



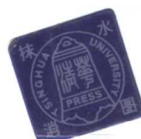
新世纪高职高专实用规划教材

● 机电·模具·数控系列

可编程控制器原理 及应用教程

KEBIANCHENG KONGZHIQI YUANLI JI YINGYONG JIAOCHENG

孙振强 主 编
王 晖 孙玉峰 李常峰 王文华 副主编



清华大学出版社

新世纪高职高专实用教材

模具·数控系列

可编程控制器原理及应用教程

孙振强 主编

王晖 孙玉峰 李常峰 王文华 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以三菱公司最新推出的 FX_{2N} 系列可编程控制器为蓝本,从实际应用出发,介绍了小型可编程控制器的工作原理、硬件结构、编程元件、指令系统、程序设计方法、控制系统设计和调试的方法以及可编程控制器在逻辑控制、模拟量控制、联网通信等方面的应用。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培训教材或自学参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用教程/孙振强主编;王晖,孙玉峰,李常峰,王文华副主编. —北京:清华大学出版社,2005.2

(新世纪高职高专实用规划教材 机电·模具·数控系列)

ISBN 7-302-10092-6

I. 可… II. ①孙…②王…③孙…④李…⑤王… 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(2004)第 130466 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 彭 欣

文稿编辑: 宋延清

封面设计: 陈刘源

印 装 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 15.5 字数: 366 千字

版 次: 2005 年 2 月第 1 版 2006 年 1 月第 3 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10092-6/TP·6910

印 数: 7001~9000

定 价: 21.00 元

新世纪高职高专实用规划教材

机电·模具·数控系列

编委会名单

主 任 李诚人 曾宪章

副主任 王平璋 李 文 于小平 杨广莉

委 员 (排名不分先后):

于 涛	王 晖	王文华	王 培	孙振强
孙玉峰	田莉坤	吴勤保	韩 伟	赵俊武
韩小峰	王 莉	刘华欣	闫华明	李长本
李振东	李常峰	王华杰	沈 伟	康亚鹏
肖调生	陈文杰	杨峻峰	邵东波	林若森
封逸彬	张信群	张玉英	郭爱荣	王晓江
杨永生	刘 航	关雄飞	王丽洁	张爱莲
王晓宏	郭新玲	高宏洋	甄瑞麟	熊 翔
黄红辉	潘建新	熊立武	王立红	魏 峥
董焕俊	牟 林	李先雄	南 欢	谢 刚

《新世纪高职高专实用规划教材》序

编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高的要求,即教材要充分体现科学性、先进性和实用性。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织部分高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系,全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质,特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写,采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式,使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下:

- (1) 打破以往教科书的编写套路,在兼顾基础知识的同时,强调实用性和可操作性。
- (2) 突出概念和应用,相关课程配有上机指导及习题,帮助读者对所学内容进行总结和提高。
- (3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落,使读者更容易得到有益的提示与应用技巧。
- (4) 增加了全新的、实用的内容和知识点,并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式,突出实践技能和动手能力。

读者定位

本系列教材针对职业教育,主要面向高职高专院校,同时也适用于同等学历的职业教育和继续教育。本丛书以三年制高职为主,同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作机制改革的产物,在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐,不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法,为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献我们的力量。

我们希望,通过本系列教材的编写和推广应用,不仅有利于提高职业技术教育的整体水平,而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法,形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

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。

本书从实际应用出发,以三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为蓝本,对小型可编程控制器的系统特点、工作原理、系统配置作了详细说明,对指令系统、特别是近年来应用较多的功能指令作了系统、详细的介绍。模拟量控制、联网通信等功能模块的引入,给 PLC 的应用带来了方便。

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 7 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讯等方面的应用。

本书由孙振强主编,第 1 章、第 2 章由王文华编写,第 3 章,第 9 章由孙玉峰编写,第 4 章、第 5 章由孙振强、李常峰编写,第 6 章、第 7 章由王晖编写,第 8 章由孙振强编写。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	第 3 章 可编程控制器基本指令	27
1.1 可编程控制器的产生	1	3.1 FX 系列可编程	
1.2 可编程控制器的特点	2	控制器的编程元件	27
1.3 可编程控制器的应用	4	3.1.1 可编程控制器的	
1.4 可编程控制器的发展趋势	5	编程元件概述	27
1.5 习题	9	3.1.2 FX _{2N} 系列编程元件	27
第 2 章 可编程控制器的系统构成		3.2 FX 系列可编程控制器的	
与工作原理	10	编程语言	36
2.1 可编程控制器的基本组成	10	3.2.1 顺序功能图编程语言	37
2.1.1 可编程控制器的		3.2.2 梯形图编程语言	37
硬件系统	10	3.2.3 功能块图编程语言	37
2.1.2 可编程控制器的		3.2.4 指令语句表编程语言	38
软件系统	13	3.2.5 结构文本编程语言	38
2.2 可编程控制器基本工作原理	14	3.3 FX 系列可编程控制器的基本指令	39
2.2.1 可编程控制器的		3.3.1 逻辑取及线圈驱动	
工作原理	14	指令 LD、LDI、OUT	39
2.2.2 扫描周期	17	3.3.2 接点串联指令	
2.2.3 I/O 滞后时间	17	AND、ANI	39
2.3 可编程控制器的分类	18	3.3.3 接点并联指令	
2.3.1 按硬件的结构类型分类	19	OR、ORI	40
2.3.2 按可应用规模及		3.3.4 取脉冲指令	
功能分类	20	LDP、LDF	41
2.3.3 按生产厂家分类	20	3.3.5 与脉冲指令 ANDP、	
2.4 可编程控制器的系统配置	22	ANDF	41
2.4.1 FX _{2N} 系列型号名称的含义	22	3.3.6 或脉冲指令 ORP、ORF	41
2.4.2 FX _{2N} 系列可编程		3.3.7 串联电路块的并联	
控制器的基本构成	22	连接指令 ORB	42
2.4.3 可编程控制器的		3.3.8 并联电路块的串联	
技术性能指标	24	连接指令 ANB	42
2.5 习题	26	3.3.9 多重输出指令 MPS、	
		MRD、MPP	43

3.3.10 主控及主控复位 指令 MC、MCR.....	45	第 5 章 可编程控制器功能指令	86
3.3.11 取反指令 INV.....	46	5.1 FX 系列可编程控制器	
3.3.12 置位与复位指令 SET、RST	46	功能指令概述	86
3.3.13 脉冲输出指令 PLS、 PLF.....	47	5.1.1 功能指令的通用表达形式	86
3.3.14 空操作指令 NOP.....	48	5.1.2 数据长度	87
3.3.15 程序结束指令 END.....	48	5.1.3 功能指令类型	88
3.4 FX 系列可编程控制器编程的 基本原则	48	5.1.4 位元件.....	88
3.4.1 梯形图设计规则.....	48	5.1.5 变址寄存器 V、Z.....	88
3.4.2 输入信号的最高频率问题	50	5.2 可编程控制器功能指令简介	89
3.5 习题	50	5.2.1 程序流程控制功能指令	89
第 4 章 可编程控制器程序设计	52	5.2.2 传送与比较指令	93
4.1 梯形图经验设计方法	52	5.2.3 算术运算和逻辑运算指令	98
4.1.1 梯形图经验设计 方法的步骤.....	53	5.2.4 循环移位与移位指令	102
4.1.2 常用基本环节 梯形图程序.....	53	5.2.5 数据处理指令	105
4.2 继电器控制电路移植法 设计梯形图	59	5.2.6 高速处理指令	110
4.2.1 概述.....	59	5.2.7 方便指令	114
4.2.2 设计方法和步骤.....	59	5.2.8 外部 I/O 设备指令	118
4.2.3 设计注意事项.....	61	5.2.9 FX 系列外部设备指令	124
4.3 顺序控制设计法与顺序功能图	62	5.2.10 浮点数运算指令	128
4.3.1 顺序控制设计法.....	62	5.2.11 时钟运算指令	132
4.3.2 顺序控制设计法中 顺序功能图的绘制	63	5.2.12 外围设备指令	135
4.4 顺序控制梯形图的编程方法	67	5.2.13 触点比较指令 (FNC224~FNC246).....	135
4.4.1 使用起保停 电路的编程方法.....	68	5.3 功能指令汇总表	136
4.4.2 以转换为中心的编程方法	72	5.4 习题	141
4.4.3 步进梯形指令的编程方法	74	第 6 章 可编程控制器控制系统设计	143
4.5 PLC 程序设计方法比较.....	82	6.1 可编程控制器控制系统 设计的步骤和内容	143
4.6 习题	83	6.1.1 熟悉控制对象的 工艺要求.....	143
		6.1.2 电气控制线路的设计	144
		6.1.3 程序设计	144
		6.1.4 控制系统模拟调试	145
		6.1.5 现场调试	145
		6.1.6 随机文件	145
		6.2 可编程控制器的选型与硬件配置	146

6.2.1 选择合适的可编程 控制器类型.....146	7.3.4 无协议通讯(用 RS 指令 进行数据传输)..... 176
6.2.2 开关量输入输出模块 及扩展的选择.....148	7.3.5 可选编程端口通讯..... 176
6.2.3 编程器与外围设备的选择.....148	7.4 习题..... 176
6.3 节省 I/O 点数的方法.....148	第 8 章 PLC 编程器与编程 软件使用方法 178
6.3.1 减少所需输入点数方法.....149	8.1 PLC 编程器及其使用..... 178
6.3.2 减少所需输出点数的方法.....150	8.1.1 FX-10P-E 手持式 编程器的使用..... 178
6.4 可编程控制器应用中 需注意的若干问题.....150	8.1.2 FX-20P-E 手持 编程器的使用..... 183
6.4.1 工作环境.....151	8.2 FXGPWIN 编程软件使用说明..... 197
6.4.2 安装布线.....151	8.2.1 概述..... 197
6.4.3 日常维护.....152	8.2.2 程序的编制..... 199
6.4.4 故障诊断.....152	8.2.3 程序的检查..... 201
6.5 习题.....153	8.2.4 程序的传送..... 201
第 7 章 可编程控制器的应用154	8.2.5 软元件的监控 和强制执行..... 202
7.1 可编程控制器在开关量 逻辑控制系统中的应用.....154	8.2.6 其他菜单及目录的使用..... 204
7.1.1 自动往返小车的控制.....154	第 9 章 实验指导 206
7.1.2 物料传送系统的控制.....155	9.1 可编程控制器入门实验..... 206
7.1.3 液体混合的控制.....156	9.2 基本指令实验..... 207
7.1.4 交通信号灯的 control.....158	9.3 栈及主控指令实验..... 209
7.1.5 工业自动清洗机系统.....159	9.4 定时器和计数器实验..... 211
7.1.6 交流双速电梯的控制.....161	9.5 步进顺控指令实验..... 214
7.2 可编程控制器用于模拟量的控制.....163	9.6 功能指令实验..... 216
7.2.1 模拟量输入模块.....163	9.7 PLC 功能指令实验..... 218
7.2.2 模拟量输出模块.....164	9.8 交通信号灯的自动控制实验..... 220
7.2.3 模拟量模块使用.....165	9.9 舞台艺术灯饰的 PLC 控制实验..... 223
7.3 可编程控制器的通讯与编程.....169	9.10 运料小车的自动控制实验..... 225
7.3.1 N:N 网络通讯.....169	9.11 三层电梯自动控制实验..... 227
7.3.2 并行链接通讯.....173	参考文献 231
7.3.3 计算机链接(用专用 协议进行数据传输).....175	

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,故障的查找和排除是非常困难的,可能会花大量时间,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,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,要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,该公司为新的控制系统提出 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,原系统只需作很小的改动;
- (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。这一时期它主要用于顺序控制,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,所以人们仍习惯地用 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 月发表了第二稿,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,我国不少厂家引进或研制了一批可编程控制器,各行各业也涌现出大批应用可编程控制器改造设备的成果,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,它较好地解决了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,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 作为通用工业控制计算机,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地查找故障的原因,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 1/2~1/10,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,减少大量的安装接线工时,加上开关柜体积的缩小,可以节省大量的费用。

1.3 可编程控制器的应用

自从 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 的应用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、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

可编程控制器可以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 控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成型机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,以及轻工、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比较,完成一定的控制操作,也可以利用通讯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是十分重要的。

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 调节运算等等,均可以被移植到小型机上。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 0.27~0.42ms,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,大大地提高了配置效率,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 月公布了可编程控制器标准(IEC1131),其中的第三部分(IEC1131-3)是可编程控制器的

编程语言标准。标准中共有五种编程语言,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。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,即集成可编程控制器)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。