

“深瞳”

支持城市废弃物分类回收利用设施建设,强化退役动力电池、光伏组件、风电机组叶片等新兴产业废弃物循环利用。  
——《国务院关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》



# 变废为宝 循环发展

## ——“双碳”战略下的内蒙古创新发展系列报道三

文/图 本报记者 及庆玲

蒙西铝业粉煤灰提取氧化铝工业化生产线外观。

专家观点

### 加强联动共同推进 固废管理和利用

□张永锋

党的二十大报告提出,教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。随着自治区“十四五”规划的顺利推进,电力、钢铁、冶金、化工、建材等重要产业在获得高速发展的同时排放大量工业固废,且成分复杂、难以循环等问题凸显,而不同行业的固废往往含有丰富的有价元素,如高铝固废、高硅固废、高铁固废、稀土固废、高铈镨钕固废等,因此采用科技创新技术实现固废高效循环利用是落实《国务院关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》的重要举措。

固废高效循环利用应依托自治区现有经济及产业布局,根据有价元素含量及环境危害性,进行固废多层次、分类别梯级利用,探索实施大宗化消纳利用与有价元素提取高值化利用相结合的处置模式,提出自治区固废综合利用处置实施方案;应根据自治区区域循环经济模式,协同“水—土—气”污染综合治理,研发固废合成污水及气体污染物吸附材料,构建固废水、气处理“以废治废”循环经济路线,协同土壤生态修复形成闭环循环;同时由于固废的复杂性及多样性,往往涉及化工、冶金、材料、生态环境及自动化控制等多个专业,因此必须打破传统学科之间的壁垒,整合相关学科优势资源,促进基础学科、应用学科交叉融合,集成多学科集成交叉协同创新新局面。

促进产学研用一体化研发平台建设,推动校企开展产学研合作、联合技术攻关、共建共享科研设备,实现创新链、产业链、教育链、人才链“四链”深度融合,形成企业主动敲门“需求”,高校及院所主动上门服务“难题”的良性友好局面。政府、高校及科研院所和企业三方联动,政府提供人才、技术、信息的交流枢纽平台,整合区内外优势科研资源;高校和科研院所发挥技术创新源头的优势,破解固废利用关键技术难题;企业做好技术革新、工程放大和成果转化应用的实践,三方互相加强联动,共同推进固体废物管理和利用。

(作者系内蒙古工业大学教授、煤基固废资源化利用国家重点实验室工程研究中心主任)

### 用科技创新赋能 固废综合利用行业

□欣语

当前,我国生态文明建设正处于以降碳为重点战略方向的关键时期。推进绿色低碳循环发展作为内蒙古贯彻落实《国务院关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》(以下简称《意见》)的一项重要任务,需要在加快固体废物循环利用、协同推进减污降碳方面探索出新的路径。而实现固体废物减量化、资源化、无害化的循环利用目标,关键在于用科技创新赋能固废综合利用行业。

近年来,内蒙古推进固体废物循环利用工作取得积极成效,加大了国家生活垃圾分类、“无废城市”和循环经济标准化等试点城市建设的力度,在循环经济园区、零碳园区建设和园区循环化改造等方面探索出一些成功经验。在推动冶金、化工、建筑和能源等传统行业领域的尾矿、煤矸石、粉煤灰、脱硫石膏、冶炼渣和化工废渣等工业固废的再利用过程中,内蒙古依靠科技创新实现了尾矿资源再利用、粉煤灰提氧化铝等固废循环利用的同时,也形成了新的产业,为探索以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展新路子作出了积极贡献。在零碳产业园区建设和管理模式的实践方面,内蒙古利用数字技术推出的零碳园区建设标准,其建设原则也包含有关提升科技创新能力、推进零碳转型与实现产业接续发展有机结合的明确要求。

当前,随着我国新能源产业的快速发展,处理好退役动力电池、光伏组件、风电机组叶片等废弃物的回收再利用问题已经迫在眉睫。《意见》重点围绕新兴产业废弃物循环利用、城市废弃物分类回收利用以及粉煤灰提取氧化铝这三个方向作出具体部署,明确了内蒙古今后一段时间推动固废循环利用的工作重点。在这些领域进一步发挥好科技创新的带动作用需要从以下三点着眼:第一,加强对新能源产业废旧回收再利用关键技术问题、共性问题及瓶颈问题的攻关,制定激励性政策扶持企业在新型可回收再利用产品开发方面的技术创新,支持企业开展数字技术赋能产品循环利用新模式;第二,加大对城市废弃物分类回收利用设施建设的投入力度,加快完善与城市固废处理需求相匹配的末端处理设施布局;第三,在粉煤灰提取氧化铝基地建设,加大绿电供给支持力度,激励企业进一步推进粉煤灰固废综合利用技术研发,创建全利用、零排放产业链。

(作者系内蒙古社会科学院研究员)

循环经济可以让有限的资源无限循环。眼下,内蒙古循环经济带来的效益越来越明显,各地方、各产业跳出老套路,通过科技创新找到绿色低碳的解决方案,实现了工业固废变废为宝。

《国务院关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》(以下简称《意见》),为内蒙古依托科技创新走好以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展新路子提供了根本遵循和行动指南。

科技创新,推动循环经济在内蒙古“转”起来。

镜头一

#### “捕捉封存”推动钢铁行业固废资源化利用

提到钢铁企业,你首先会想到什么?是灰黑的矿石、火红的钢水,还是低附加值、污染严重的传统工业?



内蒙古包盈环保新材料有限公司工作人员正在点检板框压滤机液压系统。

在包头市,包钢集团公司联合瀚矿环保科技有限公司(上海)有限公司以实际行动改变着人们对钢铁产业的刻板印象。

如今,矿石仍然其貌不扬,钢水依旧火红滚烫,但在看似不变的传统场景之下,隐藏着钢铁产业转型升级的大变化,碳捕捉和封存利用技术正在快速推广,二氧化碳从工业能源中分离出来,直接加以利用或注入地层,实现二氧化碳的永久减排。

走进他们合资成立的内蒙古包盈环保新材料有限公司,全球首套套固废与二氧化碳矿化综合利用项目“隐匿”其中。一幢3层绿色楼房里,有2个大圆罐和各种纵横交错的管道。记者看到,咖色的钢渣,通过反应装置,产出奶白色的碳酸钙。

其实,第一批碳酸钙的产出始于2023年7月,生产线正在以每年处理10万吨钢渣的进度进行着。而每处理一吨钢渣就可实现直接+间接减排约1.5吨的二氧化碳。

据测算,全国每年新增钢渣近9000万吨,如果利用这种二氧化碳矿化技术全生命周期计算直接+间接减排超过1.1亿吨。

“碳酸钙是造纸、涂料、橡胶等行业的重要填料。比如把它添加到塑料里,就能让塑料袋升级为可降解塑料袋;把它添加到PVC管材中,塑化效果更好,且具有加填量高的优势;有了它,就能有效减少石灰石矿的开采和煅烧,大幅降低纸浆在生产过程中木料的需求,所以该项目解决了炼钢过程中的固体废弃物循环利用及二氧化碳封存问题。”包钢集团节能环保科技产业有限责任公司副总经理、内蒙古包盈环保新材料有限公司总经理于文剑介绍。

通过翔实的数据和于文剑的介绍,记者理解了该项目是如何实现温室气体减排、推进绿色低碳经济发展的。

一路走来,记者发现了这里和其他项目现场的不同之处——没有焙烧装置。

看出记者的疑惑,科研人员许志强自豪地说:“这就是这项废弃物处理、二氧化碳减排领域世界先进技术的地方。项目不仅可以实现固废循环利用,同时采用的碳化法钢铁渣处理技术与传统生产高纯碳酸钙的技术相比,省去了焙烧工艺,减少

了二氧化碳的释放,同时该技术可直接将二氧化碳作为原料参与反应,具备双重减碳效果,满足固废综合利用需求。”

2014年开始,哥伦比亚大学教授Park一行来到包钢集团公司进行固废循环利用、二氧化碳封存问题的技术交流,并邮寄样品在实验室进行烧杯实验。多年来,科研团队一直利用哥伦比亚大学的最新科研成果,对钢铁渣进行综合处理,最终形成高纯碳酸钙、含铁料等产品。

产学研用实践,不仅开出“绿色”的固废循环利用及二氧化碳矿化资源循环利用之花,还开出了“红色”的二氧化碳矿化技术之花。

新年伊始,国内许多大型钢铁企业纷纷制定了出行计划——来内蒙古包盈环保新材料有限公司“一探究竟”,寻找可持续发展新路径。

2023年,包头市引入北京化工大学院士团队,共建了“北京化工大学包头低碳技术及先进材料协同创新中心”,并在包头转化落地实体企业,转化了“废轮胎胶粉改性沥青技术成果”,将废轮胎经过高温粉碎后添加到沥青中制备高性能的低碳路路材料,有效实现了废轮胎的高值化循环利用,一方面可以有效延长公路使用寿命,减少北方地区的路面裂缝数量,另一方面可以降低公路建设中的二氧化碳排放,降低公路噪音3-6分贝,同时还不增加路路成本。

包头市科技局副局长王伟表示:“今年将继续发挥协同中心和院士团队作用,继续围绕废轮胎、废塑料、废植物纤维等大宗固废物的高值化循环利用开展持续的研发和成果转化。”

镜头二

#### “浴火重生”蹚出粉煤灰高值利用新路子

粉煤灰原本是煤炭工业领域的废料,但经历“浴火重生”,成为战略资源——氧化铝,其示范引领意义重大。

长期以来,我国氧化铝、电解铝生产原料极大程度上依赖进口。内蒙古煤矿产业发达,巨量的粉煤灰虽然大多富含铝元素,却一直一直被当作工业废料深埋地下,其高值化利用,既可以解决环境污染问题,也有助于解决我国铝土矿资源短缺问题。

连日来,蒙西高新技术集团有限公司(以下简称蒙西集团)下属的蒙西铝业公司内,新落成的小型实验平台上热闹非凡,蒙西集团的技术团队与华南理工大学、东北大学、武汉理工大学、内蒙古大学、内蒙古科技大学、鄂尔多斯碳中和研究院等国内外院校专家联手,开启了粉煤灰高值利用新征程。

科研人员分工明确,有些人通过碳分直接出氢氧化铝产品;有些人紧盯隧道窑,煅烧氧化铝熟料;有些人在给铝酸钠溶液增浓……

谁能想到这个新征程的开启,整整花费了25年。

1998年,蒙西集团将粉煤灰作为水泥生产辅材使用的同时,开始探索粉煤灰高值利用。“当时我们除了几位技术人员,啥都没有。”蒙西铝业公司总经理高永福回忆,他们通过查阅资料得知,波兰曾经做过从粉煤灰中提取氧化铝项目的工业化,蒙西集团创始人刘埃林随即带队远赴波兰学习取经,完成了项目最早的技术积累。

2003年,该技术从实验室走上了中试生产线。蒙西铝业公司技术部部长铁钢向记者展示了一份历次工业化试验情况汇总表。20年来,数十次大型试验数据被毫无遗漏地记录下来。这是技术团队反复试错、反复失败、艰难前行的全记录。

熟料自粉化是粉煤灰提取氧化铝技术最核心的内容之一,这套技术当年在波兰曾被冠名为“自粉化法”。铁钢说:“我清楚记得2022年夏天的一个周末,我和公司领导在实验室,尝试不同温度条件下,把生料通过不同的配料进行煅烧,但粉化效果都不尽如人意。我突然意识到,问题很可能出在粉煤灰身上。经过探讨,我们发现粉煤灰中还有未检测到的成分在影响熟料的粉化。”

因此,试验有了明朗的方向。他们委托专业的检测中心对不同粉煤灰中的微量元素含量进行分析,研究微量元素含量对熟料质量的影响,为大窑启动工业化试验奠定了基础。

2023年7月的一天,数十人围在上千摄氏度的粉煤灰提取氧化铝的烧回转窑出口。他们神色焦急,汗水早已浸透工服。只见一人铲出一块块状氧化铝熟料。众人旋即凑了上来。随着温度下降,块状熟料开始自动粉化,发出“啪嗒”微响。经现场检验,粉化直径25微米以下,粉化率达到98%以上。全场欢声雷动!25年终于把铁杆磨成针。

此后,随着第一批合格高硅氧化铝产品通过封闭输送带被送入成品库,蒙西铝业公司实施的一期年产20万吨粉煤灰提取氧化铝生产线实现全线贯通。这是国内首条正在运行的粉煤灰提取氧化铝工业化生产线,实现了工业废渣全部利用转化。

“粉煤灰提取氧化铝项目工艺路线成熟可行,生产线经过优化后成本也将大幅下降,前景十分广阔。项目的成功,对于粉煤灰等大宗工业固废的循环利用,具有积极的示范作用,对保障国家铝产业安全也具有重要的战略意义。”中铝国际贵阳铝镁院副总工程师陈德在作专家评审时如是说。

今年,试产产品在电解铝厂和非铝行业已得到应用。后续蒙西铝业公司计划依托电解铝产品延长产业链,完成对粉煤灰提取氧化铝工艺的升级,提高企业市场竞争力。从产业发展和循环利用两方面打造并形成示范效应:产业发展方面形成高铝煤炭—电力—氧化铝—电解铝—铝深加工—建材的产业链条,循环利用方面解决了我国高铝粉煤灰的堆积问题,实现固废综合利用和增收降本。

“用科技创新驱动绿色发展,我们的使命还远远没有结束!”铁钢表示,他们将推进项目所需的配套电解铝产能指标和能源消耗指标申请工作,使高硅氧化铝产品完成自我消耗,为加快鄂尔多斯利用粉煤灰提取氧化铝综合利用基地建设,提升内蒙古经济发展、资源利用与环境保护水平作出贡献。

粉煤灰高值利用是鄂尔多斯市科技人才倾力编织“创新风景线”的一个生动实例。

从新成立不久的鄂尔多斯人才科创中心出发,到高新区的人才公寓。沿途会经过2023年新建设的矿鸿工业互联网创新国家矿山安全监察局重点实验室、北京大学鄂尔多斯能源研究院、鄂尔多斯实验室,见到中国矿大(北京)内蒙古研究院,这些科研机构汇聚了一大批院士专家,集聚了新能源、物联

网、煤炭工业、现代煤化工等领域的先进技术,吸引了160余名硕士及以上学历毕业生来此工作。

“2024年,鄂尔多斯市将继续引进百名科技人才,让科技创新成为鄂尔多斯的城市名片。”鄂尔多斯市科技局党组书记、局长边东表示。

镜头三

#### “由黑变白”推动焦化行业产业迭代升级

走进乌海高新技术产业开发区海南产业园乌海市绿环环保科技有限公司,厂区内一辆辆特种车辆正在运进焦化脱硫废液。记者看到,工作人员利用密闭式的输送管道,将黑绿色的焦化脱硫废液装入原液储存罐区,这些液体顺着管道,反应釜,经过催化氧化、脱水过滤、蒸发分离等环节,完成“化学蜕变”。

“目前,日处理焦化脱硫废液达400立方米,相当于我们居住的4米高、100平方米大的房子。”总经理吴蕾告诉记者。

来到科研综合实验室,科研人员正忙着对接收的废液和产出的成品进行各项指标化验。“我们和江苏燎原环保科技有限公司合作,经过近30年研发,最终成功研发出脱硫废液专利提盐技术。该技术包含催化氧化、浓缩分离、结晶提纯、转钠浓缩、钠结晶离心等工艺流程,把废液变成附加值较高的产品硫酸钠以及副产品硫酸铵和氨水。”科研人员余鸿介绍。

实验室里,一组产品引人注目,一个个小玻璃瓶里装着颗粒大小不一的产品,看上去像白砂糖一样。

“硫酸钠,被广泛应用于医药、农药、印染、电镀等领域,可用于贵金属浮选、聚丙烯抽丝、橡胶处理等;硫酸铵则是一种重要的化工原料和化肥。”

“这个液体是氨水,可用于制造铵盐、胺化剂、催化剂以及化肥等。”

“我们的工作就是变黑为白。”总经理吴蕾如数家珍,介绍着这些产品的用途。

运进来的是化工废液,运出去的却是化工原料。焦化行业作为乌海及周边地区支柱产业之一,区域产能达到3000万吨,而焦化脱硫废液始终困扰行业持续健康发展。

2023年,绿环环保科技有限公司围绕固废危废资源化,布局延链补链项目——农药中间体及原料药生产焦化脱硫废液集中资源化利用项目,成功解决了焦化行业脱硫废液处置难题并实现危废资源的有效利用,降低了乌海及周边地区的环境风险隐患及企业的环保成本,实现了焦化行业节能减碳、降本增效,对促进经济增长模式转变和推动产业迭代升级具有重要意义。

“现在我们看到的是项目一期,投资3亿元,于2023年9月正式投入生产,年处理焦化脱硫废液13.2万吨,年产硫酸钠1.5万吨、副产品氨水及硫酸铵等1.5万吨,年销售额可达4亿元。”公司董事长刘飞平表示,变废为宝让企业尝到了甜头,我们还将投资5亿元,建设二期。预计该项目全部建成投产后,可实现年销售收入约6亿元。

目前,仅海南产业园就有这样的企业3家。

道虽远,行则将至;事虽难,做则必成。乌海市积极推进固体废物处置,着力打造国家大宗固废综合利用示范基地,鼓励科研院所、技术中心、从事研究与开发的创新型中小企业等各方力量广泛参与建设,以契约关系为纽带,通过资源共享和创新要素的优化组合,以煤化工、氯碱化工两大特色优势产业产业链发展为主线,配套发展煤矸石、粉煤灰、电石渣等固体废物资源化利用产业。同时,统筹布局各类大宗固体废物综合利用项目,着力发挥项目间的协同效应,实现资源能源的高效利用。

1月16日上午,乌海市委副书记、市长崔景英在参加政协乌海市第十届委员会第三次会议第三讨论组讨论时表示,当前乌海市呈现出“发展基础好、发展态势好、发展环境好”和“产业结构优”的良好局面,市政府将持续加强与广大委员常态化沟通交流,以组织开展“市长接待日”等活动为契机,及时协调解决民营企业反映的困难问题,切实为企业消除后顾之忧,让企业心无旁骛、一心一意谋发展。

经济界委员魏宇鹏建议,接下来要在稳链补链强链上下功夫,以培育创新引领型龙头企业和研发平台为目标,推进大宗固体废物综合利用向高附加值、多途径消纳、产业集聚方向发展,实现固体废物综合利用产业创新能力整体跨越。

一个个“变身”实例,印证了内蒙古将绿色作为发展的鲜明底色,科技赋能,闯关夺隘,正谱写高质量发展新篇章。



乌海市绿环环保科技有限公司科研人员正在做试验。