



■本报记者 张子瑞

国家能源局最新发布的数据显示,截至5月底,全国累计发电装机容量已突破40亿千瓦。这一规模超过美国、印度、日本、俄罗斯以及欧盟的装机总和。40亿千瓦不仅是电力装机的数字跨越,更是我国能源安全保障、绿色低碳转型、科技自主创新集中体现。

从装机结构看,可再生能源装机占比由2010年的24%提升至2026年5月的61%。其中,风电装机容量6.6亿千瓦,同比增长17.0%。

单就风电而言,陆上风电是绝对主体,我国海上风电装机容量刚刚迈过4700万千瓦,约占全国风电装机的7%,约占全国发电总装机的1%。但正是这1%,却成为我国建设海洋强国和能源强国的重要抓手。

■ ■ ■ 共识:推动产业加速跑

根据“十五五”规划纲要,到2030年,我国海上风电累计并网装机规模达到1亿千瓦以上。从4700万千瓦到1亿千瓦,意味着未来5年,海上风电装机要实现翻倍,相当于再造两个三峡工程。

在日前于上海举办的第十一届海上风电大会上,全国政协教科卫体委员会副主任、中国科协原党组书记、常务副主席,科技部原副部长尚勇表示,科技创新是海上风电产业发展的核心驱动力。我国已建成全球最完备的海上风电产业链、供应链,积累了丰富的工程实践经验,这是我们扩大海上风电开发规模的底气。但也要看到,在基础材料、部分核心部件、深远海施工装备等领域还存在短板。

上海,是我国海上风电的起点。2010年,上海东海大桥100兆瓦海上风电场34台机组全面并网发电,标志着亚洲第一座海上风电场正式建成,也开启了中国海上风电规模化商业化应用的序幕。

上海市政协副主席、党组副书记肖贵玉表示,依托国际科技创新中心优势、高端装备制造的产业根基、对外开放的枢纽能级,上海持续汇聚风电产业链上下游企业与顶尖科研力量,推动产业高端化、智能

化、绿色化升级。海上风电已成为上海培育新质生产力、推动高质量发展的重要蓝色引擎。

在此背景下,由长三角三省一市的风电企业、用能企业、重点园区及有关机构共同发起长三角风电伙伴行动,旨在推动海上风电成为实现能源转型、保障能源安全、建设海洋强国、带动经济转型升级的关键抓手。以海上风电发展为牵引,以工业深度脱碳为重点,打造区域绿色协同发展的新样板。

我国离岸300公里范围内海上风能资源经济技术开发量超过27亿千瓦,从资源禀赋、技术成熟度、战略价值等方面来衡量,海上风电开发既大有可为,又任重道远。

当前,政策端和产业端已形成清晰共识:海上风电必须加速推进。面向“十五五”,更需要以“量”的合理增长,推动“质”的稳步提升,实现海上风电从近海走向远海,从国内走向国际,从单一发电走向综合利用。

■ ■ ■ 现状:打破“内卷式”竞争

过去5年,我国海上风电在产业规模、技术创新、产业链配套、发展模式等多个维度实现突破,为“十五五”时期迭代升级奠定了坚实基础。

2021年底,我国海上风电累计装机首次超越英国,问鼎海上风电第一大国。此后,年新增装机和累计装机规模连续多年双双稳居世界第一。当前,我国海上风电装机容量占全球总容量近一半,中国海上风电的一举一动成为全球海上风电产业的风向标。

伴随装机量增长的,是大兆瓦技术、漂浮式技术的稳步推进与产业链的不断完善。18兆瓦机组实现批量应用、26兆瓦海上风机并网发电、16兆瓦的“三峡领航号”漂浮式平台成功安装,为迈向深远海提供技术支撑;覆盖勘察设计、设备研制、开发建设、运行维护、海洋工程的完整产业体系,为产业高质量发展提供重要保障;江苏盐城、广东汕头等地建成特色产业集群,为

探索海上风电融合应用新场景积极试水积累经验。

然而,发展过程并非一帆风顺。2025年我国海上风电新增装机659万千瓦,与行业预期目标有一定差距。业内人士指出,这不是投资意愿问题,也不是技术问题,而是海域的使用和项目审批需要在更高层面进行综合协调。

就行业本身而言,“内卷式”竞争仍是一把达摩克利斯之剑。据业内人士透露,以前海上风机(不含塔筒)的造价约为每千瓦3000元—3200元,今年在江苏的一些招标项目中,价格已经降到2600元左右。在山东,2025年海上风电项目电价尚维持在0.35元/千瓦时左右,2026年已降至0.31元/千瓦时,新项目的电价预期更低。根据测算,上网电价每下调0.03元/千瓦时,项目投资收益率就要下降近1个百分点。

特别是伴随新能源全电量入市,开发企业盈利能力面临考验,成本压力进一步向主机厂商传导。在此背景下,部分整机企业为了短期业绩冒进投标,采取低价“内卷”策略,甚至出现虚报功率曲线、裸保电量等乱象,为行业健康发展埋下隐患。

远景能源风机产品线总经理杨亚文表示,海上风电不是短跑,而是马拉松。行业不能急于求成,要尊重技术规律,把产品验证做扎实,把质量底线守住。海上风电的售后成本比陆上风电要高出5—10倍,一旦质量隐患集中暴露,企业将不得不投入大量资金处理售后问题,最终可能导致项目整体亏损。“我们坚定认为,好的质量才是项目收益的保障,设备可靠、发电效率高,才能多发电、多卖电。”

世界风能协会副主席、中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩认为,一个健康的产业生态,应该是各方都有尊严地参与其中。甲方尊重乙方的技术积累和制造能力,给出合理的价格和付款条件;乙方珍惜甲方的信任,按时保质交付产品和服务。当前,风电行业已经开始意识到这个问题。部分龙头企业带头调整招标策略,不再唯低价论,而是综合评估技术、质量、服务和价格;一些制造企业也开始学

会说“不”,拒绝那些明显不可持续的订单。

■ ■ ■ 破局:推动行业高质量发展

产业发展,安全先行。海上风电任何一处质量瑕疵、一丝安全隐患,都可能引发重大风险,造成巨大损失,重创行业信心。业内普遍认为,在防范和治理“内卷式”竞争的当下,坚守质量安全生命线更具现实意义。

安全和降本海上风电高质量发展的一体两面,但海上风电降本不能只盯着机组,而是要在基础安装、风机吊装、海缆方案、消纳送出、运维维护等海洋工程的全局视角来统筹考虑。

远景能源海上产品解决方案总监李小刚介绍,他们在输出环节积极尝试优化,输出线路从传统的35千伏提升到66千伏,通过提高送出电压等级降低海缆成本。创新研制风储一体机,通过风储联合,降低整个风场的功率峰值,间接降低送出海缆的容量需求。同时,针对深远海场景,在柔直送出和低频输电等方面积极进行技术储备。最终,以系统思维和全局视野,帮助海上风电项目全链条、多环节降低成本。

肖贵玉建议,要加强产业链上下游合

作,实现资源共享、优势互补和成本降低,要积极推进“海上风电+”模式,实现空间立体开发、资源联合利用。

中能(集团)有限公司党委书记、董事长黄迪南认为,发展海上风电,既要深化产融协同创新,激活绿色产业发展动能,又要延伸清洁能源产业链,打造绿色燃料产业特色。

在杨亚文看来,海上风电的结局不是“卖电”。沿海地区是负荷中心,也是高端产业聚集地。海上风电应该与储能、绿氢、绿色算力、零碳产业园深度耦合,从“单一电源”变成“综合能源服务”。这更要求整机商具备“巧发电”的能力:精准预测、智能交易、协同控制。“过去我们只管风机转不转、转多久,现在还要看它什么时候该多转、什么时候该少转、什么时候该停下来做检修——因为电力已经变成可交易的商品,每一度电的价值在不同时段可能差几倍。”

业内普遍认为,既坚守质量底线、保障项目全生命周期安全运行,又不断创新技术和应用场景,实现海洋资源的综合开发利用,海上风电才能真正踏上行稳致远的高质量发展之路。

记者手记

产业长青,离不开“热带雨林式”生态

■张子瑞

报价低于成本、承诺超出能力、交付赶工期、售后打折扣……曾经困扰海上风电产业的种种乱象正逐步失去存身之地。行业各界日益形成清晰共识:饿死同行、累死自己、坑死业主的“内卷式”竞争不可持续。做优做强海上风电,离不开良好的产业生态。

自然界的热带雨林,是地球上生命力最旺盛的生态系统之一:参天乔木、万千灌木、藤蔓植物——各类物种既分层生长、错位发展,又彼此依存、循环流转,形成生生不息的有机整体。

产业发展亦是同理。

一段时期内,海上风电行业出现虚报功率曲线、裸保电量等现象,其实是招投标中低价厮杀、互相压价。企业把精力消耗在内耗竞争上,无暇投入技术研发,上下游相互博弈,整条产业链遭殃。这种“零和博弈”竞争模式,短期看似抢占市场,实则透支产业未来。打造“热带雨林式”生态,正是破解行业内卷、校准产业发展航向的良方。

当前,海上风电产业链加速重构,供应链风险、技术壁垒、资源约束等挑战交织,单一企业、单一环节难以独自应对外部冲击,更需推动政企、产学研联动,政策、资本、人才、技术要素互通共享。培育“热带雨林式”生态,正是增强产业链韧

性、夯实产业安全底座的关键。

海上风电是风电产业的前沿领域,创新成本高、周期长、风险大,仅凭一两家企业难以持续推动。打破资源壁垒,延伸产业边界,促进创新要素自由流动、跨界融合同样需要良好的产业生态。构筑“热带雨林式”生态,正是催生创新活力、拓展产业增长空间的沃土。

历史经验一再表明:做强产业,离不开做优生态。多样性差异化的各类企业各司其职、各展所长,有利于产业向下扎根、向上生长。

2010年10月,我国公布首轮海上风电特许权中标结果,4个项目的中标价均低于后来制定的海上风电标杆电价0.85元/千瓦时,更远远低于上海东海大桥海上风电示范项目确定的0.978元/千瓦时的电价。最终,拿到项目资源的开发企业,因为经济性问题搁置项目。这直接导致我国海上风电在“十二五”时期发展迟缓,既定的装机目标没能如期完成。

面向“十五五”,站在建设海洋强国和能源强国的全新起点上,行业正把历史的教训化作前行的镜鉴:唯有构建大中小企业多元共存、产学研资多方协同、上下游互利共生的良好生态和共赢格局,才能守住产业安全底线、激活持续增长动能,实现海上风电高质量发展。

非电利用成生物质产业新增增长极

■本报记者 张胜杰

“2025年,我国生物质能产业继续保持全球领先地位,全产业链发展质效稳步提升。其中,生物质发电装机容量达4743万千瓦,占全球总装机的28%,连续8年稳居世界第一。”中国产业发展促进会生物质能产业分会日前发布的《2026 中国生物质能产业年度发展报告》(以下简称《报告》)显示,生物质在非电利用领域也加速突破,成为产业新的增长极。

据中国产业发展促进会生物质能产业分会研究部主任王乐乐介绍,截至目前,我国已建成生物甲醇、生物航煤、生物柴油等各类生物液体燃料项目,总产能折合油当量约700万吨,为交通等电力难以脱碳领域开辟了脱碳的现实路径。同时,生物质供热量达5.21亿吉焦,同比增长6.5%,为工业园区和城乡清洁供热提供了关键支撑;生物天然气总产量约5.3亿立方米,同比增长10%。

《报告》显示,预计到2035年,全国生物质发电装机容量将达到5500万千瓦,发电量达到2500亿千瓦时,生物质供热量达到25亿吉焦,生物天然气产量将超过100亿立方米,生物液体燃料产量合计将达到3500万吨。

行业的发展离不开政策的大力支持。2025年,国家出台多项政策支持生物质能产业发展,涉及顶层设计、生物质发电、生物质供热、绿色燃料、绿色价值实现等多个方面,为生物质能产业快速、有序发展提供了坚实政策保障。

基于国内持续向好的政策环境,生物质产业呈现出融合发展态势。如今,生物质能绿色价值日益凸显,从国际层面看,可持续生物材料圆桌会议(RSB)、国际可持续发展与碳认证(ISCC)等国际认证体系发挥出引领作用,其认证结果与碳市场、绿证交易、碳边境调节机制(CBAM)深度绑定,倒逼企业提升生物质能使用比例;而从国内层面分析,绿电领域持续优化完善绿证制度,非电利用领域已搭建零碳能源证书自愿核证平台,逐步构建起适配生物质供热、生物天然气等非电利用的绿色认证机制。

此外,生物燃料国际市场也呈现出旺盛的需求。以欧盟为例,在航运领域,要求不断提升航运业可再生与低碳燃料的使用比例。同时,碳边境调节机制(CBAM)针对进口商品生产环节中的碳排放状况,采取征收税费或要求购买配额严格措施。

客观来看,生物质领域还面临诸多挑战,如原料保障体系需进一步健全、技术装备水平仍待提升、绿色认证机制有待完善等。“目前,生物质原料存在非标化、碎片化及季节性强的特征,收储运成本居高不下。同时,在技术上,生物液体燃料行业核心技术装备技术成熟度仍有待提升。这些难题都亟需进一步攻克。”王乐乐坦言。

下一步,如何促进生物质产业健康有序发展?《报告》建议:首先,在国家顶层政策的指引下,建议地方政府根据自身的资源禀赋、产业基础等,明确生物质能的发展定位、技术路线和项目布局,避免生物质原料的无序竞争,促进产业有序发展。其次,凭借国内资源和成本优势,抢占国际绿色燃料话语权。积极拓展应用场景,推动落实可再生资源非电消费最低比重政策工具。最后,还需加大技术和商业模式创新,如组建创新联合体,对前沿技术进行集中攻关,从而突破产业发展“卡脖子”的瓶颈。

从高原到深海,他一直在极端环境技术创新攻坚的路上

■王启佳

7月8日,“极端环境超长跨距光通信关键技术及应用”项目荣获2025年度国家技术发明奖二等奖。

作为项目参与完成人,中天科技总工程师谢书鸿手中这份荣誉,凝结着他与团队20余年深耕信息与能源传输领域的心血,更见证了中天科技在低温高原与万米深海两大极端场景下突破技术壁垒,实现从跟跑到领跑的创新历程。

在海拔5300米的青藏高原,冬季气温低至-60℃,普通光纤的涂层易脆化开裂,纤膏凝固变硬,信号衰减会急剧上升,曾是制约高原电力通信的“顽疾”。早年研发耐-70℃低温 OPGW 时,国内没有能满足要求的低温涂料,只能依赖国外供应商。2020年疫情来袭,国际供应链面临断供风险,谢书鸿特别提出:“靠别人永远受制于人,核心材料必须攥在自己手里。”

他牵头成立专项攻关组,从分子结构层面拆解涂料性能密码,反复调试配方、优化工艺,一瓶测试不达标就立刻调整参数重来,常常和团队守在低温实验室到深夜。历经上百次试验,团队接连拿下两项关键突破:发明低玻璃化转变温度的光纤涂层材料,让光缆在超低温下仍保持柔韧弹性;寻找开发高锥入度纤膏,将-70℃下的锥入度提升2倍以上,彻底破解低温环境下微弯损耗激增的难题。

凭借这一技术,中天科技 OPGW 的耐受极限跃升至-70℃,几乎覆盖全球最高海拔、低温应用场景。昔日,-60℃低温条件下的低损耗 OPGW 在“电力天路”青藏联网工程创下高海拔超低损耗应用纪录,藏中联网工程跨越263公里三江断裂带地质禁区,实现桑日到芒康1200余公里光通信从无到有的覆盖。中天科技 OPGW 连续21年全球市场占有率第一,获评工信部制造业单项冠军产品,成为高原低温地带可靠的“信息生命线”。如今,-70℃低温条件下的低损耗 OPGW 的成功研制,为北极地区能源的送出提供技术支撑,使得全球能源互联网在低温地区的能源输送成为可能。

如果说高原的挑战是低温,深海的考验则是超高压与长距传输。万米深海的水压相当于上百个大气压,常规海缆不仅容易被压变形,层间窜动还会导致信号失稳,叠加洋流扰动与残余应力影响,长距离无中继传输更是难上加难。

谢书鸿带领团队向深海极限发起冲击,创新开发了不等径钢丝自锁耐压结构,通过多层不同直径的钢丝紧密绞合,像给光缆穿上了贴身“钢甲”,能将95%以上的水压与内部光单元隔离,最终让海缆耐受深度突破至11000米。针对成缆附加损耗这一核心指标,他牵头研发大长度成缆精密控制工艺,集成多维应力感知与自反馈调速系统,将成缆附加损耗压低至极限水平,支撑百公里级单根海缆的稳定制造。

从服务我国海洋通信实现岛屿900余公里宽带互联,到助力巴西亚马逊流域建成2345公里绿色低碳水下通信网络,再到支撑超长跨距远洋传输,中天科技一步步从浅海走向深远海,相关成果广泛应用于国际海洋通信、岛链互通互联、海底观测网系统、海上油气平台等领域。

作为企业的总工程师,谢书鸿的视野从不局限于单一产品的技术突破。扎根中天科技20余年来,他按照集团规划牵头构建了“自主科研+联合创新结合、产学研用融合、多层次人才激励、重大项目能级提升”的四大科技创新体系,助力企业持续升级创新能力,拿下国家科技进步奖一等奖、中国工业大奖等重磅荣誉,获评7个制造业单项冠军。

面向“十五五”,他推动中天科技向科技解决方案提供商转型。如今,天玑工业大模型已落地20余项智能制造场景;中天·智元具身智能创新中心正式运营,四足巡检机器人、重载AGV等产品已走进生产一线;光电协同智算中心开工建设,为企业长远发展埋下创新种子。

二十余载初心如磐,从高原到深海,从传统线缆到未来产业,谢书鸿始终以技术报国为己任,带领团队推动中天科技在信息通信与能源传输赛道持续领跑,向着全球领先的科技企业稳步前行。