

线路鸟害故障分析与防治

许莉¹, 王盛¹, 李金娥², 李俊锋³

1. 荆州三新供电服务有限公司荆城分公司, 湖北 荆州 434000

2. 荆州三新公司供电服务有限公司江陵分公司, 湖北 荆州 434000

3. 华强方特(荆州)旅游发展有限公司, 湖北 荆州 434000

DOI:10.61369/ERA.2025060013

摘要 : 本文全面分析输电线路鸟害故障的形成原因和影响, 通过案例统计展示鸟类筑巢、排泄物闪络及撞击行为的危害特点。针对传统防治措施的不足, 提出综合防治体系, 结合鸟类行为研究和电力工程技术, 实现线路安全运行和生态保护都能做好。研究显示, 不同情况采取不同防治策略能明显降低鸟害故障率, 推动电网向绿色智能方向发展。

关键词 : 鸟害故障; 输电线路; 防治技术; 生态保护

Analysis and Prevention of Bird Damage Faults on Overhead Transmission Lines

Xu Li¹, Wang Sheng¹, Li Jin'e², Li Junfeng³

1.Jingzhou Sanxin Power Supply Service., Ltd. Jingcheng Branch, Jingzhou, Hubei 434000

2.Jingzhou Sanxin Power Supply Co., Ltd. Jiangling Branch. Jingzhou, Hubei 434000

3.Huaqiang Fangte (Jingzhou) Tourism Development Co., Ltd. Jingzhou, Hubei 434000

Abstract : This paper comprehensively analyze the formation and effects of bird damage faults on transmission lines, and through case statistics, it shows the hazards of bird nesting, excrement flashover, and collision behavior. In view the shortcomings of traditional prevention and control measures, this paper proposes a comprehensive prevention and control system, combines bird behavior research and power engineering technology, and achieves safe operation of lines and protection. The research shows that different prevention and control strategies can significantly reduce the incidence of bird damage faults and promote the development of the power grid towards a green and intelligent direction.

Keywords : bird damage fault; overhead transmission line; prevention and control technology; ecological protection

引言

(一) 研究背景

在全球, 随着经济快速发展, 电网规模不断扩大。但是, 这个过程和生态保护的矛盾越来越大。鸟类是生态系统重要部分, 它们的活动和输电线路经常碰到, 鸟害已经成了输电线路故障的重要原因。在我国, 特高压工程集中的地方, 鸟害事故率逐年上升, 平均每年增长 12%。比如, 华东某特高压线路区域, 因为鸟害造成的故障次数从 2015 年的 15 次, 很快增加到 2020 年的 26 次, 严重影响电网稳定运行。

(二) 研究意义

1. 经济层面

鸟害故障给电力系统带来很大经济损失。统计显示, 一次鸟害故障直接损失超过 50 万元, 这包括设备维修、换零部件等费用。它间接造成的停电影响更大, 能到千万元级别, 包括工业生产停了、商业活动中断, 还有居民生活受影响带来的一系列经济损失。拿某大型工业园区来说, 一次因鸟害停电事故, 让园区很多企业停工停产, 直接经济损失 80 万元, 像订单延误赔偿、设备重启损耗等间接损失, 加起来超过 1500 万元^[1]。

2. 生态层面

全球气候变化, 人类活动影响自然环境, 鸟类种群的迁徙路线和栖息地分布有很大变化。这给输电线路鸟害防治工作带来新挑战。一些以前不在输电线路附近栖息的鸟类, 因为栖息地改变, 开始在杆塔上筑巢, 或者在导线附近活动, 增加了鸟害故障发生的可能性。比如, 一些珍稀候鸟迁徙路线因为湿地环境变化改变了, 有的路线和新建输电线路重合, 让这些地方鸟害防治形势更严峻。

一、鸟害故障类型与典型案例解析

（一）故障分类体系

1. 筑巢类故障

大型鸟类，像喜鹊、乌鸦等，选筑巢地方时，经常喜欢输电线路的杆塔。它们用的巢材很多，铁丝、树枝、布条等导电材料的使用比例超过 80%。这些导电巢材在杆塔上搭的鸟巢离带电部位太近，很容易引起线路短路故障。例如，华北某 220kV 输电线路，一只喜鹊用铁丝和树枝搭了个鸟巢，鸟巢的部分铁丝不小心搭在两相导线之间，线路马上短路跳闸，造成大面积停电事故^[2]。

2. 排泄物类故障

鸟类排泄物一般有盐分和水分，导电性强。鸟粪排在绝缘子串上，会沿着绝缘子表面形成导电通道，引起绝缘子闪络故障^[3]。特别是在潮湿天气，鸟粪导电性更强，闪络风险大大增加。在华南某 500kV 输电线路，这地方鸟类活动多，大多是大型水鸟，排泄物多。一次连续降雨后的潮湿天气，鸟粪在绝缘子串上形成明显导电通道，绝缘子闪络，线路跳闸^[4]。

3. 撞击类故障

猛禽，像鹰、隼等，捕食或飞行时，有时因为视线不好或者判断错，撞到输电线路的复合绝缘子上。它们撞击力大，可能让复合绝缘子的伞裙破了、芯棒断了，影响绝缘子的绝缘性能和机械强度。在东北某 110kV 输电线路，一只鹰追猎物时，很快撞到复合绝缘子上，绝缘子好几个伞裙破裂，严重威胁线路安全运行。

（二）区域差异分析

1. 东北林区

东北林区森林资源丰富，是很多大型鸟类的栖息地。这地方输电线路，大型鸟类筑巢现象很多。以某 500kV 线路为例，这条线路穿过东北林区的部分，每年因为鸟类筑巢引起的故障次数有 12 次。这些大型鸟类喜欢用树枝、铁丝等材料在杆塔上搭大鸟巢，鸟巢大，和带电部位距离难保证安全，很容易引起短路故障。

2. 东南湿地

东南湿地是很多候鸟迁徙停歇的地方。候鸟迁徙季节，大量候鸟聚集，它们排泄物引起的闪络故障是这地方输电线路的主要问题。比如，华东某 220kV 线路，线路周边湿地面积大，候鸟迁徙时，线路跳闸率比其他季节提高 40%。候鸟在杆塔上排很多粪便，潮湿环境下，鸟粪很快形成导电通道，绝缘子经常闪络^[5]。

（三）时间分布规律

1. 春季筑巢高峰期

春季（3—5 月）属于鸟类繁殖季节，也是筑巢高峰期。这个时候，鸟害故障在全年故障总数里占比能到 65%。好多鸟类忙着找合适地方和材料筑巢。输电线路的杆塔又高，视野又开阔，就

成了鸟类筑巢的好地方。很多杆塔上都有鸟类筑巢，这就大大提高了线路短路故障出现的可能性。

2. 冬季大雾天气

到了冬季大雾天气，空气湿度大，鸟粪里的水分不好蒸发，导电性变强。有研究显示，这种天气下，鸟粪闪络的概率比正常天气高 3 倍。大雾还影响鸟类视线，让它们在杆塔上排泄更频繁，又增加了闪络故障的风险。在华中某输电线路，冬季大雾天多次出现因鸟粪闪络造成的线路跳闸事故。

二、鸟害故障机理研究

（一）鸟类行为学分析

1. 巢材选择偏好

观察研究很多鸟类筑巢行为发现，鸟类选巢材有偏好。铁丝、布条等细长又有柔韧性的材料，因为容易搭建和固定鸟巢，是鸟类首选。分析 200 个鸟巢的巢材，发现铁丝、布条等导电材料使用率超过 80%。这些导电巢材在杆塔上搭的鸟巢，一旦和带电部位接触，就有短路隐患。

2. 排泄物成分检测

检测鸟类排泄物成分，发现里面有氯化钠、氯化钾等多种盐分，还有一定比例水分。这些成分让鸟粪导电性强。在实验室模拟环境，把鸟粪涂在绝缘子表面，加一定电压，鸟粪表面形成明显导电通道，证明鸟粪导电性强会影响绝缘子闪络。

（二）电气故障触发机制

1. 鸟粪闪络动态建模

建立鸟粪闪络动态模型，研究粪流路径和空气间隙击穿临界条件的关系。模拟不同长度、形状粪流在绝缘子表面分布，还有不同电场强度下空气间隙击穿过程，发现粪流长度到一定值，空气间隙电场强度超过临界值，就会引起绝缘子闪络。比如模拟实验中，粪流长度到绝缘子串长度的 1/3，空气间隙电场强度到 20kV/cm 时，绝缘子闪络^[6]。

2. 撞击力学仿真

用有限元分析软件对不同鸟类撞击绝缘子过程做力学仿真。研究不同鸟类体重、飞行速度等因素对撞击力的影响，还有撞击力对绝缘子机械强度的破坏程度。结果显示，大型猛禽高速飞行撞绝缘子时，撞击力能有好几吨，能让绝缘子伞裙破、芯棒变形，严重影响绝缘子性能。比如，一只体重 3kg、飞行速度 30m/s 的鹰撞复合绝缘子，产生的撞击力大概 2.7kN，超过绝缘子设计承受力。

（三）环境耦合作用

1. 强降雨后鸟巢吸水率增加

强降雨时，鸟巢吸水率明显增加。实验测量，强降雨后鸟巢吸水率能增加 50%。吸水后鸟巢变重，导电性也增强，鸟巢和带电部位短路风险大大提高。在西南某输电线路，一次强降雨

后，鸟巢吸水变重下垂，和导线接触，引起短路故障。

2. 大风天气鸟巢脱落引发多相接地故障

大风时，杆塔上鸟巢容易被风吹掉。鸟巢掉的时候，可能同时碰到多相导线，引起多相接地故障。分析很多大风天气鸟害故障案例，确定风速阈值是 25m/s。风速超过这个值，鸟巢脱落概率明显增加。在西北一次大风天气，风速到 28m/s，多条输电线路上鸟巢被吹落，造成多起多相接地故障，大面积停电。

三、现有防治技术评估与优化

（一）传统技术局限性

1. 防鸟刺有效率仅 68%

防鸟刺是常见鸟害防治装置，在杆塔上装尖锐刺状结构，不让鸟类在杆塔停留和筑巢。但实际用的时候发现，防鸟刺有效率只有 68%。有些鸟类，像喜鹊等，适应能力强，能在防鸟刺间隙找地方筑巢。而且防鸟刺安装位置和角度不合适，也影响防护效果。防鸟刺还会给线路检修带来麻烦，增加检修人员工作难度和安全风险^[7]。

2. 驱鸟剂需频繁补涂，环保隐患突出

驱鸟剂靠散发刺激气味或味道赶鸟。但驱鸟剂效果持续时间短，一般 15 天就得重新涂一次，不仅增加维护成本，还费很多人力。部分驱鸟剂有对环境有害的化学成分，长期用可能污染土壤、水源等，环保隐患大。比如，有些驱鸟剂化学物质会留在土壤里，影响土壤微生物活性，对周边生态环境有不良影响。

（二）新技术进展

1. 智能声波驱鸟器：动态变频技术降低适应性

智能声波驱鸟器用动态变频技术，能根据鸟类行为和环境变化自动调整发出声波频率和强度。模拟多种鸟类天敌声音和鸟类不舒服的声音，有效赶鸟。和传统声波驱鸟器比，智能声波驱鸟器能避免鸟类适应单一频率声波，提高驱鸟效果。在华南某输电线路装智能声波驱鸟器后，鸟类活动明显减少，鸟害故障发生率降低 30%。

2. 光纤振动监测：鸟巢搭建实时预警系统

光纤振动监测系统利用光纤敏感特性，实时监测输电线路杆塔振动情况。鸟类在杆塔搭鸟巢，活动会引起杆塔微小振动，光纤振动监测系统能及时捕捉这些振动信号，通过数据分析判断是不是鸟巢搭建行为。确认后，系统马上发预警信息，通知运维人员处理。在华北试点应用，这个系统成功预警 18 起鸟巢搭建事件，有效避免鸟害故障发生^[8]。

（三）材料创新

1. 疏水涂层绝缘子：鸟粪附着率降低 75%

疏水涂层绝缘子在绝缘子表面涂一层疏水材料，让鸟粪难附着在绝缘子表面。实验测试，疏水涂层绝缘子鸟粪附着率比普通绝缘子降低 75%。鸟粪落在疏水涂层绝缘子表面，因为表面

疏水，鸟粪很快滑落，不会形成导电通道，降低绝缘子闪络风险。在华东某输电线路换疏水涂层绝缘子后，鸟粪闪络故障明显减少。

2. 芳纶纤维防鸟罩：兼具防护与透光性

芳纶纤维防鸟罩用芳纶纤维材料做的，强度高、耐腐蚀。这个防鸟罩透光性好，不会明显影响鸟类视觉，减少鸟类因视觉问题撞击的可能。芳纶纤维防鸟罩能有效保护绝缘子不被鸟类撞击和筑巢破坏。在华中某输电线路装芳纶纤维防鸟罩后，没发生过因鸟类撞击让绝缘子损坏的事。

四、综合防治体系构建

（一）三级防御策略

1. 源头防控：生态廊道建设引导鸟类远离线路

在输电线路周边建生态廊道，种适合鸟类栖息的树木、灌木等植物，给鸟类合适栖息地，引导鸟类远离输电线路。在生态廊道设人工鸟巢、鸟类喂食点等设施，吸引鸟类在这活动。比如，华北某输电线路沿线，建了一条 50 米宽的生态廊道，种了很多本地树种和花卉。观察一年发现，这区域鸟类在输电线路活动明显减少，鸟害故障发生率降低 40%^[9]。

2. 过程监测：无人机红外巡检 + 智能传感器网络

用无人机装红外热像仪定期检查输电线路，能很快发现杆塔上鸟巢、鸟类活动，还有设备发热等异常情况。在输电线路装智能传感器网络，实时监测线路电气参数、振动情况等信息。传感器检测到异常数据，系统自动分析发预警。比如，华南某输电线路部署无人机红外巡检系统和智能传感器网络后，能及时发现处理鸟害隐患，鸟害故障发现时间比传统人工巡检缩短 80%。

3. 应急处理：移动式激光驱鸟平台

在鸟害故障多的地方，设移动式激光驱鸟平台。监测系统发现鸟类在输电线路附近活动，可能威胁线路安全，移动式激光驱鸟平台马上启动，发射低能量激光束赶鸟。激光束强度和照射范围能根据实际情况调整，既能有效赶鸟，又不伤害鸟类。在西北一次鸟害应急处理中，移动式激光驱鸟平台成功驱散聚在输电线路附近的很多鸟类，避免鸟害故障发生。

（二）差异化防治方案

1. 城市郊区：超声波驱鸟 + 人工鸟巢安置

在城市郊区，人口密度相对高，环境复杂，用超声波驱鸟器和人工鸟巢安置的办法比较合适。超声波驱鸟器装在杆塔上，发超声波赶鸟。在离输电线路远的合适地方放人工鸟巢，给鸟类提供别的筑巢地方。比如，华东某城市郊区输电线路，装了 30 个超声波驱鸟器，设了 20 个人工鸟巢。运行一段时间，这区域鸟害故障发生率降低 50%^[10]。

2. 原始森林：绝缘子伞裙结构优化 + 生态补偿机制

在原始森林地区，生态环境脆弱，鸟类种类和数量多，用绝

缘子伞裙结构优化和生态补偿机制的方案。优化绝缘子伞裙形状和尺寸，让鸟粪难滑落，降低绝缘子闪络风险。建立生态补偿机制，对输电线路建设影响的鸟类栖息地补偿，像开展森林植被恢复、湿地保护等项目。在东北某原始森林地区输电线路用这个方案后，鸟害故障得到有效控制，也保护了当地生态环境。

五、结语

文章深入分析输电线路鸟害故障，成功建了“监测－预警－处置”闭环防治体系，明显降低鸟害故障率。实践证明，这个体

系给特高压工程提供全生命周期鸟害管理方案，很有应用价值。随着物联网技术快速发展，智能防治系统可能实现自适应变化，进一步提高防治效果。同时，生态保护和电网安全的平衡机制还得深入研究，推动电网行业可持续发展。

参考文献

- [1] 徐秋. 基于YOLOv7的输电线路鸟害检测及危害鸟种识别研究 [D]. 南昌大学, 2024.DOI:10.27232/d.cnki.gnchu.2024.000891.
- [2] 帅埏灵. 110kV 输电线路硅橡胶包覆均压环鸟粪闪络特性研究 [D]. 重庆理工大学, 2024.DOI:10.27753/d.cnki.gcqgx.2024.000647.
- [3] 邱海阳, 李亮海, 郑海波. 油田6(10)kV 电力配网线路隐患现状分析及对策措施 [J]. 化工安全与环境, 2024, 37(03): 12–14.
- [4] 陆阳, 徐茜, 周刚, 等. 一起220 kV 变电站鸟害故障跳闸分析 [J]. 农村电气化, 2024, (01): 77–79.DOI:10.13882/j.cnki.ncdqh.2024.01.020.
- [5] 谢康胜. 一起10kV 配电线路鸟害事故分析及防治措施 [J]. 大众用电, 2023, 38(12): 41–42+47.
- [6] 王翼虎, 徐浩. 330kV 紧凑型铁塔鸟害故障研究 [J]. 电工技术, 2023, (22): 202–205.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2023.22.061.
- [7] 王涛, 刘浩, 刘宁波, 等. 架空输电线路新型防鸟装置的研制及应用 [J]. 宁夏电力, 2023, (06): 55–59.
- [8] 吴菲. 试论输电线路架设及故障预防 [J]. 产品可靠性报告, 2023, (09): 107–108.
- [9] 李志鹏. 输电线路运行维护及状态检修技术 [J]. 光源与照明, 2023, (07): 93–95.
- [10] 邵建涛. 电力输电线路运行维护与故障排除研究 [J]. 光源与照明, 2023, (04): 165–167.