

火电生产类学徒工初级工培训教材

电气设备检修

(试用本)

54

水利电力出版社

内 容 提 要

本书为火电生产类学徒工初级工培训教材之一，主要讲述低压开关、高压开关、电力电缆、变压器、电动机、同步发电机等电气设备维护和检修的一般项目及常用的检修方法。

火电生产类学徒工初级工培训教材 电 气 设 备 检 修 (试用本)

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.5 印张 144千字

1983年10月第一版 1983年10月北京第一次印刷

印数 00001—54000 册 定价 0.55 元

书号 15143·5260

前 言

为了提高水利电力系统学徒工初级工的技术水平，使技工培训工作逐步走向正规化、系统化，我们统一组织编写了水电生产、水电施工、火电生产，火电建设和供电等五类学徒工初级工的培训教材。

这五类培训教材是按照原水利部、原电力工业部颁发的工人技术等级标准中相应的应知技术理论要求编写的。每一工种的培训教材包括基础课与专业课两部分，注意到学徒工初级工两个阶段技术理论教育的系统性和完整性，力求密切联系生产实际，深入浅出，突出工人培训教材的特点。

火电生产类培训教材包括22个工种共23本，其中基础课11本，专业课12本，委托山西省电力工业局组织编写，并约请各大区网局和省电力工业局的有关同志参加审稿。

《电气设备检修》系专业课教材之一，由太原第二热电厂李冀先主编，其中第一章、第四章由李冀先编写，第三章、第五章、第六章由高应瑞编写，第六章第一节由芦志立编写，第二章由冯志强编写。罗以芬初审，闸北发电厂、大连发电总厂、天津高压供电所、天津第三发电厂等单位进行了审定。

由于编写时间仓促，又缺乏经验，培训教材中难免存在错误和不妥之处，现以试用本出版，内部发行。希望使用单位和广大读者提出宝贵意见，以提高再版的质量。

水利电力部

1982年10月

目 录

前 言

第一章 载流连接头和低压开关的检修	1
第一节 载流连接头的检修	1
第二节 低压电器概述	9
第三节 低压开关的维修	10
第四节 低压开关检修的基本方法	13
第二章 高压断路器的检修	26
第一节 断路器检修的一般问题	26
第二节 油断路器的大修	32
第三节 空气断路器及SF ₆ 断路器的检修	44
第四节 断路器的调整	45
第五节 隔离开关的检修	59
第三章 电力电缆的检修	64
第一节 电力电缆的故障和检修	64
第二节 电力电缆的敷设和开工检查	66
第三节 电力电缆头和电缆接头的制作	72
第四节 电缆故障的预防措施	84
第四章 变压器的检修	87
第一节 电力变压器的绝缘结构	87
第二节 变压器大修	94
第三节 变压器小修	97
第四节 变压器检修和安装后的验收	98
第五节 变压器构件和附件的检修	100
第六节 变压器油的过滤与绝缘干燥	122

第七节 变压器一般绝缘事故及预防措施	127
第五章 电动机检修	131
第一节 电动机绕组	131
第二节 大修前的准备工作	141
第三节 电动机拆装	142
第四节 电动机部件的检修	147
第五节 直流电机的检修	162
第六节 电动机常见故障及处理方法	165
第六章 同步发电机的检修	171
第一节 同步发电机绝缘结构简介	171
第二节 同步发电机检修前的准备工作	179
第三节 同步发电机的拆卸	180
第四节 静子的检修	186
第五节 转子的检修	190
第六节 冷却器的检修	195
第七节 励磁系统的检修	197
第八节 同步发电机修后的组装	201

第一章 载流连接头和低压开关的检修

第一节 载流连接头的检修

在发电厂电气设备导电回路的连接中，除了以设备本身的动静触头断合而连接者外，常常遇到板与板、杆与杆、线与线以及板、杆、线之间的相互连接。如果连接头结构合理、处理得当、维修及时，一般不会引起设备故障。然而在现场中，由于连接头是固定连接，常被认为这些经常不动的地方不会发生问题，因而不重视加工工艺，甚至采取不合理的连接结构，致使事故甚至重大事故发生。为保证安全可靠地发、供电，必须充分认识载流连接头的重要性，认真掌握正确连接头制作工艺，了解各种影响连接头安全、可靠运行的因素，并掌握消除这些因素的方法。

正常工作时，通过设备的是工作电流，在短路故障时，通过的是时间不长，但比工作电流大很多倍的短路电流，因此，电气回路的连接头，不管采用怎样的连接形式，都必须满足正常工作时的温升不超过规定值，短路故障时的温升和电动力也都不超过规定值的基本要求。

连接头的温升主要取决于接头的电阻。连接头的电阻越大，流过一定电流时产生的热量就多，连接头的温升也就越高；反之，连接头电阻越小，产生的热量越少，连接头的温升也就越低。因此，为了防止连接头发热，应力图减小连接头的电阻。

连接头具有合理的结构、良好的导电性能和接触性能是

减小电阻的有效措施，此外材料、压力、接触面的氧化等均影响连接头的电阻。

一、材料和压力对连接头电阻的影响

板与板相接是电气设备导电回路常见的连接形式之一。在这种连接中，两个待连接的金属板无论采用怎样细致的加工，从微观的观点看，总是凹凸不平的。若不加外力挤压两个接触面，那么两个面只是在一些点上的接触，如图 1-1 (a) 所示。当增加接触面之间的压力 (F)，使之紧密接触时，接触点的数目就会随压力的增加而增多如图 1-1 (b)，这样就使接触面增大了，连接头的电阻 (R) 也就下降了。所以板与板相接时，加在板上的压力大小是减小连接头电阻、防止连接头发热的主要因素。除此而外，连接板材料的硬度、电阻系数、接触面的加工精度等等也直接影响着接触面电阻的大小。

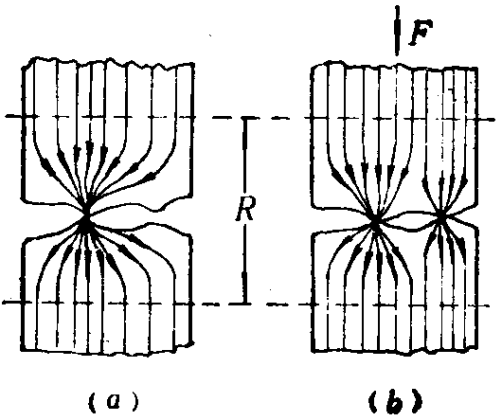


图 1-1 不同压力时两接触面的接触情况

二、接触面氧化对电阻的影响

通常使用的导电材料多为铜、铝、铁等金属，这些金属在空气中容易被氧化，特别是在湿度大、温度高以及有腐蚀性气体的环境中，接触面被氧化腐蚀得很快，使材料表面

生成一层电阻系数很大的氧化层(银一些金属除外)，这样，连接头的电阻因而也增大，发热也就增加了，而且这一氧化 $\rightleftharpoons$ 发热的循环是恶性发展的，若不能及时发现和处理，最后必将以烧毁设备酿成事故而告终。因此，应尽力改善环境

防止接触面氧化。

怎样才能防止接触面氧化呢？从道理上讲，只要保证接触面干净，避免与空气、水及其它带腐蚀性物质接触就可以较好地防止氧化。通常，处在空气中的连接头，一般在接触面上涂抹中性凡士林，即可保持接触面清洁又可与空气隔离，同时在设备运行中，还能通过观察凡士林是否有融化现象判断接头是否发热，这是一举两得的事。

连接头的形式一般取决于待连接引线的种类，但不管什么形式的连接结构，都应该首先考虑以下基本要求：

（1）连接要紧密，使连接部分的电阻最小，以防止发热；

（2）连接头的机械强度应与非连接处一样，切不可用降低接头强度的方法去满足其它方面的要求；

（3）连接头的绝缘强度应与非连接处一样；

（4）连接头的制做应根据待连接的材料按以下规定进行：铜与铜连接，在干燥的室内可直接连接，在室外、高温且潮湿的室内、在特殊潮湿或有腐蚀性气体的室内，其接触面均应该涂锡；铝与铝连接，在任何情况下都可以直接连接；钢与钢连接，在任何情况下，接触面均应涂锡；铜与铝连接，在干燥的室内可直接连接，在室外或特殊潮湿的室内，应使用铜铝过渡段；钢与铜或铝连接，在任何情况下，钢的表面均应涂锡。

除以上基本要求外，有关连接头的装配尺寸、工艺要求等应视具体情况参阅有关规程的规定执行。

电气设备的连接头常见的有以下几种形式。

（一）单股导线的绞接连接头

如图1-2所示，当导线的线径在2.6毫米以下时，常常使

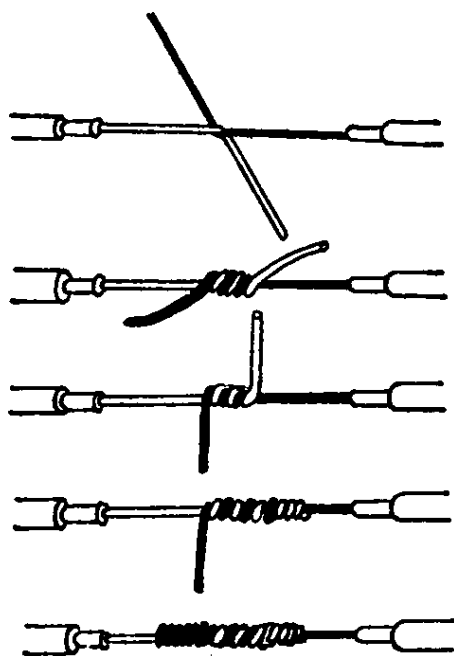


图 1-2 单股导线绞接头制做

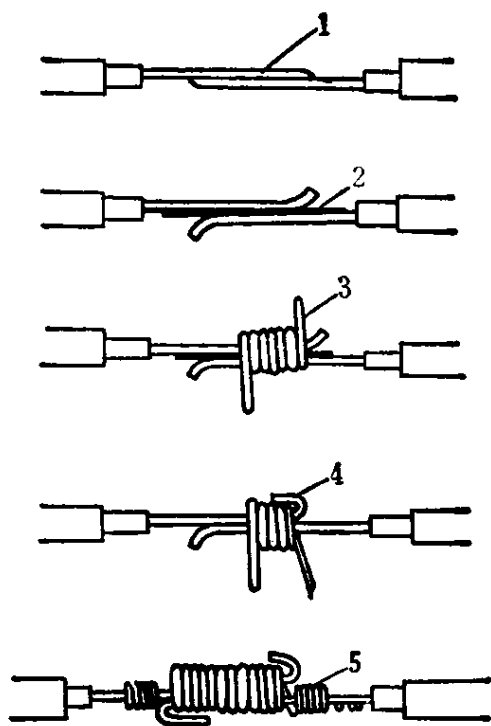


图 1-3 单股导线的绑线接头制做

用这种绞接法连接。

连接时，把两个导线的线头互相绞绕两、三圈，然后各自缠绕五、六圈。制做这种接头时，应注意两线必须互相紧密绞扭。

(二) 单股导线的绑线接头

当导线直径在2.6毫米以上时，常采用如图1-3所示的绑线接头。

连接时，先把两线的端头部分翘起一些，然后把两线合并到一起，用一根细导线（图中黑线），并在两根导线的凹缝处，另用一根直径在1.6毫米左右的裸铜线2当绑线，从接头中部开始分别向两侧缠绕，当绕到另一个导线的端头处，将该导线端头翘起折回，再将绑线绕五、六圈即可。

(三) 多头导线的绞接连接头

如图1-4所示顺序：剥去线头的线皮，使线芯露出；把线芯松散开并整直；将线头长的三分之一绞紧，再把其余的部分扳成伞形；把两个伞形线芯一根隔一根地交叉着插到一起；将平交叉插入的线芯；把左边任意两根相邻线芯扳直，并按箭头方向缠绕两圈；缠绕两圈后，把它们向右扳直；用同样的方法再把左边另外两相邻线芯扳直紧挨着前面的两根继续向右缠绕；缠绕两圈后也把它向右扳直；一直把左边全部余下的线芯按箭头方向缠绕完；剪去余下的长线芯，并整平端部；将右边线头按同上方法缠绕。

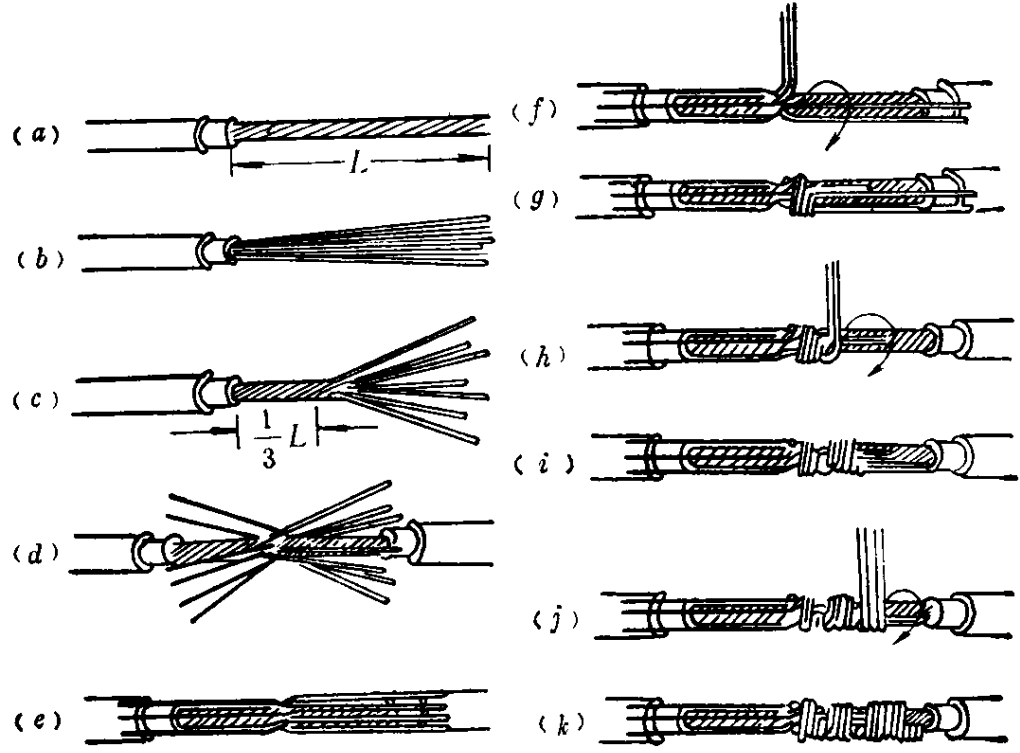


图 1-4 多股导线的绞接连接头的制做

(四) 多股导线的绑线连接法

这种连接头的做法与绞接连接头的做法基本相同，也是先解开芯线并整直，然后分成伞形，两个接头互相插到底，使

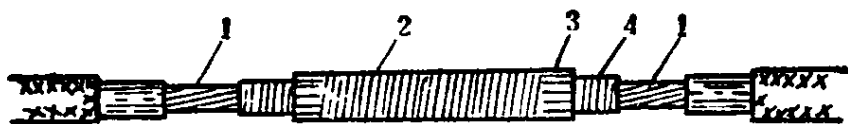
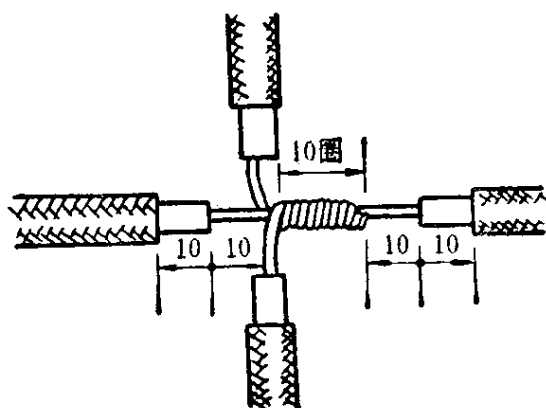
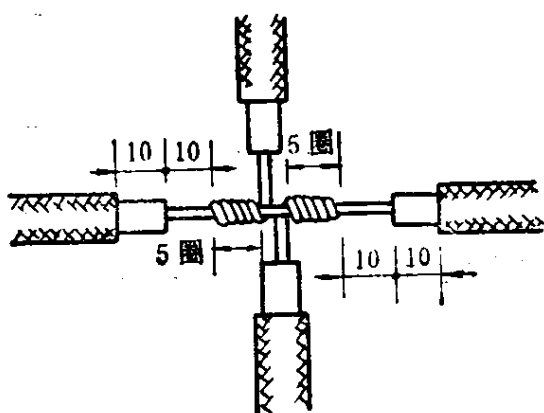


图 1-5 多股导线的绑线接头

1—原线芯；2—绞接处绑线；3—连接线的尾部；4—靠接头处线芯上的绑线



(a)



(b)

图 1-6 单股分路小十字接头

(a)接头在一侧的十字连接；(b)接头在两侧的十字连接

之合拢，待整平后另外拿绑线从中间向两侧缠绕。其式样如图1-5所示。

(五) 单股分路接头

单股导线分路连接头的做法类似于单股导线的绞接，所不同的只是其中的一根导线要按上述方法做缠绕，而另外一根只剥露出线芯。图中 1-6 为十字连接头的两种形式，其做法稍有不同。实际使用时可根据情况选用。

(六) 多股分路接头

图 1-7 为多股分路连接头的式样。这种连接头的制做类似单股分路连接

头的制做，只是股数增多，缠绕时注意排列整齐。

(七) 导线与接线柱的连接

截面在10平方毫米以下的单股导线和截面在 4 平方毫米

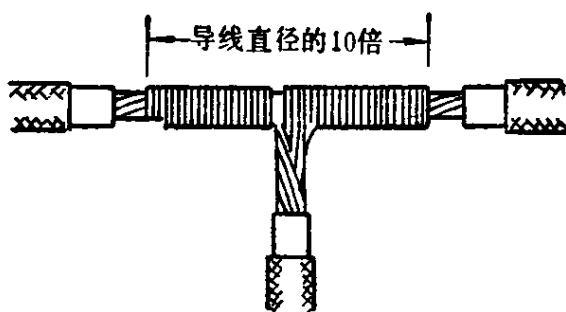


图 1-7 多股导线分路连接头

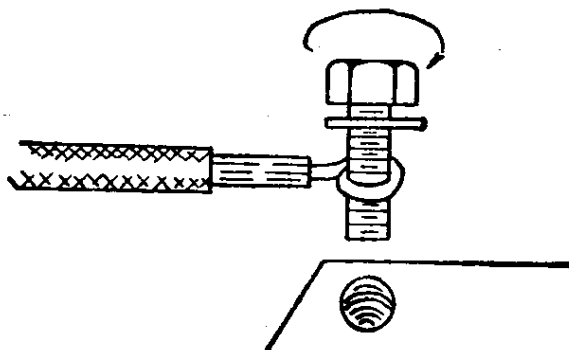


图 1-8 导线与接线柱的连接

以下的多股导线以及截面在2.5平方毫米以下的软导线，可以直接用接线柱连接，如图1-8所示，其方法是将导线弯成圆圈即可。特别应该注意的是，圆圈的方向应与压紧螺丝的旋转方向（即顺时针方向）一致，圆圈的大小应比螺丝稍大一些，并注意不要因线头太短只弯半圈，或因线头太长而使其根部重叠。

对于多股导线或软线的线头，还须注意预先把线头拧紧，再焊上焊锡，使线头像单股导线一样，成为一个整体。

截面在10平方毫米以上的单股导线和截面在4平方毫米以上的多股导线以及截面在2.5平方毫米以上的软线，由于线粗不容易弯成小圆圈，即使弯成小圆圈，压接的接触面也小，因此采用焊接铜或铝的接线头（或称稍帽、或称接线

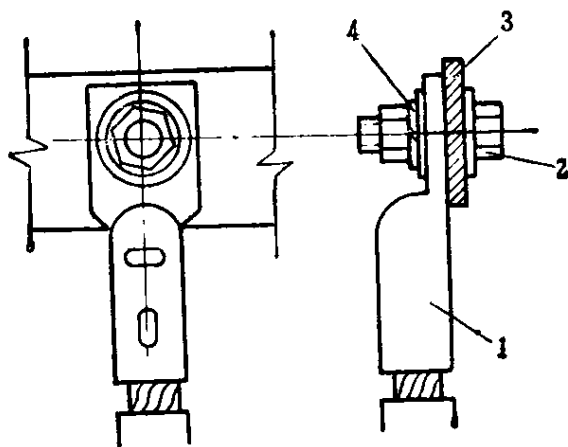


图 1-9 使用线鼻子的连接

1—线鼻子；2—紧固螺栓；3—母线；4—弹簧垫圈

耳、或线鼻子)的方法，如图1-9所示。

线鼻子是按导线截面大小装配的，使用时应注意导线与线鼻子的焊接是否牢靠，同时还应检查线鼻子与另一连接面是否吻合，若接触面有问题时，可用锉刀或其它工具修整，使之具有最大的接触面。这种连接形式常使用在导流较大的地方，因此，检修时对于这样的连接头常常拆下检查和修理。

(八) 板与板的连接

电厂中的室内母线、大型发电机的引出线等，常常使用铜板和铝板。这样就提出了板与板连接的问题，如工作零母线与接地线的连接，其方法如图1-10所示。

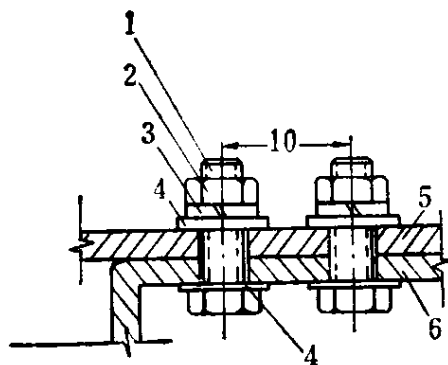


图 1-10 板与板的连接

1— M_{12} 螺栓；2—螺母；3—弹簧垫圈；4—平垫圈；5—工作母线；6—连接母线

这种板与板的连接一般都用在导流量较大的情况下，因此要求制做工艺较高。在设备

检查时，对这种连接头一般是发现有过热现象或运行年限久远、或处在腐蚀性物质的环境中的，均应进行拆开检修。检修时，应查清引起过热的原因，从而进行针对性的处理。在进行这种连接时，应该注意，不可因为要增加板与板之间的压力而任意增加压紧螺栓，否则将会使导电截面变小和影响连接头的机械强度。

第二节 低 压 电 器 概 述

低压电器是指工作在交流电压为1000伏及以下电路中的电气设备。这与电业安全工作规程上规定的对地电压为250伏以下的设备为低压设备的概念有所不同。前者是从制造角度考虑，后者是从安全角度考虑，但二者并不矛盾，因为在发配电系统中，标准电压等级只有380伏配电系统，因此，在实际工作中，低压电器是指380伏及以下电压等级中使用的电气设备。

低压电器设备广泛地应用在发电厂低压系统的配电、电气传动和自动控制设备中。众所周知，发电厂本身耗能很大（指厂用电），据统计，其中低压电器耗能占发电厂总能耗的一半以上。近年来，随着大型成套设备和自动控制、自动调节系统的采用，低压电器的使用大量增加。因此，在发电厂设备的检修中，低压电器的维修是一个重要的环节，不论从频繁性、设备的重要性还是工作量上，它都是检修工作的重要组成部分。

电厂中低压电器种类繁多，本章仅就其中常用的普通低压开关的检修重点加以介绍，以使徒工、初级工了解低压开关检修的共性，掌握低压开关维修方法、内容，以利于今后

的检修工作。

第三节 低压开关的维修

为了保证低压开关的运行安全和延长其使用寿命，正确的维修是十分必要的。它既可以及时排除有碍运行的某些障碍，使设备经常运行在正常状态，又可以防止严重损坏开关事故的发生。

一、刀开关的维修

从“电气设备”的学习中已经知道，刀开关是结构最简单的低压开关。刀开关一般与熔断器、接触器、磁力启动器等低压开关配合使用，或单独用在启动不频繁小容量电机的供电回路。其常见的形式如图1-11所示。

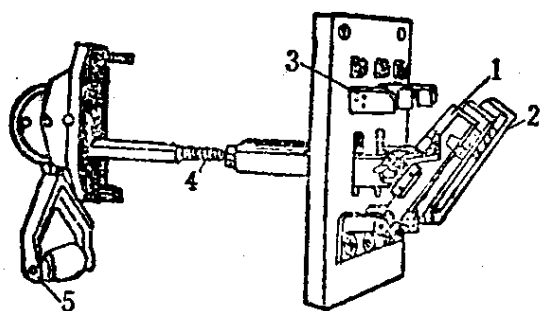


图 1-11 刀开关

1—快速断开刀片；2—刀闸片；3—固定刀闸口；4—连杆；5—刀闸把手

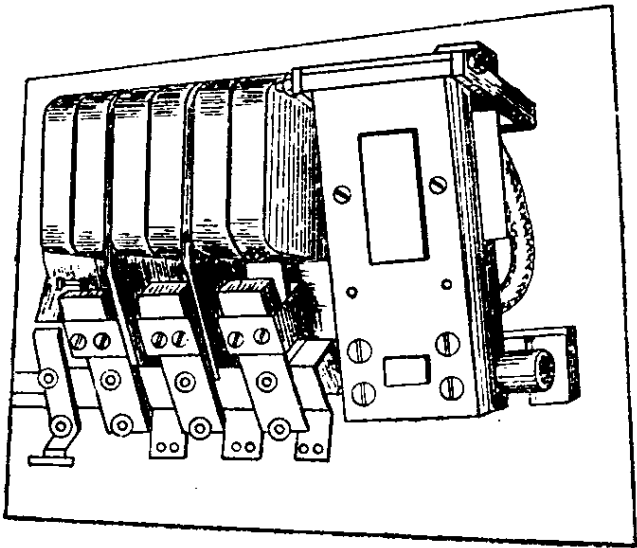
刀开关的维护主要应注意两点：一是要使转动部分灵活；二是部件要齐全。要保证第一点，应在转动部分加一些润滑油。要保证第二点就要细致检查全部辅件，如弹簧、螺丝、垫圈、销子等等装配齐全。切不可认为这些部件不重要，无碍大局，而

任意取舍，使刀开关工作在不正常状态。实际工作中，由于小部件忘记装上而造成严重问题的事例并不少见。

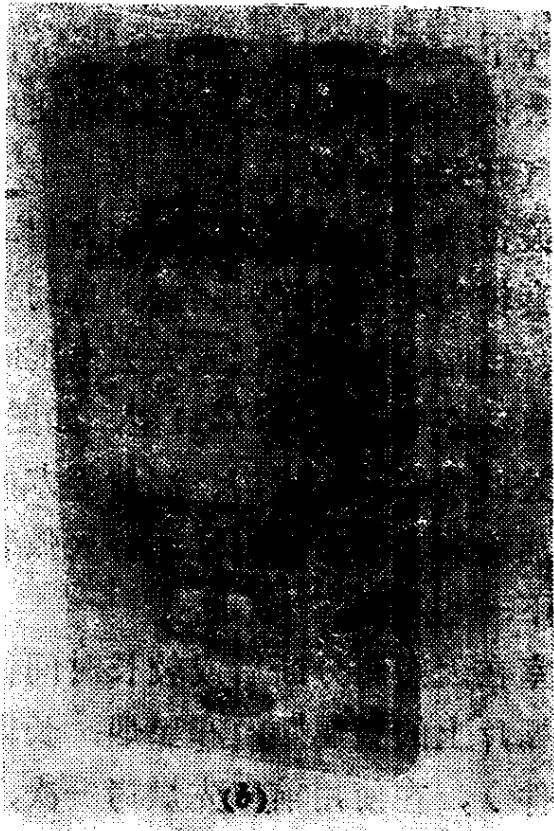
二、接触器和磁力启动器的维修

接触器和磁力启动器的基本结构原理是一样的。它们都用于频繁启停、远距离控制和操纵回路中。只是磁力启动器

比接触器多装配热继电器，并有使电机启停、正反转控制的
结线结构。其常见形式如图1-12。



(a)



(b)

图 1-12 常见接触器及磁力启动器
(a)接触器；(b)磁力启动器

接触器和磁力启动器在维修中应注意以下问题：

1.要注意电磁线圈、接线螺丝和接线头以及各部分配件是否有过热现象，若有，应查明原因给以消除，特别是电磁线圈的严重过热应及时处理；

2.清扫开关，使其保持清洁无油垢，机件的动作部分灵活无卡涩现象；

3.铁芯接合面无锈斑和油垢，可动和固定结合面接触要严合，短路环无断裂痕迹；

4.触头应无磨损或烧伤，固定机件应无松动，消弧罩、绝缘杆等无损坏，辅助接点接触良好。

接触器和磁力启动器是频繁动作的电气设备，虽然它们的机械和电气寿命都在几十万次甚至百万次以上，但必须保证它在规定的条件下运行。否则，由于使用条件恶劣或选择不当，会很快导致设备的损坏而远远达不到使用寿命。

三、自动空气开关的维修

自动空气开关在结构上比接触器和磁力启动器要复杂一些，因为它有一套较为完善的灭弧装置。自动空气开关能在电路发生过负荷、短路、电压降低或失去电压时，自动地切断电路。常见的自动空气开关为DZ-1型，如图1-13。

自动空气开关的维修，在机构、部件等方面的工作基本与接触器、磁力启动器相同，只因它还有灭弧装置，所以维修时还应注意以下一些问题：

（1）灭弧室在因短路分断后或较长时间使用后，应清除灭弧室内壁和栅片上的金属颗粒和黑烟，长期没有使用过的灭弧室（如配件），在使用前应先烘烤一次，以保证有良好的绝缘；

（2）自动空气开关使用一定次数后，如触头表面发生