

高等职业技术教育“十三五”规划教材——铁道机车类

电力机车电器

DIANLI JICHE DIANQI

崔 晶 杨会玲◎主 编
柏承宇 虞梦月◎副主编



高等职业技术教育“十三五”规划教材——铁道机车类

电力机车电器

崔 晶 杨会玲 主 编

柏承宇 虞梦月 副主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电力机车电器 / 崔晶, 杨会玲主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2016.8
高等职业技术教育 “ 十三五 ” 规划教材. 铁道机车类
ISBN 978-7-5643-4749-9

电... 崔... 杨... 电力机车 - 牵引电器 - 高等职业教育 - 教材 U264.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 143207 号

高等职业技术教育 “ 十三五 ” 规划教材——铁道机车类

电力机车电器

崔 晶 杨会玲 主编

责任编辑 王 旻

特邀编辑 王玉珂

封面设计 严春艳

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印 张 18.5

字 数 460 千

版 次 2016 年 8 月第 1 版

印 次 2016 年 8 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5643-4749-9

定 价 42.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书为高等职业技术教育“十三五”规划教材，是根据铁路高职教育铁道机车专业教学计划“电力机车电器”课程标准的要求编写的。

本书首先讲授电器的基本概论，包括电器的电动力与触头、电弧的燃烧与熄灭、电器的发热与散热以及传动装置；其次介绍常用电力机车低压电器，包括继电器、接触器和其他低压电器的结构和基本原理及维护与检修；第三部分介绍电力机车高压电器的结构和基本原理及维护与检修；最后给出了6个实验。本书以SS_{4G}型直传动电力机车和HXD₃型大功率交流传动机车为典型车型编写，是一本既适合于理论教学，又贴近生产实际的教材。

教材的使用建议：

(1) 教学中要坚持理论与实践相结合的原则。应避免“重理论、轻实践”的错误做法。为了提高学生的实际动手能力，应结合其他专业课在适当的时候安排学生去现场进行一段时间的实习，将课堂知识转化为实际技能。

(2) 突出教学的直观性。“电力机车电器”是一门直观性、实践性很强的专业课，如果只是强调课本上的图文，不追求实物所带来的直观性，那就会使教学效果事倍功半。因此，教师在授课时，一方面要充分利用实物、模型等教具或多媒体课件激发学生的学习兴趣，另一方面要适当增加实验、实训课的教学时数。

(3) 我国目前铁路干线运行的国产和进口电力机车型号多达数十种，加之新型机车的不断推出，本书由于篇幅所限，很难包罗所有车型，仅选用具有代表性的两种机车加以介绍。因此，作为本专业教师，应时刻关注电力机车发展的新动向，在教学中，随时将电力机车发展的新技术、新知识、新工艺补充进去；同时，在教学中能总结出各型机车的异同点，做到举一反三，使学生具有较强的适应性和应变能力。

本书由西安铁路职业技术学院崔晶、杨会玲担任主编，柏承宇、虞梦月担任副主编。参加编写的有西安铁路职业技术学院崔晶（前言、绪论和第一篇）、杨会玲（第八章第一节至第七节，第九章，第十章）、柏承宇（第五章第一节至第四节，第六章，第七章第一节、第二节、第四节和第七节）、虞梦月（第七章第五节和第六节，第十一章，实验一和实验二）、樊润洁（实验三~实验六）、房楠（第七章第三节），西安机车检修段高素琴（第五章第五节），西安铁路局西安机务段王小峰（第八章第八节）。西安铁路局机务处范秀忠担任主审。

由于编者水平所限，教材中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2016年5月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 电器基础知识

第一章 电器的电动力和触头	6
第一节 电器的电动力	6
第二节 触 头	8
小 结	22
思考与习题	22
第二章 电弧的燃烧与熄灭	24
第一节 概 述	24
第二节 电弧的燃烧与熄灭	27
小 结	40
思考与习题	40
第三章 电器的发热与散热	42
第一节 电器的发热和散热	42
第二节 电器的极限允许温升	44
第三节 不同工作制下电器的发热	46
小 结	49
思考与习题	49
第四章 电器的传动装置	51
第一节 电磁传动装置	51
第二节 电磁铁的吸力与特性	53
第三节 电空传动装置	57
小 结	60
思考与习题	60

第二篇 低压电器

第五章 电磁式接触器	62
第一节 概 述	62
第二节 交流接触器	66
第三节 直流接触器	70
第四节 真空接触器	71
第五节 接触器的维护与检修	73
小 结	80
思考与习题	80
第六章 继电器	83
第一节 概 述	84
第二节 电磁式继电器	88
第三节 机械式继电器	99
第四节 电子式时间继电器	105
第五节 继电器的维护与检修	107
小 结	109
思考与习题	110
第七章 其他低压电器	114
第一节 司机控制器	114
第二节 扳键开关	127
第三节 传感器	131
第四节 蓄电池	142
第五节 自动开关	151
第六节 熔断器	157
第七节 其他电器的检查与维护	164
小 结	174
思考与习题	175

第三篇 高压电器

第八章 受电弓和主断路器	179
第一节 受电弓概述	179
第二节 TSG1-630/25 型单臂受电弓	181
第三节 DSA200 型单臂受电弓	185
第四节 受电弓的检查与维护	191

第五节 主断路器概述	201
第六节 TDZ1A-10/25 型空气断路器	202
第七节 BVAC N99 型真空主断路器	209
第八节 主断路器的维护与检修	213
小 结	219
思考与习题	220
第九章 高压隔离开关和高压接地开关	222
第一节 高压隔离开关	222
第二节 高压隔离开关的维护保养	225
第三节 高压接地开关	226
第四节 高压接地开关的检修与维护	227
小 结	229
思考与习题	229
第十章 电空接触器和两位置转换开关	230
第一节 电空接触器	230
第二节 两位置转换开关	235
小 结	243
思考与习题	244
第十一章 其他高压电器	246
第一节 互感器	246
第二节 高压连接器	254
第三节 支持绝缘子	260
第四节 避雷器	261
第五节 检查与维护	264
小 结	267
思考与习题	267
实验一 电磁、电空接触器实验	270
实验二 电流继电器、时间继电器、接地继电器实验	273
实验三 TSG1 型受电弓特性及调整实验	276
实验四 DSA200 型受电弓性能实验	277
实验五 TDZ1-400/25 型主断路器动作性能、动作时间测定与调整实验	282
实验六 BVAC N99 型主断路器性能实验	285
参考文献	288

绪 论

一、电器的定义及分类

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、生活及一切科学领域中获得了广泛的应用。然而电能从产生、输送到应用并不是一个简单的过程，而是较为复杂，同时也需要一系列控制、调整、保护装置的作用才能很好完成的过程。例如，对电力电路实行通、断；对电动机实行启动、停止、正转、反转控制；对用电设备进行过载、过压、短路、断相等故障保护；在电路中传递、变换、放大电或非电的信号，从而达到自动检测和调节的目的等。

所以，凡是根据外界特定信号，自动或手动地接通和分断电路，对电路或非电量对象起控制、调整、保护及检测作用的电工设备，均称之为电器。根据这个定义，电机（包括发电机与电动机）和一般的负载不属于电器的范畴。

由于电器的用途广泛、功能多样、工作原理各异，造成其产品种类繁多，无法用某一分类方法来说明其全部特点，因此，电器只能按不同的分类标准进行分类。

1. 按电压高低分类

（1）高压电器：额定电压 500 V 及以上的电器，称为高压电器。如高压断路器、隔离开关、电抗器、电压互感器、电流互感器、避雷器等。

（2）低压电器：额定电压 500 V 以下的电器，称为低压电器。如接触器、启动器、自动开关、低压熔断器、继电器和主令电器等。

2. 按用途分类

（1）开关电器：用来自动或非自动地开闭有电流的电路，如闸刀开关、自动开关、转换开关、按钮开关、隔离开关和主断路器等。此类开关操作次数少，断流能力强。

（2）控制电器：用于自动或非自动地控制电机的启动、调速、制动及换向等，如接触器。

（3）保护电器：用于保护电路电机或其他电器设备，使其免受不正常的高电压、大电流的损害，如各种保护继电器、避雷器、熔断器及电抗器等。

（4）调节电器：用于自动调节电路和设备，使参数保持给定值，如电压调节器、温度调节器等。

（5）仪用变流和变压器：用于将高电压及大电流变为低电压、小电流，以供仪表测量或继电器保护电路之用，如电流互感器、电压互感器等。

（6）受电器：用于接受电网电能，以作为机车电源，如受电弓。

（7）成套电器：由一定数量的电器按一定的电路要求组合的整体电器屏柜，如高压柜、辅助柜、控制屏、信号屏等。

3. 按操作方式分类

(1) 手动电器：如刀开关、隔离开关、按钮开关等。

(2) 自动电器：如高压断路器、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. 按电器的执行功能分类

(1) 有触点电器：电器通断电路的执行功能由触头来实现。

(2) 无触点电器：电器通断电路的执行功能是根据开关元件输出信号的高低电平不同，由一些电子组件来完成的。

(3) 混合式电器：有触点与无触点结合的电器。一般正常工作由有触点部分完成，而转换过程由无触点部分完成。

5. 按电器使用场合和工作条件分类

(1) 一般工业企业用电器：适用于大部分工业企业环境，无特殊要求。

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

(3) 热带用电器和高原用电器：适合于热带、亚热带地区及高原山区而派生的电器。

(4) 家用电器：近些年发展起来的适用于家庭生活环境中的电器。

(5) 牵引、船舶、航空用电器：例如船用电器、航空电器、电气铁道用的牵引电器以及汽车、拖拉机用电器等。

二、电力机车电器的分类

在电传动机车上起开关、控制、转换、保护、检测、调节等作用的电工器械（电器）称为牵引电器。

在电力机车上，既有一般工业用的通用电器，也有专门为它设计、制造的适用于电力机车的牵引电器，本课程中将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的分类方法。

1. 按电器所接入的电路分类

(1) 主电路电器：指使用在电力机车主电路中的电器，如受电弓、主断路器、转换开关、高压连接器、高压互感器及电空接触器等。

(2) 辅助电路电器：指使用在电力机车辅助电路中的电器，如接触器。

(3) 控制电路电器：指使用在电力机车控制电路中的电器，如司机控制器、各种继电器及一些低压开关等。

2. 按电器在电力机车上的用途分类

(1) 控制电器：用来对电力机车上的牵引设备进行切换、调节作用的电器，如司机控制

器、接触器、转换开关等。

(2) 保护电器：用来保护电力机车上电气设备不受过电压、过电流及其他损害的电器，如自动开关、熔断器、接地继电器、过流继电器、避雷器、机械式继电器等。

(3) 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。

(4) 受流器：用于电力机车在接触网上获取电流的电器，如受电弓。

三、电力机车电器在电力机车电气系统中的作用

电器的需求量随着电气化水平的提高而急剧增长。我国经济建设在不断发展，电网容量迅速增大，电力传动技术在革新，因此对电力机车电器提出了越来越高的要求。对低压电器，要继续提高使用寿命和操作频率，减小体积、减轻质量而提高容量，降低成本；在继续发展有触点电器的同时，发展无触点电器及混合式电器。对高压电器，则要发展大容量、快速动作、断口电压高的新系列产品，努力发展组合电器及成套配电装置。

电力机车电器在电气系统中的作用主要包括：

(1) 控制作用：能自动或非自动地控制电机的启动、调速、制动及换向等。

(2) 保护作用：能根据设备的特点，对设备、环境以及人身实行自动保护，如电动机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用：利用仪表及与之相适应的电器，对设备或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用：低压电器可对一些电量和非电量进行调整，如温度的自动调节等。

(5) 指示作用：利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路工作情况，如绝缘监测、保护指示等。

(6) 转换作用：在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换，供电的市电与自备电的切换等。

总的来说，电力机车电器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、降低费用的方向发展。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。

四、电力机车电器的工作条件和基本要求

由于电力机车电器是安装在高速运行的电力机车上，而电力机车内部空间又极为有限，所以其工作条件与一般工业企业用电器有所不同，相应的也有一些不同的要求。

电力机车电器的工作条件及特点主要是：受较强烈振动、温度与湿度变化大、大气环境及污染影响严重、操作频率高、工作电压和电流波动大及安装空间位置受限制等。

1. 工作环境问题

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，车底及车顶在冬天或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 °C (其中 - 40 °C 为存放温度 , - 25 ~ + 40 °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 , 相应的标准要高一些 , 并经常对电器进行清扫、保养 , 以保证其工作正常。

2 . 振动问题

机车运行中 , 当机车起动或制动时 , 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 ; 当机车轮对通过钢轨接缝时 , 产生垂直方向的振动。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性设备 (如电机、通风机、压缩机等) 也会引起一些振动。由于振动 , 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。要注意紧固件应有弹簧垫及防松装置 , 以防松脱。电器中弹簧的力量及电磁吸力应适当增加 , 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、内部发热而造成事故。

3 . 操作频率问题

机车常有起动、停车以及在不同工况时进行调速的操纵 , 所以电力机车电器的操作频率较高。另外 , 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 , 故机车电器的工作环境中电压、电流波动范围相当大。对电力机车电器而言则要求其操作频率的等级要高些。另外 , 其电气及机械寿命应长一些。

4 . 空间安装位置问题

由于安装电器的机车内部空间是有一定限制的 , 因此电器要有尽量小的安装尺寸。为了更有效地利用机车内有限空间 , 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是相当恶劣的 , 对其正常工作有一定的影响。因此 , 对电力机车电器的基本要求是 : 动作准确可靠、有较高的操作频率、有足够的电气寿命与机械寿命、能量消耗少和便于检修。在生产上则要求质轻体小、经济耐用和便于生产。

五、电力机车电器的发展

随着我国电气化铁道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。在电力机车中 , 不断地采用了性能较好、运行可靠及免维护的接触器及继电器 , 普遍地应用了真空主断路器 , 越来越多地应用了无触点电器。

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 , 如不怕振动、工作可靠、操作频率高、寿命长、体积小、质量轻、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。基于此，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. 趋向于标准化、系列化、通用化、小型化

机车电器在发展中越来越标准化、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、电器寿命，提高分断能力及减小体积、简化拆装线路、降低费用的方向发展的。

六、本课程的主要任务

本课程是铁道机车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，机车各种高、低压电器的基本结构、动作原理和技术参数及维护与检修。通过教师讲授、学生自学、作业练习、现场实践等教学环节，达到下述要求：

(1) 掌握电器发热和电动力、电接触、传动装置、电弧的产生和灭弧的方法和装置等基本理论知识。

(2) 掌握 SS₄G、HXD₃ 型电力机车中使用的各种低压电器的作用、基本结构和工作原理及维护检修。

(3) 掌握 SS₄G、HXD₃ 型电力机车中使用的各种高压电器的作用、基本结构和工作原理及维护检修。

第一篇

电器基础知识

电器的基础知识主要包括电器的电动力与触头、电弧的燃烧与熄灭、电器的发热与散热及电器的传动装置等。

学习目标与要求：

- (1) 了解电动力的作用、危害，掌握电动力的判断方法；
- (2) 掌握触头的主要参数、接触电阻、振动及磨损等；
- (3) 了解电弧燃烧与熄灭的物理过程，掌握熄灭电弧的基本方法及装置；
- (4) 掌握电器传动装置的组成及工作原理。

第一章 电器的电动力和触头

第一节 电器的电动力

一、载流导体的电动力

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，有可利用的一面，如电动机的工作原理就是利用电动力将电能转换为机械能。但也有危害的一面，如对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、线圈匝间、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作用下，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是很多的，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。左手定则为伸平左手，磁通穿过左手掌，4个手指为电流方向，大拇指指的就是电动力方向。磁通管侧压力原理（米特开维奇定则）是：把磁力线看成为磁通管，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力，这个方向即为电动力的方向。

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，如图 1.1 ~ 1.3 所示。

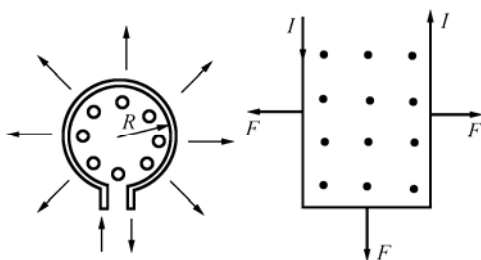


图 1.1 环形导体和 U 形导体所受电动力

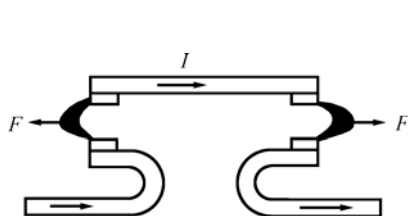


图 1.2 电弧受到的电动力

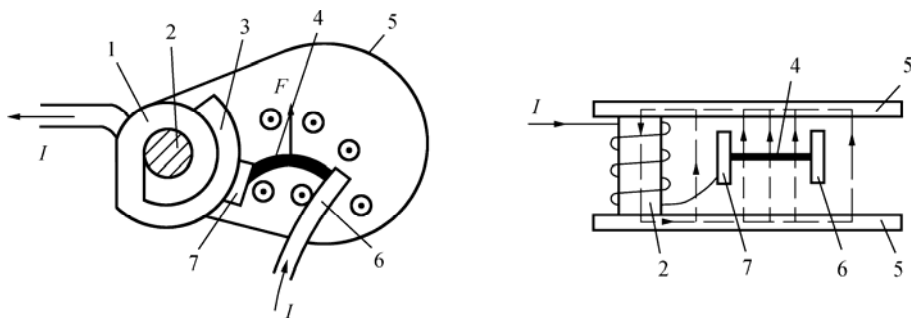


图 1.3 利用电动力的磁吹原理

1—磁吹线圈；2—磁吹铁心；3—导弧角；4—电弧；5—铁夹板；6—动触头；7—静触头

二、载流导体电动力计算基础及电动稳定性

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

$$F = BIL \quad (1.1)$$

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

$$F = BIL \sin \beta \quad (1.2)$$

若任意形状的载流导体置于不均匀磁场中，这时导体所受的电动力是由作用在导体上各个长度元 dL 的许多力元 dF 的几何和来决定。因为可将无限短的导体视为直线，它所处的磁场可认为是均匀的，因此它所受到的力 dF 可用下式表达

$$dF = BIdL \sin \alpha \quad (1.3)$$

长为 L 的全导体所受到的力则为

$$F = \int_0^L dF \quad (1.4)$$

电器的电动稳定性是指当大电流通过电器时，在其产生的电动力作用下，电器有关部件不产生损坏或永久变形的性能。也可以说是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的能力。它以可能承受的最大冲击电流的峰值表示，也有的以它与额定电流的比值表示。

三、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得怎样平整，从微观上看仍然是凹凸不平的，如图 1.4 所示。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，称为触头的电动稳定性。

图 1.5 所示为闭合的隔离开关动静触头间存在电动斥力。当电流很大时此电动力可将触头间接触压力减小，甚至引起触头的机械形变或触头拉开造成误动作。由于触头表面加工情况不同，触头压力情况不同，因而难以确定触头接触处电流线收缩的情况，故由电流线收缩而产生电动斥力的计算较为复杂。

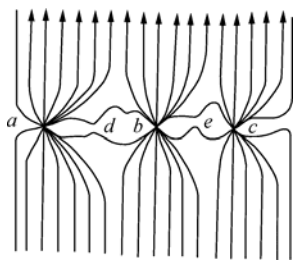


图 1.4 接触的触头间收缩电动力

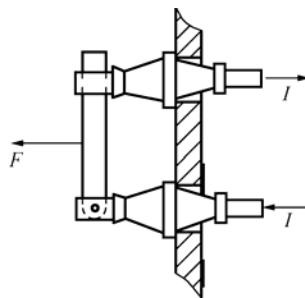


图 1.5 隔离开关受到的电动力

通过分析可得：视在接触面积 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。

第二节 触 头

电路的通断和转换是通过电器中的执行部件，主要是其触头来实现的。触头是有触点电器的执行元件，由于它经常受到机械撞击、发热及电弧等的影响，极易损坏，因此触头是电器中最薄弱的环节之一，其工作性能的优劣直接影响到电器的性能。

本节介绍触头的基本参数，并就触头在不同工作状态下出现的主要问题，如接触电阻、振动等进行一定的分析，列举减少其危害的一些方法。

一、概 述

1. 触头的基本要求

根据触头的工作情况，为了保证电器可靠工作和有足够的寿命，对触头有如下要求：

- (1) 工作可靠，接触电阻要小。
- (2) 有足够的机械强度。
- (3) 长期通过额定电流时，温升不超过规定值。
- (4) 通过短路电流时，有足够的电动稳定性与热稳定性。
- (5) 有足够抵抗外界腐蚀（如氧化、化学气体腐蚀）的能力。
- (6) 寿命长。
- (7) 所用的材料要少，质量轻，价格便宜，便于制造和维修等。

2. 触头的分类

(1) 按触头工作情况：可分为有载开闭和无载开闭两种。前者在触头开断或闭合过程中，允许触头中有电流通过；后者在触头开断或闭合过程中，不允许触头中有电流通过，而在闭合后才允许触头中通过电流，如转换开关。无载开闭触头，由于触头开断时无载，故无电弧产生，对触头的工作十分有利。

(2) 按开断点数目：可分为单断点式和双断点式触头。

(3) 按触头正常工作位置：可分为常开触头和常闭触头。

(4) 按结构和形状：可分为指形触头和桥式触头等。

(5) 按触头相互运动状态：可分为滑动式和滚动式。后者比前者的机械磨损小，传动力也大为减小。

(6) 按触头的接触方式：可分为面接触、线接触和点接触 3 种。

3. 触头接触面形式的选择

在电路中，触头对电流的接通是通过其接触面来实现的，所以接触面形式对触头的工作性能起着至关重要的作用。触头的接触面形式分为点接触、线接触和面接触 3 种，如图 1.6 所示。在设计电器时对触头接触面形式应有合理的选择。

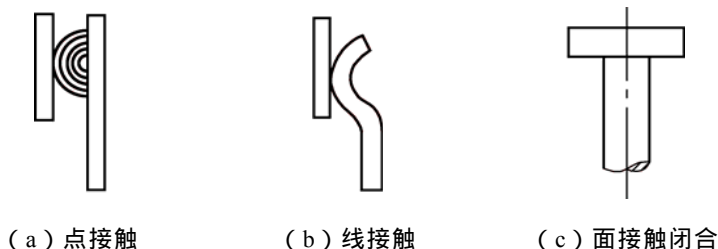


图 1.6 触头的接触式

对于点、线、面 3 种接触形式，它们各自的特点和适用场合如下：

(1) 点接触。点接触是指两个导体只在一点或者很小的面积上发生接触的触头（如球面对球面，球面对平面）。触头间是“点”与“点”的接触。在同样的触头压力下，它的单位压力大，因此，可得到较小的接触电阻。但其散热条件差，用于大电流是不合适的。同时，点接触的机械强度较弱，只适用于开断负荷小的触头。如多用于 10 A 以下的继电器，以及接触器和自动开关的联锁触头等，一般控制电路的触头都采用点接触形式。由于接触面积小，保证其工作可靠性所需的接触压力也较小。

(2) 线接触。线接触是指两个导体沿着线或较窄的面积发生的接触（如圆柱对圆柱、圆柱对平面）。在同一压力条件下，线接触的接触电阻比其他两种较低。其原因是触头的压力强度和实际接触面得到了适当配合。面接触的接触点虽较多，但压力强度小，点接触的压力强度虽高，但接触点少，因此它们的接触电阻都比线接触情况大。另外，线接触容易做到触头间有滑动和滚动，从而使触头的工作条件得到改善。同时，线接触触头的制造、调整、装配均比较方便，因而得到广泛的采用。常用于几十安至几百安电流的中等容量的电器，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有着较大的表面接触（如平面对平面）。其接触面积和触头压力均较大。由于其触头在开闭过程中接触面间无相对滑移，不能清除氧化膜等高电阻物质，所以在此种触头面上需嵌上贵重的银片。而且面接触的接触电阻很不稳定，当外界对接触面稍有一些破坏或者装配不当，都会使接触电阻大大增加。所以此种形式应用较少，仅用于大电流、接触压力大的场合，如固定母线接触、大容量的接触器和断路器的触头。闸刀开关常采用面接触的形式。

触头实现电连接，一般采用触头弹簧压紧，压力较小，并考虑到装配检修的方便和工作可靠，多采用点接触或线接触的形式。在近代高压断路器和低压自动开关中，有的采用多个线接触和点接触并联使用，以减小接触电阻，使得工作可靠，制造检修方便。

4. 触头的参数

触头的参数主要有触头的结构尺寸、开距、超程、研距、触头初压力和终压力等。

(1) 触头的结构尺寸。触头的结构尺寸主要是根据触头工作时的发热条件确定，同时要考虑它的机械强度与工作寿命等条件。

(2) 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 s 称为触头的开距（或行程），如图 1.7 (a) 所示。开距是触头的一个主要参数，它不仅要保证在开断正常电流时能可靠地熄弧，而且还能使触头间具有足够的绝缘能力，当电源出现不正常的过电压时不致击穿。它不仅影响触头与灭弧系统的尺寸，而且影响到电磁传动机构的尺寸。

从减小电器的尺寸和减少触头闭合时振动的观点出发，在保证可靠开断电路的原则下，触头开距越小越好。触头开距的大小与开断电流大小、线路电压、线路参数以及灭弧装置等有关。

(3) 触头的超程。触头的超程是指触头对完全闭合后，如果将静触头移开，动触头在触头弹簧的作用下继续前移的距离 r ，如图 1.7 (c) 所示。