

迎峰度夏保电进行时

迎峰度夏关键期 虚拟电厂很给力

■本报记者 林水静



当前,迎峰度夏电力保供进入“七下八上”关键时期。在传统电源满发稳供、跨区输电通道全力支撑的同时,一座“看不见”的虚拟电厂正成为保障民生用电的重要力量。

“在上海,通过聚合楼宇空调、电动汽车充换电设施、工业可调节负荷、数据中心及居民柔性负荷等不同类型需求侧资源,打造可调节能力超过200万千瓦的虚拟电厂,通过其实测验证实现约165万千瓦调节负荷规模。”国网能源研究院有限公司经济与能源供需研究所主任工程师吴鹏告诉《中国能源报》记者,“积极推动分散数据中心由刚性保供对象聚合转变为新型柔性调节资源,组织部分企业数据中心开展算电协同集中调用,两小时内最大压减负荷近10万千瓦。”

作为电力系统新业态、新模式,虚拟电厂对增强电力保供能力、促进新能源消纳、完善电力市场体系具有重要作用。当前,随着新型电力系统加快建设,虚拟电厂的作用日益凸显。

●角色定位升级

虚拟电厂可有效聚合分布式电源、可调节负荷、储能等各类分散资源,协同参与电力系统优化和电力市场交易。在系统运行方面,可提供调峰、调频、备用等多种调节服务。在需求侧管理方面,可组织负荷资源开展需求响应。在市场交易方面,可聚合分散的资源参与市场交易。

据国家能源局统计,在经济运行持续向好与高温天气共同驱动下,近期多地用电需求持续旺盛增长,全国用电负荷三创历史新高,最高达15.53亿千瓦,较去年极值增长约4500万千瓦。

东南大学电力经济研究所所长高赐威接受《中国能源报》记者采访时指出,今年迎峰度夏除负荷走势更高外,负荷形态已从传统工业日间单峰转变为早、午、晚

“三峰并行”,电力系统调节需求从“缺电量”转向“缺调节”。

在此背景下,虚拟电厂的定位发生根本性升级。“虚拟电厂正从应急调峰的补充手段转变为新型电力系统的灵活性资源主体之一。”高赐威引述的一组数据显示,应对尖峰负荷,若通过新建火电厂实现5%峰值负荷调节能力,需投资约4000亿元;通过虚拟电厂聚合需求侧资源实现同等能力,仅需500亿—600亿元,成本约为传统模式的1/7—1/8。“新建火电厂如同重金打造‘一副铠甲’,只防一处;虚拟电厂则是织就一张‘智慧之网’,同时兜住‘经济、安全、生态’三个目标,且织网成本仅为‘金属铠甲’的1/8。”

吴鹏介绍,今年迎峰度夏期间,上海、江苏、浙江、安徽、湖北、四川等省市通过虚拟电厂实测验证、错峰检修两类前置措施,积极压减电网高峰负荷,确保度夏期间电力安全稳定供应,单日压减高峰负荷最高近177万千瓦。

《中国能源报》记者从南方电网获悉,南方电网全网虚拟电厂可调节资源约180万千瓦,联动抽水蓄能、新型储能形成调节能力,适配高峰负荷与低谷消纳需求。应急

快速响应方面,全网需求侧响应资源1800万千瓦,开展虚拟电厂负荷调节、市场化需求响应演练,完善新型电力负荷管理体系,守住应急兜底防线。

●商业模式拓展

此前,大多数虚拟电厂仅通过需求响应获取收益,商业模式较单一。随着车网互动、算力负荷、储能电站、楼宇温控等全新场景大规模落地,虚拟电厂需求侧可调节资源正在持续扩充,综合调节能力不断提升。

“过去‘调不动、控不住’的末梢负荷,变成可观、可测、可控、可调、可交易的优质资源,构建起‘需求响应+智慧调度’一体化解决方案。”高赐威说,“这是传统保供手段完全做不到的。”

“从资源聚合类型看,虚拟电厂已由传统工业可调负荷逐步拓展至工商业储能、分布式光伏、充电桩、换电站、楼宇空调、柔性生产负荷等多类型资源,实现发电侧、负荷侧和储能侧资源协同。从响应能力看,通过数字化平台、智能控制终端和预测算法应用,虚拟电厂能够实时感知资源状态,精准评估可调节能力,并根据电网

需求、电价信号和市场交易策略进行优化调度,实现从分钟级调峰到秒级调频的长时间尺度响应。”碧澄能源发展有限公司(以下简称“澄碧能源”)总裁兼首席运营官田大勇解释道。

各类民营聚合经营主体加速落地创新模式,虚拟电厂逐渐迈向多市场参与、多元化盈利的商业化新阶段。

据了解,碧澄能源基于湖北华强化工18.975兆瓦/37.95兆瓦时储能项目,打造VPP+储能调频模式。项目通过虚拟电厂聚合管理平台实现储能资源统一调控,日均调频性能参数达到2.15,调频里程超过300兆瓦,项目实现月均增收25万元以上。国能日新在山东将分布式光伏、储能电站、工厂负荷等多种可调资源打包聚合,接入84处资源、64.1万千瓦,推动各类分散源荷资源一体化参与电力市场。

“今年最显著的感受,是虚拟电厂在现货市场真正跑通了商业闭环。”国能日新产品总监田京辉告诉《中国能源报》记者,山东济南的虚拟电厂参与现货交易度电收益0.28元;烟台城市级虚拟电厂累计调节521万度电,收益超百万元。7月19日,广东发布削峰需求响应年度交易通知,申报价格上限2.7元/千瓦时,虚拟电厂作为独立主体正式入场。浙江1兆瓦负荷年综合收益最高超过45万元,市场定价机制逐步成熟。“虚拟电厂不再仅依靠需求响应补贴单一盈利,需求响应、现货交易、辅助服务、容量补偿四条收益渠道已全部落地。”

●由被动变主动

“近年来,随着虚拟电厂政策体系不断完善和市场机制逐步成熟,用户参与电力系统调节的模式正在由过去以保障电网安全为目的的‘被动响应’,逐步转向以市场收益为驱动的‘主动参与’。”田大勇坦言。

“继去年《关于加快推进虚拟电厂发展的指导意见》公布’到2027年全国虚拟电

厂调节能力达到2000万千瓦以上’的目标后,今年进入集中兑现期。”田京辉指出,北京、上海、江苏、浙江、广东、山东等20多个省市出台配套政策。其中,山东明确发电类和负荷类聚合单元“一类一策”,分布式光伏允许打包聚合入市;重庆发布征求意见稿,明确虚拟电厂可参与电能质量、调峰量、辅助服务三大市场;天津方案提出,加快推进虚拟电厂建设并探索纳入信用评价体系。“市场准入打通,虚拟电厂不再局限试试点用,能够以独立单元身份常态化参与各类电力交易。”

“在政策推动和市场机制完善的背景下,用户参与需求响应的逻辑正在发生变化。”田大勇表示,过去用户更多是根据电网调度需求进行配合,当前用户可通过需求响应补偿、辅助服务收益、电力交易优化等方式获得直接经济收益,参与积极性明显提升。这得益于政策机制不断完善、收益模式逐渐清晰和虚拟电厂运营商发挥资源整合作用。“虚拟电厂通过专业化运营,将分散资源聚合起来,降低用户参与市场的技术门槛和管理成本,让普通用户也具备参与电力市场的能力。”

未来,虚拟电厂将逐渐摆脱季节性保供属性,实现全年常态化稳定参与电网调节。高赐威认为,还需要市场机制、商业模式、政策体系的系统性重构。

“要加快国家标准落地与全链条技术配套,即统一通信协议、数据接口和计量规范,降低接入成本;构建全国统一、多时序的虚拟电厂市场体系,放宽准入门槛,支持中小园区虚拟电厂联合入市,丰富辅助服务品种,让‘调节价值’充分市场化定价;推动AI驱动的多智能体调度系统建设,让虚拟电厂能够自主感知、自主决策、自主执行,真正成为电力系统的智慧大脑。”高赐威表示,“相信随着政策、市场、技术体系持续完善,虚拟电厂将持续释放调节潜力,为我国新型电力系统建设、能源绿色低碳转型提供坚实支撑。”

储能安全亟待系统化治理

■本报记者 杨梓

德国萨克森州包岑市中心一处集装箱式锂电池储能设施日前自燃起火,涉事储能装置安置在4个集装箱内,总容量1.5兆瓦,主要承担电网功率平滑调节功能。当地消防部门表示,这是德国境内首次发生如此大规模的电池储能系统火灾。

今年以来,全球储能安全事故进入高发态势,近几个月多国险情集中爆发。据不完全统计,今年全球已公开10余起储能项目安全事故,横跨欧洲、亚洲多国,覆盖大型电站、户用储能、物流仓储、数据中心等多元场景。

●安全事故接连发生

6月5日,印度新德里大凯拉什大厦塔塔通信租赁的运营场所突发火灾。起火区域为建筑三楼的电池机房,过火面积约200平方英尺。

5月26日,美国马萨诸塞州雷纳姆市Electrochem Solutions Inc.电池工厂突发爆炸事故,事故发生在厂区电池电芯及设备测试车间,现场未出现明火,仅产生大量浓烟。

5月7日,波兰某地区某工厂内,1台刚运抵不久的集装箱式储能系统突发火灾。事故发生时,储能系统内部就已产生浓密黑烟,最终烧毁严重。

5月1日,英国拉福德储能电站发生锂电池储能集装箱火灾。该电站采用双层堆叠式储能设计,火情集中于1个锂电池储能集装箱,燃烧产生大量浓烟。

全球储能安全事故频发的同时,产业规模迎来高速扩张。彭博新能源财经发布的《2026年新能源市场长期展望报告》指出,预计今年全球储能新增装机将达到158吉瓦/459吉瓦时;到2050年,全球储能装机容量预计将从2025年的223吉瓦增至3.8太瓦。

业内人士指出,当前储能装机量快速扩容,安全管理的难度、压力同步上升。全球储能安全事故接连发生,场站长期运维风险持续走高,安全短板已成为掣肘储能产业可持续发展的核心痛点。

●事故由多因素交互导致

当前,储能安全风险已不再局限于单一设备或单一场景。无论是投运多年的存量储能项目,还是刚落地调试的新建储能设施,均存在安全事故隐患,风险链条已贯穿全产业链、覆盖多元应用场景。

长期以来,市场对储能安全的关注点多集中于电芯本体。锂电池在过充、过放、内部短路、高温异常等工况下极易触发热失控,瞬间释放大量热量与可燃气体,存在起火爆炸风险。

不过,电池储能系统是由蓄电池、变流器、电池管理系统、能量管理系统等共同构成的复杂体系,任一环节存在设计、制造或运维短板,都可能诱发起火爆炸等安全事故。

中电联电动交通与储能分会发布的《电化学储能行业发展报告2026》(以下简称《报告》)显示,2025年全球储能电站安全事故进入高发期。据不完全统计,2025年全球发生储能相关火灾事故近20起,涉及中国、美国、德国、英国、韩国等多个国家与地区。

从事故深层原因看,储能电站的安全事故往往是多因素交互作用的系统性结果。根据美国电力研究院(EPR)电池储能系统故障事件数据库统计结果,电池管理系统(BMS)故障、电池单体一致性差异以及运行参数设置不当,是引发放电阶段热失控的三大关键风险因素。

●多维度筑牢安全底座

储能安全事故频发,正倒逼产业发展逻辑深度重构。《报告》指出,电池本体安全性、辅助系统可靠性及系统集成水平共同决定了储能电站的本质安全。

业内人士认为,行业安全治理模式正加速迭代,需逐步告别“事后补救、单点防护”的被动模式,转向源头防控、全链路覆盖、全周期管控的主动安全体系,从技术升级、标准完善、产业自律、监管落地多维度筑牢储能安全底座。

政策层面,近年来国内储能安全标准体系持续迭代完善,监管新规密集落地。《关于加强电化学储能安全管理有关工作的通知》《电化学储能电站设计标准》等不断提升新型储能电站安全运行水平。国家能源局近日在“对十四届全国人大四次会议第7948号建议的答复”中提到,目前正在编制《电化学储能电站安全评价导则》等国家标准,涵盖对电站投运后的检查评估要求,包括绝缘性能、容量保持率、转换效率等动态指标的检测评价内容,正式发布后可作为在运储能电站定期安全评价的技术依据。

产业端,储能企业主动加码安全能力建设,头部储能企业纷纷开展真机燃烧测试,以可视化、标准化的安全验证打磨产品性能,通过技术迭代、工艺升级、系统优化,全面提升产品全场景安全防护能力,构筑差异化安全竞争优势。

《报告》指出,一方面要持续健全全链条安全监管体系,压实安全生产主体责任,强化电站常态化安全巡查、实时风险监测与专业运维管理,全面补齐安全管控短板。另一方面充分依托人工智能、大数据、数字孪生等前沿数字技术深度赋能产业发展,将数字化手段贯穿储能规划布局、项目建设、调度运行、运维管理全流程。

超大光伏组件扛得住极端天气吗？

■本报记者 董梓童

入夏以来,极端天气再度成为能源保供的重要挑战之一。台风“美莎克”带来的极端降水未歇,超强台风“巴威”又直扑东南沿海。国家气候中心监测显示,6月以来赤道中东太平洋海温持续攀升,预计夏秋季将形成一次“强—超强厄尔尼诺事件”。极端天气正从偶发变为常态,也带给光伏电站一道“必答题”。

作为光伏电站的核心发电单元,组件的结构安全直接决定25年生命周期内能否经受住反复冲击。而近年来版型越做越大的超大组件(2384毫米×1303毫米),究竟是降本“利器”,还是风险敞口?

●极端天气叩问组件安全

极端天气的频率和强度变化日趋凸显。中国气象局公共气象服务中心数据显示,截至7月2日,今年西北太平洋和南海共有9个台风生成,较常年同期平均偏多5个;台风“巴威”短时间内升级为超强台风,体型大、强度强、风力极端、移动速度快,威力远超平常台风。

极端天气对光伏电站造成较大冲击。2024年9月,台风“摩羯”以17级以上风力(62米/秒)登陆海南文昌,成为1949年以来登陆我国的最强秋台风,海南、广东多地光伏电站组件被吹飞、桩基倾倒。

更值得警惕的是,组件质量底线正在经受考验。国家市场监督管理总局抽查显示,2024年8月光伏组件合格率降至69.4%,较此前93%—94%的水平明显下滑,不合格项集中在功率虚标、机械载荷和动态载荷不达标,组件已被列为中风险产品。极端天气增多与组件载荷能力下降相互叠加,风险被进一步放大。

超大组件的抗风能力尤其堪忧。全球第三方检测认证机构TUV北德发布的《大尺寸&超大尺寸光伏组件载荷性能研究报告》显示,超大组件(2380毫米×1300毫米)在风速达45米/秒时即发生螺栓孔变形、组件损坏,而版型相对较小的组件(2260毫米×1130毫米)在风速持续增至60米/秒时仍通过测试,后者双面结构刚度约为前者的1.3倍。45米/秒约相当于14级台风,对东南沿海和西北“沙戈荒”等大风频发地区的电站而言,遭遇频率更高。

●尺寸膨胀的“七年轨迹”

组件尺寸的“膨胀”有其产业脉络。直到2023年,阿特斯、东方日升、晶澳、晶科、隆基、天合、通威、一道、正泰9家头部企业就组件尺寸达成共识,标准尺寸为2382毫米×1134毫米。

但“尺寸竞速”并未因此停止。目前,超大组件则将面积推至3.1平方米(2384毫米×1303毫米)甚至更大,面积相较于标准组件(2382毫米×1134毫米)增幅约15%,重量超过38kg。然而组件尺寸扩大的同时,玻璃厚

度多年保持不变,单玻一般使用3.2毫米厚度玻璃,双玻使用2毫米+2毫米厚度玻璃。当组件尺寸变大而玻璃厚度保持不变时,载荷风险随之上升。

美国能源部与国家可再生能源实验室(NREL)曾在《持续变大的组件》报告中指出,组件变得更大、边框更小更薄,组件本身从被保护对象变成承重构件。更不容忽视的是,越来越多的光伏电站使用这些“大而软的组件”后出现早期玻璃破裂的情况。

国际能源署光伏电力系统计划(IEA PVPS)关于极端天气影响的报告同样明确指出,新型大尺寸组件尺寸已达2300毫米×1300毫米,而且通常不针对重雪载荷进行加固,现行认证测试未能覆盖风雪载荷与低温耦合,这些因素会加剧电池开裂风险。

美国独立实验室RETG的组件指数报告也显示,玻璃组件自发破裂是影响当今组件可靠性的首要问题,其中超大组件是导致破裂的重要因素之一。太阳能项目保险公司连续多年发布《太阳能风险评估》,多次提出“随着组件版型变大、玻璃变薄、边框与背板结构变化,冰雹风险正在加剧”。

●版型优劣须实测作答

组件版型之争,本质上是光伏产业从规模扩张迈向高质量发展进程中,关于降本与可靠如何平衡的一次集体求解。

组件尺寸增大带来的降本效应存在边际条件。晶澳科技早在2021年“尺寸之争”白热化时就曾表示,组件尺寸适当增加有助于降低系统成本,但有边际条件。随着尺寸继续增大,成本下降趋势趋缓,反而带来机械载荷、隐裂等可靠性风险。

国泰君安证券研究所也曾指出,硅片尺寸的换代由成本决定,一旦新一代产品的成本优势不再,迭代动力自然衰竭,而安全性正是这条成本曲线中最不能省略的变量。光伏电站是25年周期的资产,一场台风、一场暴雨造成的资产损失与发电量折损,足以吞噬尺寸膨胀省下的全部成本。

中国光伏行业协会持续推动组件尺寸标准化工作。2021年,在《M10系列组件产品标准化的共识》中,将相关尺寸定义为标准尺寸。基于210的中版型、大版型组件外形尺寸及安装孔距离已正式纳入中国光伏协会团体标准、行业标准及国际半导体协会SEMI标准。

今年5月,国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会批准发布强制性国家标准《光伏组件安全要求》和《光伏组件铭牌标识要求》,将于明年6月1日起正式实施。其中规定光伏组件的电气安全、机械安全、防火安全、有害物质限制等要求,对组件机械载荷、边框强度提出强制性要求。

从2256毫米×1133毫米到2382毫米×1134毫米,光伏组件尺寸的每一次跃迁,最终都由市场做出选择。版型孰优孰劣,看的是安全性、可靠性的实测数据,以及光伏电站25年运行的真实表现。