



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新世纪高职高专实用规划教材
机电系列

可编程控制器原理 及应用教程

(第2版)

孙振强 主 编
王 晖 孙玉峰 副主编

赠送
电子课件

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪高职高专实用规划教材 机电系列

可编程控制器原理及应用教程 (第2版)

孙振强 主 编

王 晖 孙玉峰 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据近几年可编程控制器产品和技术的发展,对第1版同名书的修订。主要介绍日本三菱公司的小型 PLC 产品 FX_{2N}。其中除保留原版内容,对 PLC 的组成、工作原理、编程语言、编程方法、指令系统、模拟量控制、联网通信等作了一般介绍外,再版时对内容进一步修订,使之更完善、更准确、更合理,同时,还增加了对 PLC 通信联网功能的较全面介绍。为了便于读者更快地掌握 PLC 的使用方法,本书继续保留编程器 FX-20P、编程工具软件 FXGPWIN 及实验指导的内容。为了便于学习,各章配有适量习题。

本书由浅入深、力求通俗易懂、注重应用,可作为大专院校机电一体化、电气自动化、自动控制、工业自动化、应用电子、计算机应用及其他相关专业的教材,也可以作为工程技术人员的培训教材或自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用教程(第2版)/孙振强主编;王晖,孙玉峰副主编. —北京:清华大学出版社,2008.5
(新世纪高职高专实用规划教材 机电系列)

ISBN 978-7-302-17383-0

I. 可… II. ①孙… ②王… ③孙… III. 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 055230 号

责任编辑:彭 欣

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17 字 数:352 千字

版 次:2008 年 5 月第 2 版 印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:27.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系
调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:028027-01

前 言

可编程控制器(PLC)是以计算机技术为核心的通用工业自动化装置。它将传统的继电器控制系统与计算机技术结合在一起,具有高可靠性、灵活通用、易于编程、使用方便等特点,因此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。被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。

本书是根据近几年可编程控制器产品和技术的发展,对第1版同名书的修订。主要介绍日本三菱公司的小型PLC产品FX_{2N}。其中除保留原版内容,对PLC的组成、工作原理、编程语言、编程方法、指令系统、模拟量控制、联网通信等作了一般介绍外,再版时对内容进一步修订,使之更完善、更准确、更合理,同时,还增加了对PLC通信联网功能的较全面介绍。为了便于读者更快地掌握PLC的使用方法,本书继续保留编程器FX-20P、编程工具软件FXGPWIN及实验指导的内容。

程序设计是PLC应用的关键问题。结合高职教学的特点,本书详细介绍了PLC程序设计方法,包括梯形图经验设计方法、继电器控制电路移植设计梯形图方法、顺序控制梯形图设计方法。这些方法易学易懂,掌握后对开关量控制系统的梯形图设计将会带来很大的方便。

全书共分9章。内容包括PLC的产生、特点和分类;PLC的系统构成和工作原理;PLC的编程元件、编程语言和基本指令;PLC程序设计方法;PLC的功能指令;PLC控制系统的设计、选型及系统调试;列举实例介绍PLC在开关量控制、模拟量控制及联网通信等方面的应用;PLC编程器及编程工具软件使用;PLC实验指导。

本书由孙振强主编,第1章、第2章、第3章、第9章由孙玉峰编写,第4章、第5章、第8章由孙振强编写,第6章、第7章由王晖编写。全书由孙振强统稿。

因作者水平有限,书中错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1	3.1.1 可编程控制器的· 编程元件概述	30
1.1 可编程控制器的产生	1	3.1.2 FX _{2N} 系列编程元件	30
1.2 可编程控制器的特点	2	3.2 FX 系列可编程控制器的编程语言	41
1.3 可编程控制器的应用	4	3.2.1 顺序功能图编程语言	41
1.4 可编程控制器的发展趋势	6	3.2.2 梯形图编程语言	42
1.5 习题	10	3.2.3 功能块图编程语言	43
第 2 章 可编程控制器的系统构成 与工作原理	11	3.2.4 指令语句表编程语言	43
2.1 可编程控制器的基本组成	11	3.2.5 结构文本编程语言	44
2.1.1 可编程控制器的硬件系统	11	3.3 FX 系列可编程控制器的基本指令	44
2.1.2 可编程控制器的软件系统	14	3.3.1 逻辑取及线圈驱动指令 LD、 LDI、OUT	44
2.2 可编程控制器的基本工作原理	16	3.3.2 接点串联指令 AND、ANI	45
2.2.1 可编程控制器的工作原理	16	3.3.3 接点并联指令 OR、ORI	45
2.2.2 扫描周期	19	3.3.4 取脉冲指令 LDP、LDF	46
2.2.3 I/O 滞后时间	19	3.3.5 与脉冲指令 ANDP、ANDF	47
2.3 可编程控制器的分类	20	3.3.6 或脉冲指令 ORP、ORF	47
2.3.1 按硬件的结构类型分类	20	3.3.7 串联电路块的并联连接 指令 ORB	47
2.3.2 按可应用规模及功能分类	22	3.3.8 并联电路块的串联连接 指令 ANB	48
2.3.3 按生产厂家分类	22	3.3.9 多重输出指令 MPS、MRD、 MPP	49
2.4 可编程控制器的系统配置	24	3.3.10 主控及主控复位指令 MC、MCR	51
2.4.1 FX _{2N} 系列型号名称的含义	24	3.3.11 取反指令 INV	52
2.4.2 FX _{2N} 系列可编程控制器的 基本构成	25	3.3.12 置位与复位指令 SET、RST	52
2.4.3 可编程控制器的 技术性能指标	26	3.3.13 脉冲输出指令 PLS、PLF	53
2.5 习题	29	3.3.14 空操作指令 NOP	54
第 3 章 可编程控制器的基本指令	30	3.3.15 程序结束指令 END	54
3.1 FX 系列可编程控制器的编程元件	30		



3.4 FX 系列可编程控制器编程的基本原则	55	5.2.1 程序流程控制功能指令	100
3.4.1 梯形图设计规则	55	5.2.2 传送与比较指令	104
3.4.2 输入信号的最高频率问题	56	5.2.3 算术运算和逻辑运算指令	109
3.5 习题	57	5.2.4 循环移位与移位指令	113
第4章 可编程控制器的程序设计	59	5.2.5 数据处理指令	117
4.1 梯形图经验设计方法	59	5.2.6 高速处理指令	122
4.1.1 梯形图经验设计方法的步骤	60	5.2.7 方便指令	127
4.1.2 常用基本环节梯形图程序	60	5.2.8 外部 I/O 设备指令	131
4.2 继电器控制电路移植法设计梯形图	67	5.2.9 FX 系列外部设备指令	137
4.2.1 概述	67	5.2.10 浮点数运算指令	142
4.2.2 设计方法和步骤	67	5.2.11 时钟运算指令	147
4.2.3 设计的注意事项	68	5.2.12 外围设备指令	149
4.3 顺序控制设计法与顺序功能图	70	5.2.13 触点比较指令(FNC224~ FNC246)	150
4.3.1 顺序控制设计法	70	5.3 功能指令汇总表	151
4.3.2 顺序控制设计法中顺序 功能图的绘制	71	5.4 习题	156
4.4 顺序控制梯形图的编程方法	76	第6章 可编程控制器的 控制系统设计	158
4.4.1 使用起保停电路的编程方法	77	6.1 可编程控制器控制系统设计的 步骤和内容	158
4.4.2 以转换为中心的编程方法	81	6.1.1 熟悉控制对象的工艺要求	158
4.4.3 步进梯形指令的编程方法	84	6.1.2 电气控制线路的设计	159
4.5 PLC 程序设计方法比较	93	6.1.3 程序设计	159
4.6 习题	93	6.1.4 控制系统模拟调试	160
第5章 可编程控制器的功能指令	96	6.1.5 现场调试	160
5.1 FX 系列可编程控制器功能指令 概述	96	6.1.6 随机文件	161
5.1.1 功能指令的通用表达形式	96	6.2 可编程控制器的选型与硬件配置	161
5.1.2 数据长度	97	6.2.1 选择合适的可编程控制器 类型	161
5.1.3 功能指令类型	98	6.2.2 开关量输入/输出模块及 扩展的选择	163
5.1.4 位元件	98	6.2.3 编程器与外围设备的选择	164
5.1.5 变址寄存器 V、Z	99		
5.2 可编程控制器的功能指令简介	100		





6.3	节省 I/O 点数的方法	164
6.3.1	减少所需输入点数的方法	164
6.3.2	减少所需输出点数的方法	166
6.4	可编程控制器应用中需注意的 若干问题	166
6.4.1	工作环境	166
6.4.2	安装布线	167
6.4.3	日常维护	167
6.4.4	故障诊断	168
6.5	习题	169
第 7 章	可编程控制器的应用	170
7.1	可编程控制器在开关量逻辑 控制系统中的应用	170
7.1.1	自动往返小车的控制	170
7.1.2	物料传送系统的控制	171
7.1.3	液体混合的控制	172
7.1.4	交通信号灯的控制	174
7.1.5	工业自动清洗机系统	176
7.1.6	交流双速电梯的控制	177
7.2	可编程控制器用于模拟量的控制	180
7.2.1	模拟量输入模块	180
7.2.2	模拟量输出模块	181
7.2.3	模拟量模块使用	181
7.3	可编程控制器的通信与编程	185
7.3.1	通信网络的基础知识	186
7.3.2	PLC 通信的实现	190
7.4	习题	200

第 8 章	PLC 编程器与编程软件的 使用方法	202
8.1	PLC 编程器及其使用	202
8.1.1	FX-10P-E 手持式编程器的 使用	202
8.1.2	FX-20P-E 手持式编程器的 使用	207
8.2	FXGPWIN 编程软件使用说明	223
8.2.1	概述	223
8.2.2	程序的编制	225
8.2.3	程序的检查	227
8.2.4	程序的传送	228
8.2.5	软元件的监控和强制执行	228
8.2.6	其他菜单及目录的使用	230
第 9 章	实验指导	233
9.1	可编程控制器入门实验	233
9.2	基本指令实验	235
9.3	栈及主控指令实验	237
9.4	定时器和计数器实验	239
9.5	步进顺控指令实验	241
9.6	功能指令实验	244
9.7	PLC 功能指令实验	246
9.8	交通信号灯的自动控制实验	248
9.9	舞台艺术灯饰的 PLC 控制实验	251
9.10	运料小车的自动控制实验	254
9.11	三层电梯自动控制实验	255
参考文献		260

第 1 章 可编程控制器概述

本章要点

- 可编程控制器的产生
- 可编程控制器的特点
- 可编程控制器的应用
- 可编程控制器的发展趋势

本章难点

可编程控制器的定义、特点及应用范围

1.1 可编程控制器的产生

可编程控制器的产生和发展与继电器有很大的关系。继电器是一种用弱电信号控制强电信号的电磁开关，虽有上百年的历史，但在复杂的继电器控制系统中，其故障的查找和排除仍然非常困难，可能会占用大量时间，从而严重地影响生产。如果工艺要求发生变化，就得重新设计线路连线安装，因此不利于产品的更新换代。显然，需要寻求一种新的控制装置来取代老式的继电器控制系统，使电气控制系统的工作更可靠、更容易维护、更能适应经常变动的工艺条件。

1968 年，美国通用汽车公司(GM)对外公开招标，寻求用新的电气控制装置取代继电器控制系统，以便适应迅速改变生产程序的要求，该公司对新的控制系统提出了 10 项指标。

- (1) 编程简单，可以在现场修改和调试程序；
- (2) 维修方便，采用插入式模块结构；
- (3) 可靠性高于继电器控制系统；
- (4) 体积小于继电器控制柜；
- (5) 能与管理中心计算机系统通信；
- (6) 成本可与继电器控制系统相竞争；
- (7) 输入量是 115V 交流电压；
- (8) 输出量是 115V 交流电压，输出电流在 2A 以上，能直接驱动电磁阀；
- (9) 系统扩展时，原系统只需做很小的改动；
- (10) 用户程序存储器容量至少 4KB。



1969 年美国数字设备公司(DEC)根据上述要求,研制出世界上第一台可编程控制器并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功,实现了生产的自动化控制。此后日本、德国等相继引入可编程控制器,使之迅速发展起来。这一时期可编程控制器主要用于顺序控制,虽然也采用了计算机的设计思想,但当时只能进行逻辑运算,故称为可编程逻辑控制器,简称 PLC(Programmable Logic Controller)。

20 世纪 70 年代后期,随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,可编程逻辑控制器更多地具有了计算机的功能,不仅用逻辑编程取代硬连线逻辑,还增加了运算、数据传送和处理等功能,真正成为一种电子计算机工业控制装置,而且做到了小型化和超小型化。这种采用微电脑技术的工业控制装置的功能远远超出了逻辑控制、顺序控制的范围,故称为可编程控制器,简称 PC(Programmable Controller),但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,所以人们仍习惯用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

可编程控制器的历史只有近 30 年,但发展极为迅速。为了确定它的性质,国际电工委员会 IEC(International Electrical Committee)曾在 1982 年 11 月颁布了可编程控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月颁布了第二稿,1987 年 2 月又颁布了第三稿。1987 年颁布的可编程控制器的定义如下:可编程控制器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、计时、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。可编程控制器及其有关的外围设备都应按照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。

我国从 1974 年开始研制可编程控制器,1977 年开始应用于工业。如今,可编程控制器已经大量应用在引进设备和国产设备中,机械行业生产的设备越来越多地采用可编程控制器作为控制装置。了解可编程控制器的工作原理,具备设计、调试和维护可编程控制器控制系统的能力,已经成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

1.2 可编程控制器的特点

可编程控制器之所以能够高速发展,除了顺应工业自动化的客观需要外,还由于其具有许多适合工业控制的独特优点,能较好地解决工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题,其主要特点如下。

1. 可靠性高,抗干扰能力强

可靠性指的是可编程控制器平均无故障工作时间。可靠性既反映了用户的要求,又是可编程控制器生产厂家竭力追求的技术指标。目前各生产厂家的 PLC 平均无故障安全运行时间都远大于国际电工委员会(IEC)规定的 10 万小时的标准。例如三菱公司生产的 F 系列

PLC 平均无故障时间高达 30 万小时。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障时间则更长。

同时, 可编程控制器从硬件和软件两方面采取了一系列的抗干扰措施。在硬件方面, 隔离是抗干扰的主要手段之一。在 CPU 与 I/O 模块之间采用光电隔离措施, 有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响, 同时还可以防止外部高电压进入 CPU。滤波是抗干扰的又一主要措施。此外对有些模块还设置了联锁保护、自诊断电路等。在软件方面, 应用者可编写并输入外围器件的故障自诊断程序, 使 PLC 在每一次循环扫描过程的内部处理期间, 能够检测系统硬件是否正常, 同时具有状态信息保护功能, 当出现故障时, 立即把重要的当前状态信息存入指定的存储器, 用软硬件配合封闭存储器, 禁止对存储器进行任何不稳定的读写操作, 以防止存储信息被冲掉。实验测试表明, 一般 PLC 产品可抗 1kV、1 μ s 的脉冲干扰。

2. 编程简单, 操作方便

PLC 作为工业控制计算机, 是面向工矿企业的工控设备, 它提供了多种面向用户的语言, 如常用的梯形图 LAD(Ladder Diagram)、指令语句表 STL(Statement List)和控制系统流程图 CSF(Control System Flowchart)等。考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的读图习惯和应用微机的实际水平, 目前大多数的 PLC 采用继电器控制形式的梯形图编程方式; 这是一种面向生产、面向用户的编程方式, 它以计算机软件技术构成人们惯用的继电器模型, 直观易懂, 与常用的微机语言相比, 更容易被现场电气工程技术人員所接受并掌握。

现在的 PLC 编程器大都采用个人计算机或手持式编程器两种形式。手持式编程器有键盘、显示功能, 通过电缆线与 PLC 相连, 具有体积小、重量轻、便于携带、易于现场调试等优点。用户也可以利用计算机对 PLC 编程, 进行系统仿真调试, 监控运行。目前国内, 各厂家都开发了适用于计算机使用的编程软件, 同时编程软件的汉化界面更有利于对 PLC 的学习和推广应用。

3. 系统的设计、安装、调试工作量小, 维护方便

PLC 用软件取代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、安装接线工作量大为减少。同时 PLC 的用户程序大部分可以在实验室进行模拟调试, 用模拟试验开关代替输入信号, 其输出状态可通过 PLC 上的发光二极管指示出来。模拟调试好后再将 PLC 控制系统安装到生产现场, 进行联机调试。这样既安全, 又快捷方便。

PLC 的故障率很低, 并且有完善的自诊断和显示功能。当故障发生时, 可以根据可编程控制器的发光二极管或编程器提供的信息迅速查找故障的原因, 用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

4. 体积小, 能耗低

可编程控制器的体积小, 重量轻, 以三菱公司的 FX_{0S}-14 超小型可编程控制器为例, 其底部尺寸为 90mm×60mm。由于体积小, 很容易装在机械设备内部, 是实现机电一体化的理想控制设备。对于复杂的控制系统, 使用可编程控制器后, 可以减少大量的中间继电器和时间继电器, 而可编程控制器的体积又仅相当于几个继电器的大小, 因此可将开关柜的体积缩小到原来的 1/10~1/2, 由于减少了线圈用电, 从而也使能耗降低。

可编程控制器的配线比继电器控制系统的配线少得多, 故可以省下大量的配线和附件, 从而减少大量的安装接线工时, 加上开关柜体积的缩小, 也可以节省大量的费用。

1.3 可编程控制器的应用

自从 20 世纪 60 年代末美国首先研制和使用可编程控制器之后, 到 80 年代初, PLC 已在工业控制领域中占据主导地位。进入 90 年代后, 工业控制领域几乎完全被 PLC 占领。国外专家预言, PLC 技术将在工业自动化的三大支柱(PLC、机器人和 CAD/CAM)中跃居首位。

目前, 可编程控制器在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输以及环保等各行各业。随着可编程控制器性价比的不断提高, 其应用范围正在不断扩大, 目前可编程控制器的用途大致可以归纳为以下几个方面。

1. 开关量的逻辑控制

这是可编程控制器最基本、最广泛的应用领域。可编程控制器具有“与”、“或”、“非”等逻辑指令, 可以实现触点和电路的串、并联, 代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制, 可用于单机控制、多机群控、自动化生产线的控制等。例如对机床电器、冲压机械、铸造机械、运输带、包装机械、电梯的控制, 以及化工系统中各种泵和电磁阀的控制等。

2. 运动控制

可编程控制器可用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说, 早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构, 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, 广泛地应用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。可编程控制器通

过模拟量 I/O 模块,实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的 A/D 转换和 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID(Proportional-Integral-Derivative)控制。现代的大中型可编程控制器一般都有 PID 闭环控制功能,这一功能可以用 PID 子程序来实现,更多的是使用专用的智能 PID 模块。可编程控制器的模拟量 PID 控制功能已经广泛应用于轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

4. 数据处理

现代的可编程控制器具有数学运算(包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算,以及求反、循环、移位、浮点数运算)、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值进行比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

5. 通信联网

可编程控制器的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台可编程控制器之间的通信、可编程控制器和其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。可编程控制器与其他智能控制设备一起,可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,以满足工厂自动化系统发展的需要。各可编程控制器或远程 I/O 按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络连接构成集中管理信息的分布式网络系统。

6. 在计算机集成制造系统中的应用

计算机集成制造系统简称 CIMS,近几年已广泛应用于生产过程中。一般的 CIMS 系统可划分为六级子系统:第一级为现场级,包括各种设备,如传感器和各种电力、电子、液压和气动执行机构生产工艺参数的检测;第二级为设备控制级,它接收各种参数的检测信号,按照要求的控制规律实现各种操作控制;第三级为过程控制级,完成各种数学模型的建立,过程数据的采集处理。以上三级属于生产控制级,也称为 EIC 综合控制系统。由此向上的四、五、六级分别为在线作业管理、计划,业务管理及长期经营规划管理,通称为管理信息系统(MIS)。

EIC 综合控制系统是一种先进的工业过程自动化系统,它包括三个方面的内容:电气控制(Electric),以各种电机控制为主,包括各种逻辑连锁和顺序控制;仪表控制(Instrumentation),实现以 PID 为代表的各种回路控制功能,包括各种工业过程参数的检测和处理;计算机系统(Computer),实现各种模型的计算、参数的设定、过程的显示和各种操作运行管理。PLC 就是实现 EIC 综合控制系统的整机设备,由此可见,PLC 在现代工业中的地位非常重要。



值得一提的是, PLC 的应用在机械行业十分重要。据国外有关资料统计, 用于机械行业的 PLC 销售占总额的 60%。可以说 PLC 是实现机电一体化的重要工具, 也是机械工业技术进步的强大支柱。

1.4 可编程控制器的发展趋势

近年来, 可编程控制器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, 具体表现为以下几个方面。

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、元器件体积的减小、质量的提高, 可编程控制器结构更加紧凑, 设计制造水平在不断进步。微型可编程控制器一般是指 I/O 点数小于等于 256 的可编程控制器, 大多采用整体式结构。微型可编程控制器的价格便宜, 性价比不断提高, 很适合用于单机自动化或组成分布式控制系统。有些微型可编程控制器的体积非常小, 如三菱公司的 FX_{0N}、FX_{0S}、FX_{2N} 系列 PLC 均为超小型可编程控制器, 与该公司的 F₁ 系列相比, 其体积只有前者的 1/3 左右。

微型可编程控制器的体积虽小, 功能却很强, 过去一些大中型可编程控制器才有的功能, 如模拟量的处理、通信、PID 调节运算等, 均可以移植到小型机上。如 FX_{2N} 的基本指令执行速度高达 0.08μs/步, 有功能很强的 128 种共计 298 条功能指令, 可以作 16 位或 32 位二进制运算, 具有数据传送、比较、四则运算、转移、循环、子程序调用、多层嵌套主控等功能。FX_{2N} 为用户提供了大量的编程元件, 如 3000 多点辅助继电器、1000 点状态、256 点定时器、200 多点计数器、8 点内附高速计数器、8000 多点数据寄存器、128 点跳步指针和 15 点中断指针。配上特殊扩展模块可实现模拟量控制、定位控制、温度控制、可编程凸轮控制和模拟量设定。FX 系列可编程控制器可以通过串行通信接口与个人计算机和三菱公司的 A 系列可编程控制器联网, FX 系列可编程控制器也可以组成 RS-485 通信网络。同时, 随着可编程控制器价格的不断下降, PLC 将真正成为继电器控制系统的替代产品。

2. 向大型化、高速度、高性能方向发展

大型化指的是大中型可编程控制器向着大容量、智能化和网络化发展, 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。大型可编程控制器大多采用多 CPU 结构, 如三菱的 AnA 系列可编程控制器使用了世界上第一个在一块芯片上实现可编程控制器全部功能的 32 位微处理器, 即顺序控制专用芯片, 其扫描一条基本指令的时间为 0.15μs。另外, 松下公司的 FP10SH 系列可编程控制器采用 32 位 5 级流水线 RISC 结构的 CPU, 可以同时处理 5 条指令, 顺序指令的执行速度高达 0.04μs/步, 高级功能指令



的执行速度也有很大的提高。在有 2 个通信接口、256 个 I/O 点的情况下, FP10SH 总的扫描时间为 0.27ms~0.42ms, 大大提高了处理的速度。

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 模块外, 某些可编程控制器还具有模拟量模糊控制、自适应、参数自整定功能, 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。如西门子公司的 TISTAR 和 PCS 工作站使用的 APT(应用开发工具)软件, 是面向对象的配置设计、系统开发和管理工具软件, 它使用工业标准符号进行基于图形的配置设计。自上而下的模块化和面向对象的设计方法, 大大提高了配置效率, 降低了工程费用, 系统的设计开发自始至终体现了高度结构化的特点。APT 的程序检测和模拟功能减少了安装和开发需要的时间, APT 根据用户确定的控制策略自动生成配置程序。可以认为这是控制设计领域的重大革新, 是过程控制的 CAD。TISTAR 的命令均为配置方式, 不需要任何编程工作, 大大简化了控制系统的建立和调试工作。

3. 编程语言日趋标准

与个人计算机相比, 可编程控制器的硬件、软件体系结构都是封闭的, 而不是开放的。在硬件方面, 各厂家的 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, 因此各公司的可编程控制器互不兼容。为了解决这一问题, 国际电工委员会(IEC)于 1994 年 5 月颁布了可编程控制器标准(IEC1131), 其中的第三部分(IEC1131-3)是编程控制器的编程语言标准。标准中共有 5 种编程语言, 其中的顺序功能图(SFC)是一种结构块控制程序流程图, 梯形图和功能块图是两种图形语言, 此外还有两种文字语言——指令表和结构文本。标准中除了提供几种编程语言可供用户选择外, 还允许编程者在同一程序中使用多种编程语言, 使得编程者能够选择不同的语言来适应特殊的工作。几乎所有的可编程控制器厂家都表示在将来完全支持 IEC1131-3 标准, 但是不同厂家的产品之间的程序转换仍有一个过程。

4. 与其他工业控制产品更加融合

可编程控制器与个人计算机、分布式控制系统(DCS, 又称集散控制系统)和计算机数控(CNC)在功能和应用方面相互渗透、互相融合, 使得控制系统的性价比不断提高。在这种系统中, 目前的趋势是采用开放式的应用平台, 即网络、操作系统、监控及显示均采用国际标准或工业标准, 如操作系统采用 UNIX、MS-DOS、Windows、OS2 等, 这样可以把不同厂家的可编程控制器产品连接在一个网络中运行。

1) PLC 与 PC 的融合

个人计算机的价格便宜, 有很强的数据运算、处理和分析能力。目前个人计算机主要

用作可编程控制器的编程器、操作站或人-机接口终端。

将可编程控制器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,集成可编程控制器)的新型控制装置,其典型代表是 1988 年 10 月 A-B 公司与 DEC 公司联合开发的金字塔集成器(Pyramid Integrator),它是可编程控制器工业成熟的一个里程碑。它由 A-B 公司的大型可编程控制器(PLC-5/250)和 DEC 公司的 MicroVAX 计算机组合而成,放在同一块 VME 总线底板上。可以认为 IPLC 是能运行 DOS 或 Windows 操作系统的可编程控制器,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)指的是集散控制系统,又叫分布式控制系统,主要用于石油、化工、电力、造纸等流程工业的过程控制。它是用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制装置,是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术,通信网络技术和人-机接口技术竞相发展、互相渗透而产生的,既不同于分散的仪表控制技术,又不同于集中式计算机控制系统,而是吸收了两者的优点,在它们的基础上发展起来的一门技术。

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。它由集中管理部分、分散控制监控部分和通信部分组成。集中管理部分又可以分为工程师站、操作员站和管理计算机。工程师站主要用于编程组态和维护,操作员站用来监视和操作,管理计算机用于全系统的信息管理和优化控制。分散控制监测部分按功能可以分为控制站、监测站或现场控制站。通信部分主要由数据通道和各个站的通信模块组成,它连接系统的各个分布部分,完成数据、指令及其他信息的传递,一般具有自诊断功能和双机功能,可以实现高可靠性的数据通信。集散控制系统的软件由实时多任务操作系统、数据库管理系统、数据通信软件、组态软件和各种应用软件组成,使用组态软件可以生成用户要求的应用程序。

可编程控制器日益加速渗透到以多回路为主的分布式控制系统之中,这是因为可编程控制器已经能够提供各种类型的多回路模拟量输入、输出和 PID 闭环控制功能,以及高速数据处理能力和高速数据通信联网功能。可编程控制器擅长于开关量逻辑控制,DCS 擅长于模拟量回路控制,二者相结合,则可以优势互补。

西门子公司的 SIMATIC PCS 是具有可编程控制器功能的新型集散控制系统,该系统集电气控制、过程控制和系统管理于一身,把批量控制、连续控制、高速逻辑控制、高级运算以及管理集成于一体。其灵活的系统扩展性、基于 UNIX 操作系统和 X-Windows 的图形环境、开放的“客户端/服务器”结构,使用户可以根据过程本身的特点,而不是根据控制设备的功能来选择控制方式。符合工业标准的通信方式和窗口式的操作环境,有利于直接、迅速地获取和处理从现场到管理全方位的信息。

3) PLC 与 CNC 的融合

计算机数控(CNC)已受到来自可编程控制器的挑战,目前可编程控制器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编程控制器的薄弱环节,而现在已经有一些公司的可编程控制器能实现这种功能。例如三菱公司的 A 系列和 AnS 系列大中型可编程控制器均有单轴/双轴/三轴位置控制模块,集成了 CNC 功能的 IPCL620 控制器可以完成 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,它是当前工业自动化的热点之一。现场总线以开放的、独立的、全数字化的双向多变量通信代替 0~10mA 或 4mA~20mA 现场电动仪表信号。现场总线 I/O 集检测、数据处理、通信为一体,可以代替变送器、调节器、记录仪等模拟仪表,它接线简单,只需一根电缆,从主机开始,沿数据链从一个现场总线 I/O 连接到下一个现场总线 I/O。

现场总线控制系统将 DCS 的控制站功能分散给现场控制设备,仅靠现场总线设备就可以实现自动控制的基本功能。例如将电动调节阀及其驱动电路、输出特性补偿、PID 控制和运算、阀门自校验和自诊断功能集成在一起,再配上温度变送器就可以组成一个闭环温度控制系统,有的传感器中也植入了 PID 控制功能。使用现场总线后,操作员可以在中央控制室实现远程监控,对现场设备进行参数调整,还可以通过现场设备的自诊断功能预测故障和寻找故障点。

可编程控制器与现场总线相结合,可以组成价格便宜、功能强大的分布式控制系统。由于历史原因,现在有多种现场总线标准并存,包括基金会现场总线(Foundation Field Bus)、过程现场总线(Profibus)、局域操作网络(LonWorks)、控制器局域网络(CAN)、可寻址远程变送器数据通路协议(HART)。一些主要的可编程控制器厂家将现场总线作为可编程控制器控制系统中的底层网络,如 Rockwell 公司的 PLC5 系列可编程控制器安装了 Profibus(过程现场总线)协处理器模块后,能与其他厂家支持 Profibus 通信协议的设备,如传感器、执行器、变送器、驱动器、数控装置和个人计算机通信。西门子公司的可编程控制器也可以连接 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 12Mb/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

可编程控制器的通信联网功能使可编程控制器与个人计算机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。可编程控



制器通过双绞线、同轴电缆或光纤联网,信息可以传送到几十千米远的地方。可编程控制器网络大多是各厂家专用的,但是它们可以通过主机,与遵循标准通信协议的大网络联网。

西门子公司的可编程控制器可以通过 SINEC H1、SINEC L2(Profibus)或 SINEC L1 进行通信。SINEC H1 是一种符合 IEEE 802.3 标准的以太网,可连接 1024 个节点,传输距离为 4.6km,传输速率为 10Mb/s。SINEC L1 是一种速度较低的廉价网络。在网络中,个人计算机、图形工作站、小型机等可以作为监控站或工作站,它们能够提供屏幕显示、数据采集、分析整理、记录保持和回路面板等功能。而三菱公司的 FX_{2N} 系列可编程控制器能够连接到世界上最流行的开放式网络 CC-Link, Profibus Dp 和 DeviceNet,或者采用传感器层次的网络,以满足用户的通信需求。

1.5 习 题

- (1) 简述可编程控制器的定义。
- (2) 简述可编程控制器的特点。
- (3) 可编程控制器主要应用在哪些领域?
- (4) 可编程控制器的发展方向是什么?

