



21 世纪高职高专规划教材

# 工厂电气与可编程序控制器应用技术

李雪梅 主编

袁 勇 刘 峰 副主编

王金旺 主审

中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了常用低压电器、电气控制基本原理、典型设备电气控制电路分析、PLC 及其工作原理、FX<sub>2N</sub> 系列可编程序控制器、S7-200 系列可编程序控制器、可编程序控制器的编程技巧及程序设计、可编程序控制器应用系统设计和可编程序控制器的通信与通信网络等。主要可概括为工厂电气控制与可编程序控制器控制应用技术两部分内容。工厂电气控制突出其控制原理和逻辑控制思路, 加强工厂实际电路的分析; PLC 应用技术以典型机型三菱的 FX<sub>2N</sub> 和西门子 S7-200 系列为主线, 突出了 PLC 的程序设计和应用技术应用实践。

本书既可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、机械制造及其自动化、机电一体化等相关专业的本、专科教材, 也可供相关工程技术人员参考、阅读。

本书配有有用 PowerPoint 制作的电子教案, 教师可以根据情况任意修改, 如有需要, 可从中国水利水电出版社网站 (<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>) 下载。

### 图书在版编目(CIP)数据

工厂电气与可编程序控制器应用技术 / 李雪梅主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

(21 世纪高职高专规划教材)

ISBN 7-5084-3902-3

I. 工… II. 李… III. ①工厂—电气控制装置—高等学校: 技术学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM921.5 ②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 075326 号

书 名	工厂电气与可编程序控制器应用技术
作 者	李雪梅 主编 袁 勇 刘 峰 副主编 王金旺 主审
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水) <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a>
经 售	电话: (010) 63202266 (总机) 68331835 (营销中心) 82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 18 印张 404 千字
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

本书是根据目前高等学校已普遍将原先的“工厂电气控制设备(技术)”和“可编程序控制器”两门课程合并为“工厂电气与 PLC 控制应用技术”一门课程的实际情况,并充分考虑到电气控制技术的实际应用和发展情况而编写的。因为将电气控制技术和可编程控制器应用技术的内容编写在一起,能够更好地体现出它们之间的内在联系。

本书在内容编写上注意循序渐进、由浅入深;在内容阐述上,力求简明扼要,图文并茂,便于教学和自学。本书注重精选内容,结合实际,突出应用。如保留了传统电器及继电器接触控制内容,删除了应用范围越来越有局限性的内容,大幅度增加了应用越来越广泛的电子电器等知识。可编程序控制器部分以目前在市场上具有广泛影响的主流机型三菱 FX<sub>2N</sub> 系列、西门子 S7-200 为例,将用户程序设计时约束条件相对较少的三菱 FX<sub>2N</sub> 机型作为主修内容,在此基础上,用相对较少篇幅介绍西门子 S7-200。对于这两种不同类型的 PLC,本书既强调其一般共性,也注重其各自特点,在内容编排上互有侧重,相互联系,对于拓宽学生思维,学习不同类型的 PLC 的原理及应用起到举一反三作用。

全书编者都是长期从事可编程序控制器的教学和应用工作,注重基础性、实用性和先进性三者结合。全书共分 10 章,在工厂电气这部分中,主要介绍了常用低压电器及电子电器的结构、原理、用途及选用原则、继电器接触式控制系统和电气控制的基本环节与线路设计的一般原则与方法。本书可编程序控制器部分主要讲述可编程序控制器的组成、原理、硬件结构、内部软元件、指令系统和编程举例、功能指令及应用、编程器及编程软件的使用、PLC 控制系统的设计方法、编程技巧和应用实例等。由于编程系统的实践性强,因此本书也用了较多篇幅安排 PLC 系统设计、接线和调试实验,旨在加强学生工程实践应用能力的培养。本书建议总学时数为 60~90 学时,在教学时,可根据具体安排选学相关内容。

本书由李雪梅任主编,袁勇和刘峰任副主编,同时刘俊刚、秦向勇、都妍美参加了编写工作。其中,刘峰、都妍美编写了第 1、2 章,袁勇编写了第 8 章和第 5 章部分内容,秦向勇编写了第 3、5 章部分内容,刘俊刚编写了第 4 章和第 6 章部分内容,李雪梅编写了前言、绪论及第 3、4、5、6、7、9 章、实训单元和附录部分,并对编写思路与大纲进行了总体规划,指导全书的编写,最后统稿全书。

王金旺老师、金龙国老师为本书提出了许多建设性意见和宝贵的建议,在此表示诚挚的谢意,并对书中所参考和引用的相关教材与资料的作者和单位一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正!

编 者

2006 年 4 月

# 目 录

前言	
绪论	1
一、电气控制技术的发展概况	1
二、本课程的性质与任务	2
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
1.2 接触器	4
1.2.1 接触器结构和工作原理	4
1.2.2 接触器的型号及主要技术参数	6
1.3 继电器	8
1.3.1 电磁式继电器	8
1.3.2 热继电器	9
1.3.3 时间继电器	10
1.3.4 速度继电器	12
1.3.5 干簧继电器	12
1.3.6 固态继电器	14
1.4 熔断器	15
1.4.1 熔断器的分类	15
1.4.2 熔断器主要性能参数及型号含义	15
1.4.3 熔断器熔体额定电流的选择	16
1.5 低压隔离开关	17
1.5.1 刀开关	17
1.5.2 自动空气开关	18
1.6 主令电器	19
1.6.1 按钮	19
1.6.2 行程开关	20
1.6.3 转换开关	21
本章小结	22
复习思考题	22

<b>第 2 章 电气控制线路的基本环节</b> .....	<b>24</b>
2.1 电气控制系统图及绘制原则 .....	24
2.1.1 电气图常用的图形符号、文字符号和接线端子标记 .....	24
2.1.2 电气控制图绘制原则 .....	25
2.2 并励直流电动机的基本控制电路 .....	28
2.2.1 启动控制电路 .....	28
2.2.2 正反转控制电路 .....	29
2.2.3 能耗制动控制电路 .....	30
2.2.4 调速控制电路 .....	31
2.3 三相笼型异步电动机的控制电路 .....	33
2.3.1 三相异步电动机的基本控制电路 .....	33
2.3.2 三相异步电动机降压启动控制电路 .....	40
2.3.3 异步电动机的制动控制电路 .....	46
2.4 典型设备电气控制电路分析 .....	49
2.4.1 C650-2 型普通车床电气控制线路 .....	49
2.4.2 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路 .....	52
本章小结 .....	54
复习思考题 .....	55
<b>第 3 章 可编程序控制器及其工作原理</b> .....	<b>57</b>
3.1 可编程控制器的基本概念 .....	57
3.1.1 可编程控制器的特点及应用 .....	57
3.1.2 可编程序控制器的产生与发展 .....	59
3.1.3 可编程控制器的分类 .....	60
3.2 可编程控制器的硬件组成及各部分功能 .....	62
3.2.1 中央处理器 (CPU) .....	62
3.2.2 存储器 .....	63
3.2.3 输入/输出接口 .....	63
3.2.4 电源单元 .....	65
3.2.5 外部设备 .....	65
3.3 可编程序控制器的软件组成及编程语言 .....	66
3.3.1 可编程控制器的软件分类 .....	66
3.3.2 PLC 的编程语言 .....	66
3.4 可编程控制器的工作原理 .....	68
3.4.1 分时处理及扫描工作方式 .....	69
3.4.2 输入输出滞后时间 .....	71
3.4.3 PLC 的中断处理 .....	72
3.4.4 可编程控制器系统与继电器接触器系统工作原理的差别 .....	73

3.5	可编程序控制器的主要性能指标	73
3.5.1	描述 PLC 性能的术语	73
3.5.2	PLC 的主要性能指标	74
	本章小结	74
	复习思考题	75
<b>第 4 章</b>	<b>FX 系列 PLC 编程元件及指令系统</b>	<b>76</b>
4.1	FX 系列 PLC 系统结构	76
4.1.1	系统构成	76
4.1.2	FX 系列 PLC 的技术指标	79
4.2	FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的软元件地址编号和功能概述	81
4.2.1	PLC 软元件地址编号	81
4.2.2	PLC 软元件及其功能	81
4.3	FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的指令及应用	88
	基本逻辑指令及应用	88
4.4	梯形图的编程规则	96
4.5	FX <sub>2N</sub> 系列步进梯形指令及状态编程法	99
4.5.1	顺序功能图的组成	99
4.5.2	步进梯形指令	100
4.5.3	状态转移图	101
4.5.4	状态转移图 (SFC) 的建立及其特点	101
4.5.5	多流程步进顺序控制简介	104
4.6	FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的功能指令及编程	107
4.6.1	功能指令的基本格式	107
4.6.2	FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 常用功能指令	109
	本章小结	117
	复习思考题	118
<b>第 5 章</b>	<b>S7-200 系列可编程控制器</b>	<b>121</b>
5.1	S7-200 系列可编程序控制器结构及主要性能指标	121
5.1.1	S7-200 (CPU22X) 系列 PLC 的结构特点	121
5.1.2	S7-200 (CPU22X) 系列 PLC 的主要性能指标	123
5.1.3	S7-200 系列 PLC 数据类型及寻址方式	123
5.2	基本逻辑指令	129
5.2.1	基本位操作指令	129
5.2.2	立即指令 I (Immediate)	131
5.2.3	边沿脉冲指令 EU (Edge Up)、ED (Edge Down)	133
5.2.4	栈操作指令 LPS (Logic Push)、LRD (Logic Read)、LPP (Logic Pop)	133
5.2.5	取反和空操作指令	134

5.2.6	定时器工作原理及其使用 .....	135
5.2.7	计数器工作原理及其使用 .....	137
5.3	S7-200 系列功能指令 .....	139
5.4	程序控制类指令 .....	141
5.4.1	跳转及标号指令 .....	141
5.4.2	循环指令 FOR 和 NEXT .....	142
5.4.3	子程序指令 .....	144
5.4.4	暂停、结束和看门狗复位指令指令 .....	145
	本章小结 .....	146
	复习思考题 .....	146
<b>第 6 章</b>	<b>编程器的使用与计算机辅助编程 .....</b>	<b>149</b>
6.1	三菱 FX 系列 PLC 编程器及其应用 .....	149
6.1.1	FX-20P-E 的操作面板 .....	149
6.1.2	FX-20P-E 型简易编程器的使用 .....	151
6.2	三菱 PLC 的编程软件及其使用 .....	156
6.2.1	软件的启动 .....	156
6.2.2	菜单介绍 .....	157
6.2.3	FXGP/WIN-C 软件编程的应用实例 .....	162
6.3	STEP 7-Micro/WIN32 编程软件的使用 .....	164
6.3.1	软件安装与硬件连接 .....	164
6.3.2	编程软件的功能及其主界面 .....	166
6.3.3	编程及运行操作 .....	169
	本章小结 .....	175
<b>第 7 章</b>	<b>PLC 指令编程方法及编程技巧 .....</b>	<b>176</b>
7.1	常用基本环节的编程 .....	176
7.1.1	三相异步电动机单向运转控制 .....	176
7.1.2	三相异步电动机可逆运转控制 .....	177
7.1.3	两台电机延时启动的基本环节 .....	178
7.1.4	定时器、计数器应用程序 .....	178
7.1.5	常闭触点输入信号的处理 .....	180
7.2	梯形图的经验设计法 .....	180
7.2.1	运货小车的工作过程控制 .....	181
7.2.2	用 PLC 实现对通风机的监视 .....	182
7.2.3	五组抢答器控制设计 .....	183
7.3	梯形图的翻译设计法 .....	185
7.4	梯形图的时序设计法 .....	188
7.4.1	洗衣机电路设计 .....	188



7.4.2	简易交通灯电路设计 .....	189
7.4.3	三台电机的循环启停运转控制 .....	190
7.5	梯形图的顺序控制设计法 .....	190
7.5.1	S7-200 系列 PLC 顺控制继电器指令 .....	191
7.5.2	举例说明 .....	191
7.5.3	十字路口交通信号灯控制设计 .....	193
	本章小结 .....	200
	复习思考题 .....	200
<b>第 8 章</b>	<b>PLC 控制系统的设计与应用 .....</b>	<b>202</b>
8.1	PLC 应用系统设计 .....	202
8.1.1	PLC 应用系统设计的内容和原则 .....	202
8.1.2	PLC 系统设计调试步骤 .....	202
8.2	减少 PLC 输入和输出点数的方法 .....	204
8.2.1	减少 PLC 输入点数的方法 .....	204
8.2.2	减少 PLC 输出点数的方法 .....	206
8.3	PLC 控制系统应用实例 .....	207
8.3.1	PLC 在控制驱动进给装置中的应用 .....	207
8.3.2	可编程控制器在电镀生产线上的应用 .....	211
8.3.3	PLC 在 Z3040 摇臂钻床控制中的应用 .....	215
8.4	PLC 应用中的若干问题 .....	220
8.4.1	PLC 的工作环境 .....	220
8.4.2	对电源的处理 .....	220
8.4.3	对感性负载输入/输出的处理 .....	222
8.4.4	安装与布线的注意事项 .....	222
8.4.5	PLC 的接地 .....	223
8.4.6	冗余系统与热备用系统 .....	223
8.4.7	输入输出端口的保护 .....	224
8.4.8	PLC 用于继电器-接触器控制系统改造中对若干技术问题的处理 .....	225
	本章小结 .....	225
	复习思考题 .....	226
<b>第 9 章</b>	<b>PLC 的网络通信 .....</b>	<b>228</b>
9.1	PLC 网络通信概述 .....	228
9.1.1	网络通信的基本概念 .....	228
9.1.2	网络配置 .....	229
9.2	S7-200 系列 PLC 与计算机设备的通信 .....	230
9.2.1	S7-200 系列 CPU 的通信性能 .....	230
9.2.2	个人计算机与 S7-200CPU 之间的联网通信 .....	234

9.3	S7-200 系列 PLC 自由口通信 .....	234
9.3.1	相关的特殊功能寄存器 .....	234
9.3.2	自由口通信指令 .....	236
9.3.3	自由口通信的应用举例 .....	238
9.4	网络通信运行 .....	240
9.4.1	控制寄存器和传送数据表 .....	240
9.4.2	网络运行指令 .....	241
9.4.3	网络读写举例 .....	242
	本章小结 .....	244
	复习思考题 .....	244
<b>第 10 章</b>	<b>实训环节 .....</b>	<b>245</b>
10.1	三相异步电动机点动、单向启停控制实验实训 .....	245
10.1.1	实验目的 .....	245
10.1.2	实验设备及电器元件 .....	245
10.1.3	实验线路 .....	245
10.1.4	实验步骤 .....	245
10.1.5	思考题 .....	246
10.2	三相异步电动机可逆运转控制实训 .....	246
10.2.1	实验目的 .....	246
10.2.2	实验线路 .....	246
10.2.3	实验设备及电器元件 .....	246
10.2.4	实验步骤 .....	247
10.2.5	思考题 .....	247
10.3	基本逻辑指令的编程实训 .....	247
10.3.1	实训目的与要求 .....	247
10.3.2	实训内容及指导 .....	248
10.4	FX-20P-E 编程器的使用实训 .....	251
10.4.1	实验目的 .....	251
10.4.2	实验内容 .....	251
10.4.3	实验报告 .....	253
10.5	编程软件及其使用实训 .....	253
10.5.1	实训目的 .....	253
10.5.2	实训内容及指导 .....	253
10.6	状态转移图 (SFC) 编程训练实训 .....	255
10.6.1	实训目的 .....	255
10.6.2	实训内容及指导 .....	255
10.6.3	实验步骤 .....	255

10.6.4	思考题 .....	256
10.7	数据传送类指令的应用实训 .....	257
10.7.1	实验目的 .....	257
10.7.2	实训内容及指导 .....	257
10.7.3	思考题 .....	259
10.8	喷水池花式喷水控制实训 .....	259
10.8.1	控制要求 .....	259
10.8.2	系统配置 .....	259
10.8.3	程序设计 .....	260
10.8.4	程序调试及运行 .....	261
10.8.5	思考题 .....	261
10.9	三相异步电动机的正反停控制实验实训 .....	261
10.9.1	实验目的 .....	261
10.9.2	控制要求 .....	261
10.9.3	实训内容及指导 .....	261
10.9.4	思考题 .....	263
10.10	抢答器实验实训 .....	263
10.10.1	实验目的 .....	263
10.10.2	实验内容 .....	263
10.10.3	实验步骤 .....	264
10.10.4	实验报告 .....	264
10.11	人行道按钮控制交通灯程序设计实验实训 .....	264
10.11.1	实验目的 .....	264
10.11.2	实验内容 .....	265
10.11.3	实验步骤 .....	266
10.11.4	实验报告 .....	266
附录	.....	267
附录 A	低压电器产品型号编制方法 .....	267
附录 B	电气图常用图形及文字符号一览表 .....	270
附录 C	FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 应用指令一览表 .....	271
附录 D	S7-200PLC 应用指令一览表 .....	273
附录 E	S7-200 系列 PLC 寻址范围及特殊标志存储器 .....	275
参考文献	.....	277

# 绪 论

## 一、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、生产工艺不断提出新的要求而得到迅速发展的。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，从有触头的硬接线继电器控制系统发展到以计算机为中心的软件控制系统。现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果。

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，而最初出现的继电接触式控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成，这种控制具有使用的单一性，即一台控制装置是针对某一固定程序的设备而设计，当生产要求有所变化进而要求程序有所更改时，就需重新配线。并且这种输入方式也只有通和断两种状态，控制只能是断续的，不能反映连续信号的变化，故又称为断续控制系统。由于采用固定接线方式，继电接触器控制系统存在灵活性差、触头易损坏、可靠性差、难以适应频繁操作的缺点。但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。

20 世纪 60 年代初期，为了解决上述这个问题，研制出了一种能够根据生产需要，方便地改变控制程序的顺序控制器来代替继电接触器控制系统，它是通过组合逻辑元件的插接式编程来实现继电接触器控制线路的控制装置，能满足程序经常改变的控制要求，这使控制系统具有较大的灵活性和通用性。但由于仍采用硬件手段实现，使得装置体积大，功能也受到一定限制，均未能获得广泛应用。

1968 年美国最大的汽车制造厂商——通用汽车（GM）公司，为适应汽车型号不断更新，提出了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、价格便宜等优势结合起来，做成一种能适应工业环境的通用控制装置的设想，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用软件手段来实现各种控制功能、以微处理器为核心的新型工业控制器——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，由最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制，具有数字运算、数据处理和联网通信等功能。现在可编程序控制器已成为一种标准化通用设备广泛应用于电气自动化控制中。

数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952 年美国研制成第一台三维坐标数控铣床，它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就，成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床，它标志着机械制造

技术进入了一个新阶段。随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控装置(CNC)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心机床(MC),工件在一次装夹中可以完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

自20世纪70年代以来,电气控制相继出现了直接数字控制(DDC)系统、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、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、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统等多项高技术,形成了从产品设计与制造和生产管理的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推进到更高的水平。

虽然可编程序控制器的功能极为强大,既可实现开关量(数字量)的控制,也能实现连续量(模拟量)的控制,但它最初是为了在数字量控制中取代继电器接触器控制系统而产生的,设计思想源自继电器和接触器,两者有许多相同和相似之处。因此,熟悉继电器接触器控制技术后,就很容易接受可编程序控制器的编程语言,为进一步学习可编程序控制器奠定基础。

另一方面,许多控制要求不太复杂的场合仍在使用继电器接触器。如电动机拖动中,主电路的通断仍由接触器来完成。另外,机床、电力设备和工业配电设备仍以继电器接触器等为主。继电器接触控制与PLC控制各有特点,并不因为PLC的高性能而完全取代继电器接触器等传统器件。可以预见,在今后相当长时间内,PLC与继电器接触器等传统器件仍将会是电气自动控制装置的主要元器件。

科技以人为本,电气控制技术的发展应建立在人身和设备的安全之上,离开了可靠的安全,任何新技术的应用都将没有效益可言。随着我国加入WTO,安全问题更应该引起广大科技工作者的足够重视。

综上所述,电气控制技术的发展始终是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进的。电气控制技术的进步反过来又促进了社会生产力的进一步提高;随着电气控制技术、微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术的高速发展,21世纪电气控制技术必将给人类带来更加美好的明天。

## 二、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电气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、长寿命发展,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。

课程的目标是培养实际应用的能力,具体要求是:

- (1) 熟悉常用低压电器的结构原理、用途和型号,具有合理选择、使用的能力。
- (2) 熟练掌握继电器接触器控制线路的基本环节,具有阅读和初步分析电气控制线路的工

作原理的能力。

- (3) 了解电气控制电路分析的方法和步骤，熟悉典型生产设备的电气控制电路。
- (4) 熟悉可编程序控制器的基本工作原理及应用发展概况。
- (5) 熟练掌握 PLC 的基本指令系统和典型电路的编程，掌握可编程序控制器的程序设计方法。并能够根据一般工艺过程和控制要求进行系统设计和编写应用程序。
- (6) 了解可编程控制器的网络和通信原理。
- (7) 初步具有设计和改进一般安全机械设备电气控制线路的基本能力。

# 第 1 章 常用低压电器

## 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，实现对电路或电现象的转换、控制、保护和调节用的电器设备。

### 1.1.2 常用低压电器分类

电器的用途广泛，种类繁多，功能多样，通常按工作电压、动作方式和作用等进行分类。

#### 1. 按工作电压分类

(1) 低压电器。工作电压在交流 1000V 或直流 1200V 以下的电器。生产机械大多用低压电器。

(2) 高压电器。工作电压在交流 1000V 或直流 1200V 以上的电器。

#### 2. 按动作方式分类

(1) 自动电器。按照信号或某个物理量的高低而自动动作的电器。如接触器、继电器等。

(2) 非自动电器。通过人力操作而动作的电器。如开关、按钮等。

#### 3. 按作用分类

(1) 执行电器。用来完成某种动作或传送功率。如电磁铁、变压器等。

(2) 控制电器。用来控制电路的通断。如开关、接触器等。

(3) 主令电器。发出控制指令以控制其他电器的动作。如按钮、行程开关等。

(4) 保护电器。用来保护电源、电路及用电设备，使它不致在短路、过载状态下运行，免遭损坏。如熔断器、热继电器等。

## 1.2 接触器

### 1.2.1 接触器结构和工作原理

#### 1. 电磁系统

接触器是利用电磁吸力的原理工作的，主要由电磁机构和触头系统组成。电磁机构通常包括吸引线圈、铁心和衔铁三部分。

交流电磁铁的线圈一般采用电压线圈（直接并联在电源电压上的具有较高阻抗的线圈）通单相交流电，为减少交变磁场在铁心中产生的涡流与磁滞损耗，防止铁心过热，其铁心一般用硅钢片迭铆而成。因交流接触器励磁线圈电阻较小（主要感抗限制线圈电流），故铜损引

起的发热不多，为了增加铁心的散热面积，线圈一般做成短而粗的圆筒型。

通常采用短路环来解决交流电磁铁的振动问题。短路环的示意图如图 1-1 所示，其中 1 为短路环，2 为铁心。短路环起到磁通分相的作用，把极面上的交变磁通分成两个交变磁通，并且使这两个磁通之间产生相位差，那么它们所产生的吸力间也有一个相位差。这样，两部分吸力就不会同时达到零值，当然合成后的吸力就不会有零值的时刻，如果使合成后的吸力在任一时刻都大于弹簧拉力，就消除了振动。

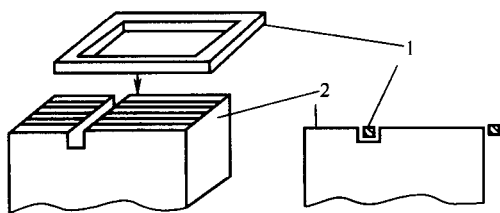


图 1-1 短路环

1—短路环；2—铁心

## 2. 接触器的灭弧系统

常用的灭弧方法有拉长电弧、冷却电弧和将电弧分段。

对于电弧较弱的接触器，只采用灭弧罩即可。电弧较强的接触器，常采用灭弧栅熄弧。图 1-2 是灭弧栅的机构图。图中 1 是灭弧室，2 和 5 分别为动、静触点，3 为金属栅片，4 为电弧。灭弧栅是数片钢片制成的栅状装置，当触点断开发生电弧时，电弧进入栅片内，被分割为数段，迅速熄灭。

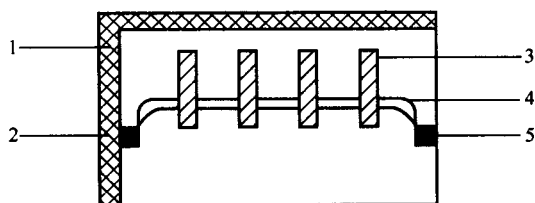


图 1-2 灭弧栅

1—灭弧室；2~5—动静触点；3—金属栅片；4—电弧

## 3. 交流电磁铁的吸力特性

电磁机构的吸力与气隙大小成反比，气隙越大，电磁吸力越小。在电压已定的情况下，电流不仅决定于线圈的电阻，更主要的是决定于线圈的电抗，且后者随气隙的大小而变化。气隙越大，磁路磁阻越大，电抗越小，电流越大。所以，吸力  $F$ 、励磁电流  $I$  与气隙  $S$  之间的关系曲线见图 1-3。

从图中可以看出，交流接触器启动时吸引线圈通过的电流，远远超过吸合后的工作电流，频繁吸合将使线圈过热，因此限制了它的最大操作频率（次/h）。可靠性也不如直流接触器，因为衔铁一旦卡住不能吸合时，线圈易烧坏。使用时要特别注意励磁线圈的额定电压，如把额定电压为 220V 的线圈接到 380V 电源上，线圈将烧毁；反之，衔铁不动作，线圈也可能因



过热而烧毁。一般线圈在电压为  $(85\% \sim 105\%) U_e$  时能保证可靠工作。此外,不允许交流线圈误接到直流电源上,否则将因为线圈电阻小而通过大电流导致线圈烧坏。

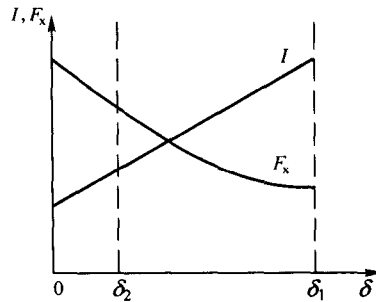


图 1-3 交流电磁铁的吸力特性

#### 4. 接触器的工作原理

接触器是利用电磁吸力的原理工作的,主要由电磁机构和触头系统组成。电磁机构通常包括吸引线圈、铁心和衔铁三部分。图 1-4 为接触器的结构示意图。

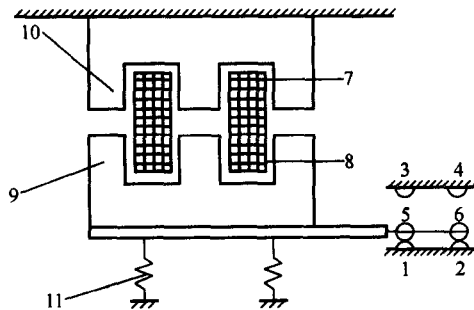


图 1-4 接触器结构示意图

1、2—常闭触点；3、4—常开触点；7、8—线圈；9—衔铁；10—铁心；11—反力弹簧

#### 1.2.2 接触器的型号及主要技术参数

目前我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2、CJ12 和 CJ10 等列,引进产品应用较多的有德国 BBC 公司制造技术生产的 B 系列,德国 SIEMNS 公司的 3TB 系列、法国 TE 公司的 LC1 系列等;常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22、和 CZ10、CZ2 等系列,CZ18 系列是取代 CZ0 系列的新产品。

##### 1. 型号含义

交流接触器型号的含义

