

# 高压输电线路的运检技术分析

马彦峰

国网甘肃省电力公司平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

**摘要:** 高压输电线路运检对电网安全意义重大。本文先阐述巡检技术体系, 涵盖传统方法优化、智能技术突破与监测设备部署; 接着分析设备检修技术, 包括关键工艺、状态检修模式与带电作业发展; 随后探讨运检技术难点突破, 如复杂结构检修、地质隐患应对与新型材料适配; 最后展望运检技术发展趋势, 涉及智能化融合、绿色运维探索与协同化管理体系构建, 为高压输电线路运检提供技术参考。

**关键词:** 高压输电线路; 巡检技术; 设备检修; 技术难点; 发展趋势

引言: 高压输电线路作为电力传输的核心载体, 其运行稳定性直接关系电力系统整体安全与供电可靠性。长期运行中, 线路易受自然环境、设备老化、地质灾害等因素影响, 产生各类缺陷与故障, 威胁电力正常供应。传统运检手段存在效率低、精度有限等不足, 难以适配大规模线路运维需求。随着物联网、大数据等技术发展, 智能运检技术逐步应用, 推动运检模式转型。梳理运检技术体系, 突破技术难点, 对提升运检质量、保障线路安全运行具有重要现实意义。

## 1 高压输电线路巡检技术体系

### 1.1 传统巡检方法优化

高压输电线路传统巡检包含定期巡视、故障巡视、夜间巡视及特殊巡视等多种方式。定期巡视适用于线路日常运行状态检查, 通过固定周期巡查, 能及时发现线路表面缺陷及潜在隐患。故障巡视则针对线路突发故障展开, 快速定位故障点, 为后续抢修提供依据<sup>[1]</sup>。夜间巡视重点检查线路在夜间环境下的异常发热、电晕放电等情况, 利用黑暗背景提高缺陷识别率。特殊巡视在恶劣天气、地质灾害等特殊条件下进行, 评估线路受影响程度, 保障线路安全运行。人工观测作为传统巡检主要手段, 存在一定局限性。受人员经验、视力范围及环境因素影响, 观测结果易出现偏差。为控制误差, 需加强巡检人员培训, 提升专业素养与技能水平。同时, 制定标准化观测流程, 明确观测项目与标准, 减少主观因素干扰。交叉跨越测量是传统巡检重要环节。目测方法简单直接, 但精度较低, 适用于对测量精度要求不高的场景。红外测高仪利用红外技术测量距离, 能在一定程度上提高测量精度, 且操作较为便捷。经纬仪作为专业测量工具, 通过角度测量与计算, 可获取较为准确的交叉跨越距离, 但操作相对复杂, 对人员技术要求较高。

### 1.2 智能巡检技术突破

无人机巡检凭借灵活机动优势, 成为智能巡检重要手段。集成高清摄像头、红外热成像仪与三维激光扫描设备后, 无人机可全方位获取线路信息。高清摄像头捕捉线路外观细节, 高清摄像头分辨率可达4K及以上, 能清晰呈现线路表面细微状况。红外热成像仪检测线路发热异常, 红外热成像仪温度测量范围为-20℃-500℃, 精度可达±2℃, 三维激光扫描设备构建线路三维模型, 为故障分析与处理提供全面数据支持。直升机巡检适用于大范围、长距离线路巡检。有人直升机搭载陀螺稳定器与多光谱检测设备, 实现稳定飞行与多维度检测。陀螺稳定器确保检测设备在飞行过程中稳定工作, 陀螺稳定器精度可达0.01度, 多光谱检测设备从不同光谱角度分析线路状况, 提高缺陷识别准确率。智能巡检系统融合物联网、大数据与机器学习技术, 实现故障预测智能化。通过物联网收集线路运行数据, 大数据技术对海量数据进行分析处理, 挖掘数据潜在规律。机器学习算法基于历史数据建立预测模型, 提前预测线路故障, 为运维决策提供科学依据。

### 1.3 智能监测设备部署

绝缘监测设备实时追踪线路绝缘电阻与污秽度变化。通过在线监测技术, 及时掌握绝缘性能动态, 当绝缘电阻降低或污秽度超标时, 发出预警信号, 提醒运维人员采取措施。环境监测设备量化评估温度、湿度、风速等参数对线路影响。不同环境参数对线路运行状态影响各异, 温度监测精度可达±0.5℃, 湿度监测精度可达±3%, 风速监测精度可达±0.1m/s, 通过长期监测与数据分析, 建立环境参数与线路运行关系模型, 为线路设计与运维提供参考。设备状态监测依托传感器网络与边缘计算协同机制。传感器网络广泛布置于线路关键部位, 实时采集设备运行数据。边缘计算在数据采集端进行初步处理与分析, 减少数据传输量, 提高数据处理效率,

实现设备状态实时监测与故障快速诊断。

## 2 高压输电线路设备检修技术

### 2.1 关键设备检修工艺

拉线装置作为高压输电线路重要组成部分,其检修不容忽视。拉线棒、拉线盘、拉线锚的腐蚀情况直接影响拉线装置的稳定性。通过专业检测手段,如电化学检测方法,可精准判断腐蚀程度。同时对拉线装置进行力学性能验证,采用拉力试验机等设备,确保能承受规定拉力,保障线路安全运行。绝缘子更换需严格遵循专用工具操作规范<sup>[2]</sup>。在更换过程中,选用合适的起吊设备与紧固工具,避免对绝缘子及线路造成损伤。随着技术发展,新型绝缘材料如高强度实芯多裙长棒型瓷绝缘子得到应用。这种绝缘子具有机械强度高、防污性能好等优点,能有效提高线路绝缘水平,减少绝缘子故障发生率。接地装置维护重点在于接地电阻测量与防腐蚀处理。采用接地电阻测试仪定期测量接地电阻,确保符合设计要求。对于接地装置的防腐蚀,可采用涂覆防腐涂料、采用镀锌钢材等方法,延长接地装置使用寿命。金具作为高压输电线路中连接和组合各类装置的关键部件,在长期运行中会出现磨损、强度下降等问题。对金具进行剩余强度评估,通过无损检测技术判断金具内部缺陷情况。针对磨损量,采用补偿方法,如加装垫片、更换磨损部件等,恢复金具正常功能。

### 2.2 状态检修模式创新

电气检测是状态检修重要环节。绝缘子劣化识别通过检测绝缘子绝缘电阻、分布电压等参数,判断是否出现劣化。接地系统测量包括接地电阻、接地引下线连接情况等检测,确保接地系统可靠。污秽度动态监测利用在线监测设备,实时掌握线路污秽状况。雷击故障定位借助行波测距等技术,快速准确确定雷击位置。机械力学检测关注金具锈蚀、导线舞动、杆塔螺栓松动等问题。金具锈蚀分析采用金相检测、腐蚀产物分析方法,评估锈蚀程度。导线舞动监测通过安装监测装置,实时获取导线舞动幅度、频率等参数。杆塔螺栓松动检测利用振动分析、扭矩检测等技术,及时发现螺栓松动情况。红外线诊断综合应用相对温差判断法、表面温度判别法与热图谱分析法。相对温差判断法通过比较设备不同部位温差,判断设备是否存在异常发热。表面温度判别法依据设备表面温度标准,判断设备运行状态。热图谱分析法对设备热图像进行分析,识别故障类型与位置。

### 2.3 带电作业技术发展

带电检测可实时评估设备工况,确定安全运行边界。通过在线监测装置,获取设备运行参数,如电流、

电压、温度等,分析设备运行状态。依据检测结果,制定合理运维策略,保障设备在安全范围内运行。带电维修需改进绝缘工具制造工艺,提高工具绝缘性能与机械强度。优化标准化作业流程,明确作业步骤与安全要求,确保带电维修作业安全高效进行。带电作业面临工具强度、操作空间与人员培训等挑战。提升工具强度需采用新型材料与先进制造工艺。解决操作空间受限问题,可研发小型化、智能化作业装备。加强人员培训,提高作业人员技能水平与安全意识,实现工具强度、操作空间与人员培训协同提升。

## 3 高压输电线路运检技术难点突破

### 3.1 复杂结构检修难题

高压输电线路中,大直径分裂导线、高跨度杆塔以及特殊绝缘子串等复杂结构的存在,给检修工作带来诸多挑战。大直径分裂导线因结构特殊,常规检修工具难以满足作业需求,需定制专用工具。这些工具要能够精准适配导线尺寸,在保证操作安全的前提下,实现对导线各部位的有效检修<sup>[3]</sup>。高跨度杆塔的检修同样面临工具定制难题。由于杆塔高度大,检修人员作业难度增加,传统工具在操作范围和稳定性上无法满足要求。定制的检修工具需具备轻便、高强度且可远程操控等特点,以便检修人员能在地面或较低位置完成高跨度杆塔的检修任务。特殊绝缘子串的结构形式多样,非垂直结构绝缘子串的更换工艺优化成为关键。传统更换方法在非垂直结构中可能存在操作不便、效率低下等问题。通过研究新的更换工艺,如采用分段拆卸、整体吊装等方式,结合专用辅助工具,可有效提升更换效率,缩短检修时间,降低对线路运行的影响。

### 3.2 地质隐患辨识与应对

地质灾害对高压输电线路稳定性影响显著。山体滑坡、地面塌方等灾害发生时,会改变线路周边地质环境,导致杆塔基础松动、倾斜甚至倒塌,影响线路正常运行。深入研究地质灾害对线路稳定性的影响机制,需综合考虑地质结构、土壤性质、地形地貌等因素,分析灾害发生时线路受力变化情况,为隐患评估提供理论依据。构建多专业融合的地质隐患评估体系至关重要。将地质力学、气候学与工程学等学科知识交叉应用,从不同角度对地质隐患进行全面评估。地质力学分析地质结构稳定性,气候学研究气象条件对地质灾害的诱发作用,工程学则侧重于评估灾害对线路工程结构的影响。通过多专业协同,提高地质隐患评估的准确性和可靠性。

### 3.3 新型材料与设备适配

合成绝缘子在高压输电线路中应用广泛,但存在使

用年限限制问题。随着使用时间增长,合成绝缘子可能出现老化、性能下降等情况,影响线路安全运行。探索高强度实芯瓷绝缘子替代方案成为研究重点。高强度实芯瓷绝缘子具有机械强度高、耐污闪性能好等优点,通过对其性能深入研究,优化生产工艺,可逐步实现替代应用。耐候性材料在极端环境中的性能验证也不容忽视。在高温、高寒、强腐蚀等极端环境下,耐候性材料需保持良好的电气性能和机械性能。通过建立模拟极端环境的试验平台,对耐候性材料进行长期性能监测和分析,掌握在不同环境条件下的性能变化规律,为材料选型和线路设计提供科学依据。

#### 4 高压输电线路运检技术发展趋势

##### 4.1 智能化技术深度融合

在高压输电线路运检领域,智能化技术正逐步渗透并发挥关键作用。大数据分析凭借强大的数据处理能力,为设备状态预测提供坚实决策支持<sup>[4]</sup>。通过收集线路设备运行过程中的海量数据,涵盖电压、电流、温度、振动等多维度信息,运用先进数据分析算法挖掘数据潜在规律。基于这些规律,可精准预测设备未来运行状态,提前发现潜在故障隐患,为运维人员制定针对性维护计划提供科学依据,有效降低设备故障发生率,提升线路运行可靠性。人工智能算法在故障模式识别与维修策略优化方面展现出广阔应用前景。借助深度学习、机器学习等技术,对大量历史故障数据进行学习训练,构建精准故障识别模型。该模型能够快速准确识别线路故障类型,分析故障产生原因。依据故障特征与设备状态,智能生成最优维修策略,指导运维人员高效开展维修工作,缩短故障修复时间,减少停电损失,提高线路运维智能化水平。

##### 4.2 绿色运维技术探索

随着环保理念深入人心,绿色运维技术在高压输电线路领域备受关注。环保材料在绝缘子、导线与金具中的规模化应用成为重要发展方向。环保型绝缘子采用新型绝缘材料,不仅具备优良绝缘性能,还能减少对环境污染。环保导线通过优化材料配方与制造工艺,降低线路电阻损耗,提高输电效率,同时减少资源消耗。环保金具在保证机械性能前提下,选用可回收、可降解材料,降低对生态环境影响。可再生能源消纳对线路运行

效率提升路径探索也在持续推进。随着可再生能源大规模接入电网,线路需具备更强灵活性与适应性。通过优化线路运行方式、提升设备调节能力,实现可再生能源高效消纳。这不仅能提高能源利用效率,减少能源浪费,还能促进能源结构转型,推动电力行业绿色可持续发展。

##### 4.3 协同化管理体系构建

高压输电线路运检需构建协同化管理体系,提升故障处理效率。跨部门快速响应小组在故障处理中发挥关键组织架构与协作机制作用。该小组整合运维、检修、调度等多部门专业人员,打破部门壁垒,实现信息共享与资源协同。故障发生时,快速响应小组迅速集结,依据故障类型与严重程度,制定科学合理处理方案,各成员分工明确、密切配合,高效完成故障排查与修复任务。定期复盘制度在经验沉淀与流程优化中形成闭环管理。定期对线路运检工作进行全面复盘,总结成功经验与存在问题。针对成功经验,提炼可复制推广模式;针对存在问题,深入分析原因,制定改进措施并纳入后续工作流程。通过不断循环优化,持续提升线路运检管理水平与工作效率。

##### 结束语

高压输电线路运检技术对于保障电网安全意义重大。通过优化巡检技术体系、创新设备检修模式、突破技术难点,线路运行可靠性得以提升。智能化、绿色化、协同化发展趋势为运检工作带来新机遇。持续探索创新运检技术,完善管理体系,能更好应对复杂运行环境,确保高压输电线路长期稳定运行,为电力行业高质量发展提供有力支撑。

##### 参考文献

- [1]胡晓平,彭星星,于淼.高压输电线路中的运检技术策略分析[J].电力设备管理,2025(4):50-52.
- [2]刘建国.高压输电线路中的运检技术研究[J].通讯世界,2025,32(11):110-112.
- [3]李佳洋,余旺,郭建民.高压输电线路运检工作技术难点与应对措施探讨[J].科学与信息化,2023(22):91-93.
- [4]张泽宇.高压输电线路运检工作技术难点与应对措施研究[J].模型世界,2024(25):115-117.