

架空输电线路运维与检修技术运用探析

蒋 炜

(国网四川省电力公司自贡供电公司, 四川 自贡 643000)

摘 要 架空输电线路作为电力传输的主要途径, 其运维与检修工作尤为重要。本文对架空输电线路的结构特点和运维检修技术标准进行分析, 探讨了我国架空输电线路运维与检修中存在的问题, 并提出了更新设备、引入智能化技术、完善应急机制、加快技术推广以及强化人员培训等优化措施, 旨在为改进架空输电线路运维与检修技术提供有益参考, 从而提高线路的运行可靠性。

关键词 架空输电线路; 设备老化; 检修方式; 极端天气应对能力; 智能化技术

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)12-0034-03

近些年, 我国电力需求不断增长, 架空输电线路作为电力输送的骨干, 承担着重要任务。然而, 随着线路使用年限的增加, 设备老化问题日益严重, 以往的检修方式难以适应高效运维需求, 同时, 极端天气的频繁发生使得线路维护面临新的问题。针对这些问题, 电力企业需要提升运维与检修技术, 保证电网稳定运行, 并改进技术手段, 完善管理机制, 降低线路故障率, 保障电力供应的可靠性。

1 架空输电线路运维与检修的相关概述

1.1 架空输电线路结构特点

架空输电线路是借助输电塔架设电力导线进行电力传输的主要形式, 其结构由导线、杆塔、绝缘子、金具和接地装置等部分组成^[1]。导线多采用铝包钢芯铝绞线, 既具备良好的导电性能, 又能抵抗外界的拉力。输电杆塔的高度根据输电电压等级进行设计, 高压线路的杆塔高度在30米至40米之间, 以保持与地面的安全距离。杆塔的基础设计需考虑土壤承载力、地震烈度和风压等因素, 保持线路稳固。绝缘子由陶瓷、玻璃或合成材料制成, 耐受电压能力根据线路电压等级进行配置。金具包括线夹、耐张线夹、悬垂线夹等, 用于固定导线连接各类设备。线路的接地装置是保障线路运行安全的重要部分, 接地电阻值一般要求控制在10欧姆以下, 以减少雷电对设备的冲击。

1.2 运维与检修的技术标准

架空输电线路的运维与检修技术标准要求非常严密, 涉及多个关键参数。在线路日常运维中, 导线的弧垂测量需符合特定电压等级的要求。在220千伏的输电线路, 导线的弧垂应控制在线路长度的2.5%至3%范围内, 以防止导线过度松弛导致安全隐患^[2]。导

线与地面、建筑物、树木等的最小安全距离则严格遵循国家标准, 500千伏高压输电线路的最小垂直距离应不低于8.5米。运维人员在巡视过程中, 必须保证导线接头的温度不超过70℃, 若温度超过此值, 需立即采取降温措施。此外, 杆塔的倾斜度测量标准明确规定, 220千伏及以上的输电线路杆塔的倾斜度不得超过塔高的1.5%。每次巡检后, 都需要对线路的接地电阻进行测量。检修技术标准同样详细, 带电作业时, 电力工人使用的绝缘手套必须能承受工频耐压30千伏, 绝缘靴的标准耐压值为20千伏, 定期进行绝缘性能测试。登塔作业时, 架空线路杆塔的设计需具备每平方米不低于800牛顿的抗风荷载能力, 同时塔材的耐腐蚀性必须经过5年周期的标准检测。在线路检修前, 停电操作应确保断路器的操作时间在50毫秒以内, 以最大限度地减少电力中断时间。

1.3 架空输电线路运维与检修技术的发展历程

早期的运维依赖人工巡视, 工人需高空作业手动检测线路设备, 效率低下且安全风险高。随着科技的进步, 20世纪90年代, 红外测温、超声波检测等技术逐步应用于线路检测中, 提高了故障发现的准确性。进入21世纪, 随着电网规模扩大, 智能化技术逐渐融入运维检修领域。无人机巡检技术的应用极大地提升了巡检效率, 能够快速覆盖广阔的线路区域, 精确识别缺陷。近年来, 带电作业技术的成熟使得检修人员能够在不停电的情况下进行维护, 减少了停电时间。物联网、大数据分析和人工智能技术进一步推动线路状态的实时监测, 使得线路管理更加智能化。当前, 无人巡检系统正逐渐成为运维主流, 实现了更高效、更安全的线路运维模式。

2 我国架空输电线路运维检修的问题分析

2.1 设备老化削弱线路稳定

我国大量架空输电线路投入使用已有几十年,设备老化问题日益严重。根据国家电网统计数据,近五年因设备老化引发的线路故障比例已占总故障的 25% 以上^[3]。导线的绝缘性能随时间推移逐渐减弱,金具老化使得导线与杆塔的连接不牢固,杆塔本身因长期暴露于风雨等自然环境中,结构损伤逐渐加重。输电线路中使用的绝缘子,在长时间运行下,其耐受电压能力下降,容易出现击穿现象。

2.2 检修方式落后影响效率

目前我国部分地区的架空输电线路仍采用传统的人工巡检方式,检修效率较低。根据电力行业统计,每次人工巡检需要耗费 4 小时至 8 小时,且难以及时发现隐性故障。由于人工巡检依赖基本工具,检测精度有限,容易漏掉微小的隐患,导致问题积累,影响线路长期稳定运行。传统检修方式的技术手段较为单一,主要依赖物理接触进行设备检测,这使得检修人员的工作负荷大幅增加,且存在较高的安全风险。在设备日趋复杂的现代电网中,落后的检修方式与现代线路需求之间的矛盾愈加突出。

2.3 极端天气应对能力薄弱

近年来极端天气频发,架空输电线路在应对自然灾害时表现出较大的脆弱性。大规模雷暴、冰雪灾害、台风等自然现象对输电线路造成严重威胁,线路在高风速、大降雪等情况下容易出现断线等问题。据相关数据统计,2019 年我国南方雪灾,因覆冰厚度超标,导致约 2 000 公里的架空线路瘫痪,影响数十个城市的正常用电。而现有的应急响应机制在应对这些突发状况时效果不佳,极端天气导致的线路故障频率不断上升,加剧电网的安全隐患。

2.4 技术应用滞后制约发展

我国部分架空输电线路运维仍主要依靠传统技术手段,现代化智能运维系统的普及率较低,技术滞后成为制约线路运维和检修效率的主要问题。据统计,目前仅有不到 30% 的输电线路采用智能化监测设备,导致在线路发生故障时难以实现实时监测,排查故障的反应速度受到限制。虽然电力企业已逐渐引入无人机巡检、带电作业等新技术,但其覆盖范围仍然有限,设备更新速度落后于现代电网发展的需求,限制线路运维的全面提升。

3 优化架空线路运维和检修技术的措施

3.1 更新设备,保障线路运行

设备老化直接威胁到架空输电线路的运行稳定性,因此定期更新设备是保障线路安全运行的必要措施。更新设备能够有效提高导线、绝缘子、金具等部件的耐用性,降低因设备老化引发的故障概率。电力企业需要对现有设备进行全面评估,确定优先更新的部件,同时建立长期的设备更新计划,使设备始终处于最佳运行状态。电力企业在更新设备时,要对架空输电线路进行全面的设备状态评估,建立线路健康档案。技术人员需要借助红外测温、超声波探伤等专业检测手段,精准掌握导线、绝缘子、金具等关键部件的运行状态,判断老化程度。评估结束后,根据线路的健康等级,制定更新优先级,优先更换老化严重区域设备。导线更新时,需选择耐候性更强的铝包钢芯导线,导线直径选择在 24 毫米至 30 毫米范围,既提升传输效率,又增强抗拉强度。绝缘子更新时,需采用抗污型合成材料绝缘子,耐受电压需符合国标要求,以提高电气绝缘性能。对于杆塔的金具,需使用耐腐蚀性能优良的高强度镀锌钢金具,具备承受超过 60 千牛拉力的能力。

3.2 引入智能化技术,提升检修效率

电力企业引入智能化技术将大幅提升架空输电线路的检修效率,借助无人机巡检、智能监测系统和大数据分析,可以实时掌握线路运行状态,提前发现潜在故障并进行预防性维护。电力企业应加大对智能化设备的投入,建立完善的智能监测网络,优化现有的检修流程,减少人工巡检的工作量,提高故障处理的及时性。电力企业在引入智能化技术时,需构建覆盖全网的智能监测网络,安装具备在线监测功能的传感器,传感器需具备超高频局部放电检测、温湿度监控、线路电流及电压波动分析功能,能够对每条线路进行 24 小时实时监控。无人机巡检需配备高分辨率红外热成像仪与光学变焦镜头,巡检高度设定在 20 米至 30 米之间,保障精确捕捉线路表面的细微缺陷。电力企业应根据线路长度制定巡检路线,使用无人机自主飞行规划功能减少人为干预。无人机每次巡检后,采集的数据应自动上传至云端数据处理系统,结合大数据平台对线路历史数据进行比对分析,识别异常趋势。实施智能巡检系统需与配电自动化系统相结合,优化检修流程,预设线路异常警报触发条件,警报触发后,系统自动生成故障报告,并即时推送至运维团队进行快速响应。

3.3 完善机制，提升应急响应

极端天气对架空输电线路的破坏不容忽视，电力企业需要完善应急响应机制，提高应对突发状况的能力^[4]。电力企业建立完善的应急预案和快速响应机制，能够有效缩短抢修时间，减少因自然灾害引发的电力中断，保障线路的及时恢复，提高整个电网面对突发事件时的整体抗风险能力。电力企业需建立多层级的应急指挥中心，涵盖中心调度室、区域应急分队以及现场抢修小组，使不同区域在极端天气来临时能够快速响应。经由气象监测系统与线路在线监测系统的联动，提前预测受极端天气影响的区域，结合历史故障数据，针对性制定抢修计划。企业应在重点区域预置应急抢修队伍，抢修车辆、应急发电设备、绝缘修复工具等物资应按计划提前部署，保证关键线路能够在最短时间内恢复运行。应急预案的制定需涵盖风力、雷暴、冰冻等不同极端气候条件下的处理流程，明确每个环节的操作步骤。应急通信系统应具备独立信号传输能力，保证极端天气下依然能够与各抢修小组保持无缝联系。抢修过程中实时监控进度，使用无人机巡检受损线路，及时调整抢修策略，调度备用线路分流负荷，保障供电的持续性。

3.4 推广技术，加速创新升级

技术创新是提升架空输电线路运维和检修水平的重要手段，电力企业经由推广人工智能、大数据分析等新型运维技术，能够实时监测故障并快速处理，提升线路运维的智能化水平^[5]。企业需要积极投入科研，推动技术的应用推广，制定技术应用的标准化流程。同时，加强与科研机构的合作，保证技术持续更新。电力企业在推广技术时，需要建设一体化智能监测平台，该平台需具备人工智能故障诊断、大数据分析云计算功能，实时监控线路的温度、电流等关键参数，并对异常数据进行实时分析。为推动技术落地，企业应建立标准化的技术应用流程，将人工智能技术应用于故障预测环节，制定明确的模型训练规则，保证算法的精准度达到95%以上。在大数据分析部分，企业需要整合历史故障数据，利用自适应神经网络等高级算法对线路状态进行趋势分析，提前预判潜在问题。在技术推广的过程中，企业需加大与科研机构的合作力度，形成产学研一体化研发模式，定期召开技术研讨会，讨论运维中遇到的新问题。

3.5 强化培训，优化人员素质

随着运维和检修技术的快速发展，电力企业提升

人员素质是必要的。强化员工培训不仅能提升员工的专业技术水平，还能增强其对新技术的应用能力，保证新技术在实际操作中得到充分利用。电力企业应建立系统的培训机制，定期开展技能培训，特别是在智能化技术应用方面，保证所有操作人员具备足够的技术知识和实操能力。电力企业应建立涵盖基础理论与实操技能的培训体系，分为初级、中级、高级三类课程，针对不同技术等级的运维人员进行定向培养。智能化技术培训需特别设置专项模块，包括无人机巡检操作、智能监测系统数据读取与分析、故障预警系统应用等内容，要求操作人员在实际场景中熟练掌握设备的使用技巧。每个运维人员需在6个月内通过理论与实操考核，考核标准需覆盖设备运行的准确率、数据分析的精度、设备维修的时间等多个维度，保证培训效果。企业还需设置专用实训基地，模拟真实的输电线路环境，建立标准化的无人机操作台、线路监测终端以及故障模拟系统，运维人员需完成完整的线路巡检流程。

4 结束语

架空输电线路的运维与检修技术对于电力系统的稳定运行至关重要。面对设备老化、传统检修方式效率低、极端天气应对不足等问题，电力企业亟需采取有效措施进行优化。通过更新设备、引入智能化技术、完善应急机制、推广创新技术以及强化人员培训，可以全面提升运维和检修的效率。这些措施能够保障线路的安全运行，还能有效降低故障发生的频率，提高电网应对各种突发状况的能力。未来，随着技术的不断进步，架空输电线路的运维与检修工作将朝着更加智能化的方向发展。

参考文献：

- [1] 吉程. 架空输电线路运维与检修技术探讨[J]. 中国设备工程, 2024(08):57-59.
- [2] 张川, 邹和东, 王伟, 等. 无人机在架空输电线路巡检中的应用[J]. 光源与照明, 2021(10):110-112.
- [3] 罗桂文. 探讨架空输电线路运维与检修技术[J]. 科学技术创新, 2020(03):168-169.
- [4] 葛映彤. 架空输电线路运维与检修技术探讨[J]. 化工管理, 2019(10):160.
- [5] 马胜利. 架空输电线路运维与检修技术分析[J]. 智能城市, 2019,05(02):54-55.