

采煤区“长”出光伏地

在内蒙古鄂尔多斯市鄂托克前旗境内，坐落着一座占地约105万亩的光伏电站——国家能源集团国电电力蒙西蓝海光伏电站。这座电站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，也是全国单体容量最大采煤沉陷区光伏基地。11月5日，该电站正式并网发电，为当地能源供应再添绿色保障。

为啥要在采煤沉陷区建光伏电站？位于采煤区的光伏电站如何更好适应当地地势？发出的电力如何实现充分消纳？本报记者前往项目现场进行了采访。

位于内蒙古鄂尔多斯市鄂托克前旗的蒙西蓝海光伏电站如同一片蓝色的海洋，源源不断地输送绿色能源。

环境友好，打造“光伏+生态”双赢模式

秋意正浓。在国家能源集团国电电力蒙西蓝海光伏电站内，一排排光伏板鳞次栉比。行车穿梭于这座电站，只见光伏板在日光照射下熠熠生辉，一眼望不到“蓝海”尽头。

“这个电站安装了590多万块光伏板，装机容量达300万千瓦。电站总占地面积超过10万亩，面积相当于1万个标准足球场。”国家能源集团国电电力综合能源内蒙古有限公司项目经理李晋原告诉记者，“更形象地说，这些光伏板的占地面积相当于铺满北京城区二环内的面积规模。”

地处蒙陕宁三省区交界处的毛乌素

沙地腹部，蒙西蓝海光伏电站“坐享”丰富的新能源资源。这里年均日照小时数长、风力较强，是名副其实的新能源富集区。而从全国范围看，加快建设风电光伏大基地，正是中国实现能源低碳转型的重要路径之一。根据国家发展改革委、国家能源局发布的《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》，到2030年，规划建设以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风力光伏基地总装机容量达到455亿千瓦。

在“沙戈荒”地区建光伏电站对环境是否友好？

李晋原告诉记者，“沙戈荒”上建光伏，不仅能更好地利用能源资源，还能起到良好的生态修复作用。“建设光伏之前，蓝海光伏电站所处的沙漠区植被稀疏，只有牧民带着羊群在少量草原上放牧。在沙漠上架起光伏板，能遮挡大部分阳光，大幅减少了板下土地水分蒸发。我们清洗光伏组件的水顺着面板流到地下，还能促进草地生长。”李晋原说。谈话间，记者看见不远处的光伏板下羊群成堆，正在惬意吃草。

“建设光伏电站的过程中我们也十分重视环境保护。”李晋原介绍，通常情况下，光伏项目建设往往采用现浇混凝土施工，但蒙西蓝海光伏电站不采用常规混凝土，而是选用钢材料作为光伏支架基础，光伏区桩基使用钢材料比例达99%。相比于混凝土预制桩，其打桩直径由40毫米降至100毫米，显著减少了对草原生态的破坏。“我们在光伏区种植苜蓿等作物，实现‘光伏+生态’共赢。不仅能够显

著改善环境，牧民还能通过出租土地，再增加一份收入。”李晋原说。

因地制宜，针对采煤沉陷区地质创新光伏部件技术

从种树到“种”新能源，“沙戈荒”地区正从曾经的不毛之地转变为发展新能源的沃土。不过，“沙戈荒”地区虽拥有丰沛的风光资源和大片生态红线区外的未利用土地，由于其地理位置和生态环境独特，要规模化开发新能源，仍存在不小挑战。

“选址首先是个问题。在‘沙戈荒’建光伏基地，首先坚决不能触碰生态红线，在此基础上还要尽可能利用难修复的土地，变‘废地’为‘宝地’，这对于项目建设提出了极高要求。”国家能源集团国电电力发展股份有限公司工程建设部副主任闻喜宏说。

根据自然资源部、国家林业和草原局、国家能源局发布的《关于支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知》，建设大型光伏基地，应引导项目合理布局，鼓励利用未利用地和存量建设用地发展光伏发电产业。“在严格保护生态前提下，鼓励在沙漠、戈壁、荒漠等区域选址建设大型光伏基地”“对于油田、气田以及难以复垦或修复的采煤沉陷区，推进其中的非耕地区域规划建设光伏基地”。

“我们的项目就处于采煤沉陷区，地下有丰富的煤炭资源，随着未来煤炭开采工作的不断进行，有可能出现地面

沉降等情况。因此，在项目建设阶段就要充分考虑如何适应当地地质，创新设计光伏部件。”闻喜宏说。

置身于蒙西蓝海光伏电站现场，记者看到一座座约2米高的支架撑起一块块蓝黑色的光伏板。从外形上看，这些钢材料支架并不起眼，然而，它们却个个“暗藏玄机”。

“我们设计了一部分柔性支架，能够有效防止沉降。在大部分待采区，我们开展了一系列适应性设计方案研究，比如煤炭开采后地面可能会沉降多深，一旦出现沉降支架该如何自动纠正等。这些专门为采煤沉陷区设计的光伏支架，结合卫星纠偏技术长期观测，能够在地面出现沉降时及时纠正，保障采煤区上光伏电站的稳定运行。”国家能源集团新能源技术研究院有限公司二级研究员杨斌说。

除了因地制宜创新光伏支架技术，蒙西蓝海光伏电站项目还在提升基地建设效率方面下了不少功夫。要知道，“风光”基地通常面积广、施工难度不小，如何保质提效也是推进基地建设的突出课题。

在该电站一座工棚下，记者看到一组机械臂正在快速作业。“这是我们的光伏组件和支架一体化预装现场。”杨斌告诉记者，对于常规固定支架式光伏发电系统，其组件和支架通常采用单独设计、单独供货方式，安装施工效率较低。

“我们利用了多项创新技术，实现光伏板和支架一体化融合。不同于传统光伏组件安装需要一颗颗‘拧螺丝’，一体化组件预装只需要把面板和支架的‘折耳’扣紧，就能快速完成组装，实现光伏方阵少人化、高效化、机械化，能提高施工效率25%，这种安装方式在国际上还是首次大规模应用。”

电力外送，西部绿色电力为东部地区用能提供保障

建设风电光伏大基地，不仅要考虑绿电“怎么发”，还要明确发出的电“怎么用”。

闻喜宏介绍，蒙西蓝海光伏电站是国家“西电东送”内蒙古鄂尔多斯上海庙至山东临沂±800千伏特高压直流输电工程重点配套项目。“电站发出的清洁能源和集团上海庙公司电站所发的火电‘打捆送出’，既保障了光伏发电充分消纳，也能起到能源保供的作用。”闻喜宏说。

机组负荷，主汽压力，主汽温度……在距离蒙西蓝海光伏电站数公里外的国家能源集团国电电力上海庙公司，记者看到一面大屏幕上实时记录着当天的机组运行情况。该公司电力运行部副主任郭海军介绍，公司电厂有4台1000MW机组，采用国内技术领先的大容量、高参数、超超临界和超净燃煤发电技术。

“发展风光大基地、积极利用新能源是能源转型的重要举措，但与此同时，煤炭仍是我国的主体能源，用好火电的兜底作用对于能源稳定很重要。”郭海军说，为做好蒙西蓝海光伏电站和上海庙公司电厂“火光打捆”电力外送，公司屡次开展机组负荷深度调峰摸底试验。

“做好低负荷调峰能力准备很关键。光照强、光伏发电量大的时候，要把火电‘调下来’，到了夜间缺光、光伏发电量小的时候，火电又要及时‘顶上去’。在利用火电调峰的同时，还不能让机组轻易‘停机’。目前，我们已经完成了3台机组20%负荷深度调峰摸底试验，试验期间锅炉燃烧稳定，烟尘、氮氧化物、二氧化硫排放都低于要求值。这意味着火力发电和新能源发电能‘打好配合’，对于保障供电稳定性意义重大。”

“不仅火电能给新能源发电做好‘兜底工作’，我们在蒙西蓝海光伏电站光伏板下种植的抗沙植物柠条，还能送到火电厂进行生物质掺烧，以此降低发电使用的化石燃料比例，达到降碳减污的目的。”闻喜宏说。该光伏电站并网后，预计年发电量可达57亿千瓦时，绿电送往山东消纳，可满足200万户居民一年的生活用电，为东部沿海地区经济社会发展提供绿色能源保障。■

(文章来源：人民日报海外版)

全球超高海拔地区最大风电项目并网

巍峨的喜马拉雅山脉北麓，壮阔的雅鲁藏布江南岸，青藏高原横断山脉的皱褶间，蕴藏着中国最极致的“风”“光”。11月14日，由中核汇能西藏公司投资建设的中核萨迦30万千瓦风光储一体化项目全容量并网成功，其中风电场区最高海拔为5194米，是目前全球超高海拔地区单体容量最大的风电项目。

该项目是我国在风光储一体化领域的又一重大突破，也是中核集团积极应对全球气候变化，推动西藏能源结构高质量转型发展，提升西藏电力保障能力、加快绿色转型发展，将西藏建设成国家清洁能源基地的生动实践。

在新能源项目中，一般将海拔3500米的地方称为超高海拔地区。据了解，该项目光伏场区平均海拔4500米，风电场区平均海拔5000米，总装机30万千瓦，其中风电机组容量20万千瓦，光伏装机容量10万千瓦，并配套建设1套储能系统，年平均发电量超57亿度，相当于每年可节约标准煤约16.42万吨，减排二氧化碳约4534吨，减排二氧化硫约4501万吨。

投产运营后，风电、光伏和储能将构建一个巨大的绿色“充电宝”，形成多能互补能源格局，实现可再生能源的最大化利用，上网电量占日喀则市用电负荷20%，为日喀则市乃至西藏自治区域提供坚强电力支撑，有效补齐水电夏盈冬缺、光伏发电昼夜缺的短板，保障人民群众冬季供暖和电力安全供应，为全球超高海拔地区新能源项目开发提供了宝贵经验。

迎风而上 挑战极限

虽然高海拔地区的风大，但是由于空气密度低，风就变得“有气无力”。如

何让“低风力”吹出“高效益”，精准选出机组的位置显得尤为重要。为此，设计团队利用地理信息系统和气象数据分析技术，历时六个月，最终确定40台机组的选址。

机组分散在100平方公里的10处山头，东西长约15千米，南北宽约7千米，蜿蜒横布在沟壑之间。2023年8月，该公司突击队队员每天背着近10公斤的设备，总共接近400公里的徒步摸排，20天完成了40台风机的测量放线和15万多块光伏板矩阵的定位下桩。

施工现场地势较高，山路狭窄，只能保证大型运输车辆单向通过，上山下山单向车程近1小时。为了让重达500吨的机组，长达90余米的叶片等大型材料设备准时完好运至施工现场，建设团队采取了分段式运输与现场组装策略，确保了施工的连续性和高效性。

乘风而起 协同攻坚

施工现场年平均温度在5-6℃，为了给“不抗冻”的混凝土保温，项目团队在基坑周围搭建了保温棚，给浇筑好的风机基础盖上了“大棉被”，团队通过首台风机基础的浇筑，积累了大量经验，4个月完成所有风机的浇筑工作。

项目起重机械安拆、风机吊装等最高作业点海拔5194米，最大起重量达到130吨，风机吊装恰逢萨迦的雨季，降雨与强风持续进行，立稳“大风机”绝非易事。

“施工人员需要严密监测风速，确保吊装作业的风速严格控制在10米/秒以下。”中核二二萨迦项目经理张静介绍，“有时通过测风软件预测中午或下午风大，为了在上午完成全部吊装作业，凌晨4点就要上山准备吊装，能看到风机与太阳一起缓缓升起。”

针对超高海拔风力资源特性，项目采用了可以根据风速自动调整叶片角度和转速的智能机型。同时选择叶片长度更长的风机产品，加大机组扫风面积，增强捕风能力。在正常运行下，单个风机叶片每转动1小时可产生电量5000度，满足4个普通家庭的一年用电需求。

2024年11月，项目团队对风电机组、光伏电站和储能系统开展了联合调试。同时依托智能化运行管理平台，24小时采集设备发电量、设备状态、环境参数等运行数据，并实时根据能源需求和供应情况，自动调整风能、太阳能和储能的输出比例，实现能源的优化管理。

与风共舞 加强联动

项目所在的萨迦县是喜马拉雅山脚下一座不起眼的小城，萨迦居民主要收入来源为农业和畜牧业。

作为中核集团的西藏窗口单位，西藏公司积极承担央企援藏的重要任务。项目建设过程中，西藏公司与当地政府积极开展合作，积极架起援藏“连心桥”，带头开展党建共建、捐赠慰问，主动为当地居民提供就业岗位，开展捐赠帮扶和安全知识宣讲等各种公益活动。项目建成后，预计在项目全周期内（20年）缴纳近75亿元所得税，平均每年提供15个就业岗位。

在规划建设阶段，项目团队将风机的选点确定在山脊线上，减少对当地居民放牧的影响。在施工过程中，限制施工机械的活动范围，设置绿网、围栏等临时的植被保护屏障，以防施工活动对植被造成直接的伤害。施工结束后，项目迅速启动受损植被的修复与补植工作，最大限度地减少对环境的破坏。■

(文章来源：中国核工业集团有限公司)

亚洲首个深地盐穴大规模储氢项目开工建设

■ 张宏怡

11月16日，中国平煤神马集团深地盐穴大规模储氢项目开工仪式在叶县举行。该项目依托中国平煤神马集团丰富的岩盐资源和成熟的制氢、输氢和用氢产业链，建设亚洲首座地下大规模盐穴储氢库。

氢能是我国能源转型升级的重要战略选择。到2030年，氢能将占我国消费能源的5%，2060年需求量将从当前的每年3500万吨增长2至3倍，在整体能源体系中达到15%~20%。随着氢能产业的扩大，加强氢能的存储和运输将成为制约氢能大规模发展的主要瓶颈。

“盐穴因具有密封性能好、储氢规模大、成本低、安全性高等优点，是最具潜力的储氢方式。”中国工程院院士杨春和说，中国平煤神马集团率先开展深地盐穴大规模储氢工程，它将成为我国地下储氢建设的示范工程，揭开我国地下大规模储氢的新篇章。

该项目位于中国平煤神马集团下属联合盐化公司矿区优质盐田，盐层顶部位于地下约1030米，设计钻井深度1480米，利用采卤后形成的盐穴，把氢气注入到盐穴内。其氢气主要来源于该集团下属氯碱

股份公司，配套建设氢气集注站及输氢管道和输卤管道。

据中国平煤神马集团副总经济师、深地盐穴大规模储氢项目组副组长梁五星介绍，该项目总投资7772万元，由中国平煤神马集团、中科院武汉岩土力学研究所总体协作，联合盐化公司具体负责，中国石油勘探开发研究院等3家单位参与设计，渤海钻探工程有限公司等3家单位组织施工。项目计划2024年完成盐穴储氢井钻井，2025年4月完成水溶体积大于3万方盐穴腔体造腔和地面管线建设，2025年6月完成150万标方氢气注气排卤，2025年9月完成盐穴储氢中试。

中国平煤神马集团总经理李延河说：“该项目建成后，必将为集团补齐输氢储氢短板、打通氢能‘制-储-输-用’全产业链条、加快进军氢能产业领域奠定坚实基础。我们致力于打造‘地下储存+掺氢一体+多途利用’的氢能产业示范项目，不断探索拓展天然气掺氢、绿氢制取、绿色甲醇、氢气重卡等多元化用氢场景，努力为行业加快破解氢能产业卡脖子难题、助力我国可再生能源高效利用提供平煤神马样板。”■