



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材



机电一体化技术专业

电气控制与PLC原理 及应用 (西门子S7-200系列) (第3版)

李道霖 主 编
程传红 主 审

内容全面：常用低压电器，简单液压传动元件及系统，继电器接触器系统的基本电路，PLC概述及工作原理，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，S7-200编程软件的使用，典型控制系统应用程序的设计方法和应用举例、实训指导，课题设计等

重点突出：西门子S7-200编程方法及案例，实践应用及技巧

应用广泛：宽专业、众岗位、多层次，学用兼宜



中国工信出版集团



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
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·机电一体化技术专业

电气控制与 PLC 原理及应用

(西门子 S7-200 系列)(第 3 版)

李道霖 主 编

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。

本书可作为电气自动化技术、机电一体化技术、电力系统继电保护与自动化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:第 3 版 / 李道霖主编. —北京:电子工业出版社,2015.4

(西门子 S7-200 系列)

新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·机电一体化技术专业

ISBN 978-7-121-25842-8

I. ①电… II. ①李… 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. ①TM921.5②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 072574 号

策 划:陈晓明

责任编辑:郭乃明 特约编辑:范 丽

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

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:17.75 字数:454 千字

版 次:2004 年 8 月第 1 版

2015 年 4 月第 3 版

印 次:2015 年 4 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:39.00 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 zlts@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。长期以来，PLC 始终处于工业控制自动化领域的主战场，为各种各样的电气自动化控制设备提供非常可靠的控制方案。因此，了解和学习这些重要的技术对机电类与电气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 3 版的编写过程中，笔者始终坚持高职教育应以高技能人才培养为目标，因此在简明扼要地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，在继电接触器控制系统的基本电路这一章中，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做了部分介绍。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。

本书由李道霖教授主编，韩绪鹏、李莉、韩宏亮、谢更新、万莉萍、王涛、周厚全、肖春芳参加了本书的编写与修订，程传红主审了全书。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

2014 年 11 月

目 录

绪论	(1)
第 1 章 常用低压电器	(4)
1.1 概述	(4)
1.1.1 电器的定义	(4)
1.1.2 常用低压电器分类	(4)
1.1.3 低压电器发展概况	(5)
1.2 低压电器的电磁机构及执行机构	(5)
1.2.1 电磁机构	(5)
1.2.2 触点系统	(6)
1.2.3 灭弧系统	(7)
1.3 接触器	(8)
1.3.1 接触器结构和工作原理	(8)
1.3.2 接触器的型号及主要技术参数	(9)
1.4 继电器	(10)
1.4.1 电流继电器和电压继电器	(11)
1.4.2 中间继电器	(12)
1.4.3 热继电器	(12)
1.4.4 时间继电器	(13)
1.4.5 速度继电器	(15)
1.4.6 液位继电器	(16)
1.4.7 干簧继电器	(16)
1.4.8 固态继电器	(17)
1.5 熔断器	(18)
1.5.1 熔断器的分类	(18)
1.5.2 熔断器型号及主要性能参数	(19)
1.6 低压断路器	(19)
1.6.1 低压断路器结构及工作原理	(20)
1.6.2 低压断路器类型及主要参数	(20)
1.7 低压隔离器	(21)
1.7.1 刀开关	(21)
1.7.2 组合开关	(22)
1.8 主令器	(22)
1.8.1 按钮	(22)
1.8.2 行程开关与接近开关	(23)
1.8.3 转换开关	(24)

1.9	常用液压传动元件与系统	(25)
1.9.1	动力元件与执行元件	(25)
1.9.2	控制调节元件	(26)
1.9.3	组合机床动力滑台的液压系统	(30)
1.9.4	液压剪切机	(32)
1.10	电磁执行元件	(34)
1.10.1	电磁铁	(34)
1.10.2	电磁制动器	(34)
	本章小结	(35)
	习题 1	(36)
第 2 章	继电器接触器控制系统的基本电路	(37)
2.1	电气控制线路的图形、文字符号	(37)
2.1.1	常用电气设备图形符号及文字符号	(37)
2.1.2	电气原理图	(40)
2.1.3	电气元件布置图	(42)
2.1.4	电气安装接线图	(43)
2.2	并励直流电动机的基本控制电路	(43)
2.2.1	启动控制电路	(44)
2.2.2	正、反转控制电路	(44)
2.2.3	能耗制动控制电路	(45)
2.2.4	调速控制电路	(46)
2.3	三相笼型异步电动机的控制电路	(46)
2.3.1	三相异步电动机的基本控制电路	(46)
2.3.2	三相异步电动机的启动控制电路	(50)
2.3.3	软启动器及调速控制电路	(52)
2.3.4	异步电动机的制动控制电路	(53)
2.3.5	异步电动机的调速控制电路	(56)
2.3.6	变频器及调速控制电路	(57)
	本章小结	(61)
	习题 2	(62)
第 3 章	PLC 概述及工作原理	(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	(67)

3.5	PLC 的基本组成	(68)
3.5.1	PLC 的硬件组成	(68)
3.5.2	PLC 的软件组成	(71)
3.5.3	PLC 系统的等效电路	(71)
3.5.4	PLC 与继电器控制系统的比较	(72)
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/输出的处理规则	(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	(79)
	习题 3	(80)
第 4 章	S7-200 系列 PLC 的构成	(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)
4.2	S7-200 系列 PLC 的内部元器件	(90)
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	(92)
4.3	S7-200 CPU 存储器区域的寻址方式	(95)
	本章小结	(98)
	习题 4	(99)
第 5 章	S7-200 系列 PLC 的基本指令	(100)
5.1	基本逻辑指令	(100)
5.1.1	位操作指令	(100)
5.1.2	置位 S (Set)、复位 R (Reset) 指令	(104)
5.1.3	边沿脉冲指令	(105)
5.1.4	立即指令 I (Immediate)	(106)
5.1.5	触发器指令	(107)
5.1.6	取反和空操作指令	(108)
5.1.7	比较指令	(108)
5.1.8	定时器	(109)
5.1.9	计数器	(112)
5.2	程序控制指令	(114)
5.2.1	结束指令 END/MEND	(114)
5.2.2	暂停指令 STOP	(114)

5.2.3	看门狗复位指令 WDR (Watch Dog Reset)	(115)
5.2.4	跳转指令 JMP 与标号指令 LBL	(116)
5.2.5	循环指令 FOR 和 NEXT	(116)
5.2.6	子程序	(118)
5.2.7	与 ENO 指令	(120)
5.2.8	顺序控制指令	(121)
5.3	基本指令的应用实例	(124)
5.3.1	自锁控制电路	(124)
5.3.2	互锁控制电路	(124)
5.3.3	多点控制电路	(125)
5.3.4	关联控制电路	(125)
5.3.5	顺序控制电路	(125)
5.3.6	二分频电路	(126)
5.3.7	闪烁电路	(127)
5.3.8	特殊时间控制电路	(128)
5.3.9	扩展定时器和计数器	(129)
5.3.10	报警电路	(130)
5.3.11	照明灯控制电路	(131)
5.3.12	译码电路	(132)
	本章小结	(133)
	习题 5	(134)
第 6 章	S7-200 PLC 编程软件及应用	(136)
6.1	S7-200 PLC 编程系统概述	(136)
6.2	STEP 7-Micro/WIN V4.0 的功能	(139)
6.2.1	STEP 7-Micro/WIN V4.0 功能简介	(139)
6.2.2	STEP 7-Micro/WIN V4.0 的窗口组件及其功能	(140)
6.2.3	系统模块的设置及系统块配置 (CPU 组态)	(143)
6.3	程序编辑及运行	(145)
6.3.1	用户程序文件操作	(145)
6.3.2	编辑程序	(146)
6.4	程序调试运行与监控	(150)
6.4.1	选择工作模式	(150)
6.4.2	梯形图程序的状态监视	(150)
6.4.3	语句表程序的状态监视	(152)
6.4.4	用状态图监视与调试程序	(152)
6.4.5	在 RUN 模式下编辑用户程序	(154)
6.4.6	使用系统块设置 PLC 的参数	(154)
6.4.7	梯形图程序状态的强制功能	(155)
6.4.8	程序的打印输出	(156)

本章小结	(156)
第7章 S7-200 系列 PLC 功能指令	(157)
7.1 数据处理指令	(157)
7.1.1 数据传送	(157)
7.1.2 移位指令	(159)
7.1.3 字节交换/填充指令	(161)
7.2 运算指令	(161)
7.2.1 算术运算指令	(161)
7.2.2 数学函数指令	(165)
7.2.3 增 1/减 1 计数指令	(167)
7.2.4 逻辑运算指令	(167)
7.3 表功能指令	(169)
7.3.1 填表指令 ATT (Add To Table)	(169)
7.3.2 表取数指令	(170)
7.3.3 表查找指令 TBL FIND (Table Find)	(171)
7.4 转换指令	(172)
7.4.1 数据类型转换指令	(172)
7.4.2 数据的编码和译码指令	(175)
7.5 中断指令	(178)
7.5.1 中断源	(178)
7.5.2 中断控制	(179)
7.5.3 中断程序	(180)
7.6 高速处理指令	(180)
7.6.1 高速计数指令	(180)
7.6.2 高速脉冲输出	(182)
7.7 功能指令的应用实例	(184)
7.7.1 三相笼型异步电动机星形-三角形启动控制	(184)
7.7.2 霓虹灯的控制	(184)
7.7.3 三相步进电机的控制	(186)
7.7.4 四组抢答器程序设计	(189)
本章小结	(191)
习题 7	(192)
第8章 PLC 控制系统的应用设计	(194)
8.1 PLC 控制系统的总体设计	(194)
8.1.1 PLC 控制系统的类型	(194)
8.1.2 PLC 控制系统设计的基本原则	(196)
8.1.3 PLC 控制系统的设计步骤	(197)
8.2 减少 PLC 输入和输出点数的方法	(199)
8.2.1 减少 PLC 输入点数的方法	(199)

8.2.2	减少 PLC 输出点数的方法	(200)
8.3	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	(201)
8.3.1	PLC 的工作环境	(201)
8.3.2	对电源的处理	(201)
8.3.3	对感性负载的处理	(203)
8.3.4	安装与布线的注意事项	(204)
8.3.5	PLC 的接地	(205)
8.3.6	冗余系统与热备用系统	(205)
8.3.7	故障的检测与诊断	(206)
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	(206)
8.4.1	大车行走控制系统	(207)
8.4.2	现场控制柜盘面布置	(208)
8.4.3	PLC 外部接线图及输入/输出端子地址分配	(209)
8.4.4	设计大车行走控制系统程序	(210)
8.5	机械手控制系统的应用设计	(212)
8.5.1	机械手控制系统	(212)
8.5.2	操作面板布置	(213)
8.5.3	输入/输出端子地址分配	(213)
8.5.4	整体程序结构	(214)
8.5.5	整体顺序功能流程图	(214)
8.5.6	实现单操作工作的程序	(215)
8.5.7	自动顺序操作控制程序	(216)
8.5.8	机械手步进操作功能流程图	(217)
	本章小结	(218)
	习题 8	(218)
第 9 章	PLC 的梯形图程序设计方法及应用实例	(220)
9.1	PLC 梯形图的经验设计法及应用	(220)
9.1.1	启动、保持和停止电路	(221)
9.1.2	运货小车的自动控制	(221)
9.1.3	交通指挥信号灯的 control	(223)
9.2	梯形图的逻辑设计法及应用	(225)
9.2.1	集选电梯外呼信号停站控制	(226)
9.2.2	装卸料小车多方式运动控制	(228)
9.2.3	深孔钻床的自动控制	(230)
9.3	PLC 梯形图的“翻译”设计法及应用	(233)
9.3.1	三速异步电动机启动和自动加速的控制	(234)
9.3.2	异步电动机长动与点动控制	(235)
9.4	PLC 梯形图的顺序控制设计法及应用	(236)
9.4.1	液压剪切机的控制	(238)

9.4.2 组合机床动力滑台的控制	(240)
9.4.3 交通指挥信号灯的顺序控制	(241)
9.4.4 自动门顺序控制	(242)
9.4.5 皮带传输线的顺序控制	(244)
9.4.6 大、小球分检机械臂装置的控制	(247)
本章小结	(249)
习题 9	(250)
附录 A 实训指导书	(255)
实训 1 并励直流电动机正、反转控制实训	(255)
实训 2 S7-200 PLC 编程软件使用实训	(256)
实训 3 人行道按钮控制信号灯实训	(256)
实训 4 五星彩灯和数码管控制实训	(257)
实训 5 S7-200 PLC 简单通信实训	(258)
附录 B 应用课题的简单设计	(259)
课题 1 送料小车控制系统的设计	(259)
课题 2 压铸机控制系统的设计	(260)
课题 3 全自动洗衣机控制系统的设计	(260)
课题 4 化学反应过程控制系统的设计	(261)
课题 5 电镀生产线控制系统的设计	(262)
课题 6 自动售货机控制系统的设计	(263)
课题 7 打乒乓球的模拟控制系统的设计	(264)
附录 C S7-200 PLC 快速参考信息	(265)
参考文献	(269)

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。随着新的电气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。

PLC 发展至今已有近 45 年的历史，随着电力电子技术、计算机技术和信息技术的发展，工业控制领域已有翻天覆地的变化，PLC 也朝着新的技术不断发展。一是 PLC 向网络化技术发展，包括两个趋势：一方面，PLC 网络系统已经不再是自成体系的封闭系统，而是迅速向开放式系统发展，各大品牌 PLC 除形成自己各具特色的 PLC 网络系统，完成设备控制任务之外，还可以与上位计算机管理系统联网，实现信息交流，成为整个信息管理系统的一部分；另一方面，现场总线技术得到广泛的采用，PLC 与其他安装在现场的智能化设备，例如智能仪表、传感器、智能型电磁阀、智能型驱动执行机构等，通过一根传输介质（如双绞线、同轴电缆、光缆）连接起来，并按照同一通信规约互相传输信息，由此构成一个现场工业控制网络，这种网络与单纯的 PLC 远程网络相比，配置更灵活，扩展更方便，造价更低，性能价格比更好，也更具开放意义。二是 PLC 向高性能小型化方向发展，PLC 的功能越来越丰富，而体积则越来越小。PLC 已不再是早期那种只能进行开关量逻辑运算的产品了，而是具有越来越强的模拟量处理能力，以及具备过去只有在计算机上才能完成的高级处理能力，如浮点数运算、PID 调节、温度控制、精确定位、步进驱动、报表统计等。从这种意义上说，PLC 系统与 DCS（集散控制系统）的差别越来越小了，用 PLC 同样可以构成一个过程控制系统。三是 PLC 操作向简易化方向发展。目前 PLC 推广的难度之一就是复杂的编程使得用户望而却步，而且不同厂商 PLC 所有编程的语言也不尽相同，用户往往需要掌握更多种编程语言，难度较大。PID 控制、网络通信、高速计数器、位置控制、数据记录、配方和文本显示器等编程和应用也是 PLC 程序设计中的难点，用普通的方法对它们编程时，需要熟悉有关的特殊存储器的意义，在编程时对它们赋值，运行时通过访问它们来实现对应的功能。这些程序往往还与中断有关，编程的过程既繁琐又容易出错，阻碍了 PLC 的进一步推广应用。PLC 的发展必然朝着操作简化对复杂任务的编程，在这一点上西门子 PLC 就充当了先行者，西门子 S7-200 的编程软件设计了大量的编程向导，只需要在对话框中输入一些参数，就可以自动生成包括中断程序在内的用户程序，大大方便了用户的使用。

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、使用重要控制电器的能力。

(2) 熟练掌握继电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气元件。

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。

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。

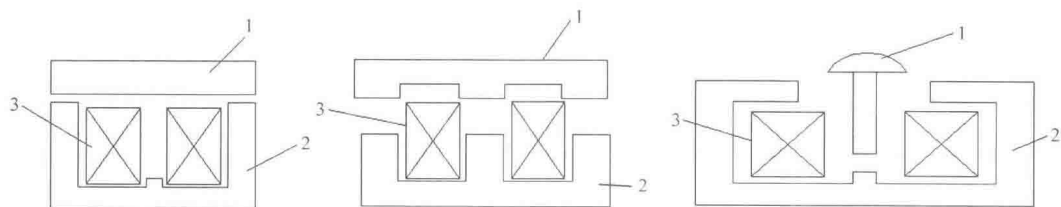
当前，我国低压电器的发展总是不断提高其技术参数的性能指标，并在其经济性能上下功夫。其间，使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高、性能的改善有着十分重要的作用。同时我国大力开发新产品，特别是多功能化产品及机电一体化产品，如电子化的新型控制电器（接近开关、光电开关、固态继电器与接触器、电子式电机保护器等）正不断研制、开发出来。总之，低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

1.2 低压电器的电磁机构及执行机构

1.2.1 电磁机构

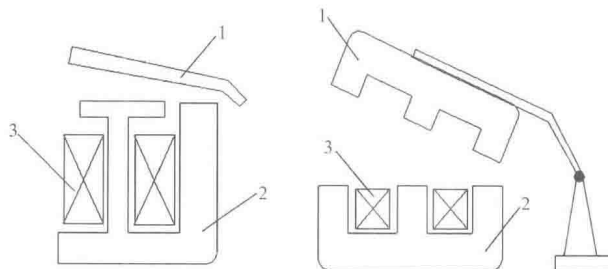
电磁机构的作用是将电磁能转换成为机械能并带动触点的闭合或断开，完成通断电路的控制作用。

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。



1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

图 1.1 直动式电磁机构



1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

图 1.2 拍合式电磁机构

对于直流线圈，铁芯不发热，只是线圈发热，因此线圈与铁芯接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型，以改善线圈自身散热。铁芯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，由于铁芯中有涡流和磁滞损耗，铁芯也会发热。为了改善线圈和铁芯的散热情况，在铁芯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。铁芯用硅钢片叠成，以减小涡流。当线圈通过工作电流时产生足够的磁动势，从而在磁路中形成磁通，使衔铁获得足够的电磁力，克服反作用力而吸合。在交流电流产生的交变磁场中，为避免因磁通过零点造成衔铁的抖动，需在交流电器铁芯的端部开槽，嵌入一铜短环路，使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零，使电磁吸力总是大于弹簧的反作用力，因而可以消除铁芯的抖动。

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）。串联（电流）线圈串接在线路中，流过的电流大，为减小对电路的影响，线圈的导线粗，匝数少，线圈的阻抗较小。并联（电压）线圈并联在线路上，为减小分流作用，降低对原电路的影响，需要较大的阻抗，因此线圈的导线细且匝数多。

1.2.2 触点系统

触点的作用是接通或分断电路，因此，要求触点具有良好的接触性能和导电性能，电流容量较小的电器，其触点通常采用银质材料。这是因为银质触点具有较低和较稳定的接触电阻，其氧化膜电阻率与纯银相似，可以避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触点的结构有桥式和指形两种，图 1.3 为触点结构形式。

桥式触点又分为点接触式和面接触式。点接触式适用于电流不大且触点压力小的场合，面接触式适用于大电流的场合。指形触点在接通与分断时产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，