

# Analysis of Common Malfunctions and Handling Methods of Electrical Equipment in Hydropower Stations

Dongjing Zeng Nanfeng Liu

Hunan Lishui River Basin Water Conservancy and Hydropower Development Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

## Abstract

This paper analyzes the common types of faults and their handling methods in electrical equipment of hydropower stations. Research has shown that these faults mainly include insulation damage, poor contact, mechanical damage, and control system failures. Through a detailed investigation of the operating environment and equipment characteristics of hydropower stations, combined with typical cases, qualitative and quantitative analysis methods were used to summarize and generalize the causes of faults. In terms of handling methods, the paper proposes strategies including but not limited to regular maintenance checks, the use of advanced predictive maintenance techniques, improved equipment design, and enhanced operator training. The research significance lies in providing scientific basis and practical countermeasures for ensuring the safe and stable operation of electrical equipment in hydropower stations, reducing the occurrence rate of faults, and improving the overall operational efficiency of hydropower stations.

## Keywords

electrical equipment for hydropower stations; fault handling; improved operational efficiency

## 试析水电站电气设备常见故障与处理方法

曾东京 刘南锋

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司, 中国·湖南长沙 410000

## 摘要

论文分析了水电站电气设备中常见的故障类型及其处理方法。研究表明, 这些故障主要包括绝缘损坏、接触不良、机械损伤和控制系统故障等。通过对水电站运行环境和设备特点的详细调查, 结合典型案例, 使用定性和定量的分析方法对故障原因进行了归纳和总结。在处理方法方面, 论文提出了包括但不限于定期维护检查、使用先进的预测性维修技术、改进设备设计和增强操作人员培训等策略。研究意义在于为水电站保障电气设备的安全稳定运行提供科学依据和实用对策, 减少故障发生率, 提高水电站的整体运行效率。

## 关键词

水电站电气设备; 故障处理; 运行效率提升

## 1 引言

水电站的电气设备要稳定运行才能保证水电站的安全和高效。但有时候, 这些设备会出现各种问题, 比如绝缘破了、接触处有问题、机器磨损、控制系统出错等。这些问题可能是因为设备用老了, 或者环境的影响, 或者操作不对。为了解决这些问题, 我们要对故障案例进行深入分析, 找出问题的原因, 然后根据水电站的情况, 提出解决办法, 如定期检查维护、使用新的维修技术、改善设备设计、训练员工等。这样做可以减少设备出故障的次数, 使电气设备更安全稳定, 提高水电站的效率。这对于水电站的管理和维护, 对于水力发电的未来发展, 都是非常重要的。

【作者简介】曾东京(1997-), 男, 中国江西南康人, 本科, 助理工程师, 从事水电站检修维护研究。

## 2 水电站电气设备常见故障分析

### 2.1 绝缘损坏的特征与影响

绝缘损坏是水电站电气设备常见故障之一, 主要表现为绝缘材料的物理或化学性能劣化<sup>[1]</sup>。其特征通常包括绝缘电阻下降、介电强度减弱、局部放电现象增加和设备表面出现放电痕迹等。绝缘材料在长期使用过程中, 受潮湿、高温、高压等因素影响, 易发生老化和变质, 导致绝缘性能下降。局部放电和污秽积累也可能加速绝缘损坏的进程。

绝缘损坏对水电站电气设备运行带来严重影响。它直接影响设备的运行安全, 增加了短路和电气火灾的风险。在电气设备运行中, 绝缘损坏会导致电气线路间产生电弧或火花, 引发设备间短路, 进而对整个电力系统的稳定运行产生威胁。另外, 绝缘损坏还会降低设备的运行效率, 增加能量损耗<sup>[2]</sup>。例如, 绝缘性能下降导致电流泄露, 造成传输过程

中的能量损失,影响设备的运行效果。

除了对设备本身的影响,绝缘损坏还可能对水电站的整体运行维护带来负担。在绝缘损坏早期阶段,如果没能及时发现并处理,故障范围可能扩大,导致更严重的设备损坏和更高的维护成本。定期监测和维护绝缘性能成为保障设备长期稳定运行的重要措施,通过使用先进的监测手段,如红外成像和局部放电检测,可以有效预防和减缓绝缘损坏的发生<sup>[3]</sup>。

## 2.2 接触不良的诊断方法与后果

接触不良是水电站电气设备中常见的一种故障,主要表现为电气连接点处电阻增大、温度异常升高、电流传输不稳定等现象。为了准确诊断接触不良,常用的方法包括红外热成像技术、电压跌落测试和接触电阻测量。红外热成像能够实时监测连接点的温度分布,通过温度异常区域识别可能的接触不良问题。电压跌落测试则通过测量电气连接点在负载下的电压变化情况,评估电压下降的幅度来判别接触质量。接触电阻测量则利用专门的仪器测量连接点的电阻值,并与标准值进行对比,以判断接触状态是否良好。

接触不良会造成一系列严重后果,包括局部过热、接触点烧损、电气设备工作不稳定及整体基本功能失效。在水电站运行过程中,接触不良往往导致电气设备运行效率降低,甚至在严重情况下引发火灾等安全事故。接触不良还可能对设备的其他部件产生连锁影响,增加维修和维护的复杂性和成本。及时准确地诊断并处理接触不良,对于保障水电站电气设备的安全运行和延长设备使用寿命具有重要意义。

## 2.3 机械损伤与控制系统故障的识别

机械损伤与控制系统故障在水电站电气设备中时有发生,对电站的稳定运行构成威胁。机械损伤常见于发电机、变压器等设备,表现为轴承磨损、转子不平衡等。这些损伤会导致设备效率下降、发热异常,甚至引发严重事故。机械损伤主要由设备老化、外力冲击和不适当的操作维护引起。

控制系统故障则涉及自动化控制设备的异常,如PLC控制器失灵、传感器故障、通信网络中断等。这些故障影响电力输出的准确性和系统的整体协调,长时间未解决可能导致更大范围的设备损坏。控制系统故障通常由硬件故障、程序错误或外界干扰因素引发。

# 3 故障原因的调查与分析

## 3.1 水电站运行环境对电气设备的影响

水电站运行环境对电气设备的影响主要表现为高湿度、高温度和化学腐蚀等方面。水电站地理位置通常临近水源,周围环境湿度较高,湿度会导致电气设备绝缘性能的下降,从而可能引发短路和故障。在高温条件下,绝缘材料容易吸收水分,导致电气设备绝缘电阻大幅降低,甚至使绝缘介质遭到破坏。高湿度还会促进金属部件的腐蚀,加速设备

老化。

高温同样是水电站运行环境中不可忽视的因素。温度升高会使电气设备内阻增大,增加了发热量,从而导致设备温度进一步升高,形成恶性循环。高温还能加速绝缘材料的老化,缩短设备的使用寿命。特别是对于变压器、开关柜等高负荷设备,高温环境会大幅度增加其故障率。

化学腐蚀是水电站环境对电气设备的另一大影响因素<sup>[4]</sup>。水电站环境中的水汽中可能含有酸性、碱性或盐类物质,这些化学物质对电气设备的金属部件具有较强的腐蚀作用,导致设备接触不良或结构损坏,影响正常运行。

运行环境中的尘埃和颗粒物也是电气设备故障的重要原因之一。尘埃颗粒会积聚在设备的散热片、接头和开关处,造成散热效果差、接触电阻增大,从而引发各类故障。尘埃和颗粒物的积聚还可能引起电弧放电,造成设备的额外损耗和损伤。

水电站运行环境中的高湿度、高温度和化学腐蚀等因素对电气设备的运行和寿命有着极为重要的影响,有必要采取多种措施来应对这些环境挑战,确保电气设备的安全稳定运行。

## 3.2 电气设备设计缺陷与使用状况的角色

电气设备设计缺陷与使用状况在水电站电气设备故障中起着至关重要的作用。设计缺陷可导致设备在运行中暴露出潜在弱点,常见的缺陷包括材料选择不当、结构设计不合理和散热性能不足等<sup>[5]</sup>。这些缺陷往往在设备制造和装配过程中被忽视,但在高压、高温等复杂环境下会逐渐凸显,直接影响设备的运行稳定性。

使用状况同样是决定设备可靠性的重要因素。在水电站的日常运营中,电气设备常常面对频繁的启停操作和负荷变化,这对设备的机械和电气性能提出了较高要求。长期超负荷运行、操作失误和维护不到位等因素会进一步加剧设备老化和磨损,增加故障发生的概率。

通过深入分析电气设备设计缺陷与使用状况的交互作用,有助于制定针对性的改进措施,从而提高设备的整体可靠性和安全性。例如,在设计阶段,应优先选择耐腐蚀、高绝缘性能的材料,并优化设备结构以提升散热效率;在使用阶段,应加强操作规程的培训和执行,定期开展设备检测与维护,多层次、多角度地保障电气设备的长期稳定运行。

## 3.3 定性与定量分析方法的应用

定性与定量分析方法的应用在水电站电气设备故障原因的调查中尤为关键。定性分析通过对运行环境、设备设计和维护记录进行逐项调查,识别故障模式和潜在问题;定量分析则借助统计数据和模型,对故障频率、严重程度及其影响进行量化评估。两者结合提供全面的故障成因认知,有助于制定有效的防范措施和处理策略,显著提升电气设备的可靠性和运行安全性。

## 4 电气设备故障的处理策略

### 4.1 定期维护检查的实施细则

定期维护检查的实施细则在保障水电站电气设备正常运行中至关重要,需要对设备全面的周期性检查和维修。具体而言,电气设备的维护应包括绝缘状态、接触点、机械部件和控制系统等方面,确保各部分功能的完好性和可靠性。

在绝缘状态的检查中,主要步骤包括测量电阻值并与标准值对比,利用红外热成像技术检测绝缘材料的温度变化,及时发现和修复绝缘损坏区域。接触点的检查需特别关注电连接部分是否存在松动、氧化等现象,使用接触电阻测试仪检测电气连接处的接触电阻,必要时清理或更换接触部分。

机械部件的检查应涵盖转动部件、悬挂部件和固定部件,确保其没有磨损、松动或变形。对于轴承、齿轮等关键部位,应进行润滑检查和磨损检测,采用振动分析仪和听诊器进行故障诊断。控制系统的检查包括软件和硬件两个方面,硬件部分需检测接口、线路是否有老化、损坏,软件部分则需检查系统程序的稳定性和可靠性,并及时进行升级和补丁安装。

制定详细的维护计划并严格执行,定期更新维护记录,对于新故障的出现进行及时总结和分析,运用科学的数据分析方法,对未来可能发生的故障进行预测,并制定相应的预防措施。这不仅能够有效减少故障的发生频率,还能延长设备的使用寿命,提高水电站的整体运行效率。

### 4.2 预测性维修技术的优化与应用

预测性维修技术的优化与应用在水电站电气设备故障处理中的重要性日益显现。通过对设备运行状态进行实时监测和数据分析,预测性维修技术能够预见潜在故障,有效预防紧急停机和损失。其优化与应用主要体现在以下几个方面:

通过大数据和人工智能技术,可以实现对大量运行数据的高效处理和准确预测。这些技术能够识别出传统方法难以发现的隐藏故障模式,提高故障预测的准确性和早期预警能力。

优化传感器技术及其部署策略,保证数据采集的全面性和准确性。例如,利用高精度温度传感器、振动传感器等设备能够精确监测设备的运行状态,及时发现异常。

融合数字孪生技术,通过虚拟模型全面了解设备各部分的运行状况,实现更准确的预测和更高效的维修决策。这种技术不仅提供了对现有故障的快速应对方案,还能对设备

进行全生命周期的健康管理。

利用物联网技术提高系统间的联动和信息共享,通过集成数据平台,实现跨部门、跨系统的协同作业。如此不仅提升了预测性维修的效率,还增强了整个水电站的综合管理水平。

预测性维修技术的优化与应用,不仅可以大幅减少电气设备的故障发生率,还能显著提高水电站的运行安全性和经济效益。

### 4.3 设备设计改进与操作人员培训的重要性

设备设计的改进在提升电气设备运行可靠性方面至关重要,优化设计能有效减少潜在故障。强化操作人员培训确保其具备充分的技术知识和实践能力,有助于及时识别和处理设备问题,降低故障率,提高水电站整体运行效率。

## 5 结语

本研究通过分析水电站电气设备的常见故障类型及其处理方法,为确保水电站电气设备的安全稳定运行提供了重要的参考依据。我们以绝缘损坏、接触不良、机械损伤和控制系统故障等常见故障为例,结合水电站运行环境和设备特点,以及实际案例,采用了定性和定量的分析方法对故障原因进行了深入的归纳和总结。在处理方案上,我们提出了定期维护检查、使用先进的预测性维修技术、改进设备设计和增强操作人员培训等多种策略。它们旨在减少故障发生率,提高水电站的整体运行效率,并实现电力系统的优化管理。需要注意的是,我们的研究尽管取得了明显的成果,但在实际运行中可能还存在某些未测出的潜在故障,还需要结合实际情况进行修正和调整。此外,如何更有效地进行故障诊断和预防,进一步降低由设备故障引起的损失,也是我后续研究的重点。总的来说,本研究的结果对于理解水电站电气设备的常见故障及其处理方法具有重要意义,是进一步提高水电站设备管理水平,确保设备运行安全的有效探索。

### 参考文献

- [1] 李涛.水电站电气设备常见故障与处理方法[J].电脑乐园,2020(10):162.
- [2] 李纪勇.水电站电气设备常见故障与处理措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2019(5).
- [3] 白加林.水电站电气设备常见故障与处理措施分析[J].电力设备管理,2021(15):192-194.
- [4] 王娟,逯佩.浅论水电站电气设备常见故障与处理措施[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2019(7).
- [5] 林锋元.水电站电气设备常见故障与处理措施试论[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2020(9).