



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业教育电力机车专业教学用书

电力机车电器

乔宝莲 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

电力机车电器

乔宝莲 主 编
童巧新 副主编
郭世明 张 龙 主 审

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 8 年 · 北 京

内 容 简 介

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。是根据电力机车运用与检修专业教学计划,并参照铁路职业技能鉴定规范,结合电力机车运用、检修生产实际编写的。

全书共五章,分别介绍了电力机车电器理论知识、接触器、继电器、主型电器和其他电器的结构、工作原理、主要技术参数、使用与维护等。

本书为高等职业学校电力机车运用与检修专业的教材,也可作为普通中等职业学校电力机车专业的教材,还可作为电力机务段有关运用、检修人员的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力机车电器/乔宝莲主编. —北京:中国铁道出版社,2007.12

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 978-7-113-08420-2

I. 电… II. 乔… III. 电力机车—牵引电器—高等学校:
技术学校—教材 IV. U264.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 193003 号

书 名:电力机车电器

作 者:乔宝莲 主编

责任编辑:阚济存

电话:010-51873133

电子信箱:td51873133@163.com

封面设计:冯龙彬

责任校对:张玉华

责任印制:金洪泽

出版发行:中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街8号)

邮政编码:100054)

印 刷:河北省遵化市胶印厂

版 次:2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:9.25 字数:226 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-08420-2/U·2143

定 价:18.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。是在铁道部教材编辑部组织下,根据电力机车运用与检修专业教学计划和《电力机车电器》课程教学大纲,参照铁路职业技能鉴定规范,结合电力机车电器运用、检修生产实际编写。

《电力机车电器》是电力机车运用与检修专业的一门主干专业课程。主要讲授电器理论基础知识及电力机车上应用的通用、专用电器的基本结构、工作原理、主要技术参数、使用和维护等,具体结构以SS₄改型、SS₉型电力机车应用的各种电器为典型产品介绍。本书是电力机车电器课程的理论教材,教学大纲中的实践教学内容由各校根据实验、实践教学设备状况编写相应的指导书,以全面培养学生的能力。

本书在内容编排上具有以下特色:

1. 结合实际。教材紧扣教学大纲基本要求,结合当前高等职业教育教学现状,基本理论知识以“简”为主,不涉及繁杂的理论分析和数学推导,以能解决实际电器中的问题,突出学生对所学知识的应用能力。

2. 内容适当。教材既反映我国当前电力机车的运用与检修的现状,以SS₄改型、SS₉型电力机车应用到的各种电器为典型产品,也注意引入新技术、新知识,适当介绍新型电力机车中用到的电器产品。

3. 有利自学。教材力求做到图文并茂、语言规范、深入浅出、通俗易懂。以突出教学重点,满足自学的需求。

本书由太原铁路机械学校乔宝莲主编,广州铁路职业技术学院童巧新副主编。教育部推荐专家西南交通大学郭世明教授和太原铁路机械学校张龙主审。乔宝莲编写绪论和第一章;太原北机务段石辛地编写第二章;内江铁路机械学校晏泽俊编写第三章;童巧新编写第四章;郑州铁路职业技术学院毛红军编写第五章。本书在编写过程中,得到铁路机车专业教学指导委员会的支持;得到株洲电力机车厂、大同电力机车有限责任公司、太原北机务段等单位和同仁的帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,缺陷和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年3月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一章 电器理论基础知识

第一节 电接触的基本知识	4
第二节 电器的传动装置	10
第三节 电弧的产生和灭弧	14
第四节 电器的发热和散热	18
复习思考题	21

第二章 接 触 器

第一节 接触器的构成、分类及基本参数	22
第二节 电磁接触器	23
第三节 电空接触器	29
第四节 真空接触器	31
第五节 接触器的选用和维修	33
复习思考题	37

第三章 继 电 器

第一节 继电器的构成、分类及基本参数	38
第二节 电磁继电器	42
第三节 机械式继电器	48
第四节 电子继电器	53
第五节 继电器的选用和维修	54
复习思考题	57

第四章 主型电器

第一节 受 电 弓	58
第二节 高压连接器	70
第三节 主断路器	74
第四节 真空断路器	80
第五节 转换开关	85

第六节 司机控制器	89
复习思考题	96

第五章 其他电器

第一节 互感器	97
第二节 传感器	101
第三节 自动开关	107
第四节 避雷器	111
第五节 蓄电池	113
第六节 硅整流装置	116
第七节 制动电阻装置	125
第八节 磁场削弱电阻器	129
第九节 熔断器	131
第十节 万能转换开关及扳键开关	137
复习思考题	140
参考文献	141

绪 论

一、电器的定义及分类

电器是一种能够根据外界信号的要求,手动或自动地接通或断开电路,断续或连续地改变电路参数,以实现电路或非电对象的开关、控制、转换、保护、检测和调节作用的电工器械。简单地说,电器就是一种能控制电的器械。

电器的用途广泛,职能多样,因而品种规格繁多,原理、结构各异,有各种分类方法。

1. 按电压高低、结构和工艺特点分

高压电器——如高压断路器、隔离开关、负荷开关、高压熔断器、电流互感器、电压互感器、避雷器、电抗器等。

低压电器——如自动开关、低压熔断器、刀开关、转换开关、接触器、继电器、主令电器、起动器、变阻器等。

自动电磁元件——如阀用电磁铁、电磁离合器、磁放大器、磁性逻辑元件、传感器、自动电压调节器等。

成套电器和自动化成套装置——如高压开关柜、组合电器、电力用自动化继电保护柜、低压开关柜、低压控制柜、顺序控制器、电子逻辑控制装置、无触点自动化成套装置等。

2. 按电器的用途分

电力网系统用电器——如高压断路器、高压熔断器、电抗器、避雷器、自动开关、低压熔断器等。

电力拖动自动控制系统用电器——如接触器、起动器、控制器、继电器、变阻器等。

自动化通讯用弱电电器——如微型继电器、舌簧管、磁性逻辑元件、电子逻辑元件等。

3. 按操作方式分

手动电器——如刀开关、按钮开关、隔离开关等。

自动电器——如高压断路器、低压熔断器、接触器、继电器等。自动电器还可根据传动方式分为电磁传动电器、电空传动电器、电动机传动电器等。

4. 按电器执行功能分

有触点电器——通断电路的执行功能由触头来实现的电器。

无触点电器——通断电路的执行功能是根据开关元件输出信号高低电平来实现的电器。

混合式电器——有触点和无触点结合的电器。

5. 按电器使用场合和工作条件分

一般工业企业用电器——适用于大部分工业企业环境的电器。

特殊工业企业用电器——适用于矿山、冶金、化工等特殊环境。如矿用防爆电器和化工用

特殊电器。

农用电器——适用于农业、农村环境的电器。

热带用电器和高原用电器——适用于热带、亚热带地区以及高原地区而派生出的电器。

牵引、船舶、航空等电器——适用于轨道交通运输中各种机车、车辆上的牵引电器；汽车、拖拉机用电器；船用电器；航空电器等。

二、电力机车电器的分类

在电力机车上，既有专门为它设计制造的适用于轨道交通运输机车中的牵引电器，也有选用的一般工业企业通用电器，本课程中，两者统称为电力机车电器。根据其特殊情况，电力机车电器还有以下特有的分类方法。

1. 按电力机车电器所接入的电路分

主电路电器——使用在电力机车主电路中的电器，如受电弓、主断路器、高压连接器、高压互感器、转换开关等。

辅助电路电器——使用在电力机车辅助电路中的电器，如接触器、自动开关、刀开关等。

控制电路电器——使用在电力机车控制电路中的电器，如司机控制器、接触器、继电器、按钮开关、转换开关等。

2. 按电器在电力机车中的用途分

控制电器——用于对电力机车上牵引设备进行切换、调节的电器，如司机控制器、接触器、继电器、按钮开关、转换开关、刀开关等。

保护电器——用于保护电力机车上电气设备不受过电压、过电流及保护其他设备不受损害的电器，如避雷器、自动开关、熔断器、接地及过载继电器、风压及风速继电器、油流继电器等。

检测电器——用于与其他设备配套，检测电力机车各电路电压、电流及机车运行速度等的电器，如互感器、传感器等。

受流器——用于电力机车从接触电网上取得电能的电器，如受电弓。

三、电力机车电器的工作条件和特点

由于电力机车电器安装在运行的电力机车中，而电力机车内部空间又极为有限，因此，电力机车电器的工作条件与一般工业企业用电器截然不同。

电力机车电器的工作条件和特点。

1. 连续而强烈的机械震动和断续的机械冲击。电力机车正常运行时，要产生强烈的震动和冲击，在电器内部则要产生惯性力，从而破坏了电器内部各力之间的分布，如果不加考虑，则电器往往会产生误动作。因此，要求电力机车电器在结构上应能承受震动和冲击。

2. 周围空气污染相当严重。电力机车运行时，空气形成涡流，易将灰沙尘土带入电器内部，同时雨雪还会侵入安装在电力机车车顶和下部的电器。因此，要求电力机车电器的结构设计必须与使用环境相适应。

3. 温度和湿度变化很大。电力机车上的电器，需要在温度为 $-25\sim+40^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度为90%的条件下工作，而且要求在 $+40^{\circ}\text{C}$ 时能存放。因此，电力机车电器所用的材料（尤其是绝缘材料）必须适应这种情况。

4. 电力机车主电路的电压，经常在较大范围内变化，电流则随牵引电机的工作状况变化。

因此,要求电力机车电器必须具有足够的电稳定性和热稳定性。

5. 电器安装受电力机车空间尺寸的限制。因此,对电器的安装方式、外形以及大小等都必须周密考虑,使其在有限的空间内安装紧凑,便于维修。

6. 电力机车在正常运行时操作频繁。因此,对电力机车电器的机械磨损和电磨损必须给予重视。

尽管电力机车电器的工作条件与工作环境十分恶劣,但也必须要保证它具有最大的可靠性。因为任何一个电器的损坏或者误动作,都可能导致列车阻塞,运输中断,甚至可能发生严重的伤亡事故。

对电力机车电器总的要求是:准确可靠,质轻体小,经济耐用,易造易修。

四、本课程的任务

本课程是电力机车运用与检修专业的专业课程之一,主要任务是学习有关的电器基本理论知识,电力机车使用的各种电器的基本结构、动作原理和技术参数。通过理论和实践教学环节,达到下述要求。

1. 掌握电器的电接触、传动装置、电弧的产生和灭弧的方法和装置、电器的发热和散热等基本理论知识。

2. 清楚电力机车所使用各种电器的作用、基本结构和基本工作原理。

3. 熟悉 SS₄ 改型和 SS₉ 型电力机车中主要电器的基本性能和主要技术参数。



第一章

电器理论基础知识

有触点电器由执行部分——触头和感测部分——传动装置等几个主要部分组成。触头在传动装置带动下,实现对电路闭合或分断。在大气中,触头分断电路时,在两触头间会产生温度极高、发出强光和能够导电的气体,称为电弧。电弧对电器运行有很大危害,因此,必须采取适当的措施熄灭电弧。电器工作时由于损耗导致发热,温度过高将影响电器的使用。

本章介绍电接触的基本形式;讨论触头的接触电阻、振动、磨损等现象,寻求减小上述现象的方法;分析电力机车上常用的电磁传动装置和电空传动装置的作用原理;介绍电弧的产生;提出熄灭电弧的方法,还简要介绍了电器的发热和散热。

第一节 电接触的基本知识

一、概 述

载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三大类。

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、静触头紧密地接触,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。

(1) 触头的接触形式

触头的接触形式分为点接触、线接触和面接触三种,如图 1-1 所示。

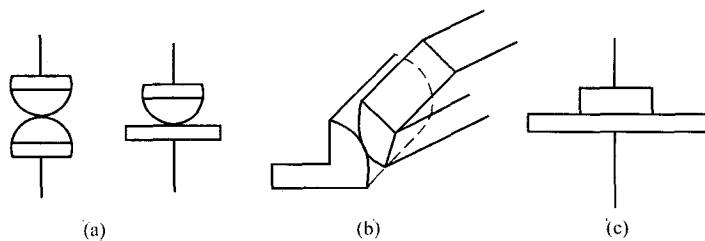


图 1-1 触头的接触形式
(a)点接触;(b)线接触;(c)面接触

① 点接触

点接触是指一个很小的面积内的若干个点接触的触头(如球面对球面、球面对平面),如图 1-1(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。

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 1-1(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

面接触头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 1-1(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触头。

(2) 触头的主要参数

触头的主要参数有开距 s 、超程 r 、初压力 F_0 和终压力 F_z 等。

① 触头的开距 s

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 s (或行程),如图 1-2(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。

② 触头的超程 r

触头的超程是指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 r ,如图 1-2(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 F_0

当动触头与静触头刚好接触,每个触头的压力称为触头的初压力 F_0 ,如图 1-2(b)所示。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 F_z

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 1-2(c)所示。它由触头弹簧最终压缩量决定,此压力应使触

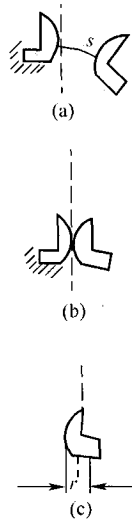


图 1-2 触头状态示意图

- (a) 完全断开状态;
- (b) 刚接触状态;
- (c) 完全闭合状态

头闭合状态时的实际接触面积增加,接触电阻低而稳定。

(3)触头的工作情况

①闭合状态

触头处于闭合状态时的主要任务是保证能通过规定的电流,且触头温升不超过允许值。主要问题是触头的发热及热和电动的稳定性,触头的发热是由接触电阻引起的,因此应设法减小接触电阻。

②闭合过程

触头在闭合过程中会因碰撞而产生机械振动。主要问题是设法减小机械振动,减小触头的磨损,避免触头熔焊。

③断开状态

触头处于断开状态时,必须有足够的开距,以保证可靠地熄灭电弧和必要的安全绝缘间隔。

④开断过程

触头开断过程是触头最繁重的工作过程。当触头开断电路时,一般会在触头间产生电弧,这个过程的主要问题是设法熄灭电弧,减小由电弧而产生的触头电磨损。

二、触头的接触电阻

1. 接触电阻的产生

两个导电零件接触在一起实现电的连接,其导电能力显然比同样尺寸的完整导体要差。图 1-3(a)所示为一段完整的导体,通以电流 I ,用电压表测得其 AB 长度上的电压降为 U ,则 AB 段导体的电阻 R 为:

$$R = \frac{U}{I}$$

若将此导体截断,仍通以原来的电流 I ,测得 AB 两点之间的电压降为 U_c [参见图 1-3(b)], U_c 比 U 大得多, AB 两点之间的电阻 R_c 为:

$$R_c = \frac{U_c}{I}$$

R_c 除含有该段导体材料的电阻 R 外,还有附加电阻 R_j , 即:

$$R_c = R + R_j \quad (1-1)$$

称此附加电阻 R_j 为接触电阻,动、静触头接触时同样也存在接触电阻。

接触电阻 R_j 由收缩电阻 R_s 和表面膜电阻 R_b 组成,即:

$$R_j = R_s + R_b \quad (1-2)$$

(1)收缩电阻 R_s

接触处的表面,不可能是理想的平面,尽管经过精加工,但从微观角度分析,其接触面总是凹凸不平的,实际上只有若干小的突起部分相接触,如图 1-4 所示,实际接触面积比视在接触面积小得多。当电流通过实际接触面积时,电流只从接触点上通过,在这些接触点附近,迫使电流线发生收缩。由于有效接触面积(实际接触面积)小于视在接触面积,由此产生的附加电

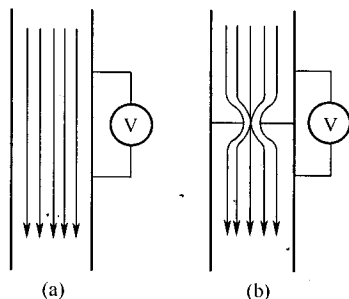


图 1-3 导体及电接触连接的电阻
(a)导体的电阻;(b)电接触电阻

阻称为收缩电阻 R_s [参见图 1-3(b)]。

(2) 表面膜电阻 R_b

电接触表面, 由于种种原因, 覆盖着一层导电性很差的薄膜。例如金属的氧化物、硫化物等, 其电阻系数远大于原金属, 也可能是落在接触表面上的灰尘、污物或夹在接触面间的油膜、水膜等, 由此而形成的附加电阻, 称为表面膜电阻 R_b 。

2. 接触电阻 R_j 的计算公式

接触电阻与触头材料、触头压力、接触面形式、表面状况等因素有关。由于膜电阻难于计算, 故接触电阻 R_j 可用经验公式计算, 即:

$$R_j = \frac{K_j}{F^m} \quad (1-3)$$

式中 R_j ——触头接触电阻, Ω ;

F ——触头压力, N;

m ——与触头接触形式有关的常数, 其值在 0.5~1.0 之间, 对于点接触 $m=0.5$, 线接触 $m=0.5\sim0.8$, 面接触 $m=1$;

K_j ——与接触材料、接触表面加工方法、接触面状况有关的常数, 其值可查阅相关资料。

3. 影响接触电阻的各种因素

一般希望得到值低而稳定的接触电阻, 以保证电接触的可靠工作。影响接触电阻的因素有接触压力、温度、化学腐蚀、触头表面情况、触头材料等。

(1) 接触压力

由式(1-3)可知, 加大压力 F 可使接触电阻 R_j 减小, 当压力很小时, 接触压力微小的变化都会使接触电阻值产生很大的波动。但当压力达到一定值后, 接触电阻受压力变化的影响甚微。这是因为在压力作用下, 两表面接触处产生弹性变形, 压力增大, 变形增加, 有效接触面积增加, 收缩电阻减小。而当压力达到一定值后, 收缩电阻几乎不变, 这是因为材料的弹性变形是有一定限度的。因而接触面积的增加也是有限的, 故接触电阻不可能完全消除。

(2) 温度

接触点温度升高后, 金属的电阻率有所增加, 但材料的硬度有所降低, 使得有效接触面积增大一些。前者使收缩电阻 R_s 增大, 后者使收缩电阻 R_s 减小, 两相补偿, 所以接触电阻变化甚微。但是, 当触头电流长期超过额定值时, 温度升高, 引起接触面氧化, 接触电阻则急剧上升, 发热加剧, 形成恶性循环。为保证接触电阻稳定, 电接触的长期工作允许温度规定的较低。

(3) 化学腐蚀

单纯由化学作用引起的腐蚀称为化学腐蚀。如金属与干燥气体接触时, 在金属表面生成相应的化合物, 如氧化物、硫化物、氯化物等。

暴露在空气中的接触面(除铂和金外)都将产生氧化作用。空气中的铜触头在室温下(20~30℃)即开始氧化, 但其氧化膜很薄, 在触头彼此压紧的过程中就被破坏, 故对接触电阻影响不大。而当温度高于 70℃ 时, 铜触头氧化加剧, 氧化铜的导电性能很差, 使膜电阻急剧增加。因此, 铜触头的允许温升都是很低的。银被氧化后的导电与纯银差不多, 所以银或镀银的触头工作很稳定。

为减小接触面的氧化, 可以将触头表面搪锡或镀银, 以获得较稳定的接触电阻。

(4) 电化学腐蚀

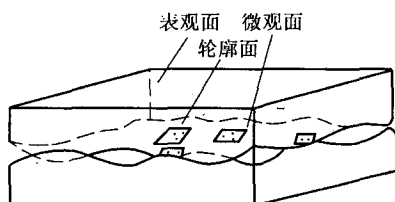


图 1-4 触头的接触状态

采用不同的金属作触头对时,由于两金属接触处有电位差,当湿度大时,在触头对的接触处会发生电解作用,引起触头的电化学腐蚀,使接触电阻增加。

常用金属材料的电化顺序是金(Au)、铂(Pt)、银(Ag)、铜(Cu)、氢(H)、锡(Sn)、镍(Ni)、镉(Cd)、铁(Fe)、铬(Cr)、锌(Zn)、铝(Al),规定氢的电化电位为0,在它后面的金属具有不同的负电位(如Al的电化电位为 -1.34 V),在它前面的金属具有不同的正电位(如Ag的电化电位为 $+0.8\text{ V}$)。选取触头对时,应取电化顺序中位置靠近的金属,以减小电化电势。例如不宜采用铝—铜做触头对。

(5) 接触表面粗糙度

表面粗糙度对接触电阻有一定的影响。接触表面可以粗加工,也可以精加工,至于采用哪种方式加工更好,要根据负荷大小、接触形式和用途而定。

对于大、中电流电器的触头表面,不要求精加工,最好用锉刀加工,重要的是平整。两个平整而较粗糙的平面接触在一起,接触点数目较多且稳定,并能有效地清除氧化膜。相反,精加工的表面,当装配稍有歪斜时,接触点的数目显著减小。

对于某些小功率电器,触头电流小到毫安以下,为了保证接触电阻小而稳定,则要求触头表面粗糙度越低越好。粗糙度低的触头不易受污染,也不易生成膜电阻。为达到这样低的粗糙度,往往采用机械、电或化学抛光等工艺。

(6) 触头材料

触头材料的电阻系数大的,接触电阻大。抗压强度越小,在同样接触压力下得到的实际接触面积就越大,接触电阻就越小。因此常在接触连接处,用较软的金属覆盖在硬金属上,以获得较好的工作性能,如铜触头搪锡等。

银的电阻率小于铜,但银比铜贵,所以采用铜表面镀银的工艺。

铝在常温下几秒钟内就氧化,氧化膜电阻较大。铝一般只用作固定连接,并常在其表面覆盖银、铜、锡等以减小接触电阻。

金、铂、铱等化学性能稳定,但价格昂贵,一般只用于小型电器的弱电流触头。

4. 减小接触电阻的方法

根据接触电阻的形成原因,减小接触电阻一般可采用下列方法:

(1) 增加接触点数目。为此,应选择适当的接触形式,用适当的方法加工接触表面,并在接触处加一定的压力。

(2) 采用本身电阻系数小,且不易氧化或氧化膜电阻较小的材料作为接触导体,或作为接触面的覆盖层。

(3) 触头在开闭过程中应具有研磨过程,以擦去氧化膜。

三、触头的振动与熔焊

如图1-5所示,触头在闭合过程中可能发生振动。当动触头以速度 v_0 碰撞静触头时,静触头受到碰撞后获得速度 v_1 ,若 $v_1 > v_0$,则动、静触头又分离。此后,动触头继续移向静触头,静触头则在触头弹簧初压力 F_0 作用下,使速度 v_1 逐渐降低。于是动、静触头又重新接触,发生第二次碰撞。因此,触头的闭合过程是经历一系列碰撞后才完成的,这种现象称为触头在闭合过程中的机械振动。

设触头间距离为 l ,则在闭合过程中触头距离对时间的变化曲线 $l=f(t)$,如图1-5(b)所示。

在触头闭合过程中,碰撞和摩擦的结果,使接触面产生压皱、裂痕或塑性变形及磨损,统称为机械磨损,它与触头材料的硬度及接触面粗糙度有关。

触头的机械振动,不仅由于闭合过程中触头相互碰撞引起,触头间的收缩电力也引起触头间的振动,特别是在触头间有短路电流通过时,电动排斥力更大,使触头间断续产生电弧。在电弧高温下,使触头金属表面熔化,当触头最终闭合时,动、静触头融焊在一起,再也不能打开。这种由于热效应而引起的触头熔接,称为触头的“熔焊”或“热焊”,必须指出的是,触头的“熔焊”可能发生在严重过载或短路情况下,在额定电流下触头不可能发生“熔焊”。

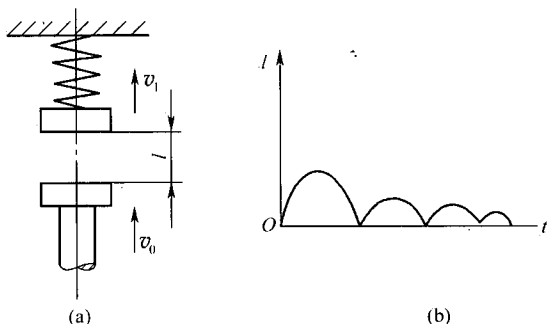


图 1-5 触头闭合过程中的碰撞

(a) 碰撞过程; (b) $i=f(t)$ 曲线

还有一种触头焊接现象,产生于常温下,通常称为“冷焊”。“冷焊”常常发生在用贵金属材料(如金与合金)制成的小型继电器触点中。其原因为贵金属表面不易形成氧化膜,纯洁的金属接触面在触头压力作用下,由于金属分子和原子之间化学亲和力的作用,使动、静触头表面牢固地结合在一起,产生“冷焊”现象。由“冷焊”产生的触头间的黏接力很小,但是在小型继电器中,由于使触头分开的力也很小,不能把“冷焊”黏接在一起的触头弹开,常常造成触头黏住不释放的现象。

四、触头的磨损

触头在多次接通和断开有载电路后,它的接触表面将逐渐产生磨耗和损坏,这种现象称为触头的磨损。磨损直接影响电器的寿命。

1. 磨损的原因

触头磨损包括机械磨损、化学磨损和电磨损。机械磨损是在触头闭合和打开时研磨和机械碰撞造成的,它使触头接触表面产生压皱、裂痕或塑性变形。化学磨损是由于周围介质中的腐蚀性气体或水蒸气对触头材料浸蚀所造成的,它使触头表面形成非导电性薄膜,致使接触电阻变大,且不稳定,甚至完全破坏了触头的导电性能。这种非导电性薄膜在触头相互碰撞及触头压力作用下,逐渐剥落,形成金属材料的损耗。机械磨损和化学磨损一般很小,约占全部磨损的 10% 以下。

触头的磨损主要取决于电磨损。电磨损主要发生在触头的闭合和开断过程中,在触头闭合电流时产生的电磨损,主要是由于触头碰撞引起振动所产生的,在触头开断电流时所产生的电磨损,是由高温电弧所造成的。

2. 电磨损的形式

触头分断与闭合电路过程中,会产生金属液桥、电弧和火花放电等各种现象,引起金属转移、喷溅和汽化,使触头材料损耗和变形,这种现象称为触头的电磨损。电磨损主要有液桥的金属转移和电弧的烧损两种形式。

(1) 液桥的形成和金属转移

触头在断开过程中,动、静头间形成熔化的液态金属桥,称为液桥。触头断开前的瞬间,接触压力和接触点数目逐渐减小,这样就使接触点的电流密度急剧增加,促使接触处的金属熔

化,形成金属液体滴。触头继续断开时,将金属液体滴拉长,形成液桥。实践证明,由于液桥的金属转移作用,经过很多次操作后,触头的阳极因金属损耗而形成凹坑,阴极金属增多形成针刺,凸出于接触表面。

在弱电流电器(如继电器)中,液桥对触头的电磨损起着重要影响。

(2) 电弧对触头的腐蚀

电弧对触头的腐蚀十分严重,电弧磨损要比液桥引起的金属转移高出 5~10 倍。当电弧的温度极高,触头间距离又较大时,一般都采用电动力吹弧的方法来熄灭电弧,加上强烈的金属蒸气浪冲击,往往会把液态金属从触头表面吹出,向四周飞溅。这种磨损与小功率电弧的磨损是不同的,金属蒸气再度沉积于触头接触表面上的机率已大大减小,使触头的阴、阳极都遭到严重磨损,由于阳极温度高于阴极,所以阳极磨损更为严重。

3. 减小触头电磨损的方法

减小触头电磨损,可从减小触头在开断过程中的磨损和减小触头闭合过程中的磨损两方面着手。

(1) 减小触头开断过程中的磨损,即减小触头开断时的电弧,其方法有:

① 选择灭弧系统的参数,例如磁吹的磁感应强度 B 。 B 值过小,吹弧电动力太小,电弧在触头上停留时间较长,触头电磨损增加; B 值过大,吹弧电动力过大,会把触头间熔化的金属液桥吹走,电磨损也增加,因此,应选择恰当的 B 值。

② 对于交流电器(如交流接触器)宜采用去离子栅灭弧系统,利用交流电流通过自然零点而熄弧,减小触头的电磨损。

③ 采用熄灭火花电路,以减小触头的电磨损。该方法是在弱电流触头电路中,在触头上并联电阻、电容,以熄灭触头上的火花。这种火花熄灭电路对开断小功率直流电路很有效。

④ 正确选用触头材料。例如,钨、钼的熔点和气化点高,因此,钨、钼及其合金有良好的抗磨损性能,银、铜的熔点和气化点低,抗磨损性能较差。

(2) 减小触头闭合过程中的磨损

触头闭合过程中的磨损,主要由触头在闭合过程中的振动引起,所以,减小触头闭合过程中电磨损,必须减小触头的机械振动。

第二节 电器的传动装置

传动装置是电器的感测部分。传动装置接收外界的信号,并通过转换、放大、判断,作出有规律的反应,使电器的执行部分(触头)动作,输出相应的指令,实现控制的目的。在电力机车电器中,主要采用电磁传动装置和电空传动装置。

一、电磁传动装置

电磁传动装置实际上就是一个电磁铁,通过电磁铁将电磁能转换成机械能,带动触头使之闭合或断开,它是电磁式电器的重要组成部分之一。电磁传动装置——电磁铁主要由吸引线圈、铁心(静铁心)、衔铁(动铁心)、铁轭和空气隙等组成,如图 1-6 所示。

1. 电磁铁的分类

电磁铁可根据线圈电流种类、磁路的形式、衔铁运动的方式、线圈接入电路的方式不同,分为多种形式和类型。

(1)按线圈电流种类分

①直流电磁铁

直流电磁铁的线圈中通过直流电流,当电流达到稳定以后,磁通是恒定的,导磁体中没有涡流和磁滞损耗,故其铁心和衔铁可以采用整块工程软铁制成。

②交流电磁铁

交流电磁铁的线圈中通过交流电流,导磁体中的磁通是交变的,有涡流和磁滞损耗,故其铁心和衔铁一般采用电工钢片制成。

(2)按磁路形式和衔铁运动方式分

①U形拍合式

铁心制成U字形,而衔铁的一端绕棱角或转轴做拍合运动,如图1-6(a)和图1-6(b)所示。图1-6(a)所示的电磁铁为衔铁绕棱角运动的U形拍合式,这种形式的电磁铁广泛用于直流电磁式电器(如直流接触器和直流继电器)中。图1-6(b)所示的电磁铁为衔铁绕转轴转动的U形拍合式,这种形式的电磁铁广泛用于交流电磁式电器中。

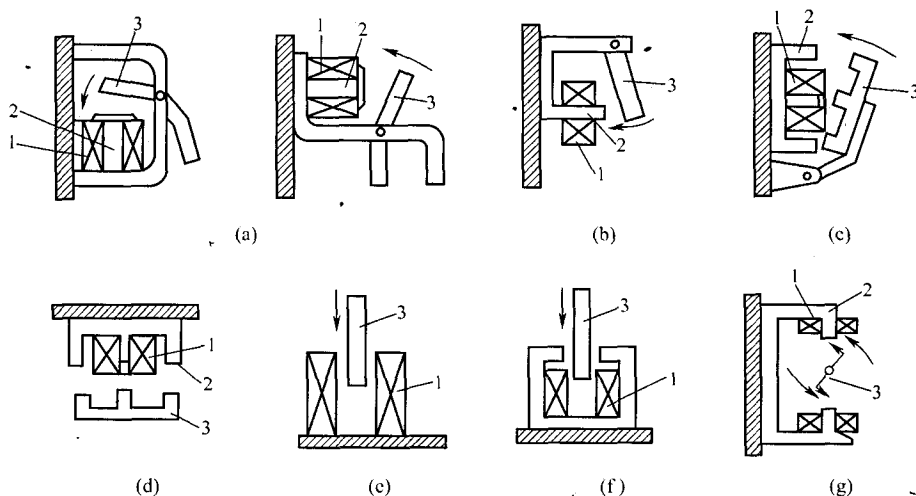


图 1-6 常用电磁传动装置(电磁铁)的形式

1—线圈;2—铁心;3—衔铁

②E形拍合式和E形直动式

铁心和衔铁都制成E字形,并且都用电工钢片叠成,线圈套装在中间铁心柱上。E形拍合式如图1-6(c)所示,E形直动式如图1-6(d)所示,这两种形式的电磁铁都用于交流电磁式电器中。E形拍合式广泛用于60 A及其以上的交流接触器中。E形直动式广泛用于40 A以下的交流接触器和交流电压继电器、中间继电器及时间继电器中。

③空心螺管式

空心螺管式电磁铁只有空心线圈和圆柱衔铁,没有铁心,衔铁在空心线圈中做直线运动,如图1-6(e)所示。这种电磁铁主要用于交流电流继电器和供电系统用的时间继电器中。

④装甲螺管式

在空心线圈的外面罩上用导磁材料制成的外壳,圆柱形衔铁在空心线圈中作直线运动,如图1-6(f)所示。这种电磁铁常用于交流电流继电器中。