

高职高专机电一体化专业教材

- 突出高职教学特点
- 实现教材体例创新
- 注重学生能力培养
- 融理论与实践于一体

电气控制与PLC应用

Electrical Control and PLC Application

陶亦亦 主编 吴倩 陆春元 副主编



清华大学出版社

电气控制与 PLC 应用

陶亦亦 主 编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以工程实际项目为基础,在任务分析、解决过程中引入相关理论知识,着眼于知识应用,使“理论”与“实践”融为一体,互相渗透。

本书共分3篇,包含12个项目,12个实训,每个项目又由多个任务构成。第一篇为低压电气控制技术,通过典型机床项目分析,介绍了低压电器、电路分析方法、基本控制电路及典型电路的分析。第二篇为可编程控制器技术,通过典型项目以及任务的分析,介绍了PLC的基本组成、结构、工作原理、基本指令、步进顺控指令和常用功能指令在控制任务中的应用和实现。第三篇为电气控制与PLC技术实训项目,是对前两篇所学知识的综合应用。

本书融理论与实践于一体,集技术应用能力、工程设计能力和创新能力培养于一体,可作为高职高专院校电子类、电气类、机电类等相关专业“电气控制与PLC应用”的教材及类似课程的教材,也可供电气工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC应用/陶亦亦 主编;吴倩 陆春元 副主编. —北京:清华大学出版社,2010.10

ISBN 978-7-302-23650-4

I. 电… II. ①陶… ②吴… ③陆… III. ①电气控制 ②可编程序控制器 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第160129号

责任编辑:刘金喜 鲍芳

封面设计:卢肖卓

版式设计:康博

责任校对:胡雁翎

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.25 字 数:491千字

版 次:2010年10月第1版 印 次:2010年10月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00元

产品编号:034677-01

前 言

随着职业教育在我国不断深化,各高职高专院校在人才培养教学模式及课程建设与改革方面,越来越注重培养学生的职业能力,关心学生的就业岗位。这就需要课程在保证知识体系相对完整性的同时,改变知识理解体系,在项目任务的认识、分析和完成过程中,掌握知识与技术的应用。

本书在编写过程中,结合专业及课程的建设与改革要求,打破以往教材编写思路,立足应用型人才的培养目标,做了以下工作和努力。

(1) 突出高职教学特点。突破了专科教材为本科教材“压缩饼干”的做法,以技术应用为主线,突显了高职高专的特点,注重对知识的应用和实践能力的培养。注意结合工控领域的实际项目,精心设计教学内容。

(2) 实现教材体例创新。本书在体例上,超越传统教材模式,进行新的尝试,以项目为基础开展对整个章节内容的设计,设计思路基本如下:①提出项目教学目标;②提出与本项目内容相关的实际任务;③以任务为基础分析控制要求;④介绍解决任务所需的知识点;⑤在知识点介绍的基础上提出解决方案;⑥根据解决方案,画出电气控制原理图或梯形图并写出程序。

(3) 注重学生自我能力培养。为进一步强化、巩固学生的知识,每个任务后面都列出了主要知识点,每个项目后面都提供了基本知识习题和与项目任务相关的习题;同时还给出了知识拓展部分,以新知识或前沿知识的补充、重点难点、训练任务等为主,给学生以课外学习点津,让学生自己去查找相关知识,培养学生自我学习、主动学习的能力,以适应终身学习和可持续发展能力的培养要求。

(4) 体现理实一体化教学法。打破了理论课、实验课和实训课的界限,将课程的理论教学、实践教学、解决生产实际问题融于一体。在教材使用上,以完成某个项目为教学目标,师生双方互动,理论和实践交互,理中有实,实中有理。突出学生动手能力和专业技能的培养,利于充分调动和激发学生的学习兴趣,实现教、学、练的紧密结合。

本书作者均是从事电气控制技术及 PLC 应用技术的教学与科研的一线教师,在该课程的教学改革、实验室建设方面积累了一定的经验。本书是在作者多年教学实践基础上编写而成的。参加本书编写的主要有陶亦亦、吴倩、陆春元、金芬等。其中陶亦亦编写了项目九、项目十、项目十一、项目十二;吴倩编写了项目三、项目六、项目七、项目八;陆春元编写了项目一、项目二;金芬编写了项目四、项目五;杨培生、钟鸣整理编写了相关实训项目;陈洁、张健、邹甲军等提供了编写素材。全书由陶亦亦统稿、定稿,并任主编,吴倩、陆春元任副主编。

本书由南京工程学院郁汉琪教授主审，并提出了有益的建议和意见。此外，在本书的编写过程中，还得到了苏州市职业大学教务处、机电工程系领导的大力支持，得到了江苏大学戈晓岚教授等的帮助，在此一并表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中存在疏漏及不足之处在所难免，恳请广大师生、读者批评指正，提出宝贵意见。

作 者

2010年7月

目 录

第一篇 低压电气控制技术

项目一 低压电器元件的使用及电气系统图的表达	3
任务一 低压电器元件识别与使用	3
一、刀开关	4
二、熔断器	6
三、低压断路器	9
四、接触器	12
五、电磁式继电器	15
六、时间继电器	19
七、热继电器	22
八、速度继电器	26
九、按钮	27
十、行程开关	29
任务二 CA6140 普通车床电气系统图的表达	32
一、CA6140 车床的控制要求	32
二、电气控制系统的实现	32
任务三 CA6140 普通车床电气原理图阅读分析	37
一、查线读图法分析 CA6140 电气原理图	37
二、逻辑代数法分析 CA6140 电气原理图	40
习题及思考题	42
实训一 常用开关电器的拆装	43
实训二 交流接触器的拆装	44
项目二 电气控制线路识图分析	47
任务一 C650 普通卧式车床电气控制线路分析	47
一、C650 普通卧式车床控制要求	47
二、C650 车床主电路分析	48
三、电气正反转与制动控制环节	50
四、C650 车床控制电路分析	55
任务二 C650 车床主轴电动机降压启动控制改造	60

一、电动机降压启动控制环节	60
二、C650 车床降压启动控制改造	65
任务三 T68 卧式镗床电气控制线路分析	68
一、T68 卧式镗床控制要求	68
二、T68 卧式镗床主电路分析	69
三、三相异步电动机的调速控制环节	72
四、T68 卧式镗床控制电路分析	77
习题及思考题	78
实训三 电动机的正转、反转及点动控制	79
实训四 三相异步电动机的 Y- Δ 降压启动控制	81

第二篇 可编程控制器技术

项目三 认识可编程控制器和掌握 PLC 基本控制电路	85
任务一 PLC 控制实现电动机单向运转	85
一、用继电器接触器完成控制任务	85
二、用可编程控制器完成控制任务	86
三、PLC 的等效电路图	87
任务二 PLC 控制实现多地点控制异步电动机启/停	88
一、实现多地点控制异步电动机启/停的 PLC 控制方案及程序	88
二、可编程控制器的使用	89
任务三 PLC 控制实现电机正反转	97
一、电机正反转 PLC 控制的实现及工作过程	97
二、PLC 的工作方式	98
三、扫描周期及 PLC 的两种工作状态	99
四、输入输出滞后时间	100
任务四 全自动洗衣机的 PLC 控制	101
一、全自动洗衣机 PLC 控制系统的设计	101
二、PLC 控制系统设计的一般步骤	104
三、PLC 控制系统设计的基本原则	105
四、PLC 控制系统设计的基本内容	105
习题及思考题	106
项目四 电动机基本控制电路的 PLC 控制实现	107
任务一 PLC 实现三相异步电动机单向连续带点动控制	107
一、三相异步电动机单向连续带点动的控制要求	107
二、PLC 程序实现单向连续带点动控制	108

任务二 PLC 实现三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	118
一、三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制要求	118
二、PLC 程序实现 Y- Δ 降压启动控制	118
任务三 PLC 实现绕线式异步电动机正反转启动控制	123
一、线式异步电动机正反转启动电路控制要求	123
二、PLC 程序实现绕线式异步电动机正反转启动控制	124
任务四 PLC 实现 C650 普通卧式车床控制	131
一、分配输入/输出信号	131
二、选择 PLC	132
三、绘制 PLC 的外部接线图	132
四、PLC 的程序设计	133
五、梯形图的设计要点与处理方法	135
习题及思考题	138
实训五 FX _{2N} 系列 PLC 的硬件及其连接	140
项目五 运动与时间控制任务的 PLC 控制实现	145
任务一 物料传送装置的 PLC 控制实现	145
一、物料传送装置控制要求	145
二、输入输出点分配及外部接线图	146
三、物料传送装置控制程序设计分析及控制梯形图设计	147
四、用编程软件进行物料传送装置 PLC 程序调试	148
五、物料传送装置控制程序的编写、运行与调试	151
任务二 3 台电动机循环启停运转的 PLC 控制实现	160
一、3 台电动机循环启停运转控制要求	160
二、输入输出点分配及外部接线图	161
三、控制程序设计分析及控制梯形图设计	161
任务三 交通信号灯 PLC 控制实现	164
一、交通信号灯控制要求	164
二、输入输出点分配及外部接线图	164
三、控制程序设计分析及控制梯形图设计	165
习题及思考题	168
实训六 FX _{2N} 系列可编程控制器的编程软件的使用	170
实训七 电动机 Y/ Δ 启动的 PLC 控制	172
项目六 双面钻孔组合机床的 PLC 控制实现	175
任务一 双面钻孔组合机床左机钻孔的 PLC 控制实现	175
一、双面钻孔组合机床控制要求	175
二、状态编程思想	177

三、双面钻孔组合机床左机钻孔顺序动作 PLC 控制	179
任务二 多流程步进顺控的 PLC 控制实现	183
一、双面钻孔组合机床的 PLC 控制实现	183
二、传送带将大、小球分类选择传送的 PLC 控制实现	189
任务三 实用顺控程序设计	192
一、送料小车运动的 PLC 控制(单流程的顺序控制)	192
二、液体混合的 PLC 控制(单流程的顺序控制)	194
三、电动机正反转能耗制动的 PLC 控制(选择性流程的顺序控制)	196
四、自动交通灯的 PLC 控制(并行性流程的顺序控制)	197
习题及思考题	200
实训八 分支及汇合指令训练	203
项目七 数控加工中心刀具库选择的 PLC 控制实现	209
任务一 数控加工中心刀具库选择控制分析	209
一、控制要求	209
二、数控加工中心刀具库选择 I/O 点分配表及外部接线图	210
三、数控加工中心刀具库选择程序设计分析	211
四、功能指令的使用要素、含义及分类	211
任务二 数控加工中心刀具库选择的 PLC 控制实现	216
一、数控加工中心刀具选择的 PLC 控制梯形图的设计	216
二、数控加工中心刀具选择的 PLC 控制程序中相关指令说明	217
习题及思考题	223
实训九 数据传送指令训练	224
实训十 加工中心刀库捷径方向选择控制	225
项目八 实用功能指令应用程序设计与实现	231
任务一 简易定时报时器的实现	231
一、控制要求	231
二、I/O 分配	231
三、程序设计	231
四、程序中相关指令说明	232
任务二 四则运算式的实现	233
一、控制要求	233
二、I/O 分配	233
三、程序设计	233
四、程序中相关指令说明	233
任务三 彩灯控制的实现	236
一、控制要求	236

二、I/O 分配	236
三、程序设计	236
四、程序中相关指令说明	236
任务四 指示灯的测试电路的实现	238
一、控制要求	238
二、I/O 分配	238
三、程序设计	238
四、程序中相关指令说明	239
任务五 流水灯光控制的实现	240
一、控制要求	240
二、I/O 分配	240
三、程序设计	240
四、程序中相关指令说明	241
任务六 步进电机控制的实现	242
一、控制要求	242
二、I/O 分配	242
三、程序设计	242
四、程序中相关指令说明	243
任务七 橡胶机械的顺序控制的实现	244
一、控制要求	244
二、I/O 分配	245
三、程序设计	246
四、程序中相关指令说明	246
任务八 用解码指令实现单按钮控制 5 台电动机的启停	247
一、控制要求	247
二、I/O 分配	247
三、程序设计	247
四、程序中相关指令说明	248
习题及思考题	251
实训十一 数据传送指令训练	252
实训十二 舞台艺术灯饰的 PLC 控制	253
项目九 工件传送机械手的 PLC 控制实现	257
任务一 工件传送机械手的控制分析	257
一、控制要求	257
二、工件传送机械手输入输出点分配表及外部接线图	258
任务二 工件传送机械手的 PLC 控制实现	259

一、工件传送机械手控制程序设计分析及控制梯形图设计	259
二、工件传送机械手的其他 PLC 程序设计方案	262
三、手动和自动两种控制方式切换的实现	263
四、控制程序结构化的实现	266
习题及思考题	272

第三篇 电气控制与 PLC 实训项目

项目十 电气控制系统的设计	275
任务一 电气控制系统设计原则概述	275
一、电气控制系统设计的一般原则	275
二、电气控制系统设计的基本任务、内容	275
三、电气控制系统设计的一般步骤	276
任务二 电气控制原理电路设计	278
一、电气控制原理电路的基本设计方法	278
二、电气原理图设计的基本步骤	279
三、原理图设计中的一般要求	279
项目十一 PLC 控制系统的设计	283
任务一 PLC 的编程方法	283
一、编程要求	283
二、编程方法	284
任务二 PLC 控制系统设计	284
一、PLC 控制系统设计的基本原则	284
二、选用 PLC 控制系统的依据	285
三、PLC 控制系统设计的一般步骤	285
四、系统设计的主要任务	286
项目十二 电气控制技术与 PLC 应用实训项目	291
任务一 项目设计目的与要求	291
一、设计目的	291
二、设计步骤和内容	291
三、要求学生完成的工作任务	292
四、对项目设计的其他要求及说明	292
任务二 项目设计任务选编	293
一、锅炉车间输煤机组控制系统设计	293
二、十字路口带倒计时显示交通信号灯的 PLC 控制	295
三、狭窄隧道汽车双向行的 PLC 控制	296

四、自动售货机 PLC 控制	296
五、病床紧急呼叫系统 PLC 控制	297
六、PLC 在组合机床控制中的应用	299
七、停车场车位 PLC 控制	302
八、6 组抢答器控制	302
九、工件传送机械手的 PLC 控制	303
十、智能吸尘器的 PLC 控制	304
十一、四层简易电梯的 PLC 控制	306
附录一 FX _{2N} 可编程控制器技术指标	309
附录二 FX _{2N} 系列 PLC 的型号名称体系及其种类	313
附录三 FX _{2N} 可编程控制器特殊元件编号及名称检索	317
附录四 FX _{2N} 指令顺序排列及其索引	319
参考文献	325

第一篇

低压电气控制技术

本篇内容

- 低压电器元件的使用及电气系统图的表达
- 电气控制线路识图分析

项目一 低压电器元件的使用 及电气系统图的表达

【学习目标】

通过本项目的学习，了解常用低压电器元件的功能、分类和工作原理，学会低压电器元件的选型；了解电气系统图的类型，掌握电气控制原理图绘制并能够阅读、分析电气控制原理图；了解电气控制技术的概念、分类和发展概况。

电气控制技术在工业生产、科学研究以及其他各个领域的应用十分广泛，已经成为实现生产过程自动化的重要技术手段之一。尽管电气控制设备种类繁多、功能各异，但其控制原理、基本线路、设计基础都是类似的。下面以电动机或其他执行电器为控制对象，学习电气控制中常用低压电器元件的使用、电气控制系统的表达和分析方法。

任务一 低压电器元件识别与使用

电器是一种能根据外界信号(机械力、电动力和其他物理量)和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。

低压电器元件通常是指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通、断、保护、控制或调节作用的各种电器元件。常用的低压电器元件主要有刀开关、熔断器、断路器、接触器、继电器、按钮、行程开关等，学习识别与使用这些电器元件是掌握电气控制技术的基础。低压电器元件的分类如表 1-1 所示。

表 1-1 低压电器元件的分类

分类方式	类型	说明
按用途控制对象分类	低压配电电器	主要用于低压配电系统中，实现电能的输送、分配及保护电路和用电设备的作用。包括刀开关、组合开关、熔断器和自动开关等
	低压控制电器	主要用于电气控制系统中，实现发布指令、控制系统状态及执行动作等作用。包括接触器、继电器、主令电器和电磁离合器等

(续表)

分类方式	类型	说明
按工作原理分类	电磁式电器	根据电磁感应原理来动作的电器。如交流、直流接触器, 各种电磁式继电器, 电磁铁等
	非电量控制电器	依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器。如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等
按动作方式分类	自动电器	自动电器指依靠电器本身参数变化(如电、磁、光等)而自动完成动作切换或状态变化的电器。如接触器、继电器等
	手动电器	手动电器指依靠人工直接完成动作切换的电器。如按钮、刀开关等

一、刀开关

1. 认识刀开关的结构和用途

刀开关又称闸刀开关, 是一种手动配电电器。刀开关主要作为隔离电源开关使用, 用在不频繁接通和分断电路的场合, 图 1-1 所示为胶底瓷盖刀开关。图 1-2 所示为胶底瓷盖刀开关结构图。此种刀开关由操作手柄、熔丝、触刀、触刀座和瓷底座等部分组成, 带有短路保护功能。

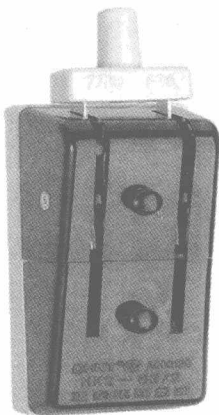
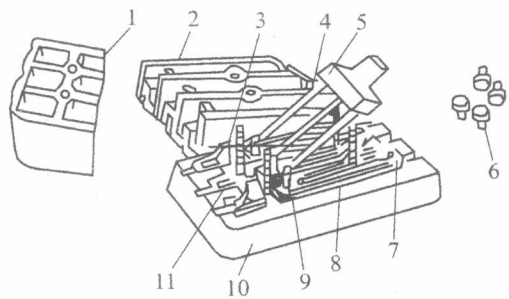


图 1-1 胶底瓷盖刀开关



1-上胶盖; 2-下胶盖; 3-插座; 4-触刀; 5-瓷柄;
6-胶盖紧固螺钉; 7-出线座; 8-熔丝; 9-触刀座;
10-瓷底座; 11-进线座

图 1-2 胶底瓷盖刀开关结构图

刀开关在安装时, 手柄要向上, 不得倒装或平装, 避免由于重力自动下落, 引起误动合闸。接线时, 应将电源线接在上端, 负载线接在下端, 这样断开后, 刀开关的触刀与电源隔离, 既便于更换熔丝, 又可防止可能发生的意外事故。

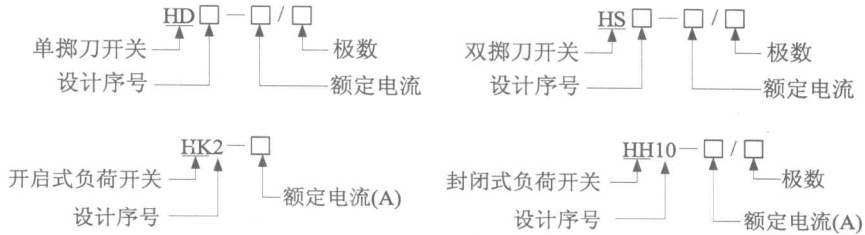
2. 掌握刀开关的表示方式

刀开关的主要类型有: 带灭弧装置的大容量刀开关, 带熔断器的开启式负荷开关(胶盖

开关),带灭弧装置和熔断器的封闭式负荷开关(铁壳开关)等。常用的产品有:HD11~HD14和HS11~HS13系列刀开关, HK1、HK2系列胶盖开关, HH3、HH4系列铁壳开关。

刀开关按刀数的不同分有单极、双极、三极等几种。

1) 型号。刀开关的型号标志组成及其含义如下:



2) 电气符号。刀开关的图形符号及文字符号如图 1-3 所示。

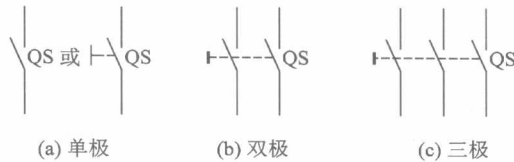


图 1-3 刀开关图形、文字符号

3. 了解刀开关的主要技术参数

刀开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、通断能力、动稳定电流、热稳定电流等。

1) 通断能力是指在规定条件下,能在额定电压下接通和分断的电流值。

2) 动稳定电流是指电路发生短路故障时,刀开关并不因短路电流产生的电动力作用而发生变形、损坏或触刀自动弹出之类的现象,这一短路电流(峰值)即称为刀开关的动稳定电流。

3) 热稳定电流是指电路发生短路故障时,刀开关在一定时间内(通常为 1s)通过某一短路电流,并不会因温度急剧升高而发生熔焊现象,这一最大短路电流称为刀开关的热稳定电流。

表 1-2 列出了 HK1 系列胶盖开关的技术参数。近年来中国研制的新产品有 HD18、HD17、HS17 等系列刀形隔离开关, HG1 系列熔断器式隔离开关等。

表 1-2 HK1 系列胶盖开关的技术参数

额定 电流 值/A	极 数	额定 电压 值/V	可控制电动机最 大容量值/kW		触刀极限 分断能力 ($\cos\phi=0.6$)/A	熔丝极 限分断 能力/A	配用熔丝规格			
			220V	380V			熔丝成分/%			熔丝直径 /mm
							铅	锡	锑	
15	2	220	—	—	30	500	98	1	1	1.45~1.59
30	2	220	—	—	60	1000				2.30~2.52
60	2	220	—	—	90	1500	98	1	1	3.36~4.00
15	2	380	1.5	2.2	30	500				1.45~1.59
30	2	380	3.0	4.0	60	1000				2.30~2.52
60	2	380	4.4	5.5	90	1500				3.36~4.00