

# 辽宁省重点节能减排技术目录 (第六批)

辽宁省科学技术厅  
辽宁省发展和改革委员会  
辽宁省工业和信息化厅  
辽宁省生态环境厅

2019年11月

辽宁省科学技术厅

辽宁省发展和改革委员会

辽宁省工业和信息化厅

辽宁省生态环境厅

# 目 录

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 辽宁省重点减排技术目录（第六批）（节能部分） .....         | 1  |
| 辽宁省重点减排技术目录（第六批）（减排部分） .....         | 8  |
| 辽宁省重点节能减排技术目录（第六批）技术研究报告（节能部分） ..... | 19 |
| 工业余热海水淡化技术研究报告 .....                 | 19 |
| 永磁同步节能潜水电泵节能技术研究报告 .....             | 23 |
| 工业厂房分布式空气污染防治节能技术研究报告 .....          | 27 |
| 基于 BIM 的钢筋工程智能制造节能技术研究报告 .....       | 31 |
| 分布式光伏发电系统集成节能技术研究报告 .....            | 34 |
| 分布式多能互补智慧储能式节能技术研究报告 .....           | 37 |
| 加热炉智能烧钢系统集成技术研究报告 .....              | 41 |
| 秸秆打捆半气化逆向直燃废弃物综合利用节能技术研究报告 .....     | 45 |
| 撬装式一体化电化学水处理设备节能技术研究报告 .....         | 48 |
| 辽宁省重点节能减排技术目录（第六批）技术研究报告（减排部分） ..... | 52 |
| 基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术研究报告 .....         | 52 |
| 污水厂达标排放的 SSMBBR 工艺技术研究报告 .....       | 57 |
| 寒冷地区农村生活污水高效处理技术研究报告 .....           | 61 |
| 有机废水（物）新型厌氧产沼气技术研究报告 .....           | 65 |
| 高氮氨废水 SNAD 脱氮处理成套技术研究报告 .....        | 70 |
| 基于多孔介质填料的水质提标及增量技术研究报告 .....         | 75 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 石化废水低氧生化-臭氧催化氧化技术研究报告 .....              | 80  |
| 高效生态黑臭水体综合治理技术研究报告 .....                 | 84  |
| 垃圾渗滤液低成本零浓缩液处理技术研究报告 .....               | 89  |
| 火电和烧结烟气脱硫废水零排放技术研究报告 .....               | 94  |
| 半导体行业 NO <sub>x</sub> 高深度脱除技术研究报告 .....  | 98  |
| 工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术研究报告 .....               | 103 |
| 活性炭法烟气多污染物协同控制技术研究报告 .....               | 106 |
| 燃煤工业锅炉脱硝超低排放技术研究报告 .....                 | 110 |
| 烧结/球团烟气低温氧化脱硝技术研究报告 .....                | 113 |
| 水泥窑烟气 NO <sub>x</sub> 超低排放控制技术研究报告 ..... | 117 |
| 钢铁烧结烟气选择性循环净化与余热利用技术研究报告 .....           | 121 |
| 农业固体有机废物沼气化/肥料化与零排放集成技术研究报告 .....        | 125 |
| 潜热回收式多相变高效污泥转盘干化技术研究报告 .....             | 129 |
| 污泥热水解资源化处置技术研究报告 .....                   | 134 |
| 拜耳法赤泥大规模低成本消纳技术研究报告 .....                | 138 |

## 辽宁省重点减排技术目录（第六批）（节能部分）

| 序号 | 技术名称       | 适用范围                | 主要技术内容                                                                                                                                                                                                                    | 典型项目               |                  |                     |                      |                               | 目前推广比例 (%) | 未来 5 年内  |                     |                      |                               | 技术拥有单位名称 |
|----|------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|------------|----------|---------------------|----------------------|-------------------------------|----------|
|    |            |                     |                                                                                                                                                                                                                           | 适用的技术条件            | 建设规模             | 投资额 (万元)            | 节能量 (tce/a)          | 二氧化碳削减量 (tCO <sub>2</sub> /a) |            | 推广比例 (%) | 总投入 (万元)            | 节能能力 (tce/a)         | 二氧化碳削减量 (tCO <sub>2</sub> /a) |          |
| 01 | 工业余热海水淡化技术 | 沿海工业企业余热回收高效利用与海水淡化 | <p>（1）工业余热分级回收技术：按照不同工业和工艺产生的不同等级余热，采用高效换热、蒸发、闪蒸等工艺，直接和间接的按照最小降级和与利用方式匹配的原则回收热量；</p> <p>（2）工业余热分级利用技术：按照回收热量等级，分别采用直接利用、TVC 回热利用等技术，产生适用于低温多效蒸发海水淡化和系统需要的低温蒸汽；</p> <p>（3）多效蒸发海水淡化技术：采用多效蒸发的能量重复利用方式，降低海水淡化能耗，生产高品质淡水。</p> | 沿海石化等企业工艺循环热水热源利用。 | 生产脱盐淡水 4.5 万 t/d | 2.5×10 <sup>4</sup> | 1.35×10 <sup>5</sup> | 3.56×10 <sup>5</sup>          | 3          | 10       | 2.5×10 <sup>5</sup> | 1.35×10 <sup>6</sup> | 3.56×10 <sup>6</sup>          | 大连理工大学   |

|    |                                               |                                                                |                                                                                                                                                                                                       |                                   |      |     |     |      |   |    |      |                      |                      |                                                      |
|----|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-----|-----|------|---|----|------|----------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
| 02 | 永 磁<br>同 步<br>节 能<br>潜 水<br>电 泵<br>节 能<br>技 术 | 水 厂 电 厂<br>农 业 灌 溉<br>工 程 降 排<br>水 等 提 取<br>地 下 水 的<br>工 况 使 用 | <p>(1) 采用永磁同步潜水电机代替原有异步潜水电机，配套高质量的深井潜水泵，机组效率可达 GB 32030 的 1 级能效。</p> <p>(2) 永磁同步潜水电泵使用变频驱动，不存在启动电流过大、电机启动困难、启动过程电机转子轴容易损坏的问题。</p> <p>(3) 应用物联网技术实现程监控和数据采集，可进行能效诊断和故障分析，通过物联网等智能化管理提高产品寿命并有效降低能耗。</p> | 三相电源电<br>压 380V、<br>电源频率<br>50hz。 | 40 台 | 240 | 465 | 1228 | 5 | 15 | 8000 | 1.74×10 <sup>4</sup> | 4.60×10 <sup>4</sup> | 沈 阳<br>众 创<br>高 科<br>节 能<br>电 机<br>技 术<br>有 限<br>公 司 |
|----|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-----|-----|------|---|----|------|----------------------|----------------------|------------------------------------------------------|

|    |                                                   |                                             |                                                                                                                |                                                    |                                                                                            |     |                                  |   |    |    |      |                               |                      |                               |
|----|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------|---|----|----|------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 03 | 工业<br>厂房<br>分布<br>式空<br>气污<br>染防<br>治节<br>能技<br>术 | 工业厂<br>房、工<br>程实验<br>室等高<br>大空间<br>烟尘治<br>理 | 采用了阻燃纳米纤维过滤技术，可自动清灰，具有较高过滤精度，对烟尘（0.3μm）过滤效率可达99.9%，并能保持较高的气流量。另外可根据需要，增加控温模块，实现对厂房温度的调节；所有功能可以集成到上位机，从而实现集群控制。 | 工业厂房、<br>工程实验室<br>等高大空间<br>烟尘治理，<br>尤其是焊接<br>烟尘治理。 | 车体制造<br>厂房，长<br>80米、宽<br>24米、高<br>8.75米，<br>面积<br>1920m²；<br>最大生产<br>量时<br>TPS500i<br>焊机8台 | 150 | 5285kWh/a<br><br>折合<br>0.43tce/a | / | 10 | 20 | 2400 | 240万<br>kWh<br>折合<br>295tce/a | 消减焊<br>接烟尘<br>48 t/a | 大连和<br>环境科<br>技股份<br>有限公<br>司 |
|----|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------|---|----|----|------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|

|    |                      |                                    |                                                                                                                                                                    |                                                            |                                             |     |      |      |    |    |                     |     |     |            |
|----|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|------|------|----|----|---------------------|-----|-----|------------|
| 04 | 基于 BIM 的钢筋工程智能制造节能技术 | 适用于批量生产、规格较多、大型预制生产场的钢筋工程智能制造加工作业。 | 该技术通过基于 Planbar 的钢筋建模及创建参数化智能构件技术创建钢筋 BIM 模型，根据 BIM 模型输出钢筋下料单及带有钢筋属性的 BVBS 数据文件，将钢筋信息传递至 MES 系统，通过智能套料技术智能配筋下料，最终生成供设备获取的钢筋加工任务数据，供智能钢筋加工机器人加工生产，最终实现绿色施工及智能制造的目的。 | 相应规模的钢结构加工厂，配备各类工业机器人，Planbar 软件，同时配备 MES 控制室、网络系统等现场技术条件。 | 工程造价 4.5 亿元，钢筋加工总量约 1.9 万 t；一年共加工钢筋 1.0 万 t | 140 | 1.84 | 4.87 | 10 | 35 | 1.4×10 <sup>4</sup> | 184 | 487 | 中铁九局集团有限公司 |
|----|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|------|------|----|----|---------------------|-----|-----|------------|



|    |                                                    |                                           |                                                                                                                                                           |             |              |      |     |      |   |    |                   |      |      |                                 |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------|-----|------|---|----|-------------------|------|------|---------------------------------|
| 05 | 分 布<br>式 光<br>伏 发<br>电 系<br>统 集<br>成 节<br>能 技<br>术 | 各 类 工 商<br>业 单 位、<br>学 校、住<br>宅 等 屋<br>顶。 | 设备包括光伏电池组件、光伏方阵支架、直流汇流箱、直流配电柜、并网逆变器、交流配电柜等设备，及供电系统监控装置和环境监测装置。在太阳辐射下，光伏发电系统的太阳能电池组件阵列将太阳能转换输出的电能，经过直流汇流箱集中送入直流配电柜，由并网逆变器逆变成交流电供给建筑自身负载，多余或不足的电力通过联接电网来调节。 | 屋顶、空地<br>等。 | 装机容量<br>15MW | 8000 | 828 | 2184 | 7 | 30 | 2×10 <sup>4</sup> | 1656 | 4368 | 辽 宁<br>宏 成<br>供 电<br>有 限<br>公 司 |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------|-----|------|---|----|-------------------|------|------|---------------------------------|

|    |                  |                         |                                                                                                                                                                              |                              |                                            |      |      |                      |    |       |                         |                      |                      |                   |
|----|------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|------|------|----------------------|----|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| 06 | 分布式多能互补智慧储能式节能技术 | 以为学校、酒店、工厂等提供冷、热、通风等业务。 | 分布式多能互补智慧储能式制热节能技术以三端（分布智慧复合源端、节能末端、智慧云端）为核心，综合了物联网技术、互联网技术、人工智能技术、复合闭环四反馈技术，由云端智慧大数据平台，执行可靠的分布式智慧复合源端，及对温湿度、噪音等维度反馈精准的舒适节能末端有机结合的智慧冷热联供系统，三端协调联动、集中调度、相互呼应，最大限度发挥系统优势和节能效果。 | 电压<br>380V/1000V，频率<br>50Hz。 | 31个分布式基于电能的清洁能源供热站，供暖面积30.9万m <sup>2</sup> | 3557 | 324  | 855                  | 10 | 30    | 10 <sup>5</sup>         | 6.53×10 <sup>4</sup> | 1.72×10 <sup>5</sup> | 沈阳恒久安泰环保与节能科技有限公司 |
| 07 | 加热炉智能烧钢系统集成技术    | 钢铁行业钢坯轧前加热炉             | （1）全炉钢温温度实时跟踪计算技术；<br>（2）炉温智能决策技术；<br>（3）待轧决策技术；<br>（4）空燃比动态优化调整策略。                                                                                                          | 燃气热值波动<10%；<br>燃气介质压力波动<15%。 | 300万t产能及以上                                 | 300  | 7337 | 1.95×10 <sup>4</sup> | 5  | 15-20 | 1.0-1.5×10 <sup>4</sup> | 2×10 <sup>5</sup>    | 5.28×10 <sup>5</sup> | 东北大学              |

|    |                        |                                            |                                                                                                                                                   |                                                                                                  |                               |      |      |      |   |    |      |                    |                    |                |
|----|------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|---|----|------|--------------------|--------------------|----------------|
| 08 | 秸秆打捆半气化逆向直燃废弃物综合利用节能技术 | 供暖、工业生产                                    | 本技术可直接燃烧捆状的秸秆；设计了自动推料系统，自动上料系统，和全自动炉排机构，实现了上料、推料、除渣，整体智能化燃烧，减少了人工。设计了预热烘干区，含水量在 35% 以下的秸秆燃料可以直接燃烧。烟气末端安装了布袋除尘器，颗粒物可控制在每立方米 50 mg 以下，烟气排放达到国家排放标准。 | 可以直接燃烧秸秆，不需要加工处理。                                                                                | 两台 12t 位秸秆直燃锅炉，总供暖面积为 11.8 万平 | 440  | 1593 | 4205 | 5 | 20 | 2000 | $5.81 \times 10^4$ | $1.53 \times 10^5$ | 铁岭众缘环保设备制造有限公司 |
| 09 | 撬装式一体化电化学设备节能技术        | 处理制药、印染等行业高 COD <sub>Cr</sub> ，及氮磷、重金属废水处理 | 核心技术在于一体式电化学模块，将电化学组件按照水质条件与送水系统、送气系统、除杂系统等耦合一起。通电时，阴阳两级之间形成电场，使电极表面产生强活性自由基直接或间接的去除水中污染物。同时装备耦合 DTRO 技术，确保水质的达标排放。                               | 制药、印染等高 COD <sub>Cr</sub> ( $300 \leq \text{COD}_{\text{Cr}} \leq 200000 \text{ mg/L}$ ) 及含氮磷废水。 | 500m <sup>2</sup>             | 2500 | 1000 | 2640 | 3 | 12 | 800  | $10^4$             | $2.64 \times 10^4$ | 蓝金环保技术研究院      |

## 辽宁省重点减排技术目录（第六批）（减排部分）

| 序号 | 技术名称              | 适用范围          | 主要技术内容                                                                                                                                                                                                           | 典型项目                                                                                                                       |           |         |                                         | 目前推广比例(%) | 未来 5 年内 |                    |                                                                       | 技术拥有单位名称 |
|----|-------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|-----------------------------------------|-----------|---------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|
|    |                   |               |                                                                                                                                                                                                                  | 适用的技术条件                                                                                                                    | 建设规模      | 投资额(万元) | 主要污染物削减量或回收(再生)产品量(t/a)                 |           | 推广比例(%) | 总投入(万元)            | 主要污染物削减量或回收(再生)产品量(t/a)                                               |          |
| 01 | 基于功能性浮游生物载体污水处理技术 | 城镇污水处理及工业废水处理 | 通过改变悬浮生物载体的亲水、亲电等性质,调控载体与微生物的亲水性,实现快速挂膜;针对不同的目标处理污水,对载体进行硝化、厌氧、反硝化等功能化设计,实现功能微生物生态结构的优化。在此基础上,形成适用于不同水质处理目标的基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术。废水流经反应器并与功能性载体上的生物膜广泛接触,通过生物净化作用,使废水中的有机污染物和氮磷等得以去除。该技术运行费用低,占地面积小、污染物处理效率高、运行方便。 | 工艺进水<br>COD <sub>Cr</sub> 、氨氮、<br>总氮平均浓度分别为 340 mg/L、18 mg/L 和 47 mg/L。经处理后,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 排放标准。 | 14000 t/d | 381     | COD <sub>Cr</sub><br>1600<br>氨氮<br>88.9 | 3-5       | 15      | 10×10 <sup>4</sup> | COD <sub>Cr</sub><br>1.5×10 <sup>5</sup><br>氨氮<br>1.2×10 <sup>4</sup> | 大连理工大学   |

|    |                          |                           |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                     |                      |      |                                          |     |    |                     |                                                     |              |
|----|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|------------------------------------------|-----|----|---------------------|-----------------------------------------------------|--------------|
| 02 | 污水处理厂排放标准<br>SSMBBR 工艺技术 | 市政污水处理厂                   | SSMBBR 工艺是全系统的活性污泥工艺和生物膜工艺的耦合工艺,在污水生物池中投加一定比例的酶促进改性悬浮载体(填料),使酶促进改性填料上附着分解污染物的微生物,与污水中悬浮态的微生物共同分解污水中的污染物,使污水得到净化。酶促进改性悬浮填料上的微生物比未改性的填料附着的微生物多,而且活性高,附着的速度快,时间短,所以污水处理效果显著。                                                                | 工艺进水 BOD 为 200 mg/L, NH <sub>4</sub> -N 为 40 mg/L, 处理工程年减排 BOD 约 1 万 t, 氨氮 2000t, 出水满足城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB18918-2002) | 15 万 t/d             | 3790 | BOD<br>1.0×10 <sup>4</sup><br>氨氮<br>2000 | 10  | 20 | 1.5×10 <sup>5</sup> | COD<br>4×10 <sup>6</sup><br>氨氮<br>2×10 <sup>5</sup> | 大连宇都工程技术有限公司 |
| 03 | 寒地农村生活污水高效处理技术           | 人口密度小、地形复杂、污水不易收集的分散式污水处理 | 多级高效一体化反应器采用 AO 接触氧化泥膜共混生物处理工艺,通过科学的结构设计,创新性的将缺氧、好氧、沉淀等功能集成于多层罐一体化结构,同时罐内充填三维螺旋生物绳填料,可实现降解有机污染物的同时同步硝化反硝化脱氮;通过定流量优化分配设计实现曝气增氧、曝气搅拌、气提回流等功能一泵完成;充分利用悬浮活性污泥和附着生物膜二者协同作用,确保系统内微生物菌群丰富、生物量大,活性高,出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 排放标准。 | 工艺进水 COD <sub>Cr</sub> 、氨氮分别为 400mg/L 和 35mg/L 以下。经处理后,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 排放标准。               | 300m <sup>3</sup> /d | 5    | COD <sub>Cr</sub><br>33<br>氨氮<br>2.68    | 7-9 | 20 | 35                  | COD <sub>Cr</sub><br>710.6<br>氨氮<br>137.4           | 辽宁北方环境保护有限公司 |

|    |                   |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                          |                               |      |                           |      |       |      |                           |        |
|----|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|---------------------------|------|-------|------|---------------------------|--------|
| 04 | 有机废水(物)新型厌氧沼气技术   | 有机废水、有机废气、有机固废、工业废水、工业废气、工业废液的氧化处理   | 通过投加介质调控强化厌氧生化处理效果，对传统的厌氧工程进行改造，在对传统水解酸化产甲烷提效的同时，建立新的产甲烷路径，提高厌氧处理效率 40-90%以上，甲烷产量提高 40%-180%。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 高浓度有机废水，进水有机负荷达 80 kgCOD <sub>Cr</sub> /m <sup>3</sup> /d。产气中甲烷比例可达 90%以上，且无酸性积累。含固率达到 20% 以上的餐厨垃圾实现高效产甲烷，甲烷转化率达到 90%以上。 | 工业废水<br>500 m <sup>3</sup> /d | 300  | COD <sub>Cr</sub><br>1000 | 5-10 | 20    | 1000 | COD <sub>Cr</sub><br>2000 | 大连理工大学 |
| 05 | 高氨氮废水 SNAD 脱氮成套技术 | 城镇有机废水、有机废气、有机固废、工业废水、工业废气、工业废液的氧化处理 | SNAD（同步亚硝化、厌氧氨氧化和反硝化）工艺是在 ANAMMOX（厌氧氨氧化）工艺基础上，在同一个反应器内，利用好氧氨氧化菌将水中 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 部分转化为 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N，然后 ANAMMOX 菌将 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N 和剩余的 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 转化为 N <sub>2</sub> ，同时反硝化菌从水中 COD 获得电子供体将生成的 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N 和剩余 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N 还原成 N <sub>2</sub> 。通过构建无需外加碳源、低碳节能的 SNAD 脱氮技术体系可同时高效去除氨氮、总氮与 COD。 | 工艺进水氨氮为 2000 mg/L 以下，C/N 比小于 1（COD 过高可先进行 UASB 等厌氧处理至满足条件）。经处理后，氨氮去除率 85%以上，总氮去除率 75% 以上。                                | 600 m <sup>3</sup> /d         | 1500 | 总氮 230-296<br>氨氮 274-339  | 3-5  | 10-15 | 7500 | 氨氮 1500                   | 大连理工大学 |

|    |             |                 |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                |                                        |      |                                                                |     |    |                     |                                                                         |              |
|----|-------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------|-----|----|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 06 | 基于孔质填料水提量技术 | 现有污水处理提升改造或高埋工程 | 研发了具有不同空隙分布和形态的多孔介质填料，是污水处理微生物的高效载体，提高了生化池内的活性污泥浓度，强化了污染物的去除效率。填料内外部形成的溶氧浓度梯度差，强化了同一反应槽内的硝化与反硝化反应，可以得到良好的去除氨氮的效果。通过本技术的应用，将剩余污泥转化为碳源，可以在不进行扩容的前提下，提高 COD、BOD、氨氮及总氮的去除效率，满足水质提标改造或提高处理负荷的需求。                                             | 由一级 A 标准提升至准IV类水标准，即<br>COD≤30mg/L、<br>BOD≤6mg/L、<br>SS≤5mg/L、氨氮≤3（5）mg/L、总氮≤15mg/L、总磷≤0.3mg/L。<br>或者增加处理能力。                                   | 4×10 <sup>4</sup><br>m <sup>3</sup> /d | 2100 | COD <sub>Cr</sub><br>292<br>氨氮<br>51<br>总氮<br>102              | 3-5 | 15 | 2.1×10 <sup>4</sup> | COD <sub>Cr</sub><br>2920<br>氨氮<br>510<br>总氮<br>1020                    | 大连博多科技开发有限公司 |
| 07 | 石化废水生化-氧化技术 | 石化行业生产废水处理      | 难降解石化废水低氧生化-臭氧催化氧化耦合处理技术采用低氧智能高效一体式活性污泥生物处理系统，它通过控制曝气池内低溶解氧(0.5mg/L-1mg/L)，在生化池内不仅完成对有机物的去除，更重要的是实现了硝化反硝化的同步进行。经过二级生物处理后，大部分易生化和可生化的有机污染物均已得到降解，通过后接高级催化氧化与后生化组合工艺对残留微量有机物的贫营养性污水进行进一步处理，保证污水达标排放。此系统既节约了能耗，降低了对碳源的需求，同时保证了石化废水的稳定达标排放。 | 工艺进水<br>COD <sub>Cr</sub> 、石油类、氨氮分别为<br>1500 mg/L、<br>500mg/L 和<br>80mg/L 以内。<br>经处理后，削减量 97%以上，出水水质达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中的表 1 规定限值。 | 650m <sup>3</sup> /h                   | 6000 | COD <sub>Cr</sub><br>8260.81<br>石油类<br>2830.08<br>氨氮<br>426.96 | 10  | 20 | 2×10 <sup>5</sup>   | COD <sub>Cr</sub><br>3.25×10 <sup>4</sup><br>氨氮<br>2.91×10 <sup>4</sup> | 辽宁北方环境保护有限公司 |

|    |                |                                     |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                  |                    |      |                                          |     |    |                     |                                              |                 |
|----|----------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------------------------------------------|-----|----|---------------------|----------------------------------------------|-----------------|
| 08 | 高生态臭体合理技术      | 河道流域、镇乡综合污水处理与净化                    | 针对黑臭水体的污染程度及其处理特点，研究了黑臭污水治理过程的控源截污、原位治理、水质提升、生态修复等不同治理阶段的机理、工艺和处理设备等关键性技术问题，藉此开展了工程示范。本技术能有效解决城镇河套黑臭问题，重建水体生态系统，美化城市及景观。                                                                | 透明度<br>>20cm<br>溶解氧<br>>2mg/L<br>氧化还原电位<br>>50mV<br>氨氮<br><8mg/L。                                                | 2000 -<br>3000m³/d | 1000 | 再生达标水体 7.3-<br>10.9×10 <sup>5</sup> m³/a | 3-5 | 15 | 10 <sup>4</sup>     | 再生达标水体 2.93-<br>4.36×10 <sup>6</sup><br>m³/a | 辽阳仕体设备有限公司      |
| 09 | 垃圾渗滤液低成本浓缩处理技术 | 垃圾填埋场/垃圾焚烧场垃圾渗滤液；垃圾渗滤液贮存液；垃圾渗滤液浓缩液。 | 本技术以大孔树脂吸附+电催化氧化处理工艺为主工艺流程，利用树脂吸附对不同污染物的极佳的选择性吸附和筛选作用，确保工艺出水稳定达标；树脂再生碱洗废液采用纳滤碱回收工艺回收废碱液，实现碱洗废液中液碱 75%以上的回收，降低综合运行成本；高浓度有机废液采用微波催化-凝聚工艺，将有机物固化以固体的形式排出系统进行卫生填埋，不产生任何浓缩液，不产生二次污染，出水水量无衰减。 | 适用于垃圾渗滤液生化尾水深度处理，出水满足设计要求：<br>COD <sub>Cr</sub> 小于 100 mg/L，消减量 95%以上，出水水质达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）表 2 标准。 | 日处理量<br>100t/d     | 200  | COD <sub>Cr</sub><br>34.7                | 3-5 | 15 | 3.5×10 <sup>4</sup> | COD <sub>Cr</sub><br>3467                    | 艾西姆（辽宁）环境技术有限公司 |



|    |                                   |                                         |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |                                       |     |                              |    |    |      |                                |                                        |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|------------------------------|----|----|------|--------------------------------|----------------------------------------|
| 10 | 火电和结<br>烧脱硫水<br>排放技术              | 火电和<br>发电厂<br>部钢铁<br>烧结烟<br>气脱硫<br>废水处理 | <p>采用了电驱动分离浓缩技术+烟道喷射蒸发零排放的技术路线。</p> <p>1 预处理:去除废水中的悬浮物及重金属,形成低 SS,低硬度、低浓度盐水。</p> <p>2 提浓:用电驱动法核心技术,解决脱硫废水氯离子脱除难题,分离出的废水回用,实现废水减量。</p> <p>3 零排放:用烟道喷射蒸发技术处理高浓度废水,实现零排放。</p> | 湿法脱硫装置,排放一定量的高氯脱硫废水,氯离子浓度从 5000-20000mg/m <sup>3</sup> 的废水,并有烟道(或原废旁路烟道)可供浓盐水蒸发。                                                                                                                             | 锅炉烟气<br>除尘脱硫<br>脱硝(烟气<br>再循环)改<br>造项目 | 446 | 脱硫废水<br>8.76×10 <sup>4</sup> | 10 | 30 | 5000 | 脱硫废水<br>7.88×10 <sup>5</sup> t | 辽 宁<br>清 新<br>环 境<br>科 技<br>有 限<br>公 司 |
| 11 | 半导<br>体业<br>NOx<br>高度<br>脱除<br>技术 | 半导<br>体业<br>固定<br>排放<br>气中<br>NOx<br>脱除 | <p>高催化转化率,超高深度,低反应温度脱除半导体行业尾气中 NOx 的纯化系统,是半导体行业中直燃式氧化炉尾气中 NOx,经分析仪初步分析计算其初始含量,经动态计算后,混配入对应量的氨气,经高效催化转化率专用的催化剂催化反应后生成氮气和水,使其达到深度脱除纯化的目的。</p>                                | <p>压力为 100-200Pa, 温度&gt;280℃, 气量为 9000-24000Nm<sup>3</sup>/h。</p> <p>杂质组成:<br/>NOx: 约 200-300mg/Nm<sup>3</sup>,<br/>CO: 200-300mg/Nm<sup>3</sup>, 氮<br/>氧比例为空气中的比例。净化后的净化尾气中 NOx 含量 ≤5mg/Nm<sup>3</sup>。</p> | 3 套                                   | 750 | NOx<br>63                    | 5  | 15 | 3000 | NOx<br>2000                    | 大 连<br>华 邦<br>化 学<br>有 限<br>公 司        |

|    |                                         |                          |                                                                                                                                                      |                            |                                 |           |                                                                    |    |       |                     |                                                                            |           |
|----|-----------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------|----|-------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 12 | 工业煤粉炉高低煤粉燃烧技术                           | 用煤褐容量35-80t/h的工业锅炉。      | <p>(1) 采用中心给粉旋流煤粉燃烧技术, 保证煤粉高效低氮燃烧的同时, 有效防止炉内结渣;</p> <p>(2) 采用预燃室稳燃技术, 提高煤种及负荷适应性;</p> <p>(3) 采用煤粉工业锅炉深度空气分级技术和烟气再循环技术, 进一步降低 NO<sub>x</sub> 的排放。</p> | 容量 29MW                    | 两台<br>29MW<br>煤粉锅炉              | 3393      | CO <sub>2</sub><br>1.48×10 <sup>5</sup>                            | 12 | 23-25 | 3.5×10 <sup>4</sup> | CO <sub>2</sub><br>1.48×10 <sup>6</sup>                                    | 沈阳环境科学研究院 |
| 13 | 活性炭烟气、焦化烟气、垃圾焚烧烟气、煤电厂烟气<br>性法气污染物协同控制技术 | 钢铁烧结烟气、焦化烟气、垃圾焚烧烟气、煤电厂烟气 | 活性炭脱硫脱硝的同时, 可以协同脱除重金属、粉尘、二噁英、卤化氢、碳氢化合物等污染物, 且可实现硫的资源化回收。                                                                                             | 粉尘浓度 < 50mg/m <sup>3</sup> | 处理烟气量<br>5 万 Nm <sup>3</sup> /h | 5000-7000 | NO <sub>x</sub><br>40-70<br>SO <sub>2</sub><br>25-35<br>颗粒物<br>3-7 | 10 | 20    | 2×10 <sup>4</sup>   | NO <sub>x</sub><br>800-1400<br>SO <sub>2</sub><br>500-700<br>颗粒物<br>60-140 | 沈阳环境科学研究院 |

|    |                |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                 |                              |      |             |    |    |                     |                        |           |
|----|----------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|------|-------------|----|----|---------------------|------------------------|-----------|
| 14 | 燃煤工业锅炉脱硝超低排放技术 | 工业链条炉、煤粉炉、生物质锅炉、工业窑炉脱硝       | 本技术为炉内干法 SNCR 技术和锅炉尾部氧化脱硝两级组合脱硝。在炉内 600-1000℃温度区间喷入干粉态脱硝剂，脱硝剂与烟气中 NOx 接触，发生还原反应，烟气中的 NO/NO <sub>2</sub> 被还原成 N <sub>2</sub> 和 H <sub>2</sub> O。从炉内逃逸出来的 NO 在氧化反应器中与与喷入的强氧化剂接触，发生氧化反应，NO 氧化成 NO <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ，NO <sub>2</sub> 等在还原反应器与喷入的尿素溶液接触，发生还原反应在，生成 N <sub>2</sub> 和 H <sub>2</sub> O，经两级脱硝后的烟气进入脱硫塔脱硫，脱硫后再由烟囱排向大气。 | 达到燃煤工业锅炉 NOx 排放限值小于 50mg/Nm <sup>3</sup>        | 2×100MW+<br>1×80MW<br>燃煤工业锅炉 | 730  | NOx<br>338  | 8  | 20 | 10 <sup>4</sup>     | NOx<br>10 <sup>4</sup> | 沈阳环境科学研究院 |
| 15 | 烧结/球团烟气低氧脱硝技术  | 本技术适用于钢铁行业烧结/球团烟气 NOx 超低排放领域 | 该技术基于单反应吸收系统内实现烟气中 SO <sub>2</sub> 和 NOx 的联合吸收脱除，反应温度与烧结烟气特征温度匹配。将独立工段制备的强氧化剂 O <sub>3</sub> 由均布器喷入主烟道内，将烟气中的 NO 氧化为高价态 NOx；在现有脱硫系统内进行硫硝一体化脱除（硫氧化物和 NOx 同时在吸收塔内与钙基吸收剂和水发生吸收反应）。                                                                                                                                                                          | 适用于烧结过程烟气 NOx 排放浓度 200-500 mg/Nm <sup>3</sup> 。 | 240 m <sup>2</sup> 烧结机       | 6500 | NOx<br>2150 | 10 | 20 | 1.3×10 <sup>4</sup> | NOx<br>4000            | 沈阳环境科学研究院 |

|    |                    |                                  |                                                                                                                                                                                                                     |                                            |                                                                                |      |                            |    |    |                   |                             |           |
|----|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|----|----|-------------------|-----------------------------|-----------|
| 16 | 水泥窑气NOx超低排放控制技术    | 新型干法水泥窑脱硝                        | 在水泥窑 SNCR 后耦合 SCR 技术，充分利用 SNCR 泄露的尾氨，解决氨逃逸问题，减少氨水消耗，高效环保，满足超低排放指标。根据工况自动精确控制 SNCR 与 SCR 喷氨比例，全程保持脱硝效率与氨水消耗平衡，运行成本低。SCR 脱硝装置设置在余热锅炉后，不影响余热发电，烟气量低，设备体积小，布置灵活，投资成本低。采用与工艺温度相适应新型中低温 SCR 催化剂，催化剂经特殊设计，提高抗碱中毒性，适合水泥窑工况。 | 已经安 SNCR 系统的新型干法水泥窑，窑尾余热锅炉后烟气温度为 180-220℃。 | 水泥产量为 4500t/d，窑尾烟气量为 80 万 m <sup>3</sup> /h，NOx 排放本底值 800-900mg/m <sup>3</sup> | 2000 | NOx<br>2300-2500           | 9  | 30 | 9×10 <sup>4</sup> | NOx<br>7.41×10 <sup>4</sup> | 沈阳环境科学研究院 |
| 17 | 钢铁烧结烟气选择性循环化余热利用技术 | 广泛应用钢铁行业烧结工序烟气综合治理，同时适用于新建或改造项目。 | 根据烧结风箱烟气排放特征差异，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烧结台车表面，用于热风烧结。通过流场模拟优化烟气分配器和烟气密封罩流场分布，设计开发了进气优化的密封热风罩，对烟气混合器、烟气切换装置、烟气分配器进行优化，形成了一批具有自主知识产权的工艺和设备专利，保障了循环系统高效稳定运行。                                                       | 适用于烧结面积 160m <sup>2</sup> 及以上的烧结机          | 360m <sup>2</sup> 烧结机                                                          | 4000 | CO<br>1.23×10 <sup>4</sup> | 12 | 25 | 2×10 <sup>5</sup> | CO<br>5×10 <sup>4</sup>     | 沈阳环境科学研究院 |

|    |                |                              |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                              |                                                                 |     |                                                                                           |     |       |       |                                                                                                         |          |
|----|----------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 18 | 农业固体废物资源化零排放技术 | 农作物、粪肥和养殖粪便水处理               | 农业固体有机废物沼气化、肥料化与零排放集成技术中沼气化是秸秆和养殖粪污等固体有机废物利用瘤胃功能菌剂联合厌氧消化生产清洁燃料-沼气；肥料化是指产生的沼渣与部分固体粪便、生物氨化预处理后的秸秆联合好氧堆肥生产有机肥；污染物零排放是指将产生的沼液回用于秸秆生物氨化预处理，剩余沼液加工为液体商品肥料，实现农业固体有机废物资源化利用和零排放。                                                                   | 秸秆包括但不限于玉米、水稻、小麦、芦苇，畜禽养殖粪便和污水包括但不限于鸡、猪、牛、羊排泄物和冲洗水，化粪池粪污包括但不限于“厕所革命”产生的粪便污水。  | 600 m <sup>3</sup> 的厌氧消化系统及配套设施，年处理粪便 3000t，秸秆 1500 亩，污水 13200t | 500 | 沼气<br>3×10 <sup>5</sup> Nm <sup>3</sup> /a<br>液态肥料<br>1.2×10 <sup>5</sup><br>人工基质肥<br>900 | 3-5 | 10-15 | 10000 | CNG<br>9×10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /a<br>液态肥料<br>3.6×10 <sup>5</sup><br>有机肥类<br>2×10 <sup>4</sup> | 大连理工大学   |
| 19 | 潜热回收多相高污转干技术   | 应用于市政污水的干化、减量以及污泥焚烧等源头的预处理工艺 | 本技术将污泥转盘干化机、潜热回收装置以及尾气生物处理系统联合，形成潜热回收式高效污泥转盘干化技术，该技术干化热效率达 80%，干化热能耗在 2900kJ/ kg-w 以下，低于国际同类污泥干化设备先进水平（能耗 2940-4200 kJ）。干化尾气中 NH <sub>3</sub> 排放低于 5.4g/h，H <sub>2</sub> S 排放浓度 <0.001mg/m <sup>3</sup> ，总烃 <5mg/m <sup>3</sup> ，符合相关环境标准。 | 1) 污泥含水率 80%；<br>2) 处理能力 25t/d；<br>3) 粘度 5000 P.S；<br>4) 经干化处理后含水率降至 35% 左右。 | 25t/d 80% 湿污泥                                                   | 85  | 污泥<br>5000t/a<br>回收干污泥<br>2500t/a                                                         | 5   | 15    | 3500  | 污泥<br>2.35×10 <sup>5</sup> t/a<br>回收干污泥<br>10 <sup>5</sup> t/a                                          | 沈阳航空航天大学 |

|    |                |             |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                   |                         |       |                                                                                |   |    |                      |                                                                                               |                                                           |
|----|----------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 20 | 污泥热解资源化处置技术    | 市政及企业污水处理污泥 | 在含水率约 80%左右的污泥中加入含金属离子与羟基基团的溶液,通过多级反应釜分别对污泥进行均质预热、强化传质传热、破壁水解后,污泥中的微生物细胞壁在适宜的温度、压力、功能团作用下加上强力搅拌,经过一定反应时间后,污泥中的病原菌全部灭活,微生物细胞壁完全破壁水解,细胞中的蛋白质和水分溶入液相污泥溶液中,污泥溶液经过固液分离,得到含水率 50%干化污泥与蛋白质水解液,蛋白质水解液经浓缩、调质、干燥后,形成黄腐酸含量高的原粉。 | (1) 必要条件:<br>厂房、排水、排污;水、蒸汽、电、压缩空气等能源条件;<br>(2) 技术要求:<br>含水率 80%左右的污泥;污泥中重金属含量不超标。 | 占地面积 5 万 m <sup>2</sup> | 12000 | 消减湿污泥<br>4.67×10 <sup>4</sup><br>回收渣土<br>1.04×10 <sup>4</sup><br>回收浓缩液<br>3500 | 5 | 15 | 4.62×10 <sup>4</sup> | 消减湿污泥<br>4.1×10 <sup>5</sup><br>回收渣土<br>9.79×10 <sup>4</sup><br>回收浓缩液<br>3.29×10 <sup>4</sup> | 科 尼<br>兹 环<br>保 科<br>技(大<br>连)有<br>限 公<br>司               |
| 21 | 拜耳法赤泥大规模、低成本技术 | 氧化铝清洁生产     | 阐释转型过程矿相反应交互作用规律,基于矿相组成的反应过程预测模型的构建;<br>钙化、碳化过程参数、尺度效应对转型过程的影响特性,转型过程放大准则的确立;<br>钙化-碳化处理拜耳法赤泥示范线的建立。                                                                                                                 | 高碱拜耳法赤泥处理后得到的氧化钠含量低于 1%,赤泥中氧化铝回收率 > 40%,氧化铁还原率 > 95%。                             | 处理拜耳法赤泥 20 万 t/a        | 2800  | 拜耳法赤泥零排放                                                                       | / | 15 | 2.0×10 <sup>5</sup>  | 拜耳法赤泥<br>1500 万 t/a                                                                           | 东 大<br>有 色<br>固 废<br>技 术<br>研 究<br>院(辽<br>宁)有<br>限 公<br>司 |

# 辽宁省重点节能减排技术目录（第六批）

## 技术研究报告（节能部分）

### 工业余热海水淡化技术研究报告

#### 一、所属行业

装备制造、石化、化工等行业

#### 二、技术名称

工业余热海水淡化技术

#### 三、技术拥有单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路2号

单位负责人：郭东明，座机：0411-84708320，手机：13904080698，邮箱：  
guodm@dlut.edu.cn

技术负责人：沈胜强，座机：0411-84707963，手机：13050505853，邮箱：  
zzbshen@dlut.edu.cn

#### 四、适用范围

本技术适用于所属行业的冷却、调温调压、过程余热等低温余热的回收作为海水淡化的热源，生产高品质的脱盐水，也可用于利用余热处理生产中的高盐废水，实现废水减排或零排放，大幅度降低成本。

#### 五、技术内容

##### 1 基本原理

本技术解决了工业余热的高效回收与利用、低温多效蒸发海水淡化系统精细化设计、

关键部件设计和系统优化设计等难题，形成了我国自主研发的自有知识产权的国际领先的利用工业余热的海水淡化技术。

本技术利用所属领域的低温余热作为海水淡化热源，采用低温多效蒸发海水淡化技术，通过优化流程和结构设置，实现工业余热的分级回收和分级利用。本技术不仅将余热资源进行充分利用，降低了能耗，提高了系统整体热力效率，同时还给用户企业提供了高品质的工业用淡化水，此外还可替代用户企业的余热冷却装置。为工业节能减排、资源综合利用提供了有力的保障。

## 2 关键技术与设备

### （1）关键技术：

1)工业余热分级回收技术：按照不同工业和工艺产生的不同等级余热，采用高效换热、蒸发、闪蒸等工艺，直接和间接的按照最小降级和与利用方式匹配的原则回收热量；

2)工业余热分级利用技术：按照回收热量等级，分别采用直接利用、TVC回热利用等技术，产生适用于低温多效蒸发海水淡化和系统需要的低温蒸汽；

3)多效蒸发海水淡化技术：采用多效蒸发的能量重复利用方式，降低海水淡化能耗，生产高品质淡水。

### （2）关键设备：

工业余热海水淡化蒸发器：本设备区别于传统换热器与蒸发器，通过管束布置、喷淋方式、流程规划等方法，克服了小温差、低流阻、饱和态、高敏感等诸多难题，利用低品味的工业余热，高效且低成本的产出高品质的海水淡化水。

## 六、主要技术指标

本技术主要技术指标：

（1）产水量：根据工业余热体量确定，可产数吨至数万吨，乃至数十万吨淡水每天

（2）电耗：约 1kWh/t 水

（3）造水比：根据余热和投资优化，1-10



(4) 产水水质: TDS<5ppm

(5) 设备寿命: >30 年

(6) 本技术的主要节能性能指标 (以恒力石化 45000t/d 工程为据)。

(7) 节能量: 135000 tce/a

(8) 二氧化碳削减量: 356000 tCO<sub>2</sub>/a

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助:

(1) 海洋平台核能海水淡化技术及示范应用研究, 国家支撑计划项目, 项目号: 2014BAB09B00;

(2) 低温多效蒸馏海水淡化换热材料及防腐研究, 国家支撑计划项目子课题, 项目号: 2014BAB04B01;

(3) 多效蒸发海水淡化技术中的关键热科学问题, 国家自然科学基金重点项目, 项目号: 51336001;

(4) 多效蒸发海水淡化系统中热力过程中的介尺度机制及调控, 国家自然科学基金重点项目, 项目号: 51936002;

(5) 利用工业余热的大型海水淡化装置成套技术及工程示范, 辽宁省科技重大专项, 2019。

### 2 发明专利:

(1) “管束横置式多效水平管降膜蒸发海水淡化装置”, 专利号: ZL201010100928.9;

(2) “带有中间汽液分离的多效水平管降膜蒸发海水淡化装置”, 专利号: ZL201010229947.1;

(3) “一种竖管喷涌沸腾海水蒸发器”, 专利号: ZL201110162485.0;

(4) “一种管式降膜喷淋装置”, 专利号: ZL201710185813.6;

(5) “一种顺排叠置式水平管降膜多效蒸发海水淡化装置”, 专利号: ZL201320684081.2;

(6) “弹性橡胶双向密封环”，专利号：ZL201020270218.6；

(7) “一种利用核能的多效蒸发海水淡化系统”，专利号：ZL201721077134.9。

## 八、典型用户

该技术应用于恒力（大连）石化炼化一体化项目余热海水淡化工程。该项目首次成功应用污水一体化处理技术，突破性成果获得国际气候“特别奖”、国际水协“技术革新奖”；海水冷却取代工业凉水塔，首创低温余热联合、集成预热、发电、制冷、海水淡化等综合利用新途径。项目投资 2.5 亿元，每年可节约标煤达 13.5 万 t，减少二氧化碳排放 35.6 万 t，节约淡水 4000 万 t，增产淡水 1600 万 t；园区内每小时供应量达 5000t 的七种等级蒸汽，实现能源梯级高效运用。2018 年 12 月至今，余热全利用，脱盐水成本低于自来水制脱盐水成本的 50%。

## 九、推广前景

本技术可广泛用于沿海地区的工业生产中有余热排出的企业，利用余热进行海水淡化，生产高品质淡水，为生产生活提供高品质淡水。也可将工业余热用于企业生产中产生的高盐废水，实现废水减排或零排放。目前，本技术在辽宁省石化行业中的推广比例约为 3%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省石化等行业中的推广比例可达 10%；总投入约 25 亿元，平均年节能量 135 万 tce，年二氧化碳减排量 356 万 t。

# 永磁同步节能潜水电泵节能技术研究报告

## 一、所属行业

潜水泵装备制造

## 二、技术名称

永磁同步节能潜水电泵节能技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳众创高科节能电机技术有限公司

地址：辽宁省沈阳市浑南区创新路 155-5 号 249 室

单位负责人：赵贵忠，电话：25101200，13998860922，邮箱：21651772@qq.com

技术负责人：李开铭，电话：25101300，18604141652，邮箱：371717989@qq.com

## 四、适用范围

主要用于水厂、电厂、农业灌溉、工程降排水等提取地下水的工况使用，用于提取和输送地下水。

## 五、技术内容

### 1 基本原理

永磁同步节能潜水电泵中使用的永磁同步潜水电机使用变频驱动，电机内部使用国内首创的嵌入式永磁转子代替异步鼠笼转子，工作时电机定子绕组中接入三相交流电源，产生旋转磁场，装有永磁体的转子在磁场中受到电磁力的作用，形成电磁转矩，驱动转子旋转，电机开始运转。电机转子轴身与水泵泵轴之间使用联轴器连接，电机转动带动水泵泵轴转动，水泵泵轴上安装离心叶轮，叶轮转动提取深井水。

### 2 关键技术与设备

(1) 降低铁心损耗：采用牌号更高的定转子硅钢片，压实工艺更严格，使得定转子铁

心获得更大的叠压系数，有效降低了电机的铁心损耗；

(2) 降低定子和转子铜耗：定子绕组线方面，我公司采用重新设计的定子槽形，配以单股铜芯的耐水绕组线，增大了槽满率，降低了定子铜耗；转子方面使用永磁体磁钢代三相异步电机转子中的铜导条，电机运转过程中不存在转子电流，完全消除了转子铜耗。

(3) 调整输出功率：对于非恒定负载，变频控制器可以提供一种压力反馈闭环控制系统，可以根据实际负载情况调节电机的输出功率，使得闲时电机可以有相对较低的输出功率，此种调节方式可以进一步提升机组效率；

(4) 物联网控制技术：为设备增加物联网控制技术，可以对设备进行远程监控、通过云平台 and 算法，可以对设备及时预警和诊断。

## 六、主要技术指标

电动机效率达到 94%以上，配套符合 GB/T2816 中效率要求的标准深井潜水泵头，整个永磁同步节能潜水电泵的机组效率远远高于 GB32030《井用潜水电泵能效限定值及能效等级》中的 1 级能效中要求的机组效率。以 20-30kW 配套 200QJ80-80 泵头为例，机组效率整体可达到 70%。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 技术鉴定：

2018 年通过科技部科技成果鉴定，经鉴定该技术达到“国内同类产品领先水平”；

### 2 专利：

#### (1) 发明：

1) “卧式永磁同步潜水电机组装机生产作业流水线”，专利号：ZL201810915704.X；

2) “卧式永磁同步潜水电机组装机生产平台”，专利号：ZL201810914874.6；

#### (2) 实用新型：

1) “一种高效节能潜水电机”，ZL201720404896.9；

2) “一种卧式永磁潜水电机拆装机同心调解装置”，ZL 201821037601.X；

- 3) “一种卧式永磁潜水电机拆装机”, ZL 201821037622.1;
- 4) “一种卧式永磁潜水电机拆装机转子保持架”, ZL 201821037471.X;
- 5) “一种永磁潜水电机的转子冲片结构”, ZL 201821273922.X
- 6) “卧式永磁同步潜水电机组装机对心装置”, ZL 201821298075.2;
- 7) “卧式永磁同步潜水电机组装机转子支架”, ZL 201821297026.7;
- 8) “卧式永磁同步潜水电机组装机生产作业流水线”, ZL 201821296828.6;
- 9) “卧式永磁同步潜水电机组装机试验装置”, ZL 201821297022.9;
- 10) “卧式永磁同步潜水电机组装机定子支架”, ZL 201821297052.X;
- 11) “卧式永磁同步潜水电机组装机生产平台”, ZL 201821298074.8;

(3) 外观设计专利:

- 1) “转子冲片”, ZL 201830436504.7

3 获奖:

- (1) 获得辽宁省重点工业节能装备、辽宁省“专精特新”产品;
- (2) 获得由中国科学技术协会和辽宁省政府主办的 2017 届中国海智创新创业大赛金奖;
- (3) 互联网+水务环境创新创业大赛全国总决赛银奖;
- (4) 2018 创客中国创新创业大赛三等奖。

## 八、典型用户

本技术应用于山东省邹城市自来水公司。该公司有 40 眼井, 配备有 40 台传统异步潜水电泵。项目实施后, 将传统三相异步潜水电泵替换为高效永磁同步节能潜水电泵, 造价仅为 240 万, 全部工期仅为 30 日, 传统潜水电机 30kW, 一台每年耗能 89.4 tce, 40 台则为 3574 tce/a, 更换永磁同步潜水电泵, 节能量总计可达 465 tce/a, 二氧化碳削减量为 1228tCO<sub>2</sub>/a。

## 九、推广前景

永磁同步节能潜水电泵产品为替代传统潜水电泵的新一代产品。目前，本技术在山东省自来水管网的推广比例为 5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省水厂、电厂、农业灌溉、工程降排水等行业的推广比例可达 15%，总投入约 8000 万元，总共有超过 3000 台永磁同步节能潜水电泵被推向市场替代传统潜水电机。按照平均按照每台 30 kW 计算，平均年节能 1.74 万 tce，年二氧化碳减排量 4.60 万 tCO<sub>2</sub>。

# 工业厂房分布式空气污染防治节能技术研究报告

## 一、所属行业

室内空气污染防治行业

## 二、技术名称

工业厂房分布式空气污染防治与节能减排技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：大连兆和环境科技股份有限公司

地址：辽宁省大连经济技术开发区双 D 港数字三路 8 号

单位负责人：姚伟强，电话：0411-87406655，13889530345，邮箱：yaowq@megaunity.com

技术负责人：李建，电话：0411-87406655，13898405053，邮箱：lij@megaunity.com

## 四、适用范围

工业厂房、工程实验室、地铁站、大学服务中心等。

## 五、技术内容

### 1 基本原理

基于置换通风与分布式空气净化思想，在厂房车间内重点空气控制区域布置若干台空气除尘机。下送上回的送排风方式将控制空间内的空气进行循环净化与调节。设备内部在工作时存在以下两种状态：

分离：含烟尘气体通过风机产生的高负压经吸风口进入净化室，烟尘的过滤分离在净化室内通过滤芯完成，滤芯表面具有很均匀的细孔，对空气有极强的渗透性，粉尘被滤芯阻拦在其表面。过滤过的洁净空气流入滤筒内部，进入过滤设备的排风室，被风机排回工作室中。

清扫：当粉尘在滤芯表面不断沉积时，滤芯内外的压差也同时不断增大，当压差达到

预先设定值时(600-1000Pa)，控制压缩空气的脉冲阀自动打开，无油、干燥的压缩空气经气管流入反吹清扫系统，通过高压气流瞬间喷向滤芯内表面，通过方向气流和振抖作用，将沉积在滤芯外表面的粉尘颗粒清除，粉尘随着气流向下的作用力而脱离滤芯表面掉入接灰器，从而使整个滤芯表面的粉尘得到清理。

## 2 关键技术与装备

产品主要有以下功能部件：

(1) 高效纳米滤筒：采用先进的纳米滤材，具有高过滤效率、高防水性、高透气量、高容尘量和阻力低等优点，对于粒径 0.3um 以上的烟尘颗粒，过滤效率达 99.9%以上，强大的纳米层粘连技术更适合脉冲清洗应用，有效提高了空气调节除尘机的工作性能。

(2) 自清洁单元：采用有限元数值模拟和试验方法，优化了脉冲反吹参数设置；结合巧妙的反吹结构设计，使得引射效果突出，且压力沿滤筒轴向分布均匀，实现了利用少量的反吹气体即可获得更高的反吹动量，能够有效清除附着在滤材表面的烟尘颗粒。

(3) 温湿度调控单元：空气调节除尘机集通风除尘和温湿度调控为一体，通过对送风温度和湿度的监测和控制，实现对整个工作空间的温湿度调控，优化改善工作舒适度。

(4) 送风单元：采用风量大、压力高、噪声低、结构紧凑的无蜗壳风机作为设备的动力源，并采用闭环变频控制系统，实现风量可控和节能。优化的送风结构，使得气流流动更为流畅，便于烟尘收集和分离。

(5) 物联网模块：空气调节除尘机可单一使用，也可集群使用，尤其对于高大空间的空气调节和烟尘治理，集群布置更有优势。本系统省去了大量的通风管道，可以单机和集群管理相结合，布置灵活，投资少，建筑能耗低。每台机组可通过物联网通讯及智能平台任意编组或组群控制，由本地或远程集控中心台式机或手机 APP 监视或控制。

## 六、主要技术指标

空气调节除尘机设备完全用于循环过滤过程，无长距离运送无用功。净化率达到 99%以上，较传统除尘机组可节约 30%能耗。



## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 专利：

#### (1) 发明：

- 1) “空气调节除尘机”，专利号：CN201711132213.X；
- 2) “干性粉尘过滤式通风单元”，专利号：CN 201711130286.5；
- 3) “置换式再循环通风集群系统”，专利号：CN 201711131352.0；
- 4) “高效置换式再循环通风集群系统”，专利号：CN 201711131372.8；
- 5) “一种上进风、下出风的除尘方法”，专利号：CN 201711130307.3；
- 6) “置换式再循环通风集群系统”，专利号：CN 201711132204.0；
- 7) “具有文丘里效应的高效反吹系统”，专利号：CN 201711130264.9；
- 8) “具有文丘里效应的高效反吹系统”，专利号：CN 201711130262.X。

#### (2) 实用新型：

- 1) “空气调节除尘机”，专利号：ZL201721524975.X；
- 2) “干性粉尘过滤式通风单元”，专利号：ZL201721523468.4；
- 3) “高效置换式再循环通风集群系统”，专利号：ZL201721523479.2；
- 4) “具有文丘里效应的高效反吹系统”，专利号：ZL201721523467.X；
- 5) “具有文丘里效应的高效反吹系统”，专利号：ZL201721524217.8；
- 6) “污染物流道模块”，专利号：ZL201721524217.8；
- 7) “一重除尘设备用气包装置”，专利号：ZL201721524963.7；
- 8) “烟尘捕捉单元”，专利号：ZL201721524922.8。

## 八、典型用户

该技术应用于成都金越交通设备有限公司整体除尘除湿控温项目。该工程位于成都市新都区石板滩工业园区，投资为 150 万元。车体制造厂房长 80 米，宽 24 米，平均高度 8.75 米，面积 1920m<sup>2</sup>，最大生产量时 TPS500i 焊机 8 台。车体车间主要进行铝合金车体的组装

焊接及少量焊缝打磨作业，主要焊接方法为 MIG 焊，产生大量的铝合金焊接烟尘，其主要成份为直径 0.1-2 $\mu\text{m}$  的铝粉尘及氧化铝、氧化镁、氧化锰等金属氧化物有害微粒及臭氧等有害气体，产尘量 70000 mg/h。除尘除湿机组安装厂房南侧外面，冷源可采用直接膨胀式制冷机组，压缩机的形式为螺杆机或离心机。经空气调节除尘机处理后，车间生产时，厂房内 5 米以下空气的清洁度达到《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2002）及《工业场所有害因素职业接触限值》（GBZ2-2007）中的有害粉尘浓度 $\leq 4\text{mg}/\text{m}^3$ 要求，节能量 0.43tce/a；工作区以上焊接烟尘无聚集及明显烟雾现象；净化后排放到空气中的气体符合《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求。

## 九、推广前景

空气调节除尘机区别于传统的管道通风强制循环机组，采用通风除尘+温湿度调控+集群布置的方案，有效实现了置换过滤式通风气流组织形式。投资少、能耗小、效率高、布置灵活是其主要优势，尤其适合作为高大焊接车间的空气调节和烟尘治理的系统解决方案。目前，本技术在辽宁省机车焊接高大空间烟尘治理中的推广比例约为 10%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省高大空间烟尘治理的推广比例可达 20%；总投入约 2400 万元/a，平均年节能量 240 万 kWh（折合 295tce），平均年消减焊接烟尘 48 t。

# 基于 BIM 的钢筋工程智能制造节能技术研究报告

## 一、所属行业

建筑行业

## 二、技术名称

基于 BIM 的钢筋工程智能制造节能技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：中铁九局集团有限公司

地址：辽宁省沈阳市和平区胜利南街 46 号

单位负责人：赵中华，电话：024-23942017，13897950850，邮箱：ztjkbly@163.com

技术负责人：刘海东，电话：024-23942017，15204020977，邮箱：ztjkbly@163.com

刘洋，电话：024-23942017，13897950850，邮箱：316719249@qq.com

## 四、适用范围

大批量生产、规格较多、大型预制生产场的钢筋工程智能制造加工作业

## 五、技术内容

### 1 基本原理

基于 BIM 的钢筋工程智能制造关键技术即通过 Planbar 钢筋建模及创建参数化智能构件的方式,创建 LOD400 精度的钢筋 BIM 模型,并输出钢筋下料单及带有钢筋信息的 BVBS 数据文件。通过 BVBS 数据文件将钢筋加工数据传递至 MES 系统,通过智能套料技术完成钢筋配筋,最终生成供设备获取的钢筋加工任务。MES 系统与智能钢筋加工机器人通过无线网络连接,智能钢筋加工机器人能够从 MES 系统中获取钢筋加工数据进行钢筋加工,加工完成后将加工数据上传至 MES 系统中进行可视化统计分析。通过 BIM 技术与智能钢筋加工机器人的信息交互,最终实现钢筋加工数字化、智能化管理。

### 2 关键技术与装备

(1) Planbar 钢筋 BIM 模型建模技术;

- (2) 基于 BIM 的钢筋数字化加工技术；
- (3) 智能优化套料技术；
- (4) 智能钢筋加工补偿值技术；
- (5) 智能钢筋加工机器人设备（国产）。

## 六、主要技术指标

- 1 较传统工艺，单机械加工效率提升 5-7 倍；
- 2 相同加工效率情况下，平均节省 27 人工；
- 3 较传统工艺，智能化加工每吨钢筋节约用电量 1.5kWh；
- 4 经优化套裁后，钢筋损耗率降低至约 0.9%。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

获中国中铁股份有限公司 2019 年度重点科研开发计划资助；

### 2 技术鉴定：

经吉林省建筑业协会科技成果鉴定，该技术总体达到国内领先水平；

### 3 发明专利：

- (1) “一种基于 BIM 的钢筋无图化加工方法”，专利号：ZL201910080024.5；
- (2) “一种智能钢筋套下料施工方法”，专利号：ZL201910080695.1。

## 八、典型用户

该技术在中铁九局集团有限公司承建的新建京雄城际铁路工程施工中得以应用。项目位于河北省保定市雄安新区，工程造价 4.5 亿，钢筋加工量约 1.9 万 t。该技术应用总投资 140 万元，实施一年共加工钢筋 1.0 万 t；每加工 1t 钢筋节约用电 1.5kWh，钢筋损耗率降低至 0.9%，节约电能 1.5 万 kWh，节约钢筋损耗 60t，节能量 1.84tce/a，二氧化碳削减量 4.87t/a。

## 九、推广前景

基于 BIM 的钢筋工程智能制造关键技术将逐渐取代传统钢筋加工技术。目前，该技术在辽宁省铁路工程施工中推广比例为 5%。预计 5 年内，在辽宁省铁路工程中的推广比例达

35%，年钢筋加工量 100 万 t，总投资约 1.4 亿元，年节能约 184tce，二氧化碳削减能力达 487t/a。

# 分布式光伏发电系统集成节能技术研究报告

## 一、所属行业

光伏发电行业

## 二、技术名称

分布式光伏发电系统集成节能技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽宁宏成供电有限公司

地址：辽宁省鞍山市高新区越岭路 267 号

单位负责人：逢文丹，电话：0412-7260202，18842056527，邮箱：pwd12187@163.com

技术负责人：倪振勇，电话：0412-7260203，13904920753，邮箱：153580220@qq.com

## 四、适用范围

各类工商业单位、学校、住宅等分布式供电系统。

## 五、技术内容

### 1 基本原理

分布式光伏发电系统，基本设备包括光伏电池组件、光伏方阵支架、直流汇流箱、直流配电柜、并网逆变器、交流配电柜等设备，以及供电系统监控装置和环境监测装置。其运行模式是在有太阳辐射的条件下，光伏发电系统的太阳能电池组件阵列将太阳能转换输出的电能，经过直流汇流箱集中送入直流配电柜，由并网逆变器逆变成交流电供给建筑自身负载，多余或不足的电力通过联接电网来调节。光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。主要由太阳电池板（组件）、控制器和逆变器三大部分组成，主要部件由电子元器件构成。太阳能电池经过串联后进行封装保护可形成大面积的太阳电池组件，再配合上功率控制器等部件就形成了光伏发电装置。

## 2 关键技术与装备

太阳能电池组件的放置形式采用固定式，阵列倾角 30°。组件布置方向为竖向，组件横向单排放置，每排间距 4 m。

1) 选址按照尽量集中布置，尽量减小光伏阵列前后遮挡影响，避开障碍物的遮挡影响，满足光伏组件的运输条件和安装条件。

2) 屋顶防水方案采用自重式支架系统，即在屋顶放置水泥墩块作为支架固定基础。

3) 逆变器选型选用组串式，可以实现灵活配置的目的。当个别逆变器或组件出现问题需要维修时，可以最大程度的减少系统的发电量损失。综合考虑，系统选用 20kW 逆变器，采用分布式用户侧并网。

## 六、主要技术指标

屋顶承重计算：以单位光伏组件 20 块阵列计算，合计总重 1784kg；太阳组件质量  $G1=19.9 \times 20$ ；支架总荷重  $G2=136\text{kg}$ ；水泥墩荷重  $G3=125\text{kg} \times 10$ ；阵列安装面积  $10 \times 2.97=29.7 \text{ m}^2$ ；屋顶单位面积受力： $1784\text{kg}/29.7=0.6\text{KN}/\text{m}^2=60\text{kg}/\text{m}^2$ 。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

1 专利：

(1) 发明：

- 1) “一种插拔式电缆连接器”，专利号：ZL201110168644.8；
- 2) “一种智能电网电力负荷储能调度系统”，专利号：ZL201610234217.8；
- 3) “一种配电柜”，专利号：ZL201610277354.X；
- 4) “一种电力检查井”，专利号：ZL201510841338.4；
- 5) “一种变电站巡检机器人”，专利号：ZL201610480683.4；
- 6) “一种履带式电力设备维修机器人”，专利号：ZL201610401323.0。

(2) 软件著作权：

- 1) “电动汽车充电站监控终端软件 V1.0”，著作号：2017SR321622；

- 2) “变压器在线监测系统软件 V1.0”，著作号：2017SR322946；
- 3) “基于物联网的储能柜数据采集系统软件 V1.0”，著作号：2017SR312438；
- 4) “太阳能光伏发电数据采集系统软件 V1.0”，著作号：2017SR312513；
- 5) “光伏发电生产运行管理监控软件 V1.0”，著作号：2017SR315290；
- 6) “变压器经济运行分析软件 V1.0”，著作号：2017SR316874；
- 7) “变压器保护系统 V1.0”，著作号：2017SR322941；
- 8) “变压器智能优化系统软件 V1.0”，著作号：2017SR322957；
- 9) “储能电池管理软件 V1.0”，著作号：2017SR322391。

## 2 获奖：

- (1) 辽宁省创新创业大赛一等奖 1 次、三等奖 1 次、优秀奖 1 次；
- (2) 鞍山市创新创业大赛一等奖 1 次、三等奖 1 次。

## 八、典型用户

本技术应用于辽宁激光产业园供电工程。辽宁激光产业园一期光伏项目建设 6MW 分布式光伏发电系统，总投资 3000 万元，二期光伏项目建设 15MW 分布式光伏发电系统，总投资 8000 万元。2018 年至 2019 年 7 月两期工程发电量分别为 296 万 kWh 和 889 万 kWh，该项目采用“自发自用”模式，与燃煤电厂相比，每年可节约标煤约为 276t 和 828t，减少二氧化碳排放约 728t 和 2184t。同时将光伏数据全部接入平台，实施传输园区内数据并对用电情况进行分析整理，利用大数据分析平台进行用电质量和用电性质分析，更合理的对用户进行节能指导。

## 九、推广前景

目前，本技术在辽宁省分布式光伏发电领域中的推广比例约为 7%。预计 5 年内，本技术在辽宁省分布式光伏发电领域中的推广比例可达 30%，总投入约为 2.0 亿元，年节约燃煤约 1656t，减少 CO<sub>2</sub> 排放约 4368t。



# 分布式多能互补智慧储能式节能技术研究报告

## 一、所属行业

清洁能源制热制冷行业

## 二、技术名称

分布式多能互补智慧储能式节能技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳恒久安泰环保与节能科技有限公司

地址：辽宁省沈阳经济技术开发区三号街 12 甲 4 号

单位负责人：于洋，电话：024-85635968，15998396512，邮箱：yuy@h9at.com

技术负责人：秦宇，电话：024-85635968，17502407018，邮箱：qiny@h9at.com

## 四、适用范围

以为各种行业用户提供冷、热、通风等业务为主，客户群体包括了学校、公建、工厂、酒店、写字楼、商场、居民小区等。

## 五、技术内容

### 1 基本原理

分布式多能互补智慧储能式制热节能技术以三端（分布智慧复合源端、节能末端、智慧云端）为核心，综合了物联网技术、互联网技术、人工智能技术、复合闭环四反馈技术，三端协调联动、集中调度、相互呼应，最大限度发挥系统优势和节能效果，实现精准供热（冷）。

（1）基于云服务器云计算的智慧大数据云端能管平台将智慧末端设备和末端室内、管网的参数状态信息采集存储到后台，通过平台中的人工智能记忆供应等核心算法及多反馈技术向源端控制柜发送指令，控制冷热源端的执行设备（风机、水泵、阀门、加热体等）做

出相应动作，并根据此机制和规律循环往复运行，实现按需蓄能、按需供能，减少能源的浪费。

(2) 源端核心设备固体蓄能式电装置在夜间低谷电时间，将电能转化为高温热能储存在装置本体的蓄热体中（蓄能体加热到 700-800℃）。散热时，循环风在风机的带动下经过高温蓄能体后变成高温风，高温风经过换热器将热量传递给换热器内的水，重新成为低温风，继续循环。换热器内的水吸收热量后输出高温热水给终端使用。

## 2 关键技术与设备

(1) 高蓄能密度的储热材料研究。关键点在于：1) 储能材料的长期运行寿命，不发生衰减；2) 储能材料的高密度、高导热率、高比热容材料构成；3) 低成本的且环保的储能材料；4) 储能材料的状态、封装及其高效充/放热结构设计；5) 储能材料及其系统的优化集成技术和动态热管理技术等。

(2) 高寿命的电热元件研究。电热元件在整个系统中属于关键部件，合金电阻丝的缺点是工作状态下自身处于很高的温度下（炽热状态），在空气中容易发生氧化反应而烧断，对合金电阻丝来说主要考虑其使用的电热效率以及寿命，这对运营成本有很大的影响。

(3) 储能体的热工流场耦合分析优化研究。提高储能材料的储能密度可以使得设备的体积减小，但是蓄能密度提高以后对能量的释放是不利的，因此有必要通过热工、流体等耦合仿真分析手段，设计一种在满足强度和高容积热容量的前提下，更为有利的散热结构；通过传热特性和热力学有限元分析等模拟仿真手段，可以更加准确、快速的获得目标结果。

## 六、主要技术指标

蓄热体温度 $>650^{\circ}\text{C}$ ，热效率 $>95\%$ ，保温层表面温升 $\leq$ 环境温度  $25^{\circ}\text{C}$ ，噪音 $\leq 50$  分贝（距离设备 1 米处）。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 专利：

#### (1) 实用新型：

- 1) “固体蓄热锅炉加热模块在线故障检测装置”，专利号：ZL 206876793 U；
- 2) “一种新型智能冷热水混合恒温供热装置”，专利号：ZL 206875694 U；
- 3) “一种模块式装配电加热蓄能装置”，专利号：ZL 206876027 U；
- 4) “智能恒温供热电加热式蓄热设备”，专利号：ZL 206875551 U；
- 5) “一种双热源热泵机组”，专利号：ZL 207963230 U；
- 6) “一种电阻式熔盐加热装置”，专利号：ZL 207963591 U；
- 7) “一种电加热式蓄热砖体结构”，专利号：ZL 207962808 U。

(2) 外观设计：

- 1) “电加热式固体蓄热设备”，专利号：CN 304969029 S；
- 2) “电加热式固体蓄热直接换热设备”，专利号：CN 304969031 S；
- 3) “电加热式固体蓄热间接换热设备”，专利号：CN 304969030 S。

## 八、典型用户

目前本技术已在辽宁省 80 所中小学清洁能源供暖中应用，计供暖面积达 200 万平方米。典型用于：沈阳市铁西中小学清洁能源供暖工程。该工程涉及 31 所中小学，供暖面积 30.9 万平方米，建设投资 3557 万元。在未实施清洁能源供暖之前，这些学校附近燃煤热力站以供居民采暖为主，其用热时间与学校不一致，学校无法根据自己的需求灵活掌握自己的采暖时间，浪费较严重。同时，大部分教室采暖温度不达标，基本在 8°C-15°C，二氧化碳排放削减量 17075t/a。本项目 31 个供热站总全年采暖耗热量为  $4.7961 \times 10^4$  GJ，年耗电量  $1.33 \times 10^7$  kWh，转换成耗煤量为 1635tce/a；而采用传统大型区域集中燃煤热源厂供热煤耗约为 1959tce/a，因此本工程年节标准煤 324t。

## 九、推广前景

目前，本技术在辽宁省中小学清洁供暖领域中的推广比例约为 10%。预计未来 5 年，本技术将以沈阳为核心推广应用到整个辽宁省，累计供暖面积可达 1000 万平方米，推广比例达 30 %；预计投资总额为 10 亿元，节能效率达到 6.53 万 tce/a，二氧化碳每年排放量削

减 17.23 万 t。

# 加热炉智能烧钢系统集成技术研究报告

## 一、所属行业

钢铁行业

## 二、技术名称

加热炉智能烧钢系统集成技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：东北大学

地址：辽宁省沈阳市文化路 3 巷 11 号

单位负责人：李国军，电话：13898848038，邮箱：ligj@mail.neu.edu.cn

技术负责人：李国军，电话：13898848038，邮箱：ligj@mail.neu.edu.cn

## 四、适用范围

本技术适用于冶金企业，轧前加热及退火炉

## 五、技术内容

### 1 基本原理

加热炉作为重要的工业加热设备是现代工业制造装备重要的支撑，同时也是国家整体装备制造水平的标志,其燃料能源的消耗量占整个生产过程消耗量的 60%-70%。实现该过程智能化对提高钢坯加热质量，降低氧化烧损，节约燃料等具有重要作用。东北大学研究团队经过几十年几代人的不懈努力，开发了具有自主知识产权的“加热炉智能烧钢系统集成技术”。

该技术综合应用传热、传质理论，结合数值计算方法，通过建立加热炉的炉内传热模型，在参数辨识与在线智能补偿技术基础上，应用总括热吸收率法定量化钢坯加热过程的复杂边界，应用先进数值计算方法，采用加热炉生产过程中的可测变量来估算炉内钢坯的

温度分布等不可测参量；把炉温设定值控制与钢坯出炉温度直接联系起来，以实现钢坯加热生产的能耗最小和钢坯氧化损失最少等目标，对钢坯加热过程正常情况、待轧情况等完成在线优化加热制度寻优及动态炉温制度搜索、设定，实现了以钢坯出炉温度为最终目标的钢坯加热过程智能控制。

该综合技术的应用，摒弃了传统工业炉窑完全依赖于操作工人经验的操作模式，实现了加热炉生产过程的定制化，智能化，绿色化。

## 2 关键技术与设备

### （1）全炉钢温温度实时跟踪计算技术

算准钢温是实施依据钢温进行炉温控制的关键，因火焰炉内钢坯加热过程中同时存在辐射换热、对流换热、钢坯内部的热传导等传热现象。对其传热过程进行在线精确建模求解需要大量计算机时难于满足全炉钢温实时跟踪要求，本技术研发基于离线机理仿真建模基础上的在线总括热吸收率技术，应用模拟参数离线仿真在线补偿方式实现了全炉钢坯温度实时准确跟踪。

### （2）炉温智能决策技术

基于全炉钢温准确跟踪，以钢坯出炉温度为目标，建立分钢种的最优热工制度，应用变收敛因子在线搜索技术，实现钢坯加热过程在线炉温智能决策。

### （3）待轧决策技术；

在发生待轧时实现智能控制是实现加热炉通过工艺制度节能的关键，本技术在待轧放生时，对待轧分为事故待轧及计划待轧两种情况进行控制。

### （4）氧化烧损在线求解技术；

当炉温及燃料流量调节不合理时钢坯将出现氧化加剧等加热质量问题，而氧化率作为加热质量评判指标无法直接在线检测，本技术采用半经验模型，结合影响加热过程影响氧化的因素，实现氧化烧损在线预示。

### （5）空燃比动态优化调整策略

该技术以效率最优为原则，通过对燃烧状态在线判断，实时调整空燃比，使炉内处于最佳燃烧状态，是实现节能的关键。

## 六、主要技术指标

采用该集成技术，将实现燃料消耗节约 3%-5%；提高成材率约 0.1-0.2%；待轧状态时 NOx 排放量明显降低；加热炉智能化烧钢率>95%；提升钢坯加热质量，钢坯目标出炉温度控制达标率>85%。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

- (1) 复杂断面型材智能化生产级应用示范，科技部重点研发项目，2017.7-2021.6；
- (2) 基于定向辐射的火焰炉强化传热基础研究，国家自然科学基金，2018.1-2020.12。

### 2 软件著作权：

- (1) “棒材加热炉 L2 级 HMI 软件 V1.0”，著作号：2017SR505026；
- (2) “热轧加热炉炉群管理 HMI 系统平台 V1.0”，著作号：2016SR247955；
- (3) “交换面积计算系统 v1.0”，著作号：2018SR573699；
- (4) “复杂断面钢坯热过程有限元分析系统 v1.0”，著作号：2018SR760093；
- (5) “棒材堆叠辊底式退火炉模拟系统 v1.0”，著作号：2019SR005908；
- (6) “蒙特卡洛法求解全交换面积计算软件 v1.0”，著作号：2019SR0065521；
- (7) “全氢罩式退火炉炉模拟系统 v1.0”，著作号：2019SR0059109；
- (8) “蓄热式加热炉热过程仿真软件 v1.0”，著作号：2019SR0390596；
- (9) “棒材加热炉数学模型控制系统 v1.0”，著作号：2019SR0676279。

## 八、典型用户

本项目在项目应用于攀钢公司西昌项目 2050mm 热轧加热炉计算机监督控制系统。本工程投资 2.2 亿元，其中集成技术投资为 300 万元，涉及 3 台加热炉。2011 年投产，2013 年 1 月所有系统正式投用至今效果总结：该加热炉人工操作时按照钢坯允许加热炉温度的

上限进行（出炉为 1270℃左右），而采用该技术通过模型决策后，一般按照钢坯允许加热温度的下限进行（出炉目标为 1230℃左右），运行过程中 t 钢煤气消耗由原 356m<sup>3</sup>/t 坯降为 345m<sup>3</sup>/t 坯，实现节约燃料约 3.1%；氧化烧损由 0.71-0.85%降为 0.67-0.79%，由此提高了带钢收得率约 0.2%。该厂年产量为 324 万 t，每年节约煤气约 3564 万 m<sup>3</sup>，折合节约标煤 7377t，年削减 CO<sub>2</sub> 排放量 1.95 万 t；每年减少氧化烧损 6480t 钢。

## 九、推广前景

目前，相近技术在辽宁省钢铁行业中的推广比例约为 5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省钢铁行业的推广比例可达 15-20%；总投入约 1.0-1.5 亿元，平均年节能量约 20 万 tce，年二氧化碳减排量 52.8 万 t。



# 秸秆打捆半气化逆向直燃废弃物综合利用节能技术研究报告

## 一、所属行业

农村生物质综合利用

## 二、技术名称

秸秆打捆半气化逆向直燃废弃物综合利用节能技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：铁岭众缘环保设备制造有限公司

地址：辽宁省铁岭市高新技术产业开发区新台路

单位负责人：杨武英，电话：13464112255，邮箱：174926165@qq.com

技术负责人：王福源，电话：15998805432，邮箱：174926165@qq.com

## 四、适用范围

锅炉制造单位、城乡供热、工业生产

## 五、技术内容

### 1 基本原理

秸秆锅炉运行方式为半气化逆向燃烧,燃料通过高温炉墙辐射、烘干、高温裂解在进行燃烧。高温火焰通过喷火口进入设备换热装置,产生的热能进入导热火管将热量传递给供暖介质水。

### 2 关键技术与设备

由自动上料装置、燃烧装置、换热装置、高效烟气除尘机组、防结焦全自动炉排。

## 六、主要技术指标

燃料成本比燃煤锅炉节省约 30%。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

## 1 专利：

### （1）实用新型：

- 1) “一种秸秆燃烧锅炉的纵向上料装置”，专利号：CN109533793A；
- 2) “一种秸秆燃烧锅炉的自动翻料装置”，专利号：CN109539296A；
- 3) “一种多个进料通道秸秆锅炉燃烧装置”，专利号：CN108613167A；
- 4) “双输出轴小角度往复运动传动机构”，专利号：CN108488815A；
- 5) “一种捆状秸秆锅炉的控制系统”，专利号：CN108253445A；
- 6) “一种秸秆锅炉的配风切割系统”，专利号：CN108224409A；
- 7) “一种捆状秸秆锅炉的推料机构”，专利号：CN108224463A；
- 8) “一种燃烧锅炉用触动式隔挡进料门装置”，专利号：CN107883397A；
- 9) “自动往复破焦配风炉排”，专利号：CN107842867A；
- 10) “一种带翅片蛇形管弯管机”，专利号：CN107737826A；
- 11) “一种钢丝毛刷辊湿式除尘器”，专利号：CN106215596A；
- 12) “一种多层秸秆给料燃烧装置”，专利号：CN106196136A；
- 13) “自动免维护水浴除尘器”，专利号：CN106076037A；
- 14) “圆包秸秆逆燃锅炉”，专利号：CN106090883A；
- 15) “方包秸秆逆燃锅炉”，专利号：CN106066036A；
- 16) “蒸汽锅炉复合余热回收装置”，专利号：CN103292309A；
- 17) “燃煤反烧多回程环保热水锅炉”，专利号：CN102563856A。

## 2 获奖：

获得 2018 年辽宁农业科技贡献奖三等奖。

## 八、典型用户

### 1 青冈县兴华镇煜兴盛供暖公司

青冈县兴华镇煜兴盛供暖公司安装了两台 12t 位秸秆直燃锅炉，总供暖面积为 11.8 万

平（其中包括：6 个住宅小区、1 个小学、1 个中学、1 个镇政府、1 个卫生院、1 个派出所）；总投资 440 万元；每年燃烧秸秆成本为 99 万元，比燃煤锅炉燃料成本节约 172 万元，每年平均节约 1593tce。

## 2 抚顺经济开发区全顺鑫供暖站

抚顺经济开发区全顺鑫供暖站 2018 年选购一台 4t 秸秆方包热水锅炉，供暖（一个中小学校供暖面积 1.1 万平方米，政府供暖面积 4000 平，镇医院供暖面积 1000 左右）。

## 3 绥棱县龙科物业有限公司

绥棱县龙科物业有限公司，在县农业局与县环保局帮助下，安装了一台 12t 位秸秆直燃锅炉，总供暖面积为 59800 平，还卖本县浴池热水，及秸秆沤肥，共消耗秸秆 8000t，其中供暖消耗 5000t，沤肥 2000t，给浴池送水加热消耗 1000t，以上几项共为公司节约与创收约 150 万元。

## 4九、推广前景

目前，本技术在辽宁省城乡供热中的推广比例约为 5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省城乡供热中的推广比例可达 20%，总投入约 2000 万元，平均年节约标煤约 5.81 万 t，年削减 CO<sub>2</sub> 约 15.34 万 t。

# 撬装式一体化电化学水处理设备节能技术研究报告

## 一、所属行业

水处理装备制造业

## 二、技术名称

撬装式一体化电化学设备节能技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：蓝金环保技术研究院

地址：辽宁省沈阳市经济开发区沈辽西路 111 号

单位负责人：梁吉艳，电话：024-25494522, 13889174842, 邮箱：liangjiyan2017@126.com

技术负责人：张立宝，电话：13390596025, 邮箱：ZLB201710407@163.com

## 四、适用范围

制药、印染等高  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  ( $300 \leq \text{COD}_{\text{Cr}} \leq 200000 \text{mg/L}$ ) 及含氮磷废水。

## 五、技术内容

### 1 基本原理

工作时，装备接通电源，在阴阳两级之间形成电场，在电场作用下，电极表面产生强活性自由基直接或间接的去除水中污染物。同时装备耦合了 DTRO 技术，确保水质的达标排放。本设备核心技术在于一体式电化学模块，将电化学组件按照水质条件与送水系统、送气系统、除杂系统等耦合一起，有效的提高废水处理效率，节约能源。

本设备核心模块是电催化反应装置，本装置的电极材料为核心技术，不同水质选用不同电极材料可以有效节约成本，在电场作用下电极表面的催化层会产生超强的自由基，在自由基作用下去降解有机物。当废水浓度过大时选用特种高强电极结合其他模块的有效协助，可以大大提高反应速率。

## 2 关键技术与装备

(1) 该设备设计打破了传统的单室电催化反应器构造,提出了内循环式双电极室体系,采用独创的连续流双电极组协同工艺,利用化学处理区与搅拌区分离模式,使废水在电极室中呈平推流态,充分利用了电极表面水体湍流提高废水中有机物降解速率。模块之间形成循环流路,加快电极表面杂质更新速率,减少电极表面的浓差极化,延长了电极寿命。

(2) 采用了利用自制的电催化电极开发出全自动一体化电催化氧化模块化设备,耦合该模块后可以扩大水质使用范围,利用该耦合设备对上海某药厂制药生产废水做了全过程处理,该厂废水中的主要污染物为阿奇霉素,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  含量高达  $440000\text{mg/L}$ 、含盐量大、 $\text{pH}$  值高、水质波动大并含有抑菌成分。

(3) 针对此废水设计了电催化氧化耦合微电解技术预处理去除率达 87.5%,之后进入 UASB 厌氧生化处理系统,强化了 A/O 生化工艺。目前该废水经处理后  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  去除率达到 99.95%。

## 六、主要技术指标

在制药废水预处理阶段  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的浓度由  $80000\text{mg/L}$  降低至  $2000\text{mg/L}$ ,去除率可以达到 96.8%,废水的 B/C 可以从 0.01 提高至 0.35,药剂成本仅  $4.36\text{元}/\text{m}^3$ 。处理低浓度的废水时,t 废水运行成本低于 10 元,远低于传统膜法及臭氧等工艺处理同类废水的运行成本。

## 七、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助:

(1) 辽宁省科技厅科技攻关项目:高浓度有机难降解工业废水深度处理技术与设备研发及产业化,项目号:2015229002;

(2) 辽宁省教育厅科技研究重点项目:印染废水高效电催化氧化处理集成化关键技术研究,项目号:LZGD2017003;

(3) 辽宁省重点研发计划:颜染料生产废水全过程系统分析与水处理关键技术研究,项目号:2017308001;

(4) 沈阳市科技局产业发展应用基础研究计划: Ti/SnO<sub>2</sub>-Sb-Mo 电极制备及性能研究,  
项目号: 17231120;

(5) 辽宁省自然科学基金计划重点项目: 用于高浓度难降解有机废水处理的新型金刚石薄膜电极设计及其水处理系统研究, 项目号: 20180510009;

(6) 国家青年科学基金项目: 基于功能化 ZnO/金刚石电化学 DNA 生物传感器的构建和性能, 项目号: 51202257。

## 2 技术鉴定:

该技术通过科技部科技成果鉴定, 经鉴定该技术达到“国内同类产品领先水平”。

## 3 专利:

### (1) 发明:

1) “钼、锑共掺杂钛基二氧化锡电催化电极的制备方法”, 专利号: ZL201410512990.7;

2) “一种铁件光饰机废液的循环再生工艺”, 专利号: ZL201410016314.0;

3) “内循环式电化学有机废水处理装置”, 专利号: ZL201621045239.1。

### (2) 实用新型:

1) “一种光饰机废液处理与中水循环利用一体化设备”, 专利号: ZL201420025080.1;

2) “一种双金属 Cu-Bi 电催化反硝化电极的制备方法及其用途”, 专利号:  
ZL201711234486.5;

3) “一种电絮凝高密度澄清池”, 专利号: ZL201721633936.3;

4) “利用硼泥提取氢氧化镁及处理染料废水的方法”, 专利号: ZL201010561705.2。

## 4 获奖:

(1) 微波芬顿一体化高浓有机废水处理工艺技术及设备, 辽宁省科技进步奖三等奖;

(2) Preparation and Degradation Phenol Characterization of Ti/SnO<sub>2</sub>-Sb-Mo Electrode Doped with Different Contents of Molybdenum, 辽宁省自然科学学术成果奖三等奖;

(3) Ferrimagnetic behaviors in a double-wall cubic metal nanotube, 沈阳市自然科学学

术成果奖三等奖。

## 八、典型用户

该设备主要应用于印染、染料、化纤、医药、石油化工废水等高浓度难降解化工有机废水的处理，成果应用单位主要有鞍山七彩化学股份有限公司、辽宁莱特莱德环境工程有限公司、沈阳光大环保科技股份有限公司、辽宁铭鑫环保工程技术有限公司、辽宁新态环保科技有限公司、沈阿圣泰环保科技有限公司和辽宁泽明环境监测有限公司等企业。

典型用户：鞍山七彩化学股份有限公司化学车间颜料中间体废水处理。该工程，建设面积 500m<sup>2</sup>，总投资 2500 万元。该技术 COD<sub>Cr</sub> 去除率可达到 96.55%，同时具有良好的脱色除臭效果，实现了企业废水的达标排放。降低处理成本，每年节省能耗 1000tce，削减二氧化碳排放量 2640t，提高废水处理效率

## 九、推广前景

目前本技术在辽宁省制药、印染及农药生产行业或领域中的推广比例约为3%。预计未来5年内，本技术在辽宁省制药、印染及农药生产行业的推广比例可达12%；总投入约800万元，平均年节能量1万tce，年减少二氧化碳减排量2.64万 t。

# 辽宁省重点节能减排技术目录（第六批）

## 技术研究报告（减排部分）

### 基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术研究报告

#### 一、所属行业

村镇及城市污水生化处理以及化工、制药等行业废水处理

#### 二、技术名称

基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术

#### 三、技术拥有单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市凌工路2号

单位负责人：全燮，电话：0411-84706140，13604246960，邮箱：

quanxie@dlut.edu.cn

技术负责人：全燮，电话：0411-84706140，13604246960，邮箱：

quanxie@dlut.edu.cn

#### 四、适用范围

村镇及城市污水生化处理以及化工、制药等行业废水处理

#### 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来，全国废水年排放量约750亿t，截至2017年末，我国污水处理率为92.38%，该数据相比发达国家接近100%的污水处理率仍有提升空间，部分污水处理设施缺失的城镇以及农村仍有设施新建需求。另一方面，随着国家环境标准



日趋严格，而且许多省份制定了更为严苛的污水排放标准，我国有 3000 余座污水处理厂无法满足排放标准，面临提标改造。

“十三五”以来，随着环保力度不断加大，辽宁省废水排放量较“十二五”有所下降，但年排放量仍然达到 22 亿 t 以上。截止 2017 年，辽宁省废水治理设施达 1700 余套。2018 年，辽宁省出台了城镇污水处理及再生利用设施建设“十三五”规划，根据规划，到 2020 年底，辽宁省地级城市污水处理率达到 95%以上，县城达到 85%以上。可见，辽宁省污水处理厂新建和改造的需求仍然十分迫切。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

该项技术针对传统悬浮生物载体存在的问题，通过改变悬浮生物载体的亲水、亲电等性质，调控载体与微生物的亲合性，实现快速挂膜；针对不同的目标处理污水，对载体进行硝化、厌氧、反硝化等功能化设计，实现功能微生物生态结构的优化。在此基础上，对反应器的池型与结构进行设计，优化技术运行策略，开发出面向不同污水类型、不同处理目标，适于新建或改造的基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术。

在该技术中，功能性悬浮载体在曝气或搅拌作用下实现流化，并快速挂膜，缩短了挂膜时间，并强化了污染物、溶解氧和生物膜的传质效果。功能化设计的载体还能够促进相应的功能微生物（如硝化菌、反硝化菌、厌氧菌和兼氧菌等）的富集。废水流经反应器并与功能性载体上的生物膜广泛接触，并在生物膜上相关功能微生物的新陈代谢作用下，使废水中的有机污染物和氮磷等得以高效去除。

### 2 关键技术与设备

基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术克服了传统移动床生物膜工艺的弊端，具有运行费用低，占地面积小、污染物处理效率高、运行方便等诸多优点。

该技术所包含的关键技术包括：（1）功能性悬浮生物载体制备技术：所制备的高效功能性悬浮生物载体是通过物理改性的方式，采用共混的方法，利用螺杆挤出工艺制得成品，其操作方法简便，成本低，有利于工程化应用；（2）基于功能性悬浮生物载体的应用技术：在功能性悬浮生物载体制备的基础上，发展了基于功能性悬浮生物载体的多级生物处理工艺、基于功能性悬浮生物载体的序批式生物处理工艺和分流式活性污泥组合工艺等，提出反应器设计和工艺参数确定原则，为技术应用提供技术支撑。

该技术采用的自主研发与创新改良的关键设备包括单螺杆挤出设备、推流池末端气提设备、多级曝气设备等关键设备。

## 七、主要技术指标

功能性悬浮生物载体的亲水性得到有效改善，接触角由 94 度左右降低到 60 度；亲电性明显提高，Zeta 电位从 -40 mV 提高到 +10 mV 以上。形成了针对厌氧、硝化、反硝化等不同应用环境下的高效功能性悬浮生物载体。挂膜速度显著加快，功能菌群丰度比现有载体提高 2-3 倍，挂膜量提高 20%-60%，启动时间从数周缩短至数日，解决了传统载体挂膜效果差，启动慢、处理效率低等难题。

基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术有机容积负荷可达到 4-8 kg COD/(m<sup>3</sup>·d)，COD<sub>Cr</sub> 去除率可达到 90% 以上。在低碳源污水处理方面，该工艺的氨氮去除率超过 90%，TN 去除达到 83%。出水 COD<sub>Cr</sub>、氨氮、总氮等污染物均可达到国家城镇污水一级 A 排放标准。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

（1）大连市科技计划项目：“污水处理资源化改性高效生物载体生产与应用技术”，项目号：2005E21SF149；

(2) 国家水体污染控制与治理科技重大专项课题：“太子河典型工业水污染控制与水质改善技术集成与示范”，项目号：2012ZX07202006。

## 2 成果鉴定：

2017 年 1 月，新型悬浮生物载体（填料）的制备及其污水处理技术通过中国环境保护产业协会鉴定，达到国际领先、国际先进水平。

## 3 发明专利：

(1) “一种非溶性氧化还原介体型生物载体及其制备方法”，专利号：ZL 201610230088.5；

(2) “一种亲电型生物载体及其制备方法”，专利号：ZL 201310306316.9；

(3) “一种以废料为主要原料的曝气生物滤池填料及其制备方法”，专利号：ZL 200710010193.9；

(4) “一种曝气生物滤池填料及其制备方法”，专利号：ZL 200510046987.1。

## 4. 获奖：

(1) 2017 年辽宁省科技进步一等奖。

## 九、典型用户

本技术应用于鞍山腾鳌污水处理有限公司污水处理升级改造工程。工程位于鞍山市腾鳌经济开发区，污水处理规模为 14000 t/d，原污水处理工艺为传统活性污泥工艺，出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的二级标准。由于该污水处理厂所接纳的工业废水中难生物降解的有机污染物浓度较高，生化部分出水的 COD<sub>Cr</sub>、氨氮和总氮浓度未达到一级 A 排放标准。2015 年，该公司采用基于功能性悬浮生物载体的 IFAS 工艺进行提标改造，工程投资为 381 万元。提标改造后，出水 COD<sub>Cr</sub>、氨氮和总氮指标达到一级 A 排放标准，年减排 COD<sub>Cr</sub> 约 1600t，氨氮 88.9t。目前，该工程运行良好。

## 十、推广前景

据统计，“十三五”以来辽宁省废水年排放量达到 22 亿 t 以上，COD 年排放量 110 万 t 以上，氨氮年排放量 9 万 t 以上。截止 2017 年，辽宁省污水处理设施达 1700 余套，城市和县城污水处理率分别在 95%和 85%以下。目前，本技术在辽宁省村镇及城市污水生化处理中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省村镇及城市污水生化处理中的推广比例可达 15%，总投入约 10 亿元，年消减 COD<sub>Cr</sub> 15 万 t，氨氮 1.2 万 t。

# 污废水厂达标排放的 SSMBBR 工艺技术研究报告

## 一、所属行业

环保水处理、水污染治理

## 二、技术名称

污废水厂达标排放的 SSMBBR 工艺技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连宇都环境工程技术有限公司

地址：辽宁省大连高新园区黄浦路 541 号网络产业大厦 13 层

单位负责人：权伍哲，电话：0411-84507766，18741167739，邮箱：

yudu@dlwedo.cn

技术负责人：权伍哲，电话：0411-84507766，18741167739，邮箱：

yudu@dlwedo.cn

## 四、适用范围

市政污水处理厂、工业园区污水处理厂。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

过去粗放式的发展给水环境带来了严重的污染。在国家级地方更严格的新环保标准下，很多污水处理厂面临着提标升级改造，而排放不达标、运行不稳定、占地面积不够、改造费用高、改造时间长等是污水处理厂共同面对的难题。

MBBR 工艺就很好的解决了这些难题，全国范围内，利用 MBBR 进行改造的项目越来越多，目前我公司年处理水量已超过 500 万 t/d。

## 六、技术内容

## 1 基本原理

SSMBBR 工艺是全系统的生物膜工艺和活性污泥工艺的耦合工艺，它包含酶促进改性悬浮载体，活性污泥载体拦截系统，载体防堆堵疏导系统，检修系统等完整系统。

在生物池中投加酶促进改性悬浮载体（填料），让悬浮态的活性污泥和固着态的生物膜共同作用，充分发挥了两者的优点，使污水处理效率显著提高，而且投资低，运行费用低，运行稳定，抗水质波动冲击和水量波动冲击性强。

在生化池中投加一定量的酶促进改性悬浮载体（填料），使得改性填料上的附着去除污染物的微生物，改性填料上的微生物比一般的填料附着的微生物多而且活性高，所以污染物去除效果显著，尤其在北方水温低的状态下，与常用的单纯的活性污泥比，效果显著，氨氮和总氮处理效果非常好。

每个填料上生物膜的内部、外部生长着不同的微生物菌群，内部为厌氧型，外部为好氧型，在同一个填料内可实现同步硝化与反硝化反应。

## 2 关键技术与设备

大连宇都工程技术有限公司生产的改性生物悬浮填料（国家发明专利），主要特点是在原材料 PE 的基础上添加了多种改性成份，提高其功能性。

主材质为 HDPE，添加改性配方

（1）比重为挂膜前比重在  $0.96\text{--}0.99\text{g/cm}^3$ ，挂膜后约  $1\text{g/cm}^3$ ，少量曝气或轻微搅拌就能均匀流化；

（2）亲水性好，微生物容易附着，挂膜速度快；

（3）表面带正电荷，让带负电荷的微生物更容易附着，使生物亲和性更好；

（4）表面粗糙，提高比表面积，增加生物量；

（5）改性成份中含有酶促进成份，生物活性高，显著提高生物降解能力，

尤其生物膜中硝化菌量是未改性填料的 1.5 倍，显著提高生物对氨氮分解能力；

(6) 具有抗紫外线、抗老化功能，使用寿命在 20 年以上；

(7) 微生物膜厚度适中，氧气、有机质在生物相中传质效率高，微生物活性高，新陈代谢快，连续不断的动态脱落，微生物膜分泌物不会在填料上钙化。

## 七、主要技术指标

1、设计水量：15 万 m<sup>3</sup>/d

2、设计水温 10℃

3、设计进出水指标

| 序号 | 项目                 | 单位   | 进水水质 | 出水水质 |
|----|--------------------|------|------|------|
| 1  | BOD                | mg/L | 200  | 10   |
| 2  | SS                 | mg/L | 400  | 20   |
| 3  | NH <sub>4</sub> -N | mg/L | 40   | 5    |
| 4  | TN                 | mg/L | 60   | 15   |

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

1 项目资助：

“十二五”国际科技重大专项水专项“太子河典型工业水污染控制与水质改善技术集成与示范课题”，2012ZX07202006-004-2；

2 成果鉴定：

“新型悬浮生物载体（填料）的制备及其污水处理技术”（中国环境保护产业协会）。

3 专利：

(1) 发明：

1) “改性微生物膜专利”，专利号：ZL 200610047276.0；

2) “疏导型污水处理填料循环系统”，专利号：ZL 201510649982.1；

(2) 外观设计专利：

1) “污水处理用填料”，专利号：ZL 201030174763.0；

2) “生物悬浮填料”，专利号：ZL 201730670721.8。

4 获奖：

辽宁省科学技术进步一等奖，功能性悬浮生物载体（填料）制备及其污水处理关键技术与应用。

## 九、典型用户

本技术应用于哈尔滨群力污水处理厂升级改造扩建工程。工程位于哈尔滨道里区，污水处理规模 15 万 t/d，改造工程造价 3790 万元，采用 CASS+MBBR 工艺。经处理后， $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TN 满足城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002) 由于新技术的应用，节约工程投资约 4500 万元。处理工程年减排 BOD 约 1 万 t，氨氮 2000t。经环境监测部门的现场跟踪监测，各项环保指标均达到标准，在单一池内实现有机物、氨氮、总氮和总磷的高效去除。该污水处理工程有力支撑了流域减排目标的实现。

## 十、推广前景

为了保护环境、节能减排，全国污水厂都在陆续进行提标改造，利用 MBBR 进行改造具有不增地、不停水、工期短、投资少等特点，尤其是改性悬浮填料的使用，使得该工艺运行更为稳定。目前，本技术在辽宁省污水处理领域中推广约为 10%，运行效果稳定。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省污水处理领域中推广比例可达 20%，总投入约 150 亿元，年消减  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  400 万 t，氨氮 20 万 t。



# 寒冷地区农村生活污水高效处理技术研究报告

## 一、所属行业

农村生活污水处理行业

## 二、技术名称

寒冷地区农村生活污水高效处理技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽宁北方环境保护有限公司

地址：辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

单位负责人：王卓，电话：13940015230

技术负责人：王卓，电话：13940015230

## 四、适用范围

人口密度小、地形复杂、污水不易收集入网的分散式污水处理，如农户较分散的村庄、高速服务区、别墅区、农家乐等。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

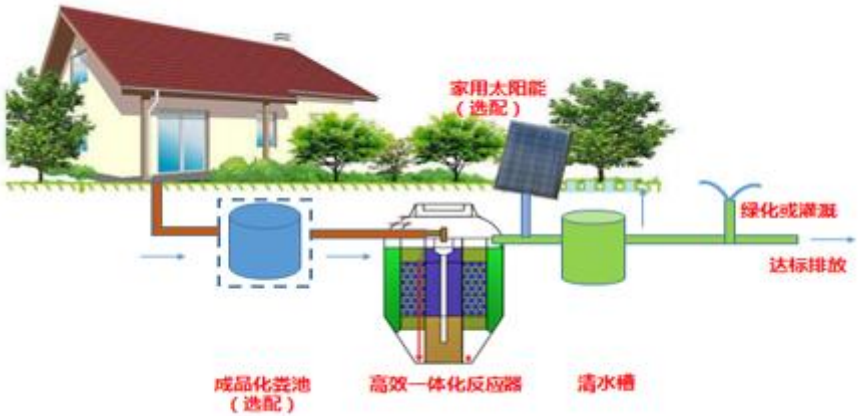
据《辽宁省 2018 年国民经济和社会发展统计公报》统计，辽宁省全省农村人口总计 1390.6 万人，辽河流域人口数约占全省人口比例的 57%，据此测算辽河流域农村生活污水日排放总量高达 40 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ， $\text{COD}_{\text{Cr}}$  和氨氮年排放量分别达 28900t 和 5100t。生活污染是一大污染源，流域内大量农村大部分为分散式污水排放形式，大多数没有经过处理直接排放。根据《辽宁省环境保护“十三五”规划》中期评估报告，全省环境保护工作虽然取得一系列进展，但农业农村环境污染问题依然突出，全省农村生活污水集中收集处理率不足 5%。目前，辽宁省农村污

水处理率整体不高，但各地农村均有不同规模的污水处理站或设施，现有处理设施经济性差、低温适用性差、极分散环境下设备规模不适用。因此开展对寒冷地区极分散微型生活污水处理技术及装备研发，是解决这一问题的重要途径。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

多级高效一体化反应器采用 AO 接触氧化泥膜共混生物处理工艺，通过科学的结构设计，创新性的将缺氧、好氧、沉淀等功能集成于多层罐一体化结构，同时罐内充填三维螺旋生物绳填料，可在实现降解有机污染物的同时，同步硝化反硝化脱氮；通过定流量优化分配设计实现曝气增氧、曝气搅拌、气提回流等功能一泵完成；充分利用悬浮活性污泥和附着生物膜二者协同作用，确保系统内微生物菌群丰富、生物量大，活性高，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 排放标准。



### 2 关键技术与设备

集成优化 AO 接触氧化泥-膜共混生物技术，提高系统生物附着能力及 30% 生物量，强化技术设备的抗冲击负荷能力，实现低温环境下处理效果稳定，脱氮效率高的目的。寒冷地区极分散环境的小微型生活污水一体化处理技术及装备，通过科学结构设计，实现缺氧、好氧、沉淀一罐完成，增氧、搅拌、气提等功能

一泵完成，紧凑结构布置，节省占地 20%；科学分区，实现折流循环，提高传质效果和脱氮效率目标；优化设备材质，实现坚固性好、耐腐蚀性好、无粘结、无漏点，坚固耐用；实现了设备标准化、系列化、模块化，实现技术条件、接口、零部件、设备规格、安装管理、运行管理等标准化；拥有耐低温微生物菌剂，强化粪污预处理效果，抑制有害微生物生长及除臭。系统出水达到  $\text{COD}_{\text{Cr}} < 60 \text{mg/L}$ 、 $\text{NH}_3 < 8 (15) \text{mg/L}$  水平。

## 七、主要技术指标

- 1 节省占地 20%以上，占地  $0.4\text{-}1.5 \text{m}^2/\text{t}$  水；
- 2 节能 15%，电耗约  $0.2\text{-}0.3$  元/t 水；
- 3 出水达到 GB18918-2002 一级 B 标准。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

项目资助：

- (1) “十二五”水专项辽河流域分散式污水处理技术产业化课题；
- (2) “十三五”水专项辽河流域水专项技术成果推广与产业化课题（属于自主研发技术）。

## 九、典型用户

1 沈阳军区某部队营房污水处理项目。本技术应用于沈阳军区某部队营区生活污水治理工程，建设总规模为  $300 \text{m}^3/\text{d}$ ，投资额为 5 万元，进水  $\text{COD}_{\text{Cr}} 350 \text{mg/L}$ ，氨氮  $31 \text{mg/L}$ ，经一体化污水处理设备后，出水水质达到 GB18918-2002 一级 B 标准，有效削减  $\text{COD}_{\text{Cr}} 33 \text{t/a}$ ，氨氮  $2.68 \text{t/a}$ ，并回用于营区绿化及道路清洗，解决了营区生活污水地处郊区收集难、直排污染水体等环境问题。

2 高速公路服务区污水处理项目。本技术应用于省内高速公路服务区污水处理项目，建设总规模为  $15000 \text{m}^3/\text{d}$ ，进水  $\text{COD}_{\text{Cr}} 330 \text{mg/L}$ ，氨氮  $33 \text{mg/L}$ ，经一体

化污水处理设备后，出水水质达到 GB18918-2002 一级 B 标准，有效削减 COD<sub>Cr</sub> 2135.25t/a，氨氮 241.8t/a，并回用于服务区厕所冲水。本技术的成果可应用于低温环境下，系统出水可稳定达到 GB18918-2002 一级 B，且运行费用较低，对处理农户较分散的村庄、高速服务区等污水在技术上和经济上均是可行的，具有良好的社会和经济效益。

## 十、推广前景

通过对寒冷地区农村生活污水小微型一体化反应器研究及产业化推广，聚焦解决辽河流域寒冷地区极分散农村地区生活污水污染治理的低温、占地大、能耗高、经济性差等瓶颈问题，填补生活污水小微型处理装备在辽河流域农村地区成功应用的空白。目前，本技术在辽宁省农村生活污水处理中的推广比例约为7-9%。预计未来5年内，本技术在辽宁省农村生活污水处理中的推广比例可达20%，总投入约35万元，年消减COD<sub>Cr</sub>710.6 t，氨氮137.4 t。

# 有机废水（物）新型厌氧产沼气技术研究报告

## 一、所属行业

有机废水/有机废物处理与能源化

## 二、技术名称

有机废水（物）新型厌氧产沼气技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号

单位负责人：郭东明，电话：0411-84708605

技术负责人：张耀斌，电话：13941150305，邮箱：zhangyb@dlut.edu.cn

## 四、适用范围

有机废水产沼气、有机固废产沼气、工业废水的厌氧处理

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来，随着我国城镇化水平不断提高，排放的生活污水与固体废弃物总量也不断上升。2015 年我国城镇生活污水排放量为 545 亿 t，占全年污水排放总量的 71.4%。全国餐厨垃圾产生量达 9500 万 t，日均产量达 26 万 t/d。全国已投运、在建、筹建（已立项）的餐厨垃圾处理项目（50t/d 以上）至少有 118 座，总计处理能力超过 2.15 万 t/d。截止 2016 年 3 月，我国城镇污水处理厂数量达到 3910 座，污水处理能力达到 1.67 亿 m<sup>3</sup>/d，相应的污泥产量达到 3000 万-4000 万 t/a。预计到 2020 年，污泥产量将达到 6000 万-9000 万 t/a。目前，城镇污水与固体废弃物处理处置已经成为政府、行业专家、公众共同关注的焦点。尤其是，随着我

国近期城市垃圾分类工作的推进,将有机固废进行高效厌氧消化产甲烷已经成为必然。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

在以水解酸化-产甲烷原理建立的传统厌氧消化中,产甲烷菌只能利用水解酸化过程产生的乙酸和一元碳。然而在水解酸化过程中, $H_2$ 必须维持在很低的分压以下,才能在热力学上保证有机物厌氧代谢的持续进行。而嗜氢产甲烷菌作为消耗  $H_2$  的主要微生物,却在大部分厌氧系统中不是主流(以嗜乙酸甲烷菌为主)。因此在操作条件波动时很容易导致  $H_2$  积累,致使产甲烷停顿乃至失败。 $FeO$  作为电子供体,可直接为嗜氢产甲烷提供电子,从而富集嗜氢产甲烷菌,消耗厌氧体系内氢气,进一步带动有机物的水解酸化和产甲烷过程的进行。而当铁氧化物可以作为电子受体时,在厌氧系统内富集地杆菌,这些地杆菌可与甲烷菌间构建一种新型代谢-直接种间电子传递产甲烷。这种新型产甲烷路径是建立在地杆菌氧化有机物、甲烷菌利用地杆菌氧化所得的电子还原二氧化碳直接产甲烷,避开了传统氢气传递电子的方式,弥补依靠传统耗氢产甲烷难以维持厌氧体系内的酸性平衡和产甲烷互养代谢的稳定问题,因此具有巨大优势。

### 2 关键技术与设备

通过在厌氧体系内加入  $FeO$ ,可以通过富集氢型甲烷菌在前端强化水解酸化过程,产生更多的乙酸和一元碳供产甲烷菌利用。同时降低体系内氢分压,保证有机物厌氧代谢的持续进行;加入铁氧化物可以在厌氧系统内富集地杆菌,构建新型直接种间电子产甲烷,提高沼气中甲烷含量,降低二氧化碳排放;加入导体碳材料可以在后相产甲烷过程中介入新型的直接种间电子传递产甲烷,提高微生物群落建电子传递距离与速率进一步提高产甲烷效率。采用以上新型厌氧系统,

可以强化有机物污染物的分解，为产甲烷创造有利的底物条件，提高厌氧消化效果。

## 七、主要技术指标

1 工艺进水有机负荷可高达  $80\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{d}$ 。经过厌氧生物处理后，产气中甲烷比例可达 90%以上，且无酸性积累，使厌氧工艺具有耐高有机负荷冲击与缓解酸性抑制的能力。

2 将零价铁引入厌氧污泥处理系统，污泥减量化提高 12 个百分点，甲烷产量提高 43%。在厌氧系统设置铁屑层，以城市剩余污泥为接种污泥，可在 1 个月内培养出成熟颗粒污泥，快速完成启动，解决了厌氧处理启动慢的难题。

3 通过新型的厌氧产甲烷模式，可以强化有机物污染物的分解，为产甲烷创造有利的底物条件。可以将含固率达到 20%以上的餐厨垃圾实现高效产甲烷，甲烷转化率达到 90%以上，解决了高含固有机固废传质效率低、易酸化的缺陷。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家重点研发计划课题，高含固有机固废高效制备生物燃气有机物的微生物强化降解机理研究；

(2) 国家自然科学基金面上项目，厌氧污水处理的异化铁还原耦合氨氮氧化过程中的铁循环机制；

(3) 国家自然科学基金面上项目，厌氧消化中直接种间电子传递的新路径及其作用；

(4) 国家自然科学基金面上项目，零价铁强化微生物电催化厌氧产甲烷的电子传递机制与调控方法；

(5) 国家自然科学基金面上项目，内置零价铁对偶氮染料废水厌氧处理的

强化机理研究；

## 2 专利：

(1) “Zero-valent iron two- phase anaerobic reactor”，专利号：US 13/981884；

(2) “一种利用零价铁技术加速剩余污泥厌氧发酵的方法”，专利号：  
ZL201310244932.6；

(3) “一种促进厌氧消化产甲烷的外置电解设备”，专利号：  
ZL201310567702.3；

(4) “利用铁锈促进剩余污泥产甲烷方法”，专利号：ZL201310342879.3。

## 3 获奖：

(1) 2014 年中国石油和化学工业联合会青年科技突出贡献奖；

(2) 2017 年辽宁省科技进步一等奖。

## 九、典型用户

本技术应用于山西仟源高浓度制药废水处理工程。工程位于山西省大同市经济技术开发区，处理规模为 200m<sup>3</sup>/d 的高浓度制药废水，该废水 COD<sub>Cr</sub> 为 2-6 万 mg/L，水质波动大，处理难度较高。有机固废处理量为 20-100 立方米/日，投资额为 200-1000 万元；有机废水处理量为 200m<sup>3</sup>/日，投资额为 200 万元；工业废水处理量为 500m<sup>3</sup>/日，投资额为 300 万元，年消减 COD<sub>Cr</sub>1000t。采用零价铁强化厌氧污水处理技术，反应器在 30 日内启动，COD<sub>Cr</sub> 去除率达到 80%以上。大同市经济开发区环境监测站的监测报告确认：出水各项指标均达到国家污水综合排放标准《GB18918-2002》一级标准。用户评价：该技术“显示出其意料的良好效果”。

## 十、推广前景

随着有机废物产量的增加和国家生态化建设的要求，对高效厌氧技术的需求



越来越迫切。所研发的零价铁强化厌氧生化技术、乙醇型发酵强化直接中间电子传递产甲烷、基于电子传递的新型厌氧消化方法等三个关键技术成功应用于高浓度、难降解性有机废水及固体废弃物的升级改造工程中。目前，该技术在辽宁省高浓度制药或其他工业废水处理中的推广比例约为 5%-10%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省高浓度制药或其他工业废水处理中的推广比例可达到 20%，总投入约 1000 万元，年削减污染物 COD<sub>Cr</sub> 约 2000t。

# 高氮废水 SNAD 脱氮处理成套技术研究报告

## 一、所属行业

高氮废水治理行业

## 二、技术名称

高氮废水 SNAD 脱氮处理成套技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号

单位负责人：郭东明，电话：0411-84708011

技术负责人：徐晓晨，电话：0411-84706328，15141189998，邮箱：  
xxcep@dlut.edu.cn

## 四、适用范围

城镇有机固废厌氧发酵沼液、畜禽养殖业污染及垃圾渗滤/压滤液脱氮治理。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来辽宁省畜牧业持续稳定发展，养殖水平显著提高，截止 2016 年底，全省大型牲畜（牛、驴等）存栏量 462 万头、生猪 1406.5 万头、羊 889.6 万头、肉鸡 1.8 亿羽、蛋鸡 1.42 亿羽，年污水产生量超过 7442.3 万 t。农业源污染物氨氮、TN、等已逐渐超越工业源，成为我省环境污染的主要污染源之一。另外城镇污水处理厂剩余污泥、厨余垃圾、与粪便残渣等有城镇有机固废可采用中温厌氧发酵产沼气的方式进行资源化利用，产生的发酵沼液中氨氮浓度极高。此外垃圾填埋厂、垃圾干化或焚烧厂的垃圾渗滤液与压滤液中的氨氮含量也很高。上述三

个行业废水中的氨氮浓度分布在 1000-2000 mg/L 范围之内，是我省水环境治理的一大难题。通常采用的脱氮工艺是以全程硝化反硝化为核心的脱氮工艺（如 A/O-MBR、A<sup>2</sup>/O、A/O/A/O、SBR 工艺等），仅处理电耗即为 4-6.5 kWh/kg N，外加碳源为 30-40 元/ kg N（以投加乙酸钠为例），运行费用巨大、处理流程过长、处理装置占地大；亟需高效低耗脱氮处理工艺。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

厌氧氨氧化（Anaerobic Ammonium Oxidation, ANAMMOX）工艺是指在厌氧条件下，厌氧氨氧化菌以亚硝态氮（NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N）为电子受体，将氨氮（NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N）氧化为氮气（N<sub>2</sub>）。相比于传统生物脱氮工艺，ANAMMOX 优点包括：1）无需外加有机碳源与碱度；2）脱氮效率高；3）无需曝气；4）污泥产量低。该工艺是目前已知最为经济的低碳生物脱氮途径，属于可持续脱氮技术。

同步亚硝化、厌氧氨氧化和反硝化（Simultaneous Partial Nitritation, Anammox and Denitrification, SNAD）工艺是在 ANAMMOX 工艺基础上，在同一个反应器内，采用悬浮填料为载体，形成生物膜上不同位置不同功能菌群的分布，利用好氧氨氧化菌（AOB）将水中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 部分转化为 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N，然后 ANAMMOX 菌将 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 和剩余的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 转化为氮气，同时反硝化菌（DNB）从水中 COD 获得电子供体将 ANAMMOX 过程生成的硝态氮（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N）和剩余 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 还原成 N<sub>2</sub>。通过构建无需外加碳源、低碳节能的 SNAD 脱氮技术体系可同时高效去除氨氮、总氮与 COD。

### 2 关键技术与设备

该技术适用范围内的高氨氮废水中氨氮浓度分布在 1000-2000 mg/L 范围之内。对 C/N 比高于 1 的废水可先采用上流式厌氧污泥床（UASB）等厌氧工艺，

去除废水中 COD 至 C/N 比低于 1，再进入 SNAD 脱氮处理系统。SNAD 脱氮处理系统关键技术如下。

#### (1) 高氨氮废水亚硝化过程稳定技术

通过在反应器内加入适合比例的悬浮填料【生物移动床 (MBBR) 填料】，并通过二沉池污泥回流，构建 SNAD-IFAS (Intergrated Film and Activated Sludge, 耦合生物膜与活性污泥) 系统，通过对温度、溶解氧 (DO)、FA (游离氨) 与 FNA (游离亚硝酸) 的在线控制，稳定实现亚硝化过程。

#### (2) SNAD 脱氮处理系统中短程硝化、反硝化与厌氧氨氧化耦合技术

在 SNAD-IFAS 系统中，通过对温度、pH、DO、HRT (水力停留时间)、SRT (污泥停留时间)、C/N 比、填料种类与填充比等参数的调控，实现短程硝化、反硝化与厌氧氨氧化耦合作用，可同时去除氨氮、总氮与 COD。

#### (3) SNAD 脱氮处理系统快速启动技术

通过采用高氨氮废水亚硝化过程稳定技术进行亚硝化菌的培养驯化；然后将已经完成 SNAD 挂膜的 MBBR 填料 (可以示范工程池内获取) 置入池内进行 SNAD 菌群的驯化与富集；再结合通过大水量、低浓度的调控策略可实现 SNAD 脱氮处理系统快速启动。

综上，已经形成针对不同进水氨氮、总氮与 COD 浓度的 SNAD 脱氮处理成套技术体系。

## 七、主要技术指标

1 工艺进水氨氮为 2000 mg/L 以下, C/N 比小于 1 (COD 过高可先进行 UASB 等厌氧处理至满足条件); 总氮体积负荷可达  $0.5 \text{ kg TN/m}^3 \cdot \text{d}$ ; 经处理后, 氨氮去除率 85% 以上, 总氮去除率 75% 以上; 剩余氨氮与总氮可进一步采用传统硝化反硝化工艺去除。

2 SNAD 脱氮工艺部分电耗仅为 1.5 kWh/kg N 左右，无任何外加碳源费用；占地仅为传统硝化反硝化脱氮工艺的 1/3 左右。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家自然科学基金资助项目“SNAD/EBPR 耦合工艺的微生物资源管理机制与调控策略研究”，项目批准号：21777018；

(2) “十二五”国际科技重大专项水专项“辽河流域氨氮污染控制关键技术与示范”课题，课题编号：2013ZX07202-010。

### 2 专利：

(1) “倒置式脱氮工艺膜生物反应器”，专利号：ZL200810012047.4；

(2) “同时硝化厌氧氨氧化工艺的无纺布生物转盘反应器”，专利号：ZL200610047605.1；

(3) “一体式膨胀颗粒污泥床-膜生物反应器全程自养脱氮装置及其工艺”，专利号：ZL201410225231.2；

(4) “一种快速增殖厌氧氨氧化菌的装置及方法”，专利号：ZL201110043759.4；

(5) “一种球形无纺布填料启动一氧化氮生物吸收塔的方法”，专利号：ZL201611139871.7；

(6) “一种无纺布环形填料启动 SNAD 工艺的方法”，专利号：ZL2014010842728.9。

## 九、典型用户

本技术应用于大连夏家河污泥处理厂沼液SNAD脱氮处理工程，工程规模为 600 m<sup>3</sup>/d，投资约1500万元。大连夏家河污泥处理厂主要采用中温厌氧发酵产沼

气（制取天然氧并入城市天然气管网）处理市政污水厂剩余污泥、厨余垃圾、垃圾渗滤液与粪便残渣等。厌氧发酵产生的沼液采用“高氮氮废水SNAD脱氮”成套技术进行处理，脱除大部总氮后排入大连夏家河污水处理厂进一步处理至达标排放。大连夏家河污泥处理厂沼液SNAD脱氮处理工程从2015年5月开始启动，至2017年5月开始满负荷运行，处理效果稳定，进水总氮（氨氮）1400-1800 mg/L，总氮脱除效率75%，出水总氮350-450 mg/L，出水氨氮150-250 mg/L，年消减总氮230-296t、氨氮274-339t。

## 十、推广前景

随着辽宁省城镇有机固废厌氧发酵产沼气项目、垃圾填埋/干化/焚烧厂项目与规模化畜牧业的陆续建设与快速发展，这些项目与行业产生的氨氮将成为辽河流域主要氨氮污染源之一。目前，本技术在辽宁省污水污泥处理厂沼液脱氮处理中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁污水污泥处理厂沼液脱氮处理中的推广比例可达 10--15%，总投入约 7500 万元，年消减氨氮 1500t。

# 基于多孔介质填料的水质提标及增量技术研究报告

## 一、所属行业

水污染治理行业

## 二、技术名称

基于多孔介质填料的水质提标及增量技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连博多科技开发有限公司

地址：辽宁省大连市沙河口区敦煌路 217 号

单位负责人：顾丽萍，电话：0411-39418736，13052780351，邮箱：

dlboduo@126.com

技术负责人：杨林，电话：0411-86323774，13322202833，邮箱：

dlboduo@163.com

## 四、适用范围

适用于可生化处理污水处理厂的水质提标升级改造以及在不扩容的前提下增加原有污水厂的处理能力。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

目前，许多城镇污水厂还面临着处理能力饱和、工业废水比例增加、水质波动大等问题，如何在不扩容的前提下解决冲击负荷、提高现有污水厂处理能力也是现实需求。大多数污水处理厂出水 B/C 比数值较低、难以生物降解，以致提高出水标准的难度相当大。为此国内各设计院推出的技术路线差异很大，有些项目用上了生化、物化、高级催化氧化、吸附、膜分离等多种处理工艺。与常规工艺

相比，投资成本提升一倍以上，运行成本提高 2-3 倍以上。

因此如何利用已有构筑物和工艺设备，克服低 B/C 比的困难，尽可能提高原有生化系统的 COD<sub>Cr</sub>、BOD 以及氨氮去除效率，获得稳定的准IV类水水质，或者提升处理能力，尽量减少投资和运营成本的增加，成为未来污水厂水质提标或增量改造的迫切需要。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

本技术核心是在好氧生物池中投放多孔介质填料以强化生化池的处理能力。首先是将反应池中的活性污泥浓度由 3500mg/L 左右提高到 10000mg/L 左右，大大提高了生化系统的 BOD 负荷，提高了 COD 及 BOD 等污染物的处理效率，对冲击负荷变化也有较强的适应能力。

其次是利用填料内部及表面附着较多的活性污泥，介质的内部处于缺氧或厌氧状态，有利于将填料内部的污泥转化为易生物降解的有机物及挥发性脂肪酸，有利于填料表面的好氧微生物即时吸收，在填料表面形成微生物活性较高的生物膜。避免了利用初沉池和污泥浓缩池对污泥进行水解传统做法的水解发酵过程容易趋向产甲烷化并有传导损失的弊端，减少外加碳源。

最后是由于多孔生物填料的表面与内部形成溶氧浓度的梯度差，促使好氧及缺氧反应同时进行，促进氨氮及总氮的进一步降解。

### 2 关键技术与设备

针对将排水水质标准由一级 A 提高至准IV类水的提标升级改造以及扩容增量的需求，通过投加自主研发的多孔介质填料，可以在好氧单元中实现厌氧/缺氧与好氧工艺的优化组合，解决了实际工程大多存在的 B/C 比低、碳源不足、出水 COD<sub>Cr</sub> 中以难降解物质为主的关键技术问题；本公司研发的多孔介质填料具



有孔隙丰富、比表面积大，所附着的微生物泥龄长，呈多种生物相而且稳定，容易在填料表面与内部形成溶氧浓度的梯度差，促使好氧、缺氧、厌氧反应同时进行，具有提高氧转移效率、降低能耗的效果。使用本技术的最大优势是可以充分利用原有构筑物 and 工艺设备，提高原生化系统的处理效率，并将系统的大部分剩余污泥转化为可利用的内碳源，在降低对外加碳源需要量的同时大幅度降低污泥产率。在预处理工艺、填料流化、防堵塞等方面提出了一系列经济可行、科学有效的关键技术与科学工艺，具有一定的创新性与实用性。

## 七、主要技术指标

利用本技术已经对两处污水厂实施了水质提标的升级改造工程。出水指标由一级 A 提升至可以稳定满足准IV类水的排放标准要求： $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 30 \text{ mg/L}$ ， $\text{BOD}_5 \leq 6 \text{ mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 5 \text{ mg/L}$ ， $\text{NH}_3\text{-N} \leq 3 \text{ mg/L}$ ， $\text{TP} \leq 0.3 \text{ mg/L}$ 。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 鉴定：

(1) “高浓度含盐污水处理技术”，入选辽宁省重点节能减排技术目录（第四批）；

(2) “基于多孔填料的污泥高效减量技术”，入选“辽宁省重点节能减排技术目录（第五批）”，同时入选“辽宁省水污染防治技术指导目录（第三批）”；

### 2 专利：

#### (1) 发明：

1) “一种污水处理系统及其污泥减量方法”，专利号：CN2019101727868；

2) “一种高盐污水处理系统及其池容和曝气调整方法”，专利号：CN2019101727887。

#### (2) 实用新型：

1) “一种生物流化床填充物”，专利号：CN2019202900614。

## 九、典型用户

### 1 浙江省安吉县县城污水处理二厂清洁排放提升改造项目

本工程位于青山绿水就是金山银山理念的发源地-浙江安吉，处理规模为 4 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，污水主要来源为生活污水+园区工业废水，原有工艺为“调蓄池+CAST+混凝除磷+过滤”，主生化池由 8 组 CAST 池构成。由于工业废水占 2/3 以上，水质变动大( $\text{COD}_{\text{Cr}}$  在 80%进水频率时为 575mg/L, 90%进水频率时高达 950mg/L, 最高实测值为 6280mg/L)，可生化性较差，因此运行时需要投加较多碳源，每年采购葡萄糖的费用就高达 660 万元，增加营养剂的平均处理成本为 0.45 元/t 水。提标改造工程于 2019 年 4 月开始，逐次在 CAST 生化池设立隔断格栅及投加多孔介质填料，总投入 2100 万元。设计进水水质  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 450\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 20\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 30\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 2\text{mg/L}$ ，已经改造完毕的池子在不投加碳源的基础上，出水能够满足浙江地方标准的准IV类水排放标准要求，即  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 30\text{mg/L}$ 、悬浮物  $\leq 10\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 1.5\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 10\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 0.3\text{mg/L}$ 。该工程，年削减  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  292 吨，氨氮 51 吨，总氮 102 吨。

### 2 辽渔集团污水厂三期工程（即升级改造工程）

本工程位于辽渔集团院内，处理规模为 2000  $\text{m}^3/\text{d}$ ，建于 2008 年，因处理后的水质达不到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）直接排放标准，于 2018 年 5 月开始升级改造，9 月开始运行。污水主要来源为海产品加工废水、生活污水及周边地区水产加工废水，含盐浓度约为 0.3-1.0%。改造后的工艺采用“溶气气浮+A2O+生物滤池+溶气气浮+过滤”工艺，好氧进水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  约为 1000-2000mg/L、悬浮物 200-300mg/L、氨氮 60-90mg/L、总磷 20-30mg/L，出水  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 30\text{mg/L}$ 、悬浮物  $\leq 5\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 1\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 10\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 0.3\text{mg/L}$ ，

出水水质满足准IV类水标准要求。

## 十、推广前景

目前，本技术在辽宁省污水生化处理领域中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省污水生化处理领域中推广比例可达 15%，总投入约 21000 万元，年消减 COD<sub>Cr</sub> 约 2920t，氨氮约 510t，总氮约 1020t，提供准IV类水 1.46 亿 t。

# 石化废水低氧生化-臭氧催化氧化技术研究报告

## 一、所属行业

石油化工行业

## 二、技术名称

石化废水低氧生化-臭氧催化氧化技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽宁北方环境保护有限公司

地址：辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

单位负责人：于传鹏，电话：13940576996

技术负责人：张蕾，电话：13840539372，邮箱：50975871@qq.com

## 四、适用范围

石化行业生产废水处理

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

辽宁现位居国内第二炼油大省，“十二五”以来，辽宁石化行业主营业务收入和工业增长值均成逐年上升趋势，2013年，全省石化行业规模以上工业企业2164家，企业资产总额5812亿元，完成工业同比增长9.3%，实现营业收入9536.9亿元。据统计2015年辽宁省共排放工业废水81316.43万t，工业源化学需氧量排放量为7.89万t，氨氮排放量为6997.02t，总氮排放量为9092.90t；其中石油化工行业废水排放量24981.21万t，占比33.819%；化学需要量排放量11062.88t，占比16.182%；氨氮排放总量2049.12t，占比32.33%；氮氧化物排放量33341.61t，占比6.38%。

## 六、技术内容

## 1 基本原理

低氧智能高效一体式活性污泥生物处理系统通过控制曝气池内低溶解氧 ( $0.5-1\text{ mg/L}$ ), 在单一池体内实现有机物的去除与硝化反硝化同步进行。该系统不仅简化了系统脱氮的运行流程, 节约了能耗, 降低了对碳源的需求, 提高了脱氮效率, 同时也避免了由于硝态氮积累带来的不利影响。石化废水经过二级生物处理后, 大部分易生化和可生化的有机污染物均已得到降解, 但废水中仍残留微量有机物。通过在二级生化后接高级催化氧化与后生化组合工艺对贫营养性污水进行处理, 其中高级氧化部分采用非均相臭氧催化氧化技术, 后生化处理工艺采用 BAF 技术。BAF 技术能够适应贫营养性污水的处理, 能够培养并防止活性微生物流失, 其组合工艺在净化水三级处理中获得了良好的应用。为使二者功能有效结合, 防止剩余的氧化剂对后续生化系统的影响, 在两单元之间设置了稳定释放池, 以确保高级氧化过程的彻底性和防止氧化残留物和残留氧化剂抑制后生化过程的微生物活性。一般生物处理出水的 SS 大部分为颗粒从  $1-10\text{ mm}$  破碎的生物絮体和悬浮胶体, 考虑到后续的高级催化氧化工艺, 为减少臭氧的消耗量, 因此在高级催化氧化进水前段加多介质过滤的工艺, 可使出水 SS 含量在  $10\text{ mg/l}$  以下。

## 2 关键技术与设备

石化废水中,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、氨氮和悬浮物含量均较高, 其处理工艺流程大多为传统的“老三样”隔油+生化+深度处理。对于石化行业来说, 该类废水处理工艺投资大、运行费用高, 操作复杂, 出水水质稳定性差, 因此迫切需要建设投资少、出水效果好、处理效率高、管理方便的技术和设备。难降解石化废水低氧生化-臭氧催化氧化耦合处理技术加强了预处理(隔油罐+涡凹溶气组合气浮), 采用自主研发创新的二级低氧智能高效生物处理工艺后接多介质过滤器, 并采用高级催化氧

化技术及内循环生化处理工艺,大幅度降低整套系统处理成本,提高了处理效率,使处理污水可以稳定达标排放。

## 七、主要技术指标

工艺总进水 COD<sub>Cr</sub>、石油类、氨氮分别为 1500 mg/L、500 mg/L 和 80 mg/L。经处理后,出水满足设计要求: COD<sub>Cr</sub> 50 mg/L, 石油类 3 mg/L, 氨氮 5 mg/L, 消减量 97%以上,出水水质达到《辽宁省污水综合排放标准》(DB21/1627-2008)中的表 1 规定限值。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

项目资助:

北方寒冷地区石油炼制工业废水处理技术研究及工程示范,集团内部科研项目立项。

## 九、典型用户

本技术应用于盘锦北方沥青燃料有限公司650 m<sup>3</sup>/h污水处理厂扩容改造工程。工程位于盘锦市大洼县辽滨工业园开发区盘锦北方沥青燃料有限公司炼化厂内,污水处理规模为650 t/d,其中,原有污水处理厂设计规模为Q<sub>1</sub>=350 m<sup>3</sup>/h,进行改造,由于厂方扩大生产,进而新增Q<sub>2</sub>=300 m<sup>3</sup>/h,改造扩容后共计处理废水量Q<sub>3</sub>=650 m<sup>3</sup>/h。工程投资为6000万元。改造生化部分2017年10月投产,整套系统于2018年10月通过验收正式投入运营,现总出水稳定达标排放,达到《辽宁省污水综合排放标准》(DB21/1627-2008)中的表1规定限值规定。经强化预处理、低氧智能高效生物处理工艺、多介质过滤系统+高级催化氧化技术及内循环生化处理工艺处理后,年减排COD<sub>Cr</sub>达8260.81 t,石油类2830.08 t,氨氮426.96 t。

## 十、推广前景

随着辽宁省石化行业快速发展,石化行业废水排放已成为辽宁省内重点污染

来源之一。据统计，目前辽宁石化行业每年进入环境中的 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 约为832.70万t、氨氮约2083.51 t。目前，本技术在辽宁省石化行业废水处理中的推广比例约为10%。预计未来5年内，本技术在辽宁省石化行业废水处理中的推广比例可达20%，总投入约20亿元，年消减 $\text{COD}_{\text{Cr}}$  32532.08t，氨氮29100t。

# 高效生态黑臭水体综合治理技术研究报告

## 一、所属行业

黑臭水体、河湖生态环境和乡镇综合污水等水污染治理

## 二、技术名称：

高效生态黑臭水体综合治理技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽阳博仕流体设备有限公司

地址：辽宁省辽阳市太子河区沙岭镇范家屯村

单位负责人：王德喜，电话：0419-5365080

技术负责人：刘波，电话：0419-5365080，155902466120，邮箱：

15902466120@163.com

## 四、适用范围

流域、河道黑臭水体治理和水质净化，乡镇综合污水处理，雨水处理与净化，工业有机污水净化处理，污染水体（河流、湖泊、水库等）的生物修复与生态修复等。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

城市黑臭水体是百姓反映强烈的水环境问题，不仅损害了城市人居环境，也严重影响城市形象；城镇排放的污水中生活污水占绝大部分，特别是一些小城镇排水系统不完善、大多采取明渠排水、雨水和地下水入渗现象严重，降低了污水中的有机物浓度；部分城镇河道、湖泊等受到不同程度的污染，其中不乏黑臭水体。黑臭污水以有机污染为主，其水中基本不含重金属和有毒有害物质，主要污染物是氨氮、生化需氧量、磷等，污水中悬浮物浓度含量较高。

水体黑臭的成因有：外源污染（点源、面源）、内源污染、自净能力差及缺乏长效机制



等，致使黑臭污水治理具有问题影响范围广，危害严重，治理难度大等特征。

## 六、技术内容：

### 1 基本原理

本技术以因地制宜、标本兼治为原则，采用控源截污、原位治理、水质提升、生态修复的分阶段综合解决方案，达到截除内外污染源、改善水质、调活水体、恢复生态系统结构和功能、提高水文化综合效应的效果。本项黑臭污水治理综合治理技术包括外源截污、底泥治理、水质提升、旁路治理及生态系统修复等五大方面。

本治理方案针对点源治理，积极采取各类先导技术进行污水截污治理如截污纳管、直排口污水就地处理、旁路一体化设备及磁分离设备处理；针对面源控制治理措施，采取如海绵城市措施、初期混合水调蓄池、人工湿地技术；针对内源污染治理措施，如清淤疏浚、生物底改、水生植物残体清理。工程技术如下：首先进行黑臭原位治理如底泥清淤、河道内垃圾及水生植物残体打捞、投加生态修复剂等；其次进行河水调质工程如纳米曝气、四位一体设备，针对自净能力差问题，可加入旁路治理设备如一体化膜生物反应器、磁分离高效净化系统；最后重建水体生态系统，如微生物强化净化、生态浮岛、水生态系统构建、华藻类控制、水生生物恢复、清水或再生水补给。治理过程可配合内部调活和外部沟通的水体调活与沟通工程。

### 2 关键技术与设备

#### （1）黑臭污水处理药剂

该剂用于水体原位治理，可抑制硫化氢和硫化亚铁的生成，吸附和固化氨氮及重金属，降低水体色度，与水体底泥混合沉淀后降低水体和底泥中的有机物，重建生态系统而改善水水质，水体能够恢复自净能力、底泥消失、生物群落恢复，黑臭现象逐步消失。

#### （2）曝气增氧技术

微纳曝气和射流曝气技术能够使水中的溶解氧含量增加，促进水体的生态平衡，用于水质调质工程。

微纳曝气技术可用于潜水河道，是指利用高效充氧反应系统将空气以微气泡形式分散到水中，微气泡由底向上升浮，促使氧气充分溶入水中，纳米气泡长时间作用于水体能激活自然环境中好氧及兼氧性微生物的优势菌种，同时激活水体活性因子，恢复水生生态系统，加快水体复氧，促进水体净化。

### （3）四位一体技术

该技术用于水质调质工程，集“造流+微纳曝气+生物布菌+生态修复”于一体，可为水体提供外部动力，混合搅拌功能可加快水体的循环，可对水体进行微纳曝气充氧，提高水体中溶解氧浓度，为水体中微生物降解过程提供氧气，在设备内置有布菌床体，水体通过四位一体进行充菌，从而发挥高效微生物的降解作用，提高污染物降解效率。该设备可以使水体流动，水体复氧过程中，避免水体表面出现蓝绿藻聚集成片的现象发生，强化水体自净能力，持续维护水体于稳定良好水平。

### （4）一体化膜生物反应器

一体化膜生物反应器可根据污水种类和排放标准进行个性化处理，用于乡镇污水点源治理、河道排入就地处理、河道黑臭水体旁路处理。一体化膜生物反应器是一种膜分离单元与生物处理单元相结合的先进的污水处理技术（简称MBR），可有效去除 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、BOD、氨氮，出水悬浮物和浊度接近于零，出水中细菌和病毒被大幅度去除。它既可以在生物池内维持高浓度的微生物量，又可高效地实现固液分离。该工艺剩余污泥少，能耗低，占地面积小。主要用于直接排入河道的污水处理，也可直接将污水或初期雨水净化达标后排入河道，有效防止污水对河道的污染。

### （5）磁分离高效净化技术

磁分离高效净化技术可用于河道黑臭水体旁路处理，该技术是依据重介质加载沉淀原理，通过向污水中投加适量可循环利用的磁种，并使磁种均匀分散到水体中形成微小晶核，以此强化絮凝效果，并最终形成高密度絮凝体，依靠重力作用和斜管（板）沉淀原理实现固液的高速沉淀分离。同时辅以部分污泥回流系统以增强去除效果和降低药剂费用。

## 七、主要技术指标

本项目建立了处理黑臭水体的应用示范工程。应用示范的出水指标达到了《城市黑臭水体治理工作指南》中水质要求：透明度（SD）>20cm，溶解氧（DO）>2mg/L，氧化还原电位（ORP）>50mV、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）<8mg/L。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

（1）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，获2013国家科技型中小企业技术创新基金无偿资助项目，项目号：13C26212101015；

（2）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，2013辽宁省科技型中小企业技术创新专项资金计划；

（3）射流曝气技术，2013年科技计划立项和资助。

### 2 成果鉴定：

（1）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，2014年辽宁省新产品（新技术）鉴定证书；

（2）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，2014年辽阳市科学技术成果鉴定证书。

### 3 专利：

#### （1）发明：

1）“供气式自激振荡脉冲射流曝气器”，专利号：ZL201310148240.1；

2）“一种家用复合多用途消毒粉剂”，专利号：ZL201510515264.5；

#### （2）实用新型：

1）“供气式自激振荡脉冲射流曝气器”，专利号：ZL201320213508.0；

2）“一种射流曝气器”，专利号：ZL201220636196.X；

3）“一种射流曝气器喷嘴”，专利号：ZL201220635882.5；

4）“一种混合搅拌系统”，专利号：ZL201821458115.5；

5）“一种复合式搅拌系统”，专利号：ZL201821457579.4；

#### 4、获奖：

- (1) 供气式自激振荡脉冲射流曝气器，2013年辽宁省“专精特新”产品；
- (2) 供气式自激振荡脉冲射流曝气器，2014年辽宁省优秀新产品三等奖；
- (3) 供气式自激振荡脉冲射流曝气器，2015年辽阳市科技成果一等奖；
- (4) 射流曝气器，2018年“辽阳名牌产品”。

#### 九、典型用户

本技术应用于辽阳市南地河水质改善工程。该工程位于辽阳市铁宏伟区南地河段。工程包括南地河清除淤泥，把原河道拓宽；截污工程，沿岸排水管网改造，将污水截流、外排；黑臭原位治理，加投生态修复剂、进行人工曝气，布置四位一体设备、一体化膜生物反应器及磁分离高效净化设备；最后进行生态系统重建。本工程即可以达到改善水质，也满足施工时间短，工艺流程短、黑臭改善效果好的目的。

该项目的处理规模：全长14.8km、平均宽度14m、水域面积26.60km<sup>2</sup>，建设规模2000-3000 m<sup>3</sup>/d，投资1000万元，单位再生达标水体：2000-3000m<sup>3</sup>/d，项目再生达标水体：73万-109万m<sup>3</sup>/a。出水指标优于国家《地表水环境质量标准》（GB3823-2002）四类以上标准。

#### 十、推广前景

目前城市黑臭水体治理是政府最为关注的领域，城市黑臭河治理将会是水环境治理的重中之重。目前，本技术在辽宁省城市水体治理领域中推广比例为 3-5%。以“水十条”目标来估算，预计未来 5 年在辽宁省城市水体治理领域中推广比例为 15%，总投资在 2 万亿以上，再生达标水体 293-436 万 m<sup>3</sup>/a。

# 垃圾渗滤液低成本零浓缩液处理技术研究报告

## 一、所属行业

垃圾处理行业

## 二、技术名称

垃圾渗滤液低成本零浓缩液处理技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：艾西姆（辽宁）环境技术有限公司

地址：辽宁省沈阳市和平区三好街 96 号启迪科技园 4202-4204 室

单位负责人：王惠丰，电话：024-25424390，13516088170，邮箱：burningthorn@163.com

技术负责人：何强，电话：18642093913，邮箱：18642093913@163.com

## 四、适用范围

垃圾填埋场/垃圾焚烧场垃圾渗滤液；垃圾渗滤液积存液；垃圾渗滤液膜浓缩液。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

《2017-2022年中国渗滤液处理行业发展前景预测与投资战略规划分析报告》和《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》中指出，国内垃圾渗滤液年产生量约为1.5亿t，日均产量约为41万t，辽宁省内日均垃圾产量为2万t，全国范围内已完成渗滤液处理项目800余个，焚烧场近600座。垃圾渗滤液处理新增投资规模及运营规模日渐提高，未来5-10年内，拟新建填埋场和焚烧场渗滤液处理项目投资将超过1200亿元。

现阶段垃圾渗滤液处理工艺主要以膜法为主，这必然会产生30%浓缩液，目前每年膜浓缩液产量4500万t。膜浓缩液污染物浓度极高，目前还缺乏合适的处理工艺，只能不断积累形成积存液。大量累积的膜浓缩液一旦泄露，会对周边土壤和地下水造成不可修复的影响。

为了解决膜浓缩液问题，目前主要有两种工艺路线，一种是膜浓缩+蒸发结晶工艺，目

前已证明蒸发结晶工艺无法稳定运行；另一种是多级高级氧化+生化工艺，该工艺出水总氮严重超标。且这两种工艺投资运行成本极高，无法为市场接受。

对于垃圾渗滤液处理行业，零浓缩液、稳定达标、低成本这三个目标已经成为一个不可突破的魔鬼三角形。目前国内外还没有能够同时满足这三个目标要求的渗滤液处理技术，市场处于空白状态。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

垃圾渗滤液生化出水管超清液在调节池内调节 pH，经保安过滤器进入树脂吸附装置，吸附出水经电催化氧化处理达标排放；树脂运行一段时间后达到饱和，用液碱解吸，解吸后的再生液用纳滤碱回收装置回收碱液循环使用，浓缩的有机污染物经催化凝聚处理后矿化成固体废弃物卫生填埋，处理后清液回流至工艺前端调节池循环处理。

### 2 关键技术与设备

本工艺主要设备包括树脂吸附装置、电催化氧化装置、纳滤碱回收装置、微波催化-凝聚装置。

(1) 大孔树脂吸附是一种利用其对不同成分的选择性吸附和筛选作用，通过选用适宜的吸附和解吸条件借以分离、提纯垃圾渗滤液中难以生化降解的腐殖酸类有机物。它具有吸附快，解吸率高、吸附容量大、洗脱率高、再生简便、耐冲击性能强等优点。

(2) 电催化高级氧化技术通过阳极反应直接降解有机物，或通过阳极反应生成羟基自由基、有效氯等一类的氧化剂降解有机物，这种降解途径使有机物分解更加彻底，不产生毒害中间产物，更符合环境保护的要求。

(3) 纳滤碱回收是将树脂再生液中的游离碱回收，实现再生废液有机物和碱的分离。不仅能降低再生碱耗，也可以降低再生废液处理中和酸耗，同时可以大幅降低中和后废液盐含量，降低废液处理难度，进而降低废液处理设备投资和运行成本。

(4) 微波催化-凝聚过程中在催化剂和微波的共同作用下，污水中有机物以固体沉淀物

的形式排出系统，使有机物和废液分离，不仅实现有机物固化，不产生任何浓缩液，也有有效的避免了再生液回流之后所造成的有机污染物的累积。

## 七、主要技术指标

1 适用于垃圾渗滤液生化尾水深度处理，出水 100%满足设计要求： $\text{COD}_{\text{Cr}}$  小于 100 mg/L，消减量 95%以上，出水水质达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008) 表 2 或表 3 标准。

2 树脂碱洗有机液采用纳滤碱回收工艺回收碱洗废液中液碱，液碱回收率高达 75%以上。

3 整个处理过程中不产生任何浓缩液，无水量衰减，进水中92.4%的有机物以污泥的形式排出系统。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 专利：

#### (1) 发明：

- 1) “大孔吸附树脂再生废液碱回收工艺装置及方法”，专利号：CN201710992332.6；
- 2) “树脂吸附再生高浓度有机废液的处理工艺装置及方法”，专利号：CN201711173659.7；
- 3) “一种非膜法处理垃圾渗滤液的工艺装置和方法”，专利号：CN 201711172858.6；
- 4) “一种垃圾渗滤液生化尾水深度处理工艺装置和方法”，专利号：CN 201711174523.8；
- 5) “一种非膜法垃圾渗滤液纳滤浓缩液处理工艺方法”，专利号：CN 201910099449.0；
- 6) “一种垃圾渗滤液纳滤浓缩液预处理工艺方法”，专利号：CN 201910099430.6；
- 7) “一种垃圾渗滤液生化尾水COD在线监测方法”，专利号：CN 201910451586.6；
- 8) “一种垃圾渗滤液大孔树脂吸附处理工艺的控制方法”，专利号：CN 201910452261.X。

#### (2) 实用新型：

- 1) “一种非膜法垃圾渗滤液纳滤浓缩液处理工艺装置”，专利号：CN 201920174767.4；
- 2) “一种垃圾渗滤液纳滤浓缩液预处理工艺装置”，专利号：CN 201920181738.0；

3) “一种垃圾渗滤液生化尾水COD在线监测装置”, 专利号: CN 201920787521.4;

4) “一种垃圾渗滤液大孔树脂吸附处理工艺的控制装置”, 专利号: CN 201920785800.7。

## 九、典型用户

1 南京六合填埋场垃圾渗滤液MBR出水树脂吸附处理项目。本处理工程位于江苏省南京市六合区马鞍街道勤丰村六合区生活废弃物处置中心。垃圾渗滤液日处理规模为100t/d, 项目进水COD<sub>Cr</sub>平均值为983.5mg/L, 出水COD<sub>Cr</sub>为70.4 mg/L, 投资规模为200万元。本项目采用我司自主研发的低成本零浓缩液处理技术, 包括树脂吸附装置、电催化氧化装置、纳滤碱回收装置、微波催化-凝聚装置、污泥压滤机等装置。自2018年7月15日起, 垃圾渗滤液管超清液经过树脂吸附装置+电催化氧化装置后, 系统稳定出水, 表观和饮用矿泉水毫无区别。本项目COD<sub>Cr</sub>年减排达34.7t, 出水水质达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008) 表2标准。

2 扬州垃圾渗滤液-管超清液处理工艺中试项目。工艺设备整体处理水量为 300-400 L/h, 进水COD<sub>Cr</sub>浓度900-1300mg/L, Cl<sup>-</sup>浓度20000-22000 mg/L, 生化尾水在调节池内调节pH至3-4, 经保安过滤器进入树脂吸附装置, 吸附出水经电催化氧化处理达标排放; 树脂运行一段时间后达到饱和, 用液碱解吸, 解吸后的再生液用纳滤碱回收装置回收碱液循环使用, 浓缩的有机污染物经催化凝聚处理后变成固体废弃物外运卫生填埋, 处理后废液进入厂区污水池, 经过厂区原有离心机处理后回流至工艺前段循环处理。本工艺有着良好的运行稳定性及处理效果, 中试过程中, 经过连续运行 20 日, 出水平均 COD<sub>Cr</sub>为69.3 mg/L, 符合《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008) 中表2的排放要求。针对本项目高氯水质的 COD<sub>Cr</sub> 检测, 稀释法和掩蔽法不能满足测试准确度要求。建议采用硝酸银沉淀法作为日常检测手段, 氯气校正法可作为项目验收的检测手段。

## 十、推广前景

基于本技术极强的技术经济性能及市场需求, 本技术具有广阔的应用前景, 未来将成为垃圾渗滤液处理领域革命性解决方案。目前本技术在辽宁省垃圾渗滤液处理领域中的推



广比例为3-5%。预计未来5年内，本技术在辽宁省的推广比例可达15%，总投入约3.5亿元，年削减COD<sub>Cr</sub>3467t。

# 火电和烧结烟气脱硫废水零排放技术研究报告

## 一、所属行业

火电及钢铁企业烧结烟气脱硫废水处理

## 二、技术名称

火电和烧结烟气脱硫废水零排放技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：辽宁清新环境科技有限公司

地址：辽宁省辽阳市白塔区青年大街 40 号院

单位负责人：王清杰，电话：13019905959，邮箱：13019905959@163.com

技术负责人：王卫星，电话：13511037168，邮箱：13002@qq.com

## 四、适用范围

火力发电厂和钢铁烧结烟气脱硫废水处理

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

随着人民生活水平的日益提高，国家对环保的高度重视，相关法律、法规的不断出台和完善，特别是环保法和“气十条”的出台，污染企业开始了大规模的烟气治理。截至 2015 年底，安装火电脱硫、脱硝的机组累计达到 8.2、8.5 亿 kW，普及率分别达到 93%、95%，到 2020 年我国煤电装机预计将分别达到 11.6 亿 kW。因脱硫效率高，原料来源广，运行成本低等优点，我国近 90% 的火力发电厂烟气脱硫均采用石灰石-石膏湿脱硫工艺。随着环保力度的不断加强，钢铁行业的烧结机、球团脱硫项目，也大部分采用了石灰石-石膏湿法脱硫技术。但是，这种工艺方法产生的脱硫废水和石膏雨，造成了严重的二次污染，而且都是十分

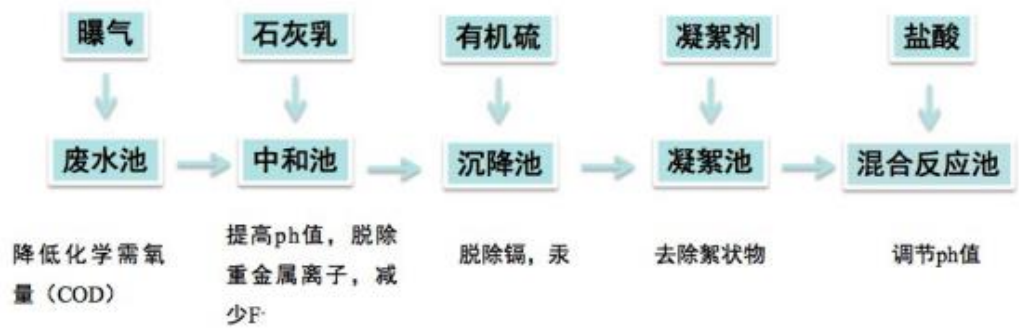
的难治理，运营单位因解决不了此类问题被处罚并在改造中投入了大量人力、物力。目前消除脱硫石膏雨技术和脱硫废水零排放技术究成果已应用于辽宁省部分企业，例如本钢板材股份有限公司炼铁厂 360 烧结脱硫项目和辽宁北方煤化工集团股份有限公司锅炉脱硫项目，此两个项目已经彻底解决了石膏雨二次污染的问题。

六、技术内容

1 基本原理或工艺路线

采用前端预处理+电驱动膜分离浓缩+烟道喷射蒸发零排放的技术路线,实现脱硫废水零排放;通过自主知识产权的电驱动膜法实现去除氯离子方面的重大突破，并且运营电耗低，成本低。

(1) 预处理。采用化学沉降法的三联箱；去除废水中的悬浮物及重金属，形成低 SS，低硬度、低浓度盐水。



(2) 电驱动分离浓缩。使用驱动膜法进行氯离子的脱除和废水浓缩，电驱动分离是在外加直流电场的作用下，利用脱硫废水中阴、阳离子的选择透过性，使离子从一部分水中迁移到另一部分水中的电化学过程，达到除氯离子的目的。除氯也是本项目的核心技术和关键。同时脱硫废水可产生回用水 85%以上，余下的浓缩水进行烟道喷射蒸发零排放处理。

(3) 烟道喷射蒸发近零排放。烟道喷射:投资及运行成本较低，且废水量浓

缩减少后，解决了相关设备的腐蚀问题，对飞灰品质的影响一般也不大。如设有旁路烟道系统中，引烟气进入，利用烟气的热量蒸发浓缩水，一来可以预处理烟气降尘，又可蒸发浓水，利用效率增加。

如果有需求，还可进行分盐，把前端浓缩的水进行纳滤分盐处理，可生产工业用盐，真正达到废物利用。

## 2 关键技术与设备

在脱硫废水治理方面，采用完全自主研发的电驱动模块专利技术，解决了脱硫废水氯离子脱除的难题，同时通过自控系统，解决了高硬度水结垢等问题，同时通过烟道喷射装置，进行烟道蒸发，实现了脱硫废水再利用式的零排放突破。

在脱硫石膏雨的污染治理中，创新式的采用自主知识产权的物理扰流离心式处理石膏雨技术，解决了石膏雨难题的同时，对于湿式电除尘去除方法，运行费用低，建设成本低。

## 七、主要技术指标

脱硫废水经初步处理后，氯化物（以氯离子计） $<400\text{ mg/L}$ ，达到国家和辽宁地方的排放标准，可以使水重复利用。全部处理后，可达到近零排放。湿法脱硫后，无石膏雨产生。

同时，本技术实际运行电耗低，每 t 废水处理电耗  $4\text{--}6\text{ kWh}$  度。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 发明专利：

- (1) “一种脱硫废水零排放技术”，专利号：ZL 201821200673.1；
- (2) “一种石膏雨治理技术”，专利号：ZL201821200659.1。

### 2 获奖：

- (1) 获得辽宁省科学技术进步奖三等奖（2018-J-3-87-D01）；
- (2) 获得国家技术部人才中心“最具成长潜力项目”奖；
- (3) 获得辽宁青年创新创业大赛成长组二等奖；

- (4) 获得第六届中国创新创业大赛（辽宁赛区）行业赛成长组二等奖；
- (5) 获得辽阳第三届创新创业大赛一等奖；
- (6) 获得第七届中国创新创业大赛新能源及节能环保行业赛成长企业组三等奖；
- (7) 入围第六届中国创新创业大赛行业总决赛；
- (8) 获得第八届中国创新创业大赛新能源及节能环保行业三等奖。

## 九、典型用户

1 锅炉烟气除尘脱硫脱硝（烟气再循环）改造项目。该工程位于辽宁省本溪市平山区南兴路 134 号（水汽作业区），工程投资为 446 万元，采用锅炉增设烟气脱硫、脱硝装置、改造除尘装置等工程改造。经处理后，脱硫废水循环使用，年消减脱硫废水 8.76 万 t，回用率>75%，排放数值满足限值执行《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）-中重点地区排放限值。

2 本钢板材股份有限公司 360 m<sup>2</sup>烧结机烟气脱硫工程。该工程位于辽宁省本溪市平山区钢铁路，工程投资为 68 万元。经处理后，脱硫废水达到再次利用的标准。

## 十、推广前景

目前，该技术在辽宁省钢铁企业自备电厂及烧结脱硫废水处理领域中的推广比例为 10%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省钢铁企业的推广比例可达 30%，总投入约 5000 万元，年削减脱硫废水 78.80 万 t。

# 半导体行业 NO<sub>x</sub> 高深度脱除技术研究报告

## 一、所属行业

半导体行业

## 二、技术名称

半导体行业 NO<sub>x</sub> 高深度脱除技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：大连华邦化学有限公司

地址：辽宁省大连市高新园区庙岭工业园

单位负责人：刘皖南，电话：0411-84796695，13840891266，邮箱：wannan.liu@hpcdl.com

技术负责人：高嵩，电话：0411-84796698，13604948100，邮箱：song.gao@hpcdl.com

## 四、适用范围

半导体行业中固定式排放尾气中 NO<sub>x</sub> 脱除。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

随着我国经济的快速发展和能源生产与消费量的急速增长，NO<sub>x</sub> 排放量也随之增加。“十二五”期间，国家新增 NO<sub>x</sub> 成为主要的污染物总量减排考核指标。由于 NO<sub>x</sub> 排放来源主要是工业废气和机动车尾气，因此对 NO<sub>x</sub> 的形成机理进行分析，对 NO<sub>x</sub> 控制技术进行讨论，从而提出 NO<sub>x</sub> 重点控制行业的具体控制技术和控制政策。2011 年以来，NO<sub>x</sub> 的排放量逐年下滑，2017 年，NO<sub>x</sub> 的排放量为 1741 万 t，同比上一年度下降 3.10%。2017 年的排放量或进一步降至 1626 万 t。2018 年 3 月 5 日，十三届全国人大二次会议开幕。国务院总理李克强作政府工作报告指出，巩固扩大蓝天保卫战成果，今年二氧化硫、NO<sub>x</sub> 排放量要下降 3%，重点地区细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）浓度继续下降。持续开展京津冀及周边、长三角、汾渭平原大气污染治理攻坚，加强工业、燃煤、机动车三大污染源治理。以中芯国际（北

京) B1 厂为例, 整个车间原料指标需要净化的气体是洁净室空间排气, 经 RTO 炉后燃烧的气体 (简称 RTO 尾气或尾气, 下同), 其条件参数如下, 气量:  $9000-24000\text{Nm}^3/\text{h}$ ,  $\text{NO}_x$ : 约  $200-300\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。全国污染物排放标准为  $200\text{mg}/\text{m}^3$ , 北京污染物排放标准为  $60\text{mg}/\text{m}^3$ 。严重超出排放标准要求值。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

(1) 在 RTO 燃烧炉出口尾气管路加装程控截断阀门 (KV01), 在  $\text{NO}_x$  脱除装置启动时关闭该阀门。从 KV01 前将尾气经 HV01 引出, 进入  $\text{NO}_x$  脱除装置, 净化后的气体经 HV02 输送回至原烟筒排空。

(2)  $\text{NO}_x$  净化装置: 由 HV01 引出的废气, 在新增变频引风机的作用下, 先后通过缓冲过滤器、加热器, 将气体温度升至催化剂反应所需温度, (约  $240-300^\circ\text{C}$ ), 进入  $\text{NO}_x$  催化反应塔, 将  $\text{NO}_x$  分解为氮气和  $\text{CO}_2$ , 处理后的气体尾气经 HV02 送回烟囱, 排入大气。

(3)  $\text{NO}_x$  分解催化剂为大连华邦化学开发的 HP-805 型催化剂, 由多种过渡性金属氧化物构成, 多种金属氧化物之间具有协同催化效应, 经过优化组合可达到优良的低温催化效果; 在材料结构上, 催化剂为纳米结构, 由于纳米材料特殊的尺寸效应和比表面性质, 使得材料的催化性能得到了进一步的提升。催化剂对  $\text{NO}_x$  具有高效的催化分解作用, 在一定温度下可以将  $\text{NO}_x$  催化分解为无害的氮气。 $\text{NO}_x$  深度脱除工艺流程如下图所示。





装置的运行，同时要求不要影响原有烟筒的压力，以免影响其它气体的排放。通过 RTO 燃烧炉废气出口增加压力检测与新增变频引风机联锁控制来保证 RTO 燃烧炉废气出口压力，进而实现 RTO 燃烧炉正常生产。

## 七、主要技术指标

需要净化的气体是洁净室空间排气（见 RTO 原料有机气体成分），经 RTO 炉后燃烧的气体（简称 RTO 尾气或尾气，下同），其条件参数如下：压力为 100-200Pa，温度大于 280℃，气量为 9000-24000Nm<sup>3</sup>/h。杂质组成：NO<sub>x</sub>：约 200-300mg/Nm<sup>3</sup>，CO：200-300mg/Nm<sup>3</sup>，氮氧比例为空气中的比例。净化后的净化尾气中 NO<sub>x</sub> 含量≤5mg/Nm<sup>3</sup>。符合北京市环保局发布的《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 专利：

#### （1）实用新型：

- 1) “一种高深度直燃式氧化物尾气中 NO<sub>x</sub> 脱除系统”，专利号：CN201920360118.3；
- 2) “一种气体纯化系统中风冷装置”，专利号：CN 201820234779.7；
- 3) “一种净化设备用储热式外置加热器”，专利号：CN 201820240195.0；
- 4) “具有快速再生功能的气体纯化器”，专利号：CN 201820241076.7。

#### （2）软件著作权：

- 1) “华邦化学 HPC-OM 型纯化器控制软件 V1.0”，著作号：2018SR196920。

### 3 获奖：

- （1）2019 年大连市市长杯工业设计大赛优秀奖；
- （2）2019 年大连市重点研发计划；
- （3）2019 第八届中国创新创业大赛大连赛区暨第五届大连市科技创业大赛先进制造业成长组一等奖。

## 九、典型用户

本技术应用于中芯国际（北京）B1 厂 RTO 尾气中 NO<sub>x</sub> 深度脱除装置工程。工程位于中芯国际（北京）B1 厂区内，目前共应用 3 套，处理气体规模为 9000-24000 Nm<sup>3</sup>/h。工程投资为 750 万元。采用高催化转化率，超高深度脱除 NO<sub>x</sub> 的纯化技术工艺，包括缓冲过滤器、燃气加热器、催化反应器、变频风机，通过超高催化转化率深度脱除 RTO 尾气中的 NO<sub>x</sub>。经处理后，年减排 NO<sub>x</sub> 63t，净化后净化尾气中 NO<sub>x</sub> 含量≤5mg/Nm<sup>3</sup>。符合北京市环保局发布的《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）。

## 十、推广前景

随着辽宁省电子行业的快速发展，其生产车间产生的 NO<sub>x</sub> 排放是大气污染源的主要来源之一。据估算，目前辽宁省半导体行业每年进入环境中的 NO<sub>x</sub> 约为 7000t。目前本技术在北京市半导体行业中的推广比例约为 5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省半导体行业中的推广比例可达 15%，总投入约 3000 万元，年消减 NO<sub>x</sub> 2000t 以上。

# 工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术研究报告

## 一、所属行业

工业锅炉行业

## 二、技术名称

工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：沈阳环境科学研究院

地址：辽宁省沈阳市浑南新区全运三路 98 号

单位负责人：王维宽，电话：024-24520890，邮箱：wwk5078@126.com

技术负责人：胡赞，电话：024-24520920，18740071228，邮箱：huyun@syhky.com

## 四、适用范围

燃用烟煤或褐煤，容量 35-80 t/h 的工业锅炉。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来，由于环境空气不断恶化，国家逐步提高了燃煤锅炉的排放标准。国家环境保护部于 2014 年 5 月 16 日颁布的《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）中明确规定了 7MW 以上的在用燃煤热水锅炉自 2015 年 10 月 1 日起， $\text{NO}_x$  排放浓度不得超过 400  $\text{mg}/\text{m}^3$ ；新建燃煤锅炉自 2014 年 7 月 1 日起，排放浓度不得超过 300  $\text{mg}/\text{m}^3$ ；对于重点区域，排放浓度更是不得超过 200  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。随着我国环保问题的日益严峻，现有的工业煤粉锅炉燃烧技术难以满足日益严苛的环保标准。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术是依托用于电站锅炉的中心给粉旋流煤粉燃烧技

术研发而成，采用中心给粉和空气深度分级的燃烧组织方式。在燃烧器出口中心回流区内形成高浓度煤粉、低氧还原性气氛、高温区域，煤粉首先以射流形式进入高温回流区，随后在回流区内二次迂回混合流动，增加了煤粉在还原性气氛中的停留时间，同时避免了煤粉被甩到预燃室内壁附近燃烧。该技术形成了煤粉浓度场、气体成分、温度场的合理耦合，充分发挥了中心给粉和空气深度分级两种燃烧组织方式的协同促进作用，保证煤粉的及时着火、防止边壁结渣以及抑制  $\text{NO}_x$  的生成。

## 2 关键技术与装备

工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术综合了中心浓相着火、预燃室内低过量空气系数燃烧、径向空气分级燃烧、烟气再循环等技术手段。

中心浓相着火：通过中心高浓度煤粉气流在回流烟气的加热下可迅速着火；

预燃室内低过量空气系数燃烧：助燃空气在燃烧器上径向分级给入，在燃烧过程初期（预燃室内）使煤粉处于低氧富燃料气氛，使其在低氧强还原性气氛下燃烧，大大降低燃烧初期的  $\text{NO}_x$  的生成量；

烟气再循环等技术：在外二次风和分离二次风中通入适量的再循环烟气，通过降低中后期跟烟气混合的气体中的氧气浓度，减缓燃烧的强度，降低燃烧温度，降低了热力型  $\text{NO}_x$  的生成；

径向空气分级燃烧：一半以上的助燃空气在预燃室外侧通过分离二次风喷口在远端给入，提供煤粉燃尽所需的空气，保证煤粉后期能够充分燃尽，保证锅炉内煤粉能高效燃尽。

## 七、主要技术指标

（1）实际平均热效率能够达到 90%以上，传统层燃炉的热效率大多在 65%左右；

（2）通过自身的燃烧技术优势可以实现  $\text{NO}_x$  低于  $200\text{mg}/\text{Nm}^3$  的排放。不需要复杂昂贵的非选择性催化还原（SNCR）烟气脱硝技术，更不需要电站锅炉的选择性催化还原烟气脱硝技术，经济效益显著；

（3）稳燃能力强，在锅炉点火启动时，锅炉实现 3MW 负荷下停气投粉稳定燃烧。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

2017 年国家重点研发计划项目“辽宁中部城市群大气污染联防联控集成与应用示范”的课题“区域重点大气污染源控制技术体系及示范”2017YFC0212500。

### 2 发明专利：

(1) “一种 SNCR 和 OFA 交错布置的卧式锅炉”，专利号：201710861198.6；

(2) “一种炉内脱硝与两级燃尽风布置的低氮燃烧装置”，专利号：201710861939.0；

(3) “一种用于工业煤粉锅炉的燃烧器中心喷氨的燃烧装置”，专利号：201710861941.8。

## 九、典型用户

本技术应用于沈阳焦煤集团林盛煤矿锅炉改造工程，总投资 3393 万元（不包含土建），建设周期半年。节能改造前 2 台 15t/h 和 2 台 10t/h 链条锅炉，每年供暖季 5 个月共用燃煤 3.76 万 t，用电量 109.9 万度。改造后，拆除原有旧锅炉，新建 1 台采用工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术的 29MW 锅炉，每年节约燃煤为 3.30 万 t、每年节约用电量 57.1 万 kWh，CO<sub>2</sub> 削减量 14.8 万 t/a。

## 十、推广前景

采用高效低氮煤粉燃烧技术的工业煤粉锅炉能够解决目前工业煤粉锅炉技术低负荷稳燃能力差、锅炉效率低、燃烧器结渣、不能长期稳定运行等问题，并且在安装尾部烟气处理装置后，能达到超低排放要求。目前，本技术在辽宁省燃煤工业锅炉领域中的市场占有率约为 12%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省的燃煤工业锅炉领域中的市场占有率约为 23~25%；总投入约 3.5 亿元，平均年节能量 56 万 tce，年二氧化碳减排量 148 万 t。

# 活性炭法烟气多污染物协同控制技术研究报告

## 一、所属行业

化工、冶金等行业

## 二、技术名称

活性炭法烟气多污染物协同控制技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳环境科学研究院

地址：辽宁省沈阳市浑南新区全运三路 98 号

单位负责人：王维宽，电话：024-24520890，邮箱：wwk5078@126.com

技术负责人：胡赞，电话：024-24520920，18740071228，邮箱：huyun@syhky.com

## 四、适用范围

适用于钢铁烧结烟气、焦化烟气、垃圾焚烧烟气、燃煤电厂烟气

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

我国从 2012 年开始执行《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB 16171-2012），标准规定一般地区  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  及颗粒物排放浓度限值分别为  $500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，特别排放限值地区分别为  $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $15\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。据统计，2016 年我国焦炭产量 4.84 亿 t。钢铁企业焦炉大多采用贫煤气，烟气中  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  及颗粒物浓度为  $350\text{--}600\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $80\text{--}150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，独立焦化厂采用焦炉煤气， $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  及颗粒物浓度为  $800\text{--}1200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $100\text{--}300\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，均无法满足国家排放标准要求。另外受焦炉窜漏的影响，焦炉烟气中还含有  $\text{H}_2\text{S}$   $50\text{--}250\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{CO}$   $1000\text{--}4000\text{mg}/\text{Nm}^3$  以及其他荒煤气中的组分。2016 年焦化行业  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$ 、颗粒物排放总量分别为 63.8 万 t、17.74 万 t、6.4 万 t。总体而言，焦炉烟气的排放特征为低硫高氮、多污染物共存。亟需高效脱硝且

能协同脱除多种污染物的烟气净化技术。

## 六、技术内容

突出关键技术单元，核心装备、材料等具体成果。计量单位及符号书写应规范，英文缩写须注明全称。

### 1 基本原理

活性炭法烟气脱硫脱硝技术主要是通过活性炭对烟气中的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、粉尘等组分吸附和催化氧化、催化还原脱除。整个系统主要包括脱硫脱硝反应器、再生反应器和  $\text{SO}_2$  气体回收加工装置。烟气经过吸附脱硫塔的活性炭床层时，在  $100\text{--}200^\circ\text{C}$  的条件下，烟气中的  $\text{SO}_2$  与氧气及水蒸气在活性炭上发生化学吸附，生成硫酸或水合硫酸，贮存在活焦的微孔内而被脱除，同时  $\text{NO}_x$  在活性炭层被  $\text{NH}_3$  还原脱除，在活性炭内脱硫脱硝的也可对重金属离子、类金属离子、粉尘、二噁英和卤化氢等污染物有完全或一定协同脱除的作用。吸附饱和的活性炭在重力的作用下移出吸附塔，经过物料输送系统输送到脱附再生塔，经过预热段预热后，在加热段  $300\text{--}500^\circ\text{C}$  的温度下解析，活性炭得到再生，浓  $\text{SO}_2$  解析气被导出，活性炭经过冷却段冷却后，输送到吸附反应塔上部完成一个循环。

### 2 关键技术与设备

通过计算机软件模拟烟气在反应器内气流场、压力场、温度场分布特征，开发了吸附塔气流均布技术、氨气/烟气均匀混合技术。不断试验反应器结构形式、反应器受料及排料方式、喷氨结构层设置方式，研发出了具有自主知识产权的两段式脱硫脱硝装置。利用计算机仿真模拟研究反应器内温度梯度分布规律，强化活性炭与加热介质的热交换性能，减小传热阻力，提高热量利用效率；同时进行活性炭再生实验，优化各项反应器参数，开发出了一整套低能耗再生反应器系统。烟气脱硫脱硝反应器与低碳耗再生反应器相匹配，实现了活性炭循环吸附-热再生过程的稳定运行。再生富集气体与煤气净化工艺耦合技术，将解析气中硫转化为硫铵产品，将含碳组分送入煤气系统作为燃料使用，实现富集气体中硫/碳元素无害化、资源化回收利用。焦炉烟气量、污染物原始浓度和排放指标、活性炭输送

速度、再生温度、喷氨量之间的自动联锁关系，实现系统自动调节。

## 七、主要技术指标

焦炉烟气脱硫效率达到 95%以上，脱硝效率达到 80%以上，出口烟气中  $\text{NO}_x$  浓度低于  $100 \text{ mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  浓度低于  $20 \text{ mg/m}^3$ ，颗粒物浓度低于  $15 \text{ mg/m}^3$ 。烟气处理成本为 10-14 元/t 焦炭。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家重点研发计划子课题，焦炉烟气多污染物协同控制技术示范，2017.07-2020.12

(2) 北京市科委课题，焦炉烟气处理技术与示范，2016.07-2019.06

### 2 发明专利：

(1) “一种活性焦模块化承载装置、吸收塔及净化烟气的方法”，专利号：ZL 201610282629.9

(2) “一种用于焦炉烟气净化的脱硫脱硝装置及工艺”，专利号：ZL 201610090322.9

(3) “一种两段式烟气脱硫脱硝系统及其处理方法”，专利号：ZL 201510909834.9

(4) “一种脱硫脱硝用碳基催化剂、制备方法及用途”，专利号：ZL 201410612807.0

(5) “一种活性焦炭烟气脱硫脱硝及回收单质硫的工艺及装置”，专利号：ZL 201410189235.X

(6) “一种用于烟气脱硫脱硝的活性焦移动床模块化装置”，专利号：ZL 201410111683.

## 九、典型用户

本技术应用于唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司 7 米顶装焦炉烟气净化项目，处理烟量  $5 \text{ 万 m}^3/\text{h}$ ，2019 年 1 月热负荷联机调试并投入运行，目前已实现累计稳定运行 2000h 小时以上。该工程要求处理烟气的粉尘浓度小于  $50 \text{ mg/m}^3$ ，工程投运后，经第三方机构检测，可实现出口烟气中  $\text{SO}_2 \leq 20 \text{ mg/m}^3$ ， $\text{NO}_x \leq 100 \text{ mg/m}^3$ ，颗粒物  $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ ，脱硫率效率达到



98%以上，脱硝率效率达到 80%以上，排放指标优于国家超低排放要求。通过该技术的应用，降低了污染物排放量，每年可减少 SO<sub>2</sub> 排放 25-36t，NO<sub>x</sub> 排放 41-72t，颗粒物排放 3-7t，改善了环境空气质量，具有显著的经济、环境和社会效益。

## 十、推广前景

本技术与工艺可实现全方位脱除焦炉烟气中的各种污染物，满足国家特排地区排放标准要求。目前，本技术在辽宁省焦化企业中市场占有率为 1%，预计未来 5 年，本技术在辽宁省焦化企业中市场占有率为 20%，总投资约 2 亿万元，年消减 SO<sub>2</sub> 500-700 t，NO<sub>x</sub> 800-1400 t。颗粒物年削减量 60-140t。

# 燃煤工业锅炉脱硝超低排放技术研究报告

## 一、所属行业

供暖行业

## 二、技术名称

燃煤工业锅炉脱硝超低排放技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳环境科学研究院、山东助绿环保设备科技有限公司

地址：辽宁省沈阳市浑南区全运三路 98 号

单位负责人：王维宽，电话：024-24520890，邮箱：wwk5078@126.com

技术负责人：胡赞，电话：024-24520920，18740071228，邮箱：huyun@syhky.com

## 四、适用范围

适用于工业锅炉（链条锅炉、煤粉锅炉、生物质锅炉）脱硝、工业窑炉脱硝。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

燃煤供暖锅炉绝大部分是层燃式链条炉，链条炉的  $\text{NO}_x$  排放浓度通常是 200-400mg/Nm<sup>3</sup>。2018 年沈阳市开始实施《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）大气污染物  $\text{NO}_x$  特别排放限值  $\text{NO}_x \leq 200\text{mg/Nm}^3$ 。

供暖锅炉实施脱硝以来，常规的脱硝方法有 PNCR 和臭氧脱硝技术两种，应用案例结果表明，这两种脱硝技术均存在缺陷。PNCR 法脱硝剂中含有高分子三聚氰酸和其它物质，对锅炉有一定的腐蚀性和尾部烟道堵塞；臭氧氧化脱硝的副产物为亚硝酸盐，为强致癌物质，难以处理，易形成二次污染。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

本技术采用两级脱硝：炉内干法 SNCR 技术和锅炉尾部氧化脱硝。采用气力输送的方式将脱硝还原剂尿素颗粒输送进尿素料仓储存。从料仓下来的尿素通过星形给料阀计量后，以气力输送的方式输送到安装在炉墙的喷枪上，在炉内 600-1000℃温度区间喷入干粉态脱硝剂，脱硝剂与烟气中 NO<sub>x</sub> 接触，发生还原反应， $4\text{NH}_3+4\text{NO}+\text{O}_2\rightarrow 4\text{N}_2+6\text{H}_2\text{O}$ 。烟气中绝大部分 NO<sub>x</sub>NO/NO<sub>2</sub> 被还原成 N<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O。从炉内逃逸出来的 NO 在氧化反应器中与喷入的强氧化剂接触，发生氧化反应， $\text{NaClO}_2+2\text{NO}=\text{NaCl}+2\text{NO}_2$ ； $\text{NaClO}_2+4\text{NO}=\text{NaCl}+2\text{N}_2\text{O}_3$ ； $\text{NaClO}_2+4\text{N}_2\text{O}_3+\text{O}_2=\text{NaCl}+8\text{NO}_2$ ； $\text{NaClO}_2+4\text{NO}_2=\text{NaCl}+2\text{N}_2\text{O}_5$ 。NO 被氧化成 NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 等高价 NO<sub>x</sub>，NO<sub>2</sub> 等在还原反应器中与喷入的尿素溶液接触，发生还原反应在，生成 N<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O， $8\text{NH}_3+6\text{NO}_2=7\text{N}_2+12\text{H}_2\text{O}$  经两级脱硝后烟气进入脱硫塔，脱硫后由烟囱排向大气。

## 2 关键技术与设备

(1) 干态粉末状脱硝还原剂。采暖锅炉负荷随外界环境温度波动较大，导致炉内温度波动大，常规的炉内 SNCR 技术难以在供暖锅炉上应用。寻找到能够适应锅炉温度区间变化的还原剂以及还原剂的喷射位置是链条炉干法 SNCR 技术的关键建点。本技术的还原剂成份以工业尿素为主，加上适量的催化剂以及活性物质，使得本脱硝还原剂的应用温度区间比常规尿素溶液、氨水的大，能够适应负荷波动大、温度区间变化大的供暖锅炉。

(2) 先氧化后还原脱硝技术：与常规的氧化脱硝技术（先将 NO 氧化成 NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 等，再在脱硫塔内酸碱中和）不同，本技术采用先氧化后还原技术，即先采用氧化剂将 NO 氧化成 NO<sub>2</sub>，再用尿素溶液还原 NO<sub>2</sub>，生产 N<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O。本技术的优点是脱硝效率高，同时不产生难以处理的硝酸盐或亚硝酸盐，无二次污染。

## 七、主要技术指标

应用本技术脱硝，链条炉从初始排放浓度 380mg/Nm<sup>3</sup> 降到 100mg/Nm<sup>3</sup> 以下，脱硝效率 ≥74%。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

## 1 发明专利：

- (1) “干法 SNCR 脱硝工艺”，专利号：ZL201910746044.1；
- (2) “氧化还原脱硝工艺”，专利号：ZL201910746368.5；
- (3) “干法 SNCR 上料喷料系统”，专利号：ZL201921309407.7。

## 2 获奖：

荣获 2018 年山东省环境保护示范工程奖。

## 九、典型用户

本技术应用于淄博市环保供热有限公司对公司新区分公司 2×100t/h+80t/h 链条燃煤锅炉烟气脱硝、除尘超低排放改造工程项目，该项目脱硝采用了干法 SNCR+氧化还原法技术；除尘采用了涡流微湿电除尘除雾器，投资 730 万。该项目脱硝工程实施前，锅炉烟气 NO<sub>x</sub> 排放浓度约 380mg/Nm<sup>3</sup>，实施本技术两级脱硝后，实现达标排放，其中一级干法 SNCR 炉内脱硝后，NO<sub>x</sub> 排放浓度 380mg/Nm<sup>3</sup> 由降至 130mg/Nm<sup>3</sup> 左右，再经二级氧化还原法脱硝，降至 100mg/Nm<sup>3</sup> 以下，达到了山东省规定的排放标准（烟尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 排放浓度为 10，50、100mg/Nm<sup>3</sup>）要求。继续加大脱硝剂投放量后可以达到 50mg/Nm<sup>3</sup> 以下，达到超低排放（烟尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 排放浓度为 10，35、50mg/Nm<sup>3</sup>）要求。本工程实施后 NO<sub>x</sub> 年减排量约 338t。

此外，2019 年 7 月，本技术已中标沈阳市小西锅炉房 2×46MW、山河里锅炉房 2×28MW 等四个锅炉（8 台锅炉，共计 298MW）的脱硝工程。

## 十、推广前景

目前本技术在辽宁省燃煤工业锅炉领域的市场占有率约为 8%。随着燃煤锅炉大气污染物排放标准的日趋严格，本技术在辽宁省的应用范围将更加广泛。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省燃煤工业锅炉领域的市场占有率约为 20%，总投入约 1 亿元，年削减 NO<sub>x</sub> 1 万 t。

# 烧结/球团烟气低温氧化脱硝技术研究报告

## 一、所属行业

钢铁行业

## 二、技术名称

烧结/球团烟气低温氧化脱硝技术。

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳环境科学研究院

地址：辽宁省沈阳市浑南新区全运三路 98 号

单位负责人：王维宽，电话：024-24520890，邮箱：wwk5078@126.com

技术负责人：胡赞，电话：024-24520920，18740071228，邮箱：huyun@syhky.com

## 四、适用范围

本技术适用于钢铁行业烧结/球团烟气  $\text{NO}_x$  超低排放领域。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

随着电力行业超低排放技术的推广应用，中国大气污染防治重点已从电力行业向非电行业转变，其中，钢铁行业是减排重点。2018 年中国粗钢产量为 9.28 亿 t，位居世界第一，占全球总产量的 51.32%，中国钢铁生产以长流程工艺为主，包括烧结、球团、焦化、高炉、转炉和轧钢等，较高的能耗导致大量污染物排放，行业整体呈现出生产工序多、污染种类杂、排放总量大的特点。2017 年全国钢铁行业  $\text{NO}_x$  排放量为 214 万 t。钢铁企业是大气污染的重点行业，钢铁企业排放的废气中， $\text{NO}_x$  主要集中在烧结、球团、炼焦等工序。

烧结过程中产生的  $\text{NO}_x$  80%-90%来源于燃料中的氮，且 90%以上为 NO， $\text{NO}_x$  排放浓度波动较大（200-500 mg/Nm<sup>3</sup>），随着我国超低排放改造的实施， $\text{NO}_x$  的深度治理已经成为制约环保升级的关键。因此，针对烧结/球团烟气排放特征，开发新型高效的脱硝技术具有

重要意义。

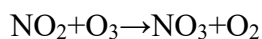
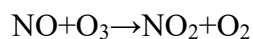
## 六、技术内容

### 1 基本原理

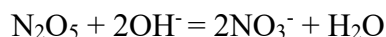
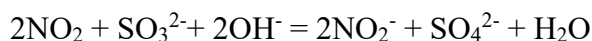
#### (1) 臭氧氧化硫硝协同吸收技术基本原理

该技术基于单反应吸收系统内实现烟气中  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  的联合吸收脱除，反应温度与烧结烟气特征温度匹配。将独立工段制备的强氧化剂  $\text{O}_3$  由均布器喷入主烟道内，将烟气中的  $\text{NO}$  氧化为高价态  $\text{NO}_x$ ；在现有脱硫系统内进行硫硝一体化脱除（硫氧化物和  $\text{NO}_x$  同时在吸收塔内与钙基吸收剂和水发生吸收反应）。具体氧化-吸收反应如下：

氧化反应：

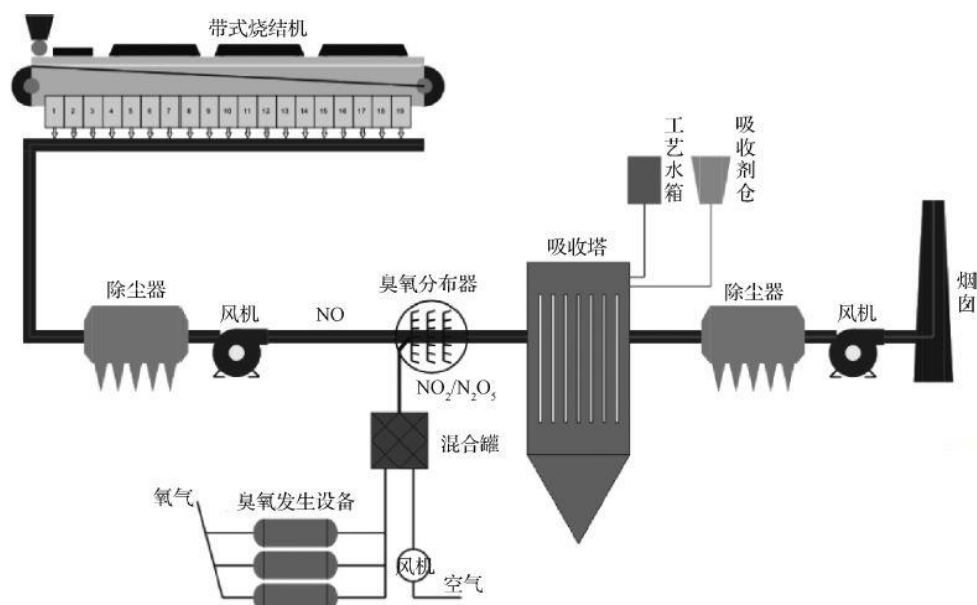


吸收反应：



#### (2) 臭氧氧化硫硝协同吸收技术工艺路线

臭氧氧化硫硝协同吸收技术的工艺路线如图所示。



## 2 关键技术与设备

根据本项目设计参数，满足脱硝深度氧化所需氧化剂用量；设置梯级臭氧分布器，实现高效氧化，从而保障吸收效率；优化脱硝反应温区，使脱硝在高效反应温度窗口进行；同时运行过程中加强脱硫系统脱硫灰外排和新鲜吸收剂补充之间的有效协调配合；最终达到环保排放要求。

具体主要包括：烟气降温系统、臭氧发生系统、循环冷却水系统、臭氧分布系统、氧化风系统、电气系统、仪控系统及暖通系统等。

## 七、主要技术指标

实现排放烟气  $\text{NO}_x$  浓度小于  $50 \text{ mg/Nm}^3$ （16%基准氧）。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 发明专利：

（1）“Combined desulfuration, denitration, and demercuration apparatus and method using semi-dry process in circulating fluidized bed”，专利号：US9,656,206 B2；

（2）“循環流動床による半乾式同時脱硫脱水銀装置及び方法”，专利号：特许第 6171096；

(3) “一种烧结烟气循环流化床半干法联合脱硫脱硝装置及方法”，专利号：ZL 201410347174.5；

(4) “一种循环流化床半干法联合脱硫脱硝脱汞装置及方法”，专利号：ZL 201310482358.8；

(5) “一种应用于低温氧化脱硝技术的烟道臭氧分布器及其布置方式”，专利号：ZL 201410066906.3。

## 九、典型用户

本技术应用于河钢唐山分公司中厚板材有限公司 240 m<sup>2</sup> 烧结机烟气脱硝工程，本工程位于河钢唐山分公司中厚板材有限公司厂区内，目前正在进行氧化脱硝超低排放建设，投资额 6500 万。建设完成后，可实现烟气排放 NO<sub>x</sub> 低于 50 mg/Nm<sup>3</sup>，实现 NO<sub>x</sub> 超低排放。NO<sub>x</sub> 年削减量 2150t。

## 十、推广前景

随着全国钢铁行业超低排放改造的实施，NO<sub>x</sub> 的深度治理迫在眉睫，新型高效的 NO<sub>x</sub> 治理技术的应用是大势所趋。据统计，2015 年，辽宁省粗钢产量约为 6000 万 t。NO<sub>x</sub> 排放量约为 8 万 t。目前本技术在辽宁省烧结/球团烟气低温脱硝领域中的推广比例约为 10%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省的推广比例可达 20%，总投入约 1.3 亿元，年削减 NO<sub>x</sub> 4000 t。



# 水泥窑烟气 NO<sub>x</sub> 超低排放控制技术研究报告

## 一、所属行业

建材水泥行业

## 二、技术名称

水泥窑烟气 NO<sub>x</sub> 超低排放控制技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳环境科学研究院

地址：辽宁省沈阳市浑南新区全运三路 98 号

单位负责人：王维宽，电话：024-24520890，邮箱：wwk5078@126.com

技术负责人：胡赞，电话：024-24520920，18740071228，邮箱：huyun@syhky.com

## 四、适用范围

适用于水泥生产烧成工序中窑尾烟气脱硝处理，同时适用于新建或改造项目。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

目前水泥窑 NO<sub>x</sub> 控制技术主要有低氮燃烧、分解炉分级燃烧技术以及 SNCR 脱硝技术，通过这些技术可以将 NO<sub>x</sub> 排放控制在 100 mg/Nm<sup>3</sup> 以下，甚至 50 mg/Nm<sup>3</sup> 以下。但这些技术普遍面临脱硝效率不高，容易生成其他污染物，能耗较高等缺点。例如，SNCR 技术无催化剂作用，反应条件苛刻，其温度范围在 850-1100℃，脱硝效率在 30-60%。为了提高脱硝效率，严格控制 NO<sub>x</sub> 排放浓度，大部分水泥企业在应用 SNCR 技术过程中喷入了远远超量的氨水，大量的氨逃逸造成更严重的污染；甚至腐蚀生产设备导致安全隐患。

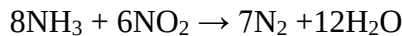
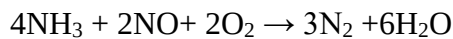
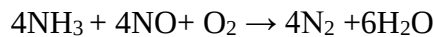
SCR 脱硝技术效率高，可达 90%以上，但其应用在水泥行业中，面临水泥烟气含尘量大，烟气中碱性成分高，导致催化剂磨损、堵塞、碱中毒等问题。所以 SCR 脱硝技术在水泥行业中并不多。随着排放标准日渐严格，开发适用于水泥行业的 SCR 脱硝技术及 SNCR-

SCR 联合脱硝技术势在必行。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

SNCR 脱硝全称选择性非催化还原（Selective Non-Catalytic Reduction）脱硝，是指在 850-1100℃ 的温度范围内，NH<sub>3</sub> 与 NO<sub>x</sub> 发生反应生成 N<sub>2</sub> 和水，达到脱硝目的。反应方程式为：



SCR 脱硝全称选择性催化还原（Selective Catalytic Reduction）脱硝，是指在催化剂的作用下 NH<sub>3</sub> 将 NO<sub>x</sub> 还原成 N<sub>2</sub> 的过程。其反应温度与选用的催化剂有关，反应方程式与 SNCR 类似。

本技术在工程应用中，将氨水喷入分解炉中温度适宜的区域，发生脱硝反应。SNCR 的理论脱硝效率为 60% 左右，喷入的氨水适当过量，以保证 SNCR 脱硝效率。未反应的 NH<sub>3</sub> 与剩余的 NO<sub>x</sub> 进入 SCR 脱硝单元，继续脱硝。

SCR 脱硝单元设置在余热锅炉后，相比于在 C1 出口设置 SCR 脱硝单元，余热锅炉后烟尘浓度有所降低，减轻了预除尘器负荷；烟气温度稍低，流量有所减小，设备体积小，布置灵活，降低建设成本；另外，在余热锅炉后设置脱硝单元，余热锅炉可充分利用烟气及粉尘的热量，不影响余热发电量，不降低厂内现有经济效益。SCR 的脱硝效率可达 90% 以上，可充分利用 SNCR 泄露的尾氨，消除氨逃逸问题，达到超低排放标准。

### 2 关键技术与设备

本技术所包含的各项关键技术如下：

（1）SCR 技术与 SNCR 技术结合，SCR 技术充分利用 SNCR 泄露的尾氨，解决氨逃逸问题，减少氨水消耗，运行成本低，高效环保，满足超低排放指标。

(2) 根据工况自动精确控制 SNCR 与 SCR 喷氨比例，全程保持脱硝效率与氨水消耗平衡，运行成本低。

(3) SCR 脱硝装置设置在余热锅炉后，不影响余热发电，且烟气温度较 C1 口温度低，烟气量降低，设备体积小，布置灵活，投资成本低。

(4) SCR 反应器经过结构优化，流场分布均匀，脱硝效率高。

(5) 采用高效清灰装置，优化吹灰运行参数，消除催化剂积灰问题。

(6) 采用与工艺温度相适应新型中低温 SCR 催化剂，催化剂经特殊设计，提高抗碱中毒性，适合水泥窑工况。

## 七、主要技术指标

水泥窑窑尾  $\text{NO}_x < 50 \text{ mg/Nm}^3$ ，脱硝率  $> 80\%$ ，氨逃逸  $< 3 \text{ ppm}$ ，t 熟料运行成本 2-3 元，设备同步率不低于 98%。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 发明专利：

(1) “一种适用于水泥窑窑尾高尘高碱烟气的 SCR 脱硝系统”，专利号：ZL201810579897.6；

(2) “一种抗碱中毒高效脱硝催化剂及其制备方法和应用”，专利号：ZL201810573766.7；

(3) “适用于水泥生产线窑尾烟气的 SCR 脱硝系统及脱硝方法”，专利号：ZL201910320326.5；

(4) “一种适用于水泥窑窑尾高尘高碱烟气的 SCR 脱硝系统”，专利号：ZL201820877684.7。

## 九、典型用户

本技术应用于 2019 年 7 月在邯郸金隅太行水泥厂 4500t/d 生产线完成中试示范工程，投资金额 2000 万元。设计风量为 1 万  $\text{m}^3/\text{h}$  的中试装置后， $\text{NO}_x$  浓度为  $10\text{-}20 \text{ mg/Nm}^3$ ，脱硝效率大于 80%。窑尾烟气量  $8 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $\text{NO}_x$  排放本底值  $800\text{-}900 \text{ mg/m}^3$ 。经计算，将 SNCR

脱硝效率设置在 60%，即进入 SCR 脱硝单元 NO<sub>x</sub> 浓度为 300 mg/Nm<sub>3</sub> 时，可将氨逃逸控制在 3ppm 以下，氨水用量较单纯 SNCR 脱硝工艺节约 40%。若采用全烟气处理，NO<sub>x</sub> 将减排 2300-2500t/a。

## 十、推广前景

据统计，截至 2017 年 12 月底，辽宁省共有水泥熟料生产线 54 条，熟料产能 5122 万 t/a。目前水泥企业采用的 SNCR 等脱硝技术由于存在脱硝效率不高，能耗较高，氨逃逸高等缺点，使得相关技术不适用于越来越严格的污染物排放标准。采用 SNCR-SCR 联用超低排放控制技术是未来的趋势。目前本技术在辽宁省水泥行业的推广比例约为 9%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省的推广比例可达 30%以上，总投入约 9 亿元，年 NO<sub>x</sub> 排放量可削减 7.41 万 t。

# 钢铁烧结烟气选择性循环净化与余热利用技术研究报告

## 一、所属行业

钢铁行业

## 二、技术名称

钢铁烧结烟气选择性循环净化与余热利用技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳环境科学研究院

地址：辽宁省沈阳市浑南新区全运三路 98 号

单位负责人：王维宽，电话：024-24520890，邮箱：wwk5078@126.com

技术负责人：胡赞，电话：024-24520920，18740071228，邮箱：huyun@syhky.com

## 四、适用范围

广泛应用钢铁行业烧结工序烟气综合治理，同时适用于新建或改造项目。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

钢铁行业是高能耗、重污染的行业，钢铁生产过程中的烟气排放主要集中在烧结工序，烧结厂烟气排放量占钢铁企业总排放量的一半以上，烧结烟气污染已成为制约我国钢铁行业持续协调发展的一个重要因素。尽管如此，烧结工艺以其优良的资源适应性为钢铁企业带来了显著的经济效益，它作为钢铁生产的重要原料处理环节还将长期存在。

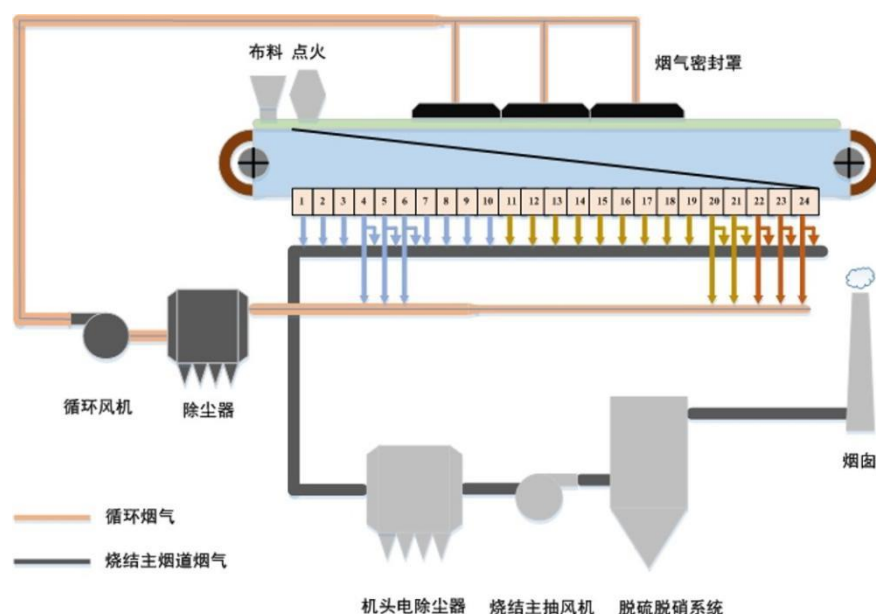
显而易见，钢铁企业节能减排的战略重点在烧结厂。钢铁工艺工序多、流程长，是环境污染的“大户”，而烧结工序不仅是钢铁工业中一个物流量巨大的环节，也是一个高污染排放的环节。其主要污染物有粉尘、CO<sub>2</sub>、CO、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、碱金属氯化物、重金属、HCl、HF、挥发性有机污染物（VOC）、多环芳烃（PAHS）、二噁英类持久性有机污染物（POPS）等，严重危害环境及人体健康。因此对烧结机烟气污染治理是钢铁治污的重心之一。环保

要求严格的国家从 20 世纪开始，相继在烧结厂采用了脱硫、脱硝、二噁英等烟气处理装置。不同于燃煤电厂，烧结烟气处理装置投资大、运行费用高、效率低、副产品复杂。此外，外排的烧结烟气会带走大量的热量，造成了能源的浪费。钢铁行业的节能减排工作必然伴随着烧结工艺本身的变革调整，才能取得显著成效。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

烧结烟气选择性循环净化与余热利用技术是根据烧结风箱烟气排放特征（温度、含氧量、烟气量、污染物浓度等）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台车表面，用于热风烧结。循环烟气由烧结机风箱引出，经除尘系统、循环主抽风机、烟气混合器后通过密封罩，引入烧结料层，重新参与烧结过程。循环烟气与烧结料层，经过一系列复杂的热质传递与化学反应过程，包括高温循环烟气与烧结料层的热交换、CO 的二次燃烧放热、二噁英的高温分解以及 NO<sub>x</sub> 的催化还原，使污染物排放总量降低的同时，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，提高烧结矿料层温度均匀性和破碎强度等理化指标，实现节能、减排、提产多功能耦合。烧结烟气选择性循环净化与余热利用技术工艺如下图所示。



## 2. 关键技术与设备

针对传统烟气循环设备易出现的烟气分布不均匀、密封不严、易高温变形等设备问题，本技术开发过程中通过流场模拟优化烟气分配器和烟气密封罩流场分布，设计开发了进气优化的密封热风罩，对烟气混合器、烟气切换装置、烟气分配器进行优化，形成了一批具有自主知识产权的工艺和设备专利，保障了循环系统高效稳定运行，从而保证烟气循环效果的实现和进一步提高。

## 七、主要技术指标

烧结循环烟气含氧量不低于 17%；循环烟气温度不低于 200℃；密封罩内微负压；烟气循环率 25%-30%，固体燃耗下降 5%以上，烧结矿产量提升 3%以上，烧结矿质量没有影响，t 矿 CO 减排实现 3kg 以上；设备同步率不低于 98%。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

- (1) 国家重点研发计划大气专项，课题编号：2017YFC0210304；
- (2) 中科院 STS 计划，课题号：Y62316L142。

### 2 发明专利：

- (1) “焼結煙道ガスの廃熱を分類して回收利用による汚染物質排出削減プロセスおよびそのシステム”，专利号：特許第 6239779 号；
- (2) “一种密封热风罩装置”，专利号：ZL.201510487460.6；
- (3) “一种烧结烟气余热分级循环利用和污染物减排工艺及系统”，专利号：ZL.201510140855.9；
- (4) “一种烟气混合装置及方法”，专利号：ZL.2017111315911.3。

### 3 软件著作权：

- (1) 烧结机烟气分级净化与余热利用控制系统软件 V1.0，著作号：2017SR052518；
- (2) 烟气循环烧结工艺质-热耦合数值仿真系统软件 V1.0，著作号：2018SR276780；

(3) 烧结工艺热平衡质热诊断计算及分析计算软件 V1.0, 著作号: 2018SR276781;

(4) 基于 PSO-SVM 的烧结烟气循环系统建模软件 V1.0, 著作号: 2018SR1055520。

## 九、典型用户

本技术应用于河钢股份有限公司邯郸分公司西区 2#360m<sup>2</sup> 烧结机, 项目于 2018 年 5 月开工建设, 12 月份开始投入运行, 目前运行稳定。工程投运后, 烟气循环率达到 25-30% 以上, 吨矿烟气量减排 21.5%, 吨矿固体燃料消耗降低 10.8%, 烧结矿转鼓系数、含硫量等理化指标稳定, 产量提升 3.2%-6.2%, 同时 t 烧结矿 CO 减排 4.4kg/t-s。预期每年可节省固体燃料 1.63 万 t, 提高烧结矿产量 8.65 万 t, 年经济效益约 3000 万元; 同时可减少 CO 排放 1.23 万 t, 改善环境空气质量指标, 具有显著的经济、环境和社会效益。

2016 年 12 月 5 日, 中国科学院与河钢集团签署全面协同创新战略合作协议; 到 2020 年, “十三五”末, 河钢承钢、河钢乐亭、河钢菲律宾等 10 台烧结机计划推广实施烧结烟气选择性循环净化与余热利用技术, 可实现节煤量超 15 万 t, CO 减排近 10 万 t, 年经济效益超 3 亿元。

## 十、推广前景

据统计, 2015 年, 辽宁省粗钢产量约为 6000 万 t。随着我国对环境和能源的日益重视, 各钢铁企业开始关注烧结过程的能源利用和污染物排放控制, 开始向清洁烧结, 绿色环保烧结转变。目前本技术在辽宁省钢铁烧结烟气的治理领域中的推广比例约为 12%。预计未来 5 年内, 本技术在辽宁省的推广比例约为 25%, 总投入约 20 亿元, 年节省固体燃料 6.5 万 t, 年消减 CO 5 万 t。



# 农业固体有机废物沼气化/肥料化与零排放集成技术研究报告

## 一、所属行业

农业固体有机废物污染治理

## 二、技术名称

农业固体有机废物沼气化、肥料化与零排放集成技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号

单位负责人：郭东明，电话：0411-84708011

技术负责人：徐晓晨，电话：0411-84706328，15141189998，邮箱：xxcep@dlut.edu.cn

## 四、适用范围

农作物秸秆和养殖场粪便污水处理。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

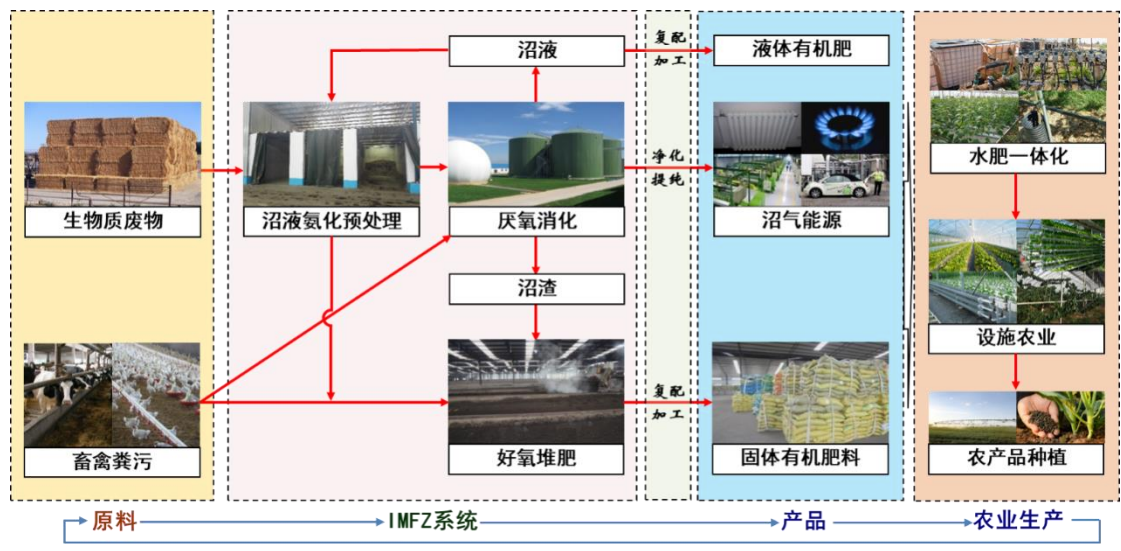
近年来，辽宁省畜牧业持续稳定发展，养殖水平显著提高，截止 2016 年底，全省大型牲畜（牛、驴等）存栏量 462 万头、生猪 1406.5 万头、羊 889.6 万头、肉鸡 1.8 亿羽、蛋鸡 1.42 亿羽，年畜禽粪便产生量超过 6941.5 万 t、污水产生量超过 7442.3 万 t。全省农作物播种面积达到 4064.1 万亩，秸秆年产量超过 6000 万 t。这些农业源污染物 COD、TN、TP 等指标已逐渐超越工业源，成为我省环境污染的主要污染源之一，是环境治理的一大难题。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

农业固体有机废物沼气化、肥料化与零排放集成技术简称 IMFZ 技术 (IMFZ, Integrated Methanation, Fertilization and Zero Emission Technology)，沼气化是秸秆和养殖粪污等固体有

机废物利用瘤胃功能菌剂联合厌氧消化生产清洁燃料-沼气；肥料化是指产生的沼渣与部分固体粪便、生物氨化预处理后的秸秆联合好氧堆肥生产有机肥；污染物零排放是指将产生的沼液回用于秸秆生物氨化预处理，剩余沼液加工为液体商品肥料，实现农业固体有机废物资源化利用和零排放。



2 关键技术与装备

(1) 沼液生物氨化秸秆预处理技术

利用沼液中氨氮含量丰富、沼液中含有大量瘤胃功能菌等特点，破坏生物质废物表面硅氧蜡层、连接木质素与多糖间的酯键，降低结晶纤维素结晶度，从而提高其生物可降解性能。

(2) 生态化能源技术-强效菌种产沼气燃料

采用自主研发的“瘤胃功能菌剂”和改良型 CSTR 厌氧反应器对农业固体有机废物联合消化产沼气。该菌剂来源于反刍动物瘤胃内微生物，经过筛选、富集、培养制得，可高效降解纤维素类生物质；沼气经脱硫（脱碳）净化后用于发电、供暖或日用燃料等。

(3) 生态化堆肥技术-生产人工基质/有机肥

利用厌氧发酵剩余沼渣、生物氨化预处理后的生物质废物和畜禽粪便等固体有机废弃物按一定比例进行好氧堆肥生产有机肥，堆肥产品也可选用泥炭、珍珠岩等原料复配加工成为人工基质，可显著提高畜禽粪便、农作物秸秆等固体有机废弃物中养分的有效性。

#### （4）沼气化、肥料化、零排放系统技术集成

采用厌氧消化与好氧堆肥联合，沼渣充分腐熟，沼液科学利用，实现废物沼气化、肥料化和零排放。根据实际需要，IMFZ 系统可灵活设计：既可设计为以产沼气为主、有机肥为辅的能源环保型的生产线；也可设计为以产有机肥为主、沼气为辅的资源环保型生产线。

### 七、主要技术指标

1 沼液氨化预处理后的秸秆降解效率提高 15%以上。

2 采用改良 CSTR 单相厌氧共消化技术，厌氧消化阶段停留时间可由传统的 40-60 日缩短至 15-20 日，含固率 10%-12%，干物质降解效率 75%，产气量  $350 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{TS}$  以上，容积产气率  $1.8 \text{ m}^3/\text{m}^3$  以上。

3 好氧堆肥阶段，腐熟时间加快 20%，有机质含量  $>60\%$ ，腐植质含量  $>25\%$ ，营养成分含量  $>10\%$ 。

### 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

1 项目资助：

大连市科技局资源与环境领域“科技惠民计划项目-农村固体废物综合治理与资源化”2013E14SF122。

2 成果鉴定：

教育部技术鉴定，“农业固体有机废物沼气化、肥料化、零排放集成技术与关键设备”鉴字[教 CW2015]第 007 号。

### 九、典型用户

本技术应用于大连天盛农业集团沼气工程-IMFZ 技术示范工程。工程位于瓦房店市复州城镇驼山乡，采用 IMFZ 技术建设一座规模为  $600 \text{ m}^3$  的厌氧消化系统及配套设施，年处理粪便 3000t，秸秆 1500 亩，污水 13200t。年可产沼气 36 万  $\text{Nm}^3$ ，液态肥料 1.2 万 t、人工基质肥 900t，减排  $\text{CO}_2$  436.6 t，肥料使用面积达到 1 万亩以上。

### 十、推广前景

随着辽宁省农业产业快速发展，以秸秆、畜禽养殖粪污和厕所化粪池粪污为代表的农业固体有机废物已逐渐成为环境污染的主要污染源，这对污染控制技术提出了更高的要求。目前本技术在辽宁省农作物秸秆中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省农作物秸秆、化粪池粪污和养殖场粪便污水处理中推广比例可达 15%，总投入约 1 亿元，CNG 900 万  $\text{Nm}^3/\text{a}$ ，液态肥料 36 万  $\text{t/a}$ ，有机肥类 2 万  $\text{t/a}$ ，减排  $\text{CO}_2$  1.8 万  $\text{t/a}$ 。

# 潜热回收式多相变高效污泥转盘干化技术研究报告

## 一、所属行业

化工、市政污水处理等

## 二、技术名称

潜热回收式多相变高效污泥转盘干化技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：沈阳航空航天大学

地址：辽宁省沈阳市道义经济开发区道义南大街 37 号

单位负责人：杨天华，电话：024-89724558，13804998267，邮箱：thyang@sau.edu.cn

技术负责人：李润东，电话：024-89728889，18040038877，邮箱：rdlee@163.com

## 四、适用范围

本技术在该行业内可应用于工业污泥、市政污水污泥的干化、减量化，亦可作为污泥焚烧等资源化利用技术的预处理工艺。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

市政污泥的处理处置是目前环保领域面临的重大难题之一。2015 年我国污泥年产量约 3500 万 t（按含水率 80%计），且处理率不足 30%，历史堆存量巨大。污泥含有多种重金属与高毒性有机物、致病微生物等污染物而造成严重的环境威胁。国家发改委和住建部联合印发的《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》提出明确要求：“到 2020 年底，地级及以上城市污泥无害化处置率达到 90%，其他城市达到 75%；县城力争达到 60%”。

目前我国污泥处理方式主要有填埋、堆肥、自然干化、焚烧等方式，这四种处理方法的占比分别为 65%、15%、6%、3%。可以看出我国污泥处理方式仍以填埋为主，加之我国城镇污水处理企业处置能力不足、处置手段落后，大量污泥没有得到规范化的处理，直接

造成了“二次污染”，对生态环境产生严重威胁。

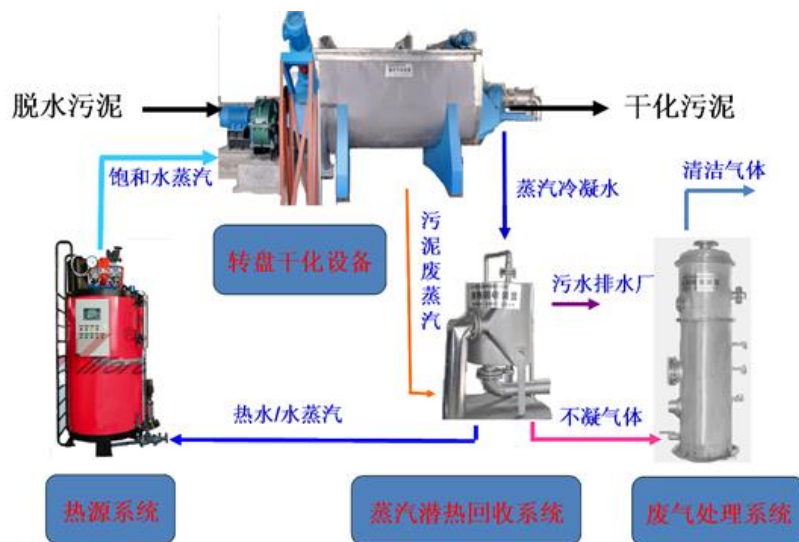
破解“污泥围城”有效途径之一就是能源化与资源化利用，而除厌氧沼气化外，制约污泥无害化和资源化的关键问题是高效清洁的污泥干化，结合高效的干化处理可以实现多种污泥的能源化与资源化模式。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

针对传统污泥干化技术能耗高、二次污染严重等问题，以开发环境友好型高效污泥干化技术为目标，从应用理论、产品设计、关键部件材料、设备加工、示范生产等多层次进行了多年的研究开发，在污泥传热传质及流动特性研究基础上，自主开发了基于多相变间接换热技术，污泥渐变式低能耗输送技术以及潜热回收的污泥干化集成技术工艺及转盘干化设备。

该污泥干化工艺包括：热源系统、污泥转盘干化系统、潜热回收系统、废气收集及处理系统、控制系统等几个部分，如下图所示。



该技术具体原理及工艺流程：进料装置将污泥送入干化机，与通入空心盘片低温饱和蒸汽进行间接换热，同时盘片上推泥板将污泥向前推进并翻转、搅拌，更新受热面，使污泥与空心盘片充分接触，污泥被加热，其水分蒸发去除，污泥得到干化；通入空心盘片低温饱和蒸汽相变换热后变成冷凝水排出干化机；干化产生的污泥废蒸汽通过潜热回收系统

回收潜热，并加热冷凝水使其返回锅炉继续产生低温蒸汽供干化使用；干化产生的臭气和 VOC 采用生物方法进行处理，污泥蒸汽冷凝水送入到污水厂进行进一步的污水处理。

## 2 关键技术与设备

污泥转盘干化机、潜热回收装置以及尾气生物处理系统联合，形成潜热回收式高效污泥转盘干化技术。

(1) 采用相变换热、低温蒸汽间接干化，干化换热效率高、干化过程污染物析出量小，仅约  $12\text{m}^3/\text{t}(80\%\text{WS})$ ，有效解决了尾气处理难度大及二次污染的问题。

(2) 该技术核心设备污泥转盘干化机采用渐变式污泥输送结构设计。改变以往转盘干化机污泥输送结构，优化盘片光滑度、导流板大小及角度、刮泥板间隙及角度等使污泥在传热、力学性能最优区间干化，使污泥与盘片的接触面积及输送动能达到最优化，污泥处理负荷高达  $18.71\text{kg}(\text{水})/\text{m}^2$ ；在污泥处理能力不变的情况下，缩减了污泥干化装置的体积，降低污泥输送能耗。

(3) 突破了传统污泥干化工艺高能耗、低效率的瓶颈，该系统工艺采用低温相变换热技术与高性能的潜热回收技术集成，显著降低干化能耗，能耗低于  $2900\text{kJ/kg-W}$ ，热效率大于 80%，优于国际同类污泥干化设备先进水平（能耗  $2940\text{--}4200\text{ kJ/kg-W}$ ）。

## 七、主要技术指标

(1) 在工艺参数优化方面，充分考虑设备磨损、尾气量与能耗等因素，进泥含水率 75-80%时，转盘转速一般在 8-12 rpm 之间调整，泥汽比为 1.55，蒸汽温度为  $120\text{--}150^\circ\text{C}$

(2) 该技术干污泥处理负荷不小于  $18.71\text{kg}(\text{水})/\text{m}^2$ ，化热效率达 80%以上，干化热能耗在  $2900\text{kJ/kg-W}$  以下。

(3) 污泥干化尾气中氨气排放总量低于  $5.4\text{g/h}$ ，硫化氢排放浓度低于  $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ ，总烃排放浓度低于  $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合相关环境标准；

(4) 原污泥含水率 80%，粘度 5000P.S ( $25^\circ\text{C}$ )，黑色膏状，经干化处理后含水率降至 35%左右，污泥质量减少量 60%-70%，颗粒状。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家水专项“环太湖河网地区城市水环境整治技术与综合示范”项目，资助金额 115 万元；

(2) 辽宁省科技厅和国电东北环保产业集团有限公司资助分别为 5 万元和 20 万元。

### 2 发明专利：

“潜热回收式多相变污泥干化方法与设备”，专利号：ZL201010101024.8。

### 3 获奖：

2017 年度“辽宁省科学技术进步奖二等奖”。

## 九、典型用户

本技术应用于江苏省昆山建邦环境投资有限公司陆家污水处理厂合作建立环境友好型污泥高效干化示范工程，工程规模为 25t/d，工程总投资 85 万元，工程连续稳定运行近 2 年，该工程在分析污泥特性基础上，充分考虑设备磨损、尾气量与能耗等因素，该技术工艺参数为进泥含水率 75-80%时，转盘转速一般在 8-12 rpm 之间调整，泥汽比为 1.55，蒸汽温度为 133℃，干化后污泥含水率约 50%；污泥处理负荷高达 18.71kg（水）/m<sup>2</sup>，能耗低于 2900kJ/kg-w(690kCal/kg-W)，热效率大于 80%，达到国际同类污泥干化设备先进水平(能耗 700-1000kCal)。企业应用该技术后，年减少市政污泥排放 4950t，可年节约该水厂污泥处理处置费 42.6 万元。应用结果表明，该技术具有能耗低、运行管理简单、运行成本低、环境友好、适应性强、处理时间短、占地面积小、处理能力大、卫生化程度高等优点，社会及经济效益较大。

其次，与国电东北环保产业集团有限公司联合申报沈阳市科技计划项目，该技术作为污泥焚烧磷资源回收的前干化预处理工艺；同时积极参加国际和国内污水处理与污泥处理处置创新大会，并积极推广该技术。

## 十、推广前景



污泥干化消耗大量热能，能耗高，污泥干化尾气含有大量污染物，随意排放会对环境造成二次污染，本污泥干化技术通过渐变式输送设计解决了污泥干化过程中粘结问题以及物料输送的不可靠问题；通过相变换热及热泵潜热回收装置解决了能耗高的问题，利用间接干化技术及尾气生物处理系统解决了干化尾气二次污染问题。目前，本技术在辽宁省市政污水处理领域中的推广比例约为 5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省的市政污水处理领域推广比例可达 15%，总投入约 3500 万元，污水污泥干化后质量减少量 60%-70%，预计年减少污泥 23.5 万 t，同时可获得年干污泥产量 10 万 t 用做替煤可燃燃料。

# 污泥热水解资源化处置技术研究报告

## 一、所属行业

污水污泥处置

## 二、技术名称

污泥热水解资源化处置技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：科尼兹环保科技（大连）有限公司

地址：辽宁省大连市高新园区广贤路 131 号科创大厦 402 室

单位负责人：姚荣荣，电话：0411-39013190

技术负责人：刘长征，电话：0411-39013190，18641175052，邮箱：yrr\_2001@163.com

## 四、适用范围

市政及企业污水处理厂污泥。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来，我国年污泥产生量从 5427 万 t 增长至 7436 万 t，年增长率 4.6%。而污泥有效处置率不足 30%。“十三五”以来，辽宁省结合国内污泥处置的先进经验，立足实际，建立辽宁省污泥处理处置专项规划，对适于辽宁省的污泥处理处置技术给予政策和经济上的扶持。辽宁省水污染治理整装成套技术和设备需求量呈逐步上升趋势，辽宁省现有污水处理厂 160 座，日处理污水约 876 万 t，日产污泥约 5000t，年产污泥约 100 万 t，未来必将通过新型技术研发、运营模式转变达到规范化处置污泥的目的。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

污泥热水解资源化技术是污泥在一定温度、压力和功能团作用下，通过多级反应釜均

质预热、强化传质传热、破壁水解，并释放胞内蛋白质和水分等至液相的过程。该技术的特点是向含水率 80%左右的污泥中添加无害碱金属离子与羟基基团，通过废热的梯级利用，有效降低能耗和水解温度，通过对各项水解条件的优化控制，实现水解产物的最佳资源化效果，提高反应产物的资源化品质。通过固液分离得到含水率 50%左右的干化污泥和含蛋白质的水解液，干化污泥经破碎风干后形成富营养渣土，水解液经浓缩、调质、干燥后形成黄腐酸含量较高的原粉。未固液分离的高温蛋白质水解液作为废热热源通过具有自主知识产权的换热器与冷凝水进行换热，再利用被加热的冷凝水预热污泥，冷凝水中多余的热量通过湿式空冷器散发到室外。

## 2 关键技术与装备

(1) 污泥热水解反应设备：通过多级反应釜串联方式，对污泥进行均质预热、强化传质传热、细胞破壁水解反应。

(2) 含固浆料换热器：充分回收低温废热，将污泥冷却至 60-70℃，剩余热量回用至污泥水解反应，大幅降低系统能耗。

(3) 湿式空冷器：在原有空冷器管束外焊接翅片，增大管外传热系数，增设循环喷淋水箱，在管束外形成一层液膜，强化传热效果，提高冷却效率。

(4) DTRO 反渗透膜：本技术由我司与大连化学物理研究所合作完成，主要包括 DTRO 膜组件的关键及特殊的分离膜片封装方式，膜组件流道设计和分离膜导流盘设计。

(5) 压滤机：固液分离单元，我司与景津环保股份有限公司合作，针对我司热水解污泥特性开发专门板框压滤机，无需添加絮凝剂，减量化程度高，易于检修维护。

(6) MVR：针对液相浓缩工艺，我司与国内领先的 MVR 企业合作，针对不同项目开发大型和小型 MVR 系统，满足不同应用场景需求，具有能耗低、连续稳定等特点。

## 七、主要技术指标

1 固液分离后的固相产品，富营养渣土中有机物含量 30%左右。

2 固液分离后的液相产品，浓缩液中黄腐酸、中量元素、游离氨基酸分别大于 250g/L、

40g/L 和 60g/L。肥料营养学指标均达到《含氨基酸水溶肥料》(NY 1429-2010)、《黄腐酸水溶肥料》(DB21/T 2493-2015)和《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486-2009)等相关标准要求。

3 病原菌、粪大肠杆菌 100%杀灭。满足《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486-2009)、《农用污泥污染物控制标准》(GB 4284-2018)、《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600-2009)和《城镇污水处理厂污泥处理 稳定标准》(CJ/T 510-2017)等相关标准要求。

4 有害重金属达到 GB/T 23349-2009《肥料中砷、镉、铅、铬、汞生态指标》和 NY1110-2110《水溶肥料汞、砷、镉、铅、铬的限量要求》等相关标准要求。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

2019 年大连市重点研发计划项目，“污泥热水解资源化处置成套技术”。

### 2 专利：

#### (1) 发明：

- 1) “一种节能型连续的污泥资源化处理系统”，专利号：ZL2015102202483；
- 2) “一种污泥连续化资源化处理工艺”，专利号：ZL2015104401392；
- 3) “一种利用污泥蛋白制备有机配方肥料工艺”，专利号：CN 2016102065762；
- 4) “一种用于企业污泥深度处理的集成技术”，专利号：CN 2018103285627。

#### (2) 实用新型：

- 1) “一种污泥连续化资源化处理装置”，专利号：ZL201520542264X；
- 2) “一种新型连续化污泥水解反应器”，专利号：ZL2015205421280；
- 3) “一种多级连续化污泥处理装置”，专利号：ZL2016200981933；
- 4) “一种新型污泥蛋白液多功能调质机”，专利号：CN 2016208640443；
- 5) “一种应用于蛋白类溶液的膜浓缩装置”，专利号：CN 2018205207257；

6) “一种模块化撬装连续污泥处理装置”, 专利号: CN 2018205207172;

7) “一种新型湿式空冷器”, 专利号: CN 2018220736986。

## 九、典型用户

本技术应用于辽宁瑞博斯葫芦岛市污泥集中处置项目。项目位于葫芦岛市打渔山区, 污泥处理规模为 160t/d, 项目占地面积 5 万平方米, 总投资 1.2 亿元, 于 2018 年 6 月底正式投产。采用污泥热水解资源化处置技术工艺, 主要包括污泥接收、预处理、多级反应釜、换热器、板框压滤机和 MVR 系统等工艺单元。经处理后, 消减含水率 80%湿污泥量 46700t/a, 回收富营养渣土 10400t/a, 浓缩液 3500t/a, 污泥减量化程度 $\geq 75\%$ 。满足《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486-2009)、《农用污泥污染物控制标准》(GB 4284-2018) 和《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600-2009) 等相关标准要求, 目前项目运行效果良好。

## 十、推广前景

随着辽宁省城市化进程的不断加快, 污泥处置不当而造成河床和水体污染的形势已十分严峻。据统计, 目前辽宁省现有污水处理厂 160 座, 年产污泥量约 100 万 t。目前, 本技术在辽宁省市政及企业污水处理领域的推广比例约为 5%。预计未来 5 年, 本技术在辽宁省市政及企业污水处理领域的推广比例可达 15%, 总投入约 4.62 亿元, 消减含水率 80%的湿污泥 41.06 万 t/a; 回收富营养渣 9.79 万 t/a; 浓缩液 3.29 万 t/a。

# 拜耳法赤泥大规模低成本消纳技术研究报告

## 一、所属行业

冶金行业

## 二、技术名称

拜耳法赤泥大规模低成本消纳技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：东大有色固废技术研究院（辽宁）有限公司

地址：辽宁省沈阳市和平区望湖北路 25 甲

单位负责人：张延安，电话：024-83681563，13840205331，邮箱：  
zta2000@163.net

技术负责人：豆志河，电话：024-83681563，13504079117，邮箱：  
douzh@mail.neu.edu.cn

## 四、适用范围

拜耳法氧化铝生产企业。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

我国作为世界氧化铝第一大国，氧化铝产能已达 7000 万 t，占世界的 50%，几乎全部采用拜耳法生产。尤其是随着我国氧化铝工业的高速发展，一方面，国内很多氧化铝企业已采用铝硅比 5:1 甚至更低的铝土矿进行生产，导致氧化铝赤泥排放量逐渐增加，目前我国拜耳法赤泥的年排放量已超过 1 亿 t。另一方面，随着国内铝土矿资源保障度逐渐降低，我国大部分的氧化铝企业采用进口高铁三水铝石矿生产氧化铝。因此，目前我国氧化铝生产原料包括国内一水硬铝石矿和

进口的高铁型三水软铝石矿，产生的拜耳法赤泥也包括一水硬铝石的高碱赤泥和高铁型高碱赤泥。由于拜耳法赤泥碱含量高缺乏低成本规模化消纳技术，目前只能采用堆存处理，环境和安全隐患严重。因此，拜耳法赤泥的大规模、低成本消纳已成为制约氧化铝工业健康、可持续发展的瓶颈，也是世界难题。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

该技术的核心为“钙化-碳化法”处理拜耳法赤泥和中低品位铝土矿技术。其主要原理是：首先通过钙化处理使铝土矿/赤泥中的硅全部进入水化石榴石中得到钙化转型渣，即钙化转型；其次使用  $\text{CO}_2$  对钙化转型渣进行碳化处理，得到组成为硅酸钙、碳酸钙以及氢氧化铝的碳化转型渣，即碳化转型；最后将碳化转型渣低温溶铝提取铝后，得到组成为硅酸钙和碳酸钙的新型结构赤泥，即溶铝过程。对于高铁赤泥，使用涡流还原技术提取其中的铁，还原过程的渣相经过缓冷处理可得到水泥熟料。该方法可协同回收赤泥中的碱、铝和铁，得到的新型结构赤泥主要成分是  $\text{CaSiO}_3$  和  $\text{CaCO}_3$ ，完全可用于水泥工业之中或直接进行土壤化处理，实现了拜耳法赤泥的大规模、低成本消纳以及有价值组元的协同提取。

### 2 关键技术与设备

该过程主要包括三项关键技术：（1）钙化转型，即通过添加石灰将中低品位铝土矿或拜耳法赤泥中的硅全部转化为水化石榴石形态；（2）碳化转型：通过通入  $\text{CO}_2$  气体使水化石榴石分解为硅酸钙和碳酸钙；（3）涡流还原技术：利用该技术还原高铁转型赤泥中的铁，还原渣直接水泥化处理。围绕本技术碳化和还原过程，东北大学特殊冶金团队研发了的核心设备包括：（1）文丘里式碳化反应器；（2）涡流还原系统。围绕本技术的核心过程及装备，本项目拟围绕以下三个方面进行：阐释转型过程矿相反应交互作用规律，基于矿相组成的反应过程预测模

型的构建；钙化、碳化过程参数、尺度效应对转型过程的影响特性，转型过程放大准则的确立；钙化-碳化处理拜耳法赤泥示范线的建立。

## 七、主要技术指标

处理后得到的转型赤泥中氧化钠含量低于 1%，赤泥中氧化铝回收率>40%，氧化铁还原率>95%，尾渣直接实现水泥化利用，建立年处理 20 万 t 拜耳法赤泥的示范工程。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家自然科学基金辽宁联合基金重点项目，项目号：U1508217，资助金额：289 万元。

(2) 国家自然科学基金青年基金，项目号：51504058，资助金额：21 万元。

(3) 教育部基本科研业务费，项目号：N162504003，资助金额：12 万元。

(4) 教育部基本科研业务费，项目号：N130302006，资助金额：9 万元。

### 2 技术鉴定：

“大规模低成本无害化处理拜耳法赤泥技术”以及“钙化-碳化法高效利用中低品位铝土矿清洁生产氧化铝技术”两项核心技术于 2015 年 9 月通过中国有色金属工业协会鉴定，整体技术均达到国际领先水平。

### 3 发明专利：

(1) “一种钙化-碳化高铁赤泥回收铁及尾渣水泥化的方法”，专利号：ZL110055365A；

(2) “一种高铁赤泥提铁及直接水泥化的方法”，专利号：ZL109913604A；

(3) “一种拜耳法赤泥回填的方法”，专利号：ZL 109626849A；

(4) “一种钙化-碳化一步法处理拜耳法赤泥的方法”，专利号：ZL



106006688A;

(5)“一种通过多级碳化降低赤泥铝硅比的方法”,专利号:ZL 103964477A;

(6)“钙化-碳化法处理拜耳法赤泥过程中碱与铝的回收方法”,专利号:ZL 103934258A;

(7)“一种消纳拜耳法赤泥的方法”,专利号:ZL 102757060A;

(8)“一种基于钙化-碳化转型的生产氧化铝的方法”,专利号:ZL 102757073A。

#### 4 获奖:

(1) 47 届日内瓦国际发明专利展特别金奖;

(2) 2015 年可持续发展规划项目荣誉奖。

### 九、典型用户

该技术目前与魏桥铝电集团(20 万 t/a)达成工程化协议。山东魏桥铝电有限公司位于邹平经济开发区,是一家集热电铝业联产的民营企业。魏桥铝电集团成立于 2002 年 12 月,是集热电、氧化铝、电解铝、铝深加工于一体的特大型综合企业,氧化铝产能达到 1000 万 t 以上,是我国最大的氧化铝生产企业。

### 十、推广前景

预计未来 5 年内,本技术在全国的推广比例可达 15%,总投入约 20 亿元,年削减拜耳法赤泥 1500 万 t。