

2024 年度环境技术进步奖公示材料

项目名称	生活垃圾清洁智能焚烧成套技术及应用
主要完成单位	北京朝阳环境集团有限公司，北京朝清环保能源科技有限公司
主要完成人	皮猛，高孟龙，张艳会，郭海涛，闫威，邓俊，张志远，孙秋生，刘志恒，杨洪泉，侯越，刘学，郭天阔，焦永红，李想
项目简介	<p>城市生活垃圾产生量大、堆存量高等问题已成为无法忽视的“城市病”。近年来，各地区不断加大城市生活垃圾无害化处理工作力度，我国城市生活垃圾无害化处理能力快速提升。据统计，2022 年中国城市生活垃圾无害化量达 2.58 亿吨 2023 年生活垃圾焚烧处置能力达 103.5 万吨/天，生活垃圾焚烧厂已建成 964 座。早期垃圾焚烧处理设施选址离城区较近、邻避效应突出，对生活垃圾焚烧技术全过程控制技术都有非常苛刻的要求，特别是检修维护、臭气控制、达标排放等难点问题。结合我国垃圾处置现状及我国生活垃圾的特性，研究制定适应我国发展需要的垃圾焚烧清洁智能处理技术及工艺是非常必要的。</p> <p>项目团队经过 9 年的技术研发，首次提出生活垃圾进料双轨道单层换位运行理念，解决了进料系统中间垃圾吊检修必须停产的弊端，大大提高稳定进料</p>

效率，降低了生活垃圾进料系统土建投资，填补了行业空白；创新提出的 AI 智能巡检视频识别应用技术，极大提高监控和维护的效率和准确性，降低人力成本，提高工作安全性；针对生活垃圾焚烧设施中臭气收集难、收集效率低、运行成本高等问题，开发了针对生活垃圾焚烧发电厂不同工艺环节的臭气全量收集高效处理技术。项目成果获得发明专利 10 项，实用新型专利 11 项，形成团体标准 2 项，荣获中国城市环境卫生协会科学进步二等奖。以该技术成果为依托，建设了北京朝阳清洁焚烧中心项目，自投产以来累计处理生活垃圾 500 多万吨，获得 AAA 级生活垃圾焚烧厂、高效清洁焚烧先进企业、国家唯一清洁焚烧标准案例的清洁焚烧中心，接待来自 60 多个国家和地区 10 多万人次参观交流，得到了社会各界的一致好评，在国内垃圾焚烧行业起到了很好的标杆和示范作用。该项目成果成功应用于北京朝阳清洁焚烧中心项目，广泛应用于山东、辽宁、河北等地的 10 多项工程，三年经济效益 4.06 亿元，显著提高了我国生活垃圾清洁智慧焚烧技术水平，为我国生活垃圾污染治理提供了技术保障。

项目名称	化学危废液源头智能化减量处置技术与成套装备
主要完成单位	北京即鸿科技有限公司
主要完成人	徐可培, 王友才, 刘祖一, 杨同悦, 孙建龙
项目简介	<p>1、研发背景</p> <p>当前我国危废液产生量和处理能力不成正比, 大量危废液积压在产废单位。危废液污染治理具有管控难、成本高、时间周期长、存在重大安全隐患等难点。我国传统技术主要采用回转窑焚烧、水泥窑协同焚烧等工艺处理模式。该工艺的最主要痛点是: ①依赖人工; ②危废液在贮存、运输环节存在重大的环保安全隐患; ③应急响应能力不足。研发化学危废液源头智能化减量处置技术是危废液处理行业技术升级的关键, 对创建绿色、安全、健康、环保的“无废城市”具有十分显著的意义。</p> <p>2、主要技术内容及成果水平</p> <p>经过 2 年的研发, 即鸿科技与清华大学组成的项目团队完成了从技术路线的论证、确定到整体设备的设计、安装、调试、试运行、性能改进及验收。实现了产废源头危废液的减量化处置, 有效避免了危废液临时储存和运输过程中因泄露、挥发引起的各类安全环保事故, 有效解决了有害尾气排放带来的环保难题。该技术填补了国内废液源头即时处理技术的空</p>

白，为国内首创。项目成果获得发明专利 1 项，实用新型专利 9 项，软著 2 项，形成团体标准 2 项。项目通过了生态环境部环境发展中心技术评估；入选了生态环境部环境发展中心“无废城市”建设先进适用技术汇编；被工信部和国家卫健委列为“5G+医院管理-危废源头处置”国家应用试点项目；列入清华大学科研“十四五规划”；获清华大学“双一流”建设项目支持；获清华大学 2020 届创新领军工博科研论坛评选第一；获 2021 年大数据科技传播奖。

3、推广应用情况及效益

2019 年首个项目落地于复旦大学附属上海市公共卫生临床中心；2021 年 4 月，清华大学的实验室危废液处理示范基地建成；2022 年 7 月，北京师范大学实验室化学危废液源头智能化减量处理示范项目落地并开始运行。2023 年末，项目先后于秀山县人民医院、重庆市黔江区妇幼保健院、重庆市黔江中心医院、重庆市黔江中医院落地。显著提高了当地化学危废液源头减量技术水平，为当地危废污染治理提供了技术保障。

项目名称	有机污染土壤原位微波修复关键技术研发与应用
主要完成单位	北京高能时代环境技术股份有限公司，南开大学，生态环境部环境规划院，天津市生态环境科学研究院，天津环科立嘉环境修复科技有限公司，天津华勘环保科技有限公司，西北农林科技大学
主要完成人	魏丽，商晓甫，张鹏，贾汉忠，陈浩，陈志国，丁贞玉，倪鑫鑫，马建立，鲁金凤，刘艺芸，孙红文，徐怒潮，宋盘龙，方英
项目简介	<p>研发背景：工业企业搬迁遗留的污染场地严重制约了城市土地资源再利用，污染治理成为“土十条”的核心任务。该类型污染场地因其高浓度、高危害和复合型特征，传统修复技术难以适用，亟需开发快速、经济、低碳的修复技术。我国热脱附技术虽然积累了一定经验，但普遍存在能耗高、国产化水平低、土壤破坏性大和二次污染控制不足等问题。本项目自主研发核心微波辐射装置及其规模化制备工艺，集成创新原位微波修复技术并推广应用，突破了有机污染场地修复瓶颈，为落实“土十条”提供重要科技支撑。</p> <p>主要技术内容及成果水平：项目团队经过 7 年的研发，通过理论、方法和技术攻关，完成了以下核心研发内容：开发了高分辨高精度场地污染精细刻画及修复工艺优化技术，研发了立式构型结合棋盘式布</p>

局的模块化原位微波辐射装置，突破了装备制造及稳定运行的核心技术，提供了成套原位微波修复装备的核心辐射加热部件，实现了装备的高效稳定运行，为原位修复提供了可靠的硬件支持。阐明了微波热效应下有机污染物在土壤界面的迁移转化机制，创新了微波加热井结构、尾气处理系统和自动化控制系统。通过优化抽注系统和覆盖系统，集成创新了有机污染土壤原位微波修复成套装备及应用技术体系，制定了科学的修复方案，有效突破了传统修复技术的局限，提升修复效率 30%以上。创制或优选了强化微波去除有机污染物的系列辅助药剂，阐明其作用机理，确定最佳工程应用方案，并在化工有机污染场地开展了应用推广，为大规模推广应用提供了应用实践。项目成果授权发明专利 27 项、实用新型专利 41 项，发表 SCI 论文 16 篇，形成行业标准/团体标准 4 项，经专业机构鉴定达到国际先进水平。

推广应用情况及效益：项目成果成功广泛应用于北京、天津、上海、安徽等省市的 20 余个土壤和地下水修复工程，近三年销售 6.6 亿元，国内行业市场占有约 20%，显著提高了我国微波原位热脱附技术水平，为我国工业有机污染场地治理提供了技术保障。

项目名称	碳同化反演系统及高精度温室气体监测仪器研制的关键技术与应用
主要完成单位	南京信息工程大学，中国环境监测总站，中科佳宇科技有限公司，安徽岑锋科技有限公司，中国科学院地理科学与资源研究所，中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心，国家海洋环境预报中心
主要完成人	陈报章，唐桂刚，王然，何俊峰，吕洪刚，张慧芳，陈兵，丁俊男，汪巍，吴瑞丽，王界，袁松，滕洁
项目简介	<p>一、研发背景</p> <p>碳中和是我国重大战略决策，为评估其行动与计划有效性和不确定性，亟需解决同化反演系统仍存在的一些瓶颈性关键科学问题，践行这一重大决策，我国面临巨大挑战。大气温室气体高精度监测具有较大难度，传统温室气体监测技术存在光谱分辨率低、精度不够高、长期漂移大等缺点，目前高性能的温室气体检测设备主要依赖于进口设备，存在价格昂贵、维修周期长费用高周期长、数据安全隐患等问题，不利于温室气体监测网络的全面开展。构建国家和省市亟需的碳中和行动有效性评估系统，急需解决基于二氧化碳监测的“自上而下”碳源汇反演和碳中和行动效果评估中涉及的多源数据融合、自然-人为碳源贡献辨析、高效同化算法中的瓶颈性关键科学难</p>

题。项目聚焦于面向碳中和宏伟目标的重大国家需求，在中国科学院先导专项、科技部 973、重点研发项目和国家自然科学基金项目的支持下，项目团队历经十余年的艰苦攻关、潜心钻研，瞄准“双碳”领域碳排放/碳汇监测核算及高精度温室气体仪器研制中的关键科学问题及瓶颈难题，开拓性发展了碳排放/碳汇监测仪器及核算模型的关键技术，取得了一系列原创性、突破性、引领性创新成果，在同研究领域属于国内前沿、国际领跑行列，得到国内外同行专家的高度评价，推动了碳监测与核算研究，为应对气候变化对策制定提供了支撑。

二、主要技术内容及成果水平

项目团队历经十余年的攻坚克难，在多尺度嵌套式高分辨碳同化反演模型的研制中，攻克了一系列关键技术，成功创建了多个嵌套碳同化反演模型；同时，项目团体突破了高稳定光学衰荡腔匹配技术、高精度高稳定的温度和压力控制技术、多组分气体的长期高精度测量等技术的瓶颈，成功研制国产化高精度 CRDS 高精度设备，打破了国外设备的垄断局面。总体上，取得了一系列原创性、突破性、引领性的多尺度碳同化反演模型、高精度温室气体监测仪器。项目成果获得国家发明专利 11 项、实用新型专利 1

项、软件著作权 25 项。相关成果在 Nature Communication、Scientific Report、Science Bulletin、GCB、RSE 等顶级期刊发表，累计发表 SCI 论文 186 篇，SCI 论文被 Nature 等重要期刊他引 8000 余次，单篇最高被引用达到 300 余次；培养硕博研究生 28 名、博士后 10 名。曾经获得环境保护科技进步二等奖，“土地利用覆盖变化及其生态与气候效应监测模拟关键技术”，证书编号：KJ2019-2-29-G06，2019。项目第一完成人陈报章（加拿大大不列颠哥伦比亚大学博士），现任生态环境部碳监测评估试点技术委员会委员，曾任中国国家气象局温室气体及碳中和监测评估中心首席科学家。曾就职于加拿大多伦多大学（University of Toronto）、大不列颠哥伦比亚大学（University of British Columbia）和昆特兰理工大学（Kwantlen Polytechnic University）（教授），2009 年入选中国科学院“杰出人才类计划”回国。陈报章研究员已主持或作为骨干成员参加完成了加拿大 NSERC、CFCAS、中国国家自然科学基金、国家 973、863、国家科技支撑重大项目、国家重点研发专项等 10 余项科研项目。研发了首个中国天空地双碳数字孪生模拟器、中国高时空分辨率碳同化系统（CT-China 和

3-GAS) 以及高分辨嵌套式区域碳同化系统 (RCAS), 并实现了国家级准业务化运行以及省、市多尺度碳排放与碳汇的高精度核算应用; 曾获中国地理学会第三届青年地理科技奖 (1995)、江苏省优秀青年骨干教师 (1996)、入选省“333 高层次人才培养工程”中青年科学技术带头人 (1998)、入选年江苏省委“双创计划”之“创新类人才”和“创新类团队” (2014); 曾获国际工程学会优秀研究生 IET 奖和加拿大 NSERC 的 CGS 奖学金 (国家最高研究生奖学金) 等 20 余项学术奖项。

(1) 多尺度高分辨高效碳同化反演软件模型查新结论如下: “发明了一种同步反演高精度、高分辨率人为 CO₂ 排放与自然 CO₂ 通量的同化方法及系统: 通过对嵌套于 WRF-GHG 模型中的自然生态 CO₂ 诊断模型 VPRM 模块进行参数优化, 基于尺度匹配后的地基和多源卫星 CO₂ 浓度数据, 采用 POD-4DVar 数据同化算法, 实现地基-多源卫星联合同化, 进而实现了准实时多尺度 (50-1km) 人为和自然 CO₂ 通量的高效同化反演核算, 解决无法区分人为 CO₂ 排放和自然 CO₂ 通量的技术难题。” 研究内容, 除委托方参与人发表文献外, 在国内外公开文献中未见相同报道。

(2) 高精度温室气体监测仪器研制的关键技术的查新报告结论:

本项目采用全光纤式衰荡腔结构设计, 将 4 束激光通过光纤波分复用耦合进入同一谐振腔, 通过时分控制电路控制光源调制信号, 将 4 路激光信号分开, 实现 4 组分气体 (CO₂, CO, CH₄, H₂O) 同步测量; 谐振腔采用两级温控和双层腔体设计, 通过一级温控腔体保温箱和二级温控双层谐振腔的设计, 将谐振腔温度控制在士 0.005℃; 目前, 具备上述特点的高精度温室气体光腔衰荡光谱监测仪, 在所查国内文献中未见相同报道。

三、推广应用情况及效益

项目成果成功应用于生态监测、工业碳排放和农业温室气体监测领域。碳同化反演系统和高精度温室气体监测仪器分别销售和集成整体方案销售, 总销售 3000 余万元, 软件模型和仪器设备市场占有率分别为 70%和 30%左右, 随着国产产品推广和与国外产品被逐步替代, 预计到 2025 年底市场占有率突破 80%, 总销售目标 8000 万元。产品指标已达国际先进水平, 目前与美国、德国、日本、韩国、香港等国家和地区环境生态部门已有合作, 显著提高了我国高精度温室气体监测技术水平, 为我国碳污协同、温室气

	体排放污染治理提供了技术和设备保障。
--	--------------------