

浅谈高压输电线路检修与维护难点及处理措施

胡 刚 范 劼

湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司 湖南 长沙 410000

摘 要：高压输电线路作为电力系统核心，其检修与维护至关重要。本文深入剖析了检修与维护工作中的难点，包括线路长距离与复杂地理环境带来的挑战、高电压与强电场环境下的作业风险、设备老化与隐蔽故障检测难题、恶劣气候条件影响，以及日常巡检、树障防控、运维管理协调、资源分配等方面的困境。针对这些难点，提出了引入先进监测技术、完善安全防护措施、加大检测技术研发、制定应急预案、优化巡检计划与运维管理等切实可行的处理措施，以保障高压输电线路安全稳定运行。

关键词：高压输电线路；检修难点；维护难点；处理措施

引言：在电力系统中，高压输电线路承担着电能远距离高效输送的关键任务，是保障社会生产生活正常运转的重要基础设施。其运行状态直接影响电力供应的连续性和稳定性，一旦出现故障，将造成大面积停电，给经济和社会带来巨大损失。然而，高压输电线路具有线路长、覆盖范围广、运行环境复杂等特点，在检修与维护过程中面临诸多挑战。深入分析这些难点，并探索有效的处理措施，对于提高高压输电线路的可靠性和安全性具有重要意义。

1 高压输电线路检修与维护的基础认知

1.1 高压输电线路的构成与运行原理

高压输电线路是电力系统电能远距离输送的核心载体，核心组成部分包含导线、绝缘子、杆塔、金具等关键部件^[1]。导线承担电能传输核心功能，需具备优良导电性能、足够机械强度及抗腐蚀能力，适配高压输电负荷需求。绝缘子实现导线与杆塔间电气绝缘，防止电能泄漏，其性能直接决定线路绝缘水平与运行稳定性。杆塔用于支撑导线和绝缘子，根据路径地形与负荷要求提供机械支撑，维持线路合理架设高度与间距。金具作为连接构件，固定并连接各部件，传递机械负荷保障连接可靠。高压输电线路电能传输基于电磁感应与电场耦合效应，通过升高输电电压降低线路电流，减少电阻损耗实现高效远距离输送，依托各部件协同工作保障电能持续稳定传输。

1.2 检修与维护工作的核心目标

高压输电线路安全稳定运行是电力系统可靠供电的基础，直接关系社会生产生活正常秩序和电力行业可持续发展。线路覆盖范围广、运行环境复杂，任何部件异常都可能引发故障，中断电能输送。检修与维护工作是保障线路安全稳定运行的关键手段，通过系统性检查、

维护和修复，能够及时发现线路运行中的潜在隐患，提前采取针对性措施消除隐患，有效预防故障发生。规范开展检修与维护工作，能够减少线路非计划停电时长，保障电能供应连续性，降低故障对社会生产生活造成的影响。通过定期维护保养，可延缓线路设备老化速度，优化设备运行状态，延长线路整体使用寿命，降低电力系统运营成本，为电力系统长期稳定运行提供有力支撑。

1.3 检修与维护工作的常见模式

高压输电线路检修维护形成多种适配不同场景的模式，定期检修、状态检修、故障检修是应用最广泛的检修模式。定期检修依据线路运行年限、部件寿命及行业标准设定固定周期，全面检查维护线路，计划性强、覆盖范围广，适用于运行环境稳定、部件损耗规律明确的场景。状态检修以线路运行状态为依据，通过监测部件参数与状态指标判断健康状况，针对性开展检修，精准性与资源利用率高，适用于运行环境复杂、部件损耗差异较大的线路。故障检修是线路故障后的应急检修，核心是快速排查故障点、修复部件恢复运行，响应迅速、针对性强，适用于各类突发故障场景。日常巡检按既定频次排查线路路径与各部件，及时发现表面隐患；专项检查针对特定季节、部件或风险开展针对性检查，满足不同场景维护要求，保障线路安全。

2 高压输电线路检修的难点剖析

2.1 线路长距离与复杂地理环境带来的挑战

高压输电线路为实现电能远距离输送，往往跨越广阔区域，长距离架设特性直接增加故障点查找难度^[2]。线路覆盖范围广，故障发生后，检修人员需对漫长线路逐段排查，不仅消耗大量人力物力，还会延长故障排查时间，导致检修效率大幅下降。高压输电线路常需穿越山区、森林、沼泽等复杂地理区域，此类区域地形崎岖、

交通不便,检修人员通行难度较大,携带检修设备和工具到达作业地点时面临诸多阻碍。复杂地形还可能导致检修设备运输困难,部分大型检修器械无法顺利抵达作业现场,进一步制约检修工作开展,增加检修工作的整体难度。

2.2 高电压与强电场环境下的作业风险

高压输电线路运行时处于高电压状态,检修作业需在带电或停电状态下开展,对人员安全防护提出极高要求。高电压环境下,一旦安全防护措施不到位,极易引发触电事故,威胁检修人员人身安全,因此检修人员需配备专业防护装备,严格遵循作业规范。强电场会对检修设备和工具的性能产生不良影响,长期处于强电场环境中,检修工具的绝缘性能可能下降,电子元件易出现损坏,进而引发工具故障,影响检修工作的正常开展,甚至可能因工具故障诱发线路二次故障,增加检修风险。

2.3 线路设备老化与隐蔽故障的检测难题

导线、绝缘子、金具等线路设备长期暴露在自然环境中,受温度变化、湿度影响、大气腐蚀等因素作用,会逐渐出现老化现象,表现为导线磨损、绝缘子性能下降、金具锈蚀等,这些老化现象会降低设备运行可靠性,增加故障发生概率。线路运行过程中还存在多种隐蔽故障,导线内部损伤、绝缘子内部缺陷等故障无法通过肉眼直接观察,现有检测技术存在一定局限性,难以精准识别此类隐蔽故障,易导致故障漏检,进而引发线路运行隐患,给检修工作带来较大挑战。

2.4 恶劣气候条件对检修工作的影响

雷击、暴雨、大风、冰雪等恶劣气候是高压输电线路故障的重要诱因,雷击会击穿绝缘子、损坏导线,暴雨可能引发山体滑坡、泥石流,破坏线路杆塔,大风易导致导线舞动、杆塔倾斜,冰雪覆盖会增加线路荷载,引发导线断裂、杆塔倒塌。恶劣气候不仅会对线路造成直接破坏,还会严重干扰检修工作开展,暴雨、大风、冰雪等天气条件下,检修人员无法正常开展户外作业,且作业过程中易发生安全事故,大幅增加检修工作的困难程度和安全风险,延误故障处置时机。

3 高压输电线路维护的难点探讨

3.1 日常巡检的全面性与及时性矛盾

日常巡检是高压输电线路维护的核心环节,要求覆盖线路导线、绝缘子、杆塔、金具等所有组成部分,不放过任何潜在隐患^[3]。但高压输电线路架设距离长、覆盖范围广,巡检工作受时间和人力资源限制,难以实现真正意义上的全面覆盖,部分偏远路段或隐蔽区域易出现巡检盲区,无法及时发现潜在隐患。及时发现线路隐患

是维护工作的关键,能够为隐患处置争取时间,降低故障发生概率。实际巡检过程中,受巡检人员数量、巡检路线规划、外界环境干扰等因素影响,巡检工作往往存在滞后性,无法在隐患出现初期及时识别,导致隐患逐渐发展扩大,增加维护工作难度和线路运行风险。

3.2 树障与外力破坏的防控难题

树木生长过程中若与高压输电线路安全距离不足,会引发树障放电现象,破坏线路绝缘性能,甚至导致线路跳闸,影响电能正常输送。树障防控需定期对线路周边树木进行修剪、清理,但部分树木位于私人区域或偏远山区,修剪清理工作面临诸多阻碍,且树木生长速度快,需持续开展防控工作,增加维护工作强度和难度。建筑施工、车辆碰撞等外力破坏是线路故障的重要原因,此类破坏具有突发性和不确定性,建筑施工过程中大型机械易碰撞杆塔、挂断导线,车辆行驶过程中可能撞击线路设施。外力破坏的预防和处理存在较强复杂性,难以实现全方位、无死角防控,且破坏发生后需快速处置,进一步提升维护工作难度。

3.3 运维管理协调与信息沟通不畅

高压输电线路运维工作涉及多个部门和专业领域,包括线路运维部门、检修部门、调度部门、通信部门等,各部门和专业有着不同的工作重点和职责范围。部门之间若缺乏高效协调沟通机制,易出现工作衔接不畅、职责交叉或空白等问题,导致维护工作推进缓慢,工作效率大幅下降。运维信息传递的及时性和准确性直接影响维护决策科学性和执行有效性,信息传递不及时会导致维护措施滞后,无法及时响应线路运行异常;信息传递不准确会误导维护决策,导致维护工作针对性不足,不仅无法解决实际问题,还可能造成人力物力浪费,进一步制约维护工作开展。

3.4 维护资源分配与优化配置挑战

高压输电线路维护资源包括人力、物力和财力,各类资源总量有限,如何在有限资源前提下实现合理分配,满足不同线路段的维护需求,成为维护工作面临的重要挑战。不同线路段的运行环境、设备老化程度、重要性存在差异,对维护资源的需求也各不相同,重要线路段和设备老化严重的线路段需要更多资源投入。维护资源优化配置受多种因素影响,线路重要性直接决定资源分配优先级,故障概率高的线路段需加大资源投入力度,同时还要考虑资源分配的经济性和合理性,避免资源浪费。各类因素相互影响、相互制约,导致维护资源优化配置难以实现精准把控,给维护工作带来较大挑战。

4 高压输电线路检修与维护难点的处理措施

4.1 应对线路长距离与复杂地理环境的策略

针对线路长距离和复杂地理环境带来的检修维护难题,可通过引入先进监测技术提升工作效能。在线监测系统可实现对线路运行状态的实时监测,实时捕捉线路异常信号,大幅缩短故障点查找时间,提升故障排查效率^[4]。无人机巡检凭借灵活机动的优势,能够突破复杂地形限制,对偏远、险峻区域线路进行全方位巡检,有效弥补人工巡检盲区,提升巡检质量与效率。同时,采用模块化检修设备和便携式工具,简化设备携带与运输流程,适配复杂地理环境下的作业需求,降低检修人员携带设备抵达作业现场的难度,为复杂地形区域检修工作顺利开展提供支撑。

4.2 高电压与强电场环境下的安全作业保障

高电压与强电场环境下的作业安全,需通过完善的防护措施和设备优化实现保障。为检修人员配备齐全的专业安全防护用具和设备,绝缘手套、绝缘服可隔绝高压电场,屏蔽服能有效防护强电场对人体的影响,从人身层面筑牢安全防线。针对检修设备和工具,需进行特殊设计与处理,采用高强度绝缘材料提升设备绝缘性能,优化电子元件抗干扰设计,降低强电场对设备性能的不良影响,避免工具故障引发的作业风险和线路二次故障,确保检修作业安全有序开展。

4.3 提升设备老化与隐蔽故障检测能力的措施

应对设备老化与隐蔽故障检测难题,需加大检测技术研发投入力度,积极引进和推广先进检测技术与设备。红外热成像仪可通过温度异常监测识别设备老化和隐蔽缺陷,超声波检测仪能精准检测导线内部损伤、绝缘子内部缺陷等肉眼无法观察的故障,大幅提升隐蔽故障识别精度。同时,开展设备状态评估和预测技术研究,结合设备运行数据和环境参数,分析设备老化规律,提前预判设备潜在故障,针对性采取维护保养措施,延缓设备老化进程,降低故障发生概率。

4.4 恶劣气候条件下的检修与维护应对方案

为降低恶劣气候对检修维护工作的影响,需制定完善的恶劣气候应急预案,明确不同恶劣气候场景下的应急响应流程,划分各相关部门职责,确保故障发生后能

够快速响应、协同处置。加强恶劣气候监测与预警体系建设,依托气象监测设备实时捕捉天气变化信息,提前发布气候预警,为检修维护工作争取准备时间^[5]。提前做好检修设备防护和人员调配,储备应急检修物资,优化恶劣气候过后的检修流程,快速处置线路损坏部位,最大限度降低恶劣气候对线路运行和检修工作的干扰。

4.5 优化日常巡检与运维管理的方法

针对日常巡检和运维管理中的难点,需建立科学合理的巡检计划,结合线路重要性、运行环境和设备状态,差异化确定巡检周期和巡检内容,避免巡检资源浪费,提升巡检针对性和有效性。加强运维管理信息化建设,搭建一体化运维信息平台,整合各部门、各专业运维数据,实现运维信息实时共享和高效传递,打破部门间信息壁垒,提升协调沟通效率。通过信息化手段优化运维决策流程,确保运维决策科学合理,推动巡检与运维管理工作提质增效。

结束语

高压输电线路检修与维护工作是一项系统而复杂的工程,涉及技术、管理、环境等多个方面。通过引入先进监测技术、完善安全防护措施、提升检测能力、制定应急预案以及优化巡检运维管理等措施,能够有效应对检修与维护过程中的各类难点问题。这不仅有助于提高高压输电线路的运行可靠性,减少故障发生,还能降低运维成本,保障电力系统的安全稳定运行,为社会经济的持续发展提供坚实的电力支撑。

参考文献

- [1]屈冬豪,潘成杰.10kV配电线路故障原因分析及其运行维护探讨[J].中华纸业,2024,(03):70-72.
- [2]任辉.浅谈电力输电线路的运行维护及故障排除[J].建筑工程技术与设计,2020(34):2891.
- [3]倪玮铭,祝文坤,杨帆,等.电力工程10kV配电线路的带电作业技术探讨[J].电气技术与经济,2024,(03):284-286.
- [4]马亚东.配电线路运维检修技术存在的问题及解决对策[J].光源与照明,2024,(02):88-90.
- [5]廖盖安.超高压输电线路运行维护问题与对策分析[J].通讯世界,2023,30(12):91-93.