

电气设备绝缘老化检测与预防性维护策略研究

张爱玲

武汉市江夏区纸坊街十月村韩家湾 湖北 武汉 430200

【摘要】：电气设备的绝缘老化是导致设备故障的重要因素，尤其是在长时间运行后。针对设备老化问题，提出了基于现代检测技术的老化诊断方法，并结合预防性维护策略对设备进行管理。通过对电气设备的老化检测，能够在设备出现故障前及时识别潜在风险，采取有效措施，减少突发性故障的发生。研究进一步探讨了预防性维护策略的实施方案，旨在提高设备的使用寿命和运行效率。研究成果为电气设备的智能化维护和管理提供了理论依据。

【关键词】：电气设备；绝缘老化；检测技术；预防性维护；设备管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.016

引言

电气设备在长期运行过程中，绝缘材料的老化会严重影响设备的安全性与稳定性，甚至引发设备故障。随着电力系统设备的规模日益扩大，如何有效预测和检测设备绝缘的老化状况，成为确保设备长期稳定运行的关键。传统的设备维护多依赖于定期检查和故障排查，但这种方式往往无法及时发现潜在风险。预防性维护策略的提出，为解决这一问题提供了可能。通过对绝缘老化的科学检测和数据分析，可以实现设备的健康管理，减少故障的发生率。本文通过对电气设备绝缘老化现象的研究，探讨了基于现代检测技术的检测方法和预防性维护策略，旨在为电气设备的高效运行提供保障。

1 绝缘老化的影响因素及检测方法

电气设备的绝缘老化受到多种因素的影响，其中最为显著的是温度、湿度、电气负荷及化学腐蚀等。温度的升高会加速绝缘材料的分子运动，从而导致材料性能下降。尤其在高温环境下，绝缘材料的化学稳定性降低，导致其电绝缘性能逐渐衰退。湿度则对绝缘性能有直接影响，高湿环境下，水分会渗透到绝缘层中，形成电导通道，降低绝缘性。电气设备长时间运行时，负载的波动和过载现象也会使设备的绝缘材料受到不断的机械应力和电气应力，从而加速老化。化学腐蚀因素则主要表现为空气中的有害气体（如硫化氢、氯气等）与绝缘材料的反应，造成材料的腐蚀和性能退化。

为了有效检测设备绝缘老化的情况，目前已经采用多种技术手段。电气设备的绝缘状态一般通过介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）和局部放电（PD）测试来判断^[1]。介质损耗因数反映了绝缘材料的能量损耗，随着老化的进行，材料的损耗因数增大，从而影响绝缘性能。

局部放电测试则是通过检测电气设备运行过程中可能出现的局部放电现象，来间接判断绝缘的老化程度。局部放电的存在不仅意味着绝缘老化的开始，也预示着绝缘材料的潜在破坏。除此之外，红外成像技术、振动分析技术和超声波检测技术也在一些特殊场合应用于电气设备绝缘老化检测中。这些方法能够及时发现绝缘材料的薄弱点，避免出现设备故障。现代检测技术的应用也促使智能化检测设备的诞生，通过嵌入式传感器、无线数据传输系统以及大数据分析平台，能够实时监测电气设备的绝缘状态，并预测其剩余使用寿命。这种技术不仅能够提高检测的准确性，还能实现设备的远程监控，为设备维护提供数据支持。

2 预防性维护策略的实施与优化

预防性维护策略的核心目标在于通过对电气设备的状态进行监测和评估，及早发现潜在的故障隐患，并采取相应的修复或替换措施，从而避免设备故障带来的停机和生产损失。为了实现这一目标，维护策略需要结合设备的工作条件、使用环境及历史运行数据，采用多种技术手段进行综合分析和优化。设备的运行状态数据通常通过传感器和监控系统采集，并经过数据分析和处理后形成设备健康报告。通过对设备的使用数据进行智能化分析，能够预测设备可能出现的故障类型及时间，为维护决策提供依据。

为了更好地实施预防性维护，技术手段的应用显得尤为重要。近年来，智能监测技术的逐步发展使得预防性维护不仅限于传统的定期检查和固定时点的维护计划。传感器、物联网技术以及大数据分析的融合，赋予了设备自我诊断和实时监控的能力^[2]。通过传感器监测温度、湿度、压力、电流等多种参数，能够实时反映设备运行状态的变化。如果某项参数超过预设的安全值，就能及时发出警报，提示维护人员进行检查。这种技术的应用使得维护策略变得更加灵活和精

准,而不再依赖于固定的时间间隔。

优化预防性维护策略还需要重视设备的生命周期管理。在实际应用中,电气设备的工作环境往往发生变化,因此预防性维护策略必须根据环境变化和设备的实际使用情况进行动态调整。通过对设备运行的长期数据进行积累与分析,结合设备的剩余寿命评估,可以在不同的维护周期中选择不同的维护方式,避免不必要的维修,同时确保设备始终处于最佳运行状态。维修策略的优化不仅仅局限于设备的修复,也包括对设备的改进和升级,以适应日益变化的运行条件。

现代预防性维护策略强调通过智能化、数字化手段将设备监控、数据分析和维护决策相结合,从而实现对电气设备的精准维护。这种基于数据驱动的维护方式大大提高了维护效率和安全性,也在降低运营成本的同时延长了设备的使用寿命。为了达到最佳效果,维护策略还应充分考虑设备的多样性,针对不同类型的设备和运行环境制定个性化的维护方案,以确保整体设备管理的高效性和可持续性。

3 基于检测技术的设备维护效果评估

设备维护效果的评估依赖于高效的检测技术,以确保设备在运行过程中维持最佳的性能和稳定性。对设备维护效果的评估不仅仅是看设备是否成功运转,而是要从多个维度进行综合分析。评估的一个重要指标是设备的健康状态。通过实时监测设备运行过程中产生的各种数据,如温度、振动、电流等,可以获取设备的实时健康信息。这些数据帮助维护人员识别潜在的隐患并对设备状况进行评估。通过与设备的正常运行参数对比,能够判断出设备是否处于最佳状态,或是否存在衰退迹象。

局部放电监测是评估电气设备维护效果的一种常

见方法。局部放电现象通常是设备绝缘老化的前兆,使用这一技术能够实时监测设备中可能存在的微小放电现象。如果设备在维护后局部放电的现象得到有效控制,意味着维护措施起到了预期作用^[3]。介质损耗因数的变化也是一种评估设备维护效果的重要指标。通过检测介质损耗因数,可以了解设备绝缘材料的性能变化情况。如果设备在维护后出现损耗因数明显下降,说明绝缘材料得到了有效修复,维护措施具有良好效果。

另一种评估技术是通过设备的剩余寿命预测来进行维护效果的检测。设备的剩余使用寿命评估通常结合了设备的历史运行数据、环境条件及检测结果。在实际应用中,结合温度、湿度、电气负荷等外部因素的变化,通过算法分析计算设备的剩余寿命,可以为设备的后续维护提供科学依据。通过与维护前后的寿命预测进行对比,评估人员可以判断维护措施是否有效延长了设备的使用寿命,或者是否减少了设备故障的发生频率。故障率和停机时间是评估设备维护效果的重要经济指标。降低设备故障率并减少停机时间直接反映了维护措施的有效性。通过对比设备维护前后的故障率和停机时长,可以量化维护的成效,进一步优化维护计划和策略。

4 结语

绝缘老化检测与预防性维护策略的实施,对于提高电气设备的稳定性和安全性至关重要。检测技术的不断发展使得设备状态的评估更为精准和实时化,预防性维护方案的优化能够有效减少故障发生,延长设备使用寿命。未来,随着智能化技术的不断创新,设备维护管理将在更加高效、精细化的方向发展,为电力行业的可持续发展提供有力保障。

参考文献:

- [1] 宋福民,徐济楚,李仕煊.基于深度学习的电气设备绝缘老化特征提取与故障诊断研究[J].技术与市场,2026,33(01):118-123.
- [2] 林雄明.电力工程电气设备绝缘老化联合监测探析[J].电力设备管理,2025,(24):217-219.
- [3] 杨浩元.火电厂电气设备绝缘老化诊断与差异化检修方法研究[J].电力设备管理,2025,(23):47-49.