



落实双碳目标 建设美丽中国

“沙戈荒”上种太阳

——写在全国单体规模最大采煤沉陷区光伏基地并网发电之际

■ 本报通讯员 张旌晴

▲ 蒙西蓝海光伏电站航拍图。

穿梭在鄂尔多斯高原向毛乌素沙漠过渡的地带、鄂托克前旗境内，一片标注着“沙戈荒”“采煤沉陷区”“荒漠化草场”标签的曾经沉寂的土地，如今被590万余块光伏组件铺设成一片10.5万亩的“蓝色海洋”。

从高空俯瞰，光伏板连绵起伏，宛如一朵巨大的马兰花在沙漠中绽放，而由这些光

伏板所发出的绿电沿着昭沂直流“蒙电入鲁”大通道，跨越1300多公里，把电力输送到东部沿海地区的千家万户。

沙漠里“种太阳”，沙海变为能源“蓝海”。11月5日，国家第二批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目之一，也是目前全国单体规模最大采煤沉陷区光伏基地——国电电力蒙西蓝海

光伏电站实现并网发电。这是“十四五”时期加快推进“沙戈荒”光伏基地建设的又一重大成果。

这场“沙戈荒”的绿色革命，不仅改变了这片古老沙地的面貌，更为我国建设新型能源体系、构建新型电力系统，探索“火电+光伏”深度耦合模式，实现传统能源与新能源打捆联营提供了新路径、新范式。

沙漠种光

打捆联营的绿色行动

2022年1月24日，习近平总书记在中共中央政治局第三十六次集体学习时强调，要加大力度规划建设以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体的新能源供给消纳体系。

2022年，国家发展改革委、国家能源局发布《以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局方案》，明确到2030年我国将规划建设风光基地总装机规模约4.55亿千瓦，其中，“十四五”时期规划建设总装机约2亿千瓦。

国家能源集团立足自身资源分布特点和一体化产业优势，统筹布局、超前谋划，紧扣国家发展重大战略，将目光投向“沙戈荒”大型风电光伏基地。2022年11月，开始规划建设装机规模达300万千瓦的蒙西蓝海光伏电站，这也是国家第二批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目之一。

“从项目建设开始，我们就提出‘火光打捆、联合送出’的思路，将光伏基地和上海庙火电厂发电打捆，通过火电厂500千伏线路，将项目年平均发出的57亿千瓦时电量由±800千伏特高压直流输电送至山东临沂消纳。”国电电力工程建设部副主任闫喜宏介绍道。

新型电力系统清洁高效、灵活智能，显著特征就是新能源在电源结构中占据主导地位。当前，是加快构建新型电力系统的关键时期。今年前三季度，我国可再生能源发电新增装机2.1亿千瓦，新能源在电力系统比重明显提升，如何促进新能源高效消纳成为保障新能源大规模可持续发展的核心问题。

国电电力上海庙公司建有四台采用国内技术领先的大容量、高参数、超超临界、超净燃煤发电技术的百万千瓦机组，其中三台已具备20%深度调峰能力，可实现20%至100%的灵活调峰，为光伏基地发电做好保障。

早晚用电高峰时，光伏发电少，火电多发电，保证电力供应顶得上；白天日照充足时，火电少发电，保证光伏发出足够的清洁电力，平衡电网稳定的同时，一定程度还能保障昭沂直流不低于51%的绿电比例，“火光打捆”就得以实现。

火光联营，难在火电。灵活调峰时频繁启停机组，负荷大范围变动，机组寿命和燃煤损耗随之增加，会对机组安全产生直接影响。在联营打捆的模式下该如何解决这些问题？

坚持目标导向，找准方法路径。上海庙公司制定一系列灵活调峰机组优化策略：降低送风和助燃风速，提高热风温度；优化水循环系统，实时监控锅炉金属壁温变化；优化火焰监视系统；实行分级燃烧……上海庙公司生技部主任李磊告诉笔者，他们已经制定并逐步实施改造方案，最大程度保证机组低负荷运转时锅炉稳定燃烧。

大规模高质量建设光伏清洁发电和优化支撑配套的灵活性火电项目，实现传统能源与新能源打捆联营，构建供给消纳新体系，在满足多元化用能需求的同时，有效提升了能源利用效率，为新型电力系统建设提供强有力的支撑，助推我国能源结构向更“绿”、供应韧性向更“强”、产业体系向更“新”发展。

绿色重生

生态治理降碳减污协同推进

一片片光伏板泛着银色光芒与金色沙海交相辉映，铺展在曾经荒芜的沙地上，板下藏着一派盎然生机。成群的牛羊低头觅食悠闲惬意，绘制出一幅“农牧光”的新图景。

“去年年初刚来的时候，整片区域还是一片沙海，虽然是牧民的草场，但常年光照很强、降水又少，周边也没有遮挡物，只有像草木樨、沙地柏这种非常耐旱的植物才能勉强生长。”国电电力工程建设部主任朱传兴回忆起刚来时的情景，感慨地说。

生态环境保护是新能源产业高质量发展的应有之义。在实现“双碳”目标、开发新能源项目的背景下，更要坚定不移走好生态优先、绿色发展道路，走出一条新能源产业与生态保护协调发展之路。

对于当地牧民来说，草原是“第二个家”，畜牧业是收入的主要来源，把土地租出去大规模施工建设，会不会破坏草场生态环境，是他们最担心的事情。

内蒙古综合能源的建设者一次次走进草场，实地讲解新能源建设的好处，与牧民们促膝而谈，告诉他们选用钢材材料代替传统混凝土作为光伏支架基础，相比混凝土预制桩，打桩直径由400毫米降至100毫米，会大大减少对草原生态的破坏，得到当地牧民的广泛认可。同时，在国内首次大规模应用H型钢桩基，打桩时不需要引孔、焊接，避免作业时带来草原火灾风险；使用延展性更好的柔性支架，松弛地敷设电缆，适应地面的波动起伏，应对沉陷可能产生的拉扯。

项目建设后，光伏板有效减少阳光直射草地，有效降低地面水分的蒸发量，土壤湿度增加，植被长得更加茂盛，周边牧民经常把羊群赶入光伏电站内吃草。

内蒙古综合能源还在地表原生植被较多的区域种植紫花苜蓿及沙打旺，在地表原生植被较少区域种植耐旱性更好的草木樨、沙地柏和籽蒿，一共播撒针茅和羊草等草籽2300公斤，覆盖面积约2100亩，为牛羊提供更优良的饲料。

这样一来，牧民能获得土地租金，牛羊有更茂盛的草吃，收入是往年的三倍多，一举三得，其乐融融。

走进光伏板组件之间，还能看到上海庙公司种的柠条。他们告诉笔者，柠条的适应性很强，耐旱、耐寒还抗高温，是优质的水土保持和防风固沙的灌木树种，长到一定高度还能回收作为火电厂的生物质掺烧原料。据了解，2024年9月，上海庙公司已完成10%生物质掺烧试验，单台磨煤机每小时可将45.6吨生物质燃料送到锅炉内，实现生态治理和降碳减污协同推进。

集并网发电、种植养殖、植被恢复于一体的立体化开发、多场景应用的“光伏+”，构建出“新能源发电、生态修复、农牧光互补、乡村振兴、工业和生态旅游、荒漠治理”多位一体循环高质量发展的新模式，实现了人与自然和谐共生。

新质引领

“沙戈荒”变身“能源沃土”

当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展，技术创新进入前所未有的密集活跃期。风光大基地建设不仅是一场能源革命，更是新质生产力发展的生动实践。在这片广袤的土地上，创新应用与绿色发展并驾齐驱，推动着能源产业大步转型升级。

国电电力蒙西蓝海光伏电站所处的“沙戈荒”生态环境恶劣。西北地区冬季严寒，今年雨水又多，建设周期相对更短，而且在项目西区，大概有15%的区域为煤矿待采区，一旦开采会对地面产生扰动，或有轻微沉陷，对建设安全性和设备性能要求更高，所有这些，都是项目建设需要考虑的问题。

14个月，面对如此大规模大容量的项目建设、更高要求的建设质量，如何把这片“不毛之地”变成“能源沃土”，将不可能变成可能？管理手段和创新应用必不可少。

项目整体新建6座220千伏升压站，桩基总共205.74万根、光伏支架共21.52万套、光伏组件共598.68万块、集中逆变器312台、组串逆变器6242台、箱变906台、电缆共3.24万千米。项目经理李晋原告诉笔者：“基建高峰期时有3000多名作业人员在现场，施工现场安全管理点多面广、安全监管极其困难。当时，我们只有26人在这里负责管理，是一项巨大的挑战和考验。”

“无人机”“RTP视频流媒体服务与图像识别技术”“电站三维实景模型自动分析计算技术”，可谓项目智慧管理的“三巨头”。对危险区域入侵、未戴安全帽、高处作业未系安全绳等不安全行为进行自动识别与违章提醒；全面监控和管理施工质量、施工安全、施工进度；计算桩体垂直度、出露高度、桩体间距、组件安装角度，并输出偏差及安装质量报告，建设者可及时对偏差进行调整。

施工人员、现场安全、工程进度的智慧管理是一方面，如何应用创新手段加速项目建设、减少建设成本同样不可忽视。为此，项目在全球首次提出“一体化支架+组件施工”技术。组装机机器人利用吸盘将支架与组件吸放到平台上，仅三人便可完成支架与组件拼接。与传统方式相比，降低成本0.01元/兆帕，提高施工效率25%。

国内首次大规模使用N型组件。项目使用容量约250万千瓦的N型组件，为全国占比最高。相较于传统使用的P型组件，在降低全寿命周期衰减的同时可提高发电量2%，对下一代晶体硅电池发展具有重要示范意义。

国内首次大规模应用稀土合金新型接地材料。较传统热镀锌扁钢接地材料，长度由以根计数的6米变为以卷计数的500米，与大面积铺设更匹配，不需要焊接连接，在大幅提升施工速度的同时节约成本约30%。

如今，再次凝望这片土地，看到的不再是荒芜与沉寂，而是活力与希望。沙海变蓝海不再是一个愿景。在这场绿色革命中，看到了国能人对国家战略的深刻理解和坚定执行，看到了科技创新与生态保护的完美结合，看到了能源转型与社会发展的协同进步。

这不仅是对“沙戈荒”“采煤沉陷区”的一次深刻变革，更是点亮“沙戈荒”的绿色奇迹，坚定走向清洁能源更远的未来。

蓝海光伏项目 建设中的“五新”应用

1.“一体化支架+组件施工”技术

全球首次提出、具有自主知识产权的“一体化”设计组件和支架之间的连接方式，通过创新设计的安装槽实现四边紧固连接，檩条以上的支架通过承插式连接方式实现拼装，形成光伏组件及支架一体化模块结构。该连接方式利用组装机机器人在场外安装形成一体化模块，实现大规模机械化作业。



▲ 工作人员正在搭建光伏模块拼装工棚。

与传统组件相比，一体化结构综合成本降低0.01元/兆帕；光伏组件厚度尺寸小，能降低运输成本；提升安装效率25%，有效保证安装质量。

2. 平单轴和H型钢桩

平单轴



▲ 建设者在紧固平单轴螺栓。

利用平单轴架设光伏组件，组件便可以如向日葵一般追逐阳光，可提高约8%的发电效率。

H型钢桩

相比混凝土预制桩，H型钢打桩直径由400毫米降至100毫米，可承托同等面积和质量的光伏板，有效减少混凝土桩对草原的污染和生态破坏，不需要引孔和焊接，可避免作业带来火灾、触电风险。在电站安全运营25年后，约90%的钢管桩还可用作钢材回收，较传统混凝土桩的垃圾产生量减少约60%。

3.N型光伏组件



N型光伏组件 VS P型光伏组件
N型单晶电池极限效率高于P型，具有寿命高、无光致衰减、弱光响应好、工作温度低等优势。相同版型下，N型组件拥有更高功率，可节约相应成本，提高项目发电量。

蓝海光伏电站国内首次大规模使用N型组件，使用容量约250万千瓦。根据实际测算，N型双面组件相较于P型双面组件，资本金收益率高0.55%，年平均利用小时数高2.3%。N型光伏组件的应用可降低组件全寿命周期衰减，有效提高2%的发电量。

4. 稀土合金新型接地材料

材料性能



具有更好的热稳定性和耐腐蚀性，有害物质进入土壤的风险更小，更加环保。

安装优势

安装方式为机械连接，不需要焊接。该材料埋到项目地下形成地下接地网，相比传统材料，安装更加方便，可减少人工成本、施工成本，提高施工速度。

使用稀土合金接地材料相较于使用热镀锌扁钢接地材料，可以节约成本约30%，可减少或消除触电、职业病危害、环境污染、草原火灾等多种安全隐患。

5. 智慧运维系统

蓝海光伏电站应用智慧运维系统，构建光伏能效闭环的智慧运维体系，可提高设备智慧化管理水平，采用“无人机+无人车”智能太阳能板清洁装置，预期可实现全天候光伏组件自动清洗，减少80%以上人力，每年节约人力成本约200万元，节水量达90%以上；高标准建设运维中心一体化管控系统，提升基地电力产业数字化智能化绿色化水平和能力。