

浅析输电线路运维检修管理优化

冯 涛

宁夏送变电工程有限公司 宁夏 银川 750001

摘 要：输电线路作为电力传输的关键基础设施，其运维检修管理水平直接影响电力供应的可靠性与稳定性。本文阐述了当前运维检修管理体系架构与技术应用现状。提出了包括构建全生命周期管理框架、优化组织与制度、构建人员培养与技术创新体系、完善风险管理等管理优化策略，展望了未来发展趋势，如智能化与数字化深度融合、管理模式协同化一体化、技术创新与人才培养双轮驱动、风险防控智能化主动化，为提升输电线路运维检修管理水平提供参考。

关键词：输电线路；运维检修管理；优化策略

引言：随着电网规模不断扩大、运行环境日益复杂，传统运维检修管理模式面临诸多挑战。当前输电线路运维检修管理虽已形成一定体系，但在技术应用、组织架构、人员能力及风险管理等方面仍有待优化。深入研究输电线路运维检修管理优化策略，对于提高电网运行效率、保障电力安全供应具有重要意义，也是推动电力行业高质量发展的必然要求。

1 输电线路运维检修管理现状

1.1 运维检修管理体系架构

当前输电线路运维检修管理已形成较为完善的体系架构，从组织架构来看，多数电力企业采用层级化管理模式，设置省、市、县三级运维部门，各级部门分工明确。省级部门负责统筹规划、制定技术标准与考核指标；市级部门落实省级部署，调配资源并监督区域运维工作；县级部门则承担具体的巡检、检修任务，直接接触输电线路设施。在职责划分上，运维部门负责线路日常巡检、隐患排查；检修部门针对发现问题开展维修、改造；物资部门保障检修设备与材料供应；安全监督部门全程把控作业安全，形成相互协作又相互制约的管理格局。在流程规范方面，输电线路运维检修遵循严格的标准化流程。巡检环节，按照电压等级、区域环境制定差异化巡检周期，如特高压线路每周至少一次巡检，普通线路每月一次；检修环节，依据巡检结果制定检修计划，执行停电检修、带电作业等任务；验收环节，通过班组自检、部门复检、公司抽检三级验收制度，确保检修质量达标。

1.2 技术应用现状

输电线路运维检修技术正处于传统手段与智能化技术并行的阶段。传统巡检手段中，人工巡检仍是基础方式，运维人员依靠望远镜、测温仪等地面仪器，沿线

路徒步或乘车巡查，通过目视与简单仪器检测线路外观、设备温度等指标，虽能发现明显缺陷，但存在效率低、劳动强度大、安全风险高的问题，尤其在山区、跨江等复杂地形区域，人工巡检难度极大。地面仪器检测则依赖红外热像仪、超声波检测仪等设备，对线路局部过热、放电等故障进行检测，但其覆盖范围有限，且需专业人员操作分析。随着技术发展，智能化技术在输电线路运维检修中逐渐渗透。无人机巡检成为重要补充手段，通过搭载高清摄像头、激光雷达等设备，无人机可快速完成大面积线路巡检，拍摄线路高清图像并生成三维模型，利用AI算法自动识别绝缘子破损、导线断股等缺陷，效率较人工巡检提升数倍^[1]。在线监测系统更是对线路运行状态的实时感知，通过在杆塔、导线上安装传感器，实时采集线路电流、电压、覆冰厚度、微风振动等数据，经5G网络传输至监控中心，一旦数据异常，系统立即发出预警，帮助运维人员提前发现潜在故障，为科学决策提供有力支持。

2 输电线路运维检修管理的优化策略

2.1 构建基于全生命周期的运维检修管理优化框架

构建基于全生命周期的运维检修管理框架，核心在于打破传统管理模式下各阶段相互割裂的局面，通过系统化、一体化的管理思路，实现输电线路从“出生”到“退役”全流程的高效管控，具体策略如下：（1）规划设计阶段。建立跨部门协同机制，组织运维、检修、设计等多专业团队共同参与。从地形地貌、气候条件、负荷预测等维度出发，优化线路路径规划，避开自然灾害高发区与施工复杂区域，减少后期运维风险；在设备选型环节，优先选择可靠性高、易维护的智能设备，采用模块化设计与标准化接口，便于后期更换与升级。如针对高海拔、重覆冰地区，可选用抗冰性能强的导线与

杆塔,同时预留传感器安装接口,为运行阶段状态监测奠定基础。设计阶段要输出详尽的运维检修需求报告,明确设备维护要点与技术参数,为后续工作提供依据。

(2) 建设施工阶段。建立质量追溯机制,要求施工单位将施工日志、隐蔽工程验收记录、设备安装调试数据等信息实时上传至管理系统,形成完整的施工档案。引入区块链技术,确保数据不可篡改,便于运维阶段追溯责任与核查问题。加强施工过程监理,通过无人机航拍、远程视频监控等手段,对关键工序进行实时监控,及时纠正违规操作,从源头减少因施工质量导致的运维隐患。(3) 运行维护阶段。依托物联网与大数据技术,搭建全生命周期管理平台。在输电线路部署各类传感器,如导线温度传感器、绝缘子泄漏电流传感器、杆塔倾斜传感器等,实时采集设备运行数据;结合无人机巡检获取的图像信息、在线监测系统的状态数据,整合形成设备全景档案。利用机器学习算法建立设备健康度评估模型,从电气性能、机械性能、环境影响等多个维度,对设备剩余寿命进行动态预测。(4) 退役更新阶段。对退役设备进行拆解分析,记录故障原因、性能衰减情况等数据,结合运行阶段的监测信息,总结设备全生命周期的性能规律^[2]。这些数据可反馈至规划设计环节,为后续线路选型与技术改进提供经验支撑,形成“规划-建设-运维-退役”的管理闭环,实现资源的高效利用与管理水平的持续提升。

2.2 运维检修管理组织与制度优化

当前输电线路运维检修管理组织架构存在层级冗余、协同不畅等问题,亟需通过组织模式革新与制度完善,提升管理效能,具体策略如下:(1) 在组织架构优化方面,推动管理模式向扁平化、集约化转型。整合省、市、县三级运维资源,以地理区域或电压等级为划分依据,设立区域运维中心。区域运维中心作为一线管理单元,直接负责辖区内线路的运维检修工作,减少信息传递层级,缩短决策链条。打破部门间的壁垒,组建跨专业协同工作小组。小组成员涵盖运维、检修、技术、安全等多专业人员,通过定期例会、联合办公等形式,实现信息实时共享与问题快速会商。当发现线路缺陷时,运维人员可即时与检修、技术人员沟通,共同制定解决方案,避免因部门沟通不畅导致的处置延误。(2) 制度建设。一是完善标准化作业流程(SOP),对巡检、检修、验收等核心业务进行细化。在巡检环节,明确不同电压等级、不同环境下的巡检周期与巡检内容;检修环节,制定详细的作业指导书,规范操作步骤与安全要求;验收环节,建立量化验收标准,从缺陷修

复率、设备运行参数达标率等维度进行考核。二是建立基于风险等级的检修管理制度。从线路重要性(如是否为枢纽线路)、运行环境(如是否穿越林区、矿区)、设备状态等维度,构建风险评估指标体系,运用层次分析法等工具对线路进行风险分级。针对高风险线路,增加巡检频次,配置专用监测设备;低风险线路则适当降低巡检密度,实现资源的合理分配。三是优化考核激励机制,将运维检修质量、故障处理时效、成本控制等指标纳入绩效考核体系。设立质量优胜奖、创新贡献奖等专项奖励,对表现突出的团队与个人给予物质与精神双重激励,激发员工的工作积极性与创新意识。

2.3 人员培养与技术创新体系构建

人才与技术是推动输电线路运维检修管理优化的核心动力,需采取以下策略构建完善的人员培养体系与技术创新机制。(1) 在人员培养方面,打造“内部培训+校企合作”双轨制模式。内部培训聚焦新技术、新技能,开发系列化课程。针对无人机巡检,开设飞行操作、图像识别算法应用等课程;围绕数据分析,设置设备状态评估模型构建、数据挖掘与可视化等培训内容。定期组织员工参与技能比武与实战演练,如模拟复杂环境下的线路抢修,提升员工的应急处置能力。在校企合作层面,与高校、职业院校共建人才培养基地,根据企业实际需求定制课程体系。联合开设“智能电网运维”专业方向,培养掌握物联网、大数据技术的复合型人才;设立企业导师制,选派技术骨干参与高校教学,将实践经验融入理论课程,同时吸纳学生到企业实习,实现人才供需的精准对接。建立员工创新激励机制,鼓励员工参与技术革新与管理创新,对提出有效改进方案或获得专利的员工给予奖励,并推动创新成果在实际工作中的转化应用。(2) 技术创新。加大对智能化运维技术的研发投入,持续优化无人机巡检系统。通过改进避障算法,提升无人机在山区、密林等复杂环境下的自主飞行能力;引入深度学习算法,增强图像识别精度,实现绝缘子零值检测、导线断股识别等缺陷的自动诊断。完善在线监测系统功能,开发更精准的故障预警模型。结合气象数据、历史故障记录,利用时序预测算法,提前预判雷击、覆冰等自然灾害对线路的影响;通过分析设备振动、局部放电等数据,实现早期故障的精准定位。建立产学研用协同创新机制,联合高校、科研机构与设备厂商,组建联合实验室,针对智能巡检机器人、数字孪生等前沿技术开展攻关,突破技术瓶颈,推动输电线路运维检修向数字化、智能化方向迈进。

2.4 运维检修风险管理优化策略

输电线路运行环境复杂,面临自然灾害、外力破坏等多种风险,需构建全面的风险管理体系,提升风险防控能力,具体策略如下:(1)建立科学的风险评估体系。构建多维度风险评估指标,从设备本体、环境因素、人为因素三个层面入手。设备本体指标包括设备服役年限、缺陷数量、运行参数稳定性等;环境因素涵盖雷击密度、覆冰厚度、山火隐患等;人为因素涉及施工外力破坏风险、盗窃破坏概率等。运用模糊综合评价法、灰色关联分析等方法,对线路风险进行量化评估,将线路划分为高、中、低三个风险等级。针对不同风险等级制定差异化防控策略:高风险线路加装智能监测装置,如防山火视频监控、防外力破坏雷达监测;中风险线路增加巡检频次;低风险线路采用定期抽检方式。

(2)完善应急响应机制。制定标准化应急预案,明确应急处置流程与各部门职责。预案应涵盖自然灾害(如台风、地震)、设备故障、外力破坏等各类场景。建立应急物资储备库,按照“分级储备、动态管理”原则,合理配置抢修设备(如液压牵引机、绝缘斗臂车)、应急材料(如导线、绝缘子)以及通讯工具(如卫星电话、应急电台)。定期开展应急演练,模拟真实故障场景,检验预案的可行性与部门间的协同能力。通过演练发现问题,及时修订预案,确保应急处置流程科学高效。

(3)加强与气象、林业、交通等部门的信息共享与协作,建立风险预警联动机制^[3]。如与气象部门共享天气预报数据,提前防范暴雨、大风等极端天气对线路的影响;与林业部门联合开展林区线路清障工作,降低山火风险,实现风险的联防联控。

3 输电线路运维检修管理未来发展趋势

3.1 智能化与数字化深度融合

未来,输电线路运维检修将全面拥抱智能化与数字化技术。人工智能、大数据、物联网等技术的深度应用,使设备状态监测从“局部感知”迈向“全域互联”。数字孪生技术可构建输电线路的虚拟镜像,实时模拟设备运行状态,实现故障的精准预测;边缘计算技术则能在数据源头快速处理分析,大幅提升故障预警效率。

3.2 管理模式协同化与一体化

管理模式将朝着协同化、一体化方向发展。跨部门、跨区域的资源整合与信息共享将更为紧密,通过搭建统一管理平台,实现规划、建设、运维、退役全流程数据互通。扁平化组织架构持续优化,区域运维中心的职能进一步强化,推动管理决策高效化。

3.3 技术创新与人才培养双轮驱动

技术创新持续加速,智能巡检机器人、高分辨率卫星遥感等新兴技术将广泛应用,填补复杂环境下的巡检空白;而量子通信技术的引入,将保障数据传输的安全性与稳定性。与之配套,复合型人才培育成为关键,企业将更加注重员工在智能技术应用、数据分析等领域的能力提升。

3.4 风险防控智能化与主动化

风险防控体系将向智能化、主动化升级。依托多源数据融合分析,构建动态风险评估模型,提前识别自然灾害、外力破坏等潜在威胁;通过与气象、交通等部门的深度联动,实现风险的智能预警与主动干预,最大程度降低事故发生概率,保障输电线路安全稳定运行^[4]。

结束语:输电线路运维检修管理优化是一项长期且系统的工程。通过构建全生命周期管理框架、优化组织与制度、加强人员培养与技术创新、完善风险管理等策略,可有效提升运维检修管理水平。随着智能化、数字化技术的深入应用,管理模式将更加协同化、一体化,技术创新与人才培养将相互促进,风险防控也将更加智能化、主动化。

参考文献

- [1]邵家源.浅析输电线路运维检修管理优化[J].百科论坛电子杂志,2020(9):1397-1398.
- [2]观贵安.浅析输电线路运维检修管理优化提升[J].电力系统装备,2019(23):108-109.
- [3]唐伟瑄,罗豪.输电线路的运维检修优化策略分析[J].集成电路应用,2024,41(10):348-349.
- [4]杨绍宇.输电线路架设施工与运维一体化管理模式研究分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(10):44-46.