

全球光伏度电成本十年内有望再降三成

■本报记者 董梓童

彭博新能源财经近日发布报告显示,受供应链制约、资源可用性变化以及部分市场机制调整等因素影响,2025年,全球典型固定轴公用事业规模光伏项目平准化度电成本同比上涨6%,达到39美元/兆瓦时,打破此前多年持续下降趋势。不过,随着技术创新不断深化、制造规模效应持续释放以及市场竞争进一步加剧,全球光伏发电成本长期下行趋势并未改变。预计到2035年,全球光伏发电平均平准化度电成本将在当前基础上下降30%。

全球市场分化明显 中国度电成本保持领先

从全球范围看,尽管2025年光伏平准化度电成本同比上涨,但与风电、储能等其他绿色能源类型相比仍具竞争力。上述报告显示,当前,陆上风电平准化度电成本为40美元/兆瓦时,海上风电为100美元/兆瓦时,光伏仍处于全球主力清洁能源的成本前沿。

不同区域市场呈现出明显分化特征。国际研究机构伍德麦肯兹发布的最新分析显示,2025年,中东和非洲地区单轴跟踪式光伏系统的平准化度电成本已降至37美元/兆瓦时,同比下降10%,成为全球区域最低水平。该机构预计,到2060年,该地区光伏度电成本有望进一步降至17美元/兆瓦时左右。

光伏正在重塑全球能源结构。彭博新能源财经的报告指出,2025年,公用事业规模光伏已成为全球发电成本最低的技术路线之一,各国度电成本在27美元/兆瓦时至118美元/兆瓦时之间。其中,中国度电成本最低,低至27美元/兆瓦时,领跑全球。中国在制造端规模优势、供应链完整性以及持续的技术迭代,共同构筑了全球最低度电成本区间,也为全球光伏成本曲线下移发挥了关键支撑作用。

值得关注的是,随着电池价格下降,澳大利亚、印度等市场“光伏+储能”项目发展提速,中国则继续保持全球储能成本最低水平。据伍德麦肯兹评估,北美地区虽面临短期政策与关税因素扰动,但长期来看,组件、逆变器及跟踪支架技术进步仍将推动成本走低。

拉丁美洲市场则呈现出结构性改善趋

势。数据显示,2020年至2024年间,该区域可再生能源平均成本下降23%,其中20%的资本支出降幅及发电效率提升起到重要作用。2025年,单轴跟踪式公用事业类型光伏项目在该区域最具竞争力,巴西、智利和墨西哥领跑区域市场。

混合项目加速推广 “光伏+储能”成降本关键路径

在度电成本阶段性承压的背景下,行业研究机构与协会普遍认为,推动光伏与储能等技术深度融合,是未来十年实现成本持续下降的重要抓手。

彭博新能源财经指出,2025年,在多数清洁能源技术成本上升的情况下,电池储能项目的成本却降至新低。全球四小时电池储能项目的基准平准化度电成本同比下降27%,至78美元/兆瓦时,创下自2009年开展成本追踪以来的最低水平。最近十年间,该类项目的全球基准平准化度电成本超过180美元/兆瓦时,即便在2024年仍高于100美元/兆瓦时。成本大幅下降主要得益于电芯价格降低、制造商竞争加剧以及系统设计优化。

储能成本快速下降显著改善了“光伏+储能”项目的经济性。数据显示,去年,全球开发商共并网87吉瓦“光伏+储能”项目,其平均平准化度电成本为57美元/兆瓦时。彭博新能源财经分析认为,随着成本持续下降,储能将提升光伏项目收益能力,支撑可再生能源更广泛部署,并推动电力系统由以化石燃料调峰为主向以储能为核心的平衡模式转型。

欧洲光伏协会认为,与独立光伏项目相比,配备储能或风电的混合光伏项目可使平准化度电成本降低约10%。混合系统不仅提升电力系统灵活性,也通过提高资产利用率和收益稳定性增强项目可融资性。

欧洲光伏协会进一步指出,混合项目带来的成本节约具有多维度特征。一是提升资源利用率,通过不同发电技术优化组合,实现对土地、并网点等资源的高效利用;二是优化储能运行机制,允许项目从电网取电,有助于实现系统整体最优调度;三是降低综合成本,通过最大化既有基础设施使用效率并降低融资成本,形成协同效



应;四是减少“弃风弃光”,将富余电量在低谷时段存储,在高峰时段释放,提高发电价值;五是增强供电可靠性,多元技术协同配置提升输出稳定性。

国际能源署指出,“光伏+储能”在中国和印度市场相较燃煤发电、在美国市场相较燃气发电,均展现出超过20%的成本竞争优势。随着储能技术成熟度提升与成本下降,混合项目将在更多市场具备替代传统化石能源的经济性基础。

资本支出优化与系统升级 推动度电成本再降20%

除技术规模扩张与混合模式外,资本支出驱动型策略正在成为新一轮降本的重要方向。卡塔尔哈马德·本·哈利法大学通过对公用事业规模光伏系统的资本支出优化路径进行系统研究发现,围绕系统层面进行战略性投入调整,可实现最高20%的平准化度电成本降幅。

研究指出,跟踪优化、系统电压升级及

先进平衡系统设计,是降本潜力最为显著的领域,可带来5%至20%的成本下降。相较之下,组件及表面层面的改进,如涂层技术和大尺寸组件,虽可持续贡献1%至5%的降幅,但空间极为有限。未来降本重点将由单一设备效率提升,转向系统级优化与整体架构升级。

法国贝雷科技创新咨询公司专家维罗妮卡·贝穆德斯·贝尼托指出,行业已不再需要渐进式组件创新,更需要能够重塑设计、融资、执行及长期资产性能的集成研究。对于生命周期长达30年的公用事业规模光伏资产而言,应以发电量可靠性为核心评价指标,而非单纯效率指标。这一转变将直接影响融资条件、保险费率及贴现率水平,进而影响度电成本。

维罗妮卡·贝穆德斯·贝尼托强调,未来研究需超越标准测试条件下的效率与通用衰减率,转向对发电量风险、性能波动性及全生命周期发电量不确定性的量化分析。人工智能分析、先进监控、新

型清洁技术及新式组件等解决方案,若能有效降低贷款方与保险方感知风险,将进一步改善项目融资环境,形成成本下降的金融支撑。

研究还提出,单纯依赖数据驱动模型难以在不同气候条件与技术路线间实现有效迁移,需构建将红外成像、电致发光、光致发光、紫外荧光等检测数据与物理衰减机制相融合的混合模型。同时,应打通设计假设、施工实际与运行数据之间的闭环,量化数字模型与现场表现之间的系统性偏差,评估其对度电成本的影响。

总体来看,资本支出驱动型策略通过系统电压升级、跟踪优化及数字化工具应用,正在推动光伏度电成本向更深层次挖潜。结合技术进步、储能协同与市场竞争,到2035年全球光伏平准化度电成本较当前下降30%的目标具备现实基础。未来十年,光伏产业降本逻辑将由单一制造规模扩张,转向系统优化、混合协同与金融结构改善并行推进的新阶段。



随手关灯 倡导节能减排!