

本章主要介绍在机械设备电气控制系统中经常用到的低压电器，着重介绍部分技术先进、符合 IEC 标准的电器产品，为阅读和理解电气控制线路打好基础。

5.2 接触器

5.2.1 接触器的用途及分类

接触器是一种通用性很强的电磁式电器，它可以频繁地接通和分断交、直流主电路，并可实现远距离控制，主要用来控制电动机，也可控制电容器、电阻炉和照明器具等电力负载。

接触器按主触点通过电流的种类，可分为交流接触器和直流接触器。交流接触器常用于远距离接通和分断电压至 660V、电流至 600A 的交流电路，以及频繁起动和控制交流电动机。直流接触器常用于远距离接通和分断直流电压至 440V、直流电流至 1600A 的直流电路，并用于直流电动机的控制。

按其主触点的极数（主触点的对数）还可分为单极、双极、三极、四极和五极等多种。交流接触器的主触点通常是三极，直流接触器为双极。接触器的主触点一般置于灭弧罩内，有一种真空接触器则是将主触点置于密闭的真空泡中，它具有分断能力高、寿命长、操作频率高、体积小及质量小等优点。近年来还出现了由晶闸管组成无触点的接触器。



图 5-1 接触器的图形符号

接触器的文字符号是 KM，接触器的图形符号如图 5-1 所示。

5.2.2 接触器的工作原理及结构

1. 交流接触器

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、弹簧和灭弧装置等组成。其工作原理是：当线圈中有工作电流通过时，在铁心中产生磁通，由此产生对衔铁的电磁力。当电磁吸力克服弹簧力时，使衔铁与铁心闭合，同时通过传动机构由衔铁带动相应的触点动作。当线圈断电或电压显著降低时，电磁吸力消失或降低，衔铁在弹簧的作用下返回，并带动触点恢复到原来的状态。

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，带动触点动作，完成通断电路的控制作用。电磁机构由铁心（静铁心）、衔铁（动铁心）和线圈等几部分组成。根据衔铁的运动方式不同，可以分为转动式和直动式，交流接触器电磁系统结构图如图 5-2 所示。交流接触器的铁心一般都是 E 型直动式电磁机构，如 CJ0、CJ10 系列，也有的采用衔铁绕轴转动的拍合式，如 CJ12、CJ12B 系列接触器。为了减少剩磁，保证断电后衔铁可靠地释放，E 型铁心中柱较短，铁心闭合后上下中柱间形成 0.1~0.2mm 的气隙。

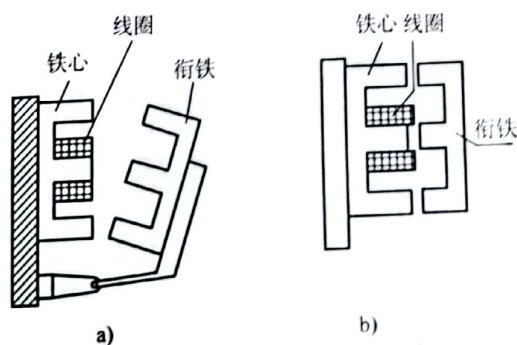


图 5-2 交流接触器电磁系统结构图
a) 衔铁转动式 b) 衔铁直动式

交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，并在铁心中产生磁滞损耗和涡流损耗，使铁心发热。为了减少交变的磁场在铁心中产生的磁滞损耗和涡流损耗，交流接触器的铁心一般用硅钢片叠压而成；线圈由绝缘的铜线绕成有骨架的短而粗的形状，将线圈与铁心隔开，便于散热。



交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，其产生的电磁吸力在最大值和零之间脉动。因此当电磁吸力大于弹簧反力时，衔铁被吸合，当电磁吸力小于弹簧的反力时衔铁开始释放，这样便产生振动和噪声。为了消除振动和噪声，在交流接触器的铁心端面上装有一个铜制的短路环，短路环的结构如图 5-3 所示。

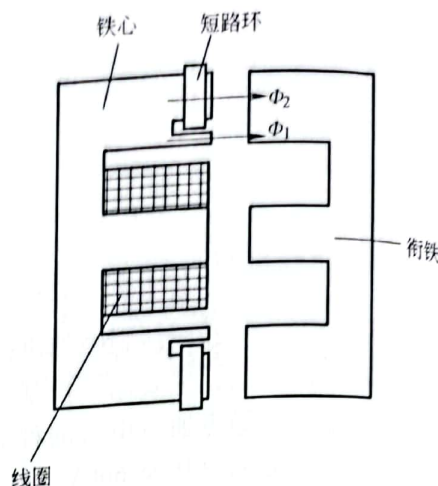


图 5-3 短路环的结构

在铁心端面装入短路环后，交变的磁通 $\dot{\Phi}_m$ 经过铁心端面时被分成两部分 $\dot{\Phi}_{1m}$ 和 $\dot{\Phi}_{2m}$ ，且 $\dot{\Phi}_{1m}$ 和 $\dot{\Phi}_{2m}$ 同相位，短路环的作用原理如图 5-4 所示。 $\dot{\Phi}_{2m}$ 经过短路环在其中产生感应电动势 $\dot{E}$ ， $\dot{E}$ 滞后于 $\dot{\Phi}_{2m}$ 90° ， $\dot{E}$ 在短路环中产生感应电流 $\dot{i}$ ， $\dot{i}$ 在短路环附近产生磁通 $\dot{\Phi}$ ， $\dot{\Phi}$ 和 $\dot{i}$ 同相位，使得穿过短路环的磁通变为 $\dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_{2m} + \dot{\Phi}$ ，而未经过短路环的磁通变为 $\dot{\Phi}_1 = \dot{\Phi}_{1m} - \dot{\Phi}$ 。由相量图可见， $\dot{\Phi}_2$ 和 $\dot{\Phi}_1$ 之间不再同相位，这样就使得 $\dot{\Phi}_2$ 和 $\dot{\Phi}_1$ 分别产生的电磁力 $\dot{F}_2$ 和 $\dot{F}_1$ 不会同时为 0，所以总吸力 $\dot{F}$ 不再为 0。如果短路环设计合理，总吸力 $\dot{F}$ 将比较平坦，衔铁就不会产生振动和噪声了。

2) 触点系统。交流接触器的触点由主触点和辅助触点构成。主触点用于通断电流较大的主电路，由接触面积较大的常开触点组成，一般有三对。辅助触点用以通断电流较小的控制电路，由常开触点和常闭触点组成。所谓常开触点（又叫动合触点）是指电器设备在未通电或未受外力的作用时的常态下，触点处于断开状态；常闭触点（又叫动断触点）是指电器设备在未通电或未受外力的作用时的常态下，触点处于闭合状态。触点的结构有桥式和指式两类。交流接触器一般采用双断点桥式触点，如图 5-5 所示。触点一般采用导电性能良好的纯铜材料制成，因铜的表面容易氧化生成一层不易导电的氧化铜，所以在触点表面嵌有银片，氧化后的银片仍有良好的导电性能。

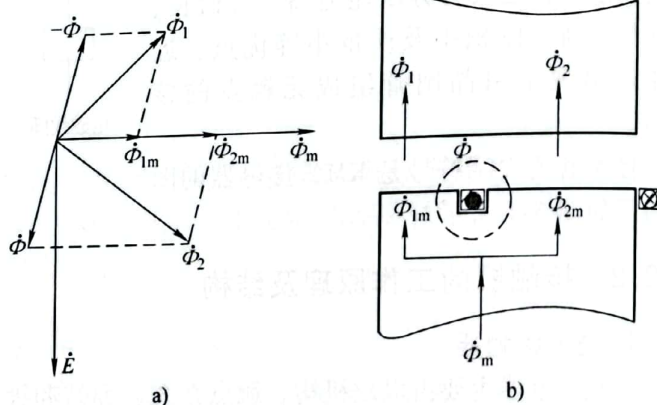


图 5-4 短路环的作用原理

a) 铁心端面磁通相量图 b) 铁心端面磁通分布

指形触点如图 5-6 所示。因指形触点在接通与分断时动触点沿静触点产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，故其触点可以用纯铜制造，特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。

指形触点如图 5-6 所示。因指形触点在接通与分断时动触点沿静触点产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，故其触点可以用纯铜制造，特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。

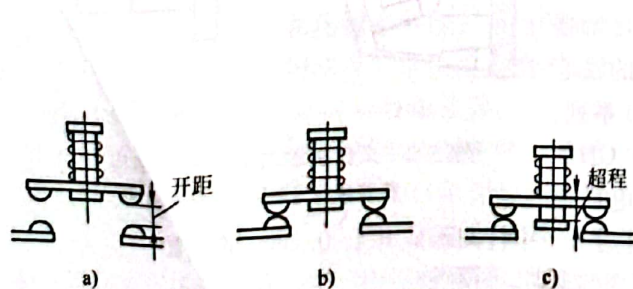


图 5-5 双断点桥式触点

a) 完全分开位置 b) 刚接触位置 c) 完全闭合位置

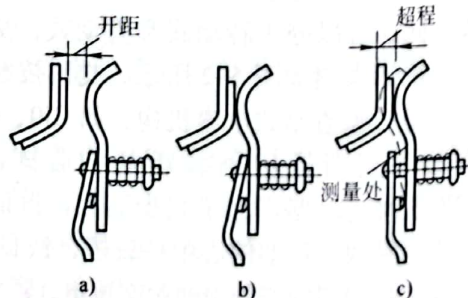


图 5-6 指形触点

a) 完全分开位置 b) 刚接触位置 c) 完全闭合位置



3) 灭弧系统。触点在分断电流瞬间，在触点间的气隙中就会产生电弧，电弧的高温能将触点烧损，并且电路不易断开，可能造成其他事故，因此，应采用适当的措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有：

① 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。

② 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，故其电弧较易熄灭。

低压控制电器常用的具体灭弧方法有：

① 拉长灭弧法。通过机械装置或电动力的作用将电弧迅速拉长并在电弧电流过零时熄灭，电动力拉长灭弧法如图 5-7 所示。这种方法多用于开关电器中。

② 磁吹灭弧法。在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁场作用下，电弧受电磁力的作用而拉长，被吹入由固体介质构成的灭弧罩内，与固体介质相接触，电弧被冷却而熄灭，磁吹灭弧法如图 5-8 所示。直流电器中常采用磁吹灭弧。

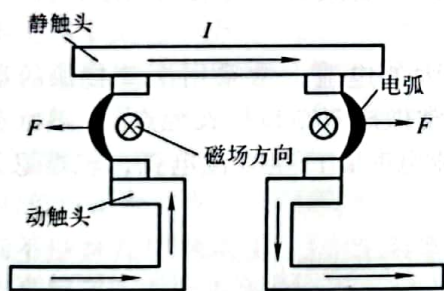


图 5-7 电动力拉长灭弧法

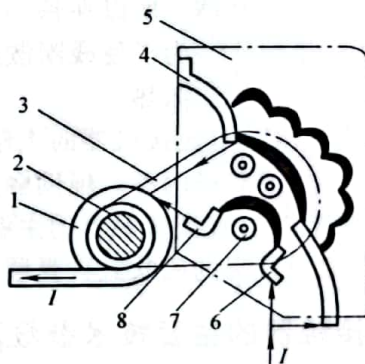


图 5-8 磁吹灭弧法

1—磁吹线圈 2—铁心 3—导磁夹板 4—引弧角
5—灭弧罩 6—动触头 7—磁场方向 8—静触头

③ 窄缝（纵缝）灭弧法。在电弧所形成的磁场电动力的作用下，可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄（纵）缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触，电弧便迅速熄灭，窄缝（纵缝）灭弧法如图 5-9 所示。这种结构多用于交流接触器上。

④ 栅片灭弧法。如图 5-10 所示，当触点分开时，产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段，彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极，因而就有许多个阴阳极压降。对交流电弧来说，近阴极处，在电弧过零时就会熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧。

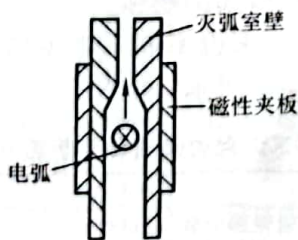


图 5-9 窄缝（纵缝）灭弧法

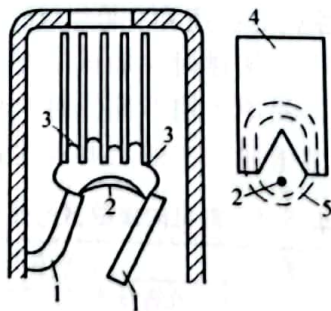


图 5-10 栅片灭弧法

1—主触点 2—电弧 3—电弧进入灭弧栅片
4—灭弧栅片 5—电弧产生的磁场



对于小容量的接触器常采用双断口桥式触点和电动力进行灭弧，在主触点上装有灭弧罩。对于容量较大（20A 以上）的交流接触器一般采用灭弧栅灭弧。

4) 其他部件。其他部件包括底座、反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构和接线柱。反作用弹簧的作用是当吸引线圈断电时，迅速使主触点、常开触点分断；缓冲弹簧的作用是缓冲衔铁吸合时对铁心和外壳的冲击力；触点压力弹簧的作用是增加动静触点之间的压力，增大接触面积，降低接触电阻，避免触点由于接触不良而过热。

2. 直流接触器

直流接触器主要用于控制直流电压至 440V、直流电流至 1600A 的直流电力线路，常用于频繁地操作和控制直流电动机。直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同，在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等组成，但也有不同之处。

1) 电磁机构。电磁机构由铁心、线圈和衔铁组成。线圈中通过的是直流电，产生的是恒定的磁通，不会在铁心中产生磁滞损耗和涡流损耗，所以铁心不发热，铁心可以用整块铸钢或铸铁制成。并且由于磁通恒定，其产生的吸力在衔铁和铁心闭合后是恒定不变的，因此在运行时没有振动和噪声，所以在铁心上不需要安装短路环。在直流接触器运行时，电磁机构中只有线圈产生热量，为了使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形，没有骨架，与铁心直接接触，便于散热。

2) 触点系统。直流接触器的触点接通或断开较大的电流，常采用滚动接触的指形触点，一般有单极或双极两种。辅助触点开断电流较小，常做成双断口桥式触点。

3) 灭弧装置。直流接触器的触点在分断大的直流电时，产生直流电弧，较难熄灭，一般采用灭弧能力较强的磁吹式灭弧装置。

5.2.3 接触器的主要技术参数及型号

1. 接触器的主要技术参数

1) 额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点正常工作的额定电压。交流接触器常用的额定电压等级有：127V、220V、380V、660V；直流接触器常用的电压等级有：110V、220V、440V、660V。

2) 额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流。交、直流接触器常用的额定电流的等级有：10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A。

3) 线圈的额定电压。指接触器吸引线圈的正常工作电压值。交流线圈常用的电压等级为：36V、110V、127V、220V、380V；直流线圈常用的电压等级为：24V、48V、110V、220V、440V。选用时交流负载选用交流接触器，直流负载选用直流接触器，但交流负载频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。

4) 主触点的接通和分断能力。指主触点在规定的条件下能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值下，接通时主触点不发生熔焊，分断时不应产生长时间的燃弧。

接触器的使用类别不同，对主触点的接通和分断能力的要求也不同。常见的接触器的使用类别、典型用途及主触点要求达到的接通和分断能力如表 5-1 所示。

表 5-1 常见的接触器的使用类别、典型用途及主触点要求达到的接通和分断能力

电流种类	使用类别	主触点接通和分断能力	典型用途
交流 (AC)	AC1	允许接通和分断额定电流	无感或微感负载、电阻炉
	AC2	允许接通和分断 4 倍额定电流	绕线转子异步电动机的启动和制动
	AC3	允许接通 6 倍额定电流和分断额定电流	笼型异步电动机的启动和分断
	AC4	允许接通和分断 6 倍额定电流	笼型异步电动机的启动、反转、反接制动



切断电动机控制的前一级开关，停车检查修理。

3) 灭弧罩碎裂。原来带有灭弧罩的接触器决不允许不带灭弧罩使用，若发现灭弧罩碎裂应及时更换。

交流接触器常见故障、原因及排除方法如表 5-4 所示。

表 5-4 交流接触器常见故障、原因及排除方法		排除方法
故障现象	可能原因	
吸不上或吸不足(即触点已闭合而铁心尚未完全吸合)	1) 电源电压太低或波动过大 2) 线圈断线,配线错误及触点接触不良 3) 线圈的额定电压与使用条件不符 4) 衔铁或机械可动部分被卡住 5) 触点弹簧压力过大	1) 调高电源电压 2) 更换线圈,检查线路,修理控制触点 3) 更换线圈 4) 清除卡阻物 5) 按要求调整触点参数
不释放或缓慢释放	1) 触点弹簧压力过小 2) 触点熔焊 3) 机械可动部分被卡住,转轴生锈或歪斜 4) 反力弹簧损坏 5) 铁心端面有油污或尘埃附着 6) E 形铁心寿命结束,剩磁增大	1) 调整触点压力 2) 排除熔焊故障,更换触点 3) 排除卡住现象,修理受损零件 4) 更换反力弹簧 5) 清理铁心端面 6) 更换 E 形铁心
电磁铁噪声大	1) 电源的电压过低 2) 弹簧反作用力过大 3) 短路环断裂(交流) 4) 铁心端面有污垢 5) 磁系统歪斜,使铁心不能吸平 6) 铁心端面过度磨损而不平	1) 提高操作回路电压 2) 调整弹簧压力 3) 更换短路环 4) 清刷铁心端面 5) 调整机械部分 6) 更换铁心
线圈过热或烧损	1) 电源电压过高或过低 2) 线圈的额定电压与电源电压不符 3) 操作频率过高 4) 线圈由于机械损伤或附有导电灰尘而匝间短路	1) 调整电源电压 2) 调换线圈或接触器 3) 选择其他合适的接触器 4) 排除短路故障,更换线圈并保持清洁
触点灼伤或熔焊	1) 触点压力过小 2) 触点表面有金属颗粒异物 3) 操作频率过高,或工作电压过大,断开容量不够 4) 长期过载使用 5) 负载侧短路,触点的断开容量不够大	1) 调高触点弹簧压力 2) 清理触点表面 3) 调换容量较大的接触器 4) 调换合适的接触器 5) 改用较大容量的电器

5.3 继电器

继电器是一种根据电或非电信号的变化来接通或断开小电流(一般小于 5A)控制电路的自动控制电器。继电器的输入量(如电流、电压、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作,其触点便接通和断开控制回路。由于继电器的触点用于控制电路中,通断的电流小,所以继电器的触点结构简单,不安装灭弧装置。

继电器的种类很多,用途广泛,按输入信号不同可以分为:电流继电器、电压继电器、时间继电器、热继电器以及温度、压力、速度继电器等。按工作原理又可以分为:电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器及电子式继电器等。按输出形式还可分为:有触点和无触点两类。下面对经常使用的几种继电器作介绍。

5.3.1 电磁继电器

电磁继电器的结构示意图如图 5-15 所示。电磁继电器的主要结构有电磁机构和触点系

