

从跟随标准到定义标准

极限验证重塑大风机可靠性

■本报记者 苏南

目前,风电叶片长度普遍超过100米,超大容量示范机组叶片能达到140米以上,“大型化”将我国风电技术推到“无人区”。在缺乏现成经验的情况下,传统的风电测试与认证标准能否适用?如何确保这些庞然大物在全生命周期内的安全可靠?

近日,《中国能源报》记者探访位于江阴的远景能源智慧风电测试验证中心,深入了解从自研自制的底层逻辑到每天400GB的海量数据反哺,再到“测到失效”的极限验证,远景能源正通过一套分层递进的“极限验证”体系,回应风电行业大型化带来的焦虑。

■“大型化重塑标准探索边界

“风电大型化之后,我们遇到的一个典型问题,就是原本的设计标准工况,是否还能够包含当前大型化产品的应用场景?”远景能源测试验证总工程师钟大伟开门见山对《中国能源报》记者指出当前行业的痛点。

过去,风电行业的设计标准大多源自国际组织,基于国外整机巨头的技术经验制定。不过,当风机迈入10MW、15MW甚至更高容量等级,叶片长度超过百米,旧有的经验法则开始失效。钟大伟举例:“例如标准里只说到‘覆盖可能造成叶片损伤的非运行/停机气动载荷’,却并未界定如何计算及验证。但叶片变长后,在停机工况下叶片发生涡激的概率大大增加,会给叶片带来损伤甚至导致失效。这些典型的大型化问题,行业标准并未完全覆盖。”

2015年,远景开始筹划江阴测试验证中心,用极限验证的思路去探索自研自制的边界。传统第三方认证更像是基线验证,通常给出的是一个“通过标准”。企业按照既定流程测试,拿到合格证,产品就可以推向市场,而“极限验证”是为了解决标准之外那些尚未充分识别的工况与风险。

“极限验证最重要的第一项工作是压力的验证。”钟大伟解释,“风机大型化之后,现场真实经历的场景和运行工况是否还适用于老标准?如果不适用,新标准该如何定义?我们要解决的首要问题就是把过去关注不到或标准里没有明确定义的工况和风险识别给定义出来,形成新的设计输入。”

为实现从材料、部件、系统、整机到风场的全链条验证,远景能源投资超4亿元建设江阴智慧风电测试验证中心。目前,远景能源已经构建了覆盖材料工艺、部件、系统、风机、风场五层验证体系,各层级围绕差异化验证目标,系统开展极限工况验证。

远景能源极限验证的第二个核心目标是耐力边界测试——以失效模式为核心导向,以复现失效、实测至失效为验证目标,测试时长显著提升。“以齿轮箱为例,远景自研自制齿轮箱在常规测试和鲁棒性测试的基础上,会进行持续的加速疲劳寿命测试,以最终测到失效为目标,通常在超载工况下测试时长不低于1000小时,相比传统开发验证要求至少高出20倍。”钟大伟说。

在远景能源的工程师们看来,极限测



▲图为远景齿轮箱弯扭耦合系统测试台。
▲图为江阴远景智慧风电测试验证中心。

试不是为了拿一张市场“通行证”,而是一次对风机边界的探索。传统的测试是在理想条件下进行的,留有余量。反观极限验证,其目标是测出产品的真实耐力边界。

在传统设计模式中,设计余量的取值缺乏清晰依据。远景能源的思路是,精准测清产品的真实耐力边界,识别其固有安全裕度,并据此更科学地预留设计余量。业内专家一致认为,这种对风机性能边界的极致探索,正在推动风电行业测试工作从被动满足合规要求,转向主动识别风险。

■“全产业链自研形成“数据闭环”

远景能源缘何要投入大量时间、精力做这些远超行业标准的测试?采访中,“自研自制”这个关键词被反复提及。

自研自制对风电行业发展的最大意义,是突破了国外的技术限制,形成适合中国风机的知识产权体系。回忆起早些年跑欧洲供应商的经历,钟大伟感慨,“那时候想掌握风机核心部件设计的细节非常困难。”

自研自制的深层次意义在于打通数据。传统采购模式下,主机厂采购现成的部件,供应商不提供设计细节和材料参数,主机厂也不透露整机载荷。这种“数据隔阂”有时会导致部件与系统的不匹配。“就像汽车行业,即便使用相同的供应商和传动链,不同主机厂造出来的车性能也天差地别。核心在于系统集成。”钟大伟说,远景能源全产业链自研自制后,做部件的人懂整机载荷,做整机的人知道部件的失效模式。这种深度融合,大大增加了“一次性做对”的概率。

另一方面,自研自制也意味着失去“挡箭牌”。风机出了问题,所有的质量成本必须自己承担。这倒逼远景能源建立了一套极为严苛的验证体系。“虽然‘极限认证’这个概念是这几年才提出来的,但从第一个自

研自制部件开始,我们就在做这件事了。”钟大伟透露,除了前文提到的测试时长超过传统要求20倍的齿轮箱,叶片极限载荷和测试时长也大幅提升,所有核心部件都要进行Run-to-Failure极限测试,每款全新开发的平台同样如此,且失效模式必须与设计模型对比,不一致则修正模型与工艺。

在同样是远景自研的伽利略超感知系统的支撑下,测试不再是孤立的实验,而是形成模型-数据闭环。江阴智慧风电测试验证中心每天产生400GB的数据,这些都是远景能源最宝贵的财富。“2018年那一轮‘冬季攻势’的测试,远景花了5年时间来消化数据。”钟大伟说,“我们拉着公司内各个维度的专家,一遍遍梳理。每一轮测试,都是在给伽利略系统里的几十个模型做标定。”

从第一代伽利略系统的孵化,到如今AI智能风机的验证,海量数据的反哺使得风机设计模型进化到低、中、高精度模型并存的复杂体系。目前,远景能源定义的标准工况已拓展到50个以上,而行业通用的设计标准仅涵盖30个工况。

记者手记

“结硬寨、打呆仗”,守护风电高质量发展

■苏南

走进江阴远景智慧测试三期中心,机器轰鸣,眼前一个个部件测试台微微颤动,旁边的电脑屏幕实时显示数据参数。足以容纳20兆瓦级机组测试的传动链实验台宛如风机的“炼丹炉”,外面看不出什么变化,但里面却在不断地探索风机“生命线”。

在风电大型化背景下,不少企业选择拼速度、拼参数,而远景能源却选择了“结硬寨、打呆仗”:极限验证和破坏性测试。企业标准远远超过行业认证要求,验证环节一直到测出失效为止——这种“不把产品测坏不罢休”的劲头,通过极限载荷、恶劣工况的施加,才能摸清产品的耐力边界。

风电行业步入“技术无人区”,极限验证将未知转化为输

入,填补行业空白。相比而言,行业内许多主机厂受限于全产业链能力的缺失,想做深层测试面临数据壁垒与成本掣肘。比如主机厂想对采购的齿轮箱做极限测试,供应商未必配合,数据也无法打通。而全产业链自研自制打通了整机与部件的数据隔阂。部件失效、整机载荷等这些验证均可在江阴远景智慧测试中心找到答案。

看着实验台上那些被刻意加载至极限载荷仍在运转的部件,记者深刻感受到,极限验证除了对风机可靠性的极限挑战,更是我国风电从跟随标准走向定义标准的跨越。如今,风机测试不再是简单的过关,而是一场直面失效的“压力测试”,这种对极限的探索,为我国风电高质量发展筑起一道坚实的防线。

中企包揽全球出货前十 海外市场占比首次过半

我国储能电芯出货量缘何大爆发

■本报记者 杨梓

市场研究机构InfoLink Consulting、SNE Research、SMM等日前陆续发布上半年全球储能电芯出货量排名。InfoLink发布的数据显示,上半年全球储能电芯累计出货467.84GWh,同比增长94.76%。自2025年第一季度以来,市场呈逐季上行趋势,并且已连续三季单季度出货破200GWh。另据SNE Research统计,上半年全球锂离子电池出货量达到461.3GWh,同比增长71%。

综合上述研究机构数据,上半年全球储能电芯出货量前十名均为中国企业,并且海外市场储能电芯出货占比首次过半。业内观点指出,当前全球储能产业正迈入多极化发展阶段,中国储能企业的全球化布局成效全面凸显,海外渠道、本地化适配能力成为企业拉开竞争差距的关键因素。

■海外市场成重要增长引擎

SNE Research数据显示,上半年全球储能电芯出货量前五名分别为宁德时代、亿纬锂能、海辰储能、比亚迪、中创新航。鉴于腰部企业持续放量,行业集中度进一步下探,CR10降至82.3%,持续刷新历史低位。

就具体出货量数据看,得益于中国国内需求稳健以及海外电网级项目订单的持续增加,宁德时代储能电芯出货量达125GWh,位居全球第一,市占率从25.6%

提升至27.1%,同比增长81.0%,显著跑赢行业平均水平。亿纬锂能、海辰储能紧随其后分别第二、第三名,出货量分别为48GWh、46.2GWh,市占率分别为10.4%、10%。

相较于头部企业的稳固优势,行业腰部厂商的出货体量更为接近,梯队内部竞争十分激烈。中创新航、瑞浦兰钧、楚能新能源分别位列第五至第八位,其中,中创新航与瑞浦兰钧出货量仅相差0.1GWh,楚能新能源以30.2GWh紧随其后。远景动力、国轩高科、鹏辉能源分别位列第八至十位,出货量分别为21.2GWh、20.8GWh、20.5GWh,同样差距较小。

SNE Research指出,第五名之后厂商的排名极易受单个项目中标情况、季度发货波动影响。下半年,随着大型项目的获批以及各企业装机能力变化,排名位于第五位以下的公司可能再次发生变化。

从市场区域结构来看,上半年中国仍稳居全球最大储能市场。值得注意的是,上半年海外市场储能电芯出货量占比首次过半。InfoLink数据显示,上半年,海外市场电芯出货248.73GWh,占全市场的比重约53.2%。海外市场储能电芯出货前五名厂商为宁德时代、亿纬锂能、比亚迪储能、海辰储能、鹏辉能源。

区域市场的崛起,推动全球储能产业增长逻辑发生转变。SNE Research分析称,北美、欧洲及其他地区的合计出货量占

比提升,表明全球储能市场的增长动力正从单一区域向多极化扩展。具体来看,上半年北美储能电芯出货量达75.9GWh,增长83%;欧洲出货72.7GWh,增长74%。增速最快的是中东、澳大利亚等新兴市场所属的其他地区,出货110.1GWh,同比翻倍增长119%,份额升至23.9%,增量主要来自中东和澳大利亚的大型光伏项目进入执行阶段。

■户储赛道增长最快

综合来看,2026年上半年储能电芯市场需求主要由源网侧、工商业储能驱动。SNE Research数据显示,上半年,电网侧储能出货347GWh,占全球总量75.2%,同比增长69%;工商业储能出货39.6GWh,同比增长59%,市场占比8.6%。

SMM指出,由于源网侧及工商业储能贡献了超过八成的储能电芯出货量,该细分市场的企业格局对总榜具有较强影响。其订单体量较大,对电芯一致性、循环性能、系统适配和批量供货能力要求较高,也是当前储能电芯企业竞争最为集中的市场。

在主力场景稳健增长的同时,户用储能赛道迎来爆发式增长,成为上半年增速最快的细分市场。SNE Research数据显示,户储电芯出货从2025年同期的20.9GWh

增至47.7GWh,同比增长128%,市场占比从7.7%升至10.3%。这一结构性变化背后,是欧洲户储需求回暖与中国户储设备渗透率的提升。

户储赛道的市场格局与大储、工商储呈现明显差异,集中度更高,已形成亿纬锂能、瑞浦兰钧、鹏辉能源三足鼎立格局,市场集中度远高于电网侧及工商业储能。SMM指出,相比之下,户储市场的客户结构更加分散,不同区域对产品规格、认证体系和渠道服务的要求存在差异,企业竞争力更多体现在产品适配、海外客户覆盖和快速响应能力等方面。

■行业竞争转向综合较量

展望下半年,全球储能电芯行业高景气度延续,供需格局维持偏紧状态。InfoLink指出,基于头部厂商的订单储备情况及产能释放节奏,上调原有出货预期,即2026年全球储能电芯出货1026GWh,市场保持高速增长态势。

在行业高速扩容的同时,储能电芯大型化迭代趋势持续加深,上半年,500Ah+电芯在大储电芯市场的渗透率已突破10%。InfoLink指出,随着大电芯进入规模化放量阶段,头部厂商凭借稳定产品品质、规模效应及渠道价格优势,市占率或进入攀升通道。

有分析人士指出,外资厂商的战略转型,也成为下半年市场格局变化的重要变量。LG新能源等韩系厂商借助美国市场强势回暖,市占率止跌回升。上半年,韩系厂商“动转储”战略初见成效。3月,LG新能源与通用汽车联合宣布,将双方位于美国田纳西州斯普林希尔的合资工厂Ultium Cells,由电动汽车电池产线改造为磷酸铁锂储能电池产线。上半年,LG新能源出货量12GWh,同比飙升357%。

除传统电池厂商外,上游资源企业的纵向跨界布局,也为行业竞争格局带来新变数。InfoLink提到,赣锋锂电、融捷能源等企业正在向锂电中游甚至系统终端持续纵向延伸,下半年或将重塑全球储能Top10竞争格局。

贸易政策与市场规则的变化加速了行业洗牌。SNE Research指出,随着北美和欧洲贸易政策及本地供应链要求不断演变,供应商选择标准已不再局限于价格,供应链稳定性、本地生产能力以及合规性正变得愈发重要。

基于行业发展新趋势,SMM表示,行业竞争将由单纯的规模扩张进一步转向产品可靠性、制造稳定性、客户协同和持续交付能力的综合较量。能否把握政策窗口、稳定交付现有订单,并推动500Ah以上大电芯形成连续出货,将成为影响下半年企业表现和市场格局的重要变量。