

2023 年度天津市科学技术奖提名项目

公示基本情况表

项目名称	高效低耗电化学高级氧化技术构建及其降解污染物机理
提名奖项和等级	奖项： 自然科学奖 等级： 一等奖
主要完成单位	南开大学， 哈尔滨工业大学
主要完成人	周明华， 邱珊， 余方可， 张齐展， 邓凤霞， 任更波， 杨炜璐， 苏沛， 蔡静菊， 张银巧， 左四进
提名单位	南开大学
项目简介	<p>有毒难降解有机污染物的高效低耗处理仍是当前水处理一大难点，是关系到我国污水能否高质量深度处理的关键，对推动生态文明建设、实现水资源循环利用、保障人类健康、降低生态系统负面影响意义重大。电化学高级氧化技术尤其是电芬顿技术环境友好，展现了突出的应用潜力，但如何克服其存在的反应效率低、适用范围窄、处理能耗高的关键难题，突破关键电极材料、工艺和反应器应用技术瓶颈，阐释其污染物降解机理，是亟待突破的关键科学问题和国际研究热点。</p> <p>为此，项目组在国家重点研发项目、国家自然科学基金等项目支持下，10 余年来围绕难降解有机物的高效低耗处理目标，创新电催化材料制备和界面调控方法，发展新型电芬顿技术和自催化高级氧化技术，耦合阳极氧化构建低耗过滤式反应器，揭示其污染物降解原理和性能调控机制。研究成果丰富了电化学高级氧化技术处理有机污染物的新概念和新技术，具有重要的科学意义和应用价值。项目发表 SCI 论文 87 篇(影响因子>10 的 33 篇，ESI 高被引 6 篇)，被 SCI 他引 3734 次；8 篇代表性论文发表在 Nature Commun.、Appl. Catal. B-Environ.、ES&T Letts.等学科顶尖期刊上，平均影响因子为 17.1，被 SCI 他引 952 次。参编著作 4 部，授权中国发明专利 6 项，受邀在国际电化学大会等会议作邀请报告 20 余次。引进天津外专千人 1 人、博士后 3 名，有力促进国际联合研究中心建设和学科发展。团队被</p>

	<p>认为是国际电芬顿领域最有影响力的团队之一，多名成员担任 Appl. Catal. B-Environ.、Chin. Chem. Letts.等 SCI 期刊编委，第一完成人连续 9 年入选中国高被引学者，入选全球前 2% 顶尖科学家、全球学者库全球顶尖前 10 万科学家。</p>
<p>发现点/发明点/创新点</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 首创旋转和扩散传质自发利用空气中的氧气电化学产双氧水新方法，发展无需曝气的高效低耗阴极及其电芬顿工艺，阐明阴极性能调控关键和机制，突破工业应用高电流密度下的性能限制。 2. 首创石墨烯改性碳毡阴极及高活性氮掺杂石墨烯自催化高级氧化技术，发明生物质改性双功能阴极，提升技术效能和适用 pH 范围，揭示同步产双氧水并催化机理，阐明典型有机物高效去除原理。 3. 创新基于改性碳毡阴极的垂直穿透型电芬顿反应器强化传质，耦合改性二氧化钛纳米管阳极构建高效低耗电化学高级氧化技术处理体系，提升有机污染物处理时空效率。
<p>主要技术支撑材料</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 代表性论文 <ol style="list-style-type: none"> 1) Yu F, Zhou M, Zhou L, Peng R. A novel electro-Fenton process with H₂O₂ generation in a rotating disk reactor for organic pollutant degradation. Environmental Science & Technology Letters. 2014 Jul 8;1(7):320-4. 2) Zhang Q, Zhou M, Ren G, Li Y, Li Y, Du X. Highly efficient electrosynthesis of hydrogen peroxide on a superhydrophobic three-phase

interface by natural air diffusion. Nature Communications. 2020 Apr 7;11(1):1731.

3) Yang W, Zhou M, Cai J, Liang L, Ren G, Jiang L. Ultrahigh yield of hydrogen peroxide on graphite felt cathode modified with electrochemically exfoliated graphene. Journal of Materials Chemistry A. 2017;5(17):8070-80.

4) Su P, Zhou M, Lu X, Yang W, Ren G, Cai J. Electrochemical catalytic mechanism of N-doped graphene for enhanced H₂O₂ yield and in-situ degradation of organic pollutant. Applied Catalysis B: Environmental. 2019 May 15;245:583-95.

5) Deng F, Li S, Zhou M, Zhu Y, Qiu S, Li K, Ma F, Jiang J. A biochar modified nickel-foam cathode with iron-foam catalyst in electro-Fenton for sulfamerazine degradation. Applied Catalysis B: Environmental. 2019 Nov 5;256:117796.

6) Ren G, Zhou M, Liu M, Ma L, Yang H. A novel vertical-flow electro-Fenton reactor for organic wastewater treatment. Chemical Engineering Journal. 2016 Aug 15;298:55-67.

7) Zhang Y, Zuo S, Zhou M, Liang L, Ren G. Removal of tetracycline by coupling of flow-through electro-Fenton and in-situ regenerative active carbon felt adsorption. Chemical Engineering Journal. 2018 Mar 1;335:685-92.

8) Cai J, Zhou M, Pan Y, Du X, Lu X. Extremely efficient electrochemical degradation of organic pollutants with co-generation of hydroxyl and sulfate radicals on Blue-TiO₂ nanotubes anode. Applied Catalysis B: Environmental. 2019 Nov 15;257:117902.

2. 知识产权和标准规范

1 发明专利 Magneli 相 Ti_nO_{2n-1} 纳米管电极的制备方法 中 国
CN106958033B 2019-3-26 第 3305664 号 南开大学 周明华, 蔡静
菊, 梁亮.

- | | |
|--|--|
| | <p>2 发明专利 空气主动扩散式过氧化氢电化学发生装置 中 国
CN 109913889 B 2021-2-19 第 4256739 号 南开大学 周明华,
张齐展, 任更波</p> <p>3 发明专利 一种硼钴共掺杂的长寿命 TiO₂ 纳米管电极制备及其电
氧化降解有机污染物方法 中国 CN 110921792 B 2022-5-3
第 5129755 号 南开大学 周明华, 蔡静菊, 许鑫</p> <p>4 发明专利 一种 Fe₃O₄@C 限域界面负载 Ce-MOFs 催化剂的制备
方法及其在电芬顿中的应用 中国 CN 113275040 B 2022-5-10
第 5144203 号 南开大学 周明华, 苏沛, 杜雪冬</p> <p>5 发明专利 一种脉冲双阴极电芬顿反应器及利用其处理有机废水
处理的方法 中国 CN110040821B 2022-5-25 第 4439476 号 哈 尔
滨工业大学 邱珊, 邓凤霞, 李思省, 韩金名, 杨基先, 马放, 王晓艳,
邢蕊, 何淑研</p> <p>6 发明专利 一种绿色电芬顿阴极的制备方法和应用 中国 CN
110117046B 2022-3-15 第 4997258 号 哈尔滨工业大学 邱珊, 邓
凤霞, 李思省, 韩金名, 杨基先, 马放, 王晓艳, 邢蕊, 何淑研</p> |
|--|--|