

Optimization of Operation and Maintenance Management in Unmanned Substation Mode

Hongyue Peng

Xinglongtai Power Supply Work Area of Liaohe Oilfield New Energy Division, Panjin, Liaoning, 124010, China

Abstract

With the expansion of the power grid scale and the promotion of smart grid construction, the operation and management of substations are shifting from traditional on-site duty to unmanned, centralized monitoring, and remote operation and maintenance modes. This transformation has improved resource allocation efficiency, reduced labor costs, and enhanced the level of intensive operation and management. However, the unmanned mode places higher demands on equipment reliability, information transmission stability, timely handling of anomalies, and operational coordination capabilities. At present, some substations still face problems such as insufficient application of monitoring data, incomplete perception of equipment status, unsmooth operation and maintenance response chain, and insufficient connection between system implementation and technical support in promoting unmanned operation. To this end, the article suggests that efforts should be made to coordinate the construction of technology platforms, equipment status management, on-site operation mechanisms, risk warning systems, and personnel capability transformation to promote the development of substation operation and maintenance management towards intelligence, refinement, and high reliability.

Keywords

substation; unmanned operation; operation and maintenance management; centralized monitoring; condition based maintenance; intelligent operation and maintenance

变电站无人值守模式下的运维管理优化

彭红月

辽河油田新能源事业部兴隆台供电工区, 中国·辽宁 盘锦 124010

摘要

随着电网规模的扩展和智能电网建设的推进, 变电站运行管理正在由传统驻站值守转向无人值守、集中监控和远程运维模式。这种转型提升了资源配置效率、降低了人工成本, 并增强了运行管理的集约化水平。然而, 无人值守模式对设备可靠性、信息传输稳定性、异常处理及时性和运维协同能力提出了更高要求。目前, 一些变电站在推进无人值守过程中, 仍面临监控数据应用不足、设备状态感知不全、运维响应链条不顺畅、制度执行与技术支撑衔接不足等问题。为此, 文章建议应从技术平台建设、设备状态管理、现场作业机制、风险预警体系和人员能力转型等方面协同发力, 推动变电站运维管理向智能化、精细化和高可靠方向发展。

关键词

变电站; 无人值守; 运维管理; 集中监控; 状态检修; 智能化运维

1 引言

变电站作为电力系统中连接电源、电网与用户的重要枢纽, 其运行安全性和管理有效性直接影响供电质量与电网稳定。传统变电站管理模式以现场值班、人工巡检和分散处置为主, 虽具有一定直观性, 但在电网规模扩大、站点数量增加和运行要求提升的背景下, 已难以满足现代电力系统高效率、高可靠和低成本运维需求。无人值守模式的推广, 推动变电站管理由“人员驻守”向“系统监控、远程判断、现场处置”转变, 也促使运维体系从粗放型管理迈向数据驱动

和协同联动。如何在减少现场常驻人员的前提下, 确保设备安全、故障可控和处置及时, 成为当前变电站管理优化的重要课题。

2 变电站无人值守模式的内涵与运维转型基础

2.1 无人值守模式的基本内涵

变电站无人值守并非完全脱离人工管理, 而是在自动化系统、远程通信系统、视频监控系统和综合信息平台支撑下, 将传统现场值班模式转变为集中监控、远程操作、定期巡视和应急到场相结合的新型管理方式。在这一模式下, 变电站日常运行信息通过监控后台实时采集与传输, 运维人员主要依托集控中心掌握设备状态、分析运行参数并实施远程管理, 现场人员则更多承担检修消缺、异常核查、倒闸配合

【作者简介】彭红月(1979-), 女, 中国辽宁盘锦人, 本科, 助理工程师, 从事电气工程研究。

和应急处置等任务。其本质并不是简单减少人员数量，而是通过技术替代和流程重构实现管理方式升级，从而提高运维组织效率和资源利用水平。

2.2 无人值守模式形成的现实背景

电网企业在长期发展过程中，变电站数量快速增长，传统“一站一班”或“多站分散值守”的管理方式在人力成本、管理半径和运行效率方面逐渐暴露出局限。与此同时，变电站自动化、综合在线监测、智能巡检和通信网络技术不断成熟，为无人值守模式提供了技术前提。尤其在智能电网建设背景下，设备状态信息获取手段更加丰富，集中监控平台功能不断增强，站端控制与后台管理之间的联动更加紧密，使运维组织由现场主导逐步向中心主导转变。此外，企业在提质增效和安全生产双重要求下，也迫切需要构建更加集约、规范和高效的变电站运行体系，这进一步推动了无人值守模式的广泛应用。

2.3 无人值守对运维管理提出的新要求

无人值守模式改变了传统运维的空间布局和职责结构，也对管理能力提出了更高标准。其一，监控系统必须具备良好的实时性、准确性和稳定性，确保后台所获取的信息能够真实反映现场运行状态。其二，设备管理不能停留在故障后处理层面，而应向状态感知、趋势判断和预防干预延伸。其三，异常处置链条必须更加清晰，从告警识别、信息研判到现场到位和问题闭环都需要形成快速响应机制。其四，运维人员能力结构需要调整，不仅要掌握现场设备知识，还要具备系统分析、数据判断和协同调度能力。由此可见，无人值守并不意味着管理负担减轻，而是意味着管理要求更加系统和精细。

3 无人值守模式下变电站运维管理面临的主要问题

3.1 设备状态掌握不全面，隐患识别存在滞后

在部分变电站的无人值守实践中，虽然已配置自动化监控和基础在线监测装置，但状态数据的采集仍存在覆盖不均、精度不足和关联性不强等问题。部分关键设备的运行信息仍以周期性人工巡视为主，后台虽能看到基础参数，却难以准确识别设备劣化趋势和早期异常征兆。对于变压器、断路器、隔离开关、保护装置及二次系统等核心设备而言，若仅依赖静态阈值告警，往往难以及时发现温升异常、机械动作迟缓、绝缘性能下降等潜在风险。隐患识别滞后会削弱无人值守模式下的风险防控能力，使管理从“主动预防”退回到“被动响应”。

3.2 远程监控与现场处置衔接不畅

无人值守模式下，集控中心和现场运维班组的协同效率决定了故障处理质量。现实中，一些单位存在职责边界模糊、信息传递链条较长和应急调度机制不完善等问题。监控人员在发现异常后，若缺少清晰的研判规则和处置权限，容易出现告警堆积、判断迟缓或上报层级过多等情况。现场班

组在接到通知后，又可能因站点分散、路程较远、到位条件受限等因素影响处置时效。若远程监控与现场执行之间缺乏统一标准和高效联动，轻则延误缺陷消除，重则可能扩大设备异常影响范围，不利于保障供电连续性。

3.3 管理制度与技术应用存在脱节

一些变电站在推进无人值守时，更重视系统建设和设备投入，却对配套制度优化关注不足，导致技术升级未能真正转化为管理优势。比如，部分监控平台功能较为完善，但告警分级标准、远方操作审批流程、异常复核制度和巡视计划编制仍沿用传统方式，缺少与新模式相适应的管理机制。还有一些单位对视频巡检、机器人巡检、在线监测等技术手段的使用停留在“能看见”“能接入”层面，尚未形成标准化的数据分析和应用闭环。制度与技术不同步，会造成信息资源浪费，也会影响无人值守模式下管理效能的充分释放。

4 变电站无人值守模式下运维管理优化的关键方向

4.1 由例行巡检向状态感知型管理转变

无人值守模式下，运维管理的优化关键在于从传统的定期、固定路线巡检向更加精确和智能化的状态感知型管理转变。这种转变依赖于设备的实时监测与风险识别，通过综合利用在线监测、历史数据比对、异常趋势分析和设备缺陷画像等技术手段，增强对设备健康状况的判断能力。状态感知型管理的核心在于建立一个分层分类的监测体系，覆盖一次设备、二次设备、辅助设施及通信系统，使得设备的运行状态能够被实时感知。通过精确的状态感知，可以减少不必要的巡检，降低重复性工作带来的资源浪费。同时，监测系统能够更早地发现潜在问题，实现“按需运维”，即在设备出现问题之前就采取干预措施，确保运维管理的高效性与及时性。这一转变不仅提升了设备管理的精准性，也确保了维修计划的合理安排与资源的有效利用。

4.2 由分散处置向协同联动型管理转变

在无人值守模式下，单纯依赖某一环节独立完成运维任务已无法适应变电站日益复杂的运行需求。为此，必须建立更加高效的协同联动型管理机制，促进集控中心、运维班组、检修人员、技术管理人员及应急保障力量之间的紧密合作。每当发生异常时，应按照设备类别、风险等级和业务性质迅速匹配响应路径，确保监控研判、工单派发、现场核查和结果反馈形成一个闭环。协同联动型管理不仅要求各部门间的信息共享与沟通，也要求流程和组织结构的高度协调。通过打破传统中心与现场、监测与检修、技术与管理之间的壁垒，确保信息流畅传递和迅速响应，从而提升整体运维效能。这种模式有助于及时有效地处理各种突发情况，确保变电站的稳定运行。

4.3 由经验判断向数据驱动型管理转变

传统变电站运维依赖于工作人员的经验判断，而无人值守模式下，大量的设备运行数据为管理优化提供了强有力

的支持。通过深入挖掘设备运行曲线、保护动作记录、缺陷台账、检修历史及环境参数等数据，变电站能够建立多维度的数据分析机制。数据驱动型管理通过分析历史数据和实时数据，能够识别重复性故障、季节性风险和设备薄弱环节，从而制定出更为科学的运维策略。与单纯依赖经验的传统管理方式相比，数据驱动型管理通过精准的数据分析，使得运维决策更加客观、前瞻，减少人为因素的干扰，提升管理效率。在多站集中管理的背景下，数据分析有助于总结单站问题中的共性规律，为运维策略调整和资源配置提供更可靠的支撑，推动管理的智能化与精准化。

5 变电站无人值守模式下运维管理的优化路径

5.1 完善智能监控平台建设，提升运行信息可视化水平

优化无人值守运维管理的基础是构建完善的技术平台，确保信息流畅、高效、准确。变电站的监控平台应实现“看得清、传得稳、判得准、调得动”的目标，进一步提升运维信息的可视化水平。首先，需要通过加强变电站自动化系统、视频监控系统、环境监测系统和综合数据平台的接口联通，消除信息孤岛，确保各系统之间的实时数据传输与共享。监控平台不仅要具备实时显示和远程控制功能，还应具备更高层次的智能能力，如异常趋势提醒、重点设备画像、历史数据追溯和多源信息的关联分析功能。在异常告警的管理上，应对信息进行分级分类，避免无关紧要的告警占用过多资源并干扰决策判断。通过提升信息的完整性和可视化程度，监控平台能够更加准确地反映现场运行状态，为后台决策和应急处理提供有力支持。此举不仅增强了现场情况的把握能力，还大幅提升了远程诊断和预警反应的效率，从而为无人值守模式下的管理提供了坚实的技术支撑。

5.2 健全现场运维响应机制，增强异常处置时效性

虽然变电站实现了无人值守，但现场运维依然是保障系统正常运行的关键环节。无人值守模式下，现场运维的响应效率与规范性尤为重要。应结合变电站的站点分布、交通条件和设备重要性，优化运维班组的布点与责任划分，确保站点的覆盖范围合理且响应迅速。在异常处置流程的管理上，应建立明确的规范，针对不同级别的风险，设定清晰的到场时限、核查重点、复电原则及信息反馈要求。这种明确的流程能够有效减少现场应急响应的时间，确保监控指令能够快速、精准地转化为实际操作。对于一些常见的设备故障和典型的异常情况，可提前制定标准化处置方案和操作指引，减少因现场人员判断不准确而可能导致的处理延误。通

过建立快速反应机制和规范化的操作流程，能够弥补无人值守模式下现场人员不常驻所带来的管理空白。与此同时，提升现场运维人员的执行力和响应速度，将为异常情况的及时处置提供保障，确保变电站运行的连续性和稳定性。

5.3 推进人员能力转型与制度协同优化，构建长效运维体系

无人值守模式下，人员能力的提升与制度的协同优化是成功实施的关键。运维人员不再仅仅是传统的现场巡视员，他们的角色需要向复合型管理者转变。这一转型要求运维人员不仅需要对一次、二次设备的结构与运行逻辑有深刻了解，还需具备远程监控、数据分析、异常沟通及应急组织等多方面的能力。为此，企业应制定针对性的培训方案，帮助运维人员熟悉智能监测工具、远程控制系统和状态检修理念，提升他们对新技术的理解和应用能力。在此基础上，还应同步修订现有的巡视制度、缺陷管理制度、应急管理制度以及远方操作规范，确保制度与技术手段相辅相成，形成完整的运维体系。制度设计要能够与变电站无人值守模式下的技术平台无缝衔接，确保技术应用的有效执行。

6 结语

变电站无人值守是电力系统运行管理现代化发展的重要方向，也是提升电网资源配置效率和运维集约化水平的现实选择。该模式在带来管理方式革新的同时，也使设备状态掌握、异常快速处置、系统平台支撑和人员能力转型等问题更加突出。要实现无人值守条件下的安全稳定运行，不能将其理解为简单减员或单一技术替代，而应将其作为运维体系整体重构的重要契机。未来，应坚持技术建设、流程优化、制度完善和人才培养同步推进，持续提升状态感知能力、协同响应能力和风险预控能力，推动变电站运维管理向更加智能、高效和可靠的方向不断迈进。

参考文献

- [1] 曹畅.提升无人值守变电站运维管理成效探究[J].科技视界,2016,(19):253.
- [2] 曹旌,马钢.变电站无人值守模式下的事故应急管理[J].中国电力企业管理,2015,(21):58-59.
- [3] 陈晨.500kV变电站无人值守运维管理问题及解决策略[J].通讯世界,2019,26(09):250-251.
- [4] 金月.无人值守变电站运维一体化管理研究[J].智慧城市,2022,8(10):68-70.
- [5] 赵德君.浅谈无人值守变电站的运维管理技术[J].化工管理,2019,(20):130.