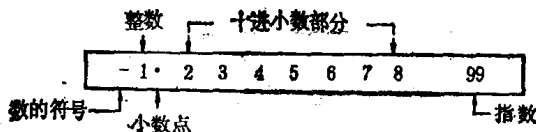


图 1-7

在科学式十进数中，前面的整数位在小数点前只固定一位(即个位)。对于 EL-506 H 型计算器，若将 10 位(常规式)数