

陕西省科学技术进步奖公示信息

(2026年度)

一、项目基本情况

项目名称	中低度重金属-有机物污染农田土壤修复关键技术与应用
主要完成人	刘智峰，汤波，郭少波，邵先钊，李林辉，王嘉伟，房迅，惠飞龙
主要完成单位	陕西理工大学，汉环集团名鸿检测有限公司，汉中市建设项目环保工程有限公司

二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	汉中市人民政府	提名等级	☐ 一等奖 ☐ 二等奖 ☒ 三等奖
提名意见： 本项目《中低度重金属-有机物污染农田土壤修复关键技术与应用》属化学与环境学科交叉技术开发成果，针对汉江上游地区农田土壤重金属、有机物等典型农业污染问题研发磁性功能材料，产学研协同攻关，实现污减污降碳和资源综合利用的双赢。研发了磁性生物炭钝化修复稻田土壤铅镉污染技术，资源化利用水稻及油菜秸秆制备磁性生物炭材料，结合农艺措施应用于稻田土壤修复，达到农田安全生产，实现了重金属污染治理和土壤提质增效关键技术模式；研发 Fe/Cu-磁性复合材料，靶向作用细菌细胞壁，制备高效磁性抑菌材料，用于农业畜禽养污染废水的处理，从源头控制抗生素、病原菌等污染汇入农田土壤，消减有机污染贡献率，推动汉江上游地区农田重金属和有机污染控制关键技术进步，实现中低度重金属有机物污染农田绿色安全利用。 本项目授权中国发明专利 2 项、发表高水平学术论文 10 余篇，其中 SCI/EI 收录 7 篇，成果内容受到国内外知名学者在多本顶级学术期刊的积极评价。项目为秸秆生物质高值资源化利用及重金属、养殖废水污染治理提供了全方位的技术支持，在生态环境保护、保障粮食安全和改善生态环境等方面效益显著。 该项目成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术进步奖提名条件。 提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。			
说明：省科学技术进步奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖”的评审落选项目不再降格参评三等奖。项目组与提名单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目正式提交后，提名等级建议不得变更。 软科学标准计量科普类项目请勾选“二等奖”或者“三等奖”。			

三、项目简介

(限 2 页)

本成果属于化学、环境学科交叉融合的技术开发类成果，针对农田土壤中低度重金属-有机物污染典型环境问题，因地制宜提出农业废弃物高效资源化利用、土壤改良、畜禽养殖污染治理的关键技术对提高种植品质和土壤安全利用十分必要，对促进产业升级，保障该区农业可持续发展及水源地水质安全具有重要意义及广阔的应用前景。

汉江上游地区农田土壤重金属、畜禽养殖污染治理在实施过程中面临如下关键科学技术问题：中低度土壤重金属铅镉污染威胁水稻、油菜等农作物食品安全和水环境健康，对于国家南水北调水源涵养地构成负面影响；畜禽养殖产业中抗生素污染物难降解、蓄积性强，严重影响农作物品质，构成了汉江上游农业污染治理和绿色发展的“卡脖子”问题。

项目组瞄准上述关键科学技术问题，持续开展研究攻关，联合陕西理工大学、汉环集团陕西名鸿检测有限公司、汉中市建设项目环保工程有限公司组成产学研联合团队开展技术创新和推广应用，所取得如下创新性成果：

(1) 创建了磁性生物炭钝化修复稻田土壤铅镉污染技术。针对秸秆利用率低、稻田铅镉污染等问题，创建了水稻秸秆制备磁性生物炭技术，探明了镉铅在土壤-植物界面的迁移转化特征和关键影响因素，确定了田间场景中的农艺措施，研发了修复剂喷洒设备，实现稻米籽粒镉铅达标，形成钝化修复技术示范。为汉江上游流域稻田安全利用和固碳减排提供新方法。

(2) 研发了 Fe/Cu-磁性复合材料，高效处理畜禽养殖废水。针对养殖废水中病原菌、抗生素等污染问题，创新开发研制 Fe/Cu-磁性复合材料处理病原菌和抗生素污染策略；Fe/Cu 复合材料协同四环素，对细菌、真菌、耐药菌等均具有优良的杀菌性能。对磁性材料进行氮掺杂改性，引入过硫酸盐活化，有效降解畜禽养殖废水中的抗生素污染，并且低毒性，建立了一种高效、低成本、环境友好的水处理技术。

本项目知识产权权属清晰、无争议，全部论文、专利均为本项目核心支撑成果，未在历年省部级及以上科技奖励、本年度其他提名项目中重复使用，所有合作完成单位、完成人均出具知情同意证明，材料齐全规范，符合陕西省科学技术进步奖提名申报全部条件。

四、客观评价

（限 2 页。围绕创新性、应用效益和经济社会价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式作出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外重要科技奖励，国内外同行在重要学术刊物、学术专著和重要国际学术会议公开发表的学术性评价意见等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

1. 项目验收意见

陕西省科技厅组织有关专家验收，准予陕西省科技计划项目“磁性生物炭钝化修复铅镉污染稻田土壤的关键技术与示范（项目编号：2023-YBSF-334）”项目结题，技术评议结论为：该项目完成了磁性生物炭材料修复稻田土壤镉铅污染的可行性技术研究；获得省级科学技术进步二等奖 1 项，授权发明专利 2 项，发表论文 3 篇，培养研究生 1 名。

2、国内外同行学术评价

项目组于 2018 年开始研发的水稻秸秆磁性生物炭用于钝化修复镉污染，4 篇相关研究成果发表于《Environmental Research》、《Separation and Purification Technology》等国外知名期刊（SCI 收录 5 篇），总引用 134 次，本领域知名学者在《Journal of Hazardous Materials》、《Biochar》等 TOP 期刊给予了积极评价，代表性评价如下：（1）山东农业大学，诸葛玉平教授发表在《Journal of Hazardous Materials》的文章指出：“汤等研制的生物炭修复土壤后从中检测到较高的 Cd 残留含量，生物炭主要通过化学和物理吸附将重金属固定在土壤中”。（2）中国环境科学研究院刘学宇教授发表在《Biochar》的文章指出：生物炭添加改善了土壤粒径分布和孔隙结构，提高了土壤 pH 值和有机质含量，但减少了阳离子交换和总还原物质”。

项目组于 2020 年开始研发的 Fe/Zn 磁性复合材料，处理畜禽养殖废水中病原菌和抗生素污染。相关研究成果发表于环境污染治理领域 TOP 期刊《Journal of Hazardous Materials》、《Colloids and Surfaces A》，相继被 Biomaterials、ACS Applied Materials & Interfaces、Carbon 等期刊论文引用共计 14 次。

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

以国家和企业项目为依托，项目组针对土壤重金属污染、畜禽养殖废水处理等问题，成果已在陕西省汉中市、安康市、商洛市等多地应用。

（1）示范推广了磁性生物炭修复土壤镉污染技术

项目组针对秸秆面源污染、土壤镉污染等问题，聚焦秸秆热解研制磁性生物炭修复剂技术，以农业废弃物水稻秸秆为生物质，以成本低、有效性高、环境效益佳为目标，筛选的高效磁性生物炭修复剂，掌握了磁性生物炭的核心研制技术。与汉环集团陕西名鸿检测有限公司合作，于 2021-2023 年应用到该公司土壤普查和修复项目中，主要在勉县、南郑区农田镉污染土壤修复治理项目中推广使用面积约 200 亩，在勉县历史遗留金属矿山污染土壤修复治理项目中推广使用面积约 500 亩，累计经济效益约 200 万元。

（2）实现了秸秆磁性生物炭复合肥的产业化

项目组针对秸秆面源污染、土壤长期施用化肥带来的土壤酸化板、重金属污染等问题，以农业废弃物水稻秸秆为生物质，根据汉中本地土壤缺硅少磷特点，调控制备过程，研制磁性生物炭复合肥料。与汉中市建设项目环保工程有限公司合作，以水稻秸秆为主要原料，建立了磁性生物炭规模化生产模式，签订合作协议，金额 22 万元，帮助企业建设粉状、粒状磁性生物炭肥生产线，取得了显著的经济效益。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	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
1	发明专利	一种 Cu ₂ O/CuO@Ag-四环素的制备方法	中国	CN 114680136 B	2024-01-30	ZL 202210200727.9	陕西理工大学	刘智峰、房迅、王嘉伟
2	发明专利	一种土壤修复用土壤修复剂喷洒装置	中国	CN 111842472 B	2022-02-15	ZL 202010739896.0	陕西理工大学	汤波、葛红光、宋凤敏、赵晓光、冯海涛、刘军海、刘智峰、李琛、赵佐平、岳思羽
3	论文	Antibacterial effect of the metal nanocomposite on Escherichia coli	中国	org/10.1016/j.jhazmat.2024.135149	2024-07-06	Journal of Hazardous Materials	陕西理工大学	郭少波、乔艳明、刘旭、陈慧慧、王嘉伟、张田雷、季晓晖、韩豪、刘智峰（通讯作者）、栢莹、汤进
4	论文	Antibacterial properties of the flower shaped nano-CuFe ₂ O ₄ @MoS ₂ composites	中国	org/10.1016/j.colsurfa.2023.133076	2023-12-22	Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	陕西理工大学	王嘉伟、房迅、陈慧慧、杨俊鹏、邱莹、强瑞瑞、郭中山、刘全宏、周新力、刘智峰（通讯作者）、郭少波
5	论文	Adsorption Characteristics of Cd ²⁺ Ions in Aqueous Solution on Modified Straw Biochar	中国	org/10.3390/su15054373	2023-02-21	Sustainability	陕西理工大学	汤波、徐浩普、宋凤敏、刘智峰
6	论文	Effect of biochar on immobilization remediation of Cd-contaminated soil and environmental quality	中国	org/10.1016/j.envres.2021.111840	2022-03-24	Environmental Research	陕西理工大学	汤波、徐浩普、宋凤敏、葛红光、李琛、杨吾山
7	论文	Effect of Acid-Base Modified Biochar on Chlortetracycline Adsorption by Purple Soil	中国	org/10.3390/su14105892	2022-05-10	Sustainability	陕西理工大学	刘智峰、房迅、陈凌源、汤波、宋凤敏、李文斌
8	论文	Non-radical activation of peroxymonosulfate by modified activated carbon for efficient degradation of oxytetracycline: Mechanisms and applications	中国	org/10.1016/j.seppur.2024.127877	2024-05-08	Separation and Purification Technology	陕西理工大学	邸茜茜、曾霞、唐田、刘冬、师一璇、王伟、刘智峰、靳玲侠、季晓晖、邵先钊（通讯作者）

9	论文	Efficient degradation of emerging organic pollutants via activation of peroxymonosulfate over Fe-N co-doped carbon materials: Singlet oxygen and electron-transfer mechanisms	中国	org/10.1016/j.jece.2024.14286	2024-07-16	Journal of Environmental Chemical Engineering	陕西理工大学	唐田、李宇琼、邸茜茜、师一璇、刘冬、王伟、 刘智峰 、季晓晖、于小虎、 邵先钊（通讯作者）
---	----	---	----	-------------------------------	------------	---	--------	---

七、主要完成人情况表

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
刘智峰	1	副书记	教授	陕西理工大学	陕西理工大学	建立了磁性生物炭制备技术，提出了适宜汉江上游地区的稻田土壤镉污染钝化修复技术。
汤波	2	无	教授	陕西理工大学	陕西理工大学	开发了磁性生物炭修复剂田间喷洒装置，明确了农田、矿山镉污染治理迁移转化路径。
郭少波	3	无	实验师	陕西理工大学	陕西理工大学	研发了超小粒径的纳米 Ag 协同 Cu 基铁氧体复合材料，实现了畜禽养殖废水抗生素高效降解。
邵先钊	4	副院长	教授	陕西理工大学	陕西理工大学	研发了酸改性活性炭活化过氧一硫酸盐复合材料，建立了处理养殖废水中土霉素的调控技术。
王嘉伟	5	无	无	陕西理工大学	陕西理工大学	研发了 Zn/Cu-抗生素复合材料，形成了处理畜禽养殖废水病原菌治理新方法。
房迅	6	无	无	陕西理工大学	陕西理工大学	研发了 $\text{CuFe}_2\text{O}_4@\text{MoS}_2$ 复合材料，明确了材料制备方法，取得了高效抑菌性能。
李林辉	7	副总经理	高级工程师	汉环集团名鸿检测有限公司	汉环集团名鸿检测有限公司	进行磁性生物炭钝化修复稻田土壤铅镉污染技术推广示范
惠飞龙	8	副总经理	高级工程师	汉中市建设项目环保工程有限公司	汉中市建设项目环保工程有限公司	进行磁性生物炭复合肥的生产与推广。

八、主要完成单位情况表

单位名称	陕西理工大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 1.创建了磁性生物炭钝化修复稻田土壤铅镉污染技术。确定了水稻秸秆制备磁性生物炭技术，明确了田间场景中的农艺措施，研发了修复剂喷洒装置。 2.研发了 Fe/Cu-磁性复合材料，创新了 Fe/Cu-磁性复合材料处理病原菌和抗生素污染策略，建立了畜禽养殖废水中的高效处理技术。	

单位名称	汉环集团陕西名鸿检测有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 1.参与稻田土壤镉污染钝化修复技术研发； 2.进行磁性功能材料在农业污染治理中的应用推广。	

单位名称	汉中市建设项目环保工程有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 1.参与 Fe/Cu-磁性复合材料的研发； 2.进行磁性生物炭复合肥的产业化应用推广。	

九、完成人合作关系说明

序号	合作方式	合作者/ 项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
1	共同知识产权、共同论文	汤波/2 刘智峰/1	2022.02	2023.01	专利：一种土壤修复用土壤修复剂喷洒装置 论文：Adsorption Characteristics of Cd ²⁺ Ions in Aqueous Solution on Modified Straw Biochar
2	共同立项	邵先钊/4 王嘉伟/6 房迅/7 刘智峰/1	2023.01	2024.12	项目：陕西省科技计划项目“磁性生物炭钝化修复铅镉污染稻田土壤的关键技术与示范”（2023-YBSF-334）
3	共同论文	邵先钊/4 刘智峰/1	2023.01	2024.06	论文 1: Efficient degradation of emerging organic pollutants via activation of peroxymonosulfate over Fe-N co-doped carbon materials: Singlet oxygen and electron-transfer mechanisms 论文 2: Non-radical activation of peroxymonosulfate by modified activated carbon for efficient degradation of oxytetracycline: Mechanisms and applications
4	共同论文、共同知识产权	王嘉伟/6 房迅/7 刘智峰/1	2022.07	2024.12	论文：Antibacterial effect of the metal nanocomposite on Escherichia coli; Antibacterial properties of the flower shaped nano-CuFe ₂ O ₄ @MoS ₂ composites 专利：一种 Cu ₂ O/CuO@Ag-四环素的制备方法
5	共同立项	李林辉/5 惠飞龙/8 刘智峰/1	2022.10	2023.12	项目：汉中农用地土壤污染治理与修复技术开发应用