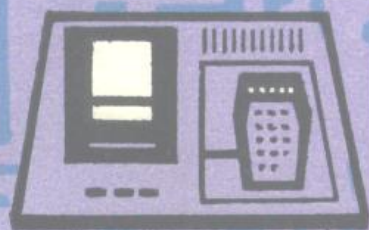


函数型与程序型 计算器的用法

张逸民 编著



上海科学技术文献出版社

73.46374
592

DG 46/17

函数型与程序型计算器的用法

张逸民 编著

上海科学技术文献出版社

前 言

七十年代以来,电子计算器迅速发展,目前已成为科技工作者、工程技术人员、教师必不可少的有用工具。国内现已可成批生产函数型和简易程序型计算器。由于计算器的品种繁多,数量极大,如能普遍充分发挥其功能,则可大大提高科技及管理水平。尤其是程序型计算器,如能正确使用,可以代替在计算机上进行的部分计算。要充分发挥计算器功能,需要一定的计算数学知识作为基础,本书是以作者利用计算数学知识使用计算器解决工程实际问题的实践为基础编写的,还参考了国内外多种型号计算器说明书,通过计算相当数量的实际例题来说明其使用方法及技巧,因而深入浅出,通俗易懂。对函数型计算器,除各种基本运算方法外还介绍了复数运算、复利计算、向量计算、超越方程数值解、微分方程数值解、求均值和方差以及一元线性回归分析等。本书重点介绍程序型计算器 TI-58C、TI-59 的用法,除利用自编程序或库存程序解决上述在函数型计算器上进行的计算外,还介绍了数值积分、矩阵计算、随机数列发生等,并以 χ^2 检验、参数最优化、常微分方程组数值解、差分法解偏微分方程以及二元线性回归分析等为例,表明在程序型计算器 TI-59 上已可解决相当复杂的运算(过去只能在电子计算机上计算)。所以在初步设计计算、参数选择、最优方案确定、试验数据处理、全面质量管理、大学数学工作中使用程序型计算器均可大大提高效率及科技管理水平。本书目的希望在普及计算器(特别是程序型计算器)的应用中能起一点促进作用。为了供读

者选用计算器参考，书末附有 19 种国内外计算器的主要性能。限于篇幅，对计算数学、计算器工作原理等内容不作深入介绍。

本书承上海机械学院数学教研室富驾六副教授、孟尔镛和蔡兴国同志审稿，他们都仔细审阅并提出了宝贵意见，作者在此谨致深切谢意。

作 者 1981 年 10 月

目 录

第一章 计算器概述	1
§ 1.1 引言	1
§ 1.2 计算器的基本工作原理	3
§ 1.3 计算器输入装置与输出装置	5
第二章 函数型计算器的用法	16
§ 2.1 四则运算	16
§ 2.2 代数函数(开方根、平方、倒数、阶乘等)运算	25
§ 2.3 三角函数、反三角函数运算	27
§ 2.4 对数、反对数、幂次、双曲函数运算	30
§ 2.5 直角坐标/极坐标变换运算	34
§ 2.6 机内固定程序应用	37
§ 2.7 综合应用举例	45
第三章 程序型计算器的用法	51
§ 3.1 程序型计算器自编程序的方法	51
§ 3.2 程序型计算器库存程序的使用	81
§ 3.3 程序型计算器综合应用 (χ^2 检验、最优化、常 微分方程组数值解、差分法解偏微分方程 及二元线性回归分析)	108
第四章 使用维护须知	177
§ 4.1 电子计算器使用维护注意事项	177
§ 4.2 计算出现问题时故障检查与校正	183

• i •

附录一 常用函数型计算器主要性能	186
附录二 常用程序型计算器主要性能	188
附录三 TI-58、TI-59 型计算器键盘及代码图	190
参考文献	191

第一章 计算机概述

§ 1.1 引言

电子计算机是一种能自动、高速进行大量计算的电子机器。电子计算机的出现和发展，是二十世纪科学技术的卓越成就之一。它本身是科学技术和生产发展的结果，反过来也大大促进了科学技术和生产的发展。与其它计算工具（如算盘、计算尺、手摇或电动计算机）相比，电子计算机的主要特点是计算速度快，结果精确，自动化程度高。

但是今天使用电子计算机还有不方便之处，电子计算机较复杂，价格贵，用计算机语言编制程序较麻烦等等，所以至今仍只有为数不多的人经常使用。各种电子计算机的核心是中央处理机（它包括运算器和控制器两个主要部分），而微电子技术的进步，使中央处理机尺寸缩小到 20×30 毫米大小，这就是一片硅大规模集成电路的微处理机。当前这种微处理机可以大量生产，一个大的半导体器件与计算机厂每个月可生产一百万片，而其价格在 100 美元以下；简单的微处理机的功能可与 30 年前巨型真空管计算机功能相当，其销售价格低于 10 美元。另外，价廉的辉光数码管、荧光数码管和液晶显示器的迅速发展，提供了显示装置，这就为袖珍电子计算器（以下简称计算器）的生产创造了有利条件。1975 年生产了 2,000 万台，其中由日本及亚洲地区生产的约 1,100 万台，美国产品约 900 万台。计算器价格可由 5 美元到 10,000 美元，使用人员由 5~6 岁小学生一直到空间技术科学家，这对个人的计算和管理能力将是一个大的飞跃。

科技工作者、管理人员和学生们在工作和学习中常遇到各种数值计算,使用计算器可以迅速、准确、简便地获得答案,显著提高了工作效率。七十年代初,计算器只能进行加、减、乘、除的基本运算,称为简易型计算器。不久就发展成函数型计算器,例如 TI-30、CASIO f_x -80、SHARP EL-5812、国产的 DS-6 等,可进行开方、对数、三角函数等的运算。计算器不仅能迅速和正确地完成一般工程计算,而且可以代替大量三角函数表、对数表等表格和曲线。它已可以完全取代计算尺而作为科技人员基本运算工具。近年来计算器又取得了较大的进展,美国德克萨斯仪器公司研制成功程序型(程序是指解题所需要的一系列指令)计算器,例如 TI-58、TI-59,它不仅能解决一般工程计算问题,而且可以解决以前只有电子计算机才能解决的复杂运算。程序型计算器与最早电子计算机性能对比见表1-1。表中 ENIAC 为美国 1946 年研制成功的第一台电子管数字积分计算机,它由 18,800 只电子管组成,它是美国奥伯丁武器试验场为了满足计算弹道需要而研制的;而 HP-65、HP-67、TI-59 均为袖珍式程序型计算器,SHARP PC-2600 为台式程序型计算器。由表 1-1

表 1-1 程序型计算器与早期电子管计算机性能对比

	ENIAC	HP-65	HP-67	SHARP PC-2600	TI-59
数据位数	10	10	10	16	12
数据寄存器(个)	20	9	26	28	30
程序指令容量(步)	750	100	224	512	720
计算速度(乘法, 毫秒)	3	5.7	6.7	8	
价格(美元)	480,000	424	400	3,000	500
耗电量(瓦)	50,000	0.5	0.5	49	1
体积(厘米 ³)	1.3267×10^8	426.06	409.7	30,251	475.31
重量(公斤)	30,000			10.5	0.241
打印速度(行/秒)				5~10	

可知，程序型计算器性能已与 ENIAC 相当，而价格只有它的 1/1000，体积缩小了几十万倍，这就为程序型计算器大量使用创造了有利条件。特别在初步设计阶段，可利用它来进行大量方案计算，找出最佳方案。由于计算器计算迅速、准确，操作简单，功耗低，可靠性高以及小型轻便，制造成本逐年下降等优点，函数型和程序型计算器当前已成为科技人员必不可少的工具，如能正确使用，可大大提高工作效率，加快我国四化建设。因此正确使用函数型和程序型计算器今天已成为每个科技工作者必备的技能。

本书介绍广泛流行的函数型和程序型计算器的用法。在阅读本书时，读者最好准备一台计算器，结合阅读进行练习。特别是程序型计算器，只有通过实际编程才能迅速、准确地编出有效的程序。

现在还出现了许多特殊功能计算器，如简易计算器与电子表结合的计算器 CASIO ST-24，除简单运算外还可用来计时、报时、作秒表用。有的计算器如 TI-59，SHARP PC-2600 等与外部设备相连其计算结果可自动打印。本书只介绍计算器的计算方法，对其他功能不作介绍。

§ 1.2 计算器的基本工作原理

计算器的运算功能是由运算器、存贮器、输入装置、输出装置和控制器五个主要部分完成。它们之间联系如图 1-1 所示，这与一般电子计算机的组成是相同的。

运算器是直接完成各种算术运算和逻辑运算的装置。算术运算就是加、减、乘、除等运算；逻辑运算就是按照逻辑代数规律进行的运算，如逻辑乘法（“与”运算）、逻辑加法（“或”运算）和逻辑否定（“非”运算）。计算器的运算器通常由加法器和寄存器

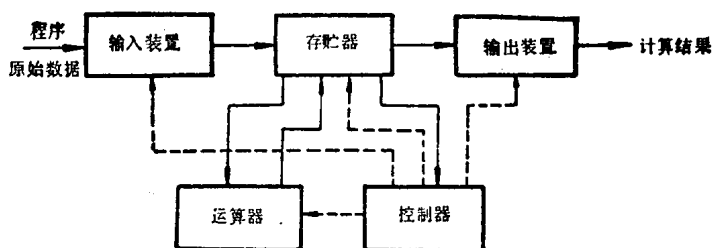


图 1-1 计算器工作原理框图

组成。

存储器是存放数据和程序的装置。存储器的基本功能是把许多代码，按需要存进去或取出来。这种功能可比喻为人的记忆。所以，存储器也称作记忆装置。

输入装置是向计算器送入数据及程序的装置，目前一般是由键盘组成。

输出装置的作用是把计算器工作的中间结果或最后结果打印或显示出来，计算器使用的输出装置有显示器、感热式打印机、控制打字机、盒式磁带机等（后两种一般用于台式计算器）。

控制器是整个计算器的指挥系统，它通过向机器各个部分发出信号来指挥整套机器自动地、协调地进行工作。控制器根据人们事先编好的程序来进行控制。计算器先做什么，后做什么，如何处理可能遇到的一切情况，都要由程序来决定。人把事先考虑好的意图表达在程序中，控制器按程序指挥机器工作。所以，可以说控制器是按照人的意图（由程序体现）来指挥机器工作的。计算器的自动工作过程，实质上就是自动执行程序的过程。

运算器、控制器和存储器合称为计算器的主机。输入装置与输出装置合称为外部设备，一台主机所能配备的外部设备的品种和数量，根据机器的功能大小和使用要求而定。

限于篇幅，本书对计算器主机工作原理不作介绍，为了正确

使用计算器进行计算,我们对其外部设备作一简要介绍。

§ 1.3 计算器输入装置与输出装置

输入装置: 其任务是将计算程序、原始数据以计算器所能识别的形式输送到计算器中,供自动计算用。计算器的输入装置就是各种键钮。各个键,实际上是一种按钮式开关器,这些开关借助于手指的压力和金属簧片弹力来完成接点的通断,或采用“导电橡胶”来实现开关触点的连接。当按下键钮就压下橡皮板上和该键钮所对应的触点,使其和印刷线路板接触,从而将该点的线路沟通,当手指松开,键钮弹回,触点下对应的线路就断开。计算器键钮一般可分作四大类: 数据输入键、功能操作键、辅助操作键、存储单元键,各种键钮名称和作用介绍如下:

(一) 数据输入键 $[0]$, $[1]$, $[2]$, $\dots$, $[9]$, $[\cdot]$, $[+/-]$, $[\pi]$

利用数据输入键 $[0]$, $[1]$, $[2]$, $\dots$, $[9]$, $[\cdot]$, $[+/-]$ 可把数据输入到计算器中并在数码管上依次显示,同时被输入到存储器中。撇按小数点键 $[\cdot]$ 以后输入的数据作为小数输入,当输入小数时,小数点自动向左浮动。要改变一个数据的符号可以撇按改变符号键 $[+/-]$ 一次,再撇按一次,则符号又恢复原状。

按撇 $[\pi]$ 键,在八位计算器上显示为 3.1415927,十位显示为 3.141592654,而在计算器(如 TI-59)内部寄存器中为 13 位,即 3.141592653590。

(二) 功能操作键

随着计算器的进展,计算功能增多,功能操作键也越来越多。

1. 基本操作键 $[+]$, $[-]$, $[\times]$, $[\div]$, $[=]$ 。

加、减、乘、除和等号是 5 个基本操作键。目前函数型计算

器大都具有代数操作系统 (AOS——Algebraic Operating System), 就是计算器按照以下通用的代数层次进行计算: (1) 单变量函数 (如三角函数、反三角函数、对数、 e^x 、 10^x 、平方、平方根、倒数、绝对值、取正数、换算等); (2) 幂次与方根 (y^x 与 $\sqrt[x]{y}$); (3) 乘、除; (4) 加、减。撤按等号键 [=], 完成上述计算中未完成的所有运算, 并把内存清除, 准备进行下一次计算。因此一般代数式运算只要按式子从左到右依次撤按按钮输入即可得出正确答案。算式 $5 + 2 \times \sin 30^\circ + 24 \times 5^3 \div 2 =$ 的计算优先次序见图 1-2。大多数函数型计算器如 CASIO fx-80, CASIO fx-120, TI-30, SHARP EL-5812 等均采用代数操作系统, 但早期生产

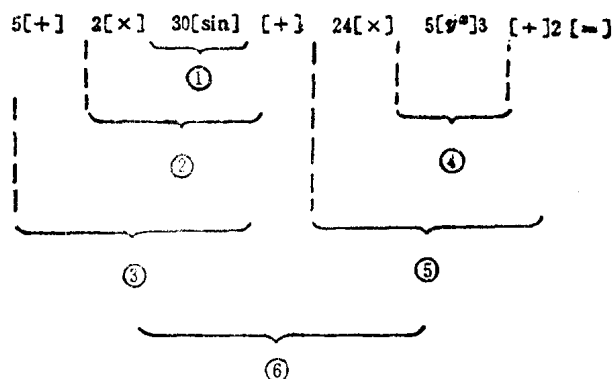


图 1-2 计算器代数操作能力

的函数型计算器不采用代数操作系统, 而按输入程序先后而进行运算的, 所以应该查阅所使用计算器的说明书, 或采用撤按键 $1 + 2 \times 3 = ?$ 来进行检验, 结果为 7, 即采用代数操作系统; 若为 9, 则按输入程序先后而进行运算。

2. 括号键 [(), []]。

在许多工程计算中, 为了得到正确的计算优先次序, 必须使用括号, 以表示在括号内的表达式优先进行计算。计算器上括

号键功能与一般数学表达式中使用的是相同的, 如 $(2+1) \times (3+2) = 15$ 。但必须注意在数学表达式中括号之间的乘号可忽略, 上式可写作 $(2+1)(3+2)$, 但在计算器中掀按按钮时必须掀按 $[\times]$ 键。如计算 $\frac{8 \times (4+9) + 1}{(3+6 \div 2) \times 7}$, 这样的题目应先算出分子数值, 再除以分母数值, 因此在掀按按钮时必须多掀按两个括号键。

掀 按 键	显 示	说 明
[CLR]	0	清 除
[(]8[×] [(]4[+] 9[)]	13	先计算 $(4+9)$
[+]	104	计算 $8 \times (4+9)$
1[)]	105	分子的值
[÷] [(] [(]3[+] 6[÷] 2[)]	6	计算 $(3+6 \div 2)$
[×] 7[)]	42	分母的值
[=]	2.5	结 果

掀按 [=] 键后完成了所有的运算。如希望得到某一中间表达式的具体数值, 可以利用括号 [(][)] 键来完成。

3. 代数函数键 $[x^2]$, $[\sqrt{x}]$, $[1/x]$ 。

平方、平方根与倒数键在解一系列方程式中是很有用的。这三个键都对显示存贮器中的数字直接发生作用而不影响其他计算过程的进行。例如 $\sqrt{4} \div (1/5)^2 = 50$ 。

掀 按 键	显 示	说 明
[CLR]	0	清 除
4[$\sqrt{x}$]	2	$\sqrt{4}$
[+] 5[1/x]	0.2	1/5
[x^2]	0.04	$(1/5)^2$
[=]	50	结 果

4. 三角函数键[sin], [cos], [tg], [$\sin^{-1}$], [$\cos^{-1}$], [tg^{-1}].

三角函数键对显示存贮器中的角度直接计算出相应正弦、余弦及正切数值或相应反三角函数的数值。角度单位应是所选定的表示方式：度、弧度或公制度，见辅助操作键。

5. 对数键[ln], [lg], [e^x], [10^x].

对数键都对显示存贮器中的数字直接算出其自然对数值和常用对数值，或求出其相应的反对数值。

6. 任意次幂与任意次根键[x^y], [$x^{1/y}$].

[x^y]与[$x^{1/y}$]键可使显示存贮器中的正数值直接算出其任意次幂或任意次根的值。

7. 双曲函数键[hyp].

把[hyp]键与三角函数键[sin], [cos], [tg]共同使用可对显示存贮器中的数值直接计算出相应的双曲正弦、双曲余弦、双曲正切的数值，与反三角函数键共用可得反双曲函数的数值。

8. 分数键[a^b/c].

在工程计算时遇到含有分数的运算时应用此键。如输入 $17\frac{1}{4}$ ，则掀按按钮 $17[a^b/c]1[a^b/c]4[a^b/c]$ ，显示为 $17\text{J}1\text{J}4$ 。显示的标志J代表分数。若需将分数化为小数，应再按[=][a^b/c]键，即显示为17.25。

9. 换算键[$^{\circ}''$], [$\leftarrow$], [P $\rightarrow$ R], [R $\rightarrow$ P].

60进制(度、分、秒)与10进制换算键[$^{\circ}''$]可把显示存贮器中的度、分、秒数值换算为十进制度数，反换算掀按[INV][$^{\circ}''$]键。如把 $63^{\circ}52'41''$ 换算成十进制度数，则按 $63[^{\circ}''']52[^{\circ}''']41[^{\circ}''']$ 后即显示63.87805554。如由十进制度数转换为度、分、秒时，应在输入度数后按[INV][$^{\circ}''$]后显示为 $63^{\circ}52'41''$ ，右上角□表明为六十进制的度、分、秒。在有的计算器上60进

制与10进制换算键用[D, MS]表示。极坐标直角坐标转换键[P→R]可把极坐标转换成直角坐标; [R→P]的功能正好相反。如把 $R = 5, \theta = 30^\circ$ 转换成直角坐标, 掀按 5[INV][P→R] 30 [=] 4.330127 (x 坐标值) [X→Y] 2.5 [y 坐标值)。

10. 统计计算功能键 $[\bar{x}]$, $[n]$, $[\sigma_{n-1}]$, $[\sigma_n]$ 。

可用来计算算术平均值, 测试数据数目、子样方差与总体方差, 详见 § 2.6。

11. 排列、组合、阶乘键 $[{}_nP_r]$, $[{}_nC_r]$, $[x!]$ 。

用来计算 $\frac{n!}{(n-r)!}$, $\frac{n!}{r!(n-r)!}$ 和 $x!$ 的数值。

(三) 辅助操作键

为了使计算器正常地进行计算, 还需要许多辅助操作键。

1. 清除键[AC], [C]。

全部清除键[AC](在有的计算器上用[CLR]表示)把计算器显示存贮器中数据以及计算过程中数据全部清除, 但独立的数据寄存器中数据不能清除。当计算器出现溢出错误(即操作的数值结果超过存贮器容量的情况)一般当答案或存贮器中数值超过 10^{100} , 或计算函数值超过其输入范围, 计算器上显示出E符号且不能进行下一步的运算时, 用[AC]键也可使其复原。输入清除键[C](有的用[CE]表示)用来清除输入到显示存贮器中最后一个数据(输入该数据后未掀按过功能操作键)。掀按[C]键不影响计算过程的进行, 所以该键用来更改错误的输入数据。

2. 角度模式选择键[DEG], [RAD], [GRA]。

角度可以用十进制度数、弧度或公制度数(直角 = 90度 = $\pi/2$ 弧度 = 100 公制度)来表示, 这通过计算器上角度模式选择键来选定, 掀按清除键并不影响选定的角度模式。角度模式选择只影响三角函数及极坐标与直角坐标变换计算, 对其他计算过程

无影响。选择正确的角度模式是很容易做到的,但是容易忘记,这可能造成一系列计算错误。

3. 科学表示法键[EXP]或[EE]。

在科学与工程计算中,常遇到很大或很小数值的计算,这就需要用到 $A \times 10^{\pm n}$ 来表示, A 称作数值部分, n 称作幂数。如输入 $-3.8901448 \times 10^{-32}$ 则按 $3[\cdot]8901448[+/-][EXP]32[+/-]$ 显示为: $-3.8901448-32$, 最后两位表示幂数,幂数前一位是其正负号。正号时符号位空位无显示;负号时显示为“-”号。这种表示法显著增加了计算器计算范围,如 $400,000 \times 2,000,000$ 为 $800,000,000,000$, 对于十位显示而言这数值太大了,无法显示,采用了科学表示法后就显示为 8×10^{11} , 在计算过程中遇到正常方式无法显示的大数或小数就自动利用科学表示法来显示。某些计算器中还有工程表示法键[ENG],也用 $A \times 10^{\pm n}$ 来表示大或小的数,但幂数 n 一定是 3 的整数倍数。

4. 双重功能键[2nd]和[INV]。

为了在一定数目键钮下增加计算功能,在先进计算器中广泛采用了双重功能键[2nd]和[INV],如图 3-1 所示的 TI-58C。直接标在键盘上的为其第一功能,而其第二功能标在键盘的上边,例如计算自然对数值按[ln]、计算常用对数按[2nd][ln]键,为了避免混淆写作[2nd][lg]。当按[INV]键后,该键的功能就反过来,例[INV][ln]其功能就变为 e^x , 因此使用双重功能键就显著增加了计算功能,以 TI-59 为例,采用[2nd]、[INV]键后使 45 键钮具有 108 种运算功能。

(四) 存贮单元键

为了使计算过程自动进行,计算中许多中间数据必须进行寄存与取用,这就需要存贮单元键。所以在程序型计算器上这部分功能较函数型要多得多。存贮作用键把一个数据在计算器

寄存器中寄存、取用、清除或交换的键称为存贮作用键。在一般函数型计算器中只有一个存贮单元，所以掀按 [Min] 键可把数据存贮，掀按 [MR] 可把存贮的数据显示出来，掀 [INV] [X $\rightarrow$ Y $\cdot$ M] 键可把显示与存贮的数据交换，即把显示的数据存贮起来，而把原来存贮数据显示出来。在函数型计算器中一般没有清除存贮数据的键，只有切断电源才能把存贮的数据清除掉。在程序型计算器中，由于存贮单元数目多，如在 TI-59 中最多可有 100 个数据寄存器，故在存贮作用键后必须加写地址。[STO] $\times\times$ ，[RCL] $\times\times$ ，[Exc] $\times\times$ ，分别表示把数据在 $\times\times$ (00~99) 地址的存贮单元中寄存、取用与交换。当寄存新数据时，原寄存数据自动消除。[CMs] 键清除各存贮单元中的数据。

(五) 存贮代数运算功能键

为了计算过程需要，有时需在指定地址的存贮单元中进行运算，例如在进行统计计算时就有这种需要。一般函数型计算器中 [M+] 代表在数据寄存器中每当存入新数时，都和原存的数据叠加。在程序型计算器中 [SUM] $\times\times$ ，[INV] [SUM] $\times\times$ ，[2nd][Prd] $\times\times$ ，[INV] [2nd][Prd] $\times\times$ 分别代表在指定地址为 $\times\times$ 的存贮单元中，每存入新数时，都和原存的数据进行相应的加、减、乘、除运算。

输出装置：计算器目前采用荧光数码管、辉光数码管以及液晶显示器作为其输出装置，这样可直接显示。辉光数码管是由发光两极管制成的一种数码管，是一种冷阴极气体读出管。发光二极管是一种当外加电压超过额定电压时发生击穿，从而流过电流，并发出可见光的器件。可发生红、黄、绿等色光。使用它表示数码字符时，一般是采用多个发光二极管横竖线段阵列来组成。图 1-3 示出了由 7 段表示的阵列。