

“国家示范性高等职业院校建设计划”项目
省级财政支持重点建设专业

电气控制与PLC 应用技术

电气控制与PLC应用技术课程建设团队 编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

“国家示范性高等职业院校建设计划”项目
省级财政支持重点建设专业

电气控制与PLC 应用技术

内容提要

本书内容主要分为两篇。第一篇电气控制技术,主要介绍了常用低压电器的工作原理、典型产品的特点,以及如何选用、使用、维护、维修等内容,重点介绍了接触器、低压断路器、继电器、熔断器、刀开关、主令电器,以及控制环节、电动机基本控制线路、电动机基本控制线路的分析、故障排除等内容。第二篇 PLC 技术,主要介绍了三菱 FX 系列 PLC 和欧姆龙的 CPM1A 系列 PLC,重点介绍其指令系统、编程技巧、系统设计方法、系统的安装与接线、故障的诊断与排除等内容。

本书可供机电控制技术专业、电气自动化技术专业、电子技术及应用专业、自动化仪表专业使用,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术/电气控制与 PLC 应用技术课程建设团队编. —西安:西安交通大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5605-3641-5

I. ①电… II. ①电… III. ①电气控制-高等学校-教材②可编程序控制器-高等学校-教材
IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 133613 号

书 名 电气控制与 PLC 应用技术
编 者 电气控制与 PLC 应用技术课程建设团队
责任编辑 邹 林 田 华

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 西安建科印务有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 15.125 字数 356 千字
版次印次 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3641-5/TM·81
定 价 29.80 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

**“国家示范性高等职业院校建设计划”项目
教材编写委员会**

主任：张朝晖

副主任：陈登文

委员：刘永亮 祝战斌 拜存有 张 迪 史康立
解建军 段智毅 张宗民 邹 剑 张宏辉
赵建民 刘玉凤 张 周

《电气控制与 PLC 应用技术》教材编写团队

主 编：郭东平 杨凌职业技术学院

何国荣 杨凌职业技术学院

参 编：张争刚 杨凌职业技术学院

牛 甲 杨凌职业技术学院

主 审：龙建明 杨凌职业技术学院

序言

PREFACE

2006年11月,教育部、财政部联合启动了“国家示范性高等职业院校建设计划”项目,杨凌职业技术学院是国家首批批准立项建设的28所国家示范性高等职业院校之一。在示范院校建设过程中,学院坚持以人为本、以服务为宗旨,以就业为导向,紧密围绕行业和地方经济发展的实际需求,致力于积极探索和构建行业、企业和学院共同参与的高职教育运行机制,在此基础上,以“工学结合”的人才培养模式创新为改革的切入点,推动专业建设,引导课程改革。

课程改革是专业教学改革的主要落脚点,课程体系和教学内容的改革是教学改革的重点和难点,教材是实施人才培养方案的有效载体,也是专业建设和课程改革成果的具体体现。在课程建设与改革中,我们坚持以职业岗位(群)核心能力(典型工作任务)为基础,以课程教学内容和教学方法改革为切入点,坚持将行业标准和职业岗位要求融入到课程教学之中,使课程教学内容与职业岗位能力融通、与生产实际融通、与行业标准融通、与职业资格证书融通,同时,强化课程教学内容的系统化设计,协调基础知识培养与实践动手能力培养的关系,增强学生的可持续发展能力。

通过示范院校建设与实践,我院重点建设专业初步形成了“工学结合”特色较为明显的人才培养模式和较为科学合理的课程体系,制订了课程标准,进行了课程总体教学设计和单元教学设计,并在教学中予以实施,收到了良好的效果。为了进一步巩固扩大教学改革成果,发挥示范、辐射、带动作用,我们在课程实施的基础上,组织由专业课教师及合作企业的专业技术人员组成的课程改革团队编写了这套工学结合特色教材。本套教材突出体现了以下几个特点:一是在整体内容构架,以实际工作任务为引领,以项目为基础,以实际工作流程为依据,打破了传统的学科知识体系,形成了特色鲜明的项目化教材内容体系;二是按照有关行业标准、国家职业资格证书要求以及毕业生面向职业岗位的具体要求编排教学内

容,充分体现教材内容与生产实际相融通,与岗位技术标准相对接,增强了实用性;三是以技术应用能力(操作技能)为核心,以基本理论知识为支撑,以拓展性知识为延伸,将理论知识学习与能力培养置于实际情景之中,突出工作过程技术能力的培养和经验性知识的积累。

本套特色教材的出版,既是我院国家示范性高等职业院校建设成果的集中反映,也是带动高等职业院校课程改革、发挥示范辐射带动作用的有效途径。我们希望本套教材能对我院人才培养质量的提高发挥积极作用,同时,为相关兄弟院校提供良好借鉴。

杨凌职业技术学院院长



2010年8月于杨凌



本教材是根据陕西省杨凌职业技术学院国家示范性建设子项目《机电设备运行与维护专业及专业群建设方案》和《任务书》中关于机电设备运行与维护专业优质核心课程建设规划编写的。

电气控制与 PLC 应用技术是高职机电类专业的一门专业课程,本教材主要介绍由继电器、接触器、按钮、行程开关等电器构成的常规控制系统以及可编程控制器的应用技术。

传统的电气控制方式是断续的,所以又称为断续控制系统。该系统结构简单、价格低廉、抗干扰能力强,至今仍是机床和其它机械设备、拖动系统广泛采用的基本电气控制形式。随着计算机技术的发展,特别是可编程序控制器(PLC)的出现,对电气控制技术产生了重大影响。PLC(Programmable Controller)即可编程序控制器是伴随计算机技术而迅速发展、广泛普及和应用的新型工业自动控制装置。它以微型计算机为基础,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术,在工业生产的程序控制和过程控制中显示出极大的优越性,是当今发达国家工业自动控制的标准设备。

在控制功能方面,可编程控制器与单片机或通用微机相比,其工作更可靠,且编程简单,使用方便,应用设计和调试周期短,能在恶劣的工业环境下和强电系统一起工作,很容易实现机电一体化。由于可编程控制器具有较大灵活性和可扩展性,因此被广泛应用在机械制造、冶金、化工、交通、电子、纺织、印刷、食品加工、建筑等工业领域。

本课程是机电专业的必修课,在学习了电气控制技术的内容后进入 PLC 知识学习阶段,本书以三菱 FX 系列机型和欧姆龙的 CPM1A 系列机型为主,重点介绍其指令系统、编程技巧与系统设计方法、系统的安装与接线、故障的诊断与排除等。在教材编写上,我们结合 PLC 在生产自动控制领域及电气控制领域两部分

的应用为重点内容进行介绍,并融入生产实际,以引入工程实际案例为主,做到理论联系实际。

本书由杨凌职业技术学院机电工程系自动化教研室郭东平、何国荣担任主编,全书分为两篇,共7章内容。第一篇(电气控制技术)由郭东平、张争刚编写,第二篇(PLC)第3章由牛甲编写,第4、7章由何国荣编写,第5章由郭东平编写,第6章由张争刚编写。全书由郭东平统稿,龙建明担任主审。

因编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年8月

目 录

第一篇 电气控制技术	(1)
第1章 常用低压电器及控制线路	(1)
1.1 低压电器的基本知识	(1)
1.1.1 低压电器的分类	(1)
1.1.2 电器的作用	(2)
1.1.3 低压电器的基本结构特点	(4)
1.2 绘制电气控制线路	(4)
1.2.1 图形符号	(6)
1.2.2 文字符号	(7)
1.3 电气图的分类与作用	(8)
1.3.1 电气图的分类	(8)
1.3.2 电气图的作用	(8)
1.4 认识低压开关、按钮和低压断路器	(13)
1.4.1 低压开关	(13)
1.4.2 低压断路器	(15)
1.5 接触器的使用	(18)
1.5.1 接触器的结构及原理	(18)
1.5.2 接触器的主要技术参数	(20)
1.5.3 接触器的型号	(21)
1.5.4 接触器的选用	(22)
1.5.5 点动与长动控制	(22)
1.6 长动与点动控制线路的设计	(31)
1.6.1 中间继电器	(31)
1.6.2 长动与点动控制线路	(32)
1.7 正反转控制线路的设计	(33)
1.7.1 接触器互锁正、反转控制线路	(33)
1.7.2 按钮互锁正、反转控制线路	(34)
1.7.3 双重互锁正、反转控制线路	(35)
1.8 顺序和多点控制线路的设计	(35)
1.8.1 顺序控制线路	(36)
1.8.2 多点控制线路	(37)
1.9 时间控制线路的设计	(38)
1.9.1 时间继电器	(38)
1.9.2 通电型时间继电器控制线路	(40)

1.9.3 断电型时间继电器控制线路·····	(40)
1.10 行程控制线路的设计·····	(40)
1.10.1 行程开关·····	(41)
1.11 JYB-714 型液位继电器的使用·····	(43)
1.11.1 JYB-714 型液位继电器简介·····	(43)
1.11.2 JYB-714 型液位继电器教学演示实验·····	(43)
内容小结·····	(45)
思考题与习题 1·····	(45)
第 2 章 电动机基本控制线路 ·····	(47)
2.1 认识电气控制常用的保护环节·····	(47)
2.2 三相异步电动机降压启动控制线路设计·····	(49)
2.2.1 定子串电阻降压启动控制线路·····	(49)
2.2.2 星形-三角形降压启动控制线路·····	(51)
2.2.3 自耦变压器降压启动控制线路·····	(53)
2.3 三相笼型异步电动机制动控制线路的设计·····	(54)
2.3.1 速度继电器·····	(54)
2.3.2 反接制动控制线路·····	(55)
2.3.3 能耗制动控制线路·····	(57)
2.4 三相交流异步电动机调速控制线路设计·····	(58)
2.4.1 变极调速控制线路·····	(58)
2.4.2 变频调速控制线路·····	(61)
2.5 常用电动机控制线路的分析·····	(62)
2.5.1 电动机单方向运行带点动的控制电路原理图·····	(62)
2.5.2 电动机可逆运行控制电路·····	(63)
2.5.3 鼠笼式三相异步电动机 Y- Δ 降压手动控制电路·····	(65)
2.5.4 电动机多条件启动控制电路(“逻辑与”电路)·····	(68)
内容小结·····	(69)
思考题与习题 2·····	(70)
第二篇 可编程控制器(PLC)应用技术 ·····	(71)
第 3 章 可编程控制器概述 ·····	(71)
3.1 了解可编程控制器的产生与发展·····	(71)
3.1.1 可编程控制器的产生·····	(71)
3.1.2 可编程控制器的发展·····	(72)
3.2 了解 PLC 的分类及特点·····	(73)
3.2.1 可编程控制器的分类·····	(73)
3.2.2 可编程控制器的主要特点·····	(75)
3.2.3 可编程控制器的应用场合·····	(76)

3.2.4	可编程控制器的性能指标	(77)
3.3	了解 PLC 的基本结构	(78)
3.3.1	整体式 PLC 的结构	(78)
3.3.2	模块式 PLC 的结构	(78)
3.3.3	CPU(中央处理器)	(79)
3.3.4	存储器	(79)
3.3.5	输入/输出模块(I/O 接口电路)	(80)
3.3.6	电源单元	(80)
3.4	学习可编程控制器的资源与编程语言	(81)
3.4.1	可编程控制器的硬件资源	(81)
3.4.2	可编程控制器的编程语言	(82)
3.5	认识可编程控制器的工作原理	(86)
3.5.1	可编程控制器的工作过程	(86)
3.5.2	可编程控制器的输入/输出过程	(89)
	内容小结	(90)
	思考题与习题 3	(90)
第 4 章	三菱 FX2N 系列 PLC 及其指令应用	(92)
4.1	学习三菱 FX 系列 PLC	(92)
4.1.1	FX 系列 PLC 的特点	(92)
4.1.2	FX 系列 PLC 型号名称的含义	(92)
4.1.3	FX 系列 PLC 的编程元件	(93)
4.2	FX2N 系列 PLC 基本指令的使用	(94)
4.2.1	输入继电器(X)和输出继电器(Y)	(94)
4.2.2	认识 GX Developer 编程软件	(95)
4.2.3	逻辑取及输出线圈(LD、LDI、OUT)指令	(97)
4.2.4	可编程控制器结束指令(END)	(97)
4.3	FX2N 系列 PLC 与、或指令的使用	(98)
4.3.1	触点串联(AND、ANI)指令	(99)
4.3.2	触点并联(OR、ORI)指令	(99)
4.4	FX2N 系列 PLC 的 M 元件与电路块串、并联指令的使用	(103)
4.4.1	可编程控制器的 M 元件与 M 元件的应用	(103)
4.4.2	电路串联块(ANB)指令	(105)
4.4.3	电路并联块(ORB)指令	(106)
4.4.4	多重输出(MPS/MRD/MPP)指令	(108)
4.5	FX2N 系列 PLC 的 T 元件的应用	(110)
4.5.1	可编程控制器的 T 元件与定时器的应用程序	(110)
4.6	FX2N 系列 PLC 的 C 元件的应用	(115)
4.6.1	可编程控制 C 元件与计数器的应用程序	(116)

4.7	FX2N 系列 PLC 的置位、复位、脉冲输出指令的应用	(123)
4.7.1	可编程控制器置位/复位(SET、RST)指令	(124)
4.7.2	脉冲输出(PLS,PLF)指令	(125)
4.7.3	可编程控制器空操作指令(NOP)	(128)
4.7.4	边沿信号的检测举例	(129)
4.8	FX2N 系列 PLC 部分应用指令的使用	(130)
4.8.1	应用指令的表示形式及含义	(130)
4.8.2	应用指令的含义	(131)
4.8.3	应用指令的分类与操作数说明	(132)
4.8.4	程序流向控制指令	(137)
4.8.5	比较与传送指令	(147)
4.8.6	算术运算与字逻辑运算指令	(152)
	内容小结	(160)
	思考题与习题 4	(160)
第 5 章	OMRON(欧姆龙)CPM1A 系列 PLC 的应用	(162)
5.1	CPM1A 系列 PLC 的学习	(162)
5.1.1	CPM1A 型 PLC 概述	(162)
5.1.2	CPM1A 系列 PLC 的硬件配置	(162)
5.1.3	CPM1A 小型机的主要性能指标	(166)
5.1.4	CPM1A 系列 PLC 的编程元件	(168)
5.2	CPM1A 系列 PLC 指令系统的应用	(172)
5.2.1	基本指令	(172)
5.2.2	功能指令	(183)
	内容小结	(195)
	思考题与习题 5	(195)
第 6 章	可编程控制器的应用系统设计	(196)
6.1	PLC 控制系统设计的基本原则与内容	(196)
6.1.1	PLC 控制系统设计的基本原则	(196)
6.1.2	PLC 控制系统设计与调试的步骤	(197)
6.2	如何选择 PLC	(199)
6.2.1	PLC 机型的选择	(199)
6.2.2	PLC 容量的选择	(201)
6.3	如何减少 I/O 点数的使用	(204)
6.3.1	减少输入点数的措施	(204)
6.3.2	减少输出点数的措施	(206)
6.4	如何提高 PLC 控制系统的可靠性	(207)
6.4.1	适合的工作环境	(207)

6.4.2	合理的安装与布线	(207)
6.4.3	正确的接地	(208)
6.4.4	必须的安全保护环节	(209)
6.5	如何维护和诊断 PLC 控制系统	(210)
6.5.1	PLC 控制系统的维护	(210)
6.5.2	PLC 的故障诊断	(210)
	内容小结	(211)
	思考题与习题 6	(212)
第 7 章	PLC 应用系统的项目设计实例	(213)
7.1	综合项目一 机床工作台的 PLC 控制	(213)
7.2	综合项目二 交通信号灯的 PLC 控制	(216)
7.3	综合项目三 深孔钻的 PLC 控制	(218)
7.4	综合项目四 两台电动机的 PLC 控制	(220)
7.5	综合项目五 机械手的 PLC 控制	(221)
	内容小结	(227)
	思考题与习题 7	(227)
参考文献	(228)

第一篇 电气控制技术

第 1 章 常用低压电器及控制线路

电器分为高压电器和低压电器。低压电器一般是指在交流 50 Hz、额定电压 1200 V、直流额定电压 1500 V 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及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和质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线路。

1.1 低压电器的基本知识

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

1.1.1 低压电器的分类

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。电器有多种分类方法:按工作电压的等级可分为高压电器和低压电器;按动作原理可分为手动电器(依靠外力直接操作类进行切换的电器,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;按执行机理分为有触点电器和无触点电器。

通常按用途分为以下几类。

(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、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,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

(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,电器和机械寿命要长。

(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或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 电器的作用

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。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。它的工作过程是将一些电量信号或非电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。

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、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、电网或其它非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、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气电路工作情况。

(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。以实现功能切换,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,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表

序号	类别	主要品种	主要用途
1	断路器	框架式断路器	主要用于电路的过负载、短路、欠电压、漏电保护,也可用于不需要频繁接通和断开的电路
		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	

续表 1-1

序号	类别	主要品种	主要用途
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	
		热继电器	
		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,也用于电路的过载保护
		螺旋式熔断器	
		有填料封闭管式熔断器	
		无填料封闭管式熔断器	
		快速熔断器	
		自复式熔断器	
5	主令电器	控制按钮	主要用于发布控制命令,改变控制系统的工作状态
		位置开关	
		万能转换开关	
		主令控制器	
6	刀开关	胶盖闸刀开关	主要用于不频繁地接通和分断电路
		封闭式负荷开关	
		熔断器式刀开关	
7	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切换
		换向开关	
8	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
9	启动器	电磁启动器	主要用于电动机的启动
		星/三角启动器	
		自耦减压启动器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场合
		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，它感测外界的信号作出有规律的反应。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，如触点是根据指令进行电路的接通或切断的。

1.2 绘制电气控制线路

电气控制线路图是工程技术的通用语言，为了便于交流与沟通，在电气控制线路中，各种电器元件的图形、文字符号必须符合国家的标准。为了便于掌握引进技术和先进设备，便于国际交流和满足国际市场的需要，国家标准局参照国际电工委员会(IEC)公布的有关文件，制定了我国电气设备有关国家标准，采用新的图形和文字符号及回路标号，颁布了 GB/T4728—2000《电气图常用图形符号》、GB6988—86《电气制图》和 GB7159—87《电气技术中的文字符号制定通则》。表 1-2 列出了常用电气图形、文字符号表，以供参考。

表 1-2 常用电气图形、文字符号表

名 称		图形符号	文字符号	名 称		图形符号	文字符号
三极电源开关			QS	速度继电器	常开触头		KV
低压断路器			QF		常闭触头		
位置开关	常开触头		SQ	时间继电器	线圈		KT
	常闭触头				常开延时闭合触头		
	复合触头				常闭延时打开触头		