

输电线路外力破坏隐患的防控技术与 管理措施研究

李洪波

(国网山西省电力有限公司超高压输电分公司)

【摘要】随着我国经济社会快速发展，电力需求呈爆发式增长，输电线路作为电力能源输送的“主动脉”，承担着将电力从发电端高效输送至千家万户与各类产业的关键使命，其安全稳定运行对保障民生用电、推动社会经济发展具有不可替代的战略意义，文章围绕输电线路外力破坏隐患，深入探讨防控技术与管理措施。通过分析当前输电线路外力破坏的主要类型及危害，研究先进的监测预警、防护加固等防控技术，旨在为提升输电线路安全运行水平、降低外力破坏风险提供理论与实践参考。

【关键词】输电线路；外力破坏；防控技术；管理措施

中图分类号：TM75

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.164

Research on Prevention and Control Technology and Management Measures for the Hidden Danger of External Damage of Transmission Lines

LI Hong-bo

(State Grid Shanxi Electric Power Co., Ltd. Ultra-high Voltage Transmission Branch)

【Abstract】With the rapid development of China's economy and society, the demand for electricity is growing explosively. As the "aorta" of power energy transmission, transmission lines bear the key mission of efficiently transporting electricity from the power generation terminal to thousands of households and various industries. Its safe and stable operation is of irreplaceable strategic significance for ensuring electricity supply for people's livelihood and promoting social and economic development. This article focuses on the hidden dangers of external damage of transmission lines, and deeply discusses the prevention and control technology and management measures. By analyzing the main types and hazards of the current external force damage of transmission lines, and studying advanced monitoring and early warning, protection and reinforcement and other prevention and control technologies, it aims to provide theoretical and practical reference for improving the safe operation level of transmission lines and reducing the risk of external force damage.

【Keywords】transmission lines; external force damage; prevention and control technology; management measures

1 引言

在电力需求日益增长的情况下,输电线路作为电力输送的关键通道,其安全平稳运行显得尤为重要。外力破坏不仅会造成电力中断、影响社会生产生活秩序,还会带来巨大经济损失、安全事故等。所以深入研究输电线路潜在外力破坏的防控技术和管理措施对于确保电网安全平稳运行具有现实意义。

2 输电线路外力破坏隐患概述

输电线路是电力系统的核心环节,其运行状况直接影响电力供应的可靠性和稳定性。外力破坏隐患指外界非电力系统自身因素可能对输电线路造成威胁的隐患,涵盖自然环境、人类活动等多个维度。从环境角度来看,强风、暴雨、冰雪等恶劣气象条件

易引发树木倒伏、异物缠绕输电线路,进而导致短路或断线事故;鸟害、雷暴同样可能损毁线路设备^[1]。从人类活动层面看,随着城市化进程提速与基础设施建设扩容,工程施工中的机械碰撞、违章超高车辆刮伤导线、偷窃损毁电力设施等事件频发;此外,风筝、气球、农用塑料薄膜等漂浮物在风力作用下侵入线路区域,同样威胁线路安全。这些隐患的存在,不仅会导致电力供应中断,影响居民生活与企业生产,还会造成经济损失甚至引发安全事故(见表1)。

表1 外力破坏隐患

类别	影响因素	可能后果
自然环境	强风、暴雨、冰雪	树木倒伏、异物缠绕、短路或断线
	鸟害、雷暴	线路设备破坏

续表

类别	影响因素	可能后果
人类活动	城市化进程、基础设施建设	机械碰撞、违章超高车辆刮伤导线、偷窃损坏电力设施
	漂浮物(风筝、气球、农用塑料薄膜)	线路安全威胁

3 输电线路外力破坏隐患防控技术

3.1 智能监测预警技术

智能监测预警技术对于输电线路外力破坏隐患的预防和控制至关重要,通过整合各种先进技术实现了对输电线路运行状况及周围环境的全方位、实时监控与精准预警。以AI图像识别和深度学习算法为核心的视频监控系统,在输电线路监测应用广泛^[2]。在杆塔关键部位安装高分辨率摄像头,其可见光拍摄像素可超过800万,夜视拍摄像素可超过200万,最低照度不超过0.005Lux/F1.2,能清楚捕捉线路周围动态。通过结合卷积神经网络(CNN)和长短期记忆网络(LSTM)构建智能分析模型,该模型能够同时识别吊车、挖掘机等施工机械,以及人员侵入、车辆越界等动态目标。检测到潜在外部破坏风险后,系统平均反应时间缩短至12s,故障检测覆盖率提升至99.2%,误报概率低于0.5%。激光雷达和超声波测距技术的应用为监测提供强有力支撑:激光雷达通过发射激光束扫描输电通道,获取实时点云数据并构建三维模型,可精确计算潜在危险距离,检测范围超过500m且精度达到厘米级;超声波测距技术可高效检测近距离物体,对接近线路的异物或车辆发出实时警告(见图1)。

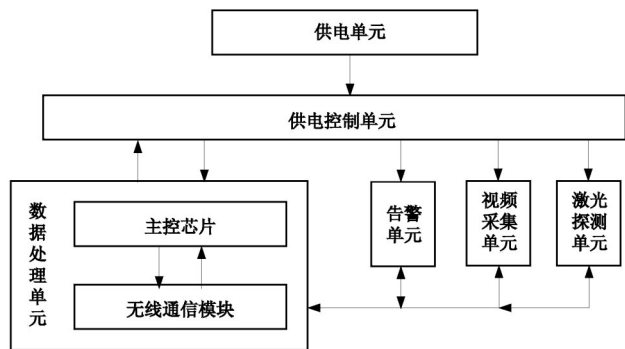


图1 智能监测预警技术

3.2 物理防护加固技术

物理防护加固技术从杆塔、线路本体及周边环境防护等方面着手,通过提升输电线路抵抗外力破

坏能力,保障线路整体安全运行。在杆塔防护方面,设置防攀爬刺和光滑涂层等防护措施,有效防止无关人员攀爬,降低人为破坏的风险^[3]。防攀爬刺的间隔通常被设计为10cm~15cm,选用高强度的不锈钢,具有优良的防锈和防腐蚀性能,可以在恶劣的环境下长时间使用。对于容易受到车辆撞击的杆塔,安装钢筋混凝土为材料的防撞墩,其高度范围1m~1.5m,宽度0.8m~1m,能有效地减缓车辆的撞击力,从而确保杆塔结构的稳定性。

在线路本体的保护方面,使用高强度的导线和绝缘子。以特高压输电线路为例,常选用钢芯铝绞线,通过铝股与钢芯的合理匹配,提升导线抗拉强度,使其能够承受较大的拉力。对于绝缘子,选用硅橡胶复合绝缘子,与传统的瓷绝缘子相比,具有更轻的重量和更强的耐污闪性,有助于显著减少由污闪引发的线路故障。在容易产生导线舞动的区域,设置相间的间隔棒和防震锤。使用相间间隔棒可以确保导线之间的间距,避免它们之间的碰撞,这种间距是基于线路的电压级别和档距来确定的,通常范围在10m~30m之间;防震锤的作用是吸纳并降低导线的振动能量,从而减少振动对电线造成的伤害。

4 输电线路外力破坏隐患管理措施

4.1 健全管理制度和责任体系

健全管理制度和责任体系作为输电线路外力破坏预防和控制的核心保证,需要从标准化流程、量化考核、责任细化等方面进行闭环管理。从制度建设的角度,需要建立完整的流程管理规范,这要求对新建或翻修的输电线路项目进行100%的风险评估,评估的范围应包括周边施工、交通情况及自然环境等30多项风险指标,确保风险识别覆盖率达标。同时,制定外力破坏隐患分级标准,将隐患分为一般(整改期限≤7d)、重大(整改期限≤3d)、紧急(24h内处置)三级,明确不同等级隐患的处置响应时间。在构建责任体系时,选择网格化的管理方式,并根据地理位置将其划分为不同的管理单元。每10km~15km的输电线路都会设置一个责任网格,确保每个网格配备至少1名全职管理员和2名协助管理员。实施全员安全生产责任制度,明确规定管理团队、运营维护人员以及合作单位的职责,将外部破坏事件的发生频率纳入绩效评估中,且考核的权重不低于30%。要求运维部门每个月至少进行一次隐患的检查,并

确保检查的覆盖率达到100%;建立跨部门协同机制,电力企业与政府部门及监管机构按季度至少召开一次联席会议,按年度共同开展不低于两次的专项督查。引入第三方评估制度,委托专业机构按年度对管理制度实施情况进行考核,并以考核结果依据修订制度修订,保证管理体系持续优化。

4.2 加大宣传教育和沟通协调力度

宣传教育和沟通协调通过多维度的信息传播、多渠道的合作,提升公众安全意识并促进社会协同。

在进行宣传和教育活动时,需要制定年度宣传方案,确保覆盖输电线路附近所有村落、社区和学校,并确保宣传的覆盖率达到100%。应用线上与线下相结合的策略,在线上利用短视频、公众号等多种平台发布宣传材料,每月至少推送4次信息,并设定阅读目标为每条内容的人数达到或超过10000人次;线下举办宣传活动,每季度在重点地区开展一次现场宣讲,每场参加人员不低于200人次。

针对不同的受众群体,制定差异化的宣传策略,并针对施工单位、运输公司等关键群体,要求他们签署安全责任书,确保签约率达到100%,每年至少组织两次的专题培训活动,并确保培训考核的通过率超过95%。

制作标准化宣传材料,包括图文手册(印刷量为沿线居民的1:1.2)、警示标语(每公里线路设置≥3处)、警示牌(每处施工点设置≥2块),确保宣传信息触达率。在沟通和协调机制方面,已经建立了一个全天候的在线沟通平台,并配备专业的客服人员。

对咨询和投诉等信息的响应时间不超过30min,并且问题的解决率必须达到或超过90%。与政府各部门及社区建立了常态化的沟通机制,每个月至少进行一次信息交流,每年共同举办不少于三次的宣传活动。

实施举报奖励机制,对有效提供破坏隐患线索的外部人员给予500元~5000元的奖励,以激发公众的参与热情,形成全社会共同预防和控制的的良好氛围。

4.3 加大巡查维护和应急管理力度

巡查维护及应急管理通过科学巡检体系及高效应急机制,减少外力破坏造成的危害。在进行巡查和维护时,实施了“人工+智能”的巡检策略,规定人工巡检每月至少要进行2次,而无人机巡检每周至

少要进行1次,重点区域的巡检频率提高50%。无人机在进行巡检时,需要确保其覆盖的线路长度至少为线路总长度的80%,并且巡检的速度应控制在15km/h~20km/h之间,同时确保巡检图像的分辨率不低于4K,隐患的识别准确率达到或超过95%。构建智能隐患诊断系统,采用大数据分析方法,对历史的隐患数据、气象数据及环境数据进行了深入的关联性分析,以预测潜在的高风险区域和时间段,确保预测的准确性超过85%。对排查出的隐患要求两小时内完成上报,一般性隐患要求在48h内制定整改方案,整改后72h完成审核,以实现隐患闭环管理。

在应急管理方面,制定专项应急预案,每六个月进行一次实战模拟演练,确保演练的覆盖率能够达到100%,建立应急物资储备库,按满足3天应急需求配置物资,要求主要物资(如导线、绝缘子等)储备量不低于正常用量的120%。组建一支专业应急抢修队伍,要求在30min之内完成集结,1h之内抵达最远距离事故现场,并将故障修复的平均时间控制在6个小时内。建立应急联动机制,与消防、公安部门实时共享信息,保障应急处置工作高效协同,将外力破坏对输电线路运行带来的影响降至最低。

5 结语

输电线路外力作用破坏隐患防控工作是一项复杂的系统工程,需要结合先进防控技术和科学管理措施进行。通过持续优化技术手段、完善管理机制,不断地增强输电线路对外力的抵抗能力,确保电力系统的安全平稳运行,从而为我国社会经济的发展提供可靠的电力支持。

参考文献

- [1] 李远江, 李远铁. 输电线路外力破坏与主要防治措施分析[J]. 科技资讯, 2024, 22 (20): 97-99+136.
- [2] 陈家俊, 邹保宏, 张佳佳. 基于北斗定位的输电线路通道施工隐患预警[J]. 农村电工, 2024, 32 (11): 40.
- [3] 操晨润, 王勇, 梅学雄, 卢天白. 基于边缘计算的输电线路监测系统及其应用[J]. 农村电气化, 2025 (5): 44-47.