

农村电气设备故障排除及检修丛书

WONGUEN

DIANQISHIBEI GUZHANG PAICHU JI

JIANXIU CONGSHU



低压电器

陈家斌 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

农村电气设备故障排除及检修丛书

低压电器

陈家斌 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书分四章，分别介绍了电气设备故障的起因和诊断、低压配电装置的维护和故障排除实例、交流接触器、继电器的维护和故障排除实例、电气照明装置的维护和故障排除实例。

本书详细、系统地介绍了400V及以下的低压电气设备在运行中出现的异常或故障的排除方法和排除过程，通俗易懂，具体实用，能使广大的电工在工作中不断提高排除设备故障的业务技术能力和工作效率，是广大电工的好帮手。

图书在版编目(CIP)数据

低压电器/陈家斌编著. - 北京: 中国电力出版社, 2002

(农村电气设备故障排除及检修丛书)

ISBN 7-5083-0519-1

I. 低… II. 陈… III. 低压电器-检修
IV. TM520.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第056451号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

北京通天印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003年1月第一版 2003年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 32开本 13.125印张 290千字
印数 0001—3000册 定价 21.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

序 言

随着改革开放的不断深入和农村经济的蓬勃发展，以及近三年来国家投入巨额资金进行农村电网建设与改造工程，我国农村电力事业取得了令人瞩目的成就。农村用电水平大幅度提高，农村电网装备水平和健康状况明显改善，供电可靠性和供电质量显著提高，农村电力管理中长期存在的乱加价和乱收费问题，从根本上得以遏制。农电事业的长足发展，不仅有效地改善了农村生活条件，推动了农村经济振兴，而且对促进农村两个文明建设发挥了重要作用。

为了适应农村电气化事业迅猛发展的需要，如何尽快提高全国一百多万农电职工队伍的科技素质和业务水平，是摆在我们面前极为紧迫而严肃的课题。

为了满足广大农电职工学习和培训的需要，中国电力出版社组织出版了这套《农村电气设备故障排除及检修丛书》（共八分册）。这套丛书的作者都来自农电生产第一线，具有较好的理论基础和较丰富的实践经验，他们根据农村电气设备维护和检修中最常见的实际问题，编写了这套丛书。

这套丛书有如下特点：一是涵盖面较宽。全套丛书共八册，内容包括变压器、电动机、配电线路、高压电器、低压电器、电工仪表、漏电保护器、电力通信。二是内容简明扼要，通俗易懂。书中尽量避免系统的理论分析和繁琐的公式推导，深入浅出，简洁直观地阐述有关概念、原理、结构、性能。三是实用性

较强。全书本着以实际应用为出发点和归宿的原则，结合国家技术标准和电工应知应会要求，进行选材组稿，在阐述理论概念和原理性能的同时，着力介绍运行维护、检修及排除故障的知识、方法和技能，并列举有关分析、排除故障实例。

这套丛书可作为农村电工及乡镇企业电工的培训读物，也可供农电管理人员及电力企业运行维护和检修人员阅读。

为保证丛书的质量，中国电力出版社专门组织有关专家对丛书进行了审定。值此丛书即将付梓之际，谨对所有在丛书编辑出版过程中付出辛勤劳动的同志表示衷心的感谢。

我们深信，这套丛书的出版必将对广大农村电工学习、培训有所裨益。

万千云

二〇〇二年三月

前 言

随着社会的进步，农村电气化得到飞速的发展，各种电气设备的日益增多，电力设备在运行中异常现象及事故时有发生，对电网安全运行造成严重威胁，为此广大农村从事电气设备运行与维护的电工，急需有关各种电气设备运行维护及故障处理的知识。为此，给广大农村电工特编写本书，希望能对电工在现场处理异常及故障有所帮助。

由于电力设备类型繁多，结构千差万别，引起的故障原因也比较复杂，同时每一类设备的故障各不相同，因此编者选择了具有代表性的常用电气设备故障进行分析，读者可根据工作中具体需要选择参阅。对同类电气设备可参照有关部分自行分析处理。

本书主要介绍了低压电气设备的运行异常、事故的原因及处理方法，以大量具体事例来介绍故障排除的过程及处理方法。

本书所选写的内容都是从实践中收集总结的，实用性强，理论联系实际，由浅入深，进行分析断判，可作为低压电气运行人员参考。

由于作者知识面有限，书中定有不妥之处，恳请读者、专家给予指正。

编者

目 录

序言

前言

第一章 电气设备故障起因和诊断..... 1

第一节 电气故障的起因..... 1

第二节 电气故障的分类和特点 14

第三节 电气设备故障诊断方法 18

第二章 低压配电装置维护和故障

排除实例 26

第一节 低压配电装置的维护 26

第二节 低压配电柜故障排除实例 62

第三节 低压断路器的维护 76

第四节 低压断路器的故障排除实例 88

第五节 隔离开关维护 99

第六节 隔离开关故障排除实例..... 103

第七节 低压熔断器的维护 115

第八节 低压熔断器的故障排除实例 121

第九节 按钮的维护 132

第十节 按钮的故障排除实例..... 136

第三章 交流接触器、继电器运行维护

故障排除实例..... 140

第一节 交流接触器的维护 140

第二节	交流接触器的故障排除实例·····	151
第三节	节电型交流接触器的维护·····	174
第四节	节电型交流接触器的故障排除实例·····	183
第五节	继电器的维护·····	188
第六节	继电器的故障排除实例·····	204
第七节	低压电器的修理及试验·····	217
第四章	电气照明装置维护和故障排除实例·····	256
第一节	电气照明装置的组成和分类·····	256
第二节	照明装置的运行与维护·····	264
第三节	照明线路故障类型和排除方法·····	289
第四节	电气照明线路断路故障原因 及排除实例·····	296
第五节	电气照明线路短路故障原因 及排除实例·····	313
第六节	电气照明线路漏电接地故障 原因及排除实例·····	323
第七节	照明线路其他故障排除实例·····	336
第八节	开关、插座故障排除实例·····	356
第九节	电气照明灯具故障检修·····	365
第十节	照明灯具故障排除实例·····	379

第一章

电气设备故障 起因和诊断

第一节 电气故障的起因

电气设备发热、电动力、电弧、电接触、电压和频率的变化、三相交流电运行的对称度、电气接地状况、电路切换等等，这些因素的不正常，都会产生某种电气故障。

一、温升引起的电气故障

电气装置在运行中，如果温升或温度超过允许极限温升或温度，则可能产生电气故障。温度对电气装置的影响主要有以下几方面。

(一) 对金属材料的影响

温度升高，金属材料软化，机械强度将明显下降。例如铜金属材料长期工作时温度超过 200°C ，机械强度明显下降；短时工作时温度超过 300°C ，机械强度也明显下降。铝金属材料的机械强度也与温度密切相关，通常，铝的长期工作温度不宜超过 90°C ，短时工作温度不宜超过 120°C 。

(二) 对电接触的影响

电接触不良是导致许多电气故障的重要原因，而电接触部分的温度对电接触的良好性影响极大。温度过高，电接触两导体表面会剧烈氧化，接触电阻明显增加。接触电

阻增加以后，造成导体及其附件（零部件）温度升高，甚至可能使触头发生熔焊。对于由弹簧压紧的触头，温度升高后，弹簧压力降低，使电接触的稳定性变差，容易造成电气故障。

（三）对绝缘材料的影响

温度过高，有机绝缘材料将会变脆老化，绝缘性能下降，甚至击穿，材料的使用寿命也将缩短。例如 A 级绝缘材料，在一定温度范围内，每增加 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，材料的使用寿命约缩短 50%。

温度过高，对无机绝缘材料的绝缘性能也有明显影响。例如瓷的击穿强度在温度为 80°C 以下时约为 $250\text{kV}/\text{mm}$ ；当温度达到 100°C 时，其击穿强度约为 $100\text{kV}/\text{mm}$ 。

二、电力引起的电气故障

电力与电流大小密切相关，在小电流情况下，电力对电气装置的正常工作没有什么影响，然而，在大电流情况下，尤其是短路电流作用下，所产生的电力是很大的。因此，电气装置必须具备在短路电流作用下，有关部分不致损坏的稳定性，这种稳定性称为电动稳定性。超过这种稳定性，电气装置将会产生电气故障。电力所造成的电气故障主要表现在以下几方面。

（一）电力可能使导体变形

两根或三根平行导体，如母线等，在短路电流作用下，导体受到吸力或斥力。当这种力超过某一程度时，就会使导体变形、接头松脱、支撑固定损坏。

如某变电所就曾出现过这样一起故障。由于固定母线的支持绝缘子距离太远，固定夹板螺钉未拧紧，在大电流作用下，母线受力很大，致使母线从支持绝缘子上滑落，

造成两母线相碰，产生了巨大电弧，从而使配电装置烧毁。

(二) 电动力可能使开关误动作

图 1-1 所示是常见的刀开关结构示意图。当开关闭合接通电路后，流过导体的电流为 I ，构成了一个 U 形环。由于磁力线束受到向外膨胀的力（用左手定则判断），因此刀开关将受到一个被打开的电动力。当流过开关的电流很大（如短路）时，其电动力可能使刀开关自动打开。而刀开关一般没有完善的灭弧装置，不具备断开短路故障的功能。因而这种自动打开属于一种误动作。在电弧作用下，触头可能被烧毁，甚至形成电气火灾。

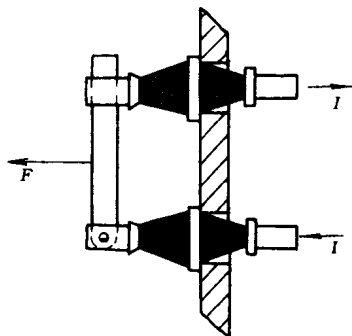


图 1-1 刀开关触头受到的电动力

路故障的功能。因而这种自动打开属于一种误动作。在电弧作用下，触头可能被烧毁，甚至形成电气火灾。

为了防止这类电气事故，刀开关的触头必须夹紧，不得松脱，必要时还应设置连锁装置，如加装电磁锁或机械联动机构。

(三) 触头接触处的收缩电动力可能使触头烧损

图 1-2 所示是开关触头接触处电流分布示意图。由图可见，在离接触点较远处，触头截面较大，各电流线基本平行。而触头接触处的截面变小，电流流过接触处，电流线变形收缩，从而产生电动力。

以图 1-2 (a) 中 1、2 两电流线为例，在接触处附近 1、2 两电流线近似平行载流导体，电流方向相反，产生的电动力

力为斥力，即作用于触头间的电力是斥力。

通常，当载流导体截面沿导体长度（轴向）发生变化时，在截面变小处会产生轴向电力，这种电力称为收缩电力。触头接触处的电力使触头受到排斥的趋势，也就是说，收缩电力使触头接触紧密程度变劣，甚至断开，从而使触头烧损。

有时也可利用导体形状的改变产生的电力使触头压紧，图 1-2 (b) 所示是将触头分成两平行导电片，由于导电片中流过的电流为 $I/2$ ，且方向相同，因而两片之间的电力为压紧电力，触头接触更好。

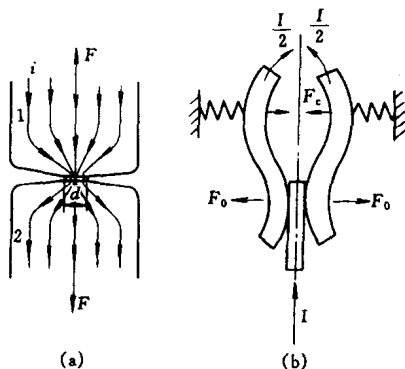


图 1-2 触头接触处的收缩电力

(a) 开关触头接触处电流分布图；

(b) 将触头分成两平行导电片示意图

三、电接触引起的电气故障

电接触不良是造成电路和电器故障的重要原因。

(一) 电接触不良的基本原因

电接触不良可归纳出如下原因：

(1) 电接触材料的改变 电接触材料，尤其是开关触头的材料，对其导电性、硬度等有着较严格的要求。如果不适当地更换了原有的电接触材料，势必影响到电接触的性能。其次，为了弥补某些电接触材料的缺陷，常常在电接触材料表面镀上一层其他的金属，如镀银、镀锡、镀金等。在修理过程中或经过长时间的磨损，使镀层损伤或消失，必然使电接触性能变劣。

(2) 电接触形式的改变 由于修理或其他原因，使电接触表面不平整或接触面发生位移及方向的变化，从而导致电接触形式的改变，如将面接触、线接触变成了点接触，或点接触变成了面接触、线接触，都可能使电接触不良。

(3) 电接触压力的降低 弹簧变形、传动机构不到位等，使电接触压力降低，这是电接触不良的重要原因之一。

(4) 铜—铝导体直接连接引起的电化学腐蚀 铜—铝导体相互直接连接构成 $\text{Cu}^+ - \text{Al}^-$ 的高电位差的电化学对，必然引起电化学腐蚀。在实际工作中，未经过任何处理而将铜—铝导体直接连接，是比较多见的。运行时间一长，必然产生电接触故障。

(5) 电接触表面性能不良 电接触表面上，由于种种原因，覆盖着一层导电性能很差的物质，也可能是覆盖在接触面上的灰尘、污物或夹在接触面间的油膜、水膜等。由此而形成了表面膜电阻，它的存在使电阻值增大，并引起接触电阻不稳定，甚至破坏电接触连接的正常导电。

(6) 环境因素的影响 潮湿，温度偏高，酸、碱、氧化硫、氯气等环境因素的影响，加速了电接触材料的化学腐蚀、电化学腐蚀及其他变化。

(7) 电接触安装工艺不符合要求 对不同的电接触类型

有不同的安装工艺要求，达不到规定的工艺要求和标准，就会使电接触不良。

(二) 电接触不良导致电路不通

电接触点是电路中最薄弱的环节，电接触不良是导致电路不通的重要原因。

例如，刀开关触头松动，触头未接触，导线连接点未搭接好，导线与设备接线端子连接螺钉松动，锡焊点断开等等，常常导致电路不通。

其次，某些电接触点从外表上看似乎已接触好，而实际并没有连接好。在电气维修中常将这种似接非接的电接触点，称为“虚连接点”。查找“虚连接点”是查找电气故障的难点之一。

(三) 电接触不良导致电接触处严重发热

电接触不良导致的发热，一是由于接触电阻上的发热，二是接触不良发生电弧产生的热。

电接触发热将进一步导致电接触不良的恶化，使电路不通，尤其是使靠近电接触处的元件发生故障，如晶体管热击穿、电容器烧毁、热元件误动作。

(四) 电接触不良导致电弧的产生

电接触处的一层绝缘薄膜（如水分、灰尘、氧化膜等），在一定电压下，在接通电路瞬间，可能被击穿，因而会产生火花和电弧，从而导致更严重故障的发生。

(五) 电接触电阻的增加可能使某些电路不能正常工作

电接触电阻虽然很小（通常为毫欧、微欧级），但对于某些电路则是不可忽视的因素。例如，电流互感器二次回路，其负载是阻抗极小的电测仪表电流线圈或继电器电流线圈等，所以，电流互感器的正常运行状态是短路运行

状态。如果该回路接触电阻过大，将导致正常短路运行状态被破坏，造成电测仪表误差增大、继电器误动作等故障的发生。

四、电弧引起的电气故障

电弧广泛用于焊接、熔炼、电点火装置及作强光源等技术领域。但是，如果在开关电器中不能迅速将电弧熄灭，或者在某些场合产生不应有的电弧（故障电弧），将会造成严重的电气故障或人身事故。

电弧的高温效应、强光效应和导电效应是造成电气故障的直接原因。

（一）电弧是造成电气火灾事故的主要原因

电弧的温度高达数千度，因此，在电弧发生的一定范围内，如果存在可燃气体、物体，就会点燃这些物质，造成电气火灾。例如，某商场起火，损失数千万元，就是因为导线接头断线形成电弧放电所致。据统计，在电气火灾事故中，80%以上是由于非正常电弧高温引起的。

（二）电弧威胁人身安全

电弧中含有大量的金属离子，因此，当电弧喷向人的皮肤时，高温的金属离子可使皮肤灼伤，留下金属化烙印。

其次，电弧的光极强，这种强光如果直接照射到人的眼睛，轻则使眼睛红肿、流泪、疼痛，重则使双眼失明。

（三）电弧的可导电性是造成电气短路的重要原因

电弧的弧柱是一束可导电的离子流，且质量轻，可迅速移动和拉长，因此，在多相导体中，若其中一相因某种原因发生电弧，这一电弧可能被吹向（或拉向）另一相，造成相间短路。

若导体对地放电形成电弧，这个电弧又不能迅速熄灭，

则会造成相对地短路。

(四) 电弧引起的开关电器的故障

开关在断开电路（尤其是高电压、大电流电路）时，在开关动、静触头间必然产生电弧。若开关的灭弧装置性能不良或灭弧装置损坏，电弧持续时间长，甚至不能熄灭，就会酿成严重的事故。例如：电弧可加速开关接触不良；强烈高温电弧可使电弧周围的绝缘损坏、老化；电弧可能造成相间短路；电弧还可能使开关绝缘油等其他材料急剧膨胀，产生爆炸事故。

五、电压偏移引起的电气故障

当电源电压比电气设备额定电压偏高或偏低时，电气设备将因此而受到影响，其影响程度取决于偏移值的大小和持续时间的长短。在严重的情况下，电气设备将因此而产生故障。

(一) 对异步电动机的影响

对异步电动机，造成故障的危险主要来自电压偏低。

由于电动机的起动转矩和最大转矩与电压平方成正比，电压下降，转矩大大下降，电动机有可能不能起动，且电动机起动电流很大。持续时间一长，电动机将因发热而烧毁。

(二) 对电热设备和白炽灯、碘钨灯的影响

对电热设备和白炽灯等，造成故障的危险主要来自电压偏高。

电热设备和白炽灯等的输出功率与电压平方成正比，电压偏高，输出功率大大增加，工作电流也大大增加，电热设备的电阻器和白炽灯丝将因发热量超过允许值而烧毁。

(三) 对气体放电灯的影响

对荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯等气体放电灯，造成故障和危险既来自于电压偏高，也来自于电压偏低。

电压偏高，发光量大大增加（与电压平方成正比），超过其允许值，灯丝烧断、灯具损坏。

电压偏低，灯具无法起动发光，或起动困难，起动时间增长，灯丝放电剧烈，也容易导致灯管或灯泡烧毁。

六、环境引起的电气故障

（一）湿度引起的电气故障

表示空气中水气含量多少的物理量，称为湿度，湿度通常有两种表示法。

绝对湿度：是指单位体积湿空气中含有的水气量，即空气中的水气密度，单位是 g/m^3 。

相对湿度：是指空气中实际的水气压与同温度下的饱和水气压之比，用百分数表示。

在一般情况下，人们习惯于采用相对湿度表示空气的潮湿程度。电气工程中，相对湿度大于 80%，称为高湿；相对湿度小于 40% 称为低湿或干燥。

湿度对电气设备的影响主要是绝缘强度、霉菌生长、金属腐蚀与磨损等。

1. 湿度偏高，降低了电气绝缘强度

空气的湿度增加，一方面使空气的绝缘强度降低，另一方面，空气中的水分附着在绝缘材料的表面，使电气设备的绝缘电阻降低，特别是当空气中的水分渗透到绝缘材料内部或溶解到绝缘油（如变压器油）中时，材料的绝缘性能大大下降，设备的泄漏电流大大增加，甚至造成绝缘击穿，产生电气故障。