

以废旧家电、太阳能板等循环资源链动伙伴拥抱绿色发展

天元集团“城市矿产”再扩围

魏君桦

4月17日，一辆来自河北沧州的货车在天元“城市矿产”循环产业园卸下满载的废旧太阳能板后驶离。

天元集团围绕解决环境污染问题，制定了“绿色天元”发展战略，选择从传统商贸业向绿色循环经济产业转型发展，逐步形成废旧家电拆解综合利用产业链、废旧汽车拆解综合利用、废轮胎再生资源利用、废弃资源回收网络平台等产业板块。

如今，天元集团“城市矿产”回收拆解业务再次扩围，光伏板拆解线完成施工并通过多次试运行，进入规模化量产运营阶段。

废旧光伏组件变废为宝

所谓“城市矿产”，是对废旧机电设备、电子产品、报废汽车等城市废弃物中可循环利用资源的形象比喻，其开发价值堪比开采一座“矿山”。

天元旗下山西中恒华睿新能源有限公司光伏板拆解厂厂长陈艳春介绍，2025年6月，天元集团启动建设光伏板拆解线。目前，太阳能板回收主要分为两种情况，一种是直接从个人用户、工商业企业及大型光伏场站回收废旧太阳能板，另一种是回收经过前期拆解、已去除铝边框的层压件。

完好的废旧太阳能板通过叉车运送至拆解线，工人使用电锯快速切割铝边框，得到层压件。随后，这些层压件将与回收来的层压件一同被送入隧道窑进行高温分解。层压件进入隧道窑后，在450摄氏度的高温下，EVA胶被分解，电池板主体实现分离，银浆随之析出。之后，通过物理破碎与自动筛分工艺，可分离出高透玻璃碎片、硅片、金属丝等物料。

当前，天元集团采用物理法与湿法相结合的处理工艺，替代焚烧、填埋等方式，资源综合回收率可达95%。回收后的高透玻璃被输送至下游厂家，加工成玻璃微珠，用于高速公路反光牌、电视机屏幕等产品的制造。硅片则返回光伏板生产企业，重新进入生产循环。



工人收集光伏组件破碎后的颗粒。■ 张泽慧摄

该处理过程符合生态环境部门的各项排放标准，实现废旧光伏组件从“固废”到“再生资源”的高效转化，形成绿色闭环。

制定差异化回收方案

试运行半年来，山西中恒华睿新能源有限公司与合作商围绕隧道窑热回收系统与物理自动筛分系统两大行业痛点开展技术攻关。

通过在隧道窑基础上加装热回收系统，设备耗电量下降60%以上，自动筛分系统借助振动频率与筛网网口实现初步分离，辅以人工操作完成全部筛分作业。优化后，整条太阳能光伏板回收产线仅需4人即可运行。

光伏板回收产业下游厂家相对固定，但上游回收端面对家庭用户、工商业厂房、大型光伏场站时，组件规模、安装形式及处置需求存在较大差异。为此，天元集团制定了差异化回收方案。

针对家庭用户端规模小、分散且缺乏

专业回收知识的特点，天元集团推出“一站式”便民回收服务，快速上门评估、同步拆卸、当场结算，全程无需客户操心任何流程。同时简化办理手续，提供上门清运、合规处置及回收证明全程代办服务，让普通农户和家庭用户轻松完成废旧光伏组件处置。

工商业光伏项目多安装在厂房、写字楼屋顶，具有规模中等、组件排布密集的特点，在拆除回收的过程中，企业注重施工效率和厂区安全。天元集团提出高效集约式回收方案，提前与企业沟通施工时间，避开生产经营高峰期，采用模块化拆卸、集中清运方式，快速完成作业。

大型地面光伏电站、集中式光伏场站组件规模大、占地面积广、废旧组件数量庞大，对回收效率、规模化处置、长期合作要求高。天元集团提供定制化全托管回收方案，组建专项作业团队，进驻场站开展规模化拆卸、分类、清运，与场站签订长期合作协议，提前规划退役周期，配套大型处理产能，实现批量组

件的高效合规处置。同时提供全流程数据追踪、资源再生收益核算、环保合规备案等一体化服务，适配大型能源企业、场站运营商的规模化、规范化管理需求。

多业态协同发展

光伏板拆解线运营以来，天元集团循环园区事业部紧跟国家绿色发展理念，凭借完善的全链条服务与差异化解决方案，已与数十家客户达成合作，业务覆盖用户、工商业及大型场站全场景。

在天元“城市矿产”循环产业园周边乡镇，他们承接了200余户家庭的户用光伏组件回收项目，累计回收组件超3000块；与外地3家大型工业园区、12家工商业企业建立合作，完成厂房屋顶光伏组件回收处置，累计处理规模超1万千瓦，同时成功签约并完成2座大型集中式光伏场站的废旧组件回收项目，总处置规模超10万千瓦。

天元集团董事长李鹤介绍，光伏板拆解线运营至今，累计回收光伏板4000吨。天元绿环不仅获评太原市重点产业链企业，还成功入选全国再生资源回收利用体系建设试点企业名单。

“从循环经济价值来看，光伏板产业已形成‘生产—应用—回收—再应用’的完整闭环。当前，光伏板退役潮即将到来，‘城市矿产’的储量持续增长，我们对与天元集团的合作充满信心。”合作商王亚军表示。

近年来，天元集团依托“城市矿产”循环产业园平台，持续将废旧家电、报废汽车转化为可再生的生产资源。去年，集团新增忻州、朔州两个货场，合作伙伴增至13家，回收渠道覆盖山西省11个市及天津、石家庄，并深化与海尔、美的等头部企业的合作，园区高效完成80万台废旧家电拆解，推进光伏板回收超2000吨，累计回收汽车、电动车7801台。

凭借天元集团产业优势，“城市矿产”循环产业园吸引下游企业落户，目前已落地电路板深加工、轮胎裂解两个项目，初步形成多业态协同发展格局。



智能化升级

4月26日，在山西平遥华丰防爆电机有限公司全自动压力浸渍车间，工人正在生产订单产品。近年来，该公司引进数控新设备新技术，建成年产300万千瓦高效节能防爆电机绿色生产线，实现了传统生产智能化升级。■ 梁生仁摄

近日，忻州市偏关县生态超市废旧地膜回收点一大早就排起了长队。过磅声、说笑声此起彼伏，新型职业农民协会会长杨永富忙得脚不沾地，一边记账一边招呼着前来交售地膜的村民。

“白海金，340公斤，1020元。”随着杨永富一声吆喝，来自水泉镇南海子村的白海金笑呵呵地接过结算单。这一车地膜在他家里堆了些日子，放着占地地方，扔了又怕污染环境，正发愁不知怎么处理。听说今年杨永富这里开秤回收，他天不亮就爬起来装车了。

在生态超市里，白海金没急着全部兑现——他用部分金额换了一袋白面、一袋大米、一袋玉米种子和一箱饮料，剩下的760元现金揣进了兜里。“这政策真不赖！废地膜不光能卖钱，还能换种子、换肥料，连家里吃的米面都有了。”他乐呵呵地说。

这并非个例。当天，周边几个村的村民也纷纷拉着废旧地膜赶来，有的换了几袋复合肥，有的直接拿了现金走人，现场一派热火朝天。

偏关县地处晋西北，地膜覆盖是当地旱作农业稳产增产的关键技术。但传统聚乙烯地膜在自然环境中极难降解，残留土壤可达数百年，不仅形成“白色污染”，还会破坏土壤结构、阻碍水分养分运移、抑制作物根系发育，最终导致减产。

今年，偏关县依托新型职业农民协会创建生态超市，推出废旧地膜回收新政策：无杂质地膜每公斤回收价3元，村民既可领取现金，也可在生态超市置换日常生活用品，还能通过积分兑换肥料、种子、新地膜、农机具乃至农业机械服务费。

杨永富介绍，回收来的地膜将统一送往指定合作加工企业，生产再生颗粒、滴灌带等塑料制品，“真正实现变废为宝”。

“以前地膜用完了，要么埋地里，要么堆墙角，风一吹满村跑。”一位排队的老农感慨，“现在好了，废膜能换钱换东西，谁还舍得扔？”

偏关县这项政策不仅从源头减少了农业面源污染，更撬动了村民参与生态治理的积极性。通过“现金+实物+积分”的灵活兑换机制，废旧地膜有了“身价”，白色污染成了“值钱货”。

偏关县的探索不止于回收。以生态超市为枢纽，废旧地膜回收、积分激励、农资兑换、再生产利用形成闭环，一条“农户捡拾—网点回收—企业加工—反哺农业”的绿色产业链正在成型。

“废膜出了田，新膜进了田，庄稼长得好，环境也变美了。”杨永富说，下一步，协会还将扩大回收网络，让周边乡镇更多村庄纳入这一体系。

小小地膜，一头连着农民的口袋子和米袋子，一头系着黄土地的生态底线。偏关县用一张回收网，不仅织出了农业绿色高质量发展新图景，更走出了一条生态保护与农民增收双赢的新路径。■ 陈鑫龙

偏关：废膜回收实现生态保护与农民增收双赢

山西恒通集团创新研发“煤基固废综合利用”技术方案——

分级分质破矸困 梯级利用向绿兴

科学导报讯 季春时节，一场“变废为宝”的创新之风，从南太行吹到了天山脚下。4月中旬，高平市市属国企——山西恒通投资发展集团有限公司（以下简称“恒通集团”），分别在新疆哈密、昌吉举办“煤基固废高效利用政企对接活动”，成功签约处理300万吨的煤基固废项目。

此前一年多时间里，恒通集团已先后在山西、内蒙古、陕西、云南等地达成布局合作。

颚式破碎机轰鸣有序，多级振动筛精细筛分，光电分选系统高速识别，自动配料装置精准送料，密封管道全程输送……4月20日，笔者走进恒通集团恒界科工生产车间，170多米长的全封闭智能生产线高效运转。前方是杂乱的煤矸石块，后方一袋袋高标准的砂浆产品排队下线。

“过去煤矸石就是煤企的‘黑色包袱’，拉

去填埋倒贴钱，堆着又污染环境；现在进了我们这条生产线，能实现全流程‘吃干榨尽’，全部变成高价值产品。”恒通集团项目总监李旭亮蹲在生产线取样口，捧着三盘不同粒径的矸石颗粒，向记者现场讲解核心工艺。

他介绍，恒通集团针对煤矸石研发出“分级分质、梯级利用”技术，开创了一套全流程的创新处置模式——

第一步粗破筛分：将大块煤矸石破碎后，按粒径精准分级，从源头告别“一锅烩”；第二步智能分质：通过光电、密度、AI三重耦合分选，分离出精制矸石、低密度热值物、高硫组分、有害杂质，实现“该留的留、该去的去”；第三步梯级利用：大颗粒用于道路水稳料、建筑骨料，中颗粒生产砌筑砂浆、抹灰砂浆，细粉与活性组分制备防水砂浆、抗裂砂浆等高附加值产品，高硫组分提取硫铁矿制作农业用

药，而尾料则可改性制成土壤修复材料。

“传统处置是混合堆放、简单利用，我们是精准分选、‘吃干榨尽’。”李旭亮说，通过这套技术流程，几乎可实现资源的全部有效利用。不仅从源头杜绝重金属淋溶和自燃污染，解决了煤基固废填埋带来的占地、水体、大气、土壤等一系列环境问题，而且通过工艺流程的智能整合，极大提升转化效益和产品附加值。

“一条年产15万吨的生产线，光砂浆产品就可产出20多个种类。”李旭亮现场算了一笔账：按年处理100万吨煤矸石测算，每年可减碳39万吨，释放200亩的土地资源，真正实现经济效益和生态效益“双丰收”。

据介绍，煤矸石是煤基固废中存量最大、危害最突出的品类，长期面临占地、污染、安全等多重难题。2021年，恒通集团锚定煤基固废

高值利用“核心赛道”，正式启动破题攻坚。在当地政府支持下，公司组建“政产学研用”一体化专家团队，行业资深专家杜根杰、魏伟主导规划，李旭亮带队扎根一线攻坚，太原理工、安徽理工等高校教授倾力支撑。

历经3年多时间合力攻关，2024年，公司成功研发“分级分质、梯级利用”核心技术，并建成首条中试生产线。项目累计获得专利100余项，覆盖破碎、分选、配方、工艺、装备全链条。

“我们将用实实在在落地的项目、可稳定运营的模式，为地方破解固废难题、培育新兴产业。”恒通集团党委书记、董事长赵向荣表示，恒通集团将坚守“向废掘金、向绿图强”的初心，一步一个脚印把技术做精、把项目做实、把市场做稳，真正让技术转化为生态效益、经济效益和社会效益。■ 王天晓

森林防火 人人有责