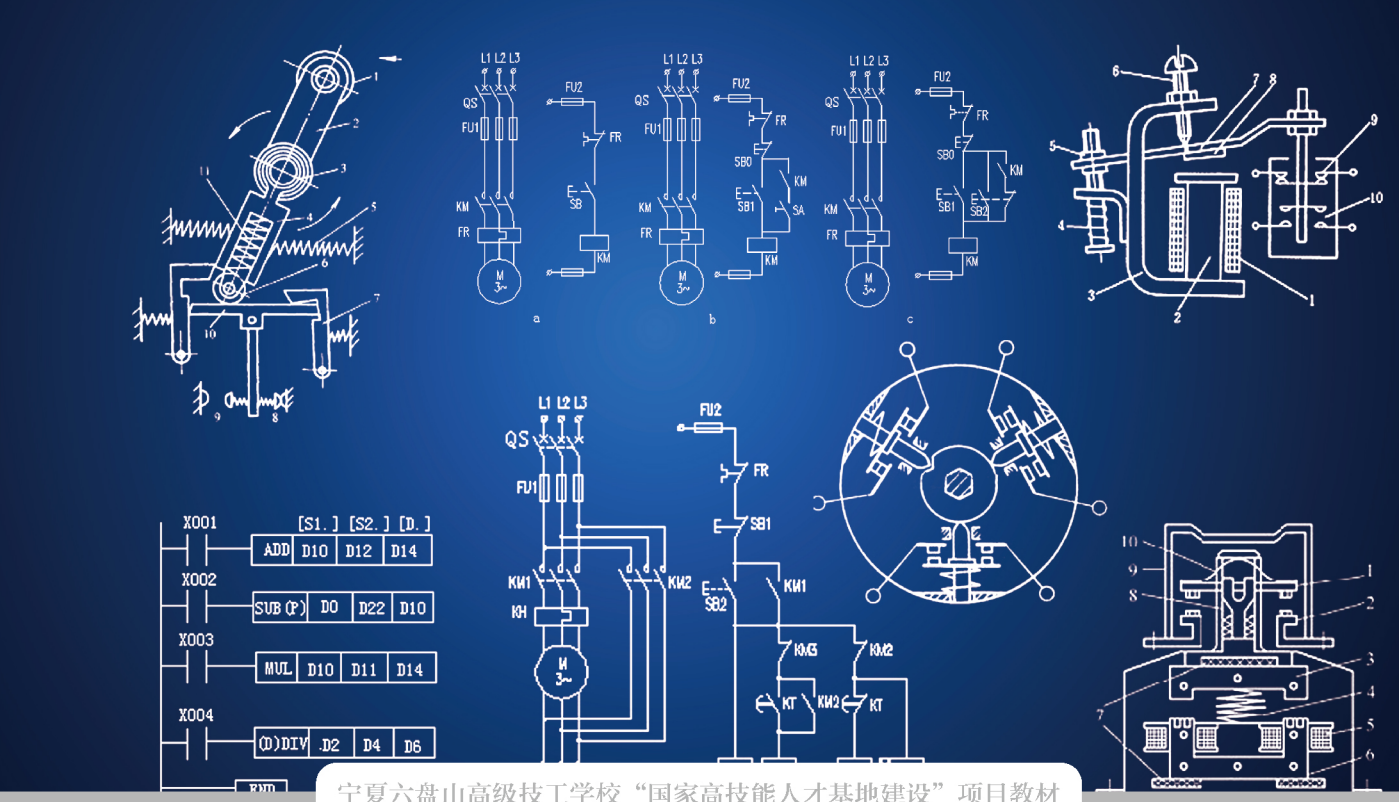


宁夏六盘山高级技工学校“国家高技能人才基地建设”项目教材

电器PLC控制

DIANQI PLC KONGZHI

陈小瑜 | 主编

黄河出版传媒集团
阳 光 出 版 社

宁夏六盘山高级技工学校“国家高技能人才基地建设”项目教材

电器PLC控制

DIANQI PLC KONGZHI

陈小瑜 | 主编

黄河出版传媒集团
阳 光 出 版 社

图书在版编目（CIP）数据

电器PLC控制 / 陈小瑜主编. -- 银川 : 阳光出版社, 2018.11
ISBN 978-7-5525-4554-8

Ⅰ. ①电… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①电器控制系统②PLC技术 Ⅳ. ①TM571

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第262760号

电器PLC控制　　陈小瑜　主编

责任编辑　胡　鹏
封面设计　晨　皓
责任印制　岳建宁

黄河出版传媒集团 阳光出版社 出版发行

地　　址　宁夏银川市北京东路139号出版大厦（750001）
网　　址　http：//www.ygchbs.com
网上书店　http：//shop129132959.taobao.com
电子信箱　yangguangchubanshe@163.com
邮购电话　0951-5014139
经　　销　全国新华书店
印刷装订　宁夏银报智能印刷科技有限公司
印刷委托书号　（宁）0011608

开　　本　787mm×1092mm　1/16
印　　张　12.75
字　　数　290千字
版　　次　2018年12月第1版
印　　次　2018年12月第1次印刷
书　　号　ISBN 978-7-5525-4554-8
定　　价　36.00元

版权所有　翻印必究

前　言

本教材注重学生的职业能力和综合素质的培养，以工作过程为导向，实训项目选取生产实践中的典型工作任务，力求理论与生产实践的结合。本书涵括了电气控制技术及PLC控制技术，共分七个章节：常用低压电器的认识、测试及安装，常用电气控制系统线路，PLC的认识和初步应用，FX系列PLC的指令系统及编程方法，PLC控制系统顺序控制法的编程和应用，PLC控制系统功能指令的编程应用，编程器的功能及使用。

本教材在内容编排上循序渐进、由浅入深，同时注重知识的系统性和全面性，在内容阐述上力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂。学习上既凸显“基于生产过程”和“教、学、做”等一体化教学特色，又注重学生素质和技能的培养。

本教材由宁夏六盘山高级技工学校陈小瑜编写，由于编者水平有限，书中难免出现错误不足，疏漏之处，恳请大家批评指正。

编　者

2018年12月

目　录

第一章　常用低压电器的认识、测试及安装 …… 1
第一节　低压电器分类及发展概况 …… 1
一、低压电器分类 …… 1
二、我国低压控制电器行业概况 …… 2
第二节　主令电器 …… 2
一、控制按钮 …… 2
二、行程开关 …… 4
三、接近开关 …… 6
四、红外线光电开关 …… 7
五、万能转换开关 …… 7
六、主令控制器 …… 8
第三节　接触器 …… 8
一、交流接触器 …… 9
二、直流接触器 …… 11
三、型号说明 …… 12
四、接触器的选用及注意事项 …… 12
第四节　继电器 …… 13
一、电磁式继电器 …… 13
二、时间继电器 …… 16
三、其他类继电器 …… 18
第五节　开启式负荷开关与低压断路器 …… 21
一、开启式负荷开关 …… 21
二、低压断路器 …… 23
第六节　熔断器 …… 25
一、常用熔断器 …… 26
二、熔断器的主要参数 …… 27
三、熔断器的选择 …… 27

第二章　常用电气控制系统线路 …… 34
第一节　电气控制电路的绘制 …… 34
一、电气控制系统图概述 …… 34
二、电气原理图的识读 …… 38
第二节　电气控制的基本电路 …… 39
一、连续运行控制 …… 39
二、点动控制 …… 40
三、多地起停控制 …… 41
四、多台电动机先后顺序工作的控制 …… 41
五、电动机正反转控制 …… 42
第三节　电动机的启动控制 …… 44
一、三相笼型电动机的直接启动控制 …… 44
二、降电压启动 …… 44
第四节　三相异步电动机的电气制动控制电路 …… 47
一、能耗制动控制 …… 47
二、反接制动控制 …… 48
三、电容制动控制 …… 48
第五节　生产机械电气控制系统 …… 49
一、车床的电气控制 …… 49
二、钻床的电气控制 …… 52

第三章　PLC 的认识和初步应用 …… 59
第一节　可编程序控制器简介 …… 59
一、可编程序控制器的产生、发展及定义 …… 59
二、PLC 的特点与应用领域 …… 61
三、PLC 的分类 …… 63
第二节　可编程序控制器的组成及工作原理 …… 64
一、可编程序控制器的构成 …… 64
二、可编程序控制器的方式 …… 70
三、PLC 的性能指标 …… 72
四、PLC 的发展趋势 …… 73
第三节　FX 系列可编程序控制器的系统配置 …… 74
一、FX 系列可编程序控制器 …… 74
二、FX 系列可编程序控制器的编程元件 …… 75
三、GX Developer 编程软件的应用 …… 79

第四章　FX 系列 PLC 的指令系统及编程方法 …… 87
第一节　FX 系列可编程序控制器的基本指令 …… 87
一、逻辑取及线圈驱动指令（LD、LDI、OUT） …… 87
二、触点的串联指令 …… 89
三、触点的并联指令（OR、ORI） …… 90
四、电路块并联连接指令（ORB） …… 90
五、电路块串联连接指令（ANB） …… 91
六、栈指令（MPS、MRD、MPP） …… 91
七、主控指令（MC、MCR） …… 93
八、置位与复位指令（SET、RST） …… 94
九、脉冲指令（PLS、PLF） …… 95
十、空操作指令（NOP） …… 96
十一、程序结束指令（END） …… 96
第二节　常用基本单元电路的编程 …… 96
一、梯形图编程规则和技巧 …… 96
二、典型基本梯形图经验设计方法 …… 98
三、梯形图经验设计方法举例 …… 103
四、继电器——接触器控制电路移植法设计梯形图 …… 104

第五章　PLC 控制系统顺序控制法的编程和应用 …… 115
第一节　步进指令及编程方法 …… 115
一、PLC 程序设计的功能图法 …… 115
二、功能图设计举例 …… 120
三、步进指令 …… 122
第二节　梯形图和编程举例 …… 123
一、STL 功能图与梯形图的转换 …… 123
二、步进指令编程举例 …… 127

第六章　PLC 控制系统功能指令的编程应用 …… 154
第一节　控制系统功能指令 …… 154
一、功能指令及编程方法 …… 155
二、功能指令的基本格式及执行方式 …… 157
三、功能指令的操作数及变址操作 …… 159
第二节　程序流程控制指令 …… 161
一、条件跳转指令 CJ …… 161
二、中断指令 …… 161

三、主程序结束指令 …… 163
四、监视定时器指令 …… 163
五、循环指令 …… 164
六、数据比较指令 …… 164
七、数据传送指令 …… 166
八、数据变换指令 …… 169
九、算术运算指令 …… 170
十、加 1、减 1 指令 …… 171
十一、其他指令 …… 173

第七章　编程器的功能及使用 …… 180
第一节　三菱 PLC 编程器使用方法的功能及使用 …… 180
一、FX–20P–E 编程器的操作面板 …… 181
二、FX–20P–E 编程器的编程准备 …… 182
三、编程操作 …… 183
第二节　监测操作 …… 189

参考文献 …… 195

第一章　常用低压电器的认识、测试及安装

【知识目标】

1. 了解常用低压电器分类、型号意义及技术参数；
2. 熟悉常用低压电器的功能、结构及工作原理；
3. 熟记常用低压电器的文字符号和图形符号。

【能力目标】

1. 能正确拆装和检测常用低压电器；
2. 能根据设备要求选择低压电器的类型和规格参数。

第一节　低压电器分类及发展概况

【内容提要】

低压电器是一种能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。控制电器按其工作电压的高低，以交流 1200V、直流 1500V 为界，可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。总的来说，低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类，是成套电气设备的基本组成元件。通常生活中我们所指的低压电器设备是指在 380/220V 电网中承担通断控制的设备。

【课堂讲解】

一、低压电器分类

1. 按动作方式分类

⑴ 手动电器：依靠外力直接操作来进行切换的电器，如刀开关、按钮开关等。

⑵ 自动电器：依靠指令或物理量变化而自动动作的电器，如接触器、继电器等。

2. 按用途分类

⑴ 低压控制电器：主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用，如刀开关、低压断路器等。

⑵ 低压保护电器：主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用，如熔断器、热继

电器等。

⑶ 执行电器：用于完成某种动作或传送功能的电器，如电磁铁、电磁离合器等。

3. 按种类分类

刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器、主令电器和自动开关等。

4. 按电器执行功能分类

⑴ 有触点电器：电器通断电路的执行功能由触点来完成。触头触点的接触形式有点接触、线接触和面接触 3 种形式。

⑵ 无触点电器：电器通断电路的执行功能根据输出信号的逻辑电平来实现。

⑶ 混合电器：有触点和无触点结合的电器。

二、我国低压控制电器行业概况

低压电器产品是电气系统中的基础元件，涉及各行各业千家万户。我国低压电器行业经过 60 多年的发展，已经形成比较完善的体系，目前低压电器产品的品种、规格、性能、产量基本上满足了我国国民经济发展的需要。

近年国家电力建设处于快速发展阶段，电力投资规模不断增加，发电设备装机容量快速增长，尤其是新能源的发展对低压电器具有较强的拉动作用。据统计每新增 1 万千瓦发电设备，约需要 4 万件各类低压电器产品与之配套，其中约需框架式空气断路器 230 台，塑壳式断路器 2200 台。“高铁项目走出去”战略得到世界上众多国家和地区的响应，这必将极大地刺激和带动我国对外贸易的快速增长，相应的对低压电器行业来说也都是极好的发展机遇。

当前，低压电器沿着需求体积小、重量轻、安全可靠、使用方便的方向发展，主要途径是利用微电子技术提高传统电器的性能；在产品品种方面，智能化新型控制电器将使用得越来越多，如接近开关、光电开关、电子式时间继电器、固态继电器、漏电继电器、电子式电机保护器与半导体启动器等，以适应控制系统电子自动化、智能化需求的发展方向需要。

第二节　主令电器

【内容提要】

主令电器是用作接通或断开控制电路，以发出指令或作程序控制的开关电器。常用的主令电器有按钮、位置开关、万能转换开关、主令控制器、接近开关和光电开关等。

【课堂讲解】

一、控制按钮

控制按钮是一种结构简单、应用广泛的主令电器。在低压控制电路中，用于发布手动

控制指令。

控制按钮是由控制按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳组成，其结构如图 1–1 所示。按钮在外力作用下，首先断开动断（也称常闭）触点，然后接通动合（也称常开）触点。复位时，动合触点先断开，动断触点后闭合。按钮的图形及文字符号如图 1–2 所示，SB 是文字符号。

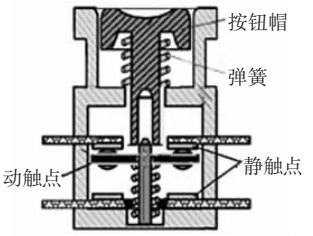


图 1-1　按钮结构示意图



图 1-2　按钮的图形及文字符号

目前按钮应用较多的产品有 LA18、LA19、LA20、LA25 和 LAY3 等系列。其中 LA25 系列为通用型按钮的更新换代产品，采用组合式结构，可根据需要任意组合其触点数目，最多可组合 6 个单元，LAY3 系列是根据德国西门子公司技术标准生产的产品，规格品种齐全，其结构形式有按钮式、紧急式、钥匙式和旋转式等。图 1–3 为常见按钮外形，1–4 为按钮型号说明。K–开启式，S–防水式，J–紧急式，X–旋钮式，H–保护式，F–防腐式，Y–钥匙式，D–带灯按钮。



图 1-3　按钮实物外形图

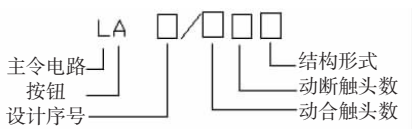


图 1-4　按钮型号说明

随着计算机技术的不断发展，控制按钮又派生出用于计算机系统的弱电按钮新产品，如 SJL 系列弱电按钮，具有体积小和操作灵敏等特点。

按钮选择的主要依据是使用场所，确定所需要的触点数量、种类及颜色。按钮使用时应注意触点间的清洁，防止油污、杂质进入而造成短路或接触不良等事故的发生，在高温下使用的按钮应加紧固垫圈或在接线柱螺钉处加绝缘套管。带指示灯的按钮不宜长时间通电，应设法降低指示灯电压以延长其使用寿命；应根据工作状态指示需要和工作情况要求来选择按钮或指示灯的颜色。如启动按钮可选白、灰或黑色，优先选用白色，也可选用绿色；急停按钮应选用红色；停止按钮可选用黑色、灰或白色，优先用黑色，也可选用红色。根据控制电路的需要选择按钮的数量，如单联钮、双联钮和三联钮。

二、行程开关

行程开关用于控制机械设备的行程及限位保护。在实际生产中，将行程开关安装在预先安排的位置，当装于生产机械运动部件上的撞块撞击行程开关时，行程开关的触点动作，实现电路的切换。因此，行程开关是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器，它的作用原理与按钮类似。行程开关广泛用于各类机床和起重机械中，用于控制其行程、进行终端的限位保护等。其图形符号如图 1–5 所示，文字符号为 SQ。

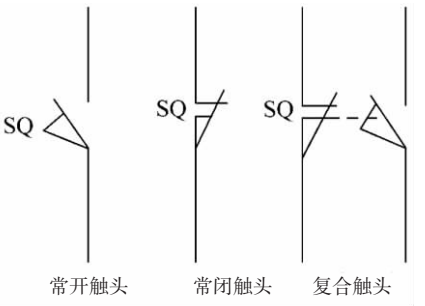


图 1-5　行程开关图形符号

行程开关种类很多，按结构分类有直动式、滚动式、微动式和组合式。

1. 直动式行程开关

其结构原理如图 1–6 所示，其动作原理与按钮相同，但其触点的分合速度取决于生产机械的运行速度，因此不宜用于速度低于 0.4m/min 的场合。其实物如图 1–7 所示。

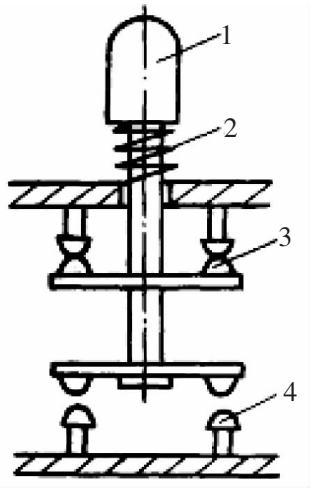


图 1-6　直动式行程开关

1- 推杆　2- 弹簧　3- 动触点　4- 静触点



图 1-7　直动式行程开关实物

2. 滚轮式行程开关

其结构原理如图 1–8 所示，当被控机械上的撞块从右撞击带有滚轮的撞杆时，上转臂转向左边，横板右边被压下，触点迅速动作。当运动机械返回时，在弹簧的作用下，各部分复位。

滚轮式行程开关又分为单滚轮自动复位式和双滚轮（羊角式）非自动复位式，双滚轮行程开关具有两个稳态位置，有“记忆”作用，在某些情况下可简化电路。滚轮式行程开

关实物如图 1–9 所示。常用的有 LAX–11 系列产品。

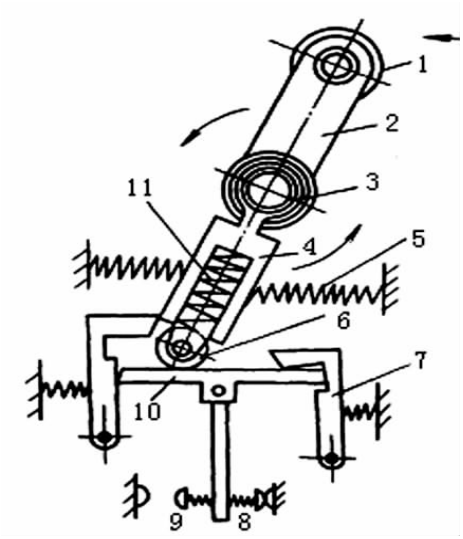


图 1-8　滚轮式行程开关

1- 滚轮　2- 上转臂　3、5、11- 弹簧　4- 套架
6- 滑轮　7- 压板　8、9- 触点　10- 模板



图 1-9　滚轮式行程开关实物

3. 微动式行程开关

其结构原理如图 1–10 所示，行程开关可按下列要求选用：

① 根据应用场合及控制对象选择种类；

② 根据安装环境选择种类；

③ 根据机械电路的额定电压和电流选择系列；

④ 根据机械位置开关的传力与位移关系选择合适的操作形式。

使用行程开关时安装位置要准确牢固，若在运动部件上安装，接线应有套管保护，使用时应定期检查，防止接触不良或接线松脱造成误动作。

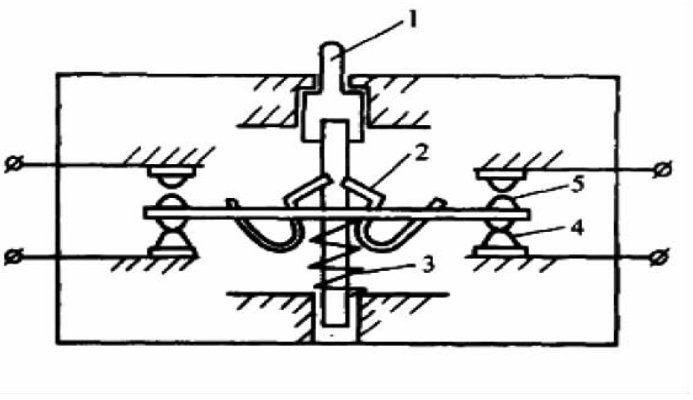


图 1-10　微动式行程开关

1- 推杆　2- 弹簧　3- 压缩弹簧　4- 静触点　5- 动触点

三、接近开关

接近式位置开关是一种非接触式的位置开关，简称接近开关，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，接近开关能输出一个电信号实现控制。

接近开关分为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。它的振荡器在感应头表面产生一个交变磁场，当有金属接近感应头时，金属中产生的涡流吸收了振荡器的能量，使振荡减弱以致停振，因而产生振荡和停振两种信号，再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，其电容量增大而使振荡器停振，经整形放大器输出电信号，从而起到“开”、“关”的控制作用。电容式接近开关既能检测金属，又能检测非金属。

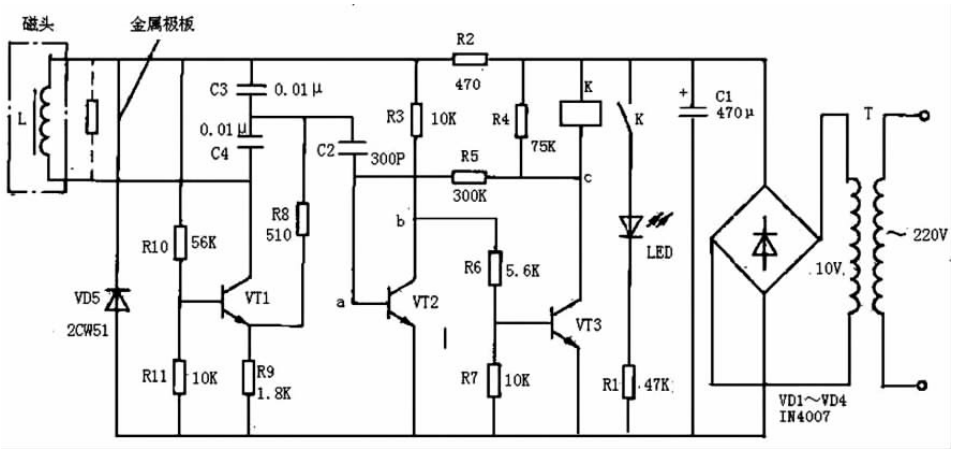


图 1-11　LXJ0 型电路原理图

常用的电感式接近开关型号有 LXJ0、LJ1、LJ2 等系列，电容式接近开关型号有LXJ15、TC 等系列。图 1–11 所示为 LXJ0 型接近开关原理图，图中 L 为磁头的电感，与电容器 C3、C4 组成了电容三点式振荡电路。正常情况下，晶体管 VT1 在振荡状态，晶体管 VT2 导通，使集电极电位降低，VT3 基极电流减小，其集电极电位上升，通过 R5 对 VT2 起正反馈，加速了 VT2 的导通和 VT3 的截止，继电器 KA 的线圈无电流通过，因此开关不动作。当金属物体接近线圈时，则在金属体内产生涡流，此涡流将减小原振荡电路的品质因数 Q 值，使之停振。此时 VT2 的基极无交流信号，VT2 在 R5 的作用下加速截止，VT3 迅速导通，继电器 KA 线圈有电流通过，继



图 1-12　接近开关实物

电器 KA 动作。其常闭触点断开，常开触点闭合。

使用接近开关时应注意选配合适的有触点继电器作为输出电器，同时应注意温度对其定位精度的影响。图 1–12 为接近开关实物。

四、红外线光电开关

红外线光电开关有反射式和对射式两种。反射式光电开关是利用物体对光电开关发射出的红外线反射回去，由光电开关接收，从而判断是否有物体存在，如有物体存在，光电开关接收到红外线，其触点动作，反之其触点复位。对射式光电开关是由分离的发射器和接收器组成，当无遮挡物时，接收器收到发射器发出的红外线，其触点动作；当有物体挡住时，接收器便接收不到红外线，其触点复位。

光电开关的用途已远远超出一般行程控制和限位保护，可用于高速计数、测速、液面控制、检测物体的存在及检测零件尺寸等许多场合。

五、万能转换开关

万能转换开关是一种多挡式、控制多电路的主令电器。万能转换开关主要用于各种控制电路的转换，如电压表、电流表的换相测量控制，配电装置电路的转换和遥控等。万能转换开关还可以用于直流控制小容量电动机的启动、调速和换向等。图 1–13 所示为万能转换开关单层的结构示意图。

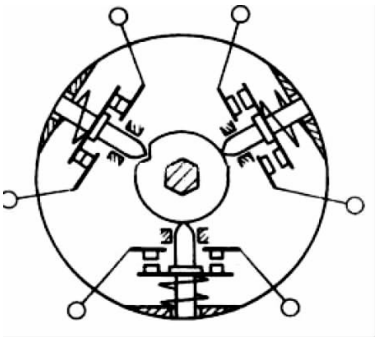


图 1-13　万能转换开关单层结构示意图

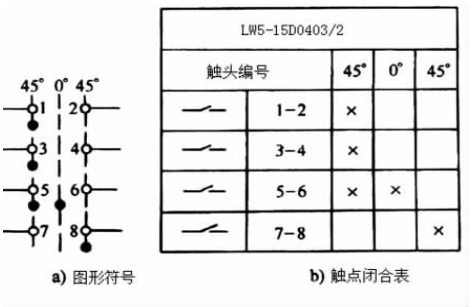


图 1-14　万能转换开关图形符号

万能转换开关的常用产品有 LW5 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。万能转换开关用于可逆运行控制时，只能在电动机停止后才允许反向启动。LW5 系列万能转换开关按手柄的操作方式可分为自复式和自定位式两种。所谓自复式是指用手拨动手柄于某一挡位，手松开后，手柄自动返回原位；自定位式则是指手柄被置于某挡位时，不会自动返回原位而停在该挡位。

万能转换开关的手柄操作位置是以角度表示的。不同型号的万能转换开关的手柄有不

同的触点，其图形符号如图 1–14 所示。由于其触点的分合状态与操作手柄的位置有关，因此，在电路图中除画出触点图形符号外，还应画出操作手柄与触点分合状态的关系。图中当万能转换开关打向左 45°时，触点 1–2、3–4、5–6 闭合，触点 7–8 断开；打向 0°时，只有触点 5–6 闭合；打向右 45°时，触点 7–8 闭合，其余断开。图 1–15 为万能转换开关实物。



图 1-15　万能转换开关实物图

六、主令控制器

主令控制器是一种可对电路进行频繁接通和分断的电器。通过对它的操作，可以对控制电路发布命令，与其他电路连锁或切换。主令控制器常配合磁力启动器对绕线转子异步电动机的启动、制动、调速及换向实现远距离控制，广泛用于各类起重机械的搬动控制系统中。

主令控制器一般由外壳、触点、凸轮、转轴等组成，与万能转换开关相比，它的触点量大，操纵挡位也较多。主令控制器是由一块可转动的凸轮带动触点动作的。

常用的主令控制器有 LK5 和 LK6 系列，其中 LK5 系列有直接手动操作、带减速器的机械操作与电动机驱动三种形式。LK6 系列是由同步电动机和齿轮减速器组成定时元件，由此元件按规定的时间顺序，周期性地分合电路。

控制电路中，主令控制器触点的图形符号及操作手柄在不同位置时触点分合状态的表示方法与万能转换开关相似。

从结构上讲，主令控制器分为两类：一类是凸轮可调式主令控制器，一类是凸轮固定式主令的控制器。

其他主令电器还有如脚踏开关、倒顺开关、紧急开关、钮子开关等。

第三节　接触器

【内容提要】

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器，它可以频繁地接通或分断交直流电路，并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机，也可用于控制电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。它还具有欠电压释放保护功能，具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点，是电力拖动自动控制线路中使用最广泛的低压电器。按照主触头所控制电路的电流性质分类，接触器分为交流接触器和直流接触器两大类。

【课堂讲解】

一、交流接触器

1. 交流接触器外形及结构

交流接触器外形如图 1–16 所示，主要由触头系统、电磁机构、灭弧装置等部分组成。其结构及名称如图 1–17 所示。



图 1-16　接触器外形图

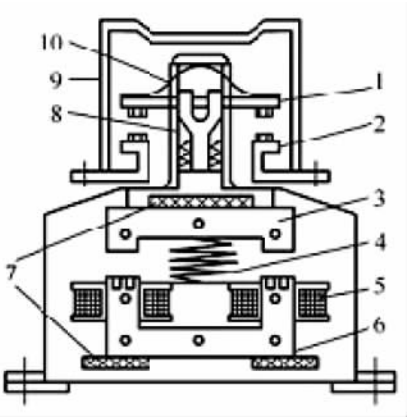


图 1-17　内部结构及名称

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

⑴ 电磁系统：由线圈、静铁芯、动铁芯（衔铁）等组成，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。为了减少接触器吸合时产生的振动和噪声，在铁芯上装有一个短路铜环（也称减振环）。

⑵ 触点系统：包括主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路，通常为三对常开触头。辅助触头用于控制电路，起控制其他元件接通或分断小电流的控制电路，起电气联锁作用，故又称联锁触点。触点体积较小，一般有多对动合、动断两种触头。

⑶ 灭弧装置：容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

⑷ 其他部件：包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

2. 交流接触器的工作原理和符号

如图 1–18 所示，交流接触器的工作原理如下：线圈通电后，在铁芯中产生磁通及电磁吸力。电磁吸力克服弹簧反作用力使衔铁吸合，带动触点机构动作，常闭触点断开，常开触点闭合，联锁或接通线路。当线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反作用力，使得衔铁释放，触点机构复位，断开线路或解除联锁。接触器的图形符号如图 1–19 所示，文字符号为 KM。