

# Research on Material Selection and Failure Analysis of Modern Power Grid Equipment

Ruibo Wang

State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd. Aksu Power Supply Company, Aksu, Xinjiang, 843000, China

## Abstract

The material selection direction and failure analysis research of modern power grid equipment are important topics in the field of power systems. To ensure the reliability and safety of power grid operation, it is necessary to select suitable materials for the manufacturing of power grid equipment and conduct in-depth analysis and research on the causes of equipment failure. With the continuous development of the power industry and the increasing demand for intelligent and remote monitoring of power grid equipment, the selection and failure analysis of power grid equipment materials have become particularly important. The modern power grid is not only a complex and massive energy transmission and distribution system, but also the foundation for achieving power dispatch, energy security, and power supply stability. The quality and performance of power grid equipment directly affect the reliability and economy of the entire power system.

## Keywords

modern power grid equipment; material selection; material failure

# 现代电网设备材料选用方向与失效分析研究

王瑞博

国网新疆电力有限公司阿克苏供电公司, 中国·新疆阿克苏 843000

## 摘要

现代电网设备的材料选用方向和失效分析研究是电力系统领域中的重要课题。为保障电网运行的可靠性和安全性, 需要选择合适的材料用于电网设备的制造, 并对设备的失效原因进行深入分析研究。随着电力行业的不断发展和电网设备的智能化和远程监测需求的增加, 电网设备材料的选用和失效分析变得尤为重要。现代电网不仅是一个复杂庞大的能量传输和分配系统, 也是实现电力调度、能源安全和供电稳定性的基础。电网设备的质量和性能直接影响到整个电力系统的可靠性和经济性。

## 关键词

现代电网设备; 材料选用; 材料失效

## 1 引言

随着社会的发展和人们对电力需求的不断增长, 电网设备作为电力系统的核心组成部分, 承载着输送和分配电能的重任。为了确保电网设备的正常运行和可靠性, 材料选用方向和失效分析研究成为电力系统领域的关键课题。电网设备的材料选用方向是指在设计和制造过程中, 选择适合的材料以满足设备的功能要求、可靠性要求和经济性要求。功能要求包括电绝缘、导电、耐热和耐腐蚀等方面, 要求材料具备良好的性能以应对复杂的工作环境。可靠性要求则要求材料具备较高的强度、耐蠕变和抗裂纹扩展等特性, 以延长设备的使用寿命并降低设备失效概率。而在考虑材料选用时,

还需要兼顾经济性要求, 即在满足功能和可靠性的前提下, 选择成本较低且易于生产加工的材料。失效分析研究旨在揭示电网设备失效的原因和机制, 为提高设备的可靠性和预测设备寿命提供依据。通过物理失效分析、化学失效分析、故障诊断分析和统计分析等方法, 可以确定失效的根本原因、失效模式以及相应的预防措施。这些研究成果对于电网设备的设计、制造和维护具有重要意义, 可以有效改善设备的可靠性和安全性。

## 2 电网设备材料选用方向

### 2.1 力学性能要求

电网设备材料需要具备足够的强度, 能够承受机械和动态负荷以及可能存在的冲击或振动。例如, 对于电线电缆的外护套材料, 需要具备足够的拉伸强度和抗压强度, 以保证其长期使用时不会发生断裂或变形。某些电网设备材料可能面临复杂的工作环境, 需要具备良好的韧性, 能够在应力

【作者简介】王瑞博(1992-), 男, 中国陕西兴平人, 本科, 工程师, 从事电网状态检修、电网材料应用与分析、试验室智能化管理研究。

集中或局部冲击下不易破裂或产生裂纹<sup>[1]</sup>。韧性可以通过衡量材料的延展性和吸能能力来评估。电网设备常常需要经受循环加载,如风力发电机组的叶片材料,需要具备较高的耐疲劳性,以承受长期的风载荷。耐疲劳性可以通过循环加载试验来评估。某些电网设备材料需要具备一定的刚度,以保持其形状稳定性或承受外部力的变形。例如,高压电线塔的结构材料需要具备足够的刚度,以保证塔体在高风荷载下不会过度变形。电网设备通常暴露在户外环境中,因此材料需要具备良好的耐候性,能够抵抗紫外线、湿度、温度变化等外部环境因素的影响。耐候性可以通过长期暴晒和人工加速老化试验来评估。

## 2.2 绝缘性能要求

电网设备材料的绝缘性能要求是非常重要的,因为在电网系统中,不同电器设备之间可能存在高电压差,需要使用具有良好绝缘性能的材料来隔离电流,避免电器短路或漏电等问题的发生。对于电网设备材料,绝缘强度是评估其抵抗电击穿的重要指标。绝缘强度是指材料在一定条件下能够承受的最大电场强度,通常以耐压试验来进行检测。较高的绝缘强度意味着材料具备更好的电击穿阻抗,能够有效保护电器设备。绝缘材料的绝缘电阻是衡量其导电能力的指标。高绝缘电阻意味着材料在电场作用下不会导电,保持良好的绝缘性能。常见的绝缘电阻测试方法包括电阻率测定和绝缘电阻测试。介电常数是材料对电场作用下电容性质的反映。对于绝缘材料,较低的介电常数通常意味着材料具备更好的绝缘性能,可以降低因电场引起的电介质损耗和能量转换。介电强度是衡量材料耐高电场的能力。

## 2.3 导电性能要求

电网设备材料的导电性能要求取决于具体的应用场景和设备类型。一般来说,电网设备材料要求具有较低的电阻率和良好的导电性能,以确保电流传输的效率和安全性。金属是优秀的导电材料,广泛应用于电网设备中。常用的金属包括铜、铝等。这些金属具有优异的导电性能和较低的电阻率,可以有效传导电流。接地是电网设备安全性的重要因素之一,用于保护人员免受电击伤害。接地材料通常要求具有良好的导电性能,以将电流迅速导向地下。在电网设备中,绝缘材料用于隔离导电元件,防止电流泄漏和电弧放电。绝缘材料必须具有较高的电阻率和绝缘强度,以确保设备的正常运行和安全性。某些电网设备需要经常接触导电介质,如电线、导线等。为了保证良好的导电性能和低电阻,可以在这些表面涂覆导电材料,如银浆、碳纳米管等。在某些特殊情况下,电网设备可能需要具有调控电流的功能。半导体材料具有介于导体和绝缘体之间的导电性质,可以用于控制电流流动。

# 3 电网设备失效分析

## 3.1 故障收集与分类

当电网设备发生故障时,需要及时收集相关故障信息。

可以通过设备自身的故障监测系统或者运维人员的实时巡检来进行故障收集。故障收集的内容应包括:故障发生时间、设备编号、设备类型、故障现象描述等。故障收集可以通过手动记录或者自动化数据采集的方式进行。故障分类是将收集到的故障信息进行归类和整理,以便更好地进行故障分析和处理<sup>[2]</sup>。常见的故障分类包括设备类型故障(如变压器故障、断路器故障等)、设备部件故障(如绝缘子故障、开关触头故障等)、工艺操作故障(如操作失误导致的故障等)等。故障分类可以根据故障表现、故障原因、故障等级等进行综合考虑,制定相应的分类标准。

## 3.2 失效分析方法选择

统计分析方法适用于大量故障数据的情况,通过对历史故障数据进行统计和分析,发现故障的规律性和趋势。可以使用统计学方法如频率分布、散点图、趋势分析等工具来识别故障的主要特征和相关因素。故障树分析是一种定性和定量分析的方法,通过将设备故障的原因及其可能的影响路径表示为树形结构,分析故障发生的概率和影响。通过构建故障树,可以追溯故障发生的根源,进而找到引起故障的关键因素。故障模式与效应分析是一种定性和定量分析的方法,通过识别设备故障模式、评估其严重程度和可能的影响,找出故障发生的潜在原因和其对系统性能的影响。故障模式方法可以帮助确定在不同故障模式下采取的预防措施和改进措施,从而提高设备的可靠性和可用性<sup>[3]</sup>。决策树分析是一种基于条件判断和概率统计的方法,通过构建一系列的决策节点和叶节点,根据设备状态和参数进行判断和预测。可以用于判断设备故障和选择相应的处理措施。运行维护经验分析是基于运维人员的实际经验和专业知识,通过对类似故障案例的回顾和总结,发现故障的共同特征和规律。这种方法可以补充其他定性和定量分析方法无法覆盖的领域,快速找出故障的可能原因和解决方案。

## 3.3 数据采集与分析

建立完善的设备信息管理系统,对电网设备进行分类、标识和记录。定期进行设备巡检和检修,按照规定程序获取设备状态、参数和故障信息。引入物联网技术,实现设备远程监测和数据实时采集,提高数据采集的效率和准确性。要注意确保采集到的数据准确、完整和可靠,避免错误和漏报。建立严格的数据采集标准和规范,统一数据命名和格式,提高数据的一致性和可比性。对采集到的数据进行质量检查和清洗,剔除异常值和重复数据,确保数据质量的可靠性。建立健全的数据存储和管理体系,包括数据归档、备份和恢复机制,确保数据的安全性和可用性。使用数据库或数据仓库等专业工具进行数据存储和管理,方便数据的检索和分析。应用统计学方法对数据进行分析,包括频率分布、散点图、箱线图等,挖掘数据中的规律和趋势。使用数据挖掘和机器学习方法,对大量数据进行模式识别、异常检测和预测分析,提前发现设备故障的迹象。运用专业软件工具进行数据分析,如 MATLAB、Python 等,利用其丰富的分析算法和可

视化功能,深入挖掘数据的潜在信息。

### 3.4 失效原因分析

当设备长时间运行超过额定负荷或电流过大时,可能导致设备失效。此外,短路故障也可能引起设备的失效。电网设备经过长期运行,由于环境因素、使用频率等原因,设备内部元件容易出现老化和磨损,导致性能下降或失效。电网中的电压波动、电压突变等,可能对设备造成冲击和损坏,导致设备失效。电网设备在高温或低温环境下运行,可能引发元件膨胀、收缩、变形等问题,导致设备失效。高湿度的环境会引发电气元件的腐蚀和绝缘性能下降,从而导致设备故障和失效。缺乏定期检修、保养和维护,或者维护方法不正确,可能导致设备故障和失效<sup>[4]</sup>。部分电网设备在设计 and 制造过程中可能存在隐患或缺陷,导致设备易于故障和失效。还有外力破坏,如雷击、冰雪负载、机械振动等外部原因可能对设备造成损坏和失效。所以说电网设备失效的原因包括过载和短路、老化和磨损、电压变化、温度、湿度和腐蚀、不合适的维护、设计和制造缺陷以及外力破坏等。为了减少失效的发生,需采取科学合理的维护措施和正常运行操作,并定期对设备进行检修和检测。

### 3.5 提出改进方案

建立健全的设备维护管理制度,定期进行设备巡检、维护和保养。根据设备的使用寿命和工作环境,合理制定维护计划,确保设备处于良好的工作状态。加强对电网设备的设计、制造和选材过程的监督,严格控制产品质量。采用先进的技术和材料,提高设备的可靠性和抗干扰能力,降低设备失效的风险<sup>[5]</sup>。安装合适的电气保护装置,能够及时检测和隔离设备故障,保护设备免受过载、短路等异常情况的影响,并及时报警,避免设备失效引发更大的事故。建立完善的设备检测体系,定期对电网设备进行运行状态和性能检测,及时发现潜在问题并进行预防性维护。对关键设备进行在线监测,借助物联网和大数据分析技术,实时监测设备的运行情况,提前预警可能的故障风险。加强电网设备的运维团队建设,不断提高技术人员的专业素质和维修能力。加强培训和知识管理,推动工作人员不断学习和更新知识,增强

应对设备失效的能力。培养员工的安全意识,加强安全培训,提高员工对设备安全操作的认知和重视程度。同时,完善安全防护设施,增加设备的防雷、防潮、防尘等措施,减少外界因素对设备的影响。通过上述改进方案,可以提升电网设备的可靠性和安全性,降低设备失效的概率,保障电网的稳定运行。同时,还需要持续关注技术发展和行业标准的更新,不断改进和优化设备设计、制造和维护的方法,提高电网设备的整体水平。

## 4 结语

现代电网设备的材料选用和失效分析是保证电网运行安全和可靠性的重要因素。在材料选用方面,需考虑到可靠性、导电性、绝缘性和耐磨性等关键因素,并选择具有稳定性和良好耐用性的材料。同时,也需要针对电网设备的使用环境和工作条件进行全面评估,确保所选材料能够适应各种应力和环境影响。而失效分析则是为了及时掌握电网设备可能存在的问题和隐患,以便采取相应的修复或更换措施。失效分析通常包括材料老化、应力疲劳、环境腐蚀等方面的考虑,通过实验、测试和模拟等手段对电网设备进行监测和评估,以预防潜在的失效事件。总之,科学合理的材料选用和失效分析是确保电网设备运行稳定和安全可靠的基础。只有通过全面考虑材料性能和环境因素,并采取相应的预防措施,才能有效延长设备寿命、减少故障率,保障电网的正常运行和供电质量。

### 参考文献

- [1] 佚名.建设现代设备管理体系支撑电网高质量发展[J].中国电力企业管理,2023(21):23-25.
- [2] 叶定宽,张夏,黄江宁.现代设备管理体系下电网集控模式优化研究[J].农电管理,2022(10):58-59.
- [3] 刘敏,刘亮,赵盟.为现代设备管理体系建设赋智赋能[J].华北电力,2022(4):36-37.
- [4] 李文娟,李耀鹏,韩宝卿,等.浅谈现代电网变电运维技术与管理[J].电力设备管理,2020(10):33-35.
- [5] 武占军,翟敬民.浅析运用现代技术提高变电设备管理水平[J].科技资讯,2014,12(31):112.