



# “无废城市”建设试点先进适用技术汇编 (第一批)

生态环境部固体废物与化学品司  
生态环境部环境发展中心  
2019年12月



---

# 目 录

第一章	危险废物领域 .....	1
1.	“旋风闪蒸-薄膜再沸+双向溶剂精制”废矿物油再生基础油成套装备技术 .....	1
2.	印制线路板氯盐酸性蚀刻液循环再生回用技术 .....	5
3.	电化学高效破乳处理废乳液技术 .....	9
4.	分子闪解白色垃圾（塑料）和油泥资源化利用技术及装备 .....	12
5.	工业油品在线系统净化循环再利用技术 .....	16
6.	水泥窑协同处置生活垃圾焚烧飞灰技术 .....	19
7.	危险废物处置-熔渣回转窑焚烧技术 .....	23
8.	危废焚烧飞灰、炉渣配制式高温熔融资源化利用技术 .....	28
9.	高温干热处置医疗废弃物设备及技术 .....	32
10.	医疗废物高温蒸汽处理技术 .....	36
11.	油基泥浆全价值回收利用一体化技术 .....	41
12.	钻井泥浆热解析处理资源化利用技术 .....	44
13.	浮渣和清罐底泥的减量化无害化处置技术 .....	48
14.	浮渣超临界水氧化技术 .....	52
15.	危险废物在线利用处置装置—XA 脱硫废液干法制酸技术 .....	55
16.	黄金冶炼氰化渣除氰和金属回收技术 .....	58
17.	黄金冶炼氰化渣除氰和金属回收技术 .....	61
18.	水煤浆气化及高温熔融协同处置废物技术 .....	64
19.	含砷重金属冶炼废渣治理与资源化利用技术 .....	68
20.	振频磁能加热废润滑油循环利用再生技术 .....	71
21.	工业润滑油电吸附净化还原技术与装备 .....	74
22.	含汞荧光灯管中稀土富集及综合利用技术 .....	78

23. 线路板低温物理削磨分离元器件技术 .....	80
24. 废电路板电子元器件自动拆解与资源化技术 .....	84
<b>第二章 工业固体废物领域.....</b>	<b>87</b>
1. 钒矿提制高纯钒系产品清洁生产关键技术 .....	87
2. 矿山采空区尾砂膏体充填技术 .....	91
3. 工业固废综合利用陶粒生产技术 .....	94
4. 利用粉煤灰提取氧化铝及废渣综合利用技术 .....	98
5. 钢渣法脱硫及副产物综合利用技术 .....	102
6. 钢铁烟尘及有色金属冶炼渣资源化清洁利用技术 .....	105
7. 工业连续化废轮胎热裂解生产线 .....	110
8. 报废汽车车身整体破碎及综合回收处理技术 .....	115
9. 节能型废轮胎自动化粉碎生产线及其成套设备 .....	118
10. 铸造固废处置和资源化利用关键技术 .....	121
<b>第三章 农业固废领域.....</b>	<b>125</b>
1. 秸秆生物质水稻无土育苗技术 .....	125
2. 生物质型炭及配套热源机 .....	129
3. 农业废弃物一体化智能好氧发酵技术及装备 .....	133
4. 有机固废高温快速发酵装备 .....	138
5. 畜禽粪污动态发酵生物干化技术 .....	141
6. 农、林、工业生物质固废热解气化清洁供热资源化利用技术 .....	144
7. 农业废弃物高温快速发酵生产有机肥技术 .....	149
<b>第四章 生活固废领域.....</b>	<b>153</b>
1. 偏远地区生活垃圾好氧发酵就地就近处置技术及装备 ...	153
2. 城乡混合有机垃圾共发酵技术及装备 .....	158

---

3. 城镇有机废弃物生物强化腐殖化技术 .....	163
4. 餐厨垃圾资源化利用、无害化处理工艺技术 .....	167
5. 有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理技术及装备 .....	171
6. 循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电技术 .....	176
7. 有机废弃物干式厌氧发酵技术及装备 .....	182
8. 有机垃圾（餐厨垃圾、绿化垃圾、城市污泥、粪渣污泥等）小 型化协同处理技术及装备 .....	187
9. 沿海餐厨垃圾好氧发酵资源化利用技术 .....	194
10. 利用河湖底泥及农业固废制备高性能蓄水材料 .....	199
11. 工程弃土快速多级原位分离及高效资源化利用技术 ....	203
12. 环保土体稳定技术 .....	208
13. 工程渣土多相分级处理成套技术及装备 .....	212
14. 预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术 .....	216
15. 建筑废弃物综合回收利用关键技术 .....	222
16. 建筑垃圾原位处置成套工艺技术 .....	226
17. 建筑垃圾小型模块化处理工艺及设备 .....	230
18. 大型多级液压往复翻动式炉排生活垃圾焚烧技术 .....	233
19. 铝塑复合包装废物湿法连续分离技术 .....	238
20. 纸塑铝复合包装材料精准分质再生利用技术 .....	242
21. 生活垃圾机械生物预处理和水泥窑协同处置技术 .....	247
22. 污泥低成本原位无害化处理和建材资源化利用技术 ....	255
23. 污泥深度脱水一体化系统工艺技术与成套装备 .....	259
24. 污泥闪蒸干化耦合热解气化技术 .....	264
25. 污染底泥原位治理与修复方法 .....	270

---

26. 污泥资源化处理技术 .....	275
27. 污泥热水解资源化处置成套技术 .....	279
28. 城市活性污泥原位减量工艺技术 .....	283
29. 新型高效市政污泥圆盘式蒸汽干化设备 .....	287
30. 市政污泥与餐厨垃圾分质分相高效协同厌氧消化技术 ..	291
31. 污泥低温物理深度减量化技术 .....	295
<b>第五章 信息化管理领域.....</b>	<b>299</b>
1. 智拓危险废物信息化智慧监管平台技术 .....	299
2. 基于互联网模式的垃圾分类回收系统解决方案 .....	304

---

## 第一章 危险废物领域

### 1. “旋风闪蒸-薄膜再沸+双向溶剂精制”废矿物油再生基础油成套装备技术

技术依托单位：安徽国孚润滑油工业有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：3万 t/a-20万 t/a 废矿物油再生基础油项目。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

原料废矿物油经系统内换热后常压闪蒸脱水、减压蒸馏脱除瓦斯油组份后，采用熔盐管式换热，进入旋风闪蒸-薄膜再沸减压蒸馏塔，料液高速旋转布膜，汽、液迅速彻底分离，塔壁外加热进行二次薄膜蒸发，上升汽体经低压力降（<200Pa）洗涤段、空塔段冷凝并收集后采出；采集的馏分油与双向溶剂混合萃取分层后，萃余液经升-降膜联合蒸发器脱去溶剂后，进汽提和真空脱气得到基础油产品；萃取液经四效蒸馏得到双向溶剂循环使用。

#### 二、主要技术指标

- 1、原料油加热介质（或炉膛）温度：400-600℃
- 2、原料废油加热温度：320-340℃
- 3、馏分油减压塔汽化段真空度：133.3-400Pa(1-3mmHg)
- 4、减压蒸馏渣油收率（原料无水）：8%-10%
- 5、剂油比（溶剂：馏分油）：1:0.8-1:1.5（V/V）

---

6、溶解萃取温度：60-80℃

7、溶剂回收压力：a.常压 b.减压：-0.090--0.095

8、汽提蒸汽压力：0.2-0.6MPa,用量(占油比)：0.02-0.04t/t

9、脱气真空度：-0.092--0.096。

### 三、技术特点

1、加热介质温度低 (<420℃) 和原料废油加热温度低 (<350℃)，避免了原料废油裂解、焦化；

2、极低的减压蒸馏塔全塔压力降 (<200Pa) 和旋风薄膜蒸发，提高基础油馏分油蒸出率，降低减压渣油收率 (<10%)；

3、双向溶剂萃取不仅提高基础油收率 (提高 3%~8%)；而且产品质量更优；

4、四效蒸馏降低能耗 (节能 30%以上)；

5、升-降膜联合蒸发效率高、投资少、节能。

### 四、技术推广应用情况

2017年11月15日,安徽国孚凤凰科技有限公司5万t/a废矿物油再生基础油项目已试产运行。

2018年12月4日,东营源庚化工有限公司年产10万t(一期5万t)分子蒸馏废矿物油再生基础油生产项目已正式运行。

## 五、实际应用案例

案例名称	“旋风闪蒸-薄膜再沸+双向溶剂精制”废矿物油再生基础油成套装备
业主单位	安徽国孚凤凰科技有限公司
工程地址	安徽省安庆市大观区大观经济开发区环城西路 10 号
工程规模	5 万 t/a 废矿物油再生基础油项目
项目投运时间	2019 年 07 月
验收情况	本项目目前正在试运行期，正在验收中（消防已验收通过）。生产出的产品随机检测产品全都达到或超过中石油颁布的《通用润滑油基础油质量标准》之 HVI 类指标。
工艺流程	废矿物油经过滤器过滤后预热送入脱轻闪蒸罐以及脱轻质油塔，将其中的水及轻质油脱除，脱轻后的原料油经熔盐换热器加热后送馏分油回收塔回收馏分油，150SN 馏分油、350SN 馏分油从塔中间取出，渣油从塔底取出，取出的 150SN 馏分油、350SN 馏分油经换热后经静态混合器和 N-甲基吡咯烷酮（NMP）混合后送入 NMP 层析器，之后用泵送入 NMP 萃取塔，NMP 层析器 NMP 相经换热后送入 NMP 再生塔。NMP 抽提的抽余油经换热后送入 NMP 回收塔，回收的 NMP 打回 NMP 层析器。150SN 基础油、350SN 基础油从塔底抽出，抽出的 150SN 基础油、350SN 基础油进入汽提塔汽提，汽提后的 150SN 基础油、350SN 基础油进入脱气塔脱出水分后得到合格的基础油产品（150SN 基础油和 300SN 基础油）。生产过程产生的轻油和渣油收集后作为副产品外卖。
主要工艺运行和控制参数	闪蒸进料温度 200℃；闪蒸罐顶压力 80KPaA；轻馏分蒸馏塔汽液混合进料温度 320/350℃，汽化段真空度 -0.0990/-0.0998；重馏分刮膜蒸发器真空度 -0.0990/-0.0998，剂油比 1:0.8/1:1.2（V/V），汽提蒸汽压力：0.2/0.6MPa，汽提蒸汽量：2-4%；150SN 脱气塔顶压力 4.0KPaA；350SN 脱气塔顶压力 4.0KPaA。



关键设备及设备参数	<p>熔盐换热器：换热量 200-250 万 kcal/h；</p> <p>旋风闪蒸-薄膜再沸蒸发器：汽化率 65%-80%、蒸发量 4.5-6.2t/h；</p> <p>刮膜蒸发器：蒸发量 120kg/m<sup>2</sup> h*21 m<sup>2</sup>；</p> <p>升降膜蒸发器：换热量 7 万-38 万 kcal/h；</p> <p>精馏塔：蒸发量 3-8t/h。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>本项目装置产生中的废气主要污染物为非甲烷总烃、易燃；废气全部采用负压吸收并送入导热炉内进行高温燃烧助燃，经充分燃烧后生成 SO<sub>2</sub>、经碱液充分洗涤达标后 NO<sub>x</sub>，经炉子的 30m 烟囱达排放。</p> <p>生产废水、生活废水、初期雨水经污水处理站，气浮、微电解、高级氧化、厌氧、缺氧、好氧处理达标合格后，外排至系统管网的污水处理站进行集中处理。</p>
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	投资为 4200 万-17000 万元。
运行费用	物耗费 87 元、能耗费 271 元、人员工资费 80 元、设备折旧费 66.7 元、维修管理费 20 元，总计 524.7 元。
能源、资源节约和综合利用情况	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、利用系统内热量换热实现轻馏分一次闪蒸分离，重馏分采用二次薄膜蒸发，提高蒸发效率降低能耗；</li> <li>2、使用升降薄膜技术使溶剂回收效率高、能耗低；</li> <li>3、采用多级换热，对系统内热能进行梯级利用，提高换热效率，降低系统外部供热能量；</li> <li>4、烟气余热加热空气二次利用，提高热能利用率。</li> </ol>

## 2. 印制线路板氯盐酸性蚀刻液循环再生回用技术

技术依托单位：深圳市洁驰科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：印制线路板生产过程中的图形转移酸性失效蚀铜液。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用阴、阳离子膜电解—电沉积氧化法对低 ORP 酸性蚀铜液进行氧化处理，同时回收铜，降低蚀铜液的铜离子含量使其得以循环利用。

### 二、主要技术指标

蚀刻液回用率：100%；再生液合格率：100%。

### 三、技术特点

采用无损分离工艺回收铜，不破坏蚀刻液原有的组成成份，使蚀刻液得以完全回用，使蚀刻生产线成为废物零排放的清洁生产线。

### 四、技术推广应用情况

本项目技术已在多家印制电路板企业中应用。

### 五、实际应用案例

案例名称	印制电路酸性蚀刻液循环再生系统
业主单位	深圳松维电子股份有限公司
工程地址	深圳市宝安区沙井街道办沙头第四工业区第一栋
工程规模	年处理量 1200t

项目投运时间	2013 年 6 月
验收情况	验收单位：深圳市人居环境委员会，验收时间：2015 年 12 月 16 日，验收结论：达到设计需求，经验收合格，同意该项目主体工程正式投入运行。
工艺流程	<p>蚀刻线上的酸性蚀刻液在蚀刻过程中，<math>\text{Cu}^{2+}</math>逐渐还原为<math>\text{Cu}^+</math>，ORP 不断下降，需添加氧化剂来氧化<math>\text{Cu}^+</math>以维持其 ORP，随着蚀刻过程进行，铜含量逐渐饱和，蚀刻速度变慢，溶液极不稳定，不能满足蚀刻工序要求，此时蚀刻液成为废液而被排放，同时补充高 ORP、低铜含量的新蚀铜液。</p> <p>采用阴、阳离子膜电解—电沉积氧化法对低 ORP 酸性蚀铜液进行氧化处理，同时回收铜，降低蚀铜液的铜离子含量使其得以循环利用，其基本原理包括以下：</p> <p>1、阴离子膜电解法取代氧化剂</p> <p>低 ORP 的酸性蚀刻液经阴离子膜电解槽的阳极，蚀刻液中一价的铜离子在阳极失去电子生成二价的铜离子，这样可以降低蚀刻液中一价铜离子的含量，提高二价铜离子的含量，从而提高蚀刻液的氧化能力，取代蚀刻工序所使用的氧化剂，保证蚀刻工艺稳定进行；同时也使氯元素得以回用至蚀刻液中得到了循环再生利用。</p> <p>电解反应机理：</p> <p>阳极：<math>2\text{Cu}^+ - 2\text{e} = \text{Cu}^{2+}</math></p> <p>阴极：<math>2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2</math></p> <p>2、阳离子膜电沉积法循环利用蚀刻液</p> <p>高铜含量的蚀刻液经阳离子膜电沉积槽回收铜后，蚀铜液中铜含量降低，基本无其它元素参与反应和损失，达到返回蚀刻液继续使用技术标准。由此形成蚀铜液循环利用。</p> <p>电沉积反应机理：</p> <p>阳极：<math>2\text{OH}^- - 2\text{e} = 2\text{H}^+ + \text{O}_2</math></p> <p>阴极：<math>\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- = \text{Cu}^+</math>    <math>\text{Cu}^+ + \text{e}^- = \text{Cu}</math></p>
主要工艺	蚀刻液回用率：100%

运行和控制参数	蚀刻废液排放率：“零”排放； 再生液合格率：100% 阴极铜纯度：99.90%以上 再生蚀刻液技术指标 蚀刻因子： $\geq 3.0$ 蚀刻速率：1.2-1.8mil/min 酸度：2.0-3.0 ORP：500-600mv 高含铜量：110-160g/L
关键设备及设备参数	电流密度：0.5-3ASD 温度：20-40℃ 循环流量：60-100L/min
污染防治效果和达标情况	废蚀刻液应用前含量 1200t/a，应用后含量为零，去除率 100%，年减排 1200t。铜应用前含量 140-150g/L，应用后含量为零，去除率 100%，年减排 120t。COD 应用前含量 900mg/L，应用后含量为零，去除率 100%，年减排 1.08t。氯离子应用前含量 200g/L，应用后含量为零，去除率 100%，年减排 240t。
二次污染治理情况	产生的次氯酸钠与三氯化铁用于废水站原材料使用。
投资费用	总投资：300 万元，设备投资：275 万元，场地、基础投资：25 万元。
运行费用	1、氧化剂：吨用量 0.5t，2400 元/t，共计 1200 元； 2、盐酸：吨用量 1t，600 元/t，共计 600 元； 3、电费：吨用量 5000 度，0.8 元/度，共计 4000 元； 4、水费：吨用量 50 吨，5 元/t，共计 250 元； 5、离子膜（一年半更换）：45m <sup>2</sup> ，800 元/m <sup>2</sup> ，共计 250 元（折合吨铜价）； 6、阳极片（一年半更换）：36 片，5000 元/片，共计 2333 元（折合吨铜价）； 7、设备维护：300 元； 8、人工工资：4 人，3500 元/人，共计 1400 元； 9、吨铜总成本：10333 元/t（按照 10000 元/t 计算）。

能源、资源 节约和综 合利用情 况	<p>每月能处理 100t 蚀刻废液，并在此量的蚀刻液中提炼出 10t 左右的铜，按现行铜价 6.0 万元/t 计算，每月可产生的直接效益为 60 万元。处理 100t 的废液可以得到约 100t 的再生蚀刻液，按每吨蚀刻液 0.15 万元计算，其直接效益为 15 万元。扣除运行成本以及废液收益，可实现 350 万元/a 的经济净效益。</p> <p>酸性失效蚀铜液除了含有高浓度的铜离子外，还含有大量的氯化物、有机添加剂等成份，该体系通过使废液再生循环使用，实现了蚀刻废液的零排放。设备一年可以减少 1200t 废水的排放，彻底消除了由于废液的外排而产生的环境污染，减轻了企业的环保压力，同时回用的蚀刻液降低了企业的生产成本，提供了企业的竞争力。</p>
----------------------------	---

---

### 3. 电化学高效破乳处理废乳液技术

技术依托单位：福建方明环保科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用于有色金属加工行业，针对机械加工、金属压延、切削、研磨等加工过程中产生的废乳液、废切削液的处理。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

该技术运用了“电聚凝—电催化氧化技术”处理废乳液。首先通过电聚凝技术实现废乳液高效破乳，通过三维电极聚凝使废乳液的乳化状态被打破，同时电解时阴极析出的氢气能形成大量微小的气泡，具有良好的气浮分离效果，并通过絮凝沉淀实现污染物的分离。然后经过电催化氧化反应单元的特殊催化反应作用，在反应单元内产生（OH）羟基自由基，由于羟基自由基具有极强的氧化性，水中有机物在催化和氧化的同时作用下，复杂大分子结构的分子链被打断成小分子结构，并被逐渐降解成 CO<sub>2</sub> 回归到空气中，以达到降解有机污染物的目的。处理后的水达标排放，处理过程产生的污泥经叠螺压滤机脱水后，泥渣外运交由有资质的危废处理公司处理。

#### 二、主要技术指标

出水水质的各项指标达到了《污水综合排放标准》

(GB8978-1996)中的三级标准。COD 的去除效率达到 99% 以上，石油类去除率到 98%以上，SS 的去除效率达到 99% 以上。

### 三、技术特点

有效解决了废乳化液原有处理传统技术消耗大量破乳剂、破乳效果不理想、破乳后废液难以处理、处理成本极高等问题，减少了处理过程中产生的二次污染（无废气产生，固渣减量化）。处理装置操作简单、无安全隐患。处理后的污水可完全达到排放标准，实现废乳化液的合理化处理。

### 四、技术推广应用情况

已成熟运用于全国各地多家大型国企及上市企业，投入使用时间最长的项目已将近 5 年，项目经调试后均合格验收。

### 五、实际应用案例

案例名称	广西正润新材料科技有限公司热轧机设备升级改造（乳液处理）项目
业主单位	广西正润新材料科技有限公司
工程地址	广西贺州市电子科技园天贺大道 3 号
工程规模	废乳液处理设备的日处理量为：5m <sup>3</sup> /d
项目投运时间	2018 年 7 月 19 日
验收情况	验收单位：广西正润新材料科技有限公司 验收时间：2018 年 11 月 1 日 验收结论：符合合同要求，同意验收，设备正式移交使用。
工艺流程	废乳液经管网收集后进入集水池，在调节池内进行水质水量均衡后经水泵抽入电絮凝系统中，通过电絮凝作用破乳并去除大部分乳化油脂及固体悬浮物等。电絮凝出水进入混凝沉淀塔经

	<p>化学絮凝沉淀后，上清液流入电催化氧化系统继续处理。处理后废水进入混凝沉淀塔进行化学絮凝沉淀，沉淀后出水即可达标排放。</p> <p>沉淀塔 1、2 的沉渣通过污泥泵抽入废渣塔，经叠螺压滤机处理后固渣外运处理。每一个混凝沉淀塔均配备有自动加药系统，可以实现药剂加入的自动化控制。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>1、电絮凝工艺：pH 调节至 4-6，停留时间 24h，电流 150A，电压 10v；</p> <p>2、混凝沉淀 1 工艺：pH 调节至 8 左右，加 PAC、PAM，沉淀停留时间 4h；</p> <p>3、电催化氧化工艺：pH 调节至 5-6，停留时间 1h，电流 50A，电压 35v；</p> <p>4、混凝沉淀 2 工艺：pH 调节至 8 左右，加 PAC、PAM，沉淀停留时间 4h。</p>
关键设备及设备参数	<p>1、电絮凝反应器 5 套，总有效容积 25m<sup>3</sup>单套装机功率：7.5kw；</p> <p>2、电催化氧化反应器 5 套，单套装机功率：7.5kw；</p> <p>3、混凝沉淀塔 4 座，单座有效容积 1m<sup>3</sup>。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>广西正润新材料科技有限公司已于 2018 年 10 月 11 日委托第三方检测公司--广西海沁天诚技术检测服务有限公司对废乳液处理设备的终端出水进行检测，出水水质的各项指标达到了《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准，三级标准的排放标准分别为：pH=6-9，COD≤500mg/L，BOD<sub>5</sub>≤300mg/L，石油类≤20mg/L，NH<sub>3</sub>-N 无限值，SS≤400mg/L，阴离子表面活性剂≤20mg/L。</p>
二次污染治理情况	<p>废乳液经设备处理后无二次污染产生。</p>
投资费用	<p>253.8 万元。</p>
运行费用	<p>电耗 34.8 元/t，药剂 14.1 元/t，人工成本 33.2 元/t，设备折旧费 92.7 元/t，维修管理费 6.6 元/t，合计 181.44 元/t。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>如果废乳化液交给第三方危废单位处理，以每吨费用 3000 元计，每年产生 1500t 废乳化液，将产生危废处理成本 450 万元。</p>



---

#### 4. 分子闪解白色垃圾（塑料）和油泥资源化利用技术及装备

技术依托单位：辽宁索能环保能源科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：油泥、白色垃圾（塑料）等有机废弃物资源化利用。

主要技术指标和参数：

##### 一、工艺路线及参数

根据不同的有机固体废物，在一定的温度（油泥 650℃、塑料 550℃）一定反应时间（油泥 0.01s、塑料 0.02s）、绝氧条件下，使有机固废（油泥含水率 10-50%）在主炉反应釜将有机质高分子链闪解成多个低分子。并将气态有机物分子迅速驱离主炉反应釜（1s）到第二工作室冷凝控制仓，根据不同固体废物，也可添加化学添加剂，进行必要的化学反应，再应用大数据算法和传感器技术，控制冷凝产生尽量多的油（油泥出油率 30-50%，塑料 50-70%）、气、碳、渣（均回收利用）。

##### 二、主要技术指标

固体废物油泥削减率 80-90%，出油率 30-50%，下游客户可做原料油提炼汽、柴油，自产气 C1-C4 回炉做继续加热燃料，有价值的气 C5-C7 通过膜技术回收再利用可外售，C8-C9 通过离心机回收利用，经绝氧高温设计膜技术应用，二噁英零排放。剩余 10-20%为沙土废渣，残油含量小于 0.01%。

### 三、技术特点

系统自动化、智能化封闭式绝氧、连续运行，二级除尘水循环设计，实现固体废物处理的无害化和资源化，无二次污染。

### 四、技术推广应用情况

2019年1月，一代设备，在中国石油辽河油田锦州采油厂投产运行，处理油泥和废弃塑料包装物。

2019年9月，二代设备在辽宁省鞍山市台安县韭菜苔镇投产运行，处理附近村庄历史遗留油渣。日产量70t/d，出油率稳定在40-50%。

### 五、实际应用案例

案例名称	中国石油辽河油田锦州采油厂油泥、废塑料分子闪解逆还原为油的资源化利用项目
业主单位	盘锦辽河油田华联实业集团有限公司
工程地址	辽宁省锦州市凌海市前卢家段锦采作业四区
工程规模	处置油泥150t/d、废塑料100t/d
项目投运时间	2019年1月
验收情况	经相关部门聘请辽宁省环保专家，对有机废弃物回收再利用项目进行实地查勘、论证，形成专家意见：项目生产满足《废矿物油回收利用污染控制技术规范》、《废塑料回收与再生利用污染控制技术规范》的相关要求，同时要求处置单位采取严格污染防控措施，避免二噁英、重金属等持久性污染物。 项目施工方：索能环保聘请天津津滨华测产品检测中心有限公司现场检测：二噁英排放为零。经华测检测认证集团股份有限公司其他高分子化学项目检测—油泥残油含量ND(≤0.1%)符合标准，业主单位和上级管理单位验收合格。

工艺流程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、自动进料装置；</li> <li>2、传感器自控系统；</li> <li>3、自产气膜回收系统；</li> <li>4、残渣处理系统；</li> <li>5、自动分类出油系统。</li> </ol>
主要工艺运行和控制参数	<p>索能环保分子闪解技术处理固体废物（油泥和塑料），经前端抓钩机操作上料，经撕碎机自动粉碎、自动传送系统保证上料供应率不低于 80%、通过外置燃气自动点燃主炉、使反应釜升温到 550℃-650℃稳定的温度（传感器自动控制）开始投料，固体废物无氧状态进入主炉反应釜、经温控干流、碳灰二次分离、气态油冷却，油气干馏冷却后的不凝气作为主炉燃料，固体废物在 0.01s 时间内分子链打开，小分子闪速分解产生雾状气态有机物，并将气态有机物停留 2s 充分反应后后驱离反应釜到冷凝控制仓，经冷凝处理系统产生液态油，应用大数据算法和传感器技术控制出尽量多的油（30%-60%），自产气 C1-C4 回炉做燃料，有价值的气 C5-C7 通过膜技术回收再利用可外售,C8-C9 通过离心机回收利用，二级除尘后的残渣、碳粉循环水状态排出落到净化池，生产过程无废水、无灰尘。</p>
关键设备及设备参数	<p>撕碎机功率 96kw，撕碎颗粒 2cm 以内，自动上料系统传输功率 7.5kw，进料系统功率 7.5kw，主反应釜功率 48kw，设计能力：油泥 5t/h、白色垃圾 3t/h，离心机除尘 11kw，离心机除油 15kw。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>固体废物油泥削减率 80%-90%，剩余为沙土 10%-20%，下游循环再利用，生产过程近三无排放：废水零排放、废气二噁英零排放（优于中国标准 0.5TEQng/m<sup>3</sup> 和国际 POPs 公约 0.1TEQng/m<sup>3</sup> 排放标准）、废渣残油含量 ND(≤0.1%)。符合《废矿物油回收利用污染控制技术规范》、《废塑料回收与再生利用污染控制技术规范》。</p>
二次污染治理情况	<p>一个大系统智能化、安全化封闭绝氧运行，无二次污染、无废水排放、无飞灰排放，自产气组分 C1-C4 回炉做燃料,C5-C7 通过膜技术回收再利用可外售，C8-C9 通过离心机回收利用；碳可做蜂窝煤、机制炭。废渣可应用于建筑工程、成型建材及其他生态治理、生态修复等领域；整体设计、运营无二次</p>

	污染。
投资费用	总投资 800 万元，其中：设备投资 700 万，基础设施建设 100 万，设备制造一个月，场地建设周期一个月（可与设备制造同步），设备安装及试产一个月，二个月投入运营。
运行费用	运行物耗（根据不同固体废物自制添加剂）、能耗（电费、天然气）、人员工资、设备折旧、维修管理、税金等费用，折算综合运行成本 380 元/t（油泥）-600 元/t（油渣、塑料）。
能源、资源节约和综合利用情况	对比现有热脱附技术大比例节约能源和资源，大产出综合利用价值，同时生产过程废水、废气、飞灰、废渣近乎零排放，各种资源充分得到循环利用，净化空气、修复土壤、节约资源、再造能源、保护环境。

---

## 5. 工业油品在线系统净化循环再利用技术

技术依托单位：青海晶和节能环保技术服务有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：未经混合的工业企业各种油品，且闪点 $>60^{\circ}\text{C}$ ，运动粘度（ $40^{\circ}\text{C}$ ， $\text{mm}^2/\text{S}$ ） $>3-350$ （变压器油除外）。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

利用人体血液透析原理，采用离心技术，完全物理净化。将净化设备进油口连接到工业企业液压电站主油箱放油口，将净化设备的出油口连接到工业企业液压电站顶部加油口，形成循环过滤条件，通过多次循环过滤，在不加温、不添加任何化学试剂的情况下对液压设备运行中使用的油品全系统实施油水、油渣、油气分离保养。使过滤后的油品 98% 以上达到循环再利用条件，并且利用离心分离方式有效的在液压设备不停机的状态下对液压设备全系统进行净化养护。

### 二、主要技术指标

按照油品清洁度 NAS1638 7 级标准实施全系统管道在线净化。

### 三、技术特点

净化设备进油口连接到工业企业液压电站主油箱放油口，净化设备的出油口连接到工业企业液压电站顶部加油口，形成循环过滤条件，不加温、不添加任何化学试剂，利

用人体血液透析原理，采用离心技术，完全物理净化。

#### 四、技术推广应用情况

该技术应用的工业领域有：钢铁、铝加工、锻压、建材、不锈钢制造、电解铜、煤焦化、石油企业成品油。

#### 五、实际应用案例

案例名称	西宁特钢液压大剪、小棒线、三炼钢全工艺生产线液压系统油品在线净化
业主单位	西宁特钢股份有限公司
工程地址	西宁市城北区西宁特钢生产现场
工程规模	343t，共计 1717 桶
项目投运时间	2014 年 1-6 月份
验收情况	2014 年 1-6 月份项目，7 月 1 日全部完工并结算。
工艺流程	将净化设备进油口连接到工业企业液压油站主油箱放油口，将净化设备的出油口连接到工业企业液压油站顶部加油口，形成循环过滤条件，通过多次循环过滤，在不加温、不添加任何化学试剂的情况下对液压设备运行中使用的油品全系统实施油水、油渣、油气分离保养。使过滤后的油品 98% 以上达到循环再利用条件，并且利用离心分离方式有效的在液压设备不停机的状态下对液压设备全系统进行净化养护。
主要工艺运行和控制参数	按照油品清洁度 NAS1638 7 级标准实施全系统管道在线净化，水包油乳化液，先进行破乳化除水，然后分步取样分析直至水及清洁度完全达标。
关键设备及设备参数	JH-216 离心式净油机，压力：0.15-0.40 Mpa，流量：38-48 L/min，离心筒转速：8000-10000 r/min，水分离效率：96%。
污染防治效果和达标情况	99% 以上未混合的单一品种成品油完全实现循环再利用。

二次污染治理情况	在线净化后的微量残余物与业主单位的其他混合无法实现净化的废油一同交由有资质单位回收处置。
投资费用	6 台设备，5 个人员，一辆移动车辆共计需要 150 万。
运行费用	电耗：3KA/h，人工费：1000 元/台，设备折旧费：350 元/台，交通费、易损件、管理费等大约 4800 元/m <sup>3</sup> 。
能源、资源节约和综合利用情况	除变压器油外，未混合的各类型工业企业成品油 99% 都可循环再利用。

---

## 6. 水泥窑协同处置生活垃圾焚烧飞灰技术

技术依托单位：北京金隅琉水环保科技有限公司、北京中科国润环保科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：单线熟料生产规模 2000t/d 及以上的水泥窑协同处置生活垃圾焚烧飞灰。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

飞灰经逆流漂洗、固液分离后，利用篦冷机废气余热烘干，经气力输送到水泥窑尾烟室作为水泥原料煅烧。洗灰水经物化法沉淀去除重金属离子和钙镁离子，沉淀污泥烘干后与处理后飞灰一并进入水泥窑煅烧；沉淀池上部澄清液经多级过滤、蒸发结晶脱盐后全部回用于飞灰水洗。窑尾烟气经净化后达标排放。处理 1t 飞灰综合用水量约 0.7-1.0t。

### 二、主要技术指标

飞灰经水洗处理可去除 95% 以上氯离子和 70% 以上钾钠离子，处理后飞灰中氯含量小于 0.5%。

### 三、技术特点

集成飞灰逆流漂洗、气流烘干、水泥窑高温煅烧以及洗灰水多级过滤、蒸发结晶等关键技术，实现焚烧飞灰的无害化、减量化和资源化。



#### 四、技术推广应用情况

2012年，北京金隅琉水环保科技有限公司水泥窑协同处置飞灰生产线一期达产运行，年处置垃圾焚烧飞灰3万t。

2018年，北京金隅琉水环保科技有限公司水泥窑协同处置飞灰生产线二期达产运行，年处置垃圾焚烧飞灰4万t。

#### 五、实际应用案例

案例名称	北京金隅琉水环保科技有限公司水泥窑协同处置垃圾焚烧飞灰项目
业主单位	北京金隅琉水环保科技有限公司
工程地址	北京市房山区琉璃河车站前街1号
工程规模	处置生活垃圾焚烧飞灰7万t/a
项目投运时间	一期工程（3万t/a）投运时间：2012年11月 二期工程（4万t/a）投运时间：2018年4月
验收情况	一期工程： 验收单位：北京市环境保护局 验收时间：2015年6月3日 验收结论：项目基本落实环评批复要求，经验收合格，同意该项目主体工程正式投入运行。 二期工程： 2018年11月23日，通过北京市生态环境局的竣工环保验收批复。
工艺流程	该技术主要包括水洗飞灰、污水处理、水泥窑协同处置等三部分。 1、飞灰水洗部分：将专用运输车送来的飞灰通过气力输送管道送入飞灰储仓。飞灰从储仓中经计量后输送到搅拌罐中与计量好的水混合洗涤，料浆经固液分离设备后，进入气流烘干机，烘干机采用熟料篦冷机废气作为热源，在烘干机内，飞灰通过与热废气直接接触的方式进行烘干处理，最终形成预处理后飞灰，然后进入料仓作为水泥原料备用。滤液进入飞灰水洗液处理单元处理。

	<p>2、污水处理部分：洗灰产生的滤液，即飞灰水洗液，除含有氯、钾、钠及重金属离子外，还有少量悬浮物，经物理沉淀后加入化学试剂将重金属离子和钙镁离子沉淀，钙镁污泥和含带重金属的少量污泥与飞灰一同经烘干机烘干后进入飞灰料仓。沉淀池上部的澄清液经粗滤及精滤后通过蒸发结晶工艺设备进行盐、水分离，冷却水作为清水回用于水洗飞灰部分。</p> <p>3、水泥窑协同处置部分：烘干后的飞灰和沉淀污泥，利用气力输送设备通过密封管道直接输送到 1000℃的窑尾烟室，进入水泥窑煅烧。</p>
主要工艺运行和控制参数	水洗处理后飞灰中 $K_2O$ 、 $Na_2O$ 和 $Cl$ 通过蒸发结晶实现盐分离，而 $Si$ 、 $Al$ 、 $Fe$ 和 $Ca$ 在飞灰中的百分含量随之升高，经水洗处理后的飞灰中 $Cl$ 含量小于 0.5%。
关键设备及设备参数	液下浆渣泵 YW50 设计能力 20t/h，水洗搅拌罐有效容积 15m <sup>3</sup> ，卧螺离心机 LW580 设计能力 18t/h，立式气流烘干机设计能力 6t/h，烘干收尘器 FDM112 设计能力 80000m <sup>3</sup> /h，新型回转式水泥窑 4m×60m（日产 2000t 水泥熟料），五级旋风预热器 TSD 预分解系统设计能力 160t/h。
污染防治效果和达标情况	飞灰经水洗处理可去除 95% 以上氯离子和 70% 以上钾钠离子，处理后飞灰中氯含量小于 0.5%。水泥产品符合《通用硅酸盐水泥》（GB175-2007）有关要求。
二次污染治理情况	飞灰烘干、飞灰料仓废气排放符合北京市《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2007）；水泥窑烟气符合《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》（GB30485-2013）、北京市《危险废物焚烧大气污染物排放标准》（DB11/503-2007）和北京市《水泥工业大气污染物排放标准》（DB11/1054-2013）对应的最高允许排放浓度限值。水泥熟料可浸出重金属含量符合《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB30760-2014）中限值。
投资费用	一期 8000 万元；二期 9000 万元。
运行费用	能源消耗 320-400 元，化学辅料 350 元，人工成本 175-200 元，制造费用 500-500 元（含折旧费），合计运行成本约

---

	1500 元/t 飞灰。
能源、资源 节约和综 合利用情 况	生活垃圾焚烧飞灰无害化、资源化利用。

---

## 7. 危险废物处置-熔渣回转窑焚烧技术

技术依托单位：新中天环保股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：对危险废物终端处置进行预处理，可应用于大多数危险废物焚烧处置中心或者大中型企业配备相关危险废物焚烧处置的车间。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

工艺路线：危险废物经贮存、配伍和预处理后，经进料设备送入熔渣回转窑进行高温焚烧（1000℃以上），熔渣浸出毒性极低，满足国际国内资源综合利用标准，无需常规焚烧炉残渣固化填埋处理，可以进行资源综合利用或一般填埋处理；回转窑内产生的烟气经窑尾进入二燃室，通过二燃室的燃烧器将燃烧室温度加热到 1100℃以上（处理 PCBs 时 1200℃以上），使烟气中的微量有机物及二噁英得以充分分解，确保危险废物充分燃烧完全；采用急冷、干法脱酸、袋式除尘和湿法脱酸组合方式对烟气进行处理，抑制二噁英的再生成，同时保证其他排放物达到国家或国际相关标准要求。采用耐腐蚀、防结焦的全膜式壁危险废物焚烧余热锅炉，彻底解决了余热锅炉结焦堵塞、易腐蚀的问题。生成的灰渣和飞灰由专门设备收集，进行直接资源综合利用或填埋。采用电气自控及烟气在线监测系统，提高产品自动化控制水平

及工艺的可靠性，且安全可靠，操作强度低。

关键参数：焚烧效率： $\geq 99.9\%$ ；焚毁去除率： $\geq 99.99\%$ （处理 PCBs 时 $\geq 99.9999\%$ ）；污染物排放：优于国家标准 GB18484-2001《危险废物焚烧污染控制标准》，根据用户需要可以达到欧盟最新排放标准（EU2000-76）。

## 二、主要技术指标

回转窑运行温度： $\geq 1000^{\circ}\text{C}$ ，二燃室运行温度： $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ （处理 PCBs 时 $\geq 1200^{\circ}\text{C}$ ），二燃室烟气停留时间： $\geq 2\text{s}$ 。

## 三、技术特点

有效实现入炉含氯有机废物的量（如多氯联苯等），从源头减少垃圾焚烧二噁英生成的氯来源，酸性污染物、重金属及碱金属入炉量得到合理控制，余热锅炉和烟气净化设备的腐蚀减轻。

## 四、技术推广应用情况

已在重庆市长寿区危险废物处置中心、重庆市璧山危险废物处置中心、南京市危险废物处置中心、徐州危险废物处置中心等 20 多个危废处置中心进行应用。

## 五、实际应用案例

案例名称	危险废物预处理-熔渣回转窑技术-重庆长寿危险废物处置中心焚烧系统
业主单位	重庆天志环保有限公司
工程地址	重庆市长寿化工园区
工程规模	处置危险废物 48t/d
项目投运	2007 年 10 月

时间	
验收情况	已通过各项验收
工艺流程	<p>1、废物的贮存、配伍和预处理、进料系统：有效减小了危险废物组成、危险废物含水量等因素对固有燃烧装置的燃烧质量极大影响，减少造成二次污染的现状；</p> <p>2、熔渣回转窑焚烧：核心处理部分，熔渣形成类玻璃状颗粒物，浸出毒性极低，满足国际国内直接资源综合利用标准，最大程度实现危险废物处置减量化和无害化；</p> <p>3、二燃室处理：回转窑内产生的烟气经窑尾通过二燃室的燃烧器将温度加热到 1100℃ 以上，使烟气中的微量有机物及二噁英得以充分分解，分解效率超过 99.99%；</p> <p>4、余热锅炉：一方面对烟气降温，另一方面产生蒸汽用于工艺及生活使用；</p> <p>5、净化系统：由急冷塔、干法脱酸、袋式除尘器和湿法脱酸组成，根据用户的要求可以分别达到国家及欧盟排放标准；</p> <p>6、烟风系统：排放处理达标的烟气及给焚烧炉补充燃烧空气；</p> <p>7、灰渣、飞灰收集：通过刮板出渣机刮板输送机、螺旋输送机或气力输送机完成收集或净化；</p> <p>8、电气自控与烟气在线监测：通过 DCS 自控系统和 MCC 电气控制系统完成自动或机械操作；同时采用烟气在线监测系统。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>1、处理规模：48t/d；</p> <p>2、回转窑运行温度：≥1000℃；</p> <p>3、二燃室运行温度：≥1100℃（处理 PCBs 时≥1200℃）；</p> <p>4、二次燃烧室烟气停留时间：≥2s；</p> <p>5、焚烧效率：≥99.9%；</p> <p>6、焚毁去除率：≥99.99%（处理 PCBs 时≥99.9999%）；</p> <p>7、焚烧残渣的热灼减率：&lt; 5%；</p> <p>8、年运行时间：≥7920h，设备连续运行时间≥3960h；</p> <p>9、污染物排放：优于国家标准《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001），根据用户需要可以达到欧盟最</p>

	新排放标准 (EU2000-76)。
关键设备及设备参数	采用高温熔渣焚烧技术,回转窑温度控制在 1000℃以上,二燃室温度控制在 1100℃以上(处理 PCBs1200℃以上),余热锅炉出口烟温 >500℃,急冷塔出口烟温 <200℃,烟气停留时间大于 2s,焚毁去除率超过 99.99%,燃烧效率超过 99.9%;采用急冷、活性炭喷射、脱酸、袋式除尘等高效尾气净化技术,可将尾气中的二噁英等污染物指标控制在国家标准内,焚烧炉出口烟气氧含量(干气) 6-10%;炉渣、飞灰产生率低于 20%,热灼减率低于 5%,浸出毒性仅为国家标准的百分之一以下。
污染防治效果和达标情况	二次污染物主要为炉渣、飞灰、烟气(二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、烟尘等)、渣场渗滤液等。均符合《危险废物焚烧污染控制标准》(BG18484-2001)。
二次污染治理情况	酸性气体通过循环硫化床、湿法脱酸塔脱酸去除,烟尘通过布袋除尘去除,均达标排放。 焚烧产生的炉渣和飞灰,炉渣进行填埋场填埋处置,飞灰经固化达标后填埋处置。 填埋场渗滤液收集后,经污水处理车间进行处置,达标后外排。
投资费用	该项目设计标准处置规模为 48t/d,总投资 4800(2007年)万元,其中,设备投资约 4000(2007年)万元;主体设备寿命大于 15年。
运行费用	焚烧系统运行费用约 1500元/t(包括直接运行费与固定费用:辅助燃料、水电、药剂、折旧费、固定资产税及原材料费、维修费、人工费、管理等)。 以典型处置能力 50t/d 为准,年处理危险废物量约为 16000t,年直接经济效益可达 750万元。地区专项整治及专项培训每年可收入 80万元以上;正在制订的相关国家标准“玻璃化标准”颁布后可以实现焚烧残渣资源化综合利用,产生一定的经济效益;此外,由于本产品的投入还可以为企业节省减免排污费和罚款 300万以上。因此,每套典型规模的本产品年经济效益约为 1200万元左右。

<p>能源、资源节约和综合利用情况</p>	<p>焚烧产生的炉渣和飞灰，炉渣进行填埋场填埋处置，飞灰经固化达标后填埋处置。炉渣、飞灰产生率低于 20%，热灼减率低于 5%，焚毁去除率大于 99.99%。焚烧残渣类玻璃体，浸出毒性极低，满足欧盟、美国 EPA 资源综合利用标准，可以节省灰渣固化填埋费用，直接进行填埋，最大程度的减少了再处置的量。</p> <p>酸性气体通过循环硫化床、湿法脱酸塔脱酸去除，烟尘通过布袋除尘去除。烟气处理设施达到环保要求合法排放。</p> <p>填埋场渗滤液进行收集后，进行污水处理车间进行处置，达标后外排。二次污染物主要为炉渣、飞灰、烟气（二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、烟尘等）、渣场渗滤液等。经国家环境检测中心及中国赛宝实验室分析检测，相关参数均符合国家标准要求。</p>
-----------------------	--



---

## 8. 危废焚烧飞灰、炉渣配制式高温熔融资源化利用技术

技术依托单位：上海煜工环保科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：危废焚烧所产生的飞灰、炉渣，生活垃圾焚烧飞灰，含重金属污泥等含重金属类废物。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

危废焚烧炉渣先通过预处理设备进行磁选、破碎、干燥、粉碎，再与飞灰、石英砂等辅料进行配料、均匀混合后送入熔融炉上部料仓，料仓设有称重装置，其下方设有可调速螺旋给料器，可以按设定值向熔融炉内连续给料，熔融炉热源为天然气，顶部设有主燃烧器，炉床位置设有辅助燃烧器，熔融炉温度 $\pm 1350^{\circ}\text{C}$ ，物料在熔融炉内吸热熔融后，由出渣口落入熔融炉下部的水封刮板出渣机水中，出渣机冷渣水温 $< 50^{\circ}\text{C}$ ，经过水冷淬以玻璃体熔渣的形式连续排出，高温烟气经余热回收降温后由引风机送入1号线焚烧炉内，烟气经净化后达标排放。

### 二、主要技术指标

危废焚烧飞灰、炉渣经配制式高温熔融后，玻璃含量 $> 85\%$ ，密度 $> 2.45$ ，含水率 $< 1$ ，亲水系数 $< 1$ 。

### 三、技术特点

集成了危废焚烧飞灰、炉渣干燥、配料、高温熔融、水淬等关键技术，降低了熔融温度，减少熔融成本，保证了熔渣的高玻璃含量，产品更安全，实现危废焚烧飞灰、炉渣的无害化、减量化和资源化。

### 四、技术推广应用情况

2019年，上海奕茂环境科技有限公司危废焚烧飞灰、炉渣高温熔融资源化利用生产线完成调试运行，年可处置危废焚烧飞灰、炉渣 7200t。

### 五、实际应用案例

案例名称	上海奕茂环境科技有限公司危废焚烧飞灰、炉渣配制式高温熔融资源化利用项目
业主单位	上海奕茂环境科技有限公司
工程地址	上海市奉贤区苍工路 1699 号
工程规模	处置危废焚烧飞灰、炉渣 7200t/a
项目投运时间	2019 年 8 月
验收情况	自主验收 报告编制单位：上海恒奕环境科技有限公司 验收时间：2019 年 9 月 3 日 验收结论：项目基本落实环评批复要求，飞灰储运、输送、预处理采取了密闭措施，含尘废物集中收集处理达标排放，固定噪声源采取了隔声减震措施；飞灰、炉渣（危险废物）按规定收集、贮存，调试期间全部进入熔融炉高温熔融处置；已制定环境应急预案并备案；项目废气进入 1#危废焚烧炉内，其配套大气污染物排放自控监控设备，其中 1#危废焚烧线尾气的主要检测项目包含一氧化碳、氧量、氯化氢、二氧化硫、氮氧化物、颗粒

	物、湿度等；经验收合格，整个项目准备申请危废正式经营许可证。
工艺流程	<p>该技术主要包括炉渣预处理、配料、高温熔融等三部分。</p> <p>1、炉渣预处理部分：将刮板出渣机出来的炉渣通过破碎、磁选和链板输送到干燥机内干燥，干燥后的炉渣通过破碎、磁选、筛分后送到球磨机进行粉碎，粉碎后的干粉炉渣由气力输送到渣粉仓；</p> <p>2、配料：配料系统由渣粉仓、飞灰仓、若干辅料仓组成，料仓下部有螺旋给料机，料仓中的物料按设定数量送到称重仓内，通过称重计量后送到混料机内均匀混合，混合后的物料送入熔融炉顶部料仓内；</p> <p>3、高温熔融部分：熔融炉顶部料仓设有称重装置，下方设有可调速螺旋给料器，可以按设定值向熔融炉内连续给料，熔融炉热源为天然气，顶部设有主燃烧器，炉床位置设有辅助燃烧器，物料在熔融炉内吸热熔融后，由出渣口落入熔融炉下部的水封刮板出渣机水中，经过水冷淬以玻璃体熔渣的形式连续排出，高温烟气经余热回收降温后由引风机送入1号线焚烧炉内，净化后达标排放。</p>
主要工艺运行和控制参数	通过添加辅料，使硅、碱性金属氧化物比例提高，降低其熔融温度，减少熔融成本，保证形成玻璃质熔渣的组分要求，再经高温使其熔融后水淬冷渣，危废焚烧飞灰、炉渣形成致密的玻璃质熔渣，玻璃含量>85%，密度>2.45，含水率<1。
关键设备及设备参数	<p>进料系统：0.5 t/h-1t/h，可调</p> <p>主燃烧器：3000kw，比例调节</p> <p>辅助燃烧器：2000kw，大小火</p> <p>引风机：15kw，变频</p> <p>刮板机：2t/h</p> <p>除渣水冷却系统：500kw/h</p>
污染防治效果和达标情况	危废焚烧炉渣经配制式高温熔融后，玻璃含量>85%，满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)沥青混合料用矿粉的各项指标要求；玻璃体熔渣沥青混合

	料稳定实验后浸、稳定实验废水中重金属浓度均满足《生活饮用水卫生标准》。
二次污染治理情况	危废焚烧炉渣干燥及高温熔融产生的废气均送入危废焚烧炉内，危废焚烧线废气经净化系统净化后排放，满足上海市《危险废物焚烧大气污染物排放标准》（DB31/767-2013）对应的最高允许排放浓度限值。沥青混凝土产品浸出重金属含量符合《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB30760-2014）中限值。
投资费用	1500 万元
运行费用	电耗 80 元/t，天然气 1050 元/t，维护费 80 元/t，化学辅料 200 元/t，人工成本 20 元/t，折旧费 210 元/t，合计 1640 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	余热锅炉的余热回收利用发电和空气预热器的废热回收利用。飞灰、炉渣经高温熔融处理后将得到玻璃体熔渣，并可应用到环保建材中。

---

## 9. 高温干热处置医疗废弃物设备及技术

技术依托单位：欧尔东（朝阳）环保集团股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：医疗废物集中处置领域，单台日处理量为 6-20t。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

主要工艺流程为：上料、碾磨、干热灭菌、出料等过程；  
设备系统分别：由上料+碾磨系统、灭菌消毒系统、抽气+废气净化系统、加热系统、自动控制系统及出料系统组成。

系统的灭菌温度稳定在 170-200℃，消毒时间为 20min，  
搅拌速度为 21r/min，消毒时消毒罐内部压力稳定在  
4200-4600Pa，废气净化率为 98%。

### 二、主要技术指标

对医疗废物高温干热处理设备中的载菌体平均杀灭对  
数值 >6.00，减容率达到 80%，减量率达到 30%。

### 三、技术特点

是将医疗废物经过高强度碾磨后，暴露在负压高温环境  
下并停留一定的时间，利用精准的传导程序使热量高效传导  
至待处理的医疗废物中，使其所带致病微生物发生蛋白质变  
性和凝固，进而导致医疗废物中的致病微生物死亡，使医疗  
废物无害化，达到安全处置的目的。具有灭菌彻底、低能耗、  
安全性能可靠性高、全自动化、超低废水废气排放等特点。

#### 四、技术推广应用情况

2006年，江西省宜春市医疗废物处置中心，日处置量为8t/台。2007年，江西省萍乡市医疗废物处置中心，日处置量为5t/台。2013年，辽宁省朝阳市医疗废物处置中心，日处置量为6t/台。2014年，黑龙江省双鸭市医疗废物处置中心，日处置量为8t/台。2017年，黑龙江省七台河市医疗废物处置中心，日处置量为8t/台。2018年，山西天纵创能医用废塑料处置再生中心，日处置量为15t/台。2019年，辽宁天纵创能医用废塑料处置再生中心，日处置量为10t/台。

#### 五、实际应用案例

案例名称	黑龙江省七台河市医疗废物处置中心
业主单位	欧尔东（七台河）医废处置有限公司
工程地址	七台市
工程规模	日处理医废量 8t
项目投运时间	2017年2月5日
验收情况	验收单位：七台河市环境保护局 验收时间：2018年2月4日 验收结论：该工程实施过程中基本落实了环境影响评价文件及批复要求，落实了相应的环境保护措施，经验收合格，同意该工程正式投入运营。
工艺流程	上料、碾磨、干热灭菌、出料、废气净化等过程。
主要工艺运行和控制参数	1、预破碎：为提高热量向物料内部传递的效率，使其受热更均匀并使医疗废物不可辨认，在高温干热灭菌前，先进行破碎毁形； 2、设备一体化：破碎设备和高温干热灭菌室为一体机，从而避免破碎时含病原体的破碎扬尘泄漏到空气中，避

	<p>免操作人员受到危害；</p> <p>3、抽真空：两组真空泵系统的运行，保证了医疗废物处理全过程在负压环境下进行，进一步保证了破碎和灭菌时病原体不会泄漏，并使热能更快速的传导到医疗废物的内部；</p> <p>4、搅拌灭菌：在高温干热灭菌过程中，通过搅拌翻动医疗废物可使医疗废物受热更均匀，从而提高高温干热灭菌效果；</p> <p>5、喷洒灭菌药剂：在破碎机进料箱内喷洒一定剂量的灭菌药剂，对进料箱和研磨破碎机进行消毒的同时，药剂随医疗废物进入高温干热灭菌室，在高温和药剂的双重作用下，提高了灭菌效果；</p> <p>6、低温等离子废气净化：低温等离子+粉尘阻拦干燥器+活性炭组合式废气净化系统；利用低温等离子的高能电子、自由基等活性粒子和废气中的污染物作用，使污染物分子在极短的时间内发生分解，并发生后续的各种反应以达到降解污染物的目的。</p> <p>系统的灭菌温度稳定在 170-200℃，消毒时间为 20min，搅拌速度为 21r/min，灭菌时灭菌室内部压力稳定在 4200-4600Pa，废气净化率为 98%，在 200Pa 预真空状态下工作。</p>
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p>1、破碎机：破碎产量 1000-1500kg/h，变频电机+减速机，装机总功率 30kw、噪音小于 70db(A)；</p> <p>2、真空泵：抽气速率 5.83m<sup>3</sup>/min、装机总功率 5.5kw、极限压力 3800 Pa；</p> <p>3、灭菌室：处理量 600kg/h，变频电机+减速机，装机总功率 9.5kw，内部压力 4200-4600Pa；</p> <p>4、低温等离子废气净化设备：粉尘阻拦干燥器处理风量 1200-1500m<sup>3</sup>/h，低温等离子净化器处理风量 2000m<sup>3</sup>/h，多翼型离心风机 CF-1.5A/0.75kw，噪音值低于 65db(A)，风机风压 790-748Pa；</p> <p>5、导热油炉：装机总功率 96kw，最高出油温度：250℃，回油温度 180℃，介质循环量 38m<sup>3</sup>/h，炉内介质容积 0.15 m<sup>3</sup>，受热面积 1.5-9.2 m<sup>2</sup>，热效率 95.3%；</p> <p>6、箱式冷水机：制冷剂 R22，总功率 7.5kw，冰水流量 5.5m<sup>3</sup>/h，出水温度+5℃-+35℃（可调节），冰水循环水泵流量 53m<sup>3</sup>/h；</p> <p>7、自动控制系统:PLC、逻辑控制程序、监测预警传感器、</p>

	ORO-Collect 软件。
污染防治效果和达标情况	经检测报告，欧尔东医疗废物高温干热医疗废物处置设备对繁殖体细菌、真菌、亲脂性 / 亲水性病毒、寄生虫和分枝杆菌以及枯草杆菌黑色变种芽孢等进行杀灭消毒，减少 PM2.5 的产生因子。检测测试结果对医疗废物高温干热处理设备中的载菌体平均杀灭对数值 > 6.00。
二次污染治理情况	黑龙江蓝洋环保工程检测有限公司编制的《验收监测报告》表明：生活污水验收监测结果满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准要求；生产废水监测结果满足《医疗机构水污染物排放标准》(GB/T18466-2005) 表 1 中规定的限值要求。 生产废气满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 标准要求和《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表 2 标准要求，导热油炉燃烧后产生的废气满足《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014) 表 2 标准要求，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 3 类区标准要求。
投资费用	2850 万元
运行费用	该工艺系统处理单位医疗废物耗电量为 29.31kwh/t，处理单位医疗废物耗油量为 26.89kg/t，单位处理医疗废物综合能耗为电耗和柴油消耗量折算标准煤之和，即 28.76kg (标准煤) /t(医疗废物)。每年运行费用约 185.3 万元。
能源、资源节约和综合利用情况	医疗废物经灭菌消毒处理合格后的产出物送到生活垃圾填埋场处置，不做资源再生利用。



---

## 10. 医疗废物高温蒸汽处理技术

技术依托单位：重庆智得热工工业有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：感染性废物、损伤性废物及部分病理性废物，病害动物尸体的无害化处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

将装入灭菌小车的医疗废物在高温蒸汽处理锅进行灭菌处理，处理锅内的废气经冷却、除臭、过滤后达标排放，处理锅内的废液经污水处理单元处理后用于工艺循环冷却水或用于运输车辆、装载容器清洗，灭菌后废物送入破碎单元毁形。也可先将医疗废物破碎毁形，再高温蒸汽灭菌。处理后医疗废物送往填埋场填埋。灭菌温度不低于 134℃，压力不小于 0.22MPa，灭菌时间不少于 45min。废气净化装置过滤器的过滤尺寸不大于 0.2μm，耐温不低于 140℃，过滤效率大于 99.99%。

### 二、主要技术指标

以嗜热性脂肪杆菌芽孢（ATCC 7953 或 SSI K31）作为生物指示菌种衡量，微生物灭活效率不小于 99.99%。

### 三、技术特点

采用容器钢渗合涂层技术的高温蒸汽处理设备可解决

内壁腐蚀问题，延长设备使用寿命。

#### 四、技术推广应用情况

截止 2019 年 10 月底，智得热工研发制造的医疗废物高温蒸汽处理成套设备在国内有逾 100 个工程项目正在商业化运行，并已成功出口包括北美洲、南美洲、欧洲、非洲在内的全球近 20 个国家。

#### 五、实际应用案例

案例名称	河北省廊坊市霸州医疗废物处理厂项目
业主单位	廊坊伊能默迪威环保科技有限公司
工程地址	河北省廊坊市霸州市康仙庄乡大各庄村
工程规模	HW01 医疗废物（感染性和损伤性医疗废物）3000t/a
项目投运时间	2018 年 2 月
验收情况	验收单位：霸州市环境保护局 验收时间：2018 年 2 月 11 日 验收结论：达到设计生产能力，落实了环保污染防治措施和有关环保要求，根据企业提供的竣工环境保护验收报告、竣工环境保护验收意见，环保设施运行正常，各种污染物能够达标排放，同意该项目噪声、固体废物污染防治设施通过环境保护验收。
工艺流程	采用先蒸汽处理后破碎的工艺流程。包括“进料、预真空、高温蒸汽处理、后真空、排污、出料、破碎”等工艺单元。 1、进料：将医疗废物装入灭菌小车，然后将灭菌小车推入高温蒸汽处理锅内，关闭锅门，使医疗废物处于一个密闭空间内； 2、预真空：将处理锅内的空气抽出； 3、高温蒸汽处理：处理锅内通入高温蒸汽，对医疗废物进行灭菌处理； 4、后真空：抽出处理锅内的蒸汽，并使处理锅内的水分

	<p>迅速汽化，达到干燥目的，排出的废气通过废气处理单元冷却、除臭、过滤后达标排放；</p> <p>5、排污：使处理锅内压力恢复常压，同时将处理锅内的废液排出，进入污水处理单元，经过处理后达标排放；</p> <p>6、出料：打开处理锅锅门，将灭菌小车由处理锅内拉出；</p> <p>7、破碎：将灭菌小车内处理后的废物送入破碎单元，破碎毁形后进入后续处理环节；</p> <p>8、先蒸汽处理后破碎。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>1、预真空：真空度<math>\geq 0.09\text{MPa}</math>；</p> <p>2、杀菌温度：<math>\geq 134^{\circ}\text{C}</math>(对应的饱和蒸汽压力<math>\geq 0.22\text{MPa}</math>)；</p> <p>3、杀菌时间：<math>\geq 45\text{min}</math>；</p> <p>4、后真空：真空度<math>\geq 0.06\text{MPa}</math>；</p> <p>5、废气净化装置过滤器的过滤尺寸不大于 <math>0.2\mu\text{m}</math>，耐热温度不低于 <math>140^{\circ}\text{C}</math>，过滤效率大于 99.99%。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>医疗废物高温蒸汽处理系统成套设备，关键设备主要包括医疗废物高温蒸汽处理锅和医疗废物专用破碎机。设备参数如下：</p> <p>医疗废物高温蒸汽处理锅</p> <p>设计压力：0.4MPa</p> <p>工作压力（表压）：0.22MPa</p> <p>设计温度：<math>152^{\circ}\text{C}</math></p> <p>工作温度：<math>134^{\circ}\text{C}</math></p> <p>处理能力：10t/d</p> <p>处理时间：45min/周期</p> <p>医疗废物专用破碎机</p> <p>额定电压：380V/50HZ</p> <p>额定功率：30kw</p> <p>处理能力：1t/h</p> <p>破碎粒径：<math>\leq 50\text{mm}</math></p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>医疗废物是环境污染和疾病传播的双重载体，具有传染性、损失性、遗传毒性、化学毒厌恶性和放射性等危害，会对水体、大气、土壤造成污染并直接危害人体健康。医疗废物高温蒸汽处理工艺排放的污染物主要有以下四</p>

	<p>类：</p> <p>1、大气：在抽真空过程和高温蒸汽处理过程中会产生含恶臭、VOCS，重金属和致病性微生物等气体，具体排放数值如下：恶臭 100-350、TVOC25-39mg/Nm<sup>3</sup>、Hg0.03-0.06mg/Nm<sup>3</sup>；</p> <p>2、废水：主要有转运车和周转箱的冲洗废水、消毒废水、卸车场地暂存场所和冷藏储存间等场地冲洗废水、生活污水等。污染物控制标准：PH 6-9、BODs 20mg/L、CODr 60mg/L、SS 20mg/L、NH3-N 15mg/L、大肠杆菌群数 100 MPN/L、肠道致病菌不得检出、肠道病毒不得检出、结核杆菌不得检出、总余氯 0.5mg/L；</p> <p>3、固体残渣：主要为高温蒸汽消毒后的医疗废物，可按生活垃圾进行填埋处理；</p> <p>4、噪声：主要集中在锅炉房、破碎机、空压机以及抽真空时喷射泵啸叫声，最高不超过 85dB(A)。</p>
二次污染治理情况	<p>1、废气处理 医疗废物高温蒸汽处理锅灭菌室出料口和破碎单元设置有集气装置，收集的气体经废气处理装置处理后达标排放，符合《恶臭污染物排放标准》(GB14554)；</p> <p>2、废水处理 高温蒸汽处理过程中无残液产生，所有液体与医疗废物同步进行了高温蒸汽杀菌处理，处理效果等同于医疗废物处理的指标要求； 厂区清洗、消毒废水以及作业初期雨水均收集并排入厂区污水处理设施处理，达标后外排，污水处理标准符合《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466)；</p> <p>3、固体废物收集 废气处理装置内所用的填料在更换后，收集送专业固体危险废物处置单位处理；</p> <p>4、噪声控制 对于主要噪声源(电机、空压机等)，采取基础减震和消声及隔声措施，符合《工业企业厂界噪声标准》(GB12348)。</p>

投资费用	1320 万元
运行费用	<p>1、能源费（水电气）用及耗材（塑料袋、箱子）：122 万元；</p> <p>2、收运成本（燃油保险、维护维修）：130 万元；</p> <p>3、工资及福利费：312 万元（备注：工资及福利费按定员 40 人，按照全场人员的平均工资及福利 7.8 万元/a 计算）；</p> <p>4、折旧费及摊销费：110 万元；</p> <p>5、维修费：50 万元；</p> <p>6、垃圾填埋费和外运费：60 万元；</p> <p>7、第三方检测费用 50 万元。</p> <p>合计支出：年支出成本约为 834 万元。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>1、废液不需要另外的加热单元处理。医废高温蒸汽处理过程通常中伴随着废液产生，《规范》中规定废液必须经过另外的加热处理单元处理达标后方可排放。而这个过程需要另行消耗能源。智得热工采用美国 BONDTECH 的废液隔离集成处理技术，凝结水与废液严格分隔，无废液排放，凝结水直接达标排放，无需单独处理。这也是其设备能耗低的关键因素之一；</p> <p>2、不采用液环式真空泵，节省能源，缩短整个处理周期；</p> <p>3、冷凝水循环利用，节约水资源；</p> <p>4、独有热力除臭技术，减少尾气处理环节，节约处理成本。</p>

---

## 11. 油基泥浆全价值回收利用一体化技术

技术依托单位：四川博盛永业工程技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：油基泥浆钻井过程中产生的各种含油废弃物及老化污染泥浆。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

油基钻屑等固体物（含油基泥浆）输送入 LRET 脱附装置，含油固体与脱附剂反应，使油基泥浆与油基钻屑等固体物脱附分离；混合液相进入泥浆调质优化单元，在回收脱附剂的同时，去除油基泥浆多余水分和超细有害固相，确保回收的油基泥浆满足指标要求后，送井队再钻井使用；固相进入固体达标装置，控制处理后固相达到相关标准，进行后续资源化利用。

### 二、主要技术指标

回收的油基泥浆性能指标：密度（ $\rho$ ）：1.09-1.12 g/cm<sup>3</sup>；  
油水比（O:W）：80:20-85:15。

### 三、技术特点

油基泥浆全价值回收利用一体化解决方案最大化回收资源并循环利用。同时，研发了常温常压深度脱附反应系统及高效脱附剂；离心过滤-离心沉降分离耦合深度脱附工艺；

油基泥浆钻井废弃物多级可控高效分离技术；高适应性撬装一体化设备等一系列创新成果并形成专利技术。

#### 四、技术推广应用情况

目前，本技术已在新疆塔里木油田建成 3 个处理站，年处理能力 30 万吨；在四川盆地长宁—威远页岩气国家示范区建设 1 个处理站，年处理能力 5 万吨。

#### 五、实际应用案例

案例名称	长宁—威远页岩气国家级示范区油基泥浆全价值回收利用一体化技术服务站
业主单位	中国石油集团川庆钻探工程有限公司钻井液技术服务公司
工程地址	四川省宜宾市上罗镇长宁 H6 平台
工程规模	年处理能力 30000t
项目投运时间	2015 年 3 月
验收情况	本项目通过中国石油集团川庆钻探工程有限公司验收
工艺流程	油基钻屑等固体物（含油基泥浆）输送入 LRET 脱附装置，含油固体与脱附剂反应，使油基泥浆与油基钻屑固体物脱附分离；混合液相进入泥浆调质优化单元，在回收脱附剂的同时，去除油基泥浆多余水分和超细有害固相，确保回收的油基泥浆满足指标要求后，送钻井队再使用；固相进入固体达标装置，控制处理后固相达到相关标准，进行后续资源化利用。
主要工艺运行和控制参数	<p>1、处理规模：4t/h；</p> <p>2、脱附分离阶段：常温、常压，搅拌速率 3r/min，停留时间 45min；</p> <p>3、泥浆调质优化阶段：</p> <p>离心过滤：转速为 750r/min，过滤网孔径 2mm，滤饼层厚度 5mm；离心沉降：转速为 1800r/min，转鼓和推料</p>

	螺旋差速为<5。
关键设备及设备参数	脱附分离系统（1组）：9m×2.6m×2.5m，功率：120kw 泥浆调质优化系统（2组）：12m×2.6m×2.5m，功率：70kw。 固相达标装置（1组）：9m×2.6m×2.5m，功率：25kw。
污染防治效果和达标情况	回收的油基泥浆满足回用钻井工程的要求，可循环使用。 固相中石油类污染物含量由20-30%降低到<1%，经广州某公司等机构鉴别评估，各项指标均未超过《危险废物鉴别标准》（GB5085）的规定限值。
二次污染治理情况	本项目无废水、废气、废渣和异味等二次污染产生。
投资费用	本项目利用钻井平台既有基础设施进行改建，由油基泥浆全价值回收利用一体化技术服务方自带设备进行服务，主要投资为原有基础设施改建费用200万元。
运行费用	本项目运行费用主要包括：技术服务费1390元/t；运输费用200元/t；包装材料费100元/t；日常管理费用250元/t；合计1940元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	项目累计处理油基钻屑废弃物约2.3万t，回收合格油基泥浆3461m <sup>3</sup> ；处理废旧油基泥浆3000t，回收合格泥浆1208m <sup>3</sup> ，全部用于钻井回用，为业主节省油基泥浆配置采购费用。



---

## 12. 钻井泥浆热解析处理资源化利用技术

技术依托单位：北京纬纶华业环保科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：钻井泥浆、岩屑、含油污泥、含油浮渣以及制药行业产生的废盐等固废的减量化、资源化、无害化处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

#### 1、固相流程

待处理的钻井泥浆运送到热解析进料处油泥储槽，经传输计量设施，进料螺旋进入到热解析设备。钻井泥浆在热解析设备中与热媒体充分热传递的基础上，实现从前端往后端移动完成热解析过程。热解析后的高温残渣经带水冷却系统的螺旋出料机冷却后排出，从而完成钻井泥浆的处理过程。

#### 2、气相（热解析气）流程

钻井泥浆热解产生的热解气主要由水蒸气、油蒸汽以及少量的粉尘组成。热解气的处理过程为：气体进入固、液、气三相分离系统进行初级处理，通过喷淋洗涤的方式将热解气中大部分油份、水蒸气和粉尘进行冷凝和洗脱，实现降温和三相分离；经洗脱后的气体中仍然含有部分不能被液化的石油烃和其它小分子气体所组成的不凝气经除雾净化后送入供热系统进行燃烧，燃烧产生的高温烟气作为热解析系统的热源充分利用。

---

### 3、液相（水/油）流程

由上述三相分离系统初级处理后排出的油水混合物，通过水处理系统设备进行处理，处理后的水分经冷却降温后，回用至热解析出口的高温残渣冷却及热解气三相分离系统。处理过程中收集油品到收油罐，定期输送到原油罐区储存。

### 二、主要技术指标

钻井泥浆、油泥等经热解析处理后，出料中矿物油含量： $<3\%$ 。

### 三、技术特点

钻井泥浆、油泥等有机废物连续进料，经过热解析设备处理之后，出料干渣可直接用作建材、或填埋；同时可以回收绝大部分原油，从而实现钻井泥浆、油泥的无害化、资源化。该设备可采用撬装形式，机动灵活。

### 四、技术推广应用情况

2016年，为新疆克拉玛依市克利达油脂化工有限公司含油污泥无害化处理项目，提供 2t/h、3t/h 的热解析装置各一套。

2018年，为大庆中林绿源生物环保有限公司 3万 t/a 钻井泥浆资源化利用项目提供 3.75t/h 的热解析装置一套。

## 五、实际应用案例

案例名称	大庆中林绿源生物环保有限公司 3 万 t/a 钻井泥浆资源化利用项目
业主单位	大庆中林绿源生物环保有限公司
工程地址	大庆市龙凤区刘高手村南 2km
工程规模	3 万 t/a
项目投运时间	2018 年 10 月
验收情况	<p>项目于 2018 年 3 月份开始建设,同年 10 月份建设完成并投运。项目选址合理,各项指标均符合合同要求。建设项目可实现污染物达标排放,对环境空气、地下水环境、声环境影响范围与影响程度可被评价区域环境所接受。目前整个装置的运行达到了设计要求,能够满足生产的需要,同意本项目通过验收。</p>
工艺流程	<p>本项目是采用有机物受热蒸发、热解的原理,对钻井泥浆进行分段间接加热,水、矿物油等碳氢化合物在密闭空间内从物料中分段蒸发析出,经过冷凝系统后使挥发物凝结液化,再经油箱内的油水分离装置提取回收其中的油组分,含油废水经处理后回用于热解气冷凝系统重复利用。</p> <p>1、破碎进料工序:钻井泥浆密闭破碎后经刮板提升机运送至进料斗内。</p> <p>2、热解析工序:热解析单元主要由燃烧系统和热解析系统组成。钻井泥浆中的有机物经热解析系统处理后从钻井泥浆中蒸发分离出来进入后续冷凝分离单元,并净化回收。在热解析系统正常运转后,可以用热解气替代天然气进行系统供热,大大降低了能耗。</p> <p>3、冷凝分离工序:热解析过程中产生的热解气由引风机抽引,依次经过油气冷凝和气体净化装置去除其中的油、尘、氨气、硫化氢等,净化后的不凝气随后经过热解气缓冲罐分配后进入燃烧器作为燃料。油气冷凝后产生的油水混合物,在油水分离器内回收浮油,输入至原油储</p>

	<p>罐进行存储，定期外送。油水分离器产生的废水再进入后续水处理单元。</p> <p>4、水处理工序：水处理流程采用聚结除油器+气浮+过滤器方式。预处理完后一部分回用于油气冷凝循环水补充水。需外排循环水量约 0.51t/h，此部分生产废水采取电解氧化法进一步处理之后回用。</p> <p>5、出料工序：经过热解处理后的热解渣由出料冷却螺旋冷却降温后，运至出料暂存间。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>热风炉出口温度：850℃；热解主撬频率：15-25Hz；循环水上水温度：40℃；循环水回水温度：60℃；热解出料中矿物油含量：&lt;3‰。</p>
关键设备及设备参数	<p>热解装置：处理能力为 2.5t/h，材质为碳钢&amp;304</p> <p>气浮装置：处理能力为 50m<sup>3</sup>/h，外形尺寸为 6500mmx2000mmx2500mm</p> <p>热风炉：功率 1350kw，Φ1520×10×5174</p>
污染防治效果和达标情况	<p>针对含油率 20%，含水率 20%，含固率 60%的钻井泥浆，热解析固渣产物减量 40%，固渣含油率≤3‰；标准：GB 4284-2018。</p>
二次污染治理情况	<p>外排烟气中的硫化物及氮氧化物含量低于《锅炉大气污染物排放标准（GB 13271-2014）》要求排放限值。</p>
投资费用	<p>基础设施：324 万；设备管道及安装：1480 万；合计 1804 万。</p>
运行费用	<p>天然气 48.53 元/t，电耗 98.40 元/t，人工成本 19.20 元/t，折旧费 30.07 元/t，维修管理费 30.07 元/t，合计 286.4 元/t。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>热解过程中将产生中间产品热解气，可回烧利用，减少天然气的使用量；回收产生的原油经进一步加工提纯，可回收利用。</p>

---

### 13. 浮渣和清罐底泥的减量化无害化处置技术

技术依托单位：杭州造品科技有限公司、湖北环境修复与治理技术研究有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：单线年产能 20 万方及以上的浮渣和清罐底泥的减量化无害化处置。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

采集油泥样品进行采集分析并建立大数据库，开展表面活性剂清洗罐底油泥实验并构建表面活性剂配方体系。基于表面活性剂的热水洗工艺，探究不同油泥特性的清洗工艺方案，开发落地油泥清洗设备技术并集成示范应用。通过水洗温度、时间、固液比值单因素实验及正交实验，通过药剂的筛选，优化清洗参数。

#### 二、主要技术指标

清罐底泥热水洗技术的热洗温度在 60℃-85℃之间，药剂与水的质量比为 1:3-1:4，热洗时间为 1 小时，离心转速 2000 r/min 得到的清洗效果较优。

#### 三、技术特点

清洗技术达到《油气田钻井固体废弃物综合利用污染控制要求》(DB 65T 3997-2017)标准，实现污染物削减率>90%，安全利用率>95%；处理后土壤含油率<2%，含水率<40%，

重金属等各项指标均低于行业标准，实现油泥固体废物循环利用，达标排放。

#### 四、技术推广应用情况

2017年吐哈油田玉东采油厂项目处理，年产能4万 m<sup>3</sup>，已验收。

2018年新疆克拉玛依701项目处理，年产能20万 m<sup>3</sup>，6套装置，已验收。

2018年大庆油田项目处理，年产能25万 m<sup>3</sup>，10套装置，已验收。

#### 五、实际应用案例

案例名称	新疆克拉玛依701年产20万 m <sup>3</sup> 浮渣和清罐底泥的减量无害化处置技术
业主单位	新疆奇彩环境科技有限公司(危废运营单位)
工程地址	新疆克拉玛依白碱滩采油二厂
工程规模	年产能20万 m <sup>3</sup>
项目投运时间	2018年5月
验收情况	验收单位：新疆奇彩环境科技有限公司；验收时间：2018年10月13日；根据第三方上海实朴检测技术有限公司鉴定结论：样品结果（1）701油泥原样含油率24.94%，处理后油泥含油率0.94%；样品结果（6）701油泥原样含油率24.94%，处理后油泥含油率0.96%（目前行业内规定的标准是处理后的油泥含油率<2%），含水率40%，废水经过处理后COD<100mg/L，各项指标均低于行业标准，验收合格。
工艺流程	1、杂物油泥（油泥水、杂物、石子、蛇皮袋等）通过进

	<p>料口进入油泥存放池，然后进入旋转分离撬进行破碎分离预处理，杂物分离后油泥进行搅拌撬清洗；2、搅拌器的处理速度为 5t/h，油泥（浮渣）与水的比例为 1:3，并加入清洗剂（5%浓度），用蒸汽加热至 70℃后，搅拌 40-60min,搅拌撬为 2 套；3、40-60min 后，开启搅拌撬上的泥水输送泵至卧螺，进行固液分离。固液分离后的液体进入储水箱，进入储水箱的下层水直接重新排放到搅拌清洗撬进行下一次废油清洗，上层的油再次进入高速三相离心机进行油净化分离。高速离心机净化后的油，油品达到 BS&amp;W≤1%，含水率低于 1%；4、生产设备采用密闭式装置，出料口采用引风罩进行气体引流收集处理。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>1、含油泥浆进入混合搅拌系统，并按照混凝剂配比的要求投加修复剂，采用自动投加药剂和水混合加热；2、按照水与药剂的比例 4:1 加入，修复后固相稍晾晒后，修复剂 A 投加比例 5%，修复剂 B 投加比例 5%；3、循环清洗时投加损耗水量的 5%（根据物料平衡原则，自动加药）；4、温度控制 70 度左右；5、离心机调整差速比。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>1、油泥预处理设备：主要功能是破包与筛选，对于油泥池的杂物可进行有效的筛选。将油泥池的物料通过钩机等工具通过设备的前端人孔输入至罐内内腔，装满物料后关闭人孔并通入蒸汽，加热至 100℃左右，通过罐内的自身压力和隔膜泵将过滤后的滤液输送至搅拌水箱撬，筛选后的物料则通过人孔外卸，加热时间约 40min-6 小 h 不等，具体需要根据物料的复杂程度以及需要将物料处理后的含油率来操作，罐内总容积约 18 方，实际可装物料约 9-10t，功率 25kw，旋转速度 8 转/分钟。</p> <p>2、搅拌水箱撬 2 个：减速机 1:25，型号 250，功率 15kw，加热盘管，换热面 20 平方。</p> <p>3、缓冲水箱撬 2 个：提升泵 7.5kw，流量 50 立方/小时，加热盘管，换热面 20 平方。</p> <p>4、油泥水分离系统：卧式沉降离心机，转速 2800 转，型号 550，总功率 83kW；碟式分离机，转速 6034rpm，</p>

	<p>型号 ZYSDH100，总功率 38kW。</p> <p>5、蒸汽系统（锅炉）：LSS5-1.0-Y.Q 贯流式天然气锅炉。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>石油污染土壤达到《油气田钻井固体废弃物综合利用污染控制要求》（DB 65T 3997-2017）标准，实现污染物去除率高于 90%，源头污染负荷削减 90% 以上，安全利用率不低于 95%；处理后土壤含油率 &lt; 2%，COD &lt; 100 mg/L，重金属等各项指标均低于行业标准。</p>
二次污染治理情况	<p>达标排放</p>
投资费用	<p>1500 万元</p>
运行费用	<p>电耗 20 元/m<sup>3</sup>，天然气 20 元/m<sup>3</sup>，水耗 4.5 元/m<sup>3</sup>，清洗药剂 100 元/m<sup>3</sup>，人工成本综合能耗成本 50 元/m<sup>3</sup>清洗损耗 3-5kg/m<sup>3</sup>，其他：10 元/m<sup>3</sup>，综合成本 204.5 元/m<sup>3</sup>。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>污染的油泥利用水洗离心处理后土壤含油率 &lt; 0.96%，含水率 &lt; 40%，其污染物去除率 &gt; 96%，实现减量化和无害化要求。</p>



---

## 14. 浮渣超临界水氧化技术

技术依托单位：新地环保技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：液态、半固态/固态可浆化有机废物无害化处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

浮渣经预处理制备成浆态物料，经高压泵加压后与氧气同时输送到超临界反应器；原料与氧在超临界水状态下发生氧化反应，浮渣中污染物被彻底分解，产物经初步降温后进入降压工序，在降压过程中，通过闪蒸分离使物料温度降低到 100℃ 以下，产物中的 CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 等气体产物分离出来，固液产物经压滤处理后实现分离，水经进一步处理后可回用，残渣通过处置完成最终处理。反应温度：600-700℃。

### 二、主要技术指标

气液产物符合国家排放标准，浮渣有机质降解率 > 99.9%，出水 COD < 50mg/L，排放气体中 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 浓度 < 20mg/m<sup>3</sup>，二噁英：< 0.05ngTEQ/Nm<sup>3</sup>。

### 三、技术特点

超临界水氧化技术为浮渣等有机污染物彻底无害化处理技术，具有低成本、低能耗、系统自热、污染物降解彻底、气体排放量少、系统水回用率高的特点，是浮渣清洁处理的系统解决方案。

#### 四、技术推广应用情况

2017年1月，南京新奥环保技术有限公司江苏省南京化工园区超临界氧化处理工业固体废物一期项目建成投运，年处置规模2万t；二期项目年处置规模2万t，目前已建设完成，正在组织验收工作。

2018年7月，石家庄新奥环保科技有限公司河北省石家庄循环化工园区工业废物处置中心一期项目建成投运，超临界水氧化装置年处置规模2万t。

2018年9月，河北省廊坊龙河工业园廊坊新奥龙河环保科技有限公司新奥超临界环保示范项目建成投运，超临界水氧化装置年处置规模1万t。

#### 五、实际应用案例

案例名称	石家庄循环化工园区工业废物处置中心（一期）
业主单位	石家庄新奥环保科技有限公司
工程地址	石家庄循环化工园区化工北路9号
工程规模	超临界水氧化2万t/a，物化1万t/a
项目投运时间	2018年8月
验收情况	于2018年10月18日通过环保验收，行政审批单位为河石家庄循环化工园区行政审批局。
工艺流程	根据工艺分为原料存储配制单元、换热氧化反应单元、减压与分离单元、换热单元与液氧液氮气化五个技术单元。原料通过调节含水率、pH值等完成配浆，将原料储罐内的浆料通过原料泵升压至反应压力，经反应器顶部喷嘴与高压氧气混合后进入反应器，进行超临界水氧化反应，反应温度为600-700℃，利用原料中有机物氧化反

	应放出的热量维持系统所需热量，反应后物料经多级降压后，进入闪蒸罐进行气液分离。闪蒸罐顶部气体经调压后高空排放。液体进入换热单元，冷却至 40℃，根据水质进行处理后回用。
主要工艺运行和控制参数	反应温度：600℃≤T≤700℃， 反应压力：19MPa≤P≤23MPa。
关键设备及设备参数	原料泵设计能力 Q=1.69m <sup>3</sup> /h，出口压力 27MPa，反应器容积 V=0.72m <sup>3</sup> ，高压水泵 Q=2m <sup>3</sup> /h。
污染防治效果和达标情况	浮渣经超临界水氧化处理后有机质转化率超过 99.9%，出水清洁，COD<50mg/L，SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 及烟尘产生量远低于国家标准。排水各检测指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级排放标准，废气检测污染物远低于《危险废物焚烧污染控制标准》(GB18484-2001)表 3 标准。
二次污染治理情况	达标排放
投资费用	项目投资 18294.48 万元(包括 2 万 t/a 超临界水氧化和 1 万 t/a 物化处理)。
运行费用	电耗 205.55 元/t，液氧 187 元/t，其他药剂 84.02 元/t，人工成本 213 元/t，设备折旧 351 元/t，维修管理费 49.24 元/t，合计 1089 元/t。装置规模扩大可显著降低人工成本和设备折旧。
能源、资源节约和综合利用情况	项目主要消耗的能源和耗能工质为甲醇、电力、热力和水。年综合能耗为 2756.18t 标准煤(当量值)。达产后单位产值能耗为 0.48tce / 万元；单位工业增加值能耗为 0.946tce / 万元。

---

## 15. 危险废物在线利用处置装置—XA 脱硫废液干法制酸技术

技术依托单位：萍乡市新安工业有限责任公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：焦化行业脱硫工段产生的脱硫废液和硫泡沫资源化综合利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

脱硫装置产生的脱硫废液和硫泡沫，通过泵送入过滤器中浓缩为浓浆液，产生的废液经蒸发浓缩得到浓缩液。浓浆液和浓缩液混合均匀后加入克硫剂，搅拌均匀后送到干燥设备。得到含盐固体（含硫、硫酸盐）粉末。干粉经焚硫炉燃烧后炉气依次经过余热回收、洗涤净化、两转两吸、尾气处理等工艺制成工业硫酸。入炉原料含水： $\leq 4.0\%$ ；硫烧出率： $100\%$ ；净化  $\text{SO}_2$  收率： $\geq 98.5\%$ ；干燥气体含水分： $\leq 0.1 \text{ g/Nm}^3$ ；转化进口  $\text{SO}_2$  浓度： $8.0-8.5\%$ ；总转化率： $\geq 99.85\%$ ；总吸收率： $\geq 99.95\%$ 。

### 二、主要技术指标

实现了将脱硫装置产生的脱硫废液和硫泡沫进行无害化干燥处理制成含盐固体（含硫、硫酸盐）粉末，利用固体粉末直接焚烧技术制得  $\text{SO}_2$  炉气，然后通过余热回收、洗涤

净化、两转两吸工艺生产硫酸，同时尾气经吸收处理工艺达标排放。尾气排放指标氮氧化物 $\leq 150\text{mg}/\text{m}^3$ ，硫酸雾 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ ，颗粒物 $\leq 15\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化硫 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 三、技术特点

在废液中加入自主知识产权产品克硫剂，破解硫泡沫气泡；采用特殊结构的焚硫炉直接焚烧技术；采用封闭酸洗净化工艺，无废液外排；采用“3+2”两转两吸制酸工艺，提高硫的利用率；制酸尾气采用先进的活性炭吸附技术，符合国家环保排放标准，且无二次污染物产生；固化处理与制酸工段均可单独运行，生产管理和操作均较方便，适应性强。

### 四、技术推广应用情况

2015年，迁安市九江煤炭储运有限公司5万t/a制酸项目，正常运行。

2017年，河北渤海煤焦化有限公司6万t/a制酸项目，正常运行。

2018年，唐山市荣义炼焦制气有限公司1.2万t/a制酸项目，正常运行。

### 五、实际应用案例

案例名称	唐山市荣义炼焦制气有限公司1.2万t/a制酸项目
业主单位	唐山市荣义炼焦制气有限公司
工程地址	唐山古冶区范各庄乡张庄户村西
工程规模	1.2万t/a制酸
项目投运时间	2018年10月

验收情况	通过验收
工艺流程	脱硫装置产生的脱硫废液和硫泡沫，通过泵送入过滤器中浓缩为浓浆液，产生的清液（部分）经蒸发浓缩得到浓缩液。浓浆液和浓缩液充分混合均匀后加入克硫剂，搅拌均匀后送到干燥设备。得到含盐固体（含硫、硫酸盐）粉末。干粉经焚硫炉燃烧后炉气依次经过余热回收、洗涤净化、两转两吸、尾气处理等工艺制成工业硫酸。
主要工艺运行和控制参数	入炉原料含水： $\leq 4.0\%$ ；硫烧出率： $100\%$ ；净化 $\text{SO}_2$ 收率： $\geq 98.5\%$ ；干燥气体含水分： $\leq 0.1 \text{ g/Nm}^3$ ；转化进口 $\text{SO}_2$ 浓度： $8.0\text{-}8.5\%$ ；总转化率： $\geq 99.85\%$ ；总吸收率： $\geq 99.95\%$ 。
关键设备及设备参数	<b>XA 过滤器</b> ：过滤面积 $200\text{m}^2$ ；规格为 $\phi 2200 \times 200 \times 2000$ ；设计压力 $\leq 0.3\text{MPa}$ ；使用温度 $80^\circ\text{C}$ ；过滤管参数：超高分子聚乙烯 PE 管，耐温 $\leq 80^\circ\text{C}$ ，过滤精度 $0.3\mu\text{m}$ 。 <b>焚硫炉</b> ：立式结构，设有扩大段、独立蓄热室；设计温度 $60^\circ\text{C}$ （外壁）/ $1350^\circ\text{C}$ （内壁）；设计压力微负压；炉气停留时间： $21\text{s}$ 左右。
污染防治效果和达标情况	将脱硫装置产生的脱硫危废进行无害化处理制成含盐固体（含硫、硫酸盐）粉末，粉未经焚烧技术、制得 $\text{SO}_2$ 炉气，然后通过余热回收、洗涤净化、两转两吸工艺生产硫酸，同时尾气经吸收处理工艺达标排放。尾气排放指标氮氧化物 $\leq 150\text{mg/m}^3$ ，硫酸雾 $\leq 5\text{mg/m}^3$ ，颗粒物 $\leq 15\text{mg/m}^3$ ，二氧化硫 $\leq 50\text{mg/m}^3$ 。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	3596.83 万元（不含土建）
运行费用	原材料 132.45 万元、燃料及动力 377.28 万元、人员工资 60 万元、设备折旧 164.40 万元、维修管理 61.65 万元，年运行成本 795.78 万元。
能源、资源节约和综合利用情况	最大限度地利用了硫资源，从源头上消除了脱硫产生的危废对环境的污染。解决了低品质焦化硫泥难以资源化利用的技术瓶颈，消除了脱硫危废的二次污染，而且制得硫酸回用于焦化过程之中，得到在线资源化循环利用。

---

## 16. 黄金冶炼氰化渣除氰和金属回收技术

技术依托单位：福建省双旗山矿业有限责任公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：精金矿氰化渣无害化和综合利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用蒸压的方法水解氰化渣中的氰化物。将氰化渣装进特制蒸压釜，在温度 170-190℃、压力 0.8MPa-1MPa 条件下保温反应 12h，用吸收水塔吸收蒸汽中的氨，采用磷酸铵镁沉淀法沉淀吸收液中的氨氮，处理后的氰化渣浮选得到高品质硫精矿，无废水排放。

### 二、主要技术指标

处理后氰化渣浸出液中氰化物浓度<1mg/L，一次性除氰率达 99.5% 以上；浮选渣含硫量>48%。

### 三、技术特点

实现了氰化渣解毒和资源化利用。

### 四、技术推广应用情况

2016 年，福建省双旗山矿业有限责任公司黄金冶炼厂氰渣无害化处理项目，规模：年处理 1 万 t（日处理 40t）氰渣，已验收。

## 五、实际应用案例

案例名称	福建省双旗山矿业有限责任公司黄金冶炼厂氰渣无害化处理项目
业主单位	福建省双旗山矿业有限责任公司
工程地址	福建省泉州市德化县葛坑镇水门村
工程规模	年处理 1 万 t (日处理 40t) 氰渣
项目投运时间	2016 年 7 月投运
验收情况	组织验收单位：福建省双旗山矿业有限责任公司，验收时间：2016 年 7 月 23 日竣工验收，验收结论：经过保温 12h 蒸压，由福建省冶金工业研究所检测，在卸料堆场取样的游离氰的测定结果小于 1mg/L，实验得出不计人工费用，直接成本为 68 元/t。
工艺流程	首先采用蒸压的方法水解氰化尾渣中的氰化物。反应在特制的蒸压釜里面进行，首先将氰化尾渣造粒成型后用斗车装好，然后将斗车装进蒸压釜。密闭后开始抽真空半小时，然后开始通入蒸汽，在温度 190℃ 条件下开始保压 12h，然后降压排出含氨蒸汽。再采用磷酸铵镁沉淀法处理含氨氮的蒸汽水，处理后的水进入流程中循环使用。处理后氰化尾渣为二次可利用资源，黄铁矿的强抑制剂氰化物已经被水解，所以蒸压处理后的氰化尾渣有着较好的利用前景。可以采用浮选的方法，得到含硫大于 48% 的高品质硫精矿，选矿后的尾矿可用于生产建筑材料原料。
污染防治效果和达标情况	游离氰去除率达 99% 以上，pH 值 8-9，其它重金属离子的浸出符合《有色金属工业固体废物浸出毒性试验方法》(GB 5086)，处理效果较好，黄金冶炼厂氰化中矿脱氰及工业固体废物浸出毒性指标，全部达标。
二次污染治理情况	无二次污染。
主要工艺运行和控	脱氰工艺：密闭后开始抽真空半小时，然后开始通入蒸汽，在压力 0.8-1 MPa、温度 170-190℃ 下保温 12h 以上；



制参数	脱氰冷凝水药剂配比（摩尔比）： $n(\text{NH}_4^+)$ ： $n(\text{Mg}^{2+})$ ： $n(\text{PO}_4^{3-})=1:1.1:1$ ；脱氰后渣浮选工艺：通过一空一粗两精一扫的流程，捕收剂黄药用量 120g/t。
关键设备及设备参数	特制蒸压釜 2 台（直径 2m、长 6m、耐压 2.5 MPa）、生物质锅炉 1 台（2t/h，1.6MPa）、装卸系统各 1 台、球磨机（溢流型 $\Phi 1200 \times 2400$ ）、浮选机（SF 型 SF-0.37）。
投资费用	工程基础设施建设费用：地基与基础配套设施、雨棚钢架结构累加投资额约为 160 万元；设备投资等费用 100 万元；水处理设备 25 万元；浮选工艺系统（利用原有的选矿设备）费用 180 万元。
运行费用	氰化尾渣处理吨矿成 154.88 元，其中，蒸压除氰能耗（电+生物质颗粒燃料）成本 33.25 元/t，沉淀药剂成本 34.63 元/t，人工成本 24 元/t，折旧成本 31.7 元/t，浮选成本 26.3 元/t，其它支出 5 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	该工艺简单，除氰效果好，工业投资和运行费用低，一次性解决危险固废，不带来二次污染，并且进行了资源的二次利用，有效的将危险固废清洁转化成二次资源进行综合回收利用，可实现黄金氰化冶炼的清洁生产目标。通过多次精选能得到硫品位 52.87% 的硫精矿，硫回收率 78.65%。按每年产生的氰化尾渣约 1 万 t，处理前硫品位 22%，浮选后硫品位 48%、金 6g/t 计算，每年可生产 3244t 高品位硫精矿，同时约可回收 19.5kg 黄金，80kg 金属银，可达到减量排放、减少污染的目的，又可节约资金。

---

## 17. 黄金冶炼氰化渣除氰和金属回收技术

技术依托单位：江西一元再生资源有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：黄金行业金品位 $\geq 2\text{g/t}$ 、处理规模 $\geq 200\text{t/d}$  氰化渣的资源化和无害化。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

氰化渣浮选脱泥预处理后，加入活化剂进行化学活化并除去氰化物，然后用磨矿进行物理活化，采用一次粗选-四次扫选-三次精选流程，通过浮选柱和浮选机联用高效回收氰化渣中的金，实现氰化渣无害化。

### 二、主要技术指标

治理前总氰化物含量约  $400\text{mg/L}$ ，治理后总氰化物含量低于  $0.006\text{mg/L}$ 。

### 三、技术特点

含金矿物浮选效率高；活化剂选择性强，清洁高效。

### 四、技术推广应用情况

2015 年，江西一元再生资源有限公司八十源 306 选厂日处理  $300\text{t}$  干矿尾矿项目，已验收。

## 五、实际应用案例

案例名称	江西一元再生资源有限公司八十源 306 选厂日处理 300t 干矿尾矿项目
业主单位	江西一元再生资源有限公司
工程地址	江西省德兴市新营街道八十源村 306 选厂
工程规模	300t/d
项目投运时间	2015 年 1 月
验收情况	2017 年 3 月由江西省科技厅组织专家验收通过
工艺流程	将生物氧化氰化浸渣浮选脱泥预处理后（脱泥后的矿物称为预处理产品），加入活化剂进行化学活化并除去氰化物，然后用磨矿进行物理活化，采用一次粗选-四次扫选-三次精选流程，通过浮选柱和浮选机联合应用高效回收氰化浸渣中的金，并实现氰化尾渣无害化。
污染防治效果和达标情况	氰化浸渣中的总氰化合物进入浮选系统后，应用该技术，治理前总氰化合物 400mg/L，治理后总氰化合物 0.006mg/L，总氰化合物完全达标。
二次污染治理情况	生产过程中，工业用水经尾矿库澄清后全部回用，不造成二次污染。
主要工艺运行和控制参数	利用浮选脱泥、高效活化技术、强力捕收技术，可完全破除浸渣中所含总氰化合物，将含量降低至 0.006mg/L，并将浸渣中的金高效回收，真正实现氰化浸渣的资源化及无害化。
关键设备及设备参数	球磨机 XQY1845、38m <sup>3</sup> 圆形浮选机、CCF 系列浮选柱、压滤机 XMZ400/1500、高效搅拌槽 Φ4000×4500 等。
投资费用	工程基础设施建设中尾矿库投资 1800 万元，原料堆场、精矿堆场共投资 1200 万元，生产车间、设备基础等共投资 1000 万元，基础设施费用合计约 4000 万元，设备投资合计约 2000 万元，共计 6000 万元。

运行费用	<p>工程物耗-原料 300t/d，原料成本（运至厂区）50.80 元/t；药剂、钢球费用合计 45.60 元/t；装机容量 800kw，实际负荷率 70%左右，当地工业用电价格 0.70 元/度，每小时处理矿量为 12.5t 干矿，则电费 31.36 元/t；选厂工人 50 人，平均工资 4000 元/人，实际生产天数按 330d/a 计算，人员工资 24.24 元/t；设备投资 2000 万元，按 10 年折旧，折旧费用 20.20 元/t；维修、管理费及其他费用 32.80 元/t；运行成本合计为 205 元/t。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>工程应用中，氰化浸渣金品位平均 3.1g/t，回收率可达 75%，产品金精矿中金品位达 20g/t，销售系数为 76%。每年处理氰化渣 99000t，生产金精矿约 10000t 左右，折合黄金约 230kg。</p>

---

## 18. 水煤浆气化及高温熔融协同处置废物技术

技术依托单位：浙江凤登环保股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用于医药、精细化工、石化等行业产生大量有机废物（含危险废物）的化工园区及聚集区，周边有机废物产生量大于 2 万 t/a。适宜建设规模为年处置废物 20 万 t，同时生产的氢气、甲醇、氨等资源化产品及蒸汽、电力可供化工园区、聚集区企业使用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

工业有机废液、工业有机固废经预处理，与煤（辅料）、添加剂按一定比例通入磨机中共磨制浆，粘度、流动性、pH 值、浓度等指标符合生产要求。通过高压料浆泵送入气化炉顶部的工艺烧嘴，与空分装置产生的氧气经混合高压雾化，在 10-20MPa 压力、1350℃左右，料浆中的有机废物与煤、氧气以及水之间，发生一系列复杂的气化反应，最终将废物中的有机物转化成为 CO+H<sub>2</sub> 含量在 80%左右的合成原料气。经变换、脱硫、脱碳等工艺过程，继而生产高纯氢、脱硫脱硝用氨水、甲醇天然气等大宗化学品及其衍生物或直接作为清洁燃料使用。

---

## 二、主要技术指标

有机废物热消解率大于 99%，废渣熔融玻璃化率大于 98%。

## 三、技术特点

针对不同种类危险废物，研究开发了适用的预处理工艺、水煤浆助剂及制浆工艺参数，使水煤浆浓度、粘度、流动性等各项指标达到入炉气化要求。针对掺加危险废物的水煤浆特性，优化调整了气化工艺参数，确保了最佳气化效率和气化产品质量。利用水煤浆气化炉的协同处置，废物中有机成分及所含水分最终转变为气化产品  $H_2$  和  $CO_2$ ，实现了危险废物的无害化处置和资源化利用，同时节约用煤和用水。

## 四、技术推广应用情况

浙江凤登环保股份有限公司，水煤浆气化及高温熔融协同处置危险废物项目，已正常运行约 10 年，年处置危险废物规模为 8.64 万 t。

绍兴凤登环保有限公司，高浓度废液资源化、无害化处理示范装置项目，2017 年 4 月投入运行，年处置危险废物规模为 10 万 t。

宁波四明化工有限公司，高 COD 有机污水制水煤浆、生产合成气、氢气技改项目，2018 年 4 月投入运行，年处置危险废物规模为 8 万 t。

## 五、实际应用案例

案例名称	高浓度废液资源化、无害化处理示范装置项目
业主单位	绍兴凤登环保有限公司（原名：绍兴化工有限公司）
工程地址	浙江省绍兴市越城区斗门街道临海路1号
工程规模	危险废物处置10万t/a，合成氨5万t/a
项目投运时间	2017年4月
验收情况	验收单位：绍兴市环境保护局 验收时间：2018年3月12日 验收结论：原则同意项目竣工（固废、噪声）环境保护验收。
工艺流程	以水煤浆气化技术为基础，引入危险废物作为生产原料，通过控制关键浆料指标参数，最终在高温、中压、高氧的密闭条件下，把危险废物中有机废物分解为H <sub>2</sub> 、CO、CO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> S等原料气，原料气经过CO的等温变换、H <sub>2</sub> S湿法脱除、碳化及PSA（变压吸附）的CO <sub>2</sub> 脱除、CO <sub>2</sub> 提纯回收利用、H <sub>2</sub> 等资源化利用，生产高纯氢气、甲醇、脱硫脱硝用氨水等化工产品。
主要工艺运行和控制参数	废物料浆：pH6.5-8.5、浓度54.0-62.0%、热值≥13000J/g 气化控制参数：温度1350-1450℃、压力1.8-2.0MPa、氧纯度≥99.6%、碳转化率≥98%；熔渣玻璃体含量≥98%
关键设备及设备参数	1、预处理设备：颚式破碎机（1560×1550×1020，7.3-19.6t/h）；中转罐（Φ2200×7600）；废溶剂接收罐（Φ1400×1600）； 2、处置设施设备：配置釜（Φ2000×2600）；稀释槽（Φ4000×8000）；棒磨机（Φ2700×5500mm）； 3、空分装置：精馏塔主冷箱（47000×4650×3900）； 4、气化装置：气化炉（Φ2800/Φ1740×7766）； 5、变换装置：等温变换炉（Φ2000×20×17000）； 6、脱硫装置：脱硫塔（Φ2800×20×27160）； 7、低浓度有机废气处理装置（40000m <sup>3</sup> /h）；废气焚烧炉（4000m <sup>3</sup> /h）；污水生化除盐处理装置（200t/d）。

<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>工业氢气、高纯氢产品符合《氢气 第 1 部分 工业氢》(GB/T 3634.1-2006)和《氢气 第 2 部分 纯氢、高纯氢和超纯氢》(GB/T 3634.2-2011)有关要求;工业氨水和液氨产品符合《液体无水氨的测定方法 第 4 部分:残留物含量 容量法》(GB/T 8570.4-2010)有关要求;碳酸氢铵产品符合《农业用碳酸氢铵》(GB/T 3559-2001)有关要求;工业液体二氧化碳产品符合《工业液体二氧化碳》(GB/T 6052-2011)有关要求。</p>
<p>二次污染治理情况</p>	<p>废水排放符合《合成氨工业水污染物排放标准》(GB13458-2013)间接排放要求。</p> <p>工艺废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级新扩改标准;锅炉废气执行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)二级标准;臭气浓度排放符合《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)。</p> <p>气化炉熔渣混合样的二噁英含量在 0.00091-0.016<math>\mu</math>g TEQ/kg 之间,远低于《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》(GB5085.6-2007)规定的 15<math>\mu</math>g TEQ/kg。气化炉渣为熔融态玻璃体物质,符合建材使用质量标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB18046-2008)。</p>
<p>投资费用</p>	<p>只对预处理、制浆、气化及后处理部分进行改造,投入资金总额 2.5 亿元。其中,设备购置费 10300 万元、建筑工程费 4700 万元、安装费 5200 万元、其他 4800 万元。</p>
<p>运行费用</p>	<p>年运行费用约 3616 万元,包括原辅材料费 1508 万元、人员工资福利 233 万元、制造费用 1018 万元(含设备折旧)、电费 857 万元。单位运行成本 730 元/t 固体废物。</p>
<p>能源、资源节约和综合利用情况</p>	<p>项目采用先进的“水煤浆气化及高温熔融协同处置废物”技术,以工业有机固废、废液等作为原料替代煤、水,年节约标煤约 9200t,节水约 21834 万 t。</p> <p>2018 年资源化生产合格的高纯氢气(氢能源) 1091.46 万 m<sup>3</sup>、氢气 13.29 万瓶、工业碳酸氢铵 5.22 万 t、工业氨水 5.88 万 t、液氨 1.96 万 t、甲醇 0.32 万 t 等产品。</p>



---

## 19. 含砷重金属冶炼废渣治理与资源化利用技术

技术依托单位：中南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：有色冶炼含砷多金属物料、含砷危废等。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用自行研发的选择性脱砷剂为原料，在高压富氧条件下对含砷物料进行选择性的脱砷处理。反应完成后，脱砷液经砷矿相调控技术及含砷危废高效安全处置技术，形成稳定的高密度固砷体。脱砷渣经过氯盐浸出、分步水解及低温吹炼技术，可分别回收废渣中的铜、铋、锑、银等有价金属。

### 二、主要技术指标

砷源头脱除率 97.42%；含砷危废高效安全处置技术可实现砷浸出毒性降低至 0.36mg/L，与水泥固化技术相比，体积可减少 80%，彻底消除了砷的无序分散对生态环境污染；有价金属锑铋回收率大于 95%。

### 三、技术特点

重点围绕重金属冶炼含砷固废的治理与高值、安全利用技术展开创新性研究。研制了高选择性捕砷剂，发明了选择性脱砷、无砷物料有价金属梯级分离的新工艺。建立仿天然矿物的砷稳定矿相重构方法，突破高毒性砷渣危废处置工程难题，形成了满足各种固砷需求的系列技术。

#### 四、技术推广应用情况

2013 年，郴州市金贵银业股份有限公司含砷多金属物料治理与清洁利用工程（10000t/a）；

2015 年，湖南辰州矿业股份有限公司砷碱渣固化解毒工程（3000t/a）；

2016 年，湖北大冶有色金属公司污酸中和含砷废渣解毒处理工程（40000t/a）。

#### 五、实际应用案例

案例名称	郴州市金贵银业股份有限公司含砷多金属物料治理与清洁利用工程
业主单位	郴州市金贵银业股份有限公司
工程地址	湖南省郴州市有色金属产业园福城大道 1 号
工程规模	含砷多金属物料处理量 1 万 t/a
项目投运时间	2013 年
验收情况	2013 年 7 月，国家 863 计划重点项目课题“多金属复杂高砷物料脱砷解毒及综合利用关键技术开发”通过验收。验收结论：已完成项目合同要求的各项指标。
工艺流程	含砷物料经干燥和球磨车间配料后，采用脱砷剂在高压富氧条件下选择性脱砷，料浆经冷却、过滤后，滤液中砷经亚铁盐空气氧化转化为稳定的臭葱石，经低增容固砷技术形成高密度固砷体；脱砷渣经控电位浸出实现铋、铜与铅、锑等的分离，铋、铜通过分步水解富集回收，含铅、锑物料中的铅、银、锑则通过低温富氧熔池熔炼进行回收利用。
主要工艺运行和控制参数	含砷物料经过高温富氧选择性浸出，砷选择浸出率达 97.42%；脱砷液在宽 pH 范围下实现沉砷稳砷及低增容安全固化；无砷污染清洁冶金短流程新工艺，较传统方法减少锑白除砷、收铜净化、提铋除杂、贵铅除铜 4 道

	工序，实现锑铋等伴生元素低能耗、高效回收。
关键设备及设备参数	加压浸出槽 V=50m <sup>3</sup> ，压浸缓冲槽 V=50m <sup>3</sup> ，氯化浸出槽 V=50m <sup>3</sup> ，压浸液二效蒸发器，下卸式离心过滤机，机械力化学解毒-胶凝固化集成设备 500t/a。
污染防治效果和达标情况	采用富氧强化选择性脱砷工艺，脱砷率由 83.21% 提高到 97.42% 以上，脱砷时间缩短 1 倍。含砷危废高效安全处置技术可实现砷浸出毒性降低至 0.36mg/L 以下。
二次污染治理情况	脱砷液经过沉砷稳砷等工艺处理后，出水砷等重金属浓度低于《铅、锌工业污染物排放标准》（GB 25466-2010）中水污染物排放限值；含砷固废经过处理后浸出毒性最低降至 0.36mg/L，优于《危险废物填埋污染控制标准》（GB 18598-2019）；锑回收环节产生的含砷烟尘量大幅降低，废气经过常规处理后可达标排放。
投资费用	处理 2000t 含砷物料规模估算，本项目需建设投资为 3146.99 万元，流动资金 6937.07 万元，项目总投资为 10084.06 万元。
运行费用	处理一吨含砷物料成本 1034.22 元，其中包括辅助材料 278.91 元/t、燃料及动力 172.02 元/t、人员工资 234.00 元/t、折旧费 219.24 元/t、维护费 76.97 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	砷源头脱除率 97.42%；高密度固砷体浸出毒性低于危险废物填埋污染控制标准；开发无砷污染清洁冶金短流程新工艺，实现低能耗回收锑白，吹炼温度降低 350℃，有价金属回收率较现有工艺大幅提高，伴生金属锑铋回收率大于 95%。

---

## 20. 振频磁能加热废润滑油循环利用再生技术

技术依托单位：湖北爱国石化有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：废润滑油再生。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用组合式振频磁能加热器，以可控的恒温分布加热方式在管道和蒸馏釜中将废润滑油进行循环加热，再通过短程分子蒸馏脱除废油中的燃料油组分；剩余废油进行循环分子负压蒸馏，按照馏出温度的不同，得到不同组分的再生基础油产品。

### 二、主要技术指标

得到三种再生基础油产品 MVI150、MVI250 和 MVI350 达到国家一类基础油标准。

### 三、技术特点

将振频磁能加热技术运用到废润滑油再生工艺中，可以更有效地控制裂解温度，同时提高加热效率。

### 四、技术推广应用情况

2014 年，湖北爱国石化有限公司废矿物油再生基础油项目投运，年处理废矿物油 3 万 t。

## 五、实际应用案例

案例名称	年处理 3 万 t 废矿物油再生基础油项目
业主单位	湖北爱国石化有限公司
工程地址	湖北省荆门高新区-掇刀区化工循环产业园
工程规模	年处理 3 万 t 废矿物油
项目投运时间	2014 年 1 月投运
验收情况	一期验收时间为 2016 年 5 月 9 日，二期为 2016 年 12 月 23 日；验收结论是该工程实施过程中基本落实了环境影响评价文件及批复要求，配套建设了相应的环境保护措施，原则同意主体工程正式投入生产。
工艺流程	先将废油放入原料罐，由泵通过管道输送至蒸馏釜进行预热，加热时先将温度升至 70℃，通过组合式电频加热器进行可控的恒温分布加热并在管道和蒸馏釜中循环加热；然后分段加热到 180℃，通过短程分子蒸馏脱除废油中的燃料油组分，燃料油通过输送泵输送到接收罐里面。剩余大量的脱除燃料油的废油再进行循环分子负压蒸馏；在较高真空条件下温度不超过 280℃（常压沸点 ≤280℃）内进行蒸馏，原料因为蒸馏而生成油气，油气通过换热冷却、气相转化为液相冷凝下来，在 200℃时蒸馏出的废油作为一级粗基础油（MVI150）中间品进入轻质粗基础油接收罐，没有被蒸馏出的更高粘度的物料在 250℃蒸馏出来进入中质基础油（MVI50）接收罐；在 280℃高真空情况下将重质基础油蒸馏出来进入高质基础油（MVI350）接收罐，副产的物料成份是重质燃料油，蒸馏出的不同基础油通过管线输送到库区。
污染防治效果和达标情况	得到的三种再生基础油产品 MVI150、MVI250 和 MVI350 达到国家一类基础油标准。
二次污染治理情况	达标排放
主要工艺	振频磁能加热热转化率高达 98% 以上，废油最高蒸沸点

运行和控制参数	不高于 280℃，工艺在负压下进行，产品出油率在 85% 以上。尾气出口排放浓度非甲烷总烃浓度不高于 120mg/L，颗粒物浓度低于 0.2mg/L。
关键设备及设备参数	振频磁能加热机组每组为 50kw，控制温度为 0-400℃；氮气机为 10m <sup>3</sup> /h，无油真空泵为 300m <sup>3</sup> /d。
投资费用	经工艺改进，目前一条 10000t 废油再生产线，设备投资约 1000 万元，土建、罐区、厂房等视所在地区土地价格情况而定。
运行费用	<p>每吨废矿物油加工成本，包括水电 500 元、人工 100 元、添加剂 200 元、折旧 50 元、环保设施运行费 100 和税费 400 元，累计 1350 元 / t。</p> <p>由于基础油销售价格为 6500 元 / t，当产废单位缴纳 2500 元/t 危废处置费和不缴纳危废处置费两种情况下，运行利润分别为 7650 元 / t、5150 元/t。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>每吨原油大约可以炼制 0.3-0.5t 基础油，再生 1t 基础油就相当于节约了 0.6-1t 原油。按照 0.315 电力等价折标系数计算，1t 原煤约可发电 2268 度，如果直接用煤烧，全年需要用煤约 1083t，按 0.7143 折标煤 773.6 万 t 后，转换为用电量约 246 万度。如果采用传统电加热，全年用电量约在 214 万度。因此，比直接烧煤节能 64%；比传统电加热节能 30%。</p>

---

## 21. 工业润滑油电吸附净化还原技术与装备

技术依托单位：青岛海纳能源环保科技开发有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：工业设备润滑系统用油的净化与还原，例如钢铁、橡胶轮胎、金属冶炼、汽车制造、电力、矿山机械等工业设备较多、润滑油使用量较大的行业企业。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

废润滑油经进油泵输送至电磁管道加热器，对油料进行加热降粘；加热后的油料进入真空罐，在负压条件下，润滑油中混入的水分沸点降低，进而闪蒸脱除，实现废润滑油中水分的分离脱除；闪蒸分离后的润滑油料经精制泵输送至电吸附精制过滤器，进行电吸附精制净化，通过特殊改性的滤芯新材料的吸附作用，脱除润滑油在使用过程中氧化产生的有机酸、碱性氮、结合水、金属盐类、胶质、沥青质等极性物质，显著改善润滑油的酸值、微水含量、残炭、灰分等技术指标，再经粗过滤器，初步过滤大颗粒的机械杂质后进入循环罐，电吸附及粗过滤工序需进行循环净化两遍；电吸附净化及粗过滤后的油料再经精滤泵输送至高精密过滤器，脱除润滑油中残存的颗粒物机械杂质，提高其清洁度指标。

### 二、主要技术指标

工业设备产生的废润滑油经电吸附净化还原技术与装

备进行净化还原后，超过 95%的润滑油可实现回收与循环利用。

### 三、技术特点

电吸附净化还原技术利用经特殊改性处理的滤芯材料，采用主动吸附的方式实现润滑油中氧化物质的脱除，不仅能有效吸附过滤颗粒物机械杂质，还能对润滑油使用过程中氧化产生的极性物质进行深度吸附脱除，净化精度高。同时，滤芯为纤维状，孔径较大、不易堵塞；可以实现自身脱附再生，使用寿命长，成本低。

### 四、技术推广应用情况

2017 年 5 月，青岛双星轮胎工业有限公司转子密封油净化与循环利用项目完成验收，年处理规模 300t，废油的资源化回收利用率超过 90%。

2016 年 12 月，赛轮集团转子密封油净化与循环利用项目完成初次验收，年处理规模 300t。

2017 年 7 月，山东玲珑轮胎股份有限公司转子密封油净化与循环利用项目完成初次验收，年处理规模 500t。

### 五、实际应用案例

案例名称	万历轮胎密封油电吸附净化项目
业主单位	万力轮胎股份有限公司
工程地址	广州市从化鳌头镇万力路 3 号
工程规模	110t/a
项目投运时间	2018 年 4 月



验收情况	已通过验收，目前持续生产
工艺流程	设备泄露的转子密封油经进油泵输送至电磁管道加热器，对油料加热升温至 75-80℃；加热后的油料进入真空罐，在负压-0.08MPa 条件下，转子密封油中混入的水分沸点降低，进而闪蒸脱除，实现转子密封油中水分的分离脱除；闪蒸分离后的转子密封油料经精制泵输送至电吸附精制过滤器，进行电吸附精制净化，通过特殊改性的滤芯新材料的吸附作用，脱除转子密封油在使用过程中氧化产生的极性带电荷的物质，显著改善转子密封油的酸值、微水含量、残炭、灰分等技术指标，再经粗过滤器，初步过滤大颗粒的机械杂质后进入循环罐，电吸附及粗过滤工序需进行循环净化两遍；电吸附净化及粗过滤后的油料再经精滤泵输送至高精密过滤器，脱除转子密封油中残存的非极性颗粒物机械杂质。
主要工艺运行和控制参数	操作温度：75-80℃ 真空度：-0.08MPa 电吸附电压：1500-4000V 电吸附电流：20-30mA 精滤压力：≤0.25MPa 处理量：约 1t/d
关键设备及设备参数	电吸附过滤器性能参数 型号：DXF-01 额定压力：0.1MPa 额定流量：1m <sup>3</sup> /h 额定温度：70℃ 额定电压：2000V 额定电流：25mA 额定排污周期：8h 额定脱附时间：12h
污染防治效果和达标情况	通过采用电吸附净化还原技术与装备对转子密封油进行净化还原与循环利用，净化还原后的转子密封油 40℃运动粘度、100℃运动粘度、水分含量、机械杂质、闪点等

	五项主要技术指标均满足运行油标准，达到了设备的使用要求。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	工程基础设施投资 5 万，设备投资 30 万。
运行费用	吨耗材料成本 1300 元，人工成本 800 元，差旅费 300 元，折旧及其他耗材 500 元，共计单耗成本约 2900 元/t 油。
能源、资源节约和综合利用情况	采用电吸附净化还原技术与装备对其密炼机设备产生的转子密封油废油进行净化还原与循环利用，废油的资源化回收利用率超过 90%，每年约减少 110t 左右新油采购量及废油处置费，每年节约成本 150 余万元。

---

## 22. 含汞荧光灯管中稀土富集及综合利用技术

技术依托单位：陕西安信显像管循环处理应用有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：显示及照明类电子废物中废荧光粉处理利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

将废荧光粉过筛分离玻璃碎屑及颗粒较大的铝箔后，通过涡轮气流分级装置两级分离及布袋过滤，将废弃荧光粉分离成含铅玻璃渣、稀土富集料、铝箔和石墨等。

### 二、主要技术指标

稀土富集料稀土含量可达 45%。

### 三、技术特点

完全通过物理分选，使电子废弃物中的含铅玻璃、铝箔、石墨及稀土材料的有效分离和富集，为电子废弃物中稀土资源循环利用奠定基础。

### 四、技术推广应用情况

2016 年，陕西安信显像管循环处理应用有限公司的电子废荧光粉无害化处理项目投运，年处理电子废弃荧光粉 1000t。

### 五、实际应用案例

案例名称	电子废荧光粉无害化处理项目
------	---------------

业主单位	陕西安信显像管循环处理应用有限公司
工程地址	陕西省咸阳市礼泉县西张堡镇陕西再生资源产业园
工程规模	年处理电子废弃荧光粉 1000t
项目投运时间	2016 年 12 月 31 日
验收情况	已完成验收监测
工艺流程	将电子废弃荧光粉过筛分离玻璃碎屑及颗粒较大的铝箔后，通过气流分级、叶轮分级两种技术两级分离及布袋过滤，将电子废弃荧光粉分离成含铅玻璃渣、稀土富集料、铝箔和石墨等。
污染防治效果和达标情况	经处理后，电子废弃荧光粉填埋率降低 90%，稀土富集含量可达 30%-47%，项目产生废气排放符合国家标准。
二次污染治理情况	无二次污染
主要工艺运行和控制参数	运用重力沉降和旋风分级的方法区分不同粒度和比重的物质，经过二级分离和布袋过滤，将电子废弃荧光粉分离成含铅玻璃渣、高纯稀土原材料、铝膜和石墨等灰尘，其中高纯稀土材料的稀土含量可达到 30%，实现将废弃物变成高纯稀土原料的目标。
关键设备及设备参数	气流分级机，规格型号 F-302，主风机 18.5kw。
投资费用	投资 1000 多万元，包括工程费 397.50 万元，室内外配套设施费 22.50 万元，设备费用 300.00 万元，安装费用 30 万元，其他费用 361.39 万元。
运行费用	每月运行费用约 4.5 万元，其中包括电费 2.2 万元、材料费 0.3 万元、人员工资 1.5 万元、设备维修 0.5 万元。
能源、资源节约和综合利用情况	处理电子废弃荧光粉 60 余 t，可产生可资源化利用的高纯稀土原料 20 余 t 和含铅玻璃粉 30 余 t。

---

## 23. 线路板低温物理削磨分离元器件技术

技术依托单位：TCL 奥博（天津）环保发展有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：危废、电废等行业处理线路板时分离元器件的预处理环节。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

首先将线路板面的螺丝、杂线等可拆卸部件拆除，通过自主研发的单层线路板削磨机将背面的管脚、焊点、覆铜层磨削掉（在削磨过程中喷水以达到降温除尘的效果，避免产生有害气体）；之后利用元器件分离设备将已经松动的元器件剥离线路板，通过振动筛将元器件和线路板光板分类输送；分离出来的元器件通过人工筛选分类收集再利用；削磨过程中产生的水、树脂粉污泥、金属粉末等收集起来通过水摇床将金属粉末和非金属粉末分离；分离出来的非金属通过板框压滤机进行脱水后送到指定厂家进行处理；分离出的金属粉末收集后再利用。

### 二、主要技术指标

- 1、削磨厚度 0.1-0.3mm。（PCB 板厚度 1.5-2.5mm）
- 2、SHOT 周期：40-50s
- 3、作业面：460mm\*460mm/台

4、产能：1.2-2.2kg/SHOT/台,120kg/h/台（实测值，按1.5kg/SHOT）。

### 三、技术特点

1、自适应形状的卡具，保证线路板的加工面始终保持同一水平状态，确保削磨的精度。

2、削磨作业时对削磨作业面喷水，使削磨温度保证在常温，避免有害物质的释放，同时收集削磨产生的粉尘，使其不扩散到环境中去。

3、线路板低温物理削磨分离元器件技术属于首创，目前国内外没有类似技术。此项技术突破了目前线路板元器件分离通用的加热法去除元器件的环保缺陷，几乎没有有害物质对环境造成损害，真正实现线路板无害化处理。

### 四、技术推广应用情况

该技术项目是公司自主研发项目，已在 TCL 奥博公司建立生产线并投入使用。2016 年 10 月建成，经试生产及多次改进，2017 年 6 月通过验收。

### 五、实际应用案例

案例名称	TCL 奥博 3000t 线路板削磨处理线
业主单位	TCL 奥博（天津）环保发展有限公司
工程地址	天津市静海区子牙循环经济产业区十五号路 10 号
工程规模	产能 3000t/a
项目投运时间	2016 年 10 月建成投产，2017 年 3 月正式运行。
验收情况	验收单位：天津市静海区行政审批局，2017 年 6 月，经审

	批，达到设计产能与环保要求，验收合格。
工艺流程	首先将线路板面的螺丝、杂线等可拆卸部件拆除，通过自主研发的单层线路板削磨机将背面的管脚、焊点、覆铜层磨削掉（在削磨过程中喷水以达到降温除尘的效果，避免产生有害气体。）；之后利用元器件分离设备将已经松动的元器件剥离线路板，通过振动筛将元器件和线路板光板分类输送；分离出来的元器件通过人工筛选分类收集再利用；削磨过程中产生的水、树脂粉污泥、金属粉末等收集起来通过水摇床将金属粉末和非金属粉末分离；分离出来的非金属通过板框压滤机进行脱水后送到指定厂家进行处理；分离出的金属粉末收集后再利用。
主要工艺运行和控制参数	1、单台产能：1.2-2.2kg/SHOT/台,120kg/h/台（实测值，按1.5kg/SHOT）。 2、实测产能：2800t/a 3、削磨厚度 0.1-0.3mm（PCB 板厚度 1.5-2.5mm） 4、SHOT 周期：40-50s 5、作业面：460mm*460mm/台
关键设备及设备参数	1、KD460 削磨机，8 台。 单台产能：1.2-2.2kg/SHOT/台,120kg/h/台（实测值，按1.5kg/SHOT）。单台功率 9kw，稼动率 40%， 2、元器件自动分离机，2 台。 单台产能 600kg/h。单台功率 5.5kw，稼动率 60%。
污染防治效果和达标情况	<b>PBDE 减排效果：</b> 废气处理前，传统破碎工艺排放浓度 $4 \times 10^3 \text{ng/m}^3$ ，低温物理削磨工艺排放浓度 $2.4 \text{ng/m}^3$ ，削减 99.94%。 废气处理后，传破碎工艺排放浓度 $1.3 \times 10^3 \text{ng/m}^3$ ，低温物理削磨工艺排放浓度 $1.0 \text{ng/m}^3$ ，削减 99.92%。
二次污染治理情况	无二次污染。
投资费用	以年度产能 3000t 系统为例，系统总投资约 102 万元。
运行费用	以产能 3000t/a 系统为例，配置削磨机 8 台，元器件自动分离机 2 台，装机总功率 136kw。 实测吨生产成本如下：

	<p>设备折旧 33.20 元、管理费用 27.27 元、人工费用 156.25 元、耗材费用 202.47 元、电费 62.08 元、水费 0.04 元、设备维修 18.45 元。</p> <p>生产成本合计 500 元/t。</p>
<p>能源、资源节约和综合利用情况</p>	<p>相对于传统工艺，此项技术在同等产能情况下，设备投资基本持平，电费降低约 30%，人工减少约 50%。整体效率提升 20%。</p> <p>线路板元器件等全部有效回收，资源化率 100%。所分离出的 PCB 光板不必再进行破碎处理，元器件可根据需求进行综合利用。</p>



---

## 24. 废电路板电子元器件自动拆解与资源化技术

技术依托单位：上海新金桥环保有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：电路板电子元器件、半导体类存储介质破碎、分选、销毁。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用半自动翻转倒料系统将物料送入四轴破碎机破碎，破碎后的物料经选择输送机分为含电子元器件料（含件料）和不含电子元器件料（不含件料）。含件料分别经磁选机、涡电流分选机分选出铁金属、非铁金属和非金属。不含件料经两级破碎、双层振动筛选机、重力分选机实现铜粉和树脂粉的分离。工艺中加设两个暂存槽防止堵料，全过程统一集尘避免粉尘二次污染，并通过 PLC 控制实现系统的自动化操作。

### 二、主要技术指标

金属与非金属（废塑料等）解离率为 95% 以上、分选效率 90% 以上。

### 三、技术特点

半自动化加料，多级破碎分选实现金属与非金属分离。

#### 四、技术推广应用情况

2008 年实施 1000kg/h 废电路板自动拆解与资源化项目，于 2009 年 10 月由上海市环境保护局验收。

#### 五、实际应用案例

案例名称	上海新金桥环保有限公司 1000kg/h 废电路板自动拆解与资源化项目
业主单位	上海新金桥环保有限公司
工程地址	上海浦东新区敬业路 870 号
工程规模	系统处理能力为 1000kg/h
项目投运时间	2008 年
验收情况	上海市环境保护局于 2009 年 10 月 12 日验收，项目环保审批手续齐全，环保治理设施和管理措施得到落实，排放的污染物达到相应排放标准，符合规定的环保设施竣工验收条件，同意项目环保设施竣工验收。
工艺流程	采用半自动翻转倒料系统将物料送入四轴破碎机破碎，破碎后的物料经选择输送机分为含电子元器件料（含件料）和不含电子元器件料（不含件料）。含件料分别经磁选机、涡电流分选机分选出铁金属、非铁金属和非金属。不含件料经两级破碎、双层振动筛选机、重力分选机实现铜粉和树脂粉的分离。工艺中加设两个暂存槽防止堵料，全过程统一集尘避免粉尘二次污染，并通过 PLC 控制实现系统的自动化操作。
主要工艺运行和控制参数	高效分离废电路板中金属与非金属，分离效率可达 95% 以上。粉尘收集系统含管路，采用聚酯滤筒式集尘器，过滤效率 99.5% 以上。
关键设备及设备参数	翻转倒料机翻转角度 45°，变频器控制入料输送机速度，四轴破碎机入料输送机采用人字型皮带避免输送物料于输送过程中下滑，四轴破碎机处理量每小时 1000kg 以上，人字皮带出料选择输送机根据需要的产物选择输送方向。

污染防治效果和达标情况	金属与非金属（废塑料等）解离率为 95%以上、分选效率 90%以上。
二次污染治理情况	废气治理达标排放，符合《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
投资费用	800 万元
运行费用	600 元/t
能源、资源节约和综合利用情况	从废电路板可分离出铜、黄金、银、白金和树脂粉。

---

## 第二章 工业固体废物领域

### 1. 钒矿提制高纯钒系产品清洁生产关键技术

技术依托单位：中国科学院金属研究所、湖南三丰钒业有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：钒矿冶炼及精细加工生产规模在 3000 t/a 及以上规模企业的废水、废气治理后的循环使用。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

从钒矿采矿冶炼开始直接提取偏钒酸铵 ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ) 及多钒酸铵 ( $(\text{NH}_4)_2\text{V}_6\text{O}_{16}$ ) 制成高纯五氧化二钒 ( $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{V}_2\text{O}_4$ ) 等系列产品，其生产过程产生的氨气 ( $\text{NH}_3$ ) 通过负压收集，稀硫酸 10% ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 吸收，实现氨气回收并制成生产所需硫酸铵 ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) 原料，确保氨气 ( $\text{NH}_3$ ) 循环使用。基于采用多酸酯® (发明专利产品) 和无定型白炭黑技术，使废水中的重金属和杂质得到有效处理，确保生产过程的废水零排放，循环使用，且生产的钒系列产品纯度高达 99.5-99.99%。

#### 二、主要技术指标

工艺废水中的金属离子、杂质经过析出、沉淀、除色、净化过滤后不需要排放，直接进入生产头道工序的回用水系

统循环使用。经技术处理的废水中，产生有益于再次重复提钒质量的因子，确保连续生产的钒系列产品纯度高达99.99%。鉴于水的蒸发损失，定期适量补充10-15%的新水。

工艺中产生的氨气回收至装置塔内，经调pH值再生净化、合成、洗涤、烘干，根据产品需要投入不同的酸分别生成（氯化铵、硫酸铵或硝酸铵）。

### 三、技术特点

工艺中产生的废水、废气经处理后不排放，全部进入生产循环使用，经反复处理的废水会产生一种有益提钒的因子。既降低成本，提高回收率，又友好环境，绿色生产。

### 四、技术推广应用情况

2016年在湖南三丰钒业有限公司投入使用，年产2000t偏钒酸铵、五氧化二钒。

### 五、实际应用案例

案例名称	钒矿提制高纯钒系产品清洁生产关键技术
业主单位	湖南三丰钒业有限公司
工程地址	湖南省湘西州花垣县工业集中区
工程规模	年产2000t五氧化二钒、偏钒酸铵项目
项目投运时间	2016年5月-2018年11月
验收情况	根据湘西土家族苗族自治州环境保护局《湘西自治州环境保护局“关于湖南三丰钒业有限公司2,000吨五氧化二钒深加工建设项目军工环境保护验收批复”》【州检验（2018）3号】，同意湖南三丰钒业有限公司2,000t五氧化二钒深加工建设项目竣工环境保护验收合格，企业可正式投入生产。

工艺流程	该技术工艺包括三个阶段：钒矿采矿冶炼合成偏钒酸铵及多钒酸铵；偏钒酸铵或多钒酸铵转化高纯五氧化二钒等钒系产品，通过负压稀硫酸吸收，实现氨气回收并制成生产所需硫酸铵原料，循环使用；对工艺废水进行技术处理后实现废水零排放，循环使用。
主要工艺运行和控制参数	废水中含有的铬、钛等金属离子，硅、钙、镁等杂质，经过多酸酯 <sup>®</sup> 和多孔无定型白碳黑的吸附、除色、沉淀、净化，澄清过滤后已经降到最低，成为符合生产高纯产品的清液，进入回用水系统，使钒系列产品纯度高达99.99%。
关键设备及设备参数	<p>主要设备配置：</p> <p>自制废水收集水泥池 10m×10m×5m，4-8 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏；自制预处理水泥池 2m×3m×2m，16 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏；自制废水分配水泥池 2m×3m×2m，16 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏；自制日处理 50m<sup>3</sup> 搅拌水泥搅拌池 6-8 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏；自主设计 Y100/870-30UB 封闭式压滤机 2-4 台，自制压滤中转水泥池 5m×5m×5m，4-6 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏；定制反渗透制水机 40T/h 一台，全封闭循环水泥池 5m×5m×5m，2-4 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏；自主研发氨气回收塔 20,000m<sup>3</sup>/h 一座，冷却塔 DCT-45T 一台，封闭式搪瓷反应釜 10m<sup>3</sup>，6-8 台，全封闭式铵水存储罐 100m<sup>3</sup>，8-10 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防腐，氨水回收系统配套水泥池 2m×3m×2m，6-8 个，内衬玻璃钢及防腐油漆作防渗漏，JF-2006 电镀过滤机 5-7 台，10.FPZ(D)-18 自吸泵 10-12 台，20m<sup>3</sup>PP 桶 4-8 个，废水循环 KB-50052NBH-SCH 自吸泵 5-7 台。</p>
污染防治效果和	矿山行业标准是“达标限量排放”，本项目技术是“不排放，循环使用”，实现了废水处理的终极目标。

达标情况	
二次污染治理情况	无
投资费用	约 500 万元
运行费用	企业实现的综合效应是：在粗钒原料中，可分别提取 35 种产品，原料利用率为 98.5%，缩减了繁琐工艺，由原 72 道缩减为 17 道；生产工人由 200 人减到 72 人；吨用电 4030 度变为 3000 度，废水经处理后实现循环使用，但需定期补充新水 15% 左右，企业每年节水 150 万 t 以上，吨成本降低约 5000 元；产品国内外供不应求，产品利润率达到 70-200% 以上。
能源、资源节约和综合利用情况	实现了生态效应、社会效应和经济效应。

## 2. 矿山采空区尾砂膏体充填技术

技术依托单位：飞翼股份有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：金属非金属矿山采空区回填。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用深锥膏体浓密机将尾矿浆浓缩至 65%-75%，浓缩过程中添加絮凝剂，以提高尾矿浆的沉降速度、降低溢流水含固量。尾矿浆浓密沉降后排出的溢流水回选厂使用，浓密后的膏体料浆与水泥和水在搅拌桶中充分搅拌制备成膏体充填料浆，通过充填工业泵加压经管道输送至待充采空区。

### 二、主要技术指标

经深锥浓密机浓密后的尾矿浆溢流水含固率 $<300\text{ppm}$ ，充填体终凝强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ 。

### 三、技术特点

提高尾砂利用率，最大限度减少矿山固体废物排放量。

### 四、技术推广应用情况

2015 年，云南金沙矿业因民公司全尾砂膏体充填项目，充填能力  $110\text{m}^3/\text{h}$ ，尾砂处理量  $2500\text{t}/\text{d}$ ，已验收。

### 五、实际应用案例

案例名称	云南金沙矿业因民公司全尾砂膏体充填项目
业主单位	云南金沙矿业股份有限公司



工程地址	云南省昆明市东川区因民镇红山村因民公司充填站
工程规模	充填能力 110m <sup>3</sup> /h，尾砂处理量 2500t/d
项目投运时间	2015 年 12 月
验收情况	2015 年 7 月，经业主方云南金沙矿业股份有限公司因民公司、设计单位湖南中大设计院有限公司及系统施工方飞翼股份有限公司联合验收，一致认为本工程各个子系统均符合国家法律法规，各设备运转正常，各项工艺指标均达到设计标准。
工艺流程	采用深锥膏体浓密机将尾矿浆浓缩至 65%-75%，浓缩过程中添加絮凝剂，以提高尾矿浆的沉降速度、降低溢流水含固量。尾矿浆浓密沉降后排出的溢流水回选厂使用，浓密后的膏体料浆与水泥和水在搅拌桶中充分搅拌制备成膏体充填料浆，通过充填工业泵加压经管道输送至待充采空区。
污染防治效果和达标情况	经深锥膏体浓密机浓密后的尾矿浆溢流水含固率 < 300ppm，充填体终凝强度 ≥ 1.5MPa。
二次污染治理情况	尾矿充填过程中对地下水水量及水位的影响分析：充填料浆泌水和管道冲洗水大部分（约 92%）都能通过渗透滤水管和溢流排水管排出，渗入周围岩体的量很少。料浆泌水对地下水水质的影响分析：尾矿渣不属于危险废物，尾矿砂属于一般工业固体废物中第 I 类一般工业固体废物。浸出试验检测结果中除 pH 值略微超出《地下水质量标准》（GB/T14848-93）中的 III 类标准外，其余指标均不超出 III 类标准。料浆泌水中重金属污染物对地下水水质的影响分析：根据充填尾矿砂的浸出试验检测结果可知，在尾矿充填过程中产生的料浆泌水中重金属离子浓度都很低，基本都低于检出限。
主要工艺运行和控制参数	充填能力 110m <sup>3</sup> /h，日处理尾砂量 2500t/d；设计充填料浆质量浓度 70%-72%；溢流水固含量 < 300ppm，返回选厂循环利用；最远输送距离 3334m；充填配比：高强度充填 1:8；低强度充填 1:20。

关键设备及设备参数	深锥膏体浓密机 NGT16, 日处理尾砂量 2500t/d; 充填工业泵 HGBS150.15.500S, 最大排量 150m <sup>3</sup> /h, 最大泵送压力 15MPa; 强力搅拌桶, Φ2500×2500, 生产能力 120m <sup>3</sup> /h; 水泥筒仓, 200t; 控制阀组: DN150 节流阀、DN150 截止阀、DN150 换向阀。
投资费用	项目总投资 2522 万元, 其中建筑工程 259.7 万元, 设备购置 1926 万元, 安装工程 96 万元, 调试费用 136 万元, 其他费用 122.3 万元。
运行费用	最大充填成本 51.46 元/m <sup>3</sup> , 其中材料费 (水泥) 46.2 元/m <sup>3</sup> 、电费 4.43 元/m <sup>3</sup> 、人工费 0.68 元/m <sup>3</sup> 、絮凝剂 0.15 元/m <sup>3</sup> 。
能源、资源节约和综合利用情况	<p>本项目建成后, 选厂尾砂全部充填到井下采空区, 每年消耗尾砂 65.34 万 m<sup>3</sup>, 实现了选矿后固废及废水的零排放, 杜绝了对金沙江流域的污染。由于因民公司现有尾矿库已满, 如不采取充填方式处理尾砂, 则需要新建尾矿库进行堆存。按单位面积堆存尾砂 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 计, 须征用土地 32670 m<sup>2</sup>; 按地价 400 元/m<sup>2</sup> 计算, 则每年直接减少费用 1306.8 万元 (其中不包括节约新建尾矿库费用)。</p> <p>因民矿原设计采用浅孔留矿法, 资源回收率低 (约 60%), 采用充填采矿法后, 资源回收率可提高到 80% 以上。按矿山保有储量 600 万 t 计算, 可多采出铜矿石 120 万 t, 因民矿原矿品位 0.88%、精矿品位 23%, 累计可多回收铜精矿 4.8 万 t, 按铜精矿目前市场价格 39000 元/t 计算, 累计新增产值 18.72 亿元。</p>

---

### 3. 工业固体废物综合利用陶粒生产技术

技术依托单位：内蒙古正唐环保产业有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：燃煤电厂、洗选煤厂等工业固废排放企业进行粉煤灰、煤矸石等固废资源化协同利用的配套生产。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

“WS.DYNASI”陶粒生产线利用粉煤灰、煤矸石等固体废物，通过科学配比、搅拌、成核、成球、余热回收、预热干燥、智能焙烧、冷却等工艺生产陶粒产品。采用负压除尘、余热回收工艺，达到高效节能、无污染、无粉尘、无废水排放的清洁生产，综合利用固废率 100%，成品率 95% 以上。

#### 二、主要技术指标

一条年产 20 万  $m^3$  固体废物粉煤灰陶粒生产线，可实现年利用粉煤灰 21.6 万 t、煤矸石 1.6 万 t。减少占地 30-50 亩。(生产 1  $m^3$  陶粒，电耗 35kwh，水耗 0.35 t，天然气用量 2.5  $m^3$ )。

#### 三、技术特点

100% 以固体废弃物为原料（粉煤灰、煤矸石等），连续化、规模化生产利用，通过焙烧、余热回收关键技术，实现大宗固体废物无害化、减量化和资源化。生产出适用于多领域用的陶粒（建筑骨料、生物滤料、绿化陶粒、无土栽培基质陶粒、蓄热球等）。

#### 四、技术推广应用情况

2008年-2014年，公司在包头东华热电厂完成10万 m<sup>3</sup>粉煤灰陶粒生产项目试生产及示范线建设，实现固废物的100%利用。年处置粉煤灰煤矸石12万 t左右，年生产陶粒10万 m<sup>3</sup>。

2009年粉煤灰生物陶粒滤料已在包头万水泉污水处理厂、青铜峡污水处理厂进行应用直至现在。

#### 五、实际应用案例

案例名称	包头东华热电厂配套年产10万 m <sup>3</sup> 粉煤灰生物陶粒滤料开发生产项目
业主单位	内蒙古正唐环保产业有限公司(原包头市精正高新建材有限公司)
工程地址	包头铝业产业园区包头东华热电厂旁边
工程规模	年产10万 m <sup>3</sup> 粉煤灰生物陶粒滤料生产线及配套设施
项目投运时间	2008年
验收情况	验收单位：内蒙古自治区科学技术厅 验收时间：2016年9月8日 验收结论：1、项目通过产学研的形式对粉煤灰生物陶粒滤料的性能、机理和在水处理领域的应用进行试验研究，完成了设计能力为10万立方米粉煤灰陶粒生物滤料生产线的建设，形成规模化生产。并在此基础上，将陶粒滤料在污水处理厂曝气生物滤池技术中进行示范应用反馈良好，为粉煤灰陶粒滤料的推广和应用奠定了基础。2.申请国家专利3项，科技成果1项。3、专家组一致同意该项目通过验收。

<p>工艺流程</p>	<p><b>WS·DYNAS</b> 陶粒生产技术装备，生产工艺包括储料、配料、供水、混匀、成球布料、点火焙烧、负压除尘、成品筛分及自动化控制九大系统。系统采用准确的配料、混合、成球、预热、干燥、焙烧、冷却、余热回收等工艺。生产高效节能、无污染、无粉尘、无废水排放。技术工艺流程如下：</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、配料工艺：粉煤灰占 &gt;95%，煤矸石、污泥等助剂占 3-5%。即产品由 100% 的固体废弃物制成；</li> <li>2、成球工艺：湿料球大小 3-10mm，含水率约 12%；</li> <li>3、焙烧工艺：预热温度：50-80℃，预热干燥后湿料球含水率：&lt;5%，点火温度：950-1150℃；</li> <li>4、冷却工艺：出机温度：120-80℃；</li> <li>5、冷却段设置余热回收设施、余热完全回收利用到干燥区进行预热干燥。合理的干燥、预热热工制度，降低能耗，节能效益可达 35%；</li> <li>6、采用负压引风除尘系统，对大气无污染，没有废水和固废排放。</li> </ol>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>陶粒焙烧机生产能力 10 万 m<sup>3</sup>/a，合格率 95%，利用系数 ≥1.2，成球设备 Φ4500，功率 37kW，产量 30-35t/h。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>项目年产陶粒 10 万 m<sup>3</sup>，年利用粉煤灰 12 万 t，煤矸石 0.5 万 t。陶粒焙烧过程中配套静电除尘装置、污水处理、降噪装置等，使得陶粒生产过程中无废水、废气、废渣排放。同时为电厂节约 50 亩的填埋土地，减少粉煤灰排放造成的大气、土壤和地下水污染。</p>

	<p>污染物排放标准：GB16297-1996《大气污染物综合排放标准》、GB 29620-2013《砖瓦工业大气污染物排放标准》、陶粒滤料生产标准 CJ/T299-2008、水处理用人工陶粒滤料 GB/T17431-2010《轻集料及其试验方法》。</p>
二次污染治理情况	<p>陶粒生产技术中产生的二次污染物主要为粉尘污染。焙烧过程中产生的烟气通过负压引风静电除尘装置进行集中收尘，再经一座 25m 高排气筒排出。经检测，陶粒生产车间内外及成品筛分产生的粉尘经除尘装置处理后，利用风管与各个产尘点相连集中由排气筒排放，收集的粉尘集中回收利用返回原料仓利用。符合污染物排放标准：GB16297-1996《大气污染物综合排放标准》、GB 29620-2013《砖瓦工业大气污染物排放标准》。</p>
投资费用	5700 万元
运行费用	<p>运行总成本费用 1642 万元；原辅材料、燃料动力 468 万元；人工费用 116 万元；折旧费用维修费 450 万元；销售及管理与其他费用 380 万元；财务费用 228 万元。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>粉煤灰、煤矸石、污泥等固体废物，规模化协同利用；生产中产生的粉尘及废渣可再次利用制备陶粒，变废为宝，实现了无害化、资源化循环利用。</p>

---

#### 4. 利用粉煤灰提取氧化铝及废渣综合利用技术

技术依托单位：内蒙古蒙西鄂尔多斯铝业有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：单线氧化铝生产规模 40 万 t/a 及以上的利用高铝粉煤灰、电石渣等工业废渣生产冶金级氧化铝，废渣生产水泥等建材产品。

主要技术指标和参数：

##### 一、工艺路线及参数

将高铝粉煤灰、电石渣等工业废渣磨细配比混匀，在日产 5000t 的新型干法窑内 1320-1400 ℃ 下焙烧，形成以铝酸钙和硅酸二钙为主要成分的氧化铝熟料。在熟料冷却过程中通过温度控制使熟料产生自粉化，采用碱溶法在自粉化后的氧化铝熟料中提取氧化铝后，低碱废渣（主要成分为活性硅酸钙）用于生产水泥等建筑材料。各环节烟气经净化后达标排放。产 1t 氧化铝约消耗 3.3t 粉煤灰，消耗 3t 以上电石渣。

##### 二、主要技术指标

产品执行《氧化铝》（YS/T 274）中冶金级砂状氧化铝一级标准，氧化铝综合提取率不小于 80%，提取氧化铝后的废渣—硅钙渣碱含量小于 0.80%。

##### 三、技术特点

高铝粉煤灰、电石渣等等工业废渣做原料，从低品位原料中提取氧化铝，废渣用于生产水泥等建筑材料，废水回用，

整条生产线无废水和固废外排，资源综合利用效益突出；在熟料生产阶段采用无碱配料煅烧、熟料自粉化工艺，节能增效。

#### 四、技术推广应用情况

2014年，内蒙古蒙西鄂尔多斯铝业有限公司利用粉煤灰年产40万吨氧化铝项目，已验收。

#### 五、实际应用案例

案例名称	内蒙古蒙西鄂尔多斯铝业有限公司利用粉煤灰年产40万吨氧化铝项目
业主单位	内蒙古蒙西鄂尔多斯铝业有限公司
工程地址	内蒙古鄂尔多斯市蒙西高新技术工业园区
工程规模	利用粉煤灰年产40万吨氧化铝
项目投运时间	2014年10月
工艺流程	将粉煤灰与石灰石磨细配比混匀，在1320-1400℃下焙烧，形成以铝酸钙和硅酸二钙为主要成分的氧化铝熟料。在熟料冷却过程中通过温度控制使熟料产生自粉化，采用碱溶法在自粉化后的氧化铝熟料中提取氧化铝后，废渣（主要成分为活性硅酸钙）用于生产水泥。各环节烟气经净化后达标排放。产1t氧化铝约消耗3.3t粉煤灰。
污染防治效果和达标情况	年产40万吨氧化铝，可消耗粉煤灰132万吨，同时产出氧化铝赤泥-活性硅酸钙330.4万吨用于生产水泥熟料，实现固废零排放。
二次污染治理情况	主要大气污染源是熟料烧成窑和氢氧化铝焙烧炉，其中的主要污染物为物料粉尘、SO <sub>2</sub> 和NO <sub>x</sub> ，另外物料贮运、破碎等过程中有少量粉尘产生。窑炉烟气通过收尘系统和脱销系统处理后，烟气中粉尘浓度小于50mg/Nm <sup>3</sup> 、NO <sub>x</sub> 浓度小于240mg/Nm <sup>3</sup> ，满足《工业炉窑大气污染物



	<p>排放标准》。除尘器回收的粉尘同入口新料一起进入窑体得到回收。对于其它原料输送、破碎、筛分等所有产尘点均采用袋式除尘器处理，处理后烟气中粉尘浓度小于 <math>50\text{mg}/\text{Nm}^3</math>，满足《大气污染物综合排放标准》（浓度限值 <math>120\text{mg}/\text{Nm}^3</math>）。主要固体废物为氧化铝生产过程中产生的活性硅酸钙，用于生产水泥。噪声源主要有原料磨、溶出磨等的机械噪声和空压机、二氧化碳压缩机、原料泵、鼓风机等的动力性噪声。这些噪声设备的单机声值在 <math>80\text{-}105\text{ dB(A)}</math> 范围内。设计对噪声较大的设备均设于专门隔音间或车间内，通过房屋隔声可较好地降低噪声对室外环境的影响。同时对其它噪声设备也采取了相应的治理措施，使得厂界噪声控制在昼间 <math>60\text{ dB(A)}</math>，夜间 <math>50\text{ dB(A)}</math> 以下，满足《工业企业厂界噪声标准》的要求。氧化铝生产过程中的用水均循环利用，生产废水不外排，只有各车间有少量的生活污水外排，经污水站处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准后方可排入蓄水池作为生产循环用水或厂区绿化用水。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>出磨生料指标：水分<math>\leq 1.0</math>，合格率<math>\geq 80</math>；细度<math>\leq K\pm 1.5</math>，合格率<math>\geq 80</math>；KH <math>1.02\pm 0.02</math>，合格率<math>\geq 80</math>。入窑生料指标：细度<math>\leq K\pm 1.5</math>，合格率<math>\geq 90</math>；KH <math>K\pm 0.02</math>，合格率<math>\geq 90</math>；水分<math>\leq 1.0</math>，合格率<math>\geq 90</math>。平盘过滤母液浮游物<math>&lt; 2\text{g}/\text{L}</math>，白泥洗液浮游物<math>&lt; 2\text{g}/\text{L}</math>，成品氢铝 <math>\text{SiO}_2\leq 0.02\%</math>、<math>\text{Fe}_2\text{O}_3\leq 0.02\%</math>、<math>\text{Na}_2\text{O}\leq 0.4\%</math>、水分<math>\leq 8\%</math>，氧化铝 <math>\text{SiO}_2\leq 0.02</math>、<math>\text{Fe}_2\text{O}_3\leq 0.02</math>、<math>\text{Na}_2\text{O}\leq 0.5</math>、灼减<math>\leq 0.8\%</math>。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>带分解炉五级旋风预热器 <math>5000\text{t}/\text{d}</math>。回转窑生产能力 <math>5500\text{t}/\text{d}</math>，型式单传动、单液压挡轮，斜度 <math>4.0\%</math>（正弦），转速主传动时 <math>0.396\text{-}4\text{r}/\text{min}</math>、辅助传动时 <math>8.56\text{r}/\text{h}</math>。加压过滤机：介质温度 <math>90\text{-}95^\circ\text{C}</math>，介质浓度（<math>\text{Na}_2\text{O}</math>）<math>&lt; 15\text{g}/\text{L}</math>，<math>\text{Al}_2\text{O}_3&lt; 15\text{g}/\text{L}</math>，<math>S=120\text{m}^2</math>。隔膜泵输送能力 <math>300\text{m}^3/\text{h}</math>，冲次：<math>6\text{次}/\text{min}</math>（以最终设计为准），连续运转率<math>&gt; 93\%</math>，吸入压力 <math>0.15\text{MPa}</math>，排出压力 <math>2.5\text{MPa}</math>。</p>
<p>投资费用</p>	<p>总投资估算为 <math>251644.78</math> 万元，其中建设投资估算为 <math>247209.01</math> 万元，每吨氧化铝投资为 <math>6180.23</math> 元。</p>

运行费用	<p>吨氧化铝制造成本 2139.35 元，其中包括原燃材料成本 1452.97 元，动力电费用 233.75 元，辅助材料费用 38.97 元，包装物费用 31.34 元，人员工资费用 97.47 元，折旧费用 246.93 元，制造费用 37.93 元。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>本项目利用火力发电厂排出的固体废物——粉煤灰做原料提取氧化铝，由窑尾废气中提取的二氧化碳经净化后用于氧化铝生产流程，提取氧化铝过程中产生的固体废渣——活性硅酸钙用于联产水泥，形成了低排放、低污染、低成本、高产出的循环产业链。每年可综合利用粉煤灰 132 万 t，每年可利用 CO<sub>2</sub> 32 万 t (1.64 亿 Nm<sup>3</sup>)。本项目的实施，有利于下游产业节能减排。提取氧化铝后的固体废渣——活性硅酸钙与水泥熟料的矿物组成十分接近，是一种优质的水泥原料，用其制造水泥熟料可提产 30%、降低热耗 20%，吨水泥可降低热耗折合标煤 20kg，每年可节约热量折合标煤近 7 万 t；用活性硅酸钙作水泥原料，相比传统的石灰石粘土作水泥原料吨水泥可减少 CO<sub>2</sub> 排放量 350kg，每年可减少 CO<sub>2</sub> 排放量 110 多万 t。</p>

---

## 5. 钢渣法脱硫及副产物综合利用技术

技术依托单位：宁波太极环保设备有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：火电、冶金、有色、化工、危废等产生污染烟气（SO<sub>2</sub>）的行业，SO<sub>2</sub>处理浓度 300-80000mg/Nm<sup>3</sup>。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

用球磨机等磨粉设备将转炉钢渣加工成钢渣泥或钢渣微粉，加水制成钢渣浆液，送入太极环保自主研发的核心装备 DS-多相反应器进行烟气脱硫，脱硫后的钢渣浆液经调质后送至脱水系统，滤液循环利用，脱水后得到的脱硫钢渣可用作盐碱沙荒地改良剂或建材原料。

烟气量处理范围：0.5×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/h-2.7×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/h；烟气中 SO<sub>2</sub>含量：0.03×10<sup>4</sup>mg/Nm<sup>3</sup>-8.0×10<sup>4</sup>mg/Nm<sup>3</sup>；烟气温度≤300℃；烟气中含尘浓度≤500mg/Nm<sup>3</sup>；空塔速度：2m/s-5m/s；系统阻力：1000Pa-3000Pa；液气比：6L/m<sup>3</sup>-20L/m<sup>3</sup>。

### 二、主要技术指标

脱硫后 SO<sub>2</sub>≤35mg/Nm<sup>3</sup>；脱硫率可达 99.9%；

装备整体同步运行率达 99%。

### 三、技术特点

在脱硫吸收剂选择上创新。采用工业炉渣——钢渣为吸

收剂，使工业废渣资源化并得到综合利用。

在副产物应用上进行创新。在工艺上通过强制氧化，控制结晶，提高脱水性能，使脱硫钢渣实现可利用，用于盐碱沙荒地改造或者用作建材原料。

在脱硫设备上进行创新。创制配套的核心装备 DS-多相反应器，能够适应钢渣法脱硫的特殊环境。

#### 四、技术推广应用情况

2015 年 4 月，唐山市德龙钢铁有限公司 10m<sup>2</sup> 竖炉烟气超低排放项目通过验收，并于 2018 年 11 月完成改造。

2015 年 11 月，包钢西北创业建设有限公司 3×75t/h 循环流化床锅炉烟气脱硫项目通过验收。

2016 年 3 月，湘潭瑞通球团有限公司 120 万 t/a 氧化球团烟气脱硫项目通过验收。

#### 五、实际应用案例

案例名称	唐山市德龙钢铁有限公司 10m <sup>2</sup> 竖炉烟气超低排放项目
业主单位	唐山市德龙钢铁有限公司
工程地址	河北省唐山市乐亭县翔云岛林场
工程规模	10m <sup>2</sup> 竖炉，项目占地面积约 700m <sup>2</sup>
项目投运时间	2014 年 8 月建成投产； 2018 年 11 月完成超低排放改造
验收情况	组织验收单位：唐山市乐亭县环境保护局 验收时间：2015 年 3 月 15 日 验收结论：该企业竖炉烟气脱硫系统投运后，SO <sub>2</sub> 排放浓度能够达到设计要求。验收组同意该项目通过环保验收。

工艺流程	采用钢渣湿磨回收铁后余下的废渣作为吸收剂，加水调成浓度 10-20%的浆液，送入太极环保专利设备 DS-多相反应器，在 DS-多相反应器内的导流构件作用下，烟气中 SO <sub>2</sub> 与钢渣浆液充分反应接触吸收，同时采用湿式电除尘和换热加空气混合脱白的工艺技术进行烟气消白，使得 SO <sub>2</sub> 和颗粒物达标排放，脱硫副产物经中和、调质后再脱水，滤液循环利用，滤渣部分用作盐碱地改良剂，部分作为建材原料销售给建材企业。
主要工艺运行和控制参数	烟气量：176000Nm <sup>3</sup> /h，入口烟气温度 97℃，二氧化硫浓度 1600mg/Nm <sup>3</sup> ，烟尘 120mg/Nm <sup>3</sup> ；脱硫后 SO <sub>2</sub> ≤35mg/Nm <sup>3</sup> ，颗粒物≤10mg/Nm <sup>3</sup> 。
关键设备及参数	核心设备 DS-多相反应器可处理 SO <sub>2</sub> 浓度 ≤80000mg/Nm <sup>3</sup> ；脱硫率可达 99.9%；液气比 6-20L/m <sup>3</sup> 。
污染防治效果和达标情况	经处理，二氧化硫出口浓度≤35mg/Nm <sup>3</sup> ；氮氧化物≤50mg/Nm <sup>3</sup> ；颗粒物≤10mg/Nm <sup>3</sup> ，均达到超低排放限值。
二次污染治理情况	采用钢渣法脱硫，废弃达标排放；脱硫副产物全部用于盐碱沙荒地改良和作为建材原料；滤液循环利用；无固废和废水排放。
投资费用	2014 年新建项目总投资 688 万元，2018 年改造项目总投资 550 万元。
运行费用	吸收剂费 0.61 万 t/a，但不发生费用；电费 176 万元；人员工资 48 万元；设备折旧 55 万元；维修管理费 11 万元；合计年运行费用 290 万元。 平均运行成本为 5.8 元/t 烧结矿。
能源、资源节约和综合利用情况	年去除 2453tSO <sub>2</sub> ；年消耗 0.61 万 t 废钢渣；年产 0.99 万 t 脱硫渣，钢渣综合利用率 100%。 与石灰石-石膏法比较，年减少 1717tCO <sub>2</sub> 排放。

---

## 6. 钢铁烟尘及有色金属冶炼渣资源化清洁利用技术

技术依托单位：鑫联环保科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：可处理钢铁、有色、电镀、化工等行业的多种冶金固危废，包括钢铁烟尘、含重金属有色废渣、电镀污泥等，可用于高氯含重金属固体废物的资源化处理和利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1、火法工艺：将钢铁烟尘和有色冶炼渣等固危废在高温状态下，通过富氧燃烧高效节能技术使低熔点低沸点物质如锌、铅、镉、铟、铋、锡、镉等金属及其化合物还原气化，再在烟气冷却过程中与氧结合成金属氧化物，最终形成多种有色金属的富集物-次氧化锌粉，从而实现目标金属的粗分离。

2、湿法综合回收工艺：主要处理由火法回转窑挥发得到的氧化锌粉，通过湿法提取工艺，将其中的有价金属锌、铅、铜、镉、铟、铋等金属提取出来。

3、合金工艺：锌熔铸及锌合金深加工工艺以湿法工艺产出的电积锌片和铝锭、残阴极为主要原料，经工频感应电炉熔化的锌水送入至合金配方炉、保温炉、铸锭等工序后，产出锌合金锭与锌浮渣。

4、窑渣综合利用技术：将回转窑渣经过选矿分离得到还原铁粉和细铁精粉，同时实现尾矿干排，还原铁粉经过粉

---

碎后采用高温耦合焙烧脱碳-湿法分离得到 100 目纯化铁粉，细铁精粉采用高温耦合焙烧脱碳-湿法分离-氢还原脱氧得到 200 目和 325 目超细化铁粉。

5、水处理工艺：处理湿法回收工序产生的碱洗高盐废水及生产过程产生的低浓度含盐废水，回收碘及钠钾混盐，并将处理后的水回用于生产，实现废水零排放。填补了废水中提碘的技术空白，延伸了企业的产业链。

## 二、主要技术指标

锌冶炼总回收率 > 88.00%；火法锌回收率 > 93.00%；湿法炼锌回收率 > 95.00%；湿法炼锌直流电耗 2850-2950 kWh/t Zn；湿法炼锌电解效率 > 92.5%；熔铸回收率 > 99.68%；铟冶炼回收率 > 82.00%；铅直收率 > 99.00%；镉直收率 > 98.00%；新水用量 < 5.00m<sup>3</sup>/t Zn。

## 三、技术特点

从含重金属废物中提取出锌、铟、铅、镉、铋、锡、铯、碘等多种有价元素，以及铁精粉、还原铁粉等工业产品，生产流程的余热用于配套发电，无害尾渣用于生产环保建材，全流程零排水、零排渣；回收钢铁烟尘中的碘，填补了我国从废水中提取紧缺资源碘技术的空白，并为钢铁烟尘的资源化综合利用开发了新产品。

## 四、技术推广应用情况

2013 年 12 月，鑫联环保科技股份有限公司个旧分公司

的含重金属固（危）废物资源化利用项目通过验收，年处理钢铁烟尘等含重金属固危废 40 万 t。

2017 年 3 月，唐山鑫联环保科技有限公司含重金属固（危）废物资源化利用项目通过验收，年处理钢铁烟尘 40 万 t。

2018 年 7 月，邯郸鑫联环保科技有限公司的含重金属钢铁烟尘（泥）资源化综合利用项目通过验收，年处理钢铁烟尘 10 万 t。

## 五、实际应用案例

案例名称	钢铁烟尘及有色冶炼渣资源化综合利用工程
业主单位	鑫联环保科技股份有限公司个旧分公司
工程地址	云南省红河州个旧市鸡街镇泗水庄
工程规模	年处理含重金属固（危）废 70-80 万 t
项目投运时间	2016 年正式运行
验收情况	验收单位：云南省环境监测中心，验收时间：2013 年 12 月 24 日，验收结论：验收合格
工艺流程	<p>大体分为火法工艺、湿法综合回收工艺、合金工艺、密渣综合利用技术、水处理工艺五部分。</p> <p>1、火法工艺：将钢铁烟尘与有色金属冶炼渣在高温状态下，通过富氧（含氧&gt;21%）燃烧高效节能技术使低熔点低沸点物质如锌、铅、铟、铋、镉等金属及其化合物还原气化，再在烟气冷却过程中与氧结合成金属氧化物，最终形成含多种有色金属的富集物—次氧化锌粉，从而实现目标金属的粗分离。</p> <p>2、湿法综合回收工艺：处理由火法回转窑挥发得到的氧化锌粉，通过湿法提取工艺，将其中的有价金属锌、铅、铜、铟、铋等金属提取出来。</p>



	<p>3、合金工艺：锌熔铸及锌合金深加工工艺以湿法工艺产出的电积锌片和铝锭、残阴极为主要原料，经工频感应电炉熔化的锌水送入至合金配方炉、保温炉、铸锭等工序后，产出锌合金锭与锌浮渣。</p> <p>4、窑渣综合利用技术：是窑渣联合选铁—高温耦合焙烧—湿法分离集成的窑渣综合利用新技术，工艺涉及到了湿法冶金、火法冶金、化工和选矿领域。主要生产过程包括选矿提铁改造、铁粉粉碎、100目铁粉纯化、细铁精粉纯化。</p> <p>5、水处理工艺：是对湿法回收工序产生的碱洗高盐废水及生产过程产生的低浓度含盐废水进行处理，回收碘及钠钾混盐，并将处理后的水回用于生产，实现了废水零排放。</p>			
主要工艺运行和控制参数	序号	工艺技术指标	单位	生产技术指标值
	1	锌冶炼总回收率	%	>88.00
	2	火法锌回收率	%	>93.00
	3	湿法炼锌回收率	%	>95.00
	4	湿法炼锌直流电耗	kWh/t <sub>Zn</sub>	2850-2950
	5	湿法炼锌电解效率	%	>92.5
	6	熔铸回收率	%	>99.68
	7	镉冶炼回收率	%	>82.00
	8	铅直收率	%	>99.00
	9	镉直收率	%	>98.00
10	新水用量	m <sup>3</sup> /t <sub>Zn</sub>	<5.00	
关键设备及设备参数	<p>处理炉型：富氧燃烧回转窑及湿法浸出综合回收。</p> <p>生产产品：可提取出多种金属产品，包括锌锭、镉锭、铅、铋、锡、碘、铯、铁精粉、还原铁粉等。</p> <p>参数：火法处理温度 1200℃左右；湿法脱氟氯在 95℃洗涤，中性酸浸提取液 pH 值控制 5.2-5.4。</p> <p>Zn 回收率：大于 88%。</p>			

<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>经处理后的淡水达到《工业锅炉水质（GB1576-2001）》标准。回转窑废气均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）和《工业窑炉大气污染物排放标准》（GB9078-1996）新改扩建二级标准的要求；燃煤锅炉废气可满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）II时段燃煤锅炉标准的要求；中温焙烧炉废气均可满足《工业窑炉大气污染物排放标准》（GB9078-1996）新改扩建二级标准的要求；二氧化硫和氮氧化物满足 GB16297-1996 要求。无组织排放污染物主要有粉尘和硫酸雾。全厂水循环利用率达 92.5%，剩余 7.5%均在循环过程中消耗及被蒸发。</p>
<p>二次污染治理情况</p>	<p>从含重金属废物中提取出锌、铟、铅、镉、铋、锡、铯、碘等多种有价元素，以及铁精粉、还原铁粉等工业产品，生产流程的余热用于配套发电，无害尾渣用于生产环保建材，全流程零排水、零排渣。对冶炼生产过程的废水进行利用，回收碘及钠钾混盐，并将处理后的水回用于生产，实现了废水零排放。</p>
<p>投资费用</p>	<p>一次性投资费用 55000 万元，其中设备投资 12893 万元</p>
<p>运行费用</p>	<p>年运行成本约 5000 万元。综合经济效益 103000 万元/a，直接经济净效益 20809 万元/a。</p>
<p>能源、资源节约和综合利用情况</p>	<p>厂区内形成闭式循环经济链，真正实现了固体废弃物、废水的资源化综合利用，促进企业降本增效，加快形成绿色集约化生产方式，增强企业核心竞争力。</p>

---

## 7. 工业连续化废轮胎热裂解生产线

技术依托单位：济南恒誉环保科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：可用于废轮胎的生态治理，亦可用于废塑料、油泥、有机废盐、农业废弃物等减量化、无害化、资源化处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1、进料系统：废轮胎块定量连续输送至裂解器。

2、裂解系统：物料在微负压、设定温度、无氧或贫氧的裂解器内完成裂解反应。

3、油气冷却系统：裂解所得油气经冷却分离后，裂解油泵送至罐区，不凝可燃气进入后续净化系统。

4、不凝可燃气净化系统：在压力控制装置的作用下，不凝可燃气经净化、稳压后，输送至连续供热装置燃烧，给废轮胎裂解提供热量。

5、出料系统：裂解所得固态产物经冷却、磁选分离后获得钢丝和炭黑。

6、烟气净化系统：循环利用后的废烟气经冷却净化后，达标外排。

7、循环水冷却系统：水泵将循环水送至各工艺设备与产物或者烟气进行换热，热交换后的温水返回冷却水塔降温，循环使用。

---

8、电气控制系统：集中控制，根据工艺要求对设备自动控制，具有数据采集、运算、记录、打印报表、自动纠偏及安全预警等功能，确保生产线的安全、稳定、连续运行。

整个过程无废水、废气、废渣产生，实现对废轮胎资源的 100% 利用。

## 二、主要技术指标

燃料油得率 43-48%；炭黑得率 32-36%；可燃气得率 8-12%；钢丝得率 11-13%；裂解率 >99%；余热利用率 >90%。

## 三、技术特点

通过多项技术的有机结合，实现裂解设备在安全、环保前提下工业连续化运行。具体包括：工业连续化技术；热分散、防结焦技术；动态密封、微压控制技术；防聚合技术；恒温裂解技术；实时监控和自动控制技术；可燃气净化技术与烟气净化技术；全密闭技术；烟气循环、余热利用技术；燃气稳压回用技术；内外组合式供热技术。

## 四、技术推广应用情况

2012 年，德国 TPL 公司工业连续化废轮胎热裂解生产线投产运行，年处置废轮胎 1 万 t。

2015 年，山东开元润丰环保科技有限公司工业连续化废轮胎热裂解生产线一期投产运行，年处置废轮胎 2 万 t；二期于 2108 年投产运行，年处置废轮胎 4 万 t。

2019 年，湖北中硕环保公司工业连续化废轮胎热裂解生

产线投产运行，年处置废轮胎 2 万 t。

## 五、实际应用案例

案例名称	10 万 t/a 废轮胎综合利用项目
业主单位	山东开元润丰环保科技有限公司
工程地址	山东省滨州市邹平县九户镇经济园区
工程规模	年综合利用废旧轮胎 10 万 t，分三期建设，一期为年综合利用废旧轮胎 2 万 t，二期为年综合利用废旧轮胎 4 万 t，三期为年综合利用废旧轮胎 4 万 t。
项目投运时间	一期 2 万 t 废轮胎综合利用项目，已于 2015 年投入生产。二期 4 万 t 废轮胎综合利用项目，已于 2018 年投入生产。
验收情况	验收单位：邹平县环境保护局，验收时间：2016 年 11 月 18 日，验收结论：该项目基本落实了环评及其批复中提出的各项污染防治措施，竣工环境保护验收监测合格，同意该项目通过环保验收，准予投入正式生产。
工艺流程	废旧轮胎破碎成裂解所需的橡胶块，与低温硫转移催化剂一起通过送料挤出机经热气密装置连续送入裂解器，在密闭的裂解器内，进行常压低温裂解裂化反应。裂解油气经分油器分馏冷却后，得到裂解油与少量可燃气，所得可燃气经净化后全部用于裂解供热系统，所得裂解油经精炼装置分馏后获得轻质油馏分、柴油馏分、重油。废轮胎裂解所得固态产物粗炭黑和钢丝，经冷却和磁选分离后，钢丝输送至钢丝料仓，粗炭黑自动输送至炭黑生产系统。
主要工艺运行和控制参数	裂解压力：微负压； 裂解温度：390-430℃； 裂解供热烟气温度：550-650℃； 裂解生产线烟气余热循环利用率 > 90%； 废轮胎裂解率 > 99%。

关键设备及设备参数	序号	设备名称	规格型号	外形尺寸 (长×宽×高, mm)	功率 /kW	备注
	1	进料机	EERNB5000-A06-00	4300×500×950	15	变频
	2	催化剂加料器	EERNB5000-A07-0	450×400×550	0.18	变频
	3	回热风机	W6-41-11, 18.5kW	1800×1600×1600	18.5	变频
	4	燃烧机	RLS50	800×450×470	0.75	
	5	加热炉	EERNB5000-B01	1700×3600×1700		
	6	连续裂解器	EERNB5000-C01-00	15500×2200×3700	11	变频
	7	水冷出料机	EERNB5000-J01-00	4600×600×2100	7.5	
	8	除铁器	EERNB40000-J04-00	2000×1100×750	3	
	9	分油器	EERNB5000-D01-00	Φ800×3800		
	10	集油罐	EERNB10000-D04-00	φ1500×4800		
	11	输油泵	YG25-160	860×860×1800	5.5	
	12	可燃气净化塔	EERNB10000-E02-00	φ1200×3850		
	13	全压风机	2BH610	860×360×360	2.2	
	14	碱吸收塔	EERNB20000-F03-00	Φ2000×7400		
	15	烟气净化塔	EERNB20000-F04-00	Φ2000×7400		
	16	引风机	9-19	1500×1000×1550	22	
	17	稳压罐	EERNB20000-D06-00	φ1200×3850		
18	PLC 柜	1.0×0.8×2.2	1000×800×2200			
污染防治效果和达标情况	废轮胎处理工艺及处理后效果符合《废轮胎加工处理》(GB/T 26731-2011)和《废橡胶废塑料裂解油化成套生产装备》(GB/T 32662-2016)。外排废烟气排放符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表 2 中二级标准要求 and 《山东省区域性大气污染物综合排放标准》(DB37/2376-2013)。					
二次污染治理情况	废轮胎经处理后,全部转变为炭黑、轻质油、轻柴油、重柴油、重油、钢丝和可燃气。其中可燃气经净化后作为较洁净燃料直接用于裂解供热;其余均作为产品直接销售,产品指标符合下游厂家的要求,废轮胎全部实现资源化利用。					
投资费用	项目总投资 41853.37 万元,其中一期总投资 18000 万元,二期项目总投资 12000 万元。					
运行费用	电耗 70 元/t,水耗 2.33 元/t,原料 600 元/t,化学辅料 23 元/t,设备折旧费用 110 元/t,人员工资及维护保养等其					

	他费用约 32 元/t，合计 837.33 元/t。
能源、资源 节约和综 合利用情 况	<p>废轮胎的综合能耗约 27.9kgce/t，其中废轮胎热解加工综合能耗约 14.4kgce/t。与《废轮胎综合利用行业准入条件》规定的 300kwh/t(折标准煤 36.87kgce)相比，节能约 60%。已运行的 6 万 t/a 废轮胎综合利用项目情况如下：</p> <p>1、年综合节能折标煤约 114910t。</p> <p>(1) 获得轻质馏分油 11300t、轻柴馏分油 11300t、重柴馏分油 11300t，重油 10500t，节约标煤约 63430t。</p> <p>(2) 使用废轮胎裂解产生的不凝气作燃料，无需外加燃料，每年节约燃料油约 5400kg，折标煤约 7710t。</p> <p>(3) 获炭黑约 20500t，资料介绍 1.8t 煤焦油可制 1t 炭黑，则每年节省煤焦油约 37800t，折标煤约 43200t。</p> <p>(4) 配烟气余热循环利用工艺，采用保温措施，使用变频、节能电机等，每年节约燃料油约 400t，折合标煤 570t。</p> <p>2、从替代原料角度考虑，每年可减少 CO<sub>2</sub> 排放量不少于 58300t。</p>

## 8. 报废汽车车身整体破碎及综合回收处理技术

技术依托单位：湖南万容科技股份有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：报废汽车处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

报废汽车初步拆解后，车壳依次进入双轴破碎机、立式破碎机进行两级破碎后，通过磁选、涡电流及风选设备将铁、铜、铝、泡沫、塑料等依次分离，破碎时产生的废气经过布袋除尘器和活性炭处理后达标排放。

### 二、主要技术指标

废车壳破碎料堆密度约  $1.0-1.2\text{t/m}^3$ ，在达到同等效果情况下，整套设备功率为同类型设备的 60%。

### 三、技术特点

集成双轴撕碎和立式辊轮破碎技术，产物附加值高。

### 四、技术推广应用情况

2013 年，汨罗万容固体废物处理有限公司报废汽车车身整体破碎及综合回收处理线投运，工程规模为 6t/h。

### 五、实际应用案例

案例名称	汨罗万容固体废物处理有限公司 6t/h 报废汽车车身整体破碎及综合回收处理线
业主单位	汨罗万容固体废物处理有限公司



工程地址	汨罗市新市镇同力南路
工程规模	6t/h
项目投运时间	2013 年
验收情况	组织验收单位：汨罗万容固体废物处理有限公司、汨罗万容电子废弃物处理有限公司，验收时间：2013 年 3 月 15 日，验收结论：合格。
工艺流程	报废汽车初步拆解后，车壳依次进入双轴破碎机、立式破碎机进行两级破碎后，通过磁选、涡电流及风选设备将铁、铜、铝、泡沫、塑料等依次分离，破碎时产生的废气经过布袋除尘器和活性炭处理后达标排放。
污染防治效果和达标情况	废车壳破碎料堆密度约 $1.0-1.2t/m^3$ ，在达到同等效果情况下，整套设备功率为同类型设备的 60%。
二次污染治理情况	尾气中粉尘和铅含量满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）要求，噪声符合相关标准要求。
主要工艺运行和控制参数	设备额定功率约 750kw；设备电源三相交流电 380V/50Hz；设备生产处理能力 6-12t/h（根据破碎物料状况有一定差异）；物料经破碎加工处理后堆密度约 $1.0-1.2t/m^3$ ，钢铁回收率 98% 以上。
关键设备及设备参数	双轴撕碎机 PW75180：破碎仓尺寸 1600×1800mm，功率 75+75kW，重量 30000kg，电机防护等级 IP55/IP54；立式破碎机 PL140：出料颗粒 80-120mm（可调），破碎辊结构形式立轴式活齿分布结构，主电机功率 132（×2）kW，电源电压 380V，电源频率 50Hz，电气控制方式 PC+PLC+触屏软操系统，外形尺寸 4490×4500×6215 mm；上吸式磁滚：有效带宽 1380mm，磁场强度 500，功率 5.5kw，电源三相 380V/50Hz。
投资费用	1000 万元。

运行费用	<p>产能 5.3t 毛料（约 13 台车壳料）/h，毛料 42t（净料 30t）/d（25% 损耗），104 台车壳/d；电耗 200kwh，38 元/t 毛料；人工成本 12.3 元/t 或 5.0 元/台车壳；设备折旧 10 年，按平均折旧法每年 72.8 万，57 元/t 或者 23 元/台车；维修管理 11 万元/a；无形固定资产摊销 10 万元/a；合计摊销 124 元/t 或者 50.2 元/车。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>破碎为撕碎+立式破碎的方式，破碎料，精料入炉；复杂物料，同步回收；特殊刀具，经久耐用；普通电源，节能方便；一机多用，空间无限。</p>

---

## 9. 节能型废轮胎自动化粉碎生产线及其成套设备

技术依托单位：东莞市运通环保科技有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：废旧轮胎的资源利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

裁断轮胎轮毂钢丝---拉出轮毂钢丝---输送带送入破碎机，破碎成 80-40mm 的胶块---通过筛分系统筛分，合适的胶块进入到胶块粉碎机（不合适返回破碎机），粉碎成 8-18mm 胶粒---分离出钢丝、纤维---胶粒进入到胶粒中碎机（除尘系统工作），粉碎成 1-4mm 胶粒---二次纤维、钢丝分离---细碎机---螺旋输送机--三次纤维分离---胶粒送入研磨或颗粒储存（除尘除烟系统工作）---研磨或颗粒包装。处理 1t 废旧轮胎的水耗、电耗量分别为 0.01m<sup>3</sup> 和 300kw。

### 二、主要技术指标

采用光电控制技术，整胎进料，将钢丝、纤维与胶粒彻底分离，研磨成 40-120 目的精细胶粉，纤维含量小于 1%，胶粉纯度高达 99%；切离机实现钢圈裁断和拉丝在同一台设备上完成，可减少设备使用数量，降低设备制造成本，减少故障率和操作人数；整条生产线采用中央控制室全面电脑监控，各设备通过中央控制电脑控制，一旦出现异常就报警输

出自动调节。

### 三、技术特点

研磨设备用粗粉碎 8-18mm 的胶粒直接研磨成粉，省去细碎设备减少装机功率和设备占地，与行业同能耗设备相比增加 35% 多；刀具采用特殊合金材料，具有高硬度、高韧性、高耐磨性等优点，正常使用寿命是普通刀具的 4 倍以上，可以反复修磨使用；仿形筛用于纤维、胶粉规格的分离和筛分，分选率达到 99.5% 以上，过筛率高，且不堵网孔。

### 四、技术推广应用情况

2016 年，佛山惠福科创有限公司轮胎胶粉生产线运行，年处理 20000t 轮胎胶粉生产线。

### 五、实际应用案例

案例名称	年处理 20000t 轮胎胶粉生产线
业主单位	佛山惠福科创有限公司
工程地址	佛山市高明区荷城街道惠福路 1 号
工程规模	20000t / 年
项目投运时间	2016 年 1 月
验收情况	2016 年 1 月
工艺流程	1、裁断拉丝机将轮胎轮毂的钢丝切断拉出 2、破碎机将轮胎破碎成 50mm 大小的胶块 3、中碎机将胶块破碎成 2-18mm 大小，将大部分钢丝与胶粒分离 4、磁选机将钢丝胶粒分离 5、直线振动筛将粗纤维与胶粒分离 6、干净的胶粒会经螺旋输送机到胶粒储存箱 7、胶粒被送至研磨机被研磨成粉末

	<p>8、粉末按照其大小被三次圆振动筛分离</p> <p>9、自动包装机包装</p> <p>10、粉尘与废气将经过除尘与除烟系统净化，最终无毒无色气体排放到大气中</p>
主要工艺运行和控制参数	研磨工段的功率为 258kw,行业设备的研磨工段的功率为 358kw,节约 100kw。
关键设备及设备参数	<p>破碎机的技术参数：设备型号 TPD1200，主电机功率为 18.5-45kw,主轴转速为 7-14 r/min;</p> <p>中碎机的技术参数：设备型号 KCS1600，主轴转速为 490 r/min,电机功率为 75kw,生产能力为 1250-1600kg/h。</p>
污染防治效果和达标情况	主要污染物为非甲烷总烃、颗粒物和总 VOCs，符合广东省《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001) 第二时段二级排放限值要求。
二次污染治理情况	废旧轮胎常温制取精细胶粉生产线废气，经“滤网除尘-过滤-等离子”处理后，高空排放。
投资费用	年处理 10000t 生产线厂房 40×10×6 建设费用和电力投资 100 万元，设备投资 300 万元。
运行费用	年处理 10000t 生产线，每吨轮胎处理产出 800 公斤橡胶粉末，200kg 钢丝；耗电 280kw/t;人员工资核算 50 元；设备折旧 10 年计提；维修费用 15 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	就研磨设备而言，每吨胶粉比老工艺节能 107.7kw/h，与行业同能耗设备相比产量增加 35%多。

---

## 10. 铸造固废处置和资源化利用关键技术

技术依托单位：柳州市柳晶科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：处理铸造固体废弃物，包括有机铸造废砂、无机铸造废砂和铸造除尘类废灰。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1、铸造有机废砂处理工艺：废砂破碎、磁选、650-700℃焙烧、研磨、筛分、检测包装；

2、铸造无机废砂处理工艺：废砂破碎、磁选、350℃研磨、650-700℃焙烧钝化、筛分、检测包装；

3、铸造除尘类废灰处理工艺：活化、造粒、烧结的制成保温陶粒或覆膜砂和富养保水微珠的原材料，免烧烧结的制成透水砖。

### 二、主要技术指标

无机废砂和有机废砂 90% 进行实现循环利用，10% 再生利用；铸造除尘灰实现 100% 利用。

### 三、技术特点

铸造废砂再生技术关键点是高温风力研磨和高温焙烧处理；铸造除尘灰技术关键创新点是将无活性的除尘灰活化造粒。

#### 四、技术推广应用情况

吉林长春一汽铸造：年处理铸造固体废弃物 7 万 t；

广西柳州柳机：年处理铸造固体废弃物 5 万 t；

广东肇庆飞亚：年处理铸造固体废弃物 3.6 万 t；

#### 五、实际应用案例

案例名称	柳晶科技 4 万 t/a 铸造废砂再生循环利用技术应用示范
业主单位	柳州市柳晶科技股份有限公司
工程地址	柳州市柳江区新兴工业园兴福路 12 号
工程规模	处理铸造废砂 4 万 t/a
项目投运时间	2012 年 8 月
验收情况	验收单位：柳江县环境保护局。验收时间：2015 年 10 月 22 日。验收结论：项目基本落实环评批复要求，项目竣工环境保护验收合格。
工艺流程	1、覆膜砂工艺流程：铸造厂排放废砂-混合磁选-干燥-破碎-磁选-焙烧-冷却-造粒-研磨-筛分-成品库-运回铸造厂循环利用。 2、再生砂工艺流程：铸造厂排放废砂和经过处理形成的再生砂-加热-混砂-加材料-卸砂-冷却-储存包装-运回铸造厂循环利用。 3、透水砖工艺路线：铸造厂排放废灰、废渣-处理后形成陶粒-混合-成型-养护-包装。
主要工艺运行和控制参数	1、主要工艺运行 (1) 废砂再生技术原理 铸造废砂低温焙烧再生能够达到优质低能耗的效果主要是利用了二次焙烧的原理：利用热交换器提高进入炉内空气的温度，使废砂中的残炭物质在高温加热的空气中更有效地燃烧，所产生的燃烧热亦作为焙烧热源。热砂在热交换器内持续长时间流动，废砂中的未焙烧的残炭物质继续燃烧，燃烧热被热交换器吸收，从而再次节省了能源。废

	<p>砂中的残炭物质在二次焙烧中燃烧殆尽，实现完全再生。</p> <p>(2) 覆膜砂技术原理</p> <p>覆膜砂为砂粒表面在造型前即覆有一层固体树脂膜的型砂或芯砂。覆膜砂再生的技术原理是：热法把砂预热到一定温度，加树脂使其熔融，搅拌使树脂包覆在砂粒表面，加乌洛托品水溶液及润滑剂，冷却、破碎、筛分得到覆膜砂。</p> <p>(3) 透水砖技术原理</p> <p>微陶透水砖是以铸造废灰废渣等通过造粒形成陶粒或陶砂，配以尾矿砂、水泥为主要原料，通过搅拌、成型等工序生产而成。透水砖利用固体废弃物（铸造废渣、废灰、粉煤灰、煤矸石、污泥、建筑垃圾）等制备不同规格等级的可分别替代石子、砂子的球形颗粒（陶粒和陶砂），利用陶粒陶砂生产透水砖（海绵砖）。</p> <p>2、控制参数</p> <p>(1) 高温研磨：320-350℃；(2) 焙烧：650-700℃；(3) 烧结：1150℃；(4) 再生砂：灼减≤0.1%；酸耗值≤8；含泥≤0.3%；(5) 陶粒：粒径3-12mm；强度≥10Mpa。</p>																																																																		
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>编号</th> <th>设备名称</th> <th>规格</th> <th>数量</th> <th>效能 t/h</th> <th>电机、减速机</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>圆筛破碎机</td> <td>L2400×W1800×H4953</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>3.7kw 东元,29:1 传仕</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>废料输送机</td> <td>W500×L4000</td> <td>1</td> <td>12</td> <td>2.2kw 东元,17:1 传仕</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5T 焙烧炉</td> <td>Φ3928×H11840</td> <td>1</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>冷却震输机</td> <td>L3000×W1000×H2335</td> <td>1</td> <td>12</td> <td>3.7kw 大同</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>冷却流动槽</td> <td>L8000×W1000×H3190</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>造粒机</td> <td>L1193×W700×H1156</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>研磨机</td> <td>L6400×W1000×H3795</td> <td>1</td> <td>18.5 大同</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>筛分机</td> <td>L4575×W1270×H4265</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>集尘机</td> <td>L6134×W2463×H8458</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>集尘机</td> <td>L6134×W2463×H8458</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	编号	设备名称	规格	数量	效能 t/h	电机、减速机	1	圆筛破碎机	L2400×W1800×H4953	1	5	3.7kw 东元,29:1 传仕	2	废料输送机	W500×L4000	1	12	2.2kw 东元,17:1 传仕	3	5T 焙烧炉	Φ3928×H11840	1	—		4	冷却震输机	L3000×W1000×H2335	1	12	3.7kw 大同	5	冷却流动槽	L8000×W1000×H3190	1	—	—	6	造粒机	L1193×W700×H1156	12	12	—	7	研磨机	L6400×W1000×H3795	1	18.5 大同		8	筛分机	L4575×W1270×H4265	1	6	—	9	集尘机	L6134×W2463×H8458	1	—	—	10	集尘机	L6134×W2463×H8458	1	—	—
编号	设备名称	规格	数量	效能 t/h	电机、减速机																																																														
1	圆筛破碎机	L2400×W1800×H4953	1	5	3.7kw 东元,29:1 传仕																																																														
2	废料输送机	W500×L4000	1	12	2.2kw 东元,17:1 传仕																																																														
3	5T 焙烧炉	Φ3928×H11840	1	—																																																															
4	冷却震输机	L3000×W1000×H2335	1	12	3.7kw 大同																																																														
5	冷却流动槽	L8000×W1000×H3190	1	—	—																																																														
6	造粒机	L1193×W700×H1156	12	12	—																																																														
7	研磨机	L6400×W1000×H3795	1	18.5 大同																																																															
8	筛分机	L4575×W1270×H4265	1	6	—																																																														
9	集尘机	L6134×W2463×H8458	1	—	—																																																														
10	集尘机	L6134×W2463×H8458	1	—	—																																																														
<p>污染防治</p>	<p>有组织废气苯酚、颗粒物排放符合《大气污染物综合排放</p>																																																																		



效果和达标情况	标准》(GB16297-1996)二级排放标准要求。烟尘排放符合标准《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)二级标准限值要求。二氧化硫、氮氧化物排放符合标准《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级排放标准要求。厂界无组织排放颗粒物、非甲烷总烃排放符合标准《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2新污染源大气污染物无组织排放监控限值。噪声符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)3类标准。
二次污染治理情况	工程噪声符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)3类标准。项目生活污水经化粪池处理后,排入工业园区污水管网,最终排入新兴污水处理厂处理。废气除尘系统收集的粉尘定期外售于砖厂制砖,磁选工序产生的废铁颗粒统一收集后送柳州市英利铸造机械优先公司回收利用,生活垃圾集中收集后由环卫部门定期上门清运处理。工程苯酚、颗粒物的排放浓度及排放速率监测值均达标。工程有组织部分废气排放符合《大气污染物综合排放标准》(GB9078-1996)二级排放标准限值。工程烟尘排放浓度,二氧化硫、氮氧化物的排放浓度及排放速率监测值均达标。
投资费用	1000万元
运行费用	原材料费1413万元,燃料费362万元,折旧费71万元,维修费43万元,人工费156万元,管理费费用342万元,销售费用110万元,财务费用41万。
能源、资源节约和综合利用情况	实现铸造企业工业固体废弃物“零排放”:其中无机废砂和有机废砂90%进行实现循环利用,10%再生利用;铸造除尘灰实现100%利用;再生利用生产出的产品同样用于环保事业,如,富养保水微珠/颗粒,可用于沙漠种植和盐碱地改造,有双重环保意义。

---

### 第三章 农业固废领域

#### 1. 秸秆生物质水稻无土育苗技术

技术依托单位：前郭县百禾农业开发有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水稻育苗领域、果蔬育苗、城市绿化、公路护坡。

主要技术指标和参数：

##### 一、工艺路线及参数

利用植物秸秆经粉碎、发酵、与微量元素和有机载体混合后，经专用设备压制成水稻无土育苗盘，并应用于水稻育苗。该产品可取代土，解决农民种地取土难问题。

主要流程为：秸秆收储→粉碎发酵→加工制盘→晾晒/烘干→打包入库。

##### 二、主要技术指标

秸秆粉碎细度为：40-60目。

发酵微生物：假丝酵母+植物乳酸菌。

发酵微生物用量：每 1000kg 秸秆加入假丝酵母（含有菌量  $5 \times 10^8$ — $10 \times 10^8$ CFU / g）与植物乳酸菌（含有菌量  $12 \times 10^8$ — $30 \times 10^8$ CFU / g）3:7 的混合液 0.5kg。

秸秆加水量：料水比 1：2-3。

发酵时间：10-15 天。

秸秆粉碎 40-60 目→按料水比 1：2-3 加入适量的水，使含水量达到 60-80%→在加水的同时按每 1000 公斤秸秆加入

---

假丝酵母与植物乳酸菌 3:7 的混合液 0.5kg 均匀搅拌→堆成底面宽 1.5m、高 1.2m-1.5m 的秸秆堆→覆膜封闭发酵 10-15 天。

原料配方：粉碎细度达 40-60 目玉米、水稻秸秆+废旧纸箱，比例为 1:1。

生产参数：吸滤成型压力为 0.8MPa，烘干温度为 170℃，烘干时间为 15min。

### 三、技术特点

秸秆生物质水稻育秧盘是利用植物秸秆经粉碎、发酵、与微量元素和有机载体混合压制而成的一种可取代土的营养基质盘。用它育出的水稻苗根粗、根白、根壮、分蘖多、返青快、成活率远远高于传统土育苗，且省工、省时，操作简单。它还可以种花、种草、种水稻；做公路护坡、楼顶绿化。每年可为国家处理上亿吨废弃的秸秆，既能有效改善农村环境污染问题、又可显著提高城市绿化面积。

### 四、技术推广应用情况

2015 年，该公司在吉林省的镇赉、梅河口、永吉、舒兰、榆树、梨树、公主岭等县（市）所有水田区进行试验，累计示范推广 25.8 万亩。

## 五、实际应用案例

案例名称	年产 1 万 t 玉米秸秆水稻环保育秧盘项目科研任务
业主单位	前郭县百禾农业开发有限公司
工程地址	吉林省松原市前郭县洪泉乡
工程规模	年处理秸秆 1.2 万 t, 示范推广应用秸秆生物质水稻环保育秧盘 25.8 万亩。
项目投运时间	2012 年 1 月-2014 年 12 月
验收情况	验收单位：吉林省科学技术厅；验收时间：2015 年 5 月， 验收结论：优化了生产参数、研制出秸秆发酵工艺、秸秆生物质育秧盘生产工艺、建立了育秧盘生产线，年产能达到 1 万 t，完成了任务书中规定指标，通过了现场验收。
主要工艺运行和控制参数	秸秆粉碎细度为：40-60 目； 发酵微生物：假丝酵母+植物乳酸菌； 发酵微生物用量：每 1000kg 秸秆加入假丝酵母（含有菌量 $5 \times 10^8$ — $10 \times 10^8$ CFU / g）与植物乳酸菌（含有菌量 $12 \times 10^8$ — $30 \times 10^8$ CFU / g）3:7 的混合液 0.5kg； 秸秆加水量：料水比 1 : 2-3； 发酵时间：10-15 天； 原料配方：粉碎细度达 40-60 目玉米、水稻秸秆+废旧纸箱，比例为 1:1； 生产参数：吸滤成型压力为 0.8MPa，烘干温度为 170℃； 烘干时间为 15 分钟。
关键设备及设备参数	试生产线由打浆池、秧盘成型机、烘干窑三大部分组成。 主要部分参数： 1、负压吸滤成型 压力：0.8MPa。 2、烘干 烘干温度：170℃；烘干时间：15min
污染防治	该项目年生产生物质水稻育秧盘与育秧基质 1 万 t，

效果和达标情况	可解决 160 万 m <sup>2</sup> 水稻育苗用营养土问题，减少育苗床用土约 6.5 万 m <sup>3</sup> ，折合旱田地表土约 2000 亩；我省每年玉米、水稻秸秆剩余量约 3000 余万 t，大量的秸秆被农户在地里焚烧掉，造成大量的资源浪费，增加有害气体排放，严重污染环境，将剩余秸秆综合开发利用，农户每亩可增加收入 60-100 元，具有显著的社会效益及生态效益。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	40万元
运行费用	材料费 15 万、测试化验加工费 10 万、燃料动力费 3.6 万、差旅费 1 万元、会议费 1 万元、劳务费 5 万元、专家咨询费 1.2 万元、管理费用 3.2 万元。
能源、资源节约和综合利用情况	该项目年生产生物质水稻育秧盘与育秧基质 1 万 t，可解决 160 万 m <sup>2</sup> 水稻育苗用营养土问题，减少育苗床用土约 6.5 万 m <sup>3</sup> ，折合旱田地表土约 2000 亩。

## 2. 生物质型炭及配套热源机

技术依托单位：河北省隆盛生物质能源开发有限责任公司

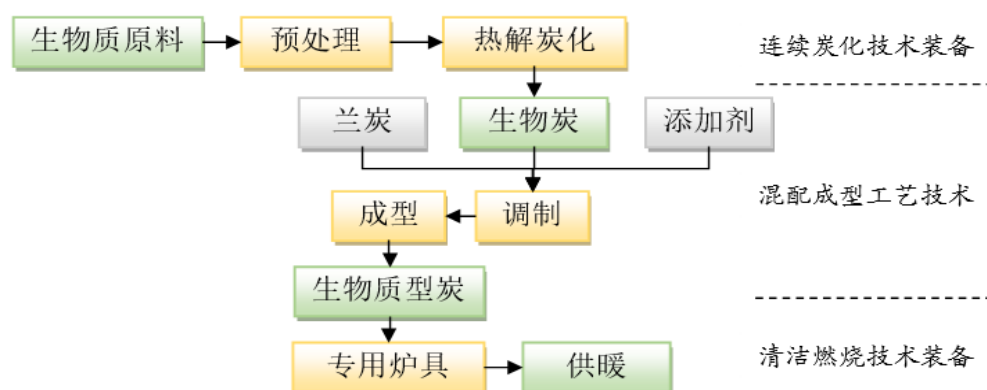
技术发展阶段：推广应用

适用范围：农林废弃物综合利用与清洁热力生产，尤其适合于北方地区农村清洁供暖或企业供热。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

针对我国北方农村供暖散煤使用量大、污染物排放严重，以及秸秆结构性和区域性过剩、田间禁烧压力大等影响农民生活和农业生产的突出问题，依据秸秆炭、兰炭硫磷含量低，使用清洁的属性和两者的协同燃烧效应，发明了秸秆炭与兰炭混配成型技术工艺，突破了秸秆分段连续热解和秸秆热解型炭高效燃烧等关键技术，并研制了系列设备。通过技术推广应用，有效促进了项目区农作物秸秆的综合利用，提升了农业附加值，改善了农村能源结构和人居环境。工艺路线如图所示。



---

## 二、主要技术指标

生物炭的生产吨炭能耗为 15kW h，生物炭得率达到 25%-31%。锅炉热效率 81.6%；烟气中 NO<sub>x</sub> 浓度 107 mg/m<sup>3</sup>，颗粒物浓度 16 mg/m<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub> 浓度 34 mg/m<sup>3</sup>，林格曼黑度<1 级。

## 三、技术特点

1、生产和使用清洁。生物炭、型炭生产过程清洁，对环境不会造成二次污染，型炭也是一种清洁的能源产品，燃烧过程中污染物排放低。

2、运行高效。生物炭成型后能源化利用，燃气作为清洁能源直接供户，实现了生物质的能源化梯级综合利用。

3、就地利用。原料经热解转化后，能源资源全部本地消纳，实现自然村微循环，减小了农业废弃物综合利用中的收储运成本，符合农业废弃物综合利用原则。

4、契合产业。与新农村建设相结合，强化了生态环境保护和产品本地消纳。

## 四、技术推广应用情况

技术成果在河北、山东等地进行了推广应用。累计利用农作物秸秆 55 余万 t，累计替代 27 万 t 标准煤，减排二氧化碳 58 万 t，二氧化硫 630t、烟尘 1700t，取得了显著的生态、社会和经济效益。

## 五、实际应用案例

案例名称	河北省遵化市堡子店镇生物质型炭项目
业主单位	河北省隆盛生物质能源开发有限责任公司
工程地址	河北省遵化市堡子店镇孟家铺村东
工程规模	年产生物质热解型炭 10 万 t
项目投运时间	2016 年 8 月
验收情况	遵化市环保局组织专家对项目进行了整体验收，同意该项目主体工程正式投入运行。
工艺流程	针对兰炭上火慢、易熄火，而秸秆炭着火持续性不理想等问题，基于秸秆炭与兰炭混合燃烧的协同效应，创新发明了秸秆炭、兰炭混配方法与成型技术工艺，研制了农村清洁供暖专用型炭。融合研磨、调质、混配、增温、醒料、挤压、干燥等工艺环节，实现了秸秆热解型炭连续高效生产。创新发明碾碾式搅拌技术，耦合粉碎与搅拌工艺，提高了秸秆炭、兰炭和黏结剂的混料效果。
主要工艺运行和控制参数	创制了秸秆热解型炭成型专用黏结剂，并优化了成型温度、成型压力、成型模具等，改善了秸秆热解型炭的成型效果，使秸秆热解型炭跌落强度与挤压强度较传统工艺提高 12% 以上，并降低了秸秆热解型炭的成型能耗。
关键设备及设备参数	热解设备原料处理量 0.3-2t/h，生物质型炭专用供暖设备功率 30kW-1400 kW。
污染防治效果和达标情况	创新研制了秸秆热解型炭集中供暖专用锅炉，经第三方检测，锅炉热效率 81.6%；烟气中 NO <sub>x</sub> 浓度 107 mg/m <sup>3</sup> ，颗粒物浓度 16 mg/m <sup>3</sup> ，SO <sub>2</sub> 浓度 34 mg/m <sup>3</sup> ，林格曼黑度 <1 级。创新研制了秸秆热解型炭供暖专用炉具，经第三方检测，锅炉热效率 78.2%；烟气中 NO <sub>x</sub> 浓度 109 mg/m <sup>3</sup> ，颗粒物浓度 20 mg/m <sup>3</sup> ，SO <sub>2</sub> 浓度 38 mg/m <sup>3</sup> ，林格曼黑度 <1 级。技术指标均优于国家相关排放标准。
二次污染治理情况	不产生二次污染物



---

投资费用	2300 万元
运行费用	500 万元
能源、资源节约和综合利用情况	技术成果在河北、山东等地进行了推广应用。节本增效效果明显。近 5 年，累计利用农作物秸秆 20 余万吨，为 2000 余户农村居民和 10 余家企事业单位提供秸秆热解型炭清洁能源。

---

### 3. 农业废弃物一体化智能好氧发酵技术及装备

技术依托单位：北京中科博联环境工程有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：单台处理规模 50t/d 及以上的农业废弃物共发酵处理。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

1、混料：各物料在进出料区卸料完成后，CTB 智能机器人自动将畜禽粪便和有机辅料充分混合到适宜的含水率和孔隙度。

2、高温好氧发酵：混料完成后，CTB 智能机器人将物料送入密闭发酵舱开始好氧发酵，鼓风机为堆体供氧。通过一体化智能好氧发酵设备自动监测和控制系统控制发酵堆体在 50℃-70℃ 的高温阶段维持 5-7 天以上，充分杀灭病原菌和杂草种籽。高温期结束后，使用 CTB 智能机器人对物料进行翻抛，使不同位置的物料均匀混合，提高发酵产品质量。

3、臭气的检测与控制：设备内为负压、全密闭的结构，保证臭气无外逸。设备内配有硫化氢、氨气等在线监测仪表，采用化学+两级双层填料塔化学洗涤，达标后外排。

4、过程智能监测与控制：设备内设置有温度、氧气等监测仪表，采用分体式泵吸结构，提高数据传送可靠性，采集的数据经信号采集器输入计算机控制系统，实时反馈并控

---

制鼓风曝气的强度和时间的。

5、出料及陈化：发酵结束后，腐熟物料经 CTB 智能机器人输送至进出料区的出料位，在发酵舱外陈化区，进行陈化。

6、有机肥深加工/资源化利用阶段：成品外运作为基质、土壤改良剂、有机肥直接用于园林、农业或深加工成高值有机肥。

## 二、主要技术指标

处理对象：含水率 60%的畜禽粪便或秸秆；

处理能力：50 吨混合料/日·台，混合料含水率 60%；

装机功率： $N \leq 142\text{kW}$ ，最大运行功率 $\leq 120\text{kW}$ ；

发酵周期：9 天；

高温发酵持续时间： $\geq 6$  天（ $55-65^\circ\text{C}$ ）；

堆体氧浓度：8%-15%；

粪大肠菌群值： $\geq 0.01$ ；

蛔虫卵死亡率： $\geq 95\%$ ；

发酵产物含水率： $\leq 40\%$ ，其他指标符合《畜禽粪便还田技术规范》（GBT25246-2010）及《畜禽养殖粪便堆肥处理与利用设备》（GBT 28740-2012）相应指标要求；

发芽指数： $\geq 70\%$ 。

## 三、技术特点

1、实现曝气、输送、发酵、匀翻、工艺检测、智能控

制、生物除臭等各个工艺模块耦合集成，无需中间倒运环节，无须建立厂房，降低造价；

2、建立一体化监测及控制模块，智能化调控工艺参数，实现全过程的智能化控制；

3、气水分离技术：全球首次加入了气水分离环节，将发酵过程中的湿热气体气水分离，减少了废水的排放，实现了废水的内部循环。

#### 四、技术推广应用情况

1、山东潍坊绿威特畜禽粪污资源化利用项目：处理规模 50t/d，2018 年 11 月试运行，截止目前已经运行一年，完成竣工验收。

2、河北遵化市有机固废处理处置项目：处理规模 30t/d，2018 年 11 月开始试运行，已经竣工验收。

3、安徽宿州市畜禽粪便资源化处理项目：处理规模 50t/d，2019 年 10 月进料试运行。

#### 五、实际应用案例

案例名称	潍坊绿威特 50t/d 畜禽粪便一体化智能好氧发酵项目
业主单位	潍坊绿威特生物工程有限公司
工程地址	山东潍坊
工程规模	50t/d
项目投运时间	2018 年 11 月

验收情况	<p>验收单位：潍坊绿维特生物工程有限公司</p> <p>验收结论：根据发酵产物第三方检验结果，含水率小于40%，粪大肠菌群值<math>\geq 0.01</math>；蛔虫卵死亡率<math>\geq 95\%</math>。设备及性能符合规范、协议及合同要求，统一验收并交付使用。</p>
工艺流程	<p>混料：各物料在进出料区卸料完成后，CTB 智能机器人自动将畜禽粪便和有机辅料充分混合到 60%含水率和适宜的孔隙度。</p> <p>高温好氧发酵：混料完成后，CTB 智能机器人将物料送入密闭发酵舱开始好氧发酵，鼓风机为堆体供氧。通过一体化智能好氧发酵设备自动监测和控制系统控制发酵堆体在 50℃-70℃的高温阶段维持 5-7 天以上，充分杀灭病原菌和杂草种籽。高温期结束后，使用 CTB 智能机器人及对物料进行翻抛，使不同位置的物料均匀混合，提高发酵产品质量。</p> <p>臭气的检测与控制：设备内为负压、全密闭的结构，保证臭气不外逸。设备内配有硫化氢、氨气等在线监测仪表，采用化学+两级双层填料塔化学洗涤，达标后外排。</p> <p>过程智能监测与控制：设备内设置有温度、氧气等监测仪表，采用分体式泵吸结构，提高数据传送可靠性，采集的数据经信号采集器输入计算机控制系统，实时反馈并控制鼓风曝气的强度和ación。</p> <p>出料及陈化：发酵结束后，腐熟物料经 CTB 智能机器人输送至进出料区的出料位，在发酵舱外陈化区，进行陈化。</p> <p>有机肥深加工/资源化利用阶段：成品外运作为基质、土壤改良剂，有机肥直接用于园林、农业或深加工成高值有机肥。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>发酵周期 12d;</p> <p>进料污泥含水率<math>\leq 80\%</math>，混合物含水率<math>\leq 60\%</math>;</p> <p>高温发酵持续时间：<math>\geq 6</math> 天（55-65℃）；</p> <p>堆体氧浓度：8%-15%。</p>
关键设备及设备参	<p>处理对象：含水率 60%的畜禽粪便或秸秆；</p> <p>处理能力：50 吨混合料/日·台，混合料含水率 60%左右；</p>

数	<p>高温发酵持续时间：<math>\geq 6</math>天（55-65℃）；</p> <p>堆体氧浓度：8%-15%；</p> <p>粪大肠菌群值：<math>\geq 0.01</math>；</p> <p>蛔虫卵死亡率<math>\geq 95\%</math>；</p> <p>发酵产物含水率<math>\leq 40\%</math>，其他指标符合《畜禽粪便还田技术规范》（GBT25246-2010）及《畜禽养殖粪便堆肥处理与利用设备》（GBT 28740-2012）相应指标要求；发芽指数<math>\geq 70\%</math>。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>发酵周期 9d-12d；</p> <p>粪大肠菌群值：<math>\geq 0.01</math>；蛔虫卵死亡率<math>\geq 95\%</math>；</p> <p>发酵产物含水率<math>\leq 40\%</math>，其他指标符合《畜禽粪便还田技术规范》（GBT25246-2010）及《畜禽养殖粪便堆肥处理与利用设备》（GBT 28740-2012）相应指标要求；发芽指数<math>\geq 70\%</math>。</p>
二次污染治理情况	<p>设备内置除臭系统，无需在设备外独立建设，运行过程中产生的臭气经处理后达标排放，排放标准满足《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）二级排放标准。</p>
投资费用	<p>设备投资 300 万元</p>
运行费用	<p>运行过程智能化控制，发酵过程中无需人工倒运及监测，人员数量和成本节约 50%，发酵周期短，且通过实时在线监测数据反馈控制曝气量，节省能耗，综合运行成本较传统工艺低 40%以上。运行成本大约 80 元/t-120 元/t。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>经过农林一体化智能好氧发酵设备处理、陈化后的发酵产物含水率降至 30%左右，制备生物有机肥，满足《生物有机肥》（NY884-2012）标准。</p>

---

## 4. 有机固废高温快速发酵装备

技术依托单位：河北九知农业科技有限公司

技术发展阶段： 推广应用

适用范围：农村厕所工程后期日常粪污、生活有机垃圾、农村农作物秸秆废弃物、畜禽养殖废弃物、市政生活污水泥，以及其他有机质废弃物的无害化处理和资源化利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

将水分 50-60%（减量化达到 30%左右）的有机废弃物输送到密闭的发酵罐体中，在摄氏 80-100℃左右的有氧环境下，利用嗜高温菌群对有机质进行 6-8h 无害化处理和发酵腐熟，杀灭病毒病菌、虫卵及草籽等，消灭抗体残留。

### 二、主要技术指标

1、采用全封闭高温发酵模式，实现有机固废的快速、无害化发酵，发酵时间 5-6h；

2、配套尾气回收和无害化处理，无温室气体释放，氮素损失减少 30%以上。

### 三、技术特点

1、采用物料双向搅拌方式，降低物料阻力，搅拌均匀，能耗低；

2、专用自动控制系统，实现了操作的简便化、标准化，省工省力。

3、该技术不受气候影响，低温严寒季节和区域均可正常使用。

#### 四、技术推广应用情况

1、新疆沙湾县，8台设备，每天处理秸秆与畜禽粪便近300吨覆盖近20万亩土地改良。

2、河南中牟，一套百吨设备，每天产量50吨，用于蒜苔种植。

3、邢台威县，全国最大日处理近千吨设计量，已通过科技部渤海粮仓农牧结合循环经济项目验收。

#### 五、实际应用案例

案例名称	河北优净生物科技有限公司年产30万吨有机肥--畜禽及秸秆废弃物高温快速发酵综合利用项目
业主单位	河北优净生物科技有限公司
工程地址	邢台威县
工程规模	占地50亩，2.4万m <sup>2</sup> ，20条生产线，投资1.5亿。
项目投运时间	2016年10月
验收情况	验收结论：工艺先进 运营可持续
主要工艺运行和控制参数	将水分50-60%（减量化达到30%左右）的有机废弃物输送到密闭的发酵罐体中，在摄氏80-100℃左右的有氧环境下，利用嗜高温菌群对有机质进行6-8h无害化处理和发酵腐熟，杀灭病毒病菌、虫卵及草籽等，消灭抗体残留。
关键设备及设备参数	高温快速发酵设备--JZ20—WX，6035×2600×2855
污染防治效果和达标	废弃物得到无害化与资源化综合利用，工艺过程符合环保要求。



标情况	
二次污染治理情况	无
投资费用	每天处理 15 吨有机废弃物的生产线投资约 140 万元，其中设备投资约 120 万元，基础设施 20 万元左右。每吨有机肥售价 680 元，经济收入 13600 元/天，年收益近 400 万元。
运行费用	电费：约 10 元/吨；辅料：约 50 元/吨；铲车油费：约 2 元/吨；设备折旧：约 20 元/吨；运输费用：约 25 元/吨。
能源、资源节约和综合利用情况	本技术不使用煤和汽，使用 380V 电，发酵热气合理回收。

---

## 5. 畜禽粪污动态发酵生物干化技术

技术依托单位：哈尔滨华美亿丰复合材料有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：规模化养牛场粪污处理及资源化利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

将复合微生物发酵菌剂加入畜禽粪污和秸秆的混合物料中，采用管式通风技术在卧旋式连续发酵设备内发酵产热，达到物料高温灭菌及水分蒸发的效果，产物可作为有机肥原料和垫床料。畜禽粪污在好氧发酵中除臭、灭菌，产生的水分及原有的游离水蒸发去除，其余物料作为有机肥原料使用，实现粪污无害化处理。生物干化周期 2d-6d，生物干化温度 50℃-70℃。

### 二、主要技术指标

物料含水率可由 60%-70% 降至 50%。

### 三、技术特点

卧旋式连续生物发酵设备采用玻璃钢材质，质量轻、强度高、保温好、耐腐蚀性强；通过添加复合微生物发酵菌剂，缩短了发酵时间。

### 四、技术推广应用情况

哈尔滨市双城区，上禾牧业发展有限公司 500 头奶牛粪污生物脱水无害化项目。

## 五、实际应用案例

案例名称	哈尔滨上禾牧业发展有限公司 500 头奶牛粪污生物脱水无害化项目
业主单位	哈尔滨上禾牧业发展有限公司
工程地址	哈尔滨市双城区
工程规模	日处理 500 头奶牛粪污
项目投运时间	2016 年 9 月 10 日
验收情况	项目于 2017 年 4 月 15 日由业主单位验收合格
工艺流程	采用独特的工艺和设备设计实现粪污不经过固液分离环节，直接和秸秆或后发酵产物混合调理，达到好氧发酵的条件。发酵初期，物料中嗜温性微生物利用可溶性和易降解性有机物作为营养和能量来源，迅速增殖，并释放出热能，使物料温度不断上升。此阶段温度在室温至 45℃ 范围内，微生物以中温、需氧型为主，通常是一些无芽胞细菌。当物料温度上升到 45℃ 以上时，即进入高温阶段。通常从堆积发酵开始，只须 1-2 天时间物料温度便能迅速升高到 55℃，2 天内堆温可达到最高值（最高温可达 70℃）。在自动控制下，完成自动出料。在阳光保温大棚内，使用翻抛机将物料不停翻动，使有机质继续发酵，水分蒸发。该阶段完成后，分解有机质基本完全，水分降至 30% 以下，粪污达到稳定。
污染防治效果和达标情况	物料含水率可由 60%-70% 降至 50%。所产生粪污经处理达到《有机肥料》（NY 525-2012）要求，排放达到《畜禽养殖业污染物排放标准》（GB18596-2001）要求。
二次污染治理情况	发酵过程中产生的废气经过管式热交换器，其中的水蒸气和部分有害物质被冷凝，冷凝水达标作为厂区流送水（每天约 3t）；剩余气体由管道通入陈化堆，一方面为陈化堆供氧，另一方面由堆料吸附和降解有害物质。
主要工艺运行和控制参数	发酵料含水量 60-70%，通风频率 3/27min，发酵仓转动频率 2 转/h，发酵温度 50-70℃，发酵产物 pH 值 6-9。

关键设备及设备参数	卧旋连续生物发酵设备：HM-30 型，容积 30m <sup>3</sup> ，热风机功率 20kW。管式热交换器：换热面积 105m <sup>2</sup> ；立式。双轴混料机：处理量 8-10t/h；容积 6m <sup>3</sup> ；功率 75kW。粪污提升泵：流量 15m <sup>3</sup> /h；扬程 30m；功率 2.2kW。
投资费用	工程费用 70 万元，设备投资 230 万元，合计 300 万元。
运行费用	按存栏 1000 头牛、年产 1 万 t 有机肥原料计算，秸秆费用 2000 元/d（10 吨）；辅料菌剂 220 元/d，电费 150 元/d（按工业用电价格），人工费 450 元/d（3 人），运行费用合计 2820 元/d。
能源、资源节约和综合利用情况	本技术仅在发酵初期使用外加热源进行升温，之后在卧旋式连续发酵设备内通过微生物好氧发酵进行放热反应，不需另外加热，电力消耗少。 本技术解决了畜牧业生产中的畜禽粪污污染问题，同时可以大量消耗作物秸秆，为秸秆资源化提供了有效的途径。

---

## 6. 农、林、工业生物质固废热解气化清洁供热资源化利用技术

技术依托单位：山东百川同创能源有限公司

技术发展阶段： 推广应用

适用范围：处理农林生物质废弃物，包括秸秆、瓜秧、稻壳、果壳、林业“三剩物”等；处理工业生物质废弃物，包括中药渣、化学制药菌渣、蒸煮凉茶残余、酒糟、醋糟等。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

生物质废弃物直接卸入内设有料仓防堵结构的湿料仓，使物料能够顺利落到仓底；湿料仓中的物料经过定量拨料机构及皮带输送机定量输送至破碎系统，将其破碎至粒径 $<10\text{mm}$ ；破碎后的物料经过皮带输送机定量输送至脱水系统，将物料含水率降至 $50\text{-}60\%$ 以下；脱水后的物料经螺旋输送机定量输送至干燥系统，将物料干燥至含水率 $<25\%$ ，粒径 $<5\text{mm}$ ，干燥后的物料经埋刮板输送机输送至干料仓，干料仓的物料经螺旋输送机输送至循环流化床气化反应炉，经热解气化后的高温燃气直接进入高温燃气锅炉燃烧产生蒸汽并入管网用于居民供气供暖或企业供能。

### 二、主要技术指标

气化效率 $\geq 78\%$ ；燃气热值 $\geq 6500\text{kJ/Nm}^3$ ；净化后燃气焦油含量 $< 5\text{mg/Nm}^3$ ；综合热效率 $\geq 85\%$ 。

烟气排放达到《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014), 烟气排放指标: 颗粒物 $\leq 8\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{SO}_2 \leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{NO}_x \leq 100\text{mg}/\text{m}^3$ , 烟气黑度 $\leq 1$ 级; 最高可提升至: 颗粒物 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{SO}_2 \leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{NO}_x \leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

厌氧消化处理的污水  $\text{COD} < 100\text{mg}/\text{L}$ , 经市政管网输送至市政污水处理厂达标处理后排放。

### 三、技术特点

将农、林、工业生物质废弃物采用全自动连续预处理系统处理后, 利用高效热解气化技术、高温燃气燃烧技术将其原料转化为热能, 替代化石能源用于居民供暖或企业供能, 实现能源清洁高效转换利用。

### 四、技术推广应用情况

1、沈阳军区海城某部队秸秆气化工程, 年处理秸秆约 550t, 日产洁净燃气量达  $3000\text{m}^3$ , 供 2000 人炊事使用。

2、山东省济南市沙三村秸秆气化工程, 处理农作物秸秆 800t, 供 518 户居民炊事用气。

3、山东步长制药中药渣综合利用项目, 年处置湿基中药渣 5.1 万 t (综合含水 75%), 消纳厂内污水处理站沼气  $2400\text{m}^3/\text{d}$  及制药工艺伴生“废气”(山楂核干馏气)  $1000\text{m}^3/\text{d}$ 。

### 五、实际应用案例

案例名称	山东步长制药中药渣综合利用项目
业主单位	山东步长制药有限公司
工程地址	山东省菏泽市中华西路 369 号

工程规模	配置 4000m <sup>3</sup> /h 的流化床气化炉，10t/h 高温燃气蒸汽锅炉，年处理含水 75%的湿基中药渣 5.1 万 t。
项目投运时间	2016 年 5 月
验收情况	<p>验收单位：由建设单位—山东步长制药股份有限公司、验收监测单位—山东嘉源检测技术有限公司及 4 名特邀专家组成的验收组。</p> <p>验收时间：2018 年 11 月 22 日</p> <p>验收结论：山东步长制药中药渣等废弃物资源化利用项目（一期）执行了环保“三同时”制度。验收监测期间，项目运行过程中产生的废气、废水、噪声、固体废弃物均能够达标排放或综合利用，总体符合建设项目竣工环境保护验收条件，同意该项目通过验收。</p>
工艺流程	项目工艺以“生物质循环流化床气化”为核心技术，关键技术包括预处理系统、热解气化系统和高温燃烧产蒸汽系统。通过集存储输送、粉碎、机械及热干化脱水于一体的预处理工艺，将高湿基中药渣转化为满足气化要求的生物质颗粒，干基药渣经炉前进给料系统送入到生物质循环流化床进行气化，产出的高温燃气经高效梯度浓淡燃烧器燃烧产出高温烟气，最终由余热锅炉及空预器、省煤器组联合吸收高温烟气热量制取蒸汽，实现了中药渣的高效资源化利用。
主要工艺运行和控制参数	<p>1、湿基工业生物质预处理技术</p> <p>控制项：设备运行频率、皮带给进速度、物料量、料位、温度、电耗等。</p> <p>关联：启动，按物料流末端先开，逐步至最先接触物料的设备；停止，按物料流前端先停，逐步至最后物料离开的设备；</p> <p>联动保护：物料处理量以缓冲仓等仓体内料位来控制 and 调节前后设备的处理能力，当某设备需要紧急停车时应切断物料进入的关联设备，根据关联逻辑设置的联动停车程序启动。</p> <p>2、污水处理系统工艺技术</p>

	<p>调质调配水比例不超过 10 倍，pH 值 6-7。</p> <p>3、干化废气处理技术 尘水分离出口粉尘含量<math>\leq 5\text{mg}/\text{m}^3</math>，循环用风比 0.5 以上，含湿率不高于环境含湿率。</p> <p>4、生物质热解气化技术 炉内整体微负压运行，密相区压力范围<math>\pm 5\text{kPa}</math>，稀相区压力范围<math>\pm 1\text{kPa}</math>，最高气化温度不超过 <math>900^\circ\text{C}</math>，外壁温度不高于 <math>50^\circ\text{C}</math>，气化风压<math>\geq 19\text{kPa}</math>，气化风系数 0.2-0.3。</p> <p>5、高温燃气梯度浓淡低氮燃烧技术 按照燃气浓淡配置助燃空气，关联燃烧段温度、压力及燃气热值组分、总量分配比，总过氧系数不大于 1.15，不小于 1.05，关联后置烟气 <math>\text{NO}_x</math> 监测数据，调整各梯级配风量。</p> <p>6、烟气处理系统工艺技术 SNCR 窗口温度 <math>850\text{-}1100^\circ\text{C}</math>，尿素溶液设置 pH 值计，关联后置 <math>\text{NO}_x</math> 浓度监测，锅炉烟气可先换热利用再进行其他处理。</p>
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p>1、预处理：湿渣预压控水装置、压滤脱水系统、粉碎机组/制浆机组、直接/间接干化系统（温压梯度干化装置、气流干燥装置等）、车间通风废气处理系统、设备通风废气处理系统。本项湿药渣（综合含水率 75%）处理能力 <math>170\text{t}/\text{d}</math>，产出含水率不大于 25%，干药渣量 <math>56.7\text{t}</math>，干药渣颗粒度 <math>5\text{mm}</math> 以下。</p> <p>2、过程输送：湿渣临存仓、皮带输送机、埋刮板输送机、定量给料绞龙、缓冲仓、干渣临存仓。本项各过程输送设备小时输送能力大于前功能设备处理能力 2-3 倍，仓体等满足后置功能设备 20-40min 用料量。</p> <p>3、气化制汽：炉前进给料系统、热解气化系统、梯度浓淡低氮燃烧塔、余热蒸汽锅炉及其配套。本项额定处理量 <math>1.5\text{t}/\text{h}</math>，配套 <math>10\text{t}1.25\text{MPa}</math> 余热蒸汽锅炉。</p> <p>4、废气废水：高浓污水处理系统、设备废气处理循环与协同系统。高浓废水处理能力 <math>100\text{t}/\text{d}</math>，设备废气循环量 <math>4000\text{m}^3/\text{h}</math>，接入气化燃烧气量 <math>3000\text{m}^3/\text{h}</math>。</p>



	5、功能配套：压缩空气系统、气力输灰系统、DCS 控制系统、电力电气柜。
污染防治效果和达标情况	烟气达标排放（烟气 SO <sub>2</sub> 浓度为 4.4mg/m <sup>3</sup> 、NO <sub>x</sub> 浓度为 86.1mg/m <sup>3</sup> 、烟尘（颗粒物）未检出）达到《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）
二次污染治理情况	在技术应用过程中，气化过程产生的粗燃气不需要冷却净化，热态下直接输入燃气燃烧器内燃烧，可以有效避免焦油等副产物造成的二次污染问题；通过收集装置将预处理过程产生的异味气体及粉尘颗粒集中输送至气化燃烧系统进行燃烧，避免了药渣处置过程的二次污染，形成了物尽其用的循环处置模式，解决高浓度有机废水处理及药渣散发气味等难题。
投资费用	3486 万元
运行费用	电耗费用 402.5 万元/a，运行水费用 20 万元/a，人员工资 125 万元/a，工业盐等耗材 7.5 万元/a，维护费用 70 万元/a，劳保物资 5 万元/a，废水处理 80 万元/a，合计 710 万元/a。
能源、资源节约和综合利用情况	中药渣、污水沼气和干馏气的综合利用，不仅解决了中药渣、废气对环境造成的污染，而且从能源角度出发，成为企业生产用蒸汽的有效补充，形成中药渣能源化、资源化、无害化的高效综合利用模式。

---

## 7. 农业废弃物高温快速发酵生产有机肥技术

技术依托单位：天津市环境保护科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：中小型畜禽养殖企业粪污治理和污水处理厂污泥处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1、启动电源开关，打开高温快速发酵生产有机肥设备的进料仓门，农业废弃物畜禽粪便或污泥和秸秆的投加比例约为 7 : 3，投加嗜热复合微生物菌剂，确保物料总体含水率为 50-60%；

2、物料装入完成后，启动加热系统，加热温度设置为 80℃，加热时间设置为 2h，使装置内温度在 60℃-80℃范围内运行，激活嗜热微生物菌群活性；停止加热系统，保持搅拌系统、充氧系统和抽湿系统连续作业，作业时间为 8h；

3、设置高温发酵设备曝气充氧，每 15min 充氧 30s，确保发酵机内处于好氧状态；

4、发酵系统经过连续 10h 的进料、加热、搅拌、充氧和抽湿后，开始出料，至此一个完整的有机肥高温发酵过程完毕，可进行下一批农业废弃物生产有机肥的操作。

### 二、主要技术指标

以高温快速发酵生产有机肥设备为例，每批次 20t，动

力功率 20kW，加热功率 54kW。

### 三、技术特点

1、利用自动化高温封闭式有机肥发酵设备和嗜热复合微生物菌剂，加速废弃物有机质的降解和腐殖质的形成，生产出稳定化、腐熟化、无害化的有机肥产品。

2、发明了适用于畜禽粪便、农作物秸秆和污泥等不同种类农业废弃物生产有机肥的高效复合微生物菌剂。

3、集成成套的农业废弃物资源化利用关键技术与装备，打通现代养殖业与种植业之间的关键环节，从源头上控制农业面源污染和大气污染，形成了农业废弃物资源化利用与减排效应机制。

### 四、技术推广应用情况

1、天津市元和科技有限公司畜禽粪污高温快速发酵生产有机肥工程，年处理规模 6000t。

2、兴仁县城污水处理厂污泥处理处置工程项目，日处理规模 15t。

### 五、实际应用案例

案例名称	兴仁县城污水处理厂污泥处理处置工程项目
业主单位	兴仁市供水总公司
工程地址	兴仁县真武山街道办事处大田坝陈家塘
工程规模	15t/d
项目投运时间	2019 年 2 月
验收情况	验收单位：兴仁市供水总公司

	<p>验收时间：2019年6月28日</p> <p>验收结论：兴仁县城污水处理厂污泥处理处置工程项目按照环境影响报告表及批复的要求，环保措施落实情况较好。项目采取有效的环境保护措施，污染物达标排放，对周边环境影响较小。根据本项目竣工环境保护验收监测结果，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的验收不合格情形对项目逐一对照核查，基本达到了建设项目竣工环境保护验收的条件，符合验收要求。验收组认为，本建设项目竣工环境保护验收基本合格。</p>
工艺流程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、启动电源开关，打开发酵机进料仓门，污泥和锯末的投加比例约为70%和30%，投加嗜热复合微生物菌剂和污泥物料，确保物料总体含水率为50-60%；</li> <li>2、物料装入完成后，启动加热系统，加热温度设置为80℃，设置加热时间为2h，使装置内温度在60-80℃范围内运行，激活嗜热微生物菌群活性；停止加热系统，保持搅拌系统、充氧系统和抽湿系统连续作业，作业时间为8h；</li> <li>3、设置设备曝气充氧，每15min充氧30s，确保发酵机内处于好氧状态；</li> <li>4、发酵系统经过连续10h的进料、加菌剂、加热、搅拌、充氧和抽湿后，开始出料，至此一个完整的有机肥高温发酵过程完毕，可进行下一批污泥生产有机肥的操作。</li> </ol>
主要工艺运行和控制参数	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、将生活污水处理厂污泥、锯末等有机废弃物与嗜热复合微生物菌剂按比例混合，调节混合物含水率50%-60%，利用螺旋输送机将混合物料加入到密闭式的高温好氧快速发酵设备，在发酵设备内加入嗜热复合微生物菌剂。</li> <li>2、开启设备利用电热使物料温度升至80℃，保持2h后断电，让其温度保持在60℃-80℃之间，同时发酵设备内配套的搅拌设备间歇性的搅拌，在发酵设备内整个高温发酵时间约10h即完成一个批次生产。</li> </ol>
关键设备及设备参数	<p>高温快速发酵生产有机肥设备。15t/批次，动力功率：15kW，加热功率：45kW。</p>

污染防治效果和达标情况	该技术利用污泥、秸秆和锯末等有机废弃物资源，采用好氧高温快速发酵设备，实现了污泥的资源化利用，生产出的有机肥符合《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》（GB/T 23486-2009）标准，NPK≥3%，有机质≥25%，水分<40%，重金属指标满足要求。
二次污染治理情况	高温快速发酵生产有机肥设备为封闭式设备，不会产生二次污染。
投资费用	设备由好氧高温快速发酵设备和辅助生产设备（出料传输系统、装载机转运系统、筛分系统和成品包装系统）组成，设备投资为 239.8 万元。
运行费用	农作物秸秆或锯末： $0.3 \times 200 = 60$ 元/t，耗电量： $20 \times 0.55 = 11$ 元/t，生物菌剂： $0.2 \times 200 = 40$ 元/t，人工费：18 元/t，折旧费：45 元/t，小计：174 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	设备启动时，需要加热 2 小时，随着激活嗜热复合微生物，污泥废弃物发酵过程中温度将不断升高，不再需要提供按外源热量。

---

## 第四章 生活固废领域

### 1. 偏远地区生活垃圾好氧发酵就地就近处置技术及装备

技术依托单位：北京中源创能工程技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：偏远地区包括乡镇和农村的生活垃圾就地就近好氧发酵处置、源头减量和资源化利用，处理规模 0.5-10t/d 均适用。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

生活垃圾就近通过分拣废物贮存桶，将其中少数金属、塑料等杂质分拣送往垃圾中转站，分拣后的生活垃圾通过挂桶上料装置进入破碎/挤压脱水一体机。

在破碎/挤压脱水一体机中，分拣后的生活垃圾经过双轴式破碎装置的连续超细破碎，破碎后颗粒尺寸 90%以上达 1-3cm，实现垃圾物料粒径均匀；破碎后物料经螺旋变径挤压深度脱水，实现固液分离，产物含水率小于 70%，物料体积减少 40%。其中液体进入隔油池、化粪池等现有污水处理设施，或外运处理，或通过配套集成化污水处理设施处理达标排放；固体输送至高温好氧生物处理系统。

在高温好氧生物处理系统，仅需投加一次具有自主知识产权的好氧发酵高效复合型微生物菌剂，基于连续进出料的

---

多仓强化推流过程和菌渣分离，结合发酵仓内温度、湿度和供氧的智能控制，确保新鲜进料与高效成熟菌体充分接触，反应充分利用不同区域内的优势微生物种群，使垃圾物料发酵充分，发酵产物直接输送至出料装置，出料送往肥料间储存。

高温好氧生物处理系统连接生物除臭装置，去除发酵过程中产生的臭气。

## 二、主要技术指标

预处理设备粉碎物料 90% 以上粒径达 1-3cm；预处理设备固液分离后物料含水率低于 70%；发酵仓内发酵温度 55-65℃；单套设备总体减量化率不低于 90%。

## 三、技术特点

集成连续超细破碎、螺旋变径挤压深度脱水、机械强化高温好氧发酵等关键技术，实现生活垃圾的源头减量和资源化利用。

## 四、技术推广应用情况

2017 年，长沙市望城区乔口镇农村生活垃圾好氧发酵就地就近处置项目验收运行，处理规模 2t/d。

2018 年，仙居县农村生活垃圾好氧发酵就地就近处置项目 6 台处理设备验收运行，每台处理规模 1t/d。

2018 年，杭州市宁波市光明新村生活垃圾好氧发酵就地就近处置项目验收运行，处理规模 0.5t/d。

## 五、实际应用案例

案例名称	仙居县农办仙居县农村生活垃圾好氧发酵就地就近处置 (1t/d×6)
业主单位	仙居县农办
工程地址	仙居县福应街道下宅村等
工程规模	1t/d*6
项目投运时间	2018 年
验收情况	验收单位：仙居县福应街道办事处等 验收时间：2018 年 验收结论：以上设备均已更新优化完毕，设备运行正常，同时满足处理量及出料质量。
工艺流程	<p>来自项目点产生的生活垃圾经分类投入专用可降解垃圾收集桶内，由运输员统一运输至生活垃圾处理站内。分拣后的生活垃圾通过挂桶上料装置，物料进入破碎/挤压脱水一体机，大块物料被破碎后更加有利于微生物反应与产物肥料性质的提高，破碎后的垃圾进入脱水模块，液体进入化粪池，固体进入后续发酵系统。经脱水处理后的物料水分脱除 50% 以上，固体物料含水率达到 70% 以下，前期减容率约 40%。</p> <p>脱水产生的固体物质，富含有机质的混合物料在微生物的作用下，降解为小分子的、容易被作物吸收利用的肥料，发酵时间约 5-8 天。设备产出物即最终产物，一次完全发酵、产出物符合农业部《有机肥料》NY525-2012 的要求。外观颜色为褐色或灰褐色，粒状或粉状，均匀，无恶臭，无机械杂质。可作为土壤调理剂和粗制有机肥使用，如经由肥料深加工后可制成复混肥微生物菌肥等多种商业有机肥销售或使用。最终产品为可以调节作物土壤“生态微环境”的“生物有机肥”，具有极高的经济价值。发酵段产生的废气经排气孔进入生物除臭系统排出。</p>



主要工艺运行和控制参数	发酵仓辅热单元温度上限不低于 90℃；发酵仓内温度 55℃-65℃；加热系统为恒温加热；每处理 1kg 物料的耗电量小于 0.1kWh。
关键设备及设备参数	预处理设备粉碎物料 90%以上粒径达 1-3cm；预处理设备深度脱水后物料含水率低于 70%；单元发酵仓内物料堆积容积不低于发酵仓总容积的 70%；单套设备废弃物利用率超过 99%,总体减量化率不低于 90%。
污染防治效果和达标情况	1、生活垃圾好氧发酵就地就近处置所产生废水满足《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)标准中的 A 级标准；废气符合《大气污染物综合排放标准》(HJ533-2009)有组织排放标准值、《恶臭污染物排放标准》(GB14554)恶臭污染物排放标准值；噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)标准要求，设备正常运行时，厂区噪音≤75dB (A)； 2、生活垃圾源头减量化率 90%以上； 3、生活垃圾资源化利用率 100%； 4、生活垃圾发酵肥料达到农业部《有机肥料》NY525-2012 标准。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	1、6 台生活垃圾好氧发酵就地就近处置设备投资共计 102 万元。 2、基础配套设施及临时用房总投资费用 108 万元。
运行费用	人工、动力、辅料、药剂等运行费用（包括设施、设备等维修费用），共计 200 元/吨。
能源、资源节约和综合利用情况	1、偏远地区分散处理模式大大减少了收运过程中的能量消耗和碳排放。 2、自主研发可实现智能控制的液压推杆控制压盘，保证脱水后物料含水率达到 70%以下，有效降低反应能耗 60%，辅料节约 100%。 3、投加具有自主知识产权的有机垃圾发酵高效复合型微

---

	<p>生物菌剂，其性能完全取代并超越进口菌种，且只需一次投加，实现了多世代菌剂的循环利用，降低设备运行成本。推广项目菌种免费提供，使用成本降低至接近于零。</p>
--	---

	<p>4、通过技术创新、筛选优势菌种等手段实现节能减排，每处理一吨有机垃圾节能约 0.05 吨标准煤，减排 0.11 吨二氧化碳，节约运输费用约 80 元/吨。</p>
--	--

	<p>5、发酵产出肥料产品，符合有机肥料国家标准，用于仙居当地农业种植、院区绿化和养护。</p>
--	--

---

## 2. 城乡混合有机垃圾共发酵技术及装备

技术依托单位：北京中科博联环境工程有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：污泥、厨余垃圾等城乡有机垃圾。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1、混料：各物料在进出料区卸料完成后，**CTB** 智能机器人自动将脱水和有机辅料充分混合到适宜的含水率和孔隙度。

2、高温好氧发酵：混料完成后，**CTB** 智能机器人将物料送入密闭发酵舱开始好氧发酵，鼓风机为堆体供氧。通过一体化智能好氧发酵设备自动监测和控制系统控制发酵堆体在 50℃-70℃ 的高温阶段维持 5-7 天以上，充分杀灭病原菌和杂草种籽。高温期结束后，使用 **CTB** 智能机器人及对物料进行翻抛，使不同位置的物料均匀混合，提高发酵产品质量。

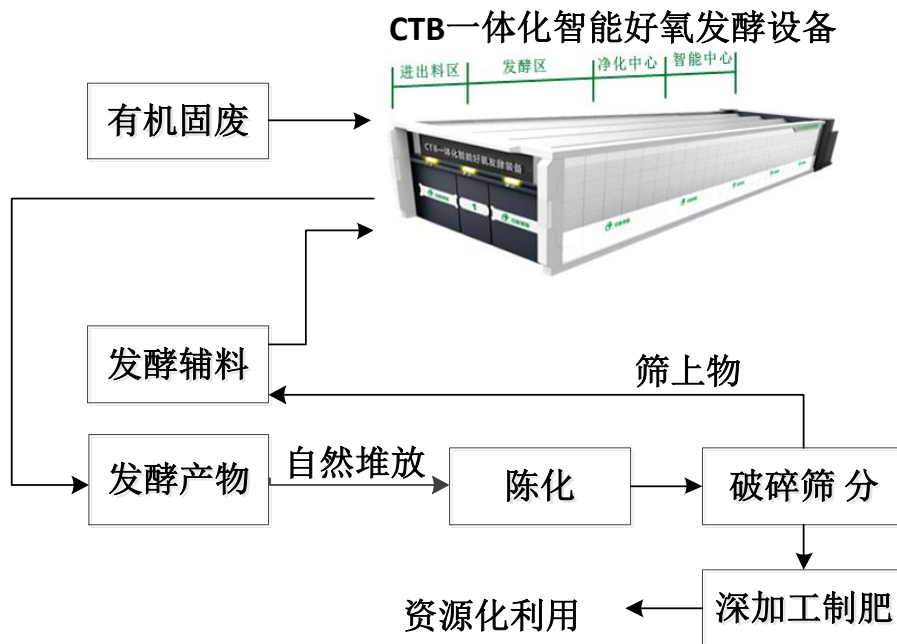
3、臭气的检测与控制：设备内为负压、全密闭的结构，保证臭气外逸。设备内配有硫化氢、氨气等在线监测仪表，采用化学+两级双层填料塔化学洗涤，达标后外排。

4、过程智能监测与控制：设备内设置有温度、氧气等监测仪表，采用分体式泵吸结构，提高数据传送可靠性，采集的数据经信号采集器输入计算机控制系统，实时反馈并控

制鼓风曝气的强度和时间的。

5、返混：发酵结束后，腐熟物料经 CTB 智能机器人输送至进出料区的出料位，部分留作返混料。

6、资源化利用阶段：成品外运作为基质、土壤改良剂、有机肥直接用于园林绿化。



## 二、主要技术指标

处理对象：含水率 80%的污泥或有机垃圾；处理能力：30 吨混合料/日·台，混合料处理容积 72 立方/日；装机功率  $N \leq 168\text{kW}$ ；发酵周期 12d；高温发酵持续时间： $\geq 6$  天（55-65℃）；堆体氧浓度：8%-15%；类大肠菌群值： $\geq 0.01$ ；蛔虫卵死亡率 $\geq 95\%$ ；发酵产物含水率 $\leq 40\%$ ，其他指标符合《畜禽粪便还田技术规范》（GBT25246-2010）及《畜禽养殖粪便堆肥处理与利用设备》（GBT 28740-2012）相应指标要求；发芽指数 $\geq 70\%$ 。

---

### 三、技术特点

1、实现曝气、输送、发酵、匀翻、工艺检测、智能控制、生物除臭等各个工艺模块耦合集成，无需中间倒运环节，不须建立厂房，降低造价；

2、建立一体化监测及控制模块，智能化调控工艺参数，实现全过程的智能化控制；

3、气水分离技术：全球首次加入了气水分离环节，将发酵过程中的湿热气体气水分离，减少了废水的排放，实现了废水的内部循环。

### 四、技术推广应用情况

本产品自投产以来已经在广西桂林、河北遵化、卢龙等地销售了二十余套设备，销售收入近 8000 万，实现利润 3200 万。

广西桂林上窑污水处理厂：处理规模，100t/d，2018 年 11 月投入运行，截止目前已经运行一年，完成竣工验收。

河北遵化市有机固废处理处置项目：30t/d，2018 年 11 月开始试运行，已经竣工验收。

河北卢龙有机固废处理处置项目：30t/d，2018 年 7 月投入运行。

## 五、实际应用案例

案例名称	广西桂林排水 100t/d 污泥智能好氧发酵项目
业主单位	桂林市排水有限公司
工程地址	广西桂林
工程规模	100t/d
项目投运时间	2017.3
验收情况	2018.2
工艺流程	一体化智能好氧发酵设备通过智能机器人进行污泥、畜禽粪便等有机固废的好氧发酵处理，集发酵过程的输送、混料、发酵、供氧、匀翻、监测、控制等全部环节于一体，并实现智能化控制。多功能机器人配备温度、氧气等监测探头，探头采集的数据经信号采集器输入智能控制中心，实时反馈、精确控制鼓风曝气的强度和ación；配备实时监测臭气智能监测和智能除臭系统，当达到预设危害浓度时，系统报警并启动除臭装置，使产生的臭气及时得到处理，保证厂区周边的环境质量。具有发酵过程智能控制、自动化、装备化，功能高度集成、废热循环利用等优点。发酵产物达到无害化、稳定化等国家有关卫生学指标，可以作为基质、土壤改良剂、有机肥等资源化利用。
主要工艺运行和控制参数	发酵周期 8d-12d；进料污泥含水率 $\leq 80\%$ ，混合物含水率 $\leq 60\%$ ；高温发酵持续时间： $\geq 5$ 天（55-65℃）；堆体氧浓度：8%-15%。
关键设备及设备参数	处理能力：30 吨混合料/日·台，混合料处理容积 72 立方/日；装机功率 $N \leq 168\text{kW}$ ；运行能耗 $\leq 40\text{kw}\cdot\text{h}/\text{吨物料}$ ；一键操作、无人值守、智能监控。
污染防治	发酵产物符合《农用污泥污染物控制标准》(GB

效果和达标情况	4284-2018)、《城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质》(GB 23486-2009)标准。 发酵产物含水率 $\leq 40\%$ ；类大肠菌群值： $\geq 0.01$ ；蛔虫卵死亡率 $\geq 95\%$ ；发芽指数 $\geq 70\%$ 。
二次污染治理情况	废渣：本项目无废渣产生。 废气：该产品通过工艺设备的集成整合，全部动力选用电力驱动，无燃油二次排放污染。 设备全密闭、负压，无臭气外泄。净化系统采用两级化学洗涤+一体化生物滤池除臭技术去除好氧发酵过程中产生的氨气、硫化氢等恶臭气体，尾气满足《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)排放标准。 废水：废水排入厂区配套污水设施。
投资费用	3000 万元。
运行费用	运行成本 126 元/吨（含水率 80%），主要包括有机辅料成本 72 元/吨，电耗 40 元/吨，人员工资 5 元/吨，设备维修 2.4 元/吨。
能源、资源节约和综合利用情况	经过本技术及装备处理，实现了污泥等垃圾的减量化、无害化、稳定化和资源化，每年可产出 1.46 万吨有机发酵产物，可替代化肥的生产和使用。 设备全密闭结构，减少了引风除臭的风量，引风能耗降低 70%。 采用组合式曝气板，与传统槽式发酵曝气能效相比，降低曝气能耗 50%。

---

### 3. 城镇有机废弃物生物强化腐殖化技术

技术依托单位：中国环境科学研究院、北京嘉博文生物科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：餐厨垃圾等有机废弃物处理及利用。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

利用微生物分解有机物放热及外源加热方式使有机废弃物物料达到 70℃ 以上并维持 12h。其中，物料温度为 35℃ -45℃ 时接种抗酸化复合微生物菌剂（乳酸菌、芽孢杆菌等），达到高温期（>55℃）时接种康氏木霉、白腐菌等，高温后期接种纤维素降解菌。处理过程中动态返混富含有益微生物的发酵物料，实现接种菌剂与土著微生物协同共生，同时醌基物质不断富集，加速小分子物质的定向腐殖化，产品可用于土壤改良。

#### 二、主要技术指标

有机废弃物中有机质资源化率可达 95% 以上。

#### 三、技术特点

定向腐殖化，养分利用率高，转化速度快，有机质利用率高。

#### 四、技术推广应用情况

2015 年 12 月 15 号，成都市中心城区餐厨垃圾处理项目



（一期）完成商业运行验收，日处理餐厨垃圾 200 吨，生产的高品质腐殖酸肥在四川蒲江耕地质量提升项目得到大规模高值化还田改土利用，3 年使土壤有机质平均提升 23.6%，促使浦江猕猴桃有机种植品牌价值提升近 10 倍，并获得第四届“保尔森可持续发展城市奖”。

2017 年，郫阳“水土共治”环水有机农业项目开展实施，建设了年产五万吨腐殖酸肥工程，年处理十万吨有机固体废物，实现郫阳区全域有机废物腐殖化循环利用；建立大数据测土-精准配肥技术体系，2017-2018 年累计完成十万亩耕地涵养，实现年有机质提升 0.2%。

### 五、实际应用案例

案例名称	成都市中心城区餐厨垃圾处理项目（一期）
业主单位	四川嘉博文生物科技有限公司
工程地址	成都市双流区西航港江安村 6 组 88 号
工程规模	项目建设内容主要包括预处理车间、生化处理车间，以及污水处理站、供电、给排水系统、办公综合楼、门卫室等辅助工程，也包括废气处理、废水处理、固废暂存间及绿化等环保工程，总建筑面积约 9400m <sup>2</sup> 。日处理餐厨垃圾 200t。
项目投运时间	2015 年 12 月 15 日完成商业运行验收投运。
验收情况	已通过成都市环保局组织的环保验收及成都市城市管理委员会组织的商业运行验收。

工艺流程	将餐厨废弃物和复合微生物菌种、水分调整材料混合均匀，在有机垃圾生化处理机内 60-80℃ 条件下好氧发酵 8-10h 后生成腐植酸含量≥50%、有机质含量 75%-85% 的生物腐植酸产品。
主要工艺运行和控制参数	餐厨废弃物处理量 200t/天，水分调整材料稻壳粉，发酵温度 60-80℃，发酵时间 8-10h，无害化处理率 100%，资源转化率 95% 以上。
关键设备及设备参数	BGB-SCZ-3000 型有机废弃物生化处理机，配置 40 台。设备参数：单台处理量 3000 kg/（台·班），每次最大投放量≤3500kg，总功率 21.59kW，天然气耗气量 19-22m <sup>3</sup> /（h·台），设备外形尺寸 5300mm×3225mm×3980mm，设备重量 16500kg。
污染防治效果和达标情况	餐厨废弃物经高温好氧发酵转化生成生物腐植酸产品，有机质全回收，无害化处理率达 100%，资源转化率达到 95% 以上。资源化利用的产品标准为《土壤调理剂》（Q/76227304-8.01-2016）。
二次污染治理情况	二次污染物为臭气，主要控制措施如下：燃烧除臭系统是生化处理系统的主要组成部分，由除臭器、炉膛、循环热风道、蒸汽道、燃烧器以及循环风机等组成。燃烧器将天然气或轻质柴油气化后喷入除臭器和炉膛点燃，通过循环风机，炉膛的热焰与补氧阀的冷空气混合后进入搅拌室，使被搅拌的物料发酵、干燥。物料发酵分解的臭气和水蒸气通过除臭器，经高温处理后，由排气风机经管道送到余热利用系统，对槽底加温，再经消声器后排出机外。臭气浓度全部达标排放。
投资费用	总投资 10943 万元，其中土建工程 4014 万元，设备投资 3811 万元，工程建设其他费用 3118 万元。
运行费用	外购原材料 2523.25 万元/年，外购燃料及动力费 1620.98 万元/年，工资及福利 218.76 万元/年，维修费 212.62 万元，年运行费用 5074.54 万元（含年折旧 551.06 万元）。

---

能源、资源 节约和综 合利用情 况	每年为成都中心城区消纳餐厨废弃物 6.6 万 t，基本解决 200 万城市人口的餐厨废弃物处理问题，年直接减排 CO <sub>2</sub> 约 7 万 t，年产生物腐殖酸 4 万 t。
----------------------------	--

---

#### 4. 餐厨垃圾资源化利用、无害化处理工艺技术

技术依托单位：宁波开诚生态技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：100t/d 以上的餐厨垃圾处理。

主要技术指标和参数：

##### 一、工艺路线及参数

采用“预处理+厌氧”为主的工艺路线。其中餐厨垃圾预处理采用“物料接收+大物质分拣+精分制浆+除砂除杂+油水分离”为主的工艺路线；餐厨废弃油脂预处理采用“物料接收+除杂+加热+离心提油”为主的工艺路线；厌氧发酵采用中温湿式厌氧发酵工艺。

##### 二、主要技术指标

分选除杂制浆设备：大物质分拣及精分制浆机除杂率 $\geq 95\%$ ，同时制成 $\leq 8\text{mm}$ 的浆料，有机物损失率 $\leq 10\%$ 。除砂除杂设备：除砂去除率 $\geq 95\%$ ，除轻飘物去除率 $\geq 95\%$ ，有机物损失率 $\leq 10\%$ 。提油设备：分离得到的油脂含油率 $\geq 97\%$ ，水中含油率 $\leq 0.5\%$ 。厌氧罐具有除砂、破壳功能，产沼气率高，每天产沼气 36000-40000Nm<sup>3</sup>（吨原生垃圾产沼气 90-100Nm<sup>3</sup>）。

##### 三、技术特点

预处理工艺采用以“物料接收+大物质分拣+精分制浆+除砂除杂+油水分离”为主的精细分拣工艺路线，其优势及创

新性如下：

杂物分选过程：采用大物质分拣及精分两级分选除杂工序，保证了物料在制成浆料前，最大化的将杂物分选出去，避免了后续工艺设备，尤其是提油设备的磨损和堵塞，核心设备大物质分拣及精分为公司自主研发设备，获有国家专利，已稳定运行 10 多年，得到了业界的认可，已在国内近 50 个项目上得到了应用。

除砂除杂过程：通过除砂和除轻飘物工序，保证了物料中砂石等硬质杂物和轻薄纤维等轻质杂物有效去除，避免后续厌氧发酵底部砂砾沉积和顶部结壳现象，保证后续系统的稳定运行，其中核心设备除杂分离机为公司自主研发设备，获有国家专利，已在国内众多项目上得到应用，运行稳定，可靠。

油水分离过程：采用“卧离+碟离”的两级提油工艺，保证了油脂的品质，同时相较于国内一级提油工艺，能耗低，可连续稳定运行，同时可得到含油率 $\geq 97\%$ 的工业粗油脂。

#### 四、技术推广应用情况

该技术从 2010 年起在重庆、临沂、呼和浩特等多个项目进行了应用，最大设计规模达 1000 吨/天。

#### 五、实际应用案例

案例名称	宁波市餐厨垃圾处理厂迁建工程
业主单位	宁波开诚餐厨废弃物处理有限公司

工程地址	宁波市鄞州区洞桥镇宣裴村裴岙
工程规模	餐厨垃圾处理：400 吨/天(总规模 600t/d)，废弃食用油脂日处理：40 吨/天
项目投运时间	2018 年 6 月 21 日
验收情况	已验收
工艺流程	<p>餐饮垃圾进厂先经过自控系监控地磅，经称重、刷卡、记录后进入卸料大厅，餐饮垃圾被倒入指定的接料装置的接料斗中。接料装置设置在封闭式房间，房间内需配有快速卷帘门，可根据作业情况启闭，以防止废（臭）气扩散，顶部装有排气管口，与除臭系统管道衔接，做负压集中除臭处理；物料通过底部的带沥水功能的输送机输送至大物质分拣机，传输过程中沥出的游离液体存储至 1#沥液池。池内浆液由输送泵输送至精分制浆单元处理。</p> <p>经接料装置沥水后输出的固态物料通过大物质分拣和精分制浆两级分选除杂工艺处理后得到<math>\leq 8\text{mm}</math> 有机浆液，有机浆液经除砂除杂装置去除浆液中杂质砂粒等重物质以及细碎纤维等轻飘物，除砂除杂后的浆液进入中间池储存并用作油水分离系统的原料进入油水分离系统。油水分离采用“卧离+立离”两级离心提油工艺方式，得到水相、渣相及粗油脂，水渣相去后端厌氧发酵，粗油脂暂存外售。</p> <p>厌氧发酵采用湿式中温 CSTR 厌氧发酵形式，餐厨垃圾经预处理后的有机浆液进入厌氧发酵系统产沼，产生的沼气部分锅炉利用，部分外售，二期计划上沼气发电上网，产生的沼渣沼液经离心脱水处理后得到含水率 80% 的沼渣外运处置，得到的沼液进入污水处理系统。</p>
主要工艺运行和控	采用“预处理+厌氧”为主的工艺路线。其中餐厨垃圾预处理采用“物料接收+大物质分拣+精分制浆+除砂除杂+油水分离”为主的工艺路线；餐厨废弃油脂预处理采用“物

制参数	料接收+除杂+加热+离心提油”为主的工艺路线；厌氧发酵采用中温湿式厌氧发酵工艺。
关键设备及设备参数	<p>关键设备包括:大物质分拣机、精分制浆机、除杂分离机、三相离心机、厌氧罐等。设备指标:</p> <p>1、分选除杂制浆设备:大物质分拣及精分制浆机除杂率<math>\geq 95\%</math>,同时制成<math>\leq 8\text{mm}</math>的浆料,有机物损失率<math>\leq 10\%</math>。</p> <p>2、除砂除杂设备:除砂去除率<math>\geq 95\%</math>,除轻飘物去除率<math>\geq 95\%</math>,有机物损失率<math>\leq 10\%</math>。</p> <p>3、提油设备:分离得到的油脂含油率<math>\geq 97\%</math>,水中含油率<math>\leq 0.5\%</math>。</p> <p>4、厌氧罐具有除砂、破壳功能,产沼气率高,每天产沼气 36000-40000Nm<sup>3</sup>(吨原生垃圾产沼气 90-100Nm<sup>3</sup>)。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>建设餐厨垃圾处理厂,通过资源化途径,实现餐厨垃圾无害化、资源化处理,从而构建一个环境友好的综合性处理基地,长久地提供餐厨垃圾处理服务,解决宁波市城区餐厨垃圾污染问题。</p> <p>臭气排放满足《恶臭污染物排放标准》一级标准;</p> <p>废水管道输送至对外首创处理厂处理;</p> <p>锅炉燃烧废气有组织排放的二氧化硫、氮氧化物排放深度均达到《锅炉大气污染物排放标准》表 2 要求。</p>
二次污染治理情况	无
投资费用	一期投资费用 2.2 亿。
运行费用	运行成本 200 元/吨(含税),含污水处理费用,垃圾焚烧费用。
能源、资源节约和综合利用情况	<p>餐厨垃圾通过处理,得到含油率<math>\geq 97\%</math>的工业粗油脂以及清洁能源沼气,沼气外售及自用,实现能源循环利用。</p> <p>1、油脂:含油率<math>\geq 97\%</math>,产油率 2-3%(与原料的含油率有关),油脂外售。</p> <p>2、沼气:甲烷含量<math>\geq 60\%</math>,产量 36000-40000Nm<sup>3</sup>,沼气部分自用,部分外售,计划二期上发电。</p>

---

## 5. 有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理技术及装备

技术依托单位：北京中源创能工程技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：餐厨、厨余垃圾、园林绿化垃圾、农业废弃物等混合有机垃圾的好氧发酵堆肥处理，农村区域（日处理规模小于 5 吨）与中小县镇（日处理规模 5-50 吨）。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

有机垃圾包括餐厨垃圾、厨余垃圾、果蔬垃圾、园林废弃物等，其中高硬度园林废弃物首先经过粉碎机粉碎，之后与其他有机垃圾一样通过自动提升系统进入卸料/分拣平台，将其中少数塑料、金属等不可发酵其他垃圾分拣去除送往垃圾中转站，剩余全部有机垃圾进入预处理系统。

在预处理系统中，有机垃圾经过双轴式破碎装置的连续超细破碎，破碎后颗粒尺寸 90% 以上达 1-3cm，实现有机垃圾物料粒径均匀；破碎后物料由输送机送至挤压脱水装置，经螺旋变径挤压深度脱水，实现固液分离，产物含水率 70% 以下，物料体积减少 40%。其中液体进入隔油池、化粪池等现有污水处理设施，或外运处理，或通过配套集成化污水处理设施处理达标排放；固体由输送机送至高温好氧发酵仓。

在高温好氧发酵仓内，仅需投加一次具有自主知识产权



---

的高效复合型微生物菌剂，基于连续进出料的多仓强化推流过程和菌渣分离，结合发酵仓内温度、湿度和供氧的智能控制，新鲜进料与高效成熟菌体充分接触，反应充分利用不同区域内的优势微生物种群，使有机垃圾发酵充分，发酵产物直接输送至出料装置。

发酵仓连接生物除臭装置，去除发酵过程中产生的臭气。

## 二、主要技术指标

预处理设备粉碎物料 90% 以上粒径达 1-3cm；预处理设备固液分离后物料含水率低于 70%；发酵仓内发酵温度 55-65℃；单套设备总体减量化率不低于 90%。

## 三、技术特点

集成连续超细破碎、螺旋变径挤压深度脱水、机械强化高温好氧发酵等关键技术，实现有机垃圾的源头减量和资源化利用。

## 四、技术推广应用情况

2014-2017 年，江阴市下属镇街有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理项目全部验收，总处理规模 157t/d。

2018 年，玉环市干江镇有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理项目验收运行，处理规模 5t/d。

2018 年，德清县有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理项目验收运行，处理总规模达 44.4t/d。

## 五、实际应用案例

案例名称	江阴市公用事业管理局江阴市下属镇街有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理（157t/d）
业主单位	江阴市公用事业管理局
工程地址	江阴市下属 14 个镇街和 3 个试点
工程规模	157t/d（包括 20 t/d ×1，16 t/d ×2，12t/d ×4，8t/d ×4，6 t/d ×4，0.5 t/d ×2）
项目投运时间	2014 年
验收情况	验收单位：江阴市公用事业管理局 验收时间：2014-2017 年 验收结论：项目一直保持正常运行，运行状况良好，完全满足垃圾处理需求。供应商提供的设备性能安全可靠，处理技术先进，售后服务质量优秀。
工艺流程	<p>来自项目点产生的厨余垃圾、餐厨垃圾、果蔬垃圾等有机垃圾经分类投入专用可降解垃圾收集桶内，由运输员统一运输至有机垃圾处理站内。通过自动上料系统，物料进入破碎系统，大块物料被破碎后更加有利于微生物反应与产物肥料性质的提高，破碎后的垃圾进入脱水模块，液体进入隔油池隔油处理后，输送至配套污水处理设施，固体进入后续发酵系统。经脱水处理后的有机垃圾水分脱除 50% 以上，固体物料含水率达到 70% 以下，前期减容率约 40%。同时，以溶解形态存在于有机垃圾中的盐分、油脂进入水相。</p> <p>脱水产生的固体物质，富含有机质的混合物料在微生物的作用下，降解为小分子的、容易被作物吸收利用的肥料，发酵时间约 5-8 天。设备产出物即最终产物，一次完全发酵、产出物符合农业部《有机肥料》NY525-2012 的要求。外观颜色为褐色或灰褐色，粒状或粉状，均匀，无恶臭，无机械杂质。可作为土壤调理剂和粗制有机肥使用，如经由肥料深入加工后可制成复混肥微生物菌肥</p>

	等多种商业有机肥销售或使用。最终产品为可以调节作物土壤“生态微环境”的“生物有机肥”，具有极高的经济价值。发酵段产生的废气经排气孔进入生物除臭系统排出。
主要工艺运行和控制参数	发酵仓辅热单元温度上限不低于 90℃；发酵仓内温度 55℃-65℃；加热系统为恒温加热；每处理 1kg 物料的耗电量小于 0.1kWh。
关键设备及设备参数	预处理设备粉碎物料 90% 以上粒径达 1-3cm；预处理设备深度脱水后物料含水率低于 70%；单元发酵仓内物料堆积容积不低于发酵仓总容积的 70%；单套设备废弃物利用率超过 99%，总体减量化率不低于 90%。
污染防治效果和达标情况	1、生活垃圾好氧发酵就地就近处置所产生废气符合《大气污染物综合排放标准》（HJ533-2009）有组织排放标准值、《恶臭污染物排放标准》（GB14554）恶臭污染物排放标准值；噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）标准要求，设备正常运行时，厂区噪音≤75dB（A）； 2、生活垃圾源头减量化率 90% 以上； 3、生活垃圾资源化利用率 100%； 4、生活垃圾发酵肥料达到农业部《有机肥料》NY525-2012 标准。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	1、14 台有机垃圾机械强化高温好氧发酵小型化协同处理设备总投资费用 4302 万元； 2、基础配套设施及临时用房总投资费用 876 万元。
运行费用	人工、动力、辅料、药剂等运行费用（包括设施、设备等维修费用），共计 180 元/吨。
能源、资源节约和综	1、分散处理模式大大减少了收运过程中的能量消耗和碳排放。 2、自主研发可实现智能控制的液压推杆控制压盘，保证

合利用情况	<p>脱水后物料含水率达到 70% 以下，有效降低反应能耗 60%，辅料节约 100%。</p> <p>3、投加具有自主知识产权的有机垃圾发酵高效复合型微生物菌剂，其性能完全取代并超越进口菌种，且只需一次投加，实现了多世代菌剂的循环利用，降低设备运行成本。推广项目菌种免费提供，使用成本降低至接近于零。</p> <p>4、通过技术创新、筛选优势菌种等手段实现节能减排，每处理一吨有机垃圾节能约 0.05 吨标准煤，减排 0.11 吨二氧化碳，节约运输费用约 80 元/吨。</p> <p>5、发酵产出肥料产品，符合农业部《有机肥料》NY525-2012 标准，有机肥料销售产生一定收益。</p>
-------	---

---

## 6. 循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电技术

技术依托单位：福建华电永安发电有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、福建省环境保护设计院有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：循环流化床锅炉协同处置具有一定热值的一般固体废物（危险废物除外），如鞋服边角料、城市污泥、园林绿化垃圾、农林废弃物、河道漂浮物、生活垃圾衍生燃料、大件家具垃圾等。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

技术工艺路线一：利用技术依托单位的专利技术将固体废物经破碎等预处理后用输送带和压力风相结合的输送方式将固体废物送入锅炉燃烧。

技术工艺路线二：固体废物经破碎、挤压成型等预处理后制成成型燃料，再通过输煤系统送入锅炉燃烧。

工艺过程：经前端预处理破碎后的一般固体废物运至厂区后，通过叉车接卸送入料仓，然后通过进料链板输送至破碎机，经过破碎后的固废通过除铁器除去金属物质，而后通过输送皮带进入缓冲仓，最后通过布置在缓冲仓下部的发送器及管道输送至锅炉进行燃烧利用，在循环流化床锅炉燃烧后的烟气依托机组烟气净化系统（炉内喷钙+SNCR 脱硝+静

电除尘+半干法脱硫+袋式除尘)实现超低排放。装设破碎系统和气力输送系统各2套,破碎系统设计出力 $2\times 12\text{t/h}$ ,气力输送系统设计出力 $2\times 12\text{t/h}$ 。

## 二、主要技术指标

序号	项 目	数 据
1	破碎系统设计出力	24t/h
2	输送系统设计出力	24t/h
2.1	输送最远距离	80m
2.2	输送管道管径	DN350
2.3	计算输送风量	$135\text{Nm}^3/\text{min}$
2.4	计算输送风压	78kPa

## 三、技术特点

集成生物质及固废混燃机理、生物质及固废破碎、分选、计量、气力输送、流化床剧烈混燃以及烟气超低排放、灰渣综合利用等关键技术,实现固废的减量化、资源化和无害化。

## 四、技术推广应用情况

2018年,福建华电永安发电有限公司300MW循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电关键技术研发与工程应用项目达产运行,日处理城市固废400吨、生物质200吨、城市污泥200吨、生活垃圾衍生燃料(RDF)50吨。

2019年,华电(漳平)能源有限公司300MW循环流化床锅炉掺烧工业固废项目立项,日处理城市固废400吨、生物

质 200 吨。

## 五、实际应用案例

案例名称	300MW 循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电关键技术研发与工程应用
业主单位	福建华电永安发电有限公司
工程地址	福建省永安市尼葛工业园北区 2008 号
工程规模	日处理城市固废 400 吨、生物质 200 吨、城市污泥 200 吨、生活垃圾衍生燃料（RDF）50 吨
项目投运时间	项目分二期建设，项目一期于 2017 年 5 月投产，二期于 2017 年 12 月建成并于 2018 年 3 月份完成调试投入运行
验收情况	<p>工程验收情况：工程建设项目分别于 2017 年 5 月和 2018 年 10 月完成一、二期工程竣工验收。</p> <p>环保验收情况：</p> <p>2017 年 8 月委托厦门市华测检测技术有限公司完成一期工程竣工环境保护验收监测，各项环保排放指标及环保控制措施均符合环评批复要求。</p> <p>2017 年 9 月取得永安市环境保护局同意实施项目二期工程批复函。</p> <p>2017 年 10 月委托厦门市华测检测技术有限公司完成二期工程阶段性环保设施验收监测，各项环保排放指标及环保控制措施均符合环评批复要求。</p> <p>2019 年 6 月委托厦门市华测检测技术有限公司完成项目竣工环境保护验收监测，各项环保排放指标及环保控制措施均符合环评批复要求。</p> <p>2019 年 7 月福建华电永安发电有限公司组织项目竣工环境保护验收会。验收结论：建设项目执行了“三同时”环保制度，落实了环评及批复要求的相应环保治理措施，环保设施运行正常，污染物实现了达标排放，无《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第八条规定的九种不得提出验收合格意见的情形，符合项目竣工环境保护验</p>

	收条件，验收组同意该项目通过环境保护竣工验收。
工艺流程	<p>工艺过程：经前端预处理破碎后的一般固体废物运至厂区后，通过叉车接卸送入料仓，然后通过进料链板输送至破碎机，经过破碎后的固废通过除铁器除去金属物质，而后通过输送皮带进入缓冲仓，最后通过布置在缓冲仓下部的发送器及管道输送至锅炉进行燃烧利用，在循环流化床锅炉燃烧后的烟气依托机组现有烟气净化系统（炉内喷钙+SNCR 脱硝+静电除尘+半干法脱硫+袋式除尘）实现超低排放。</p> <p>运行控制方式采用操作站集中控制，实现系统输送所有工艺设备模拟量控制功能、顺序控制功能、保护联锁功能、现场电气设备的运行状态和事故报警等功能控制。上位 PLC 控制柜与锅炉集控 DCS 进行通讯，向锅炉集控 DCS 传送数据，并接受来自集控 DCS 的保护信号，同时就地设置视频监控，监视整个系统运行情况，称重信号传至 PLC 与集控 DCS，运行人员根据工况及就地情况来调整掺烧量。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>破碎系统设计出力：24t/h；</p> <p>输送系统设计出力：24t/h；</p> <p>输送最远距离：80m；</p> <p>输送管道管径：DN350；</p> <p>计算输送风量：135Nm<sup>3</sup>/min；</p> <p>计算输送风压：78kPa。</p>



<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p>双轴撕碎机：DSS40160 138kW，15/16 r/min；  双轴撕碎机：TD1216，160kW，15/16 r/min；  悬挂式电磁除铁器：RCDD-14G3，励磁功率≤8.8kW；  链板输送机：12 t/h，11kW；  罗茨风机：BKW10027，200kW，78kPa，104.2Nm<sup>3</sup>/min；  罗茨风机：SR32L-4，280kW，78kPa，135Nm<sup>3</sup>/min；  除尘器：MDC-156 ≥14000 m<sup>3</sup>/h；  发送器：FSQ 800，12 t/h；  皮带输送机：B=1200，45kW，2m/s。</p>
<p>污染防治 效果和达 标情况</p>	<p>1、烟气中各项污染物（包括二噁英）的排放浓度均能满足《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020 年）》（发改能源〔2014〕2093 号）的要求和《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）表 1 标准、《生活垃圾焚烧污染物控制标准》（GB 18485-2014）表 4 标准、《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）表 2 限值要求。</p> <p>2、无组织颗粒物最大浓度为 0.21mg/m<sup>3</sup>，符合《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 无组织排放监控浓度限值，氨的最大浓度为 0.615g/m<sup>3</sup>，硫化氢的最大浓度为 0.002mg/m<sup>3</sup>，臭气浓度最大值为 11，符合《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）表 1 二级新扩改标准。</p> <p>3、项目厂界噪声昼间最大值为 63dB(A)，夜间噪声最大值为 54dB(A)，符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准限值要求，昼间≤65dB(A)，夜间≤55dB(A)。</p> <p>4、根据监测结果计算，烟气中颗粒物的排放总量为 22.275 吨/年，二氧化硫的排放总量为 49.5 吨/年，氮氧化物的排放总量为 184.25 吨/年，氯化氢的排放总量为 1.1 吨/年，汞的排放总量为 0.000022 吨/年，铅的排放总量为 0.0195 吨/年，二噁英的排放总量为 4.06mgTEQ/a，符合环评及批复的要求。</p>
<p>二次污染 治理情况</p>	<p>一般固体废物在循环流化床锅炉燃烧的产物依托机组现有烟气净化系统，保证了烟尘、二氧化硫、氮氧化物等</p>

	<p>燃煤发电机组特征污染物的超低排放，固体废物燃烧的特征污染物在燃烧过程被有效抑制，并在烟气净化系统中被进一步脱除，具体情况如下：</p> <p>二噁英：锅炉实际燃烧温度达 920℃以上，烟气在炉膛内停留时间 4-5 秒，满足《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）要求的“炉膛内焚烧温度≥850℃，炉膛内烟气停留时间≥2 秒”，锅炉尾部烟温从 750℃下降至 285℃仅用时 2.03 秒，急冷过程有效防止二噁英在 300~500℃时的再合成，其燃烧特性对二噁英具有显著的抑制作用，炉内喷钙及炉后半干法脱硫工艺对烟气中的二噁英具有很好的脱除效果，使得二噁英的排放指标（0.00079 ngTEQ/m<sup>3</sup>）远低于《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）规定的允许值（0.1 ngTEQ/m<sup>3</sup>）。</p> <p>重金属：新型布袋除尘器对重金属具有很好的脱除效果，烟气中重金属排放指标基本为零，由于一般固体废物的重金属含量并不高，飞灰中重金属含量也远低于允许值。</p>
投资费用	项目总投资费用 4414.13 万元，包括设备购置及安装费、工程基础设施建设费等。
运行费用	项目运行总费用 1325.21 万元/年，包括设备设施折旧费、人工费、维修费、电费、管理等。
能源、资源节约和综合利用情况	<p>1、按循环经济计算口径，1 年掺烧一般固体废物 12 万吨，可节约用能量折合标准煤 8.55 万吨，减排二氧化碳 23.7 万吨、二氧化硫 726.8 吨、氮氧化物 632.7 吨、灰渣 3.35 万吨。</p> <p>2、项目每年按相应减排燃煤所减少的 SO<sub>2</sub> 量计算可节约脱硫费用约 29.81 万元，减少温室效应气体 CO<sub>2</sub> 量可增加碳排放交易收入约 396.5 万元，具有良好的环境效益。</p> <p>3、项目综合经济效益约 2426 万元/年（不含政策效益），直接经济净效益约 2000 万元/年。</p>

---

## 7. 有机废弃物干式厌氧发酵技术及装备

技术依托单位：北京中持绿色能源环境技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：畜禽粪便、农作物秸秆、城镇生活垃圾、餐厨垃圾、市政污泥等有机固体废弃物。

### 一、工艺路线及参数

**工艺路线：**本工艺主要工艺流程如下：有机废弃物经混料仓暂存、混匀后，送入卧式干式厌氧反应器进行厌氧发酵过程。反应器中物料经长轴推流式搅拌器，实现推进、匀化、传质、传热等功能。发酵产出气体进入顶部气柜暂存后净化、利用；发酵残渣由柱塞泵进入固液分离系统，其中沼液经处理后可用于农作物灌溉，沼渣可继续加工为有机肥料，也可经脱水后作为营养土基质。沼气净化脱硫后沼气发电或者沼气提纯精制生物天然气使用。

**主要工艺、技术参数：**物料进料含固率：15-35%；进料有机物降解率：50-75%；容积负荷：4-5kg VS/ (m<sup>3</sup> d)；容积产气率：2-6m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>；容杂率：>10%；厌氧发酵罐停留时间：15-30d；运行温度：中温或高温。

### 二、主要技术指标

主体设备寿命：30年

直接运行费用：91元/t物料（其中电费45元/t物料；人工费25元/t物料；药剂费20元/t物料；水费1元/t物料）。

---

### 三、技术特点

进料有机物降解率：50-75%；沼渣好氧腐熟后制备有机肥，产品满足《有机肥料》（NY 525-2012）中的相关要求；沼气提纯净化后发电或者精制生物天然气，采用沼气发电时能量回收率达到 83%-85%；沼气精制生物天然气，满足《车用压缩天然气》（GB 18047-2000）和《城镇燃气技术规范》（GB 50494-2009）中的相关要求；臭气经处理后符合《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）。

### 四、技术推广应用情况

通过先进的 DANAS 有机废弃物干式厌氧发酵技术，可将有机废弃物转化加工为高品质功能肥料，并回收生物质能，建立良性城乡物质循环，重构城乡区域环境、农业和能源要素。自 2017 年该技术研发成功，形成系类产品 DA-3100、DA-1600，DA-3100 顺利应用于山东肥城市畜禽污染治理与综合利用项目后，DA-1600 在河南睢县顺利得到了应用。

1、山东肥城市畜禽污染治理与综合利用项目，项目设计规模为每天处理 150 吨/天粪便、秸秆、果蔬垃圾等农业废弃物，日产天然气 5000m<sup>3</sup>，年产有机肥 10000 吨的猪粪、秸秆等有机废弃物干式厌氧发酵工程。

2、睢县第三污水处理厂有机质处理中心项目，项目总设计规模为 100t/d（含水率 80%）的市政污泥和畜禽粪便，一期设计规模为 50t/d（含水率 80%），采用干式厌氧发酵技

术。

## 五、实际应用案例

案例名称	山东肥城市畜禽污染物治理与综合利用项目
业主单位	肥城十方生物能源有限公司
工程地址	山东省泰安市肥城市桃园镇东里一村以南、安桃路以北
工程规模	每天处理 150 吨/天粪便、秸秆、果蔬垃圾等农业废弃物
项目投运时间	2018 年 1 月至今
验收情况	已验收
工艺流程	<p>玉米秸秆收集运输到厂后，经过二次粉碎，进入秸秆料仓；果蔬垃圾收集运输到厂内，经过破碎后进入果蔬垃圾料仓；畜禽粪便收集运送到厂后，进入粪便料仓，秸秆与果蔬垃圾破碎后的物料输送至粪便料仓进行三种物料的混合，之后通过螺旋输送入 <b>DANAS</b> 干式厌氧反应器。物料在反应器中调配含水率，通过沼液回流调至含水率 80%。发酵产生的沼气送入沼气储柜，一部分由沼气锅炉燃烧转化为热能，给 <b>DANAS</b> 干式厌氧系统提供热源；另一部提纯后制成生物天然气销售。厌氧后的消化液经过固液分离机，沼渣进行好氧发酵，加工成生物有机肥。沼液部分回流至干式厌氧反应器，用于调配反应器中物料的含水率，回流沼液量不能满足含水率要求时，可增补系统外污水或其他回用水；多余部分沼液通过板框脱水机进一步深度脱水后通过 <b>UASB</b> 反应器处理，之后排入沼液储池储存，供种植时做液肥使用。</p>

<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>进厌氧发酵罐物料总量：150t/d；  进厌氧消化系统含水率：80%；  可降解有机物量：13t/d；  厌氧消化系统有机物降解率：60%；  厌氧发酵罐停留时间：26天；  厌氧发酵罐反应温度：高温运行，厌氧反应温度控制在49℃范围内，温度波动控制在正负0.5℃；  厌氧消化系统容积负荷：设计容积负荷为4.6kgVS/m<sup>3</sup>.d；  产沼气量：10000m<sup>3</sup>/d；  甲烷含量：55-60%；  天然气产量：5000Nm<sup>3</sup>/d；  有机肥产量：30t/d；  除臭：满足《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）厂界标准值中的二级新扩改建项目标准。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>高干厌氧反应器采用卧式长方体钢架结构，底部为半圆槽型。设置2座厌氧反应器，每一座反应器设置1台搅拌器，搅拌器采用一体式长轴搅拌器，搅拌轴与物料流向平行。充分厌氧后的消化液经出料螺旋压入柱塞泵进料箱，由柱塞泵泵送至脱水系统。  反应器长度35米，宽度10米，高度10米，总容积3100方，材质为全钢结构，是目前国内自主研发产品中单个容积最大的。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>年处理畜禽粪污5.5万吨，通过干式厌氧发酵技术，绝干重减量25-35%，经后续深度脱水及滚筒好氧发酵及有机肥深加工，总量减量70%-75%。含水率由80%降至30%以下，每年产生有机肥7300吨，满足《有机肥料》（NY 525-2012）中有机肥料产品标准。</p>
<p>二次污染治理情况</p>	<p>臭气经处理后符合《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）厂界标准值中的二级标准。  噪声符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008），噪声排放的三级标准。  水、渣：没有外排，实现零排放。</p>

投资费用	总投资 8540.5 万，其中设备投资 5400 万。
运行费用	直接运行费用：91 元/t 物料（其中电费 45 元/t 物料；人工费 25 元/t 物料；药剂费 20 元/t 物料；水费 1 元/t 物料）
能源、资源节约和综合利用情况	前本工程每天可产生 12000m <sup>3</sup> 沼气，其中 8% 左右的沼气用于锅炉，产生的热水供厂区采暖和反应本身物料加热；余下的沼气净化提纯精制生物天然气，年产生生物天然气 183 万 Nm <sup>3</sup> /年，产气气满足《车用压缩天然气》（GB18047-2000）和《城镇燃气技术规范》（GB 50494-2009）的标准要求。

## 8. 有机垃圾（餐厨垃圾、绿化垃圾、城市污泥、粪渣污泥等）

### 小型化协同处理技术及装备

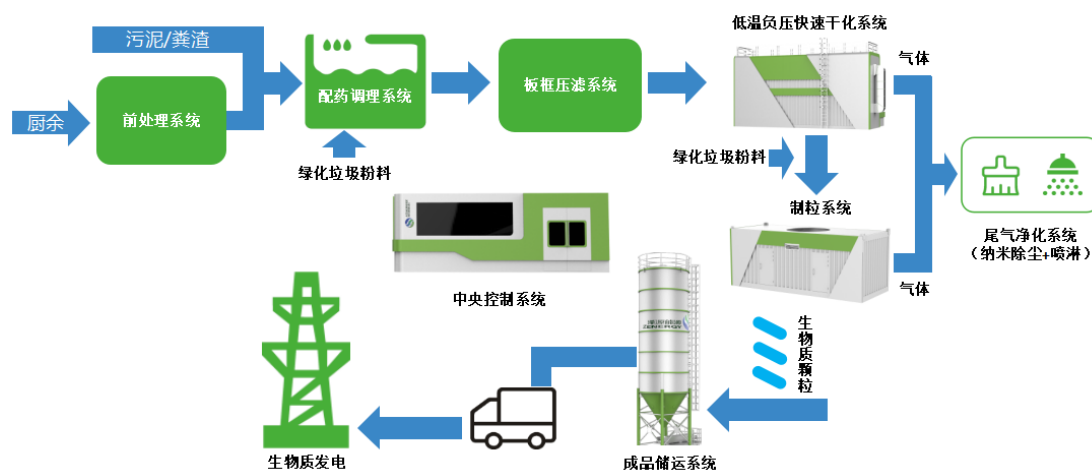
技术依托单位：深圳市泽源能源股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市污泥、一般工业固废污泥、餐厨湿垃圾、粪渣、园林绿化垃圾（树枝树叶）等。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数



将城市污泥、经前处理系统的厨余湿垃圾磨浆液、粪渣（一种或者混合处理皆可）经输送泵输送进入处理系统的调理池内，同时按量先后投加园林绿化垃圾粉料与以及高分子有机絮凝剂和无机混凝剂，并进行搅拌，达到改善处理对象的脱水性能，提高热值，并降低臭味的效果。

利用进料泵把调理后的物料打进专用高压压滤机进行脱水，脱水后物料含水率降低到 60% 以下。



---

脱水后物料通过螺旋输送机进入低温负压快速干燥系统，经干燥后物料含水率降低到 20% 以下。

干燥后的污泥进入造粒机组造粒，最终产出新型的城市有机固废环保燃料，可以直接作为代替生物质、煤等燃料进入锅炉燃烧发电。

系统产生的滤液、清洗污水和洗涤塔洗涤废气后产生的废水进入污水处理厂处理后，达标排放。

干燥尾气和造粒尾气经纳米除尘器除尘后，进入洗涤塔洗涤除湿，大部份尾气经过热泵组除湿加热，重新进入系统循环利用，增量的尾气在洗涤除湿后，经过生物除臭、UV 光解、活性炭吸附三个环节处理后经 15 米排气筒高空排放。

## 二、主要技术指标

厨余湿垃圾前处理系统：以处理能力 3t/h（60t/d）为例，占地：长 9.5m×宽 2.8m×高 4.5m，电耗 45KW，水耗 3.5t/h（污水可循环使用，水质无要求），浆液颗粒度小于 1mm，自动化控制，占地小，可移动，全过程密封，无异味散发，造价低，运行费用省，处理时间短。

园林绿化垃圾前处理系统：以处理能力 2t/h（48t/d）为例，占地：长 12m×宽 3m×高 3m，电耗 85KW，全过程密封，接直把园林绿化垃圾加工成生物质粉料。

调理系统：向待处理物料（污泥、厨余湿垃圾浆料、粪渣等）加入有机高分子絮凝剂和无机混凝剂，并加入生物质

---

粉料协同调理，搅拌均匀，处理能力 100t/d（按含水率 80% 计算，下同），设计功率 7.5-22.5kw。

板框压滤系统：处理能力 100t/d，设计功率 20kw，降低含水率至约 60%。

低温负压快速干化系统：干化温度 60-70℃，负压 3-5KPa，设计功率 160kw，燃天然气 140m<sup>3</sup>/h，发热量 120 万大卡/h，蒸发能力 2 吨水/小时。干化物料的同时破坏微生物生长环境，杀死病原微生物。

制粒系统：能力 1.5-2 吨干料/小时，设计功率 132kw。粉料成型，提高能量密度，改善燃烧特性，减少体积，方便储存与运输。

空气压缩系统：设计风量 3.8m<sup>3</sup>/min，设计功率 22kw。

### 三、技术特点

1、设备集约化、一体化且自动化程度高，低成本，处理效率高，能耗低，杜绝大量臭气产生。

2、就地处理，避免二次污染。产品无臭味，易于长期储存和运输，可作为现有生物质电厂、垃圾焚烧电厂的燃料，市场空间大。

### 四、技术推广应用情况

1、广东省深圳市茅洲河污泥资源化项目——深圳市茅洲河中上游干流截污箱涵末端水质改善工程，规模 150t/d，验收时间 2019 年 11 月，正常运营管理。

2、广东省深圳市南方水务平湖水质净化厂污泥资源化项目，规模 100t/d，验收时间 2019 年 10 月，正常运营管理。

3、江苏省昆山市锦溪污水厂污泥资源化项目，规模 30t/d，验收时间 2017 年 8 月，正常运营管理。

## 五、实际应用案例

案例名称	广东省深圳市龙岗区平湖水质净化厂污泥资源化处理处置设施技改项目
业主单位	深圳市水务局
工程地址	深圳市龙岗区平湖街道山夏河边平湖水质净化厂内
工程规模	日处理含水量 80%的污泥 100 吨
项目投运时间	2019 年 8 月
验收情况	<p>验收单位：深圳市正德环保科技有限公司            验收时间：2019 年 10 月            验收结论：本项目验收监测是在工况稳定，生产达到设计生产能力的 75%以上的情况下进行的，本次验收主要范围为生产情况、废气处理设施，厂界噪声影响情况及其试生产过程的影响。项目方已建成一套废气处理设施，工艺成熟，操作简单可行，运行稳定达标。项目声环境符合 GB12348-2008 的 2 类区标准。本次验收监测委托深圳市鸿瑞检测技术有限公司进行，检测报告格式规范，信息齐全和现场调查结果一致。</p> <p>根据项目验收监测和现场调查结果，该项目基本符合竣工环境保护验收条件，可自行组织验收。</p>
工艺流程	<p>将城市污泥经输送泵输送进入处理系统的调理池内，同时按量先后投加生物物质粉料以及高分子有机絮凝剂和无机混凝剂，并进行搅拌，达到改善处理对象的脱水性能，提高热值，并降低臭味的效果。</p> <p>利用进料泵把调理后的物料打进专用高压压滤机进行脱</p>

	<p>水，脱水后物料含水率降低到 60% 以下。</p> <p>脱水后物料通过螺旋输送机进入低温负压快速干燥系统，经干燥后物料含水率降低到 20% 以下。</p> <p>干燥后的污泥进入造粒机组造粒，最终产出新型的城市有机固废环保燃料，可以直接作为代替生物质、煤等燃料进入锅炉燃烧发电。</p> <p>系统产生的滤液、清洗污水和洗涤塔洗涤废气后产生的废水进入污水处理厂处理后，达标排放。</p> <p>干燥尾气和造粒尾气经纳米除尘器除尘后，进入洗涤塔洗涤除湿，大部份尾气经过热泵组除湿加热，重新进入系统循环利用，增量的尾气在洗涤除湿后，经过生物除臭、UV 光解、活性炭吸附三个环节处理后经 15 米排气筒高空排放。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>含水率 80% 污泥处理量 100t/d，干化温度 60-70℃，负压 3-5KPa，燃天然气 140m<sup>3</sup>/h。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>调理系统：向污泥加入有机高分子絮凝剂和无机混凝剂，并加入生物质粉料协同调理，搅拌均匀，处理能力 100t/d（按含水率 80% 计算，下同），设计功率 7.5-22.5kw。</p> <p>板框压滤系统：处理能力 100t/d，设计功率 20kw，降低含水率至约 60%。</p> <p>低温负压快速干化系统：干化温度 60-70℃，负压 3-5KPa，设计功率 160kw，燃天然气 140m<sup>3</sup>/h，发热量 120 万大卡/h，蒸发能力 2 吨水/小时。干化物料的同时破坏微生物生长环境，杀死病原微生物。</p> <p>制粒系统：能力 1.5-2 吨干料/小时，设计功率 132kw。粉料成型，提高能量密度，改善燃烧特性，减少体积，方便储存与运输。</p> <p>空气压缩系统：设计风量 3.8m<sup>3</sup>/min，设计功率 22kw。</p>
<p>污染防治效果和达</p>	<p>该技术能快速将 80% 含水率的污泥降至含水率约 15%，大量减少污泥占用体积，并将污泥制成热值为 2000-4000Kcal/kg 的生物质颗粒燃料，实现有机垃圾减</p>

标情况	量化、稳定化、无害化和资源化。
二次污染治理情况	<p>废水：生产过程中产生的压滤废水通过污水管道送至平湖水质净化厂进行处理，COD、BOD、总磷及氨氮执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的IV标准，粪大肠菌群数执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 出水标准，TN≤15mg/L、SS≤10mg/L，不会对水环境产生不良影响。</p> <p>废气：项目设有一套纳米过滤器+水喷淋+UV 高效光解净化器，通过排气筒排放，臭气排放可达到《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）二级新、扩、改建设项目标准限值要求。</p> <p>粉尘：卸货车间通风良好，卸货产生的粉尘无组织排放。废气排放可达到广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）中的第二时段无组织排放浓度限值，对周围大气环境影响较小。</p> <p>噪音：项目墙双面粉刷的区墙体，实测的隔声量为 49dB（A），考虑到门窗面积和开门开窗对隔声的负面影响，实际隔声量（TL+6）为 22dB（A）左右。厂界外 1 米处的噪声贡献值均可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求，项目产生的噪声经隔声降噪后对周围环境造成的影响较小。</p>
投资费用	项目总投资额 2800 万元，其中：土建工程 142 万元，钢结构厂房 161 万元，污泥能源化处理处置设备 2398 万元，其他费用（设计费、编辑费、管理费、培训费等）99 万元。
运行费用	项目运行成本大约为 335 元/吨，主要包括外购原材料费用 40 元/吨，燃料费用 60 元/吨，电费 46 元/吨，药剂费 20 元/吨以及工人工资及福利费 24 元/吨，以及修理费 10 元/吨，设备折旧费 75 元/吨，运输费 60 元/吨等。而每处理一吨污泥（含水率 80%）能生成约 0.3 吨成品燃料颗粒，可产生经济效益 60 元，因此，实际运行成本只需 275 元/吨污泥。

---

能源、资源 节约和综 合利用情 况	将城市污水厂污泥制成热值为 <b>2000-4000 Kcal/kg</b> 的生物质颗粒燃料，可以作为生物质发电厂或垃圾发电厂的燃料使用，大量减少占用的空间，变废为宝，实现有机垃圾减量化、稳定化、无害化和资源化。
----------------------------	---

---

## 9. 沿海餐厨垃圾好氧发酵资源化利用技术

技术依托单位：北京中源创能工程技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：沿海城市、县镇、农村以及岛屿内不同行业餐厨垃圾、厨余垃圾、果蔬垃圾等好氧发酵肥料化处理和资源化利用，技术可应用于日处理量 0.5-10t/d 的不同规模。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

餐厨垃圾首先经过卸料/分拣平台，输送至预处理系统。在预处理系统中，含海产品硬质外壳的餐厨垃圾经双轴式破碎装置的连续超细破碎，破碎后物料粒径 90% 以上达 1-3cm，实现餐厨垃圾物料粒径降低并均匀化；破碎后物料进入双级深度脱水装置，由螺旋变径挤压深度脱水，将含高水分的餐厨垃圾破碎物料进行固液分离，分离后液体进入隔油池、化粪池等现有污水处理设施，或外运处理，或通过配套集成化污水处理设施处理达标排放；分离后固体物料含水率下降到 70% 以下，物料体积减少 40%，被输送至好氧发酵仓。

在好氧发酵仓中，餐厨垃圾物料在“迷宫式”多仓强化推流作用下连续进出料，在自主开发的具有针对性的高效复合型微生物等菌剂的作用下进行发酵肥料化反应。同时发酵仓智能控制仓内反应温度、湿度、供氧以及餐厨垃圾盐分、油分浓度，确保新鲜进料与高效成熟菌体充分接触，反应充分

---

利用不同区域内的优势微生物种群，并消除高盐分、油脂对发酵反应的不利影响，使餐厨垃圾发酵充分形成有机肥料。

餐厨垃圾好氧发酵仓连接生物除臭装置，去除发酵过程产生的臭气。

## 二、主要技术指标

预处理设备粉碎物料 90% 以上粒径达 1-3cm；预处理设备固液分离后物料含水率低于 70%；发酵仓内发酵温度 55-65℃；单套设备总体减量化率不低于 90%。

## 三、技术特点

集成连续超细破碎、螺旋变径挤压深度脱水、机械强化高温好氧发酵等关键技术，实现沿海餐厨垃圾的资源化利用。

## 四、技术推广应用情况

2017 年，湄洲岛餐厨垃圾好氧发酵资源化利用项目验收运行，处理规模 5t/d。

2017 年，桃花岛餐厨垃圾好氧发酵资源化利用项目验收运行，处理规模 4t/d。

2016 年，舟山市定海区白泉镇农村餐厨垃圾好氧发酵资源化利用项目验收运行，处理规模 1t/d。



## 五、实际应用案例

案例名称	秀屿区湄洲镇人民政府湄洲岛餐厨垃圾好氧发酵资源化利用（5t/d）
业主单位	秀屿区湄洲镇人民政府
工程地址	福建省莆田市湄洲岛
工程规模	5t/d
项目投运时间	2017 年
验收情况	验收单位：秀屿区湄洲镇人民政府，验收时间：2017 年，验收结论：以上设备均已安装调试完毕，设备运行正常。
工艺流程	<p>来自项目点产生的餐厨垃圾投入专用可降解垃圾收集桶内，由运输员统一运输至餐厨垃圾处理站内。通过自动上料系统，物料进入破碎系统，大块物料被破碎后更加有利于微生物反应与产物肥料性质的提高，破碎后的垃圾进入脱水模块，液体进入中转站现有污水处理系统，固体进入后续发酵系统。经脱水处理后的有机垃圾水分脱除 50% 以上，固体物料含水率达到 70% 以下，前期减容率约 40%。同时，以溶解形态存在于有机垃圾中的盐分、油脂进入水相。</p> <p>脱水产生的固体物质进入发酵系统，富含有机质的混合物料在微生物的作用下，降解为小分子的、容易被作物吸收利用的肥料，发酵时间约 5-8 天。设备产出物即最终产物，一次完全发酵、产出物符合农业部《有机肥料》NY525-2012 的要求。外观颜色为褐色或灰褐色，粒状或粉状，均匀，无恶臭，无机械杂质。可作为土壤调理剂和粗制有机肥使用，如经由肥料深入加工后可制成复混肥微生物菌肥等多种商业有机肥销售或使用。最终产品为可以调节作物土壤“生态微环境”的“生物有机肥”，具有极高的经济价值。发酵段产生的废气经排气孔进入生物除臭系统排出。</p>

主要工艺运行和控制参数	发酵仓辅热单元温度上限不低于 90℃；发酵仓内温度 55℃-65℃；加热系统为恒温加热；每处理 1kg 物料的耗电量小于 0.1kWh。
关键设备及设备参数	预处理设备粉碎物料 90%以上粒径达 1-3cm；预处理设备深度脱水后物料含水率低于 70%；单元发酵仓内物料堆积容积不低于发酵仓总容积的 70%；单套设备废弃物利用率超过 99%,总体减量化率不低于 90%。
污染防治效果和达标情况	1、生活垃圾好氧发酵就地就近处置所产生废气符合《大气污染物综合排放标准》(HJ533-2009)有组织排放标准值、《恶臭污染物排放标准》(GB14554)恶臭污染物排放标准值；噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)标准要求，设备正常运行时，厂区噪音≤75dB (A)； 2、生活垃圾源头减量化率 90%以上； 3、生活垃圾资源化利用率 100%； 4、生活垃圾发酵肥料达到农业部《有机肥料》NY525-2012 标准。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	餐厨垃圾好氧发酵成套化处理设备投资共 217 万元;自控与配电、工艺管线安装等投资共计 24 万元；垃圾处理配套厂房及展示用房投资共计 18 万元。
运行费用	人工、动力、辅料、药剂等运行费用（包括设施、设备等维修费用），共计 200 元/吨。
能源、资源节约和综合利用情况	1、分散处理模式大大减少了收运过程中的能量消耗和碳排放。 2、自主研发可实现智能控制的液压推杆控制压盘，保证脱水后物料含水率达到 70%以下，有效降低反应能耗 60%，辅料节约 100%。 3、投加具有自主知识产权的有机垃圾发酵高效复合型微生物菌剂，其性能完全取代并超越进口菌种，且只需一

---

	<p>次投加，实现了多世代菌剂的循环利用，降低设备运行成本。推广项目菌种免费提供，使用成本降低至接近于零。</p>
--	---

	<p>4、通过技术创新、筛选优势菌种等手段实现节能减排，每处理一吨餐厨垃圾节能约 0.05 吨标准煤，减排 0.11 吨二氧化碳，节约运输费用约 80 元/吨。</p>
--	--

	<p>5、发酵产出肥料产品，用于改良岛上土壤环境。</p>
--	-------------------------------

---

## 10. 利用河湖底泥及农业固废制备高性能蓄水材料

技术依托单位：武汉铭创新海生态科技有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：蓄水陶土属于重质蓄水陶粒，可广泛用做海绵城市建材、园林绿化、家庭园艺、土壤改良、污染场地修复、生物填料、环保滤料、水产循环养殖、湿地介质等场景。

### 一、工艺路线及参数

蓄水陶土制备首先把河道底泥进行初次搅拌打浆，此过程中底泥无需脱水，使其底泥更加细腻；搅拌好的初级拌料进入堆场准备一级搅拌，搅拌过程中加入核心配方添加剂，并准备进行二级搅拌，在二级搅拌过程中根据一级拌料的情况添加粉碎的秸秆。至此物料搅拌环节结束开始进行造粒，配好的物料通过传送带送入造粒机进行造粒，本项目造粒大小为直径 3cm 的颗粒；造好的颗粒再送入网带窑上窑烘干区进行初次脱水烘干；干燥以后送入网带窑下窑进行高温煅烧，经过高温煅烧好的颗粒进入冷却机进行冷却及震动分筛，最后冷却分筛后的成品将按照统一标准进行包装、存放。

### 二、主要技术指标

利用固废制备蓄水材料工艺中精准掌握了开气孔与闭气孔的关键技术，使得生产出的蓄水陶土拥有了高性能的蓄水效果，经检测，蓄水陶土蓄水率高达 80%，综合蓄水率可

达 110%。制备蓄水陶土原料底泥中有可能含有重金属，主要有 Cu、Zn、Cd、Pb、Cr、Mn 这六种重金属，本技术是由核心配方固化剂加上高温烧结以后，对底泥内部的重金属离子起到了很好的固化作用，重金属结晶率可达 99%。经过检测，蓄水陶土得到浸出液中的浸出浓度远低于《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007），符合环境保护要求。

### 三、技术特点

充分利用秸秆、底泥（污泥）等固废为主要原材料，辅以核心添加剂制成拥有高效蓄水性的球形颗粒，此技术最大特点在于如何调控秸秆形成的孔是开孔或闭孔，另一技术特点在于如何将底泥中的重金属等有害物质固化结晶，从而达到可安全使用标准。真正意义上实现了固废的资源化、无害化处理。

### 四、技术推广应用情况

- 1、雄安新区白洋淀内源污染综合治理试点项目
- 2、南县大宗固废综合年处理 20 万吨投厂项目
- 3、武汉海绵城市美地家园小区应用生态蓄水陶土用作绿化提升改造项目

### 五、实际应用案例

案例名称	武汉倒口湖湿地公园水处理项目
业主单位	沁之源（武汉）环保工程有限公司
工程地址	武汉市青山区倒口湖湿地公园
工程规模	800 m <sup>2</sup>

项目投运时间	2018年8月
验收情况	<p>验收单位：武汉市海绵城市建设有限公司</p> <p>验收时间：2018年6月14日</p> <p>验收结论：项目符合设计要求，经验收试验证明，蓄水陶土在实际使用中能过滤绝大部分水中杂质，对水质净化有明显作用，且蓄水陶土本身对环境没有二次污染，保水周期长，对植物生长有显著助长作用，经验收合格，同意该项目正式投入运行。</p>
工艺流程	<p>蓄水陶土做水质净化处理项目中，是利用蓄水陶土多空隙的特点达到净化湖水的效果，将蓄水陶土铺设在入水口处，雨水流经蓄水陶土层时首先会阻挡大量可见杂质如树叶、垃圾等，其次对雨水冲刷携带的泥沙等杂质进行过滤，使最终流入湖中的雨水减少其他杂质，从而达到水质净化作用。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>此项目中，施工简单，只需要将蓄水陶土铺设至入水口处即可。蓄水陶土属于重质陶粒，其本身可沉水，相比普通陶粒在施工中省去了钢丝地笼固定此步骤，在水净化上至少提高一倍净化能力。</p>
关键设备及设备参数	<p>此项目中无其他设备参与建设</p>
污染防治效果和达标情况	<p>蓄水陶土过滤净水效果：</p> <p>悬浮物：108mg/L 降至 8mg/L；</p> <p>化学需氧量：85mg/L 降至 64mg/L；</p> <p>总磷：0.710mg/L 降至 0.241mg/L；</p> <p>总氮：8.55mg/L 降至 1.85mg/L。</p>
二次污染治理情况	<p>蓄水陶土生产中已将原材料（底泥或污泥）中的大部分有害物质通过核心配方固化剂加上高温烧结后降低至国家安全标准，根据不同类型的重金属采用核心专利配方使其有效结晶，其结晶率高达99%以上，微量溢出重金属含量符合国家环保标准，故蓄水陶土不会对环境造成二次污染。</p>

投资费用	项目总投资额为 20 万
运行费用	运输费：30×240=7200 元 施工费：5×800=4000 元
能源、资源节约和综合利用情况	<p>1、蓄水陶土相比于轻质陶粒做水净化基材来说，由于蓄水陶土本身沉水特性，其施工简单，为工程建设节约人工及材料成本。</p> <p>2、相比于传统陶粒，用于水质初次净化效果明显优于普通陶粒。</p>

---

## 11. 工程弃土快速多级原位分离及高效资源化利用技术

技术依托单位：深圳申佳原环保科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：可用于在新建、改建、扩建各类建筑物和盾构工程的施工过程中所产生的所有挖掘出来的工程弃土处理。主要有建筑工程施工钻勘探挖掘弃土、建筑工程基础挖掘弃土、建设场地平整挖掘弃土、盾构工程施工挖掘弃土等。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

采用物理的方法，通过水洗分散弃土，利用物料的比重不同，经过多级重力分选方法使弃土分离出建筑用砂、混凝土及砖块、泥浆，再采用物理浓缩、板框压滤的方法将泥浆脱水成泥饼。分离出的建设用砂可直接提供给混凝土及砂浆搅拌站使用，混凝土及砖块可破碎加工成再生粗骨料和再生细骨料，泥饼可加工成烧结新型墙体材料、建筑陶瓷坯体用粘土、发泡陶瓷隔墙板、橡胶填料等。

### 二、主要技术指标

该技术能将所有工程弃土全部处理，处理效果能达到99%以上。能使废弃的工程渣土加工成具有使用价值的原材料，同时消除因采用填埋方式处理工程弃土而对环境污染的问题，也极大地减少了为堆填工程弃土而占用的土地，为城



---

市建设解决一大难题。该技术在处理工程弃土过程中，采取物理方法对弃土进行水洗处理，水回收利用，无排放，做到零排放、零污染，有效地保持环境安全。

### 三、技术特点

一是能快速连续分离工程弃土，一次性将工程弃土中的废混凝土块及砖块、砂、泥分离开来。二是采用水洗分选方法，生产出符合国家标准的建设用砂。三是能将废混凝土块及砖块制成再生建筑骨料，充分利用废弃资源。四是使产出的泥浆充分均化，制成质量稳定的粘土。

### 四、技术推广应用情况

该技术正在应用于深圳申佳原环保科技有限公司在深圳市宝安区大铲湾港三期建筑工程弃土综合处理项目上。

第一期计划年处理工程弃土 1200 万立方米，共建 8 条生产线，现已有 2 条线在正常运行，另有 4 条线已建成正在调试，预计 2020 年 3 月份整个项目可全部完成。第二期计划在同一地点延伸岸线上建设年处理工程弃土 1200 万立方米的项目。同步在深圳市盐田港东港区拟建的规模也是年处理工程弃土 1200 万立方米。预计明年可全部完成，届时总的年处理工程弃土 3600 万立方米，将解决深圳市工程弃土的三分之一处理量。

## 五、实际应用案例

案例名称	大铲湾港三期港区建筑工程弃土综合处理项目
业主单位	深圳申佳原环保科技有限公司
工程地址	深圳市宝安区金湾大道与西乡大道交汇处大铲湾港三期
工程规模	年处理建筑工程弃土 1200 立方米
项目投运时间	项目于 2018 年 11 月开始动工,目前已建成 6 条生产线,正常运行 2 条生产线。另两条生产线正在建设,预计 2020 年 3 月全部完成投运。
验收情况	待验收
工艺流程	<p>1、将汽车运来的弃土直接倒入喂料槽内,也可用挖掘机投料,使用多方位的高压清水喷射弃土,让其进入滚筒洗石机中再用高压清水喷射翻滚清洗,将大于 3.5 厘米的混凝土及红砖大块料分离出来,作为制备再生粗骨料的原料。</p> <p>2、经过滚筒洗石机冲洗出来的泥浆自流进第一级螺旋除砂机进行粗选分离,由螺旋片旋刮的粗泥砂浆自流进滚筒洗砂机。将大于 5 毫米的混杂粗砂石筛分出来,此粗砂石经除杂后,作为制备再生细骨料的原料。</p> <p>3、通过滚筒洗砂机冲洗出来的泥浆直接自流进第二级螺旋除砂机进行精选分离,将小于 5 毫米的中砂由螺旋片旋刮出来,自流进入振动脱水筛。此砂经脱水后,作为配制建设用砂的中砂。</p> <p>4、经过 2 螺旋除砂机精选分离出来的泥浆,用泥浆泵送入水力旋流器进行分离,将大于 200 目的底流砂分离出来,自流进入振动脱水筛。此砂经脱水后,作为配制建设用砂的细砂。</p> <p>5、将 3 与 4 出来的中砂和细砂按国家 GB/T14684-2011 《建设用砂》标准进行混合配制,成为标准的成品砂。</p> <p>6、将 4 出来的溢流泥浆泵送至浓缩罐中进行浓缩,再送至板框式压滤机进行压滤脱水,制成泥饼,作为烧结新型墙体材料、建筑陶瓷坯体料、发泡陶瓷隔墙板、橡胶填料的原料。</p>

主要工艺运行和控制参数	<p>1、弃土处理水电耗用参数： 耗用水：生产用水 <math>2.00 \text{ m}^3 / \text{m}^3</math> 弃土，循环回收水 <math>1.50 \text{ m}^3 / \text{m}^3</math> 弃土，实际消耗水 <math>0.50 \text{ m}^3 / \text{m}^3</math> 弃土；耗用电 <math>15.0 \text{ kwh} / \text{m}^3</math> 弃土。</p> <p>2、弃土处理主要控制参数 建筑用砂含泥量<math>\leq 3.0\%</math>；建筑用砂氯离子含量<math>\leq 0.02\%</math>；水力旋流溢流泥浆浓度 10-15%；压滤泥饼含水率<math>\leq 35.0\%</math></p>
关键设备及设备参数	<p>滚筒洗石机处理能力 <math>500 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，螺旋除砂机处理能力 <math>200 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，滚筒洗砂筛处理能力 <math>150 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，振动隔渣筛处理能力 <math>100 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，振动脱水筛处理能力 <math>100 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，泥浆泵处理能力 <math>320 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，水力旋流器处理能力 <math>40 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，柱塞泵处理能力 <math>30 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，程控压滤机处理能力 <math>30 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，650 皮带输送机处理能力 <math>130 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，800 皮带输送机处理能力 <math>220 \text{ m}^3 / \text{h}</math>，1400 皮带输送机处理能力 <math>350 \text{ m}^3 / \text{h}</math>。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>该技术能将所有工程弃土全部处理，处理效果能达到 99% 以上。能使废弃的工程渣土加工成具有使用价值的原材料，同时消除因采用填埋方式处理工程弃土而对环境污染的问题，也极大地减少了为堆填工程弃土而占用的土地，为城市建设解决一大难题。该技术在处理工程弃土过程中，采取物理方法对弃土进行水洗处理，水回收利用，无排放，做到零排放、零污染，有效地保持环境安全。</p>
二次污染治理情况	<p>在利用弃土处理后的泥饼加工其它烧制产品时，采取目前先进的除尘、除硫、除氟技术于生产过程中，能达到国家工业大气污染物排放标准，即 GB/T 29620-2013《砖瓦工业大气污染物排放标准》和 GB/T 25464-2010《陶瓷工业污染物排放标准》。</p>
投资费用	28800 万元
运行费用	<p>年处理弃土总费用合计 53301.60 万元 处理每立方米弃土费用 44.42 元</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>该案例年处理弃土 1200 万立方米，是目前国内最大的建筑工程弃土综合处理利用项目。其主要是采取水洗的方法将弃土进行分离，制成具有使用价值的产品和原材料，</p>

---

况	每年能为建筑行业提供建筑用砂 538 万立方米、碎石骨料 91 万立方米，为建筑陶瓷行业提供粘土 548 万吨。粘土可用于烧结新型墙体材料、建筑陶瓷坯体料、发泡陶瓷隔墙板、橡胶填料的原料。该案例水的循环利用率达到 75%，资源利用率达到 99%。每年能减少开采粘土的用地约 300 亩，减少开采石料的用地约 30 亩，减少开采建筑用砂的用地约 300 亩。
---	--

---

## 12. 环保土体稳定技术

技术依托单位：中科盛联（北京）环保科技有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：大宗固废资源化处置。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

使用自主研发的易孚森(EFSS)土体稳定剂及技术应用，将一般固体废弃物资源化出之后循环再利用，替代传统的砂、石等筑路材料。该技术综合了力学、结构理论、胶体化学、表面化学等诸多理论，并结合了机械方法、物理作用、土工织物、化学胶结等多项手段，是一项综合性较强的资源与环境技术。利用该技术对大宗固废或建筑垃圾进行处置，资源化利用率可达95%以上，不仅能够起到固化、稳定化的作用，同时可以增加抗渗性能、提高抗冻能力、防止有害物质泄漏等诸多方面，以“减量化、再利用、再循环”为原则，有效实现废弃资源的循环再利用，快速推动“资源-产品-消费-再生资源”的物质闭环流动。

### 二、主要技术指标

经过环保土体稳定技术处理的废弃土和建筑垃圾等一般固体废弃物，可有效应用于道路的路床回填、垫层及基层。对一般固体废弃物的资源化利用率可达到95%以上。同时，

该技术处理范围广（煤矸石、粉煤灰、建筑垃圾、工业废渣等），可应用领域多（绿色道路、美丽乡村、矿山地质环境修复、水利、软基处理、军事基础设施建设等）。

### 三、技术特点

经环保土体稳定技术处理的结构层具有强度高、板结性强、水稳定性能好等特点。对该材料的研制和开发，不仅增加了一种新的路面结构型式，同时也降低了工程造价，具有明显的经济效应、社会效应和环境效应。该技术无二次污染，节约原生资源，保护生态环境，符合国家绿色公路及循环经济政策，是绿色公路建设征集技术。

### 四、技术推广应用情况

1998 年从四川省自贡市长途汽车站站前广场项目开始推广应用，目前国内已推广应用百余项目。

2018 年在辽宁阜新百年国际赛道城利用到底废弃煤矸石建设国际领先的环保赛道。

2018 年在北京延庆利用就地取土建设世界园艺博览会环保绿色停车场。

### 五、实际应用案例

案例名称	京珠高速东辅道道路工程项目北段（远大路—西龙路）
业主单位	长沙市公共工程建设中心
工程地址	长沙市芙蓉区远大路—西龙路
工程规模	使用 EFS 固化土 17000 m <sup>3</sup>
项目投运时间	2019 年 9 月

验收情况	<p>验收单位：长沙市公共工程建设中心、长沙市工程质量监督管理站、长沙市城市建设科学研究院、湖南科创高新工程检测有限公司。</p> <p>验收时间：2019年9月23日</p> <p>验收结论：项目施工过程中满足环保要求；施工质量满足设计要求；施工工期、质量和成本控制达到业主预期目标。</p>
工艺流程	<p>项目实施按设计分为箱涵台背回填、精加工路基、路面基层三个部分：</p> <p>1、箱涵台背固化土回填工艺流程 基础处理→铺废弃土→稀释稳定剂→撒布水泥→使用冷再生拌合→装载机倒运混合料至槽内→挖掘机整平→压路机压实→挖掘机夯实器进行补夯→养护→铺设土工格栅→沉降监测</p> <p>2、路床精加工层易孚森固化土工艺流程 测量放样→铺废弃土→稀释稳定剂→撒布水泥→使用冷再生拌合→平地机整平→压路机压实→养护</p> <p>3、道路基层易孚森固化土工艺流程 测量放样→铺废弃土→铺建筑垃圾→稀释稳定剂→撒布水泥→使用冷再生拌合→平地机整平→压路机压实→养护</p>
主要工艺运行和控制参数	控制混合料的配合比、含水量和施工流程
关键设备及设备参数	冷再生机，型号：维特根 W2500,有效拌和深度 40cm；水泥撒布车；压路机，20 吨单钢轮振动压路机。
污染防治效果和达标情况	施工时采用湿法作业，无污染。
二次污染治理情况	无二次污染。
运行费用	原设计工程造价 450 万元，使用环保土体稳定技术工程

---

	造价 400 万元，原设计工程工期 72 个工作日，使用环保土体稳定技术工期 41 个工作日。
能源、资源节约和综合利用情况	废弃土及建筑垃圾资源化利用，无需传统技术所需大量砂石材料，避免原生资源浪费造成环境破坏。



---

### 13. 工程渣土多相分级处理成套技术及装备

技术依托单位：中铁环境科技工程有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：地下工程各种类型工程渣土的处理。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

工程渣土通过多级筛分系统，筛除直径较大的杂物、砂砾。筛分后的泥浆通过加入药剂进行无害化处理。后将泥浆中加入絮凝剂进行浓缩絮凝，并将泥浆泵送入深度脱水装置进行压滤脱水，进一步减量化。筛分出的砾石、砂、脱水后的泥饼外运资源化利用。处理过程产生的水相，经处理后回用或外排。盾构渣土处理能力为 50 m<sup>3</sup>/h-200m<sup>3</sup>/h。

#### 二、主要技术指标

工程渣土经处理后分离为砂砾、干化泥饼和水。经减量化处理后，干化泥饼含水率低于 40%。经无害化处理后，工程渣土中泡沫剂（表面活性剂）等有害物质的含量降低 90% 以上。

#### 三、技术特点

集成颗粒分级、固液分离深度脱水、有害物质多级无害化处理等关键技术，实现工程渣土的减量化、无害化和资源化。

#### 四、技术推广应用情况

2018.10-2019.09, 中铁环境科技工程有限公司深圳地铁6号线二期工程6111标体育馆至八卦岭站地铁施工盾构渣土现场处理试点项目, 渣土处理规模 500 m<sup>3</sup>d。

2019.07-至今, 中铁环境科技工程有限公司深圳市坪山盾构渣土集中处理场示范基地项目, 渣土处理规模 2000 m<sup>3</sup>d。

#### 五、实际应用案例

案例名称	中铁环境科技工程有限公司深圳市坪山 2000m <sup>3</sup> d 盾构渣土多相分级集中处理场示范工程项目
业主单位	深圳市钰杰环保工程有限公司
工程地址	深圳市龙岗区赖屋路 30 号
工程规模	处理盾构渣土 2000m <sup>3</sup> d
项目投运时间	2019 年 7 月
验收情况	验收单位: 深圳市钰杰环保工程有限公司 验收时间: 2019 年 10 月 18 日 验收结论: 目前深圳坪山盾构渣土集中处理场设备设施建设已完成, 运行处理效果良好。该盾构渣土集中处理场盾构渣土的处理, 采用中铁环境科技工程有限公司自主研发的工程渣土多相分级处理成套技术及装备实现。整套系统装备自动化程度高, 运行稳定可靠, 处理能力强, 提高了盾构渣土的处理效率。通过系统工艺技术的处理, 可实现盾构渣土中粗砂石、细砂石、干化泥饼和水的高效分离。分离出的砂石含泥量低, 粒径分明, 可进行资源化利用。脱水后的干化泥饼含水率低, 满足深圳市渣土运输及填埋的要求。压滤出水清澈透明, 水相处理合格, 可回用于处理现场制浆、清洗作业。同时, 该成套技术及装备, 适用于不同地质条件下产生的盾构

	渣土的处理，且处理过程无二次污染。
工艺流程	<p>该技术主要包括渣土制浆、砂砾筛分、加药搅拌、深度脱水、水处理及回用等五部分。</p> <p>1、渣土制浆：渣土经渣土车运输进集中处理场，入制浆池，加水搅拌制成一定固液比的泥浆；</p> <p>2、砂砾筛分：由渣浆泵将泥浆送入一级筛分系统，筛分出粒径 5mm 以上的粗砂石。筛下泥浆泵送入二级筛分系统，筛分出粒径 0.075-5mm 之间的细砂石。筛分出的砂石用作建筑材料等进行资源化利用。通过检测，含有有害物质的盾构渣土在此过程可加入无害化处理药剂，增加有害物质在渣土表面的去除率；</p> <p>3、加药搅拌：粒径小于 0.075mm 的泥浆泵送入加药搅拌罐，根据检测结果，可加入无害化药剂，进一步去除渣土中的有害物质。同时加入混凝剂，对泥浆进行絮凝浓缩；</p> <p>4、深度脱水：经加药处理后的泥浆，泵送入板框压滤机，进行压滤脱水。压滤后的泥饼外运资源化处置；</p> <p>5、水处理及回用：将板框压滤机压滤后的出水和加药搅拌罐的上清液，泵送入水处理池，进行无害化和澄清处理后，用于系统制浆、洗砂用水或现场清洁用水。</p>
主要工艺运行和控制参数	盾构渣土处理能力为 200m <sup>3</sup> /h，每日运行 10h。减量化处理后干化泥饼的含水率≤40%。添加无害化药剂后渣土中有害物质去除率达到 90% 及以上。
关键设备及设备参数	制浆池有效容积 700m <sup>3</sup> ，滚筒筛 2YKJ2460 设计能力 150-600t/h，螺旋上料机 LX1580 设计能力 60-80m <sup>3</sup> /h，多功能洗砂一体机 SHY2040 设计能力 180t/h，板框压滤机（单台过滤面积为 250m <sup>2</sup> ），加药搅拌罐有效容积 182m <sup>3</sup> ，水处理池有效容积 225m <sup>3</sup> 。
污染防治效果和达标情况	能将盾构渣土分离为粗砂砾、细砂石、干化泥饼和水。处理后干化泥饼含水率低于 40%。渣土中泡沫剂的含量降低 90% 以上。盾构渣土处理分离出水相，经处理后，根据回用和排放要求，各项指标能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 II 类标准或《污水综合排放

	标准》(GB8978-1996) 二级标准的要求。
二次污染治理情况	盾构渣土分离水相处理后符合《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 II 类标准或《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 二级标准中限值。干化泥饼含水率 ≤40%，运输过程不会产生跑冒滴漏现场。
投资费用	565 万元
运行费用	动力费+水费 2.82 元/m <sup>3</sup> ；药剂费用 7.14 元/m <sup>3</sup> ；挖机租赁费 3.68 元/m <sup>3</sup> ；人工成本 7.12 元/m <sup>3</sup> ；固定资产基本折旧费 30.61 元/m <sup>3</sup> ；日常检修维护费用 3.79 元/m <sup>3</sup> ；其他管理及财税费用 32.51 元/m <sup>3</sup> ；合计 87.67 元/m <sup>3</sup> 。
能源、资源节约和综合利用情况	盾构渣土处理分离出的粗砂砾和细砂石可以用作建筑材料资源化利用。分离出的干化泥饼可进行填埋处置。分离出的水相经处理后回用于系统制浆用水，或施工现场洗车、清洁用水等。

---

## 14. 预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术

技术依托单位：北京建筑大学、北京市道路工程质量监督站、北京市路桥建材集团有限公司、中国交建第三公路工程局有限公司、北京西姆绿色科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：各等级公路及城市道路的再生路面工程。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

工艺路线：

制备泡沫沥青，在一定的水压和气压条件下进行发泡，通过改变发泡温度和发泡用水量使泡沫沥青达到最佳的发泡性能（最佳的膨胀率和半衰期）。回收沥青路面材料（RAP）采用干筛法和水洗法分别分析回收沥青路面材料的级配情况以及不同比例的新集料的掺量，采用合成级配满足工程级配的要求，合成级配曲线平顺。废弃植物油作为回收沥青路面材料预润试剂，将根据不同的预润时间、预润方式以及不同的掺量对回收沥青路面材料进行预润，并采用干湿劈裂强度和抗压回弹模量作为评价指标，得到一套完成的预润工艺；基于性能平衡的原理对预润式泡沫沥青冷再生混合料配合比设计，对合成级配采用击实试验确定最佳含水率，采用马歇尔击实的方法成型试件，15℃干湿劈裂强度试验和干湿

---

劈裂强度比试验确定最佳泡沫沥青用量和水泥用量；预润式泡沫沥青冷再生混合料拌合时拌合温度不低于沥青的发泡温度，拌合时间不低于 2min,摊铺时根据公路等级的不同选用不同的摊铺设备，采用单（双）钢轮压路机与胶轮压路机组合的方式。碾压方式包括静压和低频高幅强振碾压。

相关参数如下：

6%的废弃植物油的掺量，采用振动的预润方式预润 1-2 小时；干湿劈裂强度比 $\geq 75\%$ ，抗压回弹模量 $\geq 3.5\text{Mpa}$ ；拌合过程中沥青温度不应低于  $150^{\circ}\text{C}$ ，拌合时间不能低于 2min；在运输过程中要采用厚苫布覆盖，避免混合料被污染；碾压在最佳含水率的情况下进行碾压。初压采用双钢轮压路机，静压一遍，振压一遍，压实速度 1.5-3km/h，复压和采用单钢轮压路机和胶轮压路机，静压四遍，振压四遍，压实速度为 2-4km/h，终压采用双钢轮压路机，静压两边，压实速度为 2-4km/h。

## 二、主要技术指标

预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，减少了大量的建筑垃圾和厨余垃圾的堆砌和污染。在运输和施工时的降低空气中  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$  粉尘颗粒，消减了 30%以上；较热拌法  $\text{CO}_2$  排放量消减了 80.19%；CO 排放量消减了 60%以上； $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  相较于热拌法消减了 90%以上。

### 三、技术特点

依托对废旧料表面老化沥青进行预润处理的泡沫沥青冷再生技术、基于性能平衡的预润式泡沫沥青冷再生混合料设计方法以及低频高幅强震的施工工艺等关键技术，实现了传统泡沫冷再生技术提升，“以废治废”实现了废旧沥青混合料循环高效利用与烹饪废油有效处置的“双重再生”。

### 四、技术推广应用情况

2015年，北京市交通委路政局房山公路分局在北京市房山区长虹西路大修工程中应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达4km。

2015年，北京市交通委路政局应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达3km。

2015年，北京市首都公路发展集团有限公司在八达岭高速公路路面大修工程中应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达3km。

### 五、实际应用案例

案例名称	天津外环高速公路路面大修工程
业主单位	中交第三公路工程局有限公司
工程地址	天津市市区外围
工程规模	预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术应用于天津外环全线71.3km，共利用RAP旧沥青路面铣刨料28.12万吨，利用废弃植物油703吨。根据计算节约投资6833万元，预计可实现收入5933万元，实现利税1687万元。节约投资与利税共8520万元。
项目投运	自2011年至2016年

时间	
验收情况	<p>验收单位：天津市交通运输工程质量安全监督总站</p> <p>验收时间：2016年12月</p> <p>验收结论：本项目在施工验收时对平整度最大间隙、纵断面高程、厚度、宽度、横坡度、外观进行检验，其中平整度最大间隙为6mm，纵断面高程为5mm，厚度均值误差在8mm内，宽度不小于设计宽度，边缘线整齐，顺适，横坡度误差在0.2%以内，表面平整密实，压实度达98%检测。结果均满足相应的要求。</p>
工艺流程	<p>泡沫沥青的制备，在一定的水压和气压条件下进行发泡，通过改变发泡温度和发泡用水量使泡沫沥青达到最佳的发泡性能（最佳的膨胀率和半衰期），回收沥青路面材料（RAP）采用干筛法和水洗法分别分析回收沥青路面材料的级配情况以及不同比例的新集料的掺量，采用合成级配满足工程级配的要求，合成级配曲线平顺。</p> <p>本项目采用废弃植物油作为回收沥青路面材料预润试剂，将根据不同的预润时间、预润方式以及不同的掺量对回收沥青路面材料进行预润，并采用干湿劈裂强度和抗压回弹模量作为评价指标，得到一套完成的预润工艺。</p> <p>本项目利用基于性能平衡的原理对预润式泡沫沥青冷再生混合料配合比设计，对合成级配采用击实试验确定最佳含水率，采用马歇尔击实的方法成型试件，15℃干湿劈裂强度试验和干湿劈裂强度比试验确定最佳泡沫沥青用量和水泥用量。</p> <p>预润式泡沫沥青冷再生混合料拌合时拌合温度不低于沥青的发泡温度，拌合时间不低于2min，摊铺时根据公路等级的不同选用不同的摊铺设备，采用单（双）钢轮压路机与胶轮压路机组合的方式。碾压方式包括静压和低频高幅强振碾压。压实速度和次数详见控制参数。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>泡沫沥青的制备：</p> <p>发泡沥青的温度不应低于150℃；水压4Bar，气压5Bar；膨胀率≥10；膨胀率≥8s</p> <p>预润工艺：</p>



	<p>6%的废弃植物油的掺量，采用振动的预润方式预润 1-2 小时；干湿劈裂强度比<math>\geq 75\%</math>；抗压回弹模量<math>\geq 3.5\text{Mpa}</math>；</p> <p>混合料的制备： 回收路面沥青材料级配分析时，若粒径大于 37.5mm，应采用破碎机进行破碎；拌合过程中沥青温度不应低于 150℃；拌合时间不能低于 2min；</p> <p>混合料的运输： 在运输过程中要采用厚苫布覆盖，避免混合料被污染；</p> <p>碾压工艺： 碾压在最佳含水率的情况下进行碾压。初压采用双钢轮压路机，静压一遍，振压一遍，压实速度 1.5-3km/h；复压和采用单钢轮压路机和胶轮压路机，静压四遍，振压四遍，压实速度为 2-4km/h；终压采用双钢轮压路机，静压两边，压实速度为 2-4km/h。</p>
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p>WLB10 泡沫沥青机： 空气压缩系统，输出的气压不低于 6Bar，容积 20L；填充容积：沥青罐 12L，空气压缩罐 4L、水箱 4L； 混合料运输车，采用不低于 15t 的自卸运输车，且数量要满足施工要求； 摊铺机选用单（双）钢轮压路机与胶轮压路机，采用低频振频，摊铺速度控制在 2-4m/min，摊铺时的松铺系数一般控制在 1.2-1.4 之间； 碾压工艺要在最佳含水量的情况下进行碾压，初压的速度一般控制在 1.5-3km/h，终压和复压的速度一般控制在 2-4km/h；局部无法压实应采用小型振动压路机配合使用。</p>
<p>污染防治 效果和达 标情况</p>	<p>本项目共计应用预润式泡沫沥青冷再生混合料 28.12 万吨，本项目利用废弃植物油 703 吨，减少了大量的废旧建筑材料的堆放问题和大量厨余垃圾的利用问题。同时本项目对比传统的沥青路面摊铺工艺，CO<sub>2</sub> 排放量减少了 3.68kg/t，CO 排放量减少了 0.29kg/t、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的排放量减少 0.03kg/t，合计 CO<sub>2</sub> 排放量减少 1037.43 吨，CO 排放量减少了 83.46 吨、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的排放量减少 6.92</p>

	吨，大幅度的减低了施工过程中有害气体的排放，满足了国家规定的污染物的排放标准。
投资费用	<p>基础建设费用，基础设施费用 887 万元其中项目运行所需要的水、电等生活费用 66 万，项目施工所需要的材料费用 387 万元，人工费用 260 万，其他基础设施费用共计 174 万元；</p> <p>设备投资 700 万元。热沥青导热贮罐，沥青混凝土摊铺机，车载喷雾机，铣刨机，轮胎压路机，震动压路机等 10 余种施工设备，设备投资共计 700 万元；合计每公里的投资费用为 1587 万元。</p>
运行费用	<p>工程运行物资（材料费、生活消耗品）54 万元，项目所必须的消防通讯以及能耗费用 5.8 万元，人员工资 275 万元，项目运行所需要的临时设施的费用 50 万元，设备折旧费用以及设备的维修费用共计 27 万元，合计每公里的项目运行费用为 421 万元。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>本项目共计应用预润式泡沫沥青冷再生混合料 28.12 万吨，节约石料 28.12 万吨。本项目利用废弃植物油 703 吨，节约石油沥青 703 吨。相对于传统沥青路面铺筑技术，每万吨泡沫沥青混合料较热拌法节约加热燃煤 1152.7 吨，共计节约标准煤 3.2 万吨。</p>

---

## 15. 建筑废弃物综合回收利用关键技术

技术依托单位：深圳市绿发鹏程环保科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市建筑固废（砌体及混凝土）的综合回收利用，利用率高达 95% 以上，产品应用于海绵城市建设及高层楼宇。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

#### 1、将建筑垃圾生成再生骨料的成套技术

通过研制高效的双线式建筑垃圾自动分类和分类后破碎成再生骨料的处理系统，集成了对建筑垃圾资源化利用的生产工艺、技术及装备的整套技术，以“粉尘、噪音、污水”超低排放为原则，建立了广东省内规模最大乃至影响全国的全自动建筑垃圾循环再生骨料生产基地，年处理超过 150 万吨建筑垃圾。

#### 2、高性能环保再生建筑材料的研发及产业化

以建筑废弃物再生成高性能环保再生建筑材料为目的，采用以试验研究和理论分析相结合的方法，开发了多种用再生骨料代替天然骨料的高性能再生混凝土和再生砂浆。基于抗压、抗折等试验研究，探明该类再生混凝土和再生砂浆的关键力学性能，给出其在建筑工程的最优配合比，并提出了

---

相应的生产工艺。在此基础上，分别建立了再生混凝土和再生干混砂浆的生产线。

### 3、建筑垃圾再生建筑制品和构件的研发及产业化

利用自主研制的建筑垃圾再生混凝土，开发了应用于路面工程的再生砖以及应用于结构工程的再生砌块和再生轻质隔墙条板，结合性能优化实验与有限元数值分析，研究了该类再生砖、砌块和再生轻质隔墙条板的破坏机理，并探讨了其抗压和抗折的基本力学和耐久性能，量化了再生骨料掺量（或替代率）对其力学性能与耐久性能的影响，从而提出了该类再生建筑制品和构件的设计方法和制作工艺。

## 二、主要技术指标

1、实现了高效率运作，提高了再生集料的纯度，回收利用率达 95% 以上。

2、采用 100% 原生材料替代率生产再生混凝土环保仿石及透水砖、砌块。

3、再生透水路面砖采用 100% 再生骨料，其连通孔隙比大于 20%，其透水效果更加突出。透水砖铺设的城市路面比普通混凝土路面在夏季正常光照条件下温度要低 8-10 度。

4、新型环保型轻质隔墙条板设有用于相邻轻质条板之间进行拼接的拼角与榫槽，故其与主体结构连接点少，板与板之间有榫槽连接，整体性能更好。

### 三、技术特点

1、建立建筑垃圾双线式并联分类和制备再生骨料的自动处理系统，突破了建筑垃圾中的砖、灰沙以及混凝土块并行处理的技术关键，实现了高效率运作，提高了再生骨料的纯度。

2、综合考虑节能环保和制作成本，提出了由 100% 建筑垃圾再生骨料生成混凝土和干混砂浆的最优配比，获得高性能、低成本再生混凝土的产业化生产技术，克服目前再生混凝土功能成本比值较低的缺点。

### 四、技术推广应用情况

本项技术已成功应用于建筑垃圾的综合回收利用，生产出再生骨料混凝土和干混砂浆、再生混凝土环保砖、砌块和再生混凝土轻质隔墙条板等多种环保建材、制品和构件，并实施了产业化应用。广泛应用在市政道路工程、水利工程、高档居住小区、高层建筑等。如深圳大运场场馆、深圳北理莫斯科大学、深圳地铁等项目。

### 五、实际应用案例

案例名称	上海黄金交易所深圳运营中心轻质隔墙工程
业主单位	中建一局集团建设发展有限公司
工程地址	深圳市福田区民田路西侧
工程规模	20000m <sup>2</sup>
项目投运时间	2019 年 5 月 30 日
验收情况	建设中

工艺流程	轻质墙板生产按企业标准，安装按行业标准
主要工艺运行和控制参数	按行业标准验收
关键设备及设备参数	地拖式墙板成型机
污染防治效果和达标情况	无污染
二次污染治理情况	企业环境达标
投资费用	造价与原生材料相当
运行费用	
能源、资源节约和综合利用情况	墙板生产过程原生材料替代率 100%，墙板安装过程减少全部批档工艺，可节省批档砂浆，直接抹灰。增大使用面积 3%-5%。

---

## 16. 建筑垃圾原位处置成套工艺技术

技术依托单位：北京建工资源循环利用投资有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：处置规模 50-100 万吨/年的建筑垃圾原位处置。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

建筑垃圾原位处置采用“二级破碎+五级筛分+多级分选（人工手选+振动风选+多级磁选）”工艺。人工预分选物料经一级破碎后回收-10mm 还原土；+10mm 物料经人工手选、磁选除杂除铁后经二级破碎、磁选分级成+25mm 和-25mm 两种物料；+25mm 物料经振动风选、人工手选除杂后，其中+31.5mm 物料返回二级破碎，得到 25-31.5mm 再生骨料；-25mm 物料经筛分除杂后得到 0-5mm、5-10mm、10-25mm 再生骨料。原料粒度要求小于 1000mm，不能混有生活垃圾、危废；一破、二破出料粒度分别小于 250mm、100mm；骨料粒级一般为上述四种可调。

### 二、主要技术指标

建筑垃圾原位处置 50-100 万吨/年，资源化率大于 95%，骨料含杂率小于 0.2%。

### 三、技术特点

开发建筑垃圾原位处置模式及“二级破碎+五级筛分+多

级分选（人工手选+振动风选+多级磁选）”处置工艺，结合自主研发设计的破碎和分选除杂设备，实现建筑垃圾的无害化、减量化和资源化。

#### 四、技术推广应用情况

该技术在国内得到了较为广泛的应用和推广，目前公司在全国落地处置项目 18 个，分别在北京、上海、无锡、河北等地，年处置建筑垃圾量达到 1000 万吨。

#### 五、实际应用案例

案例名称	北京市朝阳区建筑垃圾资源化处置全封闭配套设施项目
业主单位	北京建工资源循环利用投资有限公司
工程地址	北京市朝阳区孙河乡
工程规模	处置建筑垃圾 48 万吨/年
项目投运时间	2017 年 04 月
验收情况	该项目为公司自有项目，验收单位：北京建工资源循环利用投资有限公司，验收时间：2017 年 03 月，验收结论：项目基本落实环评批复要求，粉尘防治通过采取上料区域设置防尘棚；破碎设备钢平台采用彩钢板进行封闭；筛分设备筛体设置密封罩；落料点采用喷雾抑尘及射雾器抑尘相结合方式；主要粉尘产生点位设置布袋除尘器等多种方式防止粉尘外溢，最终处置工艺粉尘有组织排放小于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足国家相关规范要求。噪音防治通过对自身机械噪声大的设备采用封闭房间隔绝噪声；各转载溜槽采用溜槽内部铺设橡胶衬垫加耐磨锰钢板、外部包裹三层 30mm 厚橡塑海绵等措施使处置工艺场界噪声小于 70dB (A)，符合 GB12523-2011 建筑施工场界环境噪声排放标准。项目整体资源化率可达 95% 以上，骨料含杂率控制在 0.2% 以下，满足二级公路重交通及以下等级道路基层使用要求，分选出的轻物质如塑料、



	木头等可进行二次消纳利用。经验收合格，同意该项目主体工程正式投入运行。
工艺流程	该案例工艺流程为：铲车将预分拣、预除土后的建筑垃圾上料至板式给料机，给入一级破碎机中，破碎至-150mm；-150mm 的建筑垃圾首先要经过人工挑拣大于600mm 的钢筋；挑拣完的建筑垃圾经输送机运至 10mm 除土筛，筛下土作为还原土用；+10mm 的建筑垃圾由输送机运至人工分选皮带，先经吊带除铁器除铁，人工分选将大块的钢筋、可燃衍生物、岩棉、玻璃棉、装修垃圾、危险物等；人工分选后的建筑垃圾经过二级破碎机破碎至-31.5mm；二破后的建筑垃圾经过吊带式除铁器除铁，后进入 25mm 分级筛，+25mm 建筑垃圾进入振动风选机，去除轻物质；-25mm 建筑垃圾经振动给料机给入负压分选机中去除细粒度的轻物质；经振动风选除杂后的建筑垃圾出料输送机设置人工手选位，挑拣木棒、钢筋等杂质，后经 31.5mm 检查性筛分，将+31.5mm 的大块物料返至二破循环破碎，25-31.5mm 作为再生骨料；经负压风选后的物料运至 10mm 的分级筛，筛下经输送机转运至 5mm 分级筛，分别得到 0-5mm、5-10mm、10-25mm 再生骨料。
主要工艺运行和控制参数	原料粒度要求为-600mm，不能混有生活垃圾、危废；一破、二破出料粒度分别为-150mm、-31.5mm；振动风选送风频率 50Hz，风量约 20000m <sup>3</sup> /h；再生骨料四种粒级 0-5mm、5-10mm、10-25mm、25-31.5mm。
关键设备及设备参数	双齿辊式破碎机入料量 Q=150t/h，入料粒度-600mm，出料粒度-150mm，电机功率 92kW；反击式破碎机入料量 Q=126.94t/h，入料粒度-150mm，出料-40mm，电机功率 160kW；振动风力分选机入料 Q=51.03t/h，粒度-25mm，电机功率 12.5kW。
污染防治效果和达标情况	规模消纳建筑垃圾约 50 万吨/年，资源化率可达 95%以上，骨料含杂率控制在 0.2%以下，满足二级公路重交通及以下等级道路基层使用要求，分选出的轻物质如塑料、

	木头等可进行二次消纳利用。
二次污染治理情况	建筑垃圾资源化处置会产生一定的粉尘和噪音。处置工艺场界噪声小于 70dB (A)，符合 GB12523-2011 建筑施工场界环境噪声排放标准；处置工艺粉尘有组织排放小于 20mg/m <sup>3</sup> ，满足国家相关规范要求。
投资费用	2990.03 万元
运行费用	电耗 2.90 元/t，人工成本 6.23 元/t，设备维修保养及折旧 11.32 元/t（其中折旧费 10.13 元/t），运输装车 2.95 元/t，其他 2.45 元/t，合计 25.85 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	建筑垃圾无害化、资源化利用。

---

## 17. 建筑垃圾小型模块化处理工艺及设备

技术依托单位：北京建工资源循环利用投资有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：处置规模 20-50 万吨/年的建筑垃圾处置。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

建筑垃圾小型模块化处置工艺为：预分拣物料经一级破碎、人工手选除杂后再经二级破碎、磁选、筛分后得到 0-10mm、10-20mm、+20mm 再生骨料。

原料粒度要求小于 600mm，不能混有生活垃圾、危废；一破、二破出料粒度分别小于 150mm、50mm；骨料粒级一般为上述三种可调。

### 二、主要技术指标

建筑垃圾原位处置 20-50 万吨/年，资源化率大于 95%，骨料含杂率小于 0.2%。

### 三、技术特点

开发建筑垃圾小型模块化处置模式及处置工艺，结合自主研发设计的破碎设备，实现建筑垃圾的无害化、减量化和资源化。

### 四、技术推广应用情况

该技术在国内外得到了较为广泛的应用和推广，目前公司

在全国落地处置项目 7 个，年处置建筑垃圾量达到 200-300 万吨。

### 五、实际应用案例

案例名称	海淀区四季青建筑垃圾资源化处置中心项目
业主单位	北京市海淀区四季青镇宝山村民委员会 北京市海淀区四季青镇双新村民委员会
工程地址	北京市海淀区四季青镇
工程规模	处置建筑垃圾 24 万吨/年
项目投运时间	2018 年 08 月
验收情况	<p>该项目为公司自有项目 验收单位：北京建工资源循环利用投资有限公司 验收时间：2018 年 6 月 验收结论：项目基本落实环评批复要求，粉尘防治通过采取上料区域设置防尘棚；破碎设备钢平台采用彩钢板进行封闭；落料点采用喷雾抑尘及射雾器抑尘相结合方式抑尘；最终处置工艺粉尘有组织排放小于 20mg/m<sup>3</sup>，满足国家相关规范要求。噪音防治通过对自身机械噪声大的设备采用封闭房间隔绝噪声；各转载溜槽采用溜槽内部铺设橡胶衬垫加耐磨锰钢板、外部包裹三层 30mm 厚橡塑海绵等措施使处置工艺场界噪声小于 70dB (A)，符合 GB12523-2011 建筑施工场界环境噪声排放标准。项目整体资源化率可达 95% 以上，骨料含杂率控制在 0.2% 以下，满足二级公路重交通及以下等级道路基层使用要求，分选出的轻物质如塑料、木头等可进行二次消纳利用。经验收合格，同意该项目主体工程正式投入运行。</p>
工艺流程	<p>该案例工艺流程为：建筑垃圾经通过铲车或挖掘机将预分拣后的建筑垃圾上料到处置线的料斗，料斗下方为链板输送机，输送机将物料运输至振动给料机（带筛分除土功能），收集可再次利用的还原土；输送机将经过振动</p>

	<p>给料机的物料运输至齿辊式破碎机，破碎至-150mm；-150mm 的建筑垃圾通过振动给料机给入人工分选房间，人工分选将轻物质（木材、塑料、橡胶、泡沫、纤维织物等）、危险物质及衍生燃料等挑拣出；人工分选后的建筑垃圾经过反击式破碎机破碎至-40mm；-40mm 的建筑垃圾经过永磁吊带式磁选机除铁，后进入双层振动筛；最终得到 0-10mm 再生骨料、10-20mm 再生骨料、+20mm 再生骨料。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>原料粒度要求为-600mm，不能混有生活垃圾、危废；一破、二破出料粒度分别为-150mm、-20mm；再生骨料三种粒级 0-10mm、10-2mm、+20mm。</p>
关键设备及设备参数	<p>入料给料机处理能力 60-90t/h（变频可调，50Hz 对应 70t/h），振幅 6-8mm；双齿辊式破碎机入料量 Q=50-150t/h，入料粒度-600mm，出料粒度-150mm；反击式破碎机入料量 Q 不低于 80t/h，入料粒度-200mm，出料-40mm。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>规模消纳建筑垃圾约 24 万吨/年，资源化率可达 95%以上，骨料含杂率控制在 0.2%以下，满足二级公路重交通及以下等级道路基层使用要求，分选出的轻物质如塑料、木头等可进行二次消纳利用。</p>
二次污染治理情况	<p>建筑垃圾资源化处置会产生一定的粉尘和噪音。处置工艺场界噪声小于 70dB（A），符合 GB12523-2011 建筑施工场界环境噪声排放标准；处置工艺粉尘有组织排放小于 20mg/m<sup>3</sup>，满足国家相关规范要求。</p>
投资费用	2000 万元
运行费用	<p>水电费用 2.50 元/t，机械费用 6.58 元/t，人工费用 3.82 元/t，劳保保险费用 0.17 元/t，停工费用 0.87 元/t，合计 13.94 元/t。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>建筑垃圾无害化、资源化利用。</p>

---

## 18. 大型多级液压往复翻动式炉排生活垃圾焚烧技术

技术依托单位：苏州吴江光大环保能源有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：固体废物处理处置。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

垃圾经推料器到达炉排干燥段，通过滑动炉排和翻动炉排翻动垃圾实现垃圾干燥、燃烧分解、燃烬，达到充分燃烧。烟气经上部炉膛在 850℃ 以上停留 2s 以上后采用“SNCR 炉内脱硝+半干法脱酸+干粉喷射+活性炭吸附+袋除尘”工艺净化达标排放，渗滤液处理达标后回用或排放，炉渣综合利用。垃圾热值 4180kJ/kg-9200kJ/kg，设计垃圾热值 7536kJ/kg；设计年累计运行时间大于 8000h；炉排热负荷（MCR）515kW/m<sup>2</sup>；炉排机械负荷（MCR）251kg/m<sup>2</sup>；炉排更换率每年不大于 5%。

### 二、主要技术指标

1、通过炉温超过 850℃/2s 的技术工艺，可以去除垃圾焚烧中产生的二噁英，从而达标排放，若无此技术将大量产生二噁英等有害物质；

2、垃圾焚烧产生的 SO<sub>2</sub> 等气体可通过石灰制浆系统的石灰浆与 SO<sub>2</sub> 进行中和反应，最终烟气检测达标排放，最大

程度上减少硫化物对大气的污染；

3、活性炭系统可将烟气中的其他有毒有害气体吸附处理，从而可以使烟气中其他微量元素进行处理吸收，有效的提高了烟气的净化程度，从而实现节能减排的目的。

### 三、技术特点

吴江项目运用的焚烧炉是光大自主研发的首台 750t/d 大容量生活垃圾焚烧炉，是完全自主研发、具有自主知识产权的垃圾焚烧领域国产重大核心装备，该焚烧炉是我国单台日处理生活垃圾最大容量的焚烧炉，填补了国产大容量垃圾焚烧装备的空白，打破了国外技术垄断。

### 四、技术推广应用情况

2016 年，苏州吴江光大环保能源有限公司两台 750T/D 垃圾焚烧炉投入运行，年处理生活垃圾 60 万吨。

2017 年，光大环保能源（杭州）有限公司，四台 750T/D 生活垃圾焚烧炉投入运行。

2017 年至今该炉型已在多家公司和地区应用，运行情况良好。

### 五、实际应用案例

案例名称	苏州吴江光大环保能源有限公司光大集团自主研发的大型 750 吨焚烧炉排炉，具有自主知识产权，独特的设计炉排工艺，有利于垃圾在炉床上的快速完全燃烧。
业主单位	苏州吴江光大环保能源有限公司
工程地址	苏州市吴江区太湖新城汤华村（苏同黎公路西侧）
工程规模	两台自主研发的 750 吨焚烧炉排炉，占地面积约 90 亩，

	投资约 8.89 亿元，年处理生活垃圾 60 余万吨。
项目投运时间	2016 年 09 月 08 日
验收情况	<p>系统自动化程度高，控制能力强：焚烧炉燃烧系统配备先进的 ACC 自动燃烧控制系统，可结合燃烧工况自动调整风量配比和炉排运动频率和速度，实现全自动燃烧控制；</p> <p>单元可控性强：每个单元焚烧炉排组都有各自的液压调节机构，能够独立完成对垃圾的移动、翻动功能，每组炉排的速度和频率可单独控制，可以低热值的垃圾在炉排上充分燃尽；</p> <p>材质性能高：炉排片含有独家配方的高 Cr、Ni 等合金元素配方的合金铸钢。炉排片具有耐高温、耐腐蚀、耐磨损的优良性能，同时又有足够的机械强度、刚度及使用寿命；</p> <p>燃烧效果好：由于有独特的翻动炉排设计，垃圾搅拌性能好，使得垃圾燃尽率高，炉渣热灼减率<math>\leq 2\%</math>，吨垃圾发电能力强，可以使吨垃圾发电量提高 10%；</p> <p>机械性能强：炉排承载设计余量大，机械负荷调节范围大，达 60%-120%，可连续保持 24 小时超机械负荷 110%，2 小时内最大可达 120%；</p> <p>稳定性强：设备主要液压系统和燃烧系统使用国际一线进口品牌，炉排轴承全部使用无油自润滑轴承，系统故障率低，运行稳定可靠，年运行时间达 8000h 以上；</p> <p>炉膛优化：根据本项目的热值及垃圾成分，利用 CFD 对炉膛结构、二次风配风进行优化，使炉膛内烟气燃烧充分，氮氧化物生成量低，减少炉膛内的结焦现象，保证连续稳定安全运营；</p> <p>配风优化：为了保证风室内一次风送风的均匀性，对焚烧炉下一次风风室进行了 CFD 模拟优化，风室内增加的导流板，使一次风风室的出风口风量的横向、纵向偏差不超过 4%，以保证垃圾料层焚烧时配风均匀性，降低风机能耗。</p>



主要工艺运行和控制参数	焚烧炉、余热锅炉、汽轮机、发电机、升压变、渗滤液处理系统等；运行主要控制参数：主汽温度 385-400℃，主汽压力 3.75-3.95MPa，锅炉蒸发量<80t/h，焚烧残渣热灼减率<3%，烟气在炉膛温度 850℃停留时间>2S，进炉垃圾低位热值 4500-8000kJ/kg；烟气控制指标：HCl 10mg/Nm <sup>3</sup> ，SO <sub>2</sub> 50mg/Nm <sup>3</sup> ，NO <sub>x</sub> 200 mg/Nm <sup>3</sup> ，CO 100 mg/Nm <sup>3</sup> ，TSP 10mg/Nm <sup>3</sup> 。
关键设备及设备参数	750 吨垃圾焚烧炉排炉，单台日均处理垃圾 750 吨，配备余热锅炉一套，余热锅炉蒸发量 73t/h，配备液压站、以及烟气处理工艺。
污染防治效果和达标情况	烟气主要控制的部分：SO <sub>2</sub> 、CO、HCL、二噁英、粉尘等；飞灰重金属、排污水等。
二次污染治理情况	二次污染部分：排污水、噪音、烟气排放、垃圾渗滤液、炉渣以及飞灰等；控制部分：排污水经管网到市污水处理厂进行处理，噪音通过增加玻璃厚度以及调整运行方式来降低，垃圾渗滤液通过渗滤液站的工艺将渗滤液转换成合格的水进行二次利用，炉渣通过招标的形式外卖进行制砖等，飞灰通过进行整合处理拉到填埋场进行填埋处理。
投资费用	该工程总投资 88900 万元：其中工程基础设施建设费用 20750 万元，设备投资费用 24200 万元。
运行费用	2017 年 3 月运行成本 752.39 万元，明细如下： 1、物耗费：164.57 万元； 2、能耗费：2.42 万元； 3、人员工资：80.65 万元； 4、设备折旧：195.87 万元； 5、维修费：29.05 万元； 6、其他费用：279.83 万元。
能源、资源节约和综合利用情况	根据目前光大吴江能源有限公司年处理垃圾 60 万吨计算，每年垃圾焚烧后减量约 120 万 m <sup>3</sup> ，按照目前填埋场的实际情况，每年可大约节约土地 300 亩，这样不仅可以使资源得到有效利用，还可最大程度上降低对土地的

破坏；每年可产生 12 万吨左右的炉渣，这部分炉渣被用作制作砖等副产物产品，从而可大幅度减少制砖单位对土壤的用量，每年可减少对土壤的用量大约 10 万吨，从而更好的利用资源；每年可产生渗滤液 6 万吨，这部分渗滤液通过一系列的工艺处理，产生浓水 2 万吨，这部分水用作石灰制浆用，另外产生约 3 万吨清水再回到冷却塔继续使用，从根本上做到零排放，在一系列处理工艺过程中可产生 130 万  $m^3$  的沼气再回到锅炉燃烧利用，从而可以做到零排放，最大限度的利用这部分资源；由于渗滤液经过一系列的工艺后将水资源充分利用，可以在最大程度上减少对原水的消耗，每年原水的消耗量仅 100 万  $m^3$  左右。

---

## 19. 铝塑复合包装废物湿法连续分离技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：单线生产规模 20 万吨/年纸塑铝复合包装循环再生利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

纸塑铝复合包装材料经输送系统计量后送到转鼓破碎机，高浓状态下将废浆料与铝塑膜分离。分离出的铝塑膜送铝塑分离车间进一步处理。分离出的废浆料经过除渣、分离，净化后在造纸工段上网、压榨脱水、烘干后产出再生低碳牛皮纸。重质离心除渣分离出的渣为吸管及折角，旋鼓式离心机分离出渣为<5mm 铝塑渣，精筛净化分离出的渣为<3mm 铝塑渣和由纸塑分离车间分离出来的铝塑原料通过输送系统计量后进入全封闭反应罐，按照一定的固液比加入铝塑分离剂，并通过蒸汽加热，有效降低铝塑间的结合力，反应罐转动不断剥离铝箔薄片和塑料薄片。塑料经清洗脱水处理后造出再生塑料颗粒打包入库，铝箔薄片送至净化系统后经重力脱水和甩干干燥后真空包装入库。

### 二、主要技术指标

纸塑铝复合包装材料经高浓碎浆处理后，除去 98% 的纸

浆，剩余的铝塑复合材料经加温反应，除去 99%的铝箔，处理后的再生牛皮纸、再生塑料颗粒、再生铝箔纯度均≥95%。

### 三、技术特点

集成纸塑铝复合包装材料重质分离、离心分选、浓度平衡、真空脱水、逆流漂洗、气流烘干以及多级过滤等关键技术，实现纸塑铝复合包装循环再生利用的无害化、减量化和资源化。

### 四、技术推广应用情况

2010 年，杭州富伦生态科技有限公司处理纸塑铝复合包装生产线年产能 10 万吨达产运行。

2019 年，杭州富伦生态科技有限公司处理纸塑铝复合包装生产线年产能 40 万吨（一期 20 万吨）达产运行。

### 五、实际应用案例

案例名称	杭州富伦生态科技有限公司 40 万吨（一期 20 万吨）纸塑铝复合包装废物分离回收项目
业主单位	杭州富伦生态科技有限公司
工程地址	浙江省杭州市富阳区灵桥镇光明村
工程规模	处理纸塑铝复合包装废物 20 万吨/年
项目投运时间	2019 年 8 月
验收情况	验收单位：杭州市富阳区环境保护局 验收时间：2019 年 8 月 1 日 验收结论：项目基本落实环评批复要求，经验收合格，同意该项目主体工程正式投入运行。
工艺流程	该技术主要包括纸塑分离、铝塑分离、污水处理、废气处理等四部分：

	<p>1、纸塑分离部分：纸塑铝复合包装废物经输送系统计量后送到转鼓破碎机，高浓状态下将废浆料与铝塑膜分离。分离出的铝塑膜送铝塑分离车间进一步处理。分离出的废浆料经过除渣、分离、净化。</p> <p>2、由纸塑分离车间分离出来的铝塑原料通过输送系统计量后进入全封闭反应罐，按照一定的固液比加入铝塑分离剂(反应浓度为9%)，并通过蒸汽加热到50℃左右，有效降低铝塑间的结合力，反应罐转动不断剥离铝箔薄片和塑料薄片。塑料经脱水处理后打包入库，铝箔薄片送至净化系统后经重力脱水和甩干干燥后真空包装入库。</p> <p>3、废水处理：企业自建污水处理站对各种废水进行达标预处理，其工艺采用“中和沉淀+IC厌氧”的预处理工艺，综合(含造纸废水)采用“一级物化+兼氧水解+好氧生化+二级物化”的处理工艺处理出水实现部分中水回用，部分废水达污水厂入网控制标准后，纳入市政污水管网，最终由大源污水处理厂集中处理后排放大源溪。</p> <p>4、废气处理：分为纸塑分离车间废气处理(主要为热量回收)，“一级喷淋+热回收”；铝塑分离车间废气处理，“二级喷淋+低温等离子+活性炭吸附+布袋除尘”；污水池恶臭废气处理，“二级喷淋+光催化氧化”。</p>
主要工艺运行和控制参数	纸塑铝复合包装废物经过纸塑与铝塑分离过程中，通过对分离温度、压力及浓度等控制，实现纸塑铝分离，纯度≥95%。
关键设备及设备参数	3500型转鼓式碎浆机，设计处理能力400t/d，温度25度，转速20r/min；高浓碎浆机，设计能力300t/d，温度25度，转速350r/min；铝塑反应釜，设计能力300t/d，温度50-90度；3600型低碳造纸机，设计生产能力3.24万吨高级牛皮纸，车速350m/min；L180-L160造粒机组，单组设计能力15t/d，温度150-300度；1200型铝粉烘干机，设计生产能力3t/d，温度450度；好氧处理系统，设计处理能力4500m <sup>3</sup> /d。
污染防治	废水经水处理系统处理后，去除了废水中97%以上的

效果和达标情况	COD、氨氮、总氮等，废水中 COD 含量小于 100mg/L，废水纳管排放执行富阳新盈嘉水务有限公司大源镇污水处理和再生水利用工程入网水质控制指标；富阳新盈嘉水务有限公司大源镇污水处理和再生水利用工程尾水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准（优于 GB3544-2008 特排标准）。
二次污染治理情况	<p>纸塑铝复合包装废物分离过程中，污水处理最终符合：《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准（优于 GB3544-2008 特排标准）。</p> <p>废气处理符合如下标准：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、粉尘排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)。</li> <li>2、甲酸废气排放符合《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2.1-2007) 中车间空气中有害物质的短时接触容许浓度执行。</li> <li>3、熔融造粒废气排放标准执行《合成树脂工业污染物排放标准》(GB31572-2015) 特别排放限值。</li> <li>4、厂区内 VOCs 无组织排放限值执行《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB37822-2019) 附录 A 规定的特别排放限值。</li> <li>5、天然气锅炉烟气排放执行杭州市地标《锅炉大气污染物排放标准》(DB3301/T0250-2018)。</li> <li>6、恶臭污染物排放执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 二级标准。</li> </ol>
投资费用	11300 万元
运行费用	电耗 650 元/t，汽耗 400 元/t，污水成本 40 元/t，化学辅料 300 元/t，人工成本 260 元/t，制造费用 670 元/t（其中折旧费 420 元/t），合计 2320 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	纸塑铝复合包装废物资源化、无害化、减量化。

---

## 20. 纸塑铝复合包装材料精准分质再生利用技术

技术依托单位：漳州市陆海环保产业开发有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于废纸、纸/塑/铝复合包装材料、淋膜纸、一次性口杯纸等。再生纸浆主要应用于鞋板纸、箱板纸、手巾纸、拷贝纸、包装纸等纸制品生产企业。再生塑料颗粒广泛应用于吹膜、电缆料、管材、家电、汽车等行业。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

纸塑铝复合包装材料经水力疏解，通过黏附破坏、内聚破坏和被粘物破坏的方式分离提取出再生纸浆；再根据相似相溶原理，采用碱液浸透湿法配合机械破坏法分离铝塑复合材料中的铝和塑；最后通过加热加压方式，得到再生塑料颗粒。

再生纸浆叩解度大于 75%原料纸，依据国家标准：GB/T 3332-1982 浆料打浆度的测定法(肖伯尔-瑞格勒法)，用液压式打浆度测试仪进行测试；

再生塑料颗粒灰分小于 5%，用塑料灰分测定仪进行测试。

### 二、主要技术指标

再生塑料颗粒灰分含量小于 3%，塑料中含铝量小于

0.05%，再生纸浆杂点（30\*50cm）于小 20 处。

### 三、技术特点

1、采用物理方法—水力疏解法对纸塑铝复合包装材料中的纸浆纤维通过黏附破坏、内聚破坏和被粘物破坏的方式，高效分离提取出再生纸浆。

2、根据相似相溶原理，采用碱液浸透湿法配合机械破坏法分离铝塑复合材料中的铝和塑，实现了复合包装材料中塑料回收利用。

### 四、技术推广应用情况

本技术在陆海环保应用成熟，形成了规模化、规范化批量处理。该项目已建成年处理量达到 30000 吨的废弃软饮料包装材料及铝塑复合膜边废料的综合回收系统，回收利用率大于 90%，具有明显的环境效益和社会效益。

### 五、实际应用案例

案例名称	陆海环保关于年设计精准分质再生利用 3 万吨纸塑铝复合包装材料的项目
业主单位	漳州市陆海环保产业开发有限公司
工程地址	福建省漳州市华安县闽台农业开发区
工程规模	设计处理 3 万吨废纸塑铝复合包装材料
项目投运时间	2015 年 12 月
验收情况	验收单位：漳州市科学技术局 验收时间：2016 年 1 月 10 日 验收结论：1、项目组所提供的评审材料齐全，符合评审要求。2、该项目自主研发出渗透软化剂和配套的缓蚀剂，既可有效地软化胶粘层，又可降低铝粉发生化学反应，



	<p>该渗透软化剂及缓蚀剂能在常温、常压下使用，无毒性；研制出自动化程度较高的连续式纸塑分离及铝塑分离生产线，获得国家授权实用新型专利 6 件，具有创新性。3、该项目已建成年处理量达到 80000 吨的废弃软饮料包装材料及铝塑复合膜边废料的综合回收系统，回收利用率大于 90%，具有明显的环境效益和社会效益。经有关权威部门检测，再生塑料颗粒灰分含量小于 3%，塑料中含铝量小于 0.05%，再生纸浆杂点（30*50cm）于小 20 处，铝塑分离效果明显。</p> <p>综上所述，专家组一致认为，该项目在综合回收技术方面达到国内领先水平。</p>
<p>工艺流程</p>	<p>该技术主要包括纸塑分离、铝塑分离、塑料造粒三部分。</p> <p><b>1、纸塑分离：</b>包括破浆精选和洗涤浓缩两个模块，设计了独有的转鼓式水力碎浆机，采用连续式的进出料方式，利用产品自身重量进行水力碎浆，严格控制设备剪切力，保障再生纸浆的原有品质；分离出来的纸浆进入下一道洗浆压缩模块，通过对纸浆的去粗提纯、清洗压缩挤干等工序将纸浆高效回收；本技术还通过连续式地重力浮选和“微气泡”浮选共同作用选，来实现废旧碎渣的分选，提高塑料碎膜的回收利用率。去除纸浆后剩下的铝塑膜将输送至铝塑分离工艺系统。</p> <p><b>2、铝塑分离：</b>包括料膜药泡、料膜清洗及挤干分选，铝塑膜在反应池中经自主研发出的渗透软化剂和缓蚀剂的作用下，生成铝盐，再经三道清洗设备对料膜进行清洗，通过机械外力使铝箔与塑料膜分离，清洗后的塑料薄膜经过双向螺杆的机械外力作用下挤干、热风风选后直接送入薄膜造粒系统得到再生塑料颗粒。</p> <p><b>3、塑料造粒：</b>主要是通过连续熔体过滤造粒和双阶造粒，将塑料膜采用喂料螺杆进行预压缩，使物料压实，再送入造粒机进行造粒；然后再用可调高温熔融挤出设备将熔融后的塑料挤压拉丝成条状半成品，最后自动切粒收集，实现复合包装塑料薄膜连续、高效的造粒，生产出再生塑料颗粒。</p>

主要工艺运行和控制参数	<p>1、散包工序：控制设备正常开机每钟 10-20 转左右。</p> <p>2、碎浆工序：系统设备变频器正常开机 45-50hz。</p> <p>3、收浆工序：挤浆系统控制电流 50-60mA，打浆系统电流控制 150-200mA,控制纸浆的回收浓度。</p> <p>4、造粒工序：造粒设备系统电流控制 100-200mA。</p>
关键设备及设备参数	<p>1、散包机：45KW</p> <p>2、转鼓式水力碎浆机：90KW</p> <p>3、挤干机：45kW</p> <p>4、打浆机：110Kw</p> <p>5、造粒机：90KW</p>
污染防治效果和达标情况	<p><b>资源化利用产品：</b>符合下游客户的需求与企业标准（再生原料属于非标产品）。</p> <p><b>废水：</b>生产废水治理后 95%以上回用于生产，其余与生活废水达到 GB8978-1996 一级标准排放。</p> <p><b>废气：</b>通过废气处理系统治理后，经 15m 排气筒高空达到 DB35/1782-2018 标准有组织排放。</p> <p><b>噪声：</b>厂界噪声低于 GB12348-2008 标准。</p> <p><b>固废：</b>一般固废交由相关单位处理；危险固废委托资质单位处理。</p>
二次污染治理情况	<p><b>废水：</b>通过分析工业废水成分特性，采用分质分流+分段处理+分级回用方式处理，95%以上回用于生产，其余与生活废水达标排放。</p> <p><b>废气：</b>主要来源于造粒时产生的，主要大气污染物为非甲烷总烃、颗粒物。通过在所有造粒机、挤出机上方分别配套集气罩收集系统，通过配套喷淋除尘+组合净化过滤器+活性炭吸附装置，达标处理。</p> <p><b>固废：</b>通过改进散包、跳筛、风选等工艺，减少包装铁丝、原材料中的其他杂质；改进纸塑处理工艺，减少尾渣的产生；改进造粒工艺，减少更换下来的铁丝过滤网，回收自主处理。新增压滤机等，改进污水处理设施，减少污泥，运送至砖厂制砖。危险固废（主要是废机油和活性炭）委托资质单位处理。</p>
投资费用	<p>1、纸塑分离成套设备：约 327 万元</p>

	<p>2、铝塑分离成套设备：约 367 万元</p> <p>3、配套环保处理系统（废水和废气处理系统）：约 368 万元</p> <p>4、其他公用设施：约 1780 万元（包含用地、厂房、仓库、消防等）</p> <p><b>以上合计：2842 万元</b></p>
运行费用	<p>工程运行的基本成本费用：回收处理每吨废弃复合包装材料约需 1850 元，包括：辅料、能耗、人工、折旧摊销、维保、物流、环保、管理等的费用。其中，纸塑分离生产出再生纸浆的运行费用约需 500 元/吨;铝塑分离生产出再生塑料颗粒的运行费用约需 1350 元/吨。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>据测算，每回收分解再生 1 吨废弃复合包装材料，相当于节约 0.8 吨石油，少砍 12 棵参天大树，减少 3 吨二氧化碳的排放。本项目设计年处理 3 万吨废旧纸塑铝复合包装材料，就相当于节约 2.4 万吨石油，少砍 36 万棵参天大树，减少 9 万吨二氧化碳的排放。</p>

---

## 21. 生活垃圾机械生物预处理和水泥窑协同处置技术

技术依托单位：华润环保工程（宾阳）有限公司、华新水泥股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水泥窑协同处置生活垃圾（掺加生活垃圾质量不超过入窑物料总质量的30%），配套单线熟料生产规模 $\geq 3000\text{t/d}$ 的新型干法水泥窑。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1.原生垃圾破碎后进入储坑进行静态好氧发酵，然后送入挤压脱水机脱水，脱水垃圾打散后进入储坑短期储存，最后经带式计量给料机及管状带式输送机送入热盘炉焚烧，焚烧产生的烟气和细颗粒物进入分解炉高温分解，焚烧炉渣进入回转窑煅烧成水泥熟料。除尘后的窑尾废气和脱氯后的旁路放风烟气从烟囱达标排放，臭气、渗滤液处理达标排放，渗滤液处理产生的浓缩液和污泥送入窑内焚烧。

2.原生垃圾破碎后进入垃圾缓冲池进行生物干化，然后二次破碎送入两级风选系统，风选后重物料进入惰性物料仓，轻物料进入60mm滚筒筛，筛上物送入破碎机循环破碎，筛下物进入垃圾衍生燃料（RDF）储仓。RDF经水泥窑头烟气烘干后送至分解炉燃烧。烘干产生的湿热气送入蓖式冷却

---

机，然后以二次风和三次风的形式送入回转窑和分解炉。惰性物料送入水泥窑作为生料进行煅烧，臭气、渗滤液处理达标排放。垃圾生物干化时间 15d-20d，干化后垃圾含水率 10%-30%；一次破碎粒径 250mm，二次破碎粒径 75mm；RDF 热值 2100kcal/kg-3500kcal/kg。

## 二、主要技术指标

单条线垃圾总处理规模 300t/d，热盘炉单台处理能力 300t/d。水泥熟料性能满足《硅酸盐水泥熟料》(GB/T 21372) 要求。

## 三、技术特点

1.利用热盘炉作为焚烧设备，炉内温度高，燃烧充分；采用破碎+好氧生物发酵+机械挤压脱水预处理工艺，降低了入炉垃圾水分，提高了垃圾热值。

2.对于高含水、复杂形态、大尺寸的 RDF 处置技术优势突出，节煤效果突出；处置系统稳定，对水泥产品质量影响小。

## 四、技术推广应用情况

线路一：广西华润红水河水泥有限公司利用水泥窑协同处置城乡生活垃圾项目，日处理量 300t。

线路二：武汉市生活垃圾预处理及水泥窑资源综合利用一体化项目，日处理城市生活垃圾 1000t。

## 五、实际应用案例

路线一：

案例名称	广西华润红水河水泥有限公司利用水泥窑协同处置300t/d 城乡生活垃圾项目
业主单位	广西华润红水河水泥有限公司
工程地址	广西华润红水河水泥有限公司 3200t/d 新型干法水泥生产线石灰石预均化库以西，距南宁市城区 89km，距宾阳县城 40km。
工程规模	项目占地面积 18467m <sup>2</sup> ，日处理生活垃圾 300t。
项目投运时间	2015 年 12 月 8 日投入运行
验收情况	项目由广西华润红水河水泥有限公司于 2016 年 8 月 30 号验收通过，各项技术指标均达到设计要求。
工艺流程	<p>1、机械生物法预处理工艺流程</p> <p>由垃圾车运送至预处理车间的原生态垃圾首先卸至垃圾储坑，再由行车抓斗运至破碎机上方的下料斗，经破碎后通过斜槽溜入储坑，经有氧发酵后再由行车抓斗送至脱水机进行挤压脱水，脱水之后的垃圾经打散后落入储坑进行短期储存，再由行车抓斗送至成品喂料仓，经带式调速计量给料机以及管状带式输送机输送至垃圾焚烧车间热盘炉内进行焚烧处理。</p> <p>2、水泥窑协同处置（热盘炉）工艺流程</p> <p>预处理车间的成品垃圾经过管状胶带输送机、三道锁风阀喂入热盘炉系统，汇集高温三次风及部分热生料，在炉膛内进行充分燃烧。热盘炉产生的高温气体、废料燃烧后的灰分、生料和小颗粒的烧结渣等均进入分解炉，少量的较大颗粒烧结渣则由窑尾上升烟道中落下进入回转窑内，再经过回转窑系统煅烧成水泥熟料，重金属有害元素被固溶在熟料里，燃烧后的烟气（含有未燃尽的有机成分等）被送入分解炉，经过分解炉继续对有机成分进行分解或裂解，达到有毒有机物彻底分解，窑尾废气经过收尘系统净化从烟囱排出。</p>
污染防治	协同处理生活垃圾并生产水泥，水泥熟料性能满足《硅

效果和达标情况	酸盐水泥熟料》(GB/T21372)要求。
二次污染治理情况	<p>1、臭气设置除臭系统,排放满足《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)中厂界一级标准值;对于热盘炉焚烧产生的烟气,由于此部分烟气再次经过分解炉,有机成分会被焚毁,由于水泥工业天然的碱性环境,其他酸性气体(SO<sub>2</sub>、HCl等)也会被吸收,对窑尾烟气的排放没有影响。对于旁路放风系统抽出的烟气,经过除氯处理后,送往窑尾大烟囱达标排放。</p> <p>2、渗滤液通过UASB+MBR+纳滤+反渗透的处理工艺,日产日清,出水水质执行《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)中表2限值。水处理达标后进行回用,浓缩液及污泥入窑焚烧,没有外排。</p> <p>3、所有灰渣资源化利用,产品达到《水泥窑协同处置固体废弃物污染控制标准》(GB 30485-2013)要求。</p>
主要工艺运行和控制参数	生活垃圾处理规模300t/d,破碎机处理能力50t/h,脱水机处理能力0.8-1.0m <sup>3</sup> /min,计量输送机能力0-30t/h,热盘炉能力300t/d。
关键设备及设备参数	<p>1、破碎机:50t/h,产出90%粒度小于200mm,功率250kW;</p> <p>2、行车及抓斗:起重量13t,容积8m<sup>3</sup>,功率190kW/台;</p> <p>3、脱水机:0.8-1m<sup>3</sup>/min,功率:45kW;</p> <p>4、定量给料机:0-30t/h,功率5.5kW;</p> <p>5、管状皮带:0-30t/h,功率75kW;</p> <p>6、热盘炉:300t/d,直径6300mm;</p> <p>7、收尘器风量17800m<sup>3</sup>/h;</p> <p>8、风机:风量20000m<sup>3</sup>/h,风压4000Pa,功率75kW;</p> <p>9、冷却风机:风量8000m<sup>3</sup>/h,功率5.5kW;</p> <p>10、除臭系统:18万m<sup>3</sup>/h;</p> <p>11、水处理系统113t/d。</p>
投资费用	土建工程费用3170万元,安装工程费用1126万元,机电设备费用5720万元,其它建设费用1228万元,项目

	总投资 11244 万元。
运行费用	日常运行费用 37.7 元/吨垃圾，折旧与摊销 86.7 元/吨垃圾。
能源、资源节约和综合利用情况	节约煤耗 0.112 吨标煤/吨垃圾，余热发电增加 42.34kWh/吨垃圾，节约原材料 1.2 万吨/年。

路线二：

案例名称	武汉市生活垃圾预处理及水泥窑资源综合利用一体化项目
业主单位	华新环境工程有限公司
工程地址	预处理厂位于武汉市阳逻区陈家冲垃圾填埋场污水处理站东侧，综合利用厂位于黄石市阳新县韦源口镇华新水泥（阳新）有限公司厂区内。
工程规模	日处理城市生活垃圾 1000t（分两期建设，每期 500t/d）
项目投运时间	一期生产线于 2013 年 11 月投运；二期生产线于 2016 年 9 月投运；阳新水泥窑协同处置工程于 2014 年 10 月投运。
验收情况	工程已通过验收。工程验收组织单位为湖北省环境保护厅，验收时间：2016 年 9 月 5 日，验收结论为工程环境保护手续齐全，基本落实了环评及其批复中提出的各项环保措施和要求，主要污染物达标排放，并满足总量控制指标要求，工程竣工环境保护验收合格。
工艺流程	密封垃圾专用车经过磅后进入垃圾预处理厂至垃圾接收池前自卸完垃圾，垃圾接收池内的垃圾经电动双梁抓斗桥式起重机抓入破碎机料斗，用专用破碎机对生活垃圾进行第一次破碎，出料尺寸小于 250mm。经粗碎后的生活垃圾由皮带运输机送入垃圾缓冲池，在缓冲池内的垃圾经电动双梁抓斗桥式起重机抓起送入垃圾生物干化区脱去约 20-30%水分。在生物干化区脱水后的干化垃圾，



	<p>再由电动双梁抓斗桥式起重机抓起放入装料箱将垃圾卸在水平皮带运输机上；水平皮带运输机将垃圾卸在一条倾斜式皮带运输机上，垃圾中大颗粒无机材料将直接滚落至皮带机尾，进入粗颗粒惰性材料储存区，其他垃圾进入二次破碎机；二次破碎机将干化后垃圾破碎后通过一次风选、二次风选，风选后重物料作为惰性材料收集，轻质材料经过二次风选后落在皮带输送机上进入滚筒筛，滚筒筛筛分粒径为 60mm，筛上物大于 60mm，回送至二次破碎机继续破碎，循环进行破碎、风选处理流程。筛下物小于 60mm 粒径作为 RDF 二次衍生燃料，进入 RDF 储库。工艺在全封闭建筑物内进行（维持微负压操作）。在生物干化区和垃圾接收池所产生的垃圾渗滤液，送入污水处理系统处理。预处理厂出来的垃圾二次燃料、惰性材料由密封汽车运至华新阳新厂区的水泥窑生产线作为原燃料处理。二次燃料用窑头余热烟气烘干，烘干过程中产生的臭气和水蒸气进入篦式冷却机的热回收区，再以二次风和三次风的形式经回转窑和分解炉完全燃烧。烘干后的垃圾二次燃料由密闭皮带走廊提升进入窑尾的分解炉后在回转窑内焚烧；其他分拣出来的惰性材料等送入生料磨作为熟料原料。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>一次破碎出料尺寸小于 250mm，二次破碎出料尺寸小于 75mm；生物干化时间 15-20 天；生物干化将垃圾水分降至 10-30%；经过一系列破碎、分选，有效提取生活垃圾中的可燃物质（RDF），其湿基低位热值达到 2100-3500kcal/kg。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>电动双梁抓斗式桥式起重机：多瓣抓斗，8m<sup>3</sup>；电动双梁抓斗式桥式起重机：双瓣板抓斗，8m<sup>3</sup>；破碎机料斗 10m<sup>3</sup>；M&amp;J4000 破碎机：双轴 9 刀；液压式推动卸料箱：6×10m；二次燃料储存库：15×36m。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>协同处理生活垃圾并生产水泥，水泥熟料性能满足《硅酸盐水泥熟料》（GB/T21372）。</p>
<p>二次污染</p>	<p>1、有组织废气：阳逻预处理厂生物干化及接收池产生的</p>

治理情况	<p>恶臭气体及重力分选工序和滚筒筛筛选工序产生的粉尘。恶臭气体含氨、硫化氢，废气收集后经洗涤塔+生物滤池处理，处理后废气经 2 个 40m 高的玻璃钢排气筒外排。预处理厂粉尘经布袋除尘后，废气循环利用至生物干化区，最终经恶臭处理系统后外排。阳新综合利用厂垃圾焚烧后所产生窑尾废气、生料磨车间废气和烘干废气。窑尾废气主要污染因子有烟尘、SO<sub>2</sub>、NO、HCl、Hg、Cd、Pb、二噁英，废气利用原有的布袋除尘器处理，处理后的废气通过 80m 高的窑尾烟囱外排；生料磨车间废气主要污染物为粉尘，利用原有的布袋除尘器处理，处理后的废气通过 15m 高的排气筒排放。烘干过程中产生的臭气和水蒸气进入篦式冷却机的热回收区，再以二次风和三次风的形式经回转窑和分解炉完全燃烧。</p> <p>2、废水：阳逻预处理厂车间消毒用水、生活污水、垃圾渗滤液及臭气塔产生的废水。主要污染物为 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、氨氮、As、Cd、Hg、Pb。其中一期污水处理工艺为“预处理+厌氧系统+一级反硝化池/硝化池+二级反硝化池/硝化池+超滤+膜深度处理”，二期污水处理工艺为“气浮+预处理+厌氧 UASB+外置 MBR 系统（一级反硝化池/硝化池+二级反硝化池/硝化池+外置 MBR 膜）+高级氧化”；一期废水处理能力 70m<sup>3</sup>/d，二期废水处理能力 200m<sup>3</sup>/d，废水处理能力共为 270 m<sup>3</sup>/d。废水经污水处理站处理后，经污水管道至南侧金阳大道与平江大道交汇处的市政污水管网，进入武汉阳逻污水处理厂进行处理。</p>
投资费用	<p>总投资 15000 万元，其中建设投资 14600 万元，包括建筑工程投资 6050 万元，设备投资 6520 万元，安装费 800 万元，其他费用 1230 万元，建设期贷款利息 254 万元，铺底流动资金 146 万元。</p>
运行费用	<p>动力成本 21.09 元/吨垃圾，人工成本 21.25 元/吨垃圾，维护成本 27.27 元/吨垃圾，折旧 30.06 元/吨垃圾，其他 13.36 元/吨垃圾，生产成本合计 113.03 元/吨垃圾；RDF 运输成本 65.23 元/吨垃圾，全成本 178.26 元/吨垃圾。</p>
能源、资源	<p>水泥企业利用本技术大量使用替代原燃料，减少了原煤</p>

节约和综合利用情况	<p>消耗，减少了水泥生产 <math>\text{NO}_x</math> 和温室气体排放，降低了生产运行成本，提高了水泥企业竞争力，为推动我国水泥工业的转型升级发展提供了很好的示范引领。本项目投运至今，已累计处理城市生活垃圾 58.9 万吨，销售垃圾衍生燃料 RDF 27.01 万吨，日处理生活垃圾量占武汉市日生活垃圾总量的 10% 左右。按每吨生活垃圾可分选出 46% 的 RDF，RDF 的热值在 2100~3500kcal/吨计算，每吨 RDF 可替代约 0.3 吨标煤作为水泥窑燃料，可年节约 8 万多吨标煤。以处置 1 亿吨生活垃圾估算，本技术较焚烧发电技术可减排 2500 万吨 <math>\text{CO}_2</math>、52 万吨 <math>\text{NO}_x</math>、6 万吨 <math>\text{SO}_2</math>、减少灰渣 2000 余万吨；较填埋技术可减排 1.07 亿吨 <math>\text{CO}_2</math>、减少土地资源占用 54 万亩。</p>
-----------	--

---

## 22. 污泥低成本原位无害化处理和建材资源化利用技术

技术依托单位：佛山水木金谷环境科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：河道污泥及市政污泥处理及资源化利用。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

- 1、污泥通过泵站运输至筛分设备，先进行泥沙分离，沙子直接用于制砌块，泥浆进入无害化和减量化处理；
- 2、根据前期检测的泥浆中污染物成分，选择性添加重金属固封药剂，实现对污泥无害化处理；
- 3、再通过新型表面活性污泥脱水剂，在对污泥进行适度脱水的同时保持污泥的高度分散性；
- 4、脱水后的污泥通过行星分仓搅拌设备破碎分散；
- 5、污泥微颗粒均匀分散后，将其与建筑垃圾与水泥混合搅拌、成型，制作成免烧结的各型混凝土制品；
- 6、混凝土制品原位回用于项目工程。

### 二、主要技术指标

污泥无害化与浓缩脱水，处理后的脱水泥饼重金属离子浸出液达到《河湖污泥处理厂产出物处置技术规范》(SZDB/Z 236—2017) IV 类余土要求，泥饼含水率 40%-50%之间。脱水泥饼搅拌分散后 95%污泥颗粒粒径 $\leq 5\text{mm}$ 。生产的普通混

凝土路面砖各项指标达到《混凝土路面砖》（GB/T 28635-2012）要求，其浸出液中重金属离子浓度符合《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类水以上限值要求。

### 三、技术特点

集成污泥筛分脱水、污泥无害化处理、脱水淤泥搅拌分散、免烧制砌块以及尾水处理等关键技术，实现污泥的无害化、减量化和资源化。

### 四、技术推广应用情况

1、河南平舆县第二污水厂污泥资源化项目，日处理市政污泥 100 吨，生产砌块 300m<sup>3</sup>，2019 年 11 月完成验收并投产；深圳坪山河老河道综合整治项目，清淤工程量 8.46 万 m<sup>3</sup>，2019 年 8 月完成验收，资源化砌块回用于坪山河湿地公园与河道护坡。

2、佛山市高明区 1200t 市政污泥应急处置项目，2019 年 12 月处置完毕。

3、襄阳护城河淤泥资源化处置项目，资源化处理河道淤泥 2000t,已完成竣工验收。

### 五、实际应用案例

案例名称	深圳坪山河干流综合整治及水质提升工程项目
业主单位	中建水务环保有限公司
工程地址	深圳坪山区坪山河湿地公园坪山河老河道段
工程规模	清淤工程量 8.46 万 m <sup>3</sup> ，处理脱水淤泥 150t/d
项目投运时间	2018 年 8 月

验收情况	<p>验收单位：坪山区环保保护和水务局</p> <p>验收时间：2019年8月3日</p> <p>验收结论：坪山河干流综合整治及水质提升工程水质达标考核结果为：水质达标，坪山河干流水质达到治理目标。</p> <p>河道清淤工程按计划完成，脱水淤泥检测结果符合《河湖污泥处理厂产出物处置技术规范》（SZDB/Z 236—2017）IV类余土要求，全部淤泥得到妥善处置。</p> <p>同意再生砌块用于坪山河湿地公园建设。</p>
工艺流程	<p>该技术主要包括底泥清淤、淤泥脱水、尾水处理、脱水水泥饼资源化利用等四部分。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、水力冲挖清淤的底泥通过底泥泵泵送至设置在岸上的底泥浓缩脱水站，先对底泥进行垃圾分拣，分拣出来的砂石、建筑垃圾运输至制品站的破碎系统进行破碎筛分，作为水泥制品材料消化；</li> <li>2、针对淤泥中的重金属投加石灰和氯化铁等重金属固化剂，稳定沉淀重金属离子；</li> <li>3、对淤泥进行脱水处理，采用带式脱水，脱水后淤泥含水率低于50%；</li> <li>4、淤泥脱水产生的尾水，经絮凝、沉淀、过滤处理形成清水，通过管道输送作为水力冲挖用水，循环使用；</li> <li>5、对浓缩脱水后的淤泥，在现场资源化工厂中，通过添加水泥和砂石骨料、固化剂等，制作成各型混凝土制品，回用于河堤防护工程及岸上景观工程。</li> </ol>
主要工艺运行和控制参数	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、污泥无害化与浓缩脱水处理，针对性加入钝化药剂稳定固化泥浆中重金属。污泥脱水加入表面活性脱水药剂，采用高压带式脱水机，对泥浆适度脱水。处理后的脱水水泥饼重金属离子浸出液达到《河湖污泥处理厂产出物处置技术规范》（SZDB/Z 236—2017）IV类余土要求，泥饼含水率控制在40%-50%之间。</li> <li>2、脱水后的泥饼，采用行星式搅拌系统，通过碎石骨料间的摩擦分散污泥，分散后95%污泥颗粒粒径<math>\leq 5\text{mm}</math>。</li> <li>3、将分散后污泥颗粒与水泥、砂石按照配合比混合搅拌，</li> </ol>

	经振动成型系统压制成各式砌块。生产的普通混凝土路面砖各项指标达到《混凝土路面砖》(GB/T 28635-2012)要求,其浸出液中重金属离子浓度符合《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)IV类水以上限值要求。
关键设备及设备参数	砂石分离机(100m <sup>3</sup> /h)、垃圾分拣机(分离粒径:3mm以上)、污泥浓缩平台(100m <sup>3</sup> /h)、污泥脱水平台(20m <sup>3</sup> /h)和自动泡药机(3m <sup>3</sup> /h),行星式搅拌机(150m <sup>3</sup> /h),RH510成型机(300m <sup>3</sup> /d)
污染防治效果和达标情况	清淤底泥再生砌块强度及外观性能指标《混凝土路面砖》(GB/T 28635-2012);清淤底泥再生砌块浸出液毒性指标《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》(GB/T 5085.3-2007); 实现全量淤泥资源化利用,零淤泥外运填埋,淤泥资源化再生产品全部回用于工程项目建设。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	2500万元
运行费用	人工费用:4000元/d; 电耗:1600度/d(一天双班16小时); 水泥砂石原材料费用:135000元/d; 其他运行费用:6000元/d; 生产混凝土砌块量:300m <sup>3</sup> /d; 成本:146600元/d,即488元/m <sup>3</sup> 砌块; 市场产品产值:195000元/d,即650元/d。
能源、资源节约和综合利用情况	本技术将水体整治过程的环保清淤、污泥无害化处理、脱水、搅拌、成型、水质生态处理连为一个整体。通过在河道现场原位制作淤泥生态混凝土砌块,全程无废渣、废气(无高温烧结工艺)、废水排放。生态砌块再原位回用于河道护坡、景观绿道铺设等用途,实现清淤底泥无害高效资源化利用。

---

## 23. 污泥深度脱水一体化系统工艺技术与成套装备

技术依托单位：郑州国研环保科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市污水处理厂、造纸、印染纺织、生物制药、化工及其他工业污水处理厂内配套的污泥深度脱水和资源化利用等。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

污泥深度脱水一体化系统的脱水工艺过程分为：化学絮凝改性、污泥初步浓缩、化学和剪切破壁、深度压滤脱水。其详细工艺过程如下：

1、在全自动调理剂加药箱中根据污水浓度配制合适的絮凝剂混合液。

2、含水率 92-98%的污泥与絮凝剂混合液在调理罐中混合均匀，污泥混合液中的悬浮微粒失去稳定性，形成絮凝体。

3、调理均匀后的污泥进入污泥浓缩机，絮凝体与滤液分离，滤液回流至污水处理系统，污泥絮凝体成为含水率 90%左右的污泥。

4、含水率 90%左右的污泥进入自制新型污泥破壁机，加入污泥改性剂，对污泥进行化学调理与机械剪切作用改变污泥中的水分结合方式。



---

5、浓缩和破壁改性后的污泥进入深度脱水机，把污泥层中的水分挤压出来，从而实现污泥的深度脱水，得到含水率低于 60%的污泥。

## 二、主要技术指标

以规模 8 万吨污水处理厂为例，一台污泥深度脱水一体化系统每天处理得到 40 吨含水率为 60%的污泥，运行费用低于 80 元/吨泥。

## 三、技术特点

1、可将 92%-98% 含水率的污泥一次性脱水到 60% 以下，符合环保法规要求。

2、设备各单元协同运行，自动化程度高，电脑控制全自动连续运行。

3、污泥脱水效率高，日处理污泥（含水率 60%）达到 40 吨，比市场通用的板框压滤机产能高出 2 倍，运行费用是通用的板框压滤机的三分之一。

## 四、技术推广应用情况

污泥深度脱水一体化系统已有 30 多套设备在北京、河南、河北、山西、陕西、贵州、山东等地污水处理厂投入运行，得到用户好评。环保部督查组领导、河南省生态环境厅领导、比利时环保协会会长、陕西省住建厅及环保厅领导、河海大学王超院士团队莅临设备运行现场视察工作。

## 五、实际应用案例

案例名称	荥阳市清源水务有限公司污泥深度脱水一体化项目
业主单位	荥阳市清源水务有限公司
工程地址	荥阳市广武路与科学大道交叉口
工程规模	污水厂规模为 5 万吨/天污水处理能力
项目投运时间	2018 年 4 月
验收情况	<p>验收单位：荥阳市清源水务有限公司、郑州国研环保科技有限公司</p> <p>验收时间：2018 年 5 月 7 日</p> <p>验收结论：项目在试运行期间无故障发生，深度脱水后污泥含水率及产量达到项目设计要求，通过验收。</p>
工艺流程	<p>污泥深度脱水一体化系统的脱水工艺过程分为：化学絮凝改性、污泥初步浓缩、化学和剪切破壁、深度压滤脱水。其详细工艺过程如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、在全自动调理剂加药箱中根据污水浓度配制合适的絮凝剂混合液。</li> <li>2、通过污泥泵将含水率 98%左右的污泥输送到调理罐中，计量螺杆将加药箱中的絮凝剂混合液计量加入到调理罐中，并搅拌均匀。</li> <li>3、调理均匀后的污泥进入污泥浓缩机，絮凝体与滤液分离，滤液回流至污水处理系统，污泥絮凝体成为含水率 90%左右的污泥。</li> <li>4、含水率 90%左右的污泥进入自制新型污泥破壁机，加入污泥改性剂，对污泥进行化学调理与机械剪切作用对细胞体进行破壁，释放胞内水分。</li> <li>5、浓缩和破壁改性后的污泥进入深度脱水机，把污泥层中的水分挤压出来，从而实现污泥的深度脱水，得到含水率低于 60%的污泥。</li> </ol>

<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>污泥深度脱水一体化系统的脱水工艺过程分为：化学絮凝改性、污泥初步浓缩、化学和剪切破壁、深度压滤脱水。其工艺参数如下：</p> <p>1、化学絮凝改性阶段：（1）污泥泵频率10-30Hz；（2）絮凝剂溶液浓度0.05%-0.2%；（3）絮凝剂加药泵频率30-40Hz。</p> <p>2、污泥初步浓缩阶段：浓缩机频率25-35Hz。</p> <p>3、化学和剪切破壁阶段：（1）改性剂输送频率0.05-0.2Hz；（2）改性剂计量频率0.05-0.2Hz；（3）污泥破壁机频率35-45Hz。</p> <p>4、污泥深度压滤脱水阶段：（1）布料器频率35-45Hz；（2）主机频率35-45Hz。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>加药箱：3000*1500*1300mm 污泥深度脱水一体化系统：GY-2000A</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>污泥深度脱水一体化系统可直接将含水率98%左右的污泥直接脱水至60%以下，经河南宏达检测技术有限公司检测，取样送检的深度脱水后泥饼含水率低于60%，达到项目指标要求。</p>
<p>二次污染治理情况</p>	<p>污泥脱水过程中得到的滤液直接进入污水厂污水处理系统，不会造成二次污染排放，得到的深度脱水污泥通过具有运输资质的车辆转运至安全处置场所。</p>
<p>投资费用</p>	<p>工程基础设施建设费用：10万元 设备投资费用：240.00万元</p>

运行费用	<p>一体化污泥深度脱水系统运行费用低，费用明细如下：1、维修费 3.00 元/吨泥；2、电费 6.50 元/吨泥；3、调理剂费用 30.00 元/吨泥；4、改性剂费用 40.00 元/吨泥；5、人工费 8.00 元/吨泥；6、设备折旧费 16.00 元/吨泥；合计费用 103.5 元/吨泥。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>1、国研环保污泥深度脱水一体化系统设备能耗低，是普通板框压滤机能耗的三分之一，产量比普通板框压滤机多出 2 倍。</p> <p>2、设备用水均为污水处理厂自有中水，水费为 0，不消耗水资源。</p> <p>3、设备脱水效果好，药剂消耗量低，药剂费用是普通板框压滤机的三分之一。</p> <p>4、污泥脱水过程中得到的滤液通过管道直接进入污水厂污水处理系统，不会造成二次污染排放，得到的深度脱水污泥通过具有运输资质的车辆转运至安全处置场所，进行污泥资源化利用。</p>

---

## 24. 污泥闪蒸干化耦合热解气化技术

技术依托单位：湖北加德科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：含水率在 60%-80% 左右的城市污泥、印染污泥、造纸污泥、石油化工污泥的处理处置，特别针对就近无工业锅炉、电厂和其它工业废热的污水厂污泥。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

污泥耦合干化热解气化工工艺由湿污泥储存系统、污泥干燥系统、热解气化系统、热能利用系统、尾气处理系统和灰渣系统六大部分构成。具体工艺流程如下：

#### 1、湿污泥储存系统

由污泥运输车将含水率为 60%-80% 的湿污泥卸入湿污泥存储系统，然后用泵或皮带输送至污泥中转仓，中转仓为污泥干燥给料计量装置。

#### 2、污泥干燥系统

污泥中转仓内的污泥经螺旋输送机定量将湿污泥输送到双流闪蒸干燥机内；湿污泥在干燥机内被高速气流流化后，由来自热风炉提供的热烟气进行干燥，可将污泥的含水率由 80% 干化到 30%-40%；流化干燥后的污泥随气体进入具旋风分离器和布袋除尘器内除尘实现泥气分离。

---

### 3、热解气化系统

除尘器收集的颗粒状干污泥再输送至气化炉内与生物质燃料一起在缺氧条件下送入气化炉中进行热解气化，借助于部分空气(或氧气)作用，使污泥和生物质协同发生热解、氧化、还原、重整反应，热解伴生的焦油进一步热裂化或催化裂化为小分子碳氢化合物，获得含  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  和  $\text{CH}_4$  的可燃气体。气化机产生的可燃气体则作为热风炉的燃气进入热风炉燃烧。

### 4、热能系统

可燃气体在热风炉内进行完全燃烧，产生的高温热烟气（温度为  $800-1000^\circ\text{C}$ ）经换热降温后通入闪蒸干燥机对污泥进行干燥，来自换热器加热后的空气作为助燃空气进入热风炉，进一步提高热能利用效率。

### 5、尾气处理系统

烟气与污泥分离后，再通过换热器回收余热用于干燥系统配风或排放消白，然后进入洗涤塔进行二次除尘、冷却，送入生物除臭系统进行除臭处理达标后排入大气。

### 6、灰渣系统

经气化炉热解气化后废渣经冷却螺旋冷却至  $150^\circ\text{C}$  以下，经仓泵送入灰渣仓，灰渣与粉煤灰，该灰渣可用于土壤改良和建材原料。

---

## 二、主要技术指标

进泥含水率 $\leq 80\%$ ，系统热效率 $> 80\%$ ，污泥减量化 $> 90\%$ ，有机质降解率 $> 99\%$ 。处理后尾气达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)和《城镇污水处理厂污泥处置-单独焚烧用泥质》(GB/T 24602-2009)污泥焚烧炉大气污染物排放标准中的相关指标要求，洗涤后废水经预处理后达到《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)后送入污水厂进水端经处理达标后排放。热解后的污泥残渣满足《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》(GB/T 25031-2010)各项指标要求。

## 三、技术特点

污泥闪蒸干化耦合热解气化技术具有热效率高、减量化程度大、资源循环利用、节能环保、适用性广等突出优点，其主要特点体现在：

1、开创性的将旋风闪蒸干燥技术与流化床气化燃烧技术有机结合，形成一个闭式循环系统。

2、创新地开发了污泥和生物质协同流化床气化技术，并结合旋风炉对燃气二次燃烧，充分释放污泥和生物质热能。

3、创新的在旋风干燥的基础上，开发了污泥气流流化装置，实现高含湿污泥流态化和雾化，形成高低温都能适用的污泥闪蒸干燥技术。

#### 四、技术推广应用情况

2018 年，钟祥市城市污水处理厂污泥处理处置项目（120t/d）投产运行，年处理市政污泥量 3 万吨。

#### 五、实际应用案例

案例名称	钟祥市城市污水处理厂污泥处理处置项目（120t/d）
业主单位	钟祥市城市建设投资公司
工程地址	钟祥市祥瑞大道东侧城市污水处理厂
工程规模	120t/d 生活污水（含水率 $\leq 80\%$ ）
项目投运时间	2018.8.23
验收情况	已验收
工艺流程	<p>污泥热解气化干燥系统是将污水处理厂含水<math>\leq 80\%</math>的污泥由污泥专用输送车输送至干燥系统的污泥进料斗内，污泥由高干度螺杆泵输送至湿污泥中转仓内，再经喂料机、给料机送入双流闪蒸干燥机内进行干燥，将污泥含水率降低到 30% 以下。</p> <p>干燥后的干污泥经送入布袋收集系统，干污泥由布袋收集系统收集后经干污泥输送机、料封泵采用罗茨风机稀相气力输送送入干污泥料仓，经关风器、干污泥给料机送入多回旋流化床气化炉内。</p> <p>污泥与生物质燃料共气化产生可燃气体及灰渣混合物，经高温旋风分离器分离出可燃气和灰渣，可燃气在二燃室内燃烧生成<math>&gt;600^{\circ}\text{C}</math>烟气，作为污泥干燥用热源。</p> <p>气化后高温分离器分离出的灰渣经水冷夹套冷却至<math>160^{\circ}\text{C}</math>以下后由冷渣螺旋放入仓泵输灰系统，送入灰渣仓，采用灰渣专用输送汽车送入砖厂、商砼厂等最终消纳途径从而实现对污水处理厂产生的固体废物（污泥）减量化、无害化、资源化处理的的目的。</p> <p>生物质燃料由汽车运送至项目储存区堆放，采用厂房行吊送入生物质仓内，再经喂料机、给料机送入气化炉中气化。</p>



	<p>布袋除尘器后烟气经空预器初步降温、回收热量，送入洗涤塔降温至 40℃ 以下送入生物除臭塔、活性炭吸附等除臭单元处理达到尾气排放标准后经尾排风机经烟囱排入大气。</p> <p>洗涤塔及尾排风机、流化风机、水冷夹套等冷却水经循环水池由潜污泵送入污水厂进水端经污水厂处理达标后排放。</p> <p>洗涤水、冷却水由两台深井泵送入旋流除砂器除砂后分别送入清水箱、循环水池、除臭水箱。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>1、处理污泥含水率 60%-80%，实现减量化 90%；</p> <p>2、干污泥和生物质热解温度：750-800℃，气化空气当量比 0.25-0.35，气化效率 &gt;80%，有机物热解率 &gt;99%；</p> <p>3、污泥干燥温度：&lt;600℃，干污泥含水率 &lt;30%；</p> <p>4、热解固渣主要成分为无机物，含水率 &lt;5%，粒径 &lt;0.5mm。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>1、双流闪蒸干燥机： 设计负荷：90-120t/d 进泥含水率：60-80% 出泥含水率：-30% 干燥机进烟气温 500-650℃ 干燥机出烟气温 110-140℃ 干燥蒸发负荷 300-400kgH<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>；</p> <p>2、多回旋流化床气化炉： 设计负荷：200-400 万 Kcal 气化温度：-750℃ 气化炉物料负荷 800-1200kg/m<sup>2</sup> 气化率 &gt;80% 灰渣残炭率 &lt;5% 热利用率 &gt;80%。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>经污泥耦合干化热解气化工工艺处理后的污泥有机质降解率 &gt;99%，污泥减量化 &gt;90%，灰渣中残炭率 &lt;5%。</p> <p>处理后尾气达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）和《城镇污水处理厂污泥处置-单独焚烧用</p>

	<p>泥质》(GB/T24602-2009)污泥焚烧炉大气污染物排放标准中的相关指标要求, 生产线废气处理后 <math>\text{NH}_3</math> 和 <math>\text{H}_2\text{S}</math> 排放速率达到《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表 2 中二级标准, 厂界恶臭污染物应满足《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表 1 中二级标准。</p> <p>洗涤后废水经预处理后达到《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T 31962-2015) 后送入污水厂进水端经处理达标后排放。</p> <p>处理后的污泥灰渣满足《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》(GB/T 25031-2010) 各项指标要求。</p>
二次污染治理情况	<p>本工艺系统中的可能二次污染物为废水、废气。</p> <p>废气主要为污泥干燥过程产生的挥发性气体、臭味气体、粉尘。本工艺废气经布袋除尘、淋洗塔、生物除臭和活性炭吸附进行综合治理。处理后污染物指标达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014) 和《城镇污水处理厂污泥处置-单独焚烧用泥质》(GB/T24602-2009) 污泥焚烧炉大气污染物排放标准要求。</p> <p>本工艺中废水主要为烟气淋洗废水、除臭系统循环水。废水经循环水池内预沉淀处理后达到《污水综合排放标准》(GB8798-1996) 中的三级标准, 氨氮和总磷指标满足《污水排入城市下水道水质标准》(CJ343-2015) 中的 B 级标准。</p>
投资费用	工程总投资 2221.2 万元
运行费用	原料 72 元/吨, 人工 15 元/吨, 电耗 33.75 元/吨, 水耗 1.25 元/吨, 设备折旧费 25.3 元/吨, 维护管理费 8.9 元/吨, 合计直接运行费用 156.2 元/吨。
能源、资源节约和综合利用情况	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、年处理污泥量: 约 30000 吨;</li> <li>2、年减少土地侵占面积: 约 10000<math>\text{m}^2</math>;</li> <li>3、年消耗生物质 3000 吨, 节约用电 616.2 万度;</li> <li>4、年产生固渣约 3300 吨, 用于制砖原料, 可节约制砖用材料 3300 吨。</li> </ol>

## 25. 污染底泥原位治理与修复方法

技术依托单位：清上（苏州）环境科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：黑臭河道的底泥修复。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

1、将缓释型受污染底泥原位修复材料与受污染底泥充分混合；

2、静置反应 2-5 天；

3、将固定化复合微生物与受污染底泥充分混合；

4、静置反应 5-20 天；

5、采用曝气机往受污染底泥表面充氧，每充氧 15-30 分钟，间歇 30-60 分钟。

河道水体水质	底泥	修复材料投加量 g/m <sup>2</sup>
氨氮>15 mg/L 或水体 ORP<-200 mV 或 DO<0.2 mg/L 或透明度<10cm	底泥 ORP<-350mV，底泥有机碳（OC）含量>20%	500-750
	底泥 ORP 在-350--100 mV 之间，底泥有机碳（OC）含量 10-20%	250-600
	底泥 ORP 在-100+50 mV 之间，底泥有机碳（OC）含量 5-10%	100-300
氨氮在 8-15 mg/L 或水体 ORP	底泥 ORP<-350mV，底泥有机碳（OC）含	400-650

-200~+50 mV 或 DO 0.2-2.0 mg/L 或透 明度 10-25cm	量>20%	
	底泥 ORP 在-350--100 mV 之间，底泥有机碳 (OC) 含量 10-20%	200-400
	底泥 ORP 在-100~+50 mV 之间，底泥有机碳 (OC) 含量 5-10%	50-150

## 二、主要技术指标

河道水质氨氮降低 40%-60%，溶解氧提高到 2-6mg/L，透明度提高到 40-50cm，ORP 提高到 60-100 mV，底泥有机碳含量降低 40%-55%，ORP 提高到 50-120 mV。

## 三、技术特点

1、采用原位修复的方法治理受污染河道底泥，相对于清淤等工程手段而言，工程实施过程中不会影响周边环境，并可逐渐改善河道微生物与微生态结构；

2、底泥原位修复材料和复合微生物的制备方法和过程简单，不需要高温高压等反应条件，易于实现；

3、污染底泥原位修复材料活性组分含量高，释放速率慢且可控，可持续发挥治理修复效果。

## 四、技术推广应用情况

### 1、固原市马饮河、清水河底泥治理工程

马饮河及清水河经底泥原位治理后，针对治理后底泥进行检测，达到《绿化种植土壤》CJ/T340-2016 标准；对河水进行连续检测，达地表Ⅳ类水标准。

## 2、佛山市联星直涌黑臭水体治理示范项目

劣V类水质提升至地表IV类。

## 3、福州市跃进支河黑臭水体治理工程

消除黑臭，提升河道自净能力，内源污染得到有效控制。

## 五、实际应用案例

案例名称	沈北新区南小河水域综合治理工程-河道清淤（原位）整治工程第二标段
业主单位	辽宁省沈阳市沈北新区城市建设局
工程地址	南小河位于辽宁省沈阳市沈北新区
工程规模	水面面积：60939m <sup>2</sup> 淤泥原位修复：42657m <sup>3</sup> 点源治理：2处
项目投运时间	2017年9月
验收情况	验收单位：沈阳市沈北新区城市建设局 验收时间：2017年9月12日 验收结论：经验收达到市政工程质量验收标准。
工艺流程	采用专用设备投加已完成与水充分混合的缓释型受污染底泥原位修复材料对受污染的淤泥和污水进行搅拌，使得泥、水、药三者充分混合均匀。反应充分完全后，水体中大分子有机物在常温常压下发生断链作用，分解成小分子有机物，重新从底泥中释放出来参与到生态系统的循环中。在搅拌作用和药剂反应的双重作用下，水体中的氨氮开始往大气环境中释放并吸附部分小分子有机物上浮到水面。在施工的过程中安排专门的人员打捞这些上浮的有机污染物。与此同时，通过泥、水、药剂搅拌过程中的化学反应，重金属污染物会与药剂中的材料形成一个稳定的共价键，螯合反应后，形成一种盐类。在此基础上，在重金属化合物（盐类）的表层形成一层固化膜，重金属化合物固化后，不再向环境中释放出，

	<p>不形成二次污染。反应结束后，底泥的氧化还原电位快速升高，形成好氧环境，激活底泥活性。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>该技术通过以下工艺完成水体自然修复：</p> <p>1、COD的降解：反应过程中，通过凝聚、吸附、氧化、电化学、螯合、固化等作用 and 反应，将南小河黑臭泥中、上覆水中的大分子碳链进行断链，在去除COD的同时，部分转化为有效碳元素、碳水化合物，提高BOD/COD值，提升水体的可生化性。</p> <p>2、总磷的去除：通过吸附、螯合，形成不溶性磷化合物，同时通过絮凝的反应从而达到有效去除总磷的效果。</p> <p>3、通过利用新型物化技术首先对黑臭的底泥进行消除，消除黑臭的同时水体的浊度下降，水体变得清澈。</p> <p>A：通过底泥的修复，土著微生物的激活，使得原水体中的原不可利用的总磷、氨氮都转化为可被微生物利用的有效营养物质，参与生态链的循环。</p> <p>B：通过对底泥的修复，底泥的氧化还原电位&gt;50mv。</p> <p>根据河道现状情况复杂程度，结合不同的工法以应对不同的断面。泥水同治技术主要采用的工法有利用挖掘机/水陆（两栖）挖掘机作业和高压水枪作业等。根据河道底泥污染程度，结合不同的工法，泥水共治主要药剂投加量取值范围为0.5-5kg/m<sup>2</sup>。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>药剂搅拌装置；</p> <p>药剂投加装置，压力3-6MPa；</p> <p>机械搅拌头加药装置；</p> <p>挖掘机动力系统；</p> <p>高压水枪加药装置。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>运用该工艺处理后，河道水体一些指标能够达到地表水四类水标准；其中COD、BOD降低明显，B/C增加，引起富营养化可溶性磷化物去除率较高。水体氧化还原电位升高至60-100mV，溶解氧升高至4-5mg/L。其中被类似有机物包括生活/企业污水污染的包括表现出令人不悦颜色或散发令人不悦气味底泥能够完全消除类似气味以及改变底泥颜色，从而满足附近居民商户生活景观需</p>

	<p>求。泥样由谱尼测试集团股份有限公司负责测试。根据中华人民共和国城镇建设行业标准 CJ/T 340-2016 绿化种植土壤规定，第三方检测机构对该底泥土壤安全性指标（土壤重金属含量）检测结果。可以看到河道底泥所有采样点的所有安全性（重金属含量）指标均能满足项目设计要求，达到绿化种植土 III 级标准。</p>
二次污染治理情况	<p>采用清水对河道底泥清洗，沉淀后上清液会含有一部分有机物，该部分水体接入市政管网，符合排放标准，由城市污水处理厂处理。</p>
投资费用	<p>429 万元</p>
运行费用	<p>费用为一次性投资，没有运行费用</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>黑臭河道底泥无害化</p>

---

## 26. 污泥资源化处理技术

技术依托单位：上海国惠环保科技集团有限公司

技术发展阶段： 推广应用

适用范围： 市政污泥处理、工业污泥处理、含油污泥处理、禽畜粪便处理、污泥暂存场污泥处理河道清淤及淤泥处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

SL-STP<sup>TM</sup> 污泥资源化处理技术是一套污泥闭环处理工艺，采用上海国惠集团自主研发的污泥改性剂，通过污泥浓缩机和污泥调理脱水机等核心设备，对污泥进行高效深度脱水，随后对脱水后污泥进行燃料化处理，最终送入焚烧装置进行氧化焚烧，焚烧余热用于发电、供热，从而实现污泥的减量化、稳定化和无害化处理和资源化利用。

### 二、主要技术指标

改性浓缩后，污泥的含水率为 80%-85%；调理脱水后，污泥的含水率为 60%左右；制成燃料后，污泥热值达到 1600kcal/kg 左右；在氧化焚烧环节，烟气在焚烧炉中停留时间为 4-6 秒，焚烧温度为 850℃以上；臭气排放执行《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-1993）；烟气排放执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485—2014）。



### 三、技术特点

1、SL-STP™ 污泥资源化处理技术是一项覆盖污泥处理处置全流程的成套技术，集成污泥改性、浓缩、深度脱水、燃料化、氧化焚烧、灰渣制砖等关键技术，实现污泥闭环处理处置，从而真正实现污泥的减量化、无害化处理和资源化利用。

2、污泥改性过程中不添加生石灰、铁盐、铝盐，脱水过程中不利用外部热源进行热干化，最大程度地保留了污泥所含的热值，能够实现纯污泥焚烧。

### 四、技术推广应用情况

2018年10月，辛集市污泥资源化综合利用项目一期投运，年处理污泥27.5万吨（按含水率80%计），年发电量3325万千瓦时。

### 五、实际应用案例

案例名称	河北国惠环保科技有限公司辛集污泥资源化综合利用项目
业主单位	河北国惠环保科技有限公司
工程地址	河北省辛集市制革工业区
工程规模	日处理含水率80%污泥1300吨
项目投运时间	一期项目已于2018年10月投运
验收情况	验收时间：2019年9月 验收结论：项目执行了环保“三同时”制度，落实了环评报告书、变更说明和审批部门审批意见所规定的各项污染防治措施；根据现场检查、验收监测及建设项目竣工环境保护验收报告结果，项目满足环评及批复要求。

<p>工艺流程</p>	<p>污水处理厂产生的含水率 97%污泥，在污水处理厂内脱水制成含水率 55%的污泥，运至本项目污泥库，污泥库屋顶及四周采用阳光板，加强水分蒸发，制成含水率 50%污泥，后与辅助燃煤混配后通过给料装置送入流化床焚烧炉炉内。污泥焚烧炉炉膛内的整体温度保持在 1100℃以上，停留时间 2S 以上，同时，控制炉膛出口的氧量维持在 6-10%，保证烟气中可燃气体成分的完全燃烧。焚烧后污泥和煤释放出来的热能被余热锅炉吸收，转化为蒸汽的热能，送到汽轮机内推动汽轮发电机组做功发电，抽出部分做过功的蒸汽供给本项目冬季用热。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>污泥燃料化制作后含水率 50%；污泥焚烧炉炉膛内的整体温度保持在 1100℃以上，停留时间 2S 以上，炉膛出口的氧量维持在 6-10%。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>循环流化床，蒸汽量 35t/h；抽凝汽式汽轮机，额定功率 6MW、最大功率 7.5MW；发电机，空气冷却，额定功率 7.5MW，额定电压 10500V，额定频率 50HZ，功率因数 0.80，转速 3000r/min；称重皮带给料机，75%容量；电动给水泵，100%容量；渣仓，2d 容量；冷却塔，玻璃钢机械通风，单座冷却能力 2000m<sup>3</sup>/h；烟囱，100m 高度，出口内径 2.5m，材质 316L。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>一期项目年处理污泥 27.5 万吨（按含水率 80%计），年节约污泥填埋用地 50 亩，年发电 3325 万千瓦时。</p>
<p>二次污染治理情况</p>	<p>焚烧炉排气筒出口颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、氯化氢、汞及其化合物、铅及其化合物、镉及其化合物、砷、镍及其化合物、铬、锡、锑、铜、锰及其化合物、二噁英排放，均满足《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484-2001）危险废物焚烧炉大气污染物排放限值，二噁英排放浓度满足欧盟标准。 AO 试剂仓、灰仓、渣仓、返料仓、塔前仓等排气筒出口颗粒物排放，均满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）（GB16297-1996）中二级标准。 厂界无组织废气颗粒物排放，满足《大气污染物综合排</p>

	<p>排放标准》(GB 16297-1996)(GB16297-1996)中表2无组织排放监控浓度限值;臭气、氨、硫化氢排放,均满足《恶臭污染物排放浓度》(GB14554-1993)二级新扩改建标准。</p> <p>污水总排口 pH、COD、氨氮、SS、BOD<sub>5</sub>排放,均满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)二级标准要求,同时满足辛集市水处理中心进水水质要求。</p> <p>厂界昼间噪声、夜间噪声,均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)表1要求。</p>
投资费用	一期项目基础设施建设费用 8880 万,设备投资 8500 万
运行费用	一期项目物耗 200 万,能耗 200 万,人员工资 200 万,设备折旧费 1000 万,维修管理费 240 万
能源、资源节约和综合利用情况	<p>一期项目每年节约标煤 1.42 万吨,每年节约污泥填埋用地 50 亩。</p> <p>污泥焚烧产生的炉渣,用于制作生态砖。</p>

---

## 27. 污泥热水解资源化处置成套技术

技术依托单位：科尼兹环保科技（大连）有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：市政污泥及企业生化污泥资源化处置。主要针对拥有污水处理设施的各类工业企业，尤其是污泥品质较为单纯的发酵工业（氨基酸）、食品饮料工业（如啤酒、蛋白、乳业、淀粉）和以粮食为原料的能源化工企业（如燃料乙醇等）。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

污泥由运输车运入污泥料仓，加入药剂调配后进入多级反应釜，反应后的物料进入换热器，废热通过循环水带入一级反应釜预热低温污泥，换热后的污泥进入固液分离环节，分离出的滤液经浓缩后，包装为成品，余下的干泥暂存风干后外运。经济规模 200t/d 运行单耗指标：电耗 64kWh/t、蒸汽消耗 240kg/t、药剂共消耗 54kg/t。

### 二、主要技术指标

处理后污泥残渣含水率降低至 40%-45% 以内，自然晾晒条件下，48 小时后降低为 20%，总体减量化程度 75%；病原菌、粪大肠杆菌 100% 杀灭（未检出），无二次污染产生。

### 三、技术特点

该技术对污泥中的微生物进行水解反应，并通过多级反应釜、含固浆料换热器、立式压滤机和 MVR 等自主研发或合作研发的装置设备实现节能、连续的污泥热水解过程，且最终产品附加值高。在污泥处置过程实现减量化、无害化、稳定化的基本目标后，进一步实现了资源化目标。

### 四、技术推广应用情况

2018 年，葫芦岛市污泥热水解资源化集中处置项目达产运行，日处置污泥 160 吨。

2019 年，益海嘉里开原淀粉厂污泥合同环境服务项目达产运行，日处置污泥 100 吨。

### 五、实际应用案例

案例名称	葫芦岛市污泥热水解资源化集中处置项目
业主单位	辽宁瑞博斯环保有限公司
工程地址	辽宁省葫芦岛市连山区
工程规模	处置市政污泥 160 t/d
项目投运时间	2018 年 10 月
验收情况	验收单位：葫芦岛市环保局 验收时间：2018 年 8 月 28 日 验收结论：项目基本落实环评批复要求。卸料过程、料仓、一级反应器、二至四级反应器、生产过程中各车间、料仓和反应器产生的废气与恶臭气体经集中的气体排放口收集后进入生物除臭装置，处理后经 15m 排气筒高空排放；燃气锅炉产生的废气经 15m 排气筒高空排放；项目卫生防护距离为 100m，附近无医院、学校、居民区等敏感点。废水处理按照“雨污分流”原则，污水管网产废

	<p>水和生活用水，排入产业区污水处理系统；雨水管网并入产业区现有雨水系统；生活污水经防渗化粪池处理后定期清运至打渔山泵业产业园区污水处理厂。噪声治理采用合理布局、选用低噪音设备、厂房采用隔音材料、对主要噪声设备进行减振等措施。固废治理中生活垃圾由垃圾桶收集，环卫部门统一清运处理。已制定环境应急预案并备案。本项目建设满足当前相关验收标准的要求，同意该项目通过竣工环境保护验收。</p>
<p>工艺流程</p>	<p>该技术主要包括污泥接收缓存、水解反应、固液分离、提纯浓缩等四部分。（1）污泥接收缓存部分：污泥由槽车运输至卸料池，采用无轴螺旋输送装置送至污泥料仓。脱水污泥、工艺回用水和水解药剂在一级反应器内进行混合和预热，水解药剂与污泥充分混合。（2）水解反应部分：调配预热完成的污泥经微波强化，连续送至二到四级反应器，在三级平推流反应器中进一步加热污泥，在温度、压力、药剂、机械扰动和微波强化作用下，充分实现细胞破壁水解反应，析出蛋白质，并对二、三、四级反应器水解后的物料进行余热回收，回到调配预热反应器进行初步余热利用。（3）固液分离部分：经过换热后的水解污泥进入压滤机，进行固液分离，固相经 2 天自然风干后，得到含水率为 20% 的富营养渣土。（4）提纯浓缩部分：液相进入 MVR 装置进行提纯浓缩，获得浓缩液产品。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>污泥经热水解后进入固液分离单元，固液分离后固体残渣含水率 40%-45%，在自然晾晒条件下，48 小时后降低为 20%，水解液 TDS 为 3.5%-4.5%。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>污泥输送螺杆泵设计能力 8t/h，热水解反应釜有效容积 60m<sup>3</sup>，压滤机设计能力 1.6tDS/h，MVR 浓缩装置设计能力 8t/h。</p>
<p>污染防治效果和达标情况</p>	<p>污泥残渣含水率降低至 40-45%，自然晾晒条件下，48 小时后降低为 20%，总体减量化程度 75%；病原菌、粪大肠杆菌 100% 杀灭（未检出），满足以下相关标准要求：GB/T 23486-2009《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化</p>

	用泥质》、GB/T 24600-2009《城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质》、CJ/T 510-2017《城镇污水处理厂污泥处理稳定标准》。
二次污染治理情况	本项目无二次污染产生，废水处理后可达到 GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级标准的 A 标准。
投资费用	10720 万元
运行费用	燃料动力费用 64 元/t，原、辅材料费用 18.57 元/t，人工成本 25.7 元/t，设备折旧费用 46.2 元/t，维修管理费用 9.8 元/t，合计 164.27 元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	污泥热水解减量化、无害化、资源化利用。

---

## 28. 城市活性污泥原位减量工艺技术

技术依托单位：北京中大立信环境技术有限责任公司、北京亦庄水务有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：市政污水处理厂的活性污泥原位减量化；工业园区污水处理系统的活性污泥原位减量化；制药、石化等行业在保证污水处理出水指标达标的前提下，减少剩余污泥量。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

城市活性污泥原位减量工艺技术主体工段通过竖隔断和横隔断分成多段设置（以 12 段为例），其中横隔断为不接触池底设置，竖隔断靠近外池壁的地方设置水流导流溢流孔，使流体成折流式流动。水流以底部联通和顶部溢流两种方式交替递水。每一格为完全混合式运行，但总体又以推流方式运行，每格底部设有排泥管。经过接触氧化段处理后的水进入二沉池。

1、水力停留时间：与来水的 COD 值及可生化性有关，一般  $COD \leq 500\text{mg/L}$  的可生化性差的污水， $HRT \leq 40\text{h}$ ；

2、溶解氧：厌氧/兼氧段  $DO \approx 0.2\text{mg/L}$ ，好氧段  $DO \approx 2\text{mg/L}$ ；

3、回流比：100-400%；



---

4、去除每公斤  $BOD_5$  产生 0.01-0.05kg 干污泥。

## 二、主要技术指标

- 1、有机污泥减量 80-90%且出水主要指标达标；
- 2、剩余污泥的有机质含量较传统工艺降低 12-14%；
- 3、污泥中微生物种类丰富，由细菌到原生生物再到后生生物的食物链式种群构成。

## 三、技术特点

本技术通过横隔断和竖隔断将生化反应池分成包含厌氧、好氧及污泥消化等的多分段，并在反应池内悬挂纳米纤维填料，使菌胶团、原生动物、后生动物以及水生动物阶梯性分段富集，形成生物链和食物链阶梯性的良性结合，将前段微生物、代谢终产物进一步氧化还原分解，提高转炭率，达到污泥减量的效果，形成稳定的水下微生物生态环境，使得剩余污泥大大减量，与传统工艺相比，实现源头污泥减量了 80-90%。

城市活性污泥污泥原位减量工艺技术作为城市污泥的协同处理技术，可减少有机剩余污泥量；同时剩余污泥的成分进行了优化来实现资源化及资源的循环利用，为“无废城市”的建设提供一种可行性方向。

## 四、技术推广应用情况

北京亦庄水务有限公司的示范项目（ $4m^3/d$ ），2017 年开题，2019 年 10 月完成结题，实现污泥零排放且出水主要指

标满足京标 B 排放标准;

齐鲁制药总厂生化改造工程, 500 m<sup>3</sup>/d 的污水处理规模, 现产危废污泥 2 吨 (80%含水率污泥), 2019 年 6 月, 运行良好, 污泥减量 88%;

科玛化妆品 (北京) 有限公司污水处理改造工程 (100m<sup>3</sup>/d), 2016 年建成。

### 五、实际应用案例

案例名称	齐鲁制药 500m <sup>3</sup> /d 污水处理污泥减量 (LSP) 工艺改造项目
业主单位	齐鲁制药有限公司 (工北分厂)
工程地址	济南市历城区工业北路 243 号
工程规模	处置生产废水 500m <sup>3</sup> /d
项目投运时间	2019 年 4 月
验收情况	已竣工验收。
工艺流程	本项目是在齐鲁制药原污水处理的一组 A/O 池进行改造, 对原有池体进行分格并安装 LSP 生物载体。LSP 工艺系统整体运行稳定, 载体填料微生物挂载量大, 微生物种类丰富, 多样性共生, 达到了从菌胶团、原生动物、后生动物到水生动物阶梯性食物链分布, 且活性好; 出水水质 (LSP 池出水) 稳定达标, 污泥减量显著。
主要工艺运行和控制参数	溶解氧: 1-5mg/L; 水温: 21-33℃
关键设备及设备参数	LSP 填料: 横纵比 2500: 1; OTT 微孔曝气管 φ63×1200, 服务面积为 0.8-1.2m <sup>2</sup> /只; 其他配套利用原有设备。

污染防治效果和达标情况	LSP 系统对污泥减量显著，污泥减量达 88%。出水水质合格。原有系统 MLSS 371mg/L, LSP 系统 MLSS 44mg/L, 污泥减量 88%。
二次污染治理情况	无二次污染
投资费用	240 万元
运行费用	<p>1、本项目的主要费用是能耗：主要由曝气风机（15Kw）及提升泵（3Kw）的电耗：0.3 元/吨水（电价按 0.8 元/度计）；</p> <p>2、人员可与其他系统共享，不另计；</p> <p>3、无设备折旧及维修管理费。</p>
能源、资源节约和综合利用情况	通过对原有工艺改造，改造后，LSP 工艺系统实现污泥原位减量，减除率 88%，改造前污泥量为 2T/d（80%含水率），改造后 250kg/d（80%含水率），同时排放的污泥无机率比例升高，不但降低了后续污泥脱水系统的规模，还增强了污泥的脱水性，降低了污泥含水率，便于后续的回收处置，整体大大降低了污泥处置费和处置难度。

---

## 29. 新型高效市政污泥圆盘式蒸汽干化设备

技术依托单位：无锡国联环保科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：单台处理规模 100t/d 市政污泥的干化减量及稳定化处理。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

湿污泥经给料设备通过进料口定量送入干化机内，由旋转的搅拌叶向前推进。蒸汽通过热传导直接加热主轴、叶轮和外壳筒体上的夹套，污泥在运行过程中受旋转搅拌叶的搅拌，同时受到传动轴、叶轮和夹套的导热作用，而不断干燥。经过一段时间干燥后，污泥达到所要求的含水率，由出料口卸出。干污泥经输送机送入干污泥仓暂存后进入锅炉焚烧或掺烧系统，进行资源化利用。干化过程产生的蒸汽经尾气引风机排出，被抽出的气体经旋风除尘器除尘，再经冷凝器冷凝，冷凝液送至厂区内污水处理站，达标排放。干化系统不凝尾气产生的臭气送至锅炉焚烧系统的一次风机，进高温焚烧后达标排放。吨污泥（含水率 80%）干化蒸汽用量 0.8t，电耗 39kWh。

## 二、主要技术指标

烘干前泥饼含水率55%-60%，经烘干后污泥含水率不高于35%。

## 三、技术特点

对污泥烘干机刮刀进行改进，提高污泥干化效率的同时降低了运行功率；污泥焚烧产生的热量通过用于干化机以干化污泥，无需外加辅助燃料和热源，运行成本低；污泥干化尾气直接送入焚烧炉焚烧除臭。从而达到降低生产成本、节约能源，以及对污泥处理的减量化、无害化处置。

## 四、技术推广应用情况

2017年8月惠联污泥烘干项目投运，规模300t/d。

2018年10月常州武进项目投运，规模500t/d。

2019年6月无锡市蓝藻藻泥及污泥处理处置项目投运，规模1000t/d。

## 五、实际应用案例

案例名称	惠联污泥烘干项目
业主单位	无锡国联环保科技股份有限公司
工程地址	无锡市惠山区堰桥镇仓桥头88号
工程规模	300t/d
项目投运时间	2017年8月
验收情况	通过业主验收，验收结论:项目设备运行正常,污泥蒸汽烘干生产过程中产生的臭气通过抽气风机由设备及车间顶部的风管抽入生物滤池进行过滤除臭后达标排放，设备和车间除臭系统的维护保养良好。严格控制粉尘、扬尘。

	<p>本项目无生产废水产生，车间和设备冲洗水经收集处理后循环回用，不外排。系统冷却水和蒸汽放热产生的冷凝水均循环回用，不外排。采取有效的隔声防噪措施，确保达标排放。</p>
工艺流程	<p>1、由各污泥深度脱水项目运来的55%-60%含水率的污泥倒入污泥卸料斗，通过输送机送入污泥中转料斗、皮带输送机和螺旋输送机送入污泥干化机。</p> <p>2、进入污泥干化机的污泥，含水率由 55%-60%降至至35%-40%左右，实现污泥的干化效果。</p> <p>3、污泥干化过程产生的蒸汽通过引风机排出干燥机，维持微负压运行，尾气进入旋风分离器，将尾气中的粉尘分离出来，粉尘由分离器下部排出。</p> <p>4、分离后的尾气进入到凝汽器进行冷凝，其中蒸汽冷凝下的水排入污水管网，不凝气体（主要是一些含有硫化氢和氨气的恶臭气体）进入生物除臭系统，达标后直接排放或引至锅炉炉膛燃烧。干化后的污泥通过皮带输送机自然冷却，送至污泥储泥斗，送去垃圾电厂或其他燃煤电厂掺烧处置。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>烘干前泥饼含水率55%-60%；烘干后污泥含水率35%-40%；蒸汽参数为0.7MPa（表压）、170℃，焓值为2773kJ/kg；返回凝结水参数为0.4MPa（表压）、144℃，焓值为605kJ/kg。</p>
关键设备及设备参数	<p>旋转导热污泥圆盘干化机：公称传热面积300m<sup>2</sup>，主轴转速3.1-7.8rpm，电机功率90kW，工作压力0.7Mpa，蒸汽进口温度190℃，蒸汽出口温度164℃，干化机本体蒸汽容积5.8m<sup>3</sup>；</p> <p>抽气风机：全压1.9MPa，流量40000m<sup>3</sup>/h，转速1450r/min；</p> <p>破碎机：给料粒度≤200mm，出料量55-66t/h。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>烘干前泥饼含水率55%-80%，经烘干后污泥含水率不高于35%。</p>
二次污染治理情况	<p>二次污染物以烘干过程产生的臭气为主，该项目臭气经处理后达到了《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）</p>

	的相关规定要求。
投资费用	3000万元
运行费用	吨污泥费用电耗10.20元/t, 蒸汽耗量84.50元/t, 人工成本13.70元/t, 维修费用4.10元/t, 折旧费22.80元/t, 财务成本(利息按6%) 8.00元/t合计143.3元/t。
能源、资源节约和综合利用情况	该项目 2018 年处理含水率 55%污泥 7.25 万吨, 经旋转导热污泥圆盘干化机烘干后含水率 35% 污泥 4.86 万吨, 减量 33.38%。该技术工艺可以妥善处理污泥、显著减少污泥量、减少二次污染, 实现污泥的减量化、无害化、稳定化与资源化利用, 消除了污泥对环境造成的二次污染。

---

### 30. 市政污泥与餐厨垃圾分质分相高效协同厌氧消化技术

技术依托单位：清华大学深圳国际研究生院、深圳市利赛环保科技有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：餐厨垃圾、厨余垃圾、果蔬垃圾、市政污泥、粪渣污泥等城市有机固废的协同处理。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

污泥经多级水热闪蒸序批处理（180℃，30min），有机质溶出率达到 60% 后进行固液分离，得到含水率为 50% 的脱水泥饼及水热滤液；餐厨垃圾经除杂、破碎、制浆、除砂后自流到酸化池进行为期 4 天的中温高负荷乳酸发酵，得到以乳酸、乙酸为产物的酸化浆液；将污泥水热滤液与餐厨垃圾酸化浆液混合后进入产甲烷系统，进行为期 16-20 天的协同中温消化，产生的沼气经净化后进入沼气锅炉燃烧发电，锅炉余热通过换热器转化成蒸汽返回水热系统回用，低品位热量转化为热水用于厌氧系统加热。沼液脱水后的滤液部分回流作为生产用水，剩余部分外排至园区污水站处理达标后排入市政污水管网。

#### 二、主要技术指标

有机质转化率 $\geq 70\%$ ，单位干有机物料沼气产量 $\geq 400$



m<sup>3</sup>/t，处理后泥饼含水率≤60%。

### 三、技术特点

集合了“水热处理分质”、“两相厌氧消化”等多个先进技术特点，实现了污泥与餐厨垃圾的分质分相协同消化。污泥水热分质借鉴了水处理过程传质效率高的技术优势，结合餐厨垃圾分相，不仅避免酸积累和有毒物质对产甲烷的影响，同时利于厌氧系统的营养元素平衡和酸碱平衡，提高了处理负荷及产气效率，余热的就地利用也实现了能量的高效循环利用，降低运行成本，最终实现污泥与餐厨垃圾的减量化、无害化、资源化。

### 四、技术推广应用情况

2017年，深圳市生物质垃圾处理处置工程，年处理餐厨垃圾 7.3 万吨，年处理市政脱水污泥 10.95 万吨。

### 五、实际应用案例

案例名称	深圳市生物质垃圾处理处置工程
业主单位	深圳市利赛环保科技有限公司
工程地址	深圳市龙岗区布吉街道郁南环境园
工程规模	200 吨/天餐厨垃圾，300 吨/天市政污水厂脱水污泥
项目投运时间	2017 年 12 月
验收情况	验收单位：深圳市龙岗区环境保护和水务局 验收时间：2017 年 11 月 16 日 验收结论：深圳市城市生物质垃圾处置工程项目执行了环境影响评价制度，履行了环保审批手续，基本落实了环评批复要求，其水气声污染物均达标排放，固体废弃物基本得到妥善处置，环保管理机构、环保规章制度、

	<p>环境应急措施均完善。按照国家环境保护部关于建设项目竣工环境保护验收的规定，深圳市城市生物质垃圾处置工程项目具备了工程竣工环境保护验收的条件，建议通过本工程竣工环境保护验收。</p>
<p>工艺流程</p>	<p>该技术主要包括污泥水热分质、餐厨垃圾预发酵系统、协同产甲烷系统三部分。1、污泥水热分质：收运车辆经称重计量后将市政污泥倾倒入污泥卸料仓，通过料仓底部的高压柱塞泵将污泥输送至污泥水热系统，污泥水热系统采用的是污泥多级闪蒸序批工艺，处理后的污泥直接进入隔膜压滤机脱水，无需加药调理，脱水后的泥饼外运处置。2、餐厨垃圾预发酵系统：餐厨垃圾运输车进场进行地磅称重，预处理车间的餐厨垃圾接收斗内门开启将餐厨垃圾倒入餐厨垃圾接收斗。餐厨垃圾接收斗内的餐厨垃圾通过重力自流入预处理装置，经过破碎、筛分、制浆后流入浆料池，通过浆料泵提升至除砂系统除砂后自流到酸化池进行高负荷乳酸发酵。3、协同产甲烷系统：污泥水热滤液和餐厨垃圾酸化液混合进入产甲烷系统，进行协同中温消化，产生的沼气经净化后进入沼气锅炉燃烧发电，锅炉余热通过换热器转化成蒸汽返回水热系统回用，低品位热量转化为热水用于厌氧系统加热。沼液脱水后的滤液部分回流作为生产用水，剩余部分外排至园区污水站处理达标后排入市政污水管网。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>1、污泥水热分质系统：水热系统内设置多级闪蒸罐，污泥在均质反应器、一级浆化反应器、二级浆化反应器内依次被加热到 35-45℃、75-85℃、115-125℃，水热反应的操作温度为 180℃，水热处理时间为 30-45 min。各级反应器之间设置热交换系统，实现废热利用。脱水泥饼含水率 50%。2、餐厨垃圾预发酵系统：固体停留时间 4d，发酵温度 30-40℃。3、协同产甲烷系统：反应器运行温度 35-38℃，消化周期 16-20 d，水力搅拌。</p>
<p>关键设备及设备参数</p>	<p>高压柱塞泵输送量 20m<sup>3</sup>/h，污泥均质反应器、浆化反应器、水热反应器、闪蒸反应器有效容积分别为 3.4m<sup>3</sup>、43m<sup>3</sup>、25m<sup>3</sup>、40m<sup>3</sup>；高压厢式隔膜压滤机过滤面积 800m<sup>2</sup>，</p>

	浆料隔膜泵输送量 10m <sup>3</sup> /h，餐厨垃圾酸化池有效容积 250m <sup>3</sup> ，厌氧产沼罐有效容积 2300m <sup>3</sup> ，沼气预处理装置 2500Nm <sup>3</sup> /h，余热锅炉 4t/hr，沼气的储气 2500m <sup>3</sup> 。
污染防治效果和达标情况	年处理生物质有机废弃物 18.25 万吨，沼气年产生量为 876 万 m <sup>3</sup> ，年减排二氧化碳 6.5 万 t，有机物转化率约 ≥70%，沼气全部发电（综合利用率 >80%）。
二次污染治理情况	1、废水：本项目生产和生活废水委托项目所在园区的深圳市卫生厂污水处理设施二期进行处理，处理厂出水排放执行《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)中的第二时段二级标准，达标后排经市政管网排入布吉污水处理厂进行深度处理。2、废气：恶臭气体排放达到《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)，燃气锅炉废气达到《锅炉大气污染物排放标准》(DB44/765-2010)。3、固体废物：厌氧消化后的脱水泥饼，交由所在园区内深圳市粪渣厂处理。超过粪渣厂处理能力的部分，交由深圳市下坪垃圾填埋场填埋进行处理。本项目泥饼含水率为 65%-45%，超过粪渣厂处理能力的部分污泥在送下坪垃圾填埋场填。
投资费用	25000 万元
运行费用	总运行费用约 180 元/吨，其中：设备及基础设施折旧费 71 元/吨，人工成本 51 元/吨，水费 3 元/吨，药剂 11 元/吨，运行维护费 44 元/吨。
能源、资源节约和综合利用情况	每年可实现生物质有机废物处理 18.25 万吨，能产出工业油脂 3000 余吨，有机物转化率约 ≥70%，并网电量（不含自用电）超过 800 万度（综合利用率 >80%）。

---

### 31. 污泥低温物理深度减量化技术

技术依托单位：上海和惠生态环境科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：石油/化工污泥、印染污泥、市政污泥、无机污泥等。

主要技术指标和参数：

#### 一、工艺路线及参数

湿污泥从干燥机的一端通过螺杆输送泵输送到造粒机造粒成型，然后均匀摊铺在“复合带式干燥机”的网带上。粒料从上层网带被输送到下层网带，通过多层网带的翻动，物料在干燥机内均匀分布与分散，并与并流（逆流）的换热空气或者烟气充分接触进行热量交换，使水分逐步被蒸发、烘干污泥。干燥后的污泥颗粒利用底层的刮板运动到卸料口，由干燥机底部排出。

#### 二、主要技术指标

换热后的热风（送风温度为 140℃），均匀地自下向上穿过网带，实现湿污泥的干化。箱体内湿污泥停留时间 2.5-3 小时，尾气排出时温度约为 90℃，经过余热回收装置再与新风进行初步热交换后，实现余热的再利用。

#### 三、技术特点

低温干化技术，介质化学温度低，阻止污泥中有害物质

的挥发，可资源化利用，干化效果好，减量率高，经济效益明显，无次生污染物产生。

#### 四、技术推广应用情况

2016年3月，浙江嘉兴石化有限公司，一期污泥减量化项目（处理量为50t/d）竣工验收；2017年8月，二期污泥减量化项目（处理量为60t/d）竣工验收，顺利投产。

2017年9月，江苏海伦石化有限公司，污泥减量化项目（处理量为100t/d）竣工验收，顺利投产。

2017年10月，江阴汉邦石化有限公司，污泥减量化项目（处理量为100t/d）竣工验收，顺利投产。

#### 五、实际应用案例

案例名称	江苏海伦石化污泥减量化项目（湿污泥处理量100t/d）
业主单位	江苏海伦石化有限公司
工程地址	江苏省江阴市利港镇润华路20号
工程规模	带滤机脱水污泥干化量100t/d
项目投运时间	2017年9月
验收情况	验收单位：江苏海伦石化有限公司 验收时间：2017年9月11日 项目性能考核结论：1、整套污泥干化系统能力完全可以符合设计要求的100t/d处理量（含水率 $\gt$ 85%），干化污泥质量均在可控制范围内，干污泥含水率7%左右，干化效果好；2、各项能耗消耗指标均在设计指标范围内。经性能考核合格，同意该项目主体工程正式投入运行。
工艺流程	该技术主要包括湿污泥输送系统，污泥干燥处理及干料输送系统，凝液和蒸汽供热系统，尾气处理系统。1、湿污泥输送系统：料仓中的湿污泥经过螺杆泵送入挤条机

	<p>造粒,造粒成形后,均匀布料在不锈钢网带上。2、污泥干燥处理及干料输送系统:含水率 85%左右的湿污泥在不锈钢网带上充分进行热交换后,将含水率降至 10%以下,从干燥机末端排出,经斗式提升机输送到干污泥料仓。3、凝液和蒸汽供热系统:凝液经过管道输送到空气-凝液热交换器,热交换器把热量传递给热风。热风再经管道进入空气-蒸汽热交换器,与进入空气-蒸汽热交换器的蒸汽进行换热,换热后的热风(<math>\geq 130^{\circ}\text{C}</math>)经过管道直接进入复合污泥干燥装置,与污泥直接接触进行干化。4、尾气处理系统:尾气的一部分通过循环风机进行循环利用,另一部分通过排湿风机牵引到喷淋塔,可将尾气中的可溶性物质及微量粉尘进行吸附洗涤。经过喷淋塔的气体再通过光催化氧化处理达标后排放。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>污泥处理量: 100t/d (85%);  干化要求: 含水率 85%干化至含水率<math>\leq 10\%</math>;  每天工作时间: 24h;  年操作时间: 8000h;  处理能力弹性范围: 50%-110%;  蒸汽参数: 温度: <math>143^{\circ}\text{C}</math>, 压力: 0.3Mpa。</p>
关键设备及设备参数	<p>两套复合干燥装置 (BDE-I-2.5-15), 单套设备外形尺寸 <math>15000\times 2910\times 3358\text{mm}</math>, 内含 7 层不锈钢网带, 其中网带宽 2.5m,长 15m, 由电机驱动。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>含水率为 85%的 100t 湿污泥, 干化化后含水率为 7%左右, 干化后重量是原来的 16.67%。</p>
二次污染治理情况	<p>干化后产生的尾气, 治理措施是降温洗尘+光催化氧化, 达到《废气排放标准》(GB14554、GB16297-1996(新二级)、GB3095-1996(二级)), 最终处理达标排放。洗涤后的废水进入该厂原有的污水处理系统进行处理, 达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准, 最终处理达标排放。</p>
投资费用	1591.3 万元
运行费用	电费: 6284 元/天;

	<p>人工费：576 元/天；          折旧费：3186 元/天；          维修管理费：318 元/天；          蒸汽消耗费：19200 元/天；          总运行费用：29564 元/天。</p>
<p>能源、资源          节约和综          合利用情          况</p>	<p>污泥处理节约费用：污泥外运处置费为 1600 元/吨,水分蒸发为 83.33 吨/天，污泥干化间接产生效益为：  <math>83.33 \times 1600 = 133328</math> 元/天。每天污泥干化可产生效益 133328 元/天,运行费用 29564 元/天，实际可产生效益：<math>133328 - 29564 = 103764</math> 元/天(3455 万元/年)，项目总投资按 1591.3 万元计，项目正常运行后 5 个半月左右,可收回全部投资。</p>

---

## 第五章 信息化管理领域

### 1. 智拓危险废物信息化智慧监管平台技术

技术依托单位：山东智拓大数据有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：政府主管部门、危废产生单位和危废处置单位的全流程管理。

主要技术指标：

#### 一、工艺路线及参数

本系统基于危险废物产生、入库、贮存、出库、转移、处理全流程管理，在产废端提供危废贮存智能终端设备，实现危废自动称重入库和批量出库，减少人为干预，提高工作效率。在监管端部署危废贮存智能监管平台，实时接收来自产废端的出入库数据并进行决策分析和台帐生成。同时提供一款危险废物贮存智能监管 APP，便于监管单位实时掌握辖区内危废动态。最终实现危废管理的规范化、精细化、信息化和智能化。

#### 二、主要技术指标

- 1、实现危废全程精细化管理
- 2、降低企业的危废管理风险
- 3、提高危废监管力度
- 4、提高危废执法效率及精准度



---

## 5、助力推进净土保卫战

系统配置参数：

- 1、操作系统：windows server 2008\2012\2016 或 linux
- 2、数据库系统：MySQL server 5.5
- 3、应用平台：jdk1.8、tomcat8.0 或 weblogic 11G

### 三、技术特点

本平台基于现代物联网技术、大数据分析原理，依据危废八项管理制度以及危废管理标准要求，将传感器技术、RFID 标签、嵌入式系统技术、无线数据通信、大数据分析等技术分别应用于危废产生、贮存、转移、处置等全过程多环节，形成“危废监管一屏汇总、多端联动”智慧化管理系统平台，实现了产废入库按名录电子标签、现场贮存按标准称重自动上传、动态管理按类设时预警、出库处置按路线定点可视反馈、全过程大数据汇总分析报告等功能，有利于危废精细化、标准化管理与科学决策。

### 四、技术推广应用情况

2019 年，临沂市高新区生态环境分局建设临沂市高新区危险废物信息化智慧监管，已投入运行。

2019 年，安庆市生态环境局建设安庆市危险废物信息化智慧监管平台，已投入运行。

同时还在成武县生态环境局、乐陵市生态环境局、郴州市生态环境分局、乳山市生态环境局、丰都县生态环境局、

台州市高新开发区生态环境局、河南新乡市辉县生态环境局等地推广运行中。

## 五、实际应用案例

案例名称	临沂市高新区危险废物信息化智慧监管平台
业主单位	临沂市高新区生态环境分局
工程地址	临沂市高新区管委会
工程规模	县区级
项目投运时间	2019年5月开始投入运行
验收情况	<p>验收单位：临沂市高新区生态环境分局</p> <p>验收时间：2019年10月26日</p> <p>验收结论：本项目侧重构建固体废物“产废—收集—转移—处置”流向监管数据网，强化源头管理精细化和系统运行智能化，以决策分析和业务流转为两大核心，建立集实时监控、业务流转、数据共享、预测预警、科学决策和服务功能一体化的全过程动态监管平台，为固废日常监管提供强大的技术支撑。评审专家认为，新平台的开发理念和智能化监管手段走在了国内前列，软件开发技术成熟，运行可靠，一致同意通过验收。</p>
工艺流程	<p>本项目基于危险废物产生、入库、贮存、出库、转移、处理全流程管理，在产废端提供危废贮存智能终端设备，实现危废自动称重入库和批量出库，减少人为干预，提高工作效率。在监管端部署危废贮存智能监管平台，实时接收来自产废端的出入库数据并进行决策分析和台帐生成。同时提供一款危险废物贮存智能监管APP，便于监管单位实时掌握辖区内危废动态。最终实现危废管理的规范化、精细化、信息化和智能化。</p>
主要工艺运行和控制参数	<p>1、落实八项制度：危废废物处理责任制度；标识制度；危废废物管理计划制度；危废废物源头分类制度；应急预案备案制度；申报登记制度；转移联单制度；经营许可制度；企业信息平台登记制度；</p> <p>2、生产入库：在线填写申报登记（电子化申报登记，便于查询追溯），监管单位审核，企业生产过程中产生危废废物，产生的</p>

	<p>危废废物通过危废贮存终端称重，自动打印国标标签（按照贮存规范），粘贴标签入库，同时计入贮存管理（全过程数据不可更改），实时显示库存库容，对于超预期（存放时间过长，库容量超标等）进行报警；</p> <p>3、出库转移处置：出库称重，与入库时重量比对，在合理范围内出库，对于偏差较大的要进行调查处理，之后进行转移处置，需要具备处置危废废物处理经营许可证的企业进行处理，GPS管理，实时追踪危废废物去向；</p> <p>4、台账管理：对于各种危废废物的入库与出库都自动联网生成规范台账；</p> <p>5、政府端库存容量实时监测地图：政府端基于GIS地图，清晰明了的反应辖区内各个企业危废废物的库存与库容情况，同时可查看辖区内的出入库动态、企业详情、现场视频监控，增强危废日常监管的及时性、可预见性和有限性，防患于未然；</p> <p>6、政府端产废一企一档：监管单位掌握辖区内各个企业的基本信息、详细情况、产废情况、工艺情况等信息；</p> <p>7、政府端预警报警：系统提供包括库存报警、超限报警、偏差报警、视频监控在内的各项报警，并支持个性化报警策略配置；</p> <p>危废废物实时概况：采用大数据分析以及BI技术，提供危废产生、贮存、转移、处置等各个环节的数据挖掘与分析，让数据“活”起来，为科学决策提供有力支撑。</p>
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p>本项目关键设备为危废贮存智能终端设备，参数如下：</p> <p>1、2G 双核 CPU、30G 硬盘、4G 内存，支持串口通讯</p> <p>2、工作电源：220V</p> <p>3、工作环境：-15~45℃</p> <p>平台参数：</p> <p>1、操作系统：windows server 2008\2012\2016 或 linux</p> <p>2、数据库系统：MySQL server 5.5</p> <p>3、应用平台：jdk1.8、tomcat8.0 或 weblogic 11G</p>
<p>污染防治 效果和达 标情况</p>	<p><b>1、实现危废全程精细化管理：</b>通过物联网技术率先实现固/危废全程精细化管理，管理方法、管理手段创新，全国领先。</p> <p><b>2、降低企业的危废管理风险：</b>帮助企业提高危废管理的水平，降低企业的生产安全风险，减少应急事故的发生。</p>

	<p><b>3、提高危废监管力度：</b>通过固/危废出入库实时监控、预警及大数据分析等功能，为固/危废管理提供切实可行的手段，消除危废监管盲区，极大提高危废监管力度。</p> <p><b>4、提高危废执法效率及精准度：</b>实现危废精准执法，为执法提供一手数据支撑，提高执法效率实现用数据说话。</p> <p><b>5、助力推进净土保卫战：</b>实现固/危废产生量与处置量的区域平衡，保护区域生态环境，促进可持续发展，助力推进净土保卫战。本项目运行的半年多时间里，纳入重点企业监管企业 30 余家，涉及危废 70 余种，危废贮存量最高峰时近千吨，实现了区域重点企业危废的全覆盖管理。</p>
二次污染治理情况	危废在利用、处置过程中产生的次生危废，严格按照国家标准，采取填埋和焚烧进行处理，不对环境产生污染。
投资费用	120 万元
运行费用	政府端：5 万元/a 企业端：1 万元/a
能源、资源节约和综合利用情况	<p>1、本项目的实施，为高新区危废智能化监管提供了必要的技术支撑，减少了企业在危废出入库环节的人为干预，提高了工作效率。</p> <p>2、通过信息化的监管模式，倒逼企业在危废管理方面采取更严格的措施。</p> <p>3、系统采用大数据分析挖掘技术，对企业实时出入库数据进行汇总分析，对不同时间段同种危废的产生进行比较，以此来发现企业产品在生产过程中的异常或对生产工艺进行完善，为企业能源、资源的合理投入提供了有效的数据支撑。</p> <p>在危废综合利用方面，基于不同企业对于危废的原材料诉求，系统采用大数据分析挖掘技术，根据企业的需求自动匹配，保障危废得到综合利用，减少了危废最终的处置量，缓解了环境对危废的承载压力，对促进环境改善起到了积极的作用。</p>

## 2. 基于互联网模式的垃圾分类回收系统解决方案

技术依托单位：杭州舞环科技有限公司

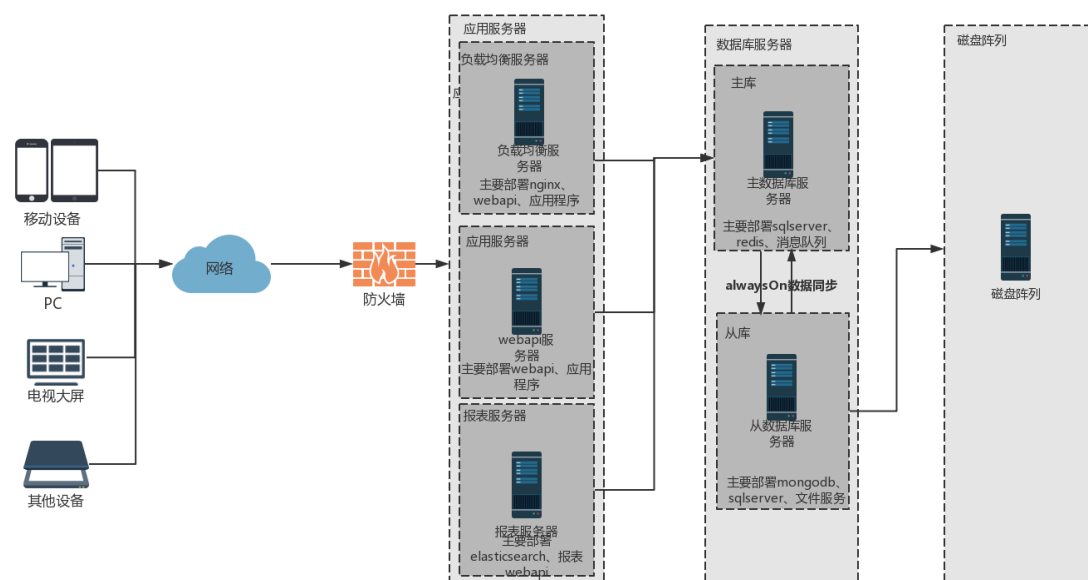
技术发展阶段：推广应用

适用范围：城镇各业态生活垃圾分类的整体规划、体系建设和长效运作。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

#### 1、服务端负载均衡



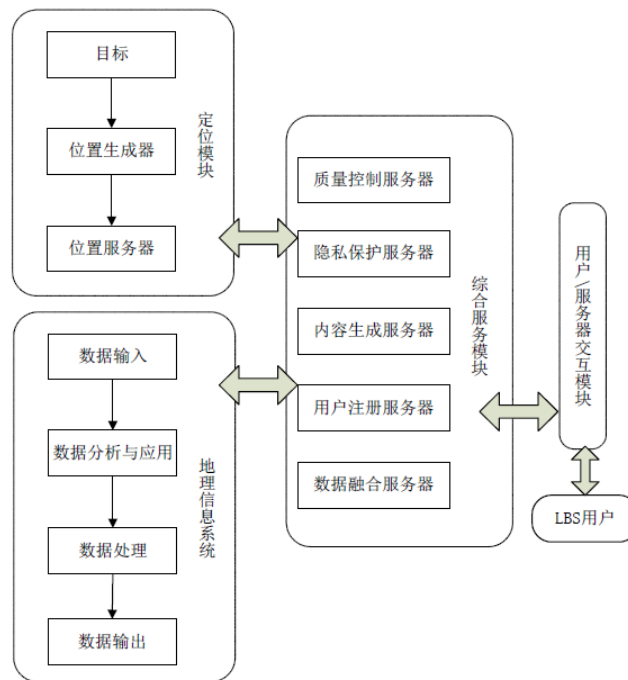
#### 2、家宝兔SSO账户体系

使用单点登录系统，用户只需要登录一次，就可以访问多个系统，不需要记忆多个口令密码。通过接入家宝兔账户体系，使用户可以快速访问网络，提高工作效率及系统的安全性。

#### 3、虚拟账户风控体系

家宝兔针对普通用户、商户、回收人员、分拣中心，在会员建立时根据实际情况可设立一系列账户，包括个人余额账户，商户余额账户，商户待结算账户等，所以每个会员都有一个主账户ID（户口号）。

#### 4、基于LBS的订单指派技术



#### 家宝兔LBS服务链

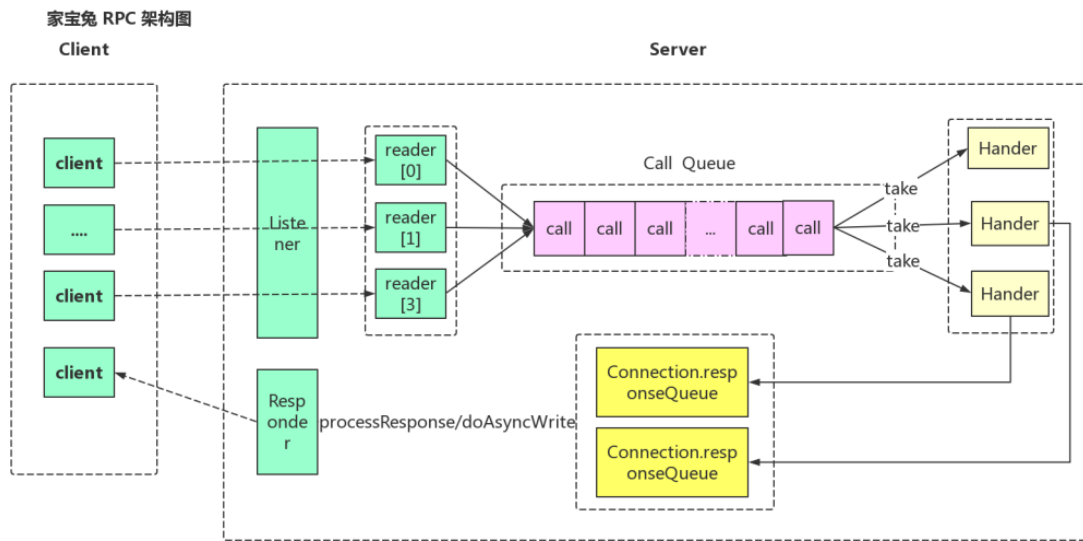
家宝兔整合LBS的订单指派技术，研发并拓展基于定位的促单交易模式，居民通过家宝兔APP下单，自动定位位置，回收管家在回收人员端可接受居民的订单讯息，通过其定位所示的位置讯息，回收人员可在指定时间内前往提供上门服务，快捷高效，流程更简化。

#### 5、智能硬件接入（回收箱，兔管家，电子秤）

家宝兔硬件通信基于Modbus协议实现，这是一个

master/slave架构的协议。每一个slave设备都有一个唯一的地址。在串行和MB+网络中，只有被指定为主节点的节点可以启动一个命令，保证数据在不稳定网络环境下的通信安全性与可靠性。

## 6、应用RPC架构

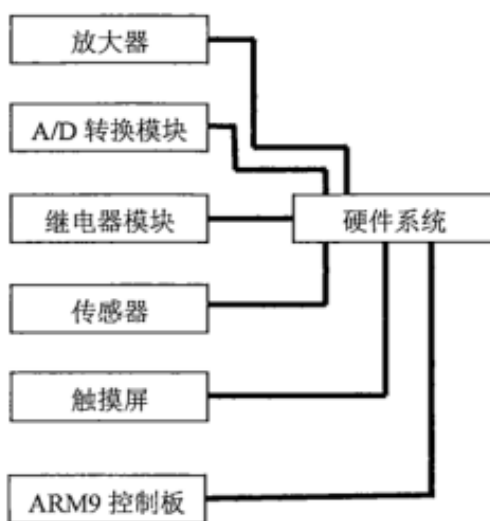


## 7、数据存储集群

家宝兔自建数据集群系统，基于阿里云 RDS 与自建库实现，利用主从数据库来实现读写分离，从而分担主数据库的压力。在多个服务器上部署 mysql，将其中一台认为主数据库，而其他为从数据库，实现主从同步。其中主数据库负责主动写的操作，而从数据库则只负责主动读的操作（slave 从数据库仍然会被动的进行写操作，为了保持数据一致性），这样就可以很大程度上的避免数据丢失的问题，同时也可减少数据库的连接，减轻主数据库的负载。

## 8、基于物联网的称重管理系统

在系统的开发技术上，采用包括 Java/php , Javascript,HTML 等在内的多语言混合开发模式。利用称重传感技术，将地磅与兔管家智慧终端一体机连接起来，自动称量并读取数据。兔管家智慧终端一体机机身设有二维码扫描口以及 IC 卡读卡区域，通过二维码识别技术、IC 卡识别技术和数据采集技术-DTU 采集用户信息，后端利用数据管理及统计技术将对采集的数据进行分析和统计存储，形成整个称重过程的线上管理、数据可追溯等。

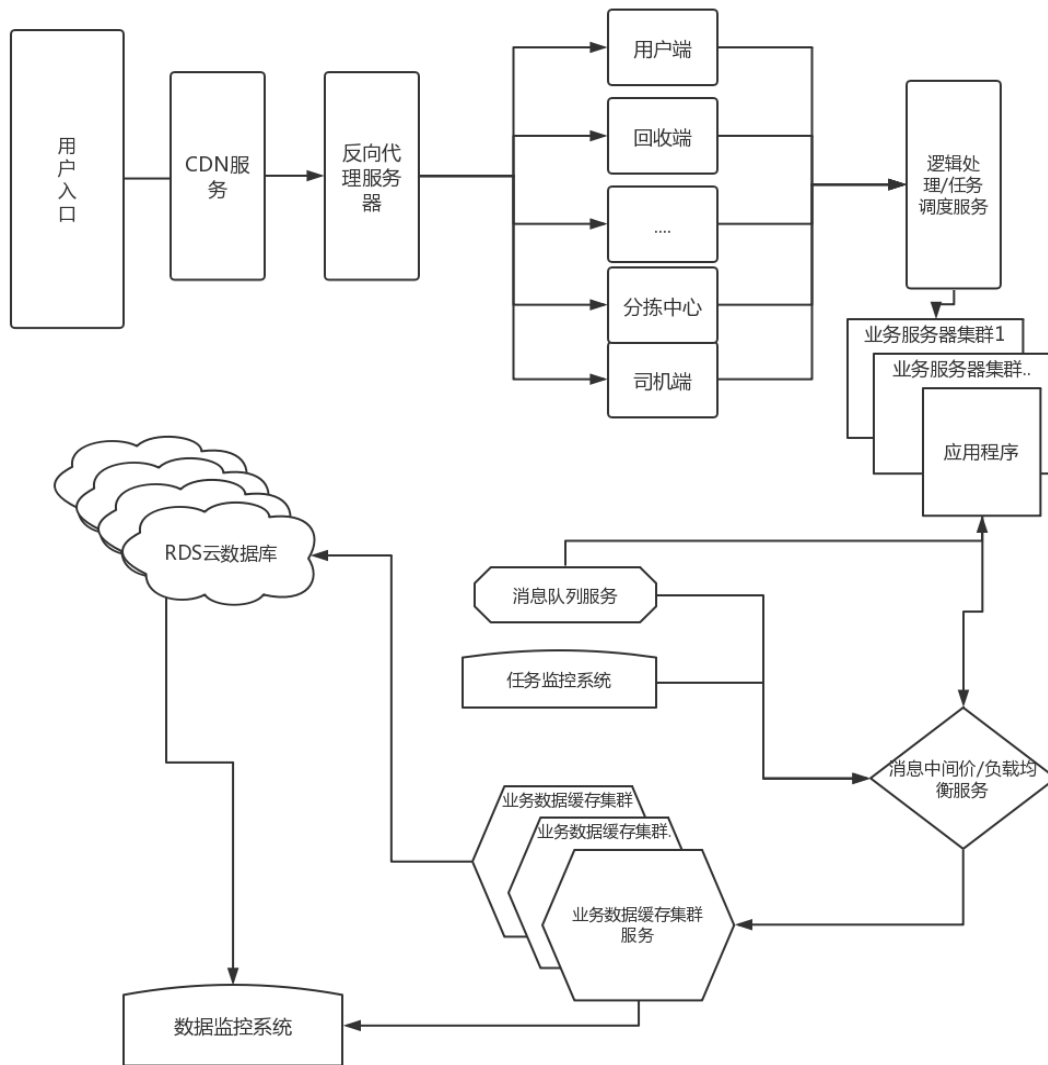


### 二、主要技术指标

本项目基于“距离算法获取距离用户最近的回收点位信息，促使交易生成、信息发回的信息集中管理平台，处理分析调度，实时统计社区可回收物产生量”而实施，其操作系统体系构架框图如下：



### 分布式系统服务架构设计图



### 三、技术特点

结合城镇垃圾分类现状及传统回收产业链冗长、低能效等问题,研究开发家宝兔 SSO 账户体系、虚拟账户风控体系,并运用基于 LBS 的订单指派技术、基于 (master/slave 架构) Modbus 协议的硬件通信技术等设计了适用于垃圾分类回收产业链的互联网系统服务架构及物联网设备,用以解决城市垃圾分类途径不清晰、低值资源无处收、分类标准缺失、再生资源回收产业链运行体系不健全等产业发展关键核心难

点，为城市各业态生活垃圾的分类投放、分类收集、分类运输、分类处置各环节提供长效、可复制的整体解决方案。

#### 四、技术推广应用情况

已在杭州市临安区商务局、杭州钱塘新区等地应用。

#### 五、实际应用案例

案例名称	杭州市临安区再生资源回收项目
业主单位	杭州市临安区商务局
工程地址	杭州市临安区
工程规模	本项目涉及居民小区、学校、机关单位等不同业态共 88 个再生资源收集点的规划建设、管理平台的搭建及运营支持，共 24672 户居民。
项目投运时间	2019 年 06 月-2020 年 06 月
验收情况	验收单位：杭州市临安区商务局 验收时间：2019 年 10 月 验收结论：完成项目既定指标。
工艺流程	<p>家宝兔推动体系化建设，以“定时定点”分类投放和分类回收的方式，从垃圾产生源头，建立分类路径和回收标准，拓宽可回收物回收品类，建立一条分类回收的运行系统，与市政环卫系统形成分类收集、分类运输的良性互补。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、整体规划垃圾分类投放路径，推进“定时定点投放”和“定期定点回收”。</li> <li>2、将社会回收人员整编为平台的回收管家，统一培训、统一管理，提升社会回收人员的从业水平和工作效率。</li> <li>3、搭建“互联网+再生资源”产业链平台，线下构建供应链体系，线上运用互联网、物联网系统连接居民用户、保洁人员、回收人员、分拣中心和利用工厂，实现全流程数据采集和可追溯。</li> <li>4、整合后端利用企业，输出基于可利用资源的分类标准</li> </ol>

	<p>体系，使可回收物定向供给，形成产业链供应链体系，降低收集和物流成本。</p> <p>5、基于产业链参与者共建共赢，平台建设信用体系、支付体系形成服务和交易闭环，在创造的增量价值中获得收益，逐步实现平台自我造血能力，大幅降低政府财政支出。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p><b>1、再生资源标准化站点的建设</b></p> <p>建设 88 个再生资源标准化回收站点，每个回收点配置一组智能回收箱（共 88 组）。每个回收点配置一名专业服务人员（回收管家）进行可回收物回收及日常宣传。</p> <p><b>2、前端收集</b></p> <p>（1）建立居民再生资源回收呼叫回收信息平台建立企业与居民互动的 APP、公众号、微信号、服务电话以及 PC 电脑端的实时呼叫系统。</p> <p>（2）线上下单居民通过家宝兔（APP/公众号）线上下单预约再生资源回收服务，回收管家将在 2 小时内上门服务。</p> <p>（3）分类投放</p> <p>居民可根据再生资源回收目录，将可回收物通过定点分类投放的方式投放至再生资源回收设备中，回收管家根据居民投放的可回收物，将相应价值的绿叶币积分拨付至居民账户。</p> <p>（4）建立再生资源回收信息监管平台</p> <p>居民投放的可回收物信息，实时同步扫描纳入再生资源回收平台。</p> <p><b>3、中端运输</b></p> <p>（1）物资存储</p> <p>所有可回收物可在服务网点集中暂存，量多可预约分拣中心前来清运或自行清运至分拣中心。</p> <p>（2）物流车辆</p> <p>配备 12 辆运输车辆，用于网点回收物资的运输。每辆车安装视频监控及 GPS 定位设备，车辆全部统一标识。</p> <p><b>4、再生资源回收信息平台</b></p>

	<p>完成临安区城镇再生资源回收信息综合管理平台建设，具备采集、统计、分析临安区再生资源回收情况的功能。</p> <p><b>5、建设家宝兔临安分拣中心</b></p> <p>家宝兔临安分拣中心于 2019 年 8 月正式建成投产，总占地面积 11300m<sup>2</sup>。包括废纸、废塑料、废金属、废玻璃、废旧纺织、废电子电器及大件家具八大品类“回收-分拣-减容”车间，年回收分拣量超过 5 万 t。</p>
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p><b>1、移动端软件</b></p> <p>(1) 家宝兔 App: 拥有废品回收、预约上门回收服务、账户信息查询、订单查询等多项功能。用户可通过家宝兔再生资源收集点回收或预约上门回收服务的方式，获得相应数量的绿叶币，并在社区附近的家宝兔合作商铺或家宝兔线上商城使用绿叶币消费，有效打通了线上线下一多场景消费渠道。</p> <p>家宝兔打通城市智慧系统，与杭州市民卡携手合作，用户直接使用市民卡或市民卡 APP 参与回收、获得积分。</p> <p>(2) 回收人员 App</p> <p>回收交易、查看预约上门回收订单、查看分拣中心价格、物流清运预约等流程在 App 功能中实现，同时可以追踪回收订单与交易信息，提升回收人员整体作业效率。</p> <p>(3) 兑换端 App</p> <p>家宝兔线下积分兑换合作商户注册兑换端 App，为居民提供商品兑换、绿叶币消费服务，当居民选购商品后，商户扫描用户二维码进行绿叶币积分的扣除，为居民提供消费便利。</p> <p><b>2、物联网产品</b></p> <p>(1) 智能电子秤</p> <p>运行 Android 系统，应用在前端可回收物的回收称重环节，前后双屏设置，回收管家在称重操作时，用户亦可随时通过前部屏幕看到重量和积分拨付信息。电子秤具备称重、打印回收小票、IC/ID 刷卡、扫描二维码等功能；</p>

回收管家将居民送至的可回收物进行分类称量，操作电子秤自动计算价格并向用户拨付相应的绿叶币，实现了回收信息与用户账户实时关联，大大提升了工作效率和用户体验，推进了垃圾分类和再生资源回收的规范化、信息化建设。

#### (2) 智能回收箱

包括纸类、塑料瓶、杂塑料、金属、玻璃、纺织品六个箱体组成（数量可自由组合），配备中央触控屏幕、感应系统、预警系统、自动称量系统、积分兑换系统、PC 管理系统、刷卡扫码功能和语音提示功能。具备：二维码扫码刷卡投递、语音播报提示，触屏操作、绿叶币积分兑换奖励机制、投递可回收物，自动称重，记录重量数据的功能。

#### (3) 绿叶卡

为每户居民提供一张绿叶卡，作为其垃圾分类情况追踪的积分载体，卡片背面印有账号、账号二维码、App 登录账号及使用方法等信息，卡片储存住户信息、积分信息、回收量、分类投放情况等信息。绿叶卡与家宝兔 App、微信公众号的账户关联，实现账户管理、绿叶币查询、绿叶币消费等功能。

#### (4) 手持终端

回收人员可使用手持终端设备“开通账户功能”为未开通绿叶币账户的居民进行开卡作业，预约上门回收服务时，可使用手持终端进行回收信息的录入和拨付绿叶币。垃圾分类巡检人员可使用手持终端的“扫描追溯”功能扫描垃圾袋二维码，追溯投放信息。家宝兔合作商户可使用手持终端为居民提供绿叶币消费兑换服务。

#### (5) 兔管家

“兔管家”管理系统：系统集货物管理、人员管理、财务管理、订单管理于一体，结合安防摄像头和刷卡设备、地磅与网络集成模块，用户将回收货物过磅称重后刷卡，管理系统自动录入重量信息，实现分拣中心回收流程数据化运营，大大提高了运作效率，节约管理成本。

	<p><b>3、大数据统计分析</b></p> <p>家宝兔大数据管理平台根据后台数据汇总分析，显示项目实施范围内的各回收网点位置信息、实时动态统计回收数据，后台统一调度物流车辆，智能规划最优路径前往小区及时清运，并实时追踪车辆轨迹。</p>
污染防治效果和达标情况	<p>家宝兔设计“基于互联网模式的垃圾分类回收系统解决方案”，搭建再生资源回收互联网平台。自今年投产运营至 10 月，家宝兔临安分拣中心累计回收量超过 3500t，为城市减少生活垃圾处理费用约 100 万元，减少碳排放约 1200t（按 ISWA 碳减排潜力综合估算）。</p> <p>建设完成家宝兔临安分拣中心，总占地面积 11300m<sup>2</sup>。目前，分拣中心已建设完成废纸、废塑料、废金属、废玻璃、废旧纺织、废电子电器及大件家具八大品类“回收-分拣-减容”车间，年回收分拣量超过 50000t。</p>
二次污染治理情况	<p>说明：本项目未涉及二次污染</p>
投资费用	<p>本项目共投入 1000 多万元</p> <p>其中基础设施建设：700 多万元</p> <p>智能设备：约 280 万元</p>
运行费用	<p>人工费：55 万元</p> <p>其他费用：38 万元</p>
能源、资源节约和综合利用情况	<p>家宝兔已在临安铺设 88 个再生资源分类收集点、1 个再生资源分拣中心，自今年投产运营至 10 月，家宝兔临安分拣中心累计回收量共 3545.12t：其中纸类 973.3t，塑料类 130.5t，金属类 2375.5t，纺织类 4.62t，玻璃类 61.2t，废旧电器 448 台。为城市减少生活垃圾处理费用约 100 万元，减少碳排放约 1050t（按 ISWA 碳减排潜力综合估算）。</p>