

普通高等教育“三海一核”系列规划教材

机电控制与 可编程控制器技术

王立权 弓海霞 陈曦 贾鹏 主编

高等教育出版社

普通

规划教材

机电控制与 可编程控制器技术

王立权 弓海霞 陈曦 贾鹏 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书除绪论外分为两部分。第一部分为电气控制技术简介,包括第2章和第3章,使读者对低压电器和电气控制电路的基本环节有一定了解。第二部分为可编程控制器应用技术,包括第4章、第5章、第6章、第7章和第8章,以PLC基础知识,结合西门子S7-1200系列PLC为学习机型,讲述基本原理、指令系统、典型控制回路、应用系统设计以及PLC的通信及网络等内容,使读者能够熟练应用PLC进行电气控制设计和编写控制程序。

本书在基础知识传授与基本技能培养并重的基础上,适当增设了反映PLC领域新技术发展和工程应用的创新案例,始终结合“三海一核”的特色,突出了教材的新颖性和针对性。

本书是高等教育机械设计制造及其自动化专业的教材,亦适合作为各类成人高校、高等自学考试等本科层次机电类和机械类专业的教学用书,也可供工业自动化领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电控制与可编程控制器技术 / 王立权等主编. --
北京: 高等教育出版社, 2018. 7
ISBN 978-7-04-049240-8

I. ①机… II. ①王… III. ①机电一体化—控制系统—高等学校—教材②可编程序控制器—高等学校—教材
IV. ①TH-39②TM571. 61

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第002403号

策划编辑 薛立华	责任编辑 薛立华	封面设计 张楠	版式设计 杜微言
插图绘制 杜晓丹	责任校对 高歌	责任印制 毛斯璐	

出版发行 高等教育出版社	网 址 http://www.hep.edu.cn
社 址 北京市西城区德外大街4号	http://www.hep.com.cn
邮政编码 100120	网上订购 http://www.hepmall.com.cn
印 刷 北京玥实印刷有限公司	http://www.hepmall.com
开 本 787 mm×1092 mm 1/16	http://www.hepmall.cn
印 张 21	
字 数 520 千字	版 次 2018年7月第1版
购书热线 010-58581118	印 次 2018年7月第1次印刷
咨询电话 400-810-0598	定 价 40.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 49240-00

前言

机电控制与可编程控制器(PLC)技术广泛应用于机械和自动化等领域。PLC 是以微处理器为核心,集自动化技术、计算机技术、通信技术为一体的工业控制设备。作为工业自动化技术的三大支柱(PLC、机器人、计算机辅助设计与制造)之一,PLC 在工业自动化发展进程中占据着极其重要的地位。本书基础知识传授与基本技能培养并重,以西门子 S7-1200 系列 PLC 为学习机型,在讲述 PLC 基本知识、指令系统、典型控制回路的基础上,增设海洋工程应用的创新案例,使读者感受到 PLC 应用领域随着科学技术的持续发展所呈现出的广泛性和可拓展性,为大学生读者的课程设计、毕业设计以及工程实践奠定较为坚实的基础。

本书作为哈尔滨工程大学“三海一核”系列特色教材,适合于机械、自动化等相关专业本科生学习,亦适合作为各类成人高校、高等自学考试等本科层次机电类和机械类专业的教学用书,也可供工业自动化领域的工程技术人员参考。

教材特点:

(1) 面向应用型人才培养的需要,本书整体内容编写多采用应用实例和图形来代替繁琐的理论分析和论证,以基本知识和基本技能的传授为主线,注重工程应用能力和创新能力的培养。

(2) 以行业发展为牵引。本书在基础知识传授与基本技能培养并重的基础上,根据哈尔滨工程大学“三海一核”特色办学理念,结合哈尔滨工程大学海洋智能机械研究所已有的良好的 PLC 教学条件基础,增加 PLC 领域新技术在“三海一核”工程应用的新案例,突出了教材的新颖性和针对性。

(3) 有明确的学习目标、要点。章前有“学习目标”;某些难理解的章节间有“提示”“要点”;章后有“小结”“练习题”。其中,

练习题、自测题在书后有对应的解答,以帮助读者检查学习成效。此外,本书还结合学习进程设计了阶段性的主题学习单元“学习活动”,从而构成具体化、实效化的典型工作任务,以强化知识与技能的融合。

(4) 本书除绪论外分为两部分。第一部分为电气控制技术简介,包括第2章和第3章,使读者对低压电器和电气控制电路的基本环节有一定了解。第二部分为可编程控制器应用技术,包括第4章、第5章、第6章、第7章和第8章,以PLC基础知识,结合西门子S7-1200系列PLC为学习机型,讲述基本原理、指令系统、典型控制回路、应用系统设计以及PLC的通信及网络等内容,使读者能够熟练应用PLC进行电气控制设计和编写控制程序。

本书由哈尔滨工程大学王立权、弓海霞、贾鹏,黑龙江工程学院陈曦主编。具体分工如下:第1章、第4章由王立权编写;第6章、第7章由弓海霞编写;第2章、第3章由陈曦编写;第5章、第8章由贾鹏编写。

本书由国家开放大学孙志娟副教授主审。此外,在编写过程中,编者参阅了多种同类著作、教材和设备厂家的技术资料,特向相关编著和撰写者致谢!

由于水平所限,书中难免存在缺点和不足,恳请读者不吝赐教。

编者

2017年8月

目 录

第1章 绪论 1

1.1 机电控制技术概述 1

1.1.1 机电控制技术的发展概况 1

1.1.2 机电控制技术的发展前景 2

1.2 可编程控制器概述 2

1.2.1 PLC的特点 3

1.2.2 PLC的发展概况 4

1.2.3 PLC在工业自动化领域的地位 5

1.2.4 PLC的发展趋势 5

1.3 机电控制及可编程控制器课程的性质、内容和任务 6

本章小结 7

第2章 常用低压电器 8

2.1 低压电器 8

2.2 接触器 9

2.2.1 接触器的分类 9

2.2.2 接触器的结构及工作原理 9

2.2.3 主要技术参数 10

2.2.4 接触器的选择与使用 11

2.3 继电器 12

2.3.1 电磁式继电器 12

2.3.2 热继电器 14

2.3.3 时间继电器 16

2.3.4 速度继电器 17

2.4 开关电器 18

2.4.1 刀开关 19

2.4.2 低压断路器 20

2.5 熔断器 23

2.5.1 熔断器的结构及工作原理 23

2.5.2 图形符号及文字符号 24

2.5.3 熔断器的选用原则 24

2.5.4 熔断器与断路器的区别 25

2.6 主令电器 25

2.6.1 控制按钮 25

2.6.2 转换开关 26

2.6.3 行程开关 28

2.6.4 接近开关 29

2.7 低压电器的安装使用原则 31

本章小结 31

练习 32

第3章 电气控制电路的基本环节 33

3.1 电气控制系统图的绘制 34

3.1.1 电气控制系统图常用的图形符号和文字符号 34

3.1.2 电气原理图 34

3.1.3 电气元件布置图 39

3.1.4 电气安装接线图 41

3.2 电气控制系统常用的保护环节 42

3.2.1 短路保护 42

3.2.2 过电流保护 42

3.2.3 过载保护 42

3.2.4 失电压保护 43

3.2.5 欠电压保护 43

3.2.6 过电压保护 43

3.3 电气控制线路的常用基本回路 44

3.3.1 长动与点动控制回路 44

3.3.2 联锁控制回路 46

3.3.3 多点控制回路 47

3.3.4 顺序控制回路 48

3.3.5 自动往复循环控制线路 50

3.3.6 时间控制线路 51

3.4 异步电动机的启动控制线路 52

3.4.1 三相异步电动机的直接启动 52

3.4.2 三相异步电动机的降压启动 53

3.5 异步电动机的调速控制线路 56

3.5.1 异步电动机的调速原理 57

3.5.2 改变磁极对数调速的控制线路 59

3.5.3 绕线转子异步电动机转子回路串电阻调速控制线路 60

3.6 异步电动机的制动控制线路 62

3.6.1 三相异步电动机的能耗制动控制线路 62

3.6.2 反接制动控制线路	64	5.1.3 计数器指令	126
3.7 典型机床的控制线路分析	66	5.2 PLC 功能指令	129
3.7.1 CA6140 型卧式车床电气控制线路	66	5.2.1 比较指令	129
3.7.2 X62W 型万能铣床电气控制线路	69	5.2.2 数学运算指令	131
本章小结	74	5.2.3 逻辑运算指令	138
练习题	74	5.2.4 移动指令与转换指令	139
		5.2.5 移位指令与循环指令	143
		5.2.6 字符串指令	145
第 4 章 可编程控制器基础知识	81	5.3 其他指令	150
4.1 PLC 的定义	81	5.3.1 程序控制类指令	150
4.2 PLC 控制基础	82	5.3.2 通信指令	152
4.2.1 PLC 控制的基本概念	82	5.3.3 中断、PID、脉冲指令	161
4.2.2 PLC 控制的等效电路	82	本章小结	169
4.3 PLC 的基本硬件结构	84	练习题	169
4.3.1 基本组成	84		
4.3.2 CPU 单元	86	第 6 章 可编程控制器基本控制程序	
4.3.3 存储器	86	设计	171
4.3.4 输入输出接口单元	88	6.1 程序设计基础	172
4.4 PLC 基本工作原理	93	6.1.1 程序的基本单元	172
4.4.1 PLC 的工作过程	93	6.1.2 程序设计对 PLC 的基本要求	172
4.4.2 梯形图程序的循环扫描过程	95	6.1.3 程序设计的基本内容	173
4.4.3 中断的输入处理	96	6.2 控制系统程序设计	174
4.4.4 数据 I/O 操作和处理规则	97	6.2.1 继电器控制电路移植法	174
4.4.5 PLC 的 I/O 滞后现象	98	6.2.2 经验设计法	175
4.5 PLC 的基本技术性能指标	99	学习活动 6-1 设计弹性轴承疲劳试验台	
4.6 S7-1200 可编程控制器概述	100	控制系统	177
4.6.1 S7 系列 PLC	100	6.2.3 逻辑设计法	180
4.6.2 S7-1200 系列 PLC	101	学习活动 6-2 用逻辑设计法设计进水口	
4.6.3 PLC 的安装与接线	109	快速闸门运行状态监测系统	182
4.7 PLC 软件基础——梯形图	110	6.2.4 顺序控制设计法	187
4.7.1 梯形图的组成	110	学习活动 6-3 用顺序控制设计法设计	
4.7.2 梯形图的特点	110	多功能机具沿管爬行控制程序	196
4.7.3 梯形图编程的基本规则	111	6.3 典型控制程序	200
4.7.4 梯形图程序的优化	111	6.3.1 自锁功能控制程序	200
本章小结	113	6.3.2 互锁及联锁功能控制程序	200
练习题	113	6.3.3 计数控制程序	203
		6.3.4 时间控制程序	204
第 5 章 可编程控制器指令系统	115	6.3.5 报警控制程序	207
5.1 PLC 基本指令	115	6.3.6 优先控制程序	208
5.1.1 基本逻辑指令	116	本章小结	210
学习活动 PLC 基本指令应用——设计		练习题	211
电动机正反转的 PLC 控制系统	121		
5.1.2 定时器指令	123		

第7章 可编程控制器系统设计和

实例212

7.1 PLC 应用系统的设计212

7.1.1 设计原则和内容213

7.1.2 控制系统设计步骤214

7.1.3 PLC 的选型、测试和调试215

7.2 PLC 控制系统实例217

7.2.1 液压闸刀式切管机217

7.2.2 船用主机自动控制系统227

7.2.3 水下分离器控制系统240

学习活动 设计 PLC 实验控制台257

本章小结259

练习题260

第8章 可编程控制器的通信及

网络262

8.1 通信及网络概述263

8.1.1 数据通信基础263

8.1.2 PLC 网络系统结构265

8.1.3 现场总线技术266

8.2 S7-1200 以太网通信268

8.2.1 PLC 网络通信方式268

8.2.2 S7-1200 与 S7-300/400 的通信271

学习活动 8-1 PLC 网络通信应用实例—— 开放式用户的连接实例279

8.3 S7-1200 串行通信281

8.3.1 S7-1200 串行通信概述281

8.3.2 S7-1200 串行通信模块的通信协议283

8.3.3 S7-1200 串行通信模块的设置291

学习活动 8-2 串口通信模块与超级终端 的数据通信297

本章小结302

练习题302

参考答案303

参考文献324

第1章 绪论

1.1 机电控制技术概述

机电一体化技术(Mechatronics)是将机械技术、电工电子技术、微电子技术、信息技术、传感器技术、接口技术、信号变换技术等有机结合而形成的一门综合技术。机电控制技术属于机电一体化技术,强调机械技术与电子技术的结合,它将机械技术、计算机技术、检测技术及自动化技术有机结合,在大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术 with 机械电子技术结合的基础上,综合运用机械、微电子、自动控制、信息、传感检测、电力电子、信号处理以及软件编程等技术,解决机电系统的智能控制问题。机电控制技术主要包括智能控制和拖动两方面内容。典型机电系统主要有五个基本要素:计算机、机械装置、传感器、动力装置及执行机构。其中,计算机是机电系统的核心,发出控制指令控制整个系统有目的地运转。机械装置由机械零部件组成,向其他机械部件传递运动和力。传感器是检测和自动控制应用中的首要环节,是能够从被测对象中提取信息的器件或装置,用于检测机电控制系统工作时所要监视和控制的物理量、化学量和生物量。动力装置为整个机电系统提供能量,驱动执行机构运动。执行机构严格执行来自控制系统的控制指令,将控制指令转换为运动部件的流体能或机械能。

1.1.1 机电控制技术的发展概况

从20世纪20年代开始,出现了采用继电器、接触器和行程开关、按钮等电气元件,按照一定的接线方式组成的机电控制系统,即继电器-接触器控制线路,实现了对控制对象的启动、停止、反转以及有级调速等控制。继电器-接触器控制线路具有结构简单、价格低廉、维护方便、抗干扰强等特点,适用于动作比较简单、控制规模比较小的场合,因此广泛应用于对各类机床的控制。然而,继电器-接触器控制线路也有一些缺点:灵活性差,可靠性低,控制速度慢,控制精度也低。尽管如此,这种控制装置仍能在一定范围内满足机械设备自动控制的要求。目前,继电器-接触器控制仍然是机床和其他机械设备最基本的电气控制形式之一。

20世纪50年代初,电子技术快速发展,出现了二极管、晶体管、集成电路等半导体逻辑元件,组成了可靠性较高的无触点逻辑控制装置。这种控制装置与继电器-接触器控制装置相比较,具有体积小、可靠性高、反应速度快、寿命长等优点,但仍然需要固定接线,存在通用性和灵活性差的问题,因此适用于专用的控制系统。20世纪60年代,电子计算机技术在工业控制领域被大量采用,大大提高了控制装置的通用性和灵活性,同时它还具有采样速度快和控制功能强等优点。

但由于电子计算机的抗干扰性和可靠性并不高,所以在机电控制领域的应用受到限制。于是,实际使用中急需一种通用性和灵活性强于继电-接触器控制装置和半导体逻辑控制装置,可靠性优于电子计算机控制的新型装置,顺序控制器就应运而生。顺序控制器是通过组合逻辑元件插接或编程来实现继电-接触器控制线路功能的装置。它是由继电器和半导体逻辑元件控制装置演变而来的,其核心部分是一块二极管矩阵板,利用二极管“门”电路构成顺序控制逻辑电路,与计数器集成元件组合构成矩阵式步进顺序控制器。其程序是用二极管插头在适当位置插入矩阵插孔来进行设定的,更换二极管插头的位置就能改变程序。由于这种控制系统的输入输出端数目往往受到矩阵板本身结构的限制,而且抗干扰性差,目前已较少采用,取而代之的是可编程控制器。

1969 年,美国数字公司研制出了第一代可编程控制器,大大提高了机电控制的通用性和灵活性。20 世纪 70 年代初期,可编程控制器开始加快发展。到了 20 世纪 80 年代,随着微电子技术的进步,可编程控制器的发展进入成熟期,不仅技术向大规模、高速度、高性能发展,而且产品也走向系列化,应用范围日趋扩大,成为一个新兴产业,且产品和销售量都不断增加。随着集成电路技术和计算机技术的发展,可编程控制器现在已经发展到第五代产品。总结机电控制技术得以发展的根本原因可知,是计算机技术与自动化技术推动了机电控制技术的进步。

1.1.2 机电控制技术的发展前景

随着社会生产和科学技术的发展,机电控制技术正在不断地应用到各个领域并迅速地向前推进。归纳起来,主要有以下三个方面:

- (1) 从性能上看,向高精度、高效率、高性能、智能化的方向发展;
- (2) 从功能上看,向小型化、轻型化、多功能方向发展;
- (3) 从层次上看,向系统化、复合集成化方向发展。

目前,机电控制系统及其相关理论技术呈现出两方面的主要特性,即系统科学性和学科综合性。系统科学性是指机电控制技术的理论知识和工程方法越来越多,学科综合性是指机电控制技术由多方面的学科知识有机结合所支撑。

可编程控制器是计算机技术与继电-接触器控制技术相结合的产物,其输入和输出均与低压电器密切相关。因此,在今后较长的一段时期,继电-接触器控制在电气控制技术应用中仍然会占有重要的地位。

1.2 可编程控制器概述

可编程控制器 (Programmable Controller, PC), 早期主要应用于逻辑控制, 因此也称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。随着个人计算机 (Personal Computer, PC) 的出现, PC 已经成为个人计算机的代名词, 为了加以区别, 通常将可编程控制器简称为 PLC。

PLC 的硬件由以微处理器为核心的输入输出接口电路构成,即采用一类可编程的存储器,用于其内部程序存储,执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字或模拟式输入输出控制各种类型的机械或生产过程。随着 PLC 的发展,其功能不断完善,从早期开关量的输入、输出,模拟量的输入、输出,已经发展到能够完成复杂控制功能、通信联网功能的各种控制单元。

1.2.1 PLC 的特点

PLC 之所以高速发展,除了工业自动化的客观需要外,其自身还有许多独特的优点。例如,它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠性、通用性、灵活性、使用方便等问题。可编程控制器在机电控制领域的重要作用与其以下的特点是分不开的。

1. 功能齐全

PLC 的基本功能包括开关量的输入输出功能,对模拟量的输入输出的功能,定时、计数和监控功能,网络通信功能,彼此间、仪表和上位计算机之间的通信功能,可构成集中管理、分散控制的分布式控制系统,可实现工厂自动化系统高效能的控制要求,特殊输入输出功能,完成数控、运动控制、比例-积分-微分(Proportion Integration Differentiation, PID)控制等功能。

2. 应用灵活

PLC 具有标准的积木式硬件结构,软件设计模块化、标准化、通用化,实际使用中可以根据控制系统的规模与需求在系列产品中选择合适的产品,并灵活组合成性价比最高的控制系统。PLC 硬件各部件均向用户开放,便于用户选用,以配置成规模不等的 PLC 控制系统。PLC 内的 I/O 模块,除一般的 DI/DO、AD/DA 模块外,还发展了一系列特殊功能的 I/O 模块,如用于条形码识别的 ASCII/BASIC 模块、PID 模块、用于运动控制的高速计数模块、单轴和双轴位置控制模块、凸轮定位器模块等。另外,其在输入输出的相关元件,强干扰场合的输入输出电隔离、地隔离等方面也更加完善。在工艺流程变更较多、设备更新较快的场合,其输入输出通道的接线容易变更,存储器中的控制程序改写方便。由于其控制功能是通过软件完成的,因此可在现场联机调试前先进行实验室内的模拟调试,使设计与施工同步进行,大大缩短了设计、生产、安装调试的周期,从而节约了经费。

3. 操作方便,维修容易

PLC 的软件编程采用指令表、梯形图、顺序功能图、功能块图、结构化文本等编程语言。为了替代继电器,使用户等完成类似继电器线路的控制系统梯形图,PLC 厂家编制了一套控制算法功能块(或子程序),称为指令系统,固化在存储器 ROM 中,用户在编制应用程序时可以调用。指令系统大致可以分为两类,即基本指令和扩展指令。PLC 的指令系统有基本指令、定时器/计数器指令、移位指令、传送指令、比较指令、转换指令、BCD 运算指令、二进制运算指令、增量/减量指令、逻辑运算指令、特殊运算指令等,这些指令大多类似汇编语言。另外,PLC 还提供了充足的定时器、计数器、内部继电器、寄存器及存储器等内部资源,为编程带来极大方便。操作人员只要经过培训,就能在短期内掌握其编程技术。PLC 还具有监控和自诊断能力,其内部电路工作状态、输入输出通道状态、数据通信状态、随机存储器(Random Access Memory, RAM)后备电池情况等

均设有醒目的显示和报警。因此,若发生故障或异常,操作人员可以及时、准确地判断出故障原因,并采取诸如替代模块或插件等方法排除故障,使系统恢复正常。

4. 稳定可靠

PLC 的生产厂商均严格按照相关标准进行出厂检验,保证了产品的高可靠性、高抗干扰能力,使其能够适应恶劣的工业应用环境(电磁干扰强、温度高、湿度大、粉尘多等)。常见 PLC 的平均无故障时间(MTBF)多达几十万小时,故其因可靠性而堪称工业控制设备中的“无故障之王”。

1.2.2 PLC 的发展概况

PLC 是在 20 世纪 60 年代后期间世的,开始主要应用于汽车制造业。当时,汽车制造业生产线的自动控制系统是由继电器控制系统构成的,汽车每次改型都要将生产线中的继电器控制系统重新设计和安装。为了减少重新设计和安装继电器控制系统的经费和时间,1968 年,美国通用汽车公司提出研制新的控制系统以取代继电器控制系统。1969 年,美国数字设备公司(Digital Equipment Corporation, DEC)研制出世界上第一台 PLC,并成功地在通用汽车的生产线上应用,从而改变了传统的机电控制系统的控制方式,开创了 PLC 技术的时代。到 20 世纪 80 年代,随着微电子技术的发展,PLC 的发展进入了成熟期,开始大量推广应用于机械制造、电力、建材、冶金、石油化工、食品和制药等工业控制领域。20 世纪 80 年代至 90 年代中期,PLC 技术快速发展,随着其处理模拟信号的能力和网络功能的进一步提升,PLC 挤占了部分分散型控制系统(Distributed Control Systems, DCS)的市场。PLC 在 20 世纪 90 年代已经形成微、小、中、大、巨型多种类型。按 I/O 点数可分为微型 PLC(32 点 I/O)、小型 PLC(256 点 I/O)、中型 PLC(1 024 点 I/O)、大型 PLC(4 096 点 I/O)、巨型 PLC(8 195 点 I/O),以及单机支持 300 回路和 65 000 点 I/O 的大型系统。与之对应,中型以上的 PLC 采用 16~32 位的 CPU,而微、小型 PLC 则采用 8 位的 CPU。

PLC 的网络是由一个或若干个 PLC 与 PC 联成的网络系统,PC 起到编程器及人机界面操作站的作用。这是 20 世纪 90 年代控制系统的新潮流,而且编程软件和人机界面软件(监控软件或组态软件)及软件接口(或驱动软件)也因此得到了发展。近年来,PLC 厂家又在原来的 CPU 模块上提供了物理层 RS232/422/485 接口,逐渐增加了各种通信接口,从而提供了完整的通信网络。例如,目前,美国罗克韦尔公司已形成了多层结构体系,即 Ether Net, Control Net, Device Net 及 ASI 等现场总线。德国西门子公司在 PROFIBUS-DP 通信网络及 PROFIBUS-FMS 网络以外,提出了 S7 Routing 网络,即 PROFIBUS-DP 和 Industrial Ethernet 两层结构。PLC 与其他智能控制设备的通信采用现场总线网技术,形成以现场总线网为基础的、以智能 I/O 模块构成的分布式控制站,将过去 DCS 中集中式的 I/O 控制站变成分布式的控制站,在传统 DCS 网络的下一层再引入一层现场网络,形成设备级网络、控制级网络和管理级网络三层网络结构,如 PLC 与智能 MCC 马达控制中心、数控机床配套的 NC/CNC(数控系统)设备、其他运行控制系统、电控设备、变频器和软启动器等组成网络系统;PLC 可以与 DCS 分工合作,PLC 充当 DCS 的远程 I/O 站;PLC 也可以与工业控制计算机(Industrial Personal Computer, IPC)分工合作,用 IPC 做人机界面,PLC 作为 I/O 控制站。总之,PLC 要兼容各种新技术,使 PLC 成为真正意义上的“电脑”。

PLC 技术在当代自动化工程项目中占有主要地位,进入 2013 年之后,随着自动化产业热潮

不断升温,PLC 市场被相关市场研究机构看好。按目前我国的经济形势分析,我国在未来 5~10 年内将迎来一个 PLC 市场高速增长的时期。

目前,世界上较大的 PLC 生产厂家有 200 多家,有 400 多种 PLC 产品,按地域可分为美国、欧洲和日本三个流派;中国国内 PLC 的生产厂家约有 30 家,但占据的市场份额较小,一直没有形成具有规模的品牌和产品。目前中国市场上,95% 以上的 PLC 产品来自国外公司。知名度较高的国外 PLC 品牌主要有德国西门子、法国施耐德、日本欧姆龙、日本三菱、美国罗克韦尔、瑞士 ABB、日本松下、美国爱默生。

国产 PLC 的发展从最初引进外国技术,到后来吸收 PLC 的关键技术进行国产化,PLC 经过了一个迅速发展的历程。目前国产 PLC 厂商众多,主要集中在台湾、深圳以及江浙一带,有和利时、台达、永宏、盟立等品牌。每个厂商的规模也不一样。国内厂商的 PLC 主要集中于小型 PLC,例如欧辰、信捷、亿维等品牌;还有一些厂商生产中型 PLC,例如盟立、南大傲拓等品牌。

1.2.3 PLC 在工业自动化领域的地位

多年来,在工业自动化领域长期存在着 PLC、DCS 与 IPC 三足鼎立之势。

DCS 又称分散控制系统,是一种由多台计算机分别控制生产过程中多个控制回路,同时又可集中获取数据、集中管理和集中控制的自动控制系统。PLC 控制系统既可以作为独立的 DCS 系统,也可以作为 DCS 的子系统;可用一台 PLC 作为主站、多台同类型 PLC 为从站,也可用多台 PLC 作为主站、多台同类型 PLC 为从站,构成大型的 PLC 控制网络。

IPC 又称工业控制计算机,是一种加固的增强型个人计算机,它可以作为一个工业控制器在工业环境中可靠运行。IPC 自 20 世纪 80 年代初进入工业自动化领域以来,获得了广泛应用,主要原因在于 IPC 技术的开放性,其具有丰富的硬件、软件资源,得到了广大工程技术人员的支持。目前,开放式结构已经将 IPC 及传统 PLC 的功能完美地结合在一起,从人机接口到网络控制,包括控制器硬件系统都朝着这个方向发展。一些 PLC 制造商已经接受了 IPC 的技术路线,PLC、DCS 与 IPC 技术正在趋于融合。

1.2.4 PLC 的发展趋势

半导体集成技术、控制技术、计算机技术等技术的进步成为推动 PLC 技术发展的科技基础,工业控制的各种需求是 PLC 发展壮大的外在力量。PLC 的主要发展方向有以下几点:

1. 功能更完善

PLC 不断借鉴吸收相关技术的优点以完善自我,逐渐发展出许多功能,如高速指令处理、口令保护、函数运算、数据处理、PID 运算与控制、矩阵运算、超前补偿、滞后补偿、故障搜索与自我诊断等。同时,其编程语言除了梯形图外,还发展了面向过程控制的流程图语言,并兼容计算机语言 C 语言和 BASIC 语言。

2. 控制分散化

PLC 借鉴 DCS 系统的思想,使控制系统分散化,简化了系统的接线,使系统便于维护和修理,也避免了集中控制的危险。小型化的 PLC 将向更专业化的使用角度发展,比如功能更有针对性、对应用的环境更有针对性等。大型的 PLC 与 DCS 的界限逐步淡化,直至完全融和。

3. 功能开放化

传统的 PLC 在技术上是比较封闭的,不同品牌间的 PLC 不能互联。这给用户的使用造成了一定程度的不便,增加了用户的使用成本。如今,工业控制领域对信息流通的高效性要求与日俱增,用户也希望产品的开放性更佳。目前,一些 PLC 厂家借鉴个人计算机的思想,开始遵循行业通用标准,使彼此的产品能更好地兼容。标准的统一具体体现在:编程的统一、网络通信协议的统一、集成接口的统一。

4. 便利化

PLC 系统的建立比 IPC、DCS、数控(Numerical Control, NC)方便得多,但实现和操作并不方便。PLC 系统正在克服这些缺点,通过 ASCII 单元、语音单元和触摸屏间接实现多媒体控制。

随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的发展,PLC 已经由最初的一位机发展到现在的 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PC,而且实现了多处理器的多通道处理。目前,PLC 仍然保持旺盛的发展势头,并不断扩大其应用领域,如为用户配置柔性制造系统(Flexible Manufacture System, FMS)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。现在,PLC 主要向两个方向扩展:一个是综合化控制系统,另一个是微型 PLC。

1.3 机电控制及可编程控制器课程的性质、内容和任务

本课程是一门应用性很强的专业课程。机电控制和可编程控制技术在生产过程、科研和国防及其他各个领域的应用十分广泛。

本书的主要内容是以电动机或其他执行器为控制对象,介绍和讲解继电器-接触器控制系统和可编程控制器控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。其中,PLC 的飞速发展和其强大的功能正使它成为实现工业自动化的主要手段之一,所以本书的介绍重点在 PLC,但这并不意味着继电器-接触器控制系统不重要。因为继电器-接触器控制系统在小型电气系统中还普遍使用,而且它是组成电气控制系统的基础。所以,尽管 PLC 在很大范围内取代了继电器,但它主要取代的只是程序控制部分,而电气控制系统、信号采集、发布和驱动输出等部分仍要由电气元器件以及电路来完成。所以,学习接触式控制系统也是非常必要的。

本书的主要任务是:让学习者理解,PLC 作为一种先进的控制设备对于现代机电控制的发展起到了重要的推动作用;使学习者了解,机械、电子、计算机等综合控制系统技术在机械控制中的应用;使学习者真正掌握一门非常实用的工业控制技术,以及培养和提高学习者的实际应用和动手能力。本书将通过详细讲解实例,使学习者能够真正学以致用。

本章小结

本章介绍了机电控制技术的概念、发展概况和发展前景,可编程控制器的概念、特点、发展概况、在工业自动化中的地位和发展趋势等内容,使读者对机电控制技术,尤其是 PLC 有一个总体的了解和认识,为后续深入学习奠定一定的基础。

可编程控制器控制系统的应用越来越广泛,已成为实现工业自动化的重要手段。功能齐全、应用灵活、操作方便、稳定可靠等特点使得 PLC 在机电控制领域广泛应用,在今后较长的一段时期,PLC 在机电控制领域中仍然会占有重要的地位。

第2章 常用低压电器

导言

20 世纪 70 年代以前,电气自动控制的任務基本上都是由低压电器构成的,它取代了原来的手动控制方式,具有结构简单、价格低廉、抗干扰能力强等优点,所以广泛使用在自动控制系统中,至今仍是许多机械设备广泛使用的基本电气控制方式。为了满足制造企业对提高生产效率和实现机械流水化作业生产方式的需求,生产控制系统不断更新换代。在这种情况下,采用硬接线方式的继电—接触器控制系统,由于成本较高、设计和施工周期长,已不能满足频繁更新的需求。但无可否认,无论自动控制系统发展到什么水平,低压电气控制仍是学习各种先进电气控制的基础。本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理以及使用方法等相关知识,为后续章节学习低压电器组成的控制电路以及可编程控制器技术奠定基础。

学习目标

1. 能够识别常用的低压电器的图形符号和文字符号;
2. 了解接触器、继电器、开关电器、熔断器和主令电器的结构和工作原理及使用方法;
3. 熟悉各种继电器的工作原理;
4. 熟悉行程开关的功能及使用方法;
5. 掌握时间继电器的工作过程,能够根据需要选择通电延时型和断电延时型时间继电器。

2.1 低压电器

低压电器是指工作在 50 Hz 或 60 Hz 交流额定电压小于 1 200 V、直流电压小于 1 500 V 的电路中的电器,以实现电气系统执行器件的通断、保护、检测、控制、变换、调节等。常用的低压电器有刀开关、熔断器、空气开关、按钮、接触器、热继电器、中间继电器、时间继电器、速度继电器等。

按动作方式分为手动电器和自动电器。手动电器是依靠外力直接操作来进行切换的电器,如刀开关、按钮开关等。自动电器是依靠指令或物理量变化而自动动作的电器,如接触器、继电器等。

按用途分为低压控制电器和低压保护电器。低压控制电器主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用,如刀开关、低压断路器等。低压保护电器主要在低压配电系统及动力设备中起保

护作用,如熔断器、热继电器等。

按种类分为刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器、主令电器和自动开关等。

2.2 接触器

接触器(Contactor)是用于中、远距离频繁接通-断开交直流主电路或其他负载电路的一种自动开关电器。接触器主要用于自动控制交、直流电动机,电热设备及电容器组等设备,具有大的执行机构、大容量的触点系统和灭弧能力,当电路发生故障时,能迅速、可靠地切断电源,并有低压释放功能,与保护电器配合实现对电动机的控制。

2.2.1 接触器的分类

按主触点连接回路的形式分为直流接触器、交流接触器、切换电容接触器等。

按操作机构分为电磁式接触器、永磁式接触器。

按主触点的极数分为单极、双极、三极、四极和五极等。

按灭弧介质分为空气电磁式接触器、油浸式接触器和真空接触器等。

2.2.2 接触器的结构及工作原理

1. 电磁式接触器结构及工作原理

电磁式接触器由电磁系统、触点系统、灭弧装置、释放弹簧、触点弹簧、触点压力弹簧、支架及底座等组成,如图 2-1(a)所示。

(1) 电磁系统

由线圈、铁心和衔铁组成,用于产生电磁吸力,从而带动动触点动作。

(2) 触点系统

包含主触点和辅助触点两部分。如图 2-1(b)所示,主触点负责在主电路中控制电动机的通断,而辅助触点则在控制电路中实现电路控制,辅助触点包括一对常开(又称动合)和常闭(又称动断)触点。当线圈通电后,衔铁在电磁吸力作用下向铁心移动,带动动触点动作,使其与常闭触点的静触点分开,与常开触点的静触点闭合。当线圈断电时,电磁吸力消失或减弱,衔铁在释放弹簧的作用下释放,触点复位。

(3) 灭弧系统

电弧是一种气体放电现象,即气体中有大量带电粒子做定向运动。在自然环境下通断电路时,如果被通断电路的电流(电压)超过某一数值,则根据触点材料的不同,一般为 0.25~1 A、