



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

电气控制 与 PLC

(第2版)

Electrical Control & PLC (2nd Edition)

以应用为目的，构建知识体系

理论简明扼要，内容通俗易懂

典型案例引领，突出技能培养



◎ 阮友德 邓松 主编

◎ 张迎辉 主审

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS


精品系列



工业和信息化部高职高专
“十二五”规划教材立项项目

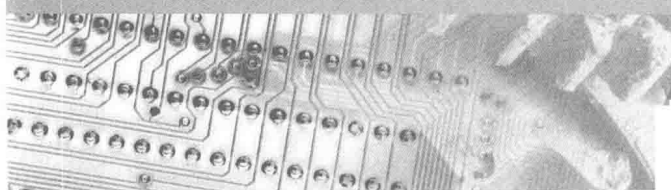
高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

电气控制 与 PLC

(第2版)

Electrical Control & PLC (2nd Edition)



◎ 阮友德 邓松 主编

◎ 张迎辉 主审

人民邮电出版社

北京



精品系列

图书在版编目 (C I P) 数据

电气控制与PLC / 阮友德, 邓松主编. -- 2版. --
北京: 人民邮电出版社, 2015. 12
高等职业院校机电类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-115-39987-8

I. ①电… II. ①阮… ②邓… 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.
①TM571. 2②TM571. 6

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第165632号

内 容 提 要

本书是一本理论与实训一体化的教材, 集理论知识、技术应用、工程设计和创新思维于一体, 理论与实训两条主线贯穿全书。本书分3篇共9章, 包含了33个实训项目, 第一篇为电气控制系统及其应用, 内容涵盖了常用低压电器、电气控制的基本电路以及控制系统的分析、设计与检修; 第二篇为PLC技术及其应用, 内容涵盖了三菱PLC的编程软件、组成与原理、基本逻辑指令、步进顺控指令、功能指令及其应用; 第三篇为PLC变频器综合应用, 内容涵盖了三菱变频器的工作原理、基本操作及其与PLC的综合应用。

本书改版后继续遵循“以能力培养为核心, 以技能训练为主线, 以理论知识为支撑, 理论与实训融为一体”的编写理念, 理论以“管用、适用、够用”为原则, 是按照“基于工作过程的教学模式”编写的, 充分体现了教材的科学性、先进性、实用性和可选择性。

本书既可作为高职高专院校机电类相关专业的理论与实训教材, 也可作为技能培训教材, 还可供相关工程技术人员参考。

◆ 主 编 阮友德 邓 松

主 审 张迎辉

责任编辑 刘盛平

责任印制 张佳莹 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21

2015年12月第2版

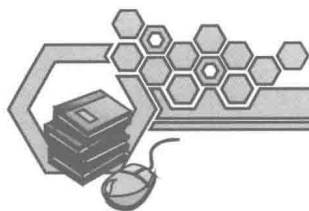
字数: 534千字

2015年12月北京第1次印刷

定价: 45.00元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



本书立足高职高专教育培养目标,遵循社会发展对技术技能人才的需求,突出技术应用,加强实践能力的培养,为实现高职高专的人才培养目标起到了很好的推动作用。本书第1版出版后已重印10次,受到广大院校和读者的好评,经过这几年的教学实践和教学反馈,老师们对第1版教材的“以能力培养为核心,以技能训练为主线,以理论知识为支撑,理论与实训融为一体”的编写理念,“管用、适用、够用”的选材原则,以及实训课的“三级指导”等特点给予了充分肯定。一致认为这是一本体现高职特色、理实一体化的好教材,同时也提出了一些改进意见。为适应各职业院校学科体制整合后精品课的建设,使本书的特点更明显、内容更新颖、项目更实用、使用更方便,现决定对第1版进行修订。

改版后的本书完全保留了第1版的特色与知识框架,在对原书知识结构进行梳理的同时,加强了基本逻辑指令、步进顺控指令的应用;升级了相应的硬件,增加了FX_{2N}的升级机型FX_{3U}、自动生产线控制等内容;同时也删除了少数技术过时的内容,纠正了个别符号、图形、表格等不规范的地方。在编写过程中,编者尽量使该教材在保留原书特色的基础上,体现以下新特点。

① 理论与实训两条主线贯穿全书。理论知识按章节编排,实训项目按知识点穿插其中。若以实训为主线,则理论内容可以作为预习或资讯材料来阅读,采用项目引领、任务驱动、学做结合的理论实践一体化和工作过程系统化的教学方法进行教学;若以理论知识为主线,则可通过加强实训项目的训练来巩固理论知识,即传统的教学方式。

② 按照“模块化、组合型、进阶式”的原则编排教材内容。全书分3篇共9章,篇与篇之间既可以独立,又可以与其他篇进行组合和进阶;每篇的内容也可以进行组合和进阶,这样可以方便教师根据专业的需要调整教学内容和教学课时,适应不同层次教学或读者的需求。

③ 本书内容全面,强调技术应用。例如,电气控制部分详细介绍了18个基本电路和3种机床电路,电动机正反转控制使用了6种方法进行程序设计,几乎使用了PLC的所有基本逻辑指令,使读者的编程思路茅塞顿开。

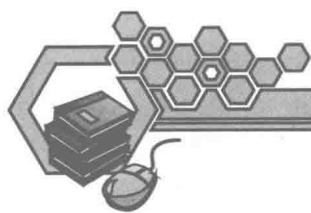
此外,本书在内容阐述上力求简明扼要、层次清楚、图文并茂、通俗易懂;在结构编排上遵循循序渐进、由浅入深;在实训项目的安排上突出技术应用,强调实用性、可操作性和可选择性。

本书由阮友德、唐佳、熊伟棠、邓松、李金强、林丹、肖清雄、易国民、杨保安、邵庆龙、杨水昌、易国民编写。全书由阮友德、邓松任主编,张迎辉主审,阮友德统稿。在编写过程中,得到了历届“教育部高职高专PLC、变频器综合应用技术师资培训班”成员、三菱电机自动化公司驻深圳办事处及深圳普泰科技公司的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之外,敬请读者批评指正。

编 者

2015年9月



目 录

第一篇 电气控制系统及其应用

第 1 章 常用低压电器	3	1.8.3 固态继电器	27
1.1 低压电器常识	3	1.8.4 光电继电器	28
1.1.1 分类	3	1.8.5 电动机保护器	29
1.1.2 型号表示法	4	1.8.6 信号继电器	29
1.1.3 主要技术数据	6	1.8.7 其他电器	30
1.1.4 选择注意事项	7	1.9 电动机	32
1.2 电磁机构及触点系统	7	1.9.1 三相异步电动机	32
1.2.1 电磁机构	7	1.9.2 单相电动机	36
1.2.2 触点系统	9	1.9.3 直流电机	37
1.2.3 电弧的产生与熄灭	10	思考题	39
1.3 接触器	10	第 2 章 电气控制的基本电路	40
1.3.1 结构	11	2.1 电气图	40
1.3.2 工作原理	11	2.1.1 图形符号和文字符号	40
1.3.3 常用接触器	12	2.1.2 电路图	41
1.3.4 接触器的选用	13	2.1.3 元件布置图	43
1.4 继电器	13	2.1.4 接线图	43
1.4.1 热继电器	14	2.2 电动机直接启动控制电路	44
1.4.2 时间继电器	15	2.2.1 电动机的点动控制	44
1.4.3 电磁式继电器	16	2.2.2 电动机的单向连续运行	
1.5 熔断器	18	控制	45
1.6 开关电器	19	2.2.3 电动机单向点动与连续运行	
1.6.1 刀开关	19	控制	45
1.6.2 低压断路器	20	实训 1 电动机的启保停控制	47
1.6.3 漏电保护开关	22	2.3 电动机制动控制电路	49
1.7 主令电器	24	2.3.1 反接制动	49
1.7.1 按钮开关	24	2.3.2 能耗制动	50
1.7.2 转换开关	25	实训 2 电动机的能耗制动控制	51
1.7.3 位置开关	25	2.4 电动机降压启动控制电路	53
1.8 其他新型电器	26	2.4.1 Y/ Δ 降压启动	53
1.8.1 接近开关	26	2.4.2 定子绕组串电阻降压	
1.8.2 温度继电器	27	启动	54



2.4.3 定子绕组串自耦变压器降压 启动	55	3.1.1 查线读图法	71
2.4.4 转子绕组串电阻启动	56	3.1.2 逻辑代数法	72
2.4.5 转子绕组串频敏变阻器 启动	57	3.2 典型设备电气控制系统分析	73
实训 3 电动机的 Y/Δ 降压启动 控制	58	3.2.1 车床电气控制系统分析	74
2.5 电动机调速控制电路	60	3.2.2 钻床电气控制系统分析	76
2.5.1 双速电动机的控制	60	3.2.3 镗床电气控制系统分析	79
2.5.2 三速电动机的控制	62	实训 6 车床、钻床、镗床的线路 连接与操作	84
2.6 其他基本控制电路	63	3.3 电气控制系统设计	86
2.6.1 电动机的多地控制	63	3.3.1 设计的原则、程序和 内容	86
2.6.2 电动机的正反转控制	64	3.3.2 电气原理图设计	88
2.6.3 电动机的行程控制	64	3.3.3 电气工艺设计	91
2.6.4 电动机的顺序控制	66	3.3.4 设计实例	94
实训 4 电动机的正反转控制	67	3.4 电气控制系统检修	98
实训 5 电动机的自动顺序控制	69	3.4.1 检修工具	98
思考题	70	3.4.2 检修步骤	99
第 3 章 电气控制系统的分析、设计与 检修	71	3.4.3 检修方法	101
3.1 电气控制系统的分析方法	71	实训 7 车床、钻床、镗床的故障 检修	104
		思考题	108

第二篇 PLC 技术及其应用

第 4 章 PLC 及其编程软件	111	4.2.10 常数	127
4.1 PLC 的基本组成	111	4.3 GX Developer 编程软件	127
4.1.1 外部结构	112	4.3.1 编程软件的安装	127
4.1.2 内部硬件	114	4.3.2 程序的编制	128
4.1.3 内部结构	115	4.3.3 程序的写入、读出	131
4.1.4 软件	118	实训 8 GX Developer 编程软件的 基本操作	132
4.2 PLC 的软元件	119	4.3.4 程序的编辑	134
4.2.1 输入继电器	119	4.3.5 其他功能	134
4.2.2 输出继电器	120	实训 9 GX Developer 编程软件的 综合操作	136
4.2.3 辅助继电器	120	思考题	137
4.2.4 状态继电器	122	第 5 章 PLC 基本逻辑指令及其应用	138
4.2.5 定时器	122	5.1 基本逻辑指令	138
4.2.6 计数器	124	5.1.1 逻辑取及驱动线圈指令 LD/LDI/OUT	138
4.2.7 数据寄存器	125		
4.2.8 变址寄存器	126		
4.2.9 指针	127		



5.1.2 触点串、并联指令 AND/ANI/OR/ORI	139	5.4.2 程序设计的方法	171
实训 10 基本逻辑指令(1)	141	5.4.3 梯形图程序设计的技巧	176
5.1.3 电路块连接指令 ORB/ANB	143	实训 17 PLC 控制的电动机正反转 能耗制动	177
5.1.4 多重电路连接指令 MPS/MRD/MPP	144	实训 18 PLC 控制的电动机Y/Δ 启动	179
实训 11 基本逻辑指令(2)	145	实训 19 PLC 控制的三层简易 电梯	181
5.1.5 置位与复位指令 SET/RST	146	思考题	182
5.1.6 脉冲输出指令 PLS/PLF	147	第 6 章 PLC 步进顺控指令及其 应用	185
5.1.7 运算结果脉冲化指令 MEP/MEF	148	6.1 状态转移图	185
实训 12 基本逻辑指令(3)	149	6.1.1 流程图	185
5.1.8 脉冲式触点指令 LDP/LDF/ ANDP/ANDF/ORP/ORF	150	6.1.2 状态转移图	186
5.1.9 主控触点指令 MC/MCR	151	6.1.3 状态转移图的理解	188
5.1.10 逻辑运算结果取反指令 INV	152	6.2 步进顺控指令及其编程 方法	188
5.1.11 空操作和程序结束指令 NOP/END	153	6.2.1 步进顺控指令	188
实训 13 基本逻辑指令(4)	154	6.2.2 状态转移图的编程 方法	188
5.2 程序的执行过程	155	6.2.3 编程注意事项	189
5.2.1 循环扫描过程	155	6.3 单流程的程序设计	190
5.2.2 扫描周期	156	6.3.1 设计方法和步骤	190
5.2.3 程序的执行过程	157	6.3.2 程序设计实例	191
5.2.4 输入/输出滞后时间	159	实训 20 单流程程序设计	193
5.2.5 双线圈输出	159	6.4 选择性流程的程序设计	195
实训 14 程序执行过程实训	159	6.4.1 选择性流程及其编程	195
5.3 常用基本电路的程序设计	161	6.4.2 程序设计实例	197
5.3.1 启保停电路	161	实训 21 选择性流程程序设计	197
实训 15 启保停电路的应用	162	6.5 并行性流程的程序设计	199
5.3.2 定时电路	164	6.5.1 并行性流程及其编程	199
5.3.3 计数电路	166	6.5.2 程序设计实例	201
5.3.4 振荡电路	166	实训 22 并行性流程的程序设计	202
实训 16 振荡电路的应用	168	6.6 复杂流程及跳转流程的程序 设计	206
5.4 PLC 程序设计	169	6.6.1 复杂流程的程序编制	206
5.4.1 梯形图的基本规则	170	6.6.2 跳转流程的程序编制	209
		6.7 用辅助继电器实现顺序控制的 程序设计	209



6.7.1	用辅助继电器实现顺序控制 的设计思想	209
6.7.2	使用启保停电路的程序 设计	210
6.7.3	使用置位复位指令的程序 设计	213
实训 23	用辅助继电器实现顺序 控制	215
实训 24	3 轴旋转机械手上料的综合 控制	216
实训 25	工件物性识别运输线的 综合控制	219
实训 26	4 轴机械手入库的综合 控制	221
思考题		223

第 7 章	PLC 功能指令及其应用	225
7.1	功能指令概述及基本规则	225
7.1.1	功能指令的表达形式	225
7.1.2	数据长度和指令类型	226
7.1.3	操作数	227
7.2	常用功能指令简介	228
7.2.1	程序流程指令	228
7.2.2	传送与比较指令	229
7.2.3	算术与逻辑运算指令	232
7.2.4	循环与移位指令	235
7.2.5	数据处理指令	237
7.2.6	外部设备 I/O 指令	239
7.2.7	触点比较指令	242
实训 27	常用功能指令的应用	243
思考题		246

第三篇 PLC 变频器综合应用

第 8 章	通用变频器及其应用	249
8.1	三相交流异步电动机的 调速	249
8.1.1	交流调速原理	249
8.1.2	调速的基本方法	250
8.2	变频器的结构	252
8.2.1	外部结构	252
8.2.2	内部结构	253
8.3	变频器的工作原理	254
8.3.1	基本控制方式	254
8.3.2	逆变的基本原理	255
8.3.3	正弦脉宽调制	257
8.3.4	脉宽调制型变频器	258
8.4	变频器的 PU 操作	260
8.4.1	主接线	260
8.4.2	操作面板	260
8.4.3	变频器的基本参数	262
8.4.4	PU 单元的操作	263
实训 28	变频器的 PU 操作	267
8.5	变频器的 EXT 运行操作	269
8.5.1	外部端子	269

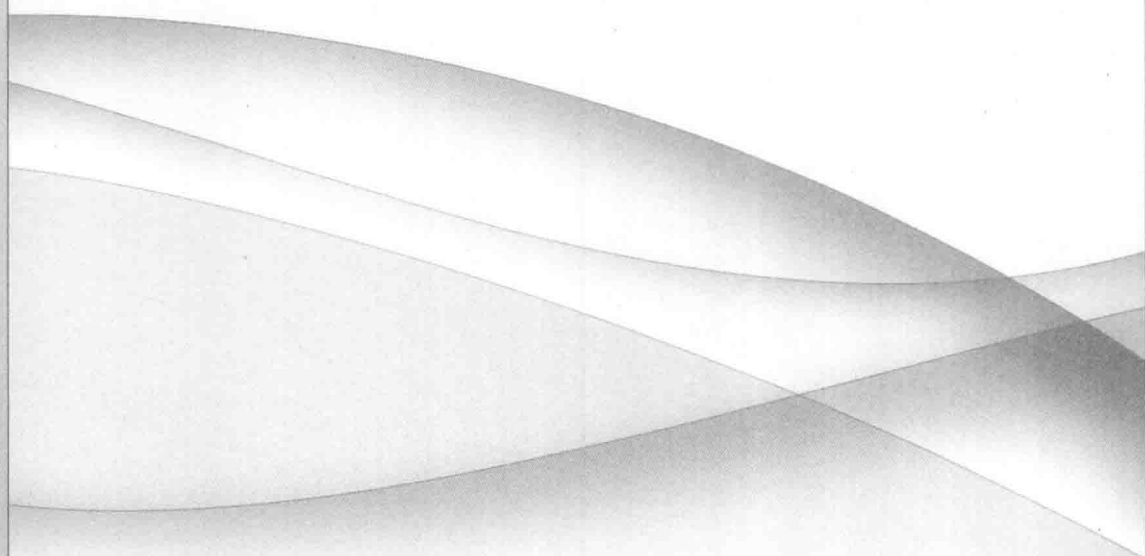
8.5.2	外部运行操作	273
实训 29	外部信号控制变频器的 运行	274
8.6	变频器的组合操作	275
8.6.1	组合运行方式	275
8.6.2	参数设置	275
实训 30	变频器的组合操作	276
8.7	变频器的多段调速及应用	278
8.7.1	变频器的多段调速	278
8.7.2	注意事项	278
实训 31	三相异步电动机多速 运行的综合控制	279
实训 32	PLC、变频器在恒压供水系 统中的应用	281
8.8	变频器的模拟量控制及 应用	284
8.8.1	相关端子及参数	284
8.8.2	FX _{ON} -3A 模块的使用	285
实训 33	PLC、模拟量模块及 变频器的综合应用	286
思考题		288



第9章 PLC 的相关知识	289	9.3.6 FX _{3U} 系列 PLC	293
9.1 PLC 的产生	289	9.3.7 一般技术指标	294
9.1.1 PLC 的由来	289	9.4 PLC 的特点	295
9.1.2 PLC 的定义	290	9.5 PLC 的应用领域及发展	
9.2 PLC 的分类	290	趋势	296
9.2.1 按输入/输出点数分	290	9.5.1 PLC 的应用领域	296
9.2.2 按结构形式分	291	9.5.2 PLC 的发展趋势	297
9.2.3 按生产厂家分	291	思考题	297
9.3 FX 系列 PLC 概述	291	附录 A 常用图形符号和文字符号	298
9.3.1 概况	291	附录 B FX 系列 PLC 的软元件	301
9.3.2 型号含义	292	附录 C FX 系列 PLC 功能指令一览表	303
9.3.3 FX _{1S} 系列 PLC	292	附录 D 变频器参数表	310
9.3.4 FX _{1N} 系列 PLC	293	附录 E 变频器出错(报警)定义	318
9.3.5 FX _{2N} 系列 PLC	293	参考文献	325

第一篇

电气控制系统 及其应用



第1章

常用低压电器

1.1 低压电器常识

电器对电能的生产、输送、分配和使用,起控制、调节、检测、转换及保护作用,是所有电工器械的简称。我国现行标准将工作在交流 50 Hz、额定电压 1 200 V 及以下和直流额定电压 1 500 V 及以下电路中的电器称为低压电器。低压电器种类繁多,它作为基本元器件已广泛用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输和国防工业等电力输电系统和电力拖动控制系统中。随着科学技术的不断发展,低压电器将会沿着体积小、质量轻、安全可靠、使用方便及性价比高的方向发展。

1.1.1 分类

低压电器的品种、规格很多,作用、构造及工作原理各不相同,因而有多种分类方法。

1. 按用途分

低压电器按它在电路中所处的地位和作用可分为控制电器和配电电器两大类:控制电器是指电动机完成生产机械要求的启动、调速、反转和停止所用的电器;配电电器是指正常或事故状态下接通或断开用电设备和供电电网所用的电器。

2. 按动作方式分

低压电器按它的动作方式可分为自动切换电器和非自动切换电器两大类:前者是依靠本身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作;后者主要是用手直接操作来进行切换。



3. 按有无触点分

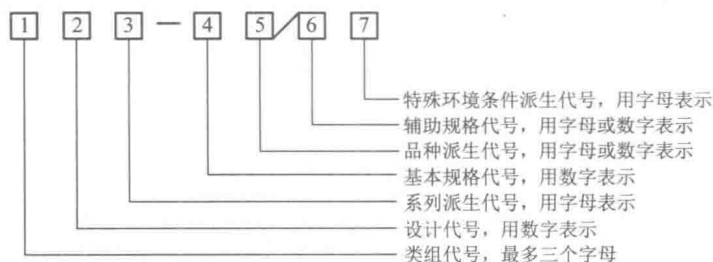
低压电器按它有无触点可分为有触点电器和无触点电器两大类：有触点电器有动触点和静触点之分，利用触点的合与分来实现电路的通与断；无触点电器没有触点，主要利用晶体管的导通与截止来实现电路的通与断。

4. 按工作原理分

低压电器按它的工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器两大类：电磁式电器由感受部分（即电磁机构）和执行部分（即触点系统）组成。它由电磁机构控制电器动作，即由感受部分接受外界输入信号，使执行部分动作，实现控制目的；非电量控制电器由非电磁力控制电器触点的动作。

1.1.2 型号表示法

国产常用低压电器的型号组成形式如下：



低压电器型号各部分必须使用规定的符号或数字表示，其含义如下。

类组代号：包括类别代号和组别代号，用汉语拼音字母表示，代表低压电器元件所属的类别以及在同一类电器中所属的组别。

设计代号：用数字表示，代表同类低压电器元件的不同设计序列。

系统派生代号：表示全系列产品的变化特征，用1~2个汉语拼音字母表示。

基本规格代号：用数字表示，代表同一系列产品中不同的规格品种。

品种派生代号：表示系列内个别品种的变化特征，用1~2个汉语拼音字母表示。

辅助规格代号：用字母或数字表示，代表同一系列、同一规格中的有某种区别的不同产品。

特殊环境条件派生代号：表示产品的环境适应特性，用汉语拼音字母表示。

低压电器型号中的类组代号与设计代号的组合代表产品的系列，一般称为电器的系列号。同一系列的电器元件的用途、工作原理和结构基本相同，而规格、容量则根据需要可以有多种。例如：JR16是热继电器的系列号，同属这一系列的热继电器的结构、工作原理都相同，但其热元件的额定电流从几安培到几百安培，有十几种规格。其中辅助规格代号为3D的热继电器，表示有三相热元件，装有差动式断相保护装置，因此能对三相异步电动机有过载和断相保护功能。低压电器类组代号及派生代号的含义见表1-1和表1-2。



表 1-1

低压电器产品型号类组代号

名称	刀开关和 转换开关	熔断器	自动 开关	控制器	接触器	启动器	控制 继电器	主令 电器	电阻器	变阻器	电压调 整器	电磁铁	其他
代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
A						按钮式		按钮					
B									板式 元件				触电保 护器
C		插入式			磁力式	电磁式			线状 元件	旋臂式			插销
D	刀开关							漏电	带型元 件		电压		灯具
E												阀用	
G				鼓形	高压				管型 元件				
H	封闭式负 荷开关	汇流 排式											接线盒
J					交流	减压		接近 开关					
K	开启式负 荷开关				真空			主令 控制 器					
L		螺旋式					电流			励磁			电铃
M		封闭式	灭弧		灭磁								
P				平面	中频		频率			频繁			
Q										启动		牵引	
R	熔断器式 刀开关						热						
S	转换 开关	快速	快速		时间	手动	时间	主令 开关	烧结 元件	石墨			
T		有填料 管式		凸轮	通用		通用	脚踏 开关	铸铁 元件	启动 调速			
U						油浸		旋钮		油浸 启动			
W			框架 式				温度	万能 转换 开关		液体 启动		启动	
X		限流	限流			星三角		行程 开关	电阻器	滑线式			
Y	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他		液压	
Z	组合开关	自复	塑料 外壳 式		直流	综合	中间					制动	



表 1-2

低压电器产品型号派生代号

派 生 字 母	含 义	派 生 字 母	含 义
A,B,C,D,...	结构设计稍有改进或变化	H	保护式, 带缓冲装置
C	插入式	M	密封式, 灭磁, 母线式
J	交流, 放溅式	Q	防尘式, 手车式
Z	直流, 自动复位, 防震, 重任务, 正向	L	电流的
W	无灭弧装置, 无极性	F	高返回, 带分励脱扣
N	可逆, 逆向	T	按(湿热带)临时措施制造(此项派生字母加注在全型号之后)
S	有锁住机构, 手动复位, 防水式, 三相, 3个电源, 双线圈	TH	湿热带型(此项派生字母加注在全型号之后)
P	电磁复位, 防滴式, 单相, 两个电源	TA	干热带型
K	开启式		

1.1.3 主要技术数据

为保证电器设备安全可靠工作, 国家对低压电器的设计、制造制定了严格的标准, 合格的电器产品必须具有国家标准规定的技术要求。我们在使用电器元件时, 必须按照产品说明书中规定的技术条件选用, 低压电器的技术指标主要有以下几项。

1. 额定电流

- ① 额定工作电流: 在规定条件下, 保证开关电器正常工作的电流值。
- ② 额定发热电流: 在规定条件下, 电器处于非封闭状态, 开关电器在 8 h 工作制下, 各部件温升不超过极限值时所能承载的最大电流值。
- ③ 额定封闭发热电流: 在规定条件下, 电器处于封闭状态, 在所规定的最小外壳内, 开关电器在 8 h 工作制下, 各部件的温升不超过极限值时所能承载的最大电流值。
- ④ 额定持续电流: 在规定的条件下, 开关电器在长期工作制下, 各部件的温升不超过规定极限值时所能承载的最大电流值。

2. 额定电压

- ① 额定工作电压: 在规定条件下, 保证电器正常工作的电压值。
- ② 额定绝缘电压: 在规定条件下, 用来度量电器及其部件的绝缘强度、电气间隙和漏电距离的标称电压值。除非另有规定, 一般为电器最大额定工作电压。
- ③ 额定脉冲耐受电压: 反映电器在其所在系统发生最大过电压时所能耐受的能力。额定绝缘电压和额定脉冲耐受电压共同决定绝缘水平。

3. 绝缘强度

指电器元件的触点处于分断状态时, 动静触点之间耐受的电压值(无击穿或闪络现象)。



4. 耐潮湿性能

指保证电器可靠工作的允许环境潮湿条件。

5. 极限允许温升

电器的导电部件通过电流时将引起发热和温升。极限允许温升指为防止过度氧化和烧熔而规定的最高温升值(温升值=测得实际温度-环境温度)。

6. 操作频率及通电持续率

开关电器每小时内可能实现的最高操作循环次数称为操作频率。通电持续率是电器工作于断续周期工作制时负载时间与工作周期之比,通常以百分数表示。

7. 机械寿命和电气寿命

机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数,称为机械寿命。在正常工作条件下,机械开关电器无需修理或更换零件的负载操作次数称为电气寿命。

对于有触点的电器,其触点在工作中除机械磨损外,尚有比机械磨损更为严重的电磨损。因而,电器的电气寿命一般小于其机械寿命。设计电器时,要求其电气寿命为机械寿命的20%~50%。

1.1.4 选择注意事项

低压电器品种规格较多,在选择时首先考虑安全原则,安全可靠是对任何电器的基本要求,保证电路和用电设备的可靠运行是正常生活与生产的前提。其次是经济性,即电器本身的经济价值和使用该电器产生的价值。另外,在选择低压电器时还应注意以下几点。

- ① 明确控制对象及其工作环境。
- ② 明确控制对象的额定电压、额定功率、操作特性、启动电流及工作方式等相关的技术数据。
- ③ 了解备选电器的正常工作条件,如环境温度、湿度、海拔高度、振动和防御有害气体等方面的能力。
- ④ 了解备选电器的主要技术性能,如额定电流、额定电压、通断能力和使用寿命等。

1.2 电磁机构及触点系统

低压电器一般都有两个基本部分,即感受部分和执行部分。感受部分感受外界信号,并做出反应。自控电器的感受部分大多由电磁机构组成;手动电器的感受部分通常为电器的操作手柄。执行部分根据控制指令,执行接通或断开电路的任务。下面简单介绍电磁式低压电器的电磁机构和触点系统。

1.2.1 电磁机构

电磁机构一般由线圈、铁芯及衔铁等几部分组成。按通过线圈的电流种类分有交流电磁机构



和直流电磁机构;按电磁机构的形状分有 E 形和 U 形两种;按衔铁的运动形式分有拍合式和直动式两大类,如图 1-1 所示。图 1-1 (a) 所示为衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯,铁芯材料为电工软铁,主要用于直流电器中;图 1-1 (b) 所示为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯,主要用于触点容量大的交流电器中;图 1-1 (c) 所示为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯,多用于中、小容量的交流电器中。

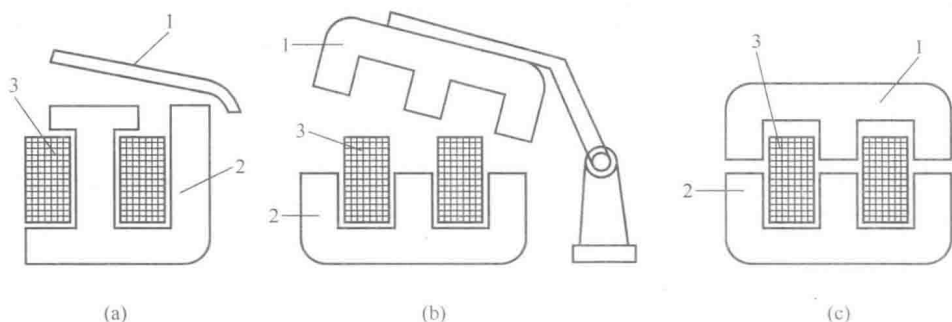


图 1-1 常用的电磁机构

1—衔铁; 2—铁芯; 3—线圈

1. 铁芯

交流电磁机构和直流电磁机构的铁芯(衔铁)有所不同,直流电磁机构的铁芯为整体结构,以增加磁导率和增强散热;交流电磁机构的铁芯采用硅钢片叠制而成,目的是减少铁芯中产生的涡流(涡流使铁芯发热)。此外,交流电磁机构的铁芯有短路环,以防止电流过零时电磁吸力不足使衔铁振动。

2. 线圈

线圈是电磁机构的心脏,按接入线圈电源种类的不同,可分为直流线圈和交流线圈。根据励磁的需要,线圈可分串联和并联两种,前者称为电流线圈,后者称为电压线圈。从结构上看,线圈可分为有骨架和无骨架两种。交流电磁机构多为有骨架结构,主要用来散发铁芯中的磁滞和涡流损耗产生的热量,直流电磁机构的线圈多为无骨架的。

① 电流线圈:通常串接在主电路中,如图 1-2 所示。电流线圈常采用扁铜条带或粗铜线绕制,匝数少,电阻小。衔铁动作与否取决于线圈中电流的大小,衔铁动作不改变线圈中的电流大小。

② 电压线圈:通常并联在电路中,如图 1-3 所示。电压线圈常采用细铜线绕制,匝数多,阻抗大,电流小,常用绝缘较好的电线绕制。

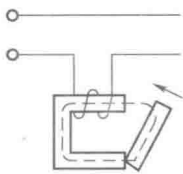


图 1-2 电流线圈

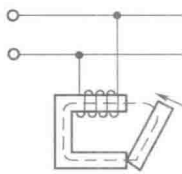


图 1-3 电压线圈

③ 交流电磁铁的线圈:线圈形状做成矮胖形(考虑到铁芯中有磁滞损耗和涡流损耗,为便于