

低压配电网 常见故障及处理

王伟 主编



非外借



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



低压配电网 常见故障及处理

王 伟 主 编
陈志武 楼 平 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为提高低压配电网的故障消缺水平及配网抢修效率,国网湖州供电公司结合日常故障抢修工作,组织相关专业人员编写了《低压配电网常见故障及处理》一书。本书共5章,介绍了配电设备、架空线路、电缆线路、接户装置、计量装置五大类设备65个典型故障的分析及处理方法。

本书可作为低压配电网故障消缺的指导用书,也可作为广大配电网检修人员、营销服务人员的工作参考书。

图书在版编目(CIP)数据

低压配电网常见故障及处理 / 王伟主编. —北京: 中国电力出版社, 2017. 11
ISBN 978-7-5198-1136-5

I. ①低… II. ①王… III. ①低压配电网-故障修复 IV. ①TM727

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第220891号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 刘丽平

责任校对: 常燕昆

装帧设计: 郝晓燕

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2017年11月第一版

印 次: 2017年11月北京第一次印刷

开 本: 787毫米×1092毫米 16开本

印 张: 10

字 数: 213千字

印 数: 0001—3000册

定 价: 40.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

前言

配电网是电力系统的重要组成部分,也是国民经济和社会发展的重点公共基础设施。近年来,随着国家电网公司新一轮农网改造升级工程的实施,以及对农用电力线路的改造接收,低压配电网的规模不断扩大,供电能力和供电可靠性得到明显改善。但由于城乡区域发展不平衡等原因,低压配电网依然存在结构薄弱,局部地区超容过载、低电压、“卡脖子”等问题,供电所一线员工仍然需要完成大量的配电网故障抢修。据不完全统计,2015 年国网湖州供电公司 95598 电力故障报修工单共有 44463 起,其中大部分工单属于低压配电网故障。因此,对配电网常见故障进行分析并快速排除故障是供电所一线员工迫切需要掌握的技能,也是实现安全可靠供电和优质服务的重要保障。

国网湖州供电公司相关专业人员结合日常故障抢修工作,对运行中配电网设备存在的故障现象、处理过程以及防范措施进行了总结,精选了 65 个典型故障处理案例,涵盖配电设备、架空线路、电缆线路、接户装置、计量装置等五大类设备的缺陷处理案例。其中:在配电设备部分分析了变压器、配电柜、断路器、隔离开关、熔断器、剩余电流动作保护装置、无功补偿装置、低压避雷器、仪器仪表 9 类设备常见故障的处理过程;在架空线路部分分析了电杆、导线、拉线 3 类设备常见故障的处理过程;在电缆线路部分分析了电缆分支箱、电力电缆、电缆设施 3 类设备常见故障的处理过程;在接户装置部分分析了接户线、支持物、进户线 3 类设备常见故障的处理过程;在计量装置部分分析了表箱、电能表、低压电流互感器、采集设备 4 类设备常见故障的处理过程。

本书在编写上突出实用性,在编排上图文并茂,通俗易懂,力求读者能够直接应用。在此,编者期望能与读者开展交流,共同学习,以进一步提高配电网抢修效率,保证电网安全运行。

本书由王伟担任主编,楼平、周敬嵩和石勇担任副主编。陈瑜、周佩祥、李伟、章建森、王

辉、金丽娟、刘海峰、董寒宇、吴宇红、颜茜、沈勤卫、徐俊、朱林、张家浩、邹永龙、徐国华、王丹宁、钟玲玲、沈晓斌、倪志泉等参加了相关章节的编写工作。

由于编写人员水平有限,书中难免存在错误与不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2017 年 7 月

目 录

前言

第一章 配电设备	1
第一节 变压器	1
[案例一] 油浸式变压器渗漏油	2
[案例二] 变压器重载时三相电压不稳定	4
[案例三] 变压器中性线带电	6
第二节 配电柜	9
[案例一] 配电柜外壳带电	9
第三节 断路器	11
[案例一] 万能式断路器拒合	12
[案例二] 低压塑壳断路器拒合	15
[案例三] 低压断路器越级跳闸	17
第四节 隔离开关	19
[案例一] 隔离开关分合不到位	20
[案例二] 隔离开关烧毁	21
第五节 熔断器	23
[案例一] 熔断器熔体熔断	23
[案例二] 熔断器发热及烧毁	25
第六节 剩余电流动作保护装置	28
[案例一] 保护器安装试验时拒动	29
[案例二] 保护器安装后投运不成功	31
[案例三] 运行中的保护器发生拒动	34
[案例四] 运行中保护器发生误动作	36
第七节 无功补偿装置	39

[案例一]	低压无功补偿自动投切装置失效	40
[案例二]	电容器鼓肚或有渗液现象	43
[案例三]	无功补偿控制器正常,电容器不投入	46
[案例四]	无功补偿装置熔丝熔断或保护动作	47
第八节	低压避雷器	49
[案例一]	低压氧化锌避雷器爆炸	50
[案例二]	低压避雷器泄漏电流过大	51
第九节	仪器仪表	53
[案例一]	配电柜(屏)盘面电流表指示不正常	53
[案例二]	配电柜(屏)盘面电压表指示不正常	55
第二章	架空线路	57
第一节	电杆	57
[案例一]	倒杆	57
[案例二]	断杆	60
[案例三]	电杆倾斜	63
第二节	导线	65
[案例一]	断线	66
[案例二]	混线	68
[案例三]	短路	70
[案例四]	漏电	72
[案例五]	线路连接不良	74
第三节	拉线	76
[案例一]	拉线松弛	76
[案例二]	拉线断落	79
第三章	电缆线路	82
第一节	电缆分支箱	82
[案例一]	电缆分支箱被水淹没	83
[案例二]	电缆分支箱外壳带电	85
第二节	电力电缆	87
[案例一]	接地	87
[案例二]	短路	89
[案例三]	断路	92
[案例四]	接触不良	95
第三节	电缆设施	97
[案例一]	小动物侵入	97

[案例二] 积水	99
[案例三] 基础下沉	101

第四章 接户装置	104
-----------------------	------------

第一节 接户线	104
----------------------	------------

[案例一] 接户线断线	105
[案例二] 接户线发热烧坏	107
[案例三] 接户线漏电引起总保跳闸	109

第二节 支持物	112
----------------------	------------

[案例一] 支持物松脱	112
[案例二] 支持物断落	114

第三节 进户线	115
----------------------	------------

[案例一] 进户线接头烧坏	116
[案例二] 进户线断线	118

第五章 计量装置	121
-----------------------	------------

第一节 电表箱	121
----------------------	------------

[案例一] 表箱进线侧隔离开关烧坏	122
[案例二] 表箱表后侧开关（熔断器）烧坏	123
[案例三] 壁挂式表箱松动脱落	125
[案例四] 金属表箱接地电阻不符合要求	127

第二节 电能表	128
----------------------	------------

[案例一] 电能表时钟失准	129
[案例二] 电能表烧坏	130
[案例三] 电能表停走	132
[案例四] 电能表电量突变	133
[案例五] 电能表液晶显示故障	135

第三节 低压电流互感器	136
--------------------------	------------

[案例一] 电流互感器烧坏	137
[案例二] 电流互感器二次开路	139
[案例三] 电流互感器误差超差	141

第四节 采集设备	143
-----------------------	------------

[案例一] 无信号	144
[案例二] 有信号无数据	145
[案例三] 数据异常	147
[案例四] 设备不工作	149

第一章 配 电 设 备

配电设备是对电力系统中高压配电柜、变压器、断路器、低压开关柜、配电盘、开关箱、控制箱等设备的统称，是电力系统中接受和分配电能的装置。目前低压配电网中常见的故障主要出现在变压器、配电柜、断路器、隔离开关、熔断器、剩余电流动作保护装置、无功补偿装置、低压避雷器、仪器仪表等设备上。低压配电设备发生故障时，可能会导致社区、街区、办公区等场所的停电事故，甚至引发通信、能源、交通等方面的次生事故，所以在设备投运和运行时要加强检查和巡视，及时发现隐患和缺陷，并进行处理。

第一节 变 压 器

配电变压器是一种静止的电气设备，它利用电磁感应原理将某一电压等级的交流电能变成频率相同的另一电压等级交流电能的设备。配电变压器按绝缘介质分为油浸式变压器和干式变压器；按调压方式分为无励磁调压变压器和有载调压变压器；按相数分单相和三相变压器。目前我国广泛使用是 S11 系列配电变压器，但随着国家节能降耗政策的不断深入，未来将逐步被节能、节材、环保、低噪声的变压器所取代。非晶合金和 S13 系列变压器符合国家产业政策和电网节能降耗的要求，是目前节能效果较理想的配电变压器，特别适用于农村电网等负载率较低的地方，如图 1-1 和图 1-2 所示。变压器是配电网的主要设备，在配电网供电中起着非常重要的作用，一旦出现故障，将造成较大规模或较大范围停电，直接影响企业和居民的正常供电。目前配电变压器的故障类型主要有渗漏油、电压不平衡和变压器中性线带电等几类。



图 1-1 非晶合金变压器



图 1-2 S13 系列变压器

[案例一] 油浸式变压器渗漏油

变压器渗漏油是配电变压器常见的故障，特别是一些运行年限已久的变压器出现得更为频繁和普遍，变压器一旦出现渗漏油，会造成非常严重的后果。渗漏油会引起变压器油位降低，导致变压器的带电接头和开关处在无油绝缘的状况下运行，就会出现变压器绝缘降低、绕组击穿、短路、烧损等情况，严重时甚至会出现爆炸。当变压器油位低于散热管上口，此



图 1-3 外渗漏油的配电变压器

时变压器油就不能正常循环对流，将会导致变压器温度升高，缩短变压器的使用寿命，甚至烧毁变压器。一般情况下，变压器的渗漏油可分为内渗漏和外渗漏两种，内渗漏最普遍的就是充油套管中的油以及有载调压装置切换开关油室的油向变压器本体渗漏。外渗漏又分为焊缝渗漏和密封面渗漏两种。配电变压器外渗漏油故障比较直观，图 1-3 是一台外渗漏油的配电变压器。

一、故障现象

变压器渗漏油现象主要有：变压器密封面、变压器底部等位置有明显的新鲜油迹；变压器大盖周边、散热器接口、平面蝶阀帽子、套管、绝缘子、焊缝、砂眼、法兰等部位有渗油和滴油痕迹。

二、原因分析

变压器产生渗漏油与环境温度、温差变化、密封结构设计、加工工艺、金属材料的材质、密封件的材质、组件及密封件的安装质量、密封面的好坏、压力的大小、机械震动的频率大小等都有密切的关系。当其中某一个环节出现问题，就会引起连锁反应，从而产生渗漏油。渗漏一方面是由变压器设计及制造过程中存在的缺陷和质量问题引起的；另一方面是由于变压器的安装和维护不当引起的。具体原因如下：

(1) 焊接处渗漏油。由于焊接质量不良，造成虚焊、脱焊，所以焊缝中存在针孔、砂眼等缺陷。变压器出厂时因有焊药和油漆覆盖，运行后隐患便暴露出来，另外由于电磁振动也会使焊接振裂，造成渗漏。

(2) 密封件渗漏油。由于密封不良，箱沿与箱盖的密封通常采用耐油橡胶棒或橡胶垫密封，如果接头处处理不好就会造成渗漏油故障。有的是用塑料带绑扎，有的直接将两个端头压在一起，由于安装时滚动，接口不能被压牢，起不到密封作用，是造成渗漏油直接原因。

(3) 法兰连接处渗漏油。由于法兰表面不平，紧固螺栓松动，安装工艺不正确，使螺栓紧固不好，造成渗漏油。

(4) 铸铁件渗漏油。因铸铁件有砂眼及裂纹所致。

(5) 螺栓或管子螺纹渗漏油。由于出厂时加工粗糙、密封不良，变压器密封一段时间后

便产生渗漏油故障。

(6) 散热器渗漏油。散热器的散热管通常是用有缝钢管压扁后经冲压制成的，在散热管弯曲部分和焊接部分常会出现渗漏油，这是因为冲压散热管时，管的外壁受张力，其内壁受压力，存在残余应力所致。

(7) 套管绝缘子及玻璃油标渗漏油。因安装不当或密封失效所致。

三、故障排查及处理

(1) 焊接处渗漏油。首先应找出渗漏点，针对渗漏严重部位可采用扁铲或尖冲子等金属工具将渗漏点铆死，控制渗漏量后将治理表面清理干净，多采用高分子复合材料进行固化，固化后即可达到长期治理渗漏的目的。如运输、安装过程中操作不当引起焊口开裂，应及时与变压器生产厂家联系，请专业人员重新焊接。

(2) 密封件渗漏油。可用福世蓝材料^①进行粘接，使接头形成整体，渗漏油现象将得到很大的控制；若操作方便，也可以同时将金属壳体进行粘接，达到渗漏治理目的。如属于密封橡胶垫的原因，应找出渗漏部位，如变压器上顶盖渗漏的，拧紧上端螺丝或更换胶垫；分接开关挡处渗漏，拧紧挡位盖，紧固里面的固定螺丝；放油阀处渗漏应更换绝缘垫。对于渗漏严重的油标管更换玻璃即可，对于小处渗漏使用堵漏剂封堵效果较好。另外，更换的绝缘垫要具备良好的耐油性、抗老化型、有适当的弹性、比较好的机械强度。

(3) 法兰连接处渗漏油。应先将松动的螺栓进行紧固后，对法兰实施密封处理，并针对可能渗漏的螺栓也进行处理，达到完全治理目的。对松动的螺栓进行紧固，必须严格按照操作工艺进行操作。

(4) 铸铁件渗漏油。针对裂纹渗漏，钻止裂孔是消除应力避免延伸的最佳方法。治理时可根据裂纹的情况，在漏点上打入铅丝或用手锤铆死，然后用丙酮将渗漏点清洗干净，用材料进行密封。铸造砂眼可直接用材料进行密封。

(5) 螺栓或管子螺纹渗漏油。可采用高分子材料将螺栓进行密封处理，也可将螺栓（螺母）旋出，表面涂抹福世蓝脱模剂后，再在表面涂抹材料后进行紧固，固化后即可达到治理目的。

(6) 散热器渗漏油。可将散热器上下平板阀门（蝶阀）关闭，使散热器中油与箱体内油隔断，降低压力及渗漏量。确定渗漏部位后进行适当的表面处理，然后采用福世蓝材料进行密封治理。

(7) 绝缘子及玻璃油标渗漏油。可采用高分子复合材料进行粘接，因为高分子复合材料可以很好地将金属、陶瓷、玻璃等材质进行粘接，从而达到渗漏油的根本治理。

(8) 在渗漏问题解决后，对缺油的变压器应加同一牌号且合格的油。一般应在晴天中午，加油前从变压器底部取油阀取少许油样，现场初步质检，符合要求后才可加油。加油应从油枕的顶部缓慢加入。一般加油结束后即可投入运行，但做好先静止两小时。如果一次加

① 一种以高分子聚合物、金属或陶瓷超细粉末、纤维等为基料，在固化剂、固化促进剂的作用下复合而成的材料。

入超过总油量的 $1/4$ ，则加油后应静止 $6\sim 8\text{h}$ ，让加油时混入的空气充分排出再投入运行。

四、防范措施

(1) 采购符合国家标准的合格产品，并把好收货验收关，避免产品投产前存在的缺陷。

(2) 选择质量较高的真空偏心蝶阀。真空偏心蝶阀与普通蝶阀相比，机械强度和表面光洁度都有很大提高，且与变压器法兰接口处采用的双层密封能很好地防止变压器接口处的渗漏油。

(3) 变压器应选择耐高温、耐油性良好、变形不大的密封件。最常用的密封材料是丁腈橡胶，丁腈橡胶中丙烯腈的含量决定了耐油性能，含量越高，耐油性能越好、硬度越大、越不易变形。丁腈橡胶一般情况应选择邵氏硬度在 $70\sim 80$ 之间。

(4) 规范密封件安装和更换工艺。无论是采用法兰连接还是螺纹连接，安装和更换密封件前必须先清除连接面上的尘土和锈迹，同时将密封件清理并在两面涂上密封胶（一般采用 609 高分子液态密封胶），待密封胶通过一段时间的干燥和溶剂挥发后，再将法兰、螺丝紧固连接。

(5) 提高安装工艺水平，杜绝因安装方法不当造成的变压器渗漏。法兰接口不平或变形错位的应校正接口，避免严重错位，必须确保接口处平行。安装密封垫时压缩量应为其厚度的 $1/3$ 左右为宜。

(6) 加强日常的巡视和检查。一旦发现变压器出现渗油应立即进行处理，以避免由于未及时消缺引起隐患进一步扩大而导致严重漏油等情况。

〔案例二〕 变压器重载时三相电压不稳定

随着城乡电网的改造到位，低压电网结构薄弱环节逐步消除，供电能力和电压质量明显提高。但仍有部分公用配电变压器由于三相负载不平衡引起电压不稳定导致线路损耗增加、配电变压器损耗增大、配电变压器出力减小等情况，影响供电企业的经济效益和用户安全用电，严重时甚至会危及到人身和设备的安全。

一、故障现象

变压器三相不稳定现象主要有：变压器出现重载或超载时，首末端出现三相电流和电压不平衡，负荷电流大的一相电压明显偏低，而负荷电流小的一相电压明显偏高，三相波形对比如图 1-4 所示。配电变压器在三相负荷出现严重不平衡运行时，各相输出电流不同，造成配电变压器内部三相压降不同而出现的变压器三相电压输出不平衡，也会导致配电变压器的零点漂移，中性线有大电流通过，甚至变压器等设备烧毁，如图 1-5 所示。

二、原因分析

变压器三相不稳定的原因主要有：

(1) 单相用电负荷不均。由于大多线路的负载为动力、照明混合负荷。单相用电设备使用同时率较低，导致各相间的用电负荷差异较大，就会造成配电变压器三相负荷不平衡。

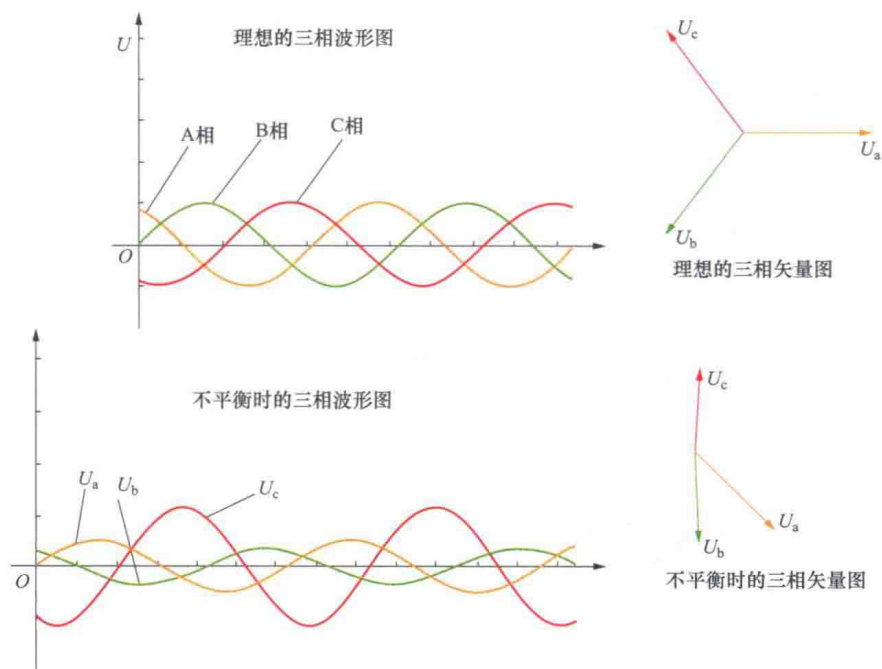


图 1-4 三相波形对比图

(2) 季节性用电和临时用电。季节性用电和临时用电都存在一定的阶段性，用电增容取消供电贴费后，单相用电设备大量增加，而分布又极为分散，用电时间很难掌握和控制，同时日常管理中又未及时监测负荷，根据实际适时调整配电变压器的负荷分配，大量单相用电设备的启停对配电变压器三相负荷的平衡产生很大的影响。



图 1-5 三相不平衡引起的变压器烧毁

(3) 线路故障。由于外力破坏或运行维护不到位等原因，致使低压线路断线引起变压器缺相运行，检修不及时或现场临时处理都可能造成变压器某一相长时间甩负荷，使配电变压器在不平衡状态下运行。

(4) 网架不合理。低压电网结构薄弱、运行时间长、改造不彻底、单相低压线路等问题。随着居民单相用电负荷增长而无序延伸线路，造成台区三相电流不平衡无法调整。

(5) 管理薄弱。对于配电变压器三相负荷不平衡的运行管理重视程度不够，建设的盲目性、管理的随意性导致运行维护松懈，造成变压器长期三相负荷不平衡。

三、故障排查及处理

(1) 在日常管理中，首先可利用电力配电变压器监测管理系统，监控配电变压器的三相电压、电流和零线电流等数据，及时发现配电变压器的三相不平衡情况；其次根据所得到的数据对配电变压器的三相负荷进行实际测量，实测工作要向低压配电线路的末端和分支端延伸，这样可以进一步发现不平衡负荷出现的实际位置，为配电变压器三相负荷调整精确定位

调荷点提供依据；最后根据上面得出的结论，做出最终调荷方案，利用计划检修停电时间对配电变压器负荷进行调整。

(2) 通过配电变压器的三相负荷均衡分配调整，实现三相电压基本保持平衡。但须注意的是，均衡分配不是简单地将 $1/3$ 的单相负荷用户接于每相，而是需要综合考虑其中的用电负荷性质、漏电情况等多种原因，将同一等级的用户均衡地分配到配电变压器的三相上。可能需要通过多次调整才能达到理想效果。同时，要考虑配电变压器长期运行中的负荷率，如长期出现重载或超载，应考虑对配电变压器进行增容。

(3) 在技术上，有条件的可采用 SVC 型或 SPC 型智能电能质量矫正装置，以补偿系统的三相不平衡。

四、防范措施

(1) 加强配电变压器负荷不平衡运行管理。通过配电变压器监测系统实时监控三相负荷数据，定期开展三相不平衡电流测试，按季度对变压器三相负荷不平衡度情况进行考核，部门责任到人。每月至少进行一次负荷监测，特殊情况下（如高峰负荷期间，负荷变化较大时等）可增加测量次数，实时掌握配电变压器负荷状况，为调整配电变压器负荷提供准确可靠的数据。

(2) 加强配电网改造和负荷分布控制。结合新一轮农网改造升级工程的规划，合理编制电网改造方案。配电变压器应设置于负荷中心，供电半径不大于 500m，主干线、分支干线均采用三相四线制供电。5 户以上居民建议不采用单相供电，同时制定台区负荷分布接线图，做到任一用户用电接入系统，都应结合三相负荷平衡度的调整，避免在改造中接线的随意性引起三相不平衡。

(3) 加强供用电管理，确保变压器负荷平衡。用电与配电工作密不可分，应专业协同紧密配合，配电变压器运行人员应及时掌握临时用电和季节性用电的实际接入情况。尤其是对单相设备的用户申请用电，配电线路搭接要合理、可靠。

(4) 加强无功补偿，促进三相负荷就地平衡。由于单相感性设备增多引起三相电流不平衡，导致电压质量下降、零线电流增大，所以应采取就地无功补偿和分相无功补偿等措施，降低零线电流，提高电压质量和降低线损。

〔案例三〕 变压器中性线带电

居民生活用电大多使用三相四线制的供电网络，采用中性点直接接地的运行方式，使中性线与大地之间形成等电位。这样在正常情况下，配电变压器低压侧的中性线是不带电的。如果中性线带电，会影响整个网络的正常供电，危及人身及设备安全。目前对于各种原因造成的中性线带电，正常的运行维护是很难发现的，通常是居民的家用电器不能正常使用或烧坏、缺相或发生零线带电触电后才被发现。由于原因不同，查找故障及排除故障的方法和速度也不同。

一、故障现象

某相线对地电压 370V，中性线对地电压 215V 左右，相线与中性线之间电压为 215V，变压器工作正常，性能正常，多户居民日光灯关断仍不停闪烁；负荷侧表现为照明灯变亮或变暗，配电变压器中心线带电，中心线绝缘有过热烧焦痕迹；如果是照明电源，用数字电笔测量零线电压为 110V，但照明灯能正常运行，相线电压为 220V，配电房总零线也带电等。

二、原因分析

(1) 电阻性金属接地或短路。表箱安装时由于金属外壳的快口将相线绝缘层切开或表箱固定螺丝插入相线绝缘外皮，还有部分集中表箱和三相动力用户表箱外壳保护接地时，错将外壳通过零线接地，运行一段时间后金属开始生锈，导线绝缘老化，生锈后由于接触不良出现电阻性半导通状态。这时，相线与零线通过电阻性金属接地（或短路），使电流在该点大量流失，电流向电阻低的零线倒流，造成零线带电，电阻性金属接地或短路大部分都发生在金属表箱的外壳或表箱的固定螺丝上。

(2) 三相负荷严重不平衡。由于单相照明负荷较多且分配不均匀，电源侧的三相负荷就有可能不平衡。此时，中性线有较大电流流过，变压器中性点工作接地的接地点虽然电压为零，但离中心点越远的中性线上，由于中性线越长阻抗越大，电压就越高。如果此时有人靠近负荷侧的中性线，则有可能发生触电事故。

(3) 变压器中性点接地断脱或电阻超标。配电变压器中心点接地一般都采用镀锌钢绞线与接地扁铁连接，镀锌钢绞线与接地扁铁连接处长期处在露天环境中，长期运行或年久失修后钢绞线与水分接触发生氧化、电蚀，出现锈蚀断线造成接地不良。此外，埋于土壤的接地扁铁由于城市污水、工业废水等长期浸泡也会出现锈蚀而引起接地电阻超标。以上两个原因使变压器中性点接地电阻偏大或工作接地接触不良，配电变压器接地电阻增大到一定程度，在使用电气设备时，零线电压会升高而带电。

(4) 电容传递通过中性线造成用户侧零线带电。在变压器低压总出线采用三相三线闸刀和变压器中心线接地不良或异常断开的情况下，变压器的低压出线虽在断开状态，但由于低压柜内的零线和变压器的中性线直接相连，此时，高压电源通过变压器高、低压绕组间的电容传递到中性线，零线上会出现数千伏的高压，致使变压器中性点烧毁，如图 1-6 所示。

三、故障排查及处理

(1) 分段排除法。分段排除法是传统的中性线带电查找方法，其步骤为：先将配电变压器高压侧停电，将低压主干线分为三段；解开最末一段过桥线和末段内所有分支线，送电后检查中性线是否还带



图 1-6 变压器中性点烧毁

电，若仍有电，变压器再次停电；再解开中段及其分支过桥线，若中性线仍有电则基本可以判断中性线带电在前段，然后再对分支进行排查。该方法费时费力，查找效率不高。

(2) 分相拉闸法。分相法主要是对配电变压器逐相进行停电来查找故障相，其步骤为：先用万用表一端接在带电中性线上，另一端接在接地排上，然后逐相拉开变压器高压侧跌落式熔断器，依次对 A、B、C 三相进行停电，当中性线带电情况消失时，则可以判断出故障相。分相法只能判断出故障相，不能找到具体的故障点，消除中性线带电。分相法只能为中性线带电查找提供判断依据。

(3) 中性线电压法。电压法是用万用表对带电中性线进行电压测量，其步骤为：在主干线上和各分支线将万用表测量带电中性线和接地排之间的电压，电压最高的分支为故障分支，然后对该分支的用户依次进行中性线测量，最终找到故障点。电压法适用于主线和分支线上的查找，但会因地理位置、地质情况和接地电阻不同等而产生测量误差。

(4) 中性线电流法。中性线电流法是用钳型电流表测量带电中性线的电流，其步骤为：在主干线和各分支线上用钳型电流表测量带电中性线的电流值，电流值最大的分支为故障分支，然后将该分支分为几段，对各段中性线进行电流测量，找到故障段后再依次对下面的用户进户线中性线进行电流测量，最终找到故障点。中性线电流法适用于主线、分支线上的查找，能较快地找到故障点，不受地理位置和环境影响，效率较高，但回路负荷电流的变化会影响判断的正确性。

(5) 相线电流法。相线电流法是用分相法判断出故障相，然后用钳型电流表对故障相线进行电流测量，其步骤为：在主干线和各个分支点上用钳型电流表卡住故障相线测量其电流，电流最大的分支为故障分支，然后将该相分支分为几个段，对各段进行测量，找到故障段后再依次对该相上的用户进户线进行测量，最终找到故障点。相线电流法适用于主线、分支线上的查找，能快速判断，有较高的查找效率，是较理想的查找方法之一。

(6) 末端拉闸法。拉闸法是已经用分相法判断出故障相后，对该相用户侧空气开关依次试拉，当配电变压器处的万用表电流突然大幅降低时，则可判断出故障点。拉闸法主要用于用户侧内部线路故障查找，准确度较高，但拉闸的工作量太大，直接影响查找速度。若故障发生在主线侧，拉闸也无效果。

四、防范措施

(1) 配电变压器的三相负荷尽可能保持平衡。无论主干线或分支线的负荷，不平衡度都不宜超过 20%，否则电压损失及功率损失会大大增加。

(2) 中性线与变压器中性点的连接必须牢固可靠。如果中性线为铝线，连接时应仔细，导线截面超过 16mm^2 时，铝线应经铝接线端子进行压接，以确保中性线的导电良好；然后与中性点接线端子连接，避免铝线用缠绕法压接在中性点接地螺栓上，这是因为铝线表面极易氧化或腐蚀而造成接触不良。

(3) 中性点的接地电阻必须合格。接地电阻应符合国家标准及规程要求。每年应对变压器的中性线进行维护和保养，定期检查和紧固变压器中性点螺栓，防止中性线接触不良。同

时对变压器的接地电阻进行检查和测量（100kVA 及以上的变压器应不大于 4Ω ，100kVA 以下的变压器应不大于 10Ω ），发现问题及时处理。

（4）三相四线制回路的中性点严禁装设熔断器。如果熔断器熔断会造成“断零”，回路中的单相电器可能会因电压过高而烧坏，或因电压过低而发挥不了作用，所以中性线上不得安装开关及熔断器。但单相供电线路的中性线上必须装设熔断器，应同时在相线和中性线上装设双极刀开关和熔断器。因为当外部线路检修且相线和中性线互相接错时，熔断器仍能起到保护作用。若只有相线有熔断器，此时相线已变成中性线，发生接地故障时，短路电流不通过熔丝，故障将一直存在。

（5）中性线应有足够的截面积和强度。中性线一般不得有接头，无法避免时，应认真按照安装规范的工艺要求进行可靠牢固连接。一般中性线的截面积不小于相线的 50%，通常为相线截面积的 60% 左右，并应满足机械强度的要求。

（6）在中性线上应尽量减少端子连接和接头，以及线上尽量少串入开关和触头，以防止因接触不良而增加故障点和“断零”可能。

总之，在三相四线制的线路中，中性线带电的危害非常大，经常会导致人身及设备事故。特别是在生活照明中，变压器引出线均为三相四线制，负荷偏相比较严重。为避免事故的发生，应经常对中性线进行检查，同时在各进户端进行重复接地；另外，可采用漏电保护型空气开关，这样在中性线断路的情况下，空气开关会自动跳闸，尽可能确保设备和人身安全，以保证生活照明用电的正常和稳定。

第二节 配 电 柜

按作用不同配电柜一般分为动力配电柜和照明配电柜、计量柜等，是配电系统的末级设备。配电柜使用在负荷比较分散、回路较少的场合，它们把上一级配电设备某一电路的电能分配就近的负荷。配电柜上的设备由测量仪表、开关设备、保护电器和辅助设备等组成，其中手动或自动开关的作用是在正常运行时接通或分断电路，保护电器的作用是在故障或不正常运行时切断电路或发出报警，测量仪表的作用是显示运行中的各种参数。配电柜的型号有 GGD、GCK、GCS、MNS、XLL2 等，目前最常用的是 GGD 型配电柜，如图 1-7 所示。目前配电柜故障类型主要为配电柜外壳带电。

〔案例一〕 配电柜外壳带电

电气设备的绝缘不良、磨损或过电压击穿，都会造成原来不应带电的设备外壳、金属底座等部位异常并带有电压，易发生电气设备损坏或人身触电伤亡事故。为了避免 380V/220V 低压配



图 1-7 GGD 型配电柜