

2026 年度环境技术进步奖公示材料

项目名称	浆态床反应器开发及其在污水处理中的工业应用
主要完成单位	中石化石油化工科学研究院有限公司，中科（广东）炼化有限公司
主要完成人	唐晓津，桑军强，侯焕娣，朱振兴，赵锐，陶梦莹，鲍迪，宋志敏，高峰，杨春鹏，王森，秦娅，丁晖殿，田雅楠，王尚芝
项目简介	研发背景： 高浓度含盐炼油污水具有污染程度高、生化性差和水质波动大等特点，难以使用常规生化处理技术，且常规污水处理池等构筑物占地面积大，占用了企业宝贵的建设发展用地。因此，开发高效污水处理反应器是非常重要的，也符合污水处理设施集成化和装置化的技术发展方向。 污水处理反应器通常为浆态床生化反应器，涉及气液固三相流化体系。本项目针对浆态床反应器在污水处理领域的应用，进行了长期系统的基础研究工作，形成了完整的具有自主知识产权的高效装置化污水处理生化反应器技术，并掌握了创新性的浆态床反应器及气体分布器的直接放大方法。此外，根据污水处理生化反应体系特性，开发了改性生物膜有机载体和粉末态无机载体，大幅度提高了反应器内的微生物浓度，改善了反应器的抗冲击能力。 本项目整合了实验、数学建模与计算流体力学

(CFD) 模拟等多种研究手段, 通过反应器直接放大的方法, 设计开发了可用于高浓度含盐炼厂污水处理的大型浆态床生化反应器 (FCBR), 其直径达 15m, 处理能力达 100m³/h。开发了与反应器结构形式相匹配的大型气体分布器, 实现了气体在反应器内部的均匀分布, 保证了高效生化反应过程的进行。同时, 反应器内使用了所开发的两种具有协同作用的载体。

本项目获授权中国发明专利 11 件, 授权实用新型专利 14 件, 在核心期刊上发表学术论文 8 篇。所开发的大型装置化高效污水处理反应器 (FCBR) 在中科 (广东) 炼化有限公司成功实现了工业化应用, 与同等规模传统生物处理技术相比, 反应器的 COD 负荷提升一倍, 水力停留时间减少 50%, 装置占地减少 60%, 节约了宝贵的企业发展用地, 该技术实施以来, 近三年共处理了高浓度污水 1837532 吨, 为企业污水处理过程中节支共计 2519.09 万元, 2023、2024、2025 年经济效益分别为 1176.31 万元、354.21 万元和 988.57 万元, 经济效益显著。企业年均减排 COD 112.5 吨, 氨氮 13.6 吨, 臭气集中收集无扩散。与常规技术相比, 装置化高效污水处理反应器外观整洁美观, 装置与管网的设计避免了对大气和土壤的二次污染, 为石化行业打造现代化、无异味新型污水处理场具有很好的示范作用, 社会效益显著。

主要技术内容及成果水平:

炼油污水是一类污染程度高，污染物种类复杂的难处理污水，在原油品质不断下降和产品质量不断升级的现状下，污水水质更加复杂，冲击污水处理系统的情况愈加频繁。生化处理技术作为炼油污水处理的核心单元，因微生物应对水量、水质和工艺参数等条件变化的能力较为脆弱，耐受冲击负荷的能力差，这一问题更加突出，严重影响排水水质稳定性，难以满足日益严格的环保要求。同时，常规生化处理技术负荷有限，处理效率低，污水处理池等构筑物占地大，制约了炼化企业在有限土地上进行环保提标的改造。因此，针对炼油污水特征开发处理效果好、效率高和抗冲击的新型生化处理技术具有广泛的现实需求，而相应地开发装置化高效污水处理反应器设备是未来技术的重要发展方向。

推广应用情况及效益：

本项目应用于中科（广东）炼化有限公司高浓度污水处理系统提标扩能改造项目，设计处理能力 100 m³/h，各项技术指标均达到了设计预期。与同等规模的生化系统主体构筑物相比，装置节省占地面积 60%，解决了现场建设用地不足的瓶颈问题，项目得以顺利实施。（见附件 E1）本项目使企业污水处理系统的处理能力由 60 m³/h 提升至 100 m³/h。新装置设计停留时间仅为原系统生化单元的 50%，装置占地与同等规模常规生化设施相比减少 60%。自 2017 年 8

	月开工以来，各项指标均稳定优于设计指标。2018 年 11 月，企业对一体化装置进行标定，在满负荷运行工况下，可将进水的 COD 质量浓度由 257 mg/L 降低至 71 mg/L；氨氮质量浓度由 24.96 mg/L 降低至 0.21 mg/L；石油类质量浓度由 18.9 mg/L 降低至 1.1 mg/L， 各项指标大幅优于设计要求。
--	--

2026 年度环境技术进步奖公示材料

项目名称	有机复合污染场地原位精准高效化学氧化修复关键技术与应用
主要完成单位	北京高能时代环境技术股份有限公司，生态环境部环境规划院，南开大学，生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心
主要完成人	倪鑫鑫，丁贞玉，张鹏，徐怒潮，苗竹，周鲲鹏，王翠苹，冯国杰，方华祥，尹惠林，孙宁，范云，刘泽权，闵玉涛，郑红光
项目简介	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，有机复合污染场地治理已成为改善区域生态环境的关键瓶颈。该类型场地污染量大面广，具有高浓度、高危害和复合型特征，传统修复技术难以适用，亟需开发高效、精准、经济、低碳的修复技术。化学氧化修复技术凭借低扰动、高效率优势，成为工业有机污染场地治理的首选方案，但实际应用中仍面临精细度差、药剂消耗大、效果不稳定、成本高等系列“卡脖子”难题，尤其是原位修复技术装备亟待突破。 主要技术内容及成果水平： 项目团队历经 11 年产学研协同攻关，围绕“精准调查-高效修复-智能装备”全链条，研制了集成自适应路径规划与多模态感知的智能采样机器人，构建了

基于地球化学和 GIS 的高分辨精细刻画技术；研发了系列亚微米级硫/碳掺杂及包覆型零价铁新型催化剂和解吸传质助剂，创建了加速铁循环、还原-氧化耦合、原位热强化-化学氧化等协同技术；开发了增压强化 传输、单点多层原位注入及立体定深精准控温技术工艺，研制了集成精密监测、自动数据采集与智能调控的原位化学氧化修复装备系统；实现了污染场地分区、分层、定深精准修复的创新突破，修复能耗与药剂消耗降低 > 30%，综合成本降低 > 25%。项目成果获得国际专利 1 项、发明专利 56 项、实用新型专利 74 项， 发表论文 50 篇，参与制定行业/团体标准 26 项，项目入选生态环境保护实用技术和示范工程、北京市新技术新产品（服务）等技术目录，曾经获得中国科技产业化促进会科技产业化奖一等奖。

推广应用情况及效益：

项目技术成果已在全国 20 余个省/直辖市的 87 项重点工程中规模化应用，近 3 年销售收入超 26.26 亿元，市场占有率行业领先。累计修复污染土壤约 896 万立方米、受污染地下水约 450 万立方米，使超 800 万平方米污染场地恢复安全利用价值，盘活土地资源增值逾百亿元。从源头消除健康风险，保障数万居民环境安全，惠及人口超 500 万，有力支撑了修复行业绿色低碳转型和“双碳”目标，经济、社会和环境效益十分显著。

2026 年度环境技术进步奖公示材料

项目名称	支撑首都生态地质-生态保护修复协同发展关键技术研究与应用
主要完成单位	北京市生态地质研究所，中国地质大学（北京），中国科学院大学，中国科学院生态环境研究中心，北京市地质矿产勘查开发集团有限公司
主要完成人	张沁瑞，李欢，张博，张晓，崔文君，姜媛，安永龙，李润奎，周伟奇，韩立建，黄勇，寇婷，张一璇，姚扬，赵永维
项目简介	研发背景： 受自然本底、人类活动、极端气候等多重因素影响，北京仍面临水土环境污染、植被退化、生态系统服务功能减弱等问题，生态修复需求迫切。传统调查缺乏全链条系统性监测能力，监测手段依赖离散式野外采样，缺少“空天地”一体化动态监测，评价方法难以有效衔接国土空间规划与生态修复决策。 主要技术内容及成果水平： 项目团队围绕调查监测、模型构建、耦合分析、评价体系、成果表达四个层面，取得以下核心创新成果：（1）创新构建“空天地”一体化多要素立体监测技术体系，实现从野外剖面测量到物联网数据回传的全链条贯通。（2）自主研发多要素耦合的生态地质综合评价模型，实现从单因子评价到多因子综合评判的跨越。（3）首创“地理+地质”双维度的生态安

	全格局构建方法，支撑流域韧性发展策略研究。（4）绘制北京市首张生态地质样图，为全国生态地质调查成果表达提供示范模板。（5）建立工程尺度生态修复效果评估与生态产品价值核算方法，实现从“修复效果评估”到“生态价值量化”的全链条覆盖。 推广应用情况及效益： 项目成果授权发明专利 7 项，实用新型专利 1 项，软件著作权 6 项，发表 SCI 论文 35 篇，中文核心论文 14 篇，形成地方标准 2 项，专著 2 部。
--	---

2026 年度环境技术进步奖公示材料

项目名称	城市有机固废高负荷厌氧消化低碳处理关键技术及应用
主要完成单位	北京城市排水集团有限责任公司，北京北排科技有限公司，中国人民大学，青岛中恒能环境科学工程研究院有限公司
主要完成人	王佳伟，付兴民，张志渊，高金华，朱芬芬，孟春霖，赵亚伟，任征然，李烨，卢鹏飞，陈靖轩，陈倩，张含，王玮，朱雨寒
项目简介	研发背景： 本项目面向城市有机固废处理中的有机质转化率低、脱水药耗高、碳排放高等行业难题，围绕“减污降碳、协同增效”目标，研发了有机固废高负荷厌氧消化低碳处理关键技术，在全球规模最大的北京排水集团污泥处理处置中心实现工程化应用，并成功进入香港国际化高端环保市场，打破国外技术垄断。 本项目突破了厌氧消化负荷低、稳定性差、残渣脱水难等瓶颈。主要创新成果包括：首先，开发高负荷污泥厌氧消化系统稳定运行与能效提升关键技术，高负荷序批式厌氧消化（HS-ASBR）工艺，水力停留时间低至 8 d、有机负荷率高达 5 kgVS/(m³·d)；“产酸-固液分离”分级分相厌氧消化工艺，污泥含固率 15%，固体停留时间（SRT）25 d，平均产甲烷量达 403.2m³/tVS；多向流泵循环搅拌厌氧消化技术免开

罐维护，降低维护成本 75%。其次，开发多源有机固废热水解强化厌氧消化能源回收提升技术，与常规热水解-厌氧消化工艺相比，污泥与餐厨垃圾协同消化的单位挥发性固体（VS）产甲烷率提升 36.6%。第三，开发高级厌氧消化污泥深度脱水与药剂减量技术，首创“有机絮凝成核”调理方法，无机药耗节约 57%，泥饼含水率低于 60%，绿色无氯聚硅酸铝铁使滤液中 Cl^- 含量为含氯药剂的 1/3，气泡吹脱-炭基吸附技术使毛细吸水时间降至 31.5s。第四，开发脂质高效提取-催化转化与热水解污泥定向产酸制备碳源技术，脂肪酸甲酯转化率达 93.7%，产酸液反硝化速率达乙酸钠的 83%，实现了污泥资源的多途径高值利用。

项目获发明专利 17 项、实用新型 7 项，发表 SCI、中文 EI 及核心论文 20 余篇，形成国际标准 1 项、国家标准 1 项、团体标准 6 项，获日内瓦国际发明金奖，入选中国生态环境十大科技进展（2021）及 2020 年《国家先进污染防治技术目录（固体废物和土壤污染防治领域）》等。成果应用于北京排水集团五个污泥处理中心，日处理污泥能力达 6128 吨/天（以含水率 80%计），年产沼气发电 5823 万度，实现了北京中心城区污泥 100%无害化处理、100%资源化利用，年污泥产品资源化利用 38 万吨，可替代有机肥，为推动城市有机固废处理行业绿色低碳转型提供了可复

制、可推广的技术路径。

主要技术内容及成果水平：

创新点一：针对高负荷污泥厌氧消化系统面临的运行稳定性差、氨氮和抑制风险高、反应器混合不均匀等问题，开发了高负荷污泥厌氧消化系统稳定运行与能效提升关键技术，突破了高含固率、高有机负荷条件下系统耐受阈值提升的技术瓶颈。

创新点二：针对多源有机固废厌氧消化能源回收效率低、组分差异显著导致协同消化困难、畜禽粪污木质纤维素水解限速等问题，开发了多源有机固废热水解强化厌氧消化能源回收提升技术，突破了不同来源有机固废协同处理与高效转化的精准调控技术瓶颈。

创新点三：针对高级厌氧消化污泥深度脱水过程中药剂消耗量大、泥饼含水率高、含氯絮凝剂引发二次污染等问题，开发了高级厌氧消化污泥深度脱水与药剂减量关键技术，通过有机-无机协同调理，突破了药剂减量与脱水效率协同优化的技术瓶颈。

创新点四：针对污泥资源化利用途径单一、高值化能源转化率低等问题，开发了脂质高效提取-催化转化与热水解污泥定向产酸制备碳源的技术，破解了污泥脂质提取制备生物柴油效率不高、污泥有机质制备碳源路径缺失的瓶颈，开辟了污泥资源多途径高值利用的新路径。

推广应用情况及效益:

本项目围绕城市有机固废处理处置过程中存在的有机质转化率低、脱水药剂消耗量大等行业共性难题，研发了有机固废高负荷厌氧消化低碳处理关键技术，形成了一套高效、低碳、资源化的城市有机固废协同处理技术体系。项目成果已实现从实验室研究到大规模工程应用的完整转化，并在北京等城市率先实现了产业化推广。在工程应用方面，项目核心技术成功应用于全球规模最大的北京排水集团污泥处理处置中心，日处理污泥能力达 6128 吨(以含水率 80%计)。稳定运行 数据表明：有机固废减量化率超过 65%，泥饼含水率稳定在 60%以下。年产沼气发电 5823 万度，实现了北京中心城区污泥 100%无害化处理、100%资源化利用，年污泥产品资源化利用 38 万吨，可替代有机肥，为特大城市有机固废处理 绿色低碳转型提供可复制的工程典范。

项目技术体系形成国际标准 1 项、国家标准 1 项、团体标准 6 项，并成功进入香港国际化高端环保市场，打破国外技术垄断，具备向全球推广的可行性与经济性，为推动城市有机固废处理行业绿色低碳转型提供了可复制、可推广的技术路径。

在产业带动方面，项目孵化和带动了一批环保装备制造与运营服务企业，推动了热水解反应器、高压板框脱水机等核心装备的国产化进程，降低了同类

	项目的建设及运维成本。同时，项目通过技术培训、标准宣贯、现场观摩等方式，向行业输送了大量专业技术人才，显著提升了我国城市有机固废处理行业的整体技术水平。 综上，本项目技术成果应用范围广泛、推广效果显著，为我国城市有机固废处理行业绿色低碳转型提供了可复制、可推广的技术路径，具有重要的环境效益、经济效益和社会效益。
--	--