

探访“东数西算”国家算力枢纽节点——

甘肃庆阳：黄土高原上跃动的绿色符号

■本报记者 林水静

当今世界新一轮科技革命和产业变革加速演进，“算力的尽头是电力”成为全行业共识。随着我国加快建设新型电力系统，数字新基建全面铺开，东部算力需求集中、能源资源紧张，与西部风光富集、消纳不足的矛盾日益突出。2022年，我国“东数西算”工程全面启动，在全国布局八大国家算力枢纽节点，甘肃庆阳位列其中。

庆阳坐落于甘肃黄土堆积最厚、塬面保存最完整的董志塬，境内“油煤气风光”资源共生，为打造全国一体化算力网络国家枢纽节点（甘肃）——庆阳数据中心集群，提供了坚实的能源保供基础。作为八大算力枢纽中起步最晚、发展增速却最快的数据中心集群，庆阳走出了一条属于自己的“算电协同”特色发展之路。

近日，《中国能源报》记者跟随工信部新闻宣传中心“算力中国行”活动赴实地走访，探寻庆阳将瓦特变比特、将绿色电力变智能算力的蝶变故事。

■ ■ 塬上风光，绿电供应源源不断

从北京飞往庆阳，在空中俯瞰，黄土高原特有的塬梁峁交错地貌铺展眼前，千沟万壑纵横交错，连绵起伏的丘陵与深邃的沟壑一望无际，构成了陇东高原最典型的沟壑景观。不时可以看到，原本在地面上巨大无比的风力发电机，此刻化作一个个精巧的白色精灵，沿着起伏的山脊错落排布，在广袤的黄土土地上如繁星点点，勾勒出一道充满生机的绿色能源风景线。

由庆阳环县向西驱车1.5小时，来到海拔约1800米的甘肃电投330千伏冀欧变电站，这里汇集着甘肃电投在庆阳布局的冀欧风电场与冀欧光伏电站，是庆阳“东数西算”产业园区绿电聚合试点200万千瓦项目。在这里，无尽的风光资源化作线缆中奔涌的绿色电流，如跳动的音符，顷刻间输送至80多公里外的750千伏曲子变电站并入国家电网，持续为庆阳“东数西算”产业园输送稳定清洁电力。

“简单来说，绿电聚合就是让新能源发电就近供应、聚合交易、就地消纳。一期项目装机容量100万千瓦，包含75万千瓦风电项目与25万千瓦光伏项目。建成后预计上网部分经营期年均电量为69011.13万千瓦时、发用匹配部分经营期年均电量为92642.96万千瓦时。”甘肃电投庆阳“东数西算”产业园区绿电聚合试点项目经理雷强向《中国能源报》记者介绍，“这不仅能有效降低数据中心的用电成本，项目投产后每年还可节约标准煤约61.67万吨，减少二氧化碳排放约161.57万吨，绿色效益显著。”

据了解，今年1—5月，甘肃电投集团通过优化交易策略，使园区清洁能源消费占比提升至88%，累计降

低园区企业用电成本1300余万元。预计全年将为园区企业降低用电成本3000余万元，这一电价优势每年可为入驻企业节省大量运营成本，显著提升庆阳算力集群的竞争力，而这只是庆阳“算电协同”发展图景中的一个小小缩影。

算力产业离不开稳定能源供给。甘肃省庆阳市数据局提供的一组数据显示，庆阳油气、煤炭、风光资源储量富集：石油已探明的地质储量39.3亿吨，煤炭已探明地质储量229.5亿吨，风光可开发资源量达2220万千瓦。多元能源协同供给，为园区打造零碳算力中心提供充足绿色能源支撑。

■ ■ 云端算力，产业集群竞相发力

在北上广深等人口聚集的东部一线城市，普通人的一天早已离不开各类数字应用：办公时使用的WPS软件，有疑问时求助的DeepSeek、豆包，外出叫车时的滴滴，拍照一键修图时的美图秀秀……这些看似日常的操作，每一次文字生成、图片渲染、云端协作，背后都在持续消耗着海量算力。

数据中心服务器能耗高，运行过程中除需消耗大量电力，还需持续制冷降温。庆阳优越的区位与气候条件，为庆阳集群发展筑牢根基。移动、电信、联通三大通信运营商、中国能建等多家行业龙头企业协同落地、集群布局。

中国移动庆阳数据中心规划建设7栋A级数据中心机楼已建成4栋，可承载算力9.2万PFLOPS，机柜上架率达85%。“今年以来，依托绿电聚合模式，整个庆阳节点用电成本明显下降，吸引了大量市场客户。今年元旦、春节期间业务量迎来爆发式增长，现有机房供不应求。当前在建机房楼栋计划8月底建成，相关客户签约工作已基本完成；另一栋新建机房将于12月投运，项目建设进程整体由旺盛的市场需求驱动。”中国移动甘肃公司算力分公司总经理陈长流在接受《中国能源报》记者采访时说。

中国电信在庆阳建设11条全国骨干线直达光缆。此前庆阳至北京的时延21毫秒，直连线路落地后，最短时延可降至9.5毫秒。“几毫秒的差别，虽然在普通用户的日常使用中难以察觉，但对于人工智能模型推理运算、迭代优化来说至关重要。”中国电信庆阳智算产业园运行维护业务负责人彭静蕾告诉《中国能源报》记者。

来到中国能建庆阳大数据中心主机房，机房采用全年恒温恒湿精密环控体系，运行基准温度稳定控制在25℃及以下，站在机房玻璃围护外侧便能感受到设备散热带来的低温环境。

中国能建庆阳大数据中心运维负责人王林卫告

诉《中国能源报》记者：“截至目前，项目A1、A2两栋数据中心楼已全面投产运营，总算力峰值承载规模约6万PFLOPS。项目依托区域电力市场化交易机制直购新能源电力，实现绿电消纳占比100%。”

新能源场站输出清洁电力，算力园区依托电力运算生成词元(Token)，输送至全国各地，体现庆阳集群壮大数字经济独特作用。据了解，截至目前，庆阳“东数西算”产业园区的算力规模已经突破15万PFLOPS，建成并投用标准机架超10.2万架，吸引了600多家数字经济龙头企业落地注册。

■ ■ “算电协同”，融合发展再上新篇

今年以来，我国加强水网、新型电网、算力网、新一代通信网、城市地下管网、物流网“六张网”规划建设。算力网是“六张网”的重要组成部分，也是数字经济与人工智能发展的核心基础设施。

据甘肃省通信管理局副局长陈平介绍，“十四五”时期，甘肃累计建成5G基站9.5万个，每万人拥有5G基站39.1个，高于全国平均水平；建成5G-A基站3万个，有力支撑甘肃数字经济高质量发展。兰州国家级互联网骨干直联点建成后，省内网间时延降幅高达83.7%。省际互联网出口直联方向达31个，出口带宽扩至46.9T，较“十三五”末增长216.2%。在算力供给层面，庆阳从市级通信接入节点提升为省级核心节点，率先打造出“1—3—8—15ms”高速时延圈——庆阳至成渝6毫秒、至京津冀8毫秒、至长三角12毫秒、至粤港澳15毫秒。

算力规模化落地离不开稳定绿色电力供给，作为

◎ 记者手记

千里奔赴陇东庆阳，穿行于黄土塬梁之间，笔者窥见“东数西算”工程落地的深层密码，也深切感受到一线建设者实干拼搏、攻坚克难的蓬勃力量。

在前往甘肃电投330千伏冀欧变电站途中，不时可见运载巨型风机叶片的货车停靠路旁。因受复杂地形与超大设备尺寸限制，每一趟运输都有工作人员全程步行护送。临近正午，黄土高坡上阳光刺得人格外睁不开眼。站在变电站安全距离外，耳畔仍能听到主变压器低沉浑厚的嗡鸣与线路噼啪作响的电流声。置身这片黄土与数字产业交融的热土，真切感受到电力与算力奔涌向前的时代脉搏。

连绵起伏的塬梁之上，一座座风力发电机巍然挺立，巨大的叶片徐徐转动、俯仰开合，在辽阔蓝天之下勾勒出雄浑壮阔的工业图景。山间光伏

“六张网”另一核心支撑，新型电网建设同步提速。国网甘肃省电力公司发展事业部总经理李成学称，早在2022年，庆阳市政府与该公司共同委托电规总院编制了《庆阳市“十四五”电力规划》。近年来，公司紧密衔接庆阳数据中心集群负荷发展情况，统筹推进各级电网建设，全力满足数据中心供电需要。目前，各项电网重点项目正在按计划节点高效推进，110千伏温泉变电站已建成投运，330千伏德尚变电站及其110千伏配套送出工程、110千伏园区北变电站正在加快建设，预计在今年底至明年初建成投运，工程建成后将大幅提高公共电网为庆阳数据中心集群供电能力，能够有效满足现阶段和今后一段时期内数据中心用电需求。后续，公司将按照前期完成的电网规划研究成果，持续加大投资建设力度，加快配套公共电网建设，提升电网对数据中心安全可靠用电的供电水平。

未来，“算电协同”发展将更加深入，以算力反哺能源系统，实现能源高效集约利用的双向协同模式正逐步成为现实。甘肃省电力投资集团副总经理向涛在接受《中国能源报》记者采访时也表示：“随着供电体系与智能电网的不断发展，电力系统下一步重点发展方向是与数据中心打造成一个智能微电网。不再仅预测风光的发电负荷，还能预测用户的用电负荷，让发电负荷与用户的负荷波动匹配更加精准，能耗更低。”

当前“十五五”规划明确绿色电力与算力统筹布局，能源与数字产业深度融合将迎来全新发展机遇。从董志塬上的无限风光，到产业园林立的智算机房，从国家级算力枢纽到走进千家万户。立足枢纽节点优势，庆阳正走出一条特色的“算电协同”绿色低碳发展之路，为建设数字中国注入强劲动能。

阵列错落铺展、熠熠生辉，风光资源就地转化为源源不断的清洁电力，为庆阳算力产业发展注入纯粹绿色动能。

庆阳“算电协同”的创新实践，把自身优势发挥到最大，搭上时代前进的列车，精准破解东西部算力与能源错配的发展矛盾，为全国算力产业绿色低碳转型提供了崭新路径。凭借全国首个对绿电聚合全新模式的创新探索，庆阳兼顾绿色、成本与效率，有效压低算力产业运营成本，把资源优势转化为产业优势。

眼下，这片厚重的黄土地，正摆脱传统能源发展标签，持续迭代升级数字底座，集聚数字产业动能，沉淀出可复制、可推广的“庆阳经验”，为数字中国建设与全国“六张网”统筹布局，贡献着“西部力量”。

● 关注

雄安新区首条天然气供应专线投运

本报讯 雄安新区首条天然气供应专线——陕京管道雄安新区天然气供应专线工程日前正式投运。据悉，该工程与已供气的蒙西管道形成“双气源”保障格局，为雄安新区清洁能源提供有力支撑。

陕京管道雄安新区天然气供应专线起自陕京二线任丘分输站下游20公里处，终点位于雄县苟各庄镇雄安末站，线路全长5.8公里。全线设置2座站场，设计年输气能力31.6亿立方米。投运后，该专线可将陕京二线天然气供应至雄安新区，助力形成多源多向、互联互通的供气格局，满足新区企业生产用能与居民采暖、生活用气需求。

工程在建设过程中需穿越文安洼蓄滞洪区，这里地下水位高，河流沟渠密布。面对复杂环境，采用定向钻穿越方式进行施工，全线共设置4处非开挖定向钻技术点。管道从地下穿越，地表耕作层不受影响，沿线农田可正常耕种。

据测算，这条专线输送的天然气折合替代标煤约420万吨，减排二氧化碳约462万吨，为雄安新区打造雄安新区绿色发展城市典范、建设宜居宜业未来之城提供有力能源保障。（张扬 韩明润）

我国西部陆海新通道首条零碳货运廊道开工

本报讯 近日，广西横钦高速公路交通融合项目正式开工建设。该项目是西部陆海新通道首条规模化、全链条零碳货运廊道，也是全国首个集“零碳公路+零碳能源系统+生态碳汇”于一体的三位一体绿色低碳交通示范工程。

该项目采用与横钦高速主体工程“同步设计、同步建设、同步投运”的模式，在高速公路沿线布局总装机容量约7.17兆瓦分布式光伏电站，配套储能系统、智能微电网及新型供配电系统，实现光伏发电自发自用、余电储能、智能调配，保障公路能源稳定绿色供给。同时，项目在沿线服务区布设重卡快充站、兆瓦级超充桩、重卡换电站，构建起覆盖全线、高效便捷的绿色补能网络，有效破解干线货运重卡充电难、补能慢的痛点，为大宗货物绿色运输提供坚实能源保障。

项目创新构建多元化生态碳汇抵消体系，通过林业碳汇与红树林碳汇“吸碳”、既有建筑节能改造、生态固碳与节能降碳双向发力等措施，全额抵消高速公路运营期间产生的全部碳排放，推动交通基础设施从“减碳”迈向“净零碳”的实质性跨越。

项目建成后，年均发电量可达655万余千瓦时，年均可减少二氧化碳排放约4万吨，全运营期总发电量预计突破1.9亿千瓦时，相当于9.5万户普通家庭一整年日常用电量。（刘思娟）

走向深远海，风电经济性难题待解

■本报记者 杨沐岩



截至2025年底，我国海上风电累计装机0.47亿千瓦，相比“十五五”规划提出的“到2030年海上风电累计并网装机达到1亿千瓦以上”目标仍有差距。

当前，我国近岸海域可开发利用的风力资源逐步紧缺，向深远海进军已经成为海上风电发展趋势。深远海域风能资源量大，可开发潜力高，但施工难度和成本也随之上升。近期，单机容量16兆瓦的“三峡领航号”漂浮式海上风电平台、世界规模最大海上换流站“海风之心”分别完成安装，代表着我国海上风电从近海向深远海开发迈出关键一步。

未来，伴随漂浮式风电技术完善、风电单机组容量提升、远海输电难题攻克，深远海风电开发难度有望持续下降，“风电+”的发展模式也有望进一步提升项目经济性，让海上风电发挥多元价值。

■ ■ 近海资源逐步紧缺

国能能源研究院预计，2026—2030年，我国年均海上风电装机将新增1000万千瓦左右，较2025年的659万千瓦增长51.7%，高于陆上风电装机增幅。

在地方实践中，海上风电产业也在加速落地。2025年，海南新能源装机突破1200万千瓦，海上风电产业成为当地培育壮大海洋新兴产业、推动能源绿色低碳转型的“牛鼻子”。近年来，也有越来越多的海上风机在海南东方、儋州、临高等地的周边海域建成。而在广东，海上风电装机规模已突破1251万千瓦，居全国首位，带动形成万亿级战略性新兴产业集群，预计到2030年底，当地海上风电装机容量将达3000万千瓦。

当前，我国已并网海上风电项目主要位于近

海，随着海上风电项目用海规模不断扩大，可开发利用资源逐步紧缺。深远海无疑是重要的接续空间，我国深远海风能资源技术可开发量超过12亿千瓦，是近海的3—4倍。与近岸区域相比，深远海的风电可开发潜力更大。同时，深远海风场风速通常比陆地高出25%左右，可发电时间长，效率高。

海南龙源新能源有限公司副总经理黎皓表示，从近海到深远海，风能资源量更大，且风速更稳定、风力更强。但深远海风电开发也面临一定挑战，其中，作业窗口期变少的影响尤其严重。“近海的通达性好，而深远海项目的海洋环境复杂，受天气和海况影响较大。从岸边乘船到深远海的项目，单程可能就要4—5个小时，出发和返回还要考虑潮汐影响，作业时间非常有限，高效施工存在一定挑战。”

■ ■ 投资回报账本难算清

截至2025年底，我国陆上风电达到5.9亿千瓦。海上风电比陆上风电发展晚，技术、管理等方面仍在完善。当前，海上风电主要通过技术创新来降低制造和运维成本，以实现更高投资回报收益。

伴随电力现货市场基本实现全国覆盖，海上风电传统的投资收益模型改变，不得不面对市场化交易带来的收益不确定等一系列新挑战。海南龙源新能源有限公司董事祁延飞坦言：“当前，整个新能源行业要全量进入市场化交易，对海上风电的经济性影响不小。相比其他新能源项目，海上风电施工难度大、造价高，就算在近海，平均造价也达到每千瓦1万元，相当于陆上风电的2倍多。经济性已经成为困扰行业发展的关键问题。”

当前，海上风电项目不仅要面临电价波动带来

的收益影响，由于不同省份电力市场发展水平和新能源资源禀赋有所不同，海上风电项目在不同地区面临的市场环境差异也较大。

向深远海发展也为海上风项目审批带来不确定性。有业内人士指出：“近海多为省管海域，项目审批相对简单，而深远海多为国管海域，用海指标的获取难度更大。”同时，海上风电项目不能位于自然保护地、重要航道、重要渔业等区域，海域资源的稀缺性正逐渐显现。深远海风电项目也需要建设更长的输电线路和更复杂的海上基础设施，投资成本和运维成本较高。深远海风电的电力输出也需要与电网的接纳能力相匹配，但部分地区的电网的灵活性和消纳能力仍有限。

■ ■ 降本仍需技术升级

今年5月，全球单机容量最大16兆瓦漂浮式海上风电平台——“三峡领航号”在广东阳江海域完成志着我国在深远海漂浮式风电技术领域取得重大突破；世界规模最大海上换流站“海风之心”完成海上安装，标志着我国攻克深远海大功率输电难题。

上述突破的背后，是深远海与近海截然不同的技术逻辑。“近海水深基本在60米以内，一般采用单桩或导管架技术固定风机，这种技术在深远海建设难度大、成本高，材料强度也有不足。近年漂浮式已经成为深远海风电开发的重要技术路线。”祁延飞表示：“为布局深远海，龙源电力在福建建成投产‘国能共享号’，掌握深远海漂浮式风电的相关技术的同时，也积累了海上发电、海下养鱼的‘风电+’综合开发利用经验。”

近年来，海上风电+海洋牧场、海上风电+氢氨醇、海上风电+油气开发等一批“一海多用”的项目投产应用，让同一片海域同时产出电力、海产品、绿氢多重收益，不仅提高了海上风电项目的经济性，也为海洋经济注入新活力。

风电开发从近海到深远海的进程也促进着风电机组技术升级。10年来，我国海上风电机组平均单机容量已从3兆瓦级提升至目前的10兆瓦级以上。“我们已在现有项目使用多台14兆瓦机组，为大型机组在深远海的利用打下基础。未来，我们将在多个深远海项目中使用14兆瓦及以上的机组，提升项目单机发电效率。”黎皓说，深远海风机建设成本高，单机容量提升是必然趋势，而伴随未来技术升级，深远海风电的工程成本也有望大幅下降，进一步降低资源开发门槛。