

基于智能巡检技术的变电运维效率提升研究

刘铁磊 申 涛 张 庆 黎家成

国网湖北省电力有限公司随州供电公司 湖北 随州 441300

摘 要：传统变电运维巡检模式依赖人工实操，存在巡检盲区多、数据采集精度低、状态研判滞后等固有短板，难以适配电力系统规模化、精细化运行的发展需求。本文以变电运维效率优化为核心切入点，探究智能巡检技术的应用逻辑与适配路径，剖析传统运维模式的核心痛点，梳理智能巡检体系的技术架构与应用优势，针对性提出运维流程优化、技术融合、体系升级的实施策略，为变电运维提质增效提供技术参考与理论支撑。

关键词：智能巡检；变电运维；设备状态；运维效率；精细化管理

引言：电力变电系统作为电网平稳运行的核心枢纽，设备运维的整体质量与作业效率，会对电网供电的稳定程度产生直接影响。电网架构的持续扩建，变电设备的整体规模也在不断扩大，传统人工巡检的诸多问题随之显现，其作业时效、检测精度和覆盖范围，已经难以适配当下变电运维的发展标准。智能巡检依托数字化、智能化手段革新运维方式，可实时感知设备状态、判断运行隐患、完成运维处理，能够有效改善运维短板，本文针对该技术的实际应用价值与优化路径开展相关研究。

1 传统变电运维巡检模式及核心短板

现阶段常规变电运维巡检工作以人工现场排查、周期性定点检测为核心模式，整体运维流程固化、技术手段单一，适配现代化电网运行场景的能力严重不足。在巡检作业层面，人工巡检主要依靠运维人员实操经验完成设备外观观测、基础参数记录与隐患排查，巡检质量高度依赖人员专业素养、工作状态及实操经验，主观误差较大，极易出现设备细微缺陷、隐蔽性故障漏检、误检问题。在数据管控层面，人工巡检数据以纸质记录、人工录入为主，数据更新滞后、存储零散，无法形成连续完整的设备状态数据链条，难以支撑设备状态的动态分析与趋势研判。在运维效率层面，周期性固定巡检模式缺乏灵活性，对运行状态稳定的设备重复巡检、高风险关键设备巡检不足的问题普遍存在，无效运维工作量大，隐患处置滞后，整体运维资源利用率偏低，严重制约变电运维体系的精细化、高效化发展^[1]。

2 智能巡检技术体系及运维适配优势

2.1 智能巡检技术核心架构

智能巡检技术整体架构分为数据感知层、传输交互

层、智能分析层与运维应用层四个核心模块，各模块协同联动形成完整的智能化巡检闭环。数据感知层为前端核心单元，依托高清采集设备、红外感知设备、状态传感器等硬件，全方位采集变电设备温度、外观状态、运行参数、环境数据等多维信息，实现巡检数据的全天候、全覆盖采集。传输交互层依托专用网络通道，完成前端采集数据的实时传输与加密交互，保障数据传输的时效性与安全性，规避数据延迟、丢失、失真等问题。智能分析层依托大数据算法、图像识别模型、状态研判模型，对采集的海量数据进行分类梳理、对比分析与智能研判，精准识别设备异常状态与潜在故障隐患。运维应用层聚焦运维实操需求，实现异常预警、数据归档、状态溯源、运维调度等功能落地，为运维决策提供直观、精准的数据支撑。

2.2 巡检作业标准化，规避人工误差

传统人工巡检无统一的作业标准，不同运维人员的巡检范围、观测维度、判断标准存在明显差异，巡检工作随机性较强。智能巡检技术依托预设的运维标准与巡检程序开展作业，能够严格按照既定巡检路线、检测维度、参数阈值完成全流程作业，彻底规避人工操作带来的主观误差。该模式可实现变电设备全覆盖、无死角巡检，有效解决人工巡检中漏检、少检、重复检等问题，让巡检作业流程、检测标准、研判依据全部标准化，大幅提升巡检工作的规范性与可信度^[2]。

2.3 数据采集精准化，支撑动态研判

智能巡检配套硬件设备拥有较高的数据采集精度，能够有效捕捉变电设备运行过程中的微小参数波动，也可以识别设备温升异常、零件老化、触点接触不佳、仪表数值偏差等不易被人工发现的隐性故障。对比人工肉

眼观测、粗略记录的作业方式,智能设备采集的多维数据更为连续、准确、全面,能够搭建起设备全周期的运行数据链条;这套数据体系可以用来动态跟踪设备运行状态,分析设备运行变化趋势,打破了传统运维事后排查、被动处理的固有模式,也能让变电运维逐步从事后治理,转变为提前预判隐患的作业形式。

2.4 运维管控高效化,优化资源配置

智能巡检技术可自主完成常态化巡检作业,大幅减少人工现场值守、重复排查的工作量,有效释放运维人力成本,让运维人员从基础性、重复性巡检工作中脱离,聚焦设备故障处置、技术优化、系统运维等核心工作。同时,智能系统可根据设备运行状态动态调整巡检频次与巡检重点,对高负荷、高风险设备强化巡检力度,对稳态运行设备简化巡检流程,摒弃传统一刀切的周期性巡检模式,大幅减少无效运维工作,优化人力、设备、时间等运维资源配置,显著提升整体运维工作效率。

3 基于智能巡检技术的变电运维效率提升优化策略

3.1 深化多技术融合,完善智能巡检作业体系

单一类型的智能巡检设备和技术,会存在一定的场景适用局限,很难完全满足变电设备复杂多样的现场巡检需求,也会在一定程度上限制整体运维工作效率的提升。所以,各类智能化技术的深度融合,能够搭建出覆盖面更广、检测精度更高的一体化巡检体系,有效弥补单一技术应用存在的不足。图像识别技术可以和红外感知技术相互结合,用来同步完成设备外观检查与内部运行状态分析;这项组合技术,能够检出设备外壳破损、构件松动、线路老化等表层问题,也可以依托温度场数据判断设备内部过热、绝缘性能异常等不易察觉的故障,实现设备全方位、无死角的状态检测。动态传感监测手段,也可与移动式定点巡检方式相互搭配,针对主变、断路器、隔离开关等核心变电设备,现场可以布置常态化传感设备,用来持续捕捉设备运行参数的动态变化,再配合智能巡检设备完成定期全覆盖检测,形成实时监测辅以定点复核的巡检模式,有效降低故障漏判、误判的概率。除此之外,不同的变电运维场景存在一定差异,室内开关柜、室外变电构架、高压作业区域的巡检条件各不相同,适对应应的巡检设备与检测方式,能够有效消除特殊场景的巡检盲区,提升智能巡检技术的场景适配能力与整体作业范围,为变电运维工作提质增效提供扎实的技术支撑^[3]。

3.2 重构运维作业流程,实现运维模式迭代升级

传统变电运维流程围绕人工巡检设计,流程繁琐、

环节冗余、响应滞后,与智能巡检技术的智能化、高效化作业特征不匹配,制约技术效能的充分发挥。需依托智能巡检技术特性,重构精简高效的现代化运维作业流程,推动运维模式迭代升级。一是优化巡检执行流程,取消人工现场逐一排查、纸质记录、人工数据录入等冗余环节,由智能巡检设备自主完成巡检、采集、传数、归档全流程工作,系统自动完成数据分类、异常标记、状态汇总,大幅缩短巡检作业周期。二是重构隐患处置流程,建立“智能预警-精准研判-分级处置-闭环复核”的全链条隐患处理机制,智能系统识别设备异常后自动发出预警信号,同步推送异常位置、参数偏差、风险等级等核心信息,运维人员无需现场排查即可精准定位问题,依据风险等级开展分级处置,大幅缩短隐患排查与处置时间。三是简化运维复盘流程,智能系统可自动留存所有巡检数据、异常记录、处置轨迹,实现运维工作全程可追溯,替代传统人工复盘、台账整理的繁琐工作,提升运维复盘与工作总结效率。通过全流程重构,彻底摒弃传统运维的冗余环节,实现巡检、研判、处置、复盘的全流程高效闭环。

3.3 挖掘数据赋能价值,构建精细化运维管控模式

数据是智能巡检运维体系的核心资源,充分挖掘巡检数据的潜在价值,是实现变电运维从粗放式管理向精细化管控转型、持续提升运维效率的关键。首先,搭建统一的变电运维数据整合平台,汇总各类智能巡检设备采集的运行参数、状态数据、异常记录、环境数据等多维信息,打破不同设备、不同场景的数据孤岛问题,实现运维数据的集中存储、统一管理 with 共享调用,为精准研判提供完整的数据支撑。其次,依托大数据分析技术开展设备状态趋势研判,通过对比设备历史运行数据、同期数据、标准阈值数据,精准捕捉设备运行状态的细微变化规律,预判设备老化、性能衰减、故障爆发的趋势,提前制定预防性运维方案,将运维工作前置,从根源上减少突发故障导致的运维工作量激增、设备停运等问题,提升运维工作的前瞻性与主动性。同时,基于数据统计分析实现运维工作精细化调度,通过分析不同设备、不同时间段的故障高发规律,动态优化巡检计划与运维资源分配,针对性强化薄弱环节、关键时段的运维管控,避免资源浪费与管控缺位,实现运维工作精准化、高效化落地,持续提升整体运维管控效能^[4]。

3.4 强化智能运维风险防控,保障高效运维稳定落地

智能化巡检运维模式虽然可以有效提升变电运维的整体工作效率,但这套新型作业模式也衍生出不少全新的运维风险,设备运行故障、采集数据错乱、系统研

判偏差等问题都较为常见,各类风险如果得不到有效管控,就会造成巡检数据失真、设备隐患漏查、智能系统停运等诸多问题,间接降低变电运维的质量与效率。对此,适配智能化运维场景的专属风险防控体系,需要被搭建完善,以此保障智能巡检运维工作可以平稳有序推进。硬件设备的稳定运行是巡检工作的基础,常态化的设备校验工作需要落实到位,感知装置、数据采集终端、信号传输设备都需要定期开展精度校正与性能检测工作,及时替换老化、精度失准的硬件设备,排查设备运行过程中的各类故障,以此保障前端数据采集工作的稳定与精准,从硬件源头减少巡检失误的出现概率。智能系统的研判精度也需要持续优化,算法模型可以结合变电设备实际运行工况、现场环境波动、设备更新迭代等各类因素不断调整,更新识别标准与判定阈值,提升系统对复杂运行场景、设备细微异常的识别能力,减少系统误报警、漏报警等常见问题。除此之外,人机配合的复核机制具备较高的实用价值,系统筛查出的可疑异常、高风险设备隐患,都可以交由专业运维人员进行人工二次核验,结合智能作业的高效优势与人工研判的精准优势,弥补智能系统单独作业存在的短板,构建双重防控的运维模式,切实保障整套智能运维体系高效、稳定运行。

3.5 优化人才队伍体系,适配智能化运维发展需求

智能巡检技术能否顺利落地并发挥实际运维价值,比较依赖复合型专业运维人员的配套支撑,传统模式下的运维工作人员大多只掌握基础的现场实操技能,对于各类智能巡检设备、数据管理系统以及智能研判技术的了解程度偏低,很难适配现阶段智能化变电运维的工作模式,也是限制运维工作效率进一步提升的主要人为因素。针对这类问题,人才培养与团队建设模式需要做出全方位调整,以此搭建适配智能运维发展的专业人才队伍。原有偏重实操的培训模式可以进行优化,不再单一侧重传统运维技能教学,能够新增智能设备操作、数据状态分析、后台系统管理、基础算法识别等相关教学

内容;新旧技能的结合培训方式,可以逐步提升运维人员的综合专业水平,满足智能化运维的基础作业要求。技术与设备体系会随着运维需求不断更新,常态化的技能提升机制,就需要配套落实,阶段性开展专项技能教学、技术研讨、现场实操训练,能够帮助运维人员及时熟悉新型设备、新式技术和全新作业流程,更好适配运维体系的迭代升级。除此之外,运维岗位的分工模式与考核标准也可以同步优化,结合智能化运维岗位的工作特点,细化各岗位的工作内容、操作规范和考核标准,把智能设备操作熟练度、数据研判准确性、隐患处置效率等内容纳入考核范围;标准化的考核方式可以督促运维人员主动提升智能化作业能力,强化人才队伍的核心支撑作用,保障智能巡检技术可以稳定落地、长期运行,持续推动变电运维工作效率稳步提升^[5]。

结束语:智能巡检技术的更新与推广,能够有效革新变电运维的传统工作模式,弥补人工运维方式存在的各类不足,也可以为运维提质增效提供重要的技术支撑。文章分析了传统变电运维的现存问题,整理了智能巡检技术的整体架构与应用优势,也从技术融合、流程优化、数据利用、风险管控、人才培养多个角度,给出了对应的改进思路;整套智能化运维体系的完善,能够提升变电运维的整体工作水平,保障电网平稳高效运行。

参考文献

- [1] 杨冠英,李斌,陈登科,等.智能巡检技术在变电运维中的运用研究[J].全面腐蚀控制,2026,40(1):400-402.
- [2] 张世杰,张振国.智能巡检技术在电力系统运维中的应用研究[J].新潮电子,2026,(9):31-33.
- [3] 陈玉,胡升枝.智能巡检机器人在变电运维工作中的应用研究[J].科技与创新,2025,(23):193-195.
- [4] 郭莹.变电运维智能巡检机器人自主决策模型构建[J].消费电子,2026,(4):95-97.
- [5] 闫志波.变电运维中智能巡检技术的运用研究[J].通讯世界,2025,32(11):101-103.