

以“无废”之名 探索绿色未来

——国家能源集团“无废集团”建设试点之技术革新篇

国神公司发挥煤电一体化优势,构建循环经济全链条——

解码工业废物新价值

■ 本报特约记者 杨 磊

所谓“废弃物”,其实是“放错位置的资源”。为打好蓝天、碧水、净土三大保卫战,国神公司正在努力让资源回归正确位置:电厂产生的灰渣回填煤矿内排土场;电厂烟气注入地下煤层防火;煤炭经过提炼,可以让排土场提高粮食产量——这些真实的产业图景,正在颠覆人们对“垃圾”的刻板认知。

固废资源化:变“废”为宝 推动循环发展

在煤炭开采和燃煤发电过程中,煤矸石、粉煤灰等固体废弃物的产生量巨大。传统处理方式以堆存和填埋为主,不仅占用土地,还可能造成土壤和地下水污染。

国神公司锚定“无废企业”建设目标,以提升固废综合利用为抓手,致力于研发以煤矸石、粉煤灰、炉渣等多源固废为原料的新型充填材料,开展膏体充填、连采连充等规模化绿色充填技术,研究制定

绿色充填技术标准。目前,公司打造的“源头减量—梯级利用—高值转化”链条已初具雏形,以科技创新助力循环经济与生态效益双提升。

在国神府谷公司,经过4年多的联合攻关,高碱粉煤灰固碳注浆防火项目中试系统成功运行。项目依托国家“十四五”重点研发计划,是陕西省科学技术厅与榆林市科学技术局联动项目。项目研究将电厂粉煤灰和矿井水制成浆液,研制固—液—

气耦合反应装置,接入电厂烟气捕集固化二氧化碳,通过管道将浆液输送至煤矿采空区,同步实现粉煤灰固化二氧化碳、粉煤灰注浆防火和矿井水循环利用,蹚出一条在电厂粉煤灰固废处理、碳捕集、煤矿采空区防火方面综合利用的新途径,为电力行业绿色低碳发展提供可借鉴经验。

另一方面,国神公司利用煤基固废开展煤矿矿区周边生态修复、土地复垦、露天矿坑回填、排土场

治理、矿区重载道路建设等,成效显著。国神宝清煤电化公司遵循“煤来灰去”的战略发展要求,煤矿供给电厂发电燃用所需的褐煤,宝清电厂发电产生的灰渣等在朝阳露天煤矿内排土场建设的排灰场进行回填,有效利用土地资源,减少排灰场占地,同时排灰场分层堆储填埋达到设计标高后,由朝阳露天煤矿进行表层回填黑土复垦,实现宝清电厂固体废物100%综合利用。

废水再利用:科技赋能 守护碧水清流

煤矿矿井水、电厂脱硫废水等,若处理不当可能污染周边水体。近年来,随着水处理技术的进步,国神公司不再满足于“达标排放”,积极探索高盐废水生态综合利用新模式,通过工艺革新与智慧化管理,实现废水全流程资源化利用,为煤电清洁化转型提供“国神样板”。

高盐废水是一种产生于冶金、化工、电力等企业的高浓度、高含盐、高难降解废水,由于缺乏经济可行的分级分质回收利用

技术,高盐废水处理面临着诸多难题。

国神公司河曲电厂作为集团第二批先行先试“无废企业”,与中国科学院过程工程研究所等单位成立课题小组,开展联合协同攻关。课题小组研发抗污染选择性分离膜技术,开发界面聚合改性离子电渗析膜,综合考虑废水处理中各单元的影响关系和指标控制策略,创新构建了高盐废水零排放与盐资源化集成技术,可通过分级分质处理工艺,

将高盐废水中的盐类物质进行高效分离并资源化利用,实现电厂废水零排放,年节约原水150万吨,为火电行业破解高盐废水处理难题提供可复制的解决方案。该项目荣获中国环境保护产业协会2024年度环境技术进步奖一等奖。此外,国神公司在哈密大南湖一矿开展高矿化度矿井水资源化利用生态造林研究,筹划建设100亩高含盐渍区作为生态造林示范基地,助力哈密地区生态治理。和

丰煤电地处西部缺水地区,把矿井水回收与再利用作为重要课题,研发“软化系统+双介质过滤器+超滤+一级反渗透系统”组合处理技术,将沙吉海煤矿井下矿井水处理后作为和丰电厂厂用水,实现废水资源化利用。

该项目投运后,每年节约当地水库地表水50余万吨,有效保护区域水资源,推动绿色矿山建设。和丰煤电获评新疆塔城地区“绿色生态示范企业”。

废气能防火:产业协同 打造示范标杆

火电机组在燃烧过程中会产生二氧化硫、氮氧化物以及二氧化碳等温室气体。“双碳”目标下,各种新兴的减排降碳及碳捕集封存技术相继面世。

“电厂烟气不外排,注入地下煤层用于防火,给煤层打上‘镇静剂’,减少废气排放的同时守护煤矿安全。”这个脑洞大开的想法在国神哈密煤电公司成为现实。得益于煤电一体化独特的资源优势,该公司深化产业协同,设计并完成了全球首个“电厂烟气注入煤矿采

空区封存利用一体化关键技术与应用”项目,在花园电厂、大南湖一矿成功实现工业应用,解决了采空区防火问题并实现碳封存。

研发团队对坑口电厂烟道气体预防煤炭自燃的阻化惰化机理、效果等方面进行深入研究,针对烟气中二氧化碳浓度低、烟气成分复杂、封存成本高等诸多技术难题,研发适应复杂条件的多相烟气输送高可靠性技术及成套装备,开发注烟气安全保障与智能调控系统。项目经中国煤炭工业协会鉴定,成果达到

国际领先水平,并荣获中国煤炭工业协会科技进步奖一等奖。

“项目建设之初,最难的就是找准合适的烟道开口位置,不能离烟气出口太近,否则烟温高、烟气含氧量也不好控制,要充分考虑施工难度。我们和技术专家进行多轮试验论证,最终选定在距排烟平台30米处开口,将电厂排出的烟气经处理后注入煤矿井下采空区。”大南湖一矿通风办公室主任曹景轩介绍道,“虽然经历了很多困难,但能将烟气‘变废为

宝’实现资源化利用,为守护蓝天出一份力,我觉得付出的一切都值得。”

从固废充填到废水零排放再到烟气助力煤矿防火,从技术创新到产业协同,国神公司正以“无废企业”建设为抓手,探索出一条资源节约、环境友好的高质量发展之路。面向“十四五”收官与“十五五”开局,公司将持续落实国家能源集团“无废集团”部署,继续书写人与自然和谐共生的新篇章。

研发者说

“每一缕烟气都有它的使命,每一克碳都该有归宿。”

在新疆哈密广袤的戈壁滩上,我已经投身煤炭行业近十年,这句话就是我对绿色矿山的理解。作为全球首个实现“电厂烟气注入采空区封存利用一体化”技术的示范矿井,我们在这里不仅破解采空区防火难题,更探索出一条煤电协同降碳的创新路径。

采空区遗煤自然是煤矿安全生产的“隐形杀手”,传统注氮防火工艺成本高、效果有限。与此同时,毗邻的哈密电厂每年排

每一克碳都该有归宿

■ 曹景轩

放大量含高浓度二氧化碳的烟气,如何将两者结合实现“变废为宝”?2019年,我们牵头联合太原理工大学等单位启动技术攻关,目标直指“以烟气防火、以煤岩固碳”的双重效益。经过大量实验,我们发现电厂烟气中二氧化碳浓度高达16%,而氧气含量低于6%,具备天然惰性气体特性。由此我们想到,烟气在采空区中可有效隔绝氧气、抑制遗煤自燃、保障生产安全。更关键的是,煤岩对二氧化碳的吸附能力远超烟气中其他组分,且每年煤炭开采过程中

产生的庞大的松散煤岩体可为烟气封存提供海量的空间。

由于井下生产作业有着严格的安全规程,需要对烟气中的有毒有害物质进行净化。团队研发了多项烟气高可靠性预处理与输送技术,通过干燥、净化、压力调节等工序,将烟气各污染物严格控制在安全范围,当烟气组分异常时,系统自动排空。

烟气注入后采空区氧浓度降低,防火效果优于传统注氮技术;同时烟气具备驱替瓦斯能力,大幅降低爆炸风险;相比

CCUS技术,直接封存未捕集的烟气使成本降低80%,年节约防火费用数百万元。作为一期示范,我们这个项目已经累计减排二氧化碳超2万吨,相当于在戈壁滩种植约2000棵树木。

未来,团队计划将烟气回注和煤与乏风混烧利用等技术耦合,进一步丰富“碳循环”的内涵。“我们要让每一立方烟气在矿山找到归宿,让每一克碳在绿色转型中焕发新生。”

(作者为国神哈密大南湖一矿通风办公室主任)

铁路装备牵头攻关铁路废弃砟土综合利用关键技术
成功实现废弃砟土资源化综合利用——

铁路砟土炼“金砖”

■ 本报通讯员 郭建忠

在我国铁路版图不断延伸、总里程已突破16万千米的高速发展中,一条隐藏在铁轨背后的隐形挑战——铁路道床废弃砟土的处置问题,曾如同一道难以逾越的鸿沟,横亘在铁路绿色发展的道路上。

如今,在国家能源集团,一场“生态革命”正在铁轨之下生根发芽。在位于内蒙古包头市铁路装备陕西分公司闸瓦厂的一处面积仅550平方米的闸瓦存放场,1.38万块浅灰色砖块整齐码放,它们看似寻常,却暗藏玄机——这些砖块的原料,全部来自铁路道床清筛后的废弃砟土。

自2024年以来,铁路装备牵头攻关铁路废弃砟土综合利用关键技术取得重大突破。通过自主研发的清筛砟土免烧砖制备技术,成功实现废弃砟土100%资源化综合利用,破解轨道交通固废处理难题,为我国铁路绿色可持续发展贡献了“国能方案”。

破局:推动废料实现华丽转身

道床废弃砟土,就是对铁路线路进行清筛养护作业时产生的废旧料。在列车运行中,砟道床受到钢轨与轨枕的联合作用造成道砟磨耗,从而产生碎小石砟和粉化物。这些混杂着碎石、粉尘的混合物一旦板结,便会引发道床弹性丧失、排水功能瘫痪,成为威胁行车安全的“隐形炸弹”。

铁路装备年均线路清筛350千米、道岔清筛200余组、隧道清筛10千米,所产生的废弃砟土每年达20万吨。但目前国内对于清筛作业后废弃砟土的处置尚未形成统一有效的办法,因此,如何有效处置清筛砟土成为亟待解决的难题。经过研究,铁路装备发现,废弃砟土并非简单的工业废料,而是可深度开发的“城市矿山”资源。于是,铁路装备成立多部门协同的专项工作组和专门的科研攻关团队,探索废弃砟土“变废为宝”的有效路径,系统开展废弃砟土全生命周期管理研究,努力构建起全链条解决方案。

创新:突破关键技术“点”砟成砖

向创新要思路,向科技要答案。为了攻克难题,铁路装备设置“重载铁路废弃清筛砟土综合利用关键技术研究”科研项目,在砟土特性与分类、固化技术、无害化处理、资源化利用方式、设备与生产线等领域开展系统性研究。经过研究,铁路装备探索出将清筛砟土制砖的技术路径,于是,铁路装备按下了攻克技术难关的“快进键”。

在原料处理环节,研发团队深入研究砟土的物理化学特性,对不同来源、不同状态的砟土进行严格筛选与分级,依据颗粒特性分类存储,确保原料的质量和稳定性。在新型材料研制方面,基于天然矿物结晶原理,团队选用多种天然矿物材料,通过精细分级、调配且超细研磨、活化处理,研制出一种新型高性能矿物基类固化剂,作为开发矿物基类胶凝材料外加剂。就近选取一定比例黏土或黏性土,经科学调配和制作形成一种专用的新型矿物基类胶凝材料。

在生产工艺方面,团队首先通过对原状砟土破碎筛分,使其粒径达到压制成砖的工艺要求,通过反复试验,确定固化剂与砟土的精确配比,确保材料间充分反应以增强强度。一定比例的砟土和胶凝材料经过搅拌混合,进入压制环节,利用先进设备,精准控制压力与时间,使产品成型致密。研发团队将质量把控贯穿全程,通过运用智能检测设备实时监测产品尺寸、强度等指标,一旦出现偏差即可调整。

经过不懈努力,自主研发的清筛砟土免烧砖制备技术取得重大突破,攻克废弃砟土再利用难题,成功将废弃砟土转化为可利用的混合材料构件,制成的砌块、护坡面板等免烧产品达到建筑材料标准,实现废砟的资源化、无害化综合利用。“我们探索的技术,实现了对清筛废弃砟土的全固废处置,资源化利用率可达100%,目前国内重载铁路暂无清筛废弃砟土的免烧制砖材料和工艺,属于行业首创。”铁路装备公司科信部马子钦骄傲地说道。

拓局:“一块砖”撬动铁路绿色变革

砟土免烧砖技术的成功研发,如同一颗恣意生长的种子,一经孕育便迸发出无限的能量,不仅可有效减少砟土运输和排放对环境造成的污染,还实现资源的就地转化和循环利用,提升铁路装备在铁路线路清筛施工领域的核心竞争力,为企业绿色发展注入新动能。

截至4月底,铁路装备根据技术研发成果,已完成彩色路沿砖、普通承重砌块、大型护坡挡板等21种常用工业砖样构件试制,其抗压强度、抗折强度、抗渗、抗冻、环保等相关检测均符合工业标准,且强度大于普通板砖。

这一技术不仅解决了铁路装备砟土处置的难题,还将为铁路装备带来可观的经济效益。清筛砟土按照建筑垃圾合规处置的话,每吨费用约90元,集团铁路每年产生的20万吨砟土处置费用每年约1800万元。若全部实现清筛砟土制砖,经测算,每吨砟土可生产通用建筑用砖约380块,按普通砖市场价每块0.3元测算,20万吨砟土生产的砖块售价约2280万元,预计每年可盈利1900万元。综合测算,每年可产生效益约6400万元。

目前,我国拥有10.4万千米有砟铁路,每年清筛作业产生巨量废弃砟土,铁路装备的砟土免烧砖技术,为这些巨量废弃砟土找到出路和归宿,也为铁路行业解决砟土堆放或填埋土地占用、环境污染等难题提供“国能方案”。



国神公司河曲电厂 苗建峰 摄