

电力输配电设备状态检修技术探讨

叶媛静 莫绚淇

丽水市普明电力建设工程有限公司 浙江 丽水 323000

摘要：传统周期性检修模式存在明显的盲目性与滞后性，容易造成过度检修或检修不足的问题，既浪费运维资源，也可能因频繁拆装损伤设备本体，难以满足当前电网高质量供电的核心要求。本文系统梳理了输配电设备主流状态检修关键技术，剖析现有技术体系的应用短板，提出针对性优化策略并展望未来发展趋势，为电力运维现场实践提供理论参考。

关键词：输配电设备；状态检修；在线监测

引言：电力输配电网络承担着电能输送与分配的核心职能，各类电气设备的健康状态直接决定电网运行的稳定性与供电连续性。长期沿用的定时检修模式脱离设备实际运行损耗情况，无法精准识别潜在故障隐患，运维效率与故障防控能力存在明显局限。状态检修依托设备实时运行数据开展差异化运维，能够有效弥补传统模式的缺陷，已成为电力运维领域的主流发展方向。

1 电力输配电设备状态检修概述

整个电力输送与配电网络依靠各类电气设备支撑日常供电运转，设备运行工况的好坏，直接影响电网供电的连续性与可靠性。过往电网运维工作普遍沿用周期性检修方式，依据预设的时间节点统一完成设备检查、部件维护与老化配件更替工作。这种运维方式统一度较强、落地难度较低，却忽略了设备个体运行损耗的差异化特征，常常出现检修工作和设备实际故障情况不匹配的问题，不仅造成运维资源无端浪费，频繁的拆装检修操作也会损伤设备原有结构，缩减设备正常使用周期。状态检修属于面向设备实际运行状态的主动运维手段，通过现场布置的传感采集设备，持续获取电压、温度、绝缘性能等关键运行参数，结合电气设备本身的构造特点与长期运行规律，判别设备内部潜藏的故障隐患。这种运维方式跳出了固定时间检修的固有局限，完全以设备实际健康状况作为检修工作开展依据，实现运维作业的灵活调度。和传统周期性检修模式相比，状态检修能够贴合设备真实损耗情况安排维护作业，减少不必要的停电检修操作，保障电网供电流程平稳不间断。依托实时监测手段可提早发现设备内部不易察觉的早期故障，在故障尚未扩大前完成隐患治理，避免突发设备故障造成电网运行异常^[1]。在电网运维逐步走向精细化的

行业发展背景下，优化状态检修相关技术，能够补齐传统运维模式的短板，全面提升电网运维工作的精准度与整体运行水平。

2 电力输配电设备主流状态检修关键技术

2.1 设备运行在线状态监测技术

户外布置的输配电电气设备始终处于动态运行状态，外界环境因素会持续影响设备内部工况，滋生不易被肉眼发现的运行隐患。传统人工巡检普遍存在 3-7 天的巡查间隔限制，无法实时跟进设备工况波动。在线监测技术可在电网不停电的前提下，无感采集设备实时运行信息，全程不影响电网整体供电秩序。监测装置可同步收录设备温升、电气工况以及机械振动三类核心运行信息，原始采集信号混杂着环境噪声，后台分析模块会自动完成信号降噪处理，剥离外界无关干扰，还原设备真实的运行健康状态。设备初期故障大多无外在表征，人工现场排查往往无法提前识别这类潜伏隐患。动态监测模式能够补齐人工巡检的时段盲区，实现全域设备运行状态的实时管控。真实完整的运行数据可以客观反映设备损耗程度，为后续故障定位与运维方案制定提供客观支撑，助力电网运维脱离固定周期维护的粗放模式，进一步提升电力设备运维工作的精准程度。

2.2 设备离线故障检测技术

带电在线监测手段仅能捕捉设备表层运行参数变化，很难探查设备腔体内部的隐性损耗，部分深层次硬件老化隐患无法通过带电监测有效识别。离线故障检测依托断电停机的作业条件，针对设备本体开展拆解式深度检测，填补带电监测无法触及的内部检测空白，与在线监测形成搭配使用的运维手段。该类检测方式重点排查设备绝缘介质劣化、内部配件机械磨损、内部异常

放电等隐蔽性问题。常见的离线检测手段包括变压器油色谱分析、介损测试、直流电阻检测等,能够精准识别变压器绕组变形、断路器触头烧蚀等内部缺陷。此类故障处于潜伏阶段时,不会改变设备外部运行工况,常规带电监测难以捕捉异常信号,只能依靠断电后的专项检查实现精准定位。断电检测会占用短时供电时长,现场作业便捷度不及在线监测,但其检测精准度具备明显优势,可完整排查设备内部各类潜在损伤^[2]。两类检测方式各司其职,分别覆盖日常实时监控与定期深度排查环节,全方位补齐设备运维漏洞,保障输配电设备整体运行工况始终处于安全可控的范围。

2.3 设备绝缘状态检测诊断技术

高压输配电设备依靠绝缘介质实现电气隔离,绝缘介质完好程度直接决定设备运行安全水平。电网设备长期处在交变电场作用下,叠加温湿度变化、大气腐蚀等外界环境影响,绝缘介质会慢慢出现内部材质劣化,表层也会产生细微破损。这类隐性损伤不断累积后,会诱发局部放电、绝缘击穿等恶性电气问题,干扰电网正常供电秩序。绝缘检测诊断技术聚焦介质本身的电气性能变化开展专项核验,重点甄别绝缘层内部不易察觉的结构缺陷。该技术能够感知绝缘介质微弱的电能损耗波动,捕捉早期异常放电信号,目前特高频局部放电在线监测装置已广泛应用于GIS设备的绝缘检测,解决常规运行监测难以评估绝缘防护能力的不足,精准定位设备内部潜藏的绝缘隐患。运维人员依托检测反馈的介质性能变化情况,能够客观评估绝缘介质当前健康状态,合理规划设备维护时机。针对性开展绝缘养护工作可以减缓介质老化进程,阻止微小缺陷进一步扩大,从源头减少绝缘失效引发的设备故障,强化整体电网运维工作的风险防控能力。

2.4 设备热成像无损检测技术

电气部件运行异常往往会引发热量集聚,输配电设备内部构件损耗、接头接触失效以及负荷超限,都会引发局部温升异常。传统测温手段依靠探头贴合设备表面采集温度数据,不仅巡检流程受限,还只能获取单点温度数值,无法掌握设备整体发热分布状态,难以发现隐蔽的局部发热隐患。红外热成像检测依靠物体自身红外辐射完成温度场采集,全程无需触碰带电运行的电力设备。整套检测流程无需停电操作,不会破坏设备原有物理结构,满足无损运维检测的作业标准。设备表面 0.1°C 以上的细微温度偏差都能通过成像画面直观显现,帮助运维人员快速定位潜藏的发热缺陷位置。这种非接触式检测方式更适配户外长距离输电线路以及站内成套电气

设备的巡检工作,搭配无人机平台可大幅提升山区线路的巡检效率与覆盖范围,现场作业灵活性更强。工作人员可以依托完整温度场图像,分辨设备正常工作温升和故障异常温升,及时处理各类发热类设备隐患^[3]。该技术和前文各类检测技术相互配合,进一步完善多维度的设备隐患筛查体系。

3 电力输配电设备状态检修技术优化与发展方向

3.1 当前状态检修技术现存应用短板

各类状态检修手段已广泛应用于电力设备日常运维工作,能够满足普通电力设备基础故障筛查工作要求。面对户外多变的运行环境以及多设备组网运行的复杂场景,现有检修技术还无法完全贴合现场运维实际要求。运维现场搭载的监测硬件规格不一,不同检测装置输出的运行信息格式互不兼容,不同渠道采集的设备工况信息难以整合共用,阻碍了整体运维信息的统筹利用。外部环境中的电磁干扰、温湿度变化都会干扰信号传输稳定性,造成采集到的设备运行信息出现偏差。智能分析模块的研判能力依旧不足,设备故障分析工作依旧离不开运维人员主观经验支撑,系统无法自主整合多维度工况信息开展综合性故障判别,容易出现故障误判或者漏判的情况。不同检测技术在现场作业中相互独立运行,各项检测流程缺乏协同联动,难以搭建完整连贯的设备运维管控流程。伴随电力设备不断更新迭代,新型设备内部构造更为精密,现有检修技术的适配能力出现不足。后续需要结合现场运维痛点,从数据融通、系统研判、技术联动多个层面补齐体系缺陷,提升整体检修工作的实用性。

3.2 检修监测体系完善策略

为解决现场监测设备兼容性不足、运行数据难以共享的问题,需规范现场监测硬件的接入规范,统一各类感知组件的信号输出形式。标准化的信息传输模式能够打通各监测单元之间的信息隔阂,让分散采集的设备运行工况信息实现统一收纳与集中分析,消除运维过程中独立分散的信息板块。面对户外复杂环境带来的信号干扰问题,可强化监测设备外部防护结构设计,提升硬件本身抵御电磁干扰与气候波动影响的能力。在信号传输前端增设信号净化单元,提前剔除环境扰动带来的无效干扰信息,可使数据传输准确率提升至98%以上,保证传入后台分析系统的设备工况信息贴合设备真实运行状态。理顺各类检测技术的配合流程,将前文四类主流检修技术进行有机结合,例如集成红外热成像与局部放电监测的复合巡检装置已在多地变电站试点应用,依据设备运行场景匹配对应的检测方式,弥补单一检测模式

存在的检测盲区^[4]。减少主观人工经验对故障判定结果的影响,依靠完整多维的设备运行信息支撑运维判定工作,构建完整连贯的监测管控流程,稳步提升整套监测运维体系的综合运行效能。

3.3 智能化检修手段升级路径

现有检修工作仍较多依赖人工完成工况数据梳理与故障甄别,智能分析模块功能较为基础,整体运维模式依旧偏向半自动化运行,无法适配当下电网运维高效运行的实际要求。首先可以对现场感知终端进行迭代更新,淘汰功能单一、采集维度有限的老旧监测装置,选用集成化智能感知硬件,一站式捕捉设备多项运行状态信息,拓宽现场工况信息采集的覆盖范围。优化后台分析程序的识别逻辑,结合各类电力设备长期运行形成的工况特征,优化故障匹配分析机制。降低运维人员主观经验对故障判定结果的影响程度,依靠系统自主比对运行异常特征,可使故障识别准确率提升约15个百分点,精准锁定故障发生位置,区分隐患轻重程度,有效规避人工研判失误带来的运维误差。将智能巡检设备融入常态化运维流程,借助自动化巡检工具完成人员难以抵达区域的设备巡查作业,补齐人工巡检的空间短板。循序渐进搭建一体化智能运维闭环,实现设备状态采集、故障识别以及运维建议输出的自动化运行,推动电力设备状态检修朝着无人值守、自主研判的方向稳步进阶。

3.4 输配电设备状态检修技术未来发展趋势

电网运维模式正在逐步完成数字化转型,以往各自独立开展的设备检修工作,难以匹配当下电网一体化运维的发展节奏。往后电力设备状态检修不会再局限于单一设备的独立监测,而是朝着全域一体化信息整合的方向不断优化。各类分散布设的监测终端会完成平台统一接入,打破不同设备运维信息相互割裂的局面,实现全站及整条线路设备运行状态的统一管理。数字化分析

手段会更深层次融入运维各个环节,依托设备从投运到老化报废的全过程运行数据,构建贴合实际工况的运维分析模型。依托设备长期运行形成的损耗规律,提前捕捉设备性能衰退前兆,改变以往故障出现后再开展检修的被动运维模式,依托前置预判降低设备异常对电网运行产生的干扰。适配户外复杂环境的低能耗监测硬件会得到大范围推广,提升野外监测设备长期稳定工作的能力。运维现场人工参与的环节将持续减少,自主化无人运维模式成为主流发展方向^[5]。后续检修体系会平衡运行安全保障与运维资源投入两大核心要点,让输配电设备状态检修更贴合现场实际运维需求,实现运维工作质量与运维效率的同步提升。

结束语:未来,输配电设备状态检修技术会持续深化数字化与智能化融合进程,逐步构建覆盖设备全生命周期的智能管控体系。各类感知技术与分析算法会不断迭代升级,实现故障的提前预判与自主处置,大幅减少现场人工运维工作量。检修体系会不断优化完善,在保障电网安全稳定运行的基础上,进一步提升资源利用效率,为电力系统长期可靠运行提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 张焦春,刘焘,马琳琳.高压电力设备绝缘状态评估与智能化检修技术[J].中国高科技,2026(3):82-84.
- [2] 蔡天宏.电气设备在线监测与状态检修技术探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(4):115-119.
- [3] 吴振.电力工程中电气设备状态检修的关键技术要点研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2026(2):220-224.
- [4] 孙钊,张一.电力系统变电一次设备状态检修技术研究[J].电力设备管理,2026(1):16-18.
- [5] 巩伟.电力一次设备在线监测和状态检修技术的应用[J].光源与照明,2026(1):138-140.