

# 超高压输电线路防凝冻灾害技术措施分析

臧思琦<sup>1</sup> 闫亚东<sup>2</sup>

1. 新疆送变电有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

2. 国网乌鲁木齐供电公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 本文深入探讨超高压输电线路防凝冻灾害技术措施的改进方向。强调新材料与新技术的研发与应用,如高强度导线与智能融冰技术,以提升线路抗凝冻能力。着重介绍智能化、自动化监测与预警系统的完善,通过高精度监测设备与智能预警模型,实现线路状态的实时掌握与快速响应。提出应急响应机制的优化与提升策略,包括完善应急预案、加强应急队伍建设及跨部门协作,确保在凝冻灾害发生时能迅速有效应对。

**关键词:** 超高压输电线路; 防凝冻灾害技术; 措施

## 1 凝冻灾害的定义

凝冻灾害是一种特定的气象灾害,主要发生在我国南方山区的冬季,尤其在贵州等省份较为常见。它是指当环境气温低于0°C时,空气中的过冷雨滴、雾滴或湿雪在近地面物体表面凝附冻结,进而形成覆冰层的现象。这一过程涉及液态水向固态冰的转化,与北方简单的冰冻概念有所不同。凝冻灾害的形成是多种气象条件共同作用的结果,包括持续低温、水汽条件(如持续的冻雨、毛毛雨、浓雾或雨夹雪)以及适当的风速,这些条件共同促使过冷水滴在低温物体表面迅速冻结。凝冻灾害对多个领域产生重大影响,包括电力、通讯、交通、农林畜牧业等。它可能破坏有线通讯设施,影响电力输送,中断交通运输,甚至导致牲畜死亡和农作物受损。此外,低温凝冻天气还会给人民群众的生产生活带来不便,部分生活必需品价格也可能因此上升。在贵州等凝冻灾害多发的地区,由于冬季北方南下的冷空气与南方暖湿气团在云贵高原周边相遇并势力相当,形成稳定的逆温层和持续的低温阴雨天气,这为凝冻灾害的发生提供了有利条件。了解和防范凝冻灾害对于保障当地社会经济正常运行和人民群众生命财产安全具有重要意义。

## 2 超高压输电线路凝冻灾害机理分析

### 2.1 凝冻灾害发生原因

凝冻灾害的发生是多种气象条件综合作用的结果。在冬季,当冷空气南下与南方暖湿气团相遇时,若两者势力相当,便会在云贵高原等南方山区形成稳定的逆温层和持续的低温阴雨天气。这种环境下,空气中的水汽容易在低温条件下凝结成过冷水滴,随着气温的进一步下降,这些过冷水滴在输电线路表面迅速冻结,形成覆冰层<sup>[1]</sup>。风速、风向以及地形地貌等因素也会对凝冻灾害的发生起到加剧作用。风速会将冷却的小水珠吹向输电

线路,增加覆冰的可能性;而地形地貌则会影响冷空气的流动和分布,形成易于凝冻的微气候环境。

### 2.2 凝冻灾害对输电线路的影响

凝冻灾害对超高压输电线路的影响是多方面的。覆冰会增加输电线路的重量和负荷,导致导线、地线等产生不均匀的张力分布,进而引发导线舞动、断线等事故。覆冰还会改变输电线路的电气性能,降低绝缘子的绝缘强度,增加闪络和短路的风险。在极端情况下,覆冰厚度过大还可能导致输电塔架承受不住重量而倒塌,造成大面积停电和电网崩溃的严重后果。具体来说,凝冻灾害对输电线路的影响包括几个方面:(1)机械影响:覆冰增加了导线和塔架的负荷,导致机械应力增大,容易引发断线、倒塔等事故。(2)电气影响:覆冰降低了绝缘子的绝缘性能,增加了闪络和短路的风险,影响电力系统的稳定运行。(3)舞动现象:在风的作用下,覆冰导线容易发生舞动,造成导线断裂、绝缘子损坏等后果。(4)安全隐患:凝冻天气给巡线工作带来困难,增加了检修和维护的难度和成本。

## 3 超高压输电线路防凝冻灾害的技术措施

### 3.1 合理规划与选线

在超高压输电线路的规划与选线阶段,充分考虑凝冻灾害的影响是预防其发生的第一步。合理规划旨在通过科学的线路布局,避开凝冻灾害高发区域,减少线路受凝冻影响的概率。需要对目标区域的历史气象数据进行深入分析,特别是冬季的低温、降水、风向风速等关键气象要素,以识别出凝冻灾害的易发区和潜在风险点。在选线过程中,应优先选择地势开阔、风速较小、地形起伏不大的地区,避免穿越峡谷、河谷等容易形成逆温层和持续低温阴雨天气的地形。考虑到输电线路的辐射范围和经济效益,需平衡线路路径的直接性、经济

性与安全性。对于无法完全避开凝冻灾害高风险区的线路,应在其设计、建设和运维阶段采取更为严格的防凝冻措施。合理规划还包括对线路走廊的宽度、高度以及与其他设施的间距进行合理设定,以确保在凝冻灾害发生时,线路有足够的空间应对可能出现的导线舞动、断线等情况,同时也便于后续的检修和维护工作。

### 3.2 导线选型与材料优化

导线的选型与材料优化是提升超高压输电线路抗凝冻能力的重要手段。针对凝冻灾害的特点,应选择具有良好机械性能、电气性能和抗腐蚀性能的导线材料。例如,采用高强度、高韧性的钢芯铝绞线或铝合金导线,可以有效提高导线的承载能力和抗风振能力,减少因凝冻导致的断线风险。导线表面处理技术也是提升抗凝冻性能的关键,通过在导线表面涂覆一层抗凝冻涂料或采用纳米材料改性,可以增加导线表面的疏水性和抗冻性,减少水滴在导线表面的附着和冻结。这些措施不仅可以降低覆冰量,还能在一定程度上延缓覆冰过程,为后续的除冰工作争取时间。在导线选型与材料优化的同时,还需要考虑导线的直径、截面形状等因素对覆冰特性的影响<sup>[2]</sup>。

### 3.3 防覆冰设计与改进

防覆冰设计与改进是超高压输电线路防凝冻灾害的核心环节。这包括在输电线路的设计阶段就融入防覆冰的理念和技术手段,通过优化设计参数、采用特殊结构和装置等方式,提高线路的抗凝冻能力。可以采用防覆冰导线设计,如增加导线表面的粗糙度或采用特殊形状的导线截面,以增加空气动力学效应,减少水滴在导线表面的附着和冻结。还可以设计自动除冰装置,如利用电流热效应或机械振动等方式,在覆冰达到一定程度时自动启动除冰过程,确保线路的安全运行。对于输电塔架的设计也需进行防凝冻考虑。塔架的结构应足够坚固以承受覆冰后的额外载荷,并设置合理的支撑和加固措施以防止倒塌。在塔架上安装融冰装置或利用太阳能等可再生能源进行加热除冰也是有效的防凝冻手段。智能化监测与预警系统的应用也是防覆冰设计与改进的重要组成部分。通过在线监测线路覆冰情况、风速风向等气象条件以及线路的运行状态,可以及时发现凝冻灾害的苗头并采取相应的应对措施。利用大数据分析技术预测凝冻灾害的发展趋势和严重程度,为决策提供支持,确保输电线路在凝冻灾害中的安全稳定运行。

### 3.4 应急响应型技术措施

在超高压输电线路防凝冻灾害的技术体系中,应急响应型技术措施是确保在灾害发生时能够迅速、有效地

进行应对的关键环节。首先,应急预案的制定是应急响应的基石,预案应明确各级应急响应的启动条件、响应流程、责任分工和具体措施等内容,确保在灾害发生时能够有序、高效地开展应急工作。预案还需根据线路实际情况和凝冻灾害的特点进行定期修订和完善,以适应不断变化的灾害形势。其次,应急队伍的组建和培训也是必不可少的,应急队伍应由具有专业技能和丰富经验的电力工人组成,他们应熟悉线路的运行状况、掌握应急处理技能并具备高度的责任心和使命感。通过定期的培训和演练,提高应急队伍的快速反应能力和协同作战能力,确保在灾害发生时能够迅速投入战斗。应急物资的储备也是应急响应的重要保障,这些物资包括除冰设备、抢修工具、防护用品等,应根据线路的实际需求和灾害的严重程度进行合理配置和储备。在灾害发生时,能够迅速调集和分发这些物资,为应急抢修工作提供有力支持。

### 3.5 预警系统的建立与运行

预警系统的建立与运行是超高压输电线路防凝冻灾害的重要手段之一。通过实时监测气象条件、线路覆冰情况等信息,预警系统能够提前发现凝冻灾害的苗头并发出预警信号,为应急响应提供宝贵的时间窗口。预警系统的建立需要集成多种监测手段和技术,包括气象观测站、覆冰监测传感器、远程监控摄像头等。这些设备应覆盖线路的关键区域和易发凝冻灾害的地段,实时采集和传输监测数据。利用大数据分析、人工智能等先进技术对监测数据进行处理和分析,提高预警的准确性和及时性。在运行过程中,预警系统应建立严格的运行管理制度和值班制度,确保监测数据的连续性和准确性。加强与气象部门、电力调度部门等相关单位的沟通协调和信息共享,形成合力共同应对凝冻灾害。

### 3.6 强化线路的维护与保养

强化线路的维护与保养是预防凝冻灾害发生的重要措施之一。通过定期对线路进行巡视检查、维护保养和缺陷处理等工作,可以及时发现并消除潜在的安全隐患,提高线路的抗凝冻能力和整体运行水平。在维护与保养过程中,应重点关注线路的覆冰情况、绝缘子性能、导线张力等关键指标。通过定期测量和记录这些数据,可以掌握线路的运行状态和变化趋势,为后续的维护保养工作提供依据。还应加强对线路走廊内树木、建筑物等外部环境的清理和整治工作<sup>[1]</sup>。这些外部因素可能会影响线路的通风散热和除冰效果,增加凝冻灾害的风险。通过及时清理和整治这些外部环境因素,可以为线路的安全运行提供更好的保障。还应加强对线路运行状

态的监测和分析工作。通过利用现代化的监测技术和手段,如无人机巡检、远程监控等,可以实现对线路运行状态的全面监测和实时分析。这有助于及时发现潜在的安全隐患并采取相应的处理措施,确保线路的安全稳定运行。

#### 4 超高压输电线路防凝冻灾害技术措施的改进

##### 4.1 新材料、新技术的研发与应用

在超高压输电线路防凝冻灾害的技术措施中,新材料与新技术的研发与应用是推动防凝冻能力不断提升的关键驱动力。针对导线材料,研发具有更高强度、更好抗腐蚀性和更低冰粘附性的新型导线成为重要方向。例如,采用纳米材料改性或特殊涂层处理的导线,可以在保持优异电气性能的同时,显著提升其抗凝冻能力。这些新材料的应用,不仅能有效减少导线覆冰量,还能在覆冰后更容易通过自然风或机械振动等方式自行脱落,降低除冰难度和成本。防覆冰技术的创新也是不可忽视的一环,通过研发更加高效、环保的融冰技术和装置,如利用电磁感应原理进行远程加热融冰、开发智能型融冰涂料等,可以实现对输电线路的精准、快速融冰。这些新技术不仅提高融冰效率,还减少对环境的影响,为输电线路的安全稳定运行提供有力保障。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,它们在超高压输电线路防凝冻领域的应用也日益广泛。

##### 4.2 智能化、自动化监测与预警系统的完善

智能化、自动化监测与预警系统的完善是提升超高压输电线路防凝冻能力的重要手段。应加强对监测设备的研发与升级,采用更加先进、灵敏的传感器和监测设备,如高精度气象站、覆冰监测传感器等,可以实现对线路周围气象条件、覆冰情况等关键参数的实时监测和传输。同时通过优化数据传输网络 and 数据处理算法,可以提高监测数据的准确性和实时性。应完善预警模型的构建和验证,基于大量的历史数据和实时监测数据,利用大数据分析和人工智能技术构建精准的预警模型。通过不断验证和优化模型参数,可以提高预警的准确性和可靠性,为应急响应提供更加科学的依据<sup>[4]</sup>。还应加强预警系统的智能化和自动化水平,通过引入智能决策支持系统和自动化控制装置,可以实现对预警信息的自动处

理和快速响应。当预警系统发出警报时,能够自动触发相应的应急响应机制,如启动融冰装置、调配应急物资等,以最快的速度应对凝冻灾害。

##### 4.3 应急响应机制的优化与提升

应急响应机制的优化与提升是确保超高压输电线路在凝冻灾害发生时能够迅速、有效应对的关键环节。根据线路实际情况和凝冻灾害的特点,制定全面、详细的应急预案。预案应明确各级应急响应的启动条件、响应流程、责任分工和具体措施等内容,确保在灾害发生时能够有序、高效地开展应急工作。组建一支专业、高效的应急队伍,并定期进行培训和演练。通过模拟真实场景下的应急响应过程,提高应急队伍的快速反应能力和协同作战能力。同时还应加强对应急人员的心理辅导和关怀工作,确保他们在紧急情况下能够保持冷静、果敢地应对挑战。还应加强与相关部门的沟通协调和信息共享,与气象部门、电力调度部门等相关单位建立紧密的合作关系和信息共享机制,确保在灾害发生时能够及时获取关键信息并采取相应的应对措施。

##### 结束语

超高压输电线路防凝冻灾害技术措施的改进是一个持续且复杂的过程,需要不断创新与优化。通过新材料、新技术的引入,智能化监测预警系统的完善,以及应急响应机制的优化,可以有效提升线路的抗凝冻能力,保障电力系统的安全稳定运行。未来,随着科技的进步和经验的积累,有理由相信,输电线路的防凝冻工作将会更加高效、智能,为经济社会发展提供更加坚实的电力保障。

##### 参考文献

- [1]陶承志.超高压输电线路防凝冻灾害技术措施分析[J].通讯世界,2020,No.29613:196-197.
- [2]陈文正,杨震,任磊.超高压输电线路防凝冻灾害技术措施分析[J].环球市场,2019(20):23-24.
- [3]达国京.超高压输电线路防凝冻灾害技术措施分析[J].百科论坛电子杂志,2020(1):371.
- [4]唐继俊.对高压/超高压电力电缆关键技术分析及展望[J].通讯世界.2019,(21).DOI:10.3969/j.issn.1006-4222.2016.21.106.