

# 深远海风电如何破除“不确定性”

■本报记者 李丽昊

近日,由中国可再生能源学会风能专业委员会和全球风能理事会发布的《海上风电回顾与展望 2025》和《全球风能报告》显示,今年前4个月,我国风电发电电量达3814.3亿千瓦时,占总发电量的12.78%。海上风电作为新兴增长极,到2030年,全球海上风电装机容量有望突破230吉瓦,其中,我国深远海项目将成为国际能源合作的重要增长点。

海上风电前景可期,但也面临诸多挑战。相对更高的开发和建设成本在前,电价波动、运维难度等在后,步入高质量跃升发展阶段的海上风电,应如何在新能源全面入市的背景下破除“不确定性”?

## ■海上风电将迎来强劲增长

截至今年一季度末,我国风电累计并网容量达到5.35亿千瓦,同比增长17.2%,其中陆上风电4.93亿千瓦,海上风电4273万千瓦。而根据国家能源局数据,今年前两个月,全国能源重点项目完成投资额同比增长12.9%,其中海上风电、新型储能、电网、核电等投资实现快速增长。

在加快实现“双碳”目标的背景下,发展海上风电不仅能够直接提升绿电规模,对于区域能源转型也发挥着不可替代的作用。

在近日召开的2025海上风电大会期间,中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩指出,目前,海上风力发电的度电成本已经基本与火电持平。“未来,海上风电的技术进步和规模化发展还可以进一步促进风电成本的下降,可以比火电还要低。”

随着成本竞争力不断增强,海上风能资源的利用水平也在稳步增长。自然资源部最新公布的数据显示,2024年,我国海

上风电发电量比上年增长28.2%,海洋资源开发利用能力不断提高。

据全球风能理事会预测,2024年全球海上风电新增并网装机容量在8吉瓦左右,其中有一半来自中国,得益于中国市场的强劲增长,亚太地区海上风电装机占到2024年全球市场的65%。从中远期来看,未来海上风电市场的增长依然强劲,下一个5年有望保持两位数的复合增长率。

## ■深水远岸还需跨过“成本关”

庞大资源潜力有待开发的同时,海上风电发展也面临诸多现实难题。近年来,随着海上风电快速发展,用海规模不断扩大,我国近岸海域可开发利用资源趋于饱和,不同行业用海矛盾日益加剧,挺进深远海已成必然趋势。

国家能源局发布的《关于组织开展可再生能源发展试点示范的通知》明确,要推动深远海风电技术示范,支持大容量风电机组由近(海)及远(海)应用,推动海上风电运维数字化、智能化发展。

但不可忽视的是,风高浪急、盐雾腐蚀等诸多现实挑战也由此显现。“海上风电度电成本必然高于陆上风电,越是走向深远海,风电造价就越高。”远景能源风机产品线总经理黄虎告诉《中国能源报》记者,“风电走向深远海还需要跨过高成本的坎,特别是风机之外的海工成本,比如基础和吊装施工,电缆和输电系统,运维检修成本等等,离岸越远成本越高。”

与此同时,新能源发电项目开发逻辑也悄然生变。2025年上半年,《关于深化新能源上网电价市场化改革 促进新能源高质量发展的通知》(以下简称“136号文”)的发布拉开了新能源全面入市的大幕。风电、太阳能发电新能源项目上网电



量原则上全部进入电力市场,上网电价通过市场交易形成。

业界普遍认为,新能源发电全面入市是行业发展的必然趋势,长远看是机遇,但当下更多是挑战。消纳水平波动让项目开发收益变得更加具有不确定性,而海上风电在更高造价条件下,更需要想方设法降本增效。

## ■海上装备“内功”修炼正当时

成本压力之下,海上风电产业技术迭代迅速,运营新范式也不断涌现。截至去年底,全球首台18兆瓦海上风电机组顺利并网,26兆瓦海上风电机组已经下线,海

上风电领域新质生产力持续培育,深海科技也成为新兴产业重点发展方向。

在黄虎看来,深远海风机产品研发的关键不在于“快”,而在于“稳”。“深远海风机动辄上千吨巨物,产品开发宁可放缓节奏,也绝不能放低要求,更不能把近海或陆上的设计标准和经验直接照搬到深海。深远海风机对极致可靠性有刚需,只有具备更高的可靠性、可更换性、维护便利性,才能真正降低深远海风电全生命周期度电成本。”

与此同时,通过精细化电力交易、精准预测能力、提高消纳水平等措施提高海上风电项目收益,也被视为提升项目收益“确定性”的有效手段。

“136号文的发布意味着,整个风电场的运营逻辑发生了变化,从发电越多越好,变成发电收益越高越好。”黄虎表示,“远景自成立之初就开始布局相关技术和产品,围绕新能源的波动和消纳挑战,先后布局储能和动力电池、气象预测、电力交易、负荷预测、零碳产业园、绿色氢氨醇转化等清洁能源业务板块,通过全栈技术创新和全链条精耕细作,为新能源项目发电收益最大化打下坚实基础。”

面向未来,黄虎建议,风电的机制电价不应“一刀切”,海上风电是能够拉动整条产业链升级发展的战略新兴产业,有必要为不同海域和海况,设置不同的机制电价,保证海上风电健康发展。

# 宁夏—湖南±800千伏特高压直流输电工程双极低端投运

**本报讯** 6月29日,国家电网有限公司宁夏—湖南±800千伏特高压直流输电工程(以下简称“宁夏—湖南工程”)双极低端送电,具备400万千瓦送电能力。

宁夏—湖南工程是我国首条获批的以输送“沙戈荒”风电光伏大基地新能源为主的特高压输电通道。工程额定电压±800千伏、额定容量800万千瓦,起于宁夏回族自治区中卫市中宁换流站,途经甘肃、陕西、重庆、湖北,止于湖南省衡阳市衡阳换流站,线路全长1616千米,总投资281亿元。预计9月双极高端直流系统投产送电,届时工程整体将竣工投产,具备800万千瓦送电能力。

宁夏太阳能、风能资源丰富,是我国重要能源基地。宁夏—湖南工程将新能源作为外送电力的

绝对主力进行规划和建设,新能源装机占比超过70%,创下同类工程新高,构建了大型风光电基地、支撑煤电、特高压线路“三位一体”的新能源供给消纳体系样板,推动“沙戈荒”基地大规模开发。近年来,湖南经济发展势头强劲,用电需求快速增长。宁夏—湖南工程整体投产,每年可向湖南输送电量超360亿千瓦时,其中新能源电量占比不低于50%,在保障湖南电力供应、优化能源结构的同时,满足宁夏清洁能源多元开发和外送需要,实现清洁能源更高质量就地消纳和更大范围优化配置。

电网工程投资大,具有带动力强、中长期经济效益显著等优势,可有力带动上下游产业发展,推动装备制造业转型升级。宁夏—湖南工程

包括配套新能源、煤电、储能项目共计投资约1000亿元,将有效带动当地基础设施建设和相关产业发展,同时将提升湖南产业,特别是先进制造业、数据中心等高载能产业的经济竞争力,优化营商环境。

面对建设环境恶劣、交叉跨越多等挑战,宁夏—湖南工程在绝缘配置、主要金具、杆塔、基础、在线监测等多方面实行了“差异化”设计,针对换流站特点开展防风沙、抗震、深填方及高边坡等21项质量提升专项设计研究,在线路方面提出36条抗冰防舞能力提升及互跨可靠度提升措施。工程实现了“双八百”标准化成果的全面落地应用,打造了特高压建设的新标杆,为后续特高压工程建设提供了有效借鉴和参考。(史慧敏)



宁夏中卫市沙坡头区宣和镇境内,电力工人正在宁夏至湖南±800千伏特高压直流输电工程宁夏段开展高空走线验收。袁宏彦/摄



国网湖南电力工作人员在衡阳±800千伏换流站工程极2高端阀厅开展阀塔螺栓紧固工作。邓思凡/摄



宁夏至湖南±800千伏特高压直流输电工程中宁换流站。袁宏彦/摄



宁夏—湖南±800千伏特高压直流输电工程(湘2标)在跨越沅江处开展附件安装作业。邹勋/摄

## 关注

### 云南新型储能接入系统有了关键指引

**本报讯** 近日,南方电网云南电网公司编制印发《新型储能接入系统方案规划技术原则(试行)》(以下简称《原则》)。该《原则》为南方区域首个新型储能接入系统方案规划技术原则,将为云南省新型储能接入系统规划提供关键指引。

新型储能犹如“超级充电宝”,是提升电力系统调节能力、提高新能源利用率、降低系统午高峰盈余电力、缓解晚高峰供电压力的快速有效手段。截至目前,云南新型储能累计投产容量达472.19万千瓦,已实现“十四五”200万千瓦规划目标翻番。

为满足大规模储能投产并网的需求,《原则》依据国家“双碳”目标及云南本地实践制定,可为新型储能接入系统方案一次设计及评审提供依据,并对新型储能参与系统的电力电量及调峰平衡、潮流稳定计算、电气一次、二次等提出明确的要求,进一步规范新型储能接入系统规划技术原则,将显著提升项目接入系统方案评审工作效率。

《原则》的出台,将进一步强化储能对云南电力系统灵活调节能力,保障新型储能接入电网安全、可靠和经济运行,为加快储能接入电网、有效解决省内新能源爆发式增长与用电负荷发展和时空不匹配的问题,保障电力安全供应、促进新能源大规模消纳、提高系统运行效率、加速云南构建以清洁能源为主体的新型电力系统发挥重要作用。

(赵爽 郭强 李琛)

### 废弃矿山生态修复评估团体标准出炉

**本报讯** 日前,广西地质矿产测试研究中心参与起草的《废弃矿山生态修复工程成效评估技术规范》T/GXAS 986—2025团体标准,通过广西标准化协会团体标准评审会专家审定,并在全国标准信息平台正式发布实施,标志废弃矿山生态修复工程成效评估正式步入规范化、标准化管理。

《废弃矿山生态修复工程成效评估技术规范》构建了一套全面且科学的评估指标体系与评价技术规范,为废弃矿山生态修复工程及管理提供了精准指导与有力支持。同时,该规范明确了废弃矿山生态修复的工程成效评估各个环节的技术要求,解决了废弃矿山生态修复标准不一、质量不高等问题,提高了废弃矿山生态修复工程成效评估工作的整体性、系统性和科学性。

评审会专家表示,《废弃矿山生态修复工程成效评估技术规范》充分考虑了不同气候、地形地貌以及矿山矿种的特点,具有广泛的适用性和现实的可操作性,将有力指导和规范广西乃至全国范围内的矿山生态修复工程实践,全面提升矿山生态修复工程质量,为生态文明建设贡献力量。(李红)