



“无废城市”建设危险废物领域污染防治技术

黄启飞

中国环境科学研究院

2019.12



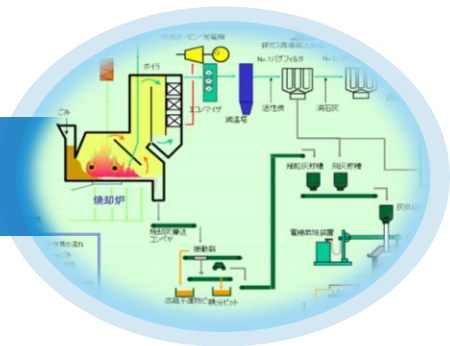
提纲



1. 试点城市危险废
物主要类型及问题



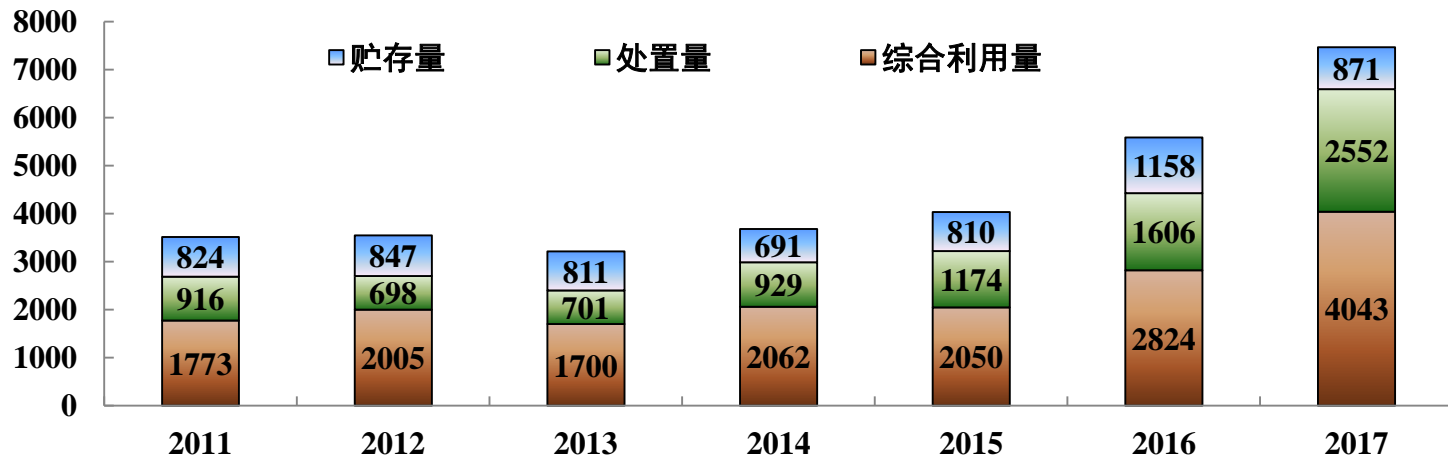
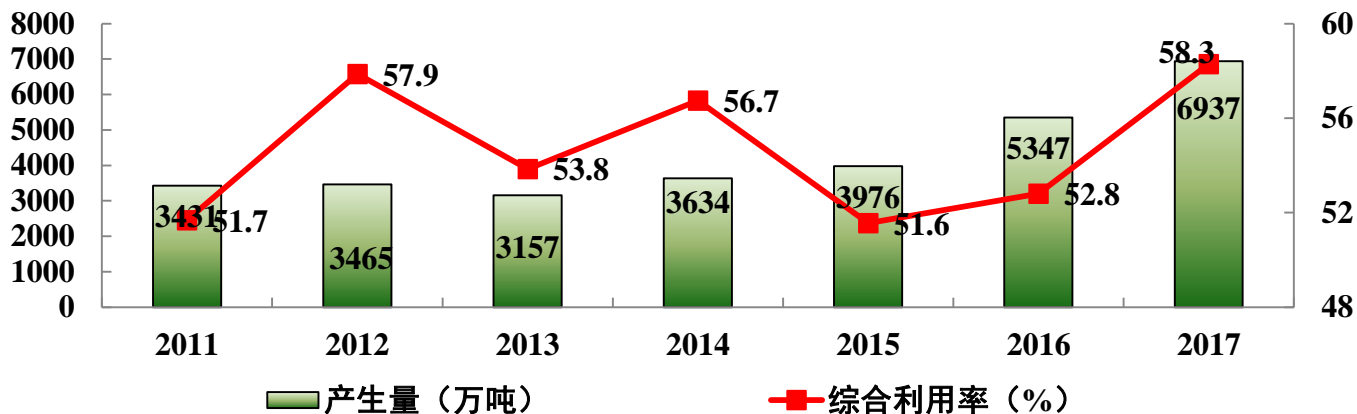
2. 主要利用处置技
术与发展趋势



3. 先进适用
技术范例



危险废物产生数量大

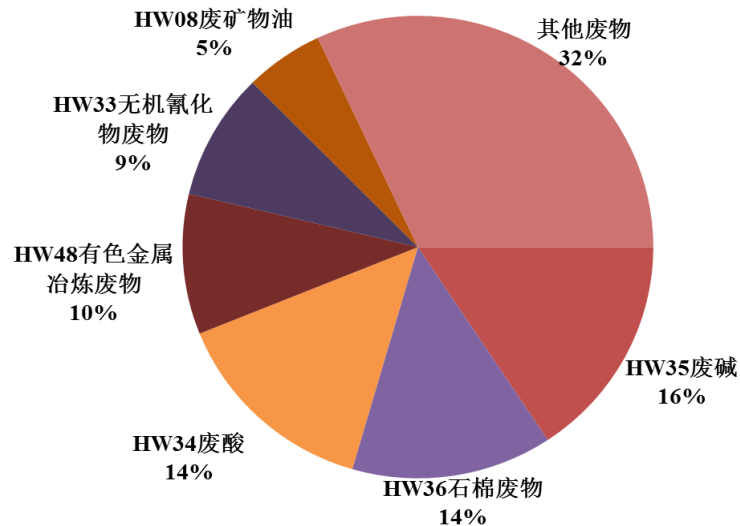
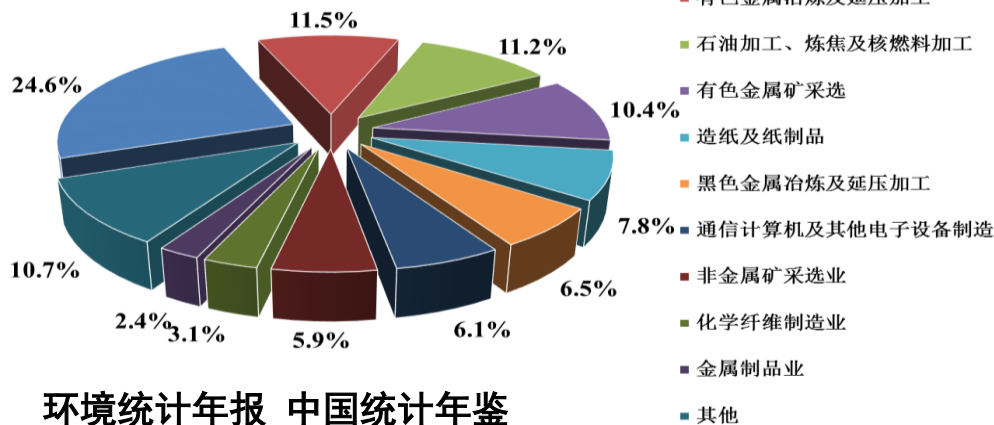




危险废物产生来源复杂



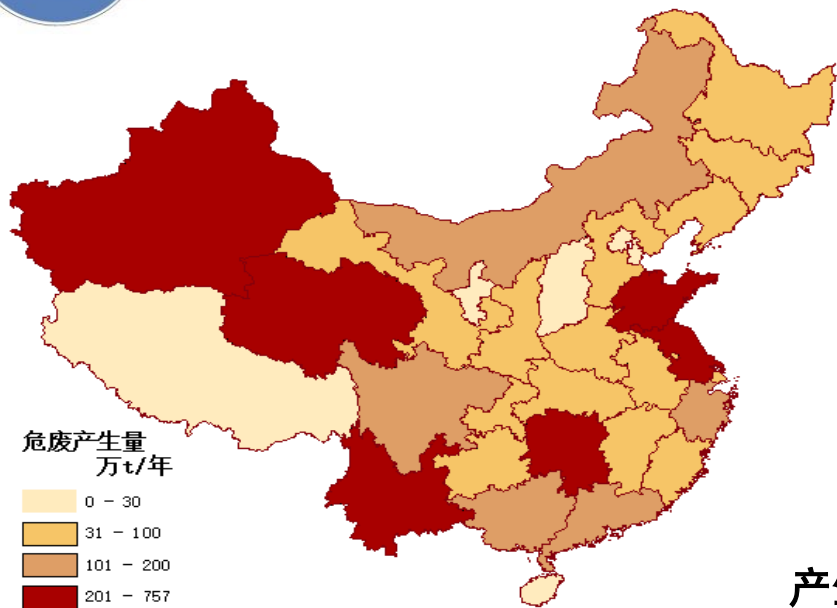
石棉尾矿



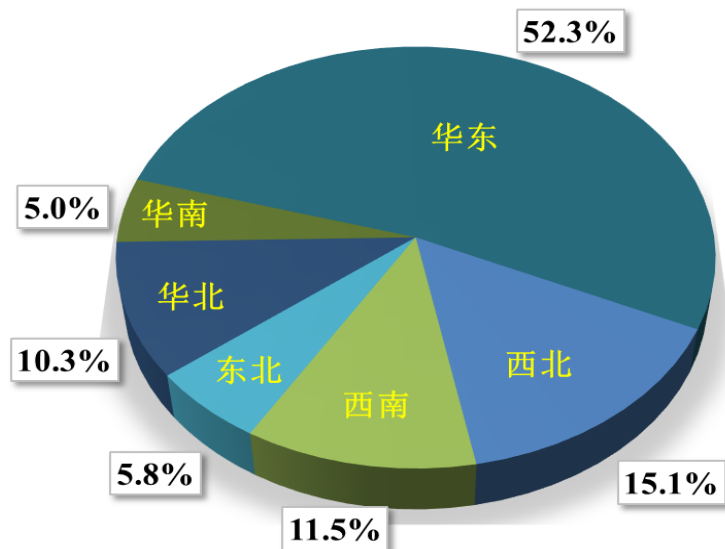
● 废碱	623.0万吨
● 石棉废物	549.2万吨
● 废酸	549.4万吨
● 有色金属冶炼废物	388.9万吨
● 无机氰化物废物	355.5万吨
● 废矿物油	213.0万吨



危险废物产生与区域工业结构密切相关



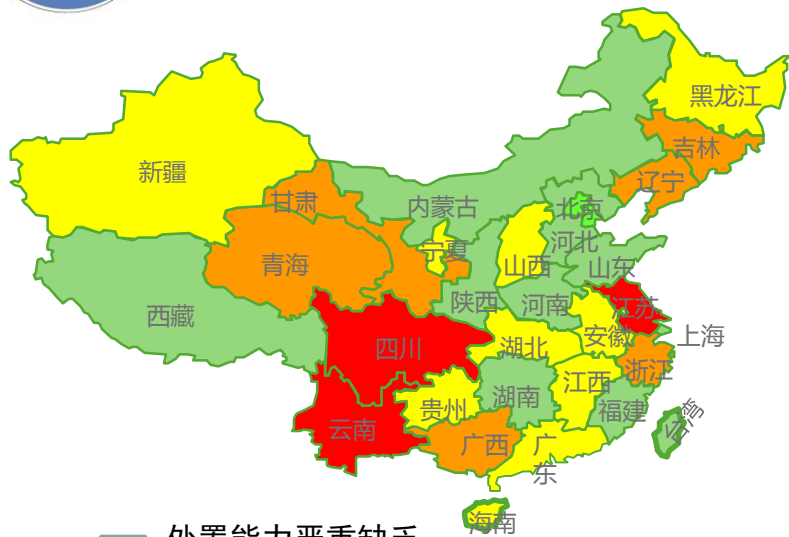
产生量较大的省份



- 经济较发达的沿海省份 如山东（2043万吨）、江苏、浙江、广东
- 采矿业发达的省份 如青海（295.7万吨）和新疆石棉废物（257.6万吨），云南有色金属冶炼废物245.6万吨



危险废物处置利用能力



- 处置能力严重缺乏
- 处置能力中度缺乏
- 处置能力稍显不足
- 供需平衡区域
- 尚无相应数据区域

1. 危险废物经营单位运行率不高

2017年底，全国危险废物经营单位核准利用处置能力达8178万吨，实际收集利用处置量为2252万吨，负荷率约27%

2. 低价值危废利用不足

利用集中在含有价金属废物、废有机溶剂和矿物油等高价危废，占总利用的69.2%；废盐、废酸等低价值危废利用率低

3. 结构存在不平衡性

东部地区焚烧和填埋能力紧张，30%焚烧设施负荷率超过90%，1/10的设施超负荷运行；部分省市填埋设施剩余年限不足10年



“无废城市” 危险废物产生特点及问题

试点城市危险废物产生量（万吨）

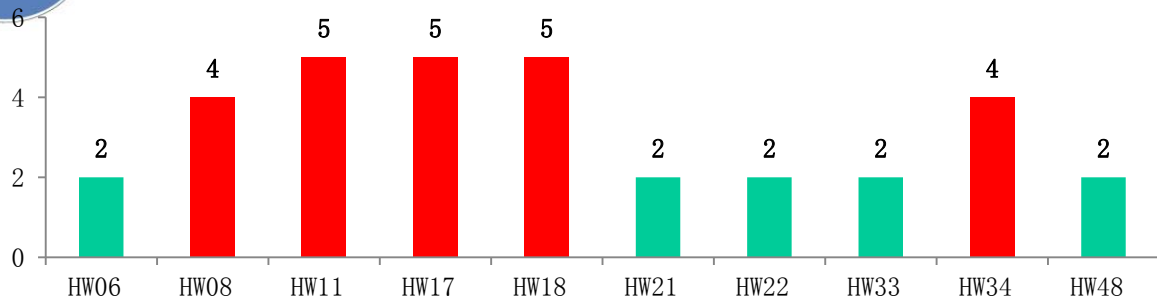


部分试点城市危险废物综合利用率（%）





“无废城市” 危险废物主要类别



出现频次较高的有：

- HW08 (废矿物油)
- HW11 (精蒸馏残渣)
- HW17 (表面处理废物)
- HW18 (焚烧处置残渣)
- HW34 (废酸)

	废有机溶剂HW06	废矿物油HW08	精蒸馏残渣HW11	表面处理废物HW17	焚烧处置残渣HW18	含铬废物HW21	含铜废物HW22	无机氰化物废物HW33	废酸HW34	有色冶炼废物HW48
重庆		✓		✓	✓		✓			
深圳				✓			✓			
三亚					✓					
威海	✓	✓		✓						
西宁			✓			✓				✓
许昌		✓	✓		✓					
绍兴				✓						
包头					✓	✓		✓	✓	
铜陵			✓					✓	✓	✓
徐州			✓		✓					
盘锦		✓	✓						✓	
亦庄	✓			✓					✓	



“无废城市”试点的危险废物主要问题

1. 危险废物关键技术不足或未实现突破

包头：氰化尾渣占到85%，需突破利用处置关键技术

徐州：危险废物多为水泥窑协同处置（85.8%），处置能力和种类受限

2. 危险废物处置填埋比例过高

许昌：收纳飞灰的填埋场即将满库容，飞灰最终的去处亟需解决

绍兴：安全处置量28.76万吨，安全填埋19.55万吨，占比68%



“无废城市”试点的危险废物主要问题

3. 危险废物处置设施超负荷运转现象突出

深圳：医疗废物处置能力39吨/日，实际医疗废物产生量41吨/日

重庆：集中处置设施处置规模13.95万吨/年，实际处置16.95万吨

4. 设施能力未能匹配日益变化的处理处置需求

深圳：含重金属污泥、废矿物油、废铅酸蓄电池等利用能力存在较大缺口

威海：本地处置能力有限，80%以上的工业危险废物需要转出处置

徐州：缺乏废盐填埋处置能力

盘锦：废催化剂处置能力不足



“无废城市”试点的危险废物主要问题

5. 社会源危险废物规范化管理不足

深圳：收运渠道不畅，生态环境与交通运输部门联动不足

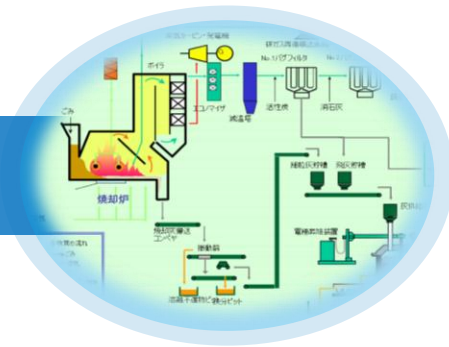
许昌：社会源危险废物收集处置体系建设不完善

包头：废铅蓄电池、废机油等社会源危险废物收集体系不健全

铜陵：机动车维修保养企业、科研院校、检测监测机构实验室废物及医疗废物仍存在收运不及时问题



提纲



2. 主要利用处置技术与发展趋势



危险废物主要利用处置技术

焚烧



物化处理



固化填埋



再生





主要利用处置技术特性分析

方法	利用	焚烧	填埋	物化	水泥窑协同处置
技术要点	具有再利用价值的废物通过蒸馏、萃取、电解等方法制成产品	高温分解与深度氧化过程，使可燃性废物氧化分解，达到减少容积、去除毒性	经过前处理过程（脱水、中和、固化和稳定化），减少和消除危害	利用物理、化学方法将危废中和、氧化、还原，消除危险特性	将危废投入水泥窑，在进行水泥熟料生产的同时实现对危废的无害化处置
适用危废类别	有效成分高或者易再生的，如HW08、HW17等	热值较高的，如HW06、HW11等	利用价值低的、难度大的，如HW18等	废酸、废碱 HW34、HW35	除放射性废物外的多种危险废物
优点	循环利用物质	大幅减量，节省土地，提供热能	最终处置方式，工艺简洁，成本低，处理量大	工艺、设备相对简单，材料与运行费用低	燃烧充分，已建水泥窑改造，投资规模、处置成本低
缺点	收集、出售产品价格受市场影响较大，技术门槛不高，利润率低	投资大，回收期长，运行费用高，尾气控制难度大，飞灰需妥善处置，邻避效应大	占地面积大，防渗要求高，渗滤液难以处理	适用种类少，需二次处置	门槛高，要满足选址、水泥生产要求、环保要求等



新兴关键技术发展动向

等离子体技术（高温熔融玻璃化）



其他建材窑炉协同处置



冶金窑炉协同处置

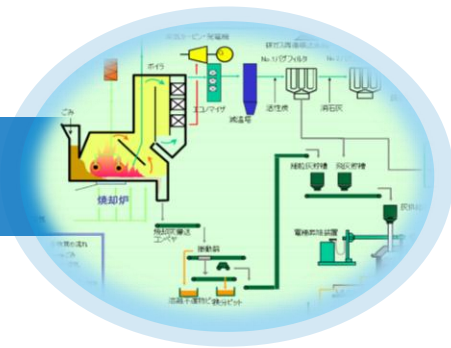


贵金属再生





提纲



3. 先进适用技术范例

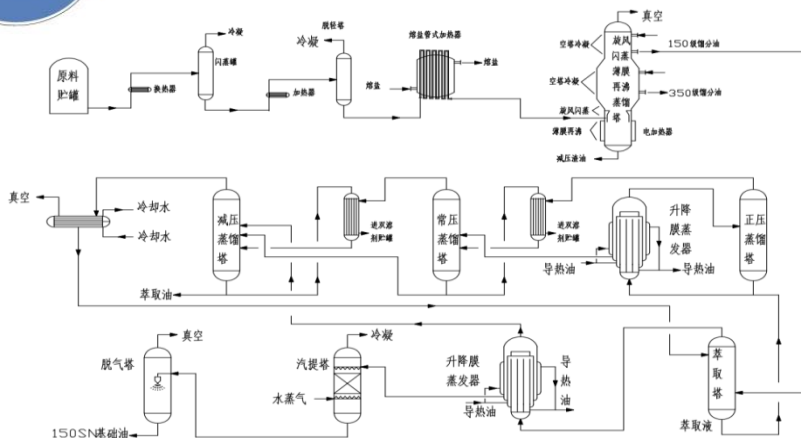


“无废城市”建设试点先进适用技术（第一批）

序号	技术名称	序号	技术名称
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	13	黄金冶炼氰化渣除氰和金属回收技术
2	工业油品在线系统净化循环再利用技术	14	黄金冶炼氰化渣除氰和金属回收技术
3	振频磁能加热废润滑油循环利用再生技术	15	线路板低温物理削磨分离元器件技术
4	工业润滑油电吸附净化还原技术与装备	16	废电路板电子元器件自动拆解与资源化技术
5	分子闪解白色垃圾（塑料）和油泥资源化利用技术及装备	17	含汞荧光灯管中稀土富集及综合利用技术
6	电化学高效破乳处理废乳液技术	18	危险废物在线利用处置装置—XA脱硫废液干法制酸技术
7	油基泥浆全价值回收利用一体化技术	19	浮渣和清罐底泥的减量化无害化处置技术
8	钻井泥浆热解析处理资源化利用技术	20	浮渣超临界水氧化技术
9	危险废物处置-熔渣回转窑焚烧技术	21	印制线路板氯盐酸性蚀刻液循环再生回用技术
10	危废焚烧飞灰炉渣配制式高温熔融资源化利用技术	22	含砷重金属冶炼废渣治理与资源化利用技术
11	水泥窑协同处置生活垃圾焚烧飞灰技术	23	医疗废物高温蒸汽处理技术
12	水煤浆气化及高温熔融协同处置废物技术	24	高温干热处置医疗废弃物设备及技术



废矿物油 旋风闪蒸-薄膜再沸+双向溶剂精制



■ 技术参数

- **技术原理**：减压蒸馏和溶剂萃取，针对特定目标油分，在不同工段采用不同装置进行蒸馏
- **技术参数**：物料温度330℃、汽化真空度（绝压）<400Pa，剂油化0.8:1~1.5:1，温度60~100℃
- **适用对象**：废矿物油加工基础油
- **投资成本**：3万吨/年规模4200万、5万吨/年规模6500万、10万吨/年规模11000万
- **运营成本**：540元/吨（折合废矿物油）

■ 示范工程

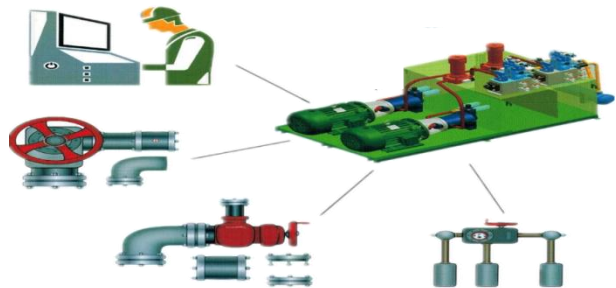
- **处理设施**：7.1吨/时废矿物油加工再生基础油
- **处理规模**：年加工5万吨废矿物油
- **建设地点**：安徽省安庆市（安徽国孚润滑油工业有限公司）
- **建设投资**：9200万元

■ 技术特点

- ✓ **能耗低**（与常规蒸馏技术比低30%）
- ✓ **回收效率高**（提高3-8%）
- ✓ **产品品质好**



废矿物油 在线系统净化循环再利用技术



■ 技术参数

- **技术原理**：在线利用离心净化技术，无滤材零添加
- **适用对象**：闪点 $> 60^{\circ}\text{C}$ ，工业企业单一品种不混合的废油
- **运营成本**：电费3kw/h，人工费、设备折旧费、交通、易损件、管理费等约4000—5000元/m³

■ 示范工程

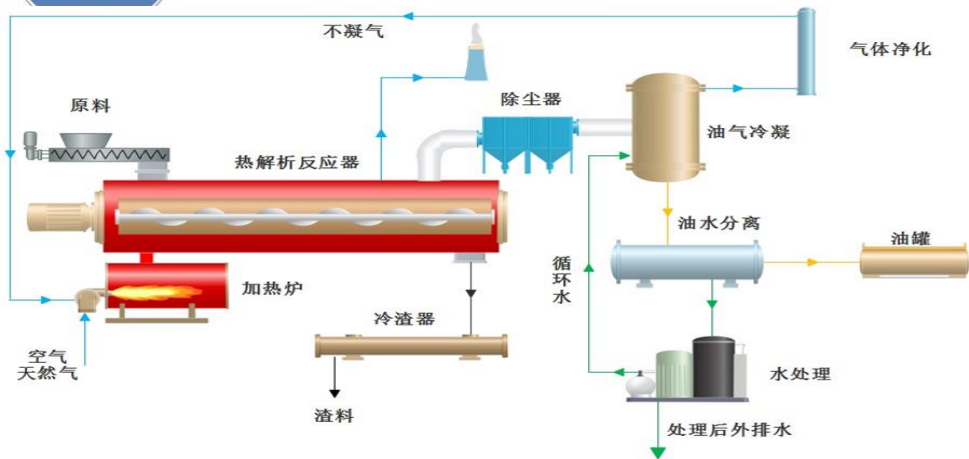
- **处理设施**：JH-216 净油装置
- **处理规模**：400吨
- **建设地点**：西宁特钢公司（青海晶和节能公司）
- **建设投资**：150万元

✓ 技术特点

- ✓ **系统直接在线运行，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**
- ✓ **纯物理净化，不加热，无化学试剂添加**



油基泥浆 热解析处理资源化利用



■ 技术参数

- 技术原理：热解析脱附
- 技术参数：300~600℃
- 适用对象：含油污泥、土壤
- 投资成本：601元/吨
- 运营成本：286元/吨

■ 示范工程

- 处理设施：90t/d 热解析装置
- 处理规模：3万吨/年
- 建设地点：黑龙江省大庆市（北京纬纶华业公司）
- 建设投资：1804万

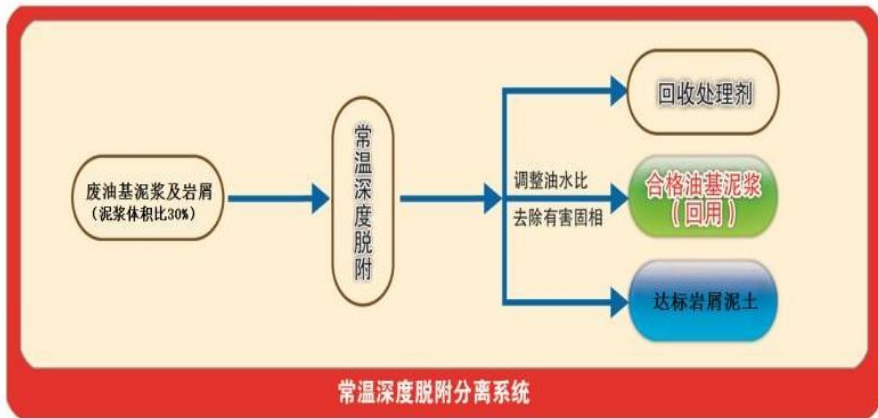
✓ 技术特点

- ✓ 可连续进料
- ✓ 撬装式安装，设备安装方便
- ✓ 原油回收率高（脱附后含油率低于0.3%）





油基泥浆 回收利用油基泥浆



■ 示范工程

- 技术原理：常温深度脱附
- 处理规模：3万吨/年
- 适用对象：含油废弃物及老化污染泥浆
- 建设地点：四川省宜宾市（四川博盛永业公司）
- 建设投资：原有基础设施改建，200万元

■ 处理效果

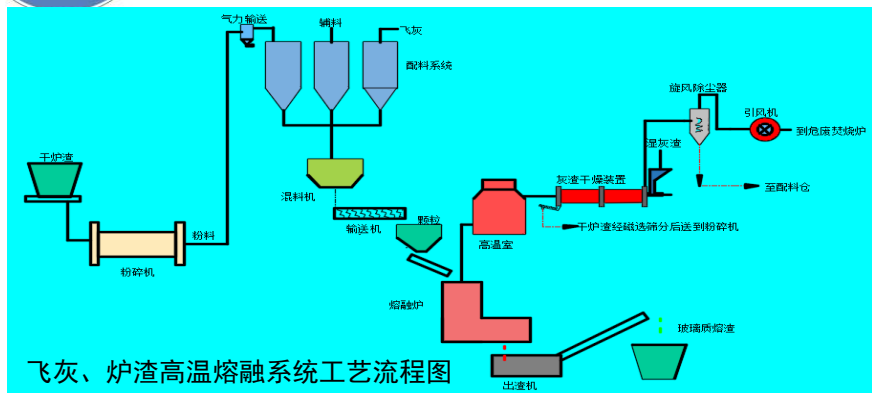
- 回收的油基泥浆性能指标：
 - ①密度：1.09~1.12 g/cm³
 - ②油水比：80：20~85：15
- 处理后固相：石油烃类总含量小于1%

■ 技术特点

- ✓ 撬装一体化，设备安装方便
- ✓ 实现油基泥浆循环利用（99%）
- ✓ 回收油基泥浆后固相岩屑仍需处理（0.3%）



飞灰炉渣 高温熔融资源化利用技术



■ 技术参数

- 技术原理：燃烧高温熔融
- 技术参数： $\pm 1350^{\circ}\text{C}$
- 适用对象：飞灰、炉渣、污泥
- 投资成本：3000万元
- 运营成本： ± 1500 元/吨

■ 示范工程

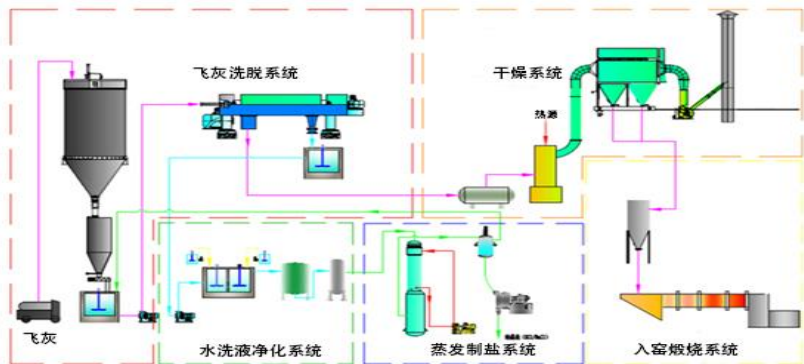
- 处理设施：24t/d等离子熔融炉
- 处理规模：7200吨/年
- 建设地点：上海市奉贤区（上海煜工环保公司）
- 建设投资：3500万

■ 技术优势

- ✓ 熔融体玻璃含量高（ $> 85\%$ ）
- ✓ 熔融温度高，无害化效果好
- ✓ 产物经评估后可作为建材利用



飞灰水泥窑协同处置技术



■ 技术参数

- **技术原理**：水洗脱氯+水泥窑协同
- **吨飞灰水耗**：0.7-1.0吨
- **水洗飞灰**：氯离子含量 $\leq 1\%$
- **结晶盐**：满足T/CCAS 010-2019的要求
- **烟气排放**：达到GB30485要求。

■ 工程案例

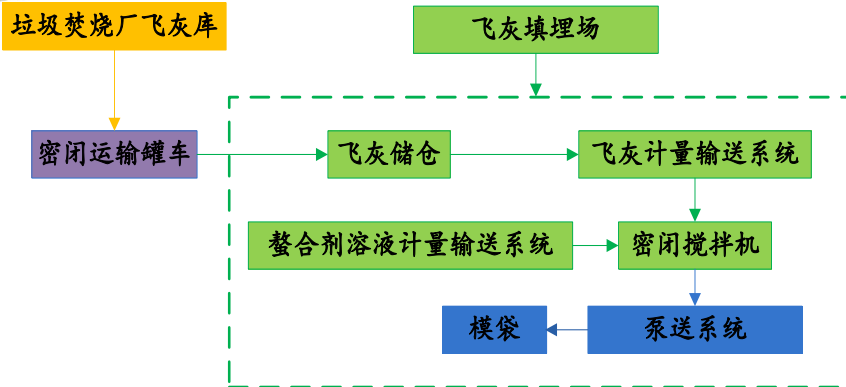
- **处理设施**：水泥窑协同处置飞灰生产线
- **处理规模**：一期3万吨/年，二期4万吨/年
- **投运时间**：一期2012/11，二期2018/04
- **建设投资**：一期8000万，二期9000万
- **建设地点**：北京金隅琉水环保科技有限公司

■ 技术优势

- ✓ **氯离子去除率 > 95%**
- ✓ **钾钠离子去除率 > 70%**
- ✓ **实现生活垃圾焚烧飞灰资源化利用**



飞灰 模块化填埋技术



■ 技术参数

- 技术原理：稳定化模块化填埋
- 适用对象：飞灰
- 投资成本：8万元/吨

■ 示范工程

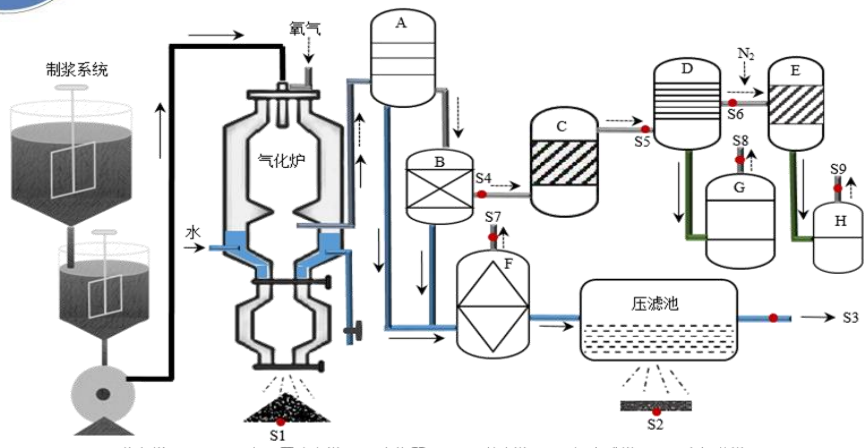
- 处理设施：200t/d稳定化车间
- 处理规模：6万吨/年
- 建设地点：江苏省无锡市（天津壹鸣环保公司）
- 建设投资：1600万

■ 技术优势

- ✓ 全程密闭，无扬尘、异味、渗滤液等次生污染
- ✓ 填埋库容利用率增加30%



有机废液水煤浆气化炉协同处置

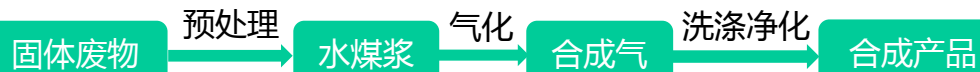


■ 技术参数

- 技术原理：水煤浆气化
- 技术参数：1350℃
- 适用对象：有机废液、煤液化残渣
- 投资成本：3000-4000元/吨
- 运营成本：750-1000元/吨

■ 技术优势

- ✓ 适用高含水率有机废液（>80%）
- ✓ 有机废物消解去除率 > 99%
- ✓ 气化炉渣评估后建材化利用



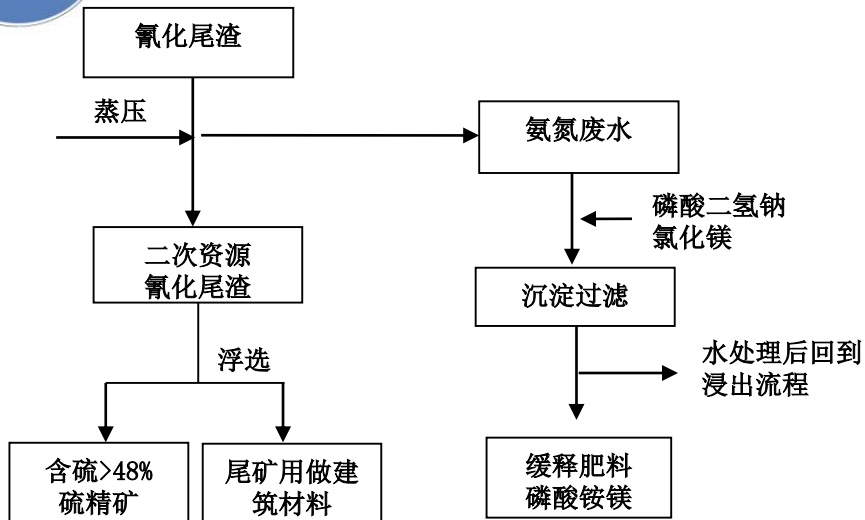
■ 示范工程

- 处理规模：5万吨/年
- 建设地点：浙江省绍兴市（浙江风登环保公司）
- 建设投资：25000万





黄金氰渣 除氰和金属回收技术



■ 技术参数

- **技术原理**：水解、络合、氧化原理通过蒸压除氰
- **技术参数**：温度180度，压力在10公斤下，12小时以上水解
- **适用对象**：黄金冶炼氰化尾渣
- **运营成本**：142元/吨

■ 工程案例

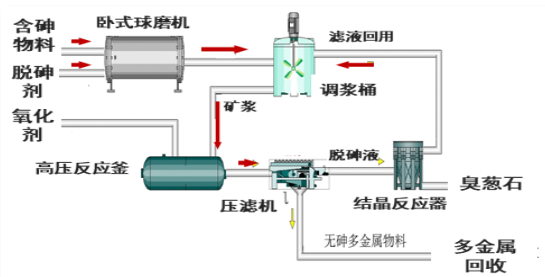
- **处理设施**：50t/d压力蒸压反应釜
- **处理规模**：1.1万吨/年
- **建设地点**：福建省德化县（福建双旗山矿业公司）
- **建设投资**：860万

■ 技术优势

- ✓ **游离氰去除率高（>99%）**
- ✓ **浮选渣含硫量高（>48%）高品位硫精矿**



冶炼含砷物料 清洁利用技术



含砷多金属物料选择性脱砷工艺



固砷装备及固化体



无砷污染清洁冶炼生产线

■ 技术参数

- 技术原理：选择性脱砷-矿化稳定
- 技术参数：高温富氧浸出
- 适用对象：冶炼含砷物料
- 投资成本：5万元/吨
- 运营成本：1034元/吨

■ 示范工程

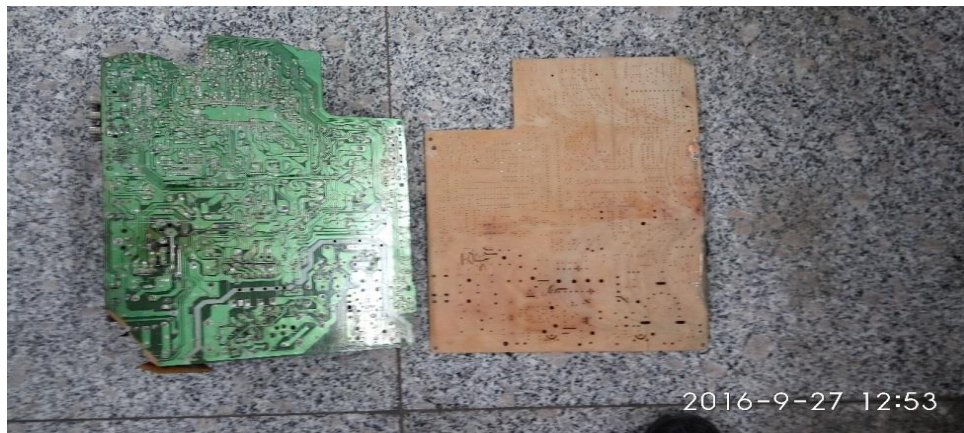
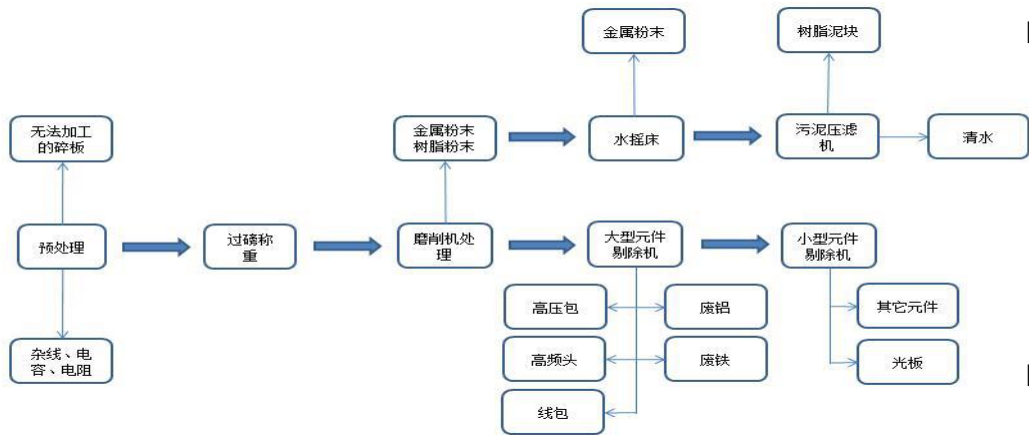
- 处理设施：无砷污染清洁冶炼生产线
- 处理规模：1万吨/年
- 建设地点：湖南省郴州市（中南大学）
- 建设投资：10084万

■ 技术特点

- ✓ 高选择性捕砷剂，砷选择浸出率 > 97%
- ✓ 脱砷液形成高密度固化体，比水泥固化减少80%
- ✓ 有价值锑铋等伴生元素回收率 > 95%



线路板 低温物理削磨分离元器件技术



■ 技术参数

- 技术原理：低温物理削磨
- 技术参数：削磨厚度0.1-0.3mm
- 适用对象：线路板去除元器件
- 投资成本：400元/吨
- 运营成本：500元/吨

■ 示范工程

- 处理设施：线路板削磨处理线
- 处理规模：3000吨/年
- 建设地点：天津市（TCL奥博环保公司）
- 建设投资：102万

■ 技术优势

- ✓ 粉尘产生量少
- ✓ 生产效率高（提升20%）
- ✓ 能耗低（下降30%）



医疗废物 高温蒸汽处理技术



■ 技术参数

- **技术原理**：高温蒸汽灭菌
- **技术参数**：134℃ 45分钟
- **适用对象**：医疗废物
- **投资成本**：120万元/吨
- **运营成本**：2000元/吨

■ 示范工程

- **处理设施**：高温蒸汽处理成套设备
- **处理规模**：3300吨/年
- **建设地点**：河北省廊坊市（重庆智得热工工业有限公司）
- **建设投资**：1500万

■ 技术特点

- ✓ **高硬度材料铸渗容器表面，提高耐腐蚀性，使用寿命长**
- ✓ **灭菌效果好：微生物灭活率>99.99%**
- ✓ **技术成熟：超过100个工程项目**





危废贮存 智能存贮及配料技术



■ 示范工程技术参数

- **项目特色**：危险废物高密度存储
- **项目原理**：建设智能立体仓储系统，使用牛腿式货架，采用堆垛机结合穿梭车的形式
- **软件系统**：危废编制二维码入库，通过数据手持终端进行信息提取，实现物料智能化的仓储管理
- **入库速度**：42P/h
- **出库速度**：25P/h
- **适用对象**：危险废物贮存
- **建设地点**：浙江嘉兴（浙江特力再生资源有限公司）

■ 技术优势

- ✓ **占地面积小**
- ✓ **智慧化水平高，危险废物高精度追踪**
- ✓ **危险废物高效率仓储**



中国环境科学研究院
CHINESE RESEARCH ACADEMY OF ENVIRONMENTAL SCIENCES



谢谢！