



# 科技解冻

文 / 本刊记者 杨青

2016年1月20日起,一股“霸王级”寒潮横扫大江南北,我国大部分地区进入“速冻模式”,南方也骤现雨雪冰冻天气。当人们为难得一见的白雪、雨淞欣喜地晒各种照片时,也不免开始为电网安全担心。

同样是在2008年的年初,突如其来的雨雪冰冻灾害影响了南方13个省份的电力系统,全国停电县(市)多达170个。

8年过去了,面对此次猛烈的寒潮,电网在这一轮冰冻考验中表现如何?“除个别线路因覆冰导致跳闸停运外,其余输电线路顺利通过寒潮考验。”这是国家电网公司运检部给出的答案。

这一来之不易的结果,不仅得益于国家电网公司应急管理水平的不断提升、网架结构的日益坚强,更是和相关技术创新成果的研发应用密不可分。在雨雪冰冻面前,正是利用先进的技术和装置,预测准确、监测清晰、融冰高效,让国家电网变被动为主动。

## 预警: 让突发有准备

在全球气候变化背景下,自然灾

害呈高发态势,冰雪、山火、雷电、暴雨洪涝、地震、台风等极端灾害事件频发,对电力、交通等国家基础设施造成了严重威胁。2013年底和2014年年初,强冷空气袭击全球大范围地区,加拿大、美国、日本等国均遭受了大面积雨雪冰冻灾害,严重影响了当地民众正常生产生活。其中,加拿大多伦多地区冰灾造成35万用户停电,美国的暴风雪导致近80万用户停电,日本的严重冰雪灾害造成20多万用户停电。

雨雪冰冻灾害发生频繁,且后果严重,如何才能降低其对输电线路的危害?防患于未然的道理众所周知,但这一点是否也适用于电网应对雨雪冰灾害?

国网湖南电力电网输变电设备防灾减灾国家重点实验室承担的“电网大范围冰冻灾害预防与治理关键技术及成套装备项目”2013年获得国家科技进步一等奖,正是这一项目让电网覆冰情况的预测预警成为可能,为提前部署抗冰措施提供了科学依据。那么,是什么因素导致电网覆冰?项目

组的研究人员通过对60年来的气象数据进行分析,在国际上首次创建了“日地气耦合”电网覆冰形成理论,发现被称为极涡的绕南极或北极的高空气旋性大型环流、副热带高压、太阳黑子活动、山脉走向等17个因素对电网覆冰的影响规律。例如,研究人员发现,特别严重的覆冰年份都发生在太阳黑子极值年附近。与此同时,项目组还开发了电网覆冰长、中、短期预报技术和首套电网覆冰自动预报预警软件,为应对大范围电网冰灾赢得了宝贵的时间。

2013年,国家电网公司建成覆冰智能预测预警中心主站和子站,实现了对浙江、安徽、福建等11省(市)及特高压交直流线路、跨区直流线路覆冰长期预测,准确的预测预警对抗冰保电助力良多。

就在当年的11月15日,预测中心发布了2013年冬季南方9省市电网覆冰长期预测报告,提出“2013年冬季将是一个暖冬,南方各省市不会出现类似2008年的大面积电网冰灾;由于降水带北移,湖南、湖北、四川、



▲ 2月14日，在海拔1380米的湖北宜昌长阳县贺家坪镇，一架八旋翼无人机将携带的迪尼玛牵引绳准确投掷到因雨雪天气受损的220千伏麂泉线铁塔上。摄影/李季

江西等省份电网将发生中等程度覆冰，局部高寒山区将发生严重程度覆冰”。经过两年多时间的检验，从目前情况来看，长期预测结论与实际情况十分吻合。

2014年2月5日春节期间，预测中心及时发布了国家电网公司南方9省市和南方电网贵州电力公司的电网覆冰预测结论，提出“2月7~13日，四川东北部和西南部、重庆东南部、湖南中部和南部、江西中南部、浙江中南部、贵州东北部高寒山区和微地形区域，线路覆冰达轻度到中等程度”，而“湖南中南部、四川西南部、湖北西南部、贵州东北部局部有中等到严重程度覆冰”。并建议湖南、湖北、四川、贵州等省份发布电网雨雪冰冻黄色预警。从当时的实际覆冰情况来

看，预测结论非常准确。

而在今年的“霸王级”寒潮中，预测中心及时向湖南、四川、江西、重庆、浙江以及贵州、广东、广西等省份发布了预警信息，仅1月20~25日，就累计向各覆冰省份发布短期预报70余份，中期预报20余份。根据预测，国网安徽电力于1月18日发布雨雪冰冻蓝色预警，提前梳理易发生覆冰倒塔断线的17条线路，全面加强设备运行监控。充足的迎战准备，让防冰抗冰更加高效。

### 监测：为电网装上“千里眼”

2016年1月23日，重庆市主城区及多个区县迎来冰冻雨雪天气。严寒极端天气，让重庆市高寒地区输电线路出现不同程度覆冰。一线运维和抢

修人员迅速组织，对重点线路进行巡视。配合人工特巡特护、覆冰观测的同时，还应用了高科技手段——红外线监测、无人机巡查。

国网重庆电力公司检修分公司不仅安排了16个观冰站（点）全天候开展值守观冰，还利用177套在线监测终端装置、10个自动气象站开展覆冰监测，无人机也加入进来，对塔头、线夹等进行精细检查。

电网覆冰在线监测、无人机监测、人工观冰，构成了国家电网公司一套立体式的覆冰监测体系，让电网人有了一双全天候的“千里眼”，不仅能及时收集现场温度、湿度、导线应力等数据和覆冰图像，实时掌握导线覆冰厚度，为分析、预警提供及时准确的信息，也为开展融冰提供决策支撑。



传统的覆冰监测装置在高寒、大雾等恶劣环境下难以清晰监测现场冰情。针对这一难题，作为“电网大范围冰冻灾害预防与治理关键技术及成套装备项目”的一项成果，新型的导线覆冰监测与图像处理技术创新性地提出了覆冰图像特征阈值分割方法，攻克了导线覆冰厚度自动识别的难题。同时，研制出的输电线路覆冰自动监测系统，还能够实时监测现场覆冰图像、气象、杆塔应力等参数，在冰冻期间能够全面、准确地收集现场冰情资料。

监测系统在2014年2月7~13日的覆冰过程中，准确监测到湖南电网有160多个监测点出现不同程度覆冰，多条输电线路覆冰超过10毫米，结合监测结果，及时组织了现场融、除冰等抗冰应急处置工作，为现场抗冰提供了及时、准确的信息指导。

在寒冷的冬季，覆冰往往会使输电线路出现舞动现象。舞动是导线覆冰形成非圆截面后所产生的一种低频、大振幅的自激振动，会造成金具损坏和断线，严重时还会发生线路倒塔事故。

为解决线路覆冰舞动，国家电网公司组织力量研发并推广应用舞动监测装置，在野外环境中，实时监测线路舞动幅值、频率以及风速风向等微气象参数。监测数据通过无线方式把数据发送到后端数据监测中心，由监测中心根据舞动预警系统对线路舞动情况进行计算和分析，及时向运行单位提出报警、预警信息及辅助决策服务，为电网的安全运行提供必要保障。

准确的覆冰智能预测系统和清晰的覆冰监测体系，正是科技手段让电网应对雨雪冰冻更加从容。而在掌握





精准信息之后如何将附着在导线上的覆冰快速“脱去”，也需要借助科技的力量。

### 融冰：从“手动”到“电动”

1月23日下午6点多，湖南郴州。

在融冰指令发出一个半小时后，输电线路上的冰凌一截截坠落，全长66公里的220千伏福外I线成功脱掉了近8毫米厚的“冰衣”，线路覆冰险情成功解除。

一旦发现严重覆冰，融冰就成为第一任务。国外普遍使用的电网直流

融冰装置，采用传统方式设计和可控硅整流，谐波大、发热严重，还需要专门的滤波装置，并且装备体积庞大、造价高昂，难以推广应用。

针对直流融冰中的谐波问题，国网输变电设备防冰减灾技术国家重点实验室提出了新型高效直流融冰拓扑原理，研制了低谐波、宽调压整流变压器，调压范围宽达80%，不仅发明了国内首台直流融冰装置，还研制了固定式、移动式、便携式3个系列9种型号直流融冰装置，容量从十几千瓦至几十万千瓦不等。这些融冰装置

体积小、重量轻、价格便宜，性能指标显著优于国外同类装置，能够满足应对不同程度电网冰灾快速、高效除冰的要求。

国网湖南电力防灾减灾中心的熊蔚立形象地说，当直流融冰装置启动，将数千安培的电流输送到线路时，电线仿佛变成巨大的“热得快”，迅速融化线路表面的覆冰。目前，国网公司系统已安装固定式融冰装置22套，同时配备移动式融冰装置，设置低压、高压交流融冰电源点近150个，实时为覆冰严重的线路融冰。

融冰装置的使用和推广，改变了使用除冰镐、除冰剑脱冰的人工方式，让融冰更加安全、快速、高效。

电网作为关系国家能源安全和国民经济命脉的重要基础设施，其防灾减灾工作已成为关系到国家安全的重要工作。

自2008年起，国家电网公司积极开展电网冰灾预测、监测、防治与应急处置等关键技术研究，安排了52项防冰减灾关键技术研究课题，投入经费1.47亿元，基本覆盖了电网规划建设、生产运维、调度运行等各个环节。荣获2013年度国家科学技术进步奖一等奖的“电网大范围冰冻灾害预防与治理关键技术及成套装备项目”，是电网防冰减灾最耀眼的科技成果。

事前预测、事中监测、融冰处置三剑合璧，抗冰科技成果的推广应用，不仅支撑电网的防灾抗灾工作，也为保障国家能源安全提供了重要的技术保障。

▶ 左图：1月24日，温州供电公司无人机小组通过多旋翼机载相机对受灾杆塔及线路进行巡视和检查。摄影/蔡起要

◀ 右图：温州供电公司员工特巡线路。摄影/王雪

