

水浸配电房电气设备绝缘恢复技术实践探析

陈志博

(深圳市宝睿能源发展有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 配电房作为电力配送系统的重要组成部分, 其在电力稳定供应方面发挥着突出的作用, 因此在实践中需要关注配电房的实际运行情况, 以此来及时地发现问题和解决问题。结合目前的调查实践发现, 配电房会因为气候原因, 主要是水浸导致电力设备绝缘失效的情况, 此种情况不仅会引发配电安全问题, 还会影响电力系统的整体供给稳定。本文基于配电房主要电力设备应用实践对设备绝缘恢复的现场应用和实践进行分析, 旨在为水浸配电房电气设备绝缘恢复工作提供参考。

关键词 水浸配电房; 电气设备; 绝缘恢复; 变压器; 高压柜

中图分类号: TM64

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)12-0007-03

全球气候变化的严峻挑战日益显著, 极端气候事件如暴雨、洪水等自然灾害频发, 对基础设施尤其是电力网络的稳定性构成了前所未有的威胁^[1]。配电房作为电力输送与分配的枢纽, 一旦遭遇水浸, 其内部电气设备的绝缘防护将急剧劣化, 可能迅速引发短路故障, 进而演变为火灾, 严重影响供电安全。鉴于此, 迅速有效的配电房电气设备绝缘恢复技术成为电力行业关注的焦点。本文从三大核心设备——变压器、高压柜及低压柜入手, 系统分析各自在水浸后的绝缘损伤机制, 并探索先进的绝缘恢复技术及其在现场应急处理中的实际应用策略, 这对于全面提升水浸配电房电气设备绝缘恢复工作效果有重要意义。

1 变压器绝缘恢复

1.1 初步检查与评估

在初步检查与评估过程中, 检查人员需穿着防护装备, 确保个人安全, 随后进入现场对变压器进行细致观察。通过目视检查, 可以初步判断变压器外部是否有明显的放电痕迹、绝缘层破损或金属部件锈蚀等现象。这些直观的线索能够为后续的处理工作提供重要参考。为了进一步评估变压器的绝缘状况, 还需要使用专业的测试仪器进行测量。绝缘电阻是反映电气设备绝缘性能的重要指标, 通过测量变压器的绝缘电阻值, 可以初步了解其绝缘系统的受损情况。同时, 测量绕组连同套管的直流电阻也是必要的步骤, 这一参数能够反映出绕组是否存在短路、断股等故障, 对于评估变压器的整体性能具有重要意义^[2]。

1.2 清洗与干燥处理

在确认变压器外观无明显损伤且初步评估结果可

接受后, 接下来便是清洗与干燥处理阶段。清洗工作应选用适当的清洗剂, 如清水或专用变压器清洗剂, 以确保能够彻底去除变压器表面的污垢和残留水分。清洗过程中应注意避免对变压器造成二次损伤, 特别是要注意保护绝缘层不受破坏。干燥处理是恢复变压器绝缘性能的关键环节。对于不同类型的变压器, 其干燥方法可能有所不同。但总的来说, 可以采用热风机、烘箱等外部热源进行加热干燥, 也可以利用短路电流法进行内部干燥。外部热源干燥法能够快速提升变压器内部的温度, 加速水分的蒸发; 而短路电流法则能够通过绕组电阻产生的热量进行内部加热, 更加有效地去除绕组中的水分。在干燥过程中, 应严格控制温度和时间, 以避免对变压器造成不必要的损伤。

1.3 绝缘测试与性能评估

在变压器完成干燥处理后, 需要进行严格的绝缘测试与性能评估, 以验证其恢复效果。绝缘测试主要包括绝缘电阻测量和交流耐压试验两个方面(见表 1)。绝缘电阻测量应使用兆欧表在不同电压等级下进行, 以确保测量结果的准确性。交流耐压试验则是对变压器施加高于额定电压的交流电压, 持续一定时间以考验其绝缘性能。通过这两项测试, 可以初步判断变压器的绝缘系统是否已恢复正常工作状态^[3]。

为了进一步全面评估变压器的性能恢复状况, 还需进行绕组直流电阻试验和介质损耗因数测试等性能评估。绕组直流电阻试验能够反映出绕组是否存在短路、断股等故障; 而介质损耗因数测试则能够评估绝缘材料的性能是否良好。表 1 展示了绝缘测试与性能评估的主要项目及预期结果和测试标准数据。

表1 绝缘测试与性能评估的主要项目及预期结果

测试项目	测试方法	测试标准数据	预期结果
绝缘电阻测量	兆欧表测量	参照制造厂规定值	绝缘电阻值应恢复到规定范围内，且无显著下降趋势
交流耐压试验	施加高于额定电压的交流电压，持续1分钟	参照国家标准 GB/T 1094.3	变压器应能承受住试验电压，无击穿、闪络等现象
绕组直流电阻试验	使用直流电阻测试仪测量	与历史数据对比	各相绕组直流电阻值应基本平衡，且与历史数据相符
介质损耗因数测试 (tan δ)	介质损耗测试仪测量	参照制造厂规定值	介质损耗因数应在允许范围内，表明绝缘材料性能良好

通过上述测试与评估，可以全面判断变压器在经水浸后的恢复状况。若所有测试结果均满足标准要求，则表明变压器的绝缘性能已得到有效恢复，可重新投入运行；若存在任何异常，则需进一步分析原因并采取相应措施进行处理。

2 高压柜绝缘恢复

2.1 内部元件检查与更换

高压柜内部集成了大量精密的电气元件，包括但不限于高精度仪表、复杂的继电保护装置、耐高压的负荷开关以及迅速切断故障电流的断路器。这些元件在水浸后，由于水分渗透、电解质作用及可能发生的短路放电，其绝缘性能会受到不同程度的损害。因此，全面的内部元件检查是恢复工作的首要任务。在现场检查的过程中，需要重点检查的元件包括：（1）仪表与继电保护装置：这些设备对精密度和稳定性要求极高，任何微小的偏差都可能影响整个系统的正常运行。鉴于水浸对精密元件的潜在影响，一般建议对仪表和继电保护装置进行全面更换，而非简单的修复。这一决策基于数据统计，历史上类似情况下，经过修复的元件在未来故障率远高于新元件，影响了系统的整体稳定性和可靠性^[4]。（2）负荷开关与断路器：这类设备在高压环境中承受巨大压力，水浸后其绝缘材料和内部机械结构可能受损。通过逐一检查开关的机械动作是否流畅、接触电阻是否在正常范围内、绝缘材料

是否有裂纹或变色，来确定是否需要更换（见表2）。数据显示，及时更换受损的负荷开关和断路器，可显著降低系统未来的故障率。

2.2 母排与绝缘子处理

母排作为高压柜中电流传输的主要通道，其绝缘性能直接关系到系统的安全性。绝缘子则作为支撑母排并保持电气绝缘的关键部件，其状态同样不容忽视。在绝缘子处理过程中，具体的处理内容包括：（1）擦拭与检查：使用干净的无纺布或专用清洗剂，对母排和绝缘子表面进行彻底擦拭，去除水渍、污垢及可能存在的腐蚀性物质。同时，通过目视检查确认母排无腐蚀、断裂，绝缘子无裂纹、移位或击穿现象。（2）绝缘性能测试：利用绝缘电阻测试仪对母排与绝缘子进行绝缘电阻测量，并记录数据。结合耐压试验，对母排系统施加高于额定电压的电压，持续一定时间，观察是否有击穿或闪络现象发生。

2.3 整体干燥与调试

在完成内部元件的更换和母排绝缘子处理后，需对整个高压柜进行干燥处理，以彻底消除柜内湿气，防止未来发生霉变或进一步腐蚀。就整体干燥与调试而言，需要强调的内容有：（1）干燥处理：采用热风机、烘箱等设备对高压柜进行加热干燥。根据柜体大小和材质，设定合适的温度和时间参数，确保柜内所有角落的水分都被有效蒸发。过程中需定期监测柜内温度，

表2 高压柜内部元件更换决策依据

元件类型	检查内容	决策标准	统计数据支持
仪表	精度校验、显示正常性	精度偏差超过 $\pm 5\%$ 即更换	历史上修复后故障率上升 30%
继电保护装置	功能测试、响应速度、设置准确性	任何功能异常即更换	修复后性能下降案例占比 70%
负荷开关与断路器	机械动作流畅性、接触电阻、绝缘状况	接触不良、绝缘破损立即更换	受损元件引发系统故障占比 25%

避免过热损坏设备。(2) 电气试验与调试: 干燥完成后, 进行一系列电气试验, 包括绝缘电阻复测、回路电阻测试、开关动作试验等, 以验证高压柜的各项功能是否恢复正常。调试过程中, 还需根据系统需求对继电保护装置进行定值调整, 确保其在故障时能准确、迅速地动作^[5]。

3 低压柜绝缘恢复

3.1 通风烘干与积水处理

低压柜在水浸后, 内部往往积存大量水分, 这些水分不仅影响电气元件的绝缘性能, 还可能加速设备腐蚀。因此, 首要任务是进行通风烘干和积水处理。具体的处理内容如下: (1) 通风烘干: 打开低压柜的柜门和通风口, 利用自然通风或配合热风机、烘箱等专业设备进行强制通风烘干。根据柜体大小、材质及湿度情况, 设定合适的烘干时间和温度, 确保柜内所有部位都能充分受热, 达到去除湿气的目的。在烘干过程中, 需定期监测柜内温度和湿度, 以防过热或烘干不足。(2) 积水处理: 在通风烘干的同时, 还需对低压柜内部的积水进行清理。特别是对于母排处、层级之间以及元器件缝隙中的积水, 要使用吸水性强的布料或专业吸水工具仔细擦拭, 确保无残留水分。对于难以清理的隐蔽部位, 可借助内窥镜等辅助工具进

行检查和清理。

3.2 开关与电容器检查

低压柜中的开关和电容器是易受损的关键部件, 需要进行细致的检查和测试(见表 3): (1) 开关检查: 对于低压总开关、抽屉开关等机械结构复杂的开关, 需拆除面板后进行详细的检查。包括检查开关的机械动作是否灵活、接触点是否干净无氧化、接线是否牢固等。对于发现问题的开关, 应及时进行清洁、修复或更换。(2) 电容器检查: 电容器柜中的电容器在水浸后可能因内部绝缘损坏或电解液流失而失效。需逐个对电容器进行检查, 包括外观检查、电容值测量和绝缘电阻测试。对于性能下降或损坏的电容器, 应及时进行更换。

3.3 试运行与调试

在完成低压柜的通风烘干、积水处理及开关、电容器检查后, 需进行试运行和调试工作, 以验证其恢复效果(见表 4): (1) 试运行: 接入电源, 对每套低压柜进行试运行。观察各开关、指示灯是否正常工作, 记录电压、电流等参数, 确保无异常情况发生。特别注意检查漏电保护器是否能在漏电时迅速切断电源, 以保障人身和设备安全。(2) 调试: 在试运行过程中, 如发现异常情况, 应立即停止试运行, 并排查设备故障。

表 3 开关与电容器检查要点

检查对象	检查要点	检测方法或工具
低压开关	机械动作灵活性、接触点状态、接线牢固性	目测、万用表、螺丝刀
电容器	外观无鼓胀、漏油, 电容值正常, 绝缘电阻达标	目测、电容测试仪、绝缘电阻测试仪

表 4 低压柜试运行与调试记录表

试运行日期	设备编号	异常情况描述	处理措施	处理结果
2024 年 5 月 6 日	LP-001	无异常	无需处理	正常
2024 年 5 月 6 日	LP-002	漏电保护器跳闸	检查线路, 更换损坏元件	正常

根据故障情况, 进行相应的修复或更换工作。调试完成后, 需对低压柜的各项功能进行全面检查, 确保其满足正常运行要求。

4 结束语

水浸配电房电气设备的绝缘恢复是一项复杂的工作, 设备类型多, 技术要求高, 但通过科学的方法和有效的措施, 可以最大限度地减少损失并尽快恢复供电。本文从变压器、高压柜、低压柜三个方面详细介绍了水浸配电房电气设备的绝缘恢复技术及其现场应用, 可以确保配电房电气设备在水浸后的绝缘性能得到有效恢复, 为电力系统的稳定运行提供有力保障。

参考文献:

- [1] 黄志红. 10kV 配电室的电气安装技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(05):407-408.
- [2] 刘江山. 10kV 配电房设备带电干冰清污研究[D]. 武汉大学, 2021.
- [3] 袁路路. 基于电力物联网的智能配电房状态监测与故障预警研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [4] 喻志谦, 刘继超, 程霖. 一种提升运维质量的中低压电房内电缆可视化钢盖板[J]. 自动化应用, 2023, 64(04):95-98.
- [5] 吴思昊. 配电房运行环境综合监测评估方法研究[D]. 厦门: 厦门理工学院, 2020.