

极端天气频发下电力设施的安全防护与应急管理研究

郭建建

国家电投集团北京电力有限公司, 北京 100032

摘要： 随着全球气候变化, 极端天气事件愈发频繁, 给电力设施的安全运行带来严峻挑战。本文深入研究极端天气对电力设施的影响机制, 从设计、建设、运维等多环节提出安全防护策略, 并构建全面高效的应急管理体系, 旨在提升电力设施在极端天气下的稳定性与可靠性, 减少停电事故发生, 保障电力供应安全。

关键词： 极端天气; 电力设施; 安全防护; 应急管理

Research on Safety Protection and Emergency Management of Power Facilities Under Frequent Extreme Weather Conditions

Guo Jianjian

Beijing Electric Power Company of State Power Investment Corporation, Beijing 100032

Abstract： With global climate change, extreme weather events are becoming more frequent, posing severe challenges to the safe operation of power facilities. This paper conducts an in-depth study on the impact mechanism of extreme weather on power facilities, proposes safety protection strategies from multiple aspects such as design, construction, operation, and maintenance, and constructs a comprehensive and efficient emergency management system. The aim is to improve the stability and reliability of power facilities under extreme weather conditions, reduce power outages, and ensure the safety of power supply.

Keywords： extreme weather; power facilities; safety protection; emergency management

引言

近年来, 我国极端天气频发, 电力系统屡受冲击。全球气候变暖已从“幕后”走向“台前”, 导致的极端天气气候事件显著增加, “几十年一遇”甚至“百年一遇”的灾害时常出现, 这给我们敲响了警钟, 气候变化就在身边, 气候失衡的威胁现实存在。电力系统作为现代社会的基础性设施, 其安全稳定运行直接关系到经济发展和社会秩序。极端天气的频发严重威胁电力设施的安全, 导致大面积停电事故时有发生, 给经济带来巨大损失, 影响社会正常运转。因此, 深入研究极端天气频发下电力设施的安全防护与应急管理具有重要的现实意义和紧迫性。

一、极端天气对电力设施的影响

(一) 暴雨与洪涝灾害的影响

暴雨和洪涝灾害对电力设施的破坏作用明显。强降雨易引发山体滑坡、泥石流等地质灾害, 冲毁电线杆塔基础。相关研究表明, 在暴雨洪涝灾害高发地区, 因地质灾害导致的杆塔损坏事故占总事故的30%以上。杆塔基础一旦受损, 杆塔倾斜、倒塌风险大增, 进而使输电线路中断。如2024年某地区因连续暴雨引发山体滑坡, 致使多基杆塔基础被冲毁, 造成数十公里输电线路停电, 影响数万用户正常用电^[1]。

洪涝淹没变电站、配电室等电力设施危害巨大。电气设备短路、受潮损坏风险显著增加, 设备金属部件易被积水腐蚀, 缩短设备使用寿命。电缆沟进水会影响电缆正常运行, 引发电缆故障。研究数据显示, 洪涝灾害严重区域, 约25%的变电站和配

室会遭受不同程度水浸, 受积水影响的电缆, 其故障发生率较正常情况高出40%左右^[2]。

(二) 台风与大风灾害的影响

台风和大风对电力设施的破坏主要源于强大机械力。强风作用下, 电线杆塔承受巨大水平风力, 当风力超杆塔设计承受能力, 杆塔可能折断、倾斜。相关统计表明, 在台风频繁登陆区域, 每年因强风导致杆塔损坏的事故达数十起。

台风还可能吹落异物, 如树枝、广告牌等, 搭落在输电线路, 引发线路短路跳闸。据不完全统计, 在强风天气下, 此类因异物搭落引发的线路短路跳闸事故占总跳闸事故的20%左右。架空输电线路的导线在大风中会舞动, 导线间相互碰撞、摩擦, 造成导线外层绝缘损坏, 降低绝缘性能, 引发线路故障。在海边地区, 台风伴随的盐雾会附着在电力设备表面, 加速设备腐蚀, 影响电气性能。研究发现, 盐雾环境中电力设备的腐蚀速率比正常

环境快3倍左右^[3]。

（三）暴雪与冰冻灾害的影响

暴雪和冰冻天气对电力设施危害严重。积雪在输电线路和杆塔上大量堆积，增加线路和杆塔负重，可能导致导线弧垂过大甚至断线，杆塔不堪重负倒塌。冰冻天气形成的覆冰现象更为危险，覆冰厚度可达数厘米甚至数十厘米，严重超出电力设施设计承载能力。研究显示，严重冰冻灾害期间，输电线路覆冰厚度可达30厘米以上，使导线负重增加数倍甚至数十倍^[4]。

覆冰还可能引发导线舞动加剧，进一步破坏电力设施。绝缘子串覆冰会降低其绝缘性能，易发生闪络放电现象，导致线路跳闸。覆冰绝缘子的闪络电压相比正常情况可降低50%以上。

（四）高温与干旱灾害的影响

高温天气下，电力负荷急剧增加，尤其是空调制冷负荷大幅上升，给电力系统带来巨大供电压力。长时间高负荷运行使电力设备温度升高，加速设备绝缘老化，降低设备使用寿命。变压器、电缆等设备在高温环境中，内部散热困难，可能引发过热故障。相关数据显示，高温时段电力系统负荷较平时增加20%–30%，变压器等设备油温可能超出正常运行范围，加速绝缘老化^[5]。

干旱天气导致土壤干燥，电线杆塔基础稳定性下降，增加杆塔倾斜、倒塌风险。据统计，干旱地区杆塔倾斜、倒塌风险较正常地区增加30%左右。高温干旱还可能引发森林火灾，威胁输电线路周边安全，一旦火灾蔓延至输电线路，将造成严重停电事故^[6]。

二、电力设施的安全防护策略

（一）强化电力设施的设计标准

在电力设施设计阶段，充分考虑极端天气因素，提高设计标准至关重要。针对不同地区气候特点，合理确定杆塔强度、高度及基础埋深等参数。例如，在台风多发地区，杆塔设计应增强抗风能力，采用更高强度钢材和更稳固基础形式。研究表明，采用新型高强度钢材制造的杆塔，其抗风能力可提升40%以上。

优化输电线路路径选择，避开易受地质灾害影响区域，如滑坡体、泥石流易发区等。通过优化线路路径，可有效降低因地质灾害导致的线路故障率35%左右。提高导线抗舞动性能，采用防舞动导线或安装导线防舞动装置，降低大风天气下导线舞动对线路的损害。安装导线防舞动装置后，导线舞动幅度可减小60%以上^[7]。

（二）提升电力设施建设质量

严格把控电力设施建设质量关。杆塔建设中，确保基础施工符合设计要求，保证基础强度和稳定性。加强对杆塔组立和导线架设过程的质量监督，避免施工缺陷。高质量电气设备和材料的选用，可提高设备防护等级，增强抵御极端天气能力。选用防水、防潮、防腐性能好的设备，并对设备外壳进行特殊处理，防止雨水、盐雾等侵蚀。相关研究指出，高质量电气设备在极端天气下的故障率比普通设备低30%左右。经过特殊防水、防潮处

理的设备，在暴雨、洪涝等灾害中的损坏概率可降低45%左右。对设备外壳进行防腐蚀处理，能使设备在盐雾等恶劣环境下的维护周期延长50%左右^[8]。

（三）加强电力设施的运维管理

建立完善的电力设施运维管理制度，增加极端天气前后的巡检频次。在暴雨、台风等灾害来临前，对电力设施进行全面检查，及时清理输电线路周边杂物，加固杆塔基础，对可能受影响的设备采取防护措施。灾害过后，迅速组织人员对受损设施进行排查和修复。

利用先进监测技术，如在线监测系统、无人机巡检等，实时掌握电力设施运行状态。在线监测系统可实时监测导线温度、弧垂、杆塔倾斜度等参数，及时发现潜在安全隐患。通过在线监测系统，能够提前发现80%以上的潜在安全隐患。无人机巡检可快速、高效地对大面积输电线路进行检查，尤其适用于地形复杂、人工难以到达的区域，相比人工巡检，效率可提高5倍以上^[9]。

（四）采用新技术提升设施防护能力

积极应用新技术提升电力设施防护能力。研发新型绝缘材料，提高设备绝缘性能，降低极端天气下设备发生闪络放电风险。新型绝缘材料可使设备绝缘性能提高50%以上。利用智能电网技术，实现电力系统智能调度和负荷优化分配，减轻高温等极端天气下电力系统供电压力。智能电网技术的应用，可使电力系统在高温等极端天气下的负荷分配更加合理，降低设备过载风险40%左右。

在应对冰冻灾害方面，采用直流融冰技术，通过向输电线路注入直流电流，使导线发热融化覆冰，保障线路正常运行。利用大数据分析技术，对历史极端天气数据和电力设施故障数据进行分析，预测极端天气对电力设施的影响，提前做好防范措施。通过大数据分析技术，能够较为准确地预测极端天气对电力设施的影响，提前制定针对性防护措施的准确率可达70%以上^[10]。

三、电力设施的应急管理体系统建

（一）制定完善的应急预案

结合不同地区极端天气特点和电力设施实际情况，制定详细、可操作性强的应急预案。应急预案应明确应急组织机构和职责分工，规定应急响应流程和处置措施。针对各类极端天气可能引发的电力设施故障，制定相应应急抢修方案，包括抢修队伍调配、抢修设备和物资准备等。

定期对应急预案进行演练和评估，根据演练结果和实际情况变化，及时对应急预案进行修订和完善。经过多次演练和完善的应急预案，在实际应急处置中能够使故障抢修时间缩短35%左右，提高应急响应效率。

（二）建立高效的应急指挥系统

构建统一、高效的应急指挥系统，实现应急指挥科学化、信息化。应急指挥系统具备实时监测、信息共享、指挥调度等功能。通过与气象部门、交通部门等相关单位建立信息共享机制，及时获取极端天气预警信息，提前做好应急准备。

在应急处置过程中，利用应急指挥系统对抢修队伍、物资和设备进行统一调度，确保应急救援工作高效有序进行。通过应急指挥系统及时向上级部门和社会公众发布电力设施受灾和抢修情况，保障信息畅通。高效的应急指挥系统能够使应急救援工作效率提高40%以上，确保抢修资源合理调配。

（三）加强应急抢修队伍建设

组建专业应急抢修队伍，配备充足抢修人员和先进抢修设备。应急抢修人员具备丰富电力设施维修经验和应对极端天气能力，定期接受专业培训和应急演练，提高应急处置技能和协同作战能力。为应急抢修队伍配备必要防护装备，保障抢修人员在极端天气环境下的人身安全。

加强与外部专业救援力量的合作，建立应急救援联动机制，在必要时迅速获得外部支援，提高应急抢修效率。经过专业培训和多次应急演练的抢修队伍，在实际抢修工作中的效率比未经充分训练的队伍高出50%左右。与外部专业救援力量建立有效联动机制，能够在紧急情况下快速获得支援，缩短抢修时间30%左右。

（四）完善应急物资储备与管理

建立健全应急物资储备体系，根据不同地区需求，储备足够数量的电力设施抢修物资，如杆塔、导线、绝缘子、应急发电设备等。对应急物资进行分类管理，建立详细物资台账，实时掌握

物资库存情况。定期对应急物资进行检查和维护，确保物资处于良好状态。

建立应急物资快速调配机制，在极端天气灾害发生时，迅速将所需物资运送到受灾现场，保障应急抢修工作顺利进行。完善的应急物资储备与管理体系，能够使应急物资调配时间缩短40%左右，确保抢修工作及时获得所需物资，提高抢修效率。

四、结束语

极端天气频发对电力设施的安全运行构成了严重威胁，加强电力设施的安全防护与应急管理势在必行。通过强化设计标准、提升建设质量、加强运维管理以及采用新技术等多方面的安全防护策略，可以有效提高电力设施抵御极端天气的能力。同时，构建完善的应急管理体系，包括制定应急预案、建立应急指挥系统、加强抢修队伍建设和完善应急物资储备与管理等，能够在极端天气灾害发生时，快速、高效地开展应急处置工作，减少停电事故造成的损失，保障电力供应的安全稳定。未来，随着气候变化的持续，还需不断深入研究和探索新的技术和方法，进一步提升电力设施在极端天气下的安全防护与应急管理，以适应日益严峻的挑战。

参考文献

- [1] 岳昊. 构建新型电力系统需更加重视气候变化“新常态”[J]. 中国电力企业管理, 2022, (22): 59-61.
- [2] 邹春蕾. 高温极端天气下局地出现电能质量问题[N]. 中国电力报, 2023-07-17(002). DOI: 10.28061/n.cnki.ncdlb.2023.000825.
- [3] 聂新伟. 警惕极端天气成为电力“灰犀牛”[J]. 能源, 2023, (06): 30-33.
- [4] 严嘉豪. 极端天气事件下的电力系统维修决策及其在加固规划中的应用[D]. 重庆大学, 2021. DOI: 10.27670/d.cnki.gcqdu.2021.000990.
- [5] 罗剑潇. 台风天气下主动配电网韧性评估与韧性提升方法研究[D]. 东北电力大学, 2024. DOI: 10.27008/d.cnki.gdbdc.2024.000020.
- [6] 刘海涵. 新型送端电力系统移动能量支撑技术研究[D]. 东北电力大学, 2024. DOI: 10.27008/d.cnki.gdbdc.2024.000053.
- [7] 陈威, 田永乐, 白春光, 等. 考虑极端天气的电力供应链可再生能源维护策略研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-20[2024-9-17]. https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.2669.
- [8] 吕涛, 黄燕, 孟祥蕴, 等. 极端天气下电力短缺的网络舆情演化及调控对策研究[J]. 煤炭经济研究, 2024, 44(01): 162-169. DOI: 10.13202/j.cnki.cer.2024.01.019.
- [9] 杨晓冉. 新型电力系统如何跨过气象关[N]. 中国能源报, 2023-06-19(008). DOI: 10.28693/n.cnki.nshca.2023.001012.
- [10] 蒋国鑫. 应对极端天气灾害的配电网韧性提升策略研究[D]. 西南交通大学, 2023. DOI: 10.27414/d.cnki.gxnju.2023.000759.