

极端天气条件下输电线路应急检修方案设计与实践研究

尹占贺

内蒙古电力(集团)有限责任公司锡林郭勒盟多伦供电分公司 内蒙古 锡林郭勒盟 027300

摘要: 极端天气对输电线路影响大, 常见极端天气有台风、暴雨等, 易引发机械损伤、电气性能及附属设施等故障, 影响范围和危害程度各异。为此设计了应急检修方案, 包括总体框架、分级方案、关键技术与装备选型、安全保障等。实践应用表明, 方案在恢复供电时间、检修质量等方面有优势, 但也存在物资储备不足等问题。同时提出组织、人员、物资、技术与创新等保障措施, 以提升应急处置能力。

关键词: 极端天气; 输电线路; 应急检修方案; 实践研究

1 极端天气对输电线路的影响及故障分析

1.1 常见极端天气类型及特征

极端天气是指当天气出现统计意义上的极端情况时所发生的现象, 对输电线路影响较大的常见极端天气类型多样。台风是热带气旋强烈发展的形式, 具有强大的风力和暴雨, 风力可达12级以上, 甚至更高, 其影响范围广, 持续时间较长, 会伴随着狂风和强降雨, 对沿海及受台风路径影响的地区输电线路造成严重威胁。暴雨天气降水强度大, 短时间内大量降水可能引发山体滑坡、泥石流等地质灾害, 同时导致河水泛滥, 淹没输电线路杆塔基础, 影响线路安全。冰雪天气中, 冻雨会使导线、绝缘子等覆冰, 增加线路的重量和荷载, 当覆冰厚度达到一定程度时, 可能导致杆塔倒塌、导线断裂等事故; 暴雪也会在导线上积雪, 增加线路负担, 且低温环境会影响线路的电气性能^[1]。高温天气下, 气温持续升高, 导线会因热胀冷缩原理而伸长, 弧垂增大, 可能导致导线对地距离不足, 引发放电事故, 同时高温还会加速线路设备老化, 降低设备使用寿命。雷电天气则会产生强大的雷电电流, 当雷电击中输电线路或附近物体时, 会产生过电压, 对线路的绝缘子和电气设备造成损坏, 引发线路故障。

1.2 输电线路典型故障类型

1.2.1 机械损伤类故障

在极端天气作用下, 机械损伤类故障较为常见。台风带来的强风会使导线剧烈摆动, 与杆塔、金具等发生摩擦, 导致导线磨损、断股, 严重时甚至断裂。强风还可能吹倒杆塔, 尤其是对一些地质条件较差、杆塔基础不牢固的区域, 杆塔倒塌会直接导致线路中断。冰雪天气中, 导线覆冰后重量大幅增加, 当超过杆塔的承载能力时, 会使杆塔发生变形、倾斜甚至倒塌。覆冰还可能导致导线舞动, 导线在风的作用下产生低频、大振幅的

自激振动, 引起金具损坏、导线断股等问题。

1.2.2 电气性能故障

雷电天气是引发输电线路电气性能故障的主要原因之一。雷电击中线路时, 会在导线上产生极高的过电压, 这个过电压远远超过线路绝缘子的耐受电压, 导致绝缘子闪络、击穿, 使线路发生短路故障。雷电电流还可能损坏线路上的电气设备, 如变压器、断路器等, 影响线路的正常运行。高温天气下, 导线弧垂增大, 可能导致导线与树木、建筑物等的安全距离不足, 引发放电事故, 造成线路接地或短路。高温还会使线路的电阻增大, 导致线路损耗增加, 电压降低, 影响电能质量。

1.2.3 附属设施故障

极端天气也会对输电线路的附属设施造成损害。暴雨可能引发洪水, 淹没杆塔基础周围的排水设施, 导致基础积水, 影响杆塔的稳定性。洪水还可能冲毁杆塔附近的道路、桥梁等交通设施, 给线路的检修和维护带来困难。冰雪天气中, 绝缘子覆冰后, 冰凌可能会在绝缘子表面形成冰桥, 使绝缘子的绝缘性能下降, 引发闪络故障。覆冰还可能导致金具冻结, 影响金具的正常操作和连接可靠性。

1.3 故障影响范围与危害程度评估

输电线路故障的影响范围和危害程度与故障类型、线路的重要程度以及故障发生的位置等因素密切相关。机械损伤类故障如杆塔倒塌、导线断裂等, 会导致线路中断供电, 影响范围取决于线路的供电区域和负荷大小。如果是重要的输电通道发生故障, 可能会造成大面积停电, 给社会经济和人民生活带来严重影响。电气性能故障如绝缘子闪络、短路等, 不仅会导致线路停电, 还可能引发火灾、爆炸等次生灾害, 对周边环境和人员安全构成威胁。附属设施故障虽然一般不会直接导致线路停电, 但会影响线路的安全运行和检修维护工作, 长

期存在可能会引发更严重的故障。

2 极端天气条件下输电线路应急检修方案设计

2.1 应急检修总体框架

极端天气条件下,输电线路应急检修的总体框架涵盖应急响应、故障排查、检修实施与恢复供电四个关键环节。在应急响应阶段,一旦接到极端天气预警或者线路故障报告,需即刻启动预先制定的应急预案。迅速组织经验丰富、技术精湛的应急抢修队伍,确保人员能够第一时间集结。根据故障可能涉及的范围和严重程度,精准调配应急物资与设备,如备用导线、绝缘子、抢修车辆等,并快速赶赴故障现场。故障排查阶段,要充分利用先进的检测技术和设备,像无人机搭载高清摄像头和红外传感器,对线路进行全方位、无死角的检查,快速且精准地确定故障位置和类型,为后续检修提供准确依据^[2]。检修实施阶段,依据故障具体情况制定详尽且具有针对性的检修方案,明确检修步骤、工艺要求和质量标准。检修人员要严格遵循安全操作规程进行作业,确保检修质量和自身安全。恢复供电阶段,检修完成后,对线路进行全面测试和细致检查,确认各项指标正常、线路恢复稳定运行后,及时恢复供电,并第一时间向相关部门和用户通报恢复供电情况。

2.2 分级应急检修方案

依据极端天气的严重程度以及线路故障的影响范围,制定科学合理的分级应急检修方案十分必要。一级应急检修方案针对特别严重的极端天气,如超强台风、特大暴雨等,这类天气往往会导致大面积停电和重大设备损坏。此时要启动最高级别的应急响应,调动全区域的应急抢修力量,包括专业技术人员、大型抢修设备等。优先保障重要用户,如医院、学校、政府机关,以及关键线路的供电恢复,确保社会基本运转。二级应急检修方案适用于较强台风、大暴雨等较为严重的极端天气,可能造成局部地区停电和部分设备损坏。应迅速组织较大规模的应急抢修队伍,对受影响区域展开全面排查和检修,合理安排检修顺序,尽快恢复供电,减少停电对居民生活和企业生产的影响。三级应急检修方案针对一般性的极端天气,如小到中雨、轻度冰雪等,虽对线路有一定影响但不会导致大面积停电。可安排常规的应急抢修力量进行巡查和处理,及时发现并消除安全隐患,保障线路的稳定运行。

2.3 关键技术与装备选型

在极端天气条件下开展输电线路应急检修,关键技术与装备的选型至关重要。无人机巡检技术凭借其高效、灵活、安全等显著优点,成为故障排查的得力助

手。它可以在不接触线路的情况下,利用高清摄像头和多种传感器对线路进行全面检查,快速发现故障点,尤其适用于复杂地形和恶劣天气下的巡检工作。红外热成像技术能够检测线路设备的温度异常,及时发现设备过热等故障隐患,在设备早期故障诊断中发挥着重要作用。激光雷达扫描技术可以获取线路的三维空间信息,准确测量导线弧垂、杆塔倾斜等参数,为故障分析和检修提供详细、准确的数据支持,有助于制定科学合理的检修方案。在装备选型方面,要充分考虑极端天气的恶劣环境,选择具有良好防护性能的设备。检修车辆应具备防雨、防风、防寒等功能,工具要坚固耐用、适应低温或潮湿环境。高可靠性的通信设备必不可少,确保在复杂环境下抢修人员之间、抢修人员与指挥中心之间能够保持畅通无阻的通信,保障应急抢修工作顺利进行。

2.4 安全保障方案

安全始终是极端天气条件下输电线路应急检修的首要原则。为确保检修工作的安全有序进行,需制定完善的安全管理制度和操作规程,明确各个环节的安全要求和责任分工。加强对应急抢修人员的安全培训和教育,通过定期开展安全知识讲座、案例分析、模拟演练等活动,提高人员的安全意识和应急处置能力,使他们在面对突发情况时能够冷静应对、正确处理^[3]。在检修现场,要设置明显的安全警示标志,如“高压危险”“禁止入内”等,划定安全作业区域,防止无关人员进入,避免发生意外事故。抢修人员必须配备齐全的个人安全防护用品,如安全帽能有效保护头部免受物体打击,安全带可在高处作业时防止坠落,绝缘手套能防止触电等。并且要严格按照安全操作规程进行作业,杜绝违规操作。同时加强现场安全监督和检查,安排专人负责安全巡查,及时发现和消除安全隐患,对违规行为及时纠正和处理,确保应急检修工作安全、高效地完成。

3 极端天气条件下输电线路应急检修实践应用

3.1 不同极端天气下的检修案例

在台风天气肆虐期间,某地区一条关键的220kV输电线路遭受重创。狂风呼啸,强大的风力如猛兽般冲击着线路,导致多基杆塔轰然倒塌,导线也被无情扯断,整个区域瞬间陷入停电的黑暗之中。应急抢修队伍在接到消息后,立刻启动一级应急检修方案。他们迅速调用大型起重设备、运输车辆等,风驰电掣般赶赴故障现场。到达后,利用无人机搭载高清摄像头和定位系统,对线路展开全面细致的巡查。无人机灵活穿梭,快速锁定了故障位置和受损情况。随后,抢修人员争分夺秒地组织杆塔重新组立和导线架设工作。他们顶着狂风,克服重

重困难,经过连续几天夜以继日的奋战,终于成功恢复了线路供电,让光明重新照亮了这片区域。而在冰雪天气里,某110kV输电线路也未能幸免。绝缘子被厚厚的冰层包裹,发生了闪络故障。抢修人员迅速赶到现场,采用先进的直流融冰技术,对绝缘子进行精准融冰处理。同时,使用红外热成像仪对线路设备温度进行实时检测,不放过任何一个潜在故障隐患。通过及时有效的处理,快速恢复了线路的正常运行,保障当地居民和企业的用电需求。

3.2 检修方案实施效果评估

通过对不同极端天气下检修案例的深入分析和全面总结,我们对检修方案的实施效果进行了客观评估。从恢复供电时间这一关键指标来看,分级应急检修方案展现出显著优势。它能够依据故障的严重程度,科学合理地调配资源,优先保障重要线路和用户的供电恢复。在台风和冰雪天气的检修案例中,这一方案有效缩短停电时间,减少因停电给社会生产和生活带来的损失。在检修质量方面,先进的检测技术和装备发挥了重要作用。无人机巡查、红外热成像仪检测等技术手段,能够准确发现故障点,为检修人员提供了精准的信息,大大提高了检修的准确性和可靠性。完善的安全保障方案贯穿于整个检修过程,确保了应急抢修人员的生命安全,在多次检修任务中均未发生安全事故。然而,在实施过程中也暴露出一些问题,如应急物资储备不足,导致部分抢修工作受到一定影响;部分抢修人员对新技术和新装备的操作不够熟练,影响检修效率。这些问题需要在今后的工作中加以改进,以进一步提升检修方案的整体实施效果。

4 极端天气条件下输电线路应急检修保障措施

4.1 组织与机制保障

建立健全应急管理组织体系,明确各部门和人员的职责分工,加强协调配合。成立应急指挥中心,负责统一指挥和协调应急抢修工作。制定完善的应急预案和流程,定期组织演练,提高应急响应能力和处置效率。同时加强与气象、地质等部门的沟通协作,及时获取极端天气预警信息,提前做好防范措施。

4.2 人员与培训保障

加强应急抢修队伍建设,选拔专业素质高、责任心强的人员充实到抢修队伍中。定期组织人员参加培训和

演练,提高人员的业务水平和应急处置能力^[4]。培训内容应包括极端天气知识、线路故障分析、检修技术和安全操作规程等方面。同时,鼓励人员学习和掌握新技术、新装备,不断提升自身的综合素质。

4.3 物资与储备保障

建立完善的应急物资储备体系,根据线路的分布和极端天气的特点,合理确定物资储备的种类和数量。储备物资包括杆塔、导线、绝缘子、金具等线路设备,以及检修工具、安全防护用品、通信设备等。定期对应急物资进行检查和维护,确保物资的质量和性能良好。建立物资调配机制,实现应急物资的快速调配和供应。

4.4 技术与创新保障

为进一步提升输电线路在极端天气等复杂状况下的应急检修能力,需着重加大对相关技术的研发投入力度。积极鼓励科研机构与企业充分发挥自身优势,勇于开展技术创新,探索更高效、智能的检修模式。大力推广应用无人机巡检、红外热成像检测、激光雷达扫描等先进技术与装备,借助其高效、精准特性,快速锁定故障点,提高故障检测和检修效率与准确性,还要加强与高校和科研机构的深度合作,开展产学研联合攻关,集中力量解决应急检修中的关键技术难题,推动技术持续进步。

结束语

极端天气对输电线路安全运行威胁严重,加强相关应急检修研究意义重大。本文通过深入剖析影响、设计科学方案并实践总结,虽取得一定成效,但仍有不足。未来,随着科技发展与应急管理水平提升,需持续完善方案与保障措施,提高应急处置能力,保障电网稳定运行,为社会经济发展和人民生活提供可靠电力,推动输电线路应急检修工作迈向新高度。

参考文献

- [1]冯叶青.输电线路防灾减灾技术研究与应用[J].电力系统自动化,2023(6):85-90.
- [2]鲁佳佳.极端气候对输电线路的影响及防护措施[J].电力设备与管理,2024(1):102-106.
- [3]汤光玉,田慧,吴瑕等.复杂地形多雷地区输电线路防雷技术分析[J].通讯世界,2020,27(06):158-159.
- [4]李超,丁亚保,杨尹松.特高压输电线路在极端天气条件下的管理策略研究[J].电脑采购,2023(50):79-81.