

附件 1

学科名称	农业资源与环境
------	---------

河南省本科高校青年骨干教师考核报告

项目名称：新型生物炭活化过硫酸盐对土壤磺胺嘧啶
污染和氮磷流失协同控制研究

起止时间：2024 年 1 月 至 2025 年 12 月

培养对象姓名：马双龙 专业技术职务：教授

学 校：河南农业大学

填表日期：2026 年 8 月 4 日

河南省教育厅制

一、基本情况

姓名	马双龙	性别	男	民族	回族	出生日期	1989 年 4 月
所在单位	河南农业大学			行政职务	系主任	专业职务	教授
研究专长	水土界面环境过程与污染控制			学历	博士	学位	博士
电子信箱	shuanglongma@henau.edu.cn			电 话	15738318299		
研 究 项 目	项目名称	新型生物炭活化过硫酸盐对土壤磺胺嘧啶和氮磷流失控制研究					
	一级学科	农业资源与环境		学科门类		农学	
	研究类别	1、基础 ☒ 2、应用 3、教学类					
	资助金额	3 万元		学校配套金额 0 万元			
	成果形式	A. 著作 ☒ B. 论文 ☒ C. 教材					
	获奖情况	河南省优秀硕士学位论文指导教师、2024 年“挑战杯”河南省大学生创业计划竞赛优秀教师、河南省优秀科技论文一等奖、河南农业大学本科教育教学成果一等奖、2024 年中国国际大学生创新大赛河南赛区二等奖指导教师、第五届全国农业资源与环境专业大学生实践技能竞赛一等奖指导教师					
主 要 参 加 人	姓名	单位		职称		承担任务	
	唐晓丹	河南农业大学		讲师		实验设计	
	高博强	河南农业大学		讲师		数据分析	
	王竞侦	河南农业大学		副教授		论文撰写	
	黄岩	河南农业大学		讲师		论文修改	
	宋佳	河南农业大学		讲师		实验指导	

二、总结报告

主要内容：项目预期计划执行情况；成果内容、特色及创新点，主要学术价值和应用价值；在教学水平、科研能力、团队建设、社会服务等方面的完成情况；不足之处及努力方向。

1. 项目执行情况

在项目执行期间，申请人发表中科院一区论文 4 篇，授权发明专利 2 项，出版专著 1 部，获批国家自然科学基金面上项目、河南省优秀青年基金项目、中原科技创新青年拔尖人才项目等，顺利完成了项目预期目标。

2. 成果内容、特色及创新点，主要学术价值和应用价值

（1）成果内容

以玉米秸秆、小麦秸秆、狐尾藻等农林废弃物为原料，通过条件优化、金属负载、元素掺杂和缺陷引入等策略，定向调控电子结构和配位环境，研制出分级多孔生物炭、磁性生物炭、石墨化生物炭、锚定单原子金属生物炭等，考察其激活过硫酸盐降解磺胺类抗生素等新污染物的效能，借助于现代谱学技术和理论量子化学计算，深入探讨了新有机污染物降解过程中所涉电子传递情况、活性氧化物种、氧化中间体，明晰了其降解的自由基和非自由基机制。

（2）特色及创新点

①系统阐明了生物质结构、生物质与活化剂混合方式、活化剂种类、热解温度对生物炭孔隙结构、含氧官能团、空位缺陷等理化性能的影响，降解磺胺嘧啶的构效关系；②揭示了热解温度与内源石墨氮含量的正相关关系，石墨氮与锰之间的协同效应，及石墨氮介导电子传递和锰诱导自由基产生的活性位点分工机制；③首次证实了纳米铁生物炭和单原子铁生物炭活化催化的机制差异；④阐明了铁碳比例增加诱导的石墨化结构的破坏性演变，进而引起的电子传递到自由基降解路径的渐进式转变，及沿 c 轴的石墨碳层堆垛比沿 a 轴的片层延展更有利于效果提升。

（3）主要学术价值和应用价值

本工作的开展为探讨新型生物炭过硫酸盐催化剂的定向精准研制奠定了基础，对认识磺胺嘧啶等新有机污染物的非均相过硫酸盐降解机制具有重要科学意义，为审视生物炭的活性催化位点提供了新的视角，同时为磺胺嘧啶等新有机污染物的深度降解技术提供了重要的理论支持。哈尔滨工业大学马军院士发表 *Adv. Funct.*

Mater. (2023, 33, 2302816)上的文章引用候选人关于单原子Fe提升材料费米能级的结论来印证他们的实验结果。

法国科学院院士、波多尔大学教授Didier Astruc教授发表在*Coord. Chem. Rev.* (2021, 426, 213585)上的文章肯定了候选人对分级多孔生物炭的定义。中国科学技术大学俞汉青教授和香港理工大学Daniel C.W. Tsang教授分别发表在*PNAS* (2022, 119, No. 8 e2119492119)和*Adv. Funct. Mater.* (2023, 33, 2212227)上的文章都认为候选人报道的锚定单原子Fe石墨化生物炭通过电子传递路径氧化有机污染物是一种十分有趣的现象。

3. 在教学水平、科研能力、团队建设、社会服务等方面的完成情况

(1) 教学水平

申请人主讲《水污染控制工程》《农业环境学》等课程。致力于教学改革与创新，积极探索“实操结合模拟仿真”等教学模式，主讲的《水污染控制工程》课程获批河南省本科高校研究性教学精品课程，荣获河南农业大学本科教育教学成果一等奖（第一），参与河南省高等教育教学改革研究与实践项目1项。高度重视学生创新能力与实践能力的培养，指导学生多次在“挑战杯”中国国际大学生创新大赛、全国农业资源与环境专业大学生实践技能竞赛等高水平赛事中荣获国家级、省级奖项，个人也屡获“创新创业优秀指导教师”、“河南省优秀硕士毕业论文指导教师”、“河南农业大学本科毕业论文优秀指导教师”等荣誉，培养的研究生多人获得校级、省级优秀学位论文，育人成效显著。

(2) 科研能力

面向国家生态环境保护和农业绿色发展的重大战略需求，在新型生物炭功能材料研制、水体磺胺类抗生素治理等方面开展了富有创新性的研究工作。主持国家自然科学基金面上项目、中原科技创新青年拔尖人才、河南省自然科学基金优秀青年基金等项目。以通讯作者在 *Environmental Science & Technology*、*Journal of Hazardous Materials*、*Chemical Engineering Journal* 等环境科学与工程领域国际顶级期刊发表高水平学术论文4篇，显示了其研究成果的重要学术影响力。授权国家发明专利3项，出版专著1部。荣获“河南省优秀科技论文一等奖”。

(3) 团队建设

所在的环境监测与污染控制科技创新团队致力于水土界面过程和污染控制，现

有教授 1 名，副教授 4 名，讲师 4 名，近 3 年来，团队成员围绕水土界面环境过程和污染物控制开展了系统的基础和应用研发工作，团队成员主持国家自然科学基金面上项目 1 项和青年项目 1 项，省部级项目 9 项，横向项目 10 项，发表学术论文 30 余篇，出版著作教材 2 部，国家发明专利 5 项。通过本项目的实施，在团队成员的积极配合下，团队科研实力得到显著提升。

（4）社会服务

团队成员 3 名成员为河南省科技特派员，为河南净必滢环境科技有限公司等企业提供技术支撑，团队与河南省生态环境技术中心、河南省地质局生态环境地质服务中心等科研机构建立了良好的合作关系，围绕抗生素、微塑料等新污染物治理开展了深入的研究。

4. 不足之处及努力方向

在社会服务方向有待进一步加强，深化与抗生素生产企业的合作，将研发的功能材料用于实际废水的深度处理。

培养对象签字:

年 月 日

三、培养期成果一览

1、承担主要教学科研项目及获奖、获得专利情况

（请注明项目名称、项目来源、项目经费、项目起讫时间、所有项目完成人姓名以及项目完成人排序等。如成果获得相应科技奖励，请注明授奖单位、奖励名称、级别及日期；如成果获得专利，请注明获准专利国别、类别及专利号）

1. 科研项目

（1）国家自然科学基金委员会，面上项目，微塑料溶解性有机质对太阳光灭活病原微生物的影响机制，2024.01-2027.12，49 万元，在研，主持；

（2）河南省自然科学基金，优秀青年基金，242300421148，光照下微塑料对抗生素抗性细菌活性和抗性基因接合转移的影响机制，2024.01-2026.12，25 万元，在研，主持；

（3）河南省科学技术协会，中原科技创新青年拔尖人才，单原子催化剂激活过硫酸盐削减抗生素抗性细菌机制研究，2025-2027，50 万元，在研，主持。

2. 教学项目

（1）《水污染控制工程》，2025 年河南省本科高校研究性教学精品课程，主持；

（2）新农科背景下“全场景-多模态”教学过程性评价数据画像与增值评价研究实践，2026 年度河南省高等教育教学改革研究与实践项目，第七；

（3）《水污染控制工程》，2025 年河南农业大学本科课程类教学项目，主持。

3. 获奖情况

（1）河南省科技论文一等奖，The organic contaminants degradation in Mn-NRGO and peroxymonosulfate system: The significant synergistic effect between Mn nanoparticles and doped nitrogen，河南省教育厅，厅级，排名第一，2024 年；

（2）《水污染控制工程》实操结合模拟仿真教学模式的创新与实践，河南农业大学本科教育教学成果一等奖，排名第一，2026 年；

4. 获得专利

（1）马双龙，黄岩，王竞侦，宋立芳，高博强，宋佳，唐晓丹，左强，尹梦阳. 一种大环基硫化氢分子印迹聚合物及其制备方法和应用. 专利号: ZL202411225445.X, 专利权人: 河南农业大学，授权公告日: 2025 年 9 月 12 日

(1) 高博强, **马双龙**, 牛壮杰, 王婕. 一种非金属杂原子配位的双原子催化剂活化过硫酸盐降解水中芳香性有机污染物的方法. 中国, 发明专利号 ZL202510053198.8, 专利权人: 河南农业大学, 授权公告日: 2026 年 4 月 7 日;

(2) 唐晓丹, 李斐然, **马双龙**, 黄岩, 王竞侦, 付振栋, 王晓阳. 一种在碳酸氢根存在下钴-二氧化铈单原子催化剂激活过硫酸盐降解水中氯酚有机污染物的方法. 中国, 发明专利号 ZL202510822407.0, 专利权人: 河南农业大学, 授权公告日: 2026 年 5 月 15 日。

5. 学生培养

(1) 河南省优秀硕士学位论文指导教师, 2024 年、2025 年;

(2) 河南农业大学本科毕业论文优秀指导教师, 2024 年;

(3) 河南农业大学研究生优秀学位论文指导教师, 2024 年、2025 年;

(4) “挑战杯”河南省大学生创业计划竞赛优秀教师, 2024 年;

(5) 中国国际大学生创新大赛河南赛区二等奖指导教师, 2024 年;

(6) 河南农业大学创新创业优秀指导教师, 2025 年;

(7) 大学生创新创业训练计划项目国家级立项, 2024 年、2025 年;

(8) 第五届全国农业资源与环境专业大学生实践技能竞赛一等奖指导教师, 2025 年;

(9) 中国国际大学生创新大赛河南赛区选拔赛一等奖指导教师, 2025 年;

(10) 河南省“豫你携手-创赢未来”大学生创新创业大赛铜奖指导教师, 2025 年;

(11) 第十七届“挑战杯”河南省大学生课外学术科技作品竞赛三等奖指导教师, 2025 年。

2、代表性著作、论文

（请注明著作或论文名称、出版单位或发表刊物名称、期号、出版或发表时间、所有著、作者姓名以及作者排序等）如为外文著作或论文，须在本栏内逐篇（部）附上不少于 300 字的中文摘要或核心观点概述，以便专家评审。

1. 代表性著作

（1）《生物炭过硫酸盐催化剂的环境应用》，马双龙、黄岩、宋佳、王竞侦、高博强，北京：中国农业出版社，2024 年，**第一主著**

主要内容：为了解决原始生物炭活化过硫酸盐降解有机污染物效率低下和机制不清的难题，紧密围绕“生物炭质地结构调控以增强催化活性”这一科学目标，系统开展了新型生物炭的研制和有机污染物降解性能探讨等工作，针对生物炭空隙、比表面积、含氧官能团和石墨化结构等理化性质的定向调控开展了一系列创新性工作，针对生物炭基催化剂激活过硫酸盐的机理提出了大量新颖的观点和论述。主要内容包括：测试方法与技术；多孔生物炭活化过二硫酸盐降解磺胺嘧啶的效能和机制；壳聚糖基生物炭活化过一硫酸盐降解对羟基苯甲酸的效能和机制；大豆秸秆生物炭活化过硫酸盐降解四环素和灭活抗性细菌的效能和机制；单原子铁生物炭与纳米铁生物炭活化过一硫酸盐降解苯酚的效能和机制差异；磁性生物炭活化过一硫酸盐降解双酚 A 的效能和机制；铁碳比例改变定向调控负载铁生物炭活化过一硫酸盐的效能和机制；石墨化生物炭活化过硫酸盐降解磺胺嘧啶的效能和机制。

2. 论文

（1）Xiaodan Tang, Tingting Dong, Mengya Wang, **Shuanglong Ma***, Shengjun Xu, Jingzhen Wang, Boqiang Gao, Yan Huang, Qiuyun Yang, Dangling Hua*, Sihui Zhan. From waste corn straw to graphitic porous carbon: A trade-off between specific surface area and graphitization degree for efficient peroxydisulfate activation. *Journal of Hazardous Materials*, 2024, 471, 134422. 中科院一区，影响因子 **10.6**，通讯作者

主要内容：已有研究证实，多孔碳活化过二硫酸盐（PDS）体系中，电子转移路径占据主导地位。在碳基体中构筑石墨碳结构有利于加速电子转移，但过度石墨化会降低比表面积，进而削弱催化性能。因此，在制备高效碳基过硫酸盐活化剂时，实现比表面积与石墨化程度之间的合理平衡十分必要，同时也极具挑战。本研究制备了一系列具有不同比表面积与石墨碳结构的石墨化多孔碳材料。通过多种结构表征手段证

实，多孔碳薄膜超薄边缘构筑形成了石墨化通道。经性能优化后的最优催化剂表现出优异的催化活性，其降解速率常数 k_{obs} 最高可达未石墨化前驱体的 16.0 倍。机制研究表明：充足的比表面积能够促进催化剂对过二硫酸盐与磺胺嘧啶的亲和作用，利于形成 PDS* 复合物并实现磺胺嘧啶吸附；适宜的石墨化程度则有效加快电子转移速率，二者协同通过电子转移途径促进磺胺嘧啶氧化降解。本研究建立了关联降解速率常数、比表面积与石墨化程度的多元线性回归模型，为构筑高效活化过二硫酸盐的催化材料提供理论依据。

(2) Yanbing Ma¹, Shengjun Xu¹, Yan Huang*, Jing Du, Jingzhen Wang, Boqiang Gao, Jia Song, **Shuanglong Ma***, Hanzhong Jia, Sihui Zhan. The mechanism differences between sulfadiazine degradation and antibiotic resistant bacteria inactivation by iron-based graphitic biochar and peroxydisulfate system. *Journal of Hazardous Materials*, 2024, 475, 134907. 中科院一区，影响因子 10.6，通讯作者

主要内容：本研究考察高铁酸钾活化生物炭 (KFeB) 与酸洗高铁酸钾活化生物炭 (AKFeB) 活化过二硫酸盐 (PS) 的效能，分别揭示铁活性位点与石墨碳结构在磺胺嘧啶 (SDZ) 降解、抗生素抗性菌灭活过程中的作用机制差异。KFeB/PS 体系与 AKFeB/PS 体系对磺胺嘧啶具有相近的降解能力，但仅 KFeB/PS 体系具备优异的杀菌性能。机制研究表明：溶解态磺胺嘧啶依靠石墨碳结构介导的电子转移途径实现降解；悬浮态抗生素抗性细菌则通过铁位点活化过二硫酸盐产生的自由基实现灭活，同时体系可高效去除抗生素抗性基因。接合转移频率显著下降说明，经 KFeB/PS 体系处理后，抗性基因水平转移风险得到有效降低。转录组分析结果显示，膜蛋白通道受损、三磷酸腺苷合成受抑制是接合转移频率下降的核心原因。KFeB/PS 体系连续流反应器能够高效去除抗生素与耐药菌。综上，本研究为碳基催化剂驱动过硫酸盐高级氧化技术实现抗生素与耐药菌的分类协同管控提供了新思路。

(3) Ran Duan, **Shuanglong Ma***, Yanbing Ma, Shengjun Xu, Guangxin Li, Haichao Fu, Xujin Wu, Jing Du, Peng Zhao*. Efficient inactivation of antibiotic resistant bacteria by iron-modified biochar and persulfate system: Potential for controlling antimicrobial resistance spread and mechanism insights. *Journal of Hazardous Materials*, 2025, 492, 138182. 中科院一区，影响因子 10.6，通讯作者

主要内容：抗生素耐药性是一项严峻的全球公共卫生威胁；质粒编码型抗生素抗

性基因 (ARGs) 广泛传播进一步加剧了这一问题。基于过硫酸盐的高级氧化工艺是一类高效消毒技术, 可实现抗生素降解、细菌灭活与抗性基因去除, 然而该技术阻断抗性基因水平转移的作用机制尚不明确。本研究通过铁改性与热解温度调控, 制备了一系列铁改性大豆秸秆生物炭 (FeSSB), 用作过硫酸盐 (PS) 活化剂。在所有受试体系中, FeSSB800/PS 体系可在 60 分钟内实现抗生素抗性细菌的完全灭活, 灭活对数达 7.04 log, 性能优于其余材料。FeSSB800 具备最多的暴露二价铁位点、丰富的碳氧官能团以及最低的电荷转移阻力, 因此拥有最优的 PS 活化能力与活性物种生成效率; 该体系可对耐药菌细胞造成不可逆损伤, 并显著抑制 RP4 质粒的转化与接合转移效率。抑制机制源于自由基的强氧化作用: 自由基破坏细胞膜结构、诱发氧化应激、阻碍 ATP 合成, 并改变细胞间黏附特性。上述结果表明, 过硫酸盐高级氧化工艺可同步灭活耐药菌、遏制抗性基因扩散, 有望成为缓解抗生素耐药性问题的有效技术手段。

(4) Wushuai Qi, Xiaodan Tang, Yan Huang*, **Shuanglong Ma***, Jingzhen Wang, Boqiang Gao, Jiale Pang, Jinge Du, Pengfei Wang, Sihui Zhan, Bing-Jie Ni, Shengjun Xu*. Electron Transfer Expressway from Peroxydisulfate to O₂ Mediated by Diatomic Sites Accelerating ¹O₂ Production for Disinfection. Environmental Science & Technology, 2025, 59, 15670–15679. 中科院一区, 影响因子 12.2, 通讯作者

主要内容: 以 ZIF-8 为前驱体, 经 700 °C 热解制备出掺氮多孔炭, 然后以金属氯化物为金属源, 根据氯盐分解温度, 经历低温 (300 °C) 和高温 (550 °C) 两次退火过程, 制备出富含双原子位点的单原子掺氮碳催化剂 (M₁-NC, M 为 Cu、Fe、Mn 和 Ni), 其中镍双原子位点 (Ni₂-N₆) 展现出最强的 PDS 激活能力, 可高效生成 ¹O₂ 用于灭活 ARB。我们发现了一种依赖外部 O₂ 浓度的抗生素降解和抗性细菌灭活的动态促进效应, 该效应通过 PDS 与 O₂ 在 Ni₂-N₆ 位点的协同作用实现, Ni₂-N₆ 介导了从 PDS 到 O₂ 的电子转移路径, 从而降低了限速步骤的能量壁垒。¹O₂ 通过破坏辅酶 Q、抑制 ATP 合成以及降解细菌胞外聚合物 (EPS) 实现灭菌, 且显著抑制了抗生素抗性基因的接合转移水平。

四、资助项目决算表

项目金额	3 万元
列出经费使用方向，包括购买实验仪器设备、耗材、图书资料、学术交流等费用。 1. 试剂耗材费，9223 元； 2. 教改论文版面费，1600 元； 3. 图书出版费，5000 元； 4. 专利费，4340 元； 5. 打印复印费，5839.6 元； 6. 学生比赛 PPT 美化费，1950 元； 7. 24 年及以前项目余额至以前年度结余，2047.4 元。	

五、考核结论

主要包括：项目完成情况，在教学水平、科研能力、团队建设、社会服务等方面完成培养计划情况，今后发展意见建议和努力方向。考核等次意见。

考核专家组长：

年 月 日

六、鉴定专家名单

姓名	职称	学科专业领域	单位	签字

七、学校意见

校长签名：
公 章
年 月 日

附件 2

河南省高等学校青年骨干教师考核结果汇总表

培养编号	学校	培养对象	项目名称	考核结论	只统计符合条件的培养期成果数量 (论文论著须标注来源，奖励专利须相关)			
					论文	论著	省级及以上 教科研奖励	专利及其他
2023GG JS028	河南农业大学	马双龙	新型生物炭活化过硫酸盐 对土壤磺胺嘧啶和氮磷流 失控制研究		4	1	0	3

注：考核结论为合格、暂缓验收、不合格。

