

智能巡视技术对传统变电运维作业范式的冲击与融合

陈乾宇 吕 鑫 赵梦遥

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘 要：传统变电运维以人工现场巡视为核心，存在作业方式依赖经验、判定标准主观化、效率低、风险管控被动等固有缺陷。智能巡视技术的引入，通过机器替代人工、数据驱动研判、重构岗位职能，对传统运维作业范式形成系统性冲击，但也暴露出场景适配矛盾、判定逻辑冲突与人员认知割裂等融合障碍。本文围绕智能巡视与传统变电运维的融合问题，从作业体系、判定体系、人员体系三个维度提出融合路径：构建“机巡初筛、人工复核”的人机协同作业模式，搭建“数据量化研判为基础、人工经验修正为补充”的复合型判定体系，打造兼具传统实操技能与智能运维能力的复合型人才队伍，为实现两类运维模式的深度融合提供系统性参考。

关键词：智能巡视技术；变电运维；作业范式；运维融合

引言：变电运维巡视是保障电力设备安全稳定运行的核心环节，传统运维模式长期依赖人工现场操作，已形成成熟但固化的作业范式。近年来，智能巡检机器人、在线感知终端、视觉采集设备等智能巡视技术快速发展，逐步替代传统人工完成常规巡检任务，对传统运维的作业模式、判定逻辑与人员体系产生深远冲击。然而，智能巡视在非标准化场景适配、新型缺陷识别及人机协同效率等方面仍存在明显短板，与传统人工运维之间尚未形成有效合力。如何在充分发挥智能技术优势的同时，保留人工运维在复杂场景处置中的不可替代性，实现两类模式的深度融合，已成为当前变电运维转型升级的核心课题。本文立足智能巡视技术与传统变电运维的互动关系，系统分析二者的冲击效应与适配矛盾，并提出针对性融合路径。

1 传统变电运维作业范式的核心特征

传统变电运维巡视以人工现场操作为核心载体，经过长期实践迭代形成了相对固定、体系成熟的作业范式，围绕人工现场巡视需求构建，核心特征体现在作业方式、判定依据、作业效率与风险管控四个角度。（1）在作业方式上，传统巡视采用周期性人工巡检模式，运维人员依据固定周期与既定路线完成站内一、二次设备全覆盖排查，设备外观状态、运行参数变化、异常迹象识别均依靠目视观测、手持设备检测与现场工况感知完成，线下实操属性突出，数字化与自动化程度较低。（2）在判定依据上，传统运维缺乏标准化数据研判支撑，设备轻微缺陷、隐性隐患及工况异常的识别完全依托运维人员岗位经验完成主观研判，不同从业年限、实操经验的人员在判定标准与识别精度上存在明显个体

差异。（3）在作业效率上，传统人工巡视流程繁琐、人力投入成本高，全站全覆盖巡检耗时耗力，重复性巡检内容占比较高。长时间高强度作业易引发疲劳，导致漏检、误检等偏差。同时，周期性巡检仅能获取设备阶段性运行状态，无法实现全天候实时监测，难以捕捉瞬时性、突发性运行异常。（4）在风险管控上，传统巡视全程依赖人员现场作业，高压设备区、户外设备区等场景存在固有安全风险，安全管控完全依靠人员规范操作意识与现场把控能力，整体风险防控较为被动，稳定性相对薄弱^[1]。

2 智能巡视技术对传统变电运维作业范式的核心冲击

2.1 对传统人工作业模式的冲击

在传统变电运维体系中，人工是巡视作业的核心主体，设备状态排查、巡检任务落地等全部工作均由工作人员现场完成，整体作业呈现“人工为主、设备辅助”的格局。（1）智能巡视技术依托智能巡检机器人、定点视觉采集设备、在线感知终端等自动化设备，实现了大部分常规巡视工作的机器替代，构建起“机巡为主、人巡为辅”的全新作业架构，彻底扭转了人工主导运维作业的传统格局。（2）智能巡视体系可实现全天候不间断、无死角的常态化设备监测，不受天气环境、作业时段、人员状态等因素制约，能够覆盖人工巡视难以抵达的高危区域与设备监测盲区，有效解决了传统人工巡视间断性、局限性的问题。同时，智能巡视严格按照预设程序完成数据采集、状态比对、异常标记等作业流程，作业标准统一、流程规范，彻底改善了传统人工巡视随意性较强、流程不统一、作业标准不一致的问题，推动

传统人工主导的粗放式作业模式逐步向标准化、自动化作业体系转型。

2.2 对传统经验判定体系的冲击

传统变电运维的缺陷识别与状态判定体系高度依托人工经验,属于典型的经验驱动型运维模式。(1)运维人员依托长期岗位实操积累,形成对设备正常工况、常见缺陷、异常特征的认知体系,并以此作为巡检研判的核心依据。该判定模式主观化特征明显,缺乏量化数据支撑,导致判定结果的稳定性与精准度难以统一保障。(2)智能巡视技术构建了以数据为核心的新型研判体系,通过各类智能感知设备实时采集设备温度、运行图像、工况参数、环境数据等多维信息,依托后台算法模型完成数据清洗、比对与深度分析,以量化数据、图像特征、阈值参数作为设备状态判定的核心依据,实现设备缺陷与运行隐患的精准识别。这种数字化、标准化的研判模式,彻底打破了传统经验化的判定逻辑,大幅弱化了人工经验在运维研判中的主导作用,对传统运维依赖经验开展作业的核心体系形成根本性冲击^[2]。

2.3 对传统运维人员体系的冲击

传统变电运维岗位体系完全适配人工巡视模式搭建,岗位设置、人员能力标准、日常工作内容均聚焦于现场实操巡检,对运维人员的核心要求集中在现场观测、基础测量、人工辨障、简易处置等实操能力层面,人员技能结构以传统现场实操技能为核心。(1)智能巡视技术的全面落地,彻底重构了运维岗位的职能定位与能力需求。基础性、重复性的现场巡检工作被智能设备替代,传统实操型岗位的工作内容大幅缩减,而智能设备运维、数据研判分析、算法参数校准、异常结果复核、复杂缺陷处置等新型工作内容逐步成为运维核心工作。(2)岗位需求的转变使得传统运维人员的技能结构与岗位职能难以适配新型运维体系,传统实操技能的适用场景持续缩减,倒逼运维人员完成职业转型,从传统的现场巡检操作人员,逐步转向兼具数据分析、智能设备运维、复杂故障处置能力的复合型技术人员,对传统运维的人员架构、技能体系、岗位分工形成强烈冲击。

3 智能巡视与传统变电运维作业的适配矛盾

3.1 作业场景适配矛盾

智能巡视设备依托固定程序与标准化感知模块开展作业,程式化、标准化特征突出,在常规设备状态监测、固定点位隐患排查、常态化参数采集等标准化作业场景中适配性极强,作业效率与识别精度显著优于人工巡视。但变电运维现场存在大量非标准化、突发性、

复杂化的作业场景,设备细微机械损伤、隐蔽性结构故障、非常规工况波动、复杂环境干扰下的异常状态等问题,无固定的识别参数与图像特征可供匹配,智能算法难以实现精准识别与有效判定。

与之相对,传统人工运维依托人员的灵活思考、综合研判与临场处置能力,能够适配各类复杂、突发、非标准化的运维场景,可通过多维度综合分析识别设备隐性故障与复杂缺陷。由此形成了鲜明的场景适配矛盾:智能巡视更适配标准化常规运维工作,人工巡视更适配复杂化非常规运维场景,单一作业模式无法实现变电设备全场景、全覆盖的精准运维保障。

3.2 运维判定逻辑矛盾

智能巡视的核心研判逻辑为数据阈值比对与图像特征匹配,依托既定算法模型与数据库标准完成设备状态判定,具备高度的客观性与标准化优势。但该研判模式缺乏灵活变通能力,对于超出算法数据库、无对应匹配特征的新型缺陷、隐性隐患,无法有效识别判定,极易出现误判、漏判或无法识别的情况。

传统人工运维采用经验综合研判逻辑,运维人员可结合设备运行历史、现场环境特征、实时工况变化、同类设备故障规律等多维信息开展综合性分析,能够有效识别各类新型、隐性、复杂的设备缺陷。但人工研判受个人经验、工作状态等因素影响,存在主观偏差较大、判定标准不统一、结果稳定性不足的问题。刚性的数据匹配研判与柔性的经验综合研判形成了核心逻辑冲突,成为两类模式融合的关键阻碍^[3]。

3.3 人员运维认知矛盾

长期的人工运维作业模式,让一线运维人员形成了固化的作业思维与操作习惯,普遍依赖现场实操与个人经验开展巡检工作。多数人员将智能巡视设备简单定义为辅助巡检工具,并未认可智能化、数字化运维的核心价值,作业过程中仍习惯性沿用传统运维思路,对智能设备采集的监测数据、识别的异常结果缺乏深度复核、分析与利用。

与此同时,传统运维人员普遍缺乏智能设备操作、数据解读、算法原理认知等相关能力,对智能巡视系统的运行逻辑、数据研判机制、异常处置流程不够熟悉,无法实现人工运维与智能设备的高效联动配合,最终形成“智能设备独立运行、人工运维单独作业”的割裂状态,两类作业体系无法形成工作合力,严重制约了智能技术与传统运维模式的深度融合。

4 智能巡视技术与传统变电运维作业的融合路径

4.1 作业体系融合：构建人机分工协同模式

基于两类运维模式的场景适配差异，重构变电运维作业分工体系，确立“标准化作业智能化、复杂化作业人工化”的核心原则，搭建高效精准的人机协同作业机制。将周期性、常态化、标准化的基础巡检工作，包括设备外观常规检查、温度参数采集、仪表读数识别、站内环境监测等内容，统一交由智能巡视设备完成，充分发挥智能设备全天候、全覆盖、无疲劳作业的优势，释放大量重复性人工劳动力，从根源上规避人工疲劳引发的漏检、误检问题。将突发性、非常规性、高复杂度的运维工作，包括智能设备存疑缺陷复核、设备隐性故障排查、细微机械损伤判定、复杂工况异常处置等内容，交由运维人员开展现场研判与闭环处理。同时搭建完善的人机联动作业流程，智能设备完成常态化全覆盖初筛后，及时将异常数据、可疑监测点位推送至运维终端，由工作人员开展现场核实、精准研判与闭环整改，形成“机器全面初筛、人工精准复核”的分层作业模式，兼顾运维作业的高效性与精准性^[4]。

4.2 判定体系融合：实现数据与经验互补赋能

摒弃纯数据研判或纯经验研判的单一模式，搭建“数据量化研判为基础、人工经验修正为补充”的复合型设备状态判定体系，实现两种研判逻辑的深度融合与互补赋能。以智能巡视的数字化监测数据为核心支撑，依托设备实时运行数据、历史工况数据、标准化参数特征，完成设备运行状态的初步研判，输出标准化、量化的运维判定结果，有效解决传统经验研判主观性强、标准不一的问题。充分发挥传统运维积累的实操经验优势，对智能算法的研判结果进行优化修正。运维人员依托长期现场积累的设备认知与故障处置经验，对智能系统识别的存疑数据、异常信号进行二次综合研判，甄别算法误判、漏判问题，精准识别超出算法数据库的新型缺陷与隐性隐患。同时，将人工研判的有效经验转化为算法优化样本，把复杂缺陷、隐性故障的人工识别逻辑录入智能系统，持续完善算法模型与特征数据库，实现人工经验的数字化转化，让智能研判更贴合现场实际，让人工经验研判具备坚实的数据支撑。

4.3 人员体系融合：打造复合型运维人才队伍

针对传统运维人员认知固化、技能结构单一的短

板，推进运维人员岗位转型与能力重构，打造适配人机协同运维模式的复合型人才队伍。一方面，引导运维人员转变固有作业思维，打破经验化运维的固化认知，正视智能巡视技术的赋能价值，树立“智能为主、人工为辅、数据为基、经验为补”的新型运维理念，主动适配智能化、数字化的运维作业模式。另一方面，重构运维人员技能培养体系，摒弃单一的传统实操技能培养模式，构建“传统实操技能+智能运维能力”的复合型技能架构。保留设备故障现场处置、复杂工况研判、设备结构认知等核心传统运维能力，新增智能设备操作、监测数据解读、算法基础认知、异常数据分析、智能系统运维等新型技能，让运维人员既具备扎实的现场实操与经验研判能力，又能熟练运用智能巡视系统开展运维工作，实现人员能力与新型作业范式的高度适配，为两类运维模式的深度融合提供人才保障^[5]。

结束语

智能巡视技术与传统变电运维的融合，本质上是标准化自动化与经验化灵活化两种作业逻辑的系统性整合。本文通过分析智能巡视对传统作业模式、经验判定体系及人员岗位架构的冲击，揭示了场景适配、判定逻辑与人员认知三重矛盾，并从作业体系、判定体系、人员体系三个层面提出了融合路径。需要指出的是，融合并非简单的技术叠加，而是作业流程、研判机制与人员能力的全面重构，需结合各变电站设备特征与运维实际分步推进。未来随着智能算法持续迭代与运维人员能力逐步转型，人机协同运维模式将趋于成熟，为变电设备安全运行提供更高效、更精准的保障支撑。

参考文献

- [1] 陈飞. 智能化技术在输变电运维管理中的深度应用[J]. 通讯世界, 2026, 33(4): 85-87.
- [2] 刘莎莎. 智能化变电站运行维护技术研究[J]. 中国科技纵横, 2026(3): 10-12.
- [3] 王亮, 刘家瑞. 基于大数据分析的变电站智能视频运维系统设计[J]. 电气技术与经济, 2026(1): 147-149+153.
- [4] 张月婷. 智能技术驱动的变电监控系统架构优化与工程应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2026(5): 004-007.
- [5] 魏玉丹. 输电线路智能化运行维护技术的探究[J]. 电力设备管理, 2026(3): 50-52.