



普通高等教育“十二五”规划教材

电气控制与 PLC应用技术

刘铁生 主 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

电气控制与 PLC应用技术

刘铁生 主 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是根据高等职业院校电气自动化及机电一体化专业“电气控制与PLC应用技术”课程的教学大纲和电气控制技术及应用及发展情况编写的。全书的内容编排以“加强应用、注重技能、培养能力”为宗旨,既突出电气控制的工程应用,又便于课堂教学。主要包括:常用低压电器、继电器—接触器控制的基本线路、典型机械设备电气控制系统分析与设计、可编程序控制器的基本知识、CPM2A系列可编程序控制器、PLC的指令系统、PLC的程序设计及应用举例、PLC控制系统设计、编程软件CX-P,同时为加强实践技能的培养,精选了与课程教学内容配套的八个技能训练项目。

本书可作为高等职业院校电气自动化专业、机电一体化专业及其相近专业的教材,也可以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 / 刘铁生主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2011.5
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8600-0

I. ①电… II. ①刘… 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(2011)第084733号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 电气控制与PLC应用技术
作 者	刘铁生 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13.75印张 326千字
版 次	2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	30.00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

电气控制技术广泛应用于生产过程的各个领域,可编程序控制器(PLC)使电气控制技术进入了一个更高的阶段。根据我国电气自动化技术的发展对自动化专业和机电专业职业领域人才技能的要求,本书将传统的“工厂电气控制”和“PLC原理与应用”融合起来,以适应教育部高职高专课程改革的要求。

本书是以教育部“高职高专规划教材编写的指导思想、原则和特色”的要求为指导,遵循高职高专培养技术应用型人才的目标而进行编写的。以“加强应用、注重技能、培养能力”为宗旨,提供了许多继电器—接触器控制和 PLC 控制的典型控制实例,并在最后一章设有技能训练,旨在培养高职学生的基本实验技能和安装、调试电气控制系统的能力。本书的 PLC 是以目前国内应用广泛且具有很高性价比的欧姆龙 CPM2A 系列 PLC 为例,介绍其硬件组成、指令系统和典型应用实例,注重对学生新技术应用能力的培养,以实现学校和企业无缝对接。

本书主要介绍常用低压电器、继电器—接触器基本控制线路、典型机械设备电气控制线路的分析与设计、可编程序控制器的基本知识、CPM2A 系列可编程序控制器、PLC 的指令系统、PLC 的程序设计及应用举例、PLC 控制系统设计、编程软件 CX-P 及技能训练等内容。

本书在编写上力求突出针对性、实用性和先进性,叙述方法深入浅出、主次分明、详略得当,尽可能体现出高职高专教材的特色,适用于高职高专学校电气自动化专业、机电一体化专业及其相关专业的学生,同时对机电类相关专业的本科生和工程技术人员也是一本较好的自学教材和参考书。

本书由江西现代职业技术学院的刘铁生任主编,编写了第 1 章~第 4 章、第 7 章~第 10 章和附录,并进行全书的统稿工作。江西现代职业技术学院的吴跃东老师编写了第 5 章和第 6 章。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏或不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2011 年 3 月

目 录

M U L U

普通高等教育“十二五”规划教材

前言

第1章 常用低压电器	1
1.1 低压电器基本知识	1
1.2 主令电器	7
1.3 接触器	10
1.4 继电器	12
1.5 其他常用低压电器	18
本章小结	25
习题与思考题	25
第2章 继电器—接触器控制的基本线路	26
2.1 电气控制系统图的绘制规则和常用符号	26
2.2 电气控制线路的基本控制规律	32
2.3 三相异步电动机降压启动控制电路	38
2.4 三相异步电动机制动控制电路	43
2.5 三相异步电动机调速控制电路	46
本章小结	48
习题与思考题	49
第3章 典型机械设备电气控制系统分析与设计	51
3.1 电气控制系统分析基础	51
3.2 C650 卧式车床的电气控制系统	52
3.3 X62W 卧式万能铣床的电气控制系统	57
3.4 电气控制系统设计的基本原则和内容	64
3.5 电气控制系统原理图设计的注意事项	66
本章小结	72
习题与思考题	72
第4章 可编程序控制器的基本知识	74
4.1 可编程序控制器 (PLC) 的历史与发展	74
4.2 PLC 的特点及应用领域	77

4.3 PLC 的一般构成和基本工作原理	79
4.4 可编程序控制器的编程语言	83
4.5 PLC 的主要性能指标和分类	85
本章小结	87
习题与思考题	88
第 5 章 CPM2A 系列可编程序控制器	89
5.1 CPM2A 系列 PLC 的基本组成	89
5.2 CPM2A 的一般规格指标和主要性能指标	91
5.3 CPM2A 系列 PLC 的内部资源分配	94
5.4 CPM2A 系列 PLC 功能简介	102
5.5 CPM2A 系列 PLC 的通信功能	105
本章小结	108
习题与思考题	109
第 6 章 PLC 的指令系统	110
6.1 概述	110
6.2 常用的基本指令	111
6.3 PLC 的基本编程规则和编程方法	117
6.4 常用的应用指令	120
6.5 数据传送和比较指令	128
6.6 数据移位指令	132
6.7 数据转换指令	136
6.8 数据运算指令	142
6.9 其他应用指令	150
本章小结	150
习题与思考题	150
第 7 章 PLC 的程序设计及应用举例	153
7.1 PLC 程序设计步骤及编程技巧	153
7.2 基本应用程序	155
7.3 PLC 控制电机	158
7.4 十字路口交通灯 PLC 控制	162
7.5 PLC 控制机械手	165
本章小结	171
习题与思考题	171
第 8 章 PLC 控制系统设计	173
8.1 PLC 控制系统设计原则与步骤	173
8.2 PLC 机型选择	174

8.3 PLC 控制系统的抗干扰设计	176
8.4 节省 PLC 输入/输出点数的方法	179
8.5 PLC 的安装	181
本章小结	182
习题与思考题	183
第 9 章 编程软件 CX-P	184
9.1 CX-P 简介	184
9.2 CX-P 的主窗口	185
9.3 CX-P 工程	187
9.4 CX-P 视图	190
9.5 CX-P 编程	192
9.6 在线工作	195
第 10 章 技能训练	198
10.1 常用低压电器的认识	198
10.2 三相异步电动机点动和自锁控制电路	199
10.3 三相异步电动机正反转控制电路	200
10.4 X62W 型卧式万能铣床常见故障分析与排除	201
10.5 PLC 的基本指令编程练习	202
10.6 三相异步电动机的 PLC 顺序控制	204
10.7 彩灯的 PLC 控制	205
10.8 抢答器设计	206
附录	209
参考文献	213

第1章 常用低压电器

学习目标：了解常用低压电器的结构和工作原理，熟练掌握低压电器的型号、图形符号和文字符号，学会正确选择和合理使用维护各低压电器。

1.1 低压电器基本知识

1.1.1 低压电器的定义和分类

在电能的产生、输送、分配和应用中，起着开关、控制、调节和保护作用的电气设备称为电器，它是一种根据外界信号和要求，手动或自动接通或断开电路，实现对电路参数的改变，从而达到对电路或非电对象的控制、保护、调节等作用的电气设备。常用低压电器是指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 以下的各种电器。生产机械上大多用低压电器来进行控制、保护及调节电动机或电路，满足生产工艺的要求。

低压电器种类繁多，尤其近年来随着科技的不断发展，制造工艺的不断提高，出现了许多功能强大、用途广泛的低压电器。按其结构原理、功能用途及所控制对象的不同，可以有多种不同的分类方式。

1. 按功能用途和控制对象分类

按功能用途和控制对象不同，可将低压电器分为配电电器和控制电器。

(1) 配电电器。用于电能的输送和分配的电器称为低压配电电器。这类电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是它的分断电流能力强、在系统发生故障时保护作用动作准确，工作可靠，有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 控制电器。用于各种控制电路和控制系统起控制作用的电器称为控制电器，这类电器包括接触器、启动器和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是工作可靠，操作频率高，寿命长，有相应的转换能力等。

2. 按操作方式分类

按操作方式不同，可将低压电器分为自动电器和手动电器。

(1) 自动电器。通过电器本身参数变化或外来信号（如电、磁、光、热、压力等）自动完成电路的接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

(2) 手动电器。通过人力直接操作来完成电路的接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。



3. 按工作原理分类

按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器是依据电磁感应原理来工作的电器，如接触器、各类电磁式继电器等。非电量控制电器的工作是靠外力或某种非电量的变化而动作的电器，如行程开关、速度继电器等。

另外，低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等，对不同类型低压电器的防护型式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。常用低压电器的主要种类和用途见表 1.1。

表 1.1 常见低压电器的主要种类及用途

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过载、短路、欠电压、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	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的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷，切断带负荷电路
		直流接触器	
6	启动器	磁力启动器	主要用于电动机的启动
		星三角启动器	
		自耦降压启动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	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
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	



续表

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护，也可用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	

1.1.2 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地接通或断开电路，实现连续或断续地改变电路的状态、参数，以达到对电路参数或被控对象某一物理量的控制、保护、测量、调节、指示和转换。低压电器的作用如下：

(1) 控制作用：如工作台的左右移动、快速退刀与电梯的自动停层等。

(2) 保护作用：能根据设备的特点，对设备、环境以及人身实行保护作用，如电动机的过热保护，电路的短路保护、过电流保护等。

(3) 调节作用：低压电器可对一些电量和非电量进行调节，以满足用户的要求，如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、荧光灯亮度的自动调节等。

(4) 测量作用：利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其他非电参数进行测量，如电流、电压、温度、功率、转速、湿度等。

(5) 指示作用：利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路工作情况，如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(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，如励磁装置手动与自动的转换，供电的市电与自备电的转换等。

1.1.3 电磁式低压电器的基本结构

电磁式低压电器在电气自动控制电路中应用最为广泛，类型也非常多，但各类电磁式低压电器的工作原理和结构特点基本相同。从结构上看，电磁式低压电器大都有两个主要组成部分，即感测部分和执行部分。感测部分主要是电磁机构，执行部分主要是触头系统。电磁机构接收从外部输入的信号，并通过转换、放大、判断，作出相应反应，使触头系统动作，从而实现对电路控制的目的。

1. 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，带动触头动作，从而完成接通或分断电路的功能。

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁三个基本部分组成。

常用的电磁机构如图 1.1 所示，可分为三种形式。

(1) 衔铁沿棱角转动的 U 形拍合式铁芯，如图 1.1 (a) 所示。这种形式广泛应用于直流电器中。

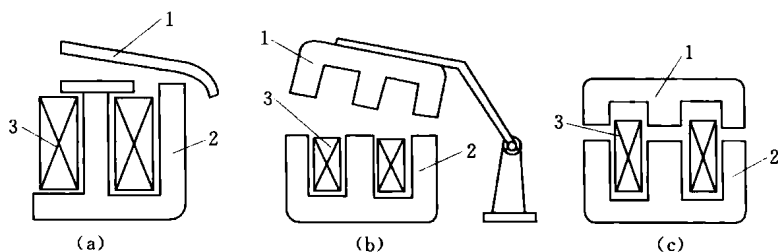


图 1.1 常用的电磁机构

(a) U形拍合式；(b) E形拍合式；(c) E形直动式

1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

(2) 衔铁沿轴转动的 E 形拍合式铁芯，如图 1.1 (b) 所示。此种结构多用于触点容量较大的交流电器中。

(3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯，如图 1.1 (c) 所示。多用于交流接触器、继电器中。

2. 直流电磁铁和交流电磁铁

按吸引线圈所通电流性质的不同，电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

直流电磁铁由于通入的是直流电，其铁芯不发热，只有线圈发热，因此线圈与铁芯接触以利散热，线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型，以改善线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电，铁芯中存在磁滞损耗和涡流损耗，线圈和铁芯都发热，所以交流电磁铁的吸引线圈有骨架，使铁芯与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖形，以利于铁芯和线圈的散热。铁芯用硅钢片叠加而成，以减小涡流。

电磁铁工作时，线圈产生的磁通作用于衔铁，产生电磁吸力，并使衔铁产生机械位移。衔铁复位时在复位弹簧的作用下，衔铁回到原位。因此，作用在衔铁上的力有两个——电磁吸力与反力。电磁吸力由电磁机构产生，反力则由复位弹簧和触头弹簧产生。

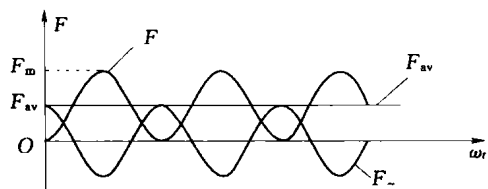


图 1.2 交流电磁铁吸力变化情况

F —交流电磁吸力； F_m —最大吸力； F_{av} —平均吸力； F_- —电磁吸力的交变分量

铁芯吸合时要求电磁吸力大于反力，即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同；衔铁复位时要求反力大于电磁吸力，即衔铁位移的方向与反力的方向相同。

当线圈中通以直流电时，气隙磁感应强度不变，直流电磁铁的电磁吸力为恒值。当线圈中通以交流电时，磁感应强度为交变量，交流电磁铁的电磁吸力 F 在 0 (最小值)~ F_m (最大值) 之间变化，其吸力曲线如图 1.2 所示。在一个周期内，当电磁吸力的瞬时值大于反力时，衔铁吸合；当电磁吸力的瞬时值小于反力时，衔铁释放。所以电源电压每变化一个周期，电磁铁吸合两次、释放两次，使电磁机构产生剧烈的振动和噪声，理发师用的推剪就是利用这种振动而工作的，但电磁式低压电器却不能正常工作。

为了消除交流电磁铁产生的振动和噪声，在铁芯的端面开一小槽，在槽内嵌入铜制短路环，如图 1.3 所示。加上短路环后磁通被分成大小相近，相位相差约 90° 电角度的两相



磁通 ϕ_1 和磁通 ϕ_2 ，因此两相磁通不会同时为零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比，所以由两相磁通产生的合成电磁吸力较为平坦，在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力，使铁芯牢牢吸合，这样就消除了振动和噪声。一般短路环包围 $2/3$ 的铁芯端面。

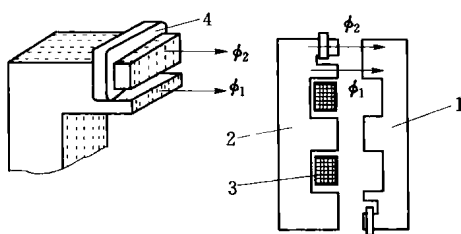


图 1.3 交流电磁铁的短路环

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈；4—短路环

3. 触头系统

触头是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用，一对触头中有一个是静触头，一个是动触头。在常态下，静触头和动触头断开的称为常开触头，静触头和动触头接通的称为常闭触头。通常触头用铜制成，但是铜制触头表面易产生氧化膜，使触头的接触电阻增大，从而使触头的损耗也增大，因此有些小容量电器的触头采用表面镀银，以减小接触电阻。

触头主要有两种结构形式：桥式触头和指形触头。按触头的接触面积大小可分点接触、面接触和线接触三种接触方式，具体如图 1.4 所示。

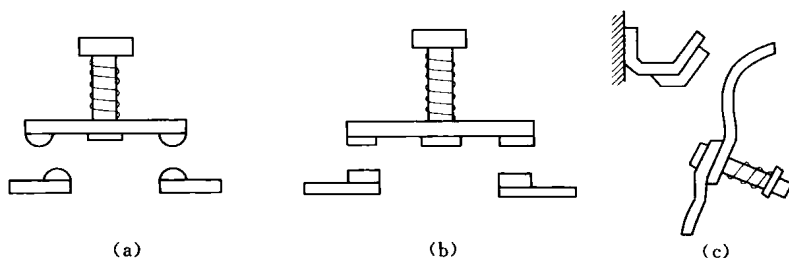


图 1.4 触头的结构形式

(a) 点接触桥式触头；(b) 面接触桥式触头；(c) 指形触头

图 1.4 (a) 是点接触的桥式触头，图 1.4 (b) 是面接触的桥式触头，两个触点串于同一条电路中，电路的通断由两个触点共同完成。点接触形适用于电流不大且接触压力小的场合，面接触形适用于大电流的场合。

图 1.4 (c) 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，以利于去掉氧化膜，同时缓冲触头闭合时的撞击能量，能够改善触头的电器性能。

为了使触头接触得更加紧密，以减小接触电阻，并消除开始接触时产生的振动，在触头上装有接触弹簧，在刚刚接触时产生初压力，并且随着触头闭合增大触头互压力。

4. 灭弧装置

在空气中分断大电流电路时，电流会击穿空气，在小距离的触头间产生很大的电场，使触头表面的大量电子溢出从而产生电弧。电弧一经产生，就会产生大量热能。电弧的存在既烧蚀触头金属表面，降低电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间，对电器和电路都会造成不良后果，所以必须迅速把电弧熄灭。

为使电弧熄灭，可采用将电弧拉长、使弧柱冷却或把电弧分成若干段电弧等方法。灭弧装置就是基于这些原理来设计的。



(1) 电动力灭弧。图 1.5 是一种桥式结构双断点触头系统。当触头分断时，在断口产生电弧。电弧电流在两电弧之间产生如图 1.5 所示的磁场，根据左手定则，电弧电流要受到一个指向外侧的电动力 F 的作用，使电弧向外运动并拉长，另一方面使电弧温度降低，有助于熄灭电弧。

这种灭弧方法简单，无需专门灭弧装置。一般用于中小容量的交流电路中，当交流电弧电流过零时，触头间隙的介质强度迅速恢复，将电弧熄灭。

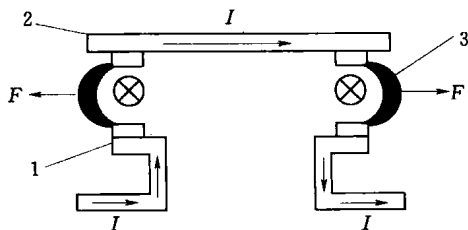


图 1.5 双断点触头的电动力灭弧

1—静触头；2—动触头；3—电弧

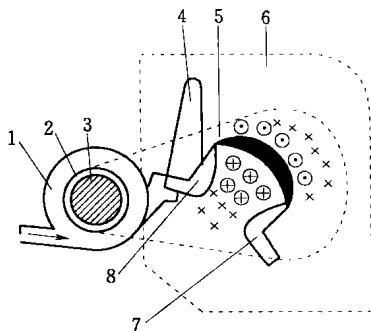


图 1.6 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈；2—绝缘塞；3—铁芯；
4—引弧角；5—导磁夹板；6—灭弧罩；7—动触头；8—静触头

(2) 磁吹灭弧。磁吹灭弧的原理如图 1.6 所示。在触头电路中串入一个磁吹线圈 1，该线圈产生的磁通经过导磁夹板 5 引向触头周围，如图中的“×”符号所示；触头断口产生电弧后，电弧电流所产生的磁通如图 1.6 中“⊕”和“⊙”符号所示。可见在弧柱下方两个磁通是相加的，而在弧柱上方彼此相减，因此电弧在下强上弱的磁场作用下，被拉长并吹入灭弧罩 6 中，引弧角 4 与静触头 8 相连接，其作用是引导电弧向上运动，将热量传递给罩壁，使电弧冷却并熄灭。

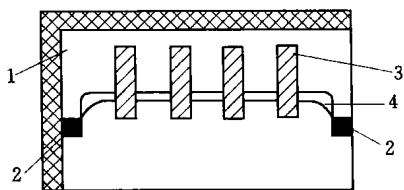


图 1.7 金属栅片灭弧示意图

1—灭弧室；2—触头；3—灭弧栅片；
4—电弧

该灭弧装置是利用电弧电流本身来灭弧的，因而电弧电流越大，吹弧能力也越强。它广泛应用于直流电路中。

(3) 金属栅片灭弧。图 1.7 为金属栅片灭弧装置示意图。灭弧栅是由多片镀铜薄钢片（称为栅片）组成，它们安放在电器触头上方的灭弧栅内，彼此之间互相绝缘。电器的触头分离时所产生的电弧将在磁吹电动力的作用下被推向灭弧栅内。电弧进入栅片后被分割成一段段串联的短弧，而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧栅片之间都有 150~250V 的绝缘强度，使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强，以致外加电压无法维持，电弧迅速熄灭。除此之外，栅片还能吸收电弧热量，使电弧冷却。基于上述原因，电弧进入栅片后就会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多，所以在交流电器中常采用栅片灭弧。



(4) 灭弧罩。灭弧罩结构简单,它是用陶土或石棉水泥制成的耐高温的灭弧装置,用来降温 and 隔断电弧,灭弧罩可用于交流和直流电路中。

1.2 主 令 电 器

在控制系统中,主令电器是一种专门发布控制命令、直接或通过电磁式电器间接作用于控制电路并改变电路工作状态的电器,常用来控制控制系统中电动机的启动、停车、调速及制动等。

常用的主令电器有:控制按钮、行程开关、接近开关,万能转换开关、主令控制器及其他主令电器,如脚踏开关、倒顺开关、紧急开关、钮子开关等。本节仅介绍几种常用的主令电器。

1.2.1 按钮

按钮是手动开关,通常用来短间接通或断开小电流控制的电路,它通过控制接触器或继电器等电器的电磁线圈去控制主电路的通断。在结构上一般分为掀钮式、紧急式、钥匙式和旋钮式。其中紧急式表示紧急操作,按钮上装有蘑菇形钮帽,颜色为红色,一般安装在操作台(控制柜)明显位置上。按钮分为常开按钮、常闭按钮及常开按钮、常闭按钮封装在一起的复合按钮。其结构示意图如图 1.8 所示。

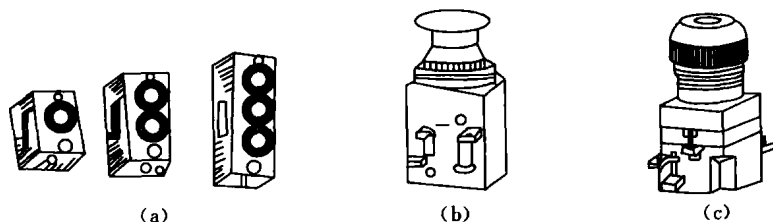


图 1.8 控制按钮的结构示意图

(a) LA10 系列按钮; (b) LA18 系列按钮; (c) LA19 系列按钮

按钮主要依据所需的触点数、使用场合及颜色来选择。为避免按钮误操作,通常将按钮帽做成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等颜色。按照国标 GB 5226—85《机床电器设备通用技术条件》规定,“停止”和“急停”按钮必须用红色;“启动”按钮用绿色;“启动”与“停止”交替动作的按钮用黑色、白色或灰色,不能用红色或绿色;“点动”按钮用黑色等。

常见按钮有 LA 系列和 LAY1 系列。LA 系列按钮的额定电压为交流 500V、直流 440V,额定电流为 5A;LAY1 系列按钮的额定电压为交流 380V、直流 220V,额定电流为 5A。按钮帽有红、绿、黄、白等颜色,一般红色用作停止按钮,绿色用作启动按钮。

控制按钮的型号含义和电气符号如图 1.9 所示。

1.2.2 行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关。它的作用与按钮相同,只是其触点的动作不是靠

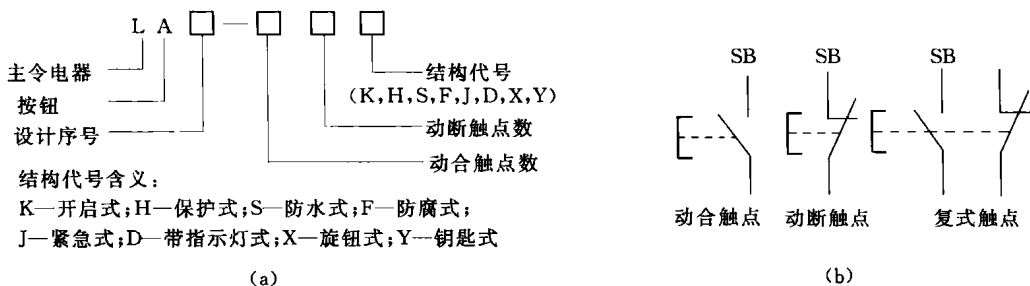


图 1.9 控制按钮的型号含义和电气符号

(a) 型号含义; (b) 电气符号

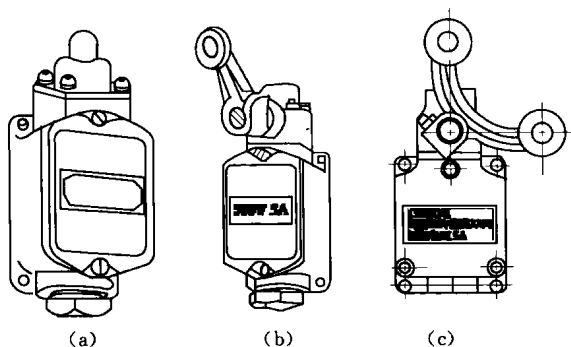


图 1.10 行程开关的外形示意图

(a) 径向传动杆式; (b) 单滚轮式; (c) 双滚轮式

手动操作, 而是利用生产机械某些运动部件上的挡铁碰撞其滚轮使触头动作来实现接通或分断电路的, 将运动部件的位置或行程信号转换成电信号, 实现相应的控制功能。

行程开关的结构分为三个部分, 即操作机构、触头系统和外壳, 行程开关的外形如图 1.10 所示。行程开关分为单滚轮、双滚轮及径向传动杆等形式, 其中, 单滚轮和径向传动杆行程开关可自动复位, 双滚轮为碰撞复位。

常见的行程开关有 LX19 系列、LX22 系列、JLXK1 系列和 JLXW5 系列。其额定电压为交流 500V、380V, 直流 440V、220V, 额定电流为 20A、5A 和 3A。

行程开关的型号含义和电气符号如图 1.11 所示。

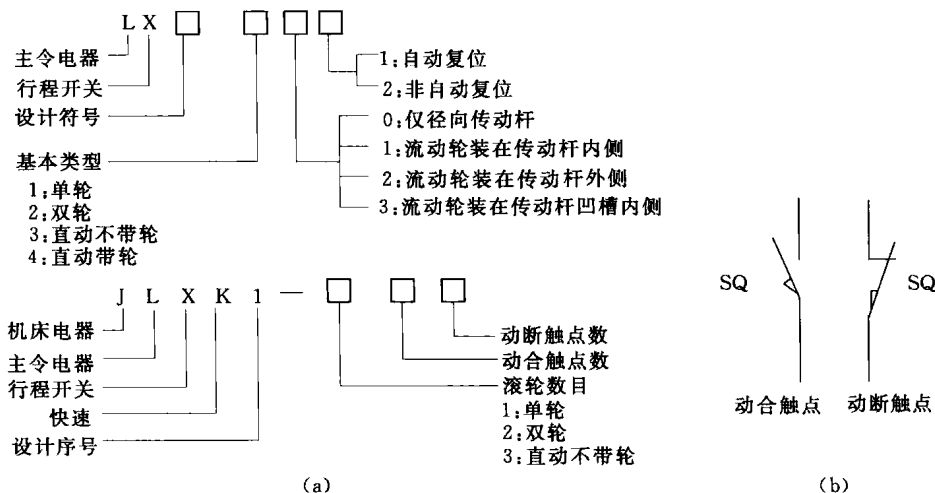


图 1.11 行程开关的型号含义和电气符号

(a) 型号含义; (b) 电气符号



1.2.3 接近开关

接近式位置开关是一种无触点式位置开关,简称接近开关,具有工作稳定可靠、寿命长、重复定位精度高以及能适应恶劣的工作环境等特点。它由感应头、高频振荡器、放大器和外壳组成。当运动部件与接近开关的感应头接近时,就使其输出一个电信号。

接近开关包括电感式和电容式两种。

电感式接近开关的感应头是一个具有铁氧体磁芯的电感线圈,只能用于检测金属体。振荡器在感应头表面产生一个交变磁场,当金属块接近感应头时,金属中产生的涡流吸收了振荡的能量,使振荡减弱以至停振,因而存在振荡和停振两种信号,经整形放大器转换成二进制的开关信号,从而起到“开”、“关”的控制作用。

电容式接近开关的感应头是一个圆形平板电极,与振荡电路的地线形成一个分布电容,当有导体或其他介质接近感应头时,电容量增大而使振荡器停振,经整形放大器输出电信号。电容式接近开关既能检测金属又能检测非金属及液体。

常用的电感式接近开关型号有 LJ1、LJ2 等系列,
电容式接近开关型号有 LXJ15、TC 等系列产品。

接近开关按供电方式可分为直流型和交流型,按输出形式又可分为直流两线制、直流三线制、直流四线制、交流两线制和交流三线制。

接近开关的电气符号如图 1.12 所示。

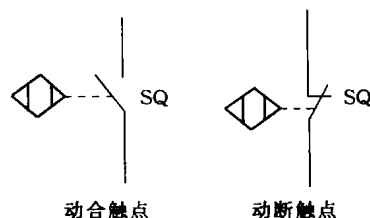


图 1.12 接近开关的电气符号

1.2.4 万能转换开关

万能转换开关是一种多挡式,控制多回路的主令电器,一般可作为多种配电装置的远距离控制,也可作为电压表、电流表的换相开关,还可作为小容量电动机的启动、制动、调速及正反向转换的控制。其触头挡数多、换接线路多、用途广泛,故有“万能”之称。

万能转换开关主要由操作机构、面板、手柄及数个触点座等部件组成,并用螺栓组装成为一个整体。触点座可有 1~10 层,每层均可装 3 对触点,并由其中的凸轮进行控制,如图 1.13 (a) 所示。由于每层凸轮可做成不同的形状,因此当手柄转到不同位置时,通过凸轮的作用,可使各对触点按需要的规律接通和分断。

常见的万能转换开关的型号为 LW5 系列和 LW6 系列。LW5 系列可控制 5.5kW 及以下的小容量电动机, LW6 系列只能控制 2.2kW 及以下的小容量电动机。万能转换开关的图形符号及文字符号如图 1.13 (b) 所示。图 1.13 (b) 中水平方向的数字 1~3 表示触点编号,垂直方向的数字及文字“左”、“0”、“右”表示手柄的操作位置(挡位),虚线表示手柄操作的联动线。在不同的操作位置,各对触点的通、断状态的表示方法为:在触点的下方与虚线相交位置有黑色圆点表示在对应操作位置时触点接通,没涂黑色圆点表示在该操作位置不通。开关具体型号不同,触点数目和操作挡位数目也不同。

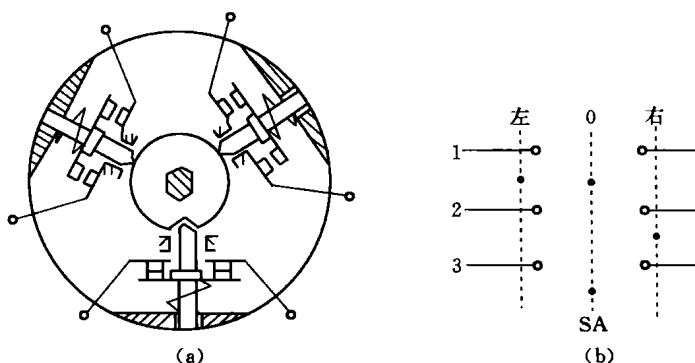


图 1.13 万能转换开关结构原理图和电气符号
(a) 结构原理图；(b) 电气符号

1.3 接 触 器

接触器是一种应用广泛的开关电器。它主要用于频繁接通或分断交、直流主电路和大容量的控制电路，可远距离操作，配合继电器可以实现定时操作，联锁控制及各种定量控制和失压及欠压保护。接触器广泛应用于自动控制电路，其主要控制对象是电动机，也可用于控制其他电力负载，如电热器、照明、电焊机、电容器组等。

接触器按流过其主触点的电流的性质分为直流接触器和交流接触器。

1.3.1 接触器的结构及工作原理

1. 交流接触器的结构及工作原理

如图 1.14 所示，交流接触器主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置及支架底座等其他部分组成。

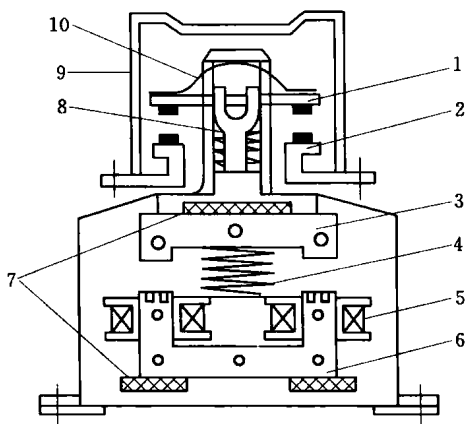


图 1.14 接触器的结构示意图

1—动触点；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；
5—电磁线圈；6—铁芯；7—垫毡；8—触点弹簧；
9—灭弧罩；10—压力弹簧

(1) 电磁机构：电磁系统包括电磁线圈、铁芯和衔铁，是接触器的重要组成部分，依靠它带动触点实现闭合与断开。

(2) 触头系统：触头是接触器的执行部分，包括主触点和辅助触点。主触点的作用是接通和分断主回路，控制较大的电流，而辅助触点接在控制回路中，以满足各种控制方式的要求。

(3) 灭弧装置：灭弧装置用来保证触点断开电路时，产生的电弧能可靠熄灭，减少电弧对触点的损伤。为了迅速熄灭断开时的电弧，通常接触器都装有灭弧装置，一般采用半封式纵缝陶土灭弧罩，并配有强磁吹弧回路。

(4) 其他部分：有绝缘外壳、弹簧、短路