

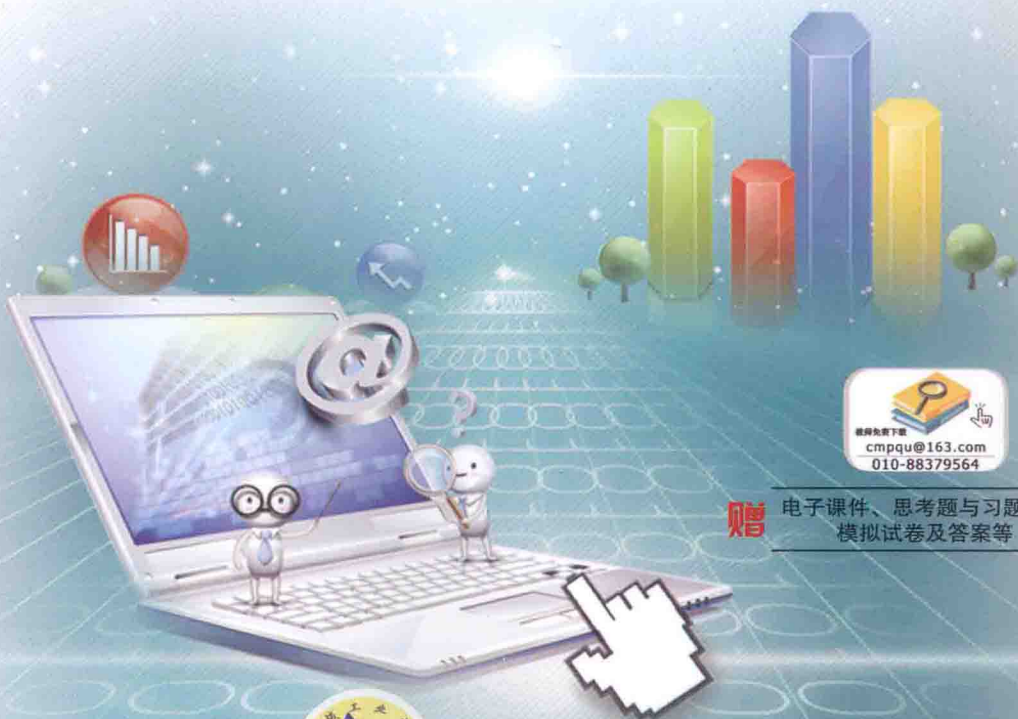


高等职业教育“十二五”规划教材

电气控制与PLC (S7-200)

◎ 张君霞 戴明宏 主编

- ✓ **深入浅出**地讲解电气控制及PLC的原理和应用
- ✓ 重点章节配有**技能训练、实验**和**综合实训**



赠 电子课件、思考题与习题答案
模拟试卷及答案等

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育“十二五”规划教材

电气控制与 PLC (S7-200)

主 编 张君霞 戴明宏
参 编 陈光伟 苏会林 宋宪华
主 审 宋卫华



机械工业出版社

本书主要介绍电气控制技术和可编程序控制器原理及其应用,并系统阐述继电器—接触器控制系统和可编程序控制器控制系统分析与设计的一般方法。全书分3篇,第1篇为继电器—接触器控制系统,主要包括常用低压电器、电气控制电路的基本环节、典型机械设备电气控制系统分析;第2篇为可编程序控制器,主要包括可编程序控制器的基础知识、西门子S7-200 PLC的基本指令及应用、S7-200 PLC的功能指令及应用、S7-200 PLC的编程及应用、S7-200 PLC的通信与网络;第3篇为实验实训。

本书可作为高职高专机电一体化、数控技术、电气自动化技术、电机与电器及相关专业的教材,也可供电气工程人员参考。

为方便教学,本书配有免费电子课件、思考题与习题答案,模拟试卷及答案等,凡选用本书作为授课教材的教师,均可来电(010-88379564)或邮件(cmpqu@163.com)索取,有任何技术问题也可通过以上方式联系。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC S7-200/张君霞,戴明宏主编. —北京:机械工业出版社,2014.1

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-45186-0

I. ①电… II. ①张…②戴… 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. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第303015号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曲世海 责任编辑:曲世海 曹雪伟

版式设计:霍永明 责任校对:李锦莉

封面设计:赵颖喆 责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2014年1月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·16印张·393千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45186-0

定价:35.00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

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

国家骨干高职院校建设 项目化教学规划教材编委会

- 主任：苏东民（郑州铁路职业技术学院）
李学章（郑州铁路局）
- 副主任：董黎生（郑州铁路职业技术学院）
张洲（郑州市轨道交通有限公司）
胡书强（郑州铁路局职工教育处）
- 委员：宋文朝（郑州铁路局机务处）
石建伟（郑州铁路局车辆处）
马锡忠（郑州铁路局运输处）
王汉斌（郑州铁路局供电处）
杨泽举（郑州铁路局电务处）
李保成（郑州铁路局工务处）
马子彦（郑州市轨道交通有限公司）
张中央（郑州铁路职业技术学院）
华平（郑州铁路职业技术学院）
张惠敏（郑州铁路职业技术学院）
伍玫（郑州铁路职业技术学院）
徐广民（郑州铁路职业技术学院）
戴明宏（郑州铁路职业技术学院）
倪居（郑州铁路职业技术学院）
胡殿宇（郑州铁路职业技术学院）
李福胜（郑州铁路职业技术学院）
冯湘（郑州铁路职业技术学院）
陈享成（郑州铁路职业技术学院）
耿长清（郑州铁路职业技术学院）
张勤（郑州铁路职业技术学院）

铁路大型养路机械专业项目化教材编委会

主任：

戴明宏（郑州铁路职业技术学院）

宋卫华（郑州铁路局工务机械段）

副主任：

宁广庆（郑州铁路职业技术学院）

金 旻（郑州铁路局工务机械段）

郭军锋（郑州铁路局工务机械段）

委员：

晋兵营（郑州铁路职业技术学院）

张君霞（郑州铁路职业技术学院）

董光磊（郑州铁路局安检处）

陈 鹏（郑州铁路局工务机械段）

史林恒（郑州铁路局工务机械段）

高 健（郑州铁路局工务机械段）

郑 松（郑州铁路局工务机械段）

黄永超（郑州铁路局工务机械段）

张永革（郑州铁路职业技术学院）

冯娜娜（郑州铁路职业技术学院）

齐晓华（郑州铁路职业技术学院）

岳丽敏（郑州铁路职业技术学院）

陈光伟（郑州铁路职业技术学院）

前 言

在生产过程、科学研究和其他产业领域中，电气控制技术的应用十分广泛，伴随着大规模集成电路和微处理技术的发展，可编程序控制器（PLC）的出现使电气控制技术进入了一个崭新的阶段。了解和学习这些控制技术对高等职业工程类专业的学生来讲，已是必不可少的。

本书编写的总目标是深入浅出地讲解电气控制及 PLC 的原理和应用。在内容安排上，简明扼要，难易适中，力求突出针对性、实用性和先进性。既注重必需的理论知识的学习和掌握，又有实验实训环节。在结构上，采用层层深入的方法，循序渐进：首先介绍常用低压电器、电气控制电路的基本环节和典型控制设备电气控制系统分析，然后介绍可编程序控制器，最后安排了实验实训。为了突出职业教育特点，便于讲练结合，本书在重点章节后面配有技能训练、实验和综合实训，突出实用性。

在使用本书教学过程中，可根据学时安排，有选择地进行内容讲解：少学时教学可将第 3、8 章简单介绍，第 7、9、10 章有选择地重点讲解和练习；将理论讲授和实验、实训内容合理搭配，教学效果会更好。

本书由张君霞、戴明宏任主编，负责全书的统稿。其中张君霞编写第 3 章、第 4 章和第 9 章；戴明宏编写第 1 章和第 2 章；陈光伟编写第 5 章和第 6 章；苏会林编写第 7 章、第 8 章和 10.3 节；宋宪华编写 10.1 节和 10.2 节。宋卫华担任主审。

在编写此书的过程中，参阅了许多同行专家的论著文献、相关厂家的资料和设计手册，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言
绪论

第 1 篇 继电—接触器控制系统

第 1 章 常用低压电器	1	1.7 技能训练：常用低压电器的选择	28
1.1 低压电器的基本知识	1	1.7.1 刀开关的选择	28
1.1.1 低压电器的分类	1	1.7.2 主令电器的选择	28
1.1.2 低压电器的作用	4	1.7.3 熔断器的选择	28
1.1.3 低压电器的基本结构特点	5	1.7.4 接触器的选择	29
1.2 开关电器	5	1.7.5 继电器的选择	29
1.2.1 刀开关	6	思考题与习题	30
1.2.2 转换开关	7	第 2 章 电气控制电路的基本环节	31
1.2.3 低压断路器	7	2.1 电气控制系统图识图及制图标准	31
1.3 熔断器	9	2.1.1 常用电气控制系统的图示符号	31
1.3.1 熔断器的结构和类型	9	2.1.2 电气原理图	35
1.3.2 熔断器的保护特性和 主要技术参数	11	2.1.3 电气元器件布置图	36
1.3.3 熔断器的技术数据	11	2.1.4 电气安装接线图	37
1.3.4 熔断器的使用及维护	12	2.1.5 阅读和分析电气控制电路 图的方法	38
1.4 主令电器	12	2.2 三相异步电动机起动控制电路	40
1.4.1 控制按钮	12	2.2.1 笼型异步电动机直接起动控制	40
1.4.2 行程开关与接近开关	14	2.2.2 笼型异步电动机减压起动控制	41
1.4.3 万能转换开关	15	2.2.3 绕线转子异步电动机的起动 控制	45
1.4.4 凸轮控制器	16	2.3 三相异步电动机正反转控制电路	48
1.4.5 主令控制器	16	2.3.1 按钮控制的电动机正 反转控制电路	49
1.5 接触器	17	2.3.2 行程开关控制的电动机 正反转控制电路	50
1.5.1 交流接触器的结构及 工作原理	17	2.4 三相异步电动机制动控制电路	51
1.5.2 交流接触器的型号与 主要技术参数	18	2.4.1 能耗制动控制电路	51
1.5.3 直流接触器	19	2.4.2 反接制动控制电路	52
1.6 继电器	19	2.5 三相笼型异步电动机调速控制电路	53
1.6.1 电流、电压继电器	20	2.5.1 电动机磁极对数的产生与变化	53
1.6.2 中间继电器	21	2.5.2 双速电动机控制电路	54
1.6.3 时间继电器	22	2.5.3 变频调速控制电路	56
1.6.4 热继电器	24	2.6 异步电动机的其他基本控制电路	58
1.6.5 速度继电器	27		

2.6.1 点动与长动控制	58	系统分析	78
2.6.2 多地点与多条件控制	59	3.1 车床电气控制电路	78
2.6.3 顺序控制	60	3.1.1 主要结构与运动形式	78
2.6.4 联锁控制	60	3.1.2 电力拖动与控制要求	79
2.6.5 自动循环控制	62	3.1.3 电气控制电路分析	79
2.7 电气控制电路设计基础	65	3.2 铣床电气控制电路	82
2.7.1 电气设计的基本内容和一般 原则	65	3.2.1 主要结构与运动形式	82
2.7.2 电气控制电路的设计方法和 步骤	67	3.2.2 电力拖动与控制要求	82
2.7.3 电动机的选择	70	3.2.3 电气控制电路分析	83
2.7.4 电气控制电路设计举例	72	3.3 桥式起重机电气控制电路	88
2.8 技能训练:三相异步电动机正反 转控制电路装调	74	3.3.1 概述	88
2.8.1 任务目的	74	3.3.2 桥式起重机的结构简介	88
2.8.2 任务内容	74	3.3.3 桥式起重机的主要技术参数	89
2.8.3 训练准备	74	3.3.4 提升机构对电力拖动的 主要要求	89
2.8.4 训练步骤	75	3.3.5 10t 桥式起重机典型电路 分析	90
思考题与习题	76	思考题与习题	93

第3章 典型机械设备电气控制

第2篇 可编程序控制器

第4章 可编程序控制器的基础知识	94	4.5.2 S7-200 PLC 的寻址方式	114
4.1 PLC 概述	94	4.6 技能训练:电动机的起/停 PLC 控制	116
4.1.1 PLC 的产生	94	4.6.1 继电—接触器控制电 路的改造	116
4.1.2 PLC 的定义	95	4.6.2 PLC 系统改造	117
4.1.3 PLC 的特点	95	思考题与习题	118
4.1.4 PLC 的应用领域	96	第5章 S7-200 PLC 的基本指令及 应用	119
4.1.5 PLC 的分类	97	5.1 S7-200 PLC 指令及其结构	119
4.2 PLC 的组成及工作原理	98	5.1.1 S7-200 PLC 指令	119
4.2.1 PLC 的基本结构	98	5.1.2 S7-200 PLC 的程序结构	120
4.2.2 PLC 的工作原理	102	5.2 基本逻辑指令	121
4.3 PLC 的技术性能和编程语言	103	5.3 定时器与计数器指令	123
4.3.1 PLC 的技术性能	103	5.3.1 定时器指令	123
4.3.2 PLC 的编程语言	104	5.3.2 计数器指令	125
4.4 S7-200 PLC 概述	106	5.3.3 长时定时器与长计数器	127
4.4.1 S7-200 PLC 的技术性能	106	5.4 比较指令	128
4.4.2 S7-200 PLC 的硬件系统	108	5.4.1 比较指令的功能	128
4.4.3 I/O 点的地址分配与接线	110		
4.5 S7-200 PLC 的内部元件	112		
4.5.1 S7-200 PLC 的编程软件	112		

5.4.2 比较指令的用法	128	思考题与习题	167
5.5 程序控制类指令	129	第7章 S7-200 PLC 的编程及应用	168
5.5.1 跳转指令	129	7.1 梯形图编程的基本规则	168
5.5.2 循环指令	130	7.2 PLC 典型控制程序	169
5.5.3 结束指令	131	7.2.1 自锁、互锁控制	169
5.5.4 停止指令	132	7.2.2 时间控制	170
5.5.5 看门狗指令	132	7.2.3 顺序控制	171
5.5.6 子程序指令	133	7.2.4 多地点控制	171
5.5.7 顺序控制指令	134	7.3 PLC 应用设计举例	172
5.6 STEP 7-Micro/WIN 编程软件介绍	139	7.3.1 送料车控制	172
5.6.1 STEP 7-Micro/WIN 窗口介绍	139	7.3.2 PLC 在恒压供水中的应用	174
5.6.2 通信连接	139	思考题与习题	184
5.6.3 程序编制及下载运行	142	第8章 S7-200 PLC 的通信与网络	186
5.7 技能训练: 十字路口交通灯控制	144	8.1 数据通信简介	186
5.7.1 十字路口交通灯控制要求	144	8.1.1 数据的传输与通信方式	186
5.7.2 系统的硬件设计	144	8.1.2 传输介质	187
5.7.3 系统的软件设计	145	8.1.3 串行通信接口标准	188
5.7.4 系统调试运行	145	8.1.4 工业局域网	188
思考题与习题	146	8.2 S7-200 PLC 的通信部件	192
第6章 S7-200 PLC 的功能指令及应用	148	8.2.1 通信端口	192
6.1 传送指令	148	8.2.2 多主站 PPI 电缆	193
6.2 算术和逻辑运算指令	149	8.2.3 CP 通信卡	194
6.2.1 算术运算指令	149	8.2.4 网络连接器	194
6.2.2 逻辑运算指令	152	8.2.5 PROFIBUS 网络电缆	195
6.3 移位指令	153	8.2.6 网络中继器	195
6.3.1 右移位和左移位指令	153	8.2.7 EM277 PROFIBUS-DP 模块	196
6.3.2 循环移位指令	154	8.3 S7-200 PLC 网络	196
6.3.3 移位寄存器指令	155	8.3.1 S7-200 的网络通信协议	196
6.4 表功能指令	156	8.3.2 利用 PPI 协议进行网络通信	197
6.4.1 填表指令	156	8.3.3 利用 MPI 协议进行网络通信	198
6.4.2 先进先出指令 (FIFO)、 后进先出指令 (LIFO)	156	8.3.4 利用 PROFIBUS 协议进行 网络通信	199
6.4.3 查表指令	157	8.4 S7-200 PLC 通信指令	201
6.5 特殊功能指令	158	8.4.1 网络读 (NETR) 和网络 写指令 (NETW)	201
6.5.1 中断指令	158	8.4.2 发送指令与接收指令	205
6.5.2 高速计数器指令	161	8.4.3 获取与设置通信口地址指令	209
6.6 技能训练: 广告牌彩灯的 PLC 控制	165	8.5 利用 ModBus 协议进行网络通信	209
6.6.1 广告牌彩灯的 PLC 控制要求	165	8.5.1 Modbus 从站协议	209
6.6.2 系统的硬件设计	165	8.5.2 Modbus 从站协议指令	211
6.6.3 系统的软件设计	166	思考题与习题	212
6.6.4 调试运行	167		

第3篇 实验、实训

第9章 PLC 实验	213	9.7.2 实验设备	225
9.1 基本指令实验	213	9.7.3 实验内容及步骤	225
9.1.1 实验目的	213	9.7.4 注意事项	225
9.1.2 实验设备	213	9.7.5 思考与讨论	226
9.1.3 实验内容及步骤	213	9.8 多种液体混合装置控制	226
9.1.4 注意事项	215	9.8.1 实验目的	226
9.1.5 思考与讨论	216	9.8.2 实验设备	226
9.2 定时器及计数器指令实验	216	9.8.3 实验内容及步骤	226
9.2.1 实验目的	216	9.8.4 注意事项	227
9.2.2 实验设备	216	9.8.5 思考与讨论	227
9.2.3 实验内容及步骤	216	第10章 实训	228
9.2.4 注意事项	218	10.1 三相异步电动机减压启动	
9.2.5 思考与讨论	218	控制电路装调	228
9.3 移位寄存器指令实验	218	10.1.1 三相异步电动机减压启动	
9.3.1 实验目的	218	控制电路低压电器及其选择	228
9.3.2 实验设备	218	10.1.2 电气控制系统图的绘制与	
9.3.3 实验内容及步骤	218	控制电路的制作步骤	230
9.3.4 注意事项	219	10.1.3 三相异步电动机Y- Δ 减压	
9.3.5 思考与讨论	219	启动控制电路装调	234
9.4 常用功能指令实验	220	10.1.4 电气控制电路故障排查	237
9.4.1 实验目的	220	10.2 中级维修电工技能鉴定实操项目	240
9.4.2 实验设备	220	10.2.1 任务目的	240
9.4.3 实验内容及步骤	220	10.2.2 任务内容	240
9.4.4 注意事项	221	10.2.3 设备、仪表、材料和电气	
9.4.5 思考与讨论	222	元器件	241
9.5 典型电动机控制	222	10.2.4 故障检修分析	241
9.5.1 实验目的	222	10.2.5 注意事项	242
9.5.2 实验设备	222	10.3 三层电梯的 PLC 控制系统	242
9.5.3 实验内容及步骤	222	10.3.1 实训目的	242
9.5.4 注意事项	223	10.3.2 实训设备	242
9.5.5 思考与讨论	223	10.3.3 面板图	242
9.6 抢答器控制	223	10.3.4 控制要求	242
9.6.1 实验目的	223	10.3.5 功能指令的使用及程序	
9.6.2 实验设备	224	流程图	243
9.6.3 实验内容及步骤	224	10.3.6 I/O 分配及接线	243
9.6.4 注意事项	224	10.3.7 操作步骤	244
9.6.5 思考与讨论	225	10.3.8 实训总结	244
9.7 天塔之光控制	225	参考文献	245
9.7.1 实验目的	225		

绪 论

电气控制技术以生产机械的驱动装置——电动机为控制对象、以微电子装置为核心、以电力电子装置为执行机构，按规定的规律调节电动机的运行方式，使之满足生产工艺要求，并可提高效率，降低能耗，提高产品质量，降低劳动强度。

1. 电气控制技术的发展概况

19 世纪末，直流发电机、交流发电机和直流电动机、异步电动机相继问世，揭开了电气控制技术的序幕。20 世纪初，电动机逐步取代蒸汽机用来驱动生产机械，拖动方式由集中拖动发展为单独拖动，为了简化机械传动系统，出现了一台机器的几个运动部件由几台电动机分别拖动，这种方式称为多电动机拖动。在这种情况下，机器的电气控制系统不但可对各台电动机的起动、制动、反转、停车等进行控制，还可以对各台电动机之间的协调、联锁、顺序切换、显示工作状态进行控制。对生产过程比较复杂的系统，还要求对影响产品质量的各种工艺参数，如温度、压力、流量、速度、时间等能够自动测量和自动调节，这样就构成了功能相当完善的电气自动化系统。到 20 世纪 30 年代，电气控制技术的发展，推动了电器产品的进步，继电器、接触器、按钮、开关等元器件形成了功能齐全的多种系列，基本电气控制已形成规范，并可以实现远距离控制。这种主要用于控制交流电动机的系统通常称为继电—接触器控制系统。

继电—接触器控制具有使用的单一性，即一台控制装置只能针对某一种固定程序的设备。随着产品机型的更新换代，生产线承担的加工对象也随之改变，这就需要改变控制程序，使生产线的机械设备按新的工艺过程运行，而继电—接触器控制系统是采用固定接线的，很难适应这个要求。大型自动生产线的控制系统使用的继电器数量很多，这种有触头的电器工作频率较低，在频繁动作情况下寿命较短，容易造成系统故障，使生产线的运行可靠性降低。为了解决这个问题，20 世纪 60 年代初期利用电子技术研制出矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电—接触器控制系统，对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制。

1968 年，美国通用汽车（GM）公司为适应汽车型号不断更新，提出把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电—接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来，做成一种能适应工业环境的通用控制装置，同时依据现场电气操作维护人员和工程技术人员的技能和习惯，把编程方法和程序输入方式加以简化，使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。

根据这一设想，美国数字设备公司（DEC）于 1969 年率先研制出第一台可编程序控制器（简称 PLC），在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。从此以后，许多国家的著名厂商竞相研制，各自形成系列，而且品种更新很快，功能不断增强，从最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制，再到具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC 另一个突出优点是可靠性很高，平均无故障运行时间可达 10 万小时以上，可以大大减少设备维修费用和停产造成的经济损失。当前 PLC 已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的

核心装置。

20 世纪 70 年代出现了计算机群控系统,综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人等多项高新技术,形成了从产品设计到制造到智能化生产的完整体系,将自动制造技术、电气控制技术推进到更高的水平。

2. 本课程的性质与任务

本课程是一门实用性很强的专业课。电气控制技术在生产过程、科学研究和其他各个领域的应用十分广泛。该课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍和讲解继电—接触器控制系统和可编程序控制器控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。由于可编程序控制器的飞速发展和其强大的功能,使它已成为实现工业自动化的主要手段之一。所以本课程重点是可编程序控制器,但这并不意味着继电—接触器控制系统就不重要了。这是因为:首先,继电—接触器控制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;其次,尽管可编程序控制器取代了继电器,但它所取代的主要是逻辑控制部分,而电气控制系统中的信号采集和驱动输出部分仍然要由电气元器件及控制电路来完成。所以对继电—接触器控制系统的学习是非常必要的。该课程的目标是让学生掌握一门非常实用的工业控制技术,以及培养和提高学生的实际应用和动手能力。

电气控制技术是机电类专业学生所必须掌握的基础实际应用课程之一,具体要求如下:

- 1) 熟悉常用控制电器的工作原理和用途,达到正确使用和选用的目的,并了解一些新型元器件的用途。
- 2) 熟练掌握电气控制电路的基本环节,并具备阅读和分析电气控制电路的能力,从而能设计简单的电气控制电路,较好地掌握电气控制电路的简单设计法。
- 3) 了解电气控制电路分析的步骤,熟悉典型生产设备的电气控制系统的工作原理。
- 4) 了解电气控制电路设计的基础,能够根据要求设计出一般的电气控制电路。
- 5) 掌握 PLC 的基本原理及编程方法,能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编制应用程序。
- 6) 具有设计和改进一般机械设备电气控制电路的基本能力。
- 7) 具有调试、维护 PLC 控制系统的基本能力。

第 1 篇 继电—接触器控制系统

第 1 章 常用低压电器

电器分为高压电器和低压电器。低压电器一般是指在交流 50Hz、额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。由于在大多数用电行业即人们的日常生活中一般都使用低压设备，采用低压供电，而低压供电的输送、分配和保护以及设备的运行和控制是靠低压电器来实现的，因此低压电器的技术含量水平直接影响低压供电系统和控制系统的质量。本部分内容主要介绍用于电力拖动及控制系统领域中的常用低压电器及基本控制电路。

1.1 低压电器的基本知识

低压电器是构成电气控制系统最常用的器件，了解它的分类、作用和用途，对设计、分析和维护电气控制系统都是十分必要的。

1.1.1 低压电器的分类

低压电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，结构各异，工作原理也各有不同。低压电器有多种分类方法：按动作原理可分为手动电器（依靠外力直接操作进行切换的电器，如刀开关、按钮等）和自动电器（依靠指令或物理量变化而自动动作的电器，如交流接触器、继电器）；按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器；按执行机理可分为触头电器和无触头电器。

通常按用途可分为以下几类：

(1) 配电电器 配电电器主要用于供配电系统中，进行电能输送和分配。这类电器有刀开关、低压断路器、隔离开关、转换开关等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强，限流效果好，动稳定及热稳定性能好。

(2) 控制电器 控制电器主要用于各种控制电路和控制系统。这类电器有接触器、继电器、转换开关、电磁阀等。这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力，操作频率高，电气寿命和机械寿命要长。

(3) 主令电器 主令电器主要用于发送控制指令。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高，抗冲击，电气寿命和机械寿命要长。

(4) 保护电器 保护电器主要用于对电路和电气设备进行安全保护。这类低压电器有熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。对这类电器的主要

技术要求是有一定的通断能力,反应要灵敏,动作可靠性要高。

(5) 执行电器 执行电器主要用于执行某种动作和传动功能。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。随着电子技术和计算机技术的进步,近几年又出现了利用集成电路和电子元件构成的电子式电器,利用单片机构成的智能化电器,以及可直接与现场总线连接的具有通信功能的电器。

1.1.2 低压电器的作用

低压电器是构成控制系统的最基本元件,它的性能将直接影响控制系统能否正常工作。低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变系统的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。它的工作进程是将一些电量信号或非电量信号转变为非通即断的开关信号或随信号变化的模拟量信号,实现对被控对象的控制。

低压电器的主要作用如下:

- 1) 控制作用:如电梯的上下移动、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、环境以及人身安全实行自动保护,如电动机的过热保护、电网的短路保护和漏电保护等。
- 3) 测量作用:利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网电量参数或其他非电量参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度和压力等。
- 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,如电动机速度的调节、柴油机油门的调整、房间温度和湿度的调节、光照度的自动调节等。
- 5) 指示作用:利用电器的控制、保护等功能,显示检测出的设备运行状况与电器电路工作情况。
- 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,以实现功能转换,如被控装置操作的手动与自动的转换、供电系统的市电与自备电源的切换等。

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见表 1-1。

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	主要用途
1	断路器	框架式断路器	主要用于电路的过载、短路、欠电压、漏电保护,也可用于不频繁地接通和断开电路
		塑料外壳式断路器	
		快速直流断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
2	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负载,切断带负荷电路
		直流接触器	
3	继电器	电磁式继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		时间继电器	
		温度继电器	

(续)

序号	类别	主要品种	主要用途
3	继电器	热继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		速度继电器	
		干簧继电器	
4	熔断器	瓷插式熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的严重过载保护
		螺旋式熔断器	
		有填料封闭式熔断器	
		无填料封闭式熔断器	
		快速熔断器	
5	主令电器	自复式熔断器	主要用于发布控制命令,改变控制系统的工作状态
		控制按钮	
		位置开关	
		万能转换开关	
6	刀开关	主令控制器	主要用于不频繁地接通和分断电路
		开启式负荷开关	
		封闭式负荷开关	
7	转换开关	熔断器式刀开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路切换
		组合开关	
8	控制器	换向开关	主要用于控制回路的切换
		凸轮控制器	
9	起动器	平面控制器	主要用于电动机的起动
		电磁起动器	
		星/三角起动器	
10	电磁铁	自耦减压起动器	主要用于起重、牵引、制动等场合
		制动电磁铁	
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

1.1.3 低压电器的基本结构特点

低压电器一般都有两个基本部分:一是感测部分,它感测外界的信号并做出有规律的反应。在自控电器中感测部分大多由电磁机构组成;在手控电器中,感测部分通常为操作手柄等。另一个是执行部分,如触点,根据指令进行电路的接通或切断。

1.2 开关电器

开关电器常用来不频繁地接通或分断控制电路或直接控制小容量电动机,这类电器也可以用来隔离电源或自动切断电源而起到保护作用。这类电器包括刀开关、转换开关、低压断

路器等。

1.2.1 刀开关

刀开关俗称闸刀开关,可分为不带熔断器式(其符号见图 1-1a)和带熔断器式(其符号见图 1-1b)两大类。它们用于隔离电源和无负载情况下的电路转换,其中后者还具有短路保护功能。常用的有以下两种:

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关俗称瓷底胶盖闸刀开关,常用的有 HK1、HK2 系列。它由刀开关和熔断器组合而成。瓷底板上装有进线座、静触头、熔丝、出线座和带瓷质手柄的闸刀。其结构图如图 1-1c 所示。

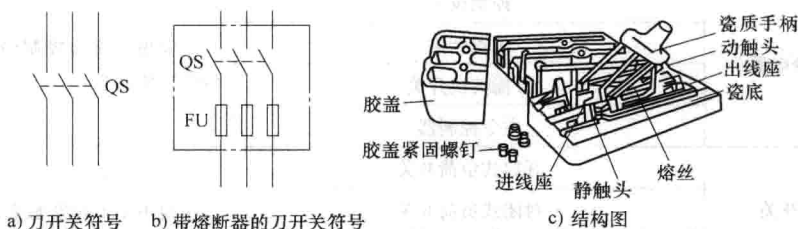


图 1-1 HK 系列开启式负荷开关

这种系列的开启式负荷开关因其内部设有熔丝,故可对电路进行短路保护,常用作照明电路的电源开关或 5.5kW 以下三相异步电动机不频繁起动和停止的控制开关。

在选用时,开启式负荷开关的额定电压应大于或等于负载额定电压,对于一般的电路,如照明电路,其额定电流应大于或等于最大工作电流;而对于电动机电路,其额定电流应大于或等于电动机额定电流的 3 倍。

开启式负荷开关在安装时应注意:

- 1) 闸刀在合闸状态时,手柄应朝上,不准倒装或平装,以防误操作。
- 2) 电源进线应接在静触头一边的进线端(进线座在上方),而用电设备应接在动触头一边的出线端(出线座在下方),即“上进下出”,不准颠倒,以方便更换熔丝及确保用电安全。

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关俗称铁壳开关,图 1-2 所示为常用的 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形。

封闭式负荷开关由刀开关、熔断器、灭弧装置、手柄、操作机构和外壳构成。三把闸刀固定在一根绝缘转轴上,由手柄操纵;操作机构设有机械联锁,当盖子打开时,手柄不能合闸,手柄合闸时,盖子不能打开,保证了操作安全。在手柄转轴与底座间还装有速动弹簧,使刀开关的接



图 1-2 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形

通与断开速度与手柄动作速度无关，抑制了电弧过大。

封闭式负荷开关用来控制照明电路时，其额定电流可按电路的额定电流来选择，而用来控制不频繁操作的小功率电动机时，其额定电流可按大于电动机额定电流的1.5倍来选择。封闭式负荷开关不宜用于电流超过60A以上负载的控制，以保证可靠灭弧及用电安全。

封闭式负荷开关在安装时，应保证外壳可靠接地，以防漏电而发生危险。接线时，电源线接在静触座的接线端上，负载则接在熔断器一端，不得接反，以确保操作安全。

1.2.2 转换开关

转换开关又称为组合开关，是一种变形刀开关，在结构上是用动触片代替了闸刀，以左右旋转代替了刀开关的上下分合动作，有单极、双极和多极之分。常用的型号有HZ等系列。图1-3a、b所示的是HZ-10/3型转换开关的外形与结构，其图形符号和文字符号如图1-3c所示。

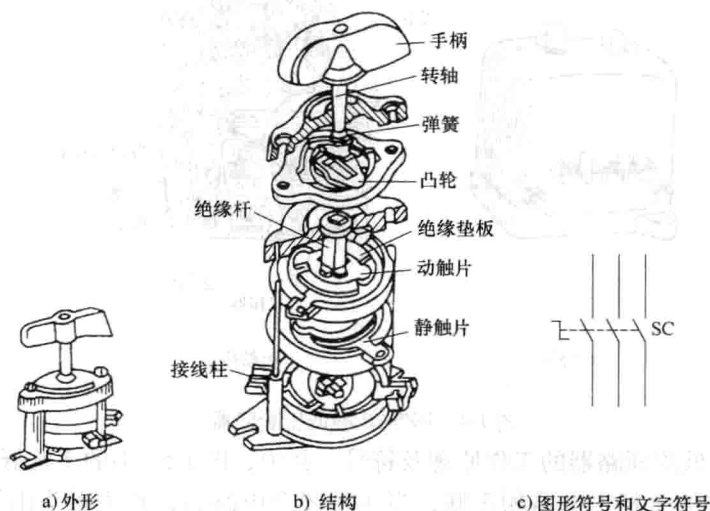


图1-3 HZ-10/3型转换开关

转换开关共有三副静触片，每一副静触片的一边固定在绝缘垫板上，另一边伸出盒外并附有接线柱供电源和用电设备接线。三个动触片装在另外的绝缘垫板上，绝缘垫板套在附有手柄的绝缘杆上。手柄每次能沿任一方向旋转90°，并带动三个动触片分别与对应的三副静触片保持接通或断开。在开关转轴上也装有扭簧储能装置，使开关的分合速度与手柄动作速度无关，有效地抑制了电弧过大。

转换开关多用于不频繁接通和断开的电路，或无电切换电路。如用作机床照明电路的控制开关，或5kW以下小容量电动机的起动、停止和正反转控制。在选用时，可根据电压等级、额定电流大小和所需触头数来选定。

1.2.3 低压断路器

低压断路器俗称空气开关、自动开关，按其结构和性能可分为框架式、塑料外壳式和漏电保护式三类。它是一种既能作开关用，又具有电路自动保护功能的低压电器，用于电动机