

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	多策略协同型自修复有机硅功能材料关键技术及产业化
主要完成人	郑楠、刘杰、李文戈、汪国庆、卢久富、郭欣雨、何志龙
主要完成单位	陕西理工大学、陕西希泰兴邦材料科技有限公司、汉中希泰智合新材料有限公司、上海海事大学、海南大学

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： 该项目由陕西理工大学郑楠教授团队主持完成，联合陕西希泰兴邦材料科技有限公司、汉中希泰智合新材料有限公司、上海海事大学、海南大学共同攻关，围绕海洋装备表面防污及工业密封领域重大需求，针对传统低表面能有机硅材料固化条件苛刻、功能单一、易损伤失效、与基材粘接强度不足等技术瓶颈，开展近十年系统研究，取得显著创新成果。项目形成了多策略协同型自修复有机硅功能材料关键技术体系，突破了致密多壳层微胶囊构筑、外援与本征协同自修复机制、光固化有机硅/氟橡胶材料制备、海洋防污涂层长效防污及金属配合物功能化等关键技术，形成自主知识产权体系。项目依托秦创原创新驱动平台，通过陕西希泰兴邦材料科技有限公司与汉中希泰智合新材料有限公司（秦创原春种基金孵化及“三项改革”科技成果转化企业）实现成果工程化和产业化，在海洋防污、工业密封等领域推广应用，取得显著的经济社会效益。经审查，项目成果材料齐全规范，主要完成人及完成单位排序无争议，知识产权归属清晰，符合《陕西省科学技术奖励办法》规定的提名条件。经研究，同意提名申报 2026 年度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)

本项目围绕海洋装备与设施表面防污及工业密封领域对高性能低表面能材料的重大需求，针对传统有机硅材料固化条件苛刻、功能单一、粘接性能不足、易损伤失效等关键技术瓶颈，开展近十年系统研究，建立了多策略协同型自修复有机硅功能材料设计理论与关键技术体系。

在自修复与光固化技术方面，发展了外援型微胶囊与本征型动态键协同的多策略自修复技术，结合 UV/湿气双重固化体系，实现了涂层损伤后的高效自修复；同时将光固化技术拓展至氟橡胶体系，开发了光固化氟橡胶密封材料及复合密封垫片制备技术，实现了低表面能材料从表面防护涂层到功能密封元件的跨场景应用。在海洋防污技术方面，构建了包含致密多壳层微胶囊和银纳米粒子的多功能微纳复合涂层体系，通过低表面能基体、防污剂稳态缓释、仿生微纳结构和 Ag^+ 释放多重机制协同，实现了海洋环境下涂层长效防污。在功能化拓展方面，设计合成了具有光催化活性和荧光响应特性的铜锌异双核配合物，拓展了金属配合物在功能材料领域的应用。

项目成果已在多家企事业单位实现推广应用，覆盖海洋装备防污及工业密封等领域，用户反馈良好。项目依托秦创原创新驱动平台，通过“三项改革”政策支持下的科技成果转化，实现了核心技术的产业化落地，取得了显著的经济社会效益。

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. 科技查新

本项目委托教育部科技查新工作站（L29）进行国内外科技查新。查新结论表明国内外未出现与本项目创新点相同的文献报道，项目研究成果具有新颖性和创造性。

2. 学术成果

项目代表性成果以学术论文形式发表于 Nano Research（IF 9.4）、Journal of Materials Science & Technology（IF 16.8）、Advanced Composites and Hybrid Materials（IF 15.5）、Composites Communications、Reactive and Functional Polymers、Polymers、Royal Society Open Science 等国际权威学术期刊，其中发表于 Nano Research 的文章“Robust UV/moisture dual curable PDMS-microcapsule-silica functional material for self-healing, antifouling, and antibacterial applications”2023 年入选 ESI 高被引论文。授权国家发明专利 10 余项，形成较完善的自主知识产权体系。

3. 项目验收

本项目依托的国家自然科学基金项目（批准号：52003148）“多孔微胶囊防污剂/新型氟硅嵌段共聚物仿生防污涂层的微结构设计及协同防污机制研究”已通过国家自然科学基金委员会审核，准予结题。

4. 产业化验证

项目成果已完成产业化转化，在多家企事业单位实现规模化应用，产品性能稳定可靠，市场反馈良好。

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

项目成果已在海洋装备防污及工业密封等领域实现推广应用。上海暄洋化工材料科技有限公司、江西省福思特密封科技有限公司、台州市驰越密封件有限公司、四川暄洋新材料科技有限公司及中国科学院西安光机所等单位先后应用了本项目的技术成果。经各应用单位实际使用验证，产品性能稳定可靠，能够满足相关领域的使用要求，取得了显著的经济效益和社会效益。

项目团队依托陕西省“三项改革”政策和秦创原创新驱动平台，在秦创原春种基金支持下先后成立陕西希泰兴邦材料科技有限公司和汉中希泰智合新材料有限公司，完成了项目成果的工程化与产业化转化，形成了从实验室研发到规模化生产的完整转化链条，有效推动了项目成果的市场应用和产业化落地。

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	论文	Robust UV/moisture dual curable PDMS-microcapsule-silica functional material for self-healing, antifouling, and antibacterial applications	中国	2023, 16(5): 7810–7819	2023 年 3 月 14 日	Nano Research	陕西理工大学	Nan Zheng, Jie Liu*, Guoqing Wang, Pan Yao, Lihong Dang, Ze Liu, Jiufu Lu, Wenge Li*
2	论文	Multi-strategy combined bionic coating for long-term robust protection against marine biofouling	中国	2025, 210: 265–277	2024 年 6 月 1 日	Journal of Materials Science & Technology	陕西理工大学	Nan Zheng, Bo Jia, Jie Liu*, Xiaojun Wang, Duo Zhang, Hairan Zhang, Guoqing Wang*
3	论文	Fast self-healing and antifouling polyurethane/fluorinated polysiloxane-microcapsules-silica composite material	瑞士	2022, 5: 1899–1909	2022 年 6 月 21 日	Advanced Composites and Hybrid Materials	陕西理工大学	Jie Liu [#] , Nan Zheng ^{#*} , Zonglin Li, Ze Liu, Guoqing Wang, Lishuang Gui, Jing Lin*
4	论文	Microcapsules of multilayered shell structure synthesized via one-part strategy and their application in self-healing coatings	英国	2019, 12: 26–32	2018 年 12 月 18 日	Composites Communications	陕西理工大学	Nan Zheng, Lei Qiao, Jie Liu, Jiufu Lu, Wenge Li, Chunmei Li, Qing

								Liu, Ying Xue, Qiuyu Zhang*
5	论文	Design of robust superhydrophobic coatings using a novel fluorinated polysiloxane with UV/moisture dual cure system	荷兰	2019, 143: 104329–104335	2019年7月19日	Reactive & Functional Polymers	陕西理工大学	Nan Zheng, Xuan Zhang, Xin Min, Jie Liu*, Wenge Li*, Xiaohui Ji
6	论文	TO/TMMP-TMTGE double-healing composite containing a transesterification reversible matrix and tung oil-loaded microcapsules for active self-healing	瑞士	2019, 11: 1127–1141	2019年7月2日	Polymers	陕西理工大学	Nan Zheng*, Jie Liu, Wenge Li*
7	论文	Enhanced antifouling and antibacterial performances of novel UV-curable polysiloxane/microcapsules/Ag composite coatings for marine applications	英国	2024, 11(6): 240090–240102	2024年6月5日	Royal Society Open Science	陕西理工大学	Ze Liu, Nan Zheng*, Jie Liu, Bo Jia, Xiaojun Wang, Pan Yao, Yayu Zhang, Fu Xia, Xinyu Guo
8	发明专利	光固化氟橡胶、合成方法、复合密封垫片和应用	中国	ZL 2022 11551294.8	2024年2月13日	第 6713761 号	陕西希泰兴邦材料科技有限公司	刘杰, 闵欣, 郑楠, 刘晶, 何志龙
9	发明专利	一种铜锌异双核 Schiff 碱配合物的制备方法及其应用	中国	ZL 2022 10291422.3	2023年11月28日	第 6520787 号	陕西理工	郑楠

							大学	
10	发明专利	一种含有 Schiff 碱结构的铜锌异双核配合物 及其制备方法和应用	中国	ZL 2022 10292260.5	2023 年 8 月 29 日	第 6283591 号	陕西理工大学	刘杰

七、主要完成人情况表

姓 名	郑楠	排 名	1
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	陕西理工大学		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 作为项目负责人，提出多策略协同型自修复有机硅功能材料关键技术体系，全面负责项目总体规划、技术研发与实施工作。			

姓 名	刘杰	排 名	2
行政职务	陕西希泰兴邦材料科技有限公司、汉中希泰智合新材料有限公司创始人、负责人		
技术职称	教授		
工作单位	陕西理工大学		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责多策略协同型自修复有机硅功能材料的技术体系设计与性能评价方法建立，推动项目成果从技术突破到产业化落地的全过程技术实施。			

姓 名	李文戈	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	上海海事大学		
完成单位	上海海事大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责海洋防污涂层的涂装工艺方案设计，完成涂层应用性能数据的采集与分析，为成果在船舶装备上的应用提供技术支撑。			

姓 名	汪国庆	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	海南大学		
完成单位	海南大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责热带海洋环境下的挂板试验实施，完成南海实海环境中防污涂层的长期暴露试验与性能跟踪评估。			

姓 名	卢久富	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	陕西理工大学		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责金属配合物的合成路线设计与结构表征，完成光催化活性与荧光响应性能评价研究。			

姓 名	郭欣雨	排 名	6
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	陕西理工大学		
完成单位	陕西理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 负责防污微胶囊的规模化生产工艺开发与产品标准化，以及防污涂料的市场推广与技术应用服务。			

姓 名	何志龙	排 名	7
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	陕西希泰兴邦材料科技有限公司		
完成单位	陕西希泰兴邦材料科技有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责光固化氟橡胶产品的规模化生产管理与过程质量管控。			

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：	
项目牵头单位。提供实验室和研究设备，组织项目总体设计与实施；承担核心研究工作；培养研究生团队，为项目提供人才支撑。	

单位名称	陕西希泰兴邦材料科技有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	
秦创原春种基金孵化企业。负责项目成果的市场推广与产业化应用，承担产品销售的渠道建设、技术服务及客户对接，推动项目成果实现规模化市场应用。	

单位名称	汉中希泰智合新材料有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	
产业化应用平台。负责项目成果的规模化生产工艺开发与过程管控，提供产业化生产场地与条件，保障产品的稳定量产与质量一致性。	

单位名称	上海海事大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	
提供船舶涂层应用研究条件与技术指导，负责海洋防污涂层的涂装工艺方案设计及涂层性能数据分析，为成果在船舶装备上的应用提供技术支撑。	

单位名称	海南大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：	
提供热带海洋环境试验条件，协助完成南海实海环境下的防污涂层挂板试验与长期性能跟踪评估。	

完成人合作关系说明

项目完成人为郑楠、刘杰、李文戈、汪国庆、卢久富、郭欣雨、何志龙，完成单位为陕西理工大学、陕西希泰兴邦材料科技有限公司、汉中希泰智合新材料有限公司、上海海事大学、海南大学。上述人员均有与本项目有关的论文、专利、科研项目等。具体见完成人合作关系情况汇总表。

完成人合作关系情况汇总表

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	证明材料
1	论文合著	郑楠/1, 刘杰/2, 汪国庆/3, 卢久富/7, 李文戈/8	2021年1月14日	2023年3月14日	Robust UV/moisture dual curable PDMS-microcapsule-silica functional material for self-healing, antifouling, and antibacterial applications	论文全文、论文检索证明
2	论文合著	郑楠/1, 刘杰/3, 汪国庆/7	2021年5月8日	2024年6月1日	Multi-strategy combined bionic coating for long-term robust protection against marine biofouling	论文全文、论文检索证明
3	论文合著	郑楠/1, 刘杰/2, 汪国庆/5	2020年3月19日	2022年6月21日	Fast self-healing and antifouling polyurethane/fluorinated polysiloxane-microcapsules-silica composite material	论文全文、论文检索证明
4	论文合著	郑楠/1, 刘杰/3, 卢久富/4, 李文戈/5	2018年8月22日	2018年12月18日	Microcapsules of multilayered shell structure synthesized via one-part strategy and their application in self-healing coatings	论文全文、论文检索证明
5	论文合著	郑楠/1, 刘杰/4, 李文戈/5	2019年5月24日	2019年7月19日	Design of robust superhydrophobic coatings using a novel fluorinated polysiloxane with UV/moisture dual cure system	论文全文、论文检索证明
6	论文合著	郑楠/1, 刘杰/2, 李文戈/3	2019年5月14日	2019年7月2日	TO/TMMP-TMTGE double-healing composite containing a transesterification reversible matrix and tung oil-loaded microcapsules for active	论文全文、论文检索证明

					self-healing	
7	论文合著	郑楠/2, 刘杰/3, 郭欣雨/9	2024 年 2 月 18 日	2024 年 6 月 5 日	Enhanced antifouling and antibacterial performances of novel UV-curable polysiloxane/microcapsules/Ag composite coatings for marine applications	论文全文、论文检索证明
8	共同知识产权	刘杰/1, 郑楠/3, 何志龙/5	2021 年 12 月 5 日	2024 年 2 月 13 日	光固化氟橡胶、合成方法、复合密封垫片和应用	说明书全文、发明专利证书