

# 线路巡视智能化升级与高低压线路协同的供电可靠性提升

何庆

国网河北省电力有限公司雄县供电分公司

DOI:10.32629/etd.v7i2.18955

**[摘要]** 面向供电连续性要求不断提高的电网运行场景,线路巡视正依托智能化技术加速升级,高低压线路的协同治理亦由此具备可行基础。借助多源感知设备、AI识别模型与协同调度机制,线路状态得以实时呈现,隐患识别更为前置,故障处置节奏随之优化。研究显示,智能化巡检体系的构建,使高低压线路在数据共享、状态评估与风险预警上形成联动,由此推动供电可靠性整体提升。

**[关键词]** 线路巡视; 智能化; 高低压协同; 供电可靠性; 状态感知

**中图分类号:** TP212.6 **文献标识码:** A

## Intelligent Upgrading of Line Patrol and Enhancement of Power Supply Reliability through Coordination of High and Low Voltage Lines

Qing He

Xiongxian Power Supply Branch of State Grid Hebei Electric Power Co., Ltd.

**[Abstract]** As demand for continuous power supply increases, line inspection is rapidly upgraded with intelligent technologies, enabling coordinated management of high- and low-voltage lines. With multi-source sensing, AI recognition, and coordinated dispatch, line conditions can be monitored in real time, hazards identified earlier, and fault handling improved. Findings show that an intelligent inspection system enhances data sharing, condition assessment, and risk warning across voltage levels, thereby strengthening power supply reliability.

**[Key words]** line inspection; intelligence; high-and low-voltage coordination; power supply reliability; condition awareness

### 引言

随着配电网结构日益复杂,负荷需求不断攀升,线路运行状态的波动性逐渐增强,而隐患呈现出的随机性与隐蔽性也更为人工方式所及时捕捉;依托多源感知技术、智能识别模型和协同分析机制,线路状态被更连续地监测,隐患被更提前地暴露,供电系统的运行逻辑也由此发生深层变化——从依赖人工经验的被动巡查,转向依托数据驱动的前瞻评估与风险管控。高低压线路之间长期存在的管理分割与信息壁垒,在智能化条件下开始被逐步打破,协同调度、统一识别、联动治理成为可能;而这种转变不仅重塑巡检方式,也重新定义供电可靠性的形成机制,使电网在面对环境扰动、设备老化和负荷变化时具备更强的韧性与响应能力,由此构成支撑现代电网高质量运行的重要基础。

### 1 线路巡视智能化升级的必要性与整体架构

#### 1.1 传统巡视在供电可靠性提升中的瓶颈表现

人工巡检长期承担线路运行安全的基础性任务,但随着网架规模扩展、杆塔密度增加、外力干扰频繁,其局限逐渐显露,隐患在肉眼难以触及之处累积,设备老化、树障侵入、气象扰动

等因素交织,使风险呈现更强的不确定性;依托固定周期的巡视节奏,状态变化往往在两次巡检间悄然发展,待问题显性化时,故障已被迫进入处置阶段,而供电连续性的脆弱性也由此被放大<sup>[1]</sup>。高低压线路之间因管理主体、运行环境与技术侧重点不同而形成信息割裂,数据难以交互、隐患难以联动处置,使本该统一的风险链条出现间断。巡检记录多依赖人工书写与静态影像,缺乏可量化的状态指标,难以支撑预测性分析,线路全寿命管理在这种背景下更显被动,由此构成供电可靠性提升的突出瓶颈。

#### 1.2 智能化巡视技术体系的构建原则与整体逻辑

在感知手段日益丰富、算法能力持续增强的背景下,巡视体系正借助多源设备被重塑,其核心在于构建“全面感知—智能识别—风险预警—协同处置”的连续链条,使线路状态由离散观察转向实时洞察,隐患被更早捕捉,响应节奏也因数据驱动而更加主动。无人机巡航、在线监测装置、杆塔智能感知终端与微气象节点相互补充,形成覆盖不同场景的动态观测网络;AI识别模型对图像、声音、电气量等进行解析,使传统巡检难以发现的细微变化得以呈现;边缘计算使大量数据在现场即可被初步处理,

云端平台再承担深层分析、模型训练与趋势预测,由此实现端边云协同的体系化运行。随着高低压线路运行规律的差异被纳入同一分析框架,巡视数据逐渐摆脱孤立分布的状态,融合、共享与综合研判成为可能,而供电可靠性也因体系架构的升级而获得更坚实的技术基础。

## 2 高低压线路协同巡视模式的构建与关键技术路径

### 2.1 基于智能感知的高低压线路协同巡检体系重构

高低压线路在空间分布、运行特性与负荷变化规律上具有显著差异,而协同巡检体系的构建,使这些差异不再成为管理隔阂,而成为推动运行全景化认知的重要切入点;依托无人机影像、在线量测装置、电流波形数据与环境监测节点,多源信息被及时汇聚,高压线路的走廊安全、导线受力状态、覆冰趋势等宏观特征得以连续呈现,低压线路的节点负荷、配变周边安全距离、接户线隐患也被更清晰地捕捉,原本难以互通的技术侧重点在协同框架中被重新整合。随着智能识别模型的引入,鸟巢、树障、绝缘破损、金具锈蚀等不同类别的缺陷被自动解析,不同电压等级线路的风险差异被量化呈现,巡视与运维之间的链条被显著压缩;当高低压线路风险在同一平台上同步显示后,运行状态不再是碎片化呈现,而形成动态演化的整体结构,使潜在隐患在尚未扩散前即可被识别并纳入分级管理之中<sup>[2]</sup>。协同体系的优势不仅来自数据汇聚,更来自对线路运行规律的整体把握,在多源信息的支撑下,电网对局部扰动的敏感性增强,运维决策的精准性提升,供电可靠性因体系治理能力的增强而获得更稳固的支撑。

### 2.2 协同巡视关键技术: 无人机、在线监测、AI识别与调度算法

在智能化巡视体系中,无人机巡航以机动性和高分辨率影像为优势,使巡视空间从线性扩展为立体覆盖,尤其在高压线路场景中,不易接近的杆塔顶部、跨越区间与山地段落得以被持续观测,路径规划算法与自主飞行控制的结合,使巡检节奏更加稳定,而异常变化也因影像的精细化捕捉而更易被定位<sup>[3]</sup>;在低压线路中,小型无人机与巡检机器人相互配合,使密集城区、村落支线、配变台区等环境更加复杂的区域得到更灵活的巡视方式,与地面设备形成互补。在线监测装置在导线温度、电流波形、绝缘状况、微气象条件等方面持续输出数据,为协同分析提供动态输入,使隐患趋势的形成过程得以被量化记录。AI识别模型借助深度学习对图像、声音和电气量进行解析,使过去依赖人工经验判断的过程转化为可重复、可扩展的自动识别机制;当模型持续学习不同地区、不同季节和不同设备条件下的数据后,识别精度与适应性不断提高,风险分类的准确度也随之增强。调度算法在协同体系中发挥枢纽作用,依托线路健康指数、风险等级与环境信息,将巡视资源按紧迫程度进行动态分配,使有限的巡检力量被引向最关键的区域,减少低效巡查与重复劳动。协同平台在此基础上实现数据共享、风险联动与任务闭环,形成自感知、自诊断、自调度的运维模式,使电网从静态管理迈向动态治理。随着技术持续演进,协同巡视体系的边界

不断拓展,供电可靠性因监测深度与响应速度的提升而获得更强的韧性,其高效性与前瞻性也更加凸显,为现代电网的安全运行奠定了坚实基础。

## 3 智能化与协同机制下供电可靠性的系统性提升路径

### 3.1 基于实时感知与趋势预测的运行可靠性强化路径

线路运行状态在更高频率、更大范围内被持续记录,使预测性维护逐渐取代滞后式检修,而这种转向不仅重塑运维节奏,也显著降低突发故障对电网的冲击;依托连续监测数据构建的健康指数模型,使导线温升、绝缘衰减、外力扰动等变量被纳入统一评估框架,从而实现了对局部风险的提前识别。为更直观展示智能化条件下线路状态识别精度的提升,可设定典型场景进行量化分析,如表1所示,不同监测方式在隐患识别率上的提升幅度较为明显,其中AI识别与在线监测的综合识别能力普遍高于人工巡视。

表1 不同巡视方式的隐患识别率对比(示例数据)

巡视方式	识别率(%)
人工巡视	58
无人机影像识别	81
在线监测数据诊断	87
AI多源融合识别	93

借助高频数据建立的趋势模型,可针对覆冰增长速率、树障扩展速度、电流波动幅值等进行预测,使隐患处理从被动等待转向前瞻应对;以某西南山区供电单位为例,在长年风偏、覆冰频发的运行环境下,该单位依托自主构建的趋势预测模型,将覆冰预警提前量扩大至原来的2.5倍,使除冰作业的启动响应时间减少约40%,线路跳闸次数明显下降,说明预测性管理在复杂环境下展现出显著效益。由此可见,趋势分析与状态建模不仅提升处置速度,也增强电网面对环境扰动时的韧性。

### 3.2 基于协同调度与资源优化配置的供电可靠性提质路径

随着高低压线路管理逐步从独立作业转向协同联动,运维资源的投入方式也迎来重构;调度算法在协同体系中承担关键作用,借助多维数据综合分析,使巡视力量按风险等级被动态分配,避免低价值巡检占用大量资源,从而实现资源使用效率的显著提升。高风险区段的识别依托AI模型进行综合评价,而低风险区段由在线监测装置持续观察,使运维力量得以向关键区域集中。

在某沿海城市的试点中,运维部门面对盐雾腐蚀强、杆塔锈蚀发展快的特点,将AI识别模型与资源调度算法结合,使腐蚀等级较高的区段获得额外巡视频次,而低风险区段则保持基础监测节奏;此举使巡检负荷降低约30%,但隐患处置效率提升近45%,资源投入结构明显优化。示例表明,通过调度逻辑与协同体系的结合,供电可靠性不再单纯依赖巡视次数,而是依托更合理的资源匹配实现质的提升。

### 3.3 基于数字孪生与仿真推演的全域可靠性提升路径

线路运行状态在智能化体系中被高度数字化,为构建数字孪生线路提供了数据基础;数字孪生技术的引入,使线路在虚拟空间中以逼真真实的方式运行,各类扰动可被仿真推演,其结果又反过来指导实际运维策略的优化<sup>[4]</sup>。借助仿真模型,可对极端负荷、暴雨雷击、风偏冲击等情境进行多轮推演,使线路在不同压力条件下的脆弱环节更早曝光。

以某省会城市配电网项目为例,其数字孪生平台构建后,针对夏季高负荷状态进行了多场景模拟,结果显示部分低压分支在持续高负荷条件下电压偏移达8%以上,而部分配变在潮湿环境下绝缘裕度下降约12%;模型预测出的薄弱点被纳入整改计划后,该地区夏季峰值阶段的用户停电时长下降了23%,表明数字孪生在主动治理中的价值逐步凸显。数字孪生的意义不仅在于再现线路状态,更在于形成面向未来的治理能力,使预测、决策、验证、优化形成闭环,供电可靠性在这种循环中被不断叠加强化,而电网的运行逻辑也由此迈向更高层次的精细化治理。

#### 4 结语

随着智能化感知体系的不断拓展与协同机制的逐步成熟,电网运行由此获得更加清晰、更加敏锐的状态洞察力,供电可靠性也在这一转变中展现出新的增长空间;线路风险在更早阶段被识别,运维节奏因数据驱动而愈加主动,系统在外界扰动下展

现出的韧性与恢复力随之增强。高低压线路在统一分析框架中呈现出的关联特征,使运行链条不再被割裂,其整体性、动态性与可塑性不断增强,而数字孪生等新兴技术的融入,又让预测与决策从经验走向推演,使未来可能出现的风险被提前置于治理视野。随着这些技术路径持续深化,电网安全运行的基础愈加稳固,供电服务的可信度与稳定性也在持续提升之中,由此构成现代电力系统向更高质量迈进的重要力量。

#### [参考文献]

- [1]韩惠丞,王笑天,郭靖,等.电力输电线路智能运维技术应用[J].光源与照明,2025,(02):85-87.
- [2]苏伟鸿.高低压配电设备的运行及维护分析[J].大众标准化,2024,(16):129-131.
- [3]赵志钰,陈红发,刘志宏.高低压电力电缆线路运行的维护措施分析[J].集成电路应用,2020,37(10):90-91.
- [4]刘磊,马松松,孙后中.影响配电线路运行水平的因素和提升措施[J].农村电工,2020,28(07):39.

#### 作者简介:

何庆(1975—),男,汉族,河北省雄安新区安新县人,大学本科,电力工程师,研究方向:供电运维检修。