

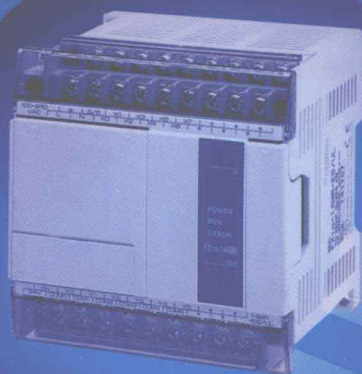


高职高专“十一五”规划教材

DIANQI KONGZHI YU PLC

电气控制与PLC

杨亚萍 主 编
陈北莉 副主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

电气控制与 PLC

杨亚萍 主 编

陈北莉 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从电气控制、可编程序控制器两个角度出发,以电气控制系统的基本理论为基础,讲述了常用低压电器的原理及选用,系统地介绍了传统继电器控制线路分析与设计的基本方法;以国内广泛使用的三菱公司 FX 系列 PLC 为背景,介绍了可编程序控制器的工作原理、特点、硬件结构、编程元件与指令系统,从便于教学出发详细介绍了梯形图程序的常用设计方法、PLC 系统设计与应用实例。全书内容深入浅出,描述较细,具体教学时可根据学时安排选用。

本书适合作为高职高专自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的教材,也可供电气工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 PLC/杨亚萍主编. —北京:化学工业出版社, 2009.7
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-05520-0

I. 电… II. 杨… III. ①电气控制-高等学校:技术学院-教材②可编程序控制器-高等学校:技术学院-教材 IV. TM571.2 TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 069380 号

责任编辑:王听讲
责任校对:顾淑云

文字编辑:高 震
装帧设计:韩 飞

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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 13¼ 字数 326 千字 2009 年 8 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:24.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电气控制技术在生产过程、科学研究等领域中的应用十分广泛。可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种专门应用于工业控制领域的计算机, 是在继电器-接触器控制技术的基础上, 综合自动控制技术、计算机技术和通信技术形成的一种新型自动控制设备。由于 PLC 具有使用简单、灵活和可靠等优点, 已经成为工业自动化领域中应用最广泛的控制装置之一。目前 PLC 在我国的应用相当广泛, 尤其是小型 PLC, 采用类似继电器逻辑的过程操作语言, 使用十分方便, 备受电气工程技术人员欢迎, 因此, 了解和学习这些重要的技术对机电类专业的高职高专学生来说是必不可少的。

本书在编写过程中, 以实际应用和便于教学为目标, 与当前流行的先进技术产品相结合, 力求突出针对性、实用性和先进性。另外, 在理论介绍方面, 紧紧结合高职高专院校课程相应的实验装置, 力求做到理论联系实际。叙述深入浅出、主次分明、详略得当, 尽可能体现出高职高专教材的特色。

全书共分 7 章。第 1~2 章为电气控制, 主要内容包括常用低压电器、电气控制线路的基本环节、典型机械设备电气控制系统分析、机床电气控制线路的设计。第 3~7 章为可编程序控制器, 主要内容包括可编程序控制器的构成及工作原理、可编程序控制器的指令系统、梯形图及编程方法、可编程序控制器的应用系统的设计。每章附有小结和适量的习题与思考题。附录中详细介绍了编程软件的使用方法, 以及实验装置的功能及应用。

本书适用于高职高专机电一体化、自动化专业、电气专业及其他相关专业。本书对于相关专业的本科生和工程技术人员来说也是一本较好的参考书和自学教材。

本书由杨亚萍任主编、陈北莉任副主编。其中, 第 1、2 章由狄丽编写、第 3 章由宋丽娜编写, 第 4、7 章及附录由陈北莉编写, 第 5 章由杨亚萍、雷新颖编写, 第 6 章由赵虎兵编写。

本书在编写过程中参考了一些专家、同行的论文和专著, 在此表示真诚的感谢。由于编者学识水平有限, 书中难免存在疏漏和欠妥之处, 希望专家、同行及使用本教材的老师、学生批评指正。

编 者

2009 年 6 月

目 录

第1章 常用低压控制电器	1
1.1 低压电器的基本知识	1
1.1.1 低压电器的分类	1
1.1.2 低压电器的基本结构	2
1.2 刀闸开关和主令电器	4
1.2.1 刀闸开关	4
1.2.2 主令电器	6
1.3 接触器	8
1.4 继电器	9
1.4.1 电磁式继电器	10
1.4.2 时间继电器	11
1.4.3 热继电器	12
1.5 低压断路器及漏电保护开关	14
1.5.1 低压断路器（自动开关）	14
1.5.2 漏电保护开关	15
1.6 熔断器	15
1.6.1 熔断器的种类	15
1.6.2 熔断器的选择	16
本章小结	17
习题与思考题	18
第2章 基本电气控制线路	19
2.1 电气控制线路图的绘制	19
2.1.1 电气图的图形和文字符号	19
2.1.2 电路图	19
2.1.3 电气接线图	20
2.1.4 电器位置图	21
2.2 常见电气控制线路	21
2.2.1 异步电动机的单方向控制线路	21
2.2.2 异步电动机的可逆转动电路	22
2.2.3 时间继电器控制 Y/ Δ 降压启动控制电路	23
2.3 电气控制线路的其他基本环节	24
2.3.1 点动控制	24
2.3.2 顺序控制	24
2.3.3 多点控制与条件控制	25

2.3.4 自动循环控制电路	25
2.4 常见机床的控制线路	26
2.4.1 车床的电气控制	26
2.4.2 X62W 卧式万能铣床的电气控制	28
本章小结	32
习题与思考题	33
第3章 可编程序控制器	34
3.1 可编程序控制器概述	34
3.1.1 PLC 的产生	34
3.1.2 PLC 的特点	35
3.1.3 PLC 的主要用途	36
3.1.4 PLC 的发展趋势	36
3.1.5 可编程序控制器与继电器控制的比较	36
3.2 PLC 的硬件组成	37
3.2.1 PLC 的分类	37
3.2.2 PLC 的硬件组成	38
3.3 PLC 的工作过程及性能指标	41
3.3.1 PLC 的工作过程	41
3.3.2 PLC 对 I/O 信息的变换	42
3.3.3 PLC 的性能指标	43
3.4 PLC 的编程语言	43
3.4.1 PLC 的编程语言	43
3.4.2 梯形图的特点	45
本章小结	45
习题与思考题	46
第4章 三菱 FX 系列 PLC	47
4.1 三菱 FX 系列 PLC 简介	47
4.1.1 FX 系列 PLC 的特点	47
4.1.2 FX 系列 PLC 的介绍	48
4.1.3 三菱 FX 系列 PLC 的外部接线图	51
4.2 三菱 FX 系列 PLC 的软继电器	53
4.3 基本指令及编程	65
4.3.1 基本指令介绍	65
4.3.2 应用举例	73
4.4 步进指令及编程	78
4.5 功能指令及编程	80
4.5.1 功能指令的基本格式	80
4.5.2 功能指令介绍	82
4.5.3 应用举例	93
本章小结	98

习题与思考题	98
第 5 章 可编程序控制器的程序设计	102
5.1 梯形图概述	102
5.1.1 梯形图的特点	102
5.1.2 梯形图编程的基本原则	102
5.1.3 典型单元梯形图	104
5.2 经验设计法	106
5.2.1 经验设计法的基本思路	106
5.2.2 基本电路	107
5.2.3 小车的自动往返控制	108
5.3 顺序控制设计法	109
5.3.1 顺序控制设计法	109
5.3.2 顺序控制功能图的组成	110
5.3.3 顺序控制功能图的基本结构	111
5.3.4 顺序控制功能图转化实现的基本原则	113
5.4 采用 STL 指令的编程方法	114
5.4.1 使用步进指令进行编程的基本思路	114
5.4.2 单序列的编程	114
5.4.3 选择序列的编程	117
5.4.4 并行序列的编程	118
5.5 使用启保停电路的编程方法	119
5.5.1 单序列的编程	120
5.5.2 选择序列的编程	121
5.5.3 并行序列的编程	122
5.5.4 仅有两步的闭环的处理	124
5.6 以转换为中心的编程方法	124
5.7 应用实例	126
5.7.1 液体的自动混合控制	126
5.7.2 十字路口交通信号灯的控制	127
本章小结	130
习题与思考题	130
第 6 章 S7-200 可编程序控制器	133
6.1 S7-200 可编程序控制器概述	133
6.1.1 S7-200 可编程序控制器的硬件系统	133
6.1.2 模块性能简介	134
6.2 基本指令	137
6.2.1 基本的指令格式	137
6.2.2 位逻辑指令	143
6.2.3 数据处理类指令	148
6.2.4 定时器与计数器指令	154

6.2.5 控制类指令	159
6.3 应用实例	162
本章小结	168
习题与思考题	168
第7章 可编程序控制器的应用系统设计	170
7.1 PLC应用系统设计步骤	170
7.1.1 PLC应用系统设计的基本原则	170
7.1.2 PLC控制系统的设计步骤	170
7.2 PLC应用系统的硬件设计	172
7.2.1 PLC的选型	172
7.2.2 PLC的容量确定	173
7.2.3 I/O模块的选择	173
7.3 PLC应用系统的软件设计	174
7.3.1 程序设计的主要步骤	174
7.3.2 程序设计流程图	175
7.4 应用实例	176
7.4.1 PLC在Z3040摇臂钻床电气控制系统的应用	176
7.4.2 PLC在水塔供水系统控制中的应用	179
7.4.3 PLC在工业自动生产线中的应用	184
本章小结	187
习题与思考题	187
附录	188
附录A SWOPC-FXGP/WIN-C编程软件的使用方法	188
附录B THPLC-C型实验装置介绍	195
附录C FX-20P-E手持式编程器的使用方法	196
参考文献	204

第 1 章 常用低压控制电器

在我国经济建设和人民生活中,电能的应用越来越广泛。在工业、农业、交通、国防以及人民生活的一切用电部门中,大多采用低压供电。为了安全、可靠地使用电能,电路中就必须装有各种起调节、分配、控制和保护作用的接触器、继电器等低压电器,即无论是低压供电系统还是控制生产过程的电气控制系统,均是由用途不同的各类低压电器组成。低压电器也是机床电气控制系统的基本组成元件。控制系统的优劣与所用低压电器直接相关。尽管随着电子技术、自控技术和计算机技术的迅猛发展,一些电气元件可能被电子线路所取代,但由于电气元件本身也朝着新的领域扩展(表现在提高元件的性能,生产新型的元件,实现机、电、仪一体化,扩展元件的应用范围等),且有些电气元件有其特殊性,故不可能被完全取代。随着科学技术和生产的发展,低压电器的种类不断增多,用量也不断增大,用途更为广泛。所以电气技术人员必须熟悉常用低压电器的原理、结构、型号、规格和用途,并能正确选择、使用与维护。

本章介绍刀开关、转换开关、主令电器、接触器、继电器、熔断器的使用方法、结构原理、图形符号等内容。

1.1 低压电器的基本知识

低压电器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、控制或调节作用的电气设备,以及利用电能来控制、保护和调节非电过程和非电装置的用电装备。随着工农业生产的发展和某些工业部门使用电压等级的提高,低压电器的电压等级也将提高。

1.1.1 低压电器的分类

我国现行标准将工作电压交流 1200V、直流 1500V 以下的电气线路中起通断、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。掌握低压电气元件的工作原理及其应用,是学习和设计、使用、操作自动化控制系统的基础。本节主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、用途及其应用等有关知识,并介绍它们的选用方法,为正确选择和合理使用这些电器打下基础。

1. 按低压电器的用途或所控制的对象分类

1) 低压配电电器

这类电器包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关。主要用于低压配电系统中,要求在系统发生故障的情况下动作准确、工作可靠。

2) 低压控制电器

这类电器包括接触器、继电器、控制器等。主要用于电气传动系统中,要求寿命长、体

积小、重量轻、工作可靠。

3) 低压主令电器

这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能开关等。主要用于发送控制指令，要求操作频率高、抗冲击，电器和机械寿命长。

4) 低压保护电器

这类电器有熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。主要用于对电路和电气设备进行安全保护。要求这类电器有一定的通断能力，反应要灵敏，可靠性要高。

5) 低压执行电器

这类电器有电磁铁、电磁离合器等。主要用于执行某种动作和传动功能。

2. 按低压电器的动作方式分类

1) 自动切换电器

依靠电器本身参数变化或外来信号（如电、磁、光、热等）而自动完成接通、分断或使电机启动、反向以及停止等动作。如接触器、继电器等。

2) 非自动切换电器

依靠外力（如人工）直接操作来进行切换等动作，如手动电器。是通过人力做功来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器。常用的手动电器有刀开关、按钮、转换开关等。

3. 按电器的工作环境分类

一般用途的低压电器（称为基本系列）的使用环境条件为：海拔高度不超过 2000m；空气温度为 $-25\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；空气相对湿度 90% 以下；安装倾斜度不大于 5° ；无爆炸危险的介质及无显著摇动和冲击振动的场合。对于在特殊环境和工作条件下使用的各类低压电器，常在基本系列产品的基础上进行派生，构成如防爆电器、船舶电器、化工电器、热带电器、高原电器以及牵引电器等。

1.1.2 低压电器的基本结构

从结构上看，电器一般都具有两个基本组成部分，即感测部分与执行部分。感测部分接收外界输入的信号，并通过转换、放大与判断做出有规律的反应，使执行部分动作，或者输出相应的指令，实现控制。对于有触点的电磁式电器，感测部分大都是电磁机构，而执行部分则是触头系统。

1. 电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换成机械能，并带动触点闭合或断开。

1) 结构形式

电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、铁芯（亦称静铁芯）和衔铁（也称动铁芯）三部分组成。其工作原理为：当线圈通入电流后，磁通 Φ 通过铁芯、衔铁和气隙形成闭合回路，衔铁受电磁吸力的作用吸向铁芯，同时衔铁又受弹簧拉力的作用，只有当电磁吸力大于弹簧反力时，衔铁才能被铁芯吸住。电磁吸力应大于弹簧反力，以便吸牢，但吸力又不宜过大，否则在吸合时衔铁与铁芯将发生严重撞击。

直流励磁的电磁铁和交流励磁的电磁铁在结构上不相同。直流电磁铁在稳定状态下通过恒定磁通，铁芯中没有磁滞损耗和涡流损耗，不产生热量，只有线圈产生热量，故直流电磁铁的线圈没有骨架，且呈细长形，以增加它和铁芯直接接触的面积，从而使线圈产生的热量通过铁芯散发出去。交流电磁铁中通过交变磁通，铁芯中有磁滞损耗和涡流损耗，产生热

量,因此铁芯用硅钢片叠压而成,以减小铁损,并将线圈制成短粗形,由线圈骨架把它和铁芯隔开,以免铁芯的热量传递给线圈,使其过热而烧坏。

跨接在电源两端的电磁铁线圈称电压线圈,其电流值由电路电压和线圈本身的电阻或阻抗决定。电压线圈圈数多、导线细、电流小而匝间电压高,一般用绝缘性能好的漆包线绕制。

当需要反应主电路电流时,常将电磁线圈串入主电路,即称为电流线圈。当主电路电流超过其动作值时,电磁铁吸合,通过线圈的电流值由电路负载的大小决定。由于主电路的电流一般较大,因此线圈导线粗、匝数少,通常用紫铜条或粗的紫铜线绕制。

2) 交流电磁铁的分磁环

对于单相交流电磁机构,一般在铁芯端面上安装一个铜制的分磁环(或称短路环),以便改善工作状况。这是因为电磁机构的磁通是交变的,而电磁吸力与磁通平方成正比,当磁通为零时,吸力也为零,这时衔铁在弹簧反力作用下被拉开。磁通过零后吸力增大,当吸力大于弹簧反力时,衔铁又吸合。在如此反复循环的过程中,衔铁产生强烈的振动和噪声,噪声污染工作环境,振动使电器寿命缩短,并使触点接触不良、磨损或熔焊。因此,在铁芯端面安装了分磁环后,将气隙磁通 Φ 分为两部分 Φ_1 和 Φ_2 , Φ_2 的一部分穿过分磁环,在环内产生感应电动势、感应电流,产生磁通 Φ_K , Φ_K 分别与 Φ_1 、 Φ_2 相量相加,使穿过气隙的磁通成为 Φ_{1K} 与 Φ_{2K} , Φ_{1K} 和 Φ_{2K} 不仅相位不同而且幅值也不一样。由这两个磁通产生的电磁力 F_{1K} 与 F_{2K} 间也有一个相位差。虽然每部分都有到达零值的时刻,但却不再同时过零点。如果分磁环设计得比较理想,使 $\varphi \approx 90^\circ$ 并且 F_{1K} 、 F_{2K} 近乎相等,这时,合成磁力就相当平坦,只要最小吸力大于弹簧反力,那么衔铁将会牢牢地被吸住,不会产生振动和噪声。

2. 触头系统

触头是低压电器的执行部件,低压电器就是通过触头的动作来接通与分断电路的。因此,触头工作的好坏直接影响整个电器的工作性能。触头的工作状态可分为闭合状态、闭合过程和分断过程。

1) 闭合状态

触头闭合工作时,由于接触表面凹凸不平,接触电阻增大,损耗增大,温度升高,表面氧化加剧,因此对触头的容许温升有一定的要求。

2) 载流情况下触头的闭合

在触头闭合的过程中,往往发生运动部分的弹跳,而触头的这一机械振动又使触头表面产生电气磨损,严重时发生触头熔焊。为此应适当增大触头弹簧的初压力,减小触头质量、降低触头的接通速度。例如,有些电器采用的滚动指式触头,在触头闭合瞬间,先由动触头的头部与静触头接触,经过一段滚动后再转变为动触头的根部与静触头接触。这种滚动指式触头闭合滚动接触的过程,既消除了氧化膜,又使得长期工作的触头面不会有熔焊现象发生,有利于电弧转移,减轻触头的电气磨损,对触头在闭合状态下的工作十分有利。

3) 载流情况下触头的分断

两触头之间的接触,实质上是许多个点的接触,触头在分断时最终将出现一个点接触的现象。这时,该点处的电流密度可达 $10^7 \sim 10^{12} \text{ A/m}^2$,致使金属熔化,并随着触头的分离形成熔化了的高温金属液桥,一旦触头完全分开,金属液桥被拉断,在断口处产生电弧。

电弧形成的过程是:当触头间刚出现断口时,两触头间距离极小,电场强度极大。在高热和强电场作用下,金属内部的自由电子从阴极表面逸出,奔向阳极,这些自由电子在电场

中运动时撞击其他中性气体分子，因此，在触头间隙中产生了大量的带电粒子，使气体导电形成了炽热的电子流，即电弧。

电弧一旦产生，便在弧隙中产生大量热能，电压越高，电流越大，即电弧功率越大，弧区温度越高，电弧的游离因素就越强。与此同时，弧隙中还存在着去游离因素，因为已游离的正离子和电子在空间相遇要进行复合，重新形成中性的分子。同时，高度密集的高温离子和电子要向周围密度小、温度低的介质扩散，使弧隙内离子和自由电子浓度降低，电弧电阻增加，电弧电流减小，热游离大为削弱。所以，电弧是游离与去游离的统一体，触头分断是切断电流，应使电弧尽快熄灭。为此，应抑制游离因素而加强去游离因素，若去游离因素处于主导地位，就能使电弧熄灭。

4) 灭弧措施

各种有触点电器都是通过触点的开、闭来通、断电路的。当触点接通电路时，存在着接触电阻，引起触点温升；当触点分断电路时，由于热电子发射和强电场的作用，使气体分子游离，从而在分断瞬间产生电弧。开关电器在断开电路时产生的电弧，一方面使电路仍旧保持导通状态，延迟了电路的断开；另一方面会烧损触点，缩短电器的使用寿命。所以不少电器采取了灭弧措施，归纳起来主要有以下几种：

- (1) 依靠触点的分开，机械地拉长电弧；
- (2) 利用流过导电回路或特制线圈的电流在弧区产生磁场，使电弧受力迅速移动和拉长电弧；
- (3) 将电弧分隔成许多串联的短弧；
- (4) 依靠磁场的作用，将电弧挤入用耐弧材料制成的狭缝中，以加快电弧的冷却；
- (5) 在封闭的灭弧室中，利用电弧自身能量分解固体材料产生气体，以提高灭弧室中的压力，或者利用产生的气体进行吹弧。

不同电器采用不同的灭弧措施，有些则采用多种措施。例如，石英砂熔断器的熔片用纯银片冲成变截面的形状，放在密封的管内，管内充满石英砂，当出现短路电流时，熔片狭颈片熔断，气化，形成几个串联的短弧，熔片气化后，体积受石英砂限制，不能自由膨胀，因此产生很高的压力，此压力推动弧隙中游离气体迅速向周围石英砂扩散，并受到石英砂的冷却，从而有较强的灭弧能力。

1.2 刀闸开关和主令电器

刀闸开关属于非自动切换的开关电器，一般用于主电路电源的控制。主令电器也属于非自动切换的开关电器，用于控制电路电源的控制，在控制电路系统中用来发布命令，例如按钮、转换开关、行程开关和接近开关等。它们使控制系统的状态改变。

1.2.1 刀闸开关

刀闸开关是一种手动电器，主要用来手动接通与断开交、直流电路，通常只作隔离开关使用，也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如小型电动机、电炉等。

刀闸开关按极数划分有单极、双极与三极等。其结构都由刀片、触点座、手柄和底板组成。

为了使用方便和减小体积，在刀闸开关上再安装上熔丝或熔断器，组成兼有通、断电路和保护作用的开关电器，如胶盖闸刀开关、熔断式刀开关等。

1. 胶盖闸刀开关

胶盖闸刀开关主要用于频率为 50Hz, 电压小于 380V, 电流小于 60A 的电力线路中, 作为一般照明、电热等回路的控制开关; 也可用作分支线路的配电开关。三极的胶盖闸刀开关适当降低容量时可以直接用于不频繁启动和停止的小型电动机, 并借助熔丝起过载保护作用。常用的有 HK1、HK2 系列。

2. 组合开关

组合开关也是一种刀闸开关, 不过它的刀片(动触片)是转动式的, 比刀开关轻巧而且组合性强, 能组成几十种接线方式。

组合开关由若干分别装在数层绝缘件内的双断点桥式动触片、静触片(它与盒外的接线相连)组成。动触片装在附加有手柄的绝缘方轴上, 方轴随手柄而旋转, 于是动触片也随方轴转动并变更其与静触片分、合位置。所以, 组合开关实际上是一个多触点、多位置式可以控制多个回路的开关电器, 亦称转换开关。组合开关是一种刀闸开关, 用于主电路的控制, 但没有灭弧装置, 使用时应加以注意。

组合开关分为单极、双极和多极三类。其主要参数有额定电压、额定电流、允许操作频率、极数、可控制电动机最大功率等。其中, 额定电流有 10A、20A、40A 和 60A 等几个等级。全国统一设计的新型组合开关有 HZ15 系列, 其他常用的组合开关有 HZ10、HZ5 和 HZ2 型。近年引进生产的德国西门子公司 3ST、3LB 系列组合开关也有应用。

组合开关根据接线方式不同可组成以下几种类型: 同时通断(各极同时接通或同时分断)、交替通断(一个操作位置上, 只有总极数中的一部分接通, 而另一部分断开)、两位转换(类似双投开关)、三位转换、四位转换等。

组合开关在电气原理图中的画法, 如图 1-1 所示。图中虚线表示操作位置, 而不同操作位置的各对触点通断状态示于触点下方或右侧, 规定用与虚线相交位置上的涂黑圆点表示接通, 没有涂黑圆点表示断开。另一种是用触点通断状态表来表示, 表中以“+”(或“×”)表示触点闭合, “-”(或无记号)表示分断。

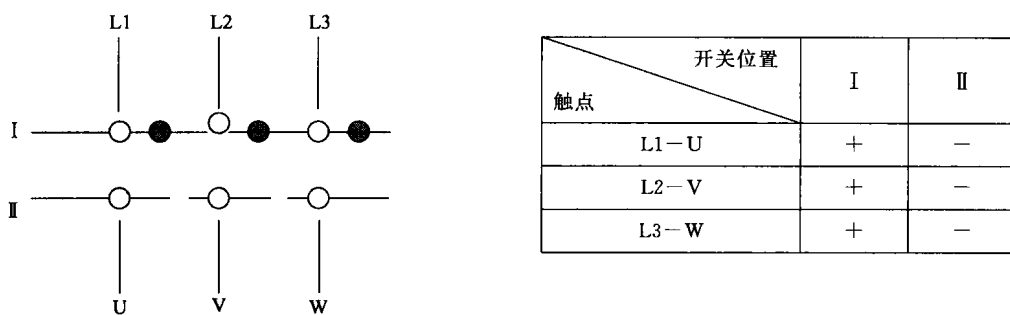
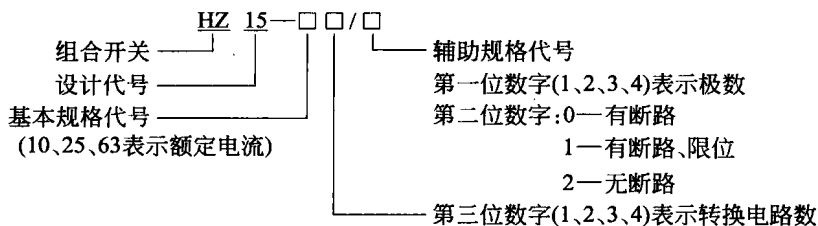


图 1-1 组合开关的图形符号

组合开关的型号含义:



1.2.2 主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的电器，主要用来接通和分断控制电路，以达到发号施令的目的。主令电器应用广泛，种类繁多，最常见的有控制按钮、行程开关、万能转换开关。

1. 控制按钮

控制按钮的主要技术要求为规格、结构形式、触点对数和按钮的颜色。通常所选用的规格为交流额定电压 500V，允许持续电流为 5A。结构形式有多种，

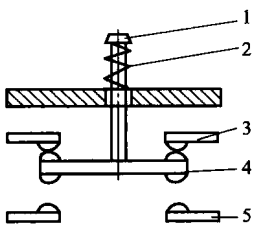


图 1-2 控制按钮结构示意图

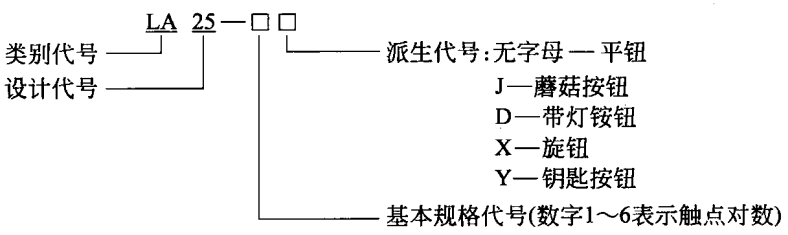
- 1—按钮；2—复位弹簧；
- 3—常闭触头；4—动触头；
- 5—常开触头

适合于以下各种场合：紧急式——装有突出的蘑菇形钮帽，以便紧急时操作；旋钮式——用手旋转进行操作；指示灯式——在透明的按钮内装入信号灯，以作信号显示；钥匙式——为使用安全起见，需用钥匙插入方可旋转操作等。控制按钮的颜色有红、绿、黑、白、黄、蓝等，供不同场合选用。控制按钮结构如图 1-2 所示。

控制按钮主要用于操纵控制器，或者控制接触器和继电器的线圈电源，或用于电气联锁线路，以实现对各种运动的控制。

全国统一设计的控制按钮型号为 LA25 系列，其他常用的型号为 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列。引进生产的有德国 BBC 公司的 LAZ 系列。

控制按钮型号含义：



LA25 系列控制按钮是组合式结构，并采用插接式结构连接，接触系统采用独立的接触单元，可以根据需要任意组合常开、常闭触点对数，最多可组合为 6 个单元。

2. 万能转换开关

万能转换开关属于主令电器，和组合开关相比，是一种具有更多操作位置和触点、能够换接多条电路的手动控制电器。由于它能控制多条回路，适合控制复杂线路，故有万能转换开关之称。

它由触点座、凸轮、转轴、定位机构、螺杆和手柄等组成，并由 1~20 层触点底座叠装起来。其中每层底座均可装三对触点，并由触点底座中的凸轮（套在转轴上）来控制这三对触点的接通和断开。由于各层凸轮可制成不同形状，因此，用手柄将开关转到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各对触点按所需的变化规律接通或断开，以适应不同线路的要求。

表征万能转换开关特性的有额定电压、额定电流、手柄形式、触点座数、触点对数、触点座排列形式、定位特征代号、手柄定位角度等。如 LW6 系列的额定电压为交流 380V、直流 220V，额定电流为 5A，触点座排列形式有单列式、双列式和三列式。对于双列式，其列与列之间用齿轮啮合，并由公共手柄进行操作，双列式的触点对数比单列式增加一倍。当定位机构用不同限位方式时，LW6 所用手柄可达 2~12 个操作位置。

常用的万能转换开关有 LW8、LW6、LW5、LW2 等系列。表 1-1 为 LW6 系列万能转

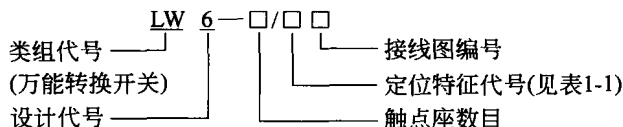
表 1-1 LW6 系列万能转换开关定位特征代号

定位代号	手柄定位角度											
A						0	30					
B					30	0	30					
C					30	0	30	60				
D				60	30	0	30	60				
E				60	30	0	30	60	90			
F			90	60	30	0	30	60	90			
G			90	60	30	0	30	60	90	120		
H		120	90	60	30	0	30	60	90	120		
I		120	90	60	30	0	30	60	90	120	150	
J	150	120	90	60	30	0	30	60	90	120	150	
K	210	120	90	60	30	0	30	60	90	120	150	180

换开关定位特征代号表。

万能转换开关主要用于电气控制电路的转换。在操作不太频繁的情况下，也可用于小容量电动机的启动、停止或反向的控制。

万能转换开关型号含义：



3. 行程开关

行程开关又称限位开关，能将机械位移转变为电信号，以控制机械运动。它的种类很多，按结构可分为直动式、滚动式和微动式；按接触点性质可分为有触点式和无触点式。

其动作原理与控制按钮类似，只是它用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆。结构简单，成本较低，但触点的分合速度取决于撞块移动的速度。若撞块移动速度太慢，则触点不能瞬时切断电路，使电弧在触点上停留时间过长，易于烧蚀触点。因此，这种开关不宜用在撞块移动速度小于 0.4m/min 的场合。

1) 微动开关

为克服直动式结构的缺点，采用了具有弯片状弹簧的瞬动机构。当推杆被压下时，弓簧片发生变形，储存能量并产生位移，当达到预定的临界点时，弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃，从而使电路接通、分断或转移。同样，减小操作力时，弹簧片释放能量并产生反向位移，当通过另一临界点时，弹簧片向相反方向跳跃。采用瞬动机构可以使开关触点的转换速度不受推杆压下速度的影响，这样不仅可以减轻电弧对触点的烧蚀，而且也能提高触点动作的准确性。

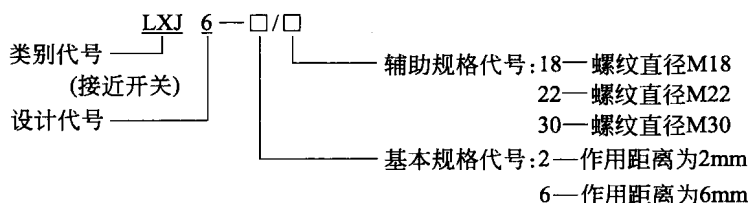
微动开关的体积小，动作灵敏，适合在小型机构中使用。但是，由于推杆所允许的极限行程很小，以及开关的结构强度不高，因此，使用时必须对推杆的最大行程在机构上加以限制，以免压坏开关。

2) 接近开关

为了克服有触点行程开关可靠性较差、使用寿命短和操作频率低的缺点，可采用无触点

式行程开关，也叫接近开关。接近开关不是靠撞块碰压开关发出信号，而是在移动部件装上一金属片，在移动部件需要改变工作状态的位置安装接近开关的感应头，其感应面正对金属片。当移动部件的金属片移动到感应头上面时，接近开关就输出一个指令信号，使控制电路改变工作状态。接近开关工作稳定可靠、使用寿命长，在自动控制系统中已获得广泛应用。

接近开关型号含义：



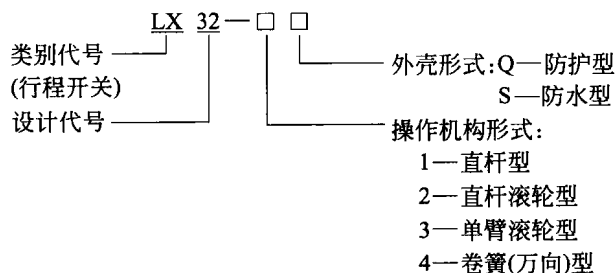
3) 行程开关型号

行程开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、触点转换时间、动作力、动作角度或工作行程、触点数量、结构形式和操作频率等。结构形式中的复位方式有自动复位和非自动复位两种。自动复位式是依靠本身的恢复弹簧来复位；非自动复位式在 U 形的结构摆杆上装有两个滚轮，当撞块通过其中的一个滚轮时，摆杆转过一定的角度，使开关动作。撞块离开滚轮后，摆杆并不自动复位，直到撞块在返回行程中再撞击另一滚轮时，摆杆才回到原始位置，使开关复位。由于这种开关具有“记忆”曾被压动过的特性，因此在某些情况下可使控制电路简化，而且根据不同需要，行程开关的两个滚轮可以布置在同一平面内或分别布置在两个平行平面内。

一般行程开关由执行元件、操作机构及外壳等部件组成。操作机构可根据不同场合的需要进行变换组合。

例如 LX32 系列行程开关采用了 LX31-1/1 型微动开关作为执行元件，配以外壳和操作机构，可组成四种不同的操作方式。全国统一设计的行程开关有 LX32、LX33 和 LX31 系列，其他常用的还有 LX19、LXW-11、JLXK1、LW2、LX5、LX10 等系列。

行程开关的型号含义：



1.3 接 触 器

接触器是电力拖动自动控制系统中使用量大，涉及面广的一种低压控制电器，用来频繁接通和分断交直流主电路和大容量控制电路。主要控制对象是电动机，能实现远距离控制，

并具有欠（零）电压保护。通常分为交流接触器和直流接触器两类。本节主要介绍交流接触器。

1. 交流接触器的结构和工作原理

1) 结构

接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置等组成，如图 1-3 所示。

(1) 电磁系统 电磁系统包括动铁芯（衔铁）、静铁芯和电磁线圈三部分，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触头动作。

(2) 触头系统 触头又称为触点，是接触器的执行元件，用来接通或断开被控制电路。

触头的结构形式很多，按其所控制的电路可分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路，允许通过较大电流；辅助触头用于接通或断开控制电路，只能通过较小电流。

触头按其原始状态可分为常开触头（动合触头）和常闭触头（动断触头）。原始状态时（即线圈未通电）断开，线圈通电后闭合的触头叫常开触头；原始状态时闭合，线圈通电后断开的触头叫常闭触头。线圈断电后所有触头复位，即复原到原始状态。

(3) 灭弧装置 触头在分断电流瞬间会产生电弧，电弧的高温能将触头烧损，并可能造成其他事故，因此，应采取适当措施迅速熄灭电弧。常采用灭弧罩、栅片灭弧和磁吹灭弧装置。

2) 工作原理

接触器是根据电磁原理工作的，当电磁线圈通电后产生磁场，使静铁芯产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触头动作，使常闭触头断开、常开触头闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触头复原，即常开触头断开，常闭触头闭合。

2. 交流接触器的常用型号

常用的交流接触器有 CJ0、CJ20、CJ12 等系列。

型号意义：

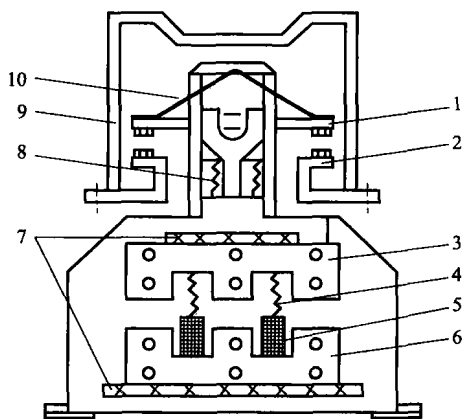
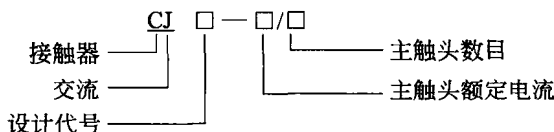


图 1-3 交流接触器结构示意图

1—动触头；2—静触头；3—衔铁；4—弹簧；
5—线圈；6—铁芯；7—垫毡；8—触头弹簧；
9—灭弧罩；10—触头压力弹簧

1.4 继电器

继电器是一种根据外界输入信号（电的或非电的）控制电路中电流“通”与“断”的自动切换电器。它主要用来反映各种控制信号，其触点通常接在控制电路中。