

## 附件 1

# 环境污染防治技术成果汇编（第一批）

## 技术成果目录

序号	技术名称	适用范围	技术提供方
<b>一、大气污染防治技术成果</b>			
1	区域大气环境立体监测技术	适合区域大气环境立体分布特征分析与评估。	中国科学院合肥物质科学研究院
2	区域大气环境监测网络技术	适合区域大气环境质量和 VOCs 污染分布特征的自动化监测、质量控制/质量保证、数据集成和展示等。	广东省环境监测中心、北京大学
3	城市排放清单编制技术	适合县及县级以上行政区域内大气污染源排放清单编制。	清华大学
4	空气质量模拟、预报和溯源数值集成系统	适合多尺度（全球-国家-城市群-城市）空气质量的模拟、预报及来源解析。	中国科学院大气物理研究所
5	柴油车排气氮氧化物与颗粒协同净化技术	适用于柴油车排气后处理。	中国科学院生态环境研究中心、中国重汽、清华大学，无锡威孚环保催化有限公司
6	DDS 烟道气除尘脱硫脱硝技术	适用于火电、钢铁、冶金、化工、建材、陶瓷、垃圾处理等行业的烟道气除尘、脱硫和脱硝净化处理。	北京博源恒升高科技有限公司
<b>二、水污染防治技术成果</b>			
7	膜法制浆废水零排放技术及工艺包	针对制浆造纸、化工、印染、医药等工业废水排放量大，新鲜水消耗量大的问题。适用于工业深度处理和资源化回收利用，实现废水零排放。	南京工业大学
8	感潮河流的水源保护技术	适用于长江水资源保护利用、感潮水源水库的咸潮入侵预警预测和导致藻类增殖抑制。	上海城投原水有限公司、上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司
9	闸泵控制型城市河道综合治理成套技术	适用于黑臭及重污染河流治理。	清华大学
10	重污染黑臭河水快速净化移动式技术装备	适用于城市内河的快速净化，尤其适用于城市重污染河道的应急处理。	清华大学、常州环保科技开发推广中心

序号	技术名称	适用范围	技术提供方
11	黑臭河道水体原位多级生态净化技术	适用于高污染负荷、自净能力差、黑臭严重的城市河道漏排污水和径流污染阻控。	华东师范大学
12	城市水体原位与异位耦合生态修复集成技术	适用于封闭、半封闭或水流滞缓型城市黑臭水体治理及水质保持。	中国市政工程华北设计研究总院有限公司
<b>三、土壤污染防治技术成果</b>			
13	植物萃取-重金属活化联合修复技术	适用于中轻度镉砷污染土壤修复。	中国科学院地理科学与资源研究所、北京瑞美德环境修复有限公司
14	热脱附集成式多段尾气净化工艺	适用于高温热脱附尾气的净化处置，可配套应用于不同种类的间接热脱附设备中。	中节能大地(杭州)环境修复有限公司
15	水泥窑协同处置重金属污染土技术	适用于日产 2000 吨以上的新型干法水泥生产线处置不含有汞、铊、铬、放射性以及有机污染物的重金属污染土壤的处置。	北京金隅集团股份有限公司
<b>四、固废污染防治技术成果</b>			
16	污泥与餐厨等有机质联合厌氧消化技术	适用于城市污泥与餐厨等城市有机质厌氧消化生物稳定化处理。主要解决城市污泥与餐厨的二次污染风险问题。	同济大学、城市污染控制国家工程研究中心、镇江市水业总公司
17	水泥窑协同处置生活垃圾工艺技术与装备	适用于新型干法水泥窑协同处置城乡一体化生活垃圾、市政污泥及一般工业固体废弃物。	清华大学、成都建筑材料工业设计研究院有限公司、武安市新峰水泥有限责任公司、北京清峰绿能科技股份有限公司

# 技术成果报告

## 一、大气污染防治技术成果

### (一) 区域大气环境立体监测技术

1. 技术名称：区域大气环境立体监测技术
2. 适用行业：环境监测、化工等
3. 技术提供方：中国科学院合肥物质科学研究院
4. 适用范围：适合区域大气环境立体分布特征分析与评估
5. 技术内容

该技术包括大气污染成分与细颗粒物时空分布探测、化工园区多组分污染物自动监测、污染气体区域分布机载遥测、大气细颗粒物在线监测等环境监测技术，实现了对大气痕量气体、大气气溶胶、温室气体、大气风场、水汽、温度以及多种大气污染成分的快速、实时探测，并通过光波的遥感特性，在地基、车载、机载及星载多平台上对大气多种成分、大气参数进行多尺度的探测。

该技术可以获取大量大气污染高分辨时空变化信息，弥补了常规业务监测网络在监测手段、监测内容和监测范围的不足，并具有高灵敏度、高分辨率、高选择性、多组分以及实时等优势。

#### 6. 技术效果

研制的区域立体监测技术系统，有效提高了重污染天气条件下边界层内大气污染物（ $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{O}_3$ 等）、大气细粒子消光和粒子类型（退偏特征）的探测能力；完成星载被动差分吸收光谱仪研制并成功在轨运行，可获取全球污染性气体时空分布和变化。系统各项技术指标达到了国际先进水平。

#### 7. 示范与推广应用情况

服务于国家大型活动的空气质量保障和京津冀“大气重污染成因与治理攻关”任务，批量应用于生态环境部城市空气质量自动监测网、重点区域和城市大气灰霾监测超级站、中国气象局气象观测网，实现新增产值5亿元以上。

#### 8. 投资与运行成本估算

该技术的投资成本与进口器件价格密切相关，在逐渐提供国产化率的基础上，可有效降低成本。相关设备较多，总体投资估算约1-2亿元。该技术主要为

自动在线仪器组成，维护与运行成本较低。

### 9. 投资回收期

投资回收期为 1~3 年。

### 10. 成果转化推广前景

该技术正处于示范应用与初步产业化阶段，在环保、气象领域应用前景广阔。

### 11. 联系方式

联系人：桂华侨

单位：中国科学院合肥物质科学研究院，

电话：0551-65593123, 13855134570

邮箱：hqgui@aiofm.ac.cn

地址：安徽省合肥市蜀山湖路 350 号安徽光机所综合实验楼 405 室

## (二) 区域大气环境监测网络技术

1. 技术名称：区域大气环境监测网络技术

2. 适用行业：环保部门、工业园区、区域、城市和县区级空气质量监测和管理，大气污染时空分布特征、演变趋势和跨区域传输影响综合分析。

3. 技术提供方：广东省环境监测中心、北京大学

4. 适用范围：适合区域大气环境质量和污染分布特征的自动化监测、质量控制/质量保证、数据联网、实况发布和综合分析评估。

### 5. 技术内容

该技术包括常规六项大气污染物浓度监测和挥发性有机化合物等多组分在线监测、网络化在线质控技术、数据集成和展示等，实现了常规大气污染物和 VOCs 主要大气污染成分的高时间分辨率自动化监测、数据采集、在线质控、多维可视化集成和展示。

该技术可以自动化获取海量高时间分辨率的空气质量 and 大气污染实时监测数据，弥补了手工监测时效性、准确性和监测指标等方面的不足，并具有网络化在线质控、多维可视化集成展示和监测数据实时联网发布等优势，为区域大气污染特征研究、空气质量改善成效评估等提供了坚实的基础数据支撑。

### 6. 技术效果

该技术可自动化获取高时间分辨率的空气质量 and 大气污染实时监测数据，具备网络化在线质控、多维数据可视化展示和实时联网发布等功能。

## **7. 示范与推广应用情况**

依托该技术，在全国率先建立了跨区域的粤港珠江三角洲区域大气复合污染立体监测网络、科研与业务相结合的大气超级监测站以及我国首个区域大气联防联控技术示范区，支撑了国家新空气质量标准在珠三角和广东省地区的率先实施，空气质量监测数据实时联网和发布技术也逐步推广应用到全国 338 个地级以上市和港澳地区，支撑粤港澳三地在空气质量管理 and 大气污染联防联控研究等方面建立了长效合作机制，并服务于国家大型活动（2010 年广州亚运会、2011 年深圳大运会、2017 年厦门金砖国际峰会、2017 年广州财富论坛、2018 年博鳌亚洲论坛）的空气质量保障，支撑开展珠三角空气质量达标管理、大气污染联防联控、区域臭氧污染防治行动计划以及空气质量预报预警等重大科研业务工作，社会、经济和环境效益显著。

## **8. 投资与运行成本估算**

该技术的投资成本与监测站点数量、监测指标类型、仪器配置和运行维护等密切相关，在逐渐提供国产化率的基础上，可有效降低成本。相关监测设备较多，总体投资估算约 1-2 亿元。

## **9. 投资回收期**

投资回收期为 1~3 年。

## **10. 成果转化推广前景**

该技术已经在全国 338 个地级以上市实现了稳定的业务化应用，同时推广至香港和澳门两地，未来还将为区域生态环境监测网络的建设提供强有力支撑，在环保领域应用前景广阔。

## **11. 联系方式**

联系人：区宇波

单位：广东省环境监测中心

电话：020-28368555，13925007815

邮箱：13925007815@139.com

地址：广东省广州市海珠区新港东路磨碟沙大街 28 号

### **(三) 城市排放清单编制技术**

1. **技术名称：**城市排放清单编制技术
2. **适用行业：**大气污染防治技术与应用
3. **技术提供方：**清华大学
4. **适用范围：**适合县及县级以上行政区域内大气污染源排放清单编制
5. **技术内容**

建立了与国民经济统计体系接轨、与环境统计数据体系兼容的中国城市大气污染源分类分级体系及编码规范。建立了对接城市政府工作部门机构职能的大气污染源名录梳理规范，通过调研城市委办局与县市区获取纵横交织、条块结合的排放源基础数据，采用数据融合方法实现数据多源归一，得到属地清晰、底数翔实的城市污染源名录。建立了规范的活动水平调查表格与包括完整计算参数的业务化清单数据体系，获取排放清单计算及校验的相关参数，得到可追溯、可校验、可核查的可靠数据。开发了“大气污染源排放清单编制与分析系统”，形成统一的清单数据产品。

#### **6. 技术效果**

通过该技术方法建立的“2+26”城市 2016 年排放清单，为重点源筛选、重污染应急、控制措施效果评估、空气质量达标规划等业务工作提供有力支持。

#### **7. 示范与推广应用情况**

成果在环保部 2017 年京津冀及周边地区“2+26”城市排放清单编制工作中得到推广应用，作为近年来规模最大的一次排放清单业务化实践，收集数以十万计的污染源信息，指导“2+26”城市以统一规范的技术方法编制了 2016 年大气污染物排放清单，为重点源筛选、重污染应急、控制措施效果评估、空气质量达标规划等业务工作提供有了宝贵的基础数据。

#### **8. 投资与运行成本估算**

编制城市排放清单的费用主要产生于技术培训、人员差旅劳务及清单平台系统搭建与优化，在地级市编制排放清单约需要 300-500 万元。城市清单更新每年需 100 万元左右用于基础数据调研、审核、数据更新、清单校核。

#### **9. 投资回收期**

无。

## 10. 成果转化推广前景

该成果已应用于“2+26”城市排放清单编制，通过技术培训，可将成果推广至全国有大气污染防治需求的县及县级以上行政区域。

## 11. 联系方式

联系人：贺克斌

单位：清华大学地环境学院

电话：13811883008

地址：北京市清华大学环境学院 601

邮箱：[chenxt@tsinghua.edu.cn](mailto:chenxt@tsinghua.edu.cn)

## （四）空气质量模拟、预报和溯源数值集成系统

1. 技术名称：空气质量模拟、预报和溯源数值集成系统

2. 适用行业：环境保护

3. 技术提供方：中国科学院大气物理研究所

4. 适用范围：适合多尺度（全球-国家-城市群-城市）空气质量的模拟、预报及来源解析

### 5. 技术内容

该系统基于污染源排放清单、下垫面类型、气象条件和污染物观测浓度输入数据，以自主研发的嵌套网格空气质量预报模式 NAQPMS 为核心，通过发展并集成污染源排放源处理技术、多尺度空气质量数值模拟技术、预报偏差订正技术、大气污染集合预报技术、大气化学资料同化技术和污染源反演技术，实现未来十天精细化空气质量以及大气污染概率预报，同时具备污染物来源追因、监测数据实时同化、快速识别和反演大气污染源排放的短期变化以及污染源应急减排情景模拟等能力，为空气质量成因分析、未来预报预测以及重污染应急管理 etc 大气污染治理科学决策提供一体化管理工具。

该系统可实现高性能并行和自动化运行，满足预报及管理时效性，减小预报员及管理人员负担。

### 6. 技术效果

在国家环境预报预警中心长期业务运行表明,系统对京津冀区域空气重污染过程预报的准确率超过 90%,对区域重污染程度预报的准确率近 80%。特别是 2016 年冬季的重污染预报预警,直接成为我国首次大范围空气质量应急措施(包括北京在内的 23 个城市红色预警,9 个城市橙色预警,涉及 6 省市)的决策依据。环保部环境工程评估中心 4 个重点区域的大气环境战略环评采用该系统为区域空间红线、总量红线和准入红线“三条铁线”的制定提供技术支撑,为“十三五”规划及区域发展战略等重大决策提供科学依据。

## 7. 示范与推广应用情况

科技部和原环境保护部(现生态环境部)联合推荐的大气污染防治先进技术,是我国环保系统四个层次(国家、区域、省、市)空气质量预报预警业务平台建设采用的核心支撑技术。自 2013 年在中国环境监测总站国家环境质量预报预警中心业务应用至今,产品下发 30 个省(直辖市)、38 个重点城市。在三大区域预报预警中心(京津冀、长三角和珠三角)、全国 16 个省、7 个副省级城市等投入业务运行,是 14 省份首次开展该项业务使用的首选技术。系统为香港环保署空气质量预报和评估提供了重要参考,是港澳地区广泛采用的国产模式。

我国近 10 年来重大活动空气质量保障的核心支撑技术,直接在北京奥运、上海世博、广州亚运、北京 APEC 峰会、南京青奥会、南宁东盟博览会、抗战胜利纪念活动大阅兵、郑州上合组织峰会、杭州 G20 峰会、“一带一路”论坛、厦门金砖峰会等重大国际活动的空气质量保障得以应用,有力地支持和完成空气质量保障服务。

## 8. 投资与运行成本估算

其功能模块包括空气质量模型模块、气象模型模块、污染同化模块、集合预报模块、重污染应急管理模块和数据综合分析展示模块等,依赖于环境管理要求和个性化需求等,区域中心总投资约为 1500-2200 万元;省级和国家重点城市建立空气质量预报预警系统的总投资约为 700-1000 万元。

## 9. 投资回收期

投资回收期约为 2-3 年。

## 10. 成果转化推广前景

国务院颁发的《生态环境监测网络建设方案》(国办发[2015]56 号)要求加

强环境监测预报预警，提高空气质量预报和污染预警水平。目前，空气质量模式仅在部分省级和重点城市推广和业务试用，而全国大部分地市环境监测部门的空气质量预报和污染预警水平仍然不足，对于空气质量模拟、预报和溯源的集成数值系统的需求量较大，因此该技术的推广应用前景广阔。

## 11. 联系方式

联系人：王自发                      单位：中国科学院大气物理研究所

地 址：北京市德胜门外健德门桥中科院大气物理所边界层物理和大气化学  
国家重点实验室

电话：13801361737

邮箱：[zifawang@mail.iap.ac.cn](mailto:zifawang@mail.iap.ac.cn)

## （五）柴油车排气氮氧化物与颗粒协同净化技术

1. 技术名称：柴油车排气氮氧化物与颗粒协同净化技术

2. 适用行业：交通运输

3. 技术提供方：中国科学院生态环境研究中心、中国重汽、清华大学、无锡威孚环保催化剂有限公司

4. 适用范围：柴油车排气后处理

### 5. 技术内容

针对重型（包含中型）柴油车氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和颗粒物（PM）排放超标问题，采用机内与机外净化相结合的技术手段，在机内净化有效削减PM排放的基础上，以选择性催化还原技术（SCR）为主去除NO<sub>x</sub>，满足国五阶段重型柴油车排放标准。针对轻型柴油车PM、碳氢化合物（HC）、一氧化碳（CO）排放超标问题，采用柴油机颗粒捕集器（DPF）及可靠再生技术、柴油机催化氧化技术（DOC），使国产轻型柴油车排放满足国五标准要求。同时，DOC+DPF技术由于简单易行，还可用于国三柴油车后处理升级改造。国六阶段排放标准大幅加严，重型和轻型柴油车都将耦合SCR和DPF技术，以保证排放达标。

### 6. 技术效果

SCR对重型柴油车NO<sub>x</sub>排放削减80%以上，使国产重型柴油车达到国五排放标准要求；DPF对轻型柴油车PM捕集效率90%以上；使国产轻型柴油车达

到国五排放标准要求。

国六耦合 SCR 和 DPF 的后处理技术对 NO<sub>x</sub> 和 PN 净化效率分别为 95%和 99%以上。

#### 7. 示范与推广应用情况

在中国重汽等生产的中重型柴油车上实现了 100 万辆的规模化应用(至 2018 年 3 月)，满足国四、国五排放标准。

在江铃、福田、长城等生产的轻型柴油车上完成 30 余款车型配套，实现了 70 万辆的规模化应用，满足国四、国五排放标准。

#### 8. 投资与运行成本估算

该技术的投资成本主要是催化剂的涂敷及封装生产线，产能 30 万套/年 SCR 催化剂的产线投资约为 4000 万-5000 万；所需的关键设备和部件均已实现国产化。

#### 9. 投资回收期

以 30 万套/年 SCR 催化剂的产线为例，投资回收期为 2-3 年。

#### 10. 成果转化推广前景

在 2018 年政府工作报告中，明确提出要“开展柴油货车超标排放专项治理”；柴油车国六排放标准即将实施，项目成果在新车排放达标与在用车改造方面均具有广阔的推广应用前景，市场规模约 500 亿元。

#### 11. 联系方式

联系人：余运波

单位：中科院生态环境中心

地址：北京市海淀区双清路 18 号

电话：010-62849801

邮箱：[ybyu@rcees.ac.cn](mailto:ybyu@rcees.ac.cn)

## (六) DDS 烟道气除尘脱硫脱硝技术

### 1. 技术名称：DDS 烟道气除尘脱硫脱硝技术

**2. 适用行业：**火电、钢铁、冶金、陶瓷、建材、化工、垃圾焚烧等

**3. 技术提供方：**北京博源恒升高科技有限公司、北京泓龙环保有限公司、江西永丰博源实业有限公司、北京大学

**4. 适用范围：**烟道气除尘（含脱除 PM 粒子、二噁英、多环芳烃、部分 VOCs 和部分重金属）、脱硫（脱除 SO<sub>x</sub>）和脱硝（脱除 NO<sub>x</sub>）等。

## 5. 技术内容

DDS 烟道气除尘脱硫脱硝技术是首先除尘，再进行脱硫，最后进行脱硝，三个过程可以相互独立，也可以合并在一起。每个过程介绍如下：

**除尘：**DDS 除尘液是根据相似相溶原理设计的一种无毒、无害的含大分子的液体；在除尘塔中，DDS 除尘液和烟道气直接接触，将烟道气中的灰尘（含 PM 粒子）及 HCl、HF、二噁英、多环芳烃、部分 VOCs 和重金属等捕捉，然后经再生分离出所捕捉的有害物质，再生分离后的 DDS 除尘液循环使用，同时将烟道气的温度降至 40℃以下，并回收余热，副产水蒸汽，实现节能环保。

**脱硫：**DDS 脱硫液是含 DDS 脱硫剂的乙二醇或聚乙二醇溶液。在脱硫塔中，DDS 脱硫液和除尘后的低温烟道气直接接触，吸收烟道气中的 SO<sub>2</sub>，吸收了 SO<sub>2</sub> 的 DDS 脱硫液在再生塔中，在 90~130℃下，经蒸汽气提再生，并释放出 SO<sub>2</sub>，再生后的 DDS 脱硫液循环使用；再生释放出的 SO<sub>2</sub> 经提浓后转化成纯度大于 99% 的 SO<sub>2</sub> 副产品，实现变废为宝。

**脱硝：**在脱硝塔中，脱硫后的烟道气和自由基氧混合，烟道气中的 NO 被氧化成 NO<sub>2</sub>。继续在自由基氧的作用下，NO<sub>2</sub> 与碱性物质水溶液（如 NaOH 或 KOH 水溶液等）接触，生成硝酸盐溶液，达到脱硝目的。硝酸盐溶液经浓缩、结晶，获得纯度大于 99% 的硝酸盐（如 NaNO<sub>3</sub> 或 KNO<sub>3</sub> 等）副产品，实现变废为宝。

## 6. 技术效果

脱除烟道气中的灰尘、二氧化硫和氮氧化物效率高，可以实现超低排放。从工业源头消除大气污染，减轻甚至消除灰霾现象，无二次污染。彻底脱除烟道气中二氧化硫和氮氧化物，并副产纯二氧化硫和硝酸盐产品，实现变废为宝。

## 7. 示范与推广应用情况

经过工业化应用，在包钢自备电厂建立了一套示范工程，目前正在进行进一步的完善和改进，今年下半年投入运行。其他行业的示范项目也正在洽谈。目

前正在做示范项目前期应用试验的项目有：包钢烧结机、北京热力天然气取暖设备脱硝消白、钛白粉生产行业、工业窑炉烟气排放处理等。

## 8. 投资与运行成本估算

目前烟气处理部分投资比传统技术稍高。随着技术的成熟将大幅下降，与传统技术持平。烟气处理部分运行成本约为传统技术的三分之一，同等条件下，烟气处理成本低。副产品生产系统的投资收益率达到 52.5%，等于投资了一个高效益的环保化工厂，同等条件下，可快速实现投资回收。

以 30 万千瓦发电机组烟道气处理为例，投资总成本约 25900 万元，整个系统正常运行只需要每年投入 280 万元，大大低于现有传统烟道气除尘脱硫脱硝技术，如果在现有技术的运行成本相比较，则节省下来的成本可实现投资的回收。环境效益和社会效益更加不可估量。

且不用石灰或石灰石作脱硫剂，无脱硫石膏产生，避免了“挖掉一座山，堆起两座山”的现象，消除了脱硫石膏堆积如山而造成的土壤污染和地下水污染。

## 9. 投资回收期

根据烟气中 SO<sub>2</sub> 和氮、氧化物含量的不同，其投资回收期不同。

## 10. 成果转化推广前景

该项技术在烟气处理效果，没有二次污染、节约运行成本等多项指标上优于现有传统除尘脱硫脱硝技术，该技术得到了国际、国内专家的高度评价，将带来烟道气除尘脱硫脱硝行业的技术革命，消除大气雾霾，提高工业生产的环保条件，对工业产业和环保产业都将是一次重大的革命。对于烟道气除尘脱硫脱硝行业更新换代、提高排放标准都起到推动作用，应用前景十分广阔。

## 11. 联系方式

联系人：魏雄辉

地址：北京市海淀区中关村东路 66 号世纪科贸大厦 B 座 2209

电话：010-62670910,18911801848 邮箱：xhwei@pku.edu.cn 或  
xhwei@byhsgroup.com

# 二、水污染防治技术成果

## （七）膜法制浆废水零排放技术及工艺包

1. 技术名称：膜法废水零排放技术及工艺包

**2. 适用行业：**制浆造纸、石油化工、煤化工、医药、印染等行业

**3. 技术提供单位：**南京工业大学

**4. 适用范围：**工业废水深度处理回用

**5. 技术内容**

以自主知识产权的特种分离膜为核心形成的成套环境治理技术与装备，废水超低排放是基于资源化利用的总体思路，经臭氧生物膜高效预处理、多膜集成技术、高效蒸发结晶等工段的处理，形成零排放成套工艺包技术，可实现废水资源化利用。核心技术：特种超滤膜、膜污染协同控制技术、膜法制浆尾水零排放工艺包。

**6. 技术效果**

可实现废水资源化利用，净化水回收率大于 95%，达到工艺用水的水质指标，膜寿命大于 3 年，工业盐可资源化利用。

**7. 示范与推广应用情况**

2014 年在南通建成 4 万吨/年制浆尾水零排放示范工程，核心特种超滤膜及膜污染协同控制技术已推广应用十多个工程应用。

**8. 投资与运行成本估算**

膜法制浆尾水零排放工艺每小时处理吨废水的投资约为 1~1.5 万元（不含土地），运行成本小于 5 元/吨。

**9. 投资回收期**

特种超滤膜的投资回收期 1 年，膜法零排放废水工程取决于各地的自来水水价和排污费。

**10. 成果转化推广前景**

工业废水深度处理回用的市场超过千亿元，本技术开发的特种分离膜具有分离效率高，使用寿命长，膜装备操作简便，在超低排放和资源化利用领域极具推广前景。

**11. 联系方式**

联系人：邢卫红

单位：南京工业大学

地址：南京工业大学膜科学技术研究所

电话：13801587291

邮箱：[xingwh@njtech.edu.cn](mailto:xingwh@njtech.edu.cn)

## （八）感潮河流的水源保护技术

1. 技术名称：感潮河流的水源保护技术

2. 适用行业：水资源保护、感潮河流水源水库

3. 技术提供方：上海城投原水有限公司、上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司

4. 适用范围：水源地保护、水源水库安全保障等领域水污染防治。

5. 技术内容

结合长江经济带水生态环境保护和上海市饮用水优质水源的需求，建成了青草沙水源水库。青草沙水源水库地处长江入海口，既有上游来水氮磷较高的影响，又有海水咸潮入侵的威胁。该技术针对上游来水氮磷较高导致藻类增殖和青草沙水源水库咸潮入侵的问题，研发了河口感潮水源水质水量监测与预警、河口水库水动力物理控藻、水源水库水质生态调控、长距离原水输水预处理、多水源条件下原水调配等关键技术，通过技术集成与系统优化形成感潮河流的水源保护成套技术，成功抑制了上游来水氮磷较高导致水源水库藻类过度增殖，化解了河口咸潮入侵威胁，保障水源地水质和水量安全。

6. 技术效果

根据青草沙处于长江口的特点，水库外通过青草沙监测水质与预警与河口水质水量模拟，监测上游来水特征污染因子和海水入侵规律，预警预测水库取水水质和水量，通过水源水库上下游闸的联合调度，保障取水的水质水量达到最优；水库内通过水库水力条件改善，显著降低藻密度和叶绿素，每天藻类排出量为几十至上百公斤，水库水层表面藻类数量下降约30%，长距离输水预处理后藻细胞密度可降低90%以上。同时，建立多水源可调配平台，可调水量达到700万m<sup>3</sup>/d以上，实现了上海陆域三大原水系统由单水源调度模式向多水源调度模式的转变，提升了上海原水系统调度能力以及突发事件下的供水保障能力。

7. 示范与推广应用情况

感潮河流的水源地保护技术已经在上海城投原水青草沙水库进行应用，青草

沙水库工程设计总规模 719 万 m<sup>3</sup>/d，水库总面积约 70 km<sup>2</sup>，水库设计最高蓄水位 7.0 m，最低运行水位-1.50m，通常工况运行水位约 3.0 m，设计有效库容为 4.35 亿 m<sup>3</sup>，该工程 2011 年通水，保障原水 719 万 m<sup>3</sup>/d 供应能力和供水水质，受益人口 1300 万，为长江经济水生态环境保护提供典型的工程示范案例。

#### 8. 投资与运行成本估算

#### 9. 投资回收期

#### 10. 成果转化推广前景

感潮河流的水源地保护技术研究成果直接应用于青草沙水库生产运行与调度，在青草沙水源水库的水质调控中发挥了作用，并为东风西沙、金泽水库等同类水源地的建设与运行提供了技术支撑，也为我国类似长江取水的作为水源的水质水量预警预测、水库富营养生态调控以及藻类增殖原位抑制及预处理提供技术与管理示范，为长江经济水生态环境保护提供典型的技术与工程示范案例，具有良好推广应用前景。

#### 11. 联系方式

联系人：姜蕾、陈蓓蓓

单位：上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司、上海城投原水有限公司

地址：上海市许昌路 230 号、浦东新区北艾路 1540 号

电话：13774402339、13611746284

邮箱：[leilei79813@163.com](mailto:leilei79813@163.com)、[chenbeibei2001@163.com](mailto:chenbeibei2001@163.com)

### （九）闸泵控制型城市河道综合治理成套技术

1. 技术名称：闸泵控制型城市河道综合治理成套技术

2. 适用行业：城市水体污染治理

3. 技术提供方：清华大学

4. 适用范围：黑臭及重污染河流治理

5. 技术内容

集成了致黑臭关键因子识别、氮磷负荷快速诊断、高效氧化原位脱氮、原位生态耦合净化、内源污染释放高效抑制等关键技术，研制了系列内源污染控制制

剂，开发了旁路生物膜氧化-原位反硝化脱氮新技术及设备河流生态修复系列成套技术与设备；提出“内源污染释放控制-生物接触氧化-原位反硝化脱氮/微动力强化生态浮岛-多元生态构建-城市尾水补水调控”的成套修复技术，实现重污染河流污染治理、景观型生态与水质长效保持的目标，有效保证河流生态修复的效果。

## **6. 技术效果**

系列内源污染控制制剂对氨氮和总磷释放抑制率分别达到 78%和 84%，成本比市售同类产品降低 67%。旁路生物膜氧化-原位反硝化脱氮技术，可实现河水氨氮的快速硝化（HRT 仅为 1.5h），效率达到 95%，以高硝氮出水进入河水形成循环高效反硝化脱氮，反硝化效率达到 88%，实现黑臭河水原位净化。

## **7. 示范与推广应用情况**

2010 年-2016 年，应用于常州市城市河道综合整治、清水工程、黑臭河道治理等项目，总计治理污染河流 17 条，黑臭坑塘 5 座，合计河长 17.5km、水域面积 24.7 公顷，显著削减河流污染负荷、消除黑臭，提高水质和生态环境质量，水环境质量平均提升 1-2 个等级，获得了显著的环境与社会效益。

## **8. 投资与运行成本估算**

工程总投资 1387.3 万元，约合 80 万元/km 河长或 56 万元/公顷水面，可以显著削减河流污染负荷、消除黑臭，提高水质和生态环境质量。

## **9. 投资回收期**

该成套技术的推广及应用，有效改善了常州市城市河流和坑塘的水质，显著削减河流污染负荷、消除黑臭，提高水质和生态环境质量，水环境质量平均提升 1-2 个等级，具有显著的经济环境与社会效益。

## **10. 成果转化推广前景**

本技术的应用显著削减了河流污染负荷、消除黑臭，提高水质和生态环境质量，具有显著的经济环境效益与社会效益，且通过技术应用及工程实施积累了大量的水环境修复工程建设、运行管理经验，为黑臭水体治理提供了全面的技术支撑，具有良好的推广前景。

## **11. 联系方式**

联系人：周方、刘翔

单位：清华大学

地址：北京市海淀区清华园 1 号清华大学环境学院

电话：010-62797667

邮箱：tinyzhoufang@163.com

## （十）重污染河水快速净化移动式技术装备

1. 技术名称：重污染河水快速净化移动式技术装备

2. 适用行业：适用于黑臭河道应急处理

3. 技术提供方：清华大学、常州环保科技开发推广中心

4. 适用范围：适用于城市内河的快速净化，尤其适用于城市重污染河道的应急处理

### 5. 技术内容

针对城区重污染黑臭河道治理及突发性水质恶化的应急处理需求，研发车载重污染河水快速净化组合式设备。该设备基于金属滤网快速过滤、高压溶气充氧及净化制剂等多项技术，为集装箱体式并能够自动装卸，具有高效、大通量、易运输的特点，适用于城市内河的快速净化，尤其适用于城市重污染黑臭河道的应急处理。

### 6. 技术效果

移动式重污染河水快速复合净化技术集成了微孔快滤、纯氧曝气、氮磷快速吸附、混凝氧化等功能，氨氮和总磷去除率分别达到 50%和 90%，浊度下降 80%，溶解氧由 0.5mg/L 增加至 6mg/L（平均），氧化还原电位、透明度大幅提高，可以快速遏制黑臭，成本约 0.55 元/m<sup>3</sup>，且占地省。。

### 7. 示范与推广应用情况

在常州市严重污染的黑臭河道二十一米河（全长 210m）开展技术验证，处理能力达到 52m<sup>3</sup>/h。示范河道黑臭快速得以遏制、5 天内消除黑臭，原本爆发性生长的藻类得到有效控制。

### 8. 投资与运行成本估算

暂无详实数据。

### 9. 投资回收期

暂无详实数据。

## 10. 成果转化推广前景

可广泛应用于城市重污染黑臭河道的应急处理。

## 11. 联系方式

联系人：王慧

单位：清华大学、常州环保科技开发推广中心

地址：清华大学环境学院 520 房间

电话：010-62772137, 13911790845

邮箱：wanghui@tsinghua.edu.cn

# （十一）黑臭河道水体原位多级生态净化技术

1. 技术名称：黑臭河道水体原位多级生态净化技术

2. 适用行业：适用于黑臭河道水质净化

3. 技术提供方：华东师范大学

4. 适用范围：适用于高污染负荷、自净能力差、黑臭严重的城市河道漏排污水和径流污染阻控

## 5. 技术内容

针对温州市黑臭河道外源纳污量大、内源污染累积严重、水体自净功能退化、水生生态崩溃等问题，以改善水质和实现污染物净化的生态自维持为目标，研发了造流曝气-生态接触氧化技术、生物栅-垂直流人工湿地技术、微生物及酶制剂强化净化技术、底质物理-生态联合修复技术和半封闭型河道控藻技术等关键单项技术以及实现原位多级生态净化技术的集成。

## 6. 技术效果

技术示范区河段彻底消除黑臭，河水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$  含量达到 V 类水标准要求，DO 含量达到 1mg/L 以上， $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TP 含量分别低于 6mg/L、1mg/L，水体透明度达到 50cm 以上；水生植被盖度达到 30%，滨岸带和水生生物多样性指数达到中度以上。

## 7. 示范与推广应用情况

在九山外河北段 1500m 河长内（清明桥～勤奋路），开展造流曝气-生态接

触氧化技术、生物栅-垂直流人工湿地技术、底质物理-生态联合修复技术和半封闭型河道控藻技术等关键单项技术以及实现原位多级生态净化技术的集成技术研究及工程示范。能够使得示范区河段彻底消除黑臭现象，水环境质量及服务功能显著提升，取得了良好的社会及环境效益，形成了城市黑臭河道环境改善与生态修复的技术支撑体系，为城市黑臭河道污染治理与功能利用提供了应用范例，具有重要的实际应用前景和良好的社会效益。

#### **8. 投资与运行成本估算**

暂无详实数据。

#### **9. 投资回收期**

暂无详实数据。

#### **10. 成果转化推广前景**

可广泛应用于城市黑臭河道原位修复。

#### **11. 联系方式**

联系人：黄民生

单位：华东师范大学

地址：上海市普陀区中山北路 3663 号

电话：13651814239/17317758797

邮箱：mshuang@des.ecnu.edu.cn

## **（十二）城市水体原位与异位耦合生态修复集成技术**

**1. 技术名称：**城市水体原位与异位耦合生态修复集成技术

**2. 适用行业：**城市水环境质量提升

**3. 技术提供方：**中国市政工程华北设计研究总院有限公司

**4. 适用范围：**适用于封闭、半封闭或水流滞缓城市黑臭水体治理及水质保持

#### **5. 技术内容**

以解决治理后的城市封闭、半封闭或缓滞流型水体反复黑臭问题为核心目标，重点针对已经完成截污和底泥清淤工作，水深 1 m 以下的低水位水体，利用水体自身生长的土著挺水植物和沉水植物构建生态脱色主体，以挺水植物根系和

沉水植物体作为微生物生长的附着体,利用植物光合作用产生的氧气实现生物合成,完成大分子有机物和有机氮磷的降解和无机化;利用根系和植物体附着的微生物和菌胶团吸附水中的悬浮物和胶体类物质,强化浊度去除,提升水体透明度;应用植物对氮、磷的吸收,降低水体富营养化水平,抑制藻类的繁殖。针对不同水体存在的主要致黑致臭问题,辅以工程性的底泥曝气等原位处理技术提高厌氧底泥的氧化还原电位和稳定性,利用旁路净化技术对悬浮物和浊度进行强化去除,利用漂浮物打捞器维持水面景观效果,形成的技术组合可以有效去除水体中的氮、磷、悬浮物,提高厌氧底泥的 ORP 和稳定性,增加水体透明度,提升水体的景观效果和生态效果。具有针对性去除水体中污染负荷,提升水体自净能力,并可根据水质特征和水体功能目标进行设计和运行参数调整。

## 6. 技术效果

解决了封闭景观水体自净化能力差、无环境容量、内源污染不断积累、色度加深、水质易恶化等问题,提出了植物生态修复为主、以人工曝气、旁路过滤为辅的单元组合技术,水体色度降低 50%以上,旁路净化对浊度去除率达到 81%,技术应用后水体水质可以长期保持。

## 7. 示范与推广应用情况

在北戴河森林湿地公园 1.8km 黑臭水体截污纳管和一级 A 旁路污水净化基础上,耦合各种原位生态塘处理技术,在无外水补充的情况下,实现 15 公顷水面面积长期不黑臭目标。

## 8. 投资与运行成本估算

以北戴河森林湿地公园水环境提升为例,植物修复主体 600 元/m<sup>2</sup>,含三年维护费用,植物覆盖率不低于 25%;异位处理站规模 3500 m<sup>3</sup>/d(城镇污水处理,可根据实际情况选择运行模式),投资 1800 万元,运行费用吨水 0.6 元。

## 9. 投资回收期

城市黑臭水体整治是解决老百姓身边环境问题的重要举措,除了水体治理外,景观工程建设、亲水平台构建也是重要的组成部分,具有明显的社会、经济和环境效益,通常不宜用投资回收期进行技术评价。

## 10. 成果转化推广前景

城市黑臭水体整治是国务院《水污染防治行动计划》明确的目标任务,该研

究成果自 2013 年实施以来，已经在众多工程中得到应用验证，对技术提供方主持编制的《城市黑臭水体整治工作指南》也具有重大的支撑作用。

#### 11. 联系方式

联系人：孙永利

单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

地址：天津市河西区气象台路 99 号 F206

电话：022-23545371

邮箱：[tjsunyongli@163.com](mailto:tjsunyongli@163.com)

### 三、土壤污染防治技术成果

#### （十三）砷镉污染土壤的植物修复成套技术

1. 技术名称：砷镉污染土壤的植物修复成套技术与大规模产业化推广
2. 适用行业：土壤修复
3. 技术提供方：中国科学院地理科学与资源研究所、北京瑞美德环境修复有限公司
4. 适用范围：砷镉污染土壤
5. 技术内容

通过在污染土壤上种植选育的高效超富集植物并配合相应的活化剂等强化措施，快速富集和去除污染土壤中的砷、镉等，将收割的超富集植物进行安全焚烧，焚烧后剩下的少量灰渣采用安全填埋方式进行处置。技术包括：超富集植物工厂化育苗技术、土壤砷镉的植物高效去除技术、土壤重金属活化剂及其生产技术、超富集植物安全处置技术装备、农田土壤修复管理信息系统、土壤修复产业园示范。该技术的工程应用和技术水平居国际领先地位该技术具有四大优点：(1) 投资和维护成本低；(2) 接近于自然生态过程，二次污染风险小；(3) 采选区域可直接作为农林用地，实现污染土地增值；(4) 技术操作性良好，易于大面积推广。

#### 6. 技术效果

在轻-中度污染的土壤中，土壤砷的年去除效率 11%、土壤镉的年去除效率

约 15%，轻度污染土壤 3~5 年修复达标。

## 7. 示范与推广应用情况

2011 年，在广西环江开展砷镉污染农田修复技术示范。蜈蚣草提取土壤砷量高达 17.5%，经过 3 年植物萃取-重金属活化联合修复后，土壤砷去除率达到 52.5%。

2016 年，在四川绵竹开展镉污染农田修复技术示范。利用八宝景天等超富集植物对土壤镉的超富集能力，年修复效率达到 10%以上。

2016 年，在湖南石门开展砷污染农田修复技术示范，重点解决当前土壤修复技术的配套性、集成性不足的问题，年去除效率约 11%。研发建立了可视化的土壤修复管理信息平台。从产业的角度，建设集土壤修复科技转化、科技孵化、科学普及等功能于一体的国内首个土壤修复产业园。

先后在广西环江和阳朔、湖南石门、云南个旧、河北石家庄等地建立了砷镉污染土壤的植物修复成套技术示范基地，示范面积 1 万多亩。

## 8. 投资与运行成本估算

总体修复成本约 3.5-5 万元/亩，包括污染调查、方案设计、招投标、工程监理、工程施工、药剂、税收、利润等全部开支项目。第一年种苗、活化剂等材料投入约 2.50 万元/亩，以后每年的运行管护成本 0.50 万/亩；轻微污染土壤修复成本 3.50 万元/亩；轻度污染土壤修复成本约 5 万元/亩。

## 9. 投资回收期

修复达标后的土壤种植高附加值农产品，每亩净收益达 0.5~1 万元，投资回收期 5~8 年。如修复后的土地进入建设用地指标置换，每亩收入可达 10 万左右。

## 10. 成果转化推广前景

技术处于推广前期和产业化示范阶段。目前已通过公开招标等方式获得 10 个项目，在南北方 10 余省市进行工程示范，面积 1 万多亩，具备大面积推广的工程技术条件。

## 11. 联系方式

联系人：陈同斌、张莉

单位：中国科学院地理科学与资源研究所、北京瑞美德环境修复有限公司

地址：北京市朝阳区大屯路甲 11 号

电话：13801218210、13691000163

邮箱：[chentb@igsnrr.ac.cn](mailto:chentb@igsnrr.ac.cn)

## （十四）热脱附集成式多段尾气净化工艺

1. 技术名称：热脱附集成式多段尾气净化工艺
2. 适用行业：环境修复
3. 技术提供方：中节能大地(杭州)环境修复有限公司
4. 适用范围：适合高温热脱附尾气的净化处置
5. 技术内容

该技术针对焦化厂、化工厂、电子垃圾拆解等各类有机复合污染场地污染土壤热脱附尾气组分复杂、密度多样、沸点跨度大的特点，利用“除尘-喷淋-干燥-活性炭吸附”的多段式尾气净化工艺，实现对高温热脱附尾气的除尘和有机污染物去除处置。同时，对喷淋工艺产生的有机废水，采用“沉降-氧化-压滤-砂滤-活性炭吸附”的组合工艺进行处置，有效降解去除废水中颗粒物、色度、有机污染物及重金属等各类污染指标。

该技术可实现对众多有机污染物的有效降解去除，普适性好，可用于不同类型有机污染场地热脱附尾气的净化处置。由于采用除尘技术降低废气中粉尘浓度，采用氧化工艺进行有机污染物降解，该工艺能有效减少滤饼、活性炭等危废产生量，环保性好，有效拓展热脱附设备使用范围。经该工艺处置后，热脱附尾气达标排放，废水实现循环利用。

该技术采用模块化设计，尾气处置能力可根据前端热脱附设备土壤处置能力进行灵活调整。

### 6. 技术效果

该技术为热脱附技术配套尾气处置工艺，可有效去除热脱附尾气中粉尘以及各类有机污染物，热脱附尾气和废水达到排放要求。采用该工艺进行有机污染废气处置，对尾气中粉尘颗粒去除率达到 95%以上，污染物去除率在 99%以上，处置后尾气排放达到《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001）要求。该工艺对废水进行循环利用，相当于每处理 1 吨土，节省用水量约 0.2 吨。

### 7. 示范与推广应用情况

该技术属于热脱附设备配套尾气处置工艺,分别在公司自有 1.5 t/h 回转窑式热脱附设备和 8 t/h 撬装热脱附设备中进行安装利用。

依托国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目“电子垃圾拆解场地重金属-有机污染物协同控制与生物修复技术与示范”(201206A203)和“半挥发性有机物污染场地物化与生物修复技术”(2013AA06A210),该技术分别对电子垃圾拆解场地复合污染土壤(含多环芳烃、多氯联苯、多溴联苯醚等)和焦化厂多环芳烃污染土壤热脱附处置产生的高温有机污染尾气进行示范处置,效果良好,处置后尾气排放达到《危险废物焚烧污染控制标准》(GB18484-2001)要求,同时,实现废水循环利用。

#### **8. 投资与运行成本估算**

该技术投资成本与前端热脱附设备处置能力有关,常规处置能力的热脱附设备,配套该技术尾气处置工艺投资成本约 200 万元,运行成本约 10~20 元/吨土。

#### **9. 投资回收期**

5~6 年。

#### **10. 成果转化推广前景**

该技术尚处于局部推广阶段,主要用于公司自有热脱附设备中,随着土壤修复市场的快速发展和热脱附技术普及,技术推广前景较好。

#### **11. 联系方式**

联系人:元妙新

单位:中节能大地(杭州)环境修复有限公司

电话:15906819144

地址:杭州市江干区景昙路 9 号西子国际中心 B 座 17 楼

邮箱:yuanmiaoxin@dadi-ep.com

### **(十五) 水泥窑协同处置重金属污染土技术**

**1. 技术名称:**水泥窑协同处置重金属污染土技术

**2. 适用行业:**水泥,污染土处置

**3. 技术提供方:**北京金隅集团股份有限公司

**4. 适用范围:**适用于单线日产 2000 吨以上的新型干法水泥生产线,不含有汞、铊、铬、放射性以及有机污染物的重金属污染土壤的处置。

## 5. 技术内容

该技术是利用现有新型干法水泥生产线，采用重金属污染土替代水泥生产硅质、铝质原料，通过生料配料技术的调整以及水泥生产工艺参数的调控，使污染土处置能够满足现有水泥生产工艺要求。在水泥熟料烧成过程中实现污染土中的重金属在水泥熟料矿物中的固化，从而达到污染土壤处置的目的。重金属固化率达 80% 以上，烟气排放和水泥熟料性能、重金属总量和重金属浸出符合国家相关标准要求。

该技术可充分利用现有水泥生产设施，实用性强，重金属固化效果好，无废渣排出，同时可替代水泥生产部分原材料，有助于节约资源。

## 6. 技术效果

重金属污染土的处置量主要由污染土的碱含量、硫、氯含量、含水率、重金属污染物的浓度，水泥生产原材料的化学组成以及水泥生产线的情况确定。以日产 3200 吨的新型干法水泥生产线为例，以每年生产 300 天计，污染土添加量按照水泥熟料产量的 4% 计算，重金属污染土壤的年处置量可达 3.84 万吨，烟气排放和水泥熟料性能符合国家相关标准要求。

## 7. 示范与推广应用情况

2015 年 4 月，在北京金隅北水环保科技有限公司日产 3200t 的新型干法水泥生产线上进行重金属污染土壤处置示范。在北京金隅北水环保科技有限公司、河北金隅鼎鑫水泥有限公司进行了推广应用，处置污染土达 10 万吨以上。

## 8. 投资与运行成本估算

利用现有新型干法水泥生产线进行改造，主要投资包括重金属污染土储存、预处理及尾气净化设施、污染土输送设施以及污染土实验室分析能力建设等。投资成本 500~1000 万元。

利用现有新型干法水泥生产线进行改造，污染土处置运行成本主要包括污染土厂内倒运、人工成本、设备折旧、污染土预处理设施运行维护、污染土处置引起的能源消耗等，综合成本约 100~300 元。

## 9. 投资回收期

利用现有新型干法水泥生产线进行改造，协同处置重金属污染土壤的投资回收期约 2~5 年。

## 10. 成果转化推广前景

该技术成果处于局部推广应用阶段，转化推广前景广阔。

## 11. 联系方式

联系人：杨飞华

单位：北京金隅集团股份有限公司

地址：北京市东城区北三环东路 36 号环球贸易中心

电话：13810660258

邮箱：[chyangfeihua@126.com](mailto:chyangfeihua@126.com)

## 四、固废污染防治技术成果

### （十六）污泥与餐厨等有机质联合厌氧消化技术

1. 技术名称：污泥与餐厨等有机质联合厌氧消化技术

2. 适用行业：污水厂污泥和城市有机固体废弃物处理处置

3. 技术提供方：同济大学、城市污染控制国家工程研究中心、镇江市水业总公司

4. 适用范围：适用于城市污泥与餐厨等城市有机质厌氧消化生物稳定化处理。

#### 5. 技术内容

该技术是基于餐厨单独消化缓冲性能差，系统易酸化，而污泥系统含氮量高，碱度高，缓冲性能强，但容易产生游离氨抑制的缺陷，通过污泥与餐厨等城市有机质协同消化同时缓解两种基质单独消化产生的游离氨/有机酸/盐抑制的难题，餐厨的添加可以显著降低污泥系统内的 FAN 浓度，有效地缓解了污泥高含固厌氧消化过程中氨抑制问题，污泥消化高 pH 环境可以显著降低餐厨厌氧消化沼气中硫化氢含量。

脱水污泥与餐厨等有机质按比例（从系统稳定性的角度，污泥和餐厨 VS 比例范围约为 0.4:1-2.4:1）进行混合，混合后含固率在 10-15% 范围内，消化停留时间为 20d，在不增加池容的前提下，使污泥消化设施可同时消纳等量的餐厨垃圾处理，显著提高工程运行效益。

#### 6. 技术效果

该示范工程的应用实现了 1 亿吨/年污水所产生污泥稳定化处理，COD 减排 0.3 万吨/年，减少污泥二次污染的排放，回收沼气 500 万 m<sup>3</sup>/年，CO<sub>2</sub> 减排 1 万吨/年，减少温室气体排放，同时解决了困扰多年的餐厨垃圾处置出路的难题。

### **7. 示范与推广应用情况**

该技术成果在镇江污泥与餐厨协同处理处置项目中得到示范应用，处理总规模 260t/d，其中餐厨废弃物 140t/d（含水率 85%），污泥 120t/d（含水率 80%），采用工艺流程为餐厨预处理+污泥预处理+高含固/协同厌氧消化+沼渣深度脱水干化土地利用+沼气净化提纯制天然气，应用效果表明消化设施的甲烷产率提高 1 倍以上，专家组验收意见为“我国城市污泥与城市其他有机质废物协同处理处置的成功案例”。

### **8. 投资与运行成本估算**

该示范工程充分利用现有池容同时处理餐厨等城市有机质，投资成本和运行成本约为 1.6 亿和 160 元/吨。

### **9. 投资回收期**

目前该示范工程产生的沼气经过净化提纯制天然气，沼渣深度脱水生物干化后作为绿化基质，并采用通气性控根器分批建成了“移动森林”苗圃基地超过 10000m<sup>3</sup>，预计投资回收期约为 5-10 年。

### **10. 成果转化推广前景**

该技术成果凭借其技术优势以及良好的环境经济效益，符合污泥全链条处理处置和国家可持续发展的方向，已建成镇江示范工程得到国内外多个参观单位的一致好评，具有良好的推广应用前景。

### **11. 联系方式**

联系人：戴晓虎

单位：同济大学

电话：13248002376

地址：上海市四平路 1239 号

邮箱：[daixiaohu@tongji.edu.cn](mailto:daixiaohu@tongji.edu.cn)

## （十七）水泥窑协同处置生活垃圾工艺技术与装备

1. **技术名称：**水泥窑协同处置生活垃圾工艺技术与装备

2. **适用行业：**水泥窑协同处置生活垃圾、市政污泥及一般工业固体废弃物

3. **技术提供方：**清华大学、成都建筑材料工业设计研究院有限公司、武安市新峰水泥有限责任公司、北京清峰绿能科技股份有限公司

4. **适用范围：**适用于水泥窑协同处置城乡生活垃圾、市政污泥及一般工业固体废弃物。

### 5. 技术内容

该工艺技术及装备是针对生活垃圾成分复杂，集约化处置程度低，易导致二次污染等问题，通过对生活垃圾采取初级破碎、重力分选、粒度分选、深度破碎等综合预处理的方式，得到生活垃圾预处理成品：生活垃圾筛上物（初级 RDF，粒径 $\leq 25\text{mm}$ ）、生活垃圾筛下物（渣土）两部分。

生活垃圾筛上物（初级 RDF，粒径 $\leq 25\text{mm}$ ）及生活垃圾筛下物（渣土）运输至水泥窑终端处置系统，集中储存，然后分别输送至水泥窑窑头处置系统及窑尾处置系统。生活垃圾筛上物（初级 RDF，粒径 $\leq 25\text{mm}$ ）经过计量后通过燃烧器喷入回转窑内，在窑内  $1700\sim 1800^{\circ}\text{C}$  高温烟气作用下完成无害化处置；生活垃圾筛上物（渣土）则经计量后喂入窑尾 SPF 多相态废弃物焚烧炉，焚烧完成后烟气进入水泥窑分解炉（烟气温度  $880\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，停留时间  $5\sim 6$  秒、活性氧化钙浓度  $0.5\text{kg}/\text{Nm}^3$ ）完成烟气净化，灰渣则进入水泥回转窑熔入水泥熟料煅烧，完成无害化处置。

### 6. 技术效果

水泥窑（ $5000\text{t}/\text{d}$ ）协同处置生活垃圾（ $1000\text{t}/\text{d}$ ）年处置生活垃圾 33 万吨；燃料替代率 31.5%；废弃物热能回收率 95.5%；节省标煤 5.09 万吨/年； $\text{CO}_2$  排放降低 31.5%；环保及安全优于国家标准。

### 7. 示范与推广应用情况

利用该技术建成示范工程“武安新峰市政污泥及生活垃圾处置项目”一个，设计规模：生活垃圾  $300\text{t}/\text{d}$ ，脱水污泥（水分 80%） $40\text{t}/\text{d}$ 。采用生活垃圾预处理——水泥窑终端处置的方式完成生活垃圾的无害化处置，该项目于 2016 年 6 月 17 日通过了科学技术部专家组的课题验收。示范工程项目运行稳定，取得了良好的

效果，整体技术达到了国际先进水平。鉴于良好的运行效果，启动了武安新清成 RDF 制备及水泥窑协同处置技改工程，已进一步将项目规模扩大到 1000t/d。

#### **8. 投资与运行成本估算**

示范工程“武安新峰市政污泥及生活垃圾处置项目”，投资与运行费用分别为 8500 万元和 105 元/吨。

#### **9. 投资回收期：**

预计投资回收期约 5 年。

#### **10. 成果转化推广前景**

目前水泥窑协同处置生活垃圾已成为我国生活垃圾焚烧处置的重要方式之一，并得到了国家产业政策和绿色制造系统集成专项的支持，已建成的示范生产线已接待了大量的国内外参观团队，取得了较好的环保宣传教育效果，在全国范围内具有良好的推广和应用前景。

#### **11. 联系方式**

联系人：温宗国

单 位：清华大学

电 话：010-62792921

地 址：北京市海淀区清华大学环境节能楼 1023 室

邮 箱：wenzg@tsinghua.edu.cn