

# 让放错地方的资源重焕勃勃生机

——看山西如何以“三废”资源化利用书写能源大省绿色转型答卷

环境保护的进程，已从初期的污染治理，逐步迈向如今的通过技术创新实现废物资源的循环利用。这一转变，不仅减少了污染排放，更节约了资源，让经济社会发展变得更绿色。作为全国重要的能源省份，山西省坚持减量化、资源化与无害化相协调，综合利用与规模消纳相结合，书写了资源型地区绿色转型的新篇章。

## 废水重生，盘活“第二水资源”

位于太原市西南郊区的晋阳污水处理厂，不仅肩负着为太原河西 187 平方公里范围内约 118 万居民提供生活污水处理服务的重任，更是“一泓清水入黄河”生态保护工程的关键一环。随着水质提升工程的完工，该厂排放至汾河的水质得到显著提升，化学需氧量(COD)、氨氮、总磷三项关键指标由地表水Ⅴ类提升至地表水Ⅲ类。达标排放的污水，不仅为河道提供了稳定的生态补水，更通过高效循环利用，将再生水转化为企业生产的宝贵资源，有效缓解了水资源供需矛盾，降低了企业用水成本。

在交城经济开发区，经过两期精心建设的污水处理项目，构建起一套完善的“全流程管控+资源化回用”工业水循环体系，不仅从源头上彻底终结了过去园区工业污水直排河道的历史，更有效解决了煤焦化、建材等传统工业领域企业废水处理“小而散”的难题。

如今，园区内企业能够以低于自来水

的价格购买再生水，用于生产，既降低了生产成本，又促进了水资源的节约与循环利用。同时，污水处理厂的稳定运行，每年可削减化学需氧量(COD)219 吨，减排污水 547.5 万吨，中水回用量达 545.49 万吨，为流域水质改善筑起了一道坚实的“生态防护墙”。

再生水作为公认的“第二水资源”，其利用不仅优化了水资源配置结构，更带来了显著的社会效益、生态效益和经济效益。2024 年，全省实现中水回用 22.2 万立方米/日，进一步拓宽了污水资源化利用的范围和途径。

## 废气减排，探索“减碳良方”

评价一个城市的大气污染治理成效，人们首先会关注城市上空的蓝天。而大气污染治理中，除了治理面源污染、机动车尾气，推进煤改气、煤改电等清洁能源利用外，工业领域始终是大气污染防治的重中之重。

兰花集团旗下有 6 座高瓦斯矿井，每年瓦斯抽采量约 9500 万立方米，其中高浓度瓦斯已基本实现全部利用，而低浓度瓦斯长期处于排空状态。在“双碳”目标引领下，多年来，兰花集团一直致力于寻找煤矿低浓度瓦斯利用的“减碳良方”。

该集团凭借低浓度瓦斯多孔介质燃烧制热一体化技术，实现低浓度瓦斯的稳定、安全燃烧。煤矿安全隐患——瓦斯，摇身一变成造福煤矿山的新热源，在矿工洗浴、矿区供暖、井筒保温等多方面发挥着重要作用。

该技术自投用以来，兰花集团伯方煤矿不仅每年节约了 800 万元供热消耗的能源成本，更利用了低浓度瓦斯 200 余万立方米，相当于减排二氧化碳 3 万吨。

焦化产业曾是高能耗、高排放的代名词。然而，在交城金桃园煤焦集团有限公司，新建的液氨生产线蓄势待发。从昔日的焦炉尾气“点天灯”产生一氧化碳有害气体，到如今尾气综合利用生产高价值液氨，蜕变正在这里悄然发生。

工作人员介绍，该项目投产后，每天将消纳 180 万立方米含污染物的焦炉尾气，将其转化为周边化工企业不可或缺的主要原料液氨。按当前市场价测算，预计年产值可达 4 亿元-5 亿元。

据省生态环境厅相关负责人介绍，煤电、钢铁、焦化、水泥四大行业大气污染物排放量占工业领域排放量的七成以上，是山西省污染减排工作的重中之重。近年来，山西省加快重点行业超低排放改造，在完成煤电、钢铁行业超低排放改造的基础上，在全国率先开展焦化、水泥行业超低排放改造。同时，严格收紧煤电行业二氧化硫、氮氧化物排放限值，进一步降低煤电行业污染物排放量。

## 废渣蜕变，“链”出绿色财富

固体废物污染防治一头连着减污，一头连着降碳，是打好污染防治攻坚战的重要任务。曾经田间地头常见的被焚烧的秸秆，如今通过粉碎还田、打捆离田、整秆覆

盖等多元处理方式，实现了肥料化、饲料化、原料化的综合利用。

秸秆经过处理后还田，既提高了土壤肥力，为来年农业生产打好基础，又避免了焚烧，改善了空气质量。

大同千万吨级煤矸石综合利用项目打通“吃干榨净”全链条技术路径；古交市开展煤矸石资源化生态修复试验……作为全国重要的能源基地，山西省长期面临煤矸石、粉煤灰等工业固废大量堆存的环境压力。近年来，山西省通过探索实践，已实现煤矸石、粉煤灰等工业固废的规模化利用，构建起涵盖建筑材料、新型材料、化工产品等多领域的固废利用产业体系。同时，发布《煤矸石生态回填环境保护技术规范》等地方标准，积极探索煤矸石规模化消纳的“山西模式”。目前，全省已推动 287 家企业开展煤矸石综合利用，2024 年累计消纳煤矸石 1600 余万吨。

与此同时，山西省不断提升危险废物环境监管与处置能力，设立 87 家小微企业危险废物收集试点，年收集能力达 174 万吨。截至目前，山西省重点监管单位与全国危险废物全过程环境管理信息系统同步联网率达 86.9%，危险废物年处理能力达到 547 万吨。

多年来，山西省坚持“减量化、资源化、无害化”原则，因地制宜、因“废”施策，通过技术创新与实践探索，让“放错地方的废弃资源”重新焕发生机，转化成经济社会发展中的“绿色财富”，真正实现了生态保护与经济发展的双赢。

张剑雯

## 地市动态

### 太原市

## 秸秆综合利用率位居全省前列

科学导报讯 12 月 26 日，从太原市农业农村局了解到，“十四五”以来，太原市深入贯彻绿色发展理念，将秸秆综合利用作为农业生态环境保护和农业高质量发展的重要抓手，取得显著成效。全市秸秆综合利用率持续稳定在 98%以上，位居全省前列，有效破解了田间废弃物处理难题，为农业绿色转型奠定了坚实基础。

太原市高度重视此项工作，将其纳入全市农业农村现代化发展总体规划，形成了高位推动、部门协同的工作格局。在资金保障方面，太原市财政每年投入超过 3500 万元，在全国率先推出秸秆综合利用普惠性奖补政策，切实激励广大农户和各类经营主体积极参与。同时，配套出台《农作物秸秆综合利用实施方案》等一系列文件，明确了以肥料化、饲料化为主攻方向，坚持因地制宜、农用优先的技术路径，构建起完善的政策引导和技术支撑体系。

在实际推进中，通过机械化还田、过腹还田、生产有机肥等多种方式，不仅从源头上解决了秸秆焚烧或废弃带来的环境压力，还将其转化为提升土壤有机质、发展畜牧养殖的宝贵资源，实现了生态效益与经济效益的双赢。

秸秆利用率的持续高位稳定，是太原市系统性推进农业面源污染防治的一个缩影。同期，太原市在地膜科学使用回收、化肥农药减量增效、畜禽粪污资源化利用、生态水产养殖拓展等方面均取得长足进步，共同塑造了“政府引导、企业主导、农户参与”的农业生态环境共治格局，让绿色日益成为太原农业最鲜明的发展底色。

周皓

### 忻州市宁武县

## 生态保护与文旅发展齐头并进

科学导报讯 12 月 25 日，从忻州市政府新闻办公室获悉，宁武县以“大芦芽山”全域旅游战略为牵引，积极推动文旅融合与生态保护协同并进。今年以来，芦芽山景区接待游客 156.45 万人次，同比增长 11.93%；直接收入 7163.84 万元，同比增长 17.58%。

聚焦游客旅游体验，宁武县持续完善基础设施，丰富业态供给。目前，串联芦芽山、宁化古城等核心景点的 G241 沿线提质改造项目（一期）全线通车，沿线区域通行时间平均缩短 20%，游客服务中心完成智能化升级，东寨旅游特色一条街、智慧旅游沉浸式体验地质博物馆、房车露营地等重点项目加快建设。通过深化与专业机构合作、创新营销方式，毛建茶非遗工坊、百里林海康养基地等新业态不断涌现，“文旅+体育”“文旅+康养”等融合模式受到市场青睐。

在释放文旅潜力的同时，宁武县深入践行绿水青山就是金山银山理念，坚持生态优先、绿色发展，生态保护与修复工程扎实推进。汾河中上游山水林田湖草生态保护修复工程试点项目完成治理面积 21.4 万亩，全县累计完成国土绿化 11.8 万亩，林木蓄积量超过 500 万立方米，环境质量持续改善。绿色矿山建设与历史遗留矿山修复同步推进，建成省级绿色矿山 8 家，实施汾河源头矿山地质环境治理工程、黄河“几字弯”重点生态攻坚区历史遗留废弃矿山生态修复示范工程，修复废弃矿山 149 个图斑，治理总面积 738.27 公顷。

薛志浩

## 我省 2 案例入选第四批美丽河湖优秀名单

科学导报讯 日前，生态环境部公布第四批美丽河湖优秀案例名单，共筛选出 47 个美丽河湖优秀案例，山西省临汾市昕水河、唐河（大同市段）入选。

美丽河湖是美丽中国在水生态环境领域的集中体现与重要载体。2025 年 4 月，国务院常务会议部署开展美丽河湖保护与建设行动。为全面推进山西

省美丽河湖保护与建设，此前省生态环境厅、省发展改革委等七部门联合印发了《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》），系统推进河湖生态保护与修复。根据《方案》，到 2027 年，山西省美丽河湖建成率预计达到 40%左右；到 2030 年，建设成效将进一步显现；至 2035 年，全省将基本实现美丽河湖的建设愿

景。

为实现《方案》目标，山西省将从六大方面协同发力，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、积极推进水生生态保护修复、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，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。

程国媛



人与自然和谐共生

12 月 22 日，国家一级保护野生动物黑鹳在忻州市繁峙县滹源景区栖息活动。数十只黑鹳时而在空中盘旋，时而在水中觅食，共同构成了一幅人与自然和谐共生的生态画卷。

王晋东摄

## 亮点新闻

liangdian xinwen

## 黄河古贤水利枢纽工程导流洞贯通

科学导报讯 12 月 28 日，黄河古贤水利枢纽工程导流洞顺利贯通，标志着工程取得首个阶段性重大进展，为主体工程全面展开和后续河道截流创造了先决条件。

古贤水利枢纽工程是黄河水沙调控体系的关键性工程，建成后将成为 42.8 亿立方米的调节库容，年均发电量可达 28.7 亿千瓦时，同时为晋陕两省提供 146 万亩农田灌溉用水。工程通过科学调度黄河水沙关系，将有效缓解下游“地上悬河”风险，显著提升防洪减灾能力，为保障黄河长治久安、

促进流域高质量发展具有战略意义。

据了解，导流洞是古贤水利枢纽工程建设的“咽喉要道”，是在主坝修建期为奔腾的黄河水开辟的一条“临时通道”，其断面足以容纳四层楼高的空间，具有洞径高、跨度大、相隔较近的特点，开挖地质条件复杂、难度高。

项目总工程师陆学华说，自去年 11 月开工建设以来，面对地质条件复杂、交叉作业频繁、材料运输受阻、冬季低温施工等多重挑战，施工队迎难而上、合力攻坚，实现导流洞工程全线贯通重大建设节点目标。与此同

时，导流洞进口高达 130 米的边坡明挖也已完成。

山西省水利厅相关负责人表示，古贤水利枢纽工程是黄河流域生态保护和高质量发展国家战略确立的重大工程项目，是新时代保护治理黄河、保障黄河长治久安的标志性重大工程。建成后 will 承担防洪减灾、水资源调蓄、供水、灌溉、发电等重要功能，并为下游补水和增加河道外用水创造条件，对健全黄河水沙调控体系、保障黄河长治久安具有重大而深远的意义。

柴婷 徐伟

## 记者观察

jizhe guancha

科学导报记者 范琛

12 月 22 日，《科学导报》记者来到山西省太原市古交市西曲街道石炭咀村与港立村交界处的无名沟。这里机器轰鸣、车辆穿梭，古交市煤矸石资源化、无害化利用中试项目的生态修复试验区建设正酣。这座因煤而兴的城市，正凭借创新技术破解煤矸石治理难题，开辟生态修复新道路。

古交市作为全国主焦煤生产基地，煤炭产业曾带动经济繁荣，却也留下超 1 亿吨煤矸石堆积的生态难题。这些黑色“山丘”占太原市固废总量半数以上，不仅制约企业生产、产业发展，还威胁生态环境。传统填埋方式成本高，消纳能力有限，资源利用率不足 10%，成为产业升级与生态安全的突出瓶颈。

面对这一难题，古交市扛牢“无废城市”建设试点责任。一方面，积极与科研院所、环保企业对接，探索符合本地实际的固废处置技术路径；另一方面，制定《古交市煤矸石集中收储和综合利用实施方案》，确立“依法依规、先行先试，集中收储、统筹治理，市场主导、有效利用”原则，着力培育固废综合利用“第二支柱产业”。

在试验区建设现场，项目实施方山西宁聚环境科技有限公司相关负责人介绍：“我们像分拣垃圾一样处理煤矸石。高硫、高硫煤矸石被回收利用，低碳、低硫部分则转化为生态土壤，用于沟壑填充、土地复垦和种植层基质。”目前，该项目已处理 6000 余吨煤矸石，年处理能力达 20 万吨，核心技术包括智能分选脱氧、微生物固硫等，实现了固废“吃干榨尽”。

该试验区将煤矸石预处理和智能化分选后，依据不同特性，生产生态土种植层基质材料、封闭层基质材料和基层层基质材料，并在生态修复试验区进行应用验证，检验修复效果。与此同时，作为中试项目上游环节的生态土基质材料制备工程已顺利完成建设并投入运行。整个项目打造了以煤矸石为基础的新型生态修复基层材料与工艺试验基地，得到生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、自然资源部国土整治中心、中国科学院地理科学与资源研究所、中国地质科学院矿产资源研究所的鼎力支持。

通过项目实施，古交市成功实现煤矸石高效资源化利用，彻底消除其对环境的负面影响。实验阶段的数据与分析为团队制定了科学合理的资源化利用技术标准，形成一套具有普适性的解决方案。该方案已在山西省内规模化应用，并逐步向全国其他地区推广，为煤基循环产业链可持续发展奠定坚实基础，推动生态修复行业技术创新与产业升级。

相关负责人表示，这些材料将替代黄土等宝贵资源，推动人工配制土壤基质材料及沟壑、地质裂缝填充材料等产品的产业化进程，应用于生态脆弱区、采煤沉陷区、沟壑荒废区的生态回填与修复治理。

从实验室小试到中试验证，再到未来产业化示范应用，古交市积极探索煤矸石科技成果转化路径。在“双碳”目标与生态优先战略推动下，该项目有望成为古交市绿色转型标杆，助力构建煤基循环经济产业链，实现环境效益与经济效益双赢。未来，古交市将继续在煤矸石治理与生态修复领域深耕细作，为全国资源型城市转型发展提供宝贵经验。

## 山西两开发区入选国家级零碳园区建设名单

分别是大同经济技术开发区、阳泉高新技术产业开发区

科学导报讯 12 月 23 日，国家发展改革委、工信部、国家能源局公布了国家级零碳园区建设名单（第一批），山西省推荐的大同经济技术开发区、阳泉高新技术产业开发区入选。

零碳园区是指通过规划、设计、技术、管理等方式使园区内生产、生活所产生的二氧化碳排放降至“近零”水平，并具备进一步达到“净零”条件的园区。作为碳排放精准治理的“最小执行单元”，零碳园区是将“双碳”目标从理念转化为实践的关键载体。首批国家级零碳园区名单的发布，在能源转型、产业升级、区域协调、国际竞争等多个维度均具有里程碑式的意义。

首批园区的建设范围分为“园中园”和“整体”两类，山西省两个开发区均为“园中园”模式（即在现有园区内划定特定区域开展零碳建设）。

薛建英

### 山西省自然资源厅

## 召开全省水资源基础调查工作推进会

科学导报讯 12 月 25 日，山西省自然资源厅召开全省水资源基础调查工作推进会，听取总体工作进展情况及作业单位工作汇报，并就下一步工作进行安排部署。厅党组成员、副厅长赵晓华出席会议并讲话。

会议指出，水资源是重要的自然资源，是实施山水林田湖草沙一体化保护和系统治理的关键因素。水资源基础调查是履行自然资源“两统一”职责的重要举措。

会议强调，各作业单位要提高政治站位，严格按照自然资源部《水资源基础调查实施方案》的工作安排及时间节点要求，完成各类水资源基础调查工作，为自然资源管理提供基础水资源信息，为生态文明建设提供坚实的自然资源要素保障。一要提高思想认识。进一步认识水资源基础调查的重要意义，该项工作属全国性工作，工作质量代表山西质量。二要树立“一盘棋”意识。加强协同配合，形成工作合力，共同做好调查工作。三要强化责任意识。克服冬季外业调查实际困难，确保按时完成各项任务。四要树牢安全意识。通过采取切实措施，确保外业调查人员人身安全。

邵康