

附件：

**《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录
(2023 年版)》供需对接指南之二十三
减污降碳协同处置技术装备典型案例**

目 录

案例一：	1
中国科学院过程工程研究所钢铁烧结烟气内循环技术装备	1
案例二：	5
福建龙净环保股份有限公司真空热管耦合低低温电除尘技术装备	5
案例三：	12
南京绿金人橡塑高科有限公司连续绿色制备液体再生橡胶生产线	12
案例四：	15
厦门艾思欧标准砂有限公司粉煤灰高质低碳物理改性关键技术装备	15
案例五	19
山东鲁北企业集团总公司石膏制硫酸联产水泥协同含硫废弃物裂解处理技术	19
案例六：	23
浙江百能科技有限公司 PTA 多源废弃物高温热化学转化资源高效利用装备	23

案例一：

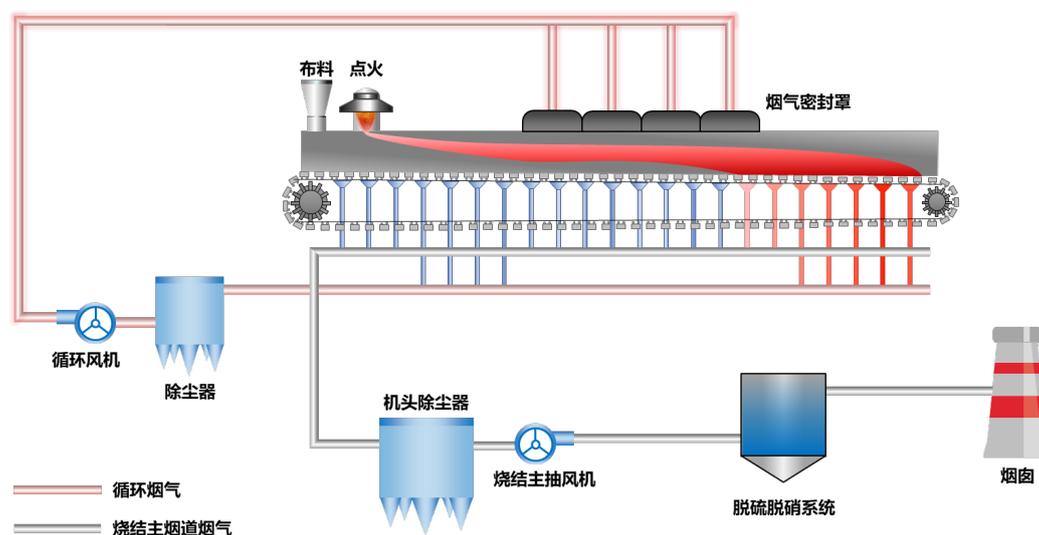
中国科学院过程工程研究所钢铁烧结烟气内循环技术装备

一、技术适用范围

适用于钢铁行业烧结工序烟气多污染物协同处理及节能减碳清洁生产改造。

二、技术原理及工艺

基于烧结风箱烟气排放特征的差异，在不影响烧结矿质量的前提下，选择特定风箱段的烟气循环回烧结合车表面，用于热风烧结。降低烧结烟气和污染物排放总量，同时烟气显热全部供给烧结混合料，进行热风烧结，降低烧结固体燃料消耗，改善表层烧结矿质量，实现减污降碳协同治理。



工艺流程图

三、技术指标

技术指标：烟气处理量： $4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{h} \sim 3 \times 10^6 \text{m}^3/\text{h}$ ；进口

参数：粉尘 < 200mg/Nm³；SO₂ < 6×10³mg/Nm³；NO_x < 500mg/Nm³；重金属汞 ≤ 10μg/Nm³；出口参数：粉尘 < 10mg/Nm³；SO₂ < 35mg/Nm³；NO_x < 50mg/Nm³；硫酸雾 ≤ 5mg/Nm³；重金属汞 ≤ 3μg/Nm³；二噁英 ≤ 0.1ng-TEQ/Nm³；烟气循环率：20% ~ 35%；循环烟气参数：温度：200℃ ~ 350℃；O₂ ≥ 17%；CO > 3000mg/Nm³；烟气量减排 ≥ 20%；CO 减排率 ≥ 20%；CO₂ 减排 ≥ 7.5kg/t（烧结矿）。

四、技术特点及先进性

与国内外同类技术对比，集成烧结废气余热高效利用和污染物排放的过程调控理念，通过循环热风参数优化，强化了烧结废气低品位余热利用效果；通过循环烟气反应气氛调控，开拓了过程调控 CO 减排的新思路；借助流场模拟，突破了密封罩结构和烟气分配技术瓶颈，优化了烟气循环与烧结生产深度融合的匹配方案，实现减污降碳与生产效能提升多功能耦合，显著提高了烟气减排量和 CO 减排效果，为钢铁行业烧结工序的绿色升级改造提供系统创新解决方案。

五、应用案例

项目名称：河钢集团邯郸钢铁集团有限责任公司 360m² 烧结机烟气内循环技术应用

项目概况：项目应用于河北省邯郸市邯宝新区 2#360m² 烧结机，项目应用前，烧结机外排烟气量 86.6 万 Nm³/h，固体能耗 53.7kg/t(烧结矿)，NO_x 排放量 150.6 吨/月，CO 排放量 3676.3 吨/月。项目应用后，外排烟气量降至 68.89 万 Nm³/h，固体能耗降低至 48.6kg/t(烧结矿)，NO_x 排放量 119.1

吨/月，CO 排放量 2821.0 吨/月。

工程投运后，可实现吨矿烟气量减排 20.9%，年减排烟气量 13 亿 m^3 ，有效降低了 2#360 m^2 烧结机的污染物排放总量；固体燃料降低 9.4%，CO₂ 减排 4.1 万吨/年，同时实现 CO 减排 1.03 万吨/年，NO_x 减排 378 吨/年，显著改善环境空气质量指标，环境效益显著。

烟气内循环技术装备投资 3800 万元，技术应用后每年可节省固体燃料 1.43 万吨，节约生产成本 1700 万元；处理烟气量减少，污染物控制设施的运行负荷和运行成本显著降低，每年可减少污染物控制设施运行成本 800 万元。综合计算烟气内循环技术装备投资回收期约为 1.5 年，投资回报率良好。



六、推广前景

随着钢铁行业超低排放在全国范围内推广实施，及双碳背景下“协同降碳”需求提高，邯郸市、临汾市、唐山市等多地已下发相关政策，要求所辖钢铁企业限期完成烟气循环改造，技术政策需求迫切。基于我国烧结生产实际研发的烧

结烟气内循环技术符合国家减污降碳协同治理需求，在改善烧结生产过程和减污降碳方面较同类技术有明显优势，得到了专业内专家人士和企业的认可，因此入选多项国家鼓励先进技术目录，技术推广前景广阔。未来三年在政策支持下，技术总投资规模预计可达 45 亿元，年经济效益 36 亿元，届时可实现烟气量减排 4800 亿 m³/a，CO 减排 600 × 10⁴t/a，有效降低烧结烟气的污染物排放总量，同时显著改善环境空气质量指标。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：中国科学院过程工程研究所

联系人：李超群

联系方式：18810969211

案例二：

福建龙净环保股份有限公司真空热管耦合低低温电除尘技术装备

一、技术适用范围

适用于燃煤锅炉及工业窑炉配套低低温电除尘系统应用。

二、技术原理及工艺

通过真空热管换热装置将进入电除尘器的烟气温度由通常的低温状态（ $130^{\circ}\text{C} \sim 170^{\circ}\text{C}$ ）下降到低低温状态（最宜在 $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ），回收烟气余热的同时改善烟气特性，有效降低粉尘比电阻，避免反电晕现象。同时，烟气温度的降低使烟气流量减小、烟气流速降低并有效提高电场运行时的击穿电压，从而大幅提高除尘效率，并去除大部分 SO_3 ，协同脱除重金属汞及节约煤耗、电耗、脱硫降温水耗等。

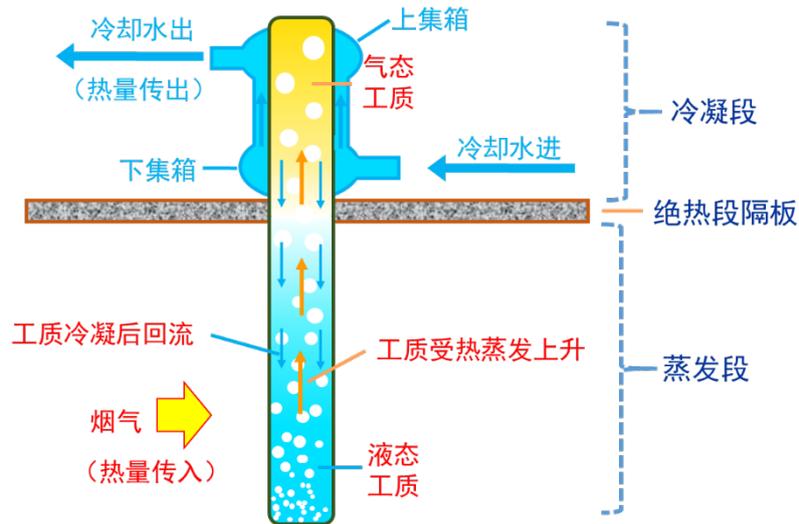
本技术装备的真空热管换热装置采用轴流式两相闭式热虹吸管工作原理，又称重力热管。其在结构上分为蒸发段、绝热段和冷凝段。它是热能工程应用中非常广泛的一种热管，主要通过在全封闭真空管内工质的蒸发与凝结来传递热量，具有极高的导热性、良好的等温性、冷热两侧的传热面积可根据需要进行调整、可远距离传热、可控制温度等一系列优点。其主要工作过程有以下 4 个方面：

- （一）在蒸发段，外界热量通过管壁传入管内；
- （二）热管内液态工作介质吸收管壁热量后蒸发成饱和

气体；

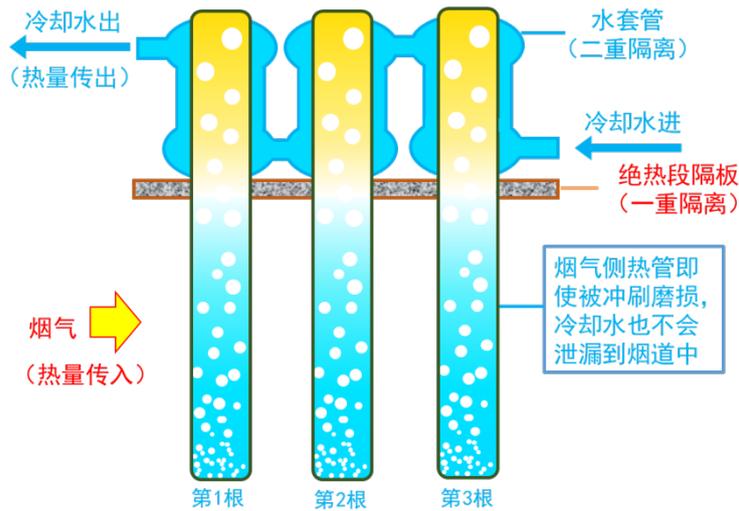
(三) 工作介质蒸发后上升至冷凝段被管外冷却水冷却并冷凝释放出热量；

(四) 冷凝段管内工作介质被冷凝后，在重力作用下回到热管蒸发段重新吸热蒸发，周而往复，实现热量的上下传递。



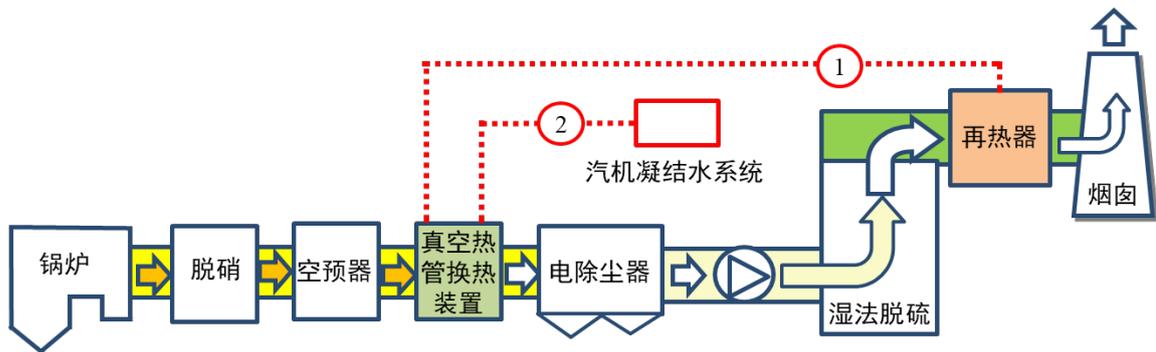
真空热管换热装置工作原理图

本技术的热管采用“中隔板组件+水套管”等结构，可实现将热烟气和冷却水两种换热介质进行多重物理隔离，满足即使位于中隔板组件下方烟气侧的热管发生磨损时，也仅有少量热管内部工质泄漏到烟道中并迅速被热烟气蒸发带走，位于中隔板组件上方的冷却水不会泄漏到烟道中，避免了冷却水泄漏造成的电除尘内部烟道堵塞、烟尘排放超标、灰斗堵灰等涉及环保及安全等严重隐患，保证了换热器和下游设备的安全。热管换热装置的寿命一般可达 10 年以上，可确保低低温电除尘系统及机组的长效、低阻、安全、稳定及可靠运行，实现可持续的节能环保效益。



零泄漏示意图

真空热管换热装置设置在锅炉排烟系统中空预器与电除尘器之间的烟道处。



工艺流程图

真空热管耦合低低温电除尘技术装备布置于燃煤锅炉尾部的空预器与引风机之间。本技术有两种典型的工艺路线：一是烟气余热回收-再热系统，通过管路系统将换热装置回收的热量带至再热器加热脱硫后烟气，提高烟囱入口烟温和烟气抬升高度，减轻烟囱腐蚀，消除视觉污染；二是烟气余热回收利用系统，通过管路系统将换热装置回收的热量用于加热汽轮机凝结水，排挤汽轮机抽汽，增加汽轮机做功，

实现降低发电煤耗、高效除尘的双重目的。

三、技术指标

烟气降温幅度： $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ；烟气侧压力降 $\leq 700\text{ Pa}$ （真空热管 $\leq 500\text{ pa}$ ）；水侧压力降 $\leq 0.2\text{ MPa}$ ；入口粉尘浓度 $\leq 50\text{ g/m}^3$ ，出口粉尘浓度 $\leq 20\text{ mg/m}^3$ ，除尘效率 $\geq 99.9\%$ ；节省发电标煤耗 $\geq 1\text{ g/kW}\cdot\text{h}$ （加热汽机冷凝水场合时）。

四、技术特点及先进性

采用的真空热管换热装置，创新设计三段式热管换热器及配套的封装技术，实现高效换热、环保提效的同时，满足设备零泄漏及高可靠性运行要求；创新应用热管间工质互不相通的承载式换热模块，在提高设备自身刚性、降低钢材使用量的同时兼顾运行膨胀需求，在空间允许情况下，模块可单独插拔式装、拆，方便设备调试、检修维护；创新应用基于大数据方法的装置运行状态在线监控系统，实时掌握设备的运行状态，及时分析和预判故障信息，指导设备运维管理，提升设备管控先进性水平；攻克真空热管原位在线制作及修复关键技术，解决热管换热装备运行一段时间后产生大量不凝性气体影响换热的问题，从而保证真空热管换热装置的长期、高效使用，并可确保低低温电除尘烟气处理系统的节能环保低碳运行。

本技术成果“LVE型‘零泄漏’真空热管换热装置及其在低低温电除尘系统中的应用”于2021年9月通过中国环保产业协会主持的专家组鉴定。评审委员会一致认为：该成果首次将真空热管技术成功应用于大型燃煤电厂低低温电

除尘系统，填补了该领域的技术空白，技术整体达到国际领先水平，并建议加快该成果在大型燃煤电厂的推广应用，助力推进国家“双碳”行动。

五、应用案例

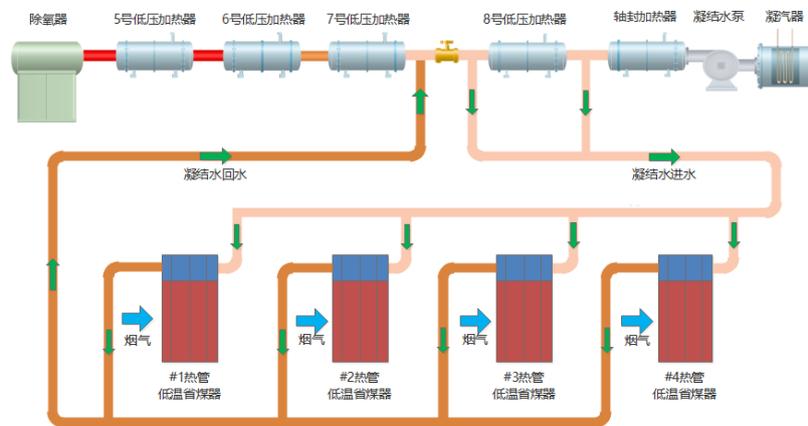
项目名称：国家电投景德镇发电厂#2炉 660MW 机组超超临界燃煤发电机组配套真空热管耦合低低温电除尘技术装备升级改造项目

项目概况：项目位于江西省景德镇市昌江区鱼山镇义城村，总承包方为福建龙净环保股份有限公司，主要参与该项目技术改造的设计、设备供货、施工、调试服务等环节。案例建成后，运行模式为电厂自主运行。



项目于 2020 年 10 月正式开工，2020 年 12 月 16 日顺利投运并通过竣工验收。项目将原有的 4 台低温省煤器换热元件拆除更换为真空热管换热装置，每台真空热管换热装置安装于对应电除尘入口烟道处。

项目采用全流通工艺路线，真空热管换热装置设置在锅炉排烟系统中空预器与电除尘器之间的烟道处，真空热管换热装置回收的热量用于加热汽轮机凝结水，工艺系统图如图，即：从发电机组轴封加热器和 8 号低加引出凝结水进入真空热管换热装置，加热后的凝结水回到 7 号低加入口。通过调节阀控制可实现进入真空热管换热装置的凝结水量调节，将电除尘器的入口烟气温度从 145℃ 降至 95℃，从而实现低低温电除尘系统的稳定运行。



六、推广前景

预计到 2026 年在电力行业达到的推广比例为 20%，2026 年煤电装机规模预计为 11 亿千瓦，达到预期推广比例时，本技术应用的总投资规模为 2.2 亿 kW。

以示范工程景德镇电厂 2# 为基准，使用本技术配套燃煤机组按 2.2 亿 kW 装机容量粗略估算，使用本技术每年较常规机组节约煤耗超 162.4 万吨，节约电除尘器电耗约 1.6 亿元，节约运行费用 20.8 亿元，多减排粉尘 5.2 万吨，节水 0.7 亿吨，减少 CO₂ 排放 544 万吨，预计减少 SO₃ 排放 5.9 万吨。

本技术装备的推广应用可创造显著的节能降碳、环保提

效效果，将极大地改善环境质量和生态环境，增进民生福祉，对早日实现双碳目标、建设美丽中国具有积极的促进作用，也可为用户节省大量的设备运行与维护费用，社会经济效益显著。

六、支撑单位信息

支撑单位名称：福建龙净环保股份有限公司

联系人：林天化

联系方式：15280403379

案例三：

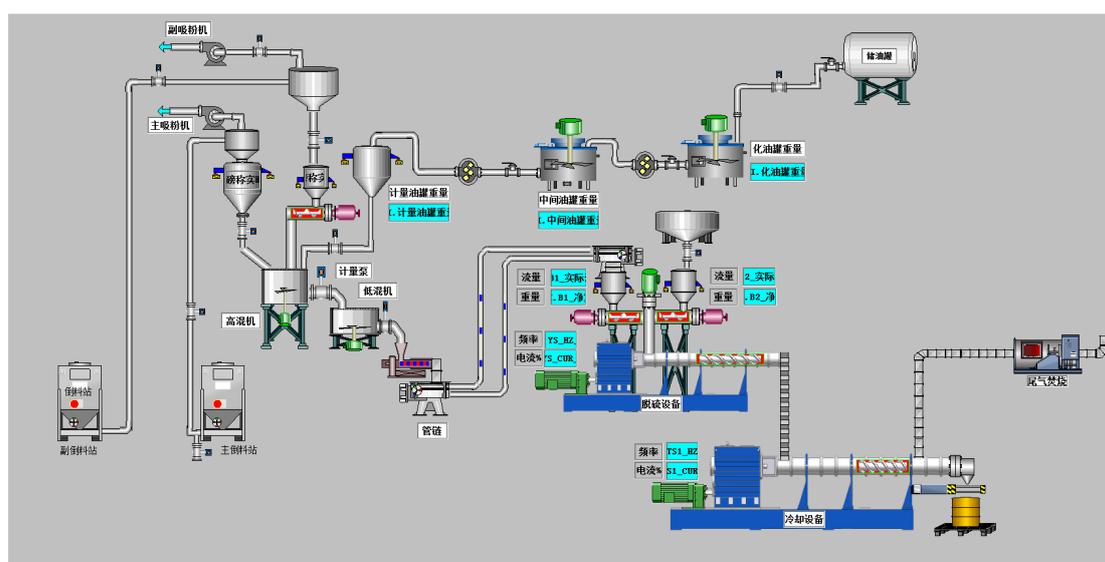
南京绿金人橡塑高科有限公司连续绿色制备液体再生橡胶生产线

一、技术适用范围

适用于废轮胎（橡胶）资源再生回收利用。

二、技术原理及工艺

采用双螺杆热剪切耦合连续中度裂解技术，根据催化剂的反应特性在双螺杆挤出机的合适位置加入，生产全程密闭连续自动化，解决了传统技术高污染、高能耗的难题。可控制备得到由油份、溶胶、固相成分组成的液体再生橡胶，其溶胶含量高、溶胶分子量低、黏度低，加工性能好；与橡胶结构相似，二者相容性好；具有可再交联的特性；炭黑品质未受破坏，仍具补强作用。



工艺流程图

三、技术指标

产量 $\geq 3 \times 10^3$ t/a; 耗电量 ≤ 400 kW·h/t; 产品解聚程度 $\geq 70\%$;
门尼粘度 ML[(1+4)100℃] ≤ 2 ; 溶胶数均分子量 $5 \times 10^3 \sim 2 \times 10^4$;
废乘用车处理量 ≥ 1.4 t/t(产再生橡胶量); VOCs 减排量 ≥ 2.45 k
g/t(产再生橡胶量); 碳减排量 ≥ 0.055 tce/t(产再生橡胶量)。

四、技术特点及先进性

(一) 多元化用途。不仅可以用于废载重轮胎胶粉制备液体再生橡胶, 还可以用于废乘用车胎胶粉制备液体再生橡胶。

(二) 绿色环保。本装备在密闭常压条件下完成全部工序, 废气经有组织收集处理后达标排放; 解决传统技术的高污染、高能耗难题。

(三) 高值化资源利用。制备的液体再生橡胶可代替传统橡胶软化剂、炭黑分散剂应用于轮胎和橡胶制品的生产; 代替传统 SBS 应用于改性沥青、防水材料的生产。实现废轮胎高值化资源利用。

(四) 自动安全。本装备全程密闭自动化生产并具备智能化安全应急机制, 消除传统技术的高压、高温等安全隐患; 采用全数据管理, 可远程监控操作, 为行业提供物联网和智能化工厂建设提供保障。

五、应用案例

项目名称: 杭州中策橡胶循环科技有限公司“万吨级废轮胎橡胶材料绿色自循环再生及应用技术示范”项目

项目概况: 项目建成连续绿色制备液体再生橡胶生产线

3 条，总投资 6928 万元。采用全程密闭、连续、自动化的连续绿色制备液体再生橡胶生产线代替传统高温高压脱硫和开放精炼的间歇生产方式，彻底解决了高能耗、高污染的共性难题。项目应用前：本项目为新建项目，应用前无相关数据，行业内传统技术耗电量约 850 kW·h/t，VOCs 排放约 2.598kg/t。项目应用后：三条生产线耗电量 3.9×10^6 kW·h/a，VOCs 排放 0.72t/a；节电 4.6×10^6 kW·h/a，碳减排量 565.34tce/a，VOCs 减排 24.5t/a，绿色资源化处理废轮胎 1.4×10^4 t/a。

六、推广前景

随着国家双碳战略的深入开展及轮胎企业生产者责任延伸制的持续推行，市场对绿色资源化处理废旧轮胎技术装备的需求量不断增加。三年后预计累计推广 48 条生产线，可形成 1.46×10^5 t/a 的产能，绿色资源化处理废轮胎（废乘用车胎） 2.48×10^5 t/a，碳减排量 8.2×10^3 tce/a，VOCs 减排 3.6×10^2 t/a。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：南京绿金人橡塑高科有限公司

联系人：史金炜

联系方式：15210694258

案例四：

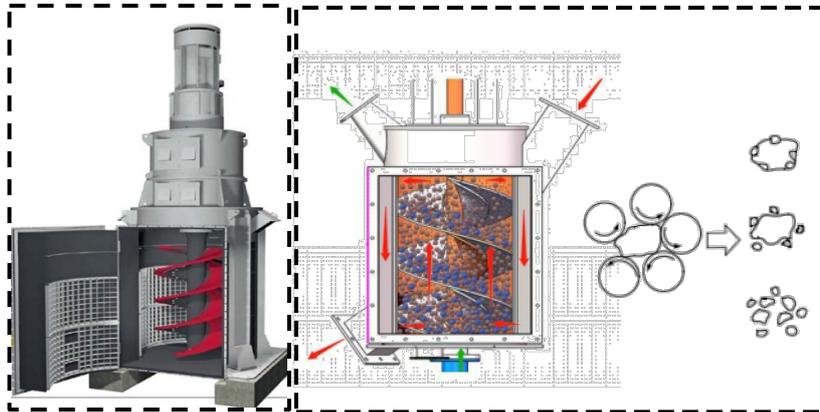
厦门艾思欧标准砂有限公司粉煤灰高质低碳物理改性关键技术装备

一、技术适用范围

适用于建材/粉煤灰加工处理。

二、技术原理及工艺

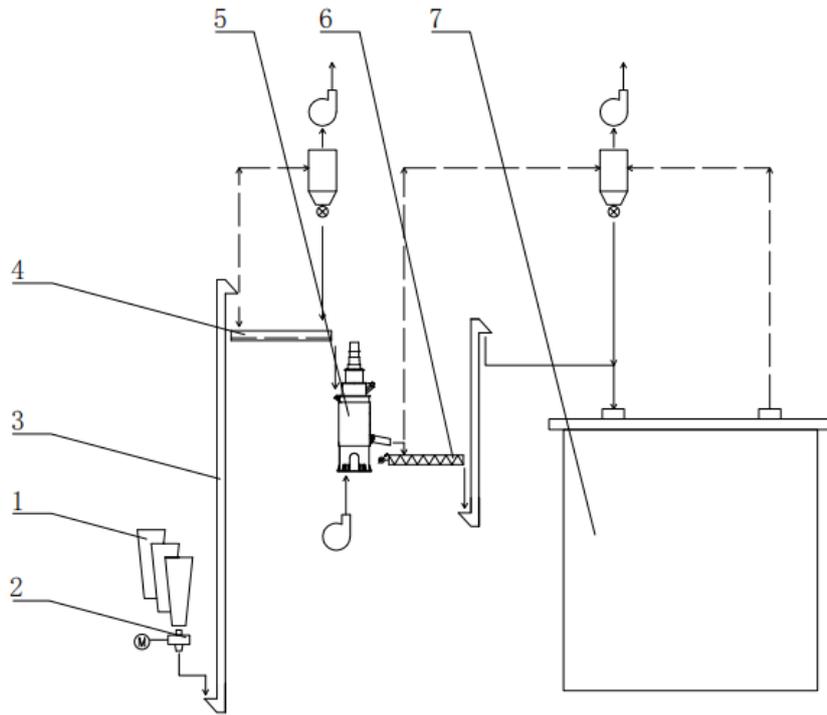
研磨介质和物料作整体多维循环运动和自转运动，精准匹配研磨整形所需的能量，综合利用研磨介质之间的摩擦力、挤压力、剪切力和冲击力来研磨物料，形成粉煤灰玻璃微珠分离整形关键技术及工艺，粉煤灰玻璃微珠保留完好，用于水泥混凝土可改善其工作性能；物理改性粉煤灰活性指数提高，可替代 20%水泥熟料，并提高混凝土密实度和耐久性。



粉煤灰原灰经计量秤输送至立式研磨机进行研磨整形，合格产品经计量秤输送至成品库。工艺采用开路或闭路两种方式。

以开路工艺为例：原料仓中的粉煤灰经计量装置输送至

立式研磨机进行研磨，上部进料，下部出料，出料口安装电动流量阀，通过控制电动流量阀开度，可以实现反向控制入磨物料喂料量，研磨后的粉煤灰经计量后由输送系统输送至成品库。



开路工艺图

三、技术指标

综合能耗 $\leq 14\text{kW}\cdot\text{h/t}$ (II级灰, 台时产量 $\geq 45\text{t/h}$, 原灰 $45\mu\text{m}$ 筛余 $\leq 55\%$)； 噪声 $\leq 85\text{dB}$ （工作状态下）； 运转率 $\geq 95\%$ ； 物理改性粉煤灰颗粒形貌（长径比降低，圆形度提高）大幅改善，需水量比降低 3%，活性指数提高 10%。

四、技术特点及先进性

技术特点：

（一）玻璃微珠保留完好、粒径分布更接近 Fuller 曲线，

堆积密度提高，提高混凝土密实度；

（二）设备温升小、节能降耗显著；

（三）装备安装调试周期短、工程造价低、占地面积小、投资少；

（四）运行成本低、运转率 95%以上，研磨介质磨耗低，维护简单，运行成本低；

（五）自然资源消耗少、无需水冷却、润滑油用量约为管磨机的 20%；

（六）避免重金属污染，衬板和研磨介质均采用刚玉材质，避免因研磨介质产生的二次污染。

先进性：

（一）研发新型干法节能型立式研磨关键技术与装备，开展模拟仿真研究，揭示立式研磨机理。

（二）形成粉煤灰玻璃微珠分离整形关键技术及工艺，实现粉煤灰原灰高效综合利用。

（三）创新解决粉煤灰研磨后品质下降的问题，玻璃微珠保留完好，粒径分布更接近 Fuller 曲线，颗粒形貌（球形度、长径比）改善，堆积密度提高。

五、应用案例

项目名称：新型干法节能型立式研磨装备用于粉煤灰物理改性项目

项目概况：项目位于福建省石狮市鸿山镇伍堡工业集控区。项目总投资费用 1196 万元，项目颗粒物排放为 1.34t/a，实现了超低排放。新型干法节能型立式研磨装备首次应用于

福建省泉州市福能环保新材(泉州)有限责任公司粉煤灰物理改性，加工处理鸿山电厂风选剩余的原灰，通过新型干法节能型立式研磨装备进行研磨整形，生产出符合标准要求的 I 级或 II 级粉煤灰。新型干法节能型立式研磨装备比传统管磨系统节能 10%以上，提高工业固废再生利用。实施周期一个月。

每年按 30 万吨产能计算，节能量为 1023tce/年，碳减排量 2550.339tce/年。（电力折标系数按 310gce/kW·h 计算，1kgce 折算系数按 2.493kgCO₂ 计算），研磨整形后的物理改性粉煤灰用于水泥生产过程中可替代 20%的水泥熟料，从而提高固废利用率，减少水泥熟料的使用量，减少二氧化碳的排放量，对于固废综合利用、改善环境和发展低碳循环经济意义重大，具有显著的社会效益。

六、推广前景

三年后该技术设备在行业内的普及率预计可到达 70%左右，总投入约 220 亿元，可实现节能量 2.9×10^6 tce/年，减排 7.7×10^6 tCO₂e/年，产生经济效益 276 亿左右，减少二氧化碳的排放量，对于固废综合利用、改善环境和发展低碳循环经济意义重大，具有显著的社会效益。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：厦门艾思欧标准砂有限公司

联系人：刘安琪

联系方式：13213401723

案例五

山东鲁北企业集团总公司石膏制硫酸联产水泥协同含硫废弃物裂解处理技术

一、技术适用范围

适用于工业副产石膏、废硫酸及含硫残液等废弃物的资源化利用。

二、技术原理及工艺

该装置主要工艺流程包括二水石膏烘干、单独粉磨、生料混化、悬浮预热器窑分解煅烧、窑尾静电除尘、稀酸洗涤净化、两转两吸工艺，经原料均化、石膏烘干、生料制备、熟料烧成、窑气制酸和水泥磨制 6 个过程，制得硫酸和水泥产品。上一道产品的废弃物成为下一道产品的原料，硫酸在装置中循环使用，整个生产过程没有废物排出，资源在生产全过程得到高效循环、持续利用和有序利用。

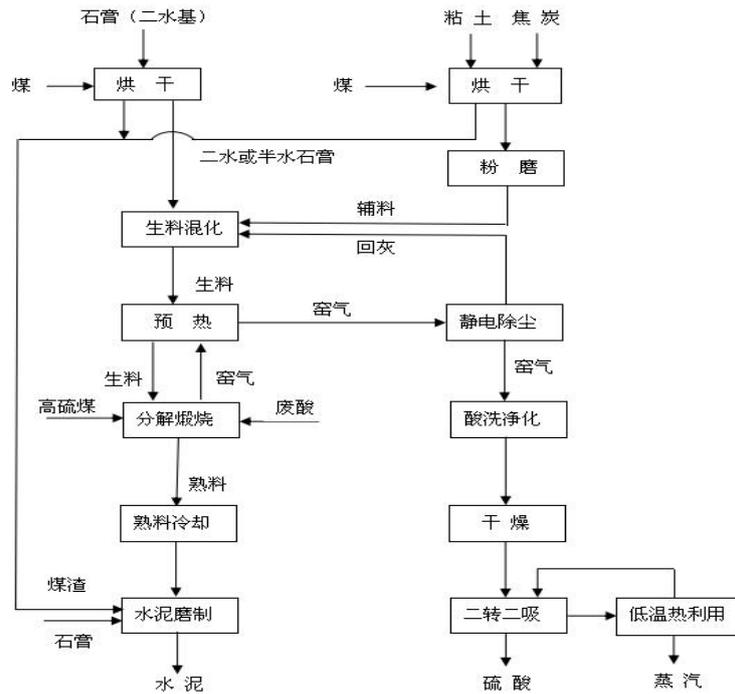


图 1 鲁北工业副产石膏制硫酸联产水泥工艺流程

工艺流程图

三、技术指标

烧成温度：1200℃ ~ 1450℃；窑氧浓度：0.4% ~ 1.6%；
 $CO \leq 0.6\%$ ； SO_2 浓度：14% ~ 15%；废硫酸分解率 $\geq 99.95\%$ ；
 石膏分解率 $\geq 98.5\%$ ； SO_2 转化率 $\geq 99.5\%$ 、 H_2SO_4 吸收率 $\geq 99.95\%$ ；
 碳排放减少量：0.36t/t 水泥。

四、技术特点及先进性

（一）煤粉裂解炉内建立了均匀稳定的温度场，炉内平均温度不低于 1150℃，满足了废硫酸裂解需要。

（二）研制了新型废硫酸喷枪，成功装备在分解石膏生料的回转窑上，实现了多点稳定喷酸，废硫酸分解率 $\geq 99.95\%$ ，石膏分解率 $\geq 98.5\%$ 。

（三）燃料由天然气改为煤粉后，燃料成本下降幅度高达 60.2%。

（四）创创新优化了“高饱和比、高硅酸率、微氧化气氛”工艺，解决了协同分解系统更易“熔结”和“堵塞”等关键核心技术难题。

（五）建成 24 万吨/年度硫酸 60 万吨/年石膏联合生产硫酸-水泥熟料工业装置，煅烧窑连续运转率超过 300 天，硫酸产能翻一番，达到 40 万吨硫酸，60 万吨水泥的产能，吨水泥减少碳排放 0.36 吨。

五、应用案例

项目名称：山东汇泰再生资源有限公司应用项目

项目概况：该项目位于位于滨州市北海经济开发区的山东汇泰再生资源有限公司，年处理磷石膏 25 万吨，制取成品硫酸 8 万吨，水泥熟料 10 万吨。2022 年处理工业石膏、废硫酸等固废，实现处置费收入 9455.88 万元，化肥、水泥、硫酸等实现销售收入 48546.85 万元，合计为 58002.73 万元，同时，钛石膏资源化的有效利用，解决了钛白粉生产中红泥存放问题。

六、推广前景

工业石膏的处理方式有堆放、筑路、生产水泥、生产硫酸等，目前主要以堆放为主，目前中国磷石膏堆存量已超 8 亿吨，每年还新增约 8000 万吨，而堆放不仅严重污染环境，占用土地，造成了大量硫钙资源的浪费。工业石膏实际利用率仅为 40%左右，随着环保政策趋严以及《长江流域总磷污染控制方案》的出台，会加速国内应用推广。

该技术的应用推广潜力很大。预计三年后该技术成果普

及率可以达到 80%，减排二氧化硫 120 吨，氮氧化物 240 吨，实现经济效益 10.96 亿元，实现硫钙行业的减污降碳协同增效。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：山东鲁北企业集团总公司

联系人：牛占华

联系方式：18754381666

案例六：

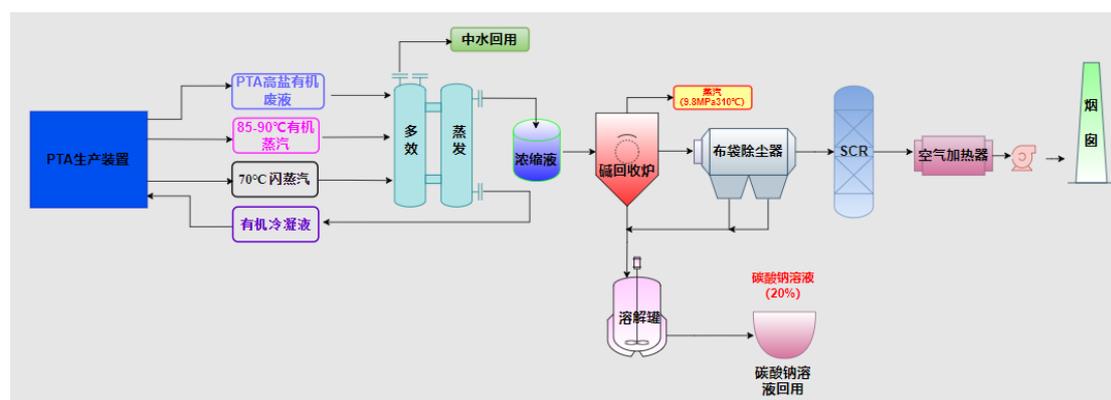
浙江百能科技有限公司 PTA 多源废弃物高温热化学转化资源高效利用装备

一、技术适用范围

适用于化工行业 PTA 生产的各工艺过程产生废水的清洁处理及资源化利用。

二、技术原理及工艺

利用 PTA 生产工艺的低温废热浓缩 PTA 高盐有机废液，将中水回用。采用碱回收炉高温热化学转化方法将 PTA 浓缩废液中有机物分解为小分子无机物、有机盐转化为无机盐。碱回收炉底部采用熔融排渣的方式将无机盐排出并回收利用，碱回收炉顶部吸收了有机物的分解热并产生了工业高压蒸汽。解决了低温有机蒸汽的冷凝回用问题，实现了工业废热利用、废液清洁处理及资源化利用并副产工业蒸汽的目的。



工艺流程图

三、技术指标

蒸汽量 $\geq 66\text{t/h}$ ；烟囱排烟温度： $170^{\circ}\text{C}\sim 190^{\circ}\text{C}$ ；碳酸钠回

收率 > 95%; 中水回用率 > 90%; SO₂ 排放浓度 ≤ 3mg/m³; NO_x 排放浓度 ≤ 21mg/m³; 粉尘排放浓度 ≤ 3mg/m³; 二噁英排放浓度 ≤ 0.1ng-TEQ /m³; 出水水质: COD_{Cr} ≤ 45mg/L; SS ≤ 5mg/L; BOD₅ ≤ 5mg/L; NH₃-N ≤ 0.75mg/L; TN ≤ 20mg/L; TP ≤ 0.3mg/L; 出水达到《石油化学工业污染物排放标准 (GB 31571-2015)》特别排放限值要求; 节能量大于等于 11kgce/1.46t (废水); CO₂ 减排量 ≥ 30kg/1.46t (废水)。

四、技术特点及先进性

PTA 高盐有机废液热转化清洁处理及资源化利用装置技术国际首创, 国际领先。开发了高盐有机废液的高效分离、多效蒸发浓缩装置及工艺技术, 实现了 PTA 生产过程中废热的综合利用。发明了 PTA 高盐有机废液焚烧处理碱回收方法, 解决了无机钠盐在水冷屏上的凝华和凝固问题, 避免了无机钠盐在水冷屏上的恶性结渣。

PTA 生产工艺过程产生大量 70-90℃ 的低温蒸汽, 如 85-90℃ 的醋酸丁酯蒸汽和醋酸蒸汽, 具有温度低、潜热高、量大的特点, 热量无法回收利用, 能量浪费严重。本装置采用热转化清洁处理及资源化利用方法处理 PTA 高盐有机废液 1100 t/h, 回收 PTA 生产工艺过程中 70-90℃ 的有机蒸汽等废热 853GJ/h, 中水回用率 90% 以上, 碳酸钠回收率 95% 以上, 同时产生 9.8 MPa、310℃ 的高压蒸汽 69 t/h, 实现了 PTA 废水零排放。该装置使 PTA 生产成本大幅下降, 每吨 PTA 生产成本减少 35 元以上, 每年可节能约 6.7 万吨标准煤当量, 减排二氧化碳当量约 18.2 万吨, 经济社会效益显著,

实现了 PTA 行业的绿色生产。

五、应用案例

项目名称：宁波中金石化有限公司年产 600 万吨 PTA 装置“高盐有机废液热转化清洁处理及资源化利用”项目

项目概况：项目位于浙江省宁波市石化经济技术开发区，该技术装备于 2021 年建成并投入运行，已连续正常稳定运行两年。装置占地面积 8862m²，年回收碳酸钠 3.89 万吨，产生 9.8MPa、310℃工业蒸汽 57 万吨，年回用水 810 万吨以上，不产生二次污染物，排放烟气中二噁英浓度为 0.030ng-TEQ/m³ ~ 0.110 ng-TEQ/m³、二氧化硫浓度小于 3mg/Nm³、氮氧化物浓度 6mg/Nm³ ~ 21mg/Nm³。装置投资 3.8 亿元，年运行费用约 5700 万元，年实际收益约 2.35 亿元，节能 6.7 万吨标准煤当量/年，实现二氧化碳减排 18 万吨/年。

六、推广前景

我国在全球 PTA 产能中占比 58%，是全球主要 PTA 生产基地。恒力石化（惠州）、盛虹炼化（连云港）、逸盛（海南）等企业亟需在新建项目中采用本装置处理废弃物，其中逸盛（海南）一期和二期已建成本装置，用于 PTA 高盐有机废液的清洁处理和资源化利用，目前正在进行装置调试。到 2030 年，全球 PTA 产能预计可达到 1.3 亿吨/年，装置总费用约为 156 亿元，每年总实际收益为 50.82 亿元。市场占比若为 75%，则可实现装置销售约 109.2 亿元，相关装置每年实际收益约 38 亿元，可回收盐酸钠 84.2 万吨/年，节能 146 万吨标准煤/年，减排二氧化碳 394 万吨/年。

七、支撑单位信息

支撑单位名称：浙江百能科技有限公司

联系人：钱高峰（市场）/陈勇（技术）

联系方式：13735466552/17764528026