

二氧化碳能用来发电了！

“超碳一号”发电机组在贵州六盘水成功商运



科学导报讯 二氧化碳也能用来发电了？12月20日，全球首台商用超临界二氧化碳发电机组在贵州六盘水成功商运，这也是超临界二氧化碳余热发电技术“超碳一号”的全球示范工程，成为发电技术的进步例证。

此次投运的“超碳一号”示范工程，是中核集团中国核动力研究设计院与济钢集团国际工程技术有限公司、首钢水城钢铁(集团)有限责任公司共同推进的15兆瓦超临界二氧化碳燃烧余热发电工程。

人类对发电技术的研究从未停止，但不论是传统的火力发电还是先进的核电技术，以及各类余热蒸汽发电，原理都类似于“烧开水”，就是用热量将水变为水蒸气，推动汽轮机转动来发电。但超临界二氧化碳发电技术

则是告别“烧开水”的一种革新型热电转换技术。

“超碳一号”总设计师黄彦平介绍，这一技术是把温度超过31摄氏度、压力升高至73个大气压以上环境中的超临界二氧化碳作为循环工质，将其送进发电系统里，再通过压缩机和换热器提高超临界二氧化碳的压力和温度，让高温高压的二氧化碳推动透平旋转，进而产生电能。

“超临界状态下的二氧化碳，既像液体一样密度大，又像气体一样粘度低，循环发电过程中不发生相变，发电效率也就更高。”黄彦平解释，相比之前的烧结余热蒸汽发电技术，“超碳一号”发电效率提升85%以上，净发电量提升50%以上。

对企业而言，发电效率的提升就意味着实实在在的收益。在原烧结工艺不变的情况下，此次投运的项目每年可多发7000余万度电，发电收入增加近3000万元。

当前，钢铁、水泥等传统产业是能源消耗

和碳排放的重点领域，也是推进“双碳”工作的主战场。大量的工业余热以废水废液、高温烟气、高温产品以及炉渣等形式直接排放到环境中。把工业余热高效利用，是节能降碳的一个实招、硬招。

专家表示，“超碳一号”不仅效率高，而且有系统紧凑、辅助系统少和响应速度快的优势，连场地需求也可以“瘦身”50%。初步测算，如果将这项技术应用于全国的烧结余热改造，不仅为钢铁行业，也将为水泥、玻璃等其他行业的余热利用带来技术变革。

中核集团已经于2024年启动了“熔盐储能+超临界二氧化碳发电”示范项目，已入选国家能源领域第五批首台(套)重大技术装备，预计2028年完成示范应用。

在不远的将来，超临界二氧化碳技术还可以与各种热源组合成发电系统，在光热发电、余热发电、储能发电等领域具有良好的应用前景，为实现“双碳”目标加油助力。

高敬 李力可 肖艳



视觉生态
shijue shengtai

助力越冬

12月18日，运城市芮城县圣天湖景区，数千只野生大天鹅在湖中戏水、嬉戏。近年来，当地通过退耕还湿、驳岸修复、污水处理等系列生态修复工程，持续改善湿地环境，使这里成为候鸟迁徙的重要中转站。景区每日定时为大天鹅投喂玉米、青菜等，助力它们安然越冬。 ■ 张秀峰摄

高标准起步 高质量开局

山西省部署“十五五”重点水利项目前期工作

科学导报讯 12月17日，山西省水利厅召开全省“十五五”重点水利项目前期工作推进会，深入贯彻省委、省政府关于治水兴水节水决策部署，通报当前进展，分析突出问题，部署重点任务，谋定而后动，善作而善成，推动“十五五”重点水利工程建设高标准起步、高质量开局。厅党组书记、厅长龚孟建出席会议并讲话，厅党组成员、副厅长杜咏梅出席会议。

会议指出，“十五五”时期是山西省水利实现高质量发展、迈向现代化的关键阶段。自去年启动“十五五”项目谋划以来，全省水利系统统筹布局、分类推进、梯次储备，通过“冬季行动”和项目遴选，确定了古贤山西水资源配置工程等16项标志性重点水利项目，涵盖现代水网、防洪保安、水资源配置、大中型水库和大型灌区等五大类，构建了“近期可实施、中期有储备、远期有谋划”的项目梯队，为“十五五”时期水利高质量发展奠定了坚实基础。

会议强调，做好项目前期工作是确保工程落地见效的“最先一公里”，必须进一步增强责任感、紧迫感，聚焦关键环节，全力攻坚突破。一要坚持科学论证，优化工程方案。紧扣“确有需要、生态安全、可以持续”原则，全面启动工程方案优化与专家咨询论证工作，通过技术比选、借智引智双轮驱动，确保工程规模、布局、技术路线科学合理。二要严守程序规范，夯实立项基础。认真梳理各项目各阶段审批要件清单，突出抓好项目建议书编制工作，明确责任层级和时限，同步推进专题报告编制与报批，确保项目推进依法合规、环环相扣。三要坚持“两手发力”，统筹投建运管。强化项目前期全生命周期成本效益分析，同步设计符合项目特点的可持续水价形成机制和收费政策，从源头避免“重建轻管”；建立动态滚动项目库，主动对接国家规划与政策，用足国家“两重”项目投融资支持政策，拓宽资金筹措渠道，优化融资结构，降低建设和运营成本，确保

项目“建得成、管得好、长受益”。四要严控设计质量，筑牢工程基础。严格执行国家及行业勘察设计规范，建立信用评价与黑名单制度，加强过程管控与成果考核，将设计成果质量与设计费用支付、单位后续投标资格挂钩，形成“优质优价、劣质受罚”的鲜明导向。

会议要求，各地各单位要牢固树立“一盘棋”思想，持续完善“省统筹、市负责、县落实、专班推进”工作机制，凝聚协同攻坚合力。设计单位要严格落实质量终身责任制，提升设计深度与成果可靠性；相关市、县要切实承担属地责任，加快项目法人组建，主动对接落实要素保障；厅机关相关处室要加强全过程指导、监督与服务，共同推动项目前期工作提速提质。

省水利厅二级巡视员、三总师、相关处室负责同志，万家寨水控集团、相关市水利(水务)局及项目设计单位代表参加会议。

刘迎春



隰县：

黄土坡上“种”出金山银山

■ 科学导报记者 马骏

吕梁山南麓，初冬的黄土高原上，最后一茬玉露香梨即将售罄。临汾市隰县果农王林小心翼翼地定制包装的“玉露香”梨装进快递箱，发往上海。“一颗梨卖到10多元，这在二十年前想都不敢想。”他笑着说。

隰县，曾是“地广植被少，荒山荒坡多，水土流失严重，人穷经济差”的典型黄土高塬沟壑区。如今，隰县梨果面积达到38万亩，其中玉露香梨23万亩，规模产量居全国第一，品牌价值近90亿元。

近期，隰县被生态环境部命名为“绿水青山就是金山银山”实践创新基地。这背后是一场持续二十载的生态接力，也是“绿水青山就是金山银山”理念在黄土高原的生动实践。

一株梨树改变一片土地

在隰县老林业工作者肖会荣的记忆中，过去的黄土高原是另一番景象。他经历了“三北”防护林工程的第二期和第三期，亲眼见证了隰县的变迁。

“那时候，千沟万壑，植被稀少，水土流失严重。”肖会荣回忆道。如今，他站在阳德垣“梨缘”观景台上，眼前是一片生机勃勃的梨园。这只是隰县众多梨园中的一个缩影。

隰县位于吕梁山区，地处黄土高原残垣沟壑区，这片土地的转变始于一项延续数十年的生态工程——“三北”防护林建设。根据国土“三调”数据，隰县现有林草面积143.8万亩，“三北”工程累计造林总面积达125万亩，全县林草覆盖率达到了43.46%。

“我们林业人最了解，没有好的生态，什么产业都发展不起来。”隰县林业局一位负责人说。

从传统种植到现代产业

在隰县的转变中，一颗小小的梨子扮演了关键角色。玉露香梨，这个隰县的地标产品，被誉为隰县的“金果果”。历经40年发展，隰县凭借这颗梨摘得“中国梨乡”桂冠，稳居全国产量、规模、美誉度“三冠王”。

目前，全县80%的土地种植果树，80%的农民从事梨果生产，80%的农业收入来源于梨果产业。

走进隰县的梨园，你会注意到一个特别的现象：梨树上全部安装了防雹网。“春季时有霜冻、夏季时有冰雹，这些防雹网能让梨农少受损失。”当地一位果农解释道。

隰县的地缘地貌和梨树栽植的悠久历史，为建设生态经济型林业提供了条件。当地按照“三北”防护林总体规划，实施了五个阶段的建设：一期“动员千家万户，治理千沟万壑”；二期“千树一园两头牛，奔向小康不发愁”；三期“加大经济林发展，建设生态经济型林业”；四期“建设万亩玉露香，打造三北新景

观”；五期“践行‘两山’理念，助力脱贫攻坚”。

2024年，隰县梨果再获丰收，总产量1.46亿公斤，总产值4.8亿元，其中玉露香梨产值2.38亿元，果农人均收入超万元。梨果出口50多个国家和地区，出口额大增626%。“隰县玉露香梨”品牌影响力不断提升，入选中国农业品牌目录，其机械化生产模式获全国推广。

激活黄土高原新动能

面对果树老化、果品下降、挂果率低等制约果业发展的瓶颈，隰县林业局积极寻求突破。2023-2025年，当地连续3年实施老旧果园改造项目，共改造老旧果园11965亩，总投资1850万元。

“坚持高标准谋划、严要求推进、高站位实施以实现老旧果园提质增效和增产丰收的目的，让果农尝甜头、有奔头。”隰县林业局的工作人员介绍道。

隰县的另一项重要举措是深化集体林权制度改革。这项改革聚焦林草事业高质量发展目标任务，加快林业产业融合，积极推动生态文明建设和乡村振兴战略的深入实施。

改革的成效已经开始显现。安然低碳公司与该县平台公司隰县绿之源生态资源开发有限公司达成合作意向，承包集体林地1000余亩，投资不低于9000万元，通过“产业发展+生态宜居+乡风文明+治理有效+人才兴旺”模式促进“三产”融合。

黄土下的新财富

隰县的生态财富不止于梨树。占地61.73平方公里的山西隰县黄土国家地质公园，于2019年通过国家林业和草原局国家级自然公园评审委员会评审。

这个公园以保护隰县午城黄土层型剖面而闻名，是研究和普及新近系至第四系红土和黄土的成因，古气候、古环境和古生态系统演变的宝贵资源。

“在观景台上，你能看到层理交错、岩壁陡峭、形态丰富、色彩斑斓的风光，这是全国乃至全球最具代表性的彩色黄土地貌之一。”该地质公园的工作人员介绍道。目前，隰县黄土国家地质公园已选址在隰县北城新区拟修建黄土地质博物馆，并办理了《建设项目用地预审与选址意见书》。

梨农李明理算了一笔账：他的百亩梨园今年预计收入比五年前翻一番。“这黄土坡真成了金山银山。”他笑着说，眼角的皱纹舒展开来，像极了黄土高原上被雨水冲刷出的沟壑，却充满了收获的喜悦。

随着隰县黄土国家地质公园建设的推进和玉露香梨产业的持续升级，这个黄土高原小县正朝着“梨果示范县、生态康养地、区域中心城”的目标稳步前行。

创新资讯
chuangxin zixun

山西省生态环境厅等七部门

联合印发出台美丽河湖保护与建设行动方案

科学导报讯 记者范琛 12月22日，记者从山西省生态环境厅获悉，省生态环境厅、省发展改革委等七部门联合印发《山西省美丽河湖保护与建设行动方案(2025-2027年)》(以下简称《方案》)。《方案》明确，山西省将以十年为期，系统推进河湖生态保护与修复，力争到2035年基本建成“美丽河湖”。具体目标为：到2027年，美丽河湖建成率达到40%左右；到2030年，美丽河湖建设取得明显成效；到2035年，美丽河湖基本建成。

《方案》指出，为实现上述目标，山西将从六方面协同发力，涵盖26项重点任务，系统推进全省河湖生态环境质量持续改善。这六大方面包括巩固深化水环境治理、严格落实“四水四

定”原则保障生态流量、积极推进水生态保护和修复、突出抓好汾河水生态保护、实施美丽河湖重点工程以及开展美丽河湖创建行动。

在巩固深化水环境治理方面，要求相关部门提高城乡垃圾处理处置水平，推进污泥无害化处置和资源化利用。鼓励采用厌氧消化、好氧发酵等方式处理污泥，经无害化处理满足标准后，用于土地改良、荒地造林等。同时，强化入河排污口监管与整治，全面摸清排污口底数，实施“依法取缔一批、清理合并一批、规范整治一批”的分类治理措施，推进排污口规范化建设与智慧监管，预计到2027年建成完善的人河排污口监测监管体系。

(下转 A2版)