

可编程序控制器 及其通信网络技术

郭宗仁 等 编著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

全书共分为十一章：第一、第二章简要介绍可编程序控制器的组成和工作原理，第三至第五章介绍可编程序控制器的指令系统和软件设计基础，第六章是外围装置与接口，第七、第八章介绍可编程序控制器的系统设计和计算机辅助编程，第九章介绍可编程序控制器通信网络，第十、第十一章介绍可编程序控制器的安装、维护及实际应用。

本书是目前已出版发行的同类书中内容较全面的一本。书中从实际应用出发，对PLC的指令系统、软件设计、系统构成以及通信网络技术等进行了全面系统的介绍，使读者能站在PLC系统的高度学习和掌握PLC的硬件、软件及其应用技术。书中还介绍了当前PLC的最新技术和产品以及PLC在工业控制系统中的地位和今后发展的趋势。

本书具有系统性、实用性，可作为大专院校工业自动化、机电工程、电气技术及其它有关专业的教材，也可供广大工程技术人员参考和培训班使用。

可编程序控制器及其通信网络技术

◆ 编 著 郭宗仁等

责任编辑 刘兴航 苏 欣

特约编辑 叶宝英

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092 1/16

印张：28.5

字数：710千字

1999年5月第1版

印数：4 001—8 000册

1999年9月北京第2次印刷

ISBN 7-115-07618-9/TN·1453

定价：39.00元

编写人员

主 编 郭宗仁

副主编 吴亦锋

其他编写人员(按章节顺序排列):

包培友 邱 宁 温步瀛 邓宇平

陈先春 邱康华 郭 永 张能钦

前 言

可编程序控制器(PLC)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而发展起来的一种新型、通用的自动控制装置。具有结构简单、性能优越、可靠性高、灵活通用、易于编程、使用方便等优点,近年来在工业自动控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到了广泛的应用。

PLC技术发展很快,新产品层出不穷,近年来虽然出版了一些介绍PLC的书,但却远远跟不上PLC新产品的发展。PLC作为一种工业控制装置,应该从控制系统的角度来阐述PLC的应用。遗憾的是,将PLC原理与实际应用紧密结合起来的著作很少,这就给广大工程技术人员应用PLC解决实际问题带来了极大的困难。

本书从实际应用出发对PLC进行全面介绍。从系统构成、编程指令、外围装置与接口、应用软件设计、通信网络等方面详细介绍了PLC的硬件、软件及其应用,使读者能站在整个系统的高度掌握PLC实际应用的技术,将读者引入PLC应用的更广阔天地。

网络化是当今世界的潮流,现代PLC产品都具有通信网络功能。但在已出版的PLC书中介绍这方面知识的却寥寥无几。本书贴近时代脉搏,以相当的篇幅详细介绍了PLC的通信网络技术。通过PLC网络将设备级控制与生产线控制同工厂管理相结合,构成一个多级分布式控制系统,使控制和管理合为一体,进而创造出更高的效益。

众所周知,以往PLC的编程主要靠人的经验和智慧。如能借助计算机,把计算机处理信息的强大功能与人的智慧结合起来,进行计算机辅助编程,可以大大提高编程效率,提高编程质量,达到事半功倍的效果。可是近几年出版的书中有关PLC计算机辅助编程的内容很少。为满足读者的需要,本书还介绍了OMRON公司辅助编程和监控的最新软件SSS(SYSMAC Support Software)(中文版)的使用。

本书没有采用罗列各种PLC型号的做法,而是以国内应用较多的OMRON C系列PLC为样机,并兼顾三菱F系列,系统地介绍PLC实际应用技术。使读者触类旁通,举一反三。

本书在编写过程中,收集和参考了国内外大量的PLC技术资料,加以整理、改写、删减,加上作者的长期科研、工程实践和教学所积累的经验 and 科技成果,使全书内容丰富、使用方便。

全书共分为十一章:第一、第二章简要介绍可编程序控制器的组成和工作原理,第三至第五章介绍可编程序控制器的指令系统和软件设计基础,第六章是外围装置与接口,第七、第八章介绍可编程序控制器的系统设计和计算机辅助编程,第九章介绍可编程序控制器通信网络,第十、十一章介绍可编程序控制器的安装、维护及实际应用。全书由郭宗仁、吴亦锋统稿。

本书可作为大专院校工业自动化、机电工程、电气技术及其它有关专业的教材,也可

供广大工程技术人员参考和培训班使用。

人民邮电出版社刘兴航编审和苏欣编辑对本书的编写给予极大的支持和帮助，林云志等同志为本书收集了资料，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，再加上时间仓促，错漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1998年11月于福州大学

目 录

第一章 可编程序控制器概述	1
第一节 可编程序控制器的由来与定义	1
第二节 可编程序控制器的特点和应用	2
一、PLC 的主要特点	2
二、PLC 的应用范围	4
第三节 可编程序控制器与其他工业控制系统的比较	5
一、PLC 控制与继电器控制的比较	5
二、PLC 与通用计算机的比较	6
三、PLC 与集散控制系统的比较	6
第四节 可编程序控制器的发展趋势	7
一、向高速、大存储容量方向发展	7
二、向多品种方向发展	7
第二章 可编程序控制器的基本组成和工作原理	9
第一节 可编程序控制器的基本组成	9
一、中央处理单元(CPU)	10
二、存储器	10
三、输入/输出模块	11
四、编程器	12
第二节 可编程序控制器的工作原理	14
一、循环扫描工作方式	14
二、可编程序控制器的工作过程	14
三、扫描过程的简单实例	17
第三节 可编程序控制器的编程语言	18
一、梯形图语言	18
二、助记符语言	19
第三章 欧姆龙可编程序控制器及其指令系统	21
第一节 欧姆龙可编程序控制器概述	21
一、分类	21
二、PLC 的系统构成与特性	24

第二节 C200H PLC的数据区及编程元件编号	28
一、C200H PLC 的数据存储区	28
二、C200H PLC 编程元件编号	36
第三节 指令系统及其简单编程	37
一、概述	37
二、梯形图基本指令	40
三、数据传送、移位、比较、转换指令	56
四、运算指令	101
五、子程序和中断控制指令	126
六、步进指令	131
七、专用指令	136
八、SYSNET 网络指令	140
第四节 编程器及其使用	145
一、概述	145
二、简易编程器的面板	145
三、编程器的使用	146
第四章 三菱F系列可编程序控制器及其指令系统	157
第一节 F系列可编程序控制器概述	157
一、F 系列 PLC 的基本构成与特点	157
二、F 系列 PLC 型号命名的基本格式	158
三、F 系列 PLC 的技术指标	158
第二节 F1系列可编程序控制器的编程元件及其编号	160
第三节 F1系列可编程序控制器的基本逻辑指令	162
一、基本逻辑指令	162
二、基本逻辑指令应用举例	163
第四节 功能指令	168
一、功能指令的基本格式	168
二、功能指令原理	169
三、PLC 的数据格式	169
四、功能指令及其编程方法	171
第五章 可编程序控制器软件设计基础	181
第一节 软件设计内容	181
一、系统总体设计的思维方法	181
二、PLC 应用软件设计的内容	181
第二节 可编程序控制器程序设计步骤	184
一、程序设计步骤	184
二、程序设计流程图	186

第三节 程序设计标准	187
第四节 可编程序控制器应用程序的设计方法	188
一、经验设计法	188
二、逻辑设计法	188
三、状态分析法	190
四、利用状态转移图设计法	191
第五节 常用基本环节编程	196
一、延时电路	197
二、大容量计数器	199
三、C 系列 PLC 计数器的扩展	200
四、分频电路	202
五、闪光电路	203
六、脉冲发生器	204
七、多谐振荡电路	205
八、保持电路	206
九、比较电路	206
十、优先电路	207
十一、状态保持电路	209
十二、单钮起停控制电路	210
第六章 可编程序控制器外部装置与接口	211
第一节 传感器	211
一、传感器的分类	211
二、传感器的基本性能参数	212
三、传感器选用的一般原则	215
四、温度传感器举例	218
第二节 执行装置	228
一、接触器	229
二、执行器	231
三、气动与液动执行装置用电磁阀	236
第三节 输入/输出接口	236
一、输入电源电压的选择	236
二、输出形式和适用的负载	236
三、输入口的正确使用	237
四、输出口的正确使用	241
五、实际应用时应注意的问题	243
第七章 可编程序控制器的系统设计	245
第一节 可编程序控制器系统设计的内容和步骤	245

一、PLC 系统设计的原则与内容	245
二、PLC 系统设计的步骤	245
第二节 可编程序控制器的硬件设计	246
一、选择 PLC 的型号	246
二、PLC 容量估算	248
三、开关量 I/O 模块的选择	248
四、分配输入/输出点	250
五、特殊功能模块的选用	251
第三节 可编程序控制器的软件系统	262
一、PLC 系统软件功能	262
二、PLC 系统应用软件的设计	263
第四节 可编程序控制器系统设计举例	265
一、分析工艺过程,明确控制要求	265
二、制定系统的抗干扰措施	265
三、统计输入、输出点数并选择 PLC 型号	265
四、分配 PLC 的输入/输出端子	266
五、PLC 控制程序设计	269
第八章 计算机辅助编程	273
第一节 计算机辅助编程的支持软件SSS简介	273
一、SSS(SYSMAC Support Software)使用环境	273
二、SSS(中文版)的主要功能	274
第二节 SSS软件的使用	275
一、几种基本使用方式	275
二、窗口调用关系	275
三、SSS 使用的主要步骤	275
四、SSS 使用流程图	279
第三节 计算机辅助编程举例	279
一、编程前的工作	280
二、编程	281
第九章 可编程序控制器的通信及网络	291
第一节 通信网络的基础知识	291
一、数据通信基础	291
二、工业局域网基础	302
第二节 PLC网络的上位连接系统	309
一、系统的构成	309
二、系统结构	315
三、计算机与 PLC 通信	318

第三节 PLC网络的下位连接系统	323
一、系统的构成	323
二、系统的分类	324
三、系统介绍	325
四、通道与结束端的设定	329
五、下位连接系统的操作步骤	334
六、数据传送	334
第四节 PLC网络的同位连接系统	334
一、系统的特点	334
二、系统的构成	335
三、PLC 链接单元的最大配置	336
四、LR 区数据	337
五、LR 区的划分	339
六、PLC 链接单元的使用	348
第五节 SYSMAC网络连接系统	358
一、SYSMAC 网络连接系统的特点	358
二、SYSMAC 网络连接系统构成	358
三、常用的网络装置	360
四、数据传送	361
第十章 可编程序控制器的安装与维护	363
第一节 可编程序控制器的工程安装与试运行	363
一、安装环境	363
二、PLC 系统的工程安装	365
三、PLC 试运行	368
第二节 可编程序控制器的维护和故障诊断	369
一、检查与维护	369
二、故障查找	370
三、故障的处理	375
第三节 抗干扰措施	379
一、抑制电源系统引入的干扰	379
二、抑制接地系统引入的干扰	381
三、抑制输入输出电路引入的干扰	383
第十一章 可编程序控制器实际应用	389
第一节 可编程序控制器在曲轴磨床数控系统中的应用	389
一、系统工作原理	389
二、系统硬件设计	390
三、系统软件设计	391

第二节 可编程序控制器在模糊控制系统中的应用	398
一、什么是模糊控制	398
二、模糊控制实现的步骤与方法	399
三、应用实例——光电纠偏自动控制系统	406
第三节 PLC在邮政转运推挂控制系统中的应用	410
一、概述	410
二、工艺流程及控制功能要求	411
三、转运推挂控制系统的总体设计	412
四、PLC 机型的选择	413
五、硬件配置和系统硬件结构	416
六、软件设计	417
附录A C200H PLC指令执行时间	421
附录B 错误信息	429
一、读出/清除错误信息	429
二、系统错误	429
三、编程时出现的错误	430
四、编程错误	430
五、在操作录音机时错误	431
六、故障	431
附录C SSS(中文版)操作功能	433
一、离线操作	433
二、在线操作	436
三、离线和在线操作	439
附录D 上位机与CQM1链接的通信	441

第一章 可编程序控制器概述

可编程序控制器(Programmable Controller)通常也可简称为可编程控制器,英文缩写为PC或PLC,是以微处理器为基础,综合了计算机技术,自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小,功能强,程序设计简单,灵活通用,维护方便等一系列的优点,特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣工业环境的能力,更是得到用户的好评。因而在冶金、能源、化工、交通、电力等领域中得到了越来越广泛的应用,成为现代工业控制的三大支柱(PLC,机器人和CAD/CAM)之一。

第一节 可编程序控制器的由来与定义

在可编程序控制器问世以前,工业控制领域中是继电器控制占主导地位。这种由继电器构成的控制系统有着十分明显的缺点:体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高,尤其是对生产工艺多变化的系统适应性更差,如果生产任务或工艺发生变化,就必须重新设计,并改变硬件结构,造成了时间和资金的严重浪费。为改变这一现状,早在1968年,美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM),为了适应汽车型号不断更新以求在激烈竞争的汽车工业占有优势,提出要研制新型的控制装置以取代继电器控制装置,为此,特定十项公开招标的技术要求,即:

- (1) 编程简单方便,可在现场修改程序;
- (2) 硬件维护方便,最好是插件式结构;
- (3) 可靠性要高于继电器控制装置;
- (4) 体积小于继电器控制装置;
- (5) 可将数据直接送入管理计算机;
- (6) 成本上可与继电器竞争;
- (7) 输入可以是交流115V;
- (8) 输出为交流115V, 2A以上,能直接驱动电磁阀;
- (9) 扩展时,原有系统只需做很小的改动;
- (10) 用户程序存储器容量至少可以扩展到4KB。

第二年,美国数字公司(DEC)就研制出世界上第一台可编程序控制器,并在GM公司自动装配线上试用,获得了成功。其后日本、德国等相继引入这项新技术,可编程序控制器由此而迅速发展起来。在这一时期,可编程序控制器虽然采用了计算机的设计思想,但实际上只能完成顺序控制,仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能。所以人们将

可编程序控制器又称为PLC(Programmable Logical Controller)，即可编程序逻辑控制器。

70年代末至80年代初，微处理器技术日趋成熟，使可编程序控制器的处理速度大大提高，增加了许多特殊功能，如：浮点运算，函数运算，查表等。使得可编程控制不仅可以进行逻辑控制，而且还可以对模拟量进行控制。因此，美国电器制造协会NEMA(National Electrical Manufacturers Association) 将之正式命名为PC(Programmable Controller)。

80年代后，随着大规模和超大规模集成电路技术的迅猛发展，以16位和32位微处理器构成的微机化可编程序控制器得到了惊人的发展，使之在概念上，设计上，性能价格比等方面有了重大的突破。可编程序控制器具有了高速计数，中断技术，PID控制等功能，同时联网通信能力也得到了加强，这些都使得可编程序控制器的应用范围和领域不断扩大。为使这一新型的工业控制装置的生产和发展规范化，国际电工委员会(IEC)制定了PLC的标准，并给出了它的定义：

“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命令，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。可编程序控制器及其有关的设备，都应按易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充功能的原则而设计。”

值得注意的是，目前国内对可编程序控制器的简称用英文缩写表示有两种：一是PC，二是PLC。因为个人计算机的简称也是PC(Personal Computer)，有时为了避免混淆，人们习惯上仍将可编程序控制器简称为PLC(尽管这是早期的名称)。本书采用PLC的称呼。

第二节 可编程序控制器的特点和应用

一、PLC的主要特点

由于控制对象的复杂性，使用环境的特殊性和运行工作的连续长期性，使得PLC在设计、结构上具有许多其他控制器所无法相比的特点。

1. 可靠性高，抗干扰能力强

这是用户关心的首要问题。为了满足PLC“专为在工业环境下应用设计”的要求，PLC采用了如下硬件和软件的措施：

- (1) 光电耦合隔离和R-C滤波器，有效的防止了干扰信号的进入。
- (2) 内部采用电磁屏蔽，防止辐射干扰。
- (3) 采用优良的开关电源，防止电源线引入的干扰。
- (4) 具有良好的自诊断功能。可以对CPU等内部电路进行检测，一旦出错，立即报警。
- (5) 对程序及有关数据用电池供电进行后备，一旦断电或运行停止，有关状态及信

息不会丢失。

(6) 对采用的器件都进行了严格的筛选和老化, 排除了因器件问题而造成的故障。

(7) 采用了冗余技术进一步增强了可靠性。对于某些大型的PLC, 还采用了双CPU构成的冗余系统, 或三CPU构成的表决式系统。

随着构成PLC的元器件性能的提高, PLC的可靠性也在相应提高。一般PLC的平均无故障时间可达到几万小时以上。某些PLC的生产厂家甚至宣布, 今后它生产的PLC不再标明可靠性这一指标, 因为对PLC这一指标已毫无意义了。经过大量实践人们发现PLC系统在使用中发生的故障, 大多是由于PLC的外部开关, 传感器, 执行机构引起的, 而不是PLC本身发生的。

2. 通用性强, 使用方便

现在的PLC产品都已系列化和模块化了, PLC配备有各种各样品种齐全的I/O模块和配套部件供用户使用, 可以很方便地搭成能满足不同控制要求的控制系统。用户不再需要自己设计和制作硬件装置。在确定了PLC的硬件配置和I/O外部接线后, 用户所做的工作只是程序设计而已。

3. 程序设计简单, 易学, 易懂

PLC是一种新型的工业自动化控制装置, 其主要的使用对象是广大的电气技术人员。PLC生产厂家考虑到这种实际情况, 一般不采用微机所用的编程语言, 而采取与继电器控制原理图非常相似的梯形图语言, 工程人员学习, 使用这种编程语言十分方便。这也是为什么PLC能迅速普及和推广的原因之一。

4. 采用先进的模块化结构, 系统组合灵活方便

PLC的各个部件, 包括CPU、电源、I/O(其中也包含特殊功能的I/O)等均采用模块化设计, 由机架和电缆将各模块连接起来。系统的功能和规模可根据用户的实际需求自行组合, 这样便可实现用户要求的合理的性能价格比。

5. 系统设计周期短

由于系统硬件的设计任务仅仅是依据对象的要求配置适当的模块, 如同点菜一样方便, 这样就大大缩短了整个设计所花费的时间, 加快了整个工程的进度。

6. 安装简便, 调试方便, 维护工作量小

PLC一般不需要专门的机房可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与PLC相应的I/O端相连, 系统便可以投入运行, 安装接线工作量比继电器控制系统少得多。PLC软件的设计和调试大都可以在实验室里进行, 用模拟实验开关代替输入信号, 其输出状态可以观察PLC上的相应发光二极管, 也可以另接输出模拟实验板。模拟调试好后, 再将PLC控制系统安装到现场, 进行联机调试, 这样既节省时间又方便。由于PLC本身故障率很低, 又有完善的自诊断能力和显示功能, 一旦发生故障时, 可以根据PLC上的发光二极管或编程器提供的信息, 迅速查明原因。如果是PLC本身, 则可用更换模块的方法排除故障。这样提高了维护的工作效率, 保证了生产的正常进行。

7. 对生产工艺改变适应性强, 可进行柔性生产

PLC实质上就是一种工业控制计算机, 其控制操作的功能是通过软件编程来确定的。当生产工艺发生变化时, 不必改变PLC硬件设备, 只需改变PLC中的程序。这对现代化的小批量, 多品种产品的生产特别合适。

二、PLC的应用范围

近年来, 随着微处理器芯片及其有关元器件的价格大幅度下降, 使得PLC的成本也随之下降。与此同时, PLC的性能却在不断完善, 功能也在增多增强, 使得PLC的应用已由早期的开关逻辑到现在工业控制的各个领域。根据PLC的特点, 可以将其应用形式归纳为如下几种类型:

1. 开关逻辑控制

这是PLC的最基本最广泛的应用领域。PLC具有强大的逻辑运算能力, 可以实现各种简单和复杂的逻辑控制。

2. 模拟量控制

在工业生产过程中, 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。而PLC中所处理的是数字量, 为了能接受模拟量输入和输出模拟量信号, PLC中配置有A/D和D/A转换模块, 将现场的温度、压力等这些模拟量经过A/D转换变为数字量, 经微处理器进行处理, 微处理器处理的数字量, 又经D/A转换后, 变成模拟量去控制被控对象, 这样就可实现PLC对模拟量的控制。

3. 闭环过程控制

运用PLC不仅可以对模拟量进行开环控制, 而且还可以进行闭环控制, 现代大中型的PLC一般都配备了专门的PID(比例、积分、微分调节)控制模块。当控制过程中某一个变量出现偏差时, PLC就按照PID算法计算出正确的输出去控制生产过程, 把变量保持在整定值上。PLC的PID控制已广泛地应用在加热炉, 锅炉, 反应堆, 酿酒以及位置和速度等控制中。

4. 定时控制

PLC具有定时控制的功能, 它可以为用户提供几十甚至上百个计时器, 其计时的时间可以由用户在编写用户程序时设定, 也可以由操作人员在工业现场通过编程器进行设定, 实现定时或延时的控制。

5. 计数控制

计数控制也是控制系统不可缺少的, PLC同样也为用户提供了几十个甚至上百个的计数器, 设定方式如同定时一样。如果用户需要对频率较高的信号进行计数的话, 则可以选择高速计数模块。

6. 顺序(步进)控制

在工业控制中, 采用PLC实现顺序控制, 可以用移位寄存器和步进指令编写程序,

也可以采用IEC规定的用于顺序控制的标准化语言——顺序功能图SFC(Sequential Function Chart)编写程序,使得PLC在实现按照事件或输入状态的顺序,控制相应输出更加容易。

7. 数据处理

现代PLC都具有数据处理的能力。它不仅能进行算术运算,数据传送,而且还能进行数据比较,数据转换,数据显示和打印以及数据通信等。对于大,中型PLC还可以进行浮点运算,函数运算等。

8. 通信和联网

PLC的控制已从早期的单机控制发展到了多机控制,实现了工厂自动化。这是由于现代的PLC一般都有通信的功能,它既可以对远程I/O进行控制,又能实现PLC与PLC,PLC与计算机之间的通信。从而可以方便可靠的搭成"集中管理,分散控制"的分布式控制系统,因此PLC是实现工厂自动化的理想工业控制器。

第三节 可编程序控制器与其他工业控制系统的比较

一、PLC控制与继电器控制的比较

PLC控制与继电器控制的比较见表1-1

表1-1 PLC和继电器控制的比较

比较项目	继电器控制	PLC控制
控制功能的实现	由许多继电器,采用接线的方式来完成控制功能	各种控制功能是通过编制的程序来实现的
对生产工艺过程变更的适应性	适应性差。需要重新设计,改变继电器和接线	适应性强。只需对程序进行修改
控制速度	低。靠机械动作实现。	极快。靠微处理器进行处理
计数及其他特殊功能	一般没有	有
安装,施工	连线多,施工繁	安装容易,施工方便。
可靠性	差,触点多,故障多	高,因元器件采取了筛选和老化等可靠性措施
寿命	短	长
可扩展性	困难	容易
维护	工作量大,故障不易查找	有自诊断能力,维护工作量小