

冬季冰冻天气对电力线路安全的影响及应对措施

王晶, 王迪

国网哈尔滨供电公司, 黑龙江 哈尔滨 150000

DOI:10.61369/EPTSM.2025090004

摘 要 : 冬季冰冻天气的出现将对电力线路运行的安全性与稳定性造成严重影响。本文针对冬季冰冻天气对电力线路安全的影响进行了系统分析, 主要有因线路覆造成的杆塔失去稳定性、因线路覆冰缺乏均匀性导致线路摇摆引发断线或者管路故障、因绝缘子覆冰致使绝缘性能下降、因气温较低使得电力设备内部材料发生损坏等。基于此, 本文站在技术、管理的角度提出了具体的应对措施: 利用覆冰监测装置、卫星遥感技术、无人机以及和气象部门建立合作关系, 对天气情况进行监测; 在设计和建设电力线路时, 选择使用具有抗冰性的设备和通过防护装置的安装, 做好线路防护工作; 借助热力融冰法、直流融冰法、机械除冰法以及无人机除冰法等及时将覆冰清除; 事先制定完善的应急预案、准备足够的应急物资, 同时进行应急演练。本研究的主要目的为保障电力线路在冬季冰冻天气下的安全、稳定运行。

关 键 词 : 冬季; 冰冻天气; 电力线路; 安全

Influence of Winter Freezing Weather on Power Line Safety and Countermeasures

Wang Jing, Wang Di

State Grid Harbin Power Supply Company, Harbin, Heilongjiang 150000

Abstract : The appearance of winter freezing weather will seriously affect the security and stability of power line operation. In this paper, the influence of winter freezing weather on the safety of power lines is analyzed systematically, such as the loss of stability of poles and towers caused by the covering of lines, the breakage of lines or pipeline failure caused by the lack of the uniformity of the covering of lines, the decline of insulation performance caused by the icing of insulators, and the damage of internal materials of power equipment caused by the low temperature. Based on this, this paper puts forward specific countermeasures from the point of view of technology and management: using icing monitoring device, satellite remote sensing technology, UAV and establishing cooperation with meteorological departments to monitor weather conditions; in the design and construction of power lines, choosing to use anti-ice equipment and installing protective devices to do a good job in line protection; removing icing in time by means of thermal icing, direct current icing, mechanical de-icing and UAV de-icing; making perfect emergency plan in advance, preparing enough emergency materials and conducting emergency drills. The main objective of this study is to ensure the safe and stable operation of power lines in winter freezing weather.

Keywords : winter; freezing weather; power lines; safety

引言

电力能源在社会发展中发挥着重要的支撑作用, 与社会正常秩序的维持、居民的正常生产与生活存在着密切的关系。冬季无论是居民供暖, 还是工业生产等对电力能源的需求量明显增加, 但冬季气温较低, 一旦出现冰冻天气很容易影响电力线路运行的安全性^[1]。一旦电力线路发生故障问题, 轻则可能造成局部地区无法正常供应电力能源, 严重影响居民的生活与生产; 重则可能造成长时间、大面积停电, 致使交通设施、通信设施以及医疗设施等无法正常运行, 对社会秩序造成较大影响。为此, 本文针对冬季冰冻天气对电力线路安全的影响进行了探析, 并提出了具体的应对措施。

一、冬季冰冻天气对电力线路安全的影响

（一）电力线路覆冰

冬季受冰冻天气的影响，电力线路很容易因为严重覆冰而发生故障。当气温下降到0℃以下，并且空气中存在有较多水汽时，雨滴从云层降落时会发生冷却，冷却的水滴与温度在0℃以下的电力线路相接触时，将快速冻结，在其表面形成薄冰层。若未能够及时处理，随着附着冷却水滴的不断增加，电力线路表面的冰层将越来越厚^[2]。这种因为水滴冷却、冻结在电力线路表面形成的冰层，又叫做雨凇。一旦电力线路严重覆冰，导线重量明显增加。当电力线路表面的冰层增加到一定厚度后，杆塔实际承受的压力高于限值，杆塔很容易发生倾斜、倒塌，严重影响周围地区的供电，给附近居民的生产、生活造成较大影响^[3]。

（二）线路在风雪中摇摆

在冬季冰冻天气中，电力线路覆冰一般缺乏均匀性。一些位置的冰层厚度较大，一些位置的冰层相对比较薄。一旦遇到强风天气，电力线路很容易因为覆冰不均匀，而在空气中舞动。当线路在风雪中摇摆，相邻导线的距离将随之不断发生变化，很可能会引发导线相间短路的故障问题^[4]。若线路摇摆比较严重，当导线承受的拉力达到限值时，将发生线路断线的事故。并且杆塔也可能受导线摇摆的影响，而发生损坏，严重情况下还可能引发倒塔安全事故，严重影响电力能源的正常供应。

（三）绝缘子性能降低

绝缘子是电力线路中不可缺少的一个部件，其可保证电力线路的绝缘性。但在冬季冰冻天气下，很容易在绝缘子表面积雪、凝露、覆冰，其将导致绝缘子的绝缘性能下降，甚至还可能致使绝缘子表面漏电^[5]。随着时间的推移，绝缘子表面泄漏的电流将随之不断增加，当增加到一定数值，将造成闪络放电，在较短的时间内释放较多的能量，易造成线路短路，引发电力故障。一旦引发闪络放电安全风险，很可能会导致多条电力线路发生故障，无法正常输送电力能源。这些安全事故的出现，除了会对当地居民的正常生活造成较大影响以外，还将增加电力企业抢修电力线路的难度。

（四）设备和密封材料损坏

冬季冰冻天气还会影响到电力设备的内部结构。其一，对于电力设备内部的金属材料，在冰冻天气很容易脆化。例如，变压器内部的绕组、铁芯，一般为金属材料，在冬季冰冻天气下，金属材料的韧性将明显下降，同时脆性增加，易出现裂纹；开关设备内部的金属部件，也可能受冰冻天气的影响脆化，操作时很容易导致金属部件断裂，致使开关设备无法正常分合^[6]。其二，电力设备的密封材料在冬季冰冻天气下，很容易发生收缩，影响其密封性。其不单单会对电力设备的安全、可靠运行造成影响，同时还可能造成更为严重的线路故障，严重影响当地电力能源的供应。

二、应对冬季冰冻天气对电力线路安全影响的有效措施

（一）精准监测冰冻天气

为了保证电力线路在冬季冰冻天气的安全运行，需事先了解线路的覆冰情况，电力企业将覆冰监测装置（如拉力传感器、气象传感器等）安装在关键线路上。当线路覆冰时拉力将随之增加，传感器监测到该信号后，可利用力学模型（如悬链线方程等），根据导线的材质、长度与直径等，通过计算获得覆冰的厚度。气象传感器的安装，则可实时获取现场的风速、温度、湿度和降水等，为工作人员预测线路覆冰提供依据。一旦监测到的环境参数超出预设阈值时，系统将自动发出预警，提示工作人员存在高危覆冰风险因素，以便工作人员及时作出处理。另外，电力企业还需借助卫星遥感技术，从宏观的视角监测电力线路。该技术的分辨率较高，可全方位的监测电力线路和周围环境，帮助工作人员及时发现线路覆冰隐患。电力企业还可利用无人机对电力线路进行巡检，其不仅更为高效与灵活，同时在恶劣天气、复杂地形区域，依然可以凭借红外线成像仪和相机实现精细化、近距离检查线路。电力企业还应加强与气象部门之间的合作，以便实时掌握气象数据^[7]。气象部门拥有先进的监测气象的设备与模型，可较高精确度的预测天气变化，一旦通过监测发现近些天可能出现冰冻天气，其将及时将天气预警信息传递给电力企业。电力企业可根据天气预报，事先准备好应对的物资，并提前做好防范工作。

（二）加强对电力线路的防护

在设计、建设电力线路时，为了减少冬季冰冻天气电力线路故障的出现，在设计阶段，需选用具有抗冰性的杆塔、导线。相对于普通杆塔来说，抗冰杆塔的稳定性和强度更高，并且可承受的荷载更大^[8]。例如，使用采用加强型钢材制作而成的杆塔，其壁厚、横截面积相对较大，即便在冰冻天气覆冰，也不容易倒塌、倾斜。具有抗冰性的导线材质与结构均较为特殊，且抗拉伸性、耐寒性较强。例如，部分抗冰性导线内部增加有增强材料（如碳纤维等），导线强度明显增加，并且其表面涂刷有特殊涂层，冰层不易在其上方附着。在加强电力线路防护时，还需注重提高线路的抗风性、抗摇摆性，可将间隔棒、防震锤安装在导线上。间隔棒可让分裂导线保持一定的距离，避免在受风力的影响，发生冲击、碰撞，防振锤则是借助自身的惯性、重量，减少导线在微风中的振动。

（三）制定应急预案

事先制定健全电力线路安全应急预案，可保障电力线路在冬季冰冻天气的安全运行。在具体制定的过程中，需明确各部门与工作人员的职责，以便在遇到突发状况时，各部门以及工作人员可快速做出正确应对，协同处理突发状况^[10]。其中，应急指挥部门的职责为制定应急预案、协调和指挥应急处置工作；抢修部门的主要职责为第一时间到达现场，抢修发生故障的电力线路；物资保障部门的主要职责为应急抢修工作提供物资，保障抢修工作的及时、顺利开展。在制定应急预案的同时，还需加快应急物

资库的建立，储备足够的电力线路应急抢修物资（如发电机、杆塔、绝缘子、电缆、防寒保暖物品、应急照明设备、抢修工具等）。并定期对这些物资进行维护与检查，保证在应急处置中可正常使用。除此之外，电力企业还需定期组织各部门以及工作人员进行应急演练。对冬季冰冻天气电力线路可能出现的故障进行模拟（如电路线路覆冰、倒塌、断线等），促使相关工作人员熟悉各种可能发生故障的应急处置流程，增强其处置突发事件的能力。并且还可利用模拟演练对应急预案进行检验，及时发现其中存在问题，并做出调整，以此保证应急预案的有效性与可行性。

三、结束语

综上所述，冬季冰冻天气的出现，将从多个维度威胁电力线路运行的安全性，一旦电力线路覆冰、线路摇摆、绝缘子绝缘性

降低、设备材料受损，均可能会导致电力线路出现故障问题，从而影响电力能源的正常供应，进而给社会秩序、居民的生活与生产带来较大影响。近些年，随着全球气候变化异常，冬季频频出现冰冻天气，这也给电力线路的安全、稳定运行带来了较大的挑战，电力企业必须根据冬季冰冻天气对电力线路安全的影响，构建健全的应对冰冻天气灾害的体系，以此为电力能源的可靠供应提供重要保障。

参考文献

- [1] 张朝晖, 彭小桐. 国网湖南电力应对低温雨雪冰冻灾害"大考"[J]. 大众用电, 2024, 39(2): 11-12.
- [2] 骆小明, 吴晓飞. 电网冰冻灾害及风险防控措施[J]. 今日自动化, 2023(12): 157-159.
- [3] 唐国瑛, 李丰全, 万蓉, 等. 2024年2月我国两次雨雪冰冻过程中闪电活动特征对比分析[J]. 暴雨. 灾害, 2024, 43(4): 479-489.
- [4] 张文龙, 李承阳, 吴金玲, 等. 冻土状态下的接地系统安全参数的分析与研究[J]. 云南电业, 2023(6): 35-39.
- [5] 刘永臣, 王超, 胡畔. 山东潍坊: 应对低温雨雪冰冻灾害 清雪除冰保畅通[J]. 中国减灾, 2024(8): 47-49.
- [6] 邹月海. 冰冻灾害气候下对铁路供电系统故障的监控探究[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(1): 229-231.
- [7] 《农电管理》编辑部. 全力应对寒潮 保障电力可靠供应[J]. 农电管理, 2024(1): 前插1.
- [8] 樊灵孟, 龚博, 高锡明, 等. 低温雨雪冰冻灾害监测预警技术与业务实践[J]. 中国减灾, 2022(23): 30-33.
- [9] 陈杰, 张迺龙, 邱刚, 等. 适用于小样本数据库的输电线路导线覆冰预测灰色模型及应用[J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38(6): 267-272.
- [10] 陈剑波, 唐锐, 王迁, 等. 基于改进 YOLOv8 的输电线路覆冰检测[J]. 测控技术, 2024, 43(11): 23-30.