



高职高专“十一五”规划教材

电气控制 与 PLC 控制技术

赵俊生 杨怀林 姚年春 编

PLC



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

电气控制与 PLC 控制技术

赵俊生 杨怀林 姚年春 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要包括常用低压电器、电动机典型控制电路、继电器控制系统应用实例、可编程控制器概述、PLC的基本结构及工作原理、PLC机的指令系统及编程方法、PLC的维护与修理、继电器与PLC控制系统设计简介、电气控制与PLC控制技术技能实验实训。本书以以上内容为基础,通过具体工程实例的安装练习,突出机床电气控制技术与PLC的综合应用,并提供了PLC应用实例,具有一定的实践性、操作性和应用性。

本书重视实践技能的培养,配有一定的技能实验课题,在取材上坚持理论联系实际,兼顾新技术、新理论在该领域中的应用,同时注意与系列教材的衔接,每章都附有思考与练习题。

本书可作为高职高专院校机电类、数控类和电气自动化类等专业的教材,也可供各类成人教育和从事机械设备维护及电气维修的相关技术人员参考。

朱其璋 刘 勇 王 琳 主编

主 编 朱其璋 刘 勇 王 琳

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC控制技术/赵俊生,杨怀林,姚年春编.
北京:化学工业出版社,2008.1
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-01875-5

I. 电… II. ①赵…②杨…③姚… III. ①电气控制-高等学校:技术学院-教材②可编程序控制器-程序设计-高等学校:技术学院-教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第008586号

责任编辑:高钰 鲍晓娟

装帧设计:尹琳琳

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数435千字 2008年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:27.00元

版权所有 违者必究

前 言

我国的现代化建设不但需要科学技术领域的专家，而且迫切需要职业技术人才和技术工人，这类人才的培养主要是通过职业技术教育来实现的，所以党和国家非常重视职业技术教育的改革和发展。职业技术教育要办出自己的特色，关键在于课程改革与教材建设。此次课程改革与教材建设是以社会和经济发展的需要为出发点，以职业（岗位）需求为直接依据，以现行职业技术教育课程、教材的弊端为突破口，在广泛征求意见的基础上，确立了“能力为本位”的改革指导思想。克服职业教育长期存在的重理论轻实践、重知识轻技能的倾向，真正培养出社会所需要的职业技术人才。

根据编者的实践和教学经验，本书从机床电器的组成这一角度出发，介绍了机床电气控制和 PLC 控制技术及系统的基础知识。在深度和广度上，一方面注意知识面和知识点的掌握程度，另一方面注意与其他课程的衔接，同时兼顾新技术和新知识在机床控制技术中的应用。内容安排上每章之间既相互联系，又相互独立，以利于分别开设“电气控制技术”及“可编程控制技术与应用”两门课程供院校教学时选用，同时可根据专业、课时的多少进行删减，有些内容和应用实例可在学生进行实验、课程设计和毕业设计时作为参考。另外，本教材参考学时为 120~140 课时，有关内容可根据专业要求及学时情况酌情调整。文中带“*”号的部分可根据不同专业进行选修，如机械类、电气自动化、机械自动化专业必须介绍，电子类专业可以不介绍。

本书由赵俊生统稿并编写了第 2 章、第 3 章、第 6 章、第 8 章和第 9 章，杨怀林编写了第 1 章、第 4 章，姚年春编写了第 5 章和第 7 章。

本书由李宏副教授主审，并提出了有益的建议和意见。此外，在本书的编写过程中，还得到了江苏财经职业技术学院院系领导及教务处领导的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏及错误之处恳请读者批评指正，提出宝贵意见。

编者

2008 年 1 月

目 录

1 常用低压电器	1
1.1 低压电器的基本知识	1
1.1.1 低压电器的定义及分类	1
1.1.2 电磁式电器	1
1.1.3 电器的触头系统和灭弧装置	2
1.1.4 低压电器的主要技术参数	3
1.2 低压控制电器	5
1.2.1 刀开关	5
1.2.2 转换开关	6
1.2.3 按钮	7
1.2.4 行程开关	8
1.2.5 接触器	10
1.2.6 继电器	13
1.2.7 时间继电器	15
1.2.8 速度继电器	18
1.2.9 干簧继电器	19
1.3 低压保护电器	20
1.3.1 熔断器	20
1.3.2 热继电器	21
1.3.3 断路器（自动空气开关）	23
思考与练习题	26
2 电动机典型控制电路分析	28
2.1 电气控制电路基本知识	28
2.1.1 电气控制系统图的基本知识	28
2.1.2 电路图	30
2.1.3 电气元件布置图	30
2.1.4 电气安装接线图	31
2.2 三相笼形异步电动机的启动控制电路	31
2.2.1 笼形异步电动机单向直接启动控制电路	31
2.2.2 电动机点动、长动控制电路	32
2.2.3 笼型异步电动机的顺序控制与多地控制电路	33
2.2.4 笼形异步电动机正反转控制电路	34
2.3 笼形异步电动机降压启动控制电路	37
2.3.1 定子绕组串电阻降压启动控制电路	37
2.3.2 星形-三角形降压换接启动控制电路	38
2.3.3 延边三角形降压启动控制电路	39
2.3.4 自耦变压器降压启动控制电路	40
2.4 绕线转子异步电动机的启动控制电路	42

2.4.1	时间原则控制绕线型电动机转子串电阻启动控制电路	42
2.4.2	电流原则控制绕线型电动机转子串电阻的启动控制电路	43
2.4.3	转子绕组串频敏变阻器启动控制电路	43
2.5	三相笼形异步电动机的制动控制电路	45
2.5.1	电磁机械制动控制电路	46
2.5.2	电气制动控制电路	47
2.6	三相笼形异步电动机的转速控制电路	50
2.6.1	双速电动机定子绕组的连接	50
2.6.2	双速感应电动机按钮控制的调速电路	50
2.6.3	双速感应电动机手动变速和自动变速的控制电路	51
2.6.4	变频调速控制电路	52
2.7	直流电动机控制电路	55
2.7.1	单向运转启动控制电路	56
2.7.2	可逆运转启动控制电路	57
2.7.3	制动控制电路	58
2.7.4	调速控制电路	59
	思考与练习题	59
3	继电器控制系统应用实例分析	61
3.1	普通车床的电气控制电路	61
3.1.1	CA6140 普通车床的结构和运动分析	61
3.1.2	电力拖动特点及控制要求	62
3.1.3	电气控制电路分析	62
3.1.4	电气线路常见故障分析	63
*3.2	平面磨床电气控制电路	64
3.2.1	M7120 型平面磨床的结构和运动分析	64
3.2.2	电力拖动特点及控制要求	64
3.2.3	电气控制电路分析	64
3.2.4	机床常见故障现象的分析	66
*3.3	摇臂钻床电气控制电路	67
3.3.1	Z3050 型摇臂钻床的结构和运动分析	67
3.3.2	电力拖动特点及控制要求	68
3.3.3	电气控制电路分析	68
3.3.4	电气线路常见故障分析	70
*3.4	万能铣床电气控制电路	71
3.4.1	X62W 型万能铣床的结构及运动分析	71
3.4.2	电力拖动特点及控制要求	72
3.4.3	电气控制电路分析	72
3.4.4	X62W 型万能铣床电气线路常见故障分析	78
*3.5	组合机床的电气控制电路	80
3.5.1	组合机床通用部件的控制电路	80
3.5.2	机械动力滑台控制电路	81
	思考与练习题	84
4	可编程序控制器概述	85

4.1	可编程序控制器的发展概况	85
4.1.1	PLC 的产生与发展	85
4.1.2	PLC 在我国的发展与应用	87
4.2	PLC 的特点和主要功能	88
4.2.1	PLC 的特点	88
4.2.2	PLC 的主要功能与应用场合	90
4.3	PLC 与微型计算机的关系	91
4.3.1	PLC 的定义	91
4.3.2	PLC 与微型机的异同	91
4.3.3	PLC 与单板机的比较	92
	思考与练习题	93
5	PLC 的基本结构及工作原理	94
5.1	PLC 的基本结构和组成	94
5.1.1	PLC 的硬件系统	94
5.1.2	PLC 的软件系统	97
5.2	PLC 的工作原理	97
5.2.1	PLC 的基本控制原理	97
5.2.2	扫描	98
5.2.3	系统的工作过程和信息处理规则	98
5.3	中央处理模板	100
5.3.1	up 及外围电路	101
5.3.2	存储器 ROM (EPROM) 和 RAM	102
5.3.3	译码电路	102
5.3.4	电源及其故障检测电路	103
5.3.5	总线	103
5.4	数字量输入、输出模板	103
5.4.1	数字量输入模板	103
5.4.2	数字量输出模板	105
5.5	模拟量输入输出模板	107
5.5.1	模拟量输入模板	107
5.5.2	模拟量输出模板	110
5.6	数据通信模板	112
5.6.1	通信模板的基本组成	112
5.6.2	通信模板 CCM2 的配置与功能	113
5.6.3	CCM2 模板的连接方法	113
5.6.4	通信参数的设定	114
5.6.5	通信软件	116
5.7	高速计数模板	116
5.7.1	基本结构	116
5.7.2	主要功能	117
5.7.3	编程要求	118
5.8	闭环控制模板	118
5.8.1	硬件结构和工作原理	118

28	5.8.2	主要配置和技术指标	119
28	5.8.3	控制结构的组成	120
71	5.9	编程器	121
82	5.9.1	编程器的结构	121
28	5.9.2	编程器的工作方式	121
90		思考与练习题	122
6		PLC 机的指令系统及编程方法	123
6	6.1	PLC 机常用的编程语言	123
18	6.1.1	梯形图语言编程特点	123
22	6.1.2	助记符语言编程特点	123
22	6.1.3	编程注意事项	124
6	6.2	F 系列 PLC 中使用的各种元器件	124
6	6.2.1	F 系列 PLC 简介	124
6	6.2.2	F 系列 PLC 中使用的各种元器件及编号	126
6	6.3	F 系列 PLC 的基本指令及编程方法	130
6	6.3.1	基本逻辑指令及编程方法	130
6	6.3.2	常用指令及编程方法	133
6	6.3.3	定时与计数指令及编程方法	138
6	6.3.4	步进指令 STL/RET 及编程方法	140
6		思考与练习题	142
7		PLC 的维护与修理	144
7	7.1	PLC 系统的试运行	144
7	7.1.1	上电之前的检查	144
7	7.1.2	试运行过程	144
7	7.2	PLC 系统的维护和保养	145
7	7.2.1	对系统的维护和保养主要包括下列各项工作	145
7	7.2.2	对系统所作的保养主要包括下述内容	145
7	7.3	PLC 系统的模块级故障诊断	146
7	7.3.1	PLC 系统的自诊断能力	147
7	7.3.2	模块级故障诊断步骤	147
7	7.4	PLC 系统的维修和测试	154
7	7.4.1	维修前的准备工作	154
7	7.4.2	系统维修的一般步骤	156
8		继电器与 PLC 控制系统设计简介	161
8	8.1	电气控制设计的一般原则, 基本内容和设计程序	161
8	8.1.1	电气控制设计的一般原则	161
8	8.1.2	电气控制设计的基本任务与内容	161
8	8.1.3	电气控制设计的一般程序	162
8	8.2	电气控制电路设计的方法与步骤	164
8	8.2.1	电气原理图设计的基本步骤	164
8	8.2.2	电气原理图的设计方法及设计实例	164
8	8.2.3	电气控制原理图设计中应注意的问题	172
8	8.3	常用控制电器的选择	176

8.3.1	接触器的选用	176
8.3.2	继电器的选择	177
8.3.3	熔断器的选择	178
8.3.4	自动开关的选择	179
8.3.5	控制变压器的选择	179
8.3.6	其他控制电器的选择	179
8.4	PLC 控制系统设计与软件开发	180
8.4.1	根据生产工艺流程分析控制要求	180
8.4.2	PLC 规模估算和机型的选择	181
8.4.3	常用接口模块的选择	182
8.4.4	特种模块的选择	183
8.4.5	智能模块的选择	184
8.4.6	PLC 的软件开发设计	184
8.5	可编程序控制器应用举例	186
8.5.1	机械手自动操作控制	186
8.5.2	交通道口信号灯管理	189
8.5.3	Z3040 型摇臂钻床的 PLC 控制	192
8.5.4	X62W 型万能铣床的 PLC 控制	196
8.5.5	全自动洗衣机的 PLC 控制	200
8.6	电气控制工艺设计	202
8.6.1	电气设备总体配置设计	202
8.6.2	元件布置图的设计与绘制	203
8.6.3	电器部件接线图的绘制	203
8.6.4	电气箱及非标准零件图的设计	204
8.6.5	各类元器件及材料清单的汇总	204
8.6.6	编写设计说明书及使用说明书	204
	思考与练习题	205
9	电气控制与 PLC 控制技术技能实验实训	206
9.1	电动机控制电路的安装、调试概述	206
9.1.1	三相异步电动机控制电路的一般原则	206
9.1.2	电动机的保护	206
9.1.3	绘制、识读电气控制电路原理图的原则	208
9.1.4	电动机控制电路安装步骤和方法	208
9.1.5	PLC 实训教学的要求	211
9.2	三相异步电动机的点动、点长动控制电路的安装接线	213
9.2.1	三相异步电动机点动控制电路的安装接线	213
9.2.2	三相异步电动机的点长动控制电路的安装接线	216
9.3	三相异步电动机的正反转启动控制电路安装接线	217
9.3.1	接触器联锁的正、反转控制电路的安装接线与调试	217
9.3.2	按钮和接触器双重联锁的正、反转控制电路的安装与调试	219
9.4	两台电动机顺序启动、顺序停止控制电路的安装	221
9.4.1	电气控制原理图	221
9.4.2	电工工具、仪表及器材	221

9.4.3	顺序控制电路的安装接线实习	222
9.5	三相异步电动机的星-三角形降压启动控制电路安装接线	222
9.5.1	电气控制原理图	222
9.5.2	电工工具、仪表及器材	223
9.5.3	星-三角形降压启动控制电路安装实习	224
9.6	采用继电器接触器控制的动力滑台控制电路的安装接线	225
9.6.1	机械动力滑台控制电路	225
9.6.2	不带反向工作进给的机械动力滑台控制电路的安装与调试	226
9.7	可编程控制器实验实训	227
9.7.1	可编程控制器认识实验	227
9.7.2	基本逻辑指令实验	229
9.7.3	栈指令、主控指令和脉冲指令实验	231
9.7.4	定时器和计数器实验	233
9.7.5	跳转和比较指令实验	236
9.7.6	交通信号灯实验	238
9.7.7	五相步进电动机的模拟控制实验	238
9.7.8	三相异步电动机的星/三角换接启动控制	240
9.7.9	LED数码显示控制	241
9.7.10	机械手动作的模拟	243
9.8	电子产品与生产线自动控制课题	245
9.8.1	自动洗衣机控制	245
9.8.2	自动售货机控制	246
9.8.3	抢答器控制	247
9.8.4	机床动力头自动控制	247
9.8.5	大、小球分检控制	248
9.8.6	皮带运输机控制	249
9.8.7	双料斗皮带运输机控制	250
9.8.8	药片自动装瓶机控制	251
9.8.9	水箱液位控制	252
9.8.10	自动门控制	253
9.8.11	双门通道的自动控制	253
9.8.12	隧道内汽车双向行驶控制	255
附录 电气图形及文字符号新旧对照表		257
参考文献		263

1 常用低压电器

随着科学技术的发展,机床电机的电气控制系统也在不断更新,最初采用手动控制,而后采用继电器接触器控制系统。继电器接触器控制系统的优点是结构简单、价格低廉、维护方便、抗干扰性强,因此,在机床控制中得到了长期、广泛的应用。本章主要讲述接触器、继电器、刀开关、转换开关、自动开关、熔断器、主令电器等低压电器的用途、基本结构、工作原理及其主要参数和图形符号。

1.1 低压电器的基本知识

1.1.1 低压电器的定义及分类

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电机械设备称为电器。用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电压 1200V 及以下,直流额定电压 1500V 及以下的电路内起接通、断开、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。常用的低压电器有刀开关、转换开关、自动开关、熔断器、接触器、继电器和主令电器等。

低压电器的种类较多,分类方法有多种,就其在电气线路中所处的地位、作用以及所控制的对象可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。

① 低压配电电器。主要用于低压配电系统中。对这类电器的要求是在系统发生故障时,动作准确、工作可靠,在规定的时间内,通过允许的短路电流时,其电动力和热效应不会损坏电器,如刀开关、转换开关、断路器和熔断器等。

② 低压控制电器。主要用于电气传动系统中。对这类电器的要求是有相应的转换能力,操作频率高,电气和机械寿命长,工作可靠,如接触器、继电器、主令电器等。

1.1.2 电磁式电器

电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位,在电气控制系统中应用最为普遍,如接触器、自动空气开关(断路器)、电磁式继电器等。其工作原理基本相同,就结构而言主要由电磁机构和执行机构所组成,电磁机构按其电源种类可分为交流和直流两种,执行机构则可分为触头系统和灭弧装置两部分。

(1) 电磁机构

电磁机构由线圈、铁芯(静铁芯)和衔铁(动铁芯)等几部分组成。从常用铁芯的衔铁运动形式上看,其结构形式大致可分为拍合式和直动式两大类,如图 1-1 所示。图 1-1(a)为衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯,其铁芯材料由电工软铁制成,它广泛用于直流电器中;图 1-1(b)为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯,铁芯形状有 E 形和 U 形两种,其铁芯材料由电工硅钢片叠压而成,多用于触头容量较大的交流电器中;图 1-1(c)为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯,它也是由电工硅钢片叠压而成,分为交、直流两大类。

(2) 工作原理

其作用原理为:当线圈中有工作电流通过时,电磁吸力克服弹簧的反作用力,使得衔铁与铁芯闭合,由连接机构带动相应的触头动作。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,嵌入一铜制短路环。短路环包围铁芯端面约 2/3 的面积,使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零,电磁吸力 F



图 1-1 电磁机构几种结构形式

1—铁芯；2—衔铁；3—吸引线圈

总是大于弹簧的反作用力，从而可以消除交流铁芯的抖动。

还应指出，对电磁式电器而言，电磁机构的作用是使触头实现自动化操作，但电磁机构实质上就是电磁铁的一种。电磁铁还有很多用途，例如牵引电磁铁（有拉动式和推动式两种）可以用于远距离控制和操作各种机构；阀用电磁铁可以远距离控制各种气动阀、液压阀以实现机械自动控制；制动电磁铁则用来控制自动抱闸装置，实现快速停车；起重电磁铁用于起重搬运磁性货物工件等。

1.1.3 电器的触头系统和灭弧装置

(1) 电器的触头系统

在工作过程中可以分开与闭合的电接触称为可分合接触，又称为触头，触头是成对的，一为动触头，一为静触头。触头有时又包含主触头、副触头和弧触头。

触头的作用是接通或分断电路，因此要求触头要具有良好的接触性能，电流容量较小的电器（如接触器、继电器）常采用银质材料作触头，这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相似，可以避免因表面氧化膜电阻率增加而造成的接触不良。

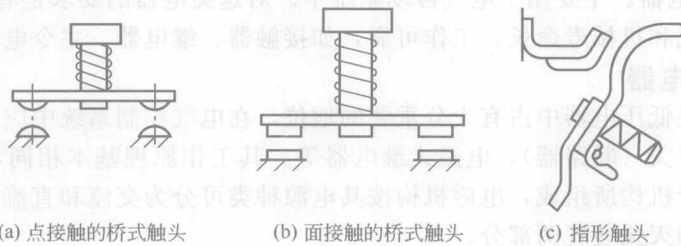


图 1-2 触头的结构型式

触头的结构有桥式和指式两类，如图 1-2 所示。图 1-2(a) 是两个点接触的桥式触头，(b) 是两个面接触的桥式触头。两个触头串于同一电路中，电路的接通与断开由两个触点共同完成，点接触形式适用于电流不强且触头压力小的场合；面接触形式适用于电流较强的场合。图 1-2(c) 所示为指形触头，其接触区为一直线，触头接通或分断时产生滚动摩擦，有利于去掉氧化膜，故其触头可以用紫铜制造，特别适合于触头分合次数多、电流大的场合。

(2) 灭弧系统

触头在分断电流的瞬间，在触头间的气隙中就会产生电弧，电弧的温度很高，能将触头烧损，并可能造成其他事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有两种：一是迅速增加电弧长度（拉长电弧），使得单位长度内维

持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭；二是使电弧与流体介质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，使电弧加快熄灭。电弧有直流电弧和交流电弧两类，交流电流有自然过零点，故其电弧比较容易熄灭。

低压控制电器常用的灭弧方法有以下几种。

① 速拉灭弧法。通过机械装置将电弧迅速拉长，从而加快电弧的熄灭。这种灭弧方法是开关电器中普遍采用的、最基本的一种灭弧方法。

② 冷却灭弧法。降低电弧的温度，可使电弧中的热游离减弱、正负离子的复合增加，有助于电弧迅速熄灭。

③ 磁吹灭弧法。利用永久磁铁或电磁铁产生的磁场对电流的作用力来拉长电弧，或者利用气流使电弧拉长和冷却，从而被熄灭。

④ 窄缝灭弧法。这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝来实现的。灭弧罩内有一条纵缝，缝的下部宽、上部窄。当触头断开时，电弧在电动力的作用下进入缝内，窄缝可将电弧弧柱直径压缩，使电弧同缝壁紧密接触，加强冷却和去游离作用，使电弧熄灭加快。

⑤ 金属栅片灭弧法。利用栅片对电弧的吸引作用及磁吹线圈的作用将电弧引入栅片中，栅片将电弧分割成许多串联的短弧。这样每两片灭弧栅片可以看作一对电极，使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强。而每个栅片间的电压不足以达到电弧燃烧电压，同时吸收电弧热量，使电弧迅速冷却，所以电弧进入灭弧栅片后就会很快地熄灭，如图 1-3 所示。

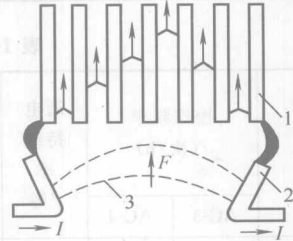


图 1-3 栅片灭弧示意图
1—灭弧栅片；2—触点；3—电弧

1.1.4 低压电器的主要技术参数

不同的被控电路在不同的电压或电流等级、不同的通断频繁程度及不同性质负载的情况下工作时，对电器提出了各种技术要求，以保证电器可靠地接通和分断被控电路。如触点在分断状态时要有一定的耐压能力，防止漏电或介质击穿，因而电器有额定工作电压这一基本参数；触头闭合时，总有一定的接触电阻，负载电流在接触电阻产生的压降和热量不应过大，因此对电器触点规定了额定电流值。被控负载的工作情况对电器的要求有着重要的影响，如笼型异步电动机反接制动及反向时的电流峰值约大两倍，所以电动机频繁反向时，控制电器的工作条件较差，于是，有些控制电器被制成能使用在较恶劣的条件下，而有些不能，这就使电器有不同的使用类别。配电电器担负着接通和分断短路电流的任务，相应地规定了极限通、断能力；电器在分断电流时，出现的电弧要烧损触点甚至熔焊，因此电器都有一定的使用寿命。

(1) 使用类别

按国标 GB 2455—85，将控制电器主触点和辅助触点的标准使用列于表 1-1 中。

(2) 主要参数

控制电器的主要参数有额定工作电压和额定工作电流两种。额定工作电压是指在规定的条件下，能保证电器正常工作的电压值，通常是指触点的额定电压值。有的电磁机构控制电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。额定工作电流是指根据电器的具体使用条件确定的电流值，它和额定电压、电网频率、额定工作制、使用类别、触点寿命及防护等级等因素有关。同一开关电器在不同的使用条件下规定了不同的工作电流值，参见表 1-2。

表 1-1 控制电器触点的标准使用类别

触点	电流种类	使用类别	典型用途举例
主触点	交流	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
		AC-2	绕线转子异步电动机的启动、分断
		AC-3	笼型异步电动机的启动、运转及分断
		AC-4	笼型异步电动机的启动、反接制动、反向、点动
	直流	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
		DC-3	并励电动机的启动、点动与反接制动
		DC-5	串励电动机的启动、点动与反接制动
辅助触点	交流	AC-11	控制交流电磁铁
		AC-14	控制小容量($\leq 72\text{VA}$)电磁铁负载
		AC-15	控制容量大于 72VA 的电磁铁负载
	直流	DC-11	控制直流电磁铁
		DC-13	控制直流电磁铁,即电感与电阻的混合负载
		DC-14	控制电路中有经济电阻的直流电磁铁负载

表 1-2 CJX2 系列小容量交流接触器技术数据

型号	操作频率 /(次/h)		通电持续率 /%	AC-3 使用类别				辅助触点		吸引线圈				
				额定工作电流/ (I_N/A)		可控制三相异步电动机的功率(P/kW)		控制功率		功率/ (P/W)		额定控制电压 U_N/V		
	AC-3	AC-4		380V	660V	220V	380V	500V	600V	AC	DC		启动	吸持
CJX2-9	1200	300	40	9	7	2.2	4	5.5	5.5	300 V·A	30W	80	8	24、36
CJX2-12	1200	300		12	9	3	5.5	5.5	7.5			80	80	48、110
CJX2-16	600	120		16	12	4	7.5	9	9			100	9	127、220
CJX2-25	600	120		25	18.5	5	11	11	15			100	9	380、660

(3) 通断能力

通断能力以表 1-3 中非正常负载时能接通和断开的电流值来衡量。接通能力是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力。断开能力是指开关断开时能可靠灭弧能力。

表 1-3 相应于使用类别的接通与分断条件

类别	正常负载						非正常负载					
	接通			分断			接通			分断		
	I/I_N	U/U_N	$\cos\varphi$	I/I_N	U/U_N	$\cos\varphi$	I/I_N	U/U_N	$\cos\varphi$	I/I_N	U/U_N	$\cos\varphi$
AC-1	1	1	0.95	1	1	0.95	1.5	1.1	0.95	1.5	1.1	0.95
AC-2	2.5	1	0.65	1	0.4	0.65	4	1.1	0.65	4	1.1	0.65
AC-3	6	1	0.35	1	0.17	0.35	10	1.1	0.35	8	1.1	0.35
AC-4	6	1	0.35	6	1	0.35	10	1.1	0.35	8	1.1	0.35

(4) 寿命

包括机械寿命和电寿命。机械寿命是电器在无电流情况下能操作的次数；电寿命是指按所定使用条件不需要修理或更换零件的负载操作次数。

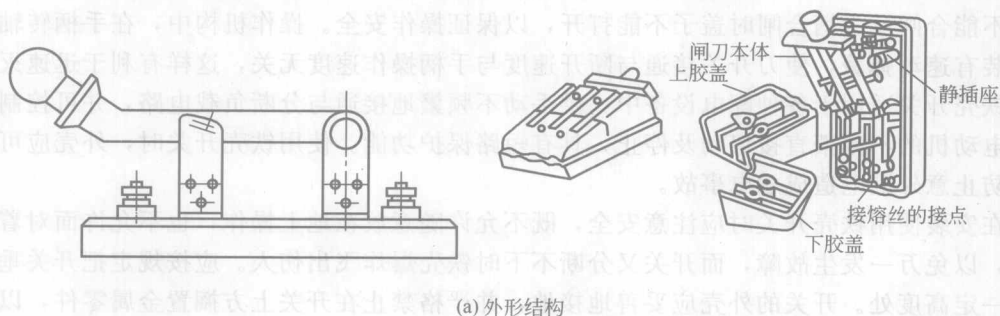
1.2 低压控制电器

1.2.1 刀开关

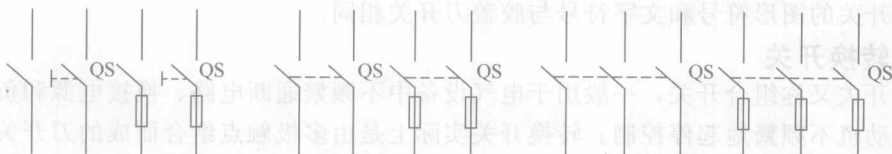
低压控制电器主要用于低压电力拖动系统中,对电动机的运行进行控制、调节和保护的电器,常用的低压控制电器有刀开关、组合开关、按钮、位置开关、接触器和继电器等。

低压刀开关适用于不经常操作的低压电路中,主要用手动接通与断开交、直流电路,也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载,或作电源隔离开关。如小型电动机、电阻炉等。刀开关按极数划分为单极、双极与三极几种;按刀开关转换方向分为单投、双投两种;按操作方式分,有直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式三种;按灭弧结构分,有带灭弧罩和不带灭弧罩两种。

其结构由操作手柄、刀片(动触点)、刀座(静触点)和底板等组成见图 1-4(a)。



(a) 外形结构



(b) 图形符号及文字符号

图 1-4 刀开关的结构图与图形符号及文字符号

(1) 胶盖刀开关

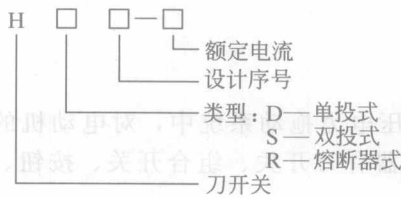
这种开关由带有灭弧罩的刀开关和熔断器串联组合而成,如图 1-4 所示为 HK2 系列开启式负荷开关(称为胶盖刀开关)。它能有效地通断负荷电流,而且能进行短路保护,既操作方便,又安全经济,主要用于交流 50Hz、电压 380V、电流 60A 以下的电力线路中。

(2) 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关(又称刀熔开关),是一种新型组合开关,它利用 RT0 型熔断器的具有刀形触头的熔管作为刀刃,具有刀开关和熔断器的双重功能,适用于农村配电网中,但开关中所用的熔断器之间的熔体不能更换,维护不方便。

刀开关常用的产品有 HD11-HD14 和 HS11-HS13 系列刀开关, HK1、HK2 系列开启式负荷开关, HH3、HH4 系列封闭式负荷开关, HR3 系列熔断器刀开关等。

其型号意义说明如下。



刀开关在安装时,手柄要向上,不得倒装或平装。只有安装正确,作用在电弧上的电动力和热空气的上升方向一致,才能促使电弧迅速拉长而熄灭;反之,两者方向相反电弧就不易熄灭,严重时会使触点及刀片烧灼,甚至造成极间短路。此外,如果倒装,手柄可能因自动下落而误动作合闸,造成人身和设备的安全事故。

(3) 铁壳开关

铁壳开关又名封闭式负荷开关,它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作机构和金属外壳构成。三把闸刀固定在一根绝缘轴上,由手柄操作。操作机构装有机械连锁,使盖子打开时手柄不能合闸及手柄合闸时盖子不能打开,以保证操作安全。操作机构中,在手柄转轴与底座间装有速动弹簧,使刀开关接通与断开速度与手柄操作速度无关,这样有利于迅速灭弧。

铁壳开关适用于各种配电设备中,供手动不频繁地接通与分断负载电路,并可控制交流异步电动机的不频繁直接启动及停止,具有短路保护功能。使用铁壳开关时,外壳应可靠接地,防止意外漏电造成触电事故。

在安装使用铁壳开关时应注意安全,既不允许随意放在地上操作,也不允许面对着开关操作,以免万一发生故障,而开关又分断不下时铁壳爆炸飞出伤人。应按规定把开关垂直安装在一定高度处。开关的外壳应妥善地接地,并严格禁止在开关上方搁置金属零件,以防它们掉入开关内部酿成相间短路事故。

铁壳开关的图形符号和文字符号与胶盖刀开关相同。

1.2.2 转换开关

转换开关又称组合开关,一般用于电气设备中不频繁通断电路、换接电源和负载,以及小功率电动机不频繁地起停控制。转换开关实际上是由多极触点组合而成的刀开关,由动触片(动触点)、静触片(静触点)、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动、静触片

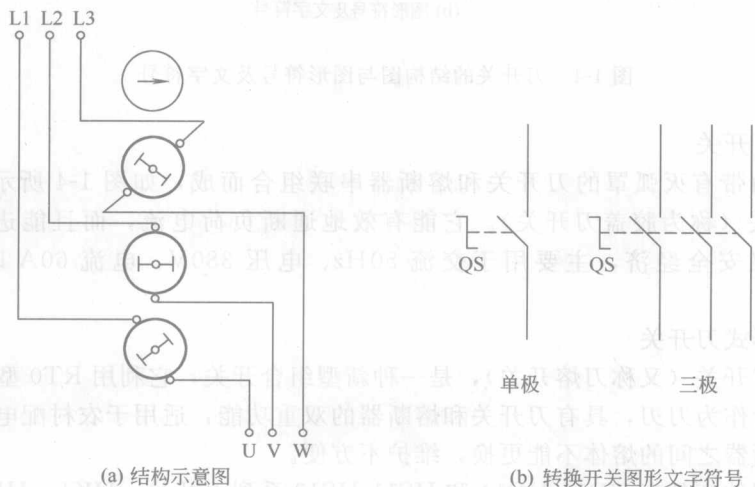


图 1-5 转换开关结构示意图及图形、文字符号

分别叠装于数层绝缘壳内，其内部结构示意图及图形符号、文字符号如图 1-5 所示，当转动手柄时，每层的动触片随方形转轴一起转动。

用转换开关控制 7kW 以下电动机的启动和停止，该转换开关额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。用转换开关接通电源，另由接触器控制电动机时，转换开关的额定电流可稍大于电动机的额定电流。

HZ10 系列为早期全国统一设计产品，适用于额定电压 500V 以下，额定电流 10A、25A、100A 几个等级，极数有 1~4 极。HZ15 系列为新型的全国统一设计更新换代产品。

1.2.3 按钮

按钮是用人力操作的，具有储能（弹簧）复位的主令电器。其结构虽然简单，但却应用广泛，主要用于远距离操作接触器、继电器等电磁装置，以切换自动控制电路。

按钮的一般结构示意图如图 1-6 所示。操作时，当按钮帽的动触头向下运动时，先与动断静触头分开，再与动合静触头闭合；当操作人员将手指放开后，在复位弹簧的作用下，动触头向上运动，恢复初始位置。在复位的过程中，先是动合触头分断，然后是动断触头闭合。

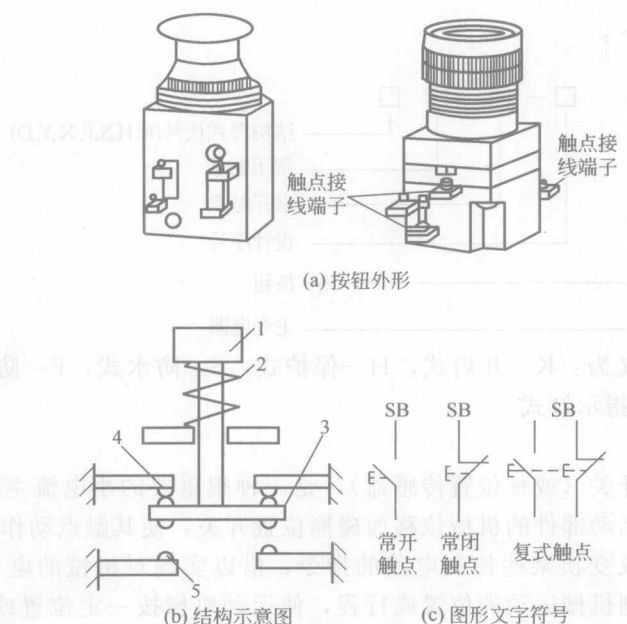


图 1-6 按钮外形、结构示意图和图形文字符号

1—按钮帽；2—复位弹簧；3—动触点；4—常闭静触点；5—常开静触点

为了标明各种按钮的作用，避免误动作，通常将按钮帽做成不同的颜色，以示区别。按钮的颜色有红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等多种，供不同场合选用。国标 GB 5226—85 对按钮的颜色作如下规定：“停止”和“急停”按钮必须是红色。当按下红色按钮时，必须使设备停止工作或断电；“启动”按钮的颜色是绿色；“启动”与“停止”交替动作的按钮必须是黑白、白色或灰色，不得用红色和绿色；“点动”按钮必须是黑色；复位按钮（如保护继电器的复位按钮）必须是蓝色，当复位按钮还具有停止的作用时，则必须是红色。

全国统一设计的按钮型号为 LA25 系列，除符合国内有关标准外，还符合国际电工委员会的有关标准，其技术参数见表 1-4。其他常用的型号为 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列。