

可编程序控制器原理及应用系列丛书

可编程序控制器 原理及逻辑控制

■ 林育兹 鲍平 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



可编程序控制器原理及应用系列丛书

可编程序控制器原理 及逻辑控制

林育兹 鲍平等编著



机械工业出版社

可编程序控制器原理及应用系列丛书

编 审 委 员 会

- 总策划：周 琰 工程师 中国电工技术学会工业自动化高技能人才培养部主任
- 主 编：阮于东 教授级高工 上海电器科学研究所
- 副主编：江龙康 高工 中国自动化学会电气自动化专业委员会副主任委员
ODVA China 执委会主席
- 蔡忠勇 高工 上海电器科学研究所
- 主 审：欧阳沪群 高工 欧姆龙自动化(中国)统辖集团
- 编审委员会成员：
- 戴一平 浙江机电职业技术学院
- 叶竹范 上海电器科学研究所
- 贡克勤 机械工业出版社
- 彭 涛、朱妙其
- 王崇榘、程国平 欧姆龙自动化(中国)统辖集团
- 李春磊、裴军明
- 董燕霞、陈建瓴

编审委员会联系方式：cslplc@126.com (邮箱)
021-50372222 * 1841 (电话)

序

工业化任务尚未完成的中国，又面临信息化时代的即将到来。工业化与信息化的并行，决定了中国只能走新型工业化道路，以信息化提升工业化，以工业化促进信息化。信息化、工业化的共同任务是提高工业化的效率、效益，减少环境污染，降低资源消耗，从而加速工业化的进程；同时，工业化对信息化是一种巨大的需求拉动，促进了经济、社会各方面实现信息化。信息化和工业化的一个交汇点，即信息技术在工业领域，尤其是制造业的广泛应用，以信息技术提高制造业的自动化、智能化，促进制造业产业升级。计算机技术、自动控制技术和网络通信技术则是对制造业的提升具有十分重要作用的信息技术。

近些年来，我国制造业通过信息技术的应用，大力推进制造业信息化，使制造业的快速响应市场能力、研究开发能力、企业管理水平有了较大提高。为了取得制造业信息化的应有效果，从我国制造业企业的实际出发，要突出强调从信息化的底层做起，即把产品智能化、数字化，设计数字化，生产过程自动化、智能化放在重要位置来抓，并做好基础管理工作，在此基础上，进一步做好管理数字化和产业层次的信息化。

可编程序控制器（PLC）是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代 PLC 综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术，其功能已十分强大，超出了原先概念的 PLC，应用越来越广泛、深入，已进入到系统的过程控制、运动控制、通信网络、人机交互等领域。系统了解 PLC 的技术原理、软件编程、应用示例、发展趋势，已是广大工程技术人员、院校师生、技术管理人员的迫切愿望。在 OMRON 公司

的大力支持下，由多所高等学校教师和长期从事 PLC 应用研究人员共同编写的“可编程序控制器原理及应用系列丛书”，将能满足这一愿望和要求。

相信这套系统原理完善、涵盖知识全面、应用内容丰富的丛书，将为关心、了解、应用 PLC 的人们所喜爱，也将为推广应用 PLC，推进制造业信息化做出应有的贡献。

中国机械工业联合会执行副会长

中国机械工程学会副理事长 朱森第

中国机电一体化技术协会理事长

2005 年 5 月 11 日 于北京

前 言

本书系“可编程序控制器原理及应用系列丛书”分册之一，全套丛书共五分册，读者可按实际需要选择不同分册进行阅读。

《可编程序控制器原理及逻辑控制》

《可编程序控制器过程控制技术》

《可编程序控制器运动控制技术》

《可编程序控制器通信与网络》

《触摸式可编程终端》

可编程序控制器简称 PLC，它是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代 PLC 综合了计算机技术、自动控制技术和网络信通技术，其功能已经远远超出了逻辑控制范围，广泛涉及到系统的过程控制、运动控制、通信网络、人机交互等应用领域。《可编程序控制器原理及逻辑控制》是本套丛书的基础篇，全书以 OMRON 公司 CS1 系列 PLC 为主要对象，力求从工程应用的角度出发，在介绍 PLC 硬件原理和软件编程知识的基础上，侧重于介绍 PLC 在逻辑控制方面的应用示例。本书工程性强，简明实用，理论与实践紧密结合，精选的示例随各章内容的深入由简到繁，方便读者循序渐进地学习与实践。本书内容与其他分册联系紧密，是学习和掌握 PLC 系统应用技术的基础。因此，本书可作为高等院校自动化、计算机应用、机械制造、机电一体化及其相关专业的教学用书，也可供工程技术人员培训和自学 PLC 的教材使用，是 PLC 用户一本实用性与实践性较好的参考书籍。

全书共分 6 章。第 1 章可编程序控制器基础，由林育兹编写，主要介绍 PLC 的基本概念和基本原理；第 2 章 PLC 的硬件系统，由林育兹、黄勇航、郑德勇编写，主要介绍 CS1 系列 PLC

的硬件原理与配置、单元功能及应用；第3章常用指令与编程，由林育兹、王晓力、陈明应编写，介绍CS1系列PLC的基本指令、数据操作指令、常用控制指令、高级指令和编程示例等，第4章编程工具及其使用，由鲍平、郑德勇编写，详细介绍OMRON公司CX-Programmer的编程方法，也简要介绍了手握编程器的一般使用方法；第5章任务编程，由林育兹、王晓力编写，介绍了CS1系列PLC任务编程的功能和示例；第6章PLC的应用设计、使用与维护，由林育兹编写，结合逻辑控制示例介绍如何应用OMRON公司的PLC进行系统设计，并简要介绍了PLC设计的基本原则、选型及维护的基本方法。本书由戴一平教授审核，全书由林育兹统稿，书中程序由鲍平、王晓力和陈明应负责调试。

中国机械工业联合会执行副会长、中国机械工程学会副理事长、机电一体化协会理事长朱森第教授精心为丛书撰写了序，在此谨致以衷心感谢和诚挚敬意！

本书在编写过程中，还得到了北京联合大学曹辉老师、清华大学田明老师、武汉大学汪小澄老师、上海交通大学施光林老师和浙江省机电职业技术学院戴一平老师等的热心指导，在此向他们表示崇高的敬意和衷心地感谢。

本书中引用了参考文献中部分作者的一些研究成果，也借此机会一并表示感谢。

由于本书编者水平所限，加上编写时间紧迫，书中一定存在着不少的疏漏和错误，恳请读者批评指正，也希望更多的读者提出建议，使本书再版时能得以修正。

作 者

2005年5月

E-mail: xiadajidian@163.com

目 录

序

前言

第 1 章 可编程序控制器基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 可编程序控制器的产生与分类	1
1.1.2 PLC 的编程语言	6
1.1.3 PLC 的基本元件及控制	8
1.1.4 PLC 的基本功能及应用领域	13
1.2 现代 PLC 的主要特点及发展趋势	16
1.3 PLC 的基本结构及技术指标	20
1.3.1 PLC 的基本结构类型	20
1.3.2 PLC 的组成单元	22
1.3.3 PLC 的主要性能指标	26
1.4 PLC 的基本工作原理	28
1.4.1 PLC 的循环扫描方式	28
1.4.2 PLC 的循环扫描过程	28
1.4.3 PLC 的 I/O 响应时间	30
思考题	32
第 2 章 PLC 的硬件系统	33
2.1 机架、电源与 CPU 单元	33
2.1.1 PLC 机架	33
2.1.2 电源单元	34
2.1.3 CPU 单元	37
2.2 PLC 的存储区分配	42
2.2.1 存储区概述	42
2.2.2 CIO 区的分配	45

2.2.3 专用继电器区的分配	48
2.2.4 数据区的分配	50
2.2.5 标志区	52
2.2.6 参数区	53
2.3 基本 I/O 单元	54
2.3.1 基本 I/O 单元的原理	54
2.3.2 高密度基本 I/O 单元	58
2.3.3 基本 I/O 单元的通道分配	63
2.4 过程控制单元	69
2.4.1 模拟量输入单元	69
2.4.2 模拟量输出单元	72
2.4.3 温度信号输入单元	75
2.4.4 PLC 的回路控制装置	84
2.5 运动控制单元	89
2.5.1 NC 单元	90
2.5.2 MC 单元	96
2.6 通信与网络单元	98
2.6.1 串行通信单元	98
2.6.2 DeviceNet 通信系统	102
2.6.3 Controller Link 通信系统	105
2.6.4 以太网通信系统	108
2.7 触摸式可编程终端	112
2.7.1 PT 的主要特点	112
2.7.2 PT 的外观结构	113
2.7.3 支持工具简介	115
2.7.4 基本使用举例	117
2.7.5 可提供的外围设备	119
2.8 PLC 的双机系统	120
2.8.1 PLC 的双机系统概述	120
2.8.2 CS1D 双机系统的配置	121
2.8.3 双机单元	129
思考题	134

第 3 章 常用指令与编程	135
3.1 基本指令	135
3.1.1 顺序输入指令	136
3.1.2 顺序输出指令	141
3.1.3 顺序控制指令	145
3.1.4 定时器和计数器指令	154
3.2 数据操作指令	166
3.2.1 数据传送指令	166
3.2.2 数据移位指令	176
3.2.3 数据比较指令	191
3.2.4 其他数据指令	195
3.3 常用控制指令	200
3.3.1 子程序控制指令	201
3.3.2 中断控制指令	205
3.3.3 块指令	211
3.4 高级指令及其他指令	222
3.4.1 数据控制指令	222
3.4.2 通信网络指令	229
3.4.3 调试与错误诊断指令	236
3.4.4 其他指令	246
3.5 PLC 应用程序的编程	247
3.5.1 PLC 在电动机控制中的应用	247
3.5.2 PLC 在信号产生与变换中的应用	249
3.5.3 PLC 在顺序控制方面的应用	252
3.5.4 机械手的控制程序设计	255
思考题	261
第 4 章 编程工具及其使用	264
4.1 CX-P 编程软件简介	264
4.1.1 CX-P 编程软件的安装	265
4.1.2 CX-P 的基本功能	267
4.2 CX-P 的操作界面与基本操作	268
4.2.1 CX-P 的操作界面	268

4.2.2 CX-P 的基本操作	275
4.3 离线编程	277
4.3.1 新程序的建立和设置	277
4.3.2 程序的输入、编辑和编译	285
4.4 程序管理	289
4.5 在线操作	291
4.5.1 程序的运行	291
4.5.2 程序的在线编辑	297
4.5.3 程序的监视	298
4.5.4 程序的密码保护	302
4.6 CX-Simulator 的使用	304
4.7 手握编程器的使用	318
4.7.1 手握编程器的面板结构	319
4.7.2 手握编程器的基本操作	321
4.8 CX-P 的使用示例	328
思考题	334
第 5 章 任务编程	336
5.1 任务编程概述	336
5.1.1 任务编程的特点和类型	336
5.1.2 CPU 单元的基本操作	339
5.1.3 循环任务的状态与转换	340
5.2 使用任务	341
5.2.1 开关任务与任务限制	341
5.2.2 任务的执行条件与关联因素	343
5.2.3 有关任务的编程设备操作	345
5.3 循环任务的编程	347
5.3.1 设计任务的一般要求	347
5.3.2 循环任务的标志	349
5.4 中断任务的编程	351
5.4.1 中断任务的类型与标志	351
5.4.2 中断任务的优先级	357
5.4.3 使用中断任务的注意事项	357

思考题	363
第 6 章 PLC 的应用设计、使用与维护	364
6.1 PLC 的应用设计	364
6.1.1 PLC 系统设计的基本原则	364
6.1.2 PLC 的硬件设计	365
6.1.3 PLC 的软件设计	372
6.2 PLC 的安装与接线	374
6.2.1 PLC 的安装	374
6.2.2 各单元与机架的连接	375
6.2.3 PLC 与输入/输出设备的连接	378
6.2.4 PLC 与计算机的连接	387
6.2.5 PLC 接线时应注意的问题	389
6.3 PLC 的应用设计举例	390
6.4 用户可更换的部件	408
6.4.1 更换电池	408
6.4.2 更换单元	409
6.5 PLC 的故障检查与排除	411
6.5.1 PLC 的故障信息与处理	411
6.5.2 PLC 的故障检查流程图	415
6.5.3 机架单元常见故障的诊断与排除	417
思考题	426
附录 辅助区的标志位功能	427
参考文献	449

第 1 章

可编程序控制器基础



1.1 概述

1.1.1 可编程序控制器的产生与分类

1. 可编程序控制器的产生

在 20 世纪 60 年代以前，工业中许多生产顺序主要使用继电器控制系统，它通常由输入部分、继电接触器控制部分、输出部分和生产现场等构成，如图 1-1 所示。其中，生产现场是指各种控制对象（例如电动机、阀门）的生产过程；输入部分由按钮、行程开关、限位开关、传感器等构成，它将来自生产现场的各种控制信号送入控制电路；继电接触器控制部分是控制系统的核心，由继电接触器、分立电子元器件等构成，用于对输入信号进行处理，产生相应控制信号并送到输出部分；输出部分由接触器、电磁阀等执行元器件构成，它根据输出控制信号对生产现场的各种控制对象实施控制。由于图 1-1 通过继电接触器触点的连接实现顺序控制和逻辑控制，故该系统称为有触点控制系统。这种系统的控制原理简单、直观，无电磁兼容问题，操作使用方便。对于简单控制设备，其成本低。但该系统通常针对某一固定的动作顺序或生产工艺进行设计，其控制功能也局限于逻辑关系、定时、计数等一些简单的控制，不能实现记忆、顺序和连续量调节等复杂控制。随着工业生产规模的逐步扩大，继电接触器控制系统就愈来愈难以适应工业发展的需求。

到了 20 世纪 60 年代，随着半导体技术的出现和发展，晶体管、半导体集成电路等标准化逻辑元器件（如与门、或门、存储器、延时单元、计数器、比较器等）在工业生产控制系统中

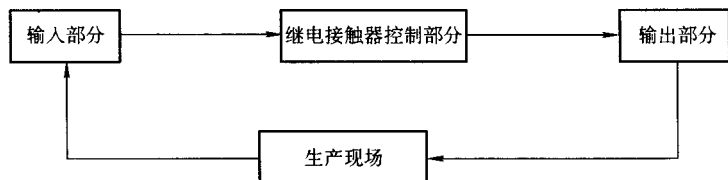


图 1-1 继电器接触器控制系统结构框图

得到了应用，图 1-1 中的继电器接触器控制部分就由各种半导体器件替代，为无触点控制系统。它不仅可以实现逻辑控制，也可以实现顺序控制和数字运算等功能。通过半导体功能单元的组合，还可以实现特定的控制要求，对各种复杂功能进行控制。由于该系统寿命长，可靠性高，功能齐全，因此它逐步取代了有触点控制系统。但无触点控制系统必须针对特定的应用加以定制组装，使得硬件功能单元的品种繁多，生产成本低，控制系统难以实现大规模生产，现场修改困难，使用不够灵活。因此，无触点系统还是难以实现大规模的工业应用。

计算机的出现给大规模工业自动化带来了曙光。1968 年，美国最大的汽车制造厂商通用汽车（GM）公司提出了公开招标方案，设想将功能完备、灵活通用的计算机技术与继电器接触器便于使用的特点相结合，把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化，用面向过程、面向问题的“自然语言”编程，生产一种新型的工业通用控制器，使人们不必花费大量的精力进行计算机编程，也能像继电器接触器那样方便地使用。这个方案首先得到了美国数字设备（DEC）公司的积极响应，并于第二年研制出了第一台符合招标要求的可编程序控制器，而且在 GM 公司的汽车自动装配线上试验获得了成功。这一时期的可编程序控制器，虽然采用了计算机的设计思想，但实际上只能完成逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能。因此，人们将它命名为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC（后来有称为 PC 的，但为了避免与个人计算机 PC 相混淆，本书仍然

使用 PLC 这个简称)。

随着大规模集成电路和微处理器在 PLC 中的应用,使 PLC 的性能不断得到提高,功能不断得到增强,应用范围不断得到扩大。为了规范 PLC 产品的生产,有序地推进 PLC 的发展,1987 年国际电工委员会(IEC)通过了对可编程序控制器的定义:“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器,用来在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指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种机械或生产过程。可编程序控制器及其有关的外围设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩展功能的原则而设计。”从此,PLC 在标准化、系列化的方向上得到了飞速的发展。

PLC 是以微处理器(Microprocessor)为核心,综合了计算机技术、自动化控制技术和通信技术发展起来的一种通用型的工业控制装置。现代 PLC 不仅具有早期 PLC 的逻辑控制功能,还具有算术运算、模拟量处理、数据处理、控制、通信和联网等功能。特别是它的高可靠性和适应恶劣工业环境的能力,是其他工业控制系统难以比拟的。

PLC 控制系统与其他工业控制系统的比较,如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 控制系统与其他工业控制系统的比较

比较内容	有接点控制系统	无接点控制系统	PLC 控制系统
控制功能的实现	由许多继电器组成,通过接点连接实现	由许多逻辑元件组成,通过硬件接线和控制状态实现,无接点	通过软件来实现,无机械触点,简化硬件
产品的标准化	非标准化产品,按特定需要进行设计生产	可做成标准化单元,但整机定制	产品为标准化单元,可按需灵活组合
对现场的适应性	适应性最差,改造困难	适应性差,难以大规模生产	适应性强,可编程实现

(续)

比较内容	有接点控制系统	无接点控制系统	PLC 控制系统
记忆、顺序控制等功能	没有	有	有
控制速度	低, 靠机械动作实现	快, 靠硬件和机械动作实现	快, 靠微处理器处理
安装、施工	接线多, 施工繁, 容易出错	接线多, 出错少	安装容易, 施工简便
寿命	短	短	长
可靠性	差, 接点多, 故障多	一般, 接线多, 元件多	高, 采取可靠性措施
可扩展性	困难	困难	容易
维护量	工作量大, 故障不容易查找	元器件多, 查找故障困难	有自诊断能力, 维护工作量少

2. PLC 的分类

PLC 的种类很多, 所实现的功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大差异。因此, PLC 的分类至今没有一个严格的统一标准。一般是按照其结构形式、控制规模、实现的功能等进行大致地划分。

(1) 按结构形式分类 PLC 按照硬件的结构形式可以分为整体式和单元式。整体式 PLC 外观上是一个长方形箱体, 又称箱体式 PLC, 它将电源、CPU、I/O 部件都集中在一个机箱内, 具有结构紧凑、体积小和价格低的特点, 一般的微型机或小型机 PLC 都采用这种结构。单元式 PLC 是将 PLC 按功能部分做成若干单元, 如 CPU 单元、电源单元、基本 I/O 单元及各种功能单元。单元式 PLC 由机架(总线)和各种单元组成。这种结构在硬件上具有较大的灵活性, 各种单元可以像积木那样方便组合、装配、扩展和维修, 还可根据需要选配不同单元组成不同控制规模和功能的 PLC 控制系统。一般大中型 PLC 都采用单元式结构, 有的称之为模块式结构。

除了上述两种结构之外,有些厂家近年来还开发了叠装式结构的 PLC 产品,其主要特点是吸收了整体式和单元式 PLC 的优点,各种单元、CPU 自成独立的单元(其尺寸可以不同),相互之间通过电缆或插接头直接连接,而且各单元可以一层层地叠装起来,不需要安装机架(或总线板),既达到配置灵活,又可减小体积,适合于机电一体化的需要。

(2) 按控制规模分类 PLC 的控制规模主要是指所控制开关量的输入、输出路数(也称为点数)及模拟量的输入、输出路数。但主要以开关量的点数计算,模拟量的路数可折算成开关量的点数,一般一路相当于 8~16 点。根据 I/O 点数的不同,PLC 大致可分为微型机(几点至几十点)、小型机(几十点至上百点)、中型机(上百点至上千点)、大型机(上千点至几千点)、超大型机(几千点至上万点)。

(3) 按控制功能分类 按 PLC 控制功能的强弱,可分为低档机、中档机和高档机。低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,有的还可能具有模拟量输入输出、算术运算、以及远程 I/O、通信联网等控制功能。中档机除了具有低档机的功能外,还具有模拟量输入输出、比较、数据处理、远程 I/O 和通信联网等功能,可完成既有开关量又有模拟量的控制任务。高档机除了具有中档机的功能外,还具有带符号运算、矩阵运算、平方根运算及其他特殊函数运算、表格处理等其他功能,使得 PLC 的运算功能更强,特别是高档机所具有的模拟量调节和强大的通信联网等功能,可以进行智能控制、远程控制和大规模过程控制。高档机通过网络与智能单元(或其他设备)进行通信,可构成集散式控制系统 DCS,以实现工厂的自动化管理。

(4) 按生产厂家分类 目前世界上能生产 PLC 的厂家较多,大致可以分成美国、欧洲和日本三个流派。在中国市场占有率较大份额,较有影响的公司和 PLC 系列机型有:德国西门子公司,主流产品如 S5-95U、100U、135U 及 155U。135U、155U 机型,