

第二版

陈松立 编著

高等学校教学用书

控制电器与控制系统

中国矿业大学出版社

KONGZHI DIANQI YU
KONGZHI XITONG

高等学校教学用书



控制电器与控制系统

(第二版)

陈松立 编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书主要讲述继电器、接触器等工业生产常用电器的原理及性能,介绍由其组成的继电器-接触器控制线路与系统,并就可编程控制器的原理、应用及由可编程控制器构成的控制系统的设计方法与步骤进行了较为详细的介绍。

本书可作为高等学校工业电气自动化及相关专业的专业课教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

控制电器与控制系统/陈松立编著. —2版. 徐州:
中国矿业大学出版社, 2006. 8
ISBN 7-81070-296-3
I. 控… II. 陈… III. ① 控制电器—高等学校—
教材② 可编程控制器—控制系统—高等学校—教材
IV. ① TM571② TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 071241 号

书 名 控制电器与控制系统

编 著 陈松立

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 12.5 字数 312 千字

版次印次 2006 年 8 月第 2 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 18.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

《控制电器与控制系统》是对原有“电力拖动与控制”、“固定设备控制”、“生产机械自动控制”、“可编程序控制器原理及应用”四门课程进行综合改革后编写而成的。作为工业电气自动化专业一门主要专业课程的教学用书,《控制电器与控制系统》的主要内容是讨论有关控制电器应用的各种问题。

本书共分两大部分:

第一部分(第一、第二章)讲述继电器、接触器、主令电器、保护电器和组合电器等常用电器的原理及性能,并介绍由其组成的继电器-接触器控制线路与系统。

第二部分(第三、第四章)讲述了可编程序控制器的原理及应用,并介绍了由可编程序控制器构成的控制系统的设计方法与步骤。

编写本书的目的是使学生掌握常用控制电器的选择方法及其构成控制系统的设计步骤。

本书所使用的各种物理量的文字符号、电气图形符号、电机电器的工作方式和使用类别等均采用了1986年以来陆续颁布的国家标准。

由于作者水平有限且时间较为仓促,书中难免存有不妥之处,恳请读者批评指正。

作者

2006年4月

目 录

第一章 常用控制电器	1
第一节 接触器.....	1
第二节 继电器.....	10
第三节 主令电器.....	15
第四节 手动控制器.....	17
第五节 保护电器及组合电器.....	18
复习思考题.....	23
第二章 继电器-接触器控制系统	24
第一节 概述.....	24
第二节 组成电气控制线路的基本电路.....	31
第三节 三相异步电动机的启动控制线路.....	34
第四节 绕线转子异步电动机带动力制动的可逆控制线路.....	39
第五节 绕线转子电动机以电流时间混合方式控制的线路.....	44
第六节 控制线路设计原则.....	49
第七节 控制线路设计方法.....	52
复习思考题.....	61
第三章 可编程序控制器	62
第一节 可编程序控制器的产生和定义.....	62
第二节 可编程序控制器的硬件结构.....	67
第三节 可编程序控制器的编程语言.....	81
第四节 可编程序控制器的基本工作原理.....	84
第五节 可编程序控制器指令概述.....	87
第六节 MASTER—K 系列 PLC.....	93
第七节 OMRON 公司 C 系列 PLC.....	119
第八节 SIMATIC S7—300PLC.....	123
复习思考题.....	149

第四章 PLC 控制系统	150
第一节 PLC 控制系统设计的基本内容	150
第二节 PLC 的选择	152
第三节 PLC 的编程规则	154
第四节 设计举例——简单控制系统.....	159
第五节 设计举例——简单机械手控制.....	167
第六节 复杂控制系统设计.....	175
复习思考题.....	194

第一章 常用控制电器

根据电气设备在电气线路中所处地位和作用的不同,可将其归纳为控制电器和配电电器两大类。控制电器是指控制电动机完成生产机械要求的启动、调速、反转和停止等状态所用的电器,如接触器、控制继电器、按钮、主令控制器、终端开关等。而配电电器是指在正常或事故状态下接通和断开用电设备或供电电网所用的电器,如刀形开关、转换开关、空气自动开关、油断路器、熔断器及各种保护继电器等。这两类电器功能不同,结构上也有差异。控制电器因需频繁操作,要求结构坚固,电气和机械寿命长。配电电器一般不经常操作,机械寿命的要求就比较低,只有数千次,但要求分断能力强、动作快、动稳定和热稳定性高、操作过电压低、保护性能完善等。由于控制电器和配电电器性能不同,使用时必须正确选择,不允许随便代用或混用,这一点需特别注意。下面主要介绍控制电器。

第一节 接 触 器

接触器是电气控制线路中应用最广泛的电器之一,它适用于远距离频繁地接通和分断电路,主要用于控制电动机,也可用于控制其他电力负载。

接触器的主要组成部分包括:触头(又称接点)、电磁系统、灭弧装置、支架和外壳等。

接触器可按下列特征分类:

- (1) 按主触头所在动力回路的电流种类不同可分为交流和直流;
- (2) 按主触头对数不同可分为单级(1对主触头)和多级(2~4对主触头);
- (3) 按电磁铁线圈回路(通常叫做控制回路)的电流种类不同可分为交流操作和直流操作;
- (4) 按主回路电压等级不同可分为低压和高压;
- (5) 按铁心结构形式不同可分为转动式(或称角移式)和直动式。

一、交流接触器

企业中广泛应用的接触器为交流接触器。由于交流主回路大都为三相电路,所以一般采用三极交流接触器。图1-1所示为转动式交流接触器的结构图,图中A-A剖视图示出的是触头部分,B-B剖视图示出的是电磁铁部分,上图为交流电磁铁,下图为直流电磁铁。接触器的基本构成示意图如图1-2所示(图中各标号的意义与图1-1同)。

接触器的三极动触头3固定于转轴5上,轴的右端与衔铁7相连。当电磁铁线圈8接通电源后,衔铁被吸合并带动转轴转动,使动触头3合向静触头2,从而接通主电路。主触头的左边有一盒式辅助触头组,它由转轴5通过顶杆使其动作。触头是靠电磁铁的吸力而保持闭合状态的。当线圈8断电后,衔铁7在弹簧9和自身重力作用下回落,使动触头3与静触头2断开,从而将所控制的主回路断开。操作电磁铁的控制功率是比较小的,一般只有几十瓦,而主触头所能控制的功率可达数十千瓦至几百千瓦,所以接触器能以较小的控制功率实现对大功率动力回路的切换。

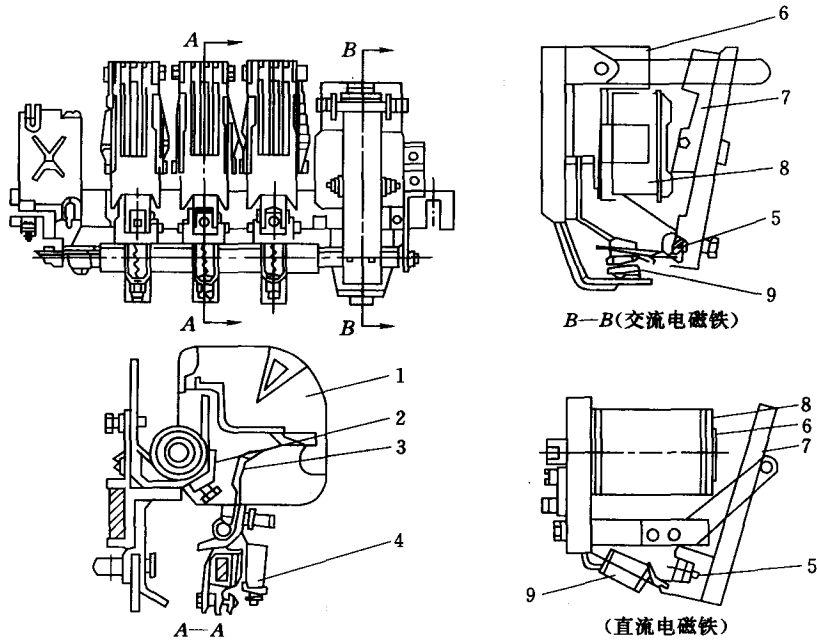


图 1-1 转动式交流接触器结构图

- 1 — 消弧罩; 2 — 静触头; 3 — 动触头; 4 — 触头弹簧; 5 — 转轴;
6 — 静铁心; 7 — 衔铁; 8 — 线圈; 9 — 弹簧

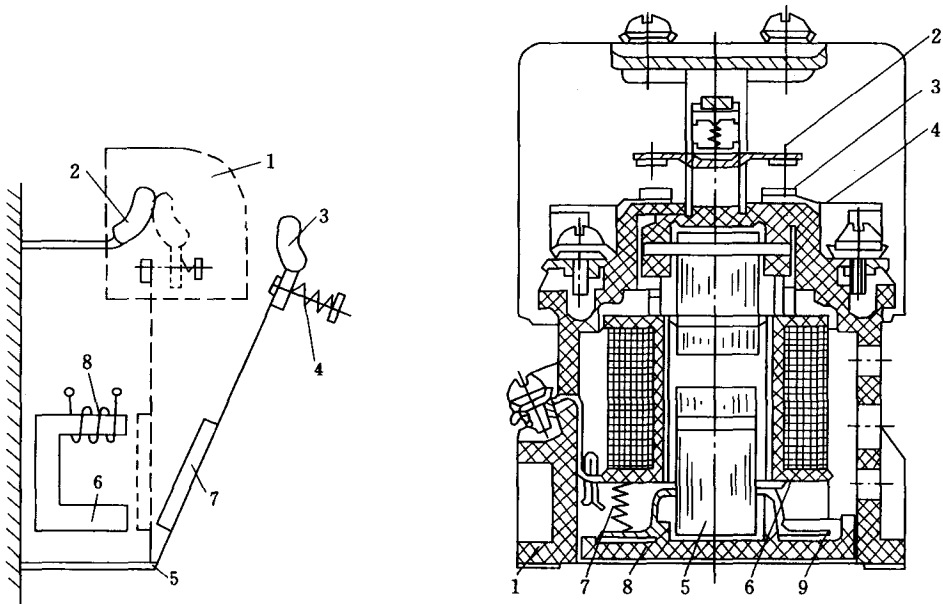


图 1-2 接触器基本构成示意图

图 1-3 直动式交流接触器的结构

- 1 — 外壳; 2 — 动触头; 3 — 静触头; 4 — 衔铁;
5 — 静铁心; 6 — 线圈; 7 — 弹簧; 8 — 底板; 9 — 悬架

上述转动式接触器在结构上采用平面布置,使用时容易维护检修,但安装面积大。故该种接触器适用于额定电流较大的等级,例如 100 A 以上的接触器。

图 1-3 所示为直动式交流接触器结构图。这种接触器用塑料外壳 1 支持,主桥形动触头 2 用双断口灭弧方式,触头材料大都采用银基合金(如银-氧化镉)。其静铁心 5 往往用弹性方式固定,缓冲防震性好,因而机械和电气寿命都大为提高。直动式接触器在结构上的主要特点是立体化和小型化,其安装面积比转动式接触器小,因此中、小容量接触器都采用该种结构,目前已向大容量方面发展。

交流接触器的额定电压主要为 380 V,现在生产的额定电压为 660 V 和 1 140 V 的交流接触器,额定电流为 5~600 A。

对交流接触器的各主要组成部分分述如下:

(一) 触头

触头的作用是用来接通或断开电路,它是接触器的重要组成部分。主触头用以接通和切断主回路,由于它所通断的电流大,多采用如图 1-4(a)所示的指形触头。图中 1 是固定不动的,称为静触头,2 是与衔铁联动的,称为动触头。电流较小时,用面接触桥式触头,如图 1-4(b)所示。辅助触头用以接通和切断控制回路,由于通断电流小,常采用如图 1-4(c)所示的点接触桥式触头。桥式触头没有软连接线,因而消除了断线故障。

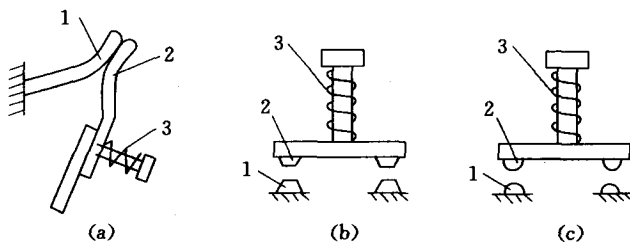


图 1-4 接触器触头的结构形式

(a) 指形触头; (b) 面接触桥式触头; (c) 点接触桥式触头

1——静触头; 2——动触头; 3——触头弹簧

触头有常开和常闭两种状态:当接触器的电磁铁线圈未通电,即衔铁未被吸合时,触头处于断开状态的称为常开触头,或称动合触头;反之,当衔铁未被吸合时触头处于闭合状态,而当衔铁吸合时触头断开的称为常闭触头,或称动断触头。

触头闭合时,接触面之间存在接触电阻。如接触电阻过大,在通过电流时造成局部温升过高,可能使动、静触头熔焊在一起,使触头不能正常工作,因此应使接触电阻尽可能小。接触电阻主要与触头的接触压力和接触面状态有关,压力越大,接触电阻越小。如图 1-4 所示,在接触器的动触头上都装有触头弹簧 3,在触头闭合时,弹簧被压缩,以保证一定的接触压力。触头表面状态对接触电阻影响也很大,接触面不光滑,将使有效接触面积减小,接触电阻增大。另外,触头一般采用铜质材料,在通断电流时产生的电弧的烧蚀下,容易形成导电性能很差的氧化膜,使接触电阻增大。为保证触头表面状态良好,较大电流的接触器多采用指形触头,见图 1-4(a)。当动、静触头闭合时,最初接触的位置在触头的上部,在触头弹簧压缩过程中,动、静触头之间有相对的滚动和滑动,最后接触的部位在触头的下方。当分断时,触头的下部先分开,最后断开是在触头的上部。这种结构的优点是:在触头闭合过程中产生相对滚动和滑动,可以起清扫和破坏接触表面氧化膜的作用;而当触头断开时,电弧烧蚀的部位在上部,使主要承受电流

的触头下部免受烧蚀。

接触器大多采用铜触头,铜不但经济,而且抗电弧烧蚀性能好;其缺点是氧化后形成非导电性的氧化膜。因此,有的接触器采用镶银触头,银在常温下也会氧化形成黑色的氧化银,但氧化银仍是良导体,而且受热后能还原为银;其缺点是耐磨性和抗电弧烧蚀等方面比铜差。

(二) 电磁系统

电磁系统用来操作触头的闭合与断开,如图 1-3 所示,它由静铁心 5、衔铁 4、线圈 6 与弹簧 7 等组成。静铁心和衔铁由硅钢片叠成,以减少涡流损耗,避免铁心发热。铁心的形式有拍合型、E 型和活棒型三种,图 1-5 所示为该三种形式铁心的示意图。交流接触器通常采用 E 型铁心。

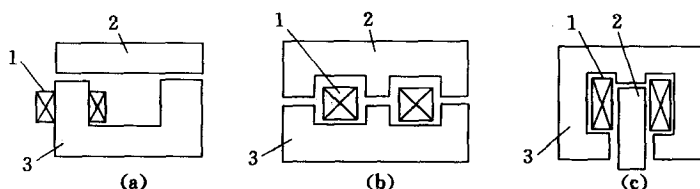


图 1-5 铁心形式示意图

(a) 拍合型; (b) E 型; (c) 活棒型

1——线圈; 2——衔铁; 3——静铁心

当切断线圈电流后,为使衔铁不会由于铁心剩磁过大而不能回落,在铁心磁路中必须留有 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm}$ 的气隙以减少剩磁。

用单相交流励磁的电磁机构,铁心中的磁通是交变的,在每一周期中有两次过零。电磁机构的吸力与磁通的平方成正比,所以磁通为零时,吸力亦为零,使吸合后的衔铁在自重和弹簧力的作用下呈现回落的趋势,但吸力过零后又增大起来,使衔铁又吸合,这样就使电磁机构产生强烈的振动和噪音。为了克服这种现象,在铁心端面嵌装一个铜环,使之包围一部分端面,称为短路环,如图 1-6(a)所示。此短路环对穿过其内的磁通变化起阻碍作用,于是铁心端面穿过环内的磁通与不穿过环内的磁通的相位不同,如图 1-6(b)所示,即它们不同时为零,因而产生的吸力 F_1 与 F_2 不同时为零,如图 1-6(c)所示,其合力 F 任何时刻都不为零,从而消除了振动和噪音。实践证明,短路环包围整个端面的三分之二时,消振的效果最好。

为消除振动和噪音,还可将交流接触器采用直流电源操作。一种方法是改用直流电磁铁;另一种方法是在交流电磁铁的基础上改为直流操作,但必须更换线圈。在启动时,线圈上加全

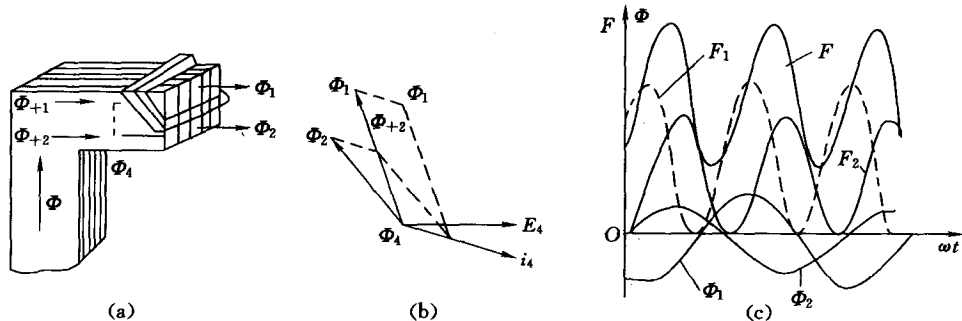


图 1-6 交流接触器的短路环

(a) 短路环; (b) 相位关系; (c) 吸力曲线

电压;当衔铁吸合后,接触器的常闭辅助触头打开,使线圈回路中串入一个电阻(为经济电阻),如图 1-7 所示,因吸合后只需很小的电流即可保持衔铁吸合。

交流电磁铁线圈用交流电源操作时,励磁电流取决于线圈所加电压和线圈的阻抗。线圈阻抗的主要分量是电抗,电抗值的大小与磁路的气隙和铁心的饱和程度有关,气隙稍大一点就会使励磁电流增大很多,所以铁心与衔铁的接触面必须保持紧密结合状态。若接触表面由于曲翘不平、粘有污物或因其他原因不能紧密闭合,则

将引起励磁电流增大,长时在此情况下工作将使线圈因过热而被烧毁。另外,铁心的饱和程度与所加电压有关,电压如超过额定电压值,会使铁心饱和程度大大增加,因而励磁电流也将增大。若线圈电压超过额定电压 10%,则励磁电流增加将近一倍。所以使用时要注意线圈电压(即控制电压)不能太高,一般不能大于额定电压的 5%。

交流电磁铁线圈的匝间绝缘要好,如果线圈由于局部过热使绝缘损坏,造成匝间短路时,将引起严重后果。因为这部分短路的匝将形成一个短路副边,线圈的其他部分相当于原边,使整个线圈电流增大,导致其被烧毁。

(三) 灭弧装置

当接触器触头断开电路时,在动、静触头间将出现高电压,使空气电离形成电弧。如果电弧持续时间较长,将使电路不能及时断开,对安全不利;同时使触头过分烧蚀,减少使用寿命;且在电离过程中产生的臭氧和氧化物等活性气体会对金属部分造成腐蚀。因此,设法尽快熄灭电弧是十分必要的。

在交流电路中灭弧要比直流电路容易,因交流电流每一周期中有两次过零,使电弧熄灭,然后在触头间电压恢复时再重新点燃。维持电弧只需要较低的电压,而点燃电弧的电压要高得多,所以,当触头分开到一定距离后,电弧由于不能再被重新点燃而熄灭。对于小容量的交流接触器,由于电弧较弱,易于熄灭,所以只需用隔弧罩分别把各触头罩住,以防止相间短路和电弧烧灼其他部件。当电源电压超过 100 V,断开电流在数十安以上时,通常需要采用灭弧装置。交流接触器一般使用磁吹式或灭弧栅式灭弧装置。

1. 磁吹式灭弧装置

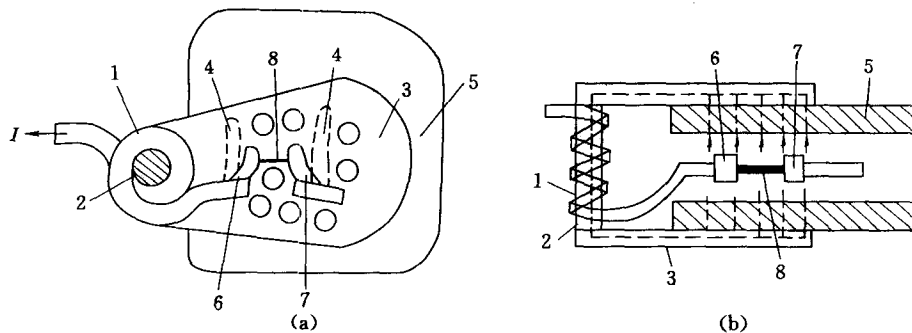


图 1-8 磁吹式灭弧装置结构图

(a) 外形结构; (b) 内部构造及磁通方向

1 磁吹线圈; 2 铁心; 3 导磁夹板; 4 引弧角; 5 灭弧罩; 6 静触头; 7 动触头; 8 电弧

磁吹式灭弧装置的构造如图 1-8 所示,由磁吹线圈 1、铁心 2(由硅钢片叠成)、导磁夹板 3、引弧角 4 和灭弧罩 5 组成。磁吹线圈 1 由几匝粗导线绕成(内有铁心),它与主回路及静触头 6 相串联。当触头闭合时,磁吹线圈中产生的磁通穿过铁心和导磁夹板 3,在导磁夹板之间形成平行的磁场。在图 1-8(a)中所示电流 I 作用下,磁通方向如图 1-8(b)中虚线箭头所示。电弧 8 在电磁力作用下将沿引弧角 4 向上运动,电弧则被拉长并迅速移至灭弧罩 5 中,因而使其冷却并熄灭。引弧角的作用是引导电弧进入灭弧罩,减少电弧在触头上的停留时间,以减轻触头的烧蚀。

这种灭弧装置在铁心磁通不饱和时,其电磁力与电弧电流的平方成正比,电流大,磁吹力也大。

2. 金属栅片式灭弧装置

金属栅片式灭弧装置的原理结构如图 1-9 所示,它包括灭弧罩 1 和若干金属栅片 2、3。灭弧罩由耐火材料(如石棉水泥、陶土或塑料等)制成。金属栅片是厚度为 2~3 mm、导磁性能良好的钢板,各栅片的缺口是相互错开的。当触头断开时产生电弧 6,电弧周围形成磁场,在磁场和热力作用下,电弧移向金属栅片,电弧被拉长,同时被栅片分割成许多小段,从而降低了电弧温度,增大了重燃电压,使电弧易于熄灭。栅片缺口相互错开的作用是减少电弧进入栅片时的阻力。

金属栅片式灭弧装置比较简单,但灭弧能力不如磁吹式灭弧装置,其原因是栅片间隙较小,热量不易散发,频繁操作时灭弧室的温度高,使灭弧条件恶化。因此,大容量频繁操作的接触器不宜采用这种灭弧装置。

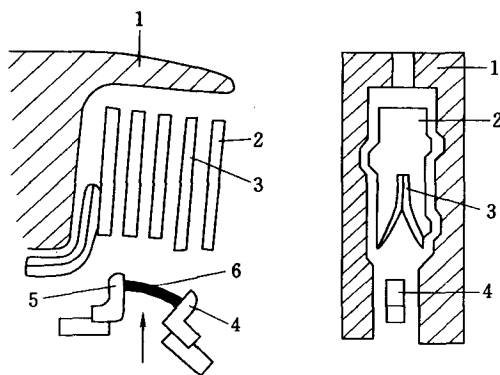


图 1-9 金属栅片式灭弧装置结构图

1——灭弧罩;2、3——金属栅片;
4——动触头;5——静触头;6——电弧

二、直流接触器

直流接触器的工作原理及结构基本上与交流接触器相同。直流接触器采用直流电磁铁操作,铁心用整块软铁制成。为了减少铁心的剩磁,在衔铁和铁心之间加一非磁性垫片。电磁铁线圈用细线绕制,以获得较大电阻,为了使散热良好,线圈没有骨架,使线圈直接与铁心接触,同时线圈做成细长形状,以增大散热面积。由于线圈匝数多、电感大,在断开线圈回路时将产生较高的感应电势,因此线圈对地绝缘要好。直流线圈要注意防潮,因为线圈吸收湿气后,在不同电位的两点间将产生电解作用,腐蚀导线,易造成断线。

直流接触器的另一特点是均采用磁吹灭弧装置,以利于直流电弧的熄灭。

三、高压换向器

为了频繁操作高压交流感应电动机的正反向运行,过去有采用油浸式高压接触器的,但它并不适于经常操作,不便于维护,且有发生火灾的危险。目前广泛使用的是空气式高压换向器。

在矿山企业中,高压换向器广泛应用于提升机高压电动机的控制,它的工作原理及构造与低压接触器基本相同,只是灭弧装置不同。由于高压断开时断弧距离长,必须设置很大的灭弧罩,而且还要有很长的引弧角做导弧用,一般用磁吹式灭弧装置。磁吹系统必须合理设计,开始时

磁吹作用不能很强,而当电弧移至引弧角以后磁吹作用增强,使电弧迅速拉长并熄灭。如断弧瞬间磁吹作用很强,由于磁路中存在铁心产生涡流,致使磁通和电流不同相,断开时可能发生电弧反吹现象,将会烧毁电气设备。

目前生产的高压换向器有 3 000 V 和 6 000 V 两个电压等级,两者结构完全相同,只是 6 000 V 换向器各相对地距离稍有增加。在实际应用中,对于 6 000 V 的用电设备,常常将两个 6 000 V 的换向器串联使用,这样的双断口安排可以增加断弧的可靠性。

四、真空接触器

真空接触器是 20 世纪 60 年代才发展起来的一种新的电磁接触器,其触头的分合仍由电磁机构操作,但触头密封于真空泡中。由于泡中气体很稀薄,触头间产生的电弧靠金属蒸气形成,但金属蒸气以极快速度向四周低压空间扩散,使触头之间的间隙在电流过零后迅速恢复到真空状态,促使电弧熄灭。图 1-10 所示为真空灭弧装置的结构。真空灭弧室外形像一只大型电子管,圆盘状的动触头 5 和静触头 6 都密封在一个绝缘外壳 3 中,触头与外壳之间装有金属屏蔽罩 4。屏蔽罩的作用是捕捉和冷凝电弧产生的金属蒸气,以提高分断能力,同时也可防止金属蒸气凝结于玻璃或陶瓷外壳的内壁,确保绝缘强度。波纹管 2 的右端焊到动导电杆 1 上,左端焊到灭弧室的左法兰盘上。静导电杆 7 与灭弧室右端的法兰盘焊接在一起。左右两端的法兰盘都和外壳 3 密封焊接。整个灭弧装置的元件在装配前需经过除气处理,在装配后将灭弧室抽到 10^{-5} Pa 以上的真空度。

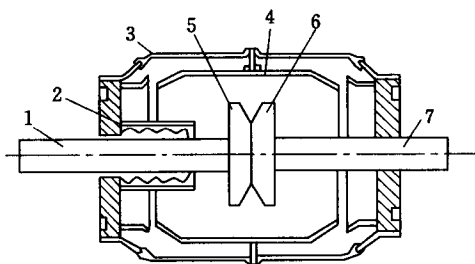


图 1-10 真空灭弧装置的结构

- 1——动导电杆;2——波纹管;
3——外壳;4——屏蔽罩;5——动触头;
6——静触头;7——静导电杆

真空接触器的主要优点是:

(1) 分断能力强,燃弧时间短,触头磨损小,电寿命长。

(2) 触头开距及超程小(一般仅为 1~2 mm),减轻了触头闭合时的碰撞程度,机械寿命长。整个接触器体积小,重量轻,允许的操作频率高,噪音小。

(3) 灭弧室密封,不受外界污染,具有防爆、防腐蚀及防火等优良性能。

当工作电压超过 1 kV 时,真空接触器的优越性更显著,其体积可以比同容量的空气式接触器小得多。故真空接触器特别适合于防爆环境下 1 140 V 电压等级的设备使用。

真空接触器的缺点是:制造工艺及维护水平要求高;在切断感性负载时,由截流现象产生的过电压高;直流灭弧较困难等。

目前在煤矿井下用的双滚筒采煤机电气成套设备中,采用 DQZBH—300/1140 型真空隔离磁力启动器,其额定电压为 1 140/660 V,额定电流为 300 A,极限分断能力可达 4 500 A。

五、接触器的选择与维护

接触器在企业中应用很广泛,其额定工作电流随使用条件(额定工作电压、操作频率、使用类别、工作方式等)的不同而改变。必须根据不同使用条件正确选用,才能保证接触器在控制系统中长期可靠运行。

(一) 接触器的主要技术参数

1. 额定工作电压

接触器铭牌上的额定电压是指主触头的额定电压,选用时必须使它与所控电路的电压相适应。交流接触器的额定电压一般为 380 V、660 V 及 1 140 V;直流接触器的额定电压一般为 220 V、440 V 及 660 V。辅助触头的额定电压:交流 380 V;直流 220 V。

2. 额定工作电流

接触器的额定工作电流是指主触头的额定电流,它是根据下列条件确定的:当触头连续工作 8 h,触头温升不超过规定的额定温升值,此时的最大容许电流值即为接触器的额定电流。我国目前生产的接触器电流等级为:6、10、16、25、40、60、100、160、250、400、600、1 000、1 600、2 500 及 4 000(单位:A)。

3. 电磁铁线圈的额定电压

在接触器电磁线圈的铭牌上标有线圈的技术数据,其中包括线圈的额定电压。交流线圈的额定电压为 36 V、127 V、220 V 或 380 V;直流线圈的额定电压为 24 V、48 V、110 V 或 220 V。

考虑到电网电压的波动,电磁铁线圈的电压一般规定允许在 85%~105%额定电压范围内变化。当外加电压超过允许电压时,将使励磁电流大大超过正常值,致使线圈过热甚至被烧毁。当供电电压下降过多,则磁铁吸力减小,振动加剧,加速触头烧蚀。如供电电压太低,接触器不能吸持衔铁,衔铁在自重和弹簧力作用下将缓慢回落,此时主触头之间可能形成很大的电弧,使触头严重烧蚀甚至熔焊。因此操作线圈电压应保持在允许范围之内。

4. 额定操作频率

接触器的交流电磁铁线圈在开始通电的瞬间,衔铁还未吸合,此时将产生很大的启动电流。如启动次数过多,就会引起线圈过热,因此限制了接触器每小时合闸次数。若为直流电磁铁线圈,则操作电流为一常值,与磁路气隙无关,故直流接触器的额定操作频率比交流接触器高。交流接触器的操作频率一般为 300~1 200 次/h。

5. 使用类别

接触器的接通和分断能力随着用途及控制对象的不同有很大差别。交流接触器的使用类别分为 AC—1、AC—2、AC—3、AC—4、AC—5;直流接触器分为 DC—1、DC—3、DC—5、DC—6。接触器使用类别的工作条件见表 1-1。

表 1-1 接触器接通和分断能力分类

电 流 种 类	使 用 类 别	用 途 分 类	分断条件			接通条件		
			I/I_N	U/U_N	$\cos \varphi$	I/I_N	U/U_N	$\cos \varphi$
交 流	AC—1	无感或低感负载,如电阻炉	1.5	1.1	0.95			
	AC—2	启动和运转中断开绕线转子电动机	4	1.1	0.65	4	1.1	0.65
	AC—3	启动和运转中断开笼形转子电动机	8			8		
	AC—4	启动、反接制动、反向与频繁通断笼形转子电动机	10		0.35	10		0.35
	AC—5	控制电灯的通断	3			3		
直 流	DC—1	无感或低感负载,如电阻炉	1.5	1.1				
	DC—3	启动、反接制动、反向与频繁通断并励直流电动机	4					
	DC—5	启动和运转中断开串励直流电动机	4					
	DC—6	白炽灯的通断	1.5					

6. 接触器的主要技术数据

现将部分常用的交、直流接触器主要技术数据列于表 1-2 和表 1-3 中。

表 1-2 常用交流接触器主要技术数据

型 号	主 触 头			辅 助 触 头			控制三相电动机 的最大功率 /kW		吸引线圈 额定电压 /V		接通与分断能力		操作 频率 /次·h ⁻¹	电 寿 命		机械 寿命 /万次	备 注
	额定 工作 电压 /V	额定 工作 电流 /A	极 数	额定 电压 /V	额定 电流 /A	组 合 情 况	200 V	380 V	交流	直流	电压 /V	电 流 /A		工作 条件	次数 /万次		
											接通	分断					
CJ10 系列	CJ10 5	5	3	交流	5	一常开	1.2	2.2									
	CJ10 10	10	3	交流	10	一常开	2.2	4									
	CJ10 20	20	3	交流	20	一常开	5.5	10									
	CJ10 40	40	3	交流	40	二常开	11	20	36								
	CJ10 60	60	3	交流	60	二常开	17	30	110								
	CJ10 100	100	3	交流	100	二常闭	30	50	220								
CJ12 系列	CJ12 100	100	二、三、四、五极	交流 380	10	六对触头可任意组合	50	36									
	CJ12 150	150	二、三、四、五极	交流 380	10	六对触头可任意组合	75	127									
	CJ12 250	250	二、三、四、五极	交流 380	10	六对触头可任意组合	125	220									
	CJ12 400	400	二、三、四、五极	交流 380	10	六对触头可任意组合	200	380									
	CJ12 600	600	二、三、四、五极	交流 380	10	六对触头可任意组合	300	380									
真空接触器		250	三极	交流 380	10	三常开			0.9 × 380								
		400	三极	交流 380	10	三常开			0.9 × 380								
		600	三极	交流 380	10	三常开			0.9 × 220								

(二) 接触器的选择

正确选择接触器就是根据工作要求正确选择接触器的型号规格,以满足控制系统对它提出的要求,使接触器能长期可靠地工作。首先应根据使用类别选择接触器的系列。例如要控制绕线式异步电动机,就应选 AC—2 类的接触器,如 CJ12 系列。

按接触器工作时间的长短可分成四种工作制:长时工作制、间断长时工作制(8 h 工作制)、反复短时工作制和短时工作制。接触器的额定工作电流就是在间断长时工作制下的最大容许电流。当用于长时工作制时,接触器的容许电流应比额定电流降低 25%,因长期工作触头的氧化膜没有机会清除,致使接触电阻增大,温度升高,易发生熔焊,因此长期工作时,应尽可能选用银基合金或镶银触头的接触器(如 CJ10 系列),此时容许电流可不必降低。

当接触器用于反复短时工作制时,接触器的容许电流可比额定电流提高 10%~25%。若将接触器置于封闭的箱柜或外壳中,则因散热条件恶化,应降低接触器的容许电流,一般降为额定电流的 80%~90%。

选择接触器时,除按工作条件选择接触器的系列和额定电流外,还应根据控制线路的电压,确定相应的额定电压以及电磁铁线圈的电流种类与电压等级;还应考虑辅助触头的容量和数量,以满足控制系统的要求。

(三) 接触器的日常维护

接触器是频繁操作的控制电器,必须注意经常维护和检修。

(1) 应定期检查各活动部分是否灵活,不应有卡住现象,螺钉与接线头等应紧固无松脱,各零部件是否完好。如有损坏,应及时修理或更换。

表 1-3

常用直流接触器主要技术数据

型 号	主 触 头				辅 助 触 头				吸引线圈额定电压 /V	通断能力		临界分断电流 /A	操作频率 /次·h ⁻¹	电 寿 命		机械寿命 /万次		
	额定工作电压 /V	额定工作电流 /A	触头数目		额定电压 /V	额定电流 /A	组合情况			电压 /V	电流 /A			工作条件	次数 /万次			
CZ0--40/20	440	40	2		交流 380 直流 110 220	5			24 48 110 220	1.05U _N	4I _N	0.2I _N	1 200	DC--1	50	500		
CZ0--40/02				2			2	2			2.5I _N		600		30	300		
CZ0--100/10			100	1									4I _N		1 200	50	500	
CZ0--100/01							1	2			1		2.5I _N		600	30	300	
CZ0--100/20				2				2			2		4I _N		1 200	50	500	
CZ0--150/10				1				2			1		4I _N		1 200	50	500	
CZ0--150/01		150		1		2	1	2.5I _N			600		30		300			
CZ0--150/20			2			2	2	4I _N			1 200		50		500			
CZ0--250/10		250	1			共有五对触头可任意组合					4I _N		600		30	300		
CZ0--250/20			2								4I _N							
CZ0--400/10		400	1								4I _N							
CZ0--400/20			2								4I _N							
CZ0--600/10		600	1								4I _N							
CZ16--1000/10	660	1 000	1	交流 380 直流 220	10	共有四对触头		110 220	1.05U _N	4I _N	0.2I _N	150	DC--3	0.5	50			
CZ16--1500/10		1 500	1															

(2) 触头表面应经常保持清洁,不允许涂油。当触头表面被电弧烧蚀后,应及时打磨。当触头磨损至只有原来厚度的三分之一时,应及时更换。银或银基合金触头表面生成的黑色氧化膜,因是良导体,不应磨去,以免影响触头使用寿命。

(3) 吸合线圈不应受潮,以保持其良好的绝缘性能,避免过热或匝间短路。

(4) 有灭弧罩的接触器绝不可不带灭弧罩使用,以防发生相间短路事故。灭弧罩应及时清扫,除去积存于内表面的金属粒子,否则在断弧时易发生电弧沿内壁闪络,甚至不能灭弧,将触头和灭弧罩烧毁。

(5) 检查触头弹簧是否良好,以保持适当的触头压力。主触头弹簧的终压力 F (单位: N) 可按下列经验公式确定:

$$F = 0.22I_N$$

式中: I_N 为主触头额定电流。一般弹簧的初压力可调整为终压力的一半,辅助触头的接触压力比较小,一般约为 1~1.5 N。

第二节 继 电 器

继电器是控制系统中一种重要的元件,它的作用就是按照某种要求接通或断开控制系统中的电路。常用的继电器是有触点的,触点有通和断两种状态,状态的改变由某种机构带动。例如可以用一个电磁铁的吸合或断开控制触点状态,这样就组成一个电磁式继电器。因此,继电

器就是根据某种物理量的变化来改变其触点状态的控制元件。根据动作原理不同,继电器可以分为:电磁式、感应式、电子式、热效应式、气动式和电动机式等。最常用的是电磁式继电器,它是根据吸引线圈中的电流量的大小来动作的。

继电器在控制系统中的主要作用有下列两点:

- (1) 传递信号。它用触点的转换、接通或断开电路以传递控制信号。
- (2) 功率放大。使继电器动作的功率通常是很小的,而被其触点所控制电路的功率要大得多,从而达到功率放大的目的。

控制系统中使用的继电器种类很多,下面仅介绍几种常用的继电器。

一、电压及电流继电器

在电动机控制系统中,需要监视电动机的负载状态。当负载过大或发生短路时,应使电动机自动脱离电源,此时可用电流继电器来反映电动机负载电流的变化。

电压和电流继电器都是电磁式继电器,它们的动作原理和接触器基本相同,由于触点容量小,一般没有灭弧装置。此外,同一继电器的所有触点容量一般都是相同的,不像接触器那样分为主触点和辅助触点。

图 1-11 所示为一电磁式继电器。其作用原理如下:当线圈通电时,衔铁 3 承受两个方向彼此相反的作用力,即电磁铁的吸力和返回弹簧 5 的拉力,当吸力大于弹簧拉力时,衔铁被吸住,触点 4 闭合。线圈断开后,衔铁在弹簧拉力作用下离开铁心,触点 4 打开。触点 4 为常开触点(图中另一组触点为具有公共触点的一对常闭触点,称为转换触点)。继电器的吸力是由铁心中磁通量的大小决定的,也就是由励磁线圈的安匝数决定的。因此,电压和电流继电器在结构上基本相同,只是吸引线圈有所不同。电压继电器采用多匝数小电流的线圈,电流继电器则采用少匝数大电流的线圈,故电压继电器线圈的导线截面较小,而电流继电器的线圈导线截面较大。

继电器分为交流和直流两种:吸引线圈采用直流控制的叫直流继电器;吸引线圈采用交流控制的叫交流继电器。注意这种分类方法与接触器有所不同。

目前我国常用的直流电压、电流继电器为 JT3 系列。对于同一系列的继电器可以利用更换线圈的方法,应用于不同电压和电流的电路。JT3 系列直流电磁式继电器的主要技术数据如表 1-4 所示,表中吸引线圈规格一项就是继电器的额定电压或电流,它是根据线圈发热情况确定的,在额定电压(或额定电流)下长期工作,继电器的线圈不致过热。JT3 系列继电器的触头技术数据见表 1-5。

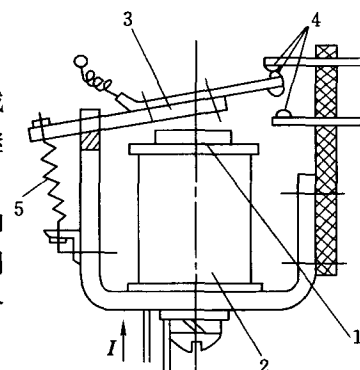


图 1-11 电磁式继电器结构图

1——铁心;2——线圈;3——衔铁;
4——触点;5——返回弹簧

表 1-4 JT3 系列继电器的主要技术数据

型 号	触 头 数 目	吸引线圈规格	动作电压或动作电流
JT3 型电压继电器	2 常开 2 常闭或 1 常开 1 常闭	直流 12、24、48、110、220、440(V)	吸引电压为额定电压的 30%~50%或释放电压为额定电压的 7%~20%
JT3 型电流继电器	2 或 3 对触头常开常闭可任意组合	直流 1.5、2.5、5、10、25、50、100、150、300、600(A)	吸引电流为额定电流的 30%~65%或释放电流为额定电流的 10%~20%