

当极端天气气候事件以更高频次在更广区域内出现时，我们需着眼于长远，全面提升能源系统应对气候变化和极端天气的韧性。

能源系统应急， 需重新认识极端天气气候事件

文 / 巢清尘

极端天气气候事件对能源系统的影响正在加深。极端天气不仅会引起负荷在短时间内激增，还会导致发电燃料供应受阻、电力设施损毁，风电、光伏发电、水电出力骤降，使得电力供需严重失衡。

依托能源应急系统的现有资源，人们在短期内可以应对极端天气气候事件造成的能源供给危机，但代价巨大。当“几十年一遇”甚至“百年一遇”的极端天气气候事件以更高频次在更广区域内出现时，我们就得着眼于长远，全面提升能源系统应对气候变化和极端天气的韧性。

气候变化加剧能源系统的脆弱性

近两年，全球多个地区都“切身

体会”到了极端天气气候给能源系统造成的冲击。

2021年年初寒潮期间，我国华中地区风电出力大幅下降，其中湖南、江西的风电出力分别下降约19%、15%。今夏受罕见高温干旱天气影响，四川部分主力水电站水库相继见底，8月中旬四川水电日发电量较7月初下降五成左右。而在法国，今夏96个省中有90个省处于干旱危机的边缘，水力发电减少了60%；15个核电站中，有11个建在内陆河流附近，由于冷却核反应堆的河流水位下降且水温升高，导致冷却困难，占全国总发电量70%的核电发电量跌至数十年来的低点。

极端天气气候事件对能源系统尤

其是电力系统的影响，可以从以下三方面进行分析。

从对能源需求的影响看，气温升高的变化趋势导致大部分地区冬季更为舒适而夏季更为不适，进而使得取暖需求降低而制冷需求增加。取暖和制冷大多由电力支撑，因此气温成为影响电力消费的主要气象因子。基于中国北方15个省份1961~2017年地面气象观测资料的分析表明，中国北方采暖度日呈明显下降的趋势，与采暖季平均温度变化趋势基本一致：1988年以前，采暖度日均高于常年平均值（1981~2010年）；1988年起，大多数年份采暖度日低于常年平均值。基于城市维度分析，从上海、广州和重庆的夏季降温度日变化特征可以看



中国西南和东南沿海地区的水电受气候变化和极端天气气候事件的威胁最大，面临的气候变化脆弱性高于全国平均水平。

>> 8月10日，荷兰奈梅亨，驳船在瓦尔河上航行，持续的干旱和反复出现的热浪使河道的运营能力减少，阻碍了煤炭等大宗货物的流通。

出，近30年以来，气温变化幅度明显加大，说明气候变暖引起的极端天气气候事件在增加。

从对城市能耗的影响看，基于人口增长、经济发展和能源利用效率的研究表明，在全球变暖的背景下，冬季取暖能耗降低，而夏季制冷能耗明显升高。就城市用电量而言，以2010~2015年为基准，全球平均气温如果升高1.5摄氏度，用电量将会增加3.3倍；升高2.0摄氏度则用电量会增加8.9倍；升高4.0摄氏度用电量将会增加

10.2倍。

从对电力系统的影响看，高比例可再生能源发展情景下的电力系统将越来越容易受气候变化和极端天气气候事件的影响，最终导致电力系统的脆弱性和风险增加。未来气候变化和极端天气气候事件，将对可再生能源资源、可再生能源发电场站基础设施及运营产生重大影响，同时也会对输电环节和用电侧需求产生不利影响。

可再生能源发电具有较强的间歇性、波动性和不可控性（可减出力但

不可增出力)、利用小时低等特性,而气候变化对可再生能源发电的影响,在短时间尺度上表现为影响可再生能源发电的稳定性,在长时间尺度上则表现为影响可再生能源资源。有研究表明,中国西南和东南沿海地区的水电受气候变化和极端天气气候事件的威胁最大,面临的气候变化脆弱性高于全国平均水平。

高比例可再生能源的电力系统更易受气候变化和极端天气气候事件的影响。我国的风、光、水能大型基地主要分布在“三北”地区和西南地区,高比例可再生能源主要依靠西部水电、西部和北部超大规模的太阳能发电、北部大规模风电来实现。因此未来的输电将进一步强化目前的“北电南送”“西电东送”格局。极端天气气候事件如台风、雨雪冰冻等可能损坏各类电压等级的输配电网。极端高温和极端低温增加用电负荷,各类极端天气可能影响可再生能源发电出力,增加电力系统调配难度,加大电力系统脆弱性。

极端天气呈高发态势,影响新能源发电效率

总体上,气候因素中,高温、低温、干旱是主要的气候影响事件。拉长时间线,我们可以看到极端天气气候事件发生频次明显增多,这会进一步影响风光资源,继而影响风电和光伏发电效率。

统计过去60年的数据,我们发现极端高温事件显著增多、极端低温事件显著减少。1961~2020年,极端

天气气候事件发生频次的年代际变化特征明显,1961~2020年平均为11.2天,1991~2020年平均为12.5天,较前30年平均增加了9.8天。1961年以来中国日一夜复合型极端高温事件发生频次显著增多、持续时间显著延长、覆盖面积显著增大,影响面积每10年平均扩大约76.40万平方千米。

区域性干旱年代际变化特征明显。1961~2020年,中国共发生了185次区域性气象干旱事件,其中极端干旱事件16次、严重干旱事件39次;20世纪70年代后期至80年代区域性气象干旱事件偏多,90年代偏少,2003~2008年阶段性偏多,2009年以来总体偏少。极端少雨天气增多,特别是伴随高温热浪而快速发展的“骤旱”事件剧增。

就风能而言,十余年来,基于气象站观测的中国风速长期变化研究发现,地面风速呈减小趋势。主要表现如下:一是年平均地面风速总体呈减小趋势,1961~2017年每10年减小约0.13米/秒,20世纪60年代至90年代初期为持续正距平(“距平”即与平均值的差距),之后转为负距平;二是四个季节风速都在减小,冬季和夏季风速减小最为明显;三是全国大部分地区风速都呈减小的趋势,风能资源丰富的西北、华北和东北地区风速减小明显,可达每10年减小0.2米/秒;四是从近地面到对流层整层年平均风速都在减小;五是年平均大风风速和日数都明显减小;六是小于3米/秒的小风风速在增加。

就太阳能而言,1961~2017年,

极端高温和极端低温增加用电负荷,各类极端天气可能影响可再生能源发电出力,增加电力系统调配难度,加大电力系统脆弱性。

中国陆地表面平均接收到的年总辐射量趋于减少，平均每10年减少10.7千瓦时/平方米，且阶段性特征明显。20世纪60年代至80年代中期，中国平均年总辐射量总体处于偏多阶段，且年际变化较大；90年代以来，总辐射量处于偏少阶段，年际变化也较小。1961~2017年，中国平均年日照时数呈现显著减少趋势，平均每10年减少33.9小时。20世纪60年代和70年代以上升趋势为主，80年代以后以下降为主。对于年内变化，以冬季下降最为明显。

与1995~2014年相比，在不同温室气体排放情景下，中国区域平均气温在21世纪中期升温将达到1.8~2.7摄氏度。中国不同地区年均气温均表现为增加趋势，增温幅度具有一定区域性特征，增幅总体上从东南向西北逐渐变大，北方地区增温幅度大于南方地区，青藏高原地区、新疆北部及东北部分地区增温较为明显。

与平均气温相比，极端天气气候事件对全球增温的响应更加敏感，极端天气气候事件频率和强度的变化对区域环境和经济社会的影响更大。

将极端气候信息 纳入电力系统规划

随着全球变暖的继续，极端天气气候事件发生频次将更高，影响区域将更广，适应和减缓是有效应对气候变化的两大措施。减缓温升是一个长期过程，世界各国还需努力；而适应气候变化，则是我们当下就可以做的。

生态环境部等17个部委于今年6月联合印发《国家适应气候变化战略2035》提出，到2035年，气候变化监测预警能力达到同期国际先进水平，气候风险管理和防范体系基本成熟，重特大气候相关灾害风险得到有效防控，适应气候变化技术体系和标准体系更加完善，全社会适应气候变化能力显著提升，气候适应型社会基本建成。

具体到电力系统，建议从以下三个方面提高适应气候变化的能力，增强系统韧性。

一是从系统规划、设施建设到调度运行以及电力交易的全流程，都充分考虑气象因素对“电源”影响的趋势性变化、极端性变化、区域性特征，并运用智能化手段将三者充分结合。

二是将极端天气气候事件纳入常规的电力系统规划范畴。以往的电力系统往往将极端天气作为一种偶发因素考虑，在未来的电力系统规划里，应充分考虑极端天气气候事件，特别是要加强气象条件下复合特征的研究，同时结合区域性电力低出力分析，通过预报预测来建设抗灾型电力系统。

三是在清洁能源的投资建设中，要充分结合长中短期气象监测信息。在系统运行过程中，要结合气候预测信息，加强电网互联以及集中式、分布式联动。■

（作者系中国气象局国家气候中心主任）