

资源化零排放的清创探索

12月5日，在位于长治襄垣经济技术开发区的清创人和(襄垣)环境科技有限责任公司生产车间里，一包包颜色深、带有杂质的杂盐，最终在生产线的末端变成了颜色雪白、达到国家标准的工业盐。

该公司技术总工程师李磊说：“技术一方面解决了园区内煤化工、焦化等企业工业废水、废液处理副产品——杂盐难以处理的痛点；另一方面，产出的氯化钠及硫酸钠等工业盐又可回用于园区内企业生产，实现了工业废污的百分百资源化回收利用。”

起始之初 聚焦行业痛点难点

清创人和生态工程技术有限公司总部位于北京中关村翠湖科技园，在山西综改示范区设立了研发实验中心，在长治襄垣经济技术开发区设立了产业示范基地。该公司与清华大学、太原理工大学建立了长效合作研发机制，专注于工业废水、废液、固废的资源化零排放，工业废气治理，生态环境修复环保技术研发应用，是一家集环保咨询、研发、设计、施工、运营、设备制造及催化剂材料制备于一体的环保科技综合服务企业。

谈起成立这家企业的初衷，公司董事长兼总经理原沁波表示，之前在从事生态环境相关工作时，经常去一些工矿企业生产现场，特别是在一些煤化工、焦化企业，发现其生产过程会产生大量的工业废水，这些工业废水存在“四高”，即高COD、高氨氮、高色度、高无机盐，行业内统称为高盐难降解有机废水。

原沁波进一步介绍，高盐有机废水、废液处理一直是行业的一大环保难题，常规工艺处理后的废盐因组分复杂，无法得到有效利用，已成为阻碍企业高质量发展的主要瓶颈之一，而且行业内废盐大多被国家纳入了危险废物管理的范畴，随着国家对危废监管政策的收紧，有效处理高盐有机废水、废液及废盐已刻不容缓。

于是，原沁波逐渐产生了把这些废水、废液及废盐进行处理再利用的想法。“有没有途径，可以使这些高含盐有机废水变废为宝呢？”带着这一课题，原沁波在清华大学攻读博士后期间，在导师指导下，对工业废污再利用进行了深入研究。博士后出站后，他创建了专业的研发中心，带领科研团队，成功研发出非均相催化氧化技术和配套的多种纳米级催化氧化材料，攻克了废水废液废盐中的有机物质无法有效降解的难题。

“你看，这是11月20日工信部联合水利部发布的《国家鼓励的工业节水工艺、技术和装备目录（2023年）》，我们公司申报的‘高盐难降解有机废水资



清创人和技术创新研究院院长刘世斌（左二）在科研现场指导创新研发工作。

源化零排放技术’作为共性通用技术成功入选。”采访中，原沁波高兴地说：“这次我们将高盐有机废水资源化零排放技术的一体化工艺向国家进行了申报，经过国家相关部门层层评审，最终成功入选国家的鼓励和推荐名单，这说明国家对于工业废污实现循环利用的重视和对公司核心技术的认可。同时，对于我们这样一家正处于快速成长和市场拓展期的高新技术企业来说，也是一次极大的激励。”

七年攻关 实现资源化零排放

原沁波说：“公司在研发过程中首次提出了‘资源化零排放’的绿色理念，简言之，就是不仅使工业废水等实现零排放，而且还要最大限度地实现其资源化再利用，这是一举两得、利国利民的事。”

据了解，国家近年来在环保监管上的不断加码对工业废污特别是高盐有机废水的处理处置提出了新要求，这一情况在我国煤化工和精细化工行业体现得尤为突出。国内目前类似的相关课题研究，往往由于投入巨大和技术瓶颈，难以达到良好效果，可以说，从零排放到实现资源化利用，是一个艰难的过程。

原沁波介绍，常规的催化氧化技术，如臭氧催化氧化或芬顿技术，有机物降解效率一般低于50%，尤其对焦化、煤化工等废水中难降解有机物的降解率更是低于30%。而且，在盐含量高于10g/L的废水中，催化剂易被腐蚀失去活性。他带领科研团队针对催化氧化技术、催化剂载体及活性材料进行了深入研究，在过去长达7年的时间里，经历了数以万计的测试和实验，终于研发出非均相催化氧化技术，其核心是以活性炭和优质陶瓷材料为载体的纳米

级催化氧化材料，突破了基于多金属共渍、配位化学作用调控催化剂结构与性能方法的限制，攻克了传统催化剂催化活性低、结构稳定性差、活性成分易脱落等难题，通过高寿命、高活性的催化剂材料，大量产生具有超强氧化性的羟基自由基，可以将难降解的有机物进行高效降解，降解效率稳定达到80%以上。

原沁波说：“经公司技术处理后的废水可以达到回用水标准，副产高纯度的各类盐、酸、碱等工业产品回用于企业或形成新的经济增值，实现了零排放和资源利用。”

解决了关键技术，他们又对废水处理工艺流程中的各个关键技术环节进行了系统的深度研发，在大量小试、中试实验的基础上，创新研发出多项原创技术及相应配套设备，真正实现了各类高盐难降解有机废水的资源化零排放。

绿色技术 未来发展前景广阔

在企业的产业示范基地里，跟着李磊走上了盐溶解槽，这是处理工业废污——杂盐的第一道工序，只见在一个四米多的池子里，杂盐被充分溶解，颜色呈黄黑色，还散发出一股刺鼻的味道。通过溶解、沉淀、过滤、催化氧化、分盐、净化结晶等一系列程序，在工序末端，李磊用手收集了一把刚从蒸发器中产出的已经变得雪白的工业盐，而且一开始那种刺鼻的气味也消失了。

“你看，它不仅颜色雪白，而且手感特别细腻，因为其中99%的有机杂质都被去除了。”李磊介绍，目前，设备运行稳定，有机物降解效率高，无二次污染及杂盐产生，水得到100%回用。一期生产规模是1万吨，已经有不少企业前来参观学习，希望下一步继续

合作。

目前，清创人和公司的创新技术研发院，由50多位博士、硕士组成高素质、专业化研发团队；清创人和研究院院长刘世斌教授及研发团队首席科学家王洪涛教授、王恩志教授均为行业内顶尖专家和博士生导师。原沁波说：“这些都是我们技术成果落地的坚实基础。目前，团队已申请发明专利20余项。”

从产生想法，攻克难关到成果落地，是一个艰难的过程。为了让绿色科技成果尽快落地，他们建立起产业示范基地一期工程。采访中，原沁波一直在与化工设计院工作人员沟通着产业示范基地二期的设计蓝图。他说：“已经有几家企业跟我们洽谈合作，我们正在扩大示范基地规模，让更多的企业看到我们的技术成果和优势，推动绿色成果尽快落地生效。”

危险废物资源化利用符合减量化、资源化、无害化原则，在国家“十四五”大力推进绿色发展协同减排降碳的大背景下，危险废物资源化利用更加契合资源节约、绿色低碳的政策引导方向，经济和环境潜力更大，因而具有更加广阔的发展空间。

谈及未来，原沁波信心十足。他说：“目前我们已通过省生态环境厅评审，获得危废杂盐资源化利用危险废物经营许可证，这是山西省首个废盐综合利用的特许经营证。我们对这项变废为宝的绿色技术充满了信心，未来将面向全国工业企业大力推广此项技术的应用，促进工业废污循环利用，实现绿色、低碳、循环、高质量发展。”

当前，在“双碳”目标指引下，从源头促进工业废污减量化，甚至实现其资源化利用具有显著的积极意义。原沁波说：“我们将致力打造具有行业影响力的高端环保产业原创技术策源地，推动绿色科技成果转化成为减排降碳的现实生产力。” 程国媛

孟县

布局“静脉小镇” 打造环境治理新样板

■ 本刊记者 马骏

报废汽车，经过拆解，钢铁回炉后炼成再生钢铁；工业废机油、废液，经过分离提炼后“摇身一变”成为煤油、润滑油……看得见的是一个“化腐朽为神奇”的工艺流程；看不见的是一条条由垃圾废料串起的“黄金链”。

山西海科大宗工业固废资源化应用研发及中试中心项目签约落地，欧冶链金（阳泉）再生资源项目一期工程即将完工、欧贝姆孟县大理石纳米新材料综合利用项目进入设备调试阶段……今年以来，孟县用好“国家级大宗工业固废废弃物综合利用示范基地”这块国字号招牌，抢抓政策机遇，发挥资源优势，以静脉产业小镇建设作为推动示范基地建设的重要路径，加大招商引资、促进项目落地，推动项目发展，打造“无废城市”“孟县样板”。

什么是静脉产业？区别于生产、流通、消费等“动脉产业”，静脉产业是以保障环境安全为前提，以节约资源和保护环境为目的，运用先进技术，将生产和消费过程中产生的废物转化为可重新利用的资源和产品，实现各类废物的再利用和资源化的产业。孟县静脉产业小镇项目计划打造一个集资源循环利用、科教研发、环保宣传于一体的特色产业小镇，最终形成以煤矸石发电、煤矸石制材、粉煤灰综合利用和脱硫石膏综合利用等固废综合利用产业集群。

去年“落地”的欧冶链金（阳泉）再生资源项目正在全力推进。欧冶链金（阳泉）再生资源有限公司经理乔栋说：“项目以保供太钢不锈钢产品为基础，创新资源综合利用模式，开展废钢回收加工生产、报废汽车拆解等业务。项目投产达产后，每年可处理加工废钢200万吨左右，年产值60亿至70亿元。”

建设大宗固废利用基地，孟县有资源、有优势、有机会。近年来，依托丰富的矿产资源，孟县建成了省级循环经济试点园区——西烟循环经济产业园，并已初步建立起了“区域电力—固废—新型建材”产业链。

孟县以“链”为媒，精准招引、集聚成势。目前，孟县已形成以煤矸石、粉煤灰、废金属、废催化剂等废弃资源循环利用的产业矩阵，明确了大宗固废利用示范基地的规划区域和功能定位。预计到2025年，孟县可实现西烟循环经济产业园、南委新材料产业园、秀水双创制造产业园园区物质减量循环和能源梯级利用。

“我们将聚焦资源再生利用等循环产业、环保产业领域，力争培育3家以上资源与环境类高新技术企业，依托龙头企业，推动产学研深度融合，引进10家以上静脉产业创新团队，为孟县建设大宗固废综合利用示范基地、发展静脉产业小镇打下坚实基础。”孟县经济技术开发区投资合作部部长王光明说。



12月7日，在山西保罗汽车产业园的总装车间，40辆新能源纯电动渣土车摆整齐，装配工人正在做最后的汽车检测，即将完成交付。山西保罗汽车科技有限公司与山西吉利新能源商用车有限公司联合联组配套合作，今年3月正式投入生产。截至目前，自主生产半挂车300余台，合作生产上装车1000余台。 ■唐伟青 摄



你要的环保度数 你来定

让环保扎根现在 用绿色昭示未来
To protect the environment