

输电线路风振隐患治理与防护装置应用研究

作者：李晓勇

身份证号：53012519971225201X

摘要：架空输电线路长期暴露在户外环境中，持续受到自然风荷载作用，极易产生风振、风偏、舞动等动力响应问题。风振隐患具备作用时间长、隐蔽性强、累积危害大的特点，长期高频振动会造成导线断股、金具松动、绝缘子破损等病害，严重威胁输电线路安全稳定运行。本文结合输电线路运行工况，系统划分线路风振隐患类型，深入分析风振病害的形成机理与危害特征，梳理当前风振防护治理工作的现存短板。结合电力行业前沿技术，探究各类防风振防护装置的应用原理与适配场景，提出针对性的综合治理优化策略，有效提升输电线路抗风振能力，降低风致故障发生率，为输电线路防风运维与防护改造提供实践参考。

关键词：输电线路；风振隐患；隐患治理；防护装置；线路运维

一、引言

架空输电线路是电力能源远距离输送的核心载体，线路档距大、导线柔性强、杆塔结构高耸，对风荷载极为敏感。在常年风力作用下，线路会产生不同形式的振动与摆动，长期累积形成结构性损伤。随着极端大风、强对流天气频发，输电线路风振故障占比逐年提升，成为电网运维重点防控的自然灾害隐患。

传统输电线路防风治理多采用基础防护装置，防护方式单一、适配性较差，无法有效应对复杂风况下的线路振动问题。高压输电线路在长期运行过程中，受自然风环境影响易产生微风振动现象，该类振动虽幅值较小，但频率较高、作用时间长，易引发导线疲劳损伤、金具松动及断股等问题。开展风振隐患机理研究与防护装置优化应用，对提升线路抗风性能、延长设备服役寿命、保障电网可靠供电具有重要现实意义。

二、输电线路主要风振隐患类型及成因

（一）微风振动隐患

微风振动多发生在低风速、平稳风况环境下，由气流经过导线产生卡门涡街效应引发，具备高频低幅、持续时间久的特征。该类振动肉眼难以辨识，隐蔽性极强，长期持续振动会不断损耗导线机械性能，造成导线金属疲劳、断股开裂，同时导致线夹、悬垂线夹等金具松动磨损，是线路慢性损伤的主要诱因。

（二）次档距振荡隐患

次档距振荡主要出现在多分裂导线线路中，不同子导线受风力作用产生受力偏差，引发子导线之间的往复振荡。振荡过程中导线相互摩擦、碰撞，极易造成导线外层磨损、绝缘层破损，同时会加剧间隔棒松动、脱落，破坏导线整体排布结构，影响线路运行稳定性。

（三）线路舞动隐患

线路舞动多发生在雨雪、冻雨天气后，导线表面覆冰形成非对称截面，在大风激励下产生低频大振幅的摆动。舞动幅度大、波及范围广，易造成相间短路、导线闪络、杆塔受力变形，严重时会引起倒塔、断线等重大安全事故，造成大面积停电故障。输电线路发生舞动后，往往会造成线路故障停运，给电力系统造成严重安全影响。

三、风振隐患对输电线路的运行危害

（一）损伤导线与金具设备

长期风振会使导线反复交变受力，加速金属疲劳老化，引发导线断股、磨损、截面积缩减等问题。同时振动传递至各类连接金具，会造成螺栓松动、金具磨损、部件脱落，破坏线路机械连接结构，大幅降低线路整体承载能力。

（二）诱发电气故障跳闸

大风工况下导线风偏摆动、线路舞动会压缩相间与对地安全距离，潮湿天气下极易引发闪络放电、相间短路、接地故障，造成线路频繁跳闸停运，直接影响区域供电可靠性，给用户生产生活带来不便。

（三）破坏杆塔整体结构

线路大幅舞动产生的交变拉力会持续作用于杆塔，造成杆塔主材、辅材受力不均，引发塔身变形、螺栓松动、基础沉降等隐患。长期反复受力会降低杆塔结构稳定性，极端大风天气下易诱发倒塔事故，造成重大电力设备损失。

四、当前风振防护与治理工作短板

（一）防护装置配置缺乏针对性

现阶段多数线路防护装置采用标准化统一配置，未结合线路档距、导线型号、区域风况、地形条件差异化选型。微风区段、大风区段、覆冰舞动区段防护设备混用，部分场景防护过剩、重点隐患区段防护不足，治理效果大打折扣。

（二）防护装置运维养护不足

防振锤、间隔棒等防护装置长期露天运行，易出现锈蚀、位移、脱落、性能衰减等问题。日常运维多侧重线路本体巡检，忽视防护装置的常态化检测与调校，老旧失效设备长期带病运行，无法发挥防风振作用。

（三）动态监测体系不完善

线路风振隐患隐蔽性强，传统人工巡检难以识别微小振动与疲劳损伤。目前多数线路缺乏风振在线监测设备，无法实时捕捉振动数据、预判隐患发展趋势，导致风振损伤长期累积，最终演变为重大故障。传统巡检模式仅能发现已经出现的显性破损问题，无法实现对风振疲劳损伤的提前预判与干预。随着智能电网技术不断发展，在线监测、大数据分析等数字化手段已成为线路隐患治理的重要方式，可实时采集导线振动幅值、振动频率、杆塔应力变化等关键数据，全天候动态监测线路风振状态。通过后台数据建模分析，精准研判线路疲劳损伤程度与隐患发展趋势，及时预警高危风险，彻底弥补人工巡检的局限性，为风振隐患提前治理提供可靠的数据支撑。

五、主流防风振防护装置应用与优化策略

（一）防振锤装置应用优化

防振锤是治理线路微风振动的核心装置,通过自身重力与阻尼作用消耗导线振动能量,抑制高频振动。运维过程中需根据导线规格、档距长度精准选型,规范安装位置与数量,避免安装偏差影响防护效果。定期排查防振锤锈蚀、移位、脱落问题,及时更换失效设备,保障微风振动治理效果。

（二）阻尼线与间隔棒配套应用

针对大档距、多分裂导线线路,采用阻尼线与间隔棒配套防护模式。阻尼线可辅助消耗低频振动能量,弥补防振锤防护短板;间隔棒能够固定子导线间距,抑制次档距振荡,避免子导线摩擦碰撞,全方位提升线路抗振性能。

（三）舞动抑制装置精准配置

在冬季覆冰、大风频发的舞动高危区段,加装防舞器、偏心重锤等专用防舞装置,改变导线动力特性,削弱舞动振幅与频次。结合区域历史舞动数据,针对性布设防护设备,有效防范线路覆冰舞动故障。

（四）建立差异化防护运维体系

结合区域气象条件、线路参数、历史故障数据划分风振风险等级,推行一线路一方案的差异化防护模式。大风、覆冰高危区段加密巡检频次,定期调校防护装置;常规区段落实常态化养护,实现防护资源精准配置,提升治理性价比。

六、结语

输电线路风振隐患类型多样、危害隐蔽、累积性强,是引发导线损伤、设备故障、线路停运的重要诱因。当前统一化的防护配置、滞后的运维模式、薄弱的监测体系,难以适配复杂风况下的线路防护需求。为有效治理风振隐患,需精准区分微风振动、次档距振荡、线路舞动等不同病害类型,依托防振锤、间隔棒、防舞装置等防护设备,搭建差异化、复合型防护体系。同时强化防护装置常态化运维与动态监测,结合季节风况变化开展预防性运维管控,从源头降低风振损伤累积,全面提升输电线路抗风振能力与运行稳定性,保障电网安全长效运行。

参考文献

- [1] 王浩,李阳. 高压输电线路微风振动危害及防振优化措施[J]. 电工技术,2024(18):76-78.
- [2] 徐浩. 架空输电线路舞动分析及防治策略研究[J]. 电力安全技术,2025,27(03):52-55.
- [3] 周琦,王振华. 输电塔风致倒塌破坏研究进展[J]. 南方能源建设,2024,11(06):89-95.
- [4] 祝永坤,王忠江. 架空输电线路风害隐患成因及防护技术[J]. 内蒙古电力技术,2023,41(02):33-37.