

● 高等学校教材

电力机车电器

DIANLI JICHE DIANQI

张效融 吴国祥 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校教材

电力机车电器

张效融 吴国祥 主 编

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书结合国产电力机车现状,对国产韶山(SS)系列及和谐(HXD)系列电力机车所用的电器结构原理进行介绍。全书共分为六章。第一章介绍电器基本知识、电弧的产生与灭弧方法及主电路通常采用的电控传动装置。第二章是电力机车取电装置(受电弓的参数、原理及结构)。第三章介绍电力机车变压器、电抗器结构、原理及运行分析。第四章、第五章分别介绍了电力机车上所用的高压电器(如主断路器、避雷器、位置转换开关)和低压电器(如司机控制器等电器产品)。第六章对电力机车辅助机组系统的电器(劈相机、通风机组及空气压缩机组的电机)进行了简单介绍。

本书适用于高等学校电力机车专业教材,可供从事电力机车工作技术人员作为参考资料,还可根据需要抽出相关章节可作为培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力机车电器/张效融,吴国祥主编. —北京:

中国铁道出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-113-15792-0

I. ①电… II. ①张… ②吴… III. ①电力机车—牵引电器 IV. ①U264. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 315748 号

书 名: 电力机车电器

作 者: 张效融 吴国祥 主编

策 划: 阚济存 编辑部电话: 010-51873133 电子信箱: td51873133@163.com

责任编辑: 阚济存

编辑助理: 杜丽君

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 龚长江

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京尚品荣华印刷有限公司

版 次: 2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 12.5 字数: 312 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-15792-0

定 价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: (010) 51873170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187

前 言

从 20 世纪 50 年代开始,我国铁路引进并制造了韶山₁(SS₁)交—直流传动电力机车,80 年代国产电力机车得到很大的发展,以韶山(SS)系列为主体的交—直流传动电力机车作为我国电气化铁路的主型牵引动力。20 世纪末至 21 世纪初期,和谐型(HXD)大功率交—直—交传动电力机车 HXD₁、HXD₂、HXD₃ 等成功设计并投入使用,标志着我国电力机车行业由交—直流传动向交—直—交传动的转化,电力机车技术水平达到了世界先进水平。

为了使學生能更好的学习掌握交—直流传动、交—直—交传动电力机车传动技术,我们以国产韶山(SS)系列电器为基础,结合和谐型(HXD)电力机车,编写了《电力机车电器》一书,作为大学本科电力机车专业的专用教材。

全书共分六章:

第一章电器基本知识。本章主要介绍电器的发热、电动力、触头的接触形式、接触电阻、电磁传动和电控传动的基本原理及常用的灭弧方法。

第二章受电弓。电力机车利用受电弓从接触网获得电能,牵引列车运行。受电弓是一种受流装置。目前电力机车上采用的各种型号受电弓零部件虽略有不同,但基本结构有许多相似之处。本章以 SS_{3B} 型、SS₉ 型电力机车上采用的受电弓为例加以介绍。

第三章牵引变压器、电抗器。本章主要介绍了变压器原理、结构及运行的基本知识,重点介绍 HXD₃ 型电力机车所采用的 JQFP2-9006/25(DL)型主变压器和 SS₉ 型电力机车所采用的 TBQ12-8668/25 型主变压器参数、结构及运行。

第四章高压电器。高压电器是指额定电压在 3 kV 以上的电器。由于种类繁多,本章主要介绍空气断路器、真空断路器、制动电阻装置、避雷器、位置转换开关等电器的原理、结构及作用。

第五章低压电器。本章主要介绍司机控制器、传感器、接触器、继电器等电器作用、原理及参数。

第六章辅助机组。韶山(SS)系列电力机车辅助电路系统采用单相交流转变成三相交流电供异步电动机工作的方式,由劈相机实现单—三相交流转换,主要辅助机械均由三相异步电动机拖动。本章介绍了劈相机、牵引通风机组、空气压缩机组及辅助保护装置。

本书由兰州交通大学张效融、吴国祥主编。其中第一、二章由吴国祥编写,第三章由兰州交通大学张正编写,第四章由天津铁道职业技术学院魏力编写、第五章由兰州交通大学林志敏编写、第六章由张效融编写。

铁路发展日新月异,随时都有新技术诞生和应用,由于编者水平有限,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2012 年 9 月

目 录

第一章 电器基础知识.....	1
第一节 概 述.....	1
第二节 电器的发热与电动力.....	2
第三节 电弧的产生与灭弧方法.....	4
第四节 触 头.....	9
第五节 传动装置	13
复习思考题	15
第二章 受电弓	16
第一节 概 述	16
第二节 TSG1-600/25 受电弓	16
第三节 DSA-200 受电弓	21
复习思考题	31
第三章 牵引变压器和电抗器	32
第一节 变压器的分类、铭牌及基本结构.....	32
第二节 变压器的工作原理及运行分析	39
第三节 单相变压器的连接组别	45
第四节 其他用途变压器	47
第五节 HXD ₃ 型电力机车 JQFP2-9006/25(DL)主变压器	50
第六节 SS ₉ 型电力机车 TBQ12-8668/25 型主变压器	58
第七节 平波和滤波电抗器	66
第八节 电流互感器与电压互感器	72
复习思考题	77
第四章 高压电器	78
第一节 避 雷 器	78
第二节 位置转换开关	83
第三节 电空接触器	91
第四节 断 路 器	93
第五节 制动电阻装置.....	113
第六节 固定磁场分路电阻器.....	120
第七节 高压隔离开关.....	122
复习思考题.....	129

第五章 低压电器	131
第一节 司机控制器.....	131
第二节 传 感 器	149
第三节 刮 雨 器	153
第四节 三相自动开关.....	155
第五节 电 空 阀	159
第六节 接 触 器	160
第七节 继 电 器	165
复习思考题.....	170
第六章 辅助机组	171
第一节 劈 相 机	171
第二节 牵引通风机组.....	175
第三节 空气压缩机组.....	178
第四节 辅机保护装置.....	190
复习思考题.....	192
参考文献	193

第一章 电器基础知识

第一节 概 述

电器是随着电能的运用而产生的,由于电能与其他形式的能量相比具有易转换和便于控制、调整、输送等优点,因此在生产、生活及许多相关科学领域中获得了广泛的应用。然而电能从产生、输送到应用是较为复杂且需要一系列的控制、调整、保护装置的作用才能很好完成的过程。如对电力电路实行通、断控制;对电动机实行启动、停止、正转、反转控制;对用电设备进行超载、过压、短路、断路等故障保护;在电路中传递、变换、放大电流或非电信号,从而达到自动检测和调节作用等。

所以,凡是根据外界特定信号,自动或手动地接通和断开电路,对电路或非电对象起控制、调整、保护及检测作用的电工设备,都称之为电器。电器的用途广泛、功能多样、工作原理各异,因此产品种类繁多。

电力机车电器是装在高速运行着的电力机车上工作的,所以其工作条件及环境与一般工作情况有所不同,因此相应的要求也有不同。

电力机车电器的工作条件及特点主要是:会受到较强的振动、大气的污染、温度与湿度的大幅变化、操作频率高、工作电压与电流波动大和安装空间位置受限制等。

机车运行中,当机车轮对通过钢轨接缝时,产生垂直方向的振动;当机车启动或制动时,产生沿机车纵向的振动;当机车通过曲线或道岔时,产生沿机车横向的振动。这样必然引起电力机车电器的各零件也产生振动。另外,机车内部的一些旋转型设备(如电机、通风机、压缩机等)也会引起振动。由于振动会使电器各部件受到附加力的作用,严重时会影响电器的正常工作。为此,在选用、布置、安装电器时应考虑到振动因素的影响。需注意紧固件应有弹簧垫及防松装置,以防松脱。电器中弹簧的力应适当增加,以防振动发生误动作。连接线(如母线、电子线路)连接要坚固,避免发生由于振动而产生接触不良、内部发热而引起事故。

由于电力机车露天运行,电器工作的环境温度变化范围大,工作时车内温度很高,车底及车顶在温度很低时甚至可能结冰。因此要求电力机车电器允许的温度范围为 $-40\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (其中 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为存放温度, $-25\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为工作温度)。由于大气中的粉尘及其他污染物对电力机车电器的腐蚀也较为严重,从而降低了电器的绝缘能力,严重时会影响其正常工作。因此,在电力机车电器选择时,标准相应的要高一些,并对电器要经常进行清扫、保养,以保证其工作正常。

电力机车主电路的电压在较大范围内变动,而电流则随牵引电动机的工作状态而变化,故电力机车电器工作在电压、电流波动范围相当大的条件下。另外,机车常有启动、停车及在不同工况时进行调速操作,因此电力机车电器的操作频率较高。对电力机车电器而言就要求其操作频率的等级较高。另外,其电气及机械寿命也应相对较长。

由于机车内部安装电器的空间有限,因此要求电器的安装尺寸尽量小。为了更有效地利用机车内有限的空间,应尽量采用成套装置。同一电路中的电器应安装在同一屏柜中,这样既

便于安装,又便于检修。

总之,电力机车电器的工作条件及环境相当恶劣,对其正常工作有一定的影响。为此,对电力机车电器的基本要求是:动作准确可靠、有足够的电气寿命与机械寿命、有较高的操作频率、能量消耗少且便于检修。在生产上则要求电器质轻体小、经济耐用且便于生产。

随着我国电气化铁路及电力机车技术的迅速发展,电力机车电器在产品的结构、形式、质量方面都有了很大的改进和提高。在国产电力机车中,不断地采用性能较好、运行可靠及免维护的接触器及继电器,真空断路器、无触点电器在机车上也得到越来越多的应用。

电力机车电器发展的一般趋势概括起来有以下几个特点。

① 从有触点电器逐步过渡到无触点电器,且两者互相结合取长补短,随着电子技术的迅速发展,使用电子元件的无触点电器得到了广泛的应用。无触点电器有很多优点,如抗振动、工作可靠、操作频率高、寿命长、体积小、重量轻、维修方便,适用于防火、防爆场合,有利于实现系统的自动化且动作可靠、灵敏。但也有不足之处,主要缺点是:导通时有较大的管压降、阻断时有较大的残余电流、不能完全切断电路;功率损耗大;承受过载和过电压的能力差。基于以上原因,在机车电器的发展中,有触点电器与无触点电器联合使用,各自发挥其优点,从而推动机车电器的发展。

② 从单个电器过渡到成套电器或成套装置。所谓成套装置,不是指将一般结构的电器简单地、机械地连接在一起,而是将所有电器、组件和小体积的零件按照一定的要求,有机地结合在一起。目前,电力机车同一电路中的电器安装在同一屏柜上,这样既便于安装又便于检修。

③ 机车电器在发展中越来越趋向于标准化、系列化、通用化、小型化。总的来说,电力机车电器是向着提高工作可靠性、电气寿命,提高分断能力及减小体积,简化拆装线路,降低费用的基本方向发展的。随着我国电力机车更新换代速度的加快,将有更多性能及质量更好的电器产品应用在电力机车上。

第二节 电器的发热与电动力

电器的发热及电动力是电器中存在的两种物理现象,它们对电器的正常工作有一定的影响。

一、电器的发热与散热

有触点电器是由导电材料、导磁材料和绝缘材料等组成的。电器在工作时由于有电流通过导体和线圈而产生电阻损耗。如果电器工作于交流电路,则由于交变电磁场的作用,在铁磁体内产生涡流和磁滞损耗,在绝缘体内产生介质损耗。所有这些损耗几乎全部都转变为热能,其中一部分散失到周围介质中,另一部分加于电器本身,使其温度升高。电器温度升高后,其本身温度与周围环境温度之差,称为温升。

电器的温度超过某一极限值后,其中金属材料的机械强度会明显下降,绝缘材料的绝缘强度会受到破坏。若电器温度过高,会使其使用寿命降低,甚至使电器遭到破坏。反之,电器工作时的温度也不宜过低,因为电器工作时温度太低,说明材料没有得到充分利用,经济性差,相对体积大、质量大。由此可见,研究电器的发热问题,对保证电器正常可靠地运行及缩小电器体积、节约原材料、降低成本、增加使用寿命等都具有重要意义。

电器的发热与散热是一个极其复杂的过程,影响它的因素很多,很难建立一个包括一切影响因素的热过程解析公式;电器的热计算只能是近似的,经过大量实验校核后,根据具体条件,

应用经验数据可以得到比较准确的结果,其中运用计算机采用温度场计算方法可以提高计算的准确度。为了确保电器的工作性能和使用寿命,各国电器技术标准都规定了电器各部件的发热温度极限及温升值。

所谓发热温度极限就是保证电器的机械强度、导电、导磁性以及介质的绝缘性不受危害的极限温度。

因为电器工作环境直接影响电器的散热过程,我国国家标准规定最高环境温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (一般为 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$),用发热温度极限减去最高环境温度即为允许温升值,即

$$\text{允许温升值} = \text{发热温度极限} - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

1. 电器的发热

电器工作时,电流通过导电部分将产生电阻损耗。载流导体的电阻损耗为

$$P = I^2 R \quad (1-1)$$

式中 P ——电阻损耗功率, W ;

I ——通过导体的电流, A ;

R ——导体电阻, Ω 。

此损耗将转变为热能。正常状态时,其中一部分散发到周围介质中去,另一部分使导体的温度升高,形成温升。

2. 电器的散热

电器工作时,只要电器温度高于周围介质及接触零件的温度,便会向周围介质散热,发热和散热同时存在于电器发热过程中。

当电器产生的热量与散失的热量相平衡时,电器的温升维持不变,称为热稳定状态。此时的温升称为稳定温升。若温升随着时间而变化,则称为不稳定发热状态。

电器的散热以热传导、热对流与热辐射三种基本方式进行。

①热传导现象的实质是通过具有一定内部能量的物质基本质点间的直接相互作用,使能量从一个质点传递到另一相邻质点。热传导的方向是由较热部分向其他部分传播,或由发热体向与它接触的物体传播。热传导是固体传热的主要方式,也可在气体和液体中进行。

②热对流是通过流体(液体与气体)的运动而传递热量。根据流体流动的原因,对流分为自然对流和强迫对流。机车的电机、电器因受安装空间的限制,较多采用强迫对流,可加强散热,缩小体积。

③热辐射是发热体的热量以电磁波的形式传播能量的过程。热辐射可穿越真空和气体而传播,但不能透过固体和液体物质。

传导、对流、辐射三种传热过程利用公式分别进行热计算是相当复杂的,而且结果也不准确。所以在实际计算发热体表面温升时,不单独考虑,而是在表面情况和周围介质一定的条件下,把三种散热方式综合起来,用综合散热系数考虑散热,这就是通常采用的牛顿公式:

$$P = K_T S \tau \quad (1-2)$$

式中 P ——散热功率, W ;

K_T ——综合散热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

S ——有效散热面积, m^2 ;

τ ——温升, $^{\circ}\text{C}$ 。

通过式(1-2)可得出,散热功率与温升及有效散热面积成正比,即温升越高,有效散热面积越大,则散热功率越大。

二、载流导体的电动力及电动稳定性

载流导体处在磁场中会受到力的作用,载流导体间相互也会受到力的作用,这种力称为电动力。对于这种现象,有可利的一面,如电动机就是利用载流导体在磁场中受力将电能转换为机械能;也有危害的一面,如大容量输配电设备来说,在短路情况下电动力可达很大数值,对配电装置的性能和结构影响极大。在电器中,载流导体间、线圈间、动静触头间、电弧与铁磁体间等都有电动力的作用。在正常电流下电动力不至于使电器损坏,但动、静触头间的电动斥力过大会使接触压力减小,接触电阻增大造成触头的熔化或熔焊,影响触头的正常工作。有时在强大短路电流所形成的电动力下,使电器发生误动作或使导体机械变形,甚至损坏。利用电动力的作用改善和提高电器性能的例子也有很多,例如接触器的磁吹灭弧、快速自动开关的速断机构等。

电动力的方向判断可用左手定则或磁通管侧压力原理来进行。

①左手定则:伸平左手,让磁力线垂直穿过手心,四指指向电流方向,大拇指的指向就是电动力方向。

②磁通管侧压力原理:把磁力线看成磁通管,并认为它有一种趋势,即纵向力图缩短,横向力图扩张,从而具有纵向张力和横向侧压力。因此磁通管密度高的一侧具有推动导体向密度低的一侧运动的电动力。

电动力方向判断的两种方法其结果是一样的,可根据具体情况采用某一种。在结构及产生磁场因素复杂的情况下用磁通管侧压力原理来判定电动力方向较为方便。

1. 载流导体电动力计算基础和电动稳定性

当长为 L 并通有电流 I 的导体垂直置于磁感应强度为 B 的均匀磁场中时,作用在该导体上的电动力 F 为

$$F = BIL \quad (1-3)$$

若该导体与磁感应强度 B 的方向成 β 夹角时,则作用在导体上的电动力为

$$F = BIL \sin\beta \quad (1-4)$$

电器的电动稳定性就是指电器有关部分在电动力作用下不产生损坏或永久变形所能通过的最大电流。它用最大冲击电流的峰值表示或用它与额定电流的比值表示。

2. 触头电动力

触头闭合通过电流时,在触头间有电动力存在。这是因为触头表面不管加工怎样平整,从微观上讲仍然是凹凸不平的。由于接触面积远小于触头表面积,电流线在接触点处产生收缩,由此而引起触头间的电动斥力。当电流很大时,此电动力可将触头拉开或使触头间接触压力减小。触头处在闭合位置能承受短路电流所产生的电动力而不致损坏的能力,称为触头的电稳定性。由于触头面加工情况和触头压力情况的不同,因而难以确定触头接触处电流线收缩的情况,因此电流线收缩而产生的电动斥力计算较复杂。

通过分析可得,接触面积为 S ,触头材料的抗压强度越大,电流线收缩得越厉害,电动斥力也越大。触头压力 F_j 越大,有效接触面积增加,电动斥力也就越小。

第三节 电弧的产生与灭弧方法

一、电弧的产生

电弧是触头从闭合状态过渡到断开状态过程中产生的。触头的断开过程是逐步进行的,

开始时接触面积逐渐减小,接触电阻随之增大。根据试验,当触头切断电路,如果电路电压在 $10\sim 20\text{ V}$,电流在 $80\sim 100\text{ mA}$ 时,触头之间就会产生电弧。由于电弧的高温及强光,它可以广泛应用于焊接、熔炼、化学合成、强光源及空间技术等方面。对于有触点电器而言,由于电弧主要产生于触头断开电路时,高温会烧损触头及绝缘,严重时甚至引起相间短路、电器爆炸,酿成火灾,危及人员及设备的安全。所以从电器的角度来研究电弧,目的在于了解它的基本规律,找出相应的办法,让电弧在电器中尽快熄灭。

电弧是气体自持放电的形式之一,是一种带电质点(电子或离子)的急流。它的主要特点是外部有白炽弧光,内部有很高的温度和密度很大的电流。我们借助一定的仪器仔细观察电弧,可以发现,除两个极(触头)外,明显分为三个区域,即近阴极区、近阳极区及弧柱区。弧柱区是电弧中温度最高、亮度最强的区域。

触头分断瞬间,由于间隙很小,电路电压几乎全部加在触头之间,在触头间形成很强的电场,阴极中的自由电子会逸出到间隙中,并向阳极加速运动。前进中的自由电子中途碰撞中性粒子(气体分子或原子),使其分裂为电子和正离子,电子在向阳极运动过程中又碰撞其他粒子,这就是碰撞电离。经碰撞电离后产生的正离子向阴极运动,撞击阴极表面并使其温度逐渐升高,当温度达到一定值时,部分电子将从阴极表面逸出,再次参与碰撞电离。此时,触头间隙内产生弧光并使温度进一步上升,当弧温达到 $8\,000\sim 10\,000\text{ K}$ 以后,触头间的中性粒子以很高的速度作不规则的运动并相互剧烈碰撞,也产生电离,这就是由于高温作用而使中性粒子碰撞产生的热电离。上述几种电离的结果,在触头间出现大量的离子流,这就是电弧。电弧形成后,热电离占主导地位。

电弧一方面烧蚀触头,降低电器的寿命和电器工作的可靠性,另一方面会使触头的分断时间延长,严重时会引起火灾或其他事故。因此,应采取适当措施熄灭电弧。

二、常用的灭弧方法和装置

熄灭电弧的方法很多,例如拉长电弧、降低温度、将长弧变为短弧、将电弧放置于特殊介质中、增大电弧周围气体介质的压力等。为熄灭电弧而采用的装置称为灭弧装置。一个灭弧装置可以采用某一种方法进行熄弧,但在大多数情况下则是综合采用几种方法,以增加灭弧效果,例如拉长和冷却电弧往往是一起运用的。

1. 拉长电弧

电弧拉长以后,电弧电压增大,改变了电弧的伏安特性。在直流电弧中,其静伏安特性上移,电弧可以熄灭。在交流电弧中,由于燃弧电压的提高,电弧重燃困难。

电弧的拉长可以沿电弧的轴向(纵向)拉长,也可以沿垂直于电弧轴向(横向)拉长,如图1-1所示。

(1) 机械力拉长

电弧沿轴向拉长的情况是很多的,电器触头分断过程实际上就是将电弧不断地拉长,刀开关中闸刀的拉开也是拉长电弧,电焊过程中将焊钳提高可使电弧拉长并熄灭。

(2) 回路电动力拉长

载流导体之间会产生电动力,如果把电弧看做一根软导体,那么当它受到电动力时就会发生形变,即拉长,如图1-2所示。

在一对桥式双断点结构形式的触头断开时,电弧受回路电动力 F 的作用被横向拉长,如

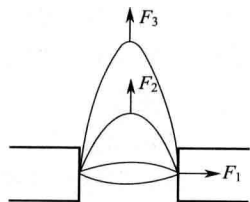


图1-1 拉长电弧

图 1-1 所示受力的情况。横向拉长时电弧与周围介质发生相对运动其冷却效果比纵向拉长的好的。

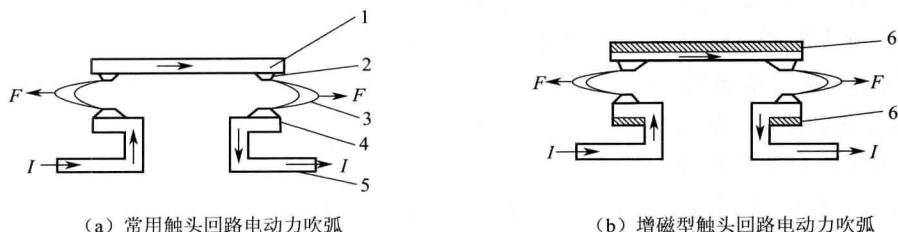


图 1-2 触头回路电动力吹弧

1—触头桥；2—动触头；3—电弧；4—静触头；5—静触头座；6—磁性片

在利用电路本身通过电流而产生的回路电动力拉长电弧时,要注意当回路电流较小时,其效果较差。

(3) 磁吹灭弧

当需要较大的电动力来拉长电弧时,可以让电弧在一个专门设置的磁场中受力的作用。这个专门用于熄弧的磁场装置,一般称之为吹弧线圈,如图 1-3 所示。由于磁场力较大,其拉长电弧的效果也较好,如图 1-1 中 F_3 作用力的情况。由于吹弧线圈与电路的连接方式不同而形成串励线圈和并励线圈。当吹弧线圈与触头相串联而构成串励线圈时,若电流方向改变但磁场力方向不变,即吹弧方向不随电流的极性变化而改变。另一方面,吹弧力的大小与弧电流有关,弧电流越大,吹弧力越大,灭弧效果越好。当吹弧线圈与电路并联构成并励线圈时,它的特点与串励线圈上述两方面正好相反,即吹弧力的方向与弧电流方向有关,产生吹弧力磁场的大小与弧电流大小无关。还有一种不需线圈和电源也能产生和并励线圈同样效果的磁吹装置,那就是永久磁铁。这样,其结构便可更简单。

图 1-3 中的导弧角 2 是根据回路电动力的原理而设置的,其作用是使电弧能很快离开触头且按一定方向运动,以减小触头表面电弧的烧伤。

2. 灭弧罩

灭弧罩是让电弧与固体介质相接触,降低电弧温度,从而加速电弧熄灭的比较常用的装置。其结构形式是多种多样的,但其基本构成单元为缝。灭弧罩壁与壁之间构成的间隙称作缝。根据缝的数量可分为单缝和多缝。缝的宽度小于电弧直径的称为窄缝,反之,大于电弧直径的称为宽缝。根据缝轴线间的相对位置关系可分为纵缝与横缝。缝轴线和电弧轴线相平行的称为纵缝,相垂直的则称为横缝。

(1) 纵缝灭弧罩

纵向窄缝的灭弧情况如图 1-4 所示。当电弧受力被拉入窄缝后,电弧与缝壁能紧密接触。在继续受力情况下,电弧在移动过程中能不断改变与缝壁接触的部位,因而冷却效果好,对熄弧有利。但是在频繁开断电流时,缝内残余的游离气体不易排出,这对熄弧不利。所以此种形式适用于操作频率不高的场合。

纵向宽缝的灭弧情况如图 1-5 所示。纵向宽缝式灭弧罩的特点与纵向窄缝式灭弧罩的恰

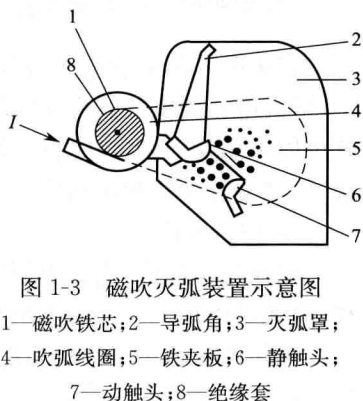


图 1-3 磁吹灭弧装置示意图

1—磁吹铁芯；2—导弧角；3—灭弧罩；
4—吹弧线圈；5—铁夹板；6—静触头；
7—动触头；8—绝缘套

好相反,其冷却效果差,但排出残余游离气体的性能好。图 1-5 中是将一宽缝中又设置了若干绝缘隔板,这样就形成了纵向多缝。电弧进入灭弧罩后,被隔板分成两个直径比原来小的电弧,并和缝壁接触而冷却,冷却效果加强,熄弧性能提高。此外,由于缝较宽,熄弧后残存的游离气体容易排出,所以这种结构形式适用于较频繁开断的场合。

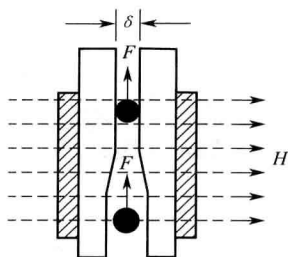


图 1-4 纵向窄缝式灭弧罩

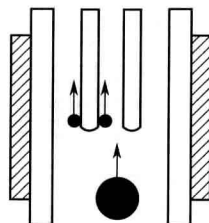


图 1-5 纵向宽缝式灭弧罩

纵向曲缝式灭弧罩的灭弧情况如图 1-6 所示。纵向曲缝式灭弧罩又称迷宫式灭弧罩,它的缝壁被制成凹凸相间的齿状,上下齿相互错开。同时,在电弧进入处齿长较短,越往深处,齿长越长。当电弧受外力作用从下向上进入灭弧罩的过程中,它不仅与缝壁接触面积越来越大,而且长度也越来越长,这就加强了冷却作用,具有很强的灭弧能力。但是,也正因缝隙越往深处越小,电弧在缝内运动时受到的阻力越来越大,否则其灭弧效果反而不好。所以这种结构的灭弧罩一定要有较大的力使电弧运动。

(2) 横缝灭弧罩

为了加强冷却效果,横缝灭弧罩往往以多缝的结构形式使用,为此被称为横向绝缘栅片式灭弧罩,如图 1-7 所示。

当电弧进入灭弧罩后,受到绝缘栅片的阻挡,电弧在外力作用下发生弯曲,从而拉长了电弧,并加强了冷却。为了分析电弧与绝缘栅片接触时的情况,将栅片式灭弧罩中的结构放大如图 1-8 所示。

设磁通方向为垂直向里,电弧 AB、BC 和 CD 段所受的电力都使电弧压向绝缘栅片顶部,而 DE 段所受的电力使电弧拉长,CD 段和 EF 段相互作用产生斥力。这样一些力的作用,使电弧拉长并与缝壁接触面增大而且紧密,所以能收到比较好的灭弧效果。

由于灭弧罩要受电弧高温的作用,所以对灭弧罩的材料也有一定的要求,如受电弧高温作用不会因热变形、绝缘性能不能下降,机械强度好且易加工制造等。灭弧罩材料过去广泛采用石棉水泥和陶土材料,现在逐渐改为采用耐弧陶瓷和耐弧塑料,它们在耐弧性能与机械强度方面都有所提高。

3. 油冷灭弧装置

油冷灭弧装置是将电弧置于液体介质(一般为变压器油)中,电弧将油汽化、分解而形成油气。油气中主要成分是氢,在油中以气泡的形式包围电弧。氢气具有很高的导热系数,这就使电弧的热量容易散发。另外,由于存在着温度差,所以气泡产生运动,又进一步加强了电弧的冷却。若想再提高其灭弧效果,可在油箱中加设机构,使电弧定向发生运动,这就是油吹灭弧。

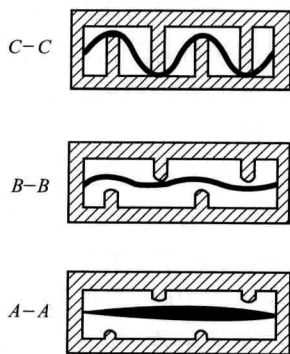
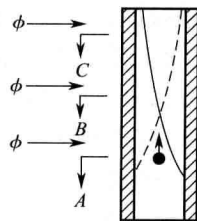


图 1-6 纵向曲缝式灭弧罩

由于电弧在油中灭弧能力比在大气中拉长电弧大得多,所以这种方法一般用于高压电器中,如油开关。

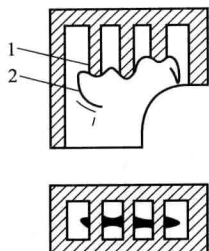


图1-7 横向绝缘栅片式灭弧罩

1—灭弧罩;2—电弧



图1-8 电弧在横向绝缘栅片式

灭弧罩中的放大图

4. 气吹灭弧装置

气吹灭弧装置是利用压缩空气来熄灭电弧的。压缩空气作用于电弧,可以很好地冷却电弧,提高电弧区的压力,很快带走残余的游离气体,所以有较高的灭弧性能。按照气流吹弧的方向,它可以分为横吹和纵吹两类。气吹灭弧装置的绝缘件结构复杂,电流小时横吹过强会引起很高的过电压,故已被淘汰。

气吹灭弧装置如图1-9所示。压缩空气沿电弧纵向吹入,然后通过动触头的喷口、内孔向大气排出,电弧的弧根能很快被吹离触头表面,因而触头接触表面不易烧损。因为压缩空气的压力与电弧本身无关,所以使用气吹灭弧时要注意熄灭小电流电弧时容易引起过电压。由于气吹灭弧的灭弧能力较强,故一般运用在高压电器中。

5. 横向金属栅片灭弧

横向金属栅片又称为离子栅,它利用的是短弧灭弧原理。用磁性材料的金属片置于电弧中,将电弧分成若干短弧,利用交流电弧的近阴极效应和直流电弧的极旁压降来达到熄灭电弧的目的。

横向金属栅片灭弧罩结构和原理如图1-10所示。栅片的材料一般采用铁。当电弧靠近铁栅片时,由于铁片为磁性材料,所以栅片本身就具有一个把电弧拉入栅片的磁场力。当电弧被这个磁场力或外力拉入铁片栅中时,空气阻力较大。为了减少电弧刚进入铁栅片时的空气阻力,铁栅片做成楔口并交叉装置,如图1-10(b)所示,即只让电弧先进入一半铁片栅中。随着电弧继续进入铁片栅中,磁阻减小,铁片对电弧的拉力增大,使电弧进入所有的铁片栅中。电弧进入栅片后分成许多串联短弧,电流回路产生作用于各短弧上的电动力使短弧继续发生运动。此时应注意短弧被拉回向触头方向运动的力,它会使电弧重燃并烧损触头。为了消除这种现象,可以采用凹形栅片和O形栅片。铁栅片在使用时一般外表面要镀上一层铜,以增大传热能力和防止铁片生锈。

横向金属栅片灭弧装置主要用于交流电器,因为它可将起始介质强度成倍增长。对于直流电弧而言,因无近阴极效应,只能靠成倍提高极旁压降来进行灭弧。由于极旁压降值较小,金属栅片的数量过多,会造成灭弧装置体积庞大。

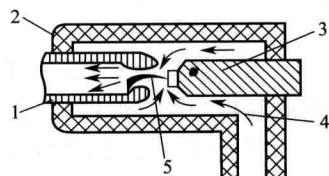


图1-9 气吹灭弧装置

1—动触头;2—灭弧室瓷罩;
3—静触头;4—压缩空气;5—电弧

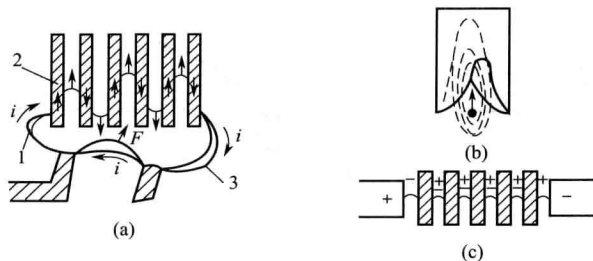


图 1-10 横向金属栅片灭弧罩结构和原理

1—入栅片前的电弧;2—金属栅;3—入栅片后的电弧

第四节 触 头

一、触头的接触面形式

载流导体及电器的导电回路中,两个导电零件通过机械连接的方式互相接触,以实现导电的现象称为电接触。电接触按工作方式可分为固定接触、滑动及滚动接触和可分合接触 3 大类。

1. 固定接触

两个导体用螺栓、铆钉等紧固件连接起来,在工作过程中接触面不发生相互分离和相对移动的连接,称为固定接触。如母线与电器接线端的连接、母线与母线的连接等。

2. 滑动及滚动接触

在工作过程中,一个接触面沿另一个接触面滑动或滚动,但不能分断电路的接触,称为滑动及滚动接触。如直流电机的电刷与换向器之间的连接、滑线电阻器的滑臂与电阻线之间的连接等。

3. 可分合接触

在工作过程中,两个接触面既可以分开又可以闭合的连接,称为可分合接触,又称触头(或触点)。触头总是成对出现的,一个是动触头,另一个是静触头。动、静触头分开用于分断电路;动、静触头闭合用于接通电路。可分合接触广泛用于各种断路器、接触器和继电器中。

触头是电器的执行部分,在电器感测部分(传动装置)的带动下,完成电器的分合动作。在动、静触头闭合接触时,依靠弹簧的压力使动、静触头紧密接触,以保证可靠的电接触。

按在电路中的作用,触头可分为主触头和辅助触头。主触头用于主电路,辅助触头用于辅助电路或控制电路。由于辅助触头常常起到电气联锁作用,所以又称为联锁触头。联锁触头又分为正联锁触头(常开触头)和反联锁触头(常闭触头)。在无电情况下,触头是断开的为常开触头;触头是闭合的为常闭触头。在特殊情况下,还有弧触头。

触头的接触形式分为点接触、线接触和面接触三种,如图 1-11 所示。

(1) 点接触

点接触是指在一个很小的面积或只有若干个点相接触的触头(如球面对球面、球面对平面),如图 1-11(a)所示。点接触用于 20 A 以下的小电流电器,如继电器的触头,接触器和自动开关的联锁触头等。由于接触面积小,保证其可靠工作所需的接触互压力也较小。

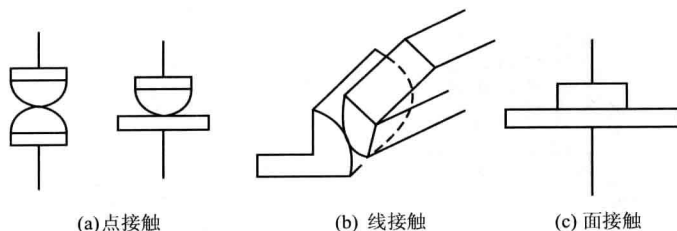


图 1-11 触头的接触形式

(2) 线接触

线接触是指两个导体沿着线或较窄面积接触的触头(如圆柱对圆柱、圆柱对平面),如图 1-11(b)所示。线接触的接触面积和接触压力适中,常用于几十安至几百安电流的中等容量电器,如接触器、自动开关及高压开关电器的触头。

(3) 面接触

面接触是指两个导体沿着较广的表面接触的触头(如平面对平面),如图 1-11(c)所示。其接触面积和触头压力较大,多用于大电流的电器,如大容量的接触器和断路器的主触头。

二、触头的主要参数

触头的主要参数有开距、超程、初压力和终压力等。

1. 触头的开距

触头处于断开位置时,动、静触头之间的最小距离称为触头的开距(或行程) s ,如图 1-12(a)所示。用于保证触头分断电路时可靠地灭弧,并且具有必要的安全绝缘间隔。

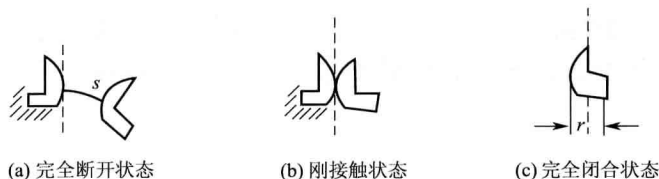


图 1-12 触头状态示意图

2. 触头的超程

电器触头完全闭合后,如果将静(或动)触头移开,动(或静)触头在触头弹簧的作用下继续前移的距离称为触头的超程 r ,如图 1-12(c)所示。超程是用以保证在触头允许磨损的范围内仍能可靠地接触,即触头压力的最小值。

3. 触头的初压力

当动触头与静触头刚好接触,如图 1-12(b)所示。每个触头的压力称为触头的初压力 F_0 ,触头的初压力是由调节触头预压缩弹簧来保证的。增大初压力可以降低触头闭合过程的弹跳。

4. 触头的终压力

当动、静触头闭合终了时,每个触头上的压力称为终压力 F_z ,如图 1-12(c)所示。它由触头弹簧最终压缩量决定,此压力应使触头闭合状态时的实际接触面积增加,接触电阻低而稳定。