

全国单体规模最大 采用多项先进技术

库布其光伏治沙的新亮点

叶晓楠 杨佳熙

深夜的库布其沙漠抬头可见点点星光，繁星之下，几百万块紧密相连的光伏板犹如深蓝色的海洋，远处的升压站楼和设备室里灯火通明，一场送电并网的操作正在进行。

2023年11月29日，“十四五”时期第一批开工建设的大型风电光伏基地项目之一——蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目成功并网。这是目前中国单体规模最大的光伏治沙项目，年均生产绿电约41亿千瓦时，每年可节约标准煤约123万吨，减少排放二氧化碳约319万吨。该项目还同步采用了微创气流植树法、风向数据法、无人机飞播等先进技术，修复治理沙漠面积10万亩。随着项目的建成，当地的生态环境得到了改善，夏天的时候，多彩的波斯菊在库布其沙漠的公路边竞相绽放。

从漫漫沙海到“蓝色海洋”

奔腾的黄河，在华夏大地上“写”下一个大大的“几”字后，一路向东，流向大海。在“几”字顶部内侧，是中国第七大沙漠——库布其沙漠。蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目就位于沙漠腹地的内蒙古自治区鄂尔多斯市杭锦旗独贵塔拉镇，在这十万亩沙漠里并网发电。

“光伏与治沙有着先天的资源互补优势。”项目建设负责人赵金泉向本报介绍：“沙漠面积广阔、日照充足，为光伏发电提供了所需的土地和光照资源。光伏板吸收太阳光线，遮挡日照，减少沙漠水分蒸发，还能够有效降低风速，很好改善植物的生态环境。”

2022年6月，三峡集团的建设者来到这片茫茫沙漠，开始了“光伏+治沙”的生态治理之路。历经一年多的时间，由200万千瓦光伏电站和10万亩沙漠治理生态建设工程组成的项目建成并开始运转。

在荒芜的沙漠中进行工程建设，并非易事。“这里只有漫天风尘和遍地黄沙，风大时刮得人站不稳。”这是赵金泉对库布其沙漠的最初记忆。

防风固沙，是库布其光伏治沙项目迈出的第一步。首先，要用上百辆的推土机将沙漠推平整，得到大片平整的沙漠后才能便于57万根桩腿的固定，以及约440万块光伏板的安装。在项目期间，施工人员还会在光伏场区同步铺设芦苇沙障防风固沙。

项目相关负责人张海滨记得，2023年10月底，库布其光伏治沙项目光伏组件安装工程顺利完成，光伏发电区固沙工程随即全面铺开。在地面，一辆辆满载干芦苇的卡车开进光伏场区，工人把芦苇均匀地铺撒在整个场区，形成防风固沙的芦苇沙障；在空中，一架架无人机往来穿梭，把21万斤羊柴、花棒、沙米、沙打旺等植物种子均匀播撒在光伏场区。

搭建好光伏板，只是电站建设的一环。为了保证所发电力平稳送出，项目还需要搭配建设升压站和储能系统。项目共建设了3座光储升压站，阳光在光伏板上转化为电能，顺着千万条集电线路汇集到升压站。

2023年11月29日，蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目成功并网。如今，这片漫漫沙海，变身成为由约440万块光伏板组成的一眼望不到边的“蓝色海洋”。

并网成功的那天是最让建设者李金冬难忘的日子。当天，她在朋友圈这样写道：“蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目是我入职以来参与的第一个项目，作为它的建设者，从开建到竣工，见证了它的成长。在合闸送电的那一刻，一想到这里送出的电会点亮千家万户，作为一名电力从业人员，我的自豪感油然而生。”

多项创新技术崭露头角

作为全国单体规模最大的光伏治沙项目，库布其光伏治沙项目应用了多项创新技术，使建设得以更顺利地展开。

“库布其光伏治沙项目是中国首个在沙漠区域大面积应用柔性支架材料的光伏治沙项目。”项目工程负责人王继业说：“柔性支架最低沿离地3米，支架跨度32米，为项目实施‘板上双面发电、板下双层生态、板间双层养殖’的立体生态光伏治沙模式做好准备。”

通过双玻组件实现板上双面发电，可增加发电量5%—10%；板下种植优质牧草和药材等作物，实现立体生态种植；板间运用先养鸡后养羊的“畜禽草耦合”治沙技术实施养殖，畜禽粪便还田治沙改土，实现“板上发电、板下种植、板间养殖、治沙改土、乡村振兴”的“光伏+”多重效益。

光伏板下，一大群鸡正在悠闲地散步、觅食，时不时发出欢快的鸣叫声，为寂静的沙漠带来勃勃生机。据王继业介绍，这是库布其光伏治沙项目打造的1000亩沙漠养鸡养



图①：从空中俯瞰位于内蒙古自治区鄂尔多斯市杭锦旗独贵塔拉镇的蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目。

图②：图为蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目的光伏板组成的“蓝色海洋”。

图③：随着蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目的建设推进，库布其沙漠中升起一片片光伏板，出现了一片片绿化景观。

图④：这是库布其光伏治沙项目打造的1000亩沙漠养鸡养羊项目，首批养殖5000只，将新能源发电产业同沙漠生态治理以及现代农牧养殖业有机结合。

（以上图片均由内蒙古库布其光伏治沙新能源有限公司供图）

殖项目，首批养殖5000只，将新能源发电产业同沙漠生态治理以及现代农牧养殖业有机结合，进行生态保护和经济发展兼顾的良性循环体系的初步探索。

微创气流植树法、风向数据法、无人机飞播等创新技术被成功应用到治沙工程建设中。治沙过程中，工程师根据风向大数据模型精准规划，指导工人定位种植，促使风

吹、树挡、沙降的自然力与人力相互作用；工人两人一组，一人手持水枪在沙地上冲出种植微孔，另一人迅速跟上点插树苗，10秒种下一棵小树苗。除了人工播种，无人机飞

播技术也将治沙效率大幅提升。用具有GPS或GNSS卫星定位导航功能的无人机，携带特殊处理的植物种子，通过大数据技术进行高精度、精准计算株行距后，采用弹射方式，将种子从低空弹射进入飞播造林特定立地区域，从而实现飞播造林种草。

经过一年多的治理，治沙工程已完成绿化种植3000多亩、草方格铺设1万亩、芦苇沙障铺设1万多亩。光伏场站外围防风阻沙碳汇林带、光伏发电区防风绿化隔离带以及景观绿化工程等基本完成。

在库布其200万千瓦光伏治沙项目，现场运行人员还结合已有设备使用情况和现场实际使用情况，对箱变安装方式进行了创造性设计，发明了一种箱式变压器安装平台。

通过对旧式箱变安装台进行优化升级，用全新的安装方式架起箱式变压器，可以极大提升空间利用率。库布其200万千瓦光伏治沙项目有600多个方阵，每个方阵都配有箱式变压器，这项设计直接提升了箱变的使用效率。另一方面通过对箱式变压器的优化安装可以有效地解决箱式变压器的泄露油难以清理的问题，进一步提升变压器使用效率，延长变压器使用寿命。

“这种新型箱式变压器安装平台在增加空间利用率的同时，又极大地节约了运行成本，保障变压器长久稳定运行的效果，为整个变压器的安装方式提供了新的思路，也助力了整个光伏治沙行业的发展。”张海滨说。

同时，库布其沙漠光伏治沙项目紧盯光伏发电产业发展方向，打造了首个商业运行的兆瓦级钙钛矿光伏项目。

钙钛矿作为一种新型太阳能电池材料，具有高效、稳定、成本低等优点，是未来光伏技术发展的重要方向之一。库布其光伏项目实现钙钛矿地面光伏项目的顺利并网，为能源领域科技创新贡献力量。“三峡集团将积极推进项目后续运行工作，持续做好运行数据监测记录和汇总分析，全面综合评估钙钛矿光伏组件的设备可靠性和发电特性，并在此基础上继续探索钙钛矿组件在其他典型特征气候环境下的应用，为进一步推广钙钛矿组件商业应用提供数据支撑，为能源领域科技创新贡献力量。”张海滨说。

带来生态保护新模式

库布其沙漠是中国排名第七的大沙漠，生态环境十分脆弱。随着蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目的建设推进，库布其沙漠中立起一片片光伏板，筑起一条条防护绿化带，用全新的生态治沙模式改善沙漠流沙移动、沙尘暴肆虐和绿植稀少等现状，开启了生态产业与光伏产业协同发展的新局面，为实现板下治沙、生态优化、产业发展起到了良好的先导作用。

在光伏板下，大规模的农牧业机械化生产正在有条不紊地进行着。

板下种植了大量牧草和药材，板间运用“畜禽草耦合”的养殖方法。立体生态的治沙模式给这片沙漠穿上了一件保护的外衣，防止沙漠流动。而上面的光伏板，遮挡住了炎炎烈日，降低土地温度，减少水分蒸发，增加土壤水分累积，为板下的牧草和畜牧建造了一个舒适的“家”。

“截至2023年12月底，整个光伏场区全部被芦苇沙障覆盖。等到今年开春，播下的草种冒出嫩芽，整个光伏场区将披上绿色外衣。”赵金泉介绍。

“具体来讲，光伏组件在沙漠中大规模安装，可为地表遮光挡风，减少地表水分蒸发，有效降低风速。项目建成后，可修复10万亩沙漠，年均减少向黄河输沙200万吨，将有效构筑生态安全屏障，保障黄河上游和京津冀区域生态安全。”张海滨说。

库布其光伏治沙项目的建设还有力带动了地方经济和农牧民就业。建设期间，项目吸纳超过1000人次农牧民就业。运营期间，项目通过“公司+农户+合作社”的乡村振兴互助模式，预计每年可稳定吸纳500人次从事组建清洗、板下农作物种植管护、牧业养殖等工作。

独贵塔拉镇居民老刘多年来依靠种地和放牧为生。由于环境所限，他的收入并不宽裕，他也曾想过外出打工，却又放不下需要照顾的家庭。随着光伏治沙项目的建设，老刘注意到了沙漠里出现的“蓝板”，于是报名参加了光伏板的组件安装工作，用勤劳的双手为自己增加了收入。像老刘一样，当地居民的收入不断增加，其他各行各业的经济发展也得到了带动，治理沙地的社会功能得以发挥，取得了良好的社会效益，提升了当地居民的幸福指数。

在库布其光伏治沙项目所在的独贵塔拉镇有一条公路，人们亲切地称之为“花香大道”。随着光伏场站外围防风阻沙碳汇林带、光伏发电区防风绿化隔离带以及景观绿化工程的完成，2023年的夏天，丰富多彩的波斯菊在大道两旁竞相绽放，“花香大道”变得名副其实。

“随着绿化治沙的不断深入，环境的不断改善，这里将持续吸引各类引资开发项目，逐步增强经济发展后劲。此外，项目建成后，犹如深蓝色海洋的光伏区域可打造成旅游观光的景点，吸引游客前往，促进当地旅游业发展。”赵金泉说。

当人们回想起并网的那个夜晚，电话中一声“送电成功”，标志着国内当期单体最大光伏治沙项目开始运行。从漫天黄沙埋入眼，到一片光伏蓝海造福万千，“花香大道”的花香吹进了大家的心田。