

05

绿色环保与 资源循环

GREEN ENVIRONMENTAL
PROTECTION AND RESOURCE
RECYCLING

/
/



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

目录

CONTENTS

05

绿色环保 与资源循环 (10项)

- | | |
|---------------------------------------------|----|
| 1. 秸秆“肥热联产”近零碳供暖技术 (建筑学院) | 49 |
| 2. 基于AI+大数据的水环境智慧管控技术 (环境学院) | 50 |
| 3. 有毒 (有机) 工业废水物化/生化组合工艺 (环境学院) | 51 |
| 4. 煤化工废水EBA多级生化耦合处理技术 (环境学院) | 52 |
| 5. 高有机物浓度高含盐量制药废水处理工艺 (环境学院) | 53 |
| 6. 绿氢生物制造技术 (环境学院) | 54 |
| 7. 基于生物倍增“双膜”工艺的分散式生活污水处理模块化设备 (环境学院) | 55 |
| 8. 低温电解槽单原子催化CO ₂ 转化技术产业化 (化工学院) | 56 |
| 9. 能源微藻高效低能耗光生物反应器培养技术 (能源学院) | 57 |
| 10. 市政污泥一步脱水干化直接焚烧技术 (能源学院) | 58 |

1. 秸秆等有机固废“肥热联产”近零碳供暖技术 (建筑学院)

【成果简介】

我国每年有超过2亿吨秸秆得不到有效利用，甚至被就地焚烧，造成环境污染、资源浪费。秸秆通过好氧发酵可以获得有机肥，但同时产生的可观的低品位热量一直被忽视未进行有效回收利用。我国北方建筑或设施农业（温室大棚、禽畜棚舍等）的冬季供暖，完全可由秸秆或其它有机固废（畜禽粪污、食用菌种植废弃物料等）好氧发酵产热来满足。本项目首次在国内开展秸秆“肥热联产”供暖技术研究；已获发明专利2项、实用新型专利3项及软件著作权2项，另外2项发明专利在审。项目组已进行了近四年的小试研究，取得了良好的效果，具体研究内容包括：肥热联产热工艺与回收装置、供暖系统设计及肥热联产供暖智慧化调控方法等。该技术在秸秆消纳、清洁取暖、双碳目标、保护环境、保护黑土地、促进循环农业发展等方面将发挥巨大作用，将带来一系列的生态、社会和经济效益。

【技术指标】

- 1、以玉米秸秆为例，产热量约为1700-2200kCal/kg。
- 2、好氧发酵过程中堆内最高温度可达70°C以上。
- 3、有效发酵产热时间平均可持续为40-60天。
- 4、为面积约一百平米的哈尔滨农村住宅冬季供暖，玉米秸秆用量约为12-15t。

【应用前景】

应用范围广泛：设施农业，如温室大棚、禽畜圈舍；无集中热网区域的建筑，如农村住宅、冰雪景区；孤立场站，如高速公路服务区、哨卡；城镇集中供热补充热源；工业用热补充热源，如粮食、木材、烟草、食用菌等的烘干系统。



秸秆等有机固废“肥热联产”近零碳供暖技术应用示例

2. 基于AI+大数据的水环境智慧管控技术 (环境学院)

【成果简介】

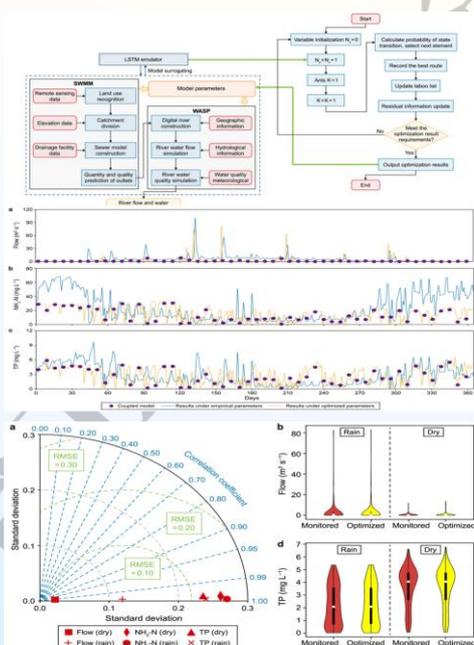
面向国家精准治污、科学治污的重大需求，通过国家水体污染控制与治理科技重大专项、国家重点研发项目、国际科技创新合作重点专项等支撑，以大数据挖掘为抓手，研发水环境领域知识嵌入与边缘计算加持的软硬一体预报预警技术，实现流域尺度COD、氨氮、总磷等关键水质指标未来7天超前预报预警，支撑污染治理由回顾式判断到预判式管控的全面提升，推动重点整治到系统治理的重大转变。研究成果应用于松花江、长江等流域，入选工信部“大数据产业试点示范项目”和中央网信办“数字化预测协同转型发展典型案例”，经济、环境和社会效益显著。

【技术指标】

水质指标超前预警：对化学需氧量、总氮、总磷、溶解氧等水质指标平均预测精度超过90%。

【应用前景】

深化人工智能等数字应用，构建水环境智慧管控体系，已成为流域精准治污、科学治污的重大需求。我国智慧环保市场规模超过770亿元，占世界总量1/4以上，并以每年20%速度高速增长，经济发展潜力巨大。本技术推动水生态环境监测新质化与数智化协同转型，对于“美丽中国”智慧建设具有重要的理论和实际意义。



管网-河流一体化模型模拟



哈尔滨新区水环境智慧管控

3.有毒（有机）工业废水物化/生化组合工艺处理 (环境学院)

【成果简介】

本项目在电催化氧化技术和变速升流式厌氧生物处理技术开发方面，实现了关键技术创新，开发了电催化/生物组合工艺，研究成果达到了国际领先水平。系统抵御冲击负荷和有毒有害物质侵袭的能力强、稳定性高、占地面积小，节省了工程投资和运行费用。该组合工艺具有很大的应用潜力，为高浓度难处理工业废水治理探索出一条新路，并具有相当可观的经济效益、环境效益和社会效益。

【技术指标】

该组合工艺的进水COD浓度可以高达50000mg/L，COD去除率高达90%以上；pH值可以在5~9之间；进水的SS可以大于1000mg/L；污泥产量减少20~35%，1~2年排泥1次即可；节省基建投资15-45%，节约运行费用20-30%。

【应用前景】

高浓度难生物降解工业废水处理。



有毒（有机）工业废水物化/生化组合工艺处理

4.煤化工废水EBA多级生化耦合处理技术（环境学院）

【成果简介】

该技术来源于哈尔滨工业大学承担的国家“十三五”重点研发计划，“国际联合攻关”课题的研究成果。采用CD气浮精准控制轻质油上浮、重质油下沉分层技术，EC厌氧水力旋流筛选优势菌群和生物包埋解毒技术、BE生物增浓高仿河流自净的生物抗毒技术，提出煤化工废水靶向解毒的EBA多级生化耦合处理技术。该技术建成了国内首家兰炭园区煤化工废水零排放示范项目，应用在哈尔滨煤制气、大唐阜新、龙煤天泰、中煤集团、新疆哈密、新奥能源、陕煤集团、榆林兰炭园区等数十家企业应用，获得了国家科技进步奖3项，国际水协创新奖1项，获国家发明专利50余项，填补了国内煤化工行业在废水处理方面的空白，达到国际领先水平。

【技术指标】

基建投资节省10-20%，运行费用节省10-15%，操作简单，运行稳定，实现煤化工废水的零排放。

【应用前景】

以煤炭为基质的煤化工酚氨废水处理以及零排放。



大唐阜新煤制气有限公司煤化工废水EBA
多级生化耦合技术处理项目



榆林上榆树茆兰炭园区煤化工废水EBA多级
生化耦合技术处理项目

5.高有机物浓度高含盐量制药废水处理工艺 (环境学院)

【成果简介】

针对有机物浓度高、含盐量大和难降解的制药废水，开展了该废水处理全过程污染控制方面的理论研究、技术创新与工程实践。研究了复合式微氧水解酸化快速脱毒工艺和复合式交替流生物反应深度净化工艺，开发了在低温条件下对污染物去除率高、运行费用低、占地面积小的成套废水处理工艺；研究了对多种气体（有机溶媒类、硫系化合物类等）有较高净化作用，运行稳定、费用低廉的气体净化技术并研制了相应的处理设备；研究了废水处理中的污泥减量化技术，研制出脱水效率高、用量少、低毒的环境友好型脱水剂；实现了制药废水处理的全过程污染控制。在示范工程中还采用了汽轮机驱动鼓风机技术和大深度曝气系统（水深 $\geq 15\text{m}$ ），实现了节能与高效运行。近百个工程应用中体现出废水处理工程运行稳定、节支降耗效果明显的特点。

【技术指标】

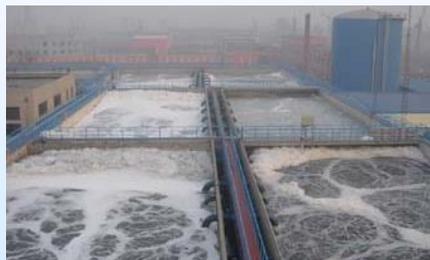
- 1、在废水温度 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ，含盐量 $15000\sim 30000\text{mg/L}$ 的条件下，COD去除率 $\geq 90\%$ 。
- 2、对易挥发有机气体、有害气体进行有效的净化，达到国家规定的排放标准。
- 3、新型污泥脱水剂可替代PAM，并且残余药剂易被生物降解，与其他药剂配合可使污泥含水率降至60%以下。
- 4、与常规废水处理方法相比，可节省基建费用30%以上，节省运行费用30%以上，节省占地面积40%以上。

【应用前景】

采用本研究的综合技术，通过工艺的整体最优化，为三个大型制药废水处理示范工程（COD处理量 $\geq 700\text{T/d}$ ）和几十个中小型制药废水处理工程提供了工程成套技术，该成套技术也在数十家印染、酿造、养殖、造纸、石油等高浓度废水处理工程中应用，实现了对高有机物浓度、高盐量、难降解物质多工业废水的高效处理和处理系统的全过程污染控制。



大型综合制药废水处理工程
布局图



大型超深度制药废水处理工程
运行图



小型集成一体化制药废水处理
成套设备图

6. 绿氢生物制造技术（环境学院）

【成果简介】

乙醇型发酵生物制氢技术属环境科学技术领域，涉及环境、生物、再生能源等多项技术范畴，拥有我国自主知识产权，可增强我国能源安全保障。它开创了利用非固定化混合菌种生产氢气的新途径，发现了产氢能力很强的乙醇型发酵混合微生物代谢类型，发现了高效产氢的产乙醇杆菌属(Ethanoligenens)，发明了工业化生物制氢菌种连续流培养及生物制氢系统强化方法，发明并研制成功高效发酵生物制氢反应设备，在世界上建设和运行了第一例有机废水发酵法生物制氢技术生产性示范工程，核心技术的应用已取得了显著的社会、经济和环境效益。该技术曾获得“过国家技术发明二等奖”。

【技术指标】

反应器：连续流搅拌槽式反应器（CSTR），有效容积62.5 m³；

底物：高浓度有机废水（以碳水化合物为主）；

发酵菌种：乙醇型发酵混合菌群，哈尔滨产乙醇杆菌；

反应器产氢效能：常规运行5.07 m³/(m³·d)，生物强化运行9.27 m³/(m³·d)。

【应用前景】

有机废水发酵法生物制氢技术，以高浓度有机废水为原料，以厌氧活性污泥为氢气生产者，利用非固定化混合菌种，通过发酵产氢微生物的代谢作用生产氢气，将可再生清洁能源氢气的生产和有机废水的综合治理有机地结合为一体，不仅具有很好的经济效益和环境效益，同时为国家能源安全保障提供了一种先进的可再生清洁能源生产储备技术。研究过程中发明的高效发酵生物制氢反应设备及其运行控制对策，作为两相厌氧生物处理工艺的产酸相，在多项工业废水处理工程中得到应用，提高了废水处理系统的效能，取得了显著的经济效益和环境效益。



生物制氢示范工程发酵生产车间



CSTR型发酵生物制氢反应器



生物制氢示范工程的氢气纯化系统

7. 基于生物倍增“双膜”工艺的分散式生活污水处理模块化设备（环境学院）

【成果简介】

针对分散式生活污水（如农村地区、高速公路服务区等）处理设施建设滞后、污水处理中面临的水质水量不稳定、北方地区漫长冬季低温条件下生化处理单元效能难发挥等问题，通过重点科技攻关项目等科研专项支撑，研发并建立了一套以生物倍增“双膜”工艺为主的适合于处理分散式生活污水的智能化、模块化、一体化处理设备，在有效降低投资成本的同时，满足分散式生活污水的处理需求，中低温条件下满足国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）I级A标准。该设备用以处理生活污水，可实现污水处理次生污染物“近零排放”，有效降低对环境的影响，提高寒冷地区分散式生活污水处理效率，改善环境卫生条件，提升高速服务区形象。该研究成果已应用于黑龙江省某高速服务区生活污水处理，经济、环境和社会效益显著。

【技术指标】

该技术在寒冷地区分散式生活污水处理领域具有广泛的应用场景，包括高速公路服务区、旅游景点、边远地区等，在保障寒区高速公路服务区生活污水处理效率的同时，能有效缓解低温环境对微生物的抑制，保障进水中氨氮、COD的有效去除和出水达标排放（GB18918-2002的I级A标）。

【应用前景】

提升寒冷地区水环境的精准治污水平、搭建模块化污水处理设备，可为实现区域性生态文明建设，促进科技创新及产业升级提供有力支撑。目前我国农村污水处理率低下（仅为46%），分散式污水处理设备经济发展潜力巨大。本技术以其适应性强、灵活性高、建设周期短等优势，可为寒冷地区分散式生活污水处理行业提供技术指导，从而满足区域性污水处理及再利用需求，有效实现污水处理过程中的碳减排和低碳运行。



污水 → 一体化设备 → 达标出水

工艺创新	方法创新	集成创新	绿色达标
<ul style="list-style-type: none"> ● 融合微气曝生物工艺，实现微气曝生物量高、菌群丰度高等。 ● 优化各功能分区运行参数，提高低温下微生物活性。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 合理控制DO避免“高DO现象”，实现同步硝化反硝化，工艺简化。 ● 延长污泥龄，提升污泥龄，减少剩余污泥产量。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 优化反应器构型，可连续流运行，模块化、快速安装。 ● 高效、灵活、稳定运行，可降低基建投资与运行成本。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 处理后水质达到国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）I级A标准。

生物倍增“双膜”工艺技术特点

分散式生活污水处理模块化设备运行

8. 低温电解槽单原子催化CO₂转化技术产业化 (化工学院)

【成果简介】

在双碳战略的支持下，为了尽快实现碳达峰碳中和目标，团队原创性的研发适用于工业化生产金属单原子催化剂方法，将单原子催化剂应用在低温电解槽CO₂转化技术中，高效的将CO₂转化乙醇、乙酸、丙酮等高附加值C₂+化学品，对单一产物选择性高达90%，突破了国内外对高附加值化学品产率低、选择性低、反应的过电位等技术壁垒，节省能源消耗。

【技术指标】

电催化CO₂还原C₂+产物催化剂：

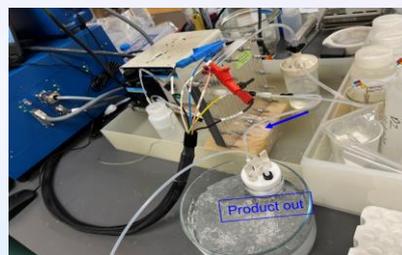
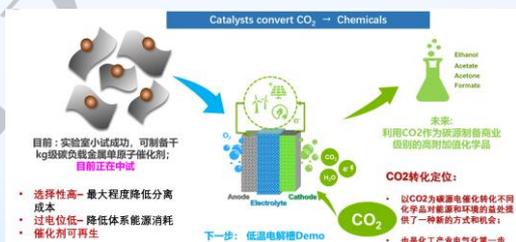
1. 单一产物的FE > 90%; 还原电位 < -0.8V;
2. 电流密度在RDE或H-cell中达到5mA/cm₂，在electrolyzer中达到 > 300mA/cm₂ @ 5cm₂;

电解槽CO₂还原乙醇技术：

1. 电解槽中使用MEA电极，液体化学品的选择性 > 88%;
2. 电极面积: 5 cm² 500 cm² 5*500 cm² 3 m²
3. 电流密度: 100 mA/cm² 500-5000 mA/cm² 50-200 mA/cm² 100 mA/cm²
4. 产量: 250 mg EtOH/day >25g EtOH /day >125g EtOH /day 2ton EtOH /day

【应用前景】

团队制备的低温电解槽单原子催化CO₂还原乙醇的设备可以模块化，根据CO₂排放源的大小，改变电解槽模组，从而有效的将设备和不同企业需求结合。适用于锅炉厂、炼钢厂、电力公司、炼油厂等CO₂排放量较大的企业。



单原子催化剂公斤级量产

100cm²低温电解槽CO₂还原乙醇

9.能源微藻高效低能耗光生物反应器培养技术 (能源学院)

【成果简介】

目前本课题组拥有完备的基于电磁散射理论的能源微藻光辐射特性计算方法与仿真软件，能够计算不同形状、不同结构、不同粒径谱分布的微藻光谱辐射特性。同时拥有能够计算不同时刻不同地区太阳辐射能量分布SMARTS软件。具备一套透反射法测量微藻的实验装置，结合反问题模型能够反演得到微藻的基础物性参数光谱复折射率。具备一套平板气升式光生物反应器实验平台，该平台能够完成微藻培养、光能标定、灭菌处理等过程，能够测量不同LED光照条件下微藻生长率。

【技术指标】

- (1)微藻细胞团聚体光谱辐射特性计算模型与光生物反应器内辐射传输模型，预测结果与实验结果误差小于10%；
- (2)基于透反射法测量微藻光谱复折射率与粒径分布的测量装置。光谱复折射率测量结果与理论模型相比误差小于10%；
- (3)平板气升式光生物反应器实验平台，单位质量细胞制氢率不低于 $2\text{kgH}_2/\text{kg}$ 干细胞/h。

【应用前景】

应用领域：CO₂固定减排、生物燃料制备、生物制氢、热电厂烟气处理、工业排放废气处理、医药制造等。黑龙江省是我国重要的煤炭大省，火力发电占比较高，采用微藻能源可吸收火力发电站所排放的CO₂温室气体，并且使用微藻类固定火力发电厂烟气中的CO₂不需要进行CO₂浓缩分离前去除SO_x和NO_x的过程。同时，微藻类能源可以提炼生物柴油，其后续发展市场潜力巨大，是可再生的“超洁净”生物燃料；藻类植物油被提取后，其残余物还用来生产纤维素酒精和作为动物饲料。



微藻可再生能源的零污染循环利用过程



平板气升式光生物反应器实验平台及其原理图

10. 市政污泥一步脱水干化直接焚烧技术 (能源学院)

【成果简介】

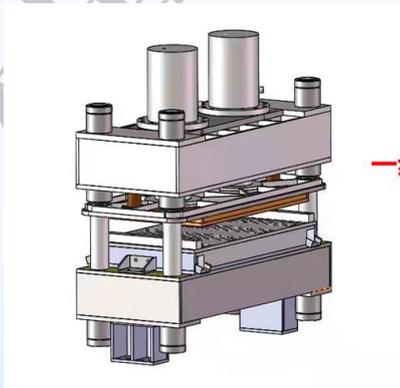
目前市政污泥主要采用脱水、干化然后再焚烧，由于脱水只能做到50-60%含水率，所以还需要采用热干化技术，降水至40%以下才能进焚烧炉维持自持燃烧，设备投资大，运行成本高。本技术采用常压水热脱水干化技术，在60-80kg/cm²压力下将污泥水分压至35-40%，直接入炉焚烧，无需二次干化，大幅降低设备投资和运行成本，已获发明专利。

【技术指标】

- 1、一步压榨至水分35-40%；
- 2、调质剂占干泥5-10%；
- 3、干化成本60元/t污泥(含水80%)，包括电费、调质剂；
- 4、每吨污泥(含水80%)干化焚烧处理总投资：25-30万元。

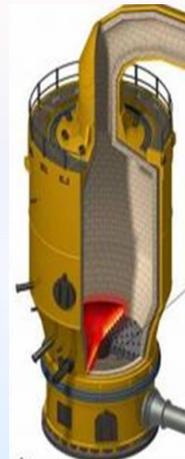
【应用前景】

污泥一步脱水干化技术已在实验室和工业化试验中获得验证。该技术是对现有污泥脱水、干化技术的颠覆，一旦实现应用，将全面替代现有技术，前景广阔。



60-80kg/cm² 超强压缩机

一步压榨至含水35-40%



流化床污泥焚烧炉

05

绿色环保与资源循环

GREEN ENVIRONMENTAL
PROTECTION AND RESOURCE
RECYCLING



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

目录

CONTENTS

05

绿色环保 与资源循环 (11项)

1. 基于多目标水回用的工业园区废水深度处理与回用技术 (环境学院) 54
2. 乡镇污水气泵驱动一体化处理技术 (环境学院) 55
3. 高含固厨余垃圾厌氧发酵全流程强化传热传质技术 (环境学院) 56
4. 粉煤灰等大宗固废资源化利用 (环境学院) 57
5. 基于生物捕食的污泥原位减量技术与装备 (环境学院) 58
6. 流域面源污染全流程防控技术 (环境学院) 59
7. 商用大空间空气净化消毒一体化设备 (环境学院) 60
8. 低碳膜滤净水技术 (环境学院) 61
9. 菌/泥/炭协同强化的生物质资源增值技术 (环境学院) 62
10. 城镇供水管网漏损控制成套技术 (环境学院) 63
11. 固体废弃物制备低碳加气混凝土技术 (土木学院) 64

1. 基于多目标水回用的工业园区废水深度处理与水回用技术（环境学院）

【成果简介】

工业园区的废水深度处理与回用多以物化/高级氧化技术为主，面临高能耗、高运行费用、回用风险不确定等技术问题，本项目研发了基于多目标水回用的工业园区废水深度处理与回用模块化技术，构建了外源生物菌剂强化-菌藻共生生态处理-非均相芬顿高级氧化-反渗透浓缩液臭氧催化氧化的组合工艺；通过不同处理单元的技术组合，处理后出水可实现生态补水、景观环境用水、绿地或农田灌溉用水、城市杂用水、工业回用水等不同品质的回用水标准；在化工园区的示范工程处理水量达1万吨/天，实现了污水近零排放和大于90%的水回用率。

【技术指标】

工业污水厂的尾水COD小于200，吨水处理成本小于6元；处理后出水可满足多目标水回用标准，水回用率 $\geq 90\%$ ；难降解有机物生物强化菌剂，降解效率提升30~40%，处理成本降低20~30%。

【应用前景】

本项技术应用前景广泛，适用于化工、制药工业园区废水深度处理与再生水的循环利用。本项废水深度处理与回用模块化组合技术，现已完成化工园区日处理量为1万吨的示范工程，处理效果稳定，可实现废水的近零排放和大于90%的水回用率，回用水可满足多目标应用场景的循环使用。



废水深度处理与回用工程



水力空化臭氧催化氧化高效水处理设备



生物菌剂强化工程应用

2. 乡镇污水气泵驱动一体化处理技术（环境学院）

【成果简介】

乡镇污水处理厂相比城镇污水处理厂而言，处理水量小、水质波动大，运行管理难度更高，急需抗冲击能力强、运行管理简便的污水处理技术。本技术开发出气泵驱动一体化污水处理技术，不需要污水泵回流、刮泥机、搅拌机等设备，仅仅需要单台气泵即可实现污水处理设施的高效运行，可以根据进水水质实时调整运行工况，满足处理出水水质要求。

【技术指标】

该工艺可适宜于乡镇污水的处理，可以根据水质排放要求，采用不同的组合设计，核心设备为气泵和控制设施，该技术运行管理简便，可节省投资和运行费用30%以上。

【应用前景】

乡镇污水处理。



乡镇污水一体化处理技术

3.高含固厨余垃圾厌氧发酵全流程强化传热传质技术（环境学院）

【成果简介】

针对厨余垃圾厌氧发酵系统在冬夏两季不同温度环境下罐体内温度波动所导致的运行不稳定问题，及厨余垃圾含固率高造成的高含固厌氧消化装置物质物料混合不均匀、产气效率低的技术问题，通过底物预处理、保温及搅拌系统优化改进后，使得高含固高粘度的厨余垃圾均质效果更好，更有助于物料的厌氧消化过程。通过全流程强化传热传质技术的应用，可以有助于增加高易降解有机物含量厨余垃圾厌氧消化系统的稳定性和有机物去除效率，辅助以加热系统和搅拌系统的改进系统各项指标都能稳定在一定水平且缓冲能力和抗负荷能力强，产气率和容积产气量高，系统性能更优。该研究成果已应用于北京环卫集团公司下属的北京环境工程技术有限公司与董村园区公司在北京董村建设的厨余垃圾厌氧发酵产甲烷工程。

【技术指标】

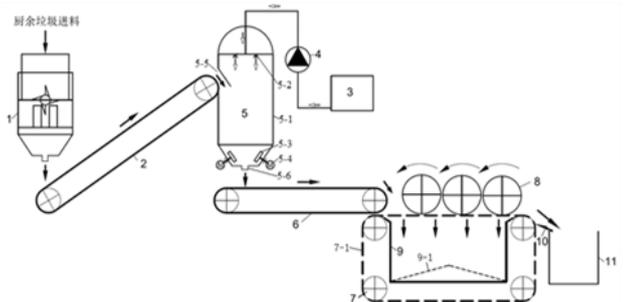
前端底物优化：厨余垃圾预处理后甲烷产率达到400~600 mL/(gVS·d)，比未经预处理的厨余垃圾提高了40%~60%；**系统过程优化：**沼气成分中的甲烷含量不低于50~55%，符合《NY/T 1220.5-2019 沼气工程技术规范》和《HJ 2035-2013 固体废物处理处置工程技术导则》。

【应用前景】

项目示范工程投资强度为40万/吨，比引进国外技术的干式厌氧项目低10万元/吨，降低了政府投资。示范工程垃圾产气效率可达110Nm³/吨垃圾，相比同类项目提高1.75倍，每立方米沼气可带来1元的经济收入，具有较好的经济效益。示范工程发酵罐全密闭，防止发酵过程中产生甲烷逃逸，相比堆肥处理工艺，单位垃圾臭气排放量降低80%，相比传统湿式厌氧工艺，有效提升厨余垃圾的资源化效率，助力节能降碳，生态效益显著。



示范工程搅拌及保温系统



预处理系统原理图

4.粉煤灰等大宗固废资源化利用（环境学院）

【成果简介】

国家正在继续加大对固体废物资源化利用的支持力度，在习近平生态文明思想的引领下，粉煤灰等大宗固体废弃物制陶粒轻骨料已成为主要趋势。本研究开发了面向适用多元固废原料的轻骨料烧结技术与工艺，可利用的原料包括粉煤灰、矿山尾矿、工业赤泥、污水处理厂污泥、垃圾焚烧厂灰飞、发电厂脱硫石膏、湖库清淤淤泥等，实现城市多元固废的“吃干榨尽”。生产的陶粒产品已开发用作水处理生物膜载体、水处理滤料以及污水吸附材料，实现陶粒对有机物、氨氮、重金属等的吸附，实现“以废制废”过程；此外，轻骨料陶粒还被用作植物的无土栽培基质，分析了其改良修复土壤效果，拓展了其在土壤重金属固化等领域的应用，提升了轻骨料制备产品的经济收益和市场价值，形成轻骨料多场景应用的产业链。

【技术指标】

密度等级范围600~700KG/m³；筒压强度 4~5Mpa；制作成混凝土后强度标号可达LC25-LC30；吸水率 10%。

【应用前景】

无废城市建设中的多种无机固废都面临着处理处置，本技术可变废为宝，实现废物资源化与再利用，生产的轻骨料陶粒目前主要的应用场景包括：（1）保温承重/非承重砌块、砖；（2）保温高强度砂浆；（3）保温高强度混凝土，资源化技术同时还可以用于在水处理和土壤修复中。



动态预热——静态烧结——隧道降温

5. 基于生物捕食的污泥原位减量技术与装备 (环境学院)

【成果简介】

针对污水处理过程中污泥产量大、处理难的问题，通过国家“863”计划、中德政府间合作重点专项、省重点研发计划等项目支持，在不改变水处理工艺的前提下，延长污水处理系统食物链，基于生物捕食、解偶联、隐性生长、代谢平衡耦合作用，研发污泥原位减量技术与装备，实现剩余污泥高效减量，同时污水除碳、脱氮、磷回收的效能显著提升；在深圳、哈尔滨、广州等地建立工程示范，相关专利获第十九届国家发明展览会银奖，成果获黑龙江省科学技术一等奖。

【技术指标】

该技术实现污泥原位减量50%~80%，污水出水水质达到一级A排放标准。

【应用前景】

为现有地上污水厂低碳运维提供解决方案，为创建集约节约、降本增效的地下污水厂提供新工艺和新模式。



中德国际合作污泥减量中试现场及生物捕食污泥减量装置图

6.流域面源污染全流程防控技术（环境学院）

【成果简介】

基于流域面源污染“产、流、汇”的扩散特征，开创了“三段式”流域面源污染全流程综合防治技术。发明了“肥-药一体化”生物产品，替代传统农用化学品从源头减少面源污染的产生与环境释放；研发了一体式“W”型农田生态退水沟渠和多维度梯级缓冲带强化技术，有效阻断、净化、消减径流污染；构建冷季型立体式生态浮岛，成功实现寒地冰面浮岛植被原位越冬。各项技术彼此衔接，镶嵌实施，构成完整的生态恢复链，形成由岸至水全系列生态恢复与水质保障技术体系。拥有20余项自主知识产权专利，曾在江苏省宜兴市、黑龙江省双城市、哈尔滨市阿城区、阿什河流域等10余地市进行工程示范，核心技术的应用已取得了显著的社会、经济和环境效益。该技术曾获得省科技进步奖、梁希林业科技进步奖等。

【技术指标】

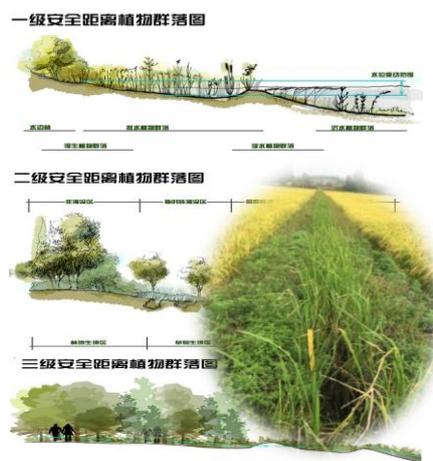
农用化学品源头减量 $\geq 30\%$ 以上，作物产量提升 $\geq 10\%$ 。径流污染截留SS $\geq 50\%$ ，COD $\geq 30\%$ 。河、湖生态系统恢复健康、水质全面提升。

【应用前景】

黑臭水体治理，内河、湖生态系统恢复与水质质量提升。



肥-药一体化农业清洁生产



径流污染控制



黑臭水体及河道内源污染治理

7.商用大空间空气净化消毒一体化设备（环境学院）

【成果简介】

针对后疫情时代空气质量关注提升，人员密集公共场所、新建场所和北方冬季供暖期内等密闭场所的空气质量不能得到有效保证，开展了商用大空间空气净化消毒一体化技术和设备的研发，该设备可实现大空间大风量循环收集、多效净化功能于一体，原位处理节能降碳等性能优势，并将矩阵式喷淋洗涤吸收技术运用于空气净化器，属国内首创。同时该设备采用超临界远红外加热传导技术，间歇性提供高温杀菌流场，实现冠状病毒等致病微生物的高效消杀。通过模块化组合工艺可为公共空间空气质量净化提供新方案，降低空气净化器对耗材的依赖，且整体工艺综合能耗低。

【技术指标】

单台净化器净化风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}\sim 10000\text{m}^3/\text{h}$ ，CADR净化风量 $800\text{m}^3/\text{h}\sim 7600\text{m}^3/\text{h}$ ，最高实现21m风距，满足 $200\text{m}^2\sim 600\text{m}^2$ 空间内每小时空气循环净化6次以上；对PM1.0~PM2.5颗粒净化效率达99.99%，对甲醛等TVOC有害指标去除满足国家规定的排放标准；矩阵式水洗工艺有效将环境气体中残留有害气体液相吸收，净化效率高达97%；整机能耗低，额定功率1.5~3kw，巡航功率1kw~2kw；整机原位循环净化，节约新风系统30%~38%能耗；提供 150°C 以上的杀菌流场，运行一小时内可实现致病微生物去除率99.99%；整机噪音控制40~67dB，不影响环境内沟通。

【应用前景】

机场、高铁站、地铁站、医疗建筑、学校会议中心、展览馆等大型商用公共空间内的空气净化。也可以根据特殊场景实现气体净化如洁净空间升级改造的补充，航天开放式焊接烟气的收集治理，工业智慧车间的空气净化，动物园动物粪便的气味收集净化，高校实验室废气的收集净化等。



商用大空间空气净化消毒机



哈工大主楼会议室应用本设备



微电子/实验室废气净化设备

8. 低碳膜滤净水技术（环境学院）

【成果简介】

针对膜技术与原理不清晰、膜污染预测方法缺乏、膜过程能耗高、操作运维复杂等难题，研发了低碳膜滤净水技术，以“膜污染预测与控制-环保型膜材料开发-生态型膜滤技术研发”为主线，围绕特征污染物深度削减、微生物安全性、长效评价、运维管理以及技术经济可行性，创新性地研发了“重力流超滤净水技术”、“活性炭-超滤膜生物反应器技术”、“低压纳滤高选择性截留屏障技术”等多项低碳膜滤净水关键技术，所形成的生态型膜滤净水工艺、陶瓷膜滤耦合净水工艺和高通量高选择性纳滤净水工艺，在云南、福建、浙江、广西、山东、陕西、湖南、重庆、贵州等10余个省份的10余座城市集中式供水工程和200余处村镇分散式供水工程中推广应用，推动了净水技术向自然化、生态化、健康化变革。

【技术指标】

低碳膜滤净水技术实现了供水品质的全面提升，可实现污染物深度削减，并最大程度地保留水中的原生益生因子，膜污染延缓20%以上，水处理成本降低25%以上，运维工作量降低30%以上。

【应用前景】

通过工艺适配、优化和新技术开发，以污染物高效去除、低药耗、少维护为目标约束，实现膜滤技术低碳运维，助力水系统降碳、降维、降能，实现节能降碳和价值创造双赢。



低压纳滤高选择性截留屏障技术示范工程



重力流超滤净水技术示范工程

9.菌/泥/炭协同强化的生物质资源增值技术 (环境学院)

【成果简介】

针对有机废弃生物质产量大、活性成分含量低、污染大、安全性仍需进一步控制等瓶颈问题，建立了菌/泥/炭协同强化的生物质资源增值技术，揭示生物-污染物-载体之间的协同强化作用，实现菌泥炭的多目标调配和碳形态调控，强化有机废弃物的高效转化。与此同时，关注新污染物在废弃物转化过程中的分布与归趋，揭示了例如抗生素、抗性基因等新污染物的传播和转化机制，保障产品的生物安全。基于国家重点研发计划，完成了有机肥（土壤调理剂等）年产3000吨示范工程。该技术支持的产品已获得相应的肥料登记证，实现量化生产，已在重庆、雅安和川藏多地区进行销售，技术的成熟度高，已入选首批黑龙江省最具潜力科技成果宣传名单（2024年）。

【技术指标】

槽式等自动化运行；中药固废、秸秆、农林废弃物等有机固废作为底物；添加剂为芽孢杆菌、链霉菌等高活性菌株，生物炭等界面扩增载体；技术性指标符合有机肥料《NY/T 525-2021》标准。

【应用前景】

目前土壤调理剂组分单一，应用场景受限，且生产工艺的成本不稳定；其瓶颈是生物降解屏障难破除，活性有效成分难保留，气态污染物控制难，环境风险需保障等。该技术能够同步实现有机组分快速定向腐殖化、氮素多途径回收、绿色减碳等多目标，同时提升产品生物安全性。随着纳米技术和微生物技术等前沿技术的发展，未来土壤调理剂的特色是高端、绿色和智能化方向发展，提升土壤有机碳水平，实现更多氮留存，助力土壤污染风险控制。与传统产品相比，通过新的技术、材料和生产工艺，获得了多元功效的创新绿色产品，该领域市场需求高，前景广阔。



堆肥产品（土壤修复剂等）万吨产能示范工程

11. 固体废弃物制备低碳加气混凝土技术 (土木学院)

【成果简介】

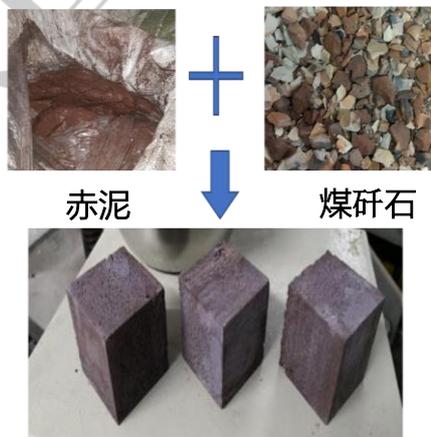
针对固体废弃物再生利用和新型环保材料领域的热点问题，采用煤矸石、铁尾矿、光伏污泥等固体废弃物制备低碳加气混凝土材料，实现资源化利用，其中煤基固废/生物质固废等掺量可达70%以上，解决现有技术中蒸压加气混凝土因天然砂资源的使用造成环境、能源等问题。采用该技术制备加气混凝土，使用原料和加工成本约为100元/立方米，售价根据地区不同约为250~400元/立方米，具有较高附加值，进一步可将加气混凝土用于制作装配式建筑结构体系，具有较高可靠度。

【技术指标】

该技术制备的低碳加气混凝土，导热系数为0.15~0.30W/mk、干体积密度为600~1000kg/m³、立方体抗压强度3~10MPa，可常温养护成型（免蒸压）。用其制作的装配式建筑结构体系，通过抗震试验验证，满足八度抗震设防要求。

【应用前景】

技术制备的低碳加气混凝土为耐火阻燃且吸音隔声的轻质材料，可用做墙体材料，也可用做楼板、屋面板等承重构件，已用于装配式结构/构件的制备，具有较高的可靠度和抗震能力。目前产品出口至斐济、韩国等。



低碳加气混凝土装配体系