

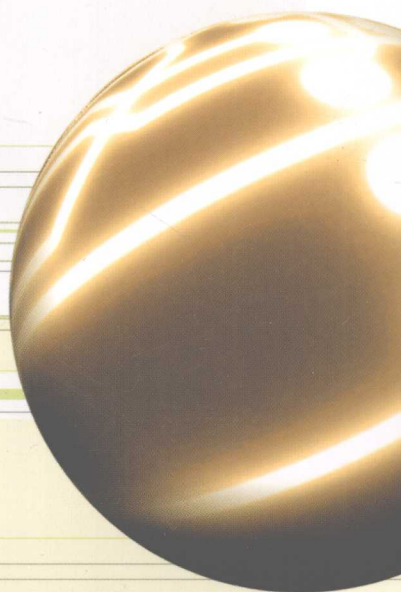


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业



电气控制与 PLC原理及应用 (西门子系列)(第2版)

李道霖 主 编
张仕军 李 莉 韩宏亮 副主编
程传红 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业

电气控制与 PLC 原理及应用

(西门子系列)(第 2 版)

李道霖 主 编

张仕军

李 莉 副主编

韩宏亮

程传红 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了常用的低压电器,简单的液压传动元件及系统,继电器接触器系统的基本电路,PLC 的概述及工作原理,西门子 S7-200 系列 PLC 的系统构成,S7-200 PLC 的基本指令、功能指令的功能和用法及应用实例,编程软件的使用,PLC 的控制系统、应用程序的设计方法和应用举例。

本书可作为工业电气工程及自动化、机电一体化、计算机控制等相关专业的教学用书。对于广大的电气工程技术人员,则是一本非常有价值的参考书和技术手册。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 原理及应用: 西门子系列 / 李道霖主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2009. 2

(新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业)

ISBN 978-7-121-08242-9

I. 电… II. 李… III. ①电气设备, 西门子系列—自动控制—高等学校: 技术学校—教材 ②可编程序控制器, 西门子系列—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM571.2 TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 015894 号

策 划: 陈晓明

责任编辑: 陈晓明 特约编辑: 高文勇

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 461 千字

印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

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都是十分广泛的。在机械设备的控制中，电气控制亦比其他的控制方法使用得更为普遍。随着科学技术的发展，特别是大规模集成电路的问世和微处理机技术的应用，出现了可编程序控制器（PLC），它不仅可取代传统的继电器接触器控制系统，还可以进行复杂的过程控制和构成分布式自动化系统，使电气控制技术进入了一个崭新的阶段。目前 PLC 在我国的应用相当广泛，尤其是小型 PLC，采用类似继电器逻辑的过程操作语言，使用十分方便，备受电气工程技术人员欢迎，因此，了解和学习这些重要的技术对机电类专业的高职高专学生来说是必不可少的。

本书根据高校已普遍将“低压电气控制技术”和“可编程序控制器原理及应用”两门课程合并为“电气控制与可编程序控制器原理及应用”一门课程的情况，并充分考虑到电气控制技术的实际运用和发展趋势而编写。

在本书第 2 版的编写过程中，我们始终坚持高职教育应以培养技能型应用人才为目标，因此在简明扼要的介绍基本理论和基础技能的同时，重点突出了实践性环节，主要体现在大量增加了应用性实例的编程，从工程实际出发，由易到难，循序渐进，使读者在简单的实际应用中领悟 PLC 编程的技巧和方法，感悟实践渗透理论带来认知的快捷与方便，通过学习、实践，逐步进入一般工程应用的组织、规划、设计、调试和运行等领域。

本书从内容上可分为两大部分：第一部分主要介绍常用低压电器及其控制电路，在基本控制电路这一章中，增加了并励直流电动机控制电路，异步电动机软启动控制电路，变频调速控制电路，液压传动元件及系统，而对异步电动机控制电路只作了部分介绍。第二部分主要介绍了西门子 S7-200 CPU 22X 系列 PLC 的基本构成、内部元器件、基本指令及应用举例、功能指令及应用举例、软件应用、网络通信、梯形图的编程方法及应用举例、实际应用系统的设计方法等。

本书由李道霖主编，张仕军、李莉和韩宏亮为副主编，程传红主审了全书。在编写本书的过程中得到了胡谦、万启芳、李吉鹏、尤树芬等同志的大力帮助。书中部分章节的编写参考了有关资料，在此我们对这些同志和参考文献的作者们表示衷心的感谢。

限于编者水平有限，书中疏漏、错误之处难免，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”
编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院
三峡电力职业学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州经贸职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院
天津中德职业技术学院
安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院
江门职业技术学院
广西工业职业技术学院
广州市今明科技公司

目 录

绪论	(1)
第 1 章 常用低压电器	(3)
1.1 概述	(3)
1.1.1 电器的定义	(3)
1.1.2 常用低压电器分类	(3)
1.1.3 低压电器发展概况	(4)
1.2 低压电器的电磁机构及执行机构	(4)
1.2.1 电磁机构	(4)
1.2.2 触点系统	(5)
1.2.3 灭弧系统	(6)
1.3 接触器	(7)
1.3.1 接触器结构和工作原理	(7)
1.3.2 接触器的型号及主要技术参数	(8)
1.4 继电器	(9)
1.4.1 电流继电器和电压继电器	(10)
1.4.2 中间继电器	(11)
1.4.3 热继电器	(11)
1.4.4 时间继电器	(12)
1.4.5 速度继电器	(14)
1.4.6 液位继电器	(15)
1.4.7 干簧继电器	(15)
1.4.8 固态继电器	(16)
1.5 熔断器	(17)
1.5.1 熔断器的分类	(17)
1.5.2 熔断器型号及主要性能参数	(18)
1.6 低压断路器	(18)
1.6.1 低压断路器结构及工作原理	(19)
1.6.2 低压断路器类型及主要参数	(19)
1.7 低压隔离器	(20)
1.7.1 刀开关	(20)
1.7.2 组合开关	(21)
1.8 主令器	(21)
1.8.1 按钮	(21)
1.8.2 行程开关与接近开关	(22)
1.8.3 转换开关	(23)

1.9 常用液压传动元件与系统	(24)
1.9.1 动力元件与执行元件	(24)
1.9.2 控制调节元件	(25)
1.9.3 组合机床动力滑台的液压系统	(29)
1.9.4 液压剪切机	(31)
1.10 电磁执行元件	(33)
1.10.1 电磁铁	(33)
1.10.2 电磁制动器	(33)
本章小结	(34)
习题 1	(35)
第 2 章 继电器接触器控制系统的基本电路	(36)
2.1 电气控制线路的图形、文字符号及绘制原则	(36)
2.1.1 常用电气设备图形符号及文字符号	(36)
2.1.2 电气控制图绘制原则	(39)
2.1.3 电气原理图	(39)
2.1.4 电气元件布置图	(41)
2.1.5 电气安装接线图	(42)
2.2 并励直流电动机的基本控制电路	(42)
2.2.1 启动控制电路	(43)
2.2.2 正、反转控制电路	(43)
2.2.3 能耗制动控制电路	(44)
2.2.4 调速控制电路	(45)
2.3 三相笼型异步电动机的控制电路	(45)
2.3.1 三相异步电动机的基本控制电路	(45)
2.3.2 三相异步电动机的启动控制电路	(49)
2.3.3 软启动器及调速控制电路	(51)
2.3.3 异步电动机的制动控制电路	(53)
2.3.4 异步电动机的调速控制电路	(55)
2.3.5 变频器及调速控制电路	(56)
本章小结	(61)
习题 2	(61)
第 3 章 PLC 概述及构成原理	(63)
3.1 PLC 的产生及定义	(63)
3.1.1 PLC 的产生	(63)
3.1.2 PLC 的定义	(64)
3.2 PLC 的特点及分类	(64)
3.2.1 PLC 的特点	(64)
3.2.2 PLC 的分类	(65)
3.3 PLC 的应用范围	(67)

3.4	PLC的发展趋势	(68)
3.5	PLC的基本组成	(68)
3.5.1	PLC的组成	(68)
3.5.2	PLC系统的等效电路	(71)
3.5.3	PLC与继电器控制系统的比较	(73)
3.6	PLC的工作原理	(74)
3.6.1	PLC的工作过程	(74)
3.6.2	PLC对输入/输出的处理原理	(76)
3.7	PLC的编程语言	(77)
3.7.1	PLC的编程语言	(77)
3.7.2	PLC的控制程序结构	(79)
	本章小结	(80)
	习题3	(80)
第4章	S7-200系列的PLC构成	(81)
4.1	S7-200系列PLC系统结构	(81)
4.1.1	S7-200系列PLC的主机	(81)
4.1.2	S7-200系列PLC的扩展模块	(86)
4.1.3	S7-200系列PLC的通信及常用网络	(87)
4.1.4	其他设备	(90)
4.2	S7-200系列PLC的内部元器件	(91)
4.2.1	数据存储类型	(91)
4.2.2	数据的编址方式	(92)
4.2.3	PLC内部元器件及编址	(93)
4.3	S7-200 CPU存储器区域的寻址方式	(96)
4.3.1	CPU存储区域的立即数寻址	(96)
4.3.2	CPU存储区域的直接寻址	(96)
4.3.3	CPU存储器区域的间接寻址	(98)
	本章小结	(99)
	习题4	(99)
第5章	S7-200系列PLC的基本指令	(101)
5.1	基本逻辑指令	(101)
5.1.1	位操作指令	(101)
5.1.2	置位S(Set)、复位R(Reset)指令	(106)
5.1.3	边沿脉冲指令	(106)
5.1.4	立即指令I(Immediate)	(108)
5.1.5	触发器指令	(108)
5.1.6	取反和空操作指令	(109)
5.1.7	比较指令	(110)
5.1.8	定时器	(111)

5.1.9	计数器	(114)
5.2	程序控制指令	(116)
5.2.1	结束指令 END/MEND	(116)
5.2.2	暂停指令 STOP	(116)
5.2.3	看门狗复位指令 WDR (Watch Dog Reset)	(117)
5.2.4	跳转指令 JMP 与标号指令 LBL	(117)
5.2.5	循环指令 FOR 和 NEXT	(118)
5.2.6	子程序	(120)
5.2.7	与 ENO 指令	(122)
5.2.8	顺序控制指令	(123)
5.3	基本指令的应用实例	(126)
5.3.1	自锁控制电路	(126)
5.3.2	互锁控制电路	(126)
5.3.3	多点控制电路	(127)
5.3.4	关联控制电路	(127)
5.3.5	顺序控制电路	(127)
5.3.6	二分频电路	(128)
5.3.7	闪烁电路	(129)
5.3.8	特殊时间控制电路	(130)
5.3.9	扩展定时器和计数器	(131)
5.3.10	报警电路	(133)
5.3.11	照明灯控制电路	(133)
5.3.12	译码电路	(135)
	本章小结	(135)
	习题 5	(136)
第 6 章	S7-200 PLC 编程软件及应用	(139)
6.1	S7-200 PLC 编程系统概述	(139)
6.1.1	S7-200 PLC 编程系统的组成及要求	(139)
6.1.2	S7-200 PLC 编程系统硬件的连接	(140)
6.1.3	STEP 7-Micro/WIN V4.0 软件的安装	(140)
6.1.4	通讯参数的设定	(140)
6.2	STEP 7-Micro/WIN V4.0 的功能	(142)
6.2.1	STEP 7-Micro/WIN V4.0 功能简介	(142)
6.2.2	STEP 7-Micro/WIN V4.0 的窗口组件及其功能	(143)
6.2.3	系统模块的设置及系统块配置 (CPU 组态)	(146)
6.3	程序编辑及运行	(148)
6.3.1	用户程序文件操作	(148)
6.3.2	编辑程序	(149)
6.4	程序调试运行监控与调试	(153)

6.4.1	选择工作模式	(153)
6.4.2	梯形图程序的状态监视	(153)
6.4.3	语句表程序的状态监视	(155)
6.4.4	用状态图监视与调试程序	(155)
6.4.5	在 RUN 模式下编辑用户程序	(157)
6.4.6	使用系统块设置 PLC 的参数	(157)
6.4.7	梯形图程序状态的强制功能	(158)
6.4.8	程序的打印输出	(159)
	本章小结	(159)
第 7 章	S7-200 系列 PLC 功能指令	(160)
7.1	数据处理指令	(160)
7.1.1	数据传送	(160)
7.1.2	移位指令	(162)
7.1.3	字节交换/填充指令	(164)
7.2	运算指令	(164)
7.2.1	算术运算指令	(164)
7.2.2	数学函数指令	(168)
7.2.3	增 1/减 1 计数指令	(170)
7.2.4	逻辑运算指令	(170)
7.3	表功能指令	(172)
7.3.1	填表指令 ATT (Add To Table)	(172)
7.3.2	表取数指令	(173)
7.3.3	表查找指令 TBL FIND (Table Find)	(174)
7.4	转换指令	(175)
7.4.1	数据类型转换指令	(175)
7.4.2	数据的编码和译码指令	(178)
7.5	中断指令	(181)
7.5.1	中断源	(181)
7.5.2	中断控制	(182)
7.5.3	中断程序	(183)
7.6	高速处理指令	(183)
7.6.1	高速计数指令	(183)
7.6.2	高速脉冲输出	(185)
7.7	功能指令的应用实例	(187)
7.7.1	三相笼型异步电动机星形-三角形启动控制	(187)
7.7.3	三相步进电机的控制	(189)
7.7.4	四组抢答器程序设计	(191)
	本章小结	(194)
	习题 7	(195)

第 8 章	PLC 控制系统的应用设计	(197)
8.1	PLC 控制系统的总体设计	(197)
8.1.1	PLC 控制系统的类型	(197)
8.1.2	PLC 控制系统设计的基本原则	(199)
8.1.3	PLC 控制系统的设计步骤	(200)
8.2	减少 PLC 输入和输出点数的方法	(202)
8.2.1	减少 PLC 输入点数的方法	(202)
8.2.3	减少 PLC 输出点数的方法	(203)
8.3	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	(204)
8.3.1	PLC 的工作环境	(205)
8.3.2	对电源的处理	(205)
8.3.3	对感性负载的处理	(206)
8.3.4	安装与布线的注意事项	(207)
8.3.5	PLC 的接地	(208)
8.3.6	冗余系统与热备用系统	(208)
8.3.7	故障的检测与诊断	(209)
8.4	塔架起重机加装夹轨器后的大车行走控制系统的设计	(210)
8.4.1	大车行走控制系统	(210)
8.4.2	现场控制柜盘面布置	(212)
8.4.3	PLC 外部接线图及输入/输出端子地址分配	(212)
8.4.4	设计大车行走控制系统程序	(214)
8.5	机械手控制系统的应用设计	(215)
8.5.1	机械手控制系统	(215)
8.5.2	操作面板布置	(217)
8.5.3	输入/输出端子地址分配	(217)
8.5.4	整体程序结构	(218)
8.5.5	整体顺序功能流程图	(218)
8.5.6	实现单操作工作的程序	(219)
8.5.7	自动顺序操作控制程序	(220)
8.5.8	机械手步进操作功能流程图	(221)
	本章小结	(222)
	习题 8	(222)
第 9 章	PLC 的梯形图程序设计方法及应用实例	(225)
9.1	PLC 梯形图的经验设计法及应用	(225)
9.1.1	启动、保持和停止电路	(226)
9.1.2	运货小车的自动控制	(226)
9.1.3	交通指挥信号灯的控制	(228)
9.2	梯形图的逻辑设计法及应用	(230)
9.2.1	集选电梯外呼信号停站控制	(231)

9.2.2	装卸料小车多方式运动控制	(233)
9.2.3	深孔钻床的自动控制	(235)
9.3	PLC 梯形图的“翻译”设计法及应用	(238)
9.3.1	三速异步电动机启动和自动加速的控制	(239)
9.3.2	异步电动机长动与点动控制	(240)
9.4	PLC 梯形图的顺序控制设计法及应用	(241)
9.4.1	液压剪切机的控制	(243)
9.4.2	组合机床动力滑台的控制	(245)
9.4.3	交通指挥信号灯的顺序控制	(246)
9.4.4	自动门顺序控制	(248)
9.4.5	皮带传输线的顺序控制	(249)
9.4.6	大、小球分检机械臂装置的控制	(251)
	本章小结	(254)
	习题 9	(255)
附录 A	实训指导书	(260)
实训 1	并励直流电动机正、反转控制实训	(260)
实训 2	S7-200 PLC 编程软件使用实训	(261)
实训 3	人行道按钮控制信号灯实训	(261)
实训 4	五星彩灯与数码管控制实训	(262)
实训 5	S7-200 PLC 简单通信实训	(263)
附录 B	应用课题的简单设计	(264)
课题 1	送料小车控制系统的设计	(264)
课题 2	压铸机控制系统的设计	(265)
课题 3	全自动洗衣机控制系统的设计	(266)
课题 4	化学反应过程控制系统的设计	(267)
课题 5	电镀生产线控制系统的设计	(268)
课题 6	自动售货机控制系统的设计	(269)
课题 7	打乒乓球的模拟控制系统的设计	(269)
附录 C	S7-200 PLC 快速参考信息	(271)

绪 论

1. 电气控制技术的发展概况

电气控制技术是随着科学技术的不断发展和生产工艺不断提出新的要求而得到飞速发展的。从最早的手动控制发展到自动控制，从简单的控制设备发展到复杂的控制系统，从有触点的硬接线继电器控制系统发展到以微处理器或计算机为中心的网络化自动控制系统。随着新的电器元件的不断出现和计算机技术的发展，电气控制技术也在持续发展。现代电气控制技术正是综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果而迅速发展起来的，并正向着集成化、智能化、信息化、网络化方向发展。

低压电器是现代工业过程自动化的重要元器件，是组成电气成套设备的基础配套器件，它是低压用电系统和控制系统安全运行的基础和保障。而继电器接触器控制系统则主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成，其控制方式是断续的，所以又称为断续控制系统。由于这种系统具有结构简单，价格低廉，维护容易，抗干扰能力强等优点，至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式，也是学习更先进电气控制系统的基础。这种控制系统的缺点是采用固定接线方式，灵活性差，工作频率低，触点易损坏，可靠性差。

电气控制系统的执行机构是电机拖动和液压与气压传动。电机拖动已由最早的采用成组拖动方式→单独拖动方式→生产机械的不同运动部件分别由不同电机拖动的多电动机拖动方式，发展成今天无论是自动化功能，还是生产安全性方面都相当完善的电气自动化系统。

液压传动与控制是现代工程机械的基础技术，由于其在功率重量比、无级调速、自动控制、过载保护等方面的独特技术优势，使其成为国民经济中多行业、多类机械装备实现传动与控制的重要手段。

从 20 世纪 30 年代开始，机械加工企业为了提高生产效率，采用机械化流水作业的生产方式，对不同类型的零件分别组成自动生产线。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，而继电器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，这种有触点的电器工作频率较低，在频繁动作情况下寿命较短，从而造成系统故障，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器接触器控制系统，对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制，由于这些控制装置本身存在某些不足，均未能获得广泛应用。1968 年美国最大的汽车制造商——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器接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低廉等优点结合起来，做成一种能适应工业环境的通用控制装置，并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, 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, 可以大大减小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, 在工业自动控制领域占有十分重要的地位。

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, 主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象, 介绍继电器接触器控制系统和 PLC 控制系统的工作原理、典型机械的电气控制线路以及 PLC 控制系统的设计方法。当前 PLC 控制系统应用十分普遍, 已经成为实现工业自动化的主要手段, 是教学的重点所在。但是, 一方面, 根据我国当前情况, 继电器接触器控制系统仍然是机械设备最常用的电气控制方式, 而且低压电器正在向小型化、智能化发展, 出现了功能多样的电子式电器, 使继电器接触器控制系统性能不断提高, 因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位; 另一方面, PLC 是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产物, 而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关, 因此掌握继电器接触器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

本课程的目标是培养学生的实际应用能力, 具体要求是:

- (1) 熟悉常用控制电器的结构原理、用途, 具有合理选择、使用主要控制电器的能力。
- (2) 熟练掌握继电器接触器控制线路的基本环节, 具有阅读和分析电气控制线路的工作原理的能力。
- (3) 熟悉典型设备的电气控制系统, 具有从事电气设备安装、调试、维修和管理等知识。
- (4) 掌握 PLC 的基本基本结构和工作原理, 能够根据工艺过程和控制要求进行简单的 PLC 控制系统的硬件设计和安装调试。
- (5) 熟悉 PLC 的内部元器件的结构与功能, 掌握 PLC 的指令系统与编程应用, 提高 PLC 控制系统程序的设计能力与技巧, 增强实际控制系统的设计与调试能力。
- (6) 了解 PLC 的网络和通信原理。

第1章 常用低压电器

内容提要

本章主要讲述了接触器、继电器、熔断器、低压断路器、低压隔离器、主令器、电磁阀等低压电器的用途、基本结构、工作原理及其主要参数和图形符号。

学习要求

掌握常用低压电器的工作原理，图形符号及用途。

了解各低压电器的技术参数，以便正确选取电器。

随着电器技术不断发展，为提高系统的可靠性，应尽量选用新型的电器元件。

1.1 概述

1.1.1 电器的定义

电器是根据外界特定的信号和要求，自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气设备。

电器的种类繁多，构造各异。根据其工作电压高低，电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流额定电压 1200V 及以下，直流额定电压 1500V 及以下的电器称为低压电器。

1.1.2 常用低压电器分类

由于低压电器的职能、品种和规格的多样化，工作原理也各异，因而有不同的分类方法。根据其与使用系统间的关系，习惯上按用途可分为以下几类。

1. 低压配电电器

主要用于低压供电系统。这类低压电器有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强，限流效果好，动稳定及热稳定性要好。

2. 低压控制电器

主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对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，电器和机械寿命要长。

3. 低压主令器

主要用于发送控制指令的电器。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高，抗冲击，电气和机械寿命要长。

4. 低压保护电器

主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、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，可靠性要高。

5. 低压执行电器

主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

1.1.3 低压电器发展概况

低压电器的生产和发展是和电的发明和广泛应用分不开的，从按钮、刀开关、熔断器等简单的低压电器开始，到各种规格的低压断路器、接触器以及由它们组成的成套电气控制设备，都是随着生产的需要而发展的。

自建国以来，随着国民经济的恢复和大规模经济建设的进行，国民经济各部门对低压电器的种类、品种、质量提出了越来越高的要求。低压电器的品种也从少到多，产品质量从低到高逐渐发展。但产品与电工行业的国际标准 IEC 仍有一定的差距。

改革开放以后，我国低压电器制造工业有了飞速发展。一方面，国产产品如 CJ20 系列接触器，RJ20 系列热继电器，DZ20 系列塑料外壳式断路器都是国内 20 世纪 80 年代更新换代产品，符合国家新标准（参考 IEC 标准制定），有的甚至符合 IEC 标准。另一方面，积极从德国 BBC 公司、AEC 公司及西门子公司，美国西屋公司、日本寺崎公司等引进了接触器、热继电器、启动器、断路器等先进的产品制造技术，并基本实现国产化，使我国低压电器的产品质量有了较大的提高。

当前，我国低压电器的发展总是不断提高其技术参数的性能指标，并在其经济性能上下功夫。其间，使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高、性能的改善有着十分重要的作用。同时我国大力开发新产品，特别是多功能化产品及机电一体化产品，如电子化的新型控制电器（接近开关、光电开关、固态继电器与接触器、电子式电机保护器等）正不断研制、开发出来。总之，低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

1.2 低压电器的电磁机构及执行机构

1.2.1 电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换成为机械能并带动触点的闭合或断开，完成通断电路的控制作用。

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁组成，其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式，图 1.1 和图 1.2 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。图中，吸引线圈的作用是将电能转换为磁能，即产生磁通，衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁芯吸合。通入直流电的线圈称直流线圈，通入交流电的线圈称交流线圈。