电力系统变电一次设备状态检修技术探析

顾 洋 衡 涛
国网宁夏电力有限公司超高压公司 宁夏 银川 750000

摘 要：随着电力系统智能化建设持续推进，传统变电设备检修模式存在的弊端逐步凸显，已经难以适配电网稳定运行的基本需求。本文围绕变电一次设备状态检修技术展开研究，梳理在线监测、离线检测、状态评估、故障预警等核心技术的应用原理，总结当前设备监测精度不足、评估体系不规范、专业人才短缺、运维机制不完善等现实问题。结合电力设备运维工作实际，从数据采集优化、评估体系建设、人才队伍培养、管理制度完善四个方面提出对应的优化措施。研究旨在提升变电一次设备状态检修的规范性与精准性，保障电力设备稳定运行，为电力系统安全可靠运维提供技术参考。

关键词：电力系统；变电一次设备；状态检修；设备运维；技术探析

引言：电力系统的稳定运行，依托各类变电一次设备的可靠工作状态。电网运行规模持续扩大，设备运行负荷不断提升，传统检修模式的短板逐渐显现，难以适配当下电网运维发展需求。状态检修是现阶段电力设备运维升级的核心方向，相较于传统检修模式，该技术具备更强的科学性与实用性。本文结合电网运维实际情况，对变电一次设备状态检修的关键技术、现存问题及优化策略开展分析，为电网设备运维质量提升提供基础参考。

1 电力系统变电一次设备核心状态检修技术

1.1 在线监测技术

在线监测是变电一次设备状态检修工作的基础性技术手段，该技术依托传感设备、数据采集终端及网络传输系统，能够对设备运行参数开展全天候不间断采集工作，可为设备状态评估工作提供基础数据依据。该监测方式可在设备带电运行的状态下完成数据采集工作，能够有效避免设备停机检测带来的供电损耗与设备磨损问题[1]。不同类型的变电一次设备对应不同的监测参数，设备运行过程中的温度、绝缘性能、机械运行参数、电气工作参数等核心数据，都是设备状态监测的主要内容。现阶段电网智能化建设进程持续推进，在线监测技术融合了网络通信与数字化技术，可完成数据传输、存储与筛选工作，能够自动识别异常数据并触发预警，有效弥补传统人工巡检模式的各类缺陷，为后续检修决策工作提供可靠的数据保障。

1.2 离线检测技术

离线检测可以配合在线监测共同完成变电设备的状态检测工作，该检测方式需要设备处于停电状态下开展作业，它能够弥补在线监测存在的精度缺陷与检测盲区，帮助工作人员发现设备内部的各类隐性故障。在线监测工作主要采集设备日常运行的基础参数，离线检测工作则重点检查设备绝缘状态、机械性能以及内部结构情况，两种检测方式可以互相配合，以此提升设备检测工作的完整度。离线检测的常用技术涵盖绝缘性能检测、耐压检测以及机械性能检测三类，工作人员可以借助对应检测设备判断电力设备的老化、受潮及结构异常情况，核查设备绝缘耐受能力与机械运行稳定性。该检测手段需要短暂停止设备运行，但整体检测精度更高，常被用于设备深度检查、数据复核和检修前期状态确认，能够有效保障设备状态评估结果的准确可靠。

1.3 设备状态评估技术

设备状态评估可以衔接电力设备的数据监测工作与检修决策工作，工作人员可以整合设备在线监测和离线检测得到的各类数据，同时结合设备运行时长、现场工况环境以及过往故障记录等相关资料，依托标准化评估模型判断设备健康水平和故障风险等级。目前电力行业普遍采用三级判定模式，主要包含正常、注意和异常三种设备运行状态，不同状态对应不一样的设备运行工况与检修管控要求。在现代数字化技术的普及应用下，设备状态评估的工作模式已经发生改变，传统人工经验判断的方式正在逐步淘汰，行业内部开始普及智能化模型评估方式。相关系统可以自动录入设备运行标准数据和故障信息，能够自主完成数据分析、状态评级和风险预判工作，有效降低人工判断产生的误差，提升设备状态评估工作的整体准确性。

1.4 故障诊断与预警技术

故障诊断与预警技术在变电设备状态检修工作中占据核心地位，工作人员可以结合设备监测数据与状态评

估结果，完成设备故障定位、成因分析与提前预警等工作，这项技术能够为检修方案的编制提供有效参考。它改变了电力设备故障事后处理的传统模式，让设备运维工作具备前置性与主动性[2]。行业主要依靠数据对照、趋势研判、特征匹配三种方式完成故障诊断工作，工作人员可以对照设备标准参数排查数据异常，也能根据参数变化规律判断设备性能衰减情况，还可以结合故障数据库确定设备故障类型与具体位置。预警系统能够按照风险等级划分预警类别，督促工作人员针对性开展监测或停机检修工作，系统可以完整留存各类故障数据与处置信息，从而形成完整的运维管理闭环，为后续技术优化提供数据支撑。

2 当前变电一次设备状态检修技术应用现存问题

2.1 监测设备精度不足

运行数据的准确性与完整性是变电设备状态检修工作的开展基础，监测设备的整体性能会直接影响数据采集的质量。国内不少老旧变电站还在沿用传统监测设备，这类设备的传感精度与运行稳定性相对不足，现场复杂的电磁环境和温度变化，都会造成数据偏移、缺失以及采集错误等问题，设备监测数据也就无法真实反映实际运行情况。部分变电站的监测点位布置不够科学，设备关键部位存在监测空白，设备隐患排查工作难以落实到位。不同品牌、型号的监测设备存在数据标准不统一的问题，数据整合和分析工作会受到限制，数据孤岛问题也会随之产生，设备状态评估的准确性会受到影响，状态检修技术的实际应用效果也会有所下降。

2.2 状态评估体系不完善

现阶段国内电力行业并没有形成统一的变电设备状态检修评估标准，相关判定依据和风险划分标准存在明显差异，整体规范化程度处于偏低的状态。多数电力运维单位在开展设备状态评估工作时，大多依靠工作人员的个人经验完成判断，智能化评估模型的应用频次相对较低。这种工作模式会让复合型故障和隐性故障的识别准确率下降，设备状态误判、风险漏判的问题会频繁出现。现行的评估体系考察内容较为单一，体系主要针对设备实时运行参数进行分析，并没有全面结合设备运行年限、环境条件和历史检修数据等关键内容，整体评估结果不够全面客观，检修方案的实际适配性也会受到一定影响。

2.3 技术运维人才专业能力不足

变电一次设备状态检修工作融合多种新型技术，该工作对一线运维人员的专业素质和实操能力都有着一定要求。当前电网设备智能化升级速度较快，基层运维人员的技术水平普遍无法适配升级后的运维工作标准。运维人员普遍熟悉传统检修手段，对新型监测设备和数据分析平台的操作掌握程度不足[3]。工作人员仅可以完成基础的数据查看工作，无法结合数据变化判断设备潜在问题，也不能根据设备实际运行情况调整相关监测参数与评估标准。电力企业目前的培训机制还存在一定不足，培训内容更新速度较慢，实操类教学内容占比偏低，运维人员的专业技能难以得到有效提升，企业整体运维团队的技术水平，也就无法满足智能化状态检修的日常工作需求。

2.4 设备运维管理机制不健全

电力企业落实状态检修工作需要配套的管理制度作为支撑，目前不少企业仍沿用传统检修的管理模式，没有搭建适配智能化运维的标准化管理体系。企业在岗位权责划分、作业流程规范、绩效考核制度等方面都存在一定漏洞，设备监测、数据整理、状态评估以及检修复核等工作环节，都缺少统一的执行标准，各岗位工作衔接会出现较多问题，整体运维工作难以形成完整闭环。多数企业更加重视智能设备的引进部署，却忽视了后期的日常管理维护工作，设备校准、系统维护和数据复盘工作缺乏常态化安排，设备长期运行后会出现精度偏差、数据失效等问题，状态检修的实际应用价值也就难以正常发挥。

3 变电一次设备状态检修技术优化应用策略

3.1 完善数据采集体系

电力企业需要对变电站内部的监测设备进行全面升级改造，工作人员可以先对老旧设备开展整体排查工作，及时更换精度不足、运行稳定性较差的监测装置，普遍适配抗干扰能力更强、运行性能更稳定的智能传感设备。这类设备可以适应复杂的现场运行环境，能够有效提升设备数据采集的整体精准度。工作人员还需要对现有监测点位进行合理优化，结合各类一次设备的结构特征与故障多发位置补充监测点位，能够有效消除监测工作存在的盲区，实现设备运行状态的全面监测[4]。相关单位需要统一监测数据的采集、传输及存储规范，对不同设备的数据格式进行统一规整，搭建综合性的数据共享平台。平台可以汇总各类变电设备的运行数据，方便工作人员开展集中分析工作。企业还可以建立配套的数据处理机制，对采集到的运行数据进行筛选与校准，剔除存在偏差的异常数据，补齐缺失的有效数据，以此保障设备监测数据的真实性与完整性，为后续设备状态评估和故障诊断工作提供稳定的数据支撑。

3.2 健全标准化状态评估体系

电力行业需要针对变电设备检修工作制定统一的评估标准，相关标准可以参照国内主流电网运维管理规范进行编制，工作人员需要结合各类一次设备的运行参数、工作特点以及故障发生规律，明确设备不同运行状态的判定条件和数值范围，同时划分不同风险隐患对应的处理要求。这种统一的标准可以改善以往评估规则不统一、人工判断主观性较强的问题，能让设备状态评估工作更加规范有序。行业也需要对传统的参数评估方式进行调整，工作人员可以建立多维度的智能评估模型，模型需要纳入设备实时运行数据、使用年限、工作环境、负荷波动情况以及过往故障和检修资料等多项内容。多维度的分析模式可以更加全面地判断设备运行状态，降低评估偏差。工作人员可以依托大数据技术持续积累设备运行相关数据，不断调整和优化模型算法，以此提升系统对各类隐蔽故障和复合故障的识别能力，稳步提升设备状态评估工作的整体质量。

3.3 强化人才队伍建设

电力企业需要持续推进运维人才队伍的建设工作，企业可以结合状态检修技术的发展趋势和岗位实际工作需求，制定长期且系统的人员培训方案。企业可以定期组织相关培训工作，培训内容主要涵盖智能监测设备操作、数据信息分析、故障风险研判以及智能系统日常运维等相关内容，着重提升在岗运维人员的实操能力和综合判断水平。培训工作需要兼顾理论教学与实操训练，规避形式化的培训模式，切实提升整体培训效果。企业还需要搭建完善的人才培养与考核激励体系，依托内部资深技术人员开展结对帮扶工作，助力基层运维人员积累工作经验、提升技术水平。企业可以将状态检修工作质量、故障预判准确率及隐患处置效率等内容纳入绩效考核范围，充分调动工作人员的工作主动性与学习积极性。同时，企业可以适度引进数字化、智能化专业技术人才，优化现有人才队伍结构，为状态检修技术的迭代应用提供稳定的人才保障。

3.4 完善运维管理机制

电力企业需要结合状态检修的工作特征，重新搭建适配智能运维模式的管理制度体系，企业需要明确数据监测、状态评估、故障预警、检修执行、隐患复核以及数据归档等各个环节的工作标准与岗位责任，统一整体作业流程，让设备运维、故障处理和复盘优化工作可以形成完整的管理闭环[5]。这套管理模式能够减少岗位衔接漏洞，规避责任落实不到位和检修不彻底的问题，可以稳步提升状态检修工作的规范化程度。企业同时需要建立常态化的设备运维机制，工作人员需要定期对传感监测设备、数据传输系统和智能评估平台开展维护、检修与校准工作，保障各类系统设备可以长期稳定运行。企业可以定期整理分析设备运行数据，总结设备运行规律与故障特征，持续优化现有检修策略。企业还需要建立对应的应急管理制度，针对设备运行过程中出现的异常情况制定标准处置流程，及时处理设备运行隐患，有效维护电力系统的整体运行稳定性。

结束语

综上所述，变电一次设备状态检修是电力系统运维工作的重要发展方向，能够有效弥补传统检修模式存在的各类短板。现阶段状态检修技术在实际应用中，仍存在设备监测、体系建设、人员能力及管理制度等方面的问题。落实各项优化改进措施，可以规范设备检测流程，提升状态评估的准确性，完善电力运维管理体系。持续优化状态检修技术，能够稳步提升变电设备运行稳定性，保障电网供电工作有序开展，助力电力行业运维工作的标准化与智能化发展。

参考文献

[1]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.

[2]张博睿,孙宸.电力系统电气二次设备检修技术研究[J].电力设备管理,2026(2):38-40.

[3]张涛,石兴瑞,朱鸿儒,张钰,谢文波.基于云计算的电力系统变电一次设备状态检修系统[J].电气技术与经济,2025(3):202-204+207.

[4]张俊双.电力系统变电一次设备故障诊断与检修技术研究[J].中国设备工程,2025(23):159-161.

[5]王大伟.变电站一次设备运行维护与检修技术探析[J].电力设备管理,2026(2):17-19.