

# 输电线路角钢塔及变电站构架防鸟措施研究与应用

安建勇

内蒙古电力(集团)有限责任公司乌兰察布供电分公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19254

**[摘要]** 输电线路角钢塔及变电站构架是电力系统核心基础设施,其安全关乎电网供电可靠性。鸟害是引发电力设施故障的重要因素,随着生态环境改善,鸟类活动对电力设备影响愈发突出,导致线路跳闸、设备损坏等问题频发,经济损失巨大。本文从鸟害故障类型与规律入手,分析现有防鸟装置、方法的效果与局限。基于鸟类行为学,从策略、材料、综合应用三方面提出创新方向,结合内蒙古地区工程案例探讨防鸟方案适配性与成效,为提升防鸟能力提供理论与实践参考。

**[关键词]** 输电线路; 角钢塔; 变电站构架; 防鸟措施

中图分类号: TM75 文献标识码: A

## Research and Application of Bird Prevention Measures for Transmission Line Angle Steel Towers and Substation Frameworks

Jianyong An

Ulanqab Power Supply Branch, Inner Mongolia Power (Group) Co., Ltd.

**[Abstract]** Transmission line angle steel towers and substation frameworks are core infrastructure of the power system, and their safety affects the reliability of power grid supply. Bird damage is an important factor causing power facility failures. With the improvement of ecological environment, the impact of bird activity on power equipment has become increasingly prominent, leading to frequent problems such as line trips and equipment damage, causing huge economic losses. This paper starts with the types and patterns of bird damage faults, analyzes the effects and limitations of existing bird prevention devices and methods. Based on bird behavior studies, it proposes innovative directions from three aspects: strategy, materials, and comprehensive application. Combined with engineering cases in Inner Mongolia, it discusses the adaptability and effectiveness of bird prevention schemes, providing theoretical and practical references for improving bird prevention capabilities.

**[Key words]** transmission line; angle steel tower; substation framework; bird prevention measures

### 引言

电力系统是国民经济发展的生命线,输电线路角钢塔和变电站构架的安全运行是电网稳定供电的基础。随着生态文明建设推进,鸟类种群数量增加,其活动范围与电力设施重叠区域扩大,鸟害成为威胁电力设备安全的主要隐患之一。这不仅影响工业生产和居民生活用电,还增加了电网运维成本。当前,现有防鸟措施针对性不足、持续效果差,难以适应复杂鸟类活动特点。因此,深入研究鸟害影响机制,优化创新防鸟技术与措施,具有迫切现实需求和重要工程价值。

### 1 鸟害对输电线路角钢塔及变电站构架的影响

#### 1.1 鸟害故障类型

鸟害引发的输电线路及变电站故障类型多样,其中最常见的是鸟粪闪络故障。鸟类在角钢塔横担、变电站构架横梁等部位栖息时,排泄的粪便会形成连续的导电通道,尤其是在潮湿环

境下,鸟粪的高导电性易导致绝缘子表面电场畸变,引发沿面闪络,造成线路跳闸。其次是鸟巢故障,鸟类常以树枝、干草、铁丝等为材料在设备关键部位筑巢,这些筑巢材料若接触带电体与接地体,会直接形成短路回路,引发设备烧毁事故,铁丝等金属材料带来的风险更为突出。此外,鸟类碰撞故障也不容忽视,大型鸟类在飞行过程中碰撞变电站母线、输电线路导线等,可能造成相间短路;部分鸟类在设备间活动时,其身体意外接触不同电位的部件,同样会引发短路故障。

#### 1.2 鸟害发生的特点及规律

鸟害的发生呈现出显著的季节性特点,与鸟类的繁殖、迁徙周期高度相关。春季3-5月是鸟类繁殖高峰期,鸟类筑巢活动频繁,此时鸟巢故障发生率大幅上升,尤其是在输电线路耐张塔、变电站构架的节点部位,成为鸟类筑巢的首选区域。夏季高温多雨,鸟类在设备上栖息纳凉的频次增加,鸟粪闪络故障进入高发期,

潮湿环境进一步降低了鸟粪的闪络电压,加剧了故障风险。秋季9-11月鸟类开始集群迁徙,部分鸟类会在输电线路沿线停歇,导致该时段鸟害故障呈现区域性集中特征。从地域分布来看,内蒙古地区的草原、湿地、林区周边的输电线路及变电站鸟害更为严重,这些区域食物资源丰富,为鸟类提供了良好的生存环境<sup>[1]</sup>。此外,鸟害发生还与设备结构相关,角钢塔的开放式结构、变电站构架的横梁间隙等,易为鸟类提供栖息和筑巢条件,而不同鸟类的活动习性也导致故障发生时段存在差异,如晨鸟活动集中在清晨,夜栖鸟类则在傍晚至夜间引发故障较多。

## 2 现有防鸟措施分析

### 2.1 防鸟装置

现有防鸟装置以物理阻隔类为主,其核心原理是通过设置障碍物,阻止鸟类在电力设备关键部位栖息或筑巢。其中,防鸟刺是应用最广泛的装置,由多根弹性金属丝组成,安装在角钢塔横担、变电站构架横梁等区域,金属丝的密集分布使鸟类无法稳定停留,且具有一定弹性,不易被鸟类啄断或破坏。防鸟挡板则通过在绝缘子上方设置绝缘挡板,阻挡鸟粪直接滴落至绝缘子表面,避免形成导电通道,适用于鸟类活动频繁的绝缘子串部位。防鸟网主要用于变电站构架,采用耐老化的绝缘网将设备关键区域包围,既能防止鸟类进入筑巢,又不影响设备散热与运维操作。还有防鸟盒、防鸟罩等装置,针对特定设备部件设计,如将互感器等精密部件罩住,防止鸟类啄食或排泄污染。这类装置的优势是结构简单、成本较低,缺点是部分装置易受内蒙古地区风沙侵蚀损坏,需要定期维护更换,且对部分体型较小的鸟类阻隔效果有限。

### 2.2 驱鸟装置

驱鸟装置依据驱鸟原理可分为物理驱鸟、声驱鸟、光驱鸟等类型,旨在通过刺激鸟类的感官系统,使其主动远离电力设备。物理驱鸟装置如旋转风镜,利用风力驱动镜片旋转,产生动态光影变化,营造不稳定的环境,让鸟类产生不安感;部分装置还结合反光材料,增强驱鸟效果。适配内蒙古地区风力资源丰富的特点,声驱鸟装置通过播放鸟类天敌的鸣叫声、超声波等声音信号,干扰鸟类的听觉系统,常见的有超声波驱鸟器,其发出的高频声波对鸟类具有刺激性,而对人体无影响,但存在声波传播范围有限的问题。光驱鸟装置则利用鸟类对特定波长光线的敏感特性,如频闪灯、激光驱鸟器,通过间断性的强光或激光扫描,刺激鸟类的视觉神经,迫使鸟类离开。另外,还有结合多种原理的复合驱鸟装置,如声光一体化驱鸟器,可提升驱鸟效果的持续性。不过,鸟类易对单一驱鸟信号产生适应性,导致部分驱鸟装置长期使用后效果下降<sup>[2]</sup>。

### 2.3 其他防鸟方法

除专用防鸟装置外,还存在一些辅助性的防鸟方法,主要包括生态调控、人工干预和设备结构优化等。生态调控方法通过改善电力设施周边的生态环境,减少鸟类与设备的接触机会,例如在内蒙古地区输电线路沿线种植沙棘等鸟类不喜食的植物,或在远离设备的区域设置人工鸟巢、投食点,引导鸟类在安全区

域栖息繁殖。人工干预是传统且直接的防鸟手段,由运维人员定期对输电线路角钢塔、变电站构架进行巡检,及时清理鸟巢、驱赶栖息鸟类,尤其在鸟害高发季节,会增加巡检频次,适配内蒙古地区输电线路跨度大的特点。这种方法针对性强,但耗费大量人力物力,且难以实现24小时实时防控。设备结构优化则是在电力设备设计阶段就考虑防鸟需求,如优化角钢塔横担的结构形状,减少易积水和筑巢的空间;变电站构架采用封闭化设计,降低鸟类进入的可能性。这类方法从源头降低鸟害风险,但对已投运设备的改造难度较大,成本较高。

## 3 防鸟措施的优化与创新

### 3.1 基于鸟类行为学的防鸟策略优化

基于鸟类行为学的防鸟策略优化,核心是通过深入研究不同鸟类的栖息、筑巢、觅食等行为特征,实现防鸟措施的精准化与个性化。首先,通过红外监测、视频监控等技术,建立内蒙古地区鸟类行为数据库,分析不同季节、时段鸟类在电力设备上的活动规律,明确优势种群的行为偏好,如部分鸟类偏好在向阳面筑巢,部分则对特定材质的筑巢材料有选择。针对这些特征,优化防鸟装置的安装位置与类型,例如在鸟类筑巢高发区域优先安装防鸟刺与防鸟网的组合装置,在鸟粪滴落集中区域精准设置防鸟挡板。其次,利用鸟类的趋避行为,设计针对性的驱鸟方案,如针对对视觉敏感的鸟类,采用动态激光驱鸟器并调整光线频率;针对听觉敏感的鸟类,播放其特定天敌的鸣叫声,避免使用通用声波导致鸟类适应性产生。结合鸟类的迁徙路线,在内蒙古地区候鸟迁徙通道上的电力设施提前强化防鸟措施,实现季节性动态防控,提升策略的有效性与经济性。

### 3.2 新型防鸟材料与技术的研发

新型防鸟材料与技术的研发,为提升防鸟效果提供了有力支撑。在材料方面,研发出耐老化、高强度的复合防鸟材料,如以碳纤维为基材的防鸟刺,相比传统金属材质,具有重量轻、耐腐蚀、不易导电的优势,使用寿命从3-5年延长至8-10年;防鸟网采用纳米涂层技术,增强了耐磨性和抗紫外线能力,同时降低了鸟类的视觉适应性。在技术方面,智能化防鸟技术成为研发热点,如具备红外感应功能的驱鸟器,可实时检测鸟类活动,当鸟类进入监测范围时自动启动驱鸟模式,避免持续工作造成能源浪费和鸟类适应性;利用物联网技术构建智能防鸟监测系统,将分布在内蒙古地区各偏远电力设施的防鸟装置与运维平台联网,实现设备运行状态的实时监控和故障预警,便于运维人员及时处理<sup>[3]</sup>。另外,还研发出仿生防鸟技术,模拟鸟类天敌的外形制作仿生装置,如仿生猛禽模型,结合微风驱动实现头部转动,增强了对鸟类的威慑效果。

### 3.3 防鸟措施的综合应用与协同效应

单一防鸟措施往往功能有限,难以全面应对复杂的鸟类活动情况,而防鸟措施的综合应用则能通过不同手段的协同配合,达成1+1>2的卓越防控效果。在内蒙古地区输电线路角钢塔上,采用“物理阻隔+智能驱鸟”的组合方案成效显著,适配该地区鸟类种类多、活动范围广的特点。在横担部位安装防鸟刺和防

鸟挡板,从物理层面阻止鸟类栖息,防止鸟粪滴落至线路上,避免引发短路等故障。同时,在塔头安装红外感应声光驱鸟器,当有鸟类突破物理阻隔进入监测范围时,该装置自动启动,发出特定声音和光线,对鸟类进行二次驱离,形成双重防护屏障。在变电站构架区域,实施“区域防护+精准防控”策略。利用防鸟网对构架整体进行包围,将鸟类隔绝在外,防止其进入变电站内部。针对变电站内的绝缘子、互感器等关键设备,额外安装防鸟罩,进行重点保护,并配合超声波驱鸟器,对靠近关键设备的鸟类进行驱赶,实现全方位、无死角的防护。不同防鸟措施的协同效应还体现在时空互补上。物理装置可实现24小时不间断防护,为电力设施提供稳定的基础保障;智能驱鸟装置在鸟类活动高峰时段强化工作,精准打击,提高驱鸟效率;人工巡检则定期对防鸟装置进行全面检查与维护,确保设备始终处于正常运行状态。通过建立“装置防护+智能监测+人工运维”的综合防控体系,有效解决了单一措施效果有限、持续时间短的问题,显著提升了防鸟工作的系统性与可靠性。

#### 4 防鸟措施的应用案例分析

##### 4.1 输电线路角钢塔防鸟案例

内蒙古锡林郭勒盟110kV输电线路穿越农田与湿地交界区域,该区域麻雀、喜鹊等鸟类活动频繁,每年春季因鸟巢和鸟粪引发的线路跳闸事故达3-5次,严重影响电网供电。为解决此问题,运维单位采用基于鸟类行为学的综合防鸟方案。首先,通过监测明确该区域优势鸟类为喜鹊,其筑巢偏好利用树枝,且多在角钢塔横担与塔身连接处筑巢。针对此特征,在该线路23基角钢塔的关键部位安装高强度碳纤维防鸟刺,在绝缘子串上方安装弧形防鸟挡板,并在塔头安装红外感应激光驱鸟器,该驱鸟器可根据喜鹊的活动规律,在清晨和傍晚自动增强激光扫描频率。在线路沿线远离铁塔的区域设置3个人工鸟巢,引导喜鹊在安全区域筑巢。方案实施后,通过6个月的跟踪监测,该段线路未发生一起鸟害跳闸事故,鸟巢清理频次从每月2次降至每季度1次,运维成本降低60%,防鸟效果显著,为内蒙古草原地区输电线路防鸟提供了有效借鉴<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 变电站构架防鸟案例

内蒙古呼伦贝尔市220kV变电站位于城郊森林公园附近,周

边鹭类、斑鸠等鸟类数量众多,鸟类在构架上栖息排泄导致绝缘子闪络故障频发,仅2023年就发生2次因鸟害引发的变电站停运事故。针对该问题,实施“智能防护+生态引导”的防鸟改造。在变电站构架区域,采用耐老化纳米涂层防鸟网进行全包围防护,网眼尺寸设置为5cm×5cm,既能阻止鸟类进入,又不影响设备散热。在构架横梁及绝缘子上方,安装智能超声波驱鸟器,通过物联网与变电站运维平台联网,实时上传设备运行状态。同时,对变电站内的电缆沟、设备缝隙等易积鸟粪的部位进行密封处理,并在变电站周边1公里范围内种植鸟类不喜食的侧柏,在远离变电站的区域设置鸟类饮水点,引导鸟类活动区域远离电力设施。改造完成后,经过一年的运行监测,变电站未发生鸟害相关故障,绝缘子表面鸟粪残留量减少90%,设备绝缘性能稳定,充分验证了该综合防鸟方案在内蒙古林区周边变电站场景的有效性与适用性。

#### 5 结束语

输电线路角钢塔及变电站构架的防鸟工作是保障电网安全运行的重要环节,随着生态环境的改善和电网规模的扩大,鸟害防控面临的挑战愈发复杂。本文通过对鸟害故障类型与发生规律的分析,明确了现有防鸟措施的优势与不足,并从鸟类行为学应用、新材料技术研发、措施综合协同三个维度提出了优化创新方向,结合实际案例验证了综合防鸟方案的显著成效。未来,应进一步加强鸟类行为学与电力工程的交叉研究,推动防鸟技术的智能化、长效化发展,同时注重生态保护与电网安全的协同统一,为构建安全可靠、绿色环保的电网提供坚实保障。

#### [参考文献]

- [1]魏信伍,朱梁辰,崔夏斌,等.输电线路角钢塔及变电站构架防鸟措施研究与应用[J].电子通信与计算机科学,2025,7(1).
- [2]冯刚.输电线路及变电站防雷保护措施研究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(06):246-248.
- [3]徐泽运.输电线路及变电站防雷保护措施浅析[J].石化技术,2020,27(07):161+160.
- [4]程占涛.高压架空输电线路与变电站监测研究[J].通信电源技术,2024,41(6):82-84.