

可编程控制器 原理及应用



教育部高等学校自动化专业
教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

王存旭 迟新利 张玉艳 林盛 主编

教育部高等学校自动化专业
教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

可编程控制器原理及应用

Kebianchengkongzhiqi Yuanli ji Yingyong

王存旭 迟新利 张玉艳 林盛 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书介绍了常用低压电器、电气控制线路基础知识、可编程控制器的产生、系统组成、工作原理与应用技术等基础知识,重点以西门子 S7-200 系列可编程控制器为背景,系统介绍了可编程控制器的原理、指令系统、网络通信技术、系统设计方法以及可编程控制器结合最新的工业组态软件的控制应用。

本书共 8 章。第 1 章介绍可编程控制器及低压电器的基础知识;第 2 章介绍西门子 S7-200 可编程控制器的基础知识及基本指令;第 3 章介绍西门子 S7-200 可编程控制器功能指令及应用;第 4 章介绍可编程控制器程序设计;第 5 章介绍 S7-200 可编程控制器的通信及网络;第 6 章介绍编程软件及其使用;第 7 章介绍可编程控制器工控组态控制及其应用;第 8 章介绍可编程控制器系统设计与维护。

本书对指令系统和工业组态控制都以实例的方式进行讲解和介绍,由浅入深、层次清楚、易于理解、掌握,并结合具体工程案例,对工程上常用可编程控制器控制系统的设计思想、设计步骤、设计方法及调试维护等进行了详尽的讲述。本书每章均配有思考与练习题。

本书着重于可编程控制器的实际应用技术,实用性强,可作为普通高等工科院校自动化、机械设计制造及其自动化、计算机应用、电气工程及其自动化等其他相关专业的教材,也可供高职高专的相关专业选用,同时也可作为电气技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用 / 王存旭等主编. —北京:
高等教育出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-04-037833-7

I. ①可… II. ①王… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 144705 号

策划编辑 王耀锋

责任编辑 王耀锋

封面设计 张雨薇

版式设计 杜微言

插图绘制 尹莉

责任校对 刘丽娟

责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京中科印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 28
字 数 630 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
定 价 40.50 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 37833-00

工程应用型自动化专业 课程体系研究与教材建设委员会

主任委员： 吴 澄(清华大学)

副主任委员：韩九强(西安交通大学)

萧德云(清华大学)

薛安克(杭州电子科技大学)

专 家 委 员(按姓氏笔画):

王 普(北京工业大学)

刘小河(北京信息科技大学)

吴晓蓓(南京理工大学)

赵光宙(浙江大学)

彭 瑜(上海工业自动化仪表研究院)

韩力群(北京工商大学)

任德祥(上海宝钢集团)

吴重光(北京化工大学)

张德江(长春工业大学)

凌志浩(华东理工大学)

谢克明(太原理工大学)

戴先中(东南大学)

委 员(按姓氏笔画):

于微波(长春工业大学)

王 俊(合肥学院)

王再英(西安科技大学)

王建华(上海应用技术学院)

艾 红(北京信息科技大学)

张丽香(山西大学工程学院)

李现明(山东大学)

陈在平(天津理工大学)

周亚军(杭州电子科技大学)

胡向东(重庆邮电大学)

聂诗良(西南科技大学)

黄 坚(南京工程学院)

韩 颖(高等教育出版社)

孔亚广(杭州电子科技大学)

王万良(浙江工业大学)

王存旭(沈阳工程学院)

白 晶(北华大学)

许晓峰(沈阳工程学院)

李全利(哈尔滨理工大学)

汪贵平(长安大学)

陈桂友(山东大学)

罗 敏(湖北汽车工业学院)

徐昱琳(上海大学)

崔桂梅(内蒙古科技大学)

黄江平(华东交通大学)

薛为民(北京联合大学)

秘 书：韩 颖(兼)(高等教育出版社)

出版说明

为了适应高等工程教育改革,满足社会对工程应用型自动化专业人才的需要,在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士的领导下,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”专项研究课题,从全国高等院校遴选了既有工程研究实践背景、又有教材编写经验的专家教授,以及企业界知名特邀代表共 40 余人,对工程应用型自动化专业的课程体系、教学内容进行系统深入的调查、分析和研究,提出了工程应用型自动化专业课程体系结构和系列教材的三级目录。采用个人报名、专家推荐、“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审相结合的方式,组织编写出版一套工程应用特点明显、国内一流的工程应用型自动化专业系列教材。

工程应用型自动化专业系列教材力求达到理论与应用相统一、教学与实际相结合、工程应用特点明显、国内一流。通过对人才市场需求、专业培养定位、自动化技术发展动态的分析研究,提出从实际工程应用自动化系统出发,结合系统中涉及的单元技术与理论方法,聚类归纳工程应用型自动化专业的课程体系结构,凝练解决自动化应用系统问题的每门课程的内容与知识点,使学生能够学以致用,能够解决工程实际问题。经过 40 多位专家教授的辛勤劳作,第一批 19 本工程应用型自动化专业系列教材于 2010 年陆续出版。为了满足不同应用背景、不同应用层次的工程需要,部分应用面广的同类教材有两种版本可供选用。

本系列教材主要内容覆盖自动化应用系统涉及的实用技术、理论与方法、器件与工具等内容。第一批教材包括针对自动化系统数据获取部分的机器视觉技术及应用、现代检测技术及应用等;系统驱动部分的电机与拖动、电力电子技术、电力拖动自动控制系统等;系统控制方法部分的自动控制原理、过程控制、运动控制等;控制器硬件设计部分的单片机原理、嵌入式系统、DSP 原理、可编程控制器等;自动化系统部分的计算机控制、自动化系统集成、自动控制工程设计、自动化专业实践初步等;数据处理部分的控制工程数据库技术等。

本系列教材的主要特色在于注重课程体系的应用系统性和技术先进性,注重培养学生的自动化系统的集成组态设计能力和前瞻意识。课程体系按系统单元划分,教材章节按解决问题所需的知识安排,培养学生解决工程实际问题的针对性和有效性。在教材章节上尽可能引入相关新技术、新理论、新方法和新器件,培养学生利用新知识解决问题的思维方式和实际应用创新能力。

如何培养适应信息时代要求的工程师是我国高等工程教育改革的核心,也是本系列教材编写的主导思想。通过本系列教材的学习,使学生能够具备一个工程师进行自动化系统或相应系统设计开发以及选型集成的基本创新能力。本系列教材主要面向工程应用型自动化及相关专业的大学生和研究生。我们希望本套工程应用型系列教材的出版,能够有力促进我国高等院校工

序 一

自动化技术在我国现代化建设进程中具有重要地位。五十多年来,自动化技术对我国社会主义现代化建设的众多领域发挥了重要作用,产生了深远影响。最具代表性的两弹一星的成功发射、载人飞船的顺利返回、嫦娥探月的环绕飞行等充分体现了自动化技术在国家重大工程应用中的示范作用。自动化技术也有力地推动着我国整体工业的发展和改变着人们的生活方式,如集成制造系统的普及推广使机械加工制造自动化程度达到了更高的水平,服务机器人代替家政进入了家庭,改善了人们的生活环境,如此等等。

我国正在全面建设小康社会,走新型工业化道路,促进信息化与工业化的“两化”融合,实现工业、农业、国防和科学技术现代化。在此进程中,自动化技术起着不可替代的桥梁作用。这就迫切需要高等学校自动化专业办学机构和广大教师进行深入研究和探索,如何能够为各行各业输送大量具有工程实践能力和应用创新能力的工程应用型自动化专业高级技术人才。在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士领导下,针对我国高等教育发展快、规模大、社会各行各业对工程应用型自动化专业人才需求量大的特点,按照大众化高等教育阶段分类指导的思想和原则,抓住有利时机,成立了“工程应用型自动化专业课程体系建设与教材建设委员会”,对工程应用型自动化专业的知识体系、课程体系、能力培养等进行了有益的探索,为工程应用型自动化专业人才培养、教材建设奠定了基础。

工程应用型自动化专业涉及面广、行业多,其人才培养模式与课程体系涉及的因素众多复杂,包括如何结合通识教育,拓宽应用口径、突出专业重心、强化实践教育、理论联系实际、提高应用创新能力等,其中构建既不照搬研究型、也不雷同技能训练型的工程应用型自动化专业课程体系,编写一套有利于促进面向不同行业、应对不同层次问题的工程应用型学生个性发展的一流教材尤为重要,着力培养学生由解决工程实际问题到提出新问题的探索思维方式,即运用知识的创新能力。“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在对工程应用型自动化专业课程体系建设研究的基础上,从全国遴选有工程应用背景、有教材编写经验的教授与专家,组织编写了这套工程应用型自动化专业系列教材,这对工程应用型自动化专业人才的创新能力培养具有重要意义。作为长期从事自动化专业高等教育和研究队伍中的一员,在本系列教材即将付印之际,我谨向参与本系列教材规划、组织、编写工作的各位老师致以崇高的敬意!

希望广大教师、学生和科技人员积极使用这套教材,并提出宝贵意见。



2009年12月于北京

序 二

工程应用型自动化专业系列教材是“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在组织实施全国高等学校自动化专业系列教材之后,按照《自动化学科专业发展战略研究报告》分层次、多模式、多规格培养的指导思想 and 原则,结合《高等学校本科自动化指导性专业规范》实施的又一套工程应用特点明显、国内一流的自动化专业系列教材。该系列教材力求达到教学与实际相结合、理论与应用相统一、案例教学与知识传授并举,培养学生解决实际问题的能力和运用新知识的集成创新能力,使工程应用型自动化专业的学生能够真正成为解决实际工程应用问题的工程师。

我国工程应用型自动化专业以往的课程体系与知识体系基本照搬研究型自动化专业课程体系,带有浓厚的“理论的应用、应用的理论”内容,工程应用特点不明显。这也正是规划工程应用型自动化专业系列教材所面临的主要问题。为此,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”的专项研究课题,成立了以西安交通大学韩九强教授、杭州电子科技大学薛安克教授、清华大学萧德云教授负责的联合研究小组,介入的高校达 40 多所,从全国遴选出 40 多名有工程实际背景和教材编写经历的教授和企业界知名代表。通过对工程应用型自动化专业的课程体系的深入研究,提出从实际工程应用自动化系统涉及的技术与理论方法出发,按自动化系统的组成,归纳分类工程应用型自动化专业的课程体系结构;分应用层次和对象功能凝练解决自动化应用系统中工程问题的知识内容与教材体系,建立知识传授与创新能力培养相结合的课程体系结构。以此为基础,组织规划了涵盖自动化应用系统涉及的数据获取、系统驱动、控制方法、数据处理、控制器设计、系统集成等 20 多门课程内容的系列教材。从数据获取到数据处理,从控制方法到控制器设计,从系统集成到组态工具,从课程体系到三级目录起草,先后经过了 6 次全国会议的认真研讨,凝聚着 40 多位专家教授的辛劳。教材主编采取个人申请,“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审确定,至此,第一批审定通过的 19 本工程应用型自动化专业系列教材于 2010 年陆续出版问世。

工程应用型自动化专业系列教材的出版,对工程应用型自动化专业知识体系的更新、教学方式的改变、工程实践的强化将起到积极的推动作用。但本系列教材从体系结构到每本教材的三级目录组成,以至每本教材的具体内容都可能存在许多不当之处,恳请使用本系列教材的老师、学生及各界人士不吝批评指正。

教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员



2009 年 12 月于清华大学

前 言

可编程控制器(PLC)是专门为工业控制应用而设计的一种通用控制器。它是以微处理器为核心,将计算机技术、自动化技术、通信技术及传统的继电器控制技术融为一体的新型工业控制装置,具有编程容易、结构简单、体积小、使用灵活方便、抗干扰能力强、可靠性高等一系列优点。近些年来在工业生产许多领域,如电力、冶金、化工、制药、机械、石油、煤炭、交通、环保、轻工、建材、食品等领域都得到了广泛的应用。尽管 PLC 的功能很强大,但是 PLC 仅仅替代了继电器—接触器的控制电路,不能替代被控对象的主电路、信号输入和采集电路。另外,PLC 的编程思想、编程方法也与继电器—接触器控制系统的控制电路关系密切。因此,在学习 PLC 技术之前,需要先了解常用低压电器和传统的电气控制技术的内容。

本书编写时从实际应用出发,重点突出应用性和实践性。如在讲解基本指令和功能指令时,所选实例都是编者在长期课堂教学或者工程实践中经过验证的案例,可编程控制器程序设计章节使用的案例设计思路多数来自于现场工程改造,这些案例对学生具有启发性。在介绍 PLC 有关内容之前,首先用少量篇幅简单介绍低压电器和电气控制技术的基本知识。重点讲述小型 PLC 的结构、工作原理和编程规则,以目前国内很多院校大量配置的西门子高性能小型机 S7-200 为样机,详细介绍其指令系统、编程方法及技巧、网络及通信,并通过有针对性的工程实例,对工程上常用的 PLC 控制系统的设计思想、设计步骤、设计及调试方法等,都进行了详尽的介绍。本书通过大量由浅入深的 PLC 应用实例,引导读者逐步认识、熟悉和应用 PLC,为 PLC 的开发和深入应用打下坚实的基础。本书每章均配有实验、思考与练习题。S7-200 PLC 以其体积小、指令丰富、功能强大在国际同类产品中享有盛誉,在市场份额中占有重要一席。读者只要掌握了该机型的指令系统,对其他机型可收到触类旁通、举一反三的效果。

本书共分 8 章,建议讲授 70 学时左右,实验 10 学时左右,若无组态软件环境或该内容单独开课,第 7 章可以不讲,建议讲授 60 学时左右。本书由王存旭统稿并编写了第 1 章(除第 4 节)、第 8 章 5~6 节及附录内容,第 2、3 章由迟新利编写,第 4、7 章及第 8 章 1~4 节由张玉艳编写,第 1 章第 4 节和第 5、6 章由林盛编写,田帅、张元状、陈春红、吴琪、刘泓杨等参加了部分材料的整理工作,在此表示感谢。

书中部分内容的编写参照了有关文献,恕不一一列举,谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。由于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。编者邮箱为 chixinli@163.com。

编 者
2013 年 3 月

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1	思考与练习	54
1.1 常用低压电器	1	第 2 章 西门子 S7-200 PLC 基础知识 及基本指令	56
1.1.1 概述	1	2.1 S7-200 PLC 基础知识	56
1.1.2 电磁式低压电器的结构和 工作原理	4	2.1.1 S7-200 PLC 的系统构成	56
1.1.3 接触器	7	2.1.2 S7-200 PLC 的主要技术 性能指标	61
1.1.4 继电器	9	2.1.3 S7-200 PLC 的硬件系统及 编程元件	62
1.1.5 刀开关与低压断路器	16	2.2 S7-200 PLC 的基本指令	70
1.1.6 熔断器	19	2.2.1 逻辑取及线圈驱动指令	71
1.1.7 主令电器	21	2.2.2 触点串联指令	71
1.2 电气控制线路基础知识	25	2.2.3 触点并联指令	72
1.2.1 电气控制线路的绘制原则、 图形符号及文字符号	25	2.2.4 串联电路块的并联连接指令	73
1.2.2 三相异步电动机全压起动 控制线路	26	2.2.5 并联电路块的串联连接指令	73
1.3 PLC 的产生	32	2.2.6 置位、复位指令	73
1.3.1 PLC 的由来	32	2.2.7 立即指令	75
1.3.2 PLC 的发展历程	34	2.2.8 边沿脉冲指令	76
1.3.3 PLC 的定义	36	2.2.9 逻辑堆栈操作指令	76
1.4 PLC 的组成和工作原理	37	2.2.10 RS 触发器指令	77
1.4.1 PLC 的基本组成	37	2.2.11 取反指令 NOT	78
1.4.2 PLC 的工作原理	42	2.2.12 定时器指令	83
1.4.3 PLC 的编程语言和程序结构	45	2.2.13 计数器指令	92
1.5 PLC 的特点和应用	48	思考与练习	96
1.5.1 PLC 的主要特点	48	第 3 章 西门子 S7-200 PLC 功能指令 及应用	99
1.5.2 PLC 的应用范围	50	3.1 数据传送指令	99
1.6 PLC 的分类与发展趋势	51	3.1.1 单一数据传送指令	99
1.6.1 PLC 的分类	51		
1.6.2 PLC 的发展趋势	52		

3.1.2 数据块传送指令	100	3.10.4 跳转及标号指令	136
3.1.3 字节立即读、写指令	102	3.10.5 循环指令	137
3.1.4 字节交换指令	103	3.10.6 子程序	138
3.2 数据比较指令	103	3.11 中断指令	139
3.3 四则运算指令	106	3.11.1 中断源	139
3.3.1 整数与双整数加减法指令	106	3.11.2 中断指令	142
3.3.2 整数乘法指令	107	3.11.3 中断程序	143
3.3.3 实数加减乘除指令	109	3.11.4 程序举例	143
3.3.4 数学函数变换指令	109	3.12 高速计数器与高速脉冲 输出	145
3.4 逻辑运算指令	111	3.12.1 占用输入/输出端子	146
3.5 递增、递减指令	113	3.12.2 高速计数器的工作模式	146
3.6 移位与循环移位指令	114	3.12.3 高速计数器的控制字节和 状态字节	149
3.6.1 左、右移位指令	114	3.12.4 高速计数器指令及举例	150
3.6.2 循环左、右移位指令	115	3.12.5 高速脉冲输出	153
3.6.3 移位寄存器指令	117	3.13 PID 控制	163
3.7 数据转换指令	121	3.13.1 PID 指令	163
3.7.1 字节与字整数之间的转换	121	3.13.2 PID 控制功能的应用	165
3.7.2 字整数与双字整数之间的 转换	122	思考与练习	169
3.7.3 双字整数与实数之间的 转换	122	第 4 章 可编程控制器程序设计	170
3.7.4 BCD 码与整数的转换	123	4.1 程序设计方法	170
3.7.5 七段显示译码指令	126	4.2 继电器控制线路移植法	171
3.7.6 ASCII 码与十六进制数之间 的转换指令	127	4.2.1 概述	171
3.8 表功能指令	128	4.2.2 移植设计法的编程步骤	172
3.8.1 填表指令	129	4.2.3 设计注意事项	174
3.8.2 表取数指令	130	4.3 经验设计法	175
3.8.3 表查找指令	130	4.3.1 经验设计法的编程步骤	175
3.8.4 字填充指令	132	4.3.2 经验设计法的特点	180
3.9 时钟指令	133	4.4 逻辑设计法	181
3.10 程序控制类指令	135	4.4.1 PLC 程序的组合逻辑 设计法	181
3.10.1 结束指令	135	4.4.2 PLC 程序的时序逻辑 设计法	189
3.10.2 停止指令	135		
3.10.3 看门狗复位指令	135		

4.5 顺序控制设计法	191	6.1.2 软件的安装与卸载	278
4.5.1 单流程及编程方法	191	6.1.3 硬件的安装与卸载	282
4.5.2 选择分支及编程方法	195	6.1.4 参数的设置	283
4.5.3 并行分支及编程方法	197	6.1.5 S7-200 通信的建立	284
4.5.4 循环、跳转流程及编程方法	201	6.2 编程软件的功能	284
4.6 程序设计举例	202	6.2.1 基本功能	284
思考与练习	212	6.2.2 界面及各部分的功能	284
第5章 S7-200 可编程控制器的通信及网络	213	6.2.3 工具栏	286
5.1 通信网络的基础知识	213	6.2.4 浏览条中各部分的功能	289
5.1.1 数据通信基础	213	6.3 程序编辑器使用	292
5.1.2 工业局域网基础	220	6.3.1 程序编辑器中使用的惯例	292
5.2 S7-200 的通信与网络	226	6.3.2 建立程序	292
5.2.1 S7-200 系列网络层次结构	226	6.4 调试及运行监控	297
5.2.2 S7-200 PLC 网络通信协议	227	6.4.1 S7-200 PLC 操作模式的选择	297
5.2.3 网络部件	234	6.4.2 选择扫描次数	297
5.3 S7-200 通信指令	240	6.4.3 状态表监控和趋势图监控	297
5.3.1 网络读/写指令	240	6.4.4 运行模式下编辑应用程序	299
5.3.2 发送与接收指令	242	6.4.5 程序监控	300
5.3.3 USS 通信指令	242	思考与练习	300
5.4 S7-200 通信的应用	246	第7章 PLC 工控组态控制及其应用	302
5.4.1 PPI 通信方式的应用	246	7.1 概述	302
5.4.2 MPI 通信方式的应用	250	7.2 常用组态软件	303
5.4.3 PROFIBUS-DP 通信方式的应用	253	7.2.1 组态软件的特点	303
5.4.4 自由口通信方式的应用	259	7.2.2 组态软件主要功能	303
5.4.5 以太网通信	268	7.2.3 常用组态软件	305
思考与练习	277	7.3 组态王软件	307
第6章 编程软件及其使用	278	7.3.1 概述	307
6.1 编程软件安装	278	7.3.2 特点	308
6.1.1 计算机的配置要求	278	7.4 S7-200 PLC 液体混合控制的组态过程	310
		7.4.1 根据控制要求编写 PLC 程序	310
		7.4.2 系统硬件连接	312

7.4.3 创建液体混合控制应用工程	314
7.4.4 联机调试	355
思考与练习	359
第 8 章 可编程控制器系统设计与维护 ...	360
8.1 系统设计的内容和步骤	360
8.1.1 系统设计的原则与内容	360
8.1.2 系统设计步骤	361
8.2 系统的硬件配置及网络结构 ...	363
8.2.1 PLC 机型的选择	363
8.2.2 PLC 容量估算	364
8.2.3 I/O 模块的选择	365
8.2.4 分配 I/O 点	367
8.2.5 设计安全回路	368
8.2.6 系统的结构	368
8.3 系统的软件设计	370
8.3.1 PLC 程序设计	370
8.3.2 监控软件的设计	372
8.3.3 联机调试	375
8.4 火电厂叶轮给煤控制系统设计	376
8.4.1 分析工艺过程,明确控制要求	376
8.4.2 控制系统的硬件设计	377
8.4.3 系统应用软件设计	379
8.5 控制系统的维护	390
8.5.1 检查与维护	390
8.5.2 故障查找	390
8.5.3 故障处理	394
8.6 抗干扰措施	396
8.6.1 PLC 系统中干扰分类及来源	396
8.6.2 提高硬件部分的抗干扰能力	397
8.6.3 加强软件的检测功能	399
思考与练习	400
附录 1 S7-200 的 SIMATIC 指令集简表	401
附录 2 S7-200 的特殊存储器 (SM) 标志位	405
附录 3 S7-200 错误代码	419
附录 4 电工系统常用图符	423
参考文献	430

第1章 可编程控制器概述

在工业控制领域,可编程控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC)的产生是一个划时代的大事件。时至今日,市场上的 PLC 生产厂家众多,产品也五花八门,且各具特点,但是作为一种标准的工控设备,PLC 在结构、工作原理和编程等很多方面是具备共性的。本章将介绍 PLC 的产生、组成和工作原理、特点与分类及其发展现状和未来趋势。作为对历史的承接,本章还将介绍电气控制领域中常用低压电器的基础知识和典型的电动机继电器控制系统图,使同学们学会正确选择和合理使用常用电器元件,学会分析和设计电气控制线路的基本方法,为后续章节的学习打下基础。

1.1 常用低压电器

1.1.1 概述

电器是一种能根据外界的信号(机械力、电动力和其他物理量)和要求,手动或自动接通、断开电路,以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气元件或设备。电器的控制作用就是手动或自动接通、断开电路,“通”称为“开”,“断”也称为“关”。因此,“开”和“关”是电器最基本、最典型的功能。

低压电器是指使用在交流额定电压 1200 V、直流额定电压 1500 V 及以下的电路中,根据外界施加的信号和要求,通过手动或自动方式,断续或连续地改变电路参数,以实现对电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电器。

低压电器广泛应用于工业、农业、交通、国防以及人们日常生活中,低压供电的输送、分配和保护是依靠刀开关、自动开关以及熔断器等低压电器来实现的。而低压电力的使用则是将电能转换为其他能量,其过程中的控制、调节和保护都是依靠各类接触器和继电器等低压电器来完成的。无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统均是由用途不同的各类低压电器所组成。

一、低压电器的分类

低压电器的种类繁多,按其结构用途及所控制的对象不同,可以有不同的分类方式,常用的有以下三种分类方式。

1. 按用途和控制对象不同,可将低压电器分为控制电器、主令电器、保护电器、执行电器和配电电器

(1) 控制电器:用于各种控制电路和控制系统的电器,例如接触器、继电器、电动机起动

器等。

(2) 主令电器:用于自动控制系统中发送动作指令的电器,例如按钮、行程开关、万能转换开关等。

(3) 保护电器:用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

(4) 执行电器:用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

(5) 配电电器:用于电能的输送和分配的电器,例如高压断路器、隔离开关、刀开关、低压断路器等。

2. 按操作方式不同,可将低压电器分为自动电器和手动电器

(1) 自动电器:通过电磁(或压缩空气)操作来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

(2) 手动电器:通过人力做功直接操作来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

3. 按工作原理可分为非电量控制电器和电磁式电器

(1) 非电量控制电器:电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

(2) 电磁式电器:根据电磁感应原理来工作的电器,如接触器、各类电磁式继电器等。电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位,在电气控制系统中应用最为普遍。

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类,对不同类型低压电器的防护型式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

二、低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用如下。

1. 控制作用

如控制电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

2. 保护作用

能根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电动机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

3. 测量作用

利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

4. 调节作用

低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

5. 指示作用

利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护指示等。

6. 转换作用

在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换,供电的市电与自备电的切换等。

当然,低压电器的作用远不止这些,随着科学技术的发展,新功能、新设备会不断出现。常用低压电器的主要种类及用途如表 1-1 所示。

对低压配电电器的要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好等。对低压控制电器,则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路保护、欠电压保护、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能用来分断电路
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
		直流接触器	

续表

序号	类别	主要品种	用途
6	启动器	磁力启动器	主要用于电动机的启动
		Y/ Δ 启动器	
		自耦减压启动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制电路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成电路所需的电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路的短路保护,也可用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

1.1.2 电磁式低压电器的结构和工作原理

一、电磁机构

1. 组成

电磁机构一般由铁心、衔铁及线圈等几部分组成。按通过线圈的电流种类分有交流电磁机构和直流电磁机构两种;按电磁机构的形状分有E形和U形两种;按衔铁的运动形式分有拍合式和直动式两大类。如图1-1所示,图1-1(a)为衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,图1-1(b)为衔铁沿轴转动的拍合式铁心,图1-1(c)为衔铁直线运动的双E形直动式铁心。

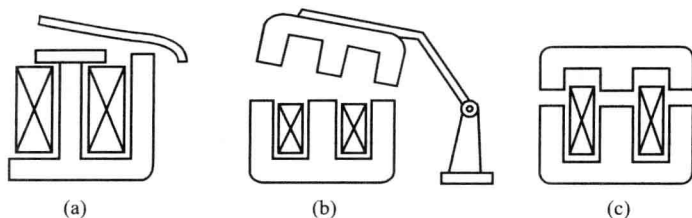


图 1-1 常用电磁机构

交流电磁机构和直流电磁机构的铁心(衔铁)有所不同:直流电磁机构的铁心为整体结构,以增加磁导率和增强散热;交流电磁机构的铁心采用硅钢片叠制而成,目的是减少在铁心中产生的涡流,使铁心减小发热。此外交流电磁机构的铁心有短路环,以防止电流过零时(滞后 90°)电磁吸力不足使衔铁振动。

直流通圈通电,铁心不会发热,只有线圈发热,因此线圈与铁心接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或工程纯铁制成。对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁心中有涡流和磁滞损耗,铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况,在铁心与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁心用硅钢片叠成,以减少涡流。另外,根据线圈在电路中的连接方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈)。

2. 原理

当线圈中有工作电流通过时,通电线圈产生磁场,于是电磁吸力克服弹簧的反作用力使得衔铁与铁心闭合,由连接机构带动相应的触头动作。

3. 作用

将电磁机构中线圈中的电流转换成电磁力,带动触头动作,完成通断电路的控制作用,将电磁能转换成机械能。

二、触头系统

触头是用来接通或断开电路的,其结构形式有很多种。

1. 按其接触形式分

按其接触形式分为点接触、线接触和面接触三种。如图 1-2 所示,图 1-2(a)为点接触的桥式触头,图 1-2(b)为面接触的桥式触头,图 1-2(c)为线接触的指形触头。点接触允许通过的电流较小,面接触和线接触允许通过的电流较大。

2. 按控制的电路分

按控制的电路分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流。辅助触头用于接通或断开控制电路,只允许通过较小的电流。

3. 按原始状态分