

技工学校维修电工专业教材

电力拖动自动控制

冶金部工人视听教材编辑部

邹本泰 杨柏森 蔡斌

编 著

1.5

科学技术文献出版社重庆分社

电力拖动自动控制

邹本泰 杨柏森 蔡斌 编著

科学技术文献出版社重庆分社 出版
发行

重庆市市中区胜利路 132 号

中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂 印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张, 19.75 字数, 49.6万

1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷

印数 1—6000

ISBN7-5023-1039-8/TM·18 定价, 9.90元

前 言

本书是根据冶金工业部一九八六年八月制订的冶金技工学校维修电工工种《电力拖动自动控制》课程教学大纲编写的。

本书对常用控制电器的结构、工作原理、型式、使用和维修等知识作了较全面的介绍；对继电器-接触器控制电路的基本环节作了比较详细的讨论；对常用生产机械继电器-接触器控制电路的工作原理作了较详细地分析，并介绍了常见故障的分析和排除方法。本书对交磁放大机和磁放大器控制系统作了扼要地介绍；对可控硅控制系统的基本环节的工作原理和静特性作了比较详细地分析，但根据技工学校培训目标要求，对该系统主要是作定性分析，并对冶金工厂一些生产机械的可控硅控制线路的工作原理和维修知识作了较详细地讨论。

本书是技工学校维修电工工种的教材，亦可作为中級维修电工的培训教材及自学读本。

本书由本钢技校邹本泰主编，鞍钢技校杨柏森和鞍山矿山技校蔡斌同志参加编写。其中，第一章至第四章由杨柏森编写，第五、六章由蔡斌编写，第七章至第十四章由邹本泰编写。

本书由本钢工学院许裕光副教授主审，参加审稿的有湘钢技校周世道、太钢技校邵玉斌和重庆市特钢技校陈华林同志，以上同志在审稿中提出了许多宝贵意见，本钢技校许洪珍等同志对书中的插图进行了大量的工作，在此一并谨致衷心的感谢。

由于编者水平所限，错误及不当之处在所难免，殷切希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

1988年12月

绪 论

现代生产机械的原动力主要是电力。目前广泛地应用各种电动机来拖动生产机械运行。这种以电动机为动力来拖动生产机械的拖动方式称为“电力拖动”。现代的生产机械除了用电动拖动外，还用其它各种电机与电器，它们按一定的规律组成系统，对生产机械实现“自动控制”。电力拖动自动控制所以获得如此广泛地应用，是因为它具有一系列的优越性：

- 1、电能的远距离输送简便、经济、分配方便；
- 2、电力拖动比其它拖动（蒸汽机、空气压缩机等）效率高，且电动机与被拖动的生产机械联接简便；
- 3、电动机的型式种类很多，具有多种的运行特性，以满足不同生产机械的需要；
- 4、电力拖动具有良好的调速性能，起动、制动、反向和调速等控制简便而迅速，并可简单而完善地实现对它的保护；
- 5、易于通过各种电工仪表和计数器来检测和记录各种参数，如：电流、电压和速度等，以便对生产过程进行检测和控制，而实现自动调节，以达到生产工艺所要求的最合理的工作状态；
- 6、可以实现远距离测量和控制，便于集中管理，使局部工作自动化乃至整个生产过程的自动化。

因此，电力拖动，特别是自动化的电力拖动，已成为现代工业生产高度电气化和自动化的基础和核心。电力拖动的自动控制系统是操作指挥现代生产机械的神经中枢，采用合理的、先进的控制系统与设备，不但可以提高劳动生产率，简化机械的维护工作，改善劳动条件，减轻工人的劳动强度，减少能量损耗，增加工作的可靠性，缩短生产时间，提高生产机械的效率和产品的质量，并为生产过程的连续化和自动化创造了必要的条件。因此，“电力拖动自动控制”在国民经济中起到十分重要的作用。

从“电力拖动自动控制”的角度来说，电力拖动是由电动机、控制设备和传动机构等三个基本部分组成的。

电动机是指拖动生产机械所用的各种各样的电动机，它是用来实现电能与机械能相互转换的机械。通常是把电能转换为机械能，这时电动机处在电动状态下运行；有时也反过来把机械能转换为电能或热能，这时电动机处在制动状态下运行。这两种状态都是非常重要的。传动机构是把电动机运动传递给工作机构的中间变速与变换运动方式的动力传递部分，如减速箱、皮带和联轴节等。控制设备是采用各种自动元件来对电动机进行自动控制的部分。如继电器、接触器、电机放大机及各种控制电机、磁放大器、半导体器件等都可作为自动控制的元件。它们根据生产工艺的要求，以一定的线路组成控制系统，自动控制电动机起动、反转、同步、调速、自动恒速等，还可以按给定程序或事先不知道的规律改变速度、转向和工作机构的位置，使工作循环自动化。

以电力作为生产机械动力，迄今仅有百余年的历史。十九世纪末，直流与交流电动机的相继出现，电动机就逐渐代替了蒸汽机。电力拖动发展的初期，采取成组拖动，即由一台电

动机通过天轴、皮带拖动许多生产机械。这种拖动不可能实现自动控制。二十世纪二十年代,开始采用一台电动机拖动一台生产机械的单电动机拖动。这种拖动较成组拖动减少了大量中间传动机构,提高了传动效率,增加了灵活性,满足了当代生产机械的要求。随着生产规模的逐渐扩大,需要采用大型复杂的生产机械,使一台机器上的运动机构和运动形式相应增多,这样,如果仍采用一台电动机拖动,机械的传动机构就会相当复杂。因此,在二十世纪三十年代,生产机械的电力拖动方式进一步发展到,一台生产机械由“多电机拖动”,这样大大地简化了机械结构,使各个工作机构采用最合理的运动速度,同时实现了自动控制。在电动机可逆性原理的基础上,出现了直流发电机—电动机拖动系统,实现了单机和多机拖动。第一次世界大战后,电机放大机控制元件问世,应用反馈原理构成的恒值电力拖动系统和随动电力拖动系统已在冶金、机械制造、国防工业和交通运输部门广泛应用。四十年代,随着电子真空技术的发展,大功率可控水银整流装置诞生了,它对电动机供电已经超越了传统的电力拖动概念,形成了离子拖动的新概念。水银整流器是一种静止的非电磁交换器件,它不经过机械系统直接把交流电能转换成电压可调的直流电能,其功率放大倍数大,电磁惯性小。而水银整流器的致命缺点是供电可靠性差,需要的辅助设备多,维护工作量大,并且蒸发出来的汞蒸气损害工人健康。因此,离子拖动兴起仅十余年的光景,就被可控硅整流装置代替而淘汰了。可控硅是五十年代末期出现的大功率固体可控整流器件,它既具有水银整流器相同的可控整流特性,又完全克服了水银整流器的缺点。并且它还具有功率大、体积小、成本低和寿命长等一系列优点。可控硅技术的问世,为电力拖动自动控制系统开辟了新纪元,近三十年来,国内外无论是在器件的研制方面,还是在自动控制系统的应用方面,都在一日千里的发展。目前我国冶金工业中从矿井提升、选矿、选矿、高炉卷扬、炼钢、铸钢到轧机的主传动,可控硅供电和可控硅励磁系统都获得越来越广泛的应用。现代钢铁工业生产的特点是设备容量越来越大,产量越来越高,产品质量要求越来越严,劳动生产率迅速提高,生产成本大幅度的下降,这一切都与冶金工业生产实现综合性的自动化有直接关系。现代的钢铁生产是以电子计算机进行生产过程闭环控制和自动化生产管理为主要标志。这就要求冶金生产线上各单机自动化水平进一步提高,调节的速度性与准确性更加严格。这样,只有将可控硅、近代电子和计算机等先进技术,应用于电力拖动自动控制系统,才能适应高速度连续生产的需要。因此,可控硅和电子计算机电力拖动自动控制系统已成为生产过程自动化不可缺少的重要组成部分。

“电力拖动自动控制”是专门研究用电机与电器组成的系统在生产使用中的规律的科学技术,它是冶金工业技工学校维修电工工种的主要专业课。作为一名优秀的冶金厂矿维修电工,对“电力拖动自动控制”问题必须详加研究。其主要任务是掌握电力拖动自动控制的基本理论知识与实际技能,掌握继电器—接触器控制系统、交磁放大机自动调速系统、可控硅—电动机直流调速系统的基本环节的工作原理,掌握常用机械和冶金机械电气装备的工作原理,并能正确地维护检修。

本课程共有十四章。为了适应冶金生产现代化的要求,应使学生重点掌握可控硅自动调速系的基本工作原理(包括主电路、触发电路、典型自动调节系统的结构图和静态分析),为从事冶金企业可控硅自动调节系统的维护与检修打下良好基础。常用低压电器和继电器接触器控制系统是学习电力拖动自动控制的基础,也应重点掌握。介绍交磁放大机控制系统和磁放大器的结构与工作原理,为冶金厂矿旧有的这一部分控制系统的维修准备必要的知识。电子计算机控制系统,在现代冶金工业电力拖动自动控制中获得越来越广泛的应用,这是今后

电力拖动自动控制的发展方向，要求学生应做到基本了解。

考虑到为各种不同类型的冶金厂矿培养维修电工人材的需要，书中带※符号的章节内容，可根据各厂矿的具体情况选讲。

本课程应在学过《电工基础》、《电机学与电力拖动基础》、《电子技术》、《可控硅技术》和《计算机基础》后，并在进行了电工实习的基础上进行讲授，才能收到预期的效果。

本课程与生产实际有密切联系，学习时必须贯彻理论联系实际的原则，课堂教学与生产实习密切配合，以培养学生分析问题和解决问题的能力。由于冶金企业电气化、自动化技术的发展是突飞猛进的，本教材不能全面地反映出日新月异的新技术、新成就，因此，学习本课程时，应密切注视国内外新技术的发展动态，以便在基础理论的基础上引进新技术。

目 录

第一章 常用低压电器 (1)	
第一节 接触器.....(1)	第三节 熔断器.....(31)
第二节 继电器.....(13)	第四节 其它常用低压电器.....(34)
第二章 三相异步电动机控制线路 (52)	
第一节 控制电路的绘制原则和符号.....(52)	第四节 绕线式异步电动机启动控制线路.....(63)
第二节 三相鼠笼式异步电动机直接启动控制线路.....(64)	第五节 三相鼠笼式异步电动机变频速控制线路.....(66)
第三节 三相鼠笼式异步电动机降压启动控制线路.....(69)	第六节 三相鼠笼式异步电动机的制动及其控制.....(69)
第三章 机床的控制电路 (94)	
第一节 C620-1型普通车床的电气控制线路.....(94)	第三节 X62W万能铣床的电气控制线路.....(102)
第二节 Z35型摇臂钻床的电气控制线路.....(97)	
第四章 桥式起重机的电气控制线路 (113)	
第一节 概述.....(113)	第六节 PQY1-4、PQS1-3系列交流起重机控制站.....(135)
第二节 电磁抱闸.....(115)	第七节 15/3吨桥式起重机的控制线路.....(141)
第三节 凸轮控制器及其控制线路.....(120)	第八节 起重机电动机和启动调整电阻的选择.....(146)
第四节 GQR系列保护柜.....(126)	
第五节 主令控制器及其控制线路.....(130)	
第五章 三相同步电动机的控制线路 (150)	
第一节 三相同步电动机的启动控制.....(150)	第二节 继电器-接触器式自动投励控制线路.....(151)
第六章 直流电动机控制线路 (155)	
第一节 直流复激电动机启动和调速控制线路.....(155)	第三节 具有反接制动的直流并激电动机控制线路.....(158)
第二节 直流复激电动机带能耗制动控制线路.....(156)	
第七章 交磁放大机自动调速系统的基本环节 (161)	
第一节 自动控制系统的概述.....(161)	第四节 电压负反馈和电流截止负反馈系统.....(173)
第二节 交磁放大机特性.....(167)	第五节 交磁放大机系统的最佳过渡过程.....(176)
第三节 带转速负反馈的调速系统.....(169)	
第八章 交磁放大机在轧钢机自动控制系统中的应用 (179)	
*第九章 磁放大器 (188)	
*第一节 磁放大器的基本原理.....(188)	*第四节 磁放大器的反接.....(194)
*第二节 磁放大器的结构与接线.....(191)	*第五节 磁放大器特性曲线的位移.....(196)
*第三节 磁放大器的工作特性.....(193)	

***第十章 磁放大器在 W_K-5 型电炉可控硅励磁装置中的应用 (199)**

第十一章 可控硅—电动机不可逆直流调速系统 (201)

第一节 可控硅—电动机组的机械特性.....(201)	第五节 转速负反馈—电流截止负反馈的自动调节系统.....(223)
第二节 带转速反馈的有差自动调速系统.....(208)	第六节 具有速度调节器和电流调节器的双闭环自动调速系统.....(228)
第三节 带转速反馈的无静差自动调速系统.....(215)	第七节 调节电动机磁场的自动调速系统.....(231)
第四节 电压负反馈—电流正反馈的自动调速系统.....(219)	第八节 自动调速系统的稳定性.....(235)

第十二章 可控硅—电动机可逆调速系统 (241)

第一节 可控硅—电动机可逆电路.....(241)	第五节 错位无环流可逆自动调速系统.....(267)
第二节 有环流可逆调速系统.....(243)	第六节 自动控制系统中的检测元件.....(278)
第三节 逻辑无环流电枢可逆自动调速系统.....(251)	
第四节 可控环流电枢可逆自动调速系统.....(264)	

第十三章 高炉料车卷扬机可控硅自动控制系统 (287)

第十四章 计算机控制系统在冶金工业中的应用 (297)

第一章 常用低压电器

由于冶金工厂生产过程电气化和自动化程度日益提高，不仅要求广泛采用电动机实现生产机械的电力拖动，而且还需要各种设备对电动机和生产机械进行控制和保护。

凡是用来分合电路，以达到控制、调节与保护目的的电气设备均称之为电器。低压电器通常是指工作在交流1000V及以下与直流1200V及以下的电路中所使用的电器。低压电器的种类繁多，用途广泛，通常可分为非自动电器和自动电器两类。

非自动电器是由工作人员手动操作的，又称手控电器，如刀开关和转换开关、按钮、控制器等。自动电器是按照信号或某个物理量的变化自动动作的，如接触器、继电器等。

由于电器的种类繁多，结构各异，用途也各不相同，本章仅介绍用于电力拖动自动控制的500V以下的常用低压电器。在学习本章时，不仅要了解电器的构造、原理、更重要的是要学会电器的正确选择、合理使用和维护修理。

第一节 接触器

接触器是一种利用电磁铁的吸力及弹簧的反作用力配合动作来带动触头闭合或断开，从而实现接通或切断带有负载的交、直流主电路或大容量控制电路的自动化切换电器。其主要控制对象是电动机，也可用于其它电力负载，如电热器、电焊机、电炉、变压器、电容器等。从表面现象来看，它的作用和刀开关相似，但是接触器不仅能接通和切断电路，还具有低压释放保护、控制容量大、适用于频繁操作和远距离控制、工作可靠、使用寿命长等特点，而刀开关既无低压释放保护、又只能用手直接操作。

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两种。

一、交流接触器

交流接触器主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置等部分组成。常见的有CJ0、CJ10、CJ12、CJ12B等系列交流接触器。其中CJ12配有磁吹式纵缝灭弧系统，CJ12B配有栅片灭弧装置不加磁吹。

(一) 电磁机构

电磁机构是用来操作触头闭合与分断的，由励磁线圈、铁芯和衔铁几部分组成。图1-1为CJ12型交流接触器的电磁机构示意图。

交流接触器的励磁线圈一般采用电压线圈，电源为单相交流电。为减少涡流、磁滞损耗，以免铁芯发热过甚，铁芯用硅钢片叠铸而成，通常做成双E型。因交流接触器励磁线圈的电阻较小，故铜损引起的发热较小。为了增加铁芯的散热面积，励磁线圈均做成粗而短的圆筒状。

由于单相交流电电流过零时，电磁铁吸力为零，从而引

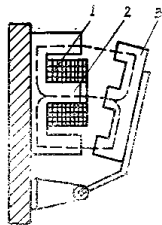


图1-1 交流接触器的电磁机构
1—线圈 2—铁芯 3—衔铁

起吸合后的电磁铁产生拍合振动与噪音。振动易使电器结构松散，使用寿命减低，同时也使触头接触不良，易于熔焊与蚀损。噪音使工人感到疲劳，妨碍工人操作。为了消除这一现象，在铁芯芯柱端面上安装有一个自成回路的铜环，常称为短路环，如图1-2所示。

短路铜环相当于变压器的副绕组，当励磁线圈通入交流电以后，铁芯中产生交变磁通 ϕ_1 ，在短路环中就有感应电流 I_2 存在。短路环把铁芯中的磁通分为两部分，即不穿过短路铜环的 ϕ_1 和穿过短路铜环的 ϕ_2 。磁通 ϕ_2 由电磁铁励磁线圈电流 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。电流 I_1 与 I_2 的相位不同，故 ϕ_1 与 ϕ_2 的相位也不同，亦即 ϕ_1 与 ϕ_2 不同时为零，这样就能在磁通 ϕ_1 过零时仍然吸住衔铁，使衔铁的振动减小，并且铁芯和衔铁接触得愈紧密，气隙愈小，短路环的作用就愈大，衔铁就不会产生振动和噪音。若短路环损坏或者铁芯端面上有灰尘等杂质，衔铁就产生强烈的振动和噪音。

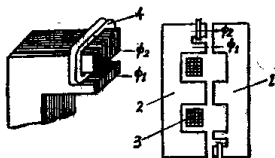


图1-2 交流电磁铁的短路环
1—衔铁 2—铁芯 3—线圈 4—短路环

短路环通常包围三分之二的铁芯截面，它一般用铜、康铜或镍铬合金等材料制成。

交流接触器起动时，由于铁芯气隙大，电抗小，所以通过励磁线圈的起动电流往往达到工作电流的十几倍（工作电流是指衔铁吸合后的线圈电流），所以交流接触器不适宜在频繁起动、制动的场合使用。在安装调试和维护工作中，应注意衔铁是否灵活，有无卡住现象，若励磁线圈通电后，衔铁吸不上，线圈很快就会烧坏。

交流接触器的励磁线圈在电压为85~105% U_e 时，能保证可靠的工作。应该指出，电压升高时，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。

使用时，要特别注意线圈的额定电压，如把额定电压220V的线圈接到380V电源上，线圈将被烧毁，反之衔铁将不动作，线圈也可能过热而烧坏。

另外，在使用时还应注意，决不可把接触器的交流线圈误接到直流电源上，否则就会因线圈电阻小而流过较大的直流电流将线圈烧坏。

(二)触头系统

触头是电器的执行元件，起分断和闭合电路的作用。因此，要求触头导电性能良好，所以触头通常用铜制成。但是铜的表面容易氧化而生成氧化膜，它是不良导体，将增大触头的接触电阻，甚至造成接触不良。所以在选择触头形状时，希望触头能在接触过程中自动清除接触面上的氧化膜。为了达到这个目的，我们设法使触头在闭合或断开时，动触头能沿着静触头滚动并略带滑动，如图1-3所示。开始，当衔铁吸向铁芯时，动触头与静触头在A点接触，随着衔铁的继续移动，触头上的压力也随着增加，与此同时，动触头就在静触头上滚动，其接触点逐步由触头的下部向上部移动，最后接触点移到B点。这一移动的效果，不仅可以把氧化膜擦掉，而且也保证了触头接通或断开均在触头下部进行（A点位置）。换句话说，电弧也就只能在触头的下部产生，而对触头长期

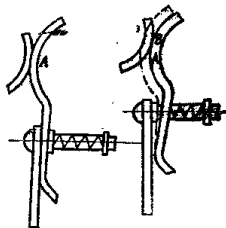


图1-3 触头滚动接触的位置

工作的区域(B点位置)就不会被电弧烧坏,从而保证了B点位置导电性能良好。

长时间工作的触头,不宜用铜作接触面。因为在长期工作情况下,触头不经常闭合、断开,因而不能经常清除触头表面的氧化膜。在这种情况下,触头上要嵌银片或镀银,因为氧化银的导电性能与银差不多。

触头有主触头和辅助触头之分。主触头用以通断主回路(大电流电路、电动机回路),常有三对常开触头。而辅助触头则用以通断控制回路(小电流电路)起电气联锁作用,而又称为联锁触头,它有常开和常闭两种。所谓常开、常闭是指电磁机构未动作前触头的状态。

交流接触器的触头主要有以下几种结构型式,见图1-4所示。

1、桥式触头 图1-4a是两个点接触的触头。图1-4b是两个面接触的触头。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,如接触器的触头。

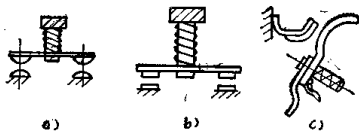


图1-4 交流接触器触头结构型式

2、指形触头 图1-4c是线接触的指形触头,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,如接触器的触头。

为了使触头接触得更加紧密,以减小接触电阻,并消除开始接触时发生的有害振动,在触头上装有压力弹簧,以便随着触头的闭合加大触头间的压力,增大触头间的接触面。

使用接触器时,还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,则触头得不到充分的利用。

(三)灭弧装置

当我们拉开电路的闸刀开关时或交流接触器在断开大电流电路时,均可以看到动、静触头间会产生强烈的弧焰,这种弧焰叫做“电弧”。电弧一方面烧蚀触头,减少接触器使用寿命,降低电器工作的可靠性,另一方面还使切断时间延长,甚至会引引起严重的火灾或其它事故。因此,我们希望电弧能迅速地熄灭。

为什么触头在开断电路时会形成电弧呢?因为触头开始分离时,其间隙很小,而加在此间隙上的是线路的全部电压,间隙中的强电场使电子自阴极表面挣脱出来(称强电场发射),以高速向阳极移动并撞击气体的中性原子,使其外层电子游离出来(称撞击游离),气体发生电离。电子向阳极运动,正离子向阴极运动,正离子到达阴极时,使阴极发生高热,于是阴极金属中电子能量增加,当增加到一定值时,电子便从金属表面逸出(称热电子发射)。在这些过程的同时,弧隙的温度升高,气体分子与原子的运动速度及动能增加,碰撞加剧,分离出电子和带正电的离子(称热游离)。

强电场发射、撞击游离、热电子发射和热游离使空气隙中出现大量向阳极飞驰的电子,形成电子流,由于高温、高速电子流的存在,动、静触头之间就产生了电弧。

应该指出,在发生游离作用的同时,还存在着去游离作用。如电子在其飞驰的道路上,也可能与正离子重新结合成中性分子,这个过程称为再结合。同时,电子还会向温度较低的地方扩散出去,这样也减弱了游离的作用。电弧是否燃烧,决定于同时存在着的游离和去游

离作用的强弱，假如游离作用强，电弧就燃烧；去游离作用强，电弧就熄灭。电器中装有灭弧装置，其目的就是为了加强去游离作用，来促使电弧熄灭。在接触器中常采用下列几种灭弧方法：

1、电动力灭弧 是利用触头回路本身的电动力 F 把电弧拉长，同时在电弧拉长的过程中迅速冷却，以便使电弧熄灭。如图1-5所示。

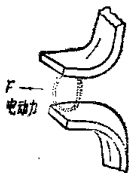


图1-5 电动力灭弧

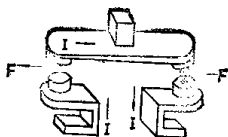


图1-6 双断口灭弧



图1-7 纵缝灭弧装置

2、多断口灭弧 这种方法是将整个电弧分成几段，同时利用上述电动力 F 灭弧，因而效果较好。图1-6所示为双断口灭弧结构（即桥式触头），它将电弧分成两段，然后利用电动力 F 吹弧。

3、纵缝灭弧 图1-7是这类灭弧装置中的一种，灭弧罩内只有一个纵缝，缝的下部宽些，以便放置触头，缝的上部窄些，以便电弧压缩并和灭弧室壁有很好的接触。当触头断开时，电弧被外界磁场或电场力横吹而进入缝内，使电弧的热量传递给室壁而迅速冷却，去游离的效应增大而使电弧熄灭。

4、栅片灭弧 这种灭弧装置广泛应用于熄灭交流电弧，交流电弧与直流电弧不同，直流电弧是稳定燃烧的；交流电弧则是一连串连续的熄灭和点燃的过程。在电流过零时，电弧自行熄灭，当电压增加时，电弧重新点燃，对于50Hz的交流电来说，电弧每秒钟点燃和熄灭100次。这时两电极的极性相互交替变换。当电弧燃着时，弧隙中充满离子和电子，正离子向阳极运动，电子向阳极运动，这就是弧隙能够导电的原因。在电流过零以后，正负极的极性互相更换，于是离子和电子的运动方向都突然的改变，但是由于电子的质量远比离子小，因而电子的能动性高于离子约1000倍。在电流过零以后，能动性高的电子立即反向朝着才变为正极性的阳极运动，能动性低的离子，此瞬间可认为停留在原位置，同时由于刚具有负极性的阴极尚未逸出新的电子，因而在阴极附近形成一段没有负电子而只有正离子的空间，这一段空间与前面一段有电子存在的游离空间比较起来几乎是绝缘的，其绝缘强度约为150~200V，这就是说在电流过零电弧自行熄灭的瞬间，电极间具有150~200V左右的绝缘强度，由于这一绝缘强度是在阴极附近形成的，所以这种作用叫做近阴极作用，栅片灭弧就是利用近阴极作用促使电弧熄灭的。

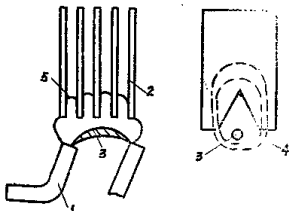


图1-8 栅片灭弧结构原理图

图1-8为栅片灭弧原理图。图中触头1是打开的位置，在触头之间已经产生电弧3，

1—触头 2—灭弧栅片 3—电弧 4—磁场 5—距离

表1-1 CJ10系列交流接触器技术数据

型 号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	频率 (Hz)	极数	辅助触头		吸 引 线 圈 电 压 (V)	吸引线圈 消耗功率 (VA)	最大操作 频率 (次/h)
					数	额定电流 (A)			
CJ10-10A	10	500	50~80	3	2动合 2动断	5	交流50~60Hz, 36, 110, 127,	14	1200
CJ10-20A	20	500	50~80	3	2动合 2动断	5	220, 380, 420, 440及600V	33	1200
CJ10-40A	40	500	50~80	3	2动合 2动断	5		33	1200
CJ10N-10	10	500	50~80	3	2动合 2动断	5		14	600
CJ10-75A	76	380	50~80	3	2动合 2动断	10	交流60Hz, 110, 127, 220, 380, 440V	55	600
CJ10-120A	120	380	50~80	3	2动合 2动断	10	交流50Hz, 36, 110, 127, 220, 380V 直流110, 220V	68	60

表1-2 CJ10系列交流接触器技术数据

型 号	额定电流 (A)	被控三相电动机 最大功率 (kW)		动作时间 (ms)	动作时间 释放时间 (ms)	最多 数盘	辅 助 触 头		吸 引 电 压 (V)	吸 引 线 圈 电 压 (V)	吸 引 线 圈 消 耗 功 率 (VA)	最 高 操 作 频 率 (次/h)
		220V	380V				持续电流 (A)	电压 (V)				
CJ10-5	5	1.2	2.2	15	14.3	一常开	380	50	36, 110, (127), 220, 380	35	6VA	
CJ10-10	10	2.2	4	17	21		500	40		85	11VA	
CJ10-20	20	5.5	10	16	18		380	50		85	5W	
CJ10-40	40	11	20	23	22	一常开	500	40	36, 127	140	22VA	≤600
CJ10-50	60	17	30	65	40	一常开	380	50	220, 380	230	32VA	
CJ10-100	100	29	50	32	15	一常开	500	40		490	70VA	
CJ10-150	150	43	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—

灭弧栅片2是薄铁板制成，表面镀铜以防生锈，它装在由石棉水泥压制成的灭弧罩内，各片之间相互绝缘。

触头分开时，在触头之间产生电弧3，电弧的周围形成磁场4，由于铁片的磁阻比空气小得多，因此电弧上部的磁通非常稀疏，而电弧下部的磁通却十分稠密，这种上稀下密的磁通就把电弧拉到灭弧栅中。由此可见，电弧进入灭弧栅是靠它自己所产生的磁通拉进去的。

当电弧进入灭弧栅以后，就被灭弧栅片分割成数段相互串联的短弧，如图1-8中5所示。这样每两片灭弧栅片可以看作是一对电极，而每对电极间都有150~200V的绝缘程度，使整个灭弧栅的等效绝缘强度大大加强了。而每个栅片间的电压不足以达到电弧燃烧电压，同时栅片吸收电弧的热量，使电弧迅速冷却，所以电弧进入灭弧栅后就很快熄灭了。

(四) 工作原理

交流接触器的工作原理如图1-1所示，励磁线圈1接通电源以后，线圈电流产生磁场，使静铁芯2产生足够的吸力来克服反作用弹簧的弹力，将动铁芯（衔铁3）吸合，带动触头机构动作，使三对常开主触头和常开辅助触头同时闭合，常闭辅助触头同时断开。当接触器线圈断电时，静铁芯吸力消失，动铁芯在反作用弹簧力的作用下复位，各触头也一起复位。

(五) 主要技术数据

目前我国生产的交流接触器主要有：CJ0、CJ10、CJ12B、等系列。它们的技术数据见表1-1、表1-2、表1-3和表1-4。表1-1中CJ0Z为重任务的交流接触器。

表1-3 CJ12系列交流接触器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	每小时操作次数		联 锁 触 头		线圈消耗 功 率 (W)	备 注
				额定容量时	短时容量时	额定电压 (V)	额定电流 (A)		
CJ12-100	380	100	2, 3, 4	600	200	交流380 直流220	10	16	若用直流吸引 线圈则需占用一个 常合联锁触头，故其联锁触 头只有五个
CJ12-150		150						30	
CJ12-250		250		45					
CJ12-400		400		85					
CJ12-600		600		70					

表1-4 CJ12B系列交流接触器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极 数	额定容量时 每小时操作次数	机械寿命 (次)	联 锁 触 头		
						额定电压 (V)	额定电流 (A)	组 合 情 况
CJ12B-100	380	100	2, 3, 4, 5	600	3000000	交流380 直流220	10	六个触头可组合成。 五分一合或四分合 或三分三合
CJ12B-150		150						
CJ12B-250		250						
CJ12B-400		400						
CJ12B-600		600						

二、直流接触器

直流接触器主要用以控制直流的用电设备，它的结构和交流接触器基本相同，由电磁机构、触头系统和灭弧装置等三个主要部分组成。CZ3型直流接触器的结构如图1-9所示。

(一) 电磁机构

电磁机构由并励的电压线圈、软钢制成的磁轭和铁芯组成。电磁铁的形状大多采用U型。直流电磁铁铁芯不发热，而线圈匝数多，电阻大，铜损大，线圈本身发热是主要的。因此为使线圈散热良好，吸引线圈通常做成成长而薄的圆筒状。由于线圈电阻 R_c 很大，吸引电压为 U 时，吸引电流 $I = \frac{U}{R_c}$ 。与交流接触器一样，吸引线圈电压为额定电压的85%~105%时，能产生必需的吸力，以保证接触器可靠地工作。当线圈电压低于85%时，不能保证接触器可靠吸合。当线圈电压降到5~10%额定电压时，动铁芯释放。为了保证动铁芯在上述电压下可靠地释放，常在磁路中夹有非磁性垫片，以减小剩磁的影响。

在吸引线圈两端加上电压时，由于线圈电感的作用，线圈电流不能立即达到稳定值 I ，而是按指数曲线上升，即

$$i = I \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

式中 $T = \frac{L_c}{R_c}$ ——线圈的时间常数。

电流近于稳定值以后，才吸动铁芯，又由于机械惯性的影响，吸上动作也有一个时滞，这些因素使得接触器的固有动作时间为0.09~0.4s，固有释放时间为0.03~0.12s。大型接触器的固有动作时间较长，小型接触器较短。对于交流接触器因交流激磁电流的增长过程在第一个 $\frac{1}{4}$ 周期内即行结束，比直流接触器的过程短得多。所以交流接触器的平均固有吸上时间为0.05~0.07s；而固有释放时间为0.02~0.05s。

(二) 触头系统

触头有主触头与辅助触头两种。主触头一般做成单极或双极，由于通断电流大，接电次数多，故采用滚动接触的指形触头。

(三) 灭弧装置

直流接触器一般采用磁吹式灭弧装置，其结构如图1-10所示。图中表示动、静触头已分开，并形成电弧（图中用黑粗线表示）。磁吹灭弧装置由磁吹线圈1，灭弧角6和灭弧罩5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

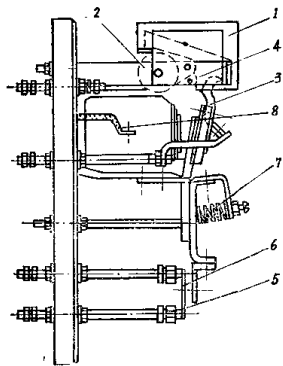


图1-9 CZ3型直流接触器
1—灭弧罩 2—磁吹线圈 3—动触头 4、5—静触头
6—桥式动触头 7—复位弹簧 8—吸引线圈

端装有两片铁质的夹板4，夹板4夹持在灭弧罩的两边，而放在灭弧罩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。磁吹线圈是和触头串联的，因此流过触头的电流也就是流过磁吹线圈的电流。电流的方向，如图中的箭头所示。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，而在电弧下方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气隙进入另一边夹板而形成闭合回路，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，则由于两个绕通方向相同，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，进入了灭弧夹缝的区域，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，起到冷却去游离的作用。除此之外，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熄灭。由此可见，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

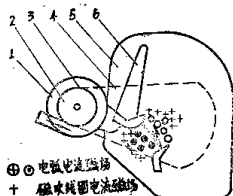


图1-10 磁吹灭弧装置
1—磁吹线圈 2—铁芯 3—绝缘套筒
4—夹板 5—灭弧罩 6—灭弧角

时熄灭。由此可见，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

表1-5

CZ0系列直流感应磁技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定操作频率 (次/h)	三触头型式及数目		分断电流 (A)		辅助触头型式及数目		吸引线圈电压 (V)	吸引线圈功耗功率 (W)
				常分	常合	常分	常合	常分	常合		
CZ0-40/20	40	400	1200	2	—	160	—	2	2	24	22
CZ0-40/02	40	400	600	—	2	100	—	2	2	24	24
CZ0-100/10	100	100	1200	1	—	400	—	2	2	24, 48	24
CZ0-100/01	100	100	600	—	1	350	—	2	1	24, 48	180/24
CZ0-100/20	100	100	1200	2	—	400	—	2	2	110, 220	30
CZ0-150/10	150	150	1200	1	—	600	—	2	2	440	—
CZ0-150/01	150	150	600	—	1	375	—	2	1	440	300/23
CZ0-150/20	150	150	1200	2	—	600	—	2	2	440	40
CZ0-250/30	250	250	600	1	—	1000	—	5	—	440	220/31
CZ0-250/20	250	250	600	2	—	1000	—	(其中1对常开, 另4对可任意组合成常开或常闭)	—	440	290/40
CZ0-400/10	400	400	600	1	—	1600	—	—	—	440	350/28
CZ0-400/20	400	400	600	2	—	1600	—	—	—	440	430/43
CZ0-600/10	600	600	600	1	—	2400	—	—	—	440	320/50

并同时进冷却去游离,从而使电弧熄灭。因此,电流愈大,灭弧能力也愈强。当电流方向改变时,磁场的方向也同时改变,而电磁力的方向不变,电弧仍向上移动,灭弧作用一样。

(四) 主要技术数据

直流接触器的类型很多,在自动控制系统中,常用的有CZ0、CZ1、CZ2、CZ3、CZ5-11等系列产品。CZ5-11为联锁继电器,适用于控制电路中。表1-5、表1-6列出了CZ0系列与CZ3系列直流接触器的技术数据。

表1-6

CZ3系列直流接触器技术数据

序 号	型 号	主触头数量		辅助触头数量		主触头额定电流(A)	辅助触头额定电流(A)	吸引线圈规格	保持线圈规格	辅助触头数量			序 号			
		常分	常合	常分	常合					主触头数量						
										常分	常合	常分		常合	常合	
1	CZ3-00/10			1	2						2	CZ3-00-26	23			
2	-02/02			2	2						2	-22/00	24			
3	-02/20			2	2						2	1	-10/02	25		
4	-03/01			3	1						2	3	-30/02	26		
5	-04/00			4							5	2	-05/02	27		
6	-20/02	2			2	直流 1.5、 2.5、 5、10、 20、 40A	20	直流 24、48、 110、 220V 和电压 2.5、 6.8、 14A	直流 10、20 A 和电压 220V		2	1	-02/01	28		
7	-21/00	2			1						1	2	-20/01	29		
8	-21/30	2	1	2	1						1	3	-30/01	30		
9	-22/04	1	1	1	2						5	3	-05/03	31		
10	-22/02	2			2						2	2	-02/02	32		
11	-22/20	2	2	2							2	2	1	-22/10	33	
12	-22/10	2	1	2							1	1	-10/10	34		
13	-22/30	1	1	2	1						2	3	2	-22/03	35	
14	-04/03			4	3						2	2	-22/00	36		
15	-30/00	3									1	1	1	-20/20	37	
16	-04/02			4	2						2	1	1	2	-22/21	38
17	-03/03			3	3						2	2	2	-02/22	39	
18	-20/05	2			5						1	1	2	-20/20	40	
19	-22/01	2		2	1						1	1	1	-20/10	41	
20	-10/06	1									5			-05/00	42	
21	-11/11	1	1	1	1						3			-03/00	43	
22	-11/00	1		1							2	1	2	-12/20	44	