

高等学校规划教材

可编程控制器 原理及应用

王晓军 杨庆煊 许 强 主编

化学工业出版社

323.3
8-8

本书详细介绍了可编程控制器(PLC)的产生、系统组成、工作原理与应用技术。遵循理论与实践相结合的原则,在详细介绍了小型 PLC 的特点、工作原理、编程指令、编程语言等基础知识后,结合生产实践给出了丰富的实例,积极扩展读者的编程思维,达到事半功倍的效果。本书还介绍了 PLC 的模拟量编程和通信技术,使读者对 PLC 网络技术有初步的了解和认识。

本书共 9 章,第 1 章介绍可编程控制器的基础知识;第 2 章介绍可编程控制器的工作原理;第 3 章介绍 FX₂ 型可编程控制器;第 4 章介绍 FX₂ 型可编程控制器的编程语言及基本指令;第 5 章介绍 FX₂ 型可编程控制器步进指令及状态编程方法;第 6 章介绍 FX₂ 型可编程控制器的功能指令;第 7 章介绍 FX₂ 型可编程控制器的特殊功能模块;第 8 章介绍 FX₂ 型可编程控制器通信技术;第 9 章介绍可编程控制器的应用技术。

本书着重于 PLC 的实际应用技术,实用性强,可作为普通高等工科院校电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、计算机应用、自动化等其他相关专业的教材,也可供高职高专的相关专业选用,同时也可作为电气技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用/王晓军,杨庆煊,许强主编.
—北京:化学工业出版社,2007.7
高等学校规划教材
ISBN 978-7-122-00277-8

I. 可… II. ①王…②杨…③许… III. 可编程序控制器-高等学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 107459 号

责任编辑:唐旭华 蔡洪伟
责任校对:陈 静

文字编辑:钱 诚
装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷:北京云浩印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 11½ 字数 282 千字 2007 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:19.50 元

版权所有 违者必究

前 言

可编程控制器 (programmable controller, PLC) 是在传统的继电器控制系统基础上, 融合计算机技术和通信技术专门为工业控制而设计的微型计算机, 具有结构简单、性能优越、可靠性高、灵活通用、易于编程、使用方便等一系列优点, 在工业上得到了越来越广泛的应用, 近年来发展迅猛。学习和掌握可编程控制器技术已成为工业自动化工作者的一项迫切任务。

在调研部分企业和科研单位对可编程控制器人才需求情况的基础上, 我们总结了多年的教学经验和教改成果, 着手编写了该教材。本书是专门针对普通高等工科院校电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化等专业编写的教材, 它以 FX₂ 型可编程控制器为基础, 精选了大量来自工程一线的实例, 深入浅出地介绍可编程控制器编程的方法和技巧, 相信读者一定会学以致用, 获益匪浅。

本书共 9 章, 第 1 章介绍可编程控制器的基础知识; 第 2 章介绍可编程控制器的工作原理; 第 3 章介绍 FX₂ 型可编程控制器; 第 4 章介绍 FX₂ 型可编程控制器的编程语言及基本指令; 第 5 章介绍 FX₂ 型可编程控制器步进指令及状态编程方法; 第 6 章介绍 FX₂ 型可编程控制器的功能指令; 第 7 章介绍 FX₂ 型可编程控制器的特殊功能模块; 第 8 章介绍 FX₂ 型可编程控制器通信技术; 第 9 章介绍可编程控制器的应用技术。每章都安排了思考题及习题。

本书相关电子课件可免费提供给采用本书作为教材的大专院校使用, 如有需要请联系: txh@cip.com.cn。

本书第 1 章由江西理工大学陈敏、刘小秋编写; 第 2 章由成都电子机械高等专科学校黄晓燕编写; 第 3 章由同济大学孙心媛编写; 第 4 章由井冈山学院黄春英编写; 第 5 章由井冈山学院杨庆煊编写; 第 6 章由井冈山学院王晓军编写; 第 7 章由井冈山学院胡茶根、吴文通、周燕辉编写; 第 8 章由成都大学许强编写; 第 9 章由井冈山学院尹溪、应建中编写。全书由王晓军、杨庆煊、许强主编, 黄晓燕统稿, 由华中科技大学机械学院李曦博士和井冈山学院彭宣戈教授审稿。

由于编者水平有限, 书中难免存在缺点和错误, 殷切希望广大读者批评指正。

编者

2007 年 4 月

目 录

1 可编程控制器的基础知识	1
1.1 概论	1
1.1.1 可编程控制器的由来	1
1.1.2 可编程控制器的定义	2
1.1.3 可编程控制器的特点	3
1.1.4 可编程控制器的应用领域	4
1.2 可编程控制器系统的组成及功能	4
1.2.1 PLC 的硬件系统	4
1.2.2 PLC 的软件系统	7
1.3 PLC 的分类	8
1.3.1 按结构形式分类	8
1.3.2 按 I/O 点数、功能分类	9
1.4 PLC 的性能指标	10
1.5 PLC 的发展趋势及对工业发展的影响	10
1.5.1 PLC 的发展趋势	10
1.5.2 PLC 对工业发展的影响	11
思考题及习题	12
2 可编程控制器的工作原理	13
2.1 PLC 的扫描方式	13
2.1.1 扫描工作方式	13
2.1.2 扫描工作过程	13
2.1.3 PLC 对输入输出的处理规则	15
2.1.4 扫描周期的计算	16
2.2 PLC 的 I/O 响应时间	18
思考题及习题	18
3 FX₂ 型可编程控制器	19
3.1 FX 型 PLC 的系统配置	19
3.2 FX 型 PLC 的命名方式	20
3.3 FX ₂ 系列 PLC 的编程元器件	21
3.3.1 基本数据结构	21
3.3.2 输入继电器 (X)	22
3.3.3 输出继电器 (Y)	23

3.3.4 辅助继电器 (M)	24
3.3.5 状态寄存器 (S)	26
3.4 数据寄存器 (D)	26
3.5 计时/计数器	27
3.5.1 计时器 (T)	27
3.5.2 计数器 (C)	29
3.5.3 计时/计数器的应用	33
思考题及习题	35
4 FX₂ 型可编程控制器的编程语言及基本指令	36
4.1 PLC 的编程语言及格式	36
4.1.1 梯形图语言	36
4.1.2 助记符语言	37
4.1.3 流程图语言	37
4.2 基本指令	37
4.2.1 逻辑取及输出线圈驱动指令 (LD、LDI、OUT)	37
4.2.2 单个触点串联指令 (AND、ANI)	38
4.2.3 单个触点并联指令 (OR、ORI)	39
4.2.4 串联电路块的并联指令 (ORB)	39
4.2.5 并联电路块的串联指令 (ANB)	40
4.2.6 多重输出电路指令 (MPS、MRD、MPP)	41
4.2.7 主控及主控复位指令 (MC、MCR)	42
4.2.8 置位和复位指令 (SET、RST)	44
4.2.9 脉冲输出指令 (PLS、PLF)	45
4.2.10 空操作指令 (NOP)	46
4.2.11 程序结束指令 (END)	46
4.3 梯形图的编程规则	47
4.3.1 梯形图设计规则	47
4.3.2 输入信号的最高频率问题	48
4.4 基本指令编程实例	48
思考题及习题	54
5 FX₂ 型可编程控制器步进指令及状态编程方法	55
5.1 SFC 语言	55
5.2 状态器 S 的功能及步进顺控指令	57
5.2.1 状态器 S 的功能	57
5.2.2 步进顺控指令	57
5.2.3 SFC 的编制与梯形图表示	58
5.2.4 具有多种工作方式系统的编程方法	65
思考题及习题	69
6 FX₂ 型可编程控制器的功能指令	71
6.1 程序流控制指令	71
6.1.1 条件跳转指令 (CJ)	71

6.1.2	子程序调用与返回指令 (CALL、SRET)	72
6.1.3	中断指令 (EI、DI、IRET)	73
6.1.4	主程序结束指令 (FEND)	75
6.1.5	警戒时钟指令 (WDT)	75
6.1.6	循环指令 (FOR-NEXT)	76
6.2	比较与传送指令	77
6.2.1	比较指令 (CMP)	77
6.2.2	区间比较指令 (ZCP)	77
6.2.3	传送指令 (MOV)	78
6.2.4	移位传送指令 (SMOV)	79
6.2.5	取反传送指令 (CML)	79
6.2.6	块传送指令 (BMOV)	79
6.2.7	多点传送指令 (FMOV)	80
6.2.8	数据交换指令 (XCH)	81
6.2.9	BCD 变换指令	81
6.2.10	BIN 变换指令	82
6.3	四则运算和逻辑运算指令	84
6.3.1	加法指令 (ADD)	84
6.3.2	减法指令 (SUB)	84
6.3.3	乘法指令 (MUL)	85
6.3.4	除法指令 (DIV)	85
6.3.5	加 1 指令 (INC)	86
6.3.6	减 1 指令 (DEC)	86
6.3.7	字逻辑与指令 (WAND)	87
6.3.8	字逻辑或指令 (WOR)	87
6.3.9	字逻辑异或指令 (WXOR)	87
6.3.10	求补指令 (NEG)	88
6.4	循环移位与移位指令	89
6.4.1	右、左循环移位指令 (ROR、ROL)	89
6.4.2	带进位的右、左循环移位指令 (RCR、RCL)	90
6.4.3	位右移和位左移指令 (SFTR、SFTL)	91
6.4.4	字右移和字左移指令 (WSFR、WSFL)	93
6.4.5	移位寄存器写入和读出指令 (SFWR、SFRD)	93
6.5	数据处理指令	97
6.5.1	区间复位指令 (ZRST)	97
6.5.2	解码与编码指令 (DECO、ENCO)	98
6.5.3	置 1 位数总和与置 1 位判别指令 (SUM、BON)	99
6.5.4	报警器置位与复位指令 (ANS、ANR)	99
6.5.5	其他指令 (MEAN、SQR、FLT)	101
6.6	高速处理指令	102
6.6.1	与输入输出有关的指令 (REF、REFF、MTR)	102

6.6.2	高速计数器指令 (HSCS、HSCR、HSZ)	103
6.6.3	速度检测与脉冲输出指令 (SPD、PLSY、PWM、PLSR)	107
6.7	方便指令	109
6.7.1	状态初始化指令 (IST)	109
6.7.2	数据检索指令 (SER)	109
6.7.3	绝对值式凸轮顺控指令 (ABSD)	110
6.7.4	增量式凸轮顺控指令 (INCD)	111
6.7.5	示教定时器指令 (TTMR)	111
6.7.6	特殊定时器指令 (STMR)	112
6.7.7	交替输出指令 (ALT)	113
6.7.8	斜坡信号输出指令 (RAMP)	113
6.7.9	旋转台控制指令 (ROTC)	114
6.7.10	数据排序指令 (SORT)	116
6.8	外部 I/O 设备指令	116
6.8.1	十键输入指令 (TKY)	116
6.8.2	十六键输入指令 (HKY)	117
6.8.3	数字开关指令 (DSW)	118
6.8.4	七段译码指令 (SEGD)	118
6.8.5	带锁存的七段显示指令 (SEGL)	120
6.8.6	方向开关指令 (ARWS)	121
	思考题及习题	123
7	FX₂ 型可编程控制器的特殊功能模块	124
7.1	模拟量输入/输出单元 F ₂ -6A-E	124
7.1.1	输入通道	124
7.1.2	输出通道	124
7.1.3	I/O 通道编号	124
7.1.4	数据传输	126
7.1.5	编程方法	126
7.1.6	模拟量单元 F ₂ -6A-E 的设置与调整	128
7.2	FX-4AD 与 FX-2DA 模拟量模块及编程	131
7.2.1	模块编号	132
7.2.2	FX-4AD 模拟量输入模块	132
7.2.3	FX-2DA 模拟量输出模块	134
7.2.4	编程方法	135
7.3	点位控制单元模块	136
7.3.1	脉冲输出模块 FX-1PG 和 FX-1GM	136
7.3.2	高速计数模块 FX-1HC	137
7.3.3	可编程凸轮控制器 F ₂ -32RM	137
	思考题及习题	141
8	FX₂ 型可编程控制器通信技术	143
8.1	可编程控制器与计算机通信	143

8.1.1 采用 FX-232ADP 的连接通信	143
8.1.2 采用 FX ₂ -40AP/AW 的连接通信	146
8.1.3 采用 FX-232AW 的连接通信	147
8.2 可编程控制器网络	148
8.2.1 PLC 网络系统	148
8.2.2 三菱 PLC 网络系统	149
8.3 可编程控制器网络应用	150
思考题及习题	152
9 可编程控制器的应用技术	153
9.1 PLC 控制系统设计的基本原则与步骤	153
9.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则	153
9.1.2 PLC 控制系统设计的一般步骤	153
9.2 PLC 的选型与硬件配置	155
9.2.1 PLC 的选型	155
9.2.2 PLC 容量的确定	157
9.2.3 I/O 模块的选择	158
9.3 PLC 运行方式及外部电路设计	159
9.3.1 系统运行方式的设计	159
9.3.2 PLC 外部电路设计	159
9.4 PLC 控制系统的可靠性设计	164
9.4.1 PLC 的环境适应设计	165
9.4.2 控制系统的冗余性设计	166
9.4.3 控制系统的抗干扰性设计	167
9.4.4 控制系统的故障诊断	171
思考题及习题	172
附录	173
表 A-1 FX 系列 PLC 基本指令、步进指令	173
表 A-2 功能指令简表	173
表 B-1 几种常见 PLC 性能一览表	174
参考文献	176

1 可编程控制器的基础知识

1.1 概论

可编程控制器是以微处理器为核心,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术等现代科技而发展起来的一种新型工业自动控制装置,是将计算机技术应用于工业控制领域的新产品。经过 30 多年的发展,在工业生产中获得了广泛的应用。目前,可编程控制器成为工业自动化领域中最重要、应用最多的控制设备,居工业自动化三大支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)的首位。其应用的深度和广度成为衡量一个国家工业自动化程度高低的标志。

1.1.1 可编程控制器的由来

20 世纪 20 年代起,人们把各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成控制系统,控制各种机械设备,这就是传统的继电器控制系统。由于它结构简单、容易掌握,在一定范围内能满足控制要求,因而使用面很广,在工业领域中一直占有主导地位。

随着工业的发展,设备和生产过程越来越复杂,复杂的系统可能使用成百上千个各式各样的继电器,并用成千上万根导线以复杂的方式连接起来,执行相应复杂的控制任务。作为单台装置,继电器本身是比较可靠的,但是,对于复杂的控制系统,继电器控制系统存在两个缺点。一是可靠性差,排除故障困难。继电器控制系统是接触控制,长期使用后机械性触点易损坏。如果一个继电器损坏,甚至某一个继电器中的某一对触点接触不良,都会影响整个系统的正常运行。查找和排除故障往往是非常困难的,有时可能会花费大量的时间。二是灵活性差,总体成本较高。继电器本身并不贵,但是控制柜内部的安装,接线工作量极大,因此,整个控制柜的价格是相当高的。如果工艺要求发生改变,控制柜内的元件和接线也需要作相应的变动。但是,这种改造的工期长、费用高,以致有的用户宁愿放弃旧的控制柜的改造,另做一台新的控制柜。

随着 20 世纪工业生产的迅速发展,市场竞争越来越激烈,工业产品更新换代的周期日益缩短,新产品不断涌现,传统的继电器控制系统难以满足现代社会小批量、多品种、低成本、高质量生产方式的生产控制要求。因此,迫切需要一种新的更先进的自动控制系统装置来取代传统的继电器控制系统。20 世纪 60 年代初,随着电子技术在自动控制领域中的应用,出现了半导体逻辑元件装置,利用半导体二极管、三极管和中小规模集成电路构成的逻辑式顺序控制器,具有体积小、无触点、可靠性较高和动作顺序变更较方便等优点;其缺点是控制规模较小(一般输入输出点数不超过 64 点)、程序编制不够灵活。随着计算机技术的发展,曾用小型计算机取代继电器控制系统,实现控制要求,但是由于计算机对使用环境要

求较高,而且现场的输入输出信号与计算机本身不匹配,同时,计算机程序的编制较复杂,使用者需要掌握一定的计算机知识,一般工程技术人员不易熟悉运用,加上计算机成本较高,因而一直没有得到广泛运用。

1968年,美国通用汽车公司(GM)根据汽车制造生产线的需要,希望用电子化的新型控制器代替继电器控制柜,以减少汽车改型时重新设计制造继电器控制盘的成本和时间。当时,通用汽车公司对新型控制器提出10条具体要求。

- ① 编程简单,可在现场修改程序。
- ② 维护方便,采用插件式结构。
- ③ 可靠性高于继电器控制柜。
- ④ 体积小于继电器控制柜。
- ⑤ 成本可与继电器控制柜竞争。
- ⑥ 数据可以直接输入管理计算机。
- ⑦ 可直接用115V交流输入。
- ⑧ 输出采用交流115V,能直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- ⑨ 通用性强,扩展时很方便。
- ⑩ 程序要能存储,存储容量可扩展到4KB。

这就是著名的GM10条。这一设想提出后,美国数字设备公司(DEC)首先响应,于1969年首先研制成功第一台可编程控制器,型号为PDP-14。用它代替传统的继电器控制系统,在美国通用汽车公司的汽车装配线上试用获得成功。

此后,这项技术就迅速发展起来。1971年,日本从美国引进这项技术,很快就研制出了日本第一台可编程控制器DSC-8。1973~1974年,前联邦德国与法国也开始研制出自己的可编程控制器。1974年,我国开始研制可编程控制器,并于1977年应用于工业生产。

目前,世界上有上百家工厂生产可编程控制器,竞争十分激烈,可编程控制器的品种、规格非常繁多,产品的更新换代也很快,平均每两年左右便有新一代产品问世。

1.1.2 可编程控制器的定义

早期的可编程控制器主要是用来代替继电器控制系统的,因此功能较为简单,只能进行开关逻辑控制,称为可编程逻辑控制器(programmable logic controller),简称PLC。

随着微电子技术、计算机技术和通信技术的发展,20世纪70年代后期微处理器被用作可编程控制器的中央处理器(central processing unit, CPU),从而大大扩展了可编程控制器的功能,除了进行开关逻辑控制外,还具有模拟量控制、高速计数、PID回路调节、远程I/O和网络通信等功能。1980年,美国电气制造商协会(national electrical manufacturers association, NEMA)正式将其命名为可编程控制器(programmable controller),简称PC,其定义为:PC是一种数字式的电子装置,它使用可编程序的存储器以及存储指令,能够完成逻辑、顺序、定时、计数以及算术运算等功能,并通过数字或模拟的输入、输出接口控制各种机械或生产过程。为避免在使用中与个人计算机(personal computer)的简称PC相混淆,人们通常仍习惯把可编程控制器简称为PLC。

国际电工委员会(IEC)在1987年2月颁布的可编程控制器标准草案的第三稿中,将其进一步定义为:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计

数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备，都应按易于与工业控制器系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

总而言之，可编程控制器是“专为在工业环境下应用而设计”的“一种数字运算操作的电子系统”，因此，可以认为其实质是一台工业控制用计算机。

1.1.3 可编程控制器的特点

(1) 编程方法简单易学

可编程控制器是面向用户、面向现场的。考虑到大多数电气技术人员熟悉电气控制线路的特点，它没有采用微机控制中常用的汇编语言，而是采用了一种面向控制过程、面向问题的梯形图语言。梯形图语言与继电器原理图非常相似，形象直观，易学易懂。电气工程师和具有一定知识的电工、工艺人员都可以在短时间内学会。计算机技术和传统的继电器控制技术之间的隔阂在可编程控制器上完全不存在。

(2) 功能完善、适应性强

目前 PLC 产品已经标准化、系列化和模块化，不仅具有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能，还具有 A/D、D/A 转换、算术运算及数据处理、网络通信和生产过程监控等功能。根据实际需要用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的系统。PLC 有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和中小型交流接触器。通过修改用户程序，可以方便快速地适应工艺条件的变化。

(3) 系统的设计、安装、调试工作量少，维修方便

PLC 用软件功能代替了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号可以用开关来模拟，输出信号可以观察 PLC 发光二极管的工作状态。调试后再将 PLC 在现场安装测试。调试工作量比继电器控制系统少得多。

PLC 的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息，方便地查明故障的原因，采用更换模块的方式可以迅速地排除故障。

(4) 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 由于采用了微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，其可靠性是使用机械触点的继电器所无法比拟的，其平均故障时间为 $(2\sim5) \times 10^4 \text{h}$ ，甚至更高。

PLC 在制造工艺上加强了抗干扰措施，例如输入输出部分都采用光电隔离，有效地隔离了 PLC 内部电路与输入、输出之间电的关系，从而避免了输入、输出部分窜入的干扰信号而引起的误动作。PLC 还采取了屏蔽、滤波等措施，有效地防止了空间电磁干扰，对高频信号起到了良好的抑制作用。一般 PLC 的抗干扰强度为：峰值 1000V、脉宽 $10\mu\text{s}$ 矩形波。

(5) 体积小、重量轻、功耗低、性价比高

由于 PLC 采用半导体大规模集成电路，因此整个产品结构紧凑、体积小、重量轻、功耗低，以三菱 FX_{ON}-24M 型 PLC 为例，其外形尺寸仅为 $130\text{mm} \times 90\text{mm} \times 87\text{mm}$ ，质量只有 600g，功耗小于 50W。

一台小型 PLC 内部有成百上千个可供用户使用的编程元件,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比,具有很高的性能价格比。并且 PLC 很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想的控制设备。

1.1.4 可编程控制器的应用领域

由于 PLC 具有上述的一系列优点,因此在工业控制方面,目前 PLC 已广泛应用于冶金、化工、轻工、机械、电力、建筑、交通、运输等行业。按照 PLC 的控制类型不同,PLC 主要应用于以下几个方面。

① 开关量的逻辑控制 这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器电路,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单台设备的控制,又可以用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、电梯、印刷机、组合机床、包装生产线、电镀流水线、家用电器、汽车行业等。

② 模拟量与过程控制 在工业生产中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。所以 PLC 具有 D/A、A/D 转换和算术运算等功能,可以实现模拟量控制。大、中型的 PLC 还具有 PID 闭环控制功能,可用于闭环的位置控制、速度控制和过程控制。

③ 运动控制 PLC 可用于圆周运动或直线运动的控制。从控制结构配置来说,早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行结构,现在一般使用专用的运动控制模块。如可驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能。广泛地用于机械、机床、机器人、电梯等场合。

④ 数据处理 现代的 PLC 具有数学运算(包括四则运算、矩阵运算、函数运算、逻辑运算、求反循环、移位和浮点数运算等)和数据传输、转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较,也可以用通信功能传送到别的智能装置,或者将它们打印制表。

⑤ 通信联网 通信联网是指 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机或其他智能设备间的通信,利用 PLC 和计算机的 RS-232 或 RS-422 接口、PLC 的专用通信模块,用双绞线或同轴电缆或光缆将它们连成网络,可以实现相互间的信息交换,构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统,建立工厂的自动化网络。

1.2 可编程控制器系统的组成及功能

可编程控制器的结构多种多样,但其组成的一般原理基本相同,都是以微处理器为核心的结构,其功能的实现不仅基于硬件的作用,更要靠软件的支持,实际上可编程控制器就是一种新型的工业控制计算机。

1.2.1 PLC 的硬件系统

PLC 的硬件系统大体相同,主要由中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)、输入输出模块(I/O 接口)、电源及编程器几大部分组成。PLC 硬件结构框架如图 1-1 所示。

(1) 中央处理器(CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件,在 PLC 控制系统中的作用类似于人体的神经中枢,它在系

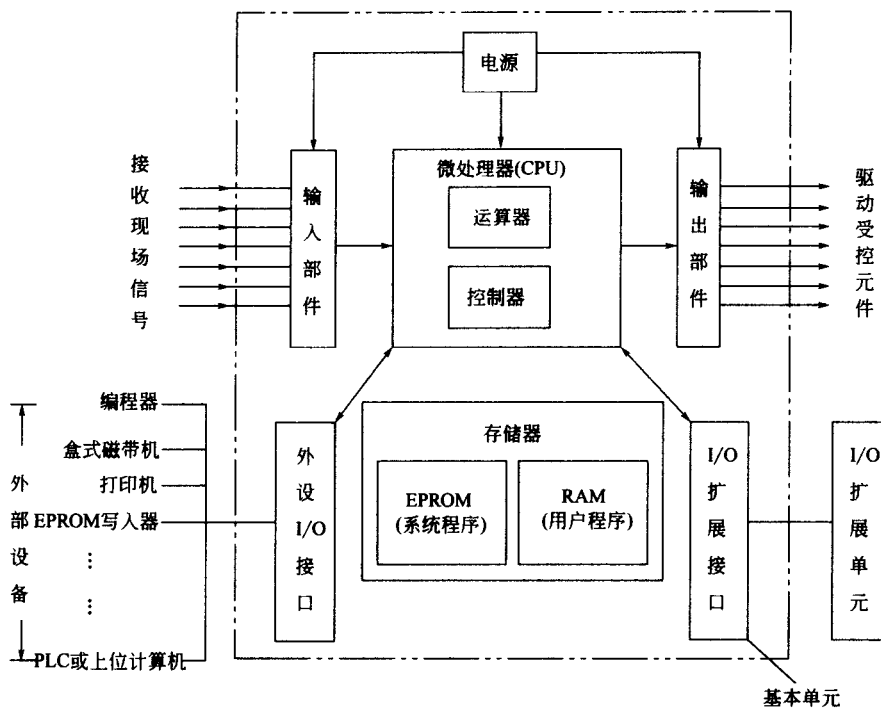


图 1-1 PLC 硬件结构框架

统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运算、协调系统内各部分工作等任务。它的主要功能有以下几点。

- ① 接受并存储从编程器键入的用户程序和数据。
- ② 用扫描的方式接受现场输入设备的状态或数据，并存入相应的数据区。
- ③ 监测和诊断电源、PLC 内部电路工作状态和用户程序编程过程中的语法错误。
- ④ PLC 进入运行状态后，从存储器中逐条读取用户程序，经过指令解释后，按指令规定的任务产生相应的控制信号，去启闭相关的控制电路。分时、分渠道地去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等动作，完成用户程序中规定的逻辑运算和算术运算等任务。
- ⑤ 根据数据处理的结果，刷新有关标志位的状态和输出状态寄存器表的内容，以实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

PLC 中采用的 CPU 一般有三类，一类为通用微处理器，如 80286、80386 等；一类为单片机芯片，如 8031、8051、8096 等；另外一类为微处理器，如 AMD2900、AMD2903 等。

小型 PLC 大多采用 8 位微处理器或单片机，中型 PLC 大多采用 16 位微处理器或单片机，大型 PLC 大多采用高速位片式处理器。PLC 的档次越高，所用 CPU 的位数也越多，运算速度也越快，功能也越强。

(2) 存储器

PLC 配有两种存储器：系统存储器和用户存储器。系统存储器存放系统程序，用户存储器用来存放用户编制的控制程序。常用的存储器类型有 CMOS RAM、EPROM、EEPROM。

CMOS RAM 是一种可以进行读写操作的随机存储器，存放在其中的用户程序可方便地

进行修改,它是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器,可用锂电池作为备用电池,一旦失电,即可用锂电池供电,以保持 RAM 中的内容。锂电池的使用寿命一般为 5~10 年,若经常带负载可维持 2~5 年。

EPROM、EEPROM 都是只读存储器,常用来存放系统程序和需要长久保存的用户程序。EPROM 称为可擦除的可编程序只读存储器,在紫外线连续照射 20min 后,就可将 EPROM 中的内容消除,加高电平 (12.5V 或 24V),可把程序写入到 EPROM 中。EEPROM 称为电可擦除的可编程序只读存储器,除可用紫外线擦除外,还可用电擦除,是近年来广泛使用的一种只读存储器,它不需要专用写入器而只需用编程器就能方便地对所存储的内容实现“在线修改”,所写入的数据内容能在彻底断电的情况下保持不变。

因为系统程序用来管理 PLC 系统,不能由用户直接存取,所以,PLC 产品样本或说明书中所列的存储器类型及其容量,是指用户程序存储器而言。如 FX₂-24M 的存储器容量为 4K 步,即指用户程序存储器的容量。PLC 所配用的用户存储器的容量大小差别很大,通常中小型 PLC 的用户存储器存储容量在 8K 步以下,大型 PLC 的存储容量可达到或超过 256K 步。

(3) 输入输出 (I/O) 模块

输入模块和输出模块简称 I/O 模块,它们是联系外部现场设备和 CPU 模块的桥梁。输入模块用来接收和采集输入信号,开关量输入模块用来接收从按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器等来的开关量输入信号;模拟量输入模块用来接收电位器、测速发电机和各种变速器提供的连续变化的模拟量电流电压信号。输出模块用来送出 PLC 运算后得出的控制信息,并通过机外的执行机构完成工业现场的各类控制。开关量输出模块用来控制接触器、电磁阀、电磁铁、指示灯、数字显示装置和报警装置等输出设备;模拟量输出模块用来控制调节阀、变频器等执行装置。

CPU 模块的工作电压一般是 5V,而 PLC 的输入输出信号电压较高,例如 DC24V 和 AC220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能会损坏 CPU 模块中的元器件,或使 PLC 不能正常工作。在 I/O 模块中,用光耦合器、光敏晶闸管、小型继电器等器件来隔离 PLC 的内部电路和外部的 I/O 电路。I/O 模块除了传递信号外,还有电平转换和隔离的作用。

PLC 具有多种 I/O 模块,常见的有数字量 I/O 模块和模拟量 I/O 模块、快速响应模块、高速计数模块、通信接口模块、温度控制模块、中断控制模块、PID 控制模块和位置控制模块等种类繁多、功能各异的专用 I/O 模块和智能 I/O 模块。I/O 模块的类型、品种与规格越多,PLC 系统的灵活性越好;I/O 模块的 I/O 容量越大,PLC 的适应性越强。

(4) 电源

PLC 配有开关式稳压电源,用来将外部供电电源转换成供 PLC 内部的 CPU、存储器和 I/O 接口等电路工作所需要的直流电源。PLC 一般使用 AC220V 或 DC24V 电源,内部的开关电源为各模块提供 DC5V、DC $\pm$ 12V 和 DC24V 等电源。有些 PLC 的电源还能向外提供直流 24V 稳压电源,用于对外部传感器供电,避免由于外部电源污染或不合格电源引起的故障。

小型 PLC 的电源往往和 CPU 单元合为一体,大中型 PLC 都有专用电源部件,驱动 PLC 负载的直流电源一般由用户提供。为防止在外部电源发生故障的情况下,PLC 内部程序和数据等重要信息的丢失,PLC 还带有锂电池作为后备电池。

(5) 编程器

编程器用来生成用户程序,并用它来进行编辑、检查、修改和监视用户程序的执行情

况。一般分为手持式（简易）编程器和图形编程器两类。

手持式编程器不能直接输入和编辑梯形图，只能输入和编辑指令表程序，因此又叫做指令编程器。它体积小、价格便宜，通常需联机工作，一般用来给小型 PLC 编程或用于现场调试和维修。图形编程器既可用指令语句进行编程，又可以用梯形图编程；既可联机编程，又可脱机编程，操作方便、功能强，有液晶显示的便携式和阴极射线式两种。图形编程器还可以与打印机、绘图仪等设备连接，但价格相对较高。通常大中型 PLC 多采用图形编程器。

目前，很多 PLC 都可以利用计算机作为编程工具，使用编程软件可以在计算机的屏幕上直接生成和编辑梯形图或指令表程序，并可以实现不同编程语言之间的转换。程序被编译后下载到 PLC，也可以将 PLC 中的程序上传到计算机。程序也可以存盘或打印，还可以通过网络实现远程编程和传送。

(6) I/O 扩展单元

I/O 扩展单元用来扩展输入、输出点数。当用户所需的输入、输出点数超过主机的输入、输出点数时，就要通过 I/O 扩展单元来实现扩展。

(7) 其他外部设备

PLC 还配设其他一些外部设备，如盒式磁带机、打印机、EPROM 写入器等。

盒式磁带机用以记录程序或信息，以防 PLC 内存中的程序被破坏或丢失。打印机用来打印程序或各种报表，在系统运行过程中，打印机用来提供运行过程中发生事件的硬记录，如记录 PLC 运行过程中故障报警的时间等。EPROM 写入器用于将用户程序写入 EPROM 中。同一 PLC 系统的各种不同应用场合的用户程序可以分别写入不同的 EPROM 中去，当系统的应用场合发生改变时，只需更换相应的 EPROM 芯片即可。

1.2.2 PLC 的软件系统

硬件系统和软件系统是相辅相成的，它们共同组成 PLC 系统，缺一不可。没有软件的 PLC 系统，称为裸机系统，不起任何用途。同样，没有硬件系统，软件系统也就无立足之地。PLC 的软件系统指 PLC 所使用的各种程序的集合，通常分为系统程序 and 用户程序。

(1) 系统程序

系统程序由 PLC 生产厂家提供，并固化在 EPROM 中，不能由用户直接存取。系统程序可分为管理程序、编译程序、标准程序模块和系统调用三部分。

管理程序主要对 PLC 的输入、输出、运算等操作运行进行时间上先后顺序的管理，规定各种数据、程序的存放地址，生成用户环境以及系统诊断等。

编译程序用来把程序语言翻译成 PLC 能识别的机器语言。

标准程序模块和系统调用这部分由许多独立的程序模块组成，每个程序模块完成一种独立的功能，PLC 根据不同的控制要求，选用不同的模块完成相应的工作。

(2) 用户程序

用户程序是用户根据现场控制要求的需要，用 PLC 的程序语言编制的应用程序，以实现各种控制要求。用户程序存储在系统程序指定的存储区内，它的最大容量由系统程序限定。

小型 PLC 的用户程序比较简单，整个程序不用分段，而是按顺序编制。大型 PLC 的用户程序很长，也很复杂，为使程序编制简单清晰，可按功能、结构或目的将用户程序划分成

各个程序模块，按模块来编制和调试程序，再把各模块组合成一个完整的大用户程序。

按模块结构组成的用户程序，由各自独立的程序段组成，每个程序段用来解决一个特定的技术功能。因而，即使在复杂的应用场合下，也能使很长的程序编制变得易于理解，且使程序之间的连接变得简单，并使程序的调试、修改和查错都变得较容易。例如西门子公司生产的 S5 系列 PLC，它使用的 STEP5 程序语言就是一种模块化程序结构的程序语言。它有 5 类模块供用户编程时灵活组织使用，这些模块如下。

① 组织模块 OB (organization block) 组织模块又称主控程序模块，用来确定主程序的运行方式及各模块的组织关系。

② 程序模块 PB (program block) 它按照电气控制的要求，把不同的控制内容划分成程序段（例如机器的运行、监视、数据记录等程序）。

③ 功能模块 FB (function block) 它是用来描述某特定功能的程序模块。功能模块的运用，使 PLC 超出传统的顺序逻辑、计时、计数等功能。

④ 步进模块 SB (step block) 步进模块又称顺序模块，用于步进顺序操作。

⑤ 数据模块 DB (data block) 它用来存放数据，包括用户程序中固定或可变的数据，类似于存储器或寄存器的作用。

用户可以根据具体的控制要求，把不同的设备的控制程序和不同功能的控制程序写入相应的模块内，然后在执行程序时，利用程序的无条件调用指令或者根据逻辑状态有条件调用指令，都可以进行调用操作。

1.3 PLC 的分类

PLC 的品种繁多，型号和规格也不统一。各种产品的结构形式、输入输出方式、I/O 点数、CPU 的种类、存储器的种类、容量以及功能范围等都各不相同，因此很难详细划分它们的类别。通常是按结构形式和 I/O 点数、功能范围来分类。

1.3.1 按结构形式分类

根据硬件的结构不同，可以将 PLC 分为整体式、模块式、叠装式三种结构。

(1) 整体式

整体式又称单元式或箱体式。整体式 PLC 是将 CPU、存储器及 I/O 等组成部分装在少数几块印刷电路板上，并连同电源一起装在一个机体内，形成一个整体，通常把它称为主机或基本单元。输入输出接线端子及电源进线分别在机箱的两侧，并有相应的发光二极管显示输入和输出状态。

这种结构的优点是结构简单、节省材料、体积较小。缺点是主机的 I/O 的点数固定，使用不够灵活，维修也较麻烦。一般小型或超小型 PLC 多采用这种结构，如三菱 FX 系列 PLC。为了克服上述缺点，整体式 PLC 提供多种不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元供用户选用。基本单元内有 CPU 模块、I/O 模块和电源，扩展单元内只有 I/O 模块和电源，基本单元和扩展单元之间用扁平电缆连接。各单元的输入点和输出点的比例一般是固定的，有的 PLC 有全输入型和全输出型的扩展单元。选择不同的基本单元和扩展单元，可以满足用户的不同需求。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使机器的功能得以加强。

(2) 模块式

模块式结构又称积木式。这种结构形式的特点是把 PLC 的每个组成部分都制成独立的模块,如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。另外机器有一块带有插槽的基板,实质上就是计算机总线。把这些模块按照控制系统的要求选取后,都插到基板上,就构成了一个完整的 PLC。

这种结构的优点是配置灵活、装配方便、易于扩展和维修。缺点是结构较复杂、体积较大、造价较高。一般大、中型 PLC 都采用这种结构,如三菱公司的 AN 系列、立石公司 C 系列的 C500、通用电气公司的 90TM-70 等。PLC 厂家备有不同槽数的基板供用户选用,如果一个基板容纳不下所选用的模块,可以增设一个或数个扩展基板,各基板之间用 I/O 扩展电缆相连,有的 PLC 需要通过接口模块来连接各基板。

(3) 叠装式

叠装式结构是单元式和模块式相结合的产物。把一系列 PLC 工作单元的外形都做成外观尺寸一致,CPU、I/O 接口及电源也可做成独立的,不使用模块式 PLC 中的基板,而是采用电缆连接各个单元,在控制设备中安装时可以一层一层地叠装,这就是叠装式 PLC。

叠装式 PLC 具有单元式和模块式 PLC 二者的优点,从近几年市场上看,单元式及模块式有结合为叠装式的趋势。如西门子公司的 S7-200 等。

1.3.2 按 I/O 点数、功能分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求,PLC 能够处理的输入输出信号数是不一样的。一般将一路信号叫作一个点,将输入点数和输出点数的总和称为机器的点数。按输入输出点数、功能和存储容量不同,PLC 可分为小型、中型和大型三类。

(1) 小型 PLC

小型 PLC 又称为低档 PLC,这类 PLC 的规模较小,它的输入输出点数一般从 20~128,其中输入输出点数小于 64 点的 PLC 又称为超小型机。用户存储器容量小于 2KB,具有逻辑运算、计时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能,有些还有少量的模拟量 I/O、算术运算、数据传送、远程 I/O 和通信等功能,可用于开关量控制、定时、计数控制、顺序控制及少量模拟量控制等场合,通常代替继电器、接触器控制,在单机或小规模生产过程中使用。常见的小型 PLC 产品有三菱公司的 F₁、F₂、FX₀ 系列,欧姆龙 SP20 系列和西门子公司的 S5-100U、S5-95U、S7-200 等。

(2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数通常在 120~512,用户程序存储器的容量为 2~8KB,除具有小型机的功能外,还具有较强的模拟量 I/O、数字计算、过程参数调节如比例、积分、微分(PID)调节、数据传输与比较、数制转换、中断控制、远程 I/O 及通信联网等功能。适用于既有开关量又有模拟量的较为复杂的控制系统,如大型注塑机控制、配料和称重等中小型连续生产过程控制,常见的机型有三菱公司的 A_{1S} 系列,立石公司的(欧姆龙)C200H、C500,西门子公司的 S5-115U 等。

(3) 大型 PLC

大型 PLC 又称高档 PLC,I/O 点数在 512 以上,其中 I/O 点数大于 8192 点的又称为超大型 PLC。大型 PLC 用户程序存储器的容量为 8KB 以上,除具有中型机的功能外,还具有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能函数运算、监视、记录、打印等功能以及强大的通信