

2025 年度湖北省自然科学奖公示信息

项目名称	碳材料驱动过硫酸盐非自由基电子转移过程去除有机污染物机制研究
提单位	武汉大学
提名意见	该项目聚焦水处理工艺中“高能耗、高物耗”等关键瓶颈问题，围绕绿色碳材料的构建与催化性能提升，开展了系统深入的研究，取得了多项具有原创性和突破性的成果。项目团队创新建立了原位拉曼光谱与电化学联合分析方法，首次揭示了碳催化体系中的电子转移机制；提出碳表面靶向功能化调控策略，实现了对催化氧化能力的精准调节；构建碳材料再生与稳定性强化的电化学耦合新技术，显著提升了其在复杂水体处理中的应用性能。相关研究为绿色低碳水处理技术的基础理论探索与工程实践提供了坚实支撑。 项目成果以第一作者或通讯作者身份发表于 Environmental Science & Technology 和化学进展等国内外高水平期刊，已发表代表性论文 5 篇，SCI 数据库他引总数逾 1100 次，其中 2 篇入选 ESI 高被引论文。项目第一完成人连续五年入选 Elsevier 中国高被引学者榜单，连续两年入选 Clarivate 全球高被引科学家榜单；第二完成人多次获得重要科技奖励，入选中国科协“青年人才托举工程”和全球前 2% 顶尖科学家榜单，项目团队整体科研能力突出、学术影响力显著。 该项目在基础研究、关键技术突破和成果推广方面均取得了突出成绩，具有重要的科学价值与应用前景，符合湖北省自然科学奖一等奖的授奖标准。特推荐该项目为 2025 年度湖北省自然科学奖一等奖候选项目。
项目简介	本项目聚焦水污染控制领域，针对传统水处理技术能耗高、物耗大，难以满足“双碳”战略要求等突出问题，致力于开发绿色、低碳、高效的水处理新路径，推动污水处理行业实现碳中和目标。碳材料因其表面物理化学结构丰富、化学稳定性优异、资源广泛、绿色无毒、成本低廉，已成为处理有机废水的重要净化材料。然而，当前碳材料在有机污染物处理中的应用仍面临诸多关键科学难题，包括：瞬态活性物种的生成机制尚不清晰、催化活性中心存在争议、材料稳定性亟待提升等。在国家自然科学基金等项目资助下，项目团队围绕碳材料的改性与性能强化机制，率先开展了系统深入的研究，取得了多项原创性、引领性成果，构建了具有鲜明特色的碳催化水处理技术体系，显著推动了该领域的理论发展与技术进步。主要研究进展包括： 1. 开发原位拉曼光谱与电化学联合分析新方法：构建了可实时监测碳表面非自由基活性物种（如碳-过硫酸盐复合体）的原位光电分析体系，首次捕捉碳催化活化过硫酸盐过程中的电化学行为演化，结合阳极氧化类比法，系统揭示了其对有机污染物的选择性氧化机制。 2. 提出非自由基氧化电位的定向调控策略：通过精准调控碳表面含氧官能团种类与浓度，阐明碳界面与过硫酸盐的相互作用机制，明确碳-过硫酸盐复合物的氧化还原电位调控规律，提出高活性碳催化剂构建策略，实现对痕量有机污染物的高效选择性氧化。 3. 研发有机物靶向氧化去除绿色技术。根据氧化剂的本征特异性，设计与过一硫酸盐靶向亲核作用强的石墨氮掺杂碳材料，该体系不仅可将氧化剂投加量降低 2.5 倍，还可在高盐废水环境中实现有机污染物的快速靶向氧化去除。。 相关成果以第一作者或通讯作者身份发表于 Environmental Science & Technology 和化学进展等国内外高水平期刊，SCI 他引总数 1600 余次，单篇最高达 608 次，1 篇入选 Environmental Science & Technology 期刊 2020 年度最佳论文奖，3 篇入选 ESI 热点论文和高被引论文。研究成果受到马军、任南琪、Pedro J. J. Alvarez、T. David Waite 等多位中外

		院士的高度评价与广泛引用。项目第一完成人 2022 和 2023 年连续 2 次入选 Clarivate “跨学科” 全球高被引科学家榜单，2020~2024 年连续 5 次入选 Elsevier “环境科学与工程” 中国高被引学者榜单。第二完成人 2020 年先后荣获 “钱易环境奖” 二等奖和 “紫金全兴环境基金优秀学子奖”，入选 2023 年中国科协 “青年人才托举工程” 及 2024 年全球前 2%顶尖科学家榜单。								
主要完成人 (完成单位)		张晖（武汉大学）、任伟（武汉大学）、林恒（武汉大学）								
代表性论文（专著）目录										
序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年 月 日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否包含国外单位	是否国内期刊，如是请填写 CN 号
1	Activation of Peroxydisulfate on Carbon Nanotubes: Electron-Transfer Mechanism/ <i>Environmental Science & Technology</i> /任伟，熊亮亮，袁学宏，余紫薇，张晖，Duan Xiaoguang，Wang Shaobin	2019 年 53 卷 14595-14603 页	2019 年 12 月 17 日	张晖，Duan Xiaoguang	任伟	任伟，熊亮亮，袁学宏，余紫薇，张晖	514	WOS 核心集合	是	否
2	Insights into the Electron-Transfer Regime of Peroxydisulfate Activation on Carbon Nanotubes: The Role of Oxygen Functional Groups/ <i>Environmental Science & Technology</i> /任伟，熊亮亮，聂刚，张晖，Duan Xiaoguang，Wang, Shaobin	2020 年 54 卷 1267-1275 页	2020 年 1 月 21 日	张晖，Duan Xiaoguang	任伟	任伟，熊亮亮，聂刚，张晖	475	WOS 核心集合	是	否
3	The Intrinsic Nature of Persulfate Activation and N-Doping in Carbocatalysis/ <i>Environmental Science & Technology</i> /任伟，聂刚，周鹏，张晖，Duan Xiaoguang，Wang Shaobin	2020 年 54 卷 6438-6447 页	2020 年 5 月 19 日	张晖，Duan Xiaoguang	任伟	任伟，聂刚，周鹏，张晖	608	WOS 核心集合	是	否
4	电-Fenton 及类电-Fenton 技术处理水中有机污染物/化	2015 年 27 卷 1123-1132 页	2015 年 8 月 15 日	张晖	林恒	林恒，张晖	18	WOS 核心集合	否	CN 11-3383/06

	学进展/林恒，张晖									
5	基于生物炭的高级氧化技术 降解水中有机污染物/化学 进展/吴飞，任伟，程成， 王艳，林恒，张晖	2022 年 34 卷 992-1010 页	2022 年 4 月 24 日	林恒，张晖	吴飞	吴飞，任伟， 程成，王艳， 林恒，张晖	7	WOS 核心集合	否	CN 11-3383/06