

随着新能源的快速发展以及需求侧气象关联性负荷的增长，电力系统生产运行与气象条件的关系更加紧密。

用好气象信息， 为电力系统保驾护航

文 / 冯双磊

近年来，我国电力系统多次受到不利气象条件影响，如2022年7~8月，我国川渝等地先后出现两次极端高温，导致用电负荷激增，最大用电负荷比去年同期增加25%。据统计，电网60%以上的故障与气象因素有关，特别是随着新能源的快速发展以及需求侧气象关联性负荷的增长，电力系统生产运行与气象条件的关系更加紧密。

2022年冬天是北半球连续受拉尼娜事件影响的第三个冬天，极端低温等气候危机出现的概率大大上升，能源供应压力可想而知。在此关头，如何利用好气象信息来保障这个冬天的能源安全，值得我们关注和讨论。

立足系统需求开展规划

电力气象技术指的是电力系统应

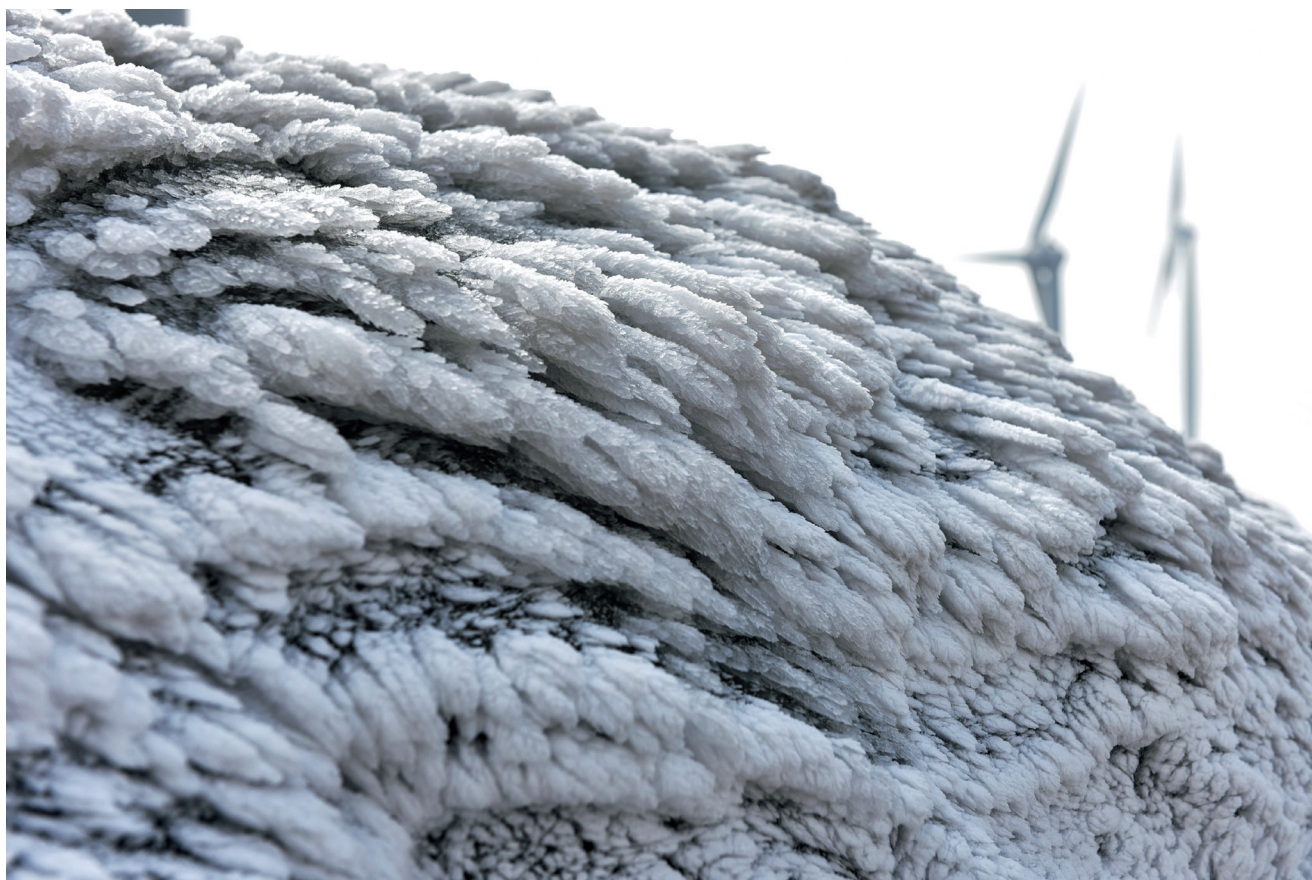
对气象影响的方法及手段，包括气象监测、气象预报预警及极端天气影响评估等方面。不同于传统的气象技术，电力气象技术主要针对电力系统需求开展定制化的研究研发，突出“定时、定点、定量”预报，而非公共气象服务针对大范围区域的定性预报。

我国比较典型的电力气象技术主要体现在新能源资源模拟预报、电力气象灾害预警等方面。

新能源资源模拟预报技术，使用场景主要集中在风能、太阳能的发电功率预测等方面，是新能源调度运行的基础技术。截至2021年年底，我国风电、光伏发电装机容量分别为330吉瓦和300吉瓦，约占我国电源总容量的26%，且未来将持续高速发展，逐渐成为我国电力系统的主体电源，风

光资源的波动特性将成为影响电力系统平衡的主要因素。新能源资源模拟预报技术通过提前预测风电、光伏出力过程，降低新能源波动影响，提高了电网实时平衡能力。

电力气象灾害预警技术，主要面向电力输变电设备冰灾、雷击、风害、水淹等极端灾害场景，以及影响电力供需平衡的高低温、寒潮、沙尘暴等天气过程。近些年，受全球气候变化影响，灾害性天气呈现多发趋势，给电力系统带来了较大影响，造成了多起大停电事故。电力气象灾害预警技术基于传统数值天气预报技术，结合电力设备特点及电力系统特征，基于局地观测数据，识别重点致灾天气过程，构建关键电力气象要素及致灾模型，对电力气象灾害进行及时预警和风险预防。2022年冬天，



常规气象预测数据主要包含范围性、趋势性的风、温、湿、压等信息，尚不能满足电力系统对气象预报数据定时、定点、定量的要求。

>> 近些年，受全球气候变化影响，灾害性天气呈现多发趋势，给电力系统特别是“靠天吃饭”的新能源带来较大影响。

安徽等多省的电力调度控制中心利用气象数据，制定供电方式调整方案，确保寒潮期间城市供电安全可靠，并提前发布供电寒潮、雨雪冰冻蓝色预警，做好防范和应对措施。

加大合力应对极端天气

电力系统所需要的基础气象信息主要来自气象部门，包括气象观测数据和气象预测数据等。气象观测数据是实时传输的，一般有一个小时左右的延迟，空间范围上能够

覆盖全国大部分城镇地区，但受信息颗粒度影响，尚不能覆盖电网重点设备和新能源场站。常规气象预测数据主要包含范围性、趋势性的风、温、湿、压等信息，尚不能满足电力系统对气象预报数据定时、定点、定量的要求。

目前，气象信息同电力系统已经实现了一定程度的耦合。在电网规划领域，规划部门已经参考多年的气象灾害信息，绘制了覆冰、冻雨、雷电、大风、暴雨灾害分布图，并在电

网建设中尽量避开灾害集中地区，或加强应对局地灾害的手段。在电网调度领域，调度部门可以实时观察新能源功率预测信息和气象灾害预报预警信息，根据新能源的波动情况和灾害情况实时调整运行策略，避免电网供需失衡。在电网设备运维领域，设备部门能够对已出现的灾害情况进行记录和分析，及时切断灾害影响，并实时关注气象灾害预报预警信息，做好防灾减灾准备。

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）于2021年发布的气候变化评估报告（AR6）指出，在未来全球气候进一步变暖的情景下，热浪等极端热事件将趋多趋强，且越极端的事件，其发生频率的增长百分比越大；强降水事件很可能变得更强、更频繁，且越极端的强降水事件，其发生频率的增长百分比越大；更多区域将受到生态干旱加重和野火的影响；全球强台风（飓风）占比、热带气旋最大风速都可能会增加。

气候变化同电力行业息息相关。IPCC认为，为阻止气候变化向不可逆方向前进，电力行业应牵头向低碳排放转型，由此带动其他行业转型，最终实现零排放或者负排放。可以说，电力行业是实现减排目标的“排头兵”，肩负重大责任。电力行业不仅仅被动地受到气象影响，还能反过来主动影响气候变化方向。目前，我国电力行业已经加紧步伐向高比例新能源、低碳排放情景转变。电力与气象的“合作”关乎人类的福祉和地球

的未来，需要长期的共同努力。

气象信息赋能新能源发展

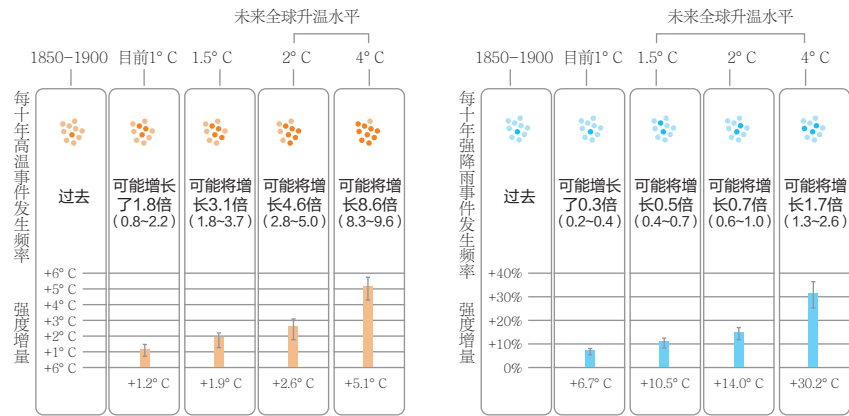
在风电、光伏等新能源领域，气象信息是很重要的基础信息，在新能源场站的前期选址、设备选型，以及后期并网发电、场站维护等方面，都起到了至关重要的作用。

在新能源场站的前期选址阶段，需要对风、光等气象资源进行初期勘探，由于气象站通常位于城市周边，距离新能源场站较远，气象观测数据的代表性较差，因此常利用大气数值模拟数据作为场站资源特性评估的依据。确定潜在的候选场址后，需要在候选场址内进一步测量风能、太阳能的精细化资源特性，选择最佳位置安装发电机组。同时，资源的局地特性，如风速水平和湍流水平等，也会影响到设备选型。

在新能源场站的运行阶段，气象资源的波动特性成为影响电力系统平衡的重要因素，对新能源发电功率进行预测，是应对气象资源波动影响的重要手段。新能源功率预测需要输入风速、辐照度等气象要素的预报数据。不同于公共气象服务，应用于新能源功率预测的数值天气预报对预报数据的时空分辨率、预报时长等有其特殊要求，尤其对预报精度的要求较高。风电场、光伏电站输出功率对于风速、辐照度的变化非常敏感，而这些气象要素的准确预报难度较大，导致数值天气预报成为新能源功率预测的主要误差源。需采用观测数据同

电力气象数据已纳入新能源监测和功率预测、设备运维、电网建设、电力交易等领域，目前正在实现更加丰富的业务功能，助推电力系统与气象的深度融合和应用水平提升。

IPCC AR6 评估的高温事件（左）、强降雨事件（右）增长幅度



>> 信息来源：联合国政府间气候变化专门委员会

化、后处理统计订正、集合预报等针对性手段，降低预报误差，提升功率预测的精度和可用性。

推动电力气象智慧升级

近年，电力气象技术依托新型电力系统的建设，正在逐渐实现数字化升级。

电力气象技术目前已集成在新一代设备资产精益管理系统（PMS3.0）中，相比于之前，已大幅提升了自动化水平，减少了人工操作步骤，依托庞大的集群计算能力，可在一个小时内将全国的电力气象情况自动编制报告，再经过必要的人工审核后，一键上传到主业务系统，供各级电网公司查看。

电力气象数据已纳入新能源监测和功率预测、设备运维、电网建设、电力交易等领域，目前正在实现更加丰富的业务功能，助推电力系统与气象的深度融合和应用水平提升。

此外，我国电力行业也在不断汲取国际经验，学习先进技术，寻求更大突破。

受云层遮挡等因素影响，传统气象卫星不能直接观测到陆表风速、风向变化情况，这限制了风能资源监测、风电功率预测、大风灾害监测预警等方面的技术水平。然而，2020年，欧洲联盟和欧洲航天局发射了世界上第一颗激光测风卫星Aeolus，使用355纳米的紫外激光器向地球进行脉冲扫描，基于反射信号的多普勒原理实现全球的极轨风廓线扫描，能够得到地表至高空30千米、宽度200千米左右的风廓线。这是一项突破性技术，结束了陆地风速、风向不能直接观测的历史。

近年来，国外的气象机构和相关公司还广泛使用人工智能技术来推进气象预报的发展。如美国天气预报公司AccuWeather与谷歌公司开展合作，依靠时间序列分析、机器学习等技术，实现了90天逐分钟、逐小时和逐天精细预报。美国国际商业机器公司（IBM）与美国大学联合大气研究中心（UCAR）宣布开展合作，共同发展天气预报技术，目前IBM的人工智能机器学习系统在云量预报精度上已可以做到优于其他任何模型30%以上，且随着更多资料的输入仍有提高空间。我国电力气象领域也应紧跟这一潮流，推动本领域技术水平进一步发展。■

（作者系中国电力科学研究院有限公司新能源研究中心副主任）