

三菱可编程序控制器

SANLING KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI

应用技术

YINGYONG JISHU

高春甫 贺新升 陆爽 鄂世举 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



三菱可编程序控制器应用技术

高春甫 贺新升 陆 爽 鄂世举 编著



机械工业出版社

本书介绍了三菱可编程序控制器的基本构成和应用技术,第1章介绍了 PLC 的产生与发展、应用与分类。第2章以三菱 FX_{2N}系列 PLC 为例,对其结构与工作原理进行了介绍,阐述了常用的编程语言。第3章介绍了 PLC 的各种指令。第4章重点介绍了 FX_{2N}系列 PLC 的特殊功能模块。第5章从工程应用角度出发,对 PLC 的选型、系统设计、程序调试及抗干扰技术进行了全面的介绍。第6章介绍了大量的实例,强化所学内容。第7章对 PLC 的开发环境进行了介绍。

本书本着理论与实际相结合的观点,介绍了 PLC 控制系统的基本原理、方法和应用,全书通俗易懂,可作为大专院校本科教材以及研究生用书,也可作为科研人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

三菱可编程序控制器应用技术 / 高春甫等编著. — 北京:机械工业出版社,2010.1

ISBN 978-7-111-29592-1

I. ③… II. 高… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 011745 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐明煜 责任编辑:罗 莉 版式设计:张世琴

封面设计:路恩中 责任校对:常天培 责任印制:洪汉军

赤峰彩益印刷有限公司印刷

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14 印张 · 342 千字

0001-4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-29592-1

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是自动化控制系统的关键设备, 目前广泛应用于工业企业的各个领域。近年来, PLC 仍保持旺盛的发展势头, 功能越来越强大, 不但对传统开关量的处理能力日益强大, 在模拟量处理、脉冲量处理、数据采集与存储、诊断、联网、通信等方面都有极大的拓展与提高, 成为生产过程自动化首选的自动控制装置。因此, 了解 PLC 的发展过程, 掌握 PLC 的组成原理与编程方法, 熟悉 PLC 的应用技巧, 是机电类专业技术人员应着重掌握的知识。

目前三菱电机公司和西门子公司的 PLC 应用最广。三菱 PLC 中尤以 FX_{2N} 系列 PLC 应用最广。本书以 FX_{2N} 系列 PLC 为重点, 介绍了最新、最常用的 PLC 机型及应用技术, 为读者掌握 PLC 知识提供一个工具。

目前市面上介绍 PLC 的图书很多, 在内容编排上各有特色, 具有越来越人性化的趋势。本书结合作者多年的教学经验, 对读者学习 PLC 的重点进行了分析, 合理选取内容, 优化结构安排, 引导读者由浅入深、由点及面地了解及掌握 PLC 的使用方法与技巧。

本书在内容编排上遵循以下主线:

第 1 章介绍了 PLC 的产生与发展、应用与分类, 描述了 PLC 的全貌。第 2 章以三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为例, 拆分各功能区域, 对其结构与工作原理进行了介绍, 并阐述了常用的编程语言, 使读者对 PLC 建立起直观的认识。第 3 章介绍了 PLC 的各种指令。第 4 章重点介绍了 FX_{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块。在掌握 PLC 使用方法的基础上, 第 5 章从工程应用角度出发, 对 PLC 的选型、系统设计、程序调试及抗干扰技术进行了全面的介绍。第 6 章介绍了大量的实例, 强化所学的内容。第 7 章对 PLC 的开发环境进行了介绍。这一章内容也可以结合第 3 章进行学习, 在学习基本指令的过程中掌握系统开发环境及其使用过程。

总之, 本书具有和开发手册类似的性质, 能够使读者了解 PLC 的总体结构和应用方法, 学后能够掌握 PLC 的应用设计过程。在掌握本书内容后, 读者对其他机型也可以触类旁通, 而无生涩之感, 这也是作者编写本书希望达到的目的。

本书由浙江师范大学交通学院的高春甫教授主编和统稿。高春甫、贺新升、陆爽、鄂世举分担了不同章节的编写任务, 同时, 在编写过程中, 得到有关人员的大力帮助和支持, 在此表示衷心的感谢。本书编写过程中参考了很多优秀图书, 获得了很多有益的启发, 在此向各位作者表示由衷的谢意!

由于编写时间仓促, 水平有限, 书中对 PLC 的介绍还不够深入、全面, 然能抛砖引玉, 也是作者的殷切希望。书中错漏之处, 恳请各位读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 可编程序控制器 (PLC)

概述 1

1.1 PLC 的产生与发展趋势 1

1.1.1 PLC 的产生与定义 1

1.1.2 PLC 的发展 2

1.2 PLC 的特点与应用 4

1.2.1 PLC 的特点 4

1.2.2 PLC 的应用 8

1.3 PLC 的性能指标 11

1.4 PLC 的分类 16

习题及思考题 18

第2章 PLC 的组成与工作原理 20

2.1 PLC 的结构及各部分作用 20

2.1.1 中央处理单元 21

2.1.2 存储器 21

2.1.3 输入输出单元 21

2.1.4 编程器 23

2.1.5 电源单元 23

2.2 PLC 的工作原理 23

2.2.1 电源单元建立 I/O 映像区 23

2.2.2 循环扫描的工作方式 23

2.2.3 输入、输出延迟响应 25

2.3 PLC 的编程语言及规则 28

2.4 三菱 PLC 的型号规格 34

2.4.1 三菱 A 系列 PLC 34

2.4.2 三菱小型 PLC 35

2.5 三菱 PLC 的编程器 41

2.5.1 FX-20P-E 的结构 42

2.5.2 FX-20P-E 的操作面板 42

2.5.3 液晶显示屏 43

2.5.4 FX-20P-E 型简易编程器的

使用 44

习题及思考题 48

第3章 三菱 PLC 指令系统介绍 49

3.1 基本指令 49

3.1.1 触点取及线圈输出指令 49

3.1.2 触点串联指令 49

3.1.3 触点并联指令 50

3.1.4 串联回路块的并联连接指令 51

3.1.5 并联回路块的串联连接指令 51

3.1.6 多重输出指令 51

3.1.7 脉冲上升沿、下降沿检出的触点 指令 52

3.1.8 主控与主控复位指令 53

3.1.9 置位与复位指令 54

3.1.10 脉冲输出指令 55

3.1.11 取反指令 55

3.1.12 空操作指令 56

3.1.13 程序结束指令 56

3.2 步进指令 59

3.3 功能指令 59

3.3.1 功能指令的一般规则 60

3.3.2 常用指令介绍 63

3.3.3 功能指令总表 101

习题及思考题 108

第4章 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的功能

模块 109

4.1 模拟量输入/输出模块 109

4.1.1 FX_{2N}-4AD 模拟量输入模块的 技术指标 109

4.1.2 FX_{2N}-2DA 模拟量输出模块的 技术指标 110

4.1.3 FX_{2N}-4AD-PT 温度传感器模拟 量输入模块的技术指标 110

4.1.4 模拟量输入输出模块的使用 111

4.2 点位控制单元模块 117

4.2.1 FX_{2N}-1PG 和 FX_{2N}-20GM 脉冲 输出模块 117

4.2.2 FX_{2N}-1HC 高速计数模块 119

4.2.3 FX_{2N}-1RM 可编程凸轮 开关 126

4.3 数据通信功能模块 130

4.3.1 FX _{2N} -232-BD 通信扩展板	130	6.1 三菱 PLC 基本指令案例	159
4.3.2 FX _{2N} -485-BD 通信板	132	6.2 三菱 PLC 特殊功能模块案例	168
习题及思考题	133	6.3 三菱 PLC 综合案例	176
第 5 章 三菱 PLC 的控制系统设计	134	习题及思考题	183
5.1 PLC 的选型	134	第 7 章 三菱 PLC 开发环境	185
5.2 PLC 控制系统设计的基本原则及 步骤	136	7.1 三菱开发软件概述	185
5.2.1 PLC 控制系统设计的基本原则	136	7.2 工程的建立及程序编制	188
5.2.2 PLC 控制系统设计的一般步骤	137	7.3 程序的仿真	199
5.3 PLC 的 I/O 模块选择及外部电路 设计	139	7.3.1 启动 GX Simulator	199
5.3.1 PLC 的 I/O 模块选择	139	7.3.2 初期画面内容	200
5.3.2 PLC 外部电路设计	142	7.3.3 监视软元件	200
5.4 PLC 程序设计与调试步骤	145	7.4 PLC 的通信	201
5.4.1 PLC 程序设计	145	7.4.1 PLC 通信目的	201
5.4.2 PLC 程序调试	150	7.4.2 PLC 通信类型	203
5.5 抗干扰设计	154	7.4.3 PLC 通信特点	203
5.5.1 抑制干扰源	154	7.4.4 PLC 与 PLC 通信程序设计	204
5.5.2 PLC 的接地	156	7.4.5 PLC 与计算机通信程序设计	208
5.5.3 应用灭弧器, 提高抗干扰能力	156	7.4.6 PLC 与人机界面通信程序设计	209
5.5.4 软件抗干扰设计	157	7.4.7 PLC 与智能装置通信程序设计	210
习题及思考题	158	7.4.8 PLC 与计算机通信协议	211
第 6 章 三菱 PLC 应用案例	159	7.5 PLC 实时运行和监控	213
		习题及思考题	213
		参考文献	215

第 1 章 可编程序控制器（PLC）概述

1.1 PLC 的产生与发展趋势

可编程序控制器简称 PC（Programmable Controller），是在继电器技术、计算机技术和现代通信技术的基础上逐步发展起来的一项先进的控制技术。在发展过程中，它经历了可编程序矩阵控制器（PMC）、可编程序顺序控制器（PSC）、可编程序逻辑控制器 PLC（Programmable Logic Controller）和可编程序控制器（PC）几个不同时期。为了与个人计算机（PC）相区别，人们习惯用 PLC 代表可编程序控制器。

1.1.1 PLC 的产生与定义

1. PLC 的产生

在 PLC 问世之前，工业控制领域中继电器控制占主导地位。继电器控制系统有很多缺点，如体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢以及适应性差等，尤其当生产工艺发生变化时，就必须重新设计、重新安装，造成时间和资金的严重浪费。1968 年美国通用汽车（GM）公司为了实现小批量、多品种生产，适应汽车型号的不断更新、生产工艺不断变化的需要，希望有一种新型工业控制器，能够做到尽可能减少重新设计和重新安装，以降低成本、缩短周期。1968 年，GM 公司提出 10 项设计标准：

- 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) 可将数据直接送入计算机；
- 7) 可直接使用 115V 交流输入电压；
- 8) 输出采用 115V 交流电压，能直接驱动电磁阀、交流接触器等；
- 9) 通用性强，扩展方便；
- 10) 能存储程序，存储器容量可以扩展到 4KB。

根据招标要求，1969 年美国数字设备公司（DEC）研制出世界上第一台 PLC（PDP-14 型），并在 GM 公司自动装配线上试用，获得了成功，从而开创了工业控制新时期。

2. PLC 的定义

在 PLC 的发展过程中，美国电气制造商协会（NEMA）经过 4 年的调查，于 1980 年将这种新型的控制器命名为可编程序控制器（PC），并且作了如下定义：“可编程序控制器是一种数字式的电子装置。它使用可编程序的存储器来存储指令，并实现逻辑运算、顺序控制、计数、定时和算术运算功能，用来对各种机械或生产过程进行控制。”

1987 年国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC) 颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义: “PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则而设计。”

定义强调了 PLC 应直接应用于工业环境, 必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

1.1.2 PLC 的发展

1. PLC 的发展概述

PLC 的发展与计算机技术、半导体技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关, 这些高新技术的发展推动了 PLC 的发展, 而 PLC 的发展又对这些高新技术提出了更新更高的要求, 促进了它们的发展。PLC 的发展速度十分惊人, 目前用 PLC 设计自动控制系统已成为世界潮流。PLC 的发展大概可以分为以下 4 个阶段:

1969 ~ 1973 年是 PLC 的初创时期。在这个时期, PLC 从有触点不可编程的硬接线顺序控制器发展成为小型机的无触点可编程序逻辑控制器, 可靠性比以往的继电器控制系统有较大提高, 灵活性也有所增强。其主要功能限于逻辑运算、定时、计数和顺序控制, CPU 由中小规模集成电路组成, 存储器为磁心存储器。

1974 ~ 1977 年是 PLC 的发展中期。在这个时期, 由于 8 位单片 CPU 和集成存储器芯片的出现, PLC 得到了迅速发展和完善, 并逐步趋向系列化和实用化, 普遍应用于工业生产过程控制。PLC 除了原有功能外, 又增加了数值运算、数据的传输和比较、模拟量的处理和控制在功能, 可靠性进一步提高, 开始具备自诊断功能。

1978 ~ 1983 年, PLC 进入成熟阶段。这个时期, 微型计算机行业已出现 16 位 CPU, MCS-51 系列单片机也由 Intel 公司推出, 使 PLC 开始朝着大规模、高速度和高性能方向发展, 在国际上 PLC 的生产量每年以 30% 的递增量迅速增长。在结构上, PLC 除了采用微处理器及 EPROM、EEPROM、CMOS RAM (互补金属氧化物半导体——一种大规模应用于集成电路芯片可读写的 RAM 芯片) 等 LSI 电路外, 还向多微处理器发展, 使 PLC 的功能和处理速度大大提高; PLC 的功能又增加了浮点运算、二次方、三角函数、相关数、查表、列表、脉宽调制变换等, 初步形成了分布式可编程序控制器的网络系统, 具有通信功能和远程 I/O 处理能力, 编程语言较规范和标准化。此外, 自诊断功能及容错技术发展迅速, 使 PLC 系统的可靠性得到了进一步提高。

1984 年后, PLC 的规模更大, 存储器的容量又提高了 1 个数量级 (最高可达 896KB), 有的 PLC 已采用了 32 位微处理器, 多台 PLC 可与大系统一起连成整体的分布式控制系统, 在软件方面, 有的已与通用计算机系统兼容。编程语言除了传统的梯形图、流程图语句表外, 还有用于算术的 Basic 语言、用于机床控制的数控语言等。在人机接口方面, 采用了现实信息等更多直观的 CRT, 完全代替了原来的仪表盘, 使用户的编程和操作更加方便灵活。PLC 的 I/O 模块一方面发展自带微处理器的智能 I/O 模块, 另一方面也注意增大 I/O 点数, 以适应控制范围的增大和在系统中使用 A/D 及 D/A 转换、通信及其他特殊功能模块的需

要。同时,各 PLC 生产厂商还注意提高 I/O 的密集度,生产高密度的 I/O 模块,以节省空间,降低系统的成本。

2. PLC 的发展趋势

近年来,PLC 发展的明显特征是产品的集成度越来越高,工作速度越来越快,功能越来越强,使用越来越方便,工作越来越可靠,随着各项技术的发展,PLC 向着以下方面发展:

(1) 向微型化、专业化的方向发展 随着数字电路集成度的提高、元器件体积减小、质量提高,PLC 结构更加紧凑,设计制造水平在不断进步。过去大中型 PLC 才有的功能如模拟量处理、通信、PID 调节运算等,均可以被移植到小型机上。

(2) 向大型化、高速度、高性能方向发展 大型化指的是大中型 PLC 向着大容量、智能化和网络化方向发展,使之能与计算机组成集成控制系统,对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制。大型 PLC 大多采用多 CPU 结构,高级功能指令的执行速度也有很大的提高。在模拟量控制方面,除了专门用于模拟量闭环控制的 PID 指令和智能 PID 模块,某些 PLC 还具有模拟量模糊控制、自适应控制、参数自整定功能,可以使调试时间减少,控制精度提高。同时,用于监控、管理和编程的人机接口和图形工作站的功能日益加强。

3. 编程语言日趋标准

与 PC 相比,PLC 的硬件、软件体系结构都是封闭的而不是开放的。在硬件方面,各厂商的 CPU 模块和 I/O 模块互不通用,各公司的总线、通信网络和通信协议一般也是专用的。编程语言虽然多用梯形图,但具体的指令系统和表达方式并不一致,因此各厂商的 PLC 互不兼容。为解决此问题,国际电工委员会 (IEC) 1994 年 5 月公布了 PLC 标准 (IEC61131:1993),其中的第 3 部分 (IEC61131-3) 是 PLC 的编程语言标准。标准中共有 5 种编程语言,顺序功能图 (SFC)、梯形图、功能块图、指令表和结构文本。除了提供几种编程语言可供用户选择外,标准还允许编程者在同一程序中使用多种编程语言,这使编程者能够选择不同的语言来适应特殊的工作。几乎所有的 PLC 厂商都表示在将来完全支持 IEC61131-3:1993 标准,目前该标准的最新版本为 2003 年颁布的。

4. 与其他工业控制产品的融合更为紧密

PLC 与个人计算机 (PC)、分布式控制系统 (DCS, 又称集散控制系统) 和计算机数控 (CNC) 系统在功能和应用方面相互渗透、互相融合,使控制系统的性价比不断提高。

(1) PLC 与 PC 的融合 PC 的价格便宜,有很强的数据运算、处理和分析能力。目前 PC 主要用作 PLC 的编程器、操作站或人机接口终端。将 PLC 与工业控制计算机有机地结合在一起,形成了一种称之为 IPLC (Integrated PLC, 集成可编程序控制器) 的新型控制 PLC,该 PLC 的价格便宜,有很强的数据运算、处理和分析能力。其典型代表是 AB 公司与 DEC 联合开发的金字塔集成器 PI (Pyramid Integrator)。它由 AB 公司的大型 PLC (PLC-5/250) 和 DEC 公司的 MicroVAX 计算机组合而成,放在同一块 VME (Versa Module Eurocard) 总线底板上。可以认为 IPLC 是能运行 DOS 或 Windows 操作系统的 PLC,也可以认为它是能用梯形图语言以实时方式控制 I/O 的计算机。

(2) PLC 与 DCS 的融合 DCS (Distributed Control System, 集散控制系统, 又称分布式控制系统), 主要用于石油、化工、电力、造纸等流程工业的过程控制。集散控制系统具有通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、安装调试方便、运行安全可靠等特点。

(3) PLC 与 CNC 系统的融合 计算机数控 (CNC) 系统已受到来自 PLC 的挑战, 目前 PLC 已经用于控制各种金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯和其他需要位置控制和速度控制的场合。过去控制几个轴的内插补是 PLC 的薄弱环节, 而现在已经有一些公司的 PLC 能实现这种功能。如三菱电机公司的 A 系列和 AnS 系列大中型 PLC 均有单轴/双轴/三轴位置控制模块, 集成了 CNC 功能的 IPLC620 可以完成 8 轴的插补运算。

5. 与现场总线相结合

现场总线 (Fieldbus) 是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。PLC 与现场总线相结合, 可以组成价格便宜、功能强大的分布式控制系统。一些主要的 PLC 厂商将现场总线作为 PLC 控制系统中的底层网络, 如 Rockwell 公司的 PLC5 系列 PLC 安装了 Profibus (过程现场总线) 协处理器模块后, 能与其他厂商支持 Profibus 通信协议的设备, 如传感器、执行器、变送器、驱动器、数控装置和 PC 通信。西门子的 PLC 也可以连接 Profibus 网络, 如该公司的 S7-215 型 CPU 模块能提供 Profibus-DP 接口, 传输速率可达 12Mbit/s, 可选双绞线或光纤电缆, 连接 127 个节点, 传输距离为 9.6km (双绞线)/23.8km (光纤电缆)。Schneider 公司的 Modicon TSX Quantum 控制系统的 LonWorks 模块可用于实时性要求不高的场合, 如楼宇自动化控制。

6. 通信联网能力增强

PLC 的通信联网功能使 PLC 与 PC 之间以及与其他智能控制设备之间可以交换数字信息, 形成一个统一的整体, 实现分散控制和集中管理。PLC 通过双绞线、同轴电缆或光纤联网, 信息可以传送到几万米远的地方。

1.2 PLC 的特点与应用

1.2.1 PLC 的特点

PLC 融合了继电器控制、半导体无触点控制和计算机控制的诸多特点。它不仅可以代替继电器控制, 使硬件软件化, 提高系统的可靠性和柔性, 而且还具有运算、计数、定时、通信联网等功能, 是现代工业控制技术的一个飞跃。它主要具有以下 4 个特点:

1. 功能丰富

PLC 功能非常丰富。其指令多达几十条到几千条, 可进行各式各样的逻辑问题的处理, 还可以进行各种类型数据的运算。

它的具体功能有:

(1) 逻辑量处理 逻辑量, 也叫做开关量, 用以反映对象的实际状态。

逻辑量处理的目的是实现输入逻辑量与输出逻辑量的逻辑交换。由于 PLC 有大量的开关量输入/输出接口, 并有相应的逻辑运算指令, 以及众多的内部计数器、定时器, 可进行计数及定时, 同时, 新型 PLC 还多有内部时钟, 故用这个逻辑量 (含定时、计数) 处理是很容易的。

对逻辑量处理, 所处理的入出点数, 少的几点到几十点, 多的可达到几百到几万点。由于它能联网, 以至于控制点数几乎不受限制。

对逻辑量处理, 可以以位为单位实现, 也可以字节、字或者多字实现, 非常灵活。由以

上可知, PLC 有强大的逻辑处理功能, 这也是它的强项。而实际系统中这样的逻辑问题又是大量的, 这就决定了 PLC 有非常广泛的应用。

(2) 模拟量处理 模拟量一般是指连续变换的量, 如电流、电压、温度、压力等物理量一般是连续变化的。工业生产, 特别是连续型生产过程, 常要对这些物理量进行处理。

PLC 进行模拟量处理, 要配置有模拟量与数字量相互转换的 A/D、D/A 转换单元。它也是 I/O 单元, 不过是特殊的 I/O 单元。A/D 转换单元是把外电路的模拟量转换成数字量, 然后送入 PLC 中。D/A 转换单元, 是把 PLC 的数字量转换成模拟量, 再送给外电路。

用 PLC 实现模拟量处理, 处理的单位值可小到 $1/2^{16}$ 的量程值, 有的还可更小, 其精度也很高。用 PLC 处理模拟量的好处是在进行模拟量处理的同时, 逻辑量也可处理。这个优点是别的控制器所不具备的, 或实现起来不如 PLC 方便。正是由于 A/D、D/A 转换技术的发展, 现在部分厂商的 PLC 用于模拟量控制已经超过用于逻辑量控制的份额。

(3) 脉冲量处理 脉冲量是除了逻辑量和模拟量之外, 另一个常见的物理量。如机床部件的位移, 常以脉冲数量表示。

多数 PLC 有脉冲信号输入点, 可输出脉冲信号 (PO)。输出的脉冲频率及脉冲数量可用有关指令控制。有了 PI/PO 这两种功能, 加上 PLC 有数据处理及运算能力, 若再配备相应的传感器 (如旋转编码器) 或脉冲伺服装置 (如环行分配器、功放、步进电动机, 或其他伺服系统), 则完全可以依数控 (NC) 的原理实现种种控制。

高、中档的 PLC, 还开发有 NC 单元、运动单元、位控单元, 可实现点位控制。运动单元还可实现曲线插补, 可控制曲线运动。所以, 若 PLC 配置了这种单元, 则完全可以用 NC 的办法进行脉冲量的控制。新开发的运动单元, 还可以识别 NC 技术的编程语言, 还可配置上相应的设定器、操作器, 为更好地使用 PLC 进行数字控制提供了方便。

(4) 数据的采集与存储 随着技术的发展, PLC 的数据存储区也越来越大。如 OMRON 公司的 PLC, 前期产品的 C60P 的数据存储 (DM) 区仅为 64 个字, 而后来的 C60H 达到 1000 个字; 到了 CQM1 可多达 6000 个字。到了 CJ1 可达 32K 字。存储区还在不断增加, 甚至出现兆级的, 这样庞大的数据存储区, 可存储大量的数据。

PLC 访问 DM 区, 可直接访问, 也可间接访问。同时, PLC 有众多的定时器、计数器以及实时时钟。所以 PLC 有强大的数据采集与存储功能。用它进行数据采集, 可以用计数器, 累计记录采集到的脉冲数, 并定时地转存到 DM 区中; 也可以用 A/D 转换单元, 当模拟量转换成数字量后, 再定时地转存到 DM 区。

PLC 还可配置人机界面, 定期把 DM 区的数据显示在人机界面上; 配置小型打印机, 定期把 DM 区的数据打印出来; PLC 也可与计算机通信, 由计算机把 DM 区的数据读出, 并由计算机再对这些数据进行处理, 这时 PLC 即成为计算机的数据终端。

用小型 PLC 作计算机的数据终端, 有很强的抗干扰能力, 可以保证数据安全。同时, 它的体积很小, 价格不高, 开发周期短, 是很不错的选择。

(5) 自诊断功能 PLC 具有自诊断功能, PLC 有很多指示灯, 可以显示 PLC 自身的状态与控制对象的状态。

PLC 总是周期地自检, 如出现故障, 其代码将实时存于相应的内存区中, 不同的代码代表不同的故障。近期的 PLC 出现故障还可以自动记录, 可以记录故障发生的具体时间。时间精度可到秒级, 甚至更加精确。可记录近期 20 次, 甚至更多次数的故障。新型 PLC, 还

有更多的自检手段，不仅可以定位故障出现的时间，还可以定位故障出现的位置。

PLC 还具有“看门狗”定时器，对控制对象工作情况进行监控。如用 PLC 控制某运动部件动作，看对其施加控制后，其相应动作是否进行，就可在对其施加控制的同时，令“看门狗”定时器定时。如在规定的时间内完成动作，即定时器未超过警戒值的情况下，已经收到动作完成信号，则说明控制对象工作正常，无需报警。若超时，说明不正常，可作相应记录及处理。

如果控制对象的各重要控制环节，都用这样一些“看门狗”定时器，那么这个系统的工作将被了如指掌。出现了什么问题、问题出现在什么环节、什么时间出现了问题，都可以很容易地查找到。

还可采用别的方法，如逻辑关联，对控制对象的状态进行监控与记录等。

无论自检还是对所控制的系统监控，PLC 都有很强的功能，都可使系统具有相应的智能。

(6) 联网、通信功能 PLC 有多种通信接口，有很强的联网、通信能力，并不断有新的联网结构推出。PLC 与 PLC 一对一的通信，可以在几台 PLC 间进行通信，也可多到在几十~几万台 PLC 间进行通信，甚至不受限制。

PLC 与智能仪表、智能执行装置（如变频器）也可联网通信，交换数据，相互操作。PLC 连接成远程控制系统，系统范围可大到几万~几十千米或更大。

PLC 可与个人计算机通信，可用计算机编程，或用计算机控制或管理 PLC。使 PLC 用起来更加方便。与计算机通信，可一台计算机监控管理多台 PLC，也可以一台 PLC 与两台或更多台计算机进行通信。

新型 PLC 还有以太网模块，可拥有自己的网址与网页，可组成局域网，甚至进入互联网，供互联网上的用户访问。这样 PLC 的联网与通信已不受地域范围的限制。

总之，像 PLC 集成这样丰富的功能于一身，是别的电气控制器所没有的；更是传统的继电控制电路无法比拟的。

丰富的功能为 PLC 的广泛应用提供了可能。同时，也为工业系统的自动化、远程化及其控制的信息化、智能化创造了条件。

2. 使用方便

使用方便是 PLC 的第二大特点，用 PLC 实现对系统的控制是非常方便的，这些主要是因为：

首先，PLC 控制逻辑的建立是依靠程序，即用程序代替硬件接线。编写程序比接线、更改程序比更改接线要方便得多。

其次，PLC 的硬件是高度集成化的，已经集成为种种小型化模块。而且这些模块是配套的，已经实现了系列化与规格化。种种控制系统所需要的模块，PLC 厂商多有现货供应，市场上可以方便购得。所以硬件系统配置与建造也非常方便。

具体地讲，PLC 有 5 个方便：

(1) 配置方便 可按控制系统的需要确定要使用哪种类型 PLC 以及用什么模块，要多少模块。确定后，到市场上订购即可。

(2) 安装方便 PLC 硬件安装简单，组装容易。外部接线有接线器，接线简单，而且一次接好后，更换模块时，把接线器安装到新模块上即可，可不必再接线。内部什么线都不

接, 只要作些必要的 DIP (Dual In-line Package, 双列直插式封装技术) 开关设定或软件设定就可工作。

(3) 编程方便 对 PLC 编程, 可用编程器, 也可用计算机。编程语言已经有 IEC61131-3-2003 标准, 规定有指令表 (IL)、梯形图 (LD)、功能块图 (FBD)、结构文本 (ST)、逻辑图 (FC)、顺序功能图 (SFC) 6 种语言。用梯形图语言编程类似于继电器电路设计, 很受电气工程人员欢迎。用计算机编程时有的还可用高级语言, 如 Basic 语言、C 语言、甚至自然语言。而且, 几乎所有厂商都提供专门的计算机编程软件, 界面都很友好。这些也为 PLC 编程提供了方便。

在调试程序方面, 有的厂商 PLC 还有仿真软件。可在 PLC 没到货时就进行程序调试, 为程序设计增加了很大的方便。无仿真软件的 PLC, 在调试程序时可对输入进行强制, 并控制输出, 也可实现系统预调。

PLC 的程序便于存储、移植以及再使用。某定型产品用的 PLC 的程序完善之后, 凡这种产品都可使用。生产一台这种 PLC, 复制一份该程序即可。这比起继电器电路台台都要接线、调试, 要省事及简单得多。

(4) 维修方便

1) PLC 工作可靠, 出现故障的情况不多, 这大大减轻了维修的工作量。

2) 即使 PLC 出现故障, 维修也很方便。这是因为 PLC 都设有很多故障提示信号, 如 PLC 支持内存保持数据的电池电压不足, 相应的就有电压低信号指示。而且, PLC 可作故障情况记录。所以一旦 PLC 出了故障, 可以很容易查找和诊断。同时, 排除故障也很简单, 可按模块排除故障, 而模块的备件在市场上可以买到, 进行简单的更换就可以了。至于软件, 调试好后是一般不会出现故障的。唯一需要做的工作就是根据使用经验进行调整, 使之完善就是了。

(5) 改用方便 PLC 用于某设备, 若这台设备不再使用了, 其所用的 PLC 还可以给别的设备使用, 只要改编一下程序, 就可以办到。如果原来设备与新设备差别很大, 它的一些模块还可重用。

由于有以上几方面的方便, 用 PLC 作控制系统集成, 其开发过程比过去用继电器控制系统要快得多。小系统所用的时间几天就够。大系统要多用一些时间, 但与 PLC 有关的也不多, 主要用于其他相关的配置上。

3. 工作可靠

用 PLC 实现对系统的控制是非常可靠的, 这是因为 PLC 在硬件与软件两个方面都采取了很多非常有效的措施。

(1) 硬件方面 对输入信号做了滤波。输入输出电路与内部 CPU 是电隔离的, 其信息靠光耦合器件或电磁器件传输。同时, CPU 板还有抗电磁干扰的屏蔽措施, 可确保 PLC 程序的运行不受外界的电磁干扰。

PLC 使用的元器件多为无触点的, 为高度集成的。数量并不太多, 这为其可靠工作提供了物质基础。PLC 所用的元器件都经过严格监测, 质量都是有保证的。其输出用的继电器虽然为有触点的, 但是它的触点是在密封的真空条件下工作的, 故其使用寿命也可以达到几十万次。

在机械结构设计与制造工艺上, 为了使 PLC 能安全可靠地工作, 采取了很多措施, 可

确保 PLC 耐振动、耐冲击,使用环境温度可以高达 50°C 。有的 PLC 可在高达 100°C 环境下工作,有的在低温 $-40 \sim -50^{\circ}\text{C}$ 下仍可以正常工作。

有的 PLC 的模块可热备,一个模块工作,另一个模块也运转,但不参与控制,仅作备份。一旦工作模块出现故障,热备的模块可自动接替其工作。

为了有更高的可靠性,可更进一步增加冗余,采用三取一的设计。CPU、I/O 模块、电源模块都冗余或其中的部分冗余。三套同时工作,最终输出取决于三者中的多数决定的结果。这可使系统出故障的概率几乎为零,做到万无一失。当然,这样的系统成本是很高的,只用于特别重要的场合,如铁路车站的道岔控制系统。

(2) 软件方面 PLC 的工作方式一般为扫描加中断,这样既可以保证它能有序地工作,避免继电器控制系统经常出现的“冒险竞争”,其控制结果总是确定的;而且又能应急处理急待处理的控制,保证了 PLC 对应急情况的及时响应,使 PLC 能可靠地工作。

PLC 还有很多防止及检测故障的指令,以产生各重要模块工作正常与否的提示信号。可通过编制相应的用户程序,对 PLC 的工作状况以及 PLC 所控制的系统进行监控,以确保其可靠工作。

PLC 每次上电后,还都要运行自检程序及对系统进行初始化。这些系统程序(操作系统)是在出厂时已配置完成的,用户可不干预。出现故障时有相应的出错信号提示。

正是由于 PLC 在软、硬件诸方面强有力的可靠性措施,才确保了 PLC 具有可靠工作的特点。它的平均无故障时间可达几万小时以上;出现了故障平均修复时间也很短,几小时以至几分钟即可。

4. 经济合算

高新技术生命力就在于它能给社会带来巨大的社会效益与经济效益。

实际经验不断证明,尽管使用 PLC 首次投资要大一些,但是从全面及长远看,使用 PLC 还是合算的。这是因为:使用 PLC 的投资虽然大,但是它的体积很小,所占空间小,辅助设施的投入少;系统集成方便,建造的周期短;使用时省电,运行费用少;工作可靠,停工损失少;维修简单,维修费用少;还可再次使用以及能带来附加值等,从中可得到更大的回报,所以在大多数情况下,它的效益是很可观的。

总之,PLC 具有功能丰富、使用方便、工作可靠及经济合算的特点,具有无限的发展生命力和非常广泛的应用前景。短短 20 多年的时间里,它从诞生、生长、成熟及不断完善与发展,已经成为工业自动化的支柱产品;并发展成为强大的高科技产业。可以这么说,在当代,一个工业控制系统,或较先进的工业产品中,其控制装置若不使用 PLC,结果将是不可想象的。

1.2.2 PLC 的应用

PLC 目前已经得到广泛的应用。用途主要有以下几个方面:

1. 顺序控制

顺序控制的目的是根据有关开关量的当前与历史的输入状况,产生所要求的开关量输出,使系统能按一定顺序工作,系统工作最基本的控制,也是离散生产过程最常用的控制。

传统的顺序控制使用开关触点或继电器触点。通过这些触点的通断控制用电器的得电与

失电,进而实现对系统的控制。不同的逻辑关系,靠不同的接线实现。由于物理的限制,要用这种方法实现复杂顺序控制是不容易的,而且系统也不大可靠。

随着技术的进步,出现了无触点的继电器控制系统。它使用一系列门电路,通过控制电位的高低实现对系统的控制。

以上两种控制手段存在两个缺点:一是触点的使用次数要受到限制,特别是有触点的继电器控制系统;二是如设计不合理,可能存在“冒险竞争”,达不到预期的控制效果。这两个是从事继电器控制系统设计较难处理的问题。此外,用这样硬件控制方法实现复杂的控制,接线也很复杂。当控制要求改变时,接线也要改变。

而使用 PLC 实现顺序控制,则不存在上述的两种问题。因为 PLC 的触点是状态信息,其使用次数不受限制。它的控制过程通过程序实现,而运行程序是执行一条条指令的过程,是有序的,所以也不存在“冒险竞争”,其指令执行的结果总是确定的。

顺序控制主要有以下几种:

随机控制,根据随机出现的条件实施控制;

动作控制,根据动作完成的情况实施控制;

时间控制,根据时间推进的进度实施控制;

计数控制,根据累计计数的情况实施控制;

混合控制,包含以上几种控制的组合;

.....

所有这些控制都得设计程序。程序设计的方法基本上有两类:一类是用逻辑处理方法,用组合或时序逻辑综合,进行输入、输出变换;另一类是用工程方法设计,按不同要求输出控制命令。

逻辑处理方法比较严密,可设计出简练、高效的程序,但较难把握,要有相应的逻辑设计知识。而工程设计方法比较简明,好把握,但是效率不太高。不过,当今 PLC 的资源已足够丰富,效率已不是什么问题了。此外,还可以利用已有的经验进行设计。

使用 PLC 实现顺序控制是 PLC 的初衷,也是它的强项。在顺序控制领域,至今还没有别的控制器能够取代它。

2. 过程控制

过程控制的目的是根据有关模拟量的当前与历史的输入状况,产生所要求的开关量或模拟量输出,以使系统工作参数能按一定要求工作。模拟量一般是指连续变化的量,如电流、电压、压力等物理量。

过程控制的类型很多,主要有两类:闭环控制和开环控制。

(1) 闭环控制 用传感器监测被控制量,并传送给 PLC 的 A/D 转换模块。后者使其离散化、数字化。PLC 程序再参考要求值,对其进行处理并产生控制输出,再经 D/A 转换模块、执行器,再把这个输出作用到被控对象上。其目的是使被控制量按要求变化。闭环控制抗干扰能力强,这是它最大的优点。

(2) 开环控制 用传感器监测干扰系统正常工作的扰动量,PLC 程序依扰动量与被控制量间的关系产生控制输出,再经 D/A 转换模块、执行器,把这个输出作用到被控对象上。其目的是在干扰量作用于系统的同时,这个控制量也作用于该系统,以克服干扰对系统的不利影响。如果能弄清干扰对系统的影响规律,可做到系统的误差为零。但系统的干扰因素往

往较多,要弄清是很不容易的。这也是它用得不多的原因。

PLC 用于过程控制,已经是一个趋势。因为用 PLC 实现过程控制,其性价比很高,而且在进行模拟量控制的同时,还可以很方便地进行其他控制。再加上各种过程控制模块的开发与应用,以及相关软件的推出及使用,用 PLC 进行各种过程控制已经变得很容易,编程也很简便。所以,目前有的厂商将 PLC 用于模拟量控制的份额已经超过用于顺序控制的份额。

3. 运动控制

运动控制主要指对工作对象的位置、速度及加速度控制。可以控制对象作直线运动;也可以控制对象作平面、立体,甚至角度变换等运动。有时还可以控制多个对象,而这些对象间的运动可能还要有协调。

简单的运动可使用开关量处理,如运动部件的起动及停止控制、方向控制等。但复杂、精确的运动控制则要使用脉冲量。脉冲量也是开关量,只是它的取值总是在 0 (低电平)、1 (高电平) 之间不断地交替变化。脉冲量可把对象的位移与脉冲数对应,如每脉冲控制的位移量很小,其控制的运动精度很高。

20 世纪 50 年代诞生于美国的数控 (NC) 技术,就是基于电子计算机及脉冲量的应用而不断发展与完善的运动控制技术。而今已经发展到非常完善的境地,是当今自动化技术的一个重要支柱。

PLC 也已经具备处理脉冲量的能力。PLC 有脉冲信号输入点或模块,可接收脉冲量输入 (PI)。PLC 有脉冲信号输出点或模块,可用于脉冲量输出 (PO)。有了处理 PI/PO 这两种功能,加上 PLC 已有数据处理及运算能力,完全可以依 NC 的原理进行运动控制。

近年来出现了专门用于运动控制的 PLC,即 PMC (Programmable Motion Controller),中文名称为可编程运动控制器。它为 PLC 用于精度更高、运动行程更大、控制的坐标更多、操作更加方便的运动控制提供了很好的平台。所以用 PLC 进行运动控制,在相当程度上,可以代替价格昂贵的数控系统。

4. 信息控制

信息控制也称为数据处理,是指数据采集、存储、检索、变换、传输以及数表处理等。随着技术的发展,PLC 不仅可用作系统的工作控制,还可用作系统的信息控制。PLC 用于信息控制,有以下两种模式:

- (1) 专用 PLC 只用作采集、处理、存储及传送数据。
- (2) 兼用 在 PLC 实施控制的同时,也可实施信息控制。

PLC 用于信息控制,既是 PLC 应用的一个重要方面,又是信息化的基础。

5. 远程控制

远程控制是指对系统的远程部分的行为及其效果实施检测与控制。PLC 有多种通信接口,有很强的联网、通信能力,并不断有新的联网模块与结构推出。所以 PLC 远程控制是很方便的。

PLC 与 PLC 可组成控制网,可通信、交换数据、相互操作。参与通信的 PLC 可多达几十、几百台。网与网还可互联。这样参与通信的 PLC 就更多,甚至不受限制。

PLC 与智能传感器、智能执行装置 (如变频器),也可以连接成设备网络,可通信、交换数据、相互操作,还可连接成远程控制系统;系统范围面积可达到几十、几百米甚至更

远。这种远程控制,既提高了控制能力,又简化了硬件接线及维护。

PLC 与可编程终端也可联网、通信。PLC 的数据可在它上面显示,也可通过它向 PLC 写数据,使它成为人们操作 PLC 的界面。

PLC 可与计算机通信加进信息网。利用计算机强大的信息处理及信息显示功能,可实现计算机对控制系统的监控与数据采集 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)。同时还可以用计算机进行 PLC 编程、监控和管理。

PLC 还有以太网模块,可使 PLC 加入互联网,也可以设置自己的网址与网页。这样的 PLC 控制的工厂,有人称之为透明工厂。在地球上任何可上网的计算机,只要权限允许,就可直接对其进行访问。

以上 5 个方面,前 3 个是为了使不同的系统都能实现自动化。信息控制是为了实现信息化,其目的是使自动化能建立在信息化的基础上,实现管理与控制结合,进而做到供、产、销无缝链接,确保自动化效益。而远程控制是在信息化基础上的自动化能远程化,既可实现各个角落信息汇总,保证信息完整,为信息的全面使用提供方便;又为自动化的扩展,能从局部的设备级,发展到全局的生产线级、车间级,以至于工厂级、地域级,建立自动化工厂和数字化城市提供可能。

1.3 PLC 的性能指标

PLC 的基本性能指标主要有以下 8 条:

1. 工作速度

工作速度是指 PLC 的 CPU 执行指令的速度及对急需处理的输入信号的响应速度。工作速度是 PLC 工作的基础。速度高了,才可能通过运行程序实现控制,才可能不断扩大控制规模,才可能发挥 PLC 多种多样的作用。

PLC 的指令是很多的。不同的 PLC,指令的条数也不同。少的几十条,多的几百条。指令不同,执行的时间也不同。但各种 PLC 总有一些基本指令,而且各种 PLC 都有这些基本指令,故常以执行一条基本指令的时间来衡量这个速度。这一时间当然越短越好,已从微秒级缩短到零点几微秒级。并随着微处理器技术的进步,这个时间还在缩短。

执行时间短可加快 PLC 对一般输入信号的响应速度。从 PLC 的工作原理可知,从对 PLC 加入输入信号,到 PLC 产生输出信号,最理想的情况也要延迟一个 PLC 运行程序的周期。因为 PLC 监测到输入信号,经运行程序后产生的输出信号,才是对输入信号的响应。PLC 的输入刷新正好结束。这时要多等待一个周期,PLC 的输入映射区才能接收到这个新的输入信号。对一般的输入信号,这个延迟虽可以接受,但对急需响应的输入信号,就不能接受了。

为了处理急需响应的输入信号,PLC 有种种措施。不同的 PLC 措施也不完全相同,提高响应速度的效果也不同。一般的作法是采用输入中断,然后输出即时刷新,即中断程序运行后,有关的输出立即刷新,而不要等到整个程序运行结束后再刷新。

这个效果可从两个方面来衡量:一是能否对几个输入信号作快速响应;二是快速响应的速度有多快。多数 PLC 都可对一个或多个输入点作出快速响应,快速响应时间仅几个毫秒。性能高的、大型的 PLC 响应点数更多。