

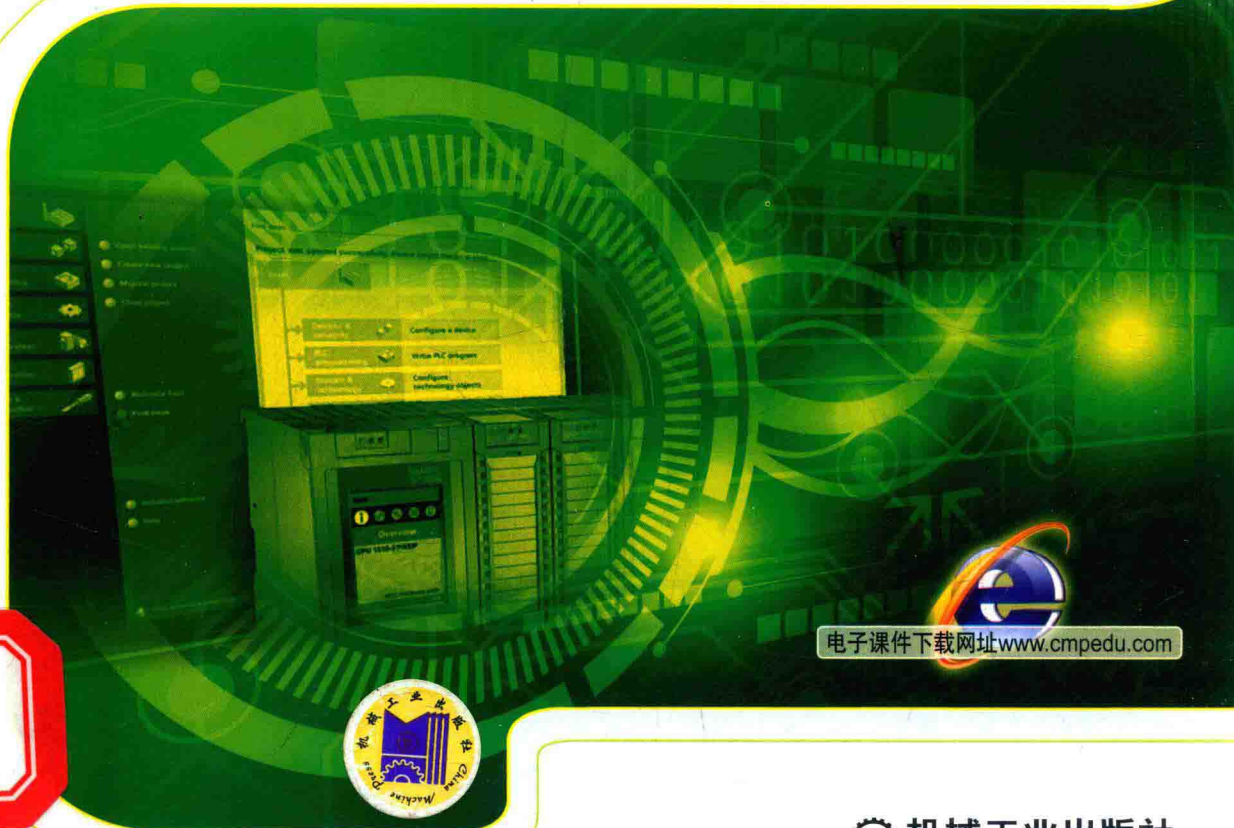


全国高等职业教育规划教材

电气控制与 S7-200 PLC应用技术

赵全利 主编

- 实例丰富，由浅入深地讲述电气控制与S7-200 PLC的相关知识
- 书中应用实例及课后习题源代码均经编译调试，读者可上网获取



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

电气控制与 S7 - 200 PLC 应用技术

赵全利 主编

机械工业出版社

本书兼顾教学和工程应用,在介绍常用低压电器、电气控制典型电路应用特点的基础上,结合由浅入深的应用实例,系统讲解了 S7-200 PLC 的性能特点、硬件结构、工作原理、编程资源、指令系统、网络通信、程序设计方法及应用,对 PLC 控制系统的编程环境、控制系统设计思想、步骤、方法和调试也进行了详尽的讲述。本书以工程为导向,凸显项目实践,便于推行基于问题、知识点、项目、设计案例的实践育人教学方法和学习方法,便于教与学。每章均配有技能项目实训及其操作步骤、思考与习题,以引导读者逐步认识、熟悉、掌握和应用 PLC。

本书可作为高职、高专等职业院校电气工程、自动化、机电一体化、测控及计算机等专业 PLC 控制技术的教学用书,同时也可作为应用 S7-200 PLC 技术人员的参考用书。

为配合教学,本书配有电子课件、应用实例及课后习题的源代码,读者可以登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费注册后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: (010) 88379739)。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 S7-200 PLC 应用技术/赵全利主编. —北京: 机械工业出版社, 2015. 3

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-49706-6

I. ①电… II. ①赵… III. ①电气控制-高等职业教育-教材
②plc 技术-高等职业教育-教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 054206 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 刘闻雨 责任校对: 张艳霞

责任印制: 李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2015 年 5 月第 1 版·第 1 次

184mm × 260mm · 20.25 印张 · 502 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-49706-6

定价: 43.00 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

服务咨询热线: (010) 88379833

读者购书热线: (010) 88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

全国高等职业教育规划教材机电专业

编委会成员名单

主 任 吴家礼

副 主 任 任建伟 张 华 陈剑鹤 韩全立
盛靖琪 谭胜富

委 员 (按姓氏笔画排序)

王启洋 王国玉 王建明 王晓东
代礼前 史新民 田林红 龙光涛
任艳君 刘靖华 刘 震 吕 汀
纪静波 何 伟 吴元凯 陆春元
张 伟 李长胜 李 宏 李柏青
李晓宏 李益民 杨士伟 杨华明
杨 欣 杨显宏 陈文杰 陈志刚
陈黎敏 苑喜军 金卫国 奚小网
徐 宁 陶亦亦 曹 凤 盛定高
覃 岭 程时甘 韩满林

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 郝秀凯

出版说明

《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》指出：到2020年，形成适应发展需求、产教深度融合、中职高职衔接、职业教育与普通教育相互沟通，体现终身教育理念，具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系，推进人才培养模式创新，坚持校企合作、工学结合，强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动，推行项目教学、案例教学、工作过程导向教学等教学模式，引导社会力量参与教学过程，共同开发课程和教材等教育资源。机械工业出版社组织全国60余所职业院校（其中大部分是示范性院校和骨干院校）的骨干教师共同策划、编写并出版的“全国高等职业教育规划教材”系列丛书，已历经十余年的积淀和发展，今后将更加紧密结合国家职业教育文件精神，致力于建设符合现代职业教育教学需求的教材体系，打造充分适应现代职业教育教学模式的、体现工学结合特点的新型精品化教材。

“全国高等职业教育规划教材”涵盖计算机、电子和机电三个专业，目前在销教材300余种，其中“十五”“十一五”“十二五”累计获奖教材60余种，更有4种获得国家级精品教材。该系列教材依托于高职高专计算机、电子、机电三个专业编委会，充分体现职业院校教学改革和课程改革的需要，其内容和质量颇受授课教师的认可。

在系列教材策划和编写的过程中，主编院校通过编委会平台充分调研相关院校的专业课程体系，认真讨论课程教学大纲，积极听取相关专家意见，并融合教学中的实践经验，吸收职业教育改革成果，寻求企业合作，针对不同的课程性质采取差异化的编写策略。其中，核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题以及相关的多媒体配套资源；实践性较强的课程则强调理论与实训紧密结合，采用理实一体的编写模式；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法，同时重视企业参与，吸纳来自企业的真实案例。此外，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合和优化。

归纳起来，本系列教材具有以下特点：

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度，强调专业技术应用能力的训练，适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁，多用图表来表达信息；增加相关技术在生产中的应用实例，引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新，及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念，并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合，提高教学服务水平，为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快，加之我们的水平和经验有限，因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和疏漏。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息，以利于我们今后不断提高教材的出版质量，为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

可程序控制器 (PLC) 是以微处理器为基础, 综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展而来的一种新型工业控制装置, 在电气控制等各种自动化控制领域中有着越来越广泛的应用。

本书融入了编者多年参与高校“可程序控制器”课程的实践育人教学改革的成功案例, 并根据不断发展的 PLC 控制技术, 在参阅同类教材和相关文献的基础上编写而成。全书主要特点如下。

(1) 工程导向

以工程实例为引导, 既注重通过 PLC 应用实例映射 PLC 的一般工作原理及其应用特点, 又注重 PLC 教学的可阅读性和实践性, 更注重 PLC 工程应用的可操作性和实用性。

(2) 实例丰富

本书以丰富的应用实例, 将每一个知识点贯穿其中, 引导读者逐步认识、熟悉、掌握和应用 PLC。

(3) 项目实践

各章均以问题—项目—系统设计 (案例) 作为技能项目实训过程, 由浅入深, 内容翔实, 便于操作和引用。

(4) 便于自学

本书为主要知识点提供了内容翔实的描述和实际操作过程, 循序渐进、通俗易懂、条理清楚, 便于自学。对从事 PLC 应用的工程技术人员和高职高专院校相关专业的师生均能提供强有力的技术支持。

(5) 实践育人

本书在取材和编排上, 便于教师实践教学, 便于学生在实践育人教学模式下学习和掌握 PLC 应用技术。

全书共 9 章, 第 1 章简要介绍常用低压电器及电气控制电路的基础知识; 第 2 章阐述了现代工业从电气控制发展到 PLC 控制的过程及特点, 详细介绍了 S7-200 PLC 的基本结构、工作原理、技术指标、硬件配置、外部接线、编程软元件、数据类型及其寻址方式等; 第 3~5 章详细介绍了 S7-200 PLC 的指令系统及应用, 以实例为主介绍了梯形图程序设计及顺序控制设计的方法; 第 6 章介绍了 S7-200 PLC 模拟量采集及闭环 PID 回路应用技术; 第 7 章主要介绍了 S7-200 PLC 的网络通信实现及通信指令的应用实例; 第 8 章以几个典型工程控制系统为例, 重点介绍了 PLC 控制系统的总体规划和系统的软硬件设计, 详细介绍了 PLC 在工业控制系统中的设计过程和操作步骤; 第 9 章介绍了 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的使用方法。

本书各章节中所列举的 PLC 设计实例, 都经 STEP 7-Micro/WIN 编程工具编译通过, 一般情况可直接使用或稍作修改用于相关系统的设计。

本书由赵全利主编, 王霞、周伟、刘英杰、袁红斌等编著, 其中赵全利编写第 1、2、6

章，王霞编写第3章，袁红斌编写第4章，刘英杰编写第5章，刘宝林编写第7章，赵军锋编写第8章，周伟编写第9章，各章技能项目实训及程序上机调试由陈景召、武志敏、袁浩、李毅飞编写和完成，附录A、附录B、电子课件、图表制作及文字录入由张静、陈瑞霞、刘大学、刘克纯、田金雨、骆秋容、王如雪、曹媚珠、陈文焕、刘有荣、李刚、孙明建、李索、沙世雁、缪丽丽、田金凤、陈文娟、李继臣、王如新、赵艳波、王茹霞、田同福编写和完成。全书由赵全利统稿，刘瑞新教授主审定稿。本书编写过程中，得到沈阳老师的悉心指导，在此表示感谢。

为了方便读者使用，本书配以教学课件、应用实例以及课后习题的源代码。

本书在编写过程中参考和引用了大量文献，在此对文献的作者表示真诚感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明	
前言	
第 1 章 低压电器及电气控制电路	
基础	1
1.1 低压电器	1
1.1.1 低压电器概述	1
1.1.2 常用低压电器及选用原则	2
1.2 继电接触式控制系统的结构组成	14
1.2.1 继电接触式控制系统的结构	14
1.2.2 继电接触式控制系统的典型实例	14
1.3 电气控制系统图	16
1.3.1 电气控制系统图及绘制原则	16
1.3.2 常用电气控制电路设计步骤	17
1.4 电气控制系统基本电路	18
1.4.1 点动、长动控制电路	18
1.4.2 正、反转控制电路	19
1.4.3 顺序控制电路	20
1.4.4 转子绕组串电阻起动控制电路	20
1.5 技能项目实训	21
1.5.1 交流接触器(继电器)电路实训	21
1.5.2 电动机自锁起动控制电路	22
1.6 思考与习题	23
第 2 章 S7-200 PLC 及系统配置	24
2.1 PLC 概述	24
2.1.1 PLC 的产生及工作特点	24
2.1.2 PLC 的分类	27
2.1.3 PLC 的应用领域	28
2.1.4 PLC 控制和继电器控制的区别	29
2.1.5 PLC 控制和一般计算机控制的区别	30
2.1.6 PLC 的发展趋势	31
2.2 S7-200 PLC 基本结构及工作原理	32
2.2.1 S7-200 PLC 硬件基本结构	32
2.2.2 PLC 软件组成	37
2.2.3 PLC 的工作原理	38
2.3 S7-200 PLC 硬件系统配置	39
2.3.1 S7-200 CPU 模块	39
2.3.2 S7-200 CPU 性能特点及技术指标	41
2.3.3 S7-200 数字量输入输出(I/O)扩展模块	44
2.3.4 S7-200 模拟量输入输出扩展模块	45
2.3.5 S7-200 热电偶、热电阻输入扩展模块	48
2.3.6 网络通信及其他控制模块	49
2.4 S7-200 PLC I/O 编址及外部端口接线	50
2.4.1 I/O 端口编址	50
2.4.2 S7-200 PLC 模块外部接线及注意事项	51
2.5 S7-200 PLC 编程资源	60
2.5.1 S7-200 PLC 编程软元件	60
2.5.2 软元件类型和功能	61
2.5.3 PLC 的编程语言	65
2.5.4 PLC 的程序结构	66
2.5.5 S7-200 PLC 编程软件简介	66
2.6 一个 PLC 简单应用实例	67
2.7 技能项目实训	69
2.7.1 PLC 简单实例项目训练	69
2.7.2 PLC 三相异步电动机正反转控制系统	71

2.8 思考与习题	74	3.7.1 跳转指令	112
第3章 S7-200 系列 PLC 基本指令及编程	76	3.7.2 循环指令	113
3.1 S7-200 PLC 数据类型及寻址方式	76	3.7.3 停止、结束及看门狗复位指令	114
3.1.1 数据类型	76	3.7.4 子程序	116
3.1.2 直接寻址与间接寻址	77	3.7.5 “与” ENO 指令	121
3.2 S7-200 PLC 指令基本格式及编程规约	81	3.8 技能项目实训	122
3.2.1 S7-200 PLC 指令基本格式	81	3.8.1 基本逻辑指令编程练习	122
3.2.2 S7-200 PLC 梯形图编程规约	83	3.8.2 简单三人抢答器项目编程	123
3.3 基本逻辑指令	83	3.8.3 交通灯控制系统	123
3.3.1 触点输入/线圈驱动输出指令	83	3.9 思考与习题	128
3.3.2 逻辑“与”指令	85	第4章 PLC 逻辑量梯形图程序设计方法	130
3.3.3 逻辑“或”指令	86	4.1 PLC 程序设计方法	130
3.3.4 逻辑块“与”指令	88	4.1.1 基于继电器电路结构的梯形图程序设计方法	130
3.3.5 逻辑块“或”指令	89	4.1.2 梯形图经验设计法	132
3.3.6 置位/复位指令	89	4.1.3 梯形图逻辑设计法	133
3.3.7 立即指令	90	4.1.4 PLC 顺序控制设计方法	134
3.3.8 边沿触发指令	91	4.2 PLC 功能图概述	135
3.3.9 堆栈操作指令	93	4.2.1 功能图基本概念	135
3.3.10 取反指令/空操作指令	94	4.2.2 功能图结构	136
3.4 定时器	95	4.2.3 功能图转换成梯形图	137
3.4.1 基本概念及定时器编号	95	4.3 顺序控制指令及应用	138
3.4.2 通电延时定时器 TON	96	4.3.1 顺序控制指令	138
3.4.3 断电延时定时器 TOF	97	4.3.2 顺序控制指令示例	140
3.4.4 保持型通电延时定时器 TONR	99	4.3.3 顺序指令使用说明	142
3.4.5 定时器当前值刷新方式	100	4.4 技能项目实训	143
3.5 计数器指令	101	4.4.1 顺序控制指令编程练习	143
3.5.1 基本概念及计数器编号	101	4.4.2 电动机顺序延时启动控制系统	144
3.5.2 递增计数器 CTU	102	4.5 思考与习题	148
3.5.3 递减计数器 CTD	103	第5章 S7-200 系列 PLC 功能指令及应用	149
3.5.4 增减计数器 CTUD	104	5.1 功能指令及数据类型	149
3.6 比较指令	107	5.1.1 功能指令格式及使能输入、输出	149
3.6.1 比较指令运算符及格式	107	5.1.2 功能指令数据类型及寻址范围	150
3.6.2 比较数据类型及范围	109		
3.6.3 比较指令应用示例	109		
3.7 程序控制指令	112		

5.2 数据传送指令	150	6.1.1 模拟信号获取及变换	202
5.2.1 单个数据传送指令	150	6.1.2 闭环控制及 PID 控制算法	203
5.2.2 块传送指令	153	6.2 S7-200 PLC 对模拟信号的	
5.2.3 字节交换与填充指令	153	处理	205
5.3 算术和逻辑运算指令	155	6.2.1 模拟量输入输出模块	205
5.3.1 算术运算指令	155	6.2.2 模拟量/数字量与物理量的标度	
5.3.2 增减指令	160	变换	207
5.3.3 数学函数指令	160	6.3 PID 控制指令及应用	209
5.3.4 逻辑运算指令	162	6.3.1 PID 回路输入转换及标准化	
5.4 移位指令	163	数据	209
5.4.1 左移和右移指令	163	6.3.2 回路输出值转换成标定数据	209
5.4.2 循环左移和循环右移指令	164	6.3.3 正作用和反作用回路	210
5.4.3 移位寄存器指令	165	6.3.4 回路输出变量范围、控制方式	
5.5 表功能指令	169	及特殊操作	210
5.6 转换指令	173	6.3.5 PID 回路表	211
5.6.1 数据类型转换指令	173	6.3.6 PID 回路指令	212
5.6.2 编码和译码指令	175	6.3.7 PID 编程步骤及应用	212
5.6.3 七段显示码指令	176	6.4 技能项目训练	215
5.6.4 字符串转换指令	177	6.4.1 PLC 模拟信号采样系统	215
5.7 中断指令	180	6.4.2 PID 闭环控制系统	217
5.7.1 中断源、中断事件号及中断		6.5 思考与习题	220
优先级	180	第 7 章 S7-200 PLC 网络通信	
5.7.2 中断指令类型及功能	183	及应用	221
5.7.3 中断设计步骤	183	7.1 PLC 常用通信接口	221
5.8 高速处理指令	186	7.2 S7-200 PLC 网络通信实现	225
5.8.1 高速计数指令	186	7.2.1 S7-200 PLC 网络通信概述	225
5.8.2 高速脉冲输出	191	7.2.2 S7-200 PLC 网络通信协议	230
5.9 时钟指令	193	7.2.3 网络通信配置实例	233
5.9.1 读实时时钟指令 TODR	193	7.3 S7-200 PLC 通信指令和	
5.9.2 写实时时钟指令 TODW	194	应用	235
5.10 技能项目实训	194	7.3.1 网络读与写指令	235
5.10.1 中断等功能指令编程练习	194	7.3.2 发送与接收指令	243
5.10.2 具有时间设置及显示功能的		7.3.3 获取/设定通信口地址指令	250
PLC 延时继电器	196	7.4 技能项目实训	250
5.10.3 步进电动机运动控制	199	7.4.1 S7-200 PLC 之间的 PPI	
5.11 思考与习题	201	通信	250
第 6 章 PLC 模拟量采集及 PID 控制		7.4.2 S7-200 PLC 之间的自由口	
回路	202	通信	251
6.1 模拟量及 PID 控制算法	202	7.5 思考与习题	253

第8章 PLC控制系统及工程实例	254	8.9 思考与习题	281
8.1 PLC控制系统结构类型	254	第9章 STEP 7 - Micro/WIN 编程软件及应用	283
8.1.1 单机控制系统	254	9.1 STEP 7 - Micro/WIN V4.0 安装	283
8.1.2 集中控制系统	254	9.1.1 PC 配置要求	283
8.1.3 远程 I/O 控制系统	254	9.1.2 硬件连接	283
8.1.4 分布式控制系统	255	9.1.3 软件安装	284
8.2 PLC控制系统设计步骤	255	9.1.4 在线连接	287
8.3 PLC硬件配置选择与外围电路	256	9.2 STEP 7 - Micro/WIN V4.0 功能简介	288
8.3.1 PLC硬件配置	256	9.2.1 编程软件基本功能	288
8.3.2 PLC外围电路	257	9.2.2 窗口组件及功能	289
8.4 PLC软件设计	258	9.3 程序编辑	291
8.4.1 PLC软件设计的基本原则	258	9.3.1 建立项目	292
8.4.2 PLC软件设计的内容和步骤	259	9.3.2 编辑程序	294
8.5 PLC控制系统运行方式及可靠性	259	9.3.3 创建逻辑网络的规则	297
8.5.1 PLC控制系统运行方式	259	9.4 编译下载	297
8.5.2 PLC控制系统的可靠性	260	9.4.1 程序编译	297
8.6 PLC控制系统的安装与调试	261	9.4.2 程序下载	298
8.6.1 PLC控制系统的安装	261	9.5 调试监控	300
8.6.2 PLC控制系统的调试	262	9.5.1 PLC工作模式	300
8.7 PLC控制系统设计实例	263	9.5.2 选择扫描次数	300
8.7.1 三相异步电动机带延时的正反转控制系统	263	9.5.3 状态监控	301
8.7.2 水塔水位实时检测控制系统	267	9.6 技能项目实训: STEP 7 - Micro/WIN 编程软件练习	303
8.7.3 带有数显及倒计时功能的4人抢答器系统	270	9.7 思考与习题	305
8.7.4 自动搬运车控制系统	273	附录	307
8.7.5 三层电梯控制系统	275	附录 A 电气控制线路基本图形和文字符号	307
8.8 项目技能实训	277	附录 B S7 - 200 PLC 基本指令集	309
8.8.1 交流异步电动机星 - 三角 (Y - Δ) 减压起动控制系统	277	参考文献	313
8.8.2 全自动洗衣机控制系统设计	280		

第1章 低压电器及电气控制电路基础

随着电子技术、自动控制技术及计算机科学技术的迅速发展,计算机控制系统得到了广泛应用,可编程控制器已成为实现工业电气自动化控制系统的主要装置。但是控制对象信号的采集及控制系统的驱动输出仍然需要由电气元器件电路完成,传统的继电器接触控制仍然是掌握现代电气控制技术的基础。

本章首先介绍常用低压电器及控制电路结构、原理、设计步骤及典型应用实例。然后,详细介绍几个电气控制系统的基本电路实例,帮助读者加深对所学知识点掌握。最后,通过技能项目实训,帮助读者掌握低压电器及控制电路的应用技能。

1.1 低压电器

本节主要介绍电气控制系统常用低压电器的分类、用途、结构、主要技术参数及选用原则。

1.1.1 低压电器概述

1. 概述

电器是指能够依据操作信号或外界现场信号的要求,手动或自动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的通断、切换、控制、检测、变换、调节和保护等作用的电气设备。在电气控制设备中,常用的是低压电器元件。

低压电器是指其工作额定电压等级在交流(50 Hz或60 Hz)1200 V、直流1500 V以下的电器。在我国工业控制动力电气电路中最常用的三相交流电压等级为380 V,单相交流电压等级220 V;控制及照明等电气设备中一般可以采用较低的电压等级,如常见的电压等级有110 V、36 V、24 V、12 V;电子电路中常用的电压等级有5 V、9 V、15 V等。

传统的继电器接触控制系统大多数由低压电器组成。长期以来,低压电器在中小型工业电气控制系统中得到普遍应用。

随着电子技术、自动控制技术及计算机科学技术的发展,低压电器正在向小型化、智能化和自动化方向发展。

2. 低压电器的作用

低压电器在电气控制技术中占有相当重要的地位,主要有控制、保护和指示等作用。

1) 控制作用:对电路负载的控制,如电动机的起动和停止、开关延时、电梯自动停层、电动扶梯快慢速切换等。

2) 保护作用: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、电网的短路保护和漏电保护等。

3) 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、保护掉牌指示等。

3. 低压电器的分类

低压电器种类很多，其功能、规格和用途各不相同，常用低压电器有开关电器、主令电器、接触器、继电器、熔断器和控制器等，其主要种类和用途见表 1-1。

表 1-1 常见低压电器

类别	主要品种	用途
开关电器	限流式断路器、漏电保护式断路器、直流快速断路器、框架式断路器等	主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开的电路
	开关板用刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关、组合开关、换向开关等	主要用作电源切除后，也可用于负荷通断或电路的切换，将线路与电源明显地隔离开，以保障检修人员的安全
主令电器	断路器	主要用于低压动力电路、分配电能和不频繁通断电路，具有故障自动跳闸功能
	控制按钮	在控制电路中用于短间接通和断开小电流控制电路
	微动开关、接近开关等	移动物体与接近开关感应头接近时，使其输出一个电信号来控制电路的通断
	行程开关	用于检测运动机械的位置，控制运动部件的运动方向、行程长短以及限位保护
接触器	指示灯	用于电路状态的工作指示，也可用作工作状态、预警、故障及其他信号的指示
	交流接触器、直流接触器	可以频繁地接通和分断交、直流主电路，并可以实现远距离控制，主要用来控制电动机、电阻炉和照明器具等电力负载
继电器	电流继电器	根据输入电流大小变化控制输出触点动作
	电压继电器	根据输入电压大小变化控制输出触点动作
	时间继电器	按照预定时间接通或分断电路
	中间继电器	在控制电路中完成触点类型的转换和信号放大
	速度继电器	多用于三相笼型异步电动机的反接制动控制，当电动机反接制动过程结束，转速过零时，自动切除反相序电源，以保证电动机可靠停车
熔断器	热继电器	对连续运行的电动机进行过载保护，以防止电动机过热而烧毁，还具有断相保护、温度补偿、自动与手动复位等功能
	有填料熔断器、无填料熔断器、半封闭插入式熔断器、快速熔断器等	主要用于电路短路保护，也用于电路的过载保护
控制器	起重电磁铁、牵引电磁铁等	主要用于起重、牵引、制动等场合
	磁力起动器、自耦减压起动器等	主要用于电动机的起动控制
	凸轮控制器、平面控制器等	主要用于控制电路的切换

1.1.2 常用低压电器及选用原则

1. 低压隔离器（刀开关）

低压隔离器是指在断开位置能符合规定的隔离功能要求的低压机械开关电器，而隔离开关的含义是在断开位置能满足隔离器隔离要求的开关。低压隔离器外形、图形符号及文字符号如图 1-1 所示。

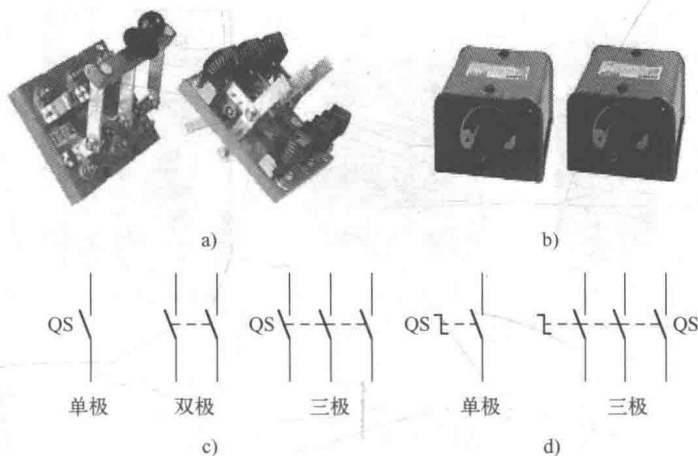


图 1-1 刀开关和组合开关

a) 刀开关外形 b) 组合开关外形 c) 刀开关电气图形、文字符号 d) 组合开关电气图形、文字符号

(1) 用途

低压隔离器主要用于通、断小负荷电流，实施电源隔离。

(2) 结构

低压隔离器结构主要包括触刀、触头插座、绝缘电板和操纵手柄（大容量灭弧罩）。

(3) 主要类型

低压隔离器主要类型有带熔断器、带灭弧装置、封闭式开关熔断器组和开启式开关熔断器组等。

(4) 典型产品

低压隔离器主要产品有 HD11 - HD14、HS11 - HS13 (B) 系列和 HR3 系列等。

(5) 主要技术参数及选用原则

1) 极数。单相交流电源一般选用单极或双极，三相交流电源选用 3 极。

2) 额定电流。一般应大于所分断电路中的负载最大电流的总和。电动机作为负载时，应以其起动电流（为电动机额定电流的 5 ~ 7 倍）来计算。

例如，HR3 系列熔断器式刀开关，适用于交流 50 Hz、额定电压 380 V 或直流电压 440 V、额定电流 100 ~ 600 A 的工业企业配电网中，作为电缆、导线及用电设备的过负载和短路保护，以及在网络正常供电的情况下不频繁地接通和切断电源。

2. 低压断路器

低压断路器又称作自动空气断路器，简称自动空气开关或空气开关。

低压断路器外形、图形符号及文字符号如图 1-2 所示。

(1) 低压断路器用途

低压断路器可以通过手动开关作用，分配电能，不频繁地起动异步电动机等电气设备；同时具备自动进行失电压、欠电压过载和短路保护功能，即自动切断故障电路。

(2) 低压断路器结构

低压断路器结构主要由触点系统、操作机构、各种脱扣器及保护元件等部分组成，它相当于刀开关、熔断器、热断路器、热继电器和欠电压继电器的功能组合。其内部结构如图 1-3 所示。

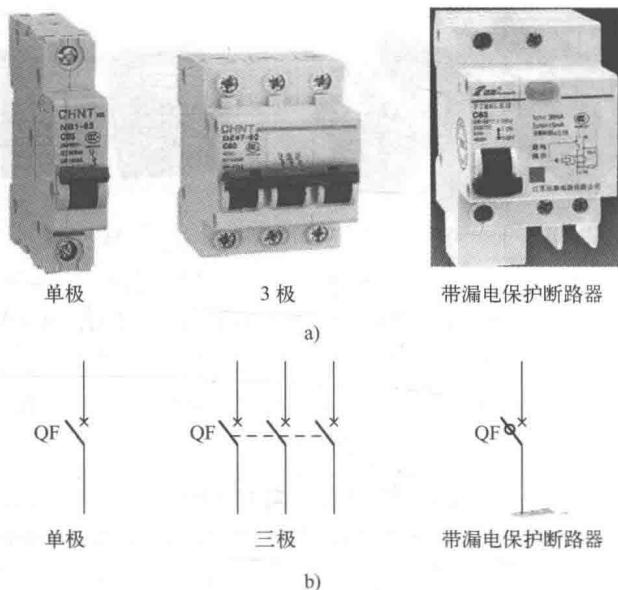


图 1-2 断路器外形、电气图形及文字符号

a) 低压断路器外形 b) 低压断路器电气图形符号、文字符号

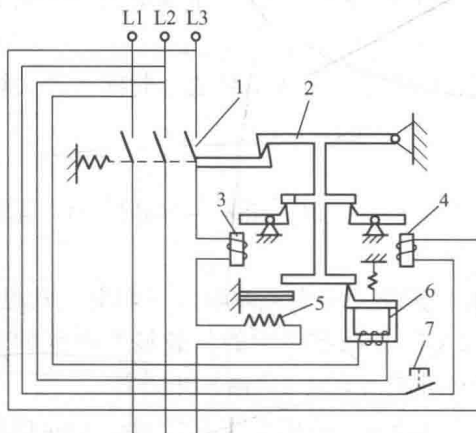


图 1-3 低压断路器内部结构

1—主触点 2—自由脱扣机构 3—过电流脱扣器 4—分励脱扣器
5—热脱扣器 6—欠电压脱扣器 7—停止按钮

通常电力控制系统中的断路器采用手动合闸操作机构，正常工作时主触点 1 串联于主电路，处于闭合状态，此时自由脱扣器 2 由过电流脱扣器 3 勾住，由机械联锁保持主触点闭合，而不消耗电能。

当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器 3 的衔铁吸合，推动自由脱扣机构 2 动作，主触点断开主电路；当电路过载时，热脱扣器 5 的热元件发热，且随着发热时间的延长使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构 2 动作，主触点断开主电路；当电路失电压或欠电压时，欠电压脱扣器 6 的衔铁释放，使自由脱扣机构 2 动作，主触点断开主电路。

(3) 主要类型

按结构形式分为万能式和塑料外壳式两类；按控制线路数分单极、2极、3极；实际环境经常使用的是带漏电保护断路器。

(4) 典型产品

低压断路器主要产品有 DZ15、DZ20、DZ47 系列。

(5) 主要技术参数及选用原则

低压断路器主要技术参数及选用原则如下。

1) 额定电压。额定电压指长时间运行时能够承受的工作电压，低压断路器的额定电压应大于被保护电路的工作电压。

2) 额定电流。额定电流指长时间运行时的允许持续电流。低压断路器的额定电流应大于被保护电路的总电流。

3) 分断能力。分断能力是指在规定条件下能够接通和分断的负载短路时的电流值。低压断路器的极限分断能力应大于电路中最大短路电流的有效值。

例如，DZ47-60 小型断路器，适用于照明配电系统（C 型）或电动机的配电系统（D 型）。主要用于交流 50 Hz/60 Hz、额定电压至 400 V、额定电流至 60 A 的线路中的过载及短路保护作用，同时也可以正常不频繁地通断电器装置和照明线路；DZ20 系列断路器适用于交流 50 Hz、额定电压 380 V 及以下，直流电压 220 V 及以下网络中，作配电和保护电动机用。在正常情况下，可分别作为线路的不频繁转换及电动机的不频繁起动。

3. 熔断器

熔断器（熔体）串联在被保护电路中，当通过熔体的电流使其发热，在一定时间后，达到其熔点时，熔体熔断，切断电路。熔断器具有结构简单、体积小、重量轻、使用维护方便、价格低廉、分断能力较高和限流能力良好等优点，因此在电路中得到广泛应用。

熔断器外形及电路符号如图 1-4 所示。

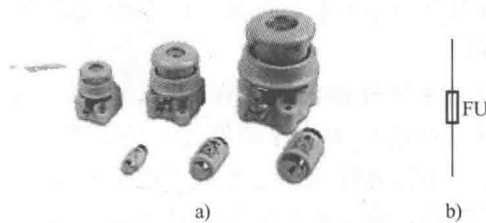


图 1-4 熔断器外形、图形及文字符号

a) 外形 b) 图形及文字符号

(1) 用途

熔断器主要用于电路的短路保护和过载保护。在电路发生短路或过载时，熔断器以其自身产生的热量使熔体熔断，从而自动切断电路，实现短路保护及过载保护。

(2) 结构

熔断器结构上主要由熔断器座和熔断体（熔体）组成，如图 1-5 所示。

(3) 主要类型

熔断器主要类型有插入式、螺旋式、无填料封闭式及有填料封闭管式熔断器等。

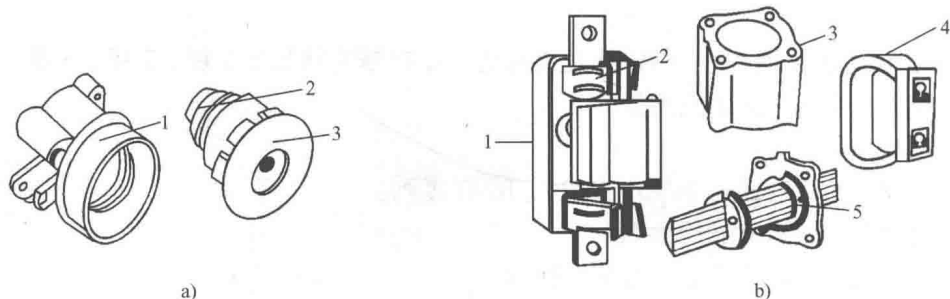


图 1-5 熔断器结构

a) 螺旋式熔断器

b) 无填料封闭式熔断器

1—底座 2—熔体 3—瓷帽

1—铜圈 2—熔断管 (内含熔体、熔片) 3—管帽 4—插座 5—特殊垫圈

其中,螺旋式熔断器当熔断器的熔体熔断的同时,金属丝也熔断,弹簧释放,把指示件顶出,以显示熔断器已经动作。透过瓷帽上的玻璃可以看见。熔体熔断后,只要旋开瓷帽,取出已熔断的熔体,装上与此相同规格的熔体,再旋入瓷座内即可正常使用,操作安全方便。

(4) 熔体额定电流选用原则

1) 对电流较为平稳的负载(如照明、信号、热电电路等),熔体额定电流应大于或等于负载的额定电流。

2) 对于起动电流较大的电路(如电动机),熔体额定电流选取原则应适当增大。

对于单台电动机:熔体额定电流 = $(1.5 \sim 2.5) \times$ 电动机额定电流。

对于多台电动机:熔体额定电流 = $(1.5 \sim 2.5) \times$ 功率最大的电动机额定电流 + 其余电动机额定电流之和。

必须注意,熔断器对过载反应是很不灵敏的,例如,当电气设备发生轻度过载时,熔断器将持续很长时间才熔断,有时甚至不熔断。因此,除在照明电路中外,熔断器一般不宜用作过载保护,主要用作短路保护。

在对整流管或晶闸管等电力半导体器件实施保护时,为了防止电路过载损坏半导体器件,必须使用快速熔断器(简称快熔)作为保护器件并串联在电路中。快速熔断器又叫半导体器件保护用熔断器,主要用于硅元件变流装置内部的短路保护。由于硅元件的过载能力差,因此要求短路保护元件应具有快速动作的特征。快速熔断器能满足这种要求,且结构简单,使用方便,动作灵敏可靠,因而得到了广泛应用。快速熔断器的额定电流是以有效值表示的,一般正常通过电流为标称额定电流的 30% ~ 70%。

4. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单,应用广泛的主令电器,它可以与接触器或继电器配合,在控制电路中对电动机实现远距离自动控制,用于实现控制电路的电气联锁。典型控制按钮的外形及电路符号如图 1-6 所示。

控制按钮一般由按钮、复位弹簧、触点和外壳等部分组成,其结构如图 1-7 所示。它既有常开触点,也有常闭触点。常态时在复位弹簧的作用下,由桥式动触点将静触点 1、2 闭合,静触点 3、4 断开;当按下按钮时,桥式动触点将静触点 1、2 断开,静触点 3、4 闭合。触点 1、2 被称为常闭触点或动断触点,触点 3、4 被称为常开触点或动合触点。