

1、项目名称：难处理工业废水深度处理关键技术研发及应用

2、推荐单位：南京工业大学

3、项目简介

该项目属于环境工程领域“水污染控制”学科，学科代码 3201410。

该项目解决了难处理工业废水深度处理关键难题，是国家“863”重大专项、国家“十三五”重点研发计划重点专项及省高校基金等课题中需要解决的重大技术难题。

化工是国民经济的支柱产业之一，但同时又是耗水量大、污染严重的产业，是水环境恶化的主要源头。化工废水因其具有高 COD 浓度、高毒性、高含盐量、难生化等特点，已成为制约行业发展的重要“瓶颈”之一，同时加剧了水资源紧张状况和水污染问题，威胁人类的健康和安全，影响了社会和谐稳定。目前化工企业或园区多以生化法为主要处理工艺，但废水经生化处理后仍含有大量难生物降解、有毒有害的污染物。目前，工业废水生化尾水的处理主要存在众多技术难题：（1）现有多数生化系统难以去除高毒性、难降解有机污染物，造成生化尾水质量差，污染物含量超标，给后续以膜分离为核心的水回用工序带来诸多问题，比如引发膜污染，从而造成膜寿命降低，运行压力提高等。（2）新型技术缺乏工程校验，可应用性差：某些新型技术小试效果良好，但无法应对上述化工高浓污水的实际特点，且与生化工艺耦合不当，导致工程应用问题突出，无法大范围推广。因此，亟需开发一种稳定、高效、可工程化的工业废水深度处理工艺。

该项目基于“综合节水减排”的先进理念进行研发和设计，通过多学科交叉、协同创新，依托南京工业大学在化工、材料、环保及过程装备等方面的综合技术优势，联合攻关，针对难处理工业废水生化尾水的水质特征，开展了深度处理关键技术的系统研究。历经实验室小试和现场中试放大研究，形成了具有自主知识产权的以高效低耗臭氧催化氧化为核心的深度处理关键技术与设备，主要技术创新：

（1）研发了多金属纳米簇固体催化剂，通过优化催化剂载体、掺杂活性组分（主要包括 CuO、MnO₂、CeO₂ 等），提高催化剂催化效率、稳定性、抗污染特性以减少生化尾水中残留的难降解的溶解性有机物。

（2）通过控制催化氧化塔与低频段微波强化催化反应装置间的内外环流，结合多个强化传质措施，优化设计了高效低耗催化臭氧氧化反应器，提高难降解有机物去除效率，降低了臭氧投量和运行成本。

（3）基于上述关键技术，开发了以高效低耗臭氧催化氧化技术为核心的难处理工业废水

深度处理成套装置与集成工艺，COD 去除率达 60% 以上，色度去除率达 90%以上，保障了废水后续膜处理效果，且运行成本较传统催化氧化降低 50%以上。

该项目先后获得多项国家级和省部级项目资助，获授权发明专利 10 项，已创建十多项示范工程。高效低耗臭氧催化氧化为核心的深度处理关键技术经石化联合会组织的专家验收鉴定，技术成果达到国际先进水平。本项目技术开发和推广应用不仅成功地解决了化工高浓污水深度处理的共性关键技术难题，而且促进了化工转型升级，支撑了化工绿色发展，推动了环保技术进步，保障了社会和谐与稳定，取得了显著的经济、社会和环境效益。

4、主要完成单位

(1) 第一完成单位：南京工业大学

对本项目的贡献：

南京工业大学拥有材料化学工程国家重点实验室、国家特种分离膜工程技术研究中心、江苏省工业节水减排重点实验室、全国石油和化工行业煤炭清洁转化节水减排工程实验室等国家及省部级平台，在难处理工业废水深度处理关键技术研发方面做出了重要贡献，是发明专利 ZL201711114755.4、ZL201510418293.X、ZL200710191006.1、ZL200810123924.5、ZL201410056695.5、ZL200610161243.9 等专利的专利权人。承担了包括国家 863 计划“典型沿江化工区环境污染事故防范与应急示范”项目，国家十三五重点研发计划重点专项“先进煤间接液化及产品加工成套技术”——合成水中低碳含氧有机物高效提取与水资源化技术开发及中试验证项目，江苏省教育厅高校自然科学基金重大项目“化工废水尾水深度处理与回用技术研究”等多项国家及省部级项目，得到专家的一致认可。

(2) 第二完成单位：南京工大环境科技有限公司

对本项目的贡献：

南京工大环境科技有限公司是依托南京工业大学环境学科的科技与人才优势组建的学科型公司，由国家“千人计划”特聘专家领衔，是国家高新技术企业，江苏省环保产业技术创新战略联盟副理事长单位。具有住建部环境工程（水污染防治工程）专项设计资质、住建部环保工程专业承包资质。公司通过长期友好的产学研合作和协同创新，对本项目的推广应用做出了巨大贡献，在难处理工业废水深度处理方面为企业提供了多项技术服务，承担了江苏环保科技重点项目“南京化工园南化集中污水厂深度处理关键技术研究示范”项目，并且创建了包括了中石化南京化学工业有限公司、响水恒利达、阜宁澳洋科技、山东密塔、东至园区、康缘药业、心连心、扬州化工园等多家化工企业及园区的废水治理示范工程，取得了显著的经济及环境社会效益。

5、推广应用情况

以南京工业大学为新技术研发单位，以南京工大环境科技有限公司为技术推广和工程项目承担单位，共同开展了本项目技术成果的推广应用。

目前，本项目成果已在 10 多家企业得到了成功应用，解决了化工企业及园区生化尾水难处理、难达标问题，帮助企业及园区因关停转移等带来的经济损失，为企业自身也创造了显著的经济效益，产生间接效益达 80 亿元以上，同时大大减少了污染物的排放。环境、经济和社会效益十分显著。

6、主要知识产权证明目录

| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 | 发明专利有效状态 |
|--------|---------------------------|--------|------------------|------------|---------|---------------------|-------------------|----------|
| 发明专利 | 一种煤化工生化尾水处理方法 | 中国 | ZL201510418293.X | 2017.12.12 | 2734917 | 南京工业大学 | 徐炎华，刘浩亮，陆曦 | 有效 |
| 发明专利 | 一种高效的碎煤加压气化高浓污水处理方法 | 中国 | ZL201610941761.6 | / | / | 南京工大环境科技有限公司 | 徐炎华，陆曦，孙文全，吕进，沈丽娜 | 有效 |
| 发明专利 | 一种处理有机毒物废水的强化氧化工艺及装置 | 中国 | ZL200710131116.9 | 2010.09.08 | 673804 | 南京工大环境科技有限公司 | 徐炎华，赵浩，朱骏 | 有效 |
| 发明专利 | 用于诱导催化氧化工艺的催化剂及其制备方法 | 中国 | ZL200710191006.1 | 2011.08.31 | 832202 | 南京工业大学 | 徐炎华，朱骏，赵浩 | 有效 |
| 发明专利 | 用于催化氧化的金属/二氧化钛催化剂及其制备方法 | 中国 | ZL200810123924.5 | 2011.06.15 | 794695 | 南京工业大学 | 徐炎华，朱骏，赵浩 | 有效 |
| 发明专利 | 适用于催化氧化工艺的磁性催化剂及其制备方法和应用 | 中国 | ZL201410134523.5 | 2017.10.13 | 2652968 | 南京工大环境科技有限公司 | 徐炎华；于鹏 | 有效 |
| 发明专利 | 一种双功能催化剂ABK/Y及其制备方法和应用 | 中国 | ZL201410056695.5 | 2016.02.10 | 1947489 | 南京工业大学、南京工大环境科技有限公司 | 徐炎华，康凯，丁洁莲，于鹏 | 有效 |
| 发明专利 | 一种三维电极反应器的粒子电极催化剂填料及其制备方法 | 中国 | ZL200610161243.9 | 2008.10.29 | 438849 | 南京工业大学 | 徐炎华，赵浩，陈雷，杨晓燕 | 有效 |

7、主要完成人情况表

徐炎华，第一完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，教授，对创新点 1、2、3 有重要贡献，项目负责人，负责总体思路设计。

孙文全，第二完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，副教授，对创新点 3 有重要贡献。以第二完成人获中国石油和化学工业联合会科技进步奖二等奖 1 项。

陆曦，第三完成人。工作单位、完成单位：南京工大环境科技有限公司，硕士，中级职称，是创新点 1、2、3 的主要完成人。

张永军。第四完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，教授，对创新点 3 有重要贡献。

陈雷，第五完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，助理研究员，对创新点 2 有重要贡献。

赵浩，第六完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，助理研究员，对创新点 1、2 有重要贡献。

刘志英，第七完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，副教授，对创新点 3 有重要贡献。

陆雪梅，第八完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，副教授，对创新点 3 有重要贡献。

吕进，第九完成人，工作单位、完成单位：南京工大环境科技有限公司，中级职称，对创新点 3 有重要贡献。

程杰，第十完成人，工作单位、完成单位：南京工大环境科技有限公司，硕士，中级职称，对创新点 3 有重要贡献。

朱明新，第十一完成人，工作单位、完成单位：南京工业大学，副教授，对创新点 2 有重要贡献。

沈丽娜，第十二完成人，工作单位、完成单位：南京工大环境科技有限公司，硕士，中级职称，对创新点 3 有重要贡献。