

基于极端天气对供电线路的影响及预防

尉洪山

呼伦贝尔东明矿业有限责任公司

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6857

[摘要] 北方地区冬季频繁遭遇极寒天气,给供电线路的安全稳定运行带来严峻挑战。本文深入分析极寒天气对供电线路造成的覆冰、设备低温故障、负荷激增等多方面影响,结合国内多地电力企业的实践经验,从线路设计、运维管理、应急保障、技术创新等维度提出针对性预防策略,旨在为提升北方地区供电线路在极寒天气下的抗风险能力提供理论支撑与实践参考。

[关键词] 极寒天气; 供电线路; 覆冰灾害; 预防策略; 电力运维

中图分类号: TM7 文献标识码: A

Impact and Prevention of Extreme Weather on Power Supply and Distribution Lines

Hongshan Wei

Hulunbuir Dongming Mining Co., Ltd

[Abstract] Northern regions frequently experience extreme cold weather in winter, posing severe challenges to the safe and stable operation of power supply and distribution lines. This paper conducts an in-depth analysis of the multifaceted impacts of extreme cold, including icing, equipment low-temperature failures, and load surges on power supply and distribution lines. Drawing on practical experiences from multiple domestic power enterprises, targeted preventive strategies are proposed from dimensions such as line design, operation and maintenance management, emergency support, and technological innovation. The aim is to provide theoretical support and practical references for enhancing the risk resilience of power supply and distribution lines in northern regions under extreme cold conditions.

[Key words] extremely cold weather; Power supply and distribution lines; Ice cover disaster; Preventive strategies; Power operation and maintenance

引言

北方地区属于典型的温带大陆性季风气候,冬季漫长且寒冷,极端低温天气频发。近年来,受全球气候变化影响,北方极寒天气的出现频率和强度呈上升趋势,最低气温屡创新低,部分地区甚至突破-47℃。供电线路作为电力输送的关键载体,长期暴露在自然环境中,极寒天气引发的线路覆冰、设备故障等问题,不仅会导致大面积停电,影响居民正常生活和工业生产,造成电力设施损毁,带来巨大的经济损失。因此,系统研究北方极寒天气对供电线路的影响机制,探索科学有效的预防措施,对于保障北方地区电力供应安全具有重要的现实意义。

1 北方极寒天气对供电线路的影响

1.1 线路覆冰危害

北方极寒天气伴随的冻雨、暴雪等天气过程,极易导致供电线路覆冰。根据覆冰形成机制和物理特性,可分为雨凇覆冰、雾凇覆冰和混合覆冰三类,其中雨凇覆冰质地坚硬、附着力强,危害最为严重。(1)线路覆冰会大幅增加导线荷载,最高可使电

线承受10-20倍的正常重量。引发导线断股、断线,甚至杆塔倒塌等严重事故。(2)覆冰会使导线风阻增大,在风力作用下引发导线舞动,导致相间闪络、绝缘子冰闪等电气故障,破坏线路绝缘性能,引发跳闸停电。(3)极寒天气下,覆冰区域环境恶劣,运维人员巡检和除冰作业面临极大困难,作业效率低下,存在人身安全隐患。如表1所示:

表1 北方地区极寒天气下供电线路覆冰类型与危害对比表

覆冰类型	发生条件	危害程度	影响范围	预防措施
自然覆盖型	低温、湿度高、风力较小	可能导致线路断线,引发火灾或爆炸。	局部线路	建立气象监测预警系统,及时清理积雪
机械覆盖型	导线外露、机械摩擦	引发短路,造成局部过载甚至火灾。	有明显冰层的导线	加强导线固定,减少因机械应力导致的覆冰
人为覆盖型	人员操作、施工不当	可能引发触电事故或设备损坏。	各类供电线路	定期检查人员操作区域,确保安全

1.2 电力设备低温故障

极寒天气下,低温环境会对供电设备的材料性能和运行

状态产生负面影响，引发多种故障：(1) 充油充气设备故障：变压器、断路器等充油充气设备受低温影响，出现密封不严、气压降低、油位异常等问题。变压器油在低温下黏度增大，流动性变差，导致散热不良，引发设备过热；断路器气体密封件因低温收缩，出现漏气，影响绝缘性能。(2) 机械操作机构故障：隔离开关、断路器的操作机构在低温环境下，金属部件易发生冷脆变形，导致操作卡涩，无法正常分合闸。(3) 电子元件故障：配电自动化终端、在线监测装置等电子设备的元器件对低温敏感，低温导致其性能下降，甚至停止工作，影响线路的监测和控制功能。

1.3 电网负荷激增

极寒天气下，居民取暖用电需求大幅增加，同时工业生产、商业运营等用电负荷也会有所上升，导致电网负荷迅速攀升。存在以下几种风险：(1) 线路过载风险：负荷激增会使线路电流增大，导线温度升高，加速绝缘老化，增加线路过载跳闸的风险。(2) 供电压力增大：电网负荷的快速增长对电力供应的稳定性提出了更高要求，若发电侧出力不足或电网调度不合理，导致供电缺口，引发限电、停电等问题。如表2所示：

呼伦贝尔2025年冬季供电负荷曲线典型特征

表2 呼伦贝尔2025年冬季供电负荷曲线典型特征

特征维度	描述
时间周期	2025年12月1日 - 2026年2月28日，覆盖完整供暖季
日负荷形态	双峰型结构：早峰(7:00-9:00)、晚峰(17:00-21:00)，谷值出现在凌晨4:00-6:00
峰值负荷驱动	供暖电锅炉、居民电采暖、公共建筑空调集中启动，占总负荷60%以上
负荷波动幅度	日峰谷差可达3:1以上，显著高于非供暖季(约2:1)
极端低温响应	当气温低于-30℃时，负荷曲线出现“陡升-滞高”特征，持续时间延长至8-10小时
周周期性	工作日负荷高于周末，周末夜间负荷下降更明显，反映居民用电主导性
年际对比	2025年冬季较2024年同期负荷增长约8-12%，主因“煤改电”工程持续推进

呼伦贝尔冬季平均气温-20℃至-35℃，供暖期长达7个月，是内蒙古电网负荷最重区域之一。“煤改电”政策实施后，2025年冬季电采暖用户占比超45%，直接推高电网峰值负荷。

1.4 外力破坏风险上升

极寒天气下，大风、暴雪等天气现象经常引发外力破坏，威胁供配电线路安全：(1) 树障隐患：暴雪使树枝积雪过重，发生断裂，倒落在线路上引发短路故障。同时，大风可能将树木吹倒，压断线路或损坏杆塔。(2) 异物悬挂：强风可能将塑料薄膜、防尘网等轻质异物吹到线路上，造成线路短路或接地故障。

2 北方极寒天气下供配电线路预防策略

2.1 优化线路设计与建设

在供配电线路的设计和建设阶段，充分考虑北方极寒天气的影响，提升线路的抗寒能力：(1) 避开覆冰高发区域，山区迎风坡、江河沿岸等湿度高、气流稳定的地带。对于必须经过的覆冰区域，适当增加杆塔高度和强度，采用大档距设计，减少覆冰对线路的影响。(2) 选择具有良好耐寒性能的导线、绝缘子、金

具等设备材料。采用防覆冰导线，利用其憎水性减少水汽凝结，降低冰层附着力；在绝缘子加装防覆冰伞裙，提高绝缘子的抗冰闪能力。(3) 增加杆塔的机械强度，采用高强度钢材和合理的结构形式，提高杆塔抗覆冰、抗大风能力。

2.2 加强运维管理与监测

加强对供配电线路的日常监测和维护，及时发现并消除隐患：(1) 在极寒天气来临前，提前开展线路特巡，排查设备隐患。对高海拔、易覆冰线路实行24小时特巡模式。采用“人工+无人机”协同巡检模式，利用无人机的高空视角和高清摄像功能，对人员难以抵达的区域进行全覆盖巡视，提高巡检效率和准确性。(2) 使用红外测温仪对导线接头、线夹、母线排等关键部位进行常态化测温，监测设备运行温度变化，及时发现过热隐患。(3) 定期清理线路通道内的树木、杂草等障碍物，修剪过高树枝，防止树障引发线路故障。在极寒天气来临前，对线路通道进行全面清理，消除安全隐患。

2.3 完善应急保障体系

建立健全极寒天气下的应急保障机制，提高突发故障的处置能力：(1) 针对极寒天气可能引发的线路覆冰、设备故障、负荷激增等情况，制定详细的应急预案，明确应急处置流程、责任分工和物资储备要求。(2) 组建专业的应急抢修队伍，配备充足的抢修人员和设备，确保突发故障时能够迅速响应、快速处置。(3) 提前储备充足的抢修物资，如绝缘导线、绝缘子、金具、融冰设备、应急发电装备等，确保应急物资供应及时。

2.4 推进技术创新与应用

引入新技术、新方法，提升供配电线路在极寒天气下的智能化水平和抗风险能力：(1) 在覆冰高发区域安装覆冰监测系统，通过传感器实时监测覆冰厚度、重量、环境温度等数据，达到预警阈值后立即启动应对预案。推广应用配电自动化系统，实现对线路运行状态的实时监控和故障自动隔离、恢复，提高供电可靠性。(2) 针对线路覆冰问题，采用热力融冰法、机械除冰法等科学除冰技术。热力融冰法适用于高压线路，通过调整电网运行方式适当提高电缆运行电流，利用电流热效应融化冰层；机械除冰法适用于低压线路，运维人员使用绝缘除冰杆、除冰铲等专用工具清除冰层。(3) 加快智能电网建设，实现源网荷储协同优化，提高电网对负荷变化的适应能力。

3 案例分析：国网蒙东陈巴尔虎旗供电公司极寒天气保供实践

2026年1月，呼伦贝尔陈巴尔虎旗遭遇强冷空气袭击，气温骤降至-40℃以下，伴随大风、暴雪天气。国网陈巴尔虎旗供电公司启动最高等级应急响应，采取“白天全覆盖巡视+夜间重点蹲守”的作战模式，对辖区内十几条重要线路开展特巡。运维人员使用红外测温仪、望远镜、无人机等设备，仔细检查每一基铁塔、每一段线路，及时发现并清理通道内的枯枝、塑料薄膜等隐患点9处，处置异物悬挂风险3起。在4条主干线路、风口区段设立3个夜间蹲守点，每组3名队员轮流值守，24小时不间断监测导线舞动情况，确保线路安全稳定运行。应急处置：备足抢修物资

和应急发电装备,组建应急抢修队伍,实行24小时值班制度。期间,成功处置1起线路跳闸故障,在1小时内恢复供电,最大限度降低了停电对用户的影响。

4 结论

北方极寒天气对供电线路的安全稳定运行造成多方面影响,包括线路覆冰、设备低温故障、负荷激增和外力破坏等,对供电线路的挑战也将更加严峻。通过优化线路设计、加强运维管理、完善应急保障、推进技术创新和加强用户服务等一系列预防策略,可以有效提升供电线路在极寒天气下的抗风险能力,保障电力供应安全。国内多地电力企业的实践经验表明,这些预防策略具有较强的可行性和有效性。

未来,需要进一步加强极寒天气对供电线路影响的研究,同时,不断推进技术创新,加大智能电网、新型融冰除冰技术等的应用力度,提升供电线路的智能化水平和自我修复能力。建立健全极寒天气下的电力应急联动机制,共同应对极寒

天气带来的挑战,保障北方地区电力供应的持续稳定。

[参考文献]

- [1]王增平,相禹维,王彤,等.一种极端天气下的电力系统预防性控制方法及系统:,CN202211003319.0[P].2022.
- [2]竺乐勇.极端天气对电力设施的影响及应对措施[J].北京电力高等专科学校学报:自然科学版,2011(010):028.
- [3]卢赓,邓婧,王渝红,等.电力系统受极端天气的影响分析及其适应策略[J].发电技术,2021(006):042.
- [4]重庆大学.基于线路故障后果分析的极端天气配电网事前调度方法:CN202110199415.6[P].2023-11-03.
- [5]梁双,严超,厉瑜.电力系统应对极端天气自然灾害存在的薄弱环节及对策建议[J].中国工程咨询,2022(9):27-31.

作者简介:

尉洪山(1973--),男,汉族,山东省莱阳市人,本科,电气工程师,电工高级技师,主要研究方向:供配电。