The background of the cover is a photograph of a modern building's interior. It features a large, bright circular skylight at the top, a curved staircase on the left, and a glass-enclosed entrance area in the center. The lighting is warm and bright, creating a clean and contemporary atmosphere.

楼
宇
电
气
控
制

孙景芝 主编

LOUYUDIANQIKONGZHI

中国建筑工业出版社

楼宇电气控制

孙景芝 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

楼宇电气控制 / 孙景芝主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2002

ISBN 7-112-05314-5

I. 楼… II. 孙… III. 房屋建筑设备—电气控制
IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 068065 号

楼宇电气控制

孙景芝 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张 24^{1/2} 字数 602 千字

2002 年 10 月第一版 2003 年 6 月第二次印刷

印数: 3,001 — 4,500 册 定价: 31.00 元

ISBN 7-112-05314-5

TU · 4960(10928)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

为了使读者具有分析、阅读、设计与调试电气控制系统和 PC 系统的能力,本书围绕传统的继电——接触控制系统,结合建筑工程的实际,从电气元件的构造原理入手,介绍了继电接触控制的基本环节,以便使读者掌握设计线路的思路和分析线路的方法。接着列举了建筑工程中的典型设备控制实例,包括生活给排水系统;消防给水系统;常用建筑机械的典型线路;电梯的电气控制;锅炉房动力设备的电气控制;空调与制冷系统的电气控制;建筑电气控制设备设计基础,就其各自的线路特点、工作原理、调试维护及与计算机接口等图文并茂地进行了较详细的阐述。为了适应智能化建筑的系统集成需要,介绍了可编程控制器的原理、控制系统、指令、程序设计及应用等。

本书作者将多年的教学经验与工程实践集于笔端,从教育规律和培养应用能力的实际出发,在编写中,注意了专业知识的覆盖面,将理论教育与工程实践融为一体,突出了实践性、针对性与实用性。

本书可作为建筑电气工程技术人员参考书,也可作高等院校电气类专业教材。

* * *

责任编辑 唐炳文

1-

10

出版

业

设

38

编写人员

主 编： 孙景芝

副主编： 韩永学 尹秀妍 张振国

主 审： 韩永学

参 编： 郭竞爽 孙志超 孙继文
 温红真 王丽金 王 龙
 郭迎彬 李 萱 韩 翀
 杨海军 吴 波 赵文民
 李国君 于德水 孙满成
 孙路平

前 言

为了适应建筑电气控制技术的发展和智能建筑的系统集成,需要控制技术、编程器技术及计算机技术和网络技术的有机结合,编者根据目前建筑电气工程技术专业、楼宇自动化专业的教学需要及从事建筑电气工程控制的工程技术人员需要,在多年的教学和工程实践的基础上编写了这本书。

本书在编写过程中做到具有独特的思路,条理清楚,由浅入深,联系实际,简练准确。各章有小结和习题,书中还有 8 个实验的指导书,有助于培养读者的综合素质。

全书内容分为六章:

第一章常用低压电气元件:介绍了继电器、接触器、熔断器及几种常用开关,对常用电气元件的构造、原理、符号及应用进行了认真的叙述,便于读者学会使用电气元件并掌握其特点。

第二章电气控制的基本环节:通过对鼠笼型和绕线型异步电动机的直接启动、降压启动、制动及调速等典型线路的学习,培养分析线路和设计线路的能力。

第三章楼宇常用设备的电气控制实例:介绍了生活给排水的电气控制,并对两台泵、三台泵及五台泵的水泵电动机分别采用不同控制方式下的线路特点进行了详细的阐述,对水泵电机与计算机联网实现系统的集成进行了分析,使之建立起智能化控制的概念。

消防给水的控制,主要通过消火栓灭火系统和自动喷洒灭火系统的分析,掌握水泵电动机在消防控制中的应用特点。

常用建筑机械的典型线路:从控制器和电磁抱闸入手,对建筑施工中常用的混凝土搅拌机、散装水泥控制及塔式起重机的电气控制线路进行了分析,以便掌握其使用控制方法和维护。

电梯的电气控制:从分类、构造等入手,通过对电梯专用设备的学习后,对按钮控制电梯和信号控制电梯两个实例进行了详细的分析,以培养安装、调试维护和保养电梯的能力。

锅炉房动力设备的电气控制:首先对锅炉构造、运行工况及设备组成进行了介绍,而后分析了小型快装锅炉的电气控制实例,使之具有安装和维护的能力。

空调与制冷系统:介绍空调与制冷系统的组成及常用器件,分析了分散式空调、集中式空调及制冷系统的应用实例的工作原理,以培养分析、安装和调试能力。

第四章建筑电气控制设备设计基础:从电气控制设计原则、内容和程序入手,介绍了设计步骤和方法,对经验设计法和逻辑设计法及设计实例进行了阐述,对元件的选择及工艺设计也进行了说明,使之具有从事电气控制系统的设计能力。

第五章可编程序控制器:以小型 PC 为例,介绍了 PC 的基本原理、硬件和软件构成、指令系统及程序设计的基本方法,培养编程器的应用能力。

第六章电气控制实验:为了配合理论教学,巩固电气线路的分析及 PC 程序设计与调试能力,通过 8 个实验达到理论与实际的结合。

全书共六章,其中第一章由黑龙江建筑职业技术学院张振国编写;第二、四、六章由黑龙江建筑职业技术学院韩永学编写;第三章由黑龙江建筑职业技术学院孙景芝编写;第五章由黑龙江建筑职业技术学院尹秀妍编写。全书由孙景芝担任主编,韩永学担任主审。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中不妥和错误之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

编者

2002年3月于哈尔滨

目 录

绪论	1
第一章 常用低压电气元件	3
第一节 概述	3
第二节 接触器	5
第三节 几种常用开关	11
第四节 继电器	21
第五节 熔断器	35
本章小结	39
习 题	39
第二章 电气控制的基本环节	41
第一节 电气控制图形的绘制规则	41
第二节 三相鼠笼式异步电动机的控制线路	50
第三节 绕线式异步电动机的控制	73
本章小结	77
习 题	79
第三章 楼宇常用设备电气控制实例	84
第一节 生活给水排水系统的电气控制	84
第二节 消防给水控制系统	114
第三节 常用建筑机械的典型线路	137
第四节 电梯的电气控制	148
第五节 锅炉房动力设备的电气控制	189
第六节 空调与制冷系统的电气控制	200
本章小结	226
习 题	227
第四章 建筑电气控制设备设计基础	232
第一节 电气控制设备的设计原则、内容和程序	232
第二节 控制线路的设计要求、步骤和方法	235
第三节 电气设计中主要参数计算及常用元件的选择	243
第四节 控制设备的工艺设计	248
本章小结	261
习 题	261
第五章 可编程序控制器	263
第一节 可编程序控制器的基础知识	263
第二节 可编程序控制器的基本结构和工作原理	274
第三节 三菱公司的 F1 系列 PLC 及其指令系统	294
第四节 可编程序控制器的程序设计	330

本章小结	373
习 题	374
第六章 电气控制实验	377
参考文献	387

绪 论

在建筑工程中,随着智能建筑的迅速发展,楼宇电气设备控制在智能建筑中显示出了重要地位。它是一门综合性、实践性很强的专业。涉及的知识面广、覆盖性很强,既需要有深厚的理论基础,又应具备很强的实际技能。通过学习,掌握建筑工程中常用电气控制的分析方法、调试、维护和系统的设计能力,为在智能建筑中实现系统的集成、从事建筑电气工程的安装、调试、维护运行及工程预决算打下基础。

楼宇电气控制技术随着现代化建设的发展不断向新的领域迈进:从原始的无轴传动到单机拖动的自动化;交磁放大机—发电机—电动机系统的出现;晶闸管—电动机调速系统的问世及数控技术、编程器、微机控制的形成,经历了一系列的技术革命,从而使这门技术在各行各业得到了广泛的应用,其前景非常乐观。

在建筑工程中,电气控制技术随高层建筑的崛起,应用越来越多。例如常用建筑机械、电梯、锅炉房设备、给排水控制、空调与制冷、消防系统等都离不开这门科学技术。这里主要介绍建筑工程中普遍采用的继电—接触控制系统和可编程序控制器的应用。

电力拖动系统由电动机、传动机构和控制设备等三个基本环节构成,如图 0-1 所示。

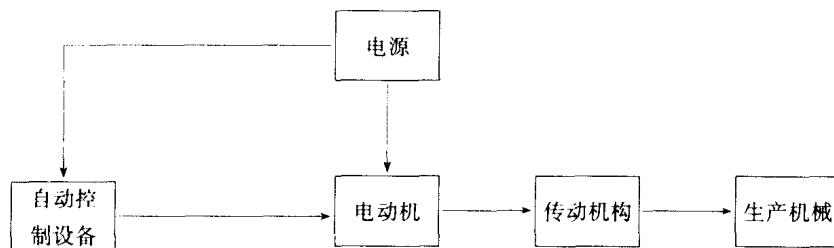


图 0-1 电力拖动系统的组成

电动机:用来完成电能与机械能的转换,把电能转换为机械能为电动状态,而把机械能转换成电能或热能为制动状态。

传动机构:其作用是传递动力,并实现速度与运转方向的变换。如减速器、皮带、联轴节等。

控制设备:是为实现电力拖动自动控制而设置的自动控制元件。如继电器、接触器等。它们根据生产工艺的要求,按着一定的线路方式组成控制系统,以完成对被控制对象电动机的启动、换向、调速、制动等,使工作循环自动化。

电力拖动的特点是:

(1) 电能输送方便。尤其是远距离输送电能,既简单经济又便于分配,同时还具有检测方便、价格低廉等特点。

(2) 效率高。由于电动机与生产机械的连接简单,因此损耗小,拖动性能好,控制方便,效率高。

(3) 易于实现生产过程的自动化。由于电力拖动可以远距离测量和控制,所以便于集中管理和实现自动化,这对于提高生产效率和产品质量、改善劳动条件、增加工作可靠性能都有重大意义。

(4) 调节性能好。由于电动机的种类和型式繁多,各有不同的特性,因此能适应各种生产机械的需要。同时由于电动机的启动、制动、调速、反转的控制简便迅速,所以能达到理想的控制要求。

(5) 有发展前途。由于电子技术的发展,大功率半导体器件、集成电路、组合块等电子器件的出现,使电子拖动系统及其控制设备的体积大大缩小,因此电力拖动比起其他形式的拖动,越来越受到使用者的欢迎。

(6) 容易与计算机配合实现系统的集成。编程器及计算机的应用更进一步赋予电力拖动系统自寻最佳运行规律,自动适应运行条件和参数变化的能力,以达到对电力拖动最理想的控制。

本节分为基础理论和工程应用实例两部分。

通过对常用低压电器及继电—接触控制的基本环节的学习,了解自动控制的基本理论,掌握自控元件的结构原理及应用,掌握电气线路的设计思路及分析方法。

建筑工程常用的控制实例,如常用建筑机械、空调与制冷、电梯、生活用水及排水、消防给水、编程器等。这部分要密切结合工程实际,学会分析复杂线路的方法,要运用“化整为零”看电路,“积零为整”看整体的识图法,掌握其特点,以便更好地从事工程实践。

第一章 常用低压电气元件

电气元件是电力拖动自动控制系统的基础材料,因此对系统的控制的经济性、先进性和可靠合理性影响巨大。由此可见,作为从事电气控制技术人员必须对电气元件的构造、原理熟练掌握,且能正确选择和维护。

本章主要介绍几种常用的低压电气元件的构造、原理、技术指标及使用方法,为在控制系统中正确选择和合理使用电气元件打下基础。

第一节 概 述

一、电气元件的定义

凡是根据外界指定的讯号或要求,自动或手动接通和断开电路,连续或断续地实现对电路或非电对象进行转接、控制、保护、检测和调节的电工器械都属于电器的范畴,即电气元件。采用这些电气元件组成的系统称为电气自动控制系统。由于电气元件的不同构成了不同的电气控制系统。

二、电气元件的分类

由于系统的不同要求,电气元件的功能多样、构造各异、应用面广,原理各具特点、品种和规格繁多,从不同的角度有不同的分类。一般分类如图 1-1 所示。

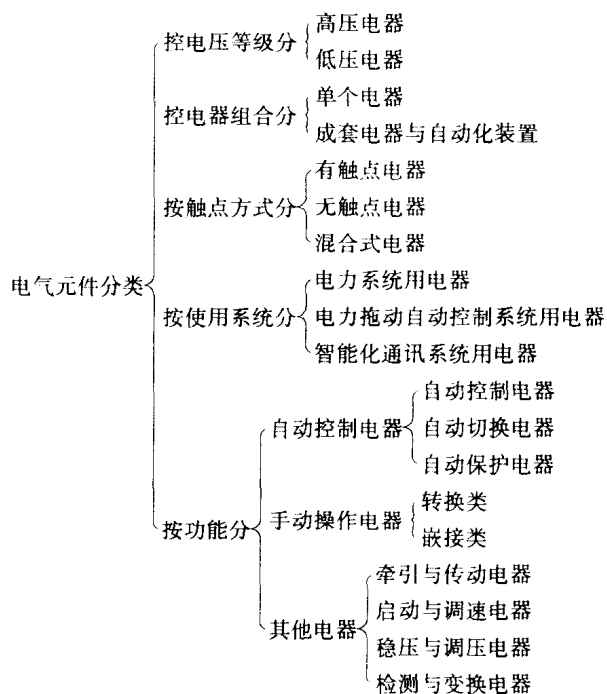


图 1-1 电气元件分类

电力拖动自动控制系统常用的电气元件分为：

1. 低压配电电器

主要用于系统的供电。如刀开关、隔离开关、转换开关、自动开关等。其主要特点是分断能力强、限流效果好,且具有较好动(热)稳定性能。

2. 主令电器

属于发布控制指令的电器。如按钮开关、凸轮控制器、主令控制器等。具有使用寿命长,抗冲击和操作频率高等优点。

3. 控制电器

在线路中起控制作用。如接触器、控制器、继电器等。这类电器具有操作频率高,使用寿命长的特点。

4. 保护电器

主要对低压线路进行安全保护。如电压(电流)继电器、热继电器、安全继电器、熔断器等。要求这类电器反应灵敏,可靠性高。

常用低压电器分类如图 1-2 所示。

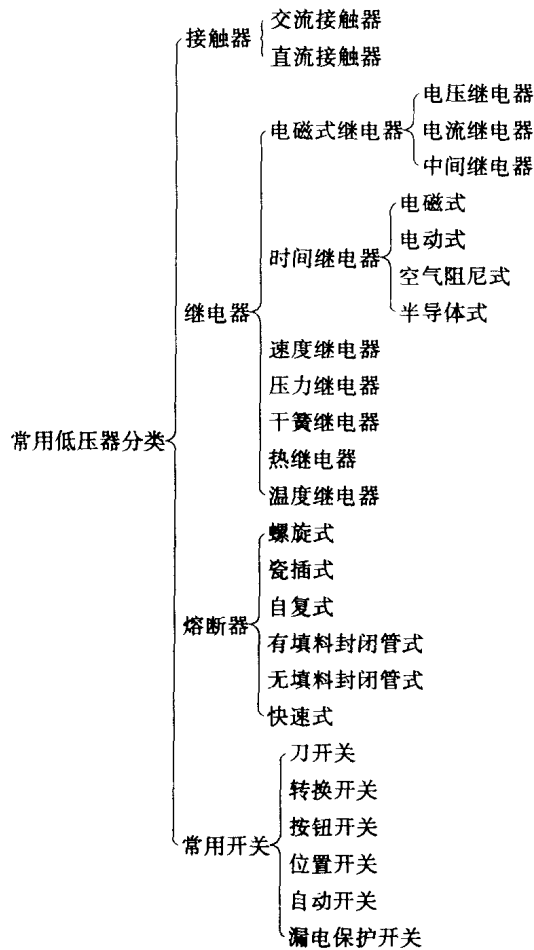


图 1-2 常用低压电器分类

第二节 接 触 器

接触器的作用和刀开关类似,即可以用来接通和分断电动机或其他负载主电器。与刀开关所不同的是它是利用电磁吸力和弹簧反作用力配合使触头自动切换的电器,它具有比工作电流大数倍接通分断能力,但不能分断短路电流,并具有体积小、价格低、维护方便、控制容量大、主命可靠和寿命长的特点,适于频繁操作和远距离控制。因此在电力拖动与自动控制系统中得到了广泛的应用。

接触器按其触头通过电流的种类可分为交流接触器和直流接触器。

一、交流接触器

(一) 交流接触器的构造

交流接触器由电磁机构、触头系统和灭弧装置三部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构是感应机构。它由激磁线圈、铁芯和衔铁构成。线圈一般用电压线圈,通以单相交流电。为减少涡流、磁滞损耗,以防铁芯发热过甚,铁芯用硅钢片叠铆而成,通常做成双“E”形。常见的铁芯有衔铁围绕棱角转动的拍合式及衔铁在线圈内部作直线运动的螺管式等三种结构型式,如图 1-3 所示。

交流接触器的电磁机构一般用交流电激磁,因此铁芯中的磁通也要随着激磁电流而变化。当激磁电流过零时,电磁吸力也为零。由于激磁电流的不断变化,将导致衔铁的快速振动,发出剧烈的噪声。振动将使电气结构松散,寿命降低,更重要的是影响其触头系统的正常分合。为减少这种振动和噪声,在铁芯柱端面上嵌装一个金属环,称为短路环,如图 1-4 所示。

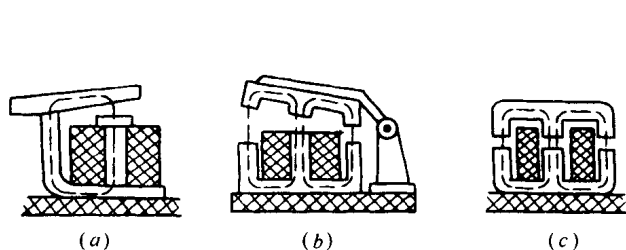


图 1-3 接触器电磁系统的结构图

(a) 衔铁绕棱角转合式; (b) 衔铁绕轴转动拍合式;
(c) 衔铁作直线运动螺管式

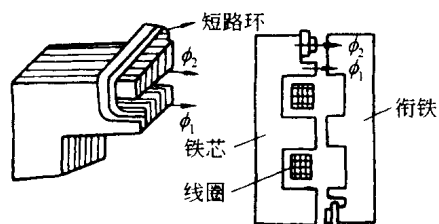


图 1-4 交流接触器铁芯的短路环

短路环相当于变压器的副绕组,当激磁线圈通入交流电后,在短路环中有感应电流存在,短路环把铁芯中的磁通分为两部分,即不穿过短路环的 ϕ_1 和穿过短路环的 ϕ_2 。磁通 ϕ_1 由线圈电流 I_1 产生,而 ϕ_2 则由 I_1 及短路环中的感应电流 I_2 共同产生的。电流 I_1 和 I_2 相位不同,故 ϕ_1 和 ϕ_2 的相位也不同,即在 ϕ_1 过零时 ϕ_2 不为零,使得合成吸力无过零点,铁芯总可以吸住衔铁,使其振动减小。

2. 触头系统

它是接触器的执行元件,起分断和闭合电路的作用,要求触头导电性能良好。触头有主触头和辅助触头之分,还有使触头复位用的弹簧。主触头用以通断主回路(大电流电路),常

为三对、四对或五对常开触头。而辅助触头则用以通断控制回路(小电流回路),起电气连锁或控制作用,所以又称为连锁触头。所谓常开、常闭是指电磁机构未动作时的触头状态。图 1-5 所示为交流接触器的外形、结构及符号。

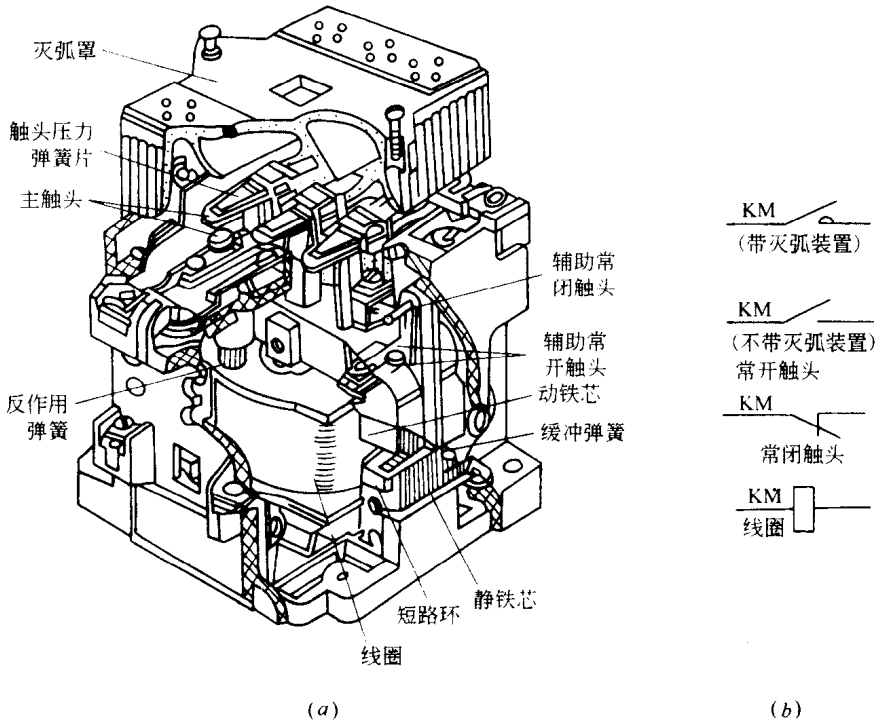


图 1-5 交流接触器的外形、结构及符号
(a)外形及结构;(b)符号

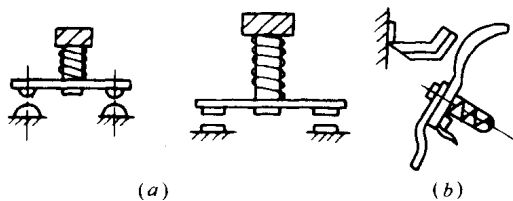


图 1-6 接触器的触头结构
(a)点接触桥式触头;(b)线接触指型触头

触头的结构型式分为桥式触头和线接触指形触头,如图 1-6 所示。

桥式触头有点接触和面接触之分,如图 1-6 (a)所示,它们都是两个触头串于一条电路中,电路的开断与闭合是由两个触头共同完成的。点接触桥式触头适用于电流不大且触头压力小的地方,如接触器的辅助触头。面接触桥式触头,适用于大电流的地方,如接触器的主触头。

线接触指型触头如图 1-6(b)所示,它的接触区域为一直线,触头开闭时产生滚动接触。这种触头适用于接电次数多,电流大的地方,如接触器的主触头。

选用接触器时,要注意触头的通断容量和通断频率,如应用不当,会缩短其使用寿命或不能开断电路,严重时会使触头熔化;反之则触头得不到充分利用。

3. 灭弧装置

当分断带有电流负荷的电路时,在动、静两触头间形成电弧。交流接触器要经常接通和分断带有电流负荷的电路。电弧的形成主要是由于空气发生游离,但电弧形成也存在去游离(减弱离子浓度)的作用。游离作用强,电弧就剧烈,去游离作用强,电弧就易熄灭。电器

中设置灭弧装置,其目的是加强去游离作用,促使电弧尽快熄灭,以防造成相间短路。交流接触器的灭弧方法有四种,如图 1-7 所示。用电力使电弧移动拉长,如:电力灭弧,双断口灭弧;或将长弧分成若干短弧,如:栅片灭弧、纵缝灭弧等。容量在 10A 以上的接触器有灭弧装置,而小容量的接触器采用双断口桥型触头以利于灭弧。对于大容量的接触器常采用栅片和纵缝灭弧。

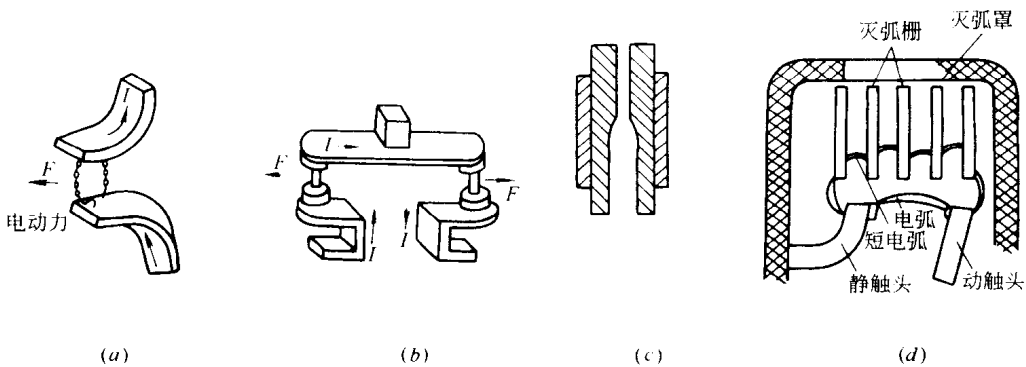


图 1-7 交流接触器各种灭弧方法示意
(a)电力灭弧;(b)双断口灭弧;(c)纵缝灭弧装置;(d)栅片灭弧原理

(二) 交流接触器的工作原理

当线圈通以单相交流电时,铁芯被磁化为电磁铁,即由激磁电流 I_1 产生磁通 ϕ_1 ,而在短路环中产生感应电流 I_2 , I_1 和 I_2 共同作用产生 ϕ_2 ,由 ϕ_1 和 ϕ_2 产生电磁力 F_1 和 F_2 ,使合成吸力 F 无过零点,当克服弹簧的弹力时将衔铁吸合,带动触头动作。即常开触头闭合,常闭触头打开。 ϕ_1 和 ϕ_2 的位差理论上差 90° ,但实际上约 60° 。图 1-8 为电磁吸力随时间的变化曲线。当线圈失电后,电磁铁失磁,电磁吸力随之消失,在弹簧作用下触头复位。

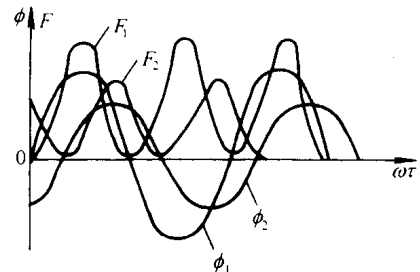


图 1-8 电磁吸力曲线

(三) 交流接触器在使用时的注意事项

(1) 交流接触器在启动时,由于铁芯气隙大,电抗小,所以通过激磁线圈的启动电流往往比衔铁吸合后的线圈工作电流大十几倍,所以交流接触器不宜使用于频繁启动的场合。

(2) 交流接触器激磁圈的工作电压,应为其额定电压的 $85\% \sim 105\%$,这样才能保证接触器可靠吸合。如电压过高,交流接触器磁路趋于饱和,线圈电流将显著增大,有烧毁线圈的危险。反之,衔铁将不动作,相当于启动状态,线圈也可能过热烧毁。

(3) 使用时还应注意,决不能把交流接触器的交流线圈误接到直流电源上,否则由于交流接触器激磁绕组线圈的直流电阻很小,将流过较大的直流电流,致使交流接触器的激磁线圈烧毁。

二、直流接触器

直流接触器主要用以控制直流的用电设备。和交流接触器相似,同样由电磁机构、触头

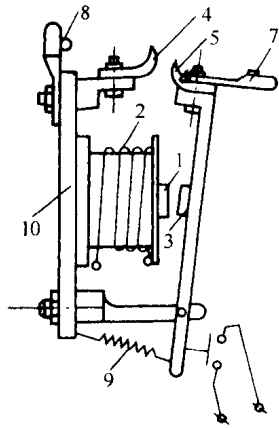


图 1-9 直流接触器的结构原理图

1—铁芯；2—线圈；3—衔铁；
4—静触头；5—动触头；6—辅助触头；7、8—接线柱；9—反作用弹簧；10—底板

系统和灭弧装置等三部分构成,但是也存在着一一定的差别。直流接触器结构原理图见图 1-9 所示。

交、直流接触器的区别如下:

1. 铁芯

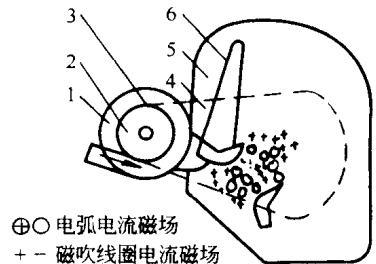
因为直流接触器线圈中通的是直流电,铁芯中不会产生涡流,故铁芯可用整块的铸铁或铸钢构成。因为直流电产生恒定的电磁吸力,所以不会产生振动和噪声,无需在铁芯的端面上嵌装短路环;由于 $f=0, X_L=2\pi fL=0$,故 $Z=R$ 。可见直流接触器限制励磁电流的主要电阻,所以其线圈匝数较多,电阻较大,铜耗也大,线圈发热是需要考虑的主要因素。为了使线圈散热良好,通常将线圈做成长而薄的圆筒状。

2. 触头系统

同交流接触器类似,有主触头和辅助触头之分。主触头因为通断电流大,故采用指形触头,辅助触头通断电流小,常采用点接触的桥式触头,如图 1-6 中所示。

3. 灭弧装置

直流接触器的触头在断开直流电路时,如电流较大,会产生强烈的电弧,次数一多触头便要烧坏,不能继续工作。为了迅速切断电弧,不使触头烧坏,采用了磁吹式灭弧装置,其结构如图 1-10 所示。图中表示动、静触头已分开,并已形成电弧。磁吹式灭弧装置由磁吹线圈 1、灭弧罩 5 和灭弧角 6 所组成。磁吹线圈由扁铜条弯成,中间装有铁芯 2,它们之间隔有绝缘套筒 3,铁芯的两端装有两片铁质的夹板 4,夹板 4 支持在灭弧罩的两边,而放在灭弧罩 5 内的触头就处在夹板之间。灭弧罩由石棉水泥板或陶土制成,它把触头罩住。磁吹线圈和触头串联,因此流过触头的电流过磁吹线圈的电流,电流的方向如图中的箭头所示。



⊙ 电弧电流磁场
+ 磁吹线圈电流磁场

图 1-10 磁吹式灭弧装置

1—磁吹线圈；2—铁芯；3—绝缘套筒；
4—夹板；5—灭弧罩；6—灭弧角

当触头分开电弧燃烧时,电弧电流在电弧四周形成一个磁场,磁场的方向可用右手螺旋定则确定,在电弧上方磁通的方向是离开纸面的,而在电弧下面磁通的方向是进入纸面的。流过磁吹线圈的电流在铁芯 2 中产生磁通,磁通经过一边夹板穿过夹板间的空隙进入另一夹板而形成闭合磁路,磁通方向如图 1-10 所示。可见,在电弧上方,磁吹线圈与电弧电流所产生的磁通方向相反,于是磁通减少;而在电弧下方,则由于两个磁通方向相同,磁通增加,电弧将从磁场强的一边拉向弱的一边,这样电弧就向上运动,灭弧角 6 和静触头相连接,它的作用是引导电弧向上运动。由于电弧自下而上地迅速拉长,和空气发生了相对运动,使电弧温度降低,起到冷却去游离作用,促使电弧熄灭。另外,电弧被吹进灭弧罩上部的时候,进入了灭弧挟缝的区域,电弧和灭弧罩相接触。将热量传给了灭弧罩,这样也降低了电弧的温度,起到加强冷却去游离的作用。同时,电弧在向上运动的过程中,它的长度不断增加,当电源电压不足以维持电弧燃烧时,它就熄灭了。

综上所述可知:磁吹灭弧装置的灭弧原理是靠磁吹力的作用,使电弧在空气中迅速拉长