

机构设计计算基础及程序

TI-58/59袖珍计算机使用指南

李学荣 汪掇 林风 编著



机械工业出版社

TP36
LXA/1

机构设计计算基础及程序

TI-58/59袖珍计算机使用指南

李学荣 汪援 林风 编著



机械工业出版社

JK305/005

本书介绍可编程袖珍计算机TI-58/59的使用方法。书中扼要地叙述机器的性能、自编程序的编程方法和库存程序调用的一般知识。

本书第6章介绍求解几何问题、三角问题和方程式求根算法的自编程序方法。

本书第7章详细地列举各类机构的求解程序，重点介绍机构综合中的图解分析法，使机构设计者免却图解法的作图繁杂的弊端，克服分析法的抽象运算的缺点，可边计算边作图或边作图边计算，缩短构思设计计算的时间，较快地得出适用的结论。

本书读者对象为机械设计人员，机械制造专业的师生，以及广大的袖珍计算机的使用者。

机构设计计算基础及程序

TI-58/59袖珍计算机使用指南

李学荣 汪援 林风 编著

责任编辑 徐家宗

封面设计 田淑文

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 14 1/2·字数 319 千字

1987年7月北京第一版·1987年7月北京第一次印刷

印数 0,001—4,000·定价 3.30 元

统一书号: 15033·6508

序 言

电子计算机是当代科学技术的重大成果，是人类文明的重要标志。它的出现对生产斗争、科学实验的发展起到了巨大的推动作用，而科学技术的进步又反过来促使计算机的发展突飞猛进。早期的计算机体大、价昂，维持费用很高，普及不易，一般人可望而不可及。五十年代出现了经济、小巧、便捷、准确的小型计算器，但因其功能不多，不敷科技界应用。后来又有可编程序的袖珍计算机（又称：掌上机）问世，这类计算机的功能俨然如具体而微的雏形计算机，所以它的出现深受科技界的重视，迅即得到推广。这类袖珍计算机计有：SR52、SR56、APF-Commdore等型及本书重点介绍的 TI-58/59 可编程序计算机；这些机器均使用 AOS (Algebraic Operation System) 体制编写程序，故掌握其中一种就能收一通百通之效。目前在一些先进国家中，这些机器已达到当年计算尺的普及程度——工程技术人员、研究人员、大学生几乎人手一机。在联邦德国一些高等学府，掌上机的学习已列入大学生预备课的基本学程。我国为适应发展中的需要，先后进口了数十万台使用 AOS 体制的机器，但由于国内尚少有关这类机器的“编制程序”书籍，仅凭广告式说明难以掌握其中奥妙。所以虽进口了这些机器，却未发挥出应有的作用。编著本书的宗旨之一就是使初学者尽快掌握其使用特点及编制程序关键。

另一方面本书将重点介绍使用 TI-58/59 机如何解决机构

设计的基本问题。在机构学中研究设计内容的部分称为机构综合。机构分析与机构综合作为专业学科在国外仅有几十年的历史，在国内更属新事。机构综合又可分为型综合与尺度综合，前者为定型，而后者为定量。作尺度综合（定量）时，主要有分析法及几何法。分析法以计算精确、条理清楚见长，几何法以求解迅捷、作图醒目取胜。两种方法经过一段时间的相互渗透，彼此取长补短，于近十年来发展成为图解分析法（这种方法的诞生，显然与袖珍机的普及有关），它既免除了图解法作图纷繁、头绪万千的弊端，又克服了分析法抽象运算无统一综览的缺点。这样设计者可专心致志于解题思路，不分神于计算，并可将来常用机构的综合理论归纳成为具体的计算程序，让机器自己运算。因而美国发展了电子计算机辅助设计（简称 CAD—Computer Aid Design），在联邦德国发展了“图继计算法”（Taschenrechner-stützte Konstruktion）。可以边计算边作图或边作图边计算，交互作业，可在作图之初预知其后的应得参数；因而使早年不可企及的构思设计计算问题，能于短时间内得出结论。机构学中的设计计算，由于其公式多、变量少、计算量分散，如果上大型电子计算机运算是“杀鸡焉用牛刀”，用小型计算器运算又难以应付；因而机构学的设计计算莫过于使用上述袖珍计算机最为合适。因此编写本书的主旨，在于介绍机构综合中的图解分析法，利用袖珍机以利机构学的进展，促进理论联系实际，阐明“经院派”的研究成果如何引入到设计具体问题中来，予以应用，并列算式及程序。对于非此专业的读者可略去机构综合问题，仅关注于计算方法及程序部分；有兴趣于“图继计算法”、“计算机辅助设计”、“计算作图法”的学者可通阅全篇。通过本书的示例，对于机构综合中的基本问

题，如何化繁难为简易，化机构综合中的抽象理论成为具体的工作及相应的计算步骤，可略窥一斑，以供学者今后举一反三地应用。作者在编写本书时，以程序编制及计算方法为经，以机构综合图解分析法为纬，企图一箭双雕。但能否收到上述效果，自审未必，然而，新工作发轫之初，简陋粗糙，自审难免，希望广大读者多多指正，以匡不逮。

目 录

序言

§ 1 计算机性能简介	1
§ 1-1 计算机的运算功能及存储能力	1
§ 1-2 键盘与机键功能、编码简介	3
§ 1-3 验机方法及使用注意事项	8
§ 2 数字显示及基本操作	11
§ 2-1 标准显示	11
§ 2-2 科学记数显示	12
§ 2-3 工程记数显示	16
§ 2-4 固定小数点控制	17
§ 2-5 角度计量方式	18
§ 2-6 清除操作	19
§ 2-7 反向功能操作	21
§ 3 键盘运算	23
§ 3-1 AOS体制与四则运算	23
§ 3-2 代数函数运算	25
§ 3-3 三角函数运算	28
§ 3-4 换算	32
1. 度分秒格式与度的小数格式的换算	32
2. 坐标转换	34
§ 3-5 数据存储	36
§ 3-6 存储器算术	39
§ 4 自编程序运算	40
§ 4-1 编程简介	40
1. 什么是编程运算	40

2. 编程三要素	43
3. 程序的检查与修改	44
§ 4-2 简单程序的编制	49
1. 程序流程图	50
2. <u>R/S</u> (Run/stop)键的典型应用	51
3. 数据存储器的运用	54
4. 数据存储器扩充法	64
§ 4-3 复杂程序的编制	65
1. 程序段的标志	65
2. 转移	66
3. 循环运算	75
§ 4-4 子程序与旗标的运用	87
1. 子程序设计	87
2. 旗标的运用	95
§ 4-5 间接指令	103
§ 4-6 特殊操作键 *Op	113
§ 4-7 编制程序易出现的差错	115
§ 5 库存程序介绍及运用	118
§ 5-1 库存程序模块	118
§ 5-2 如何调用库存程序	119
§ 5-3 库存程序使用指令及算例	121
§ 6 计算程序举例	152
§ 6-1 两点间的距离	153
§ 6-2 生产额的计算	154
§ 6-3 解二元一次联立方程	155
§ 6-4 求二直线之交点	157
§ 6-5 三角形的外心	160
§ 6-6 三角形的面积和五心	164
§ 6-7 求两圆的交点	176

§ 6-8	求等角共轭点	197
§ 6-9	利用正弦、余弦定律解三角形	199
§ 6-10	嵌套法求多项式	204
§ 6-11	迭代法	208
§ 6-12	求相应角移量	214
§ 6-13	定积分的数值解法	217
§ 6-14	龙格-库塔方法	225
§ 6-15	求椭圆积分计算程序	230
§ 7	机构设计计算及程序示例	241
§ 7-1	轴心式曲柄连杆机构	241
§ 7-2	曲柄连杆机构主要参数计算	245
§ 7-3	曲柄摇杆机构主要参数计算	254
§ 7-4	曲柄摇杆机构两连架杆相应角移量及瞬时传动 比计算	267
§ 7-5	曲柄摇杆机构特殊位置及其计算程序	276
§ 7-6	四连杆机构工作角 α' 、回行角 α 、运行差角 α'' 、 行程时间比 K 及运行时间系数 Π 的计算	286
§ 7-7	导杆机构的主要参数计算	296
§ 7-8	求作近似直移的梯形四连杆机构	305
§ 7-9	求具有直移区段的梯形机构在中心对称位置时 的主要参数	311
§ 7-10	等时机构的主要参数计算	315
§ 7-11	等时机构的综合	320
§ 7-12	Freudenstein方程	325
§ 7-13	可描绘直线轨迹的对称双曲柄五杆机构	330
§ 7-14	槽轮机构	339
§ 7-15	气液动四连杆机构	344
§ 7-16	求机构的相应角移量、瞬时传动比、共线轴及 角加速度程序	352

§ 7-17 验算极点 P 及 Q 尺度或从 P 点求 Q 点(Menelaus 定理)	360
§ 7-18 求动点轨迹的曲率半径	364
§ 7-19 共线轴的计算	370
§ 7-20 拐折圆编程原理及计算	385
§ 7-21 计算 Ball 点程序	392
§ 7-22 对称机构的拐折圆	403
§ 7-23 翻斗机构	416
§ 7-24 双工作缸液动起重机构(机械手)	429
参考文献	451

表目

表1 机键功能一览表	5
表2 机键的反向功能	21
表3 指令代码表	48
表4 间接指令功能及代码汇总	112
表5 特殊操作键*Op的功能汇总	119

§1 计算机性能简介

§ 1-1 计算机的运算功能及存储能力

TI-58/59型可编程序计算机所能完成的运算范围十分广泛,因为它不仅能进行一般的键盘操作运算(包括四则运算、各种函数运算、存储器算术、统计和换算等等),而且可以进行编程运算,即运用机器指令,将解题的方法步骤进行逻辑组织,编成一套有顺序的指令表作为程序输入机内,这样可以完成许多复杂问题的运算,从而使机器的运算能力大为提高。并且本机还带有“固态软件”程序库,这是已编制好的、供解决各类常用计算问题的程序组件,安装于机内,可供计算者随时调用。这种组件根据专业的不同分有多种类型(如有统计用程序库、数学专业用程序库等),可根据专业选配。一般随机所带的是主程序库模块,内有25个标准程序(见§5),都是解决常用的数学问题的程序。有了这个可供选择的程序组件,使计算机解决问题的能力及范围大为扩充。

本机的存储器是用来存储数据或程序指令的装置。TI-58型机有60个存储单元(TI-59型机有120个),而一个存储单元可存放一个13位的数据或是存放8条程序指令(相当于8个程序存储单元)。使用者可以根据需要来分配数据存储单元与程序存储单元的比例。可供选择的存储区分配比例如图1-1所示。

机器在出厂时是按中间一档(图中已标出)的比例来分配数据与程序单元的,这是第一次开机时的划分,按键串

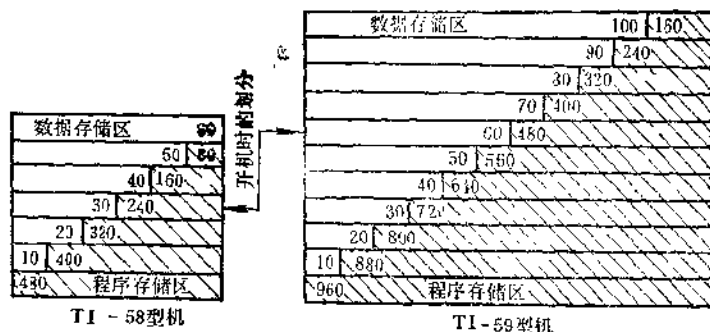


图1-1 存储区的划分

“ $\boxed{2nd} \boxed{Op} 16$ ”可以检查机器存储区的划分情况，若按此键串后显示为：

“239.29”

——TI-58型

或“479.59”

——TI-59型

小数点前三位数字表示程序存储单元的数量（如TI-58型机为0~239=240个），小数点后两位数字表示数据存储器（也称数据寄存器）的数量（如TI-58型机为0~29=30个）。

如果要改变这个划分，需按键串“ $n \boxed{2nd} \boxed{Op} 17$ ”， n 为一位数码，代表所需要的数据存储器数量的十分之一。对于58型机， n 的取值范围是0~6；对59型机， n 的取值范围是0~10。

例如，在58型机上需要40个数据存储器，160个程序存储单元，则可按“ $4 \boxed{2nd} \boxed{Op} 17$ ”，机器即显示“159.39”。而59型机上，40个数据存储器是与640个程序存储单元划为一档的（见图1-1），因此若按上述键串，则显示“639.39”。

在59型机内，数据存储器最多可达100个而不是120个，因为数据存储器的代码（详见§3-5）在本机器中限制为两位

数字，即最多可以表示00~99共100个数据存储器。

此外，TI-58C型机还有一个特点，由于它有持久记忆能力，在关机后可以保持已选定的存储区分配形式不变。其它机型无此特点。

§ 1-2 键盘与机键功能、编码简介

在本节中我们略述一下TI-58C/59型计算机的键盘，对该机器各个键的功能及其编码作一个初步了解。

从键盘上可以看到，该机器的操作键有9行5列，共 $9 \times 5 = 45$ 个按钮。而绝大多数键都具有双重功能。在键面上直接刻印的字母或符号表示该键的第一功能，而在键的上方刻印的字母或符号则表示该键的第二功能 $\ominus$ 。

在运算操作时，直接按某键，即执行该键的第一功能；若要执行其第二功能，则须先按 $\boxed{2nd}$ 键，再按该键，用两次按键动作来完成。“2nd”即英文Second（第二）的缩写，该键的作用只是配合其他键完成第二功能，其本身不能独立使用。与其类似， $\boxed{INV}$ 键也是与其他键配合使用，以完成某键之逆运算过程的键。这两个键扩大了机器的功能范围，使该机仅靠45个机键即能完成108种不同的功能。

下面我们对键盘上的全部键作一个大致的分类，列入表1，使读者对各个键的功能与用途有一个初步的了解和印象。

由于在编制程序中，各操作键（即操作指令）需用代码形式存入程序存储单元中，因此学习者应对各键的编码顺序有一定了解，并熟悉和记忆各键的代码，为学习编程打好基础。

$\ominus$ 以后我们用实线框表示键的第一功能，用虚线框表示键的第二功能。从第四章开始，去方框加标星号 $*$ ，以表示第二功能键。

各键的代码均用两位数字表示，它们的编码规则是：

(1) 以第一功能键位于某行某列的顺序进行编码。如果某键位于m行n列，其代码即为mn。

(2) 各键的第二功能指令代码，为其第一功能指令代

16	A'	17	B'	18	C'	19	D'	20	E'
11	A	12	B	13	C	14	D	15	E
		27		28	log	29	CP	20	
	2nd	22	INV	23	lnx	24	CE	25	CLR
36	Pgm	37	P→R	38	sin	39	cos	30	tan
	LRN	32	x=t	33	x ²	34	$\sqrt{x}$	35	1/x
	Ins	47	CMs	48	Exc	49	Prd	40	Ind
	SST	42	STO	43	RCL	44	SUM	45	y ^x
	Del	57	Eng	58	Fix	59	Int	50	x
	BST	52	EE	53	(	54	)	55	+
66	Pause	67	x=!	68	Nop	69	Op	60	Deg
61	GTO	07	7	08	8	09	9	65	x
76	Lbl	77	x≥t	78	Σ+	79	$\bar{x}$	70	Rad
71	SBR	04	4	05	5	06	6	75	-
86	St flg	87	If flg	88	D.Ms	89	π	80	Grad
81	RST	01	1	02	2	03	3	85	+ ²
96	Write	97	Dsz	98	Adv	99	Prt	90	List
91	R/S	00	0	93	-	94	+/-	95	=

图1-2 键盘编码图

注：在键名左侧的数字即键码

表1 机键功能一览表

类 型	颜色	数量	键 名	主 要 功 用
1. 数字符号键	白	12	0 ~ 9 . +/=	供输入数据及小数点符号, $+/=$ 为变号键, 按一次相当于乘(-1)。
2. 基本运算键	黄	7	+ - $\times$ $\div$ = 2nd CLR	前五个键供四则运算用。 $2nd$ 与其它键配合可执行第二功能。 CLR 为全面清除键,可清除显示及所有运算。
3. 函数运算键	橘	12	lnx log sin cos tan x^2 $\sqrt{x}$ $1/x$ y^x Int x π	为对数、三角函数运算键,它们均可与 $2nd$ 键联合使用,进行反对数(指数)及反三角函数的运算。 为一般常用函数键,其中 Int 为整数键,其作用为舍去小数部分,保留整数。 $ x $ 为绝对值键。
4. 存储及存储算术键	橘	6	STO RCL CMS Exc SUM Prd	前两键用于数据的存储与调出; CMS 为存储清除键,可将全部数据存储器中数据清除为0; Exc 键可将数据存储器与显示寄存器中的数据进行交流切换;最后两键的作用是对存储器中数据进行算术运算。
5. 显示控制键	橘	6	EE Eng Fix Deg Rad Grad	用于数字显示控制及小数点位数控制。 用于角度显示控制。

(续)

类 型	颜 色	数 量	键	名	主 要 功 用
6. 程序编制与运算键	褐	10	A B C D E A' B' C' D' E'	此组键为用户定义键,在编程序时作标志记号用。	
		20	LRN SST BST GTO SBR RST R/S Ins Del Pgm !Lb1 Pause Ind Nop x = t x ≥ t St flg If flg Dsz Write	这组键基本上都在编制程序时使用,它们的作用及使用技巧较为复杂,在编制程序的过程中将逐一地介绍它们的功能及使用方法。	
7. 统计计算键	褐	2	Σ+ x	此二键为求统计和求平均键,它们与 x ← t 键配合使用,可进行实验数据处理,求数据的平均、方差和标准差,进行线性回归等。	
8. 印刷控制键	褐	3	Adv Prt List	这三个键可对与计算机联接的PC-100 C型印刷机进行控制,使其执行空行前进、打印与列表的指令。	

9. 其他用 键	9	
[INV]	反向键，与其他键配合可执行该键的反向功能。 此键本身不能单独使用。	
$X \leftrightarrow I$	互换键，可将显示寄存器中的数 x 与 I 寄存器中的数 i 进行互换。此键的用途很多。	
[CE] [CP]	清除用键：前者为清除输入键，后者为清除程序与 I 寄存器键。	
[P → R] [D.Ms]	换算用键，前者为极坐标与直角坐标转换键，后者为60进制制与10进制制转换键。	
[(] [)]	括号键，运算中使用括号键可优先计算括号中的内容。	
[Op]	特殊操作用键。在该键后跟两位数码，可以实现对印刷机的控制，对库存程序的分解、统计计算、对存储区的划分、检查操作、使数据存储器内容冲减等多种特殊操作。	

- 此表仅介绍各键的主要作用，使初学者对机械键的用途有一个全局性的了解。各键的详细情况及用法见后续章节。
- 此键为录写磁卡用键，仅TI-59型机上有。