

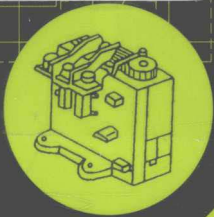
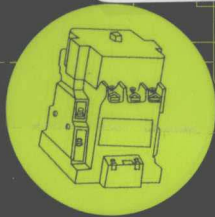
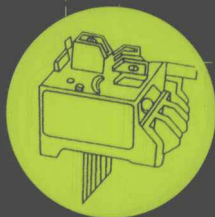
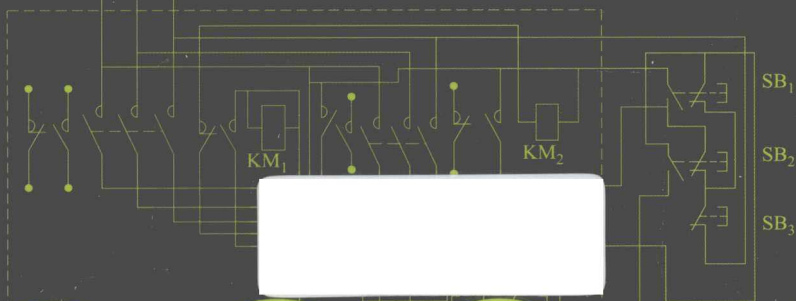


大千电工系列

# 高低压电器 维修技术手册

方大千 方成 方立 等编著

L<sub>1</sub> L<sub>2</sub> L<sub>3</sub>  
FU



化学工业出版社



大千电工系列

# 高低压电器 维修技术手册

方大千 方成 方立 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书较全面系统地介绍了高、低压电气设备的维修技术,重点介绍安装调整、维护保养、故障处理、检修试验等内容。书中介绍的快速查找电气设备故障的方法与技巧,设备维护保养经验,维修的新材料、新工艺、新方法以及新标准、新规定,在维修实践中非常实用。读者通过对本书的学习,能快速掌握高、低压电气设备的维修技术,大大提高自己的业务水平和动手能力。全书共分5章,包括电气设备维修方法和手段,高压电器的维修,低压电器的维修,成套电气设备的维修和常用测试仪表等。

本书内容丰富,实用性强,工艺先进,数据可靠,操作技能具体,可供工厂、农村和电力企业的电工、电气技术人员、企业设备管理人员使用,也可供大、中专院校有关师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

高低压电器维修技术手册/方大千,方成,方立等编著.  
北京:化学工业出版社,2013.1  
ISBN 978-7-122-15777-5

I. ①高… II. ①方…②方…③方… III. ①高压电器-  
维修-技术手册②低压电器-维修-技术手册 IV. ①TM507-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第260300号

---

责任编辑:高墨荣  
责任校对:蒋宇

文字编辑:徐卿华  
装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印刷:北京云浩印刷有限责任公司  
装订:三河市万龙印装有限公司  
850mm×1168mm 1/32 印张25 字数663千字  
2013年3月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

## 前言

高、低压电气设备广泛应用于工厂、农村、电力系统及各行各业中，其种类繁多，新产品层出不穷。随着电子技术的发展和国外技术的引进，我国高、低压电器产品的技术性能有了显著的提升，智能化产品不断涌现。高、低压电气设备的性能及工作状态，与定期保养（大、小修）、日常维护和检修质量密切相关，从而也直接影响到供电系统和生产设备的安全可靠运行。现代生产多为连续性生产，设备的停产会带来巨大的经济损失，供电系统更不允许长时间停电，这就要求电气维修人员具有快速诊断和处理电气设备故障的过硬本领。本书较全面系统地介绍了各类高、低压电气设备的维修技术，内容丰富、工艺先进、实用性强。书中大量的内容是维修实践中的经验总结，对快速提高读者的维修技术水平和动手能力大有益处。

本书的编著者曾在电力部门、企业、小水电站、建筑部门等长期从事设备管理和安装、调试及维修工作，具有丰富的实践经验。本书结合编著者几十年设备管理及维修经验，紧紧围绕高、低压电气设备的安装与调整、日常维护与故障处理、检修与试验等实际维修内容来编写，旨在切实提高读者处理实际问题的能力。书中还列有维修所必需的最新技术资料、产品数据和技术标准及规定。本书所涉及的高、低压电器均为新系列的产品。本书叙述系统、明了，查找使用方便，能大大提高使用者的工作效率。

本书主要由方大千、方成、方立等编著，其他参编人员有朱丽宁、方亚平、方亚敏、张正昌、朱征涛、张荣亮、方欣、方亚云、那宝奎、许纪秋、费珊珊、那罗丽、卢静、孙文燕、刘梅、张慧霖等。全书由方大中、郑鹏审校。

由于编著者水平有限，书中难免有不妥之处，希望读者批评指正。

**编著者**

# 目录

## 第1章 电气设备维修方法和手段

1

- 1.1 电气设备故障的查找方法 ..... 1
  - 1.1.1 利用人的感官检查电气设备故障 ..... 2
  - 1.1.2 利用测试仪器和试验设备检查电气设备故障 ..... 11
  - 1.1.3 设备诊断技术 ..... 16
  - 1.1.4 快速查找电气设备故障的诀窍 ..... 18
  - 1.1.5 停电检修和带电检修 ..... 32
  - 1.1.6 安全标示牌和常用安全工具的试验要求 ..... 36
- 1.2 电气设备大、小修及不同季节维修要点 ..... 38
  - 1.2.1 电气设备大、小修及质量标准 ..... 38
  - 1.2.2 不同季节电气设备的维修要点 ..... 49
  - 1.2.3 电气设备的温度管理 ..... 56
- 1.3 电气设备维修中最常涉及的技术标准 ..... 59
  - 1.3.1 各种电气设备的最高允许温度及温升 ..... 59
  - 1.3.2 各种电气设备的绝缘最低允许值 ..... 68
  - 1.3.3 各种电气设备的电气间隙和漏电距离 ..... 75
  - 1.3.4 各种电气设备的机械寿命和电寿命 ..... 78
  - 1.3.5 导体的安全载流量 ..... 80
  - 1.3.6 常用电工绝缘材料的耐热等级和绝缘性能 ..... 82

1.3.7	高海拔地区电气设备的选择与使用	84
1.4	维修材料及新工艺	88
1.4.1	绝缘漆、树脂及胶和腻子	88
1.4.2	SLC 长效防污闪绝缘涂料	91
1.4.3	HS-25 清洗剂和 HS-123 绝缘保护剂	93
1.4.4	导电膏	94
1.4.5	润滑油和润滑脂	97
1.4.6	焊铝方法	98
1.4.7	电力接头连接工艺	100

## 第2章 高压电器的维修

109

2.1	高压电器的分类和使用条件	109
2.1.1	高压电器的分类	109
2.1.2	高压电器的使用条件	109
2.2	高压电器的选择	112
2.2.1	按正常工作条件选择	112
2.2.2	按短路条件校验电器产品的动、热稳定	113
2.3	高压断路器的维修	113
2.3.1	高压断路器及其技术特性	113
2.3.2	油断路器	117
2.3.3	真空断路器	151
2.3.4	高压真空接触器	171
2.3.5	六氟化硫 (SF <sub>6</sub> ) 断路器	178
2.3.6	高压断路器控制线路	195
2.4	操作机构、隔离开关和负荷开关的维修	201
2.4.1	操作机构	201
2.4.2	隔离开关	218
2.4.3	负荷开关	230

2.5	高压熔断器和避雷器的维修 .....	237
2.5.1	高压熔断器 .....	237
2.5.2	高低压避雷器 .....	246
2.6	高低压电压互感器、电流互感器及电抗器的维修 .....	265
2.6.1	电压互感器 .....	265
2.6.2	电流互感器 .....	278
2.6.3	电抗器 .....	286

## 第3章 低压电器的维修

288

3.1	低压电器的分类和使用条件 .....	288
3.1.1	低压电器的分类及型号 .....	288
3.1.2	低压电器的使用条件 .....	298
3.2	低压电器的选择与安装 .....	299
3.2.1	低压电器的选择 .....	299
3.2.2	低压电器的安装 .....	302
3.3	低压电器的基本修理工艺 .....	304
3.3.1	低压电器触头系统的修理 .....	304
3.3.2	低压电器电磁系统的修理 .....	313
3.3.3	低压电器线圈参数的换算 .....	316
3.3.4	灭弧系统的修理 .....	319
3.3.5	胶木、塑料件损坏的修理 .....	320
3.3.6	低压电器的检修周期与试验 .....	322
3.4	低压断路器的维修 .....	330
3.4.1	低压断路器的结构原理 .....	331
3.4.2	低压断路器的选择、安装与维修 .....	337
3.4.3	DW15等系列框架式断路器 .....	348
3.4.4	ME系列断路器 .....	359
3.4.5	塑壳式断路器 .....	368



3.4.6	智能型断路器	372
<b>3.5</b>	<b>刀开关、组合开关和熔断器的维修</b>	<b>388</b>
3.5.1	刀开关	388
3.5.2	组合开关	404
3.5.3	熔断器	406
<b>3.6</b>	<b>接触器、继电器、电磁铁和漏电保护器的维修</b>	<b>421</b>
3.6.1	交流接触器	421
3.6.2	真空接触器	462
3.6.3	直流接触器	471
3.6.4	中间继电器	484
3.6.5	电流继电器和电压继电器	490
3.6.6	固体继电器	495
3.6.7	时间继电器	503
3.6.8	热继电器	511
3.6.9	电动机保护器	525
3.6.10	电磁铁	534
3.6.11	无声节电器	549
3.6.12	漏电保护器	554
<b>3.7</b>	<b>启动器、变频器和制动器的维修</b>	<b>572</b>
3.7.1	异步电动机启动方式的选择	572
3.7.2	磁力启动器	576
3.7.3	星-三角启动器	582
3.7.4	自耦减压启动器	591
3.7.5	频敏启动控制箱(柜)	601
3.7.6	无触点启动器和软启动器	612
3.7.7	变频器	623
3.7.8	制动器	643
<b>3.8</b>	<b>转换开关、主令控制器、行程开关和按钮、指示灯的 维修</b>	<b>648</b>

3.8.1	万能转换开关 .....	648
3.8.2	主令控制器和凸轮控制器 .....	658
3.8.3	行程开关和微动开关 .....	665
3.8.4	按钮 .....	671
3.8.5	指示灯 .....	681

## 第4章 成套电气设备的维修

688

4.1	高压开关柜的维修与试验 .....	688
4.1.1	高压开关柜的型号与结构 .....	688
4.1.2	高压开关柜的维修 .....	691
4.1.3	高压开关柜的试验 .....	699
4.1.4	10(6)/0.4kV 变电所高、低压侧电器及母线的 选择 .....	704
4.2	手车式高压开关柜的维修与试验 .....	706
4.2.1	手车式高压开关柜的型号与结构 .....	706
4.2.2	手车式高压开关柜的维修与试验 .....	711
4.2.3	环境温度对成套开关设备断路器容量的影响 ..	715
4.3	低压配电屏的维修与试验 .....	717
4.3.1	低压配电屏的型号与结构 .....	717
4.3.2	低压配电屏的维修 .....	721
4.3.3	低压配电屏的定期保养与试验 .....	724
4.4	盘、柜及二次回路接线的安装 .....	725
4.4.1	盘、柜的安装 .....	725
4.4.2	盘、柜上的电器安装 .....	728
4.4.3	二次回路接线 .....	731
4.5	母线的安装与维修 .....	733
4.5.1	母线的颜色及排列的规定 .....	733
4.5.2	母线的连接与试验 .....	735

4.5.3 母线的维修 .....	748
-------------------	-----

## 第5章 常用测试仪表

751

5.1 传统测试仪表 .....	751
5.1.1 万用表 .....	751
5.1.2 钳形表 .....	760
5.1.3 绝缘电阻表 .....	763
5.1.4 接地电阻测量仪 .....	766
5.1.5 直流单臂电桥 .....	768
5.1.6 直流双臂电桥 .....	770
5.2 新型测试仪表 .....	771
5.2.1 绝缘电阻测试仪 .....	771
5.2.2 接地电阻测试仪和多功能测试仪 .....	773
5.2.3 介质损耗测试仪 .....	774
5.2.4 直流电阻测试仪 .....	775
5.2.5 高压开关测试仪 .....	776
5.2.6 绝缘油试验仪 .....	778
5.2.7 氧化锌避雷器测试仪 .....	778
5.2.8 多功能钳形表和谐波钳形分析仪 .....	779
5.2.9 互感器和电容电感测试仪 .....	781
5.2.10 热继电器校验仪 .....	782
5.2.11 电缆故障测试仪 .....	782

## 参考文献

786

# 第 1 章

## 电气设备维修方法和手段



高、低压电器作为控制、操作、保护等器件用于供电系统和生产设备上。由高、低压电器等构成的电气设备是电工维护对象。

电气设备的正确使用和精心维护，对于保持设备的正常运转、延长设备的使用寿命、降低维修费用，具有明显的效果。而对电气设备故障的快速处理和高质量的维修，是保证供电系统安全可靠运行和现代化生产的迫切要求。

电气设备的维护保养要通过日常巡视、故障检修、设备诊断及设备的大、小修等手段来达到。

### 1.1 电气设备故障的查找方法

电气设备的异常情况通常可通过下述的两种方法发现。

第一种方法：通过电工的日常巡视、检查，以及值班人员、操作人员对设备运行情况的反映而得到线索。

询问了解的项目包括：设备发生故障前后的供电及生产设备运行情况，机械、传动情况；有哪些征兆（如声响、火光、冒烟、焦臭等）；有无违章操作和误操作；有无外界不良作用（如雷击、受雨水侵入、外力撞击、腐蚀性介质侵蚀等）；故障前或检修时有无其他电工改动过线路；是否有人擅自“调试”过开关柜、继电保护

屏或控制柜内的有关调节元件（如擅自调整自动开关的脱扣电流值，调整继电器动作电流、电压或时间值，调整热继电器整定值，调整自动装置的反馈量，调整印制电路板上的调节元件等）。

在日常巡视中，主要观察设备、屏、柜上的各种仪表指示是否正常，检查值班记录情况，并利用人的感官及时发现故障苗头等。

第二种方法：通过故障诊断和状态监测技术来判断电气设备的运行状态，以及通过测试、试验和定期大、小修发现设备故障隐患等。现代电气设备和生产设备上越来越多地应用半导体器件、集成电路、晶闸管、模块等，而这类电子电力设备的运行状态和故障诊断，在很大程度上都要借助于测试仪器。

现代智能化高、低压电器、智能控制模块、智能保护器、PLC、LOGO!、变频器等，能直接在数字显示器上显示故障信息和运行状态。这为维护电工和值班运行电工带来极大的方便。

上述两种故障诊断方法，在实际检修中通常配合使用。

### 1.1.1 利用人的感官检查电气设备故障

利用人的感官检查电气设备故障，是最简单、最常用的一种方法。它不需要测试仪器和检测仪表等，只要带着简单的听音棒（还可用长柄起子代替）、简单的试验器（如验电笔、相序器等），用眼看、耳听、手摸、鼻闻等人体的感官功能便可以进行检查。

#### 1.1.1.1 通过听声音和观察振动发现故障

任何电气设备在运行中都会发出各种声音和振动，电工可以通过检测声音的高低、音色的变化和振动的强弱来判断设备的故障。例如，当用听音棒在电动机轴承端外壳上试听时，若听到有阵阵的“咕噜咕噜”声，则表明轴承中钢珠损坏；有“啞啞”声时，则表明轴承内润滑油不足；当听到有不规律的“哗啦哗啦”声时，则表明轴承走内圆、走外圆；若在定子外壳上听到特别的“嘶嘶”声，则可能是定子铁芯叠片过松；当听到断续的“吱吱”放电声时，则可能是绕组出现不严重的接地短路；当听到特别大的“嗡嗡”声且电流表指示过大时，则可能是超负荷运转；当电动机发生剧烈的振

动时，则可能是转子不平衡、皮带盘轴孔偏心或轴头弯曲；当听到闷重的“嗡嗡”声时，则可能是电动机单相运行。当不能判断异常声音是来自电动机内部还是由于外部产生时，需将与电动机连接的传动机构分离，让电动机单独运行就可以弄清楚。

又如，接触器本身构件松动、安装螺栓松脱、灰尘积聚在可动铁芯和固定铁芯之间、短路环缺损、电源电压过低等，都会引起接触器发出比平时高得多的异常声音，并有可能引起控制柜的共振。

上述方法是根据响声或不规则的振动声与正常运行时的声音、振动有某些差异才能判断故障的。不能单凭声音高或低的绝对值，而是要根据与平时运行时的微小差异来判断。因此平时经常试听，仔细记住正常运行时的节奏是十分重要的。

手摸振动的经验判别见表 1-1。

表 1-1 手摸振动经验判别

振动/mm	感 觉	判别
0.01~0.02	手摸基本没有振动感	理想
0.02~0.04	手摸在手指尖有轻微麻感	合格
0.05~0.06	手摸在手指尖有跳动感	不合格
0.06~0.08	手摸在手指尖有较强跳动感，振感延伸至手掌	不合格
0.09~0.1	站在设备所处基础上全身有振感	不能运行

#### 1.1.1.2 根据气味变化发现故障

电气设备在运行中，特别是在刚安装完毕投入运行的开始阶段，会有异样的气味产生。但这种气味与电气产品过热或烧焦绝缘材料所产生的刺鼻焦臭气味是完全不同的。

在巡视检查中，如嗅到什么与平时不同的气味时，就要进一步调查有没有冒烟的地方和变色的部位。嗅气味必须与观察外观和变色检查相结合才能正确地判断出故障所在。例如，在巡视开关柜时，嗅到有焦臭味，打开柜门进一步检查，估计是某接触器出了毛病，用手触摸接触器线圈，发现它发热严重，并且线圈外表有烧焦

样，于是判断出该接触器线圈烧损。

### 1.1.1.3 通过观察监视仪表、检查外观及变色情况发现故障

通过观察设备上或柜、屏上的监视仪表和检查外观及变色情况发现故障，统称为通过目测进行异常现象判断。

在巡视检查电气设备时，首先应观察指示仪表。通过观察仪表指示，可大致判断设备的运行情况。例如，三相电压是否平衡，电压是否正常；三相电流是否平衡，有无超载；观察直流输出电压是否平稳，有无跳动；观察励磁电压、励磁电流是否超出范围；智能电器的工作状态显示是否正常等。如果仪表指示或功能显示不正常，就可进一步查找故障原因，作出相应的处理。

许多电气设备故障时有明显的外观征兆，如热继电器动作，熔断器熔断指示，过流、过压信号继电器动作掉牌，过电流继电器动作掉牌，有报警装置的会发出声响信号、闪光灯信号，智能电器的故障显示等。有些故障目测很容易发现，如接线松动、脱焊，元器件烧毁等。

通过目测发现的异常现象及产生的原因见表 1-2。

表 1-2 目测发现的异常现象及其产生的原因

现象	产生的原因
缺损	绝缘损伤，设备缺件、损毁、断线、整流子表面粗糙等
变形	电容鼓肚，电缆护套起皱，操作机构变形等
变色	烧焦，吸潮，整流子表面颜色异常、发黑（正常时一般为棕色），导线连接处变色，导线绝缘变色，呼吸器吸湿变色，接触器线圈烧伤变色，绝缘板变色，电阻和电容变色，灭弧罩烧伤、变色等
漏油、漏水	油开关、电容及变压器漏油，电缆沟或开关柜内漏水受潮结露，电气设备受雨淋等
松动	电机座螺栓松动，接触器及开关等电气设备固定螺栓松动，电缆夹子松动，接地（接零）线螺栓松动等
污秽	电气设备及内部元件黏附灰尘、油污等
腐蚀、生锈	铜铝接头氧化，电气设备受酸碱等有害介质的腐蚀，接头螺栓氧化、生锈等

续表

现象	产生的原因
磨损	操作机构机械磨损,电机轴承磨损,整流子表面磨损、有凹痕,电刷磨损、不光滑,电机或电器的传动机构磨损等
火花	整流子表面发出不正常火花及环火,导体或触头接触不良,导体间或导体与地的距离过近引起放电、短路故障、局部放电,开关灭弧不良等
冒烟	开关、电机、变压器等电气设备严重过载或内部故障,短路,电容、电阻和半导体元件过热或击穿,导线严重过载,电气设备受潮、绝缘严重下降、受雷击等
有无杂质、异物	开关柜内是否整洁,电缆沟内有无鼠窝,电气设备上或周围有无堆放杂物等
动作不正常	设备损坏,控制电路混线、短路、开路或安装错误,断路器脱扣电流、热继电器整定电流及继电保护调整不当或失灵等

#### 1.1.1.4 通过测试温度发现故障

当电气设备发生故障时,往往伴随设备的温度明显地升高。

电气设备温度检测的简单方法有手感温法、示温蜡片或测温贴片法、温度计和测温仪法等。

##### (1) 手感温法

手感温法就是用手去摸电气设备的外壳来判断温度。但高压电气设备绝对不可用手去触摸,必须保持足够的安全距离。对于低压电器,一般也不要轻易用手去触摸,以防设备带电或漏电造成触电事故。用手去触摸电气设备时先要采取必要的安全措施:①切断电源,如拔掉熔断器插尾,拔下电源插头,断开电源开关;②或者穿上绝缘良好的电工胶鞋,站在干燥的木板或凳子上,用一只手去触摸,身体其他部分不得接触墙、地或电气设备。对于保护接地、接零良好的电动机、发电机和变压器等,可以直接用手触摸其外壳和散热器。

手感温法估计温度见表 1-3。

##### (2) 示温蜡片或测温贴片

这种方法适用于运行时带电不能用手摸的部位,如汇流排接



头、隔离开关的刀刃或容易发热的部位等。测温贴片还可用于集成电路、晶体管、晶闸管等温度计无法测量或难以测量的部件。示温蜡片可通过观察其外形及颜色来判断发热情况；测温贴片可通过观察其颜色的变化来判断发热处温度情况。

表 1-3 手感温法估计温度

设备外壳温度/℃	感觉	具体程度
30	稍冷	比人体温度稍低,感到稍冷
40	稍暖和	比人体温度稍高,感到稍暖和
45	暖和	手掌触及时感到很暖和
50	稍热	手掌可以长久触及,触及时间较长后手掌变红
55	热	手掌可以停留 5~7s
60	较热	手掌可以停留 3~4s
65	非常热	手掌可以停留 2~3s,即使放开手后热量还留在手掌中好一会儿
70	非常热	用手指可以停留约 3s
75	极热 (设备可能损坏)	用手指可以停留 1.5~2s,若用手掌,则触及后即放开,手掌还感到烫
80	极热 (设备可能烧坏)	热得手掌不能触碰,用手指勉强可以停留 1~1.5s,乙烯塑料膜收缩
85~90	极热(设备可能烧坏)	手刚触及便因条件反射瞬间缩回

1) 示温蜡片的配方及熔点 常用的示温蜡片的配方及熔点见表 1-4。

表 1-4 示温蜡片的配方及熔点

成分	质量比				
	配方 I	配方 II	配方 III	配方 IV	配方 V
虫蜡	9	6.5	5	2	1
黄蜡	1	3.5	5	8	9
油酸	—	5	5	5	—
熔点/℃	80	72	67	60	57

2) 示温蜡片的检查判断方法 示温蜡片的外形如图 1-1 所示,其检查判断方法如下。