

变电设备状态检修分析

李维田

国网内蒙古东部电力有限公司通辽供电公司 内蒙古 通辽 028000

摘要：变电设备状态检修是确保电力系统稳定运行的关键环节。本文分析了变电设备状态检修的主要技术，包括可靠性评估、传感与监测、数据处理与分析及抗干扰技术。同时探讨了变压器、断路器和GIS设备的状态检修应用。针对优化策略，提出了完善监测体系、加强数据管理、优化检修计划及加强人员培训等措施，旨在提升变电设备状态检修的准确性和效率，确保电力系统的安全稳定运行。

关键词：变电设备；状态检修；技术；应用；优化策略

引言

随着电力系统的不断发展，变电设备的安全稳定运行变得愈发重要。状态检修作为一种先进的设备维护策略，通过实时监测和分析设备状态，能够及时发现并处理潜在故障，避免重大事故的发生。本文旨在深入探讨变电设备状态检修的技术、应用及优化策略，为电力系统的安全高效运行提供理论支持和实践指导。

1 变电设备状态检修的主要技术

1.1 可靠性评估技术

变电设备状态检修的核心技术之一是可靠性评估，它在确保设备维护的精准高效与电力系统稳定运行方面扮演着至关重要的角色。这项技术基于设备运行状态的持续监测数据，如振动、温度、电流、电压等关键参数，通过一系列科学方法对这些数据进行量化分析和评估，以构建设备寿命模型。该模型综合考虑了设备的结构、材料、运行环境及历史维修记录等因素，能够准确预测设备的剩余寿命和潜在故障点。在变电设备状态检修中，可靠性评估技术不仅有助于及时发现设备的异常状态和潜在故障，为技术人员迅速定位故障点提供支持，还能为检修计划的制定提供科学依据，确保检修工作更加合理高效，避免资源浪费。

1.2 传感与监测技术

传感与监测技术借助先进的传感器，精确地将设备的温度、振动、电流等关键运行参数转化为可量化的电信号或数字信号，并通过专业的监测设备实时采集和记录这些信号。传感器敏锐地捕捉设备运行中的微小变化，为技术人员提供了及时且准确的预警信息。而监测设备则持续稳定地收集传感器输出的信号，并利用内置的分析算法对信号进行初步处理，为技术人员快速了解设备运行状态和后续故障诊断提供了重要的线索和依据。传感与监测技术还具备高度的灵活性和可扩展性，

能随着设备类型和运行环境的不断变化，根据实际需求灵活调整传感器的类型和数量，以及监测设备的配置和参数，确保技术能够适应各种复杂多变的设备状态检修场景。这一技术不仅显著提升了检修工作的效率和准确性，还有效降低了因设备故障引发的停电风险和维修成本，通过实时监测设备的运行状态和参数变化，技术人员能够迅速发现并处理潜在故障，防止故障进一步恶化和扩大，同时这些数据也为设备的预防性维护和优化运行策略的制定提供了有力的支持。

1.3 数据处理与分析技术

数据处理与分析技术在变电设备状态检修中处于核心地位，它深度挖掘并精准解读监测数据，通过一系列复杂精细的处理流程，将海量数据转化为对设备运行状态的深刻洞察，从而实现故障诊断与预测。在实践操作中，该技术首先会对从传感器和监测设备获取的原始数据进行预处理，包括数据清洗、去噪、滤波等，确保数据的准确性和可靠性。随后采用时域分析、频域分析、小波变换等先进方法，对预处理后的数据进行深入剖析。时域分析关注数据随时间的变化，揭示设备动态特性；频域分析利用傅里叶变换等手段，将数据从时间域转换到频率域，发现数据中的周期性或频率成分，对识别设备振动特性尤为关键；小波变换则在不同尺度上捕捉数据的局部特征，对处理非平稳和突变信号具有独特优势。随着人工智能技术的快速发展，神经网络等机器学习算法也被应用于数据处理与分析中，通过模拟人脑学习过程，训练大量样本数据，自动提取设备故障特征，实现故障自动识别与分类，不仅提高了故障诊断的准确性和效率，还能预测设备未来故障趋势，为预防性维护提供科学依据^[1]。

1.4 抗干扰技术

变电设备常处于复杂的电磁环境中，这些电磁场可

能源自设备本身或外部环境中的多种电磁源，对监测设备构成显著干扰，导致监测数据失真或误报，所以为确保监测数据的精确无误，必须采取一系列有效的抗干扰措施。滤波技术是其中的关键一环，通过在监测电路中巧妙设置滤波器，能够精准滤除不属于设备正常运行信号的高频噪声及干扰信号，显著提升数据的信噪比，滤波器可根据实际需求灵活设计为低通、高通、带通或带阻等类型，以应对不同频率范围的干扰。屏蔽技术同样至关重要，它利用导电材料如金属板或金属网构建封闭空间，有效隔绝监测设备与外部电磁场的直接接触，确保监测数据免受外部干扰的污染，屏蔽体的设计需综合考虑电磁场分布、频率特性及设备尺寸形状等因素。接地技术也是不可或缺的抗干扰手段，良好的接地系统能迅速将设备静电荷导入大地，防止静电积累引发干扰，并提供低阻抗路径使干扰电流顺畅流入大地，保障监测电路正常工作，接地技术的实施需严格遵循电气安全规范，确保接地电阻达标。

2 变电设备状态检修的应用

2.1 变压器状态检修

变压器作为电力系统的核心组件，其稳定运行是确保整个电力系统安全与稳定的关键，所以变压器状态检修在维护电力系统正常运行中起着举足轻重的作用。这一检修过程主要包括油中气体分析、局部放电监测以及绕组变形监测三大核心环节，它们共同构建起变压器故障诊断与预防维护的坚固体系。在油中气体分析中，通过对变压器绝缘油中溶解气体的成分和含量进行精确分析，能够及时发现变压器内部可能存在的故障或异常，为故障的早期预警和精准定位提供重要依据。局部放电监测则通过捕捉变压器内部的局部放电信号，利用声学、光学和化学等多种检测方法，从不同角度获取局部放电的特征信息，及时发现并处理潜在的故障点。绕组变形监测利用频率响应分析法和短路阻抗法等手段，对变压器绕组的电气特性进行精确测量和分析，及时发现绕组变形等异常情况，为变压器的维修和更换提供科学指导。

2.2 断路器状态检修

断路器的运行状态对整个电网的安全稳定至关重要，所以断路器状态检修成为保障电力系统可靠运行的关键环节。这一检修过程主要包括机械特性监测与电气性能监测两大方面，共同构成了断路器故障诊断与预防性维护的完整体系。在机械特性监测中，断路器的分合闸时间、分合闸速度及同期性等参数是衡量其机械性能的重要指标，这些参数的准确监测能够及时发现潜在的

机械故障或磨损，如分合闸时间延长、速度减慢等，可能预示着机械部件的磨损、卡涩或润滑不良，需及时调整和维护以确保其稳定可靠。电气性能监测也至关重要，它关注断路器的触头磨损情况、电气回路完整性等参数，这些参数直接影响断路器的开关能力和保护效果。通过对触头磨损、电气回路接触及绝缘性能的持续监测，能够及时发现电气性能方面的异常，为断路器的及时维修和更换提供科学依据，确保断路器的正常动作和可靠保护。

2.3 GIS设备状态检修

GIS (Gas Insulated Substation) 设备作为电力系统中结构紧凑、占地面积小且运行可靠的高压开关设备，在电力行业享有广泛应用。为确保其持续稳定运行，GIS设备状态检修显得尤为重要，主要包括气体监测、电寿命监测及机械特性监测三大核心方面。气体监测通过实时关注SF₆气体的压力、湿度和泄漏量等关键参数，能够敏锐捕捉GIS设备可能存在的密封故障或绝缘缺陷，需及时修复以防故障升级。电寿命监测则依据GIS设备开断电流的次数和波形，以及触头磨损状况，精确评估设备电寿命剩余量，一旦接近或超出规定开断次数，即表明电寿命接近极限，需进行必要的维修或更换。机械特性监测同样关键，通过监测分合闸时间、速度等参数，及时发现机械部件磨损、卡涩或润滑不良等问题，这些问题若被忽视，将严重影响GIS设备的动作精度和使用寿命^[2]。

3 变电设备状态检修的优化策略

3.1 完善监测体系

在电力系统中，变电设备的运行状态直接关乎整个电网的安全稳定与高效供电，所以优化变电设备状态检修策略，确保检修工作的高准确性与可靠性，是维系电力系统顺畅运行的关键所在。首要且至关重要的任务是完善监测体系，这不仅局限于监测点数量的简单增加，更在于确保每个监测点都能精确反映设备真实运行状态的科学布局。通过精心规划的监测点网络，能够全面捕捉变电设备运行中的各种细微动态，为后续故障分析与预测提供详尽的数据基准。在监测参数的选择上，需兼顾全面性与精准性，既要涵盖电流、电压、温度等常规指标，也要针对设备特性及运行环境，增设如振动、绝缘电阻、局部放电等特殊参数的监测，这些参数往往能提前揭示设备内部潜在缺陷或故障迹象，为检修工作提供前瞻指引。但数据的全面性仅是基础，关键在于如何高效处理与分析这些数据，需要运用先进算法和技术手段，对海量监测数据进行深度挖掘与智能分析，从中提炼出有价值的信息，以精准评估设备健康状况，及时发

现并预警潜在故障，进而采取有效预防措施。

3.2 加强数据管理

在变电设备状态检修这一复杂流程中，数据管理发挥着举足轻重的作用，状态检修工作涵盖了设备的温度、振动、电流、电压、绝缘性能等一系列关键指标的监测，以及这些指标随时间变化的详细记录，由此产生的数据量庞大且复杂。这些数据不仅是评估设备健康状况、预测潜在故障的核心依据，也是制定维护策略、进行决策支持的重要基础。所以构建一个高效、安全、易访问的数据管理体系至关重要。这一体系应以建立完善的数据库为基础，该数据库须具备分类存储各类监测数据及其处理结果的能力，确保数据条理清晰、易于检索。原始监测数据可存储为时间序列数据，便于趋势分析和异常检测；而算法处理后的数据，则应存储为结构化数据，便于后续统计分析 & 报告生成。数据库设计需兼顾数据的冗余性和一致性，以保障数据的准确性和完整性。

3.3 优化检修计划

在变电设备状态检修的实践中，优化检修计划确保了检修工作的高效、经济与精准执行，这一优化过程深植于对设备实际运行状况和潜在风险的深入理解，同时紧密结合了先进的监测技术和故障诊断方法。通过在线监测、远程监控和智能诊断系统等先进手段，实时采集设备的关键运行参数，并运用数据分析、特征提取和故障诊断算法，及时发现设备的异常状态和潜在故障，为制定针对性的检修计划提供了坚实的数据支撑。基于此，检修人员能够灵活调整检修周期和项目，对运行状态良好的设备适当延长检修间隔，减少不必要的停机时间，而对存在潜在故障的设备则迅速安排检修，防止故障恶化，从而确保电网的安全稳定运行。优化检修计划还需充分考虑检修资源的有效配置，包括人力、物力、财力的投入以及检修人员的专业技能和工作经验，通过合

理安排检修任务、识别常见故障模式和检修需求、提前准备检修材料和工具、加强培训和技术交流等措施，提升检修工作的质量和效率^[1]。

3.4 加强人员培训

鉴于状态检修技术的复杂性和对精准度的严格要求，加强人员培训、提升团队的专业素质和技能水平显得尤为迫切。培训内容的设定需全面覆盖，从状态检修的基础理论知识，如设备状态监测的基本原理、数据分析的方法论、故障诊断的科学依据，到实践操作技能的掌握，包括高精尖监测仪器和系统的安装、调试、校准及故障排除技巧，每一环节都不可或缺。通过这些学习，学员不仅能建立起对状态检修工作的系统性认识，还能熟练掌握监测设备的操作与维护，为后续的实践操作打下坚实基础。故障诊断的方法和技巧也是培训的核心，要求学员掌握基本故障诊断理论，并学会运用先进的诊断技术和工具进行智能化故障分析与预测，通过案例分析、模拟演练等方式，增强实际操作能力和应急处理水平，确保在面对复杂多变的设备故障时，能迅速做出正确判断，有效缩短故障修复时间，减少经济损失。

结语

综上所述，变电设备状态检修对于电力系统的稳定运行具有重要意义，通过不断完善监测体系、加强数据管理、优化检修计划及提升人员专业素质，可以有效提升变电设备状态检修的准确性和效率，为电力系统的安全高效运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]张继敏,郑合欢.变电站设备状态检修方法研究[J].办公自动化,2024,29(21):88-90.
- [2]吴逸哲,汪志成,张斌,等.变电设备健康状态监测系统设计[J].仪表技术,2024(2):18-21,46.
- [3]胡皓杰.变电运行与变电设备状态检修研究[J].电力设备管理,2022(11):11-13.