



国网宁夏电力超高压公司供图

“宁电”“疆电”“藏电”“蒙电”等，被源源不断地输送到东部。“西电东送”将西部能源优势转化为经济优势，对于合理配置资源、优化能源结构、促进我国社会经济可持续发展具有重要意义。

“西电东送”蹚出一条区域能源合作路

◎本报记者 王迎霞
通讯员 安小霞 张康

相隔1600公里的宁夏和湖南，因为一项特高压直流输电线路工程被紧紧联系在一起。它就是“宁电入湘”工程。

2月底召开的湖南宁夏区域经济合作座谈会上，专家表示，在国家发改委、国家能源局、国家电网公司和湖南宁夏两省区的协同推动下，“宁电入湘”工程短短9个月内取得重大突破。

栽梧桐，“宁电入湘”引凤来

“宁电入湘”特高压工程途经宁夏、甘肃、陕西、重庆、湖北、湖南6个省市区，线路全长1467千米，其中宁夏境内线路长约1046千米。

根据能源合作备忘录，宁夏、湖南双方将共同推进“一线一园一基地”建设。

“一线”即宁夏至湖南特高压直流输电工程，“一园”即新能源装备制造和光伏产业示范园，“一基地”即在宁夏建设湖南新能源和配套能源产业基地，形成规模较大、上下游配套完整的风光储一体化清洁能源及新能源装备产业链。

栽下梧桐树，引得金凤来。“一园一基地”都在宁夏吴忠市红寺堡区落地建设。“宁夏发改委主任李郁华介绍，去年10月，产业示范园正式开工建设，与超过25家企业进行了合作对接，华自科技股份有限公司、哈电风能有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司等7家企业签署了战略合作框架协议；湖南湘投控股集团有限公司、五凌电力有限公司、中国中车股份有限公司等湘企已与红寺堡区签订了新能源开发框架协议，相关前期工作正在推进。

促“双碳”，新能源育新产业

2021年，湖南全社会用电量为2154.5亿千瓦时。按年送电量400亿元至440亿千瓦时设

该工程被列入国家“十四五”电力发展规划，成为“西电东送”工程“三交九重”重大项目之一。

我国煤炭资源主要分布在西部和北部地区，水能资源主要集中在西南地区。“西电东送”就是把煤炭、水能资源丰富的西部省区的能源转化成电力资源，输送到电力紧缺的东部沿海地区。不只是“宁电”，还有“疆电”“藏电”“蒙电”等，都被源源不断地输送到东部。“西电东送”将西部能源优势转化为经济优势，对于合理配置资源、优化能源结构、促进我国社会经济可持续发展具有重要意义。

目前，红寺堡区已签约项目总投资191亿元，其中制造业项目投资70亿元，预计产值超过300亿元，可实现新增就业岗位5000个，税收23亿元。

4月22日，国网吴忠供电公司全面启动储能电站并网前期工作，在大量储能电站接入设计阶段，开始梳理接入吴忠电网储能电站的位置、规模、接入路径、接入方式等关键信息。

作为“宁电入湘”工程重要配套设施，储能电站将以电网侧“充电宝”的形式参与电网运行，提供调峰、黑启动、需求响应等多种服务，能有效实现电网削峰填谷、缓解高峰供电压力、促进新能源消纳，为电网安全稳定运行提供新途径，也为电力外送提供坚强保障。

“我们承接的储能电站并网项目超10个以上，分别布置在吴忠多个330千伏变电站周围。”国网吴忠供电公司发展策划部主任陈建告诉科技日报记者。下一步，该公司将逐步排查接入变电站、变电站间隔及配套设施是否完备，严格把控项目可研方案，并制定一系列专项措施压缩项目前期流程，为储能电站并网提供有利条件。

计，“宁电入湘”工程在“十四五”末投产后，可为湖南增加1/6的用电量。

不仅如此，湖南还将用上来自祖国大西北的清洁能源。“宁电入湘”送的是“绿色电”，其中新能源占比将超过50%，通道年利用率5000小时以上，成为面向“双碳”目标、实现新能源高比例稳定输送的创新工程。

清洁能源是宁夏九个重点产业之一，“十四五”时期规划新能源规模翻一番，达到5000万千瓦以上。此次，宁夏除在送端配套建设煤电400万千瓦，还配套建设新能源1300万千瓦，其中中卫沙湖光伏600万千瓦、红寺堡戈壁光伏300万千瓦、中卫海原风电400万千瓦。

各方都对此充满期待。李郁华表示：“这将带动宁夏新能源上下游制造产业投资1000亿元，新能源发电投资1000亿元，电网配套设施投入1000亿元。”

区域能源合作，为塞上江南带来了勃勃生机。

谋发展，能源合作求“多赢”

20多年来，“西电东送”工程实现了全国范围的资源优化配置，为中部地区经济社会快速发展和环境保护提供了重要电力支撑，同时推动了西部地区能源开发，拉动了当地经济、社会发展。

作为最早实施“西电东送”战略的省区之一，内蒙古早在1993年就提出了“煤从空中走，电送北京城”的能源发展战略。实施“西电东送”的第二十五年，内蒙古东送电量增长近12倍，为自治区及华北地区经济的快速发展作出了重要贡献。

随着时代的发展，“西电东送”技术的科技化、智能化程度正在不断提升，风力、光伏等清洁能源的使用比例也在不断提高。

2017年6月23日，经过24个月的艰苦建设和调试，甘肃酒泉（祁连）至湖南（韶山）±800千伏特高压直流输电工程即“酒湖”工程正式投入运行，标志着我国首条以新能源外送为主要任务的电力大通道正式建成运行。

“西电”是一条崛起之路。至2020年，新疆实施“疆电外送”10年，累计

宁夏是典型的“小省区、强电网、大送端”。这里风光资源丰富，是国家太阳能资源Ⅰ类区、风能资源Ⅲ类区，光伏发电技术可开发量约4.54亿千瓦。位于西北电网东北部的宁夏电网，是“西电东送”北通道的重要组成部分。

近年来，宁夏先后建成1回±660千伏直流线路向山东电网送电，1回±800千伏直流线路向浙江电网送电，3回750千伏线路与内蒙古±800千伏伊克昭换流站相连向山东电网送电，直流电力外送能力达到1400万千瓦。2021年，银东直流、灵绍直流通道利用小时数分别达到7200、6800小时，累计外送电量突破5000亿千瓦时。

以新能源培育新产业，方能换取新发展、提升新优势。湖南、宁夏两省区在相关推进会上明确，将建立完善合作机制，通过能源合作带动产业合作，力争“宁电入湘”工程今年6月正式开工，2023年实现单线送电，2024年实现双线送电。

外送电量3430亿千瓦时，外送电量从年度30亿千瓦时提升至1000亿千瓦时，规模增长了32倍。10年间，国家电网公司在疆投资1368亿元，4条外送通道累计投资842亿元，带动经济效益超过1100亿元，惠及2.5亿人口，直接和间接增加就业岗位2.8万个。

这亦是一条双赢之路。4月11日，“西电东送”重点工程四川白鹤滩至江苏±800千伏特高压直流输电工程，在经过14个月的施工后安徽段全线贯通。起于四川省凉山州布拖县，止于江苏省苏州常熟市，途经四川、重庆、湖北、安徽、江苏5省市的此一工程，是促进国家能源结构调整和节能减排的重大清洁能源项目，工程建成后，每年输送电力超过312亿千瓦时，替代原煤消耗1400万吨，减少二氧化碳排放2500万吨，将为服务长三角更高质量一体化发展、助力“双碳”目标实现提供有力支撑。

东部和西部同频共振，实现共赢。未来，随着送电规模继续扩大，清洁能源比重不断提升，“西电东送”必将取得更大成就。

给分布式光伏发电配上“智能管家”

◎本报记者 张晔
通讯员 黄蕾 董莹

5月13日，110千伏江苏省无锡市东桥变电站屋顶分布式光伏总控系统收到国网无锡供电公司调度指令后，站内光伏逆变器第一时间作出响应，调整发电功率21千瓦。这是国网江苏省电力有限公司（以下简称国网江苏电力）针对分布式光伏发电实施智能调控的一个场景。

分布式光伏发电是将太阳能直接转换为电能的一种绿色能源生产方式。与集中式光伏开发受土地资源约束相比，分布式光伏更加灵活、资源丰富、可就地消纳，更为集约和高效。

随着整县屋顶分布式光伏的推进，江苏分布式光伏发展较为迅速。据国家能源局3月发布的统计数据显示，截至2021年底，江苏分布式光伏累计并网974.9万千瓦，占全省光伏发电累计并网容量的50.89%，成为光伏发电的主力军。据预测，至2025年，江苏分布式光伏装机容量将突破2500万千瓦，相当于2021年苏州市的最高用电负荷。

光伏发电有了“发电预报”

传统的发、供、用电系统，是先测算用户的用

电量，再根据用电量多少去计划发多少电，最后发出的电由电网进行传输。

随着风、光等新能源发电的加速推进，电网的运行模式和传输方式都发生了改变。“现在在很多用户都不再是单纯地用电了，而是变成了‘发用一体’的角色，这就给电网安全运行提出了更高要求。”国网江苏电力设备管理部配电网处处长王卫平说。

实现发电功率精准预测，是国网江苏电力探索出的确保电网安全运行的有效途径之一。去年12月，该公司自主研发并在全国率先建成10千伏以下低压分布式光伏发电预测系统，在不增加任何采集设备的前提下，挖掘现有采集数据价值，实现光伏发电功率“分钟级”预测，准确率达92%以上。

据介绍，在同一区域内，由于气候条件相近，集中式光伏发电和分布式光伏发电具有契合度较高的发电功率规律曲线。而江苏省所有集中式光伏发电项目已经拥有较为完备的采集和监测功能，能够实现“分钟级”精度的预测。依靠集中式光伏发电功率的曲线，就能通过类比和计算，得出相同区域内分布式光伏的发电功率，完成预测工作。

“智能管家”实现全流程管控

实现了分布式光伏的预测，国网江苏电力

2500万千瓦

截至2021年底，江苏分布式光伏累计并网974.9万千瓦，占全省光伏发电累计并网容量的50.89%，成为光伏发电的主力军。据预测，至2025年，江苏分布式光伏装机容量将突破2500万千瓦，相当于2021年苏州市的最高用电负荷。

继续在电网侧和用电侧探索实践，统筹营销、设备、调度等专业资源，打造“智能管家”，在保障电网安全运行的同时，加强分布式光伏发电调控能力。

在电网侧，国网江苏电力建成配电网承载力在线评估平台，为完善配电网结构提供基础支

撑。该平台对全省配电网线路进行数字建模，通过对线路电压偏差、短路电流、线路损耗等指标量化分析，实现光伏接入消纳对电网承载力影响的有效评估，为分布式光伏项目报装等提供决策依据。

据了解，国网江苏电力还将评估结果纳入光伏项目报装、配网改造评审等工作流程，为配电网架升级优化、消纳能力提升、光伏接入点优化提供决策依据。“比如在某地要建光伏项目，我们就可以依据平台对该区域配电网线路的承载力评估结果，帮助企业确定光伏发电容量。”王卫平说。

在用电侧，国网江苏电力基于对分布式光伏的可观可测，经过统一分析计算和电网分层分级协调运行优化等，解决用户“发自自用，余电上网”的电能质量等问题，为后续整县光伏建设和并网接入提供了技术保障。

“之前用自己光伏发电装备发的电，电压有时会偏高。后来供电公司综合治理后，电能质量更加优化了。”连云港市灌南县新民村明州农场负责人王必伦表示，现在他们用上了高品质的光伏电，很放心。

接下来，国网江苏电力将继续完善分布式光伏“智能管家”功能建设，推动新能源并网技术升级，并优化并网流程，提供“一站式服务”，确保屋顶光伏项目便捷、及时、高效并网发电。

新看点

全球首个超稠油油田顺利投产 新技术破解“愁油”开采难题

◎本报记者 操秀英

近日，由中海油研究总院（以下简称研究总院）自主研发设计的全球首个超稠油热采油田——旅大5—2北油田一期顺利投产。这一“首个”背后是我国超稠油开发技术的重要突破。

创新技术，解决稠油热采的水源问题

渤海油田数十亿吨的石油地质探明储量中，有一半以上是稠油。犹如“黑琥珀”一般的稠油在行业中还有一个名字——“愁油”。因黏度大、开采成本高，多年来稠油一直是人类“可望而不可及”的黑色宝藏。将稠油从地层开采到地面再完成输送，对采油技术、流程处理、海管外输等都提出了极高的要求，被公认为是世界级难题。

旅大5—2北油田一期原油黏度为渤海已探明稠油油田之最，是渤海已开发最稠原油的20倍以上，常温下接近固体沥青，根本无法流动。

超稠油的开采可谓让人“愁上加愁”。“尽管研究总院针对海上稠油开发进行的多项研究积累了一些技术经验，但此次超稠油开发中油品超高黏度带来的各种挑战仍让项目组压力巨大。”研究总院旅大5—2北油田一期开发基本设计项目经理窦培举说。

旅大5—2北油田一期是全球首个超稠油热采油田，所谓“稠油热采”，即向地层注入高温高压蒸汽提高地层原油的温度，降低原油黏度，增加原油的流动性，但该技术对蒸汽的品质要求十分苛刻。

海上平台淡水水源难求，只能选择海水或地层水。二者各有优劣：海水淡化能提供的水量更大，但处理流程较长且较复杂；地层水处理流程相对简便，但其中若含油，会导致水处理流程中的膜组件失效，无法生产出合格的水。

如何在降本增效的前提下规避风险？研究人员反复论证，研发出首套海上双水源锅炉水处理系统。该系统使用地层水作为水源，在生产过程中，一旦监测到地层水中含油不再适合作为供水水源，可通过简单的设备更换和管线连接切换为海水水源，投资较传统海水淡化系统降低约30%。

优化工艺，去除原油中的砂粒和水分

超稠油开采的另一大技术难点是如何去除原油中的大量砂粒。项目组创新提出“原油掺热水洗砂+生产水旋流除砂”的工艺流程，巧妙绕开了原油直接除砂的技术难题，采用向原油中掺入热水的方式，大大降低了超稠油的黏度，使原油中掺混的细砂颗粒更容易被“冲洗”到水中，再结合海上油田常规的水处理旋流除砂技术，实现了原油脱砂的需求。

经掺热水洗砂后的油水混合物需要进行油水分离，进一步净化原油及分离含砂生产水。因超稠油和水的密度差很小，彼此“难舍难分”，而且海上平台造价高昂，无法借鉴陆地油田的“大罐静态沉降破乳脱水”的工艺流程。为了解决海上平台热采稠油脱水这一世界性难题，研究总院项目组“十年磨一剑”，自主研发原油静电聚结脱水技术，采用绝缘复合电极专利和分离器结构创新设计，使其能适应含水率超过90%以上的超稠油脱水，脱水效率较常规技术提高30%以上，大幅降低了稠油脱水设备尺寸和药剂用量，实现稠油高效、紧凑、低能耗处理，使超稠油海上处理从不可能变为可行。

提高经济性，把超稠油从地下举升到地上

超稠油如何从地下经济有效地举升到地面上来，是超稠油开采的又一拦路虎。常规方案是注蒸汽时一趟注热管柱，开采时需提出注热管柱再下入一趟生产管柱，这种方法会消耗大量时间和作业成本。项目组经多方案比选论证，创新采用射流泵注采一体管柱技术，代替传统两趟管柱，单井每轮次可减少一次起下管柱作业费用。据测算，26口井8个轮次累计可节约操作费超过2亿元，大幅提高超稠油热采规模开发的经济性。

由于注热前后高低温交变会导致套管损坏、环空窜流、井口升高等问题，严重威胁油气井、平台和海上作业人员安全，项目组创新研发并应用了基于应力应变的热采套管柱设计方法和预应力固井工艺，可有效缓解热采套管柱和井口抬升问题，从而保障热采井筒长效安全，延长井筒寿命以降低全周期成本。

“我们创新的目的是优化工艺、优化流程，提升项目经济性，在安全生产的同时追求效益最大化。旅大5—2北油田一期超稠油热采开发方案设计及后续的实施，践行了从源头降本、用创新增效的理念。”研究总院项目组钻完井基本设计经理谢仁军说道。



图为世界首个海上大规模超稠油热采开发油田——中国海油旅大5—2北油田一期项目 中国海油供图