

2026 年度湖北省科学技术奖公示材料（自然科学）

项目名称、提名者及提名意见、项目简介、代表性论文专著目录、主要完成人（完成单位）

项目名称	基于近场动力学的力化耦合理论及应力腐蚀机理研究		
提单位	华中科技大学	提名等级	一等奖
提名意见	<p>腐蚀环境下工程材料跨尺度损伤开裂呈现极具挑战的力-化耦合非线性特征。传统连续介质力学与局部模型在处理固液移动边界及突变时，常面临数学奇异性瓶颈。“基于近场动力学的力化耦合理论及应力腐蚀机理研究”项目直击极端环境应力腐蚀开裂这一核心科学难题，创造性发展了力化耦合近场动力学非局部理论，取得极具国际影响力的原创突破：① 创立全耦合力化近场动力学理论。突破传统模型严重依赖人工预设界面条件的局限，率先将腐蚀扩散与力学退化统一于空间积分体系，攻克了“点蚀-裂纹”自发转化与复杂界面追踪的建模难题；② 揭示应力辅助腐蚀界面的多场耦合机制。探明多场对流扩散演化规律，量化解析力学载荷加剧损伤与扩散平滑界面的竞争机制，率先提出维持腐蚀前沿稳定、抑制应力腐蚀失稳的临界安全应力判据；③ 探明微观非均质对弹塑性开裂的诱导机制。构建无网格离散位错动力学模型，无需预设路径即可精准捕捉微观位错与裂纹扩展的交互作用，从物理底层阐明了微观演化控制宏观断裂的内在机制。</p> <p>项目代表作发表于《JMPS》《CMAME》等国际力学顶尖期刊。理论成果获 Z. P. Bazant、J. N. Reddy 等著名学者高度评价，核心成果斩获国际腐蚀工程师协会最佳论文奖。</p> <p>该项目在非局部断裂力学与腐蚀环境力学交叉领域做出了重大原创贡献，特提名“基于近场动力学的力化耦合理论及应力腐蚀机理研究”申报 2026 年度湖北省自然科学奖一等奖。</p>		

<p>项目简介</p>	<p>本项目属于工程力学与材料腐蚀科学的交叉前沿领域。工程材料在极端环境下的应力腐蚀开裂是导致航空航天、核电与深海重大装备发生灾难性失效的隐形杀手。传统基于偏微分方程的连续介质力学与局部电化学扩散模型在处理复杂的固液移动边界、特别是“点蚀坑自发向裂纹转化”这一力学不连续突变过程时，不可避免地遭遇数学奇异性瓶颈，导致无法真实重现损伤演化全过程。</p> <p>针对上述重大工程与基础科学挑战，本项目基于近场动力学这一非局部宏微观断裂力学理论，历经多年攻关，系统开展了力化耦合理论及应力腐蚀机理研究，取得了以下三大重要科学发现：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 创立了腐蚀损伤演化与力化耦合的非局部理论体系，攻克了“点蚀-裂纹”自发转化的建模难题。项目突破了传统模型极度依赖人工预设临界阈值的理论局限，在国际上率先提出全耦合力化近场动力学理论模型。通过在积分空间内定义相互依存的表征阳极溶解的“扩散键”与表征力学退化的“机械键”，成功实现了腐蚀界面形貌演变、扩散腐蚀层退化与微裂纹成核扩展在单一数学框架内的自发捕捉。2. 揭示了多场对流扩散的演化规律与应力辅助腐蚀界面的稳定性物理机制。针对真实流体环境中的腐蚀行为，项目提出了对流-反应-扩散多场耦合近场动力学模型，有效克服了传统局部模型的数值耗散难题。同时，量化探明了力学载荷加剧界面粗糙化与电解液扩散平滑界面的竞争机制，首次提出了维持腐蚀前沿表面稳定、抑制应力腐蚀失稳的“临界安全应力”解析判据。3. 探明了微观晶体非均质性对弹塑性开裂的非局部诱导机制。为彻底解析应力腐蚀末期的微观断裂失稳，项目建立了基于离散位错叠加的近场动力学模型，无需预设裂纹扩展路径即可精准刻画位错与微裂纹的交互作用。揭示了不同晶体取向向下微观位错运动演化对宏观韧脆断裂模式的底层控制机制。 <p>项目成果共在《Journal of the Mechanics and Physics of Solids》、《International Journal of Plasticity》、</p>
-------------	---

		<p>《Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering》等权威期刊发表学术论文七十余篇，获 2020 国际腐蚀工程师协会最佳论文奖（全球第四位华人获奖者）及 2021-2023 年度湖北省优秀科技论文奖，核心成果获美国腐蚀工程师协会会刊《NACE International》，美国润滑与摩擦工程师学会杂志《Tribology and Lubrication Technology》，以及中国国家材料环境腐蚀平台主办的中国腐蚀与防护网等媒体大篇幅报道。项目成果还受到铁摩辛柯奖得主 Z. P. Bazant 院士和 J. N. Reddy 院士、近场动力学创始人 S. Silling 博士、陶文铨院士、柯伟院士、冯西桥院士等国际顶尖学者的广泛引用，被评价为“systematic and impactful”工作。</p>								
主要完成人 (完成单位)		陈子光（华中科技大学）、范帅棋（华中科技大学）、田陈文（华中科技大学）、董文博（华中科技大学）								
序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年、卷、 页码	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 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	A coupled mechano-chemical peridynamic model for pit-to-crack transition in stress-corrosion cracking / <i>Journal of the Mechanics and Physics of Solids</i> / Ziguang Chen, Siavash Jafarzadeh, Jiangming Zhao, Florin Bobaru	2021、 146、 104203	2021-01-01	陈子光、 F. Bobaru	陈子光	陈子光		SCI	是	否
2	Surface stability in stress-assisted corrosion: a peridynamic investigation / <i>Electrochimica Acta</i> / Shuaiqi Fan, Chenwen Tian, Yunpeng Liu, Ziguang Chen	2022、 423、 140570	2022-05-18	陈子光	范帅棋	范帅棋、 田陈文、 刘云鹏、 陈子光		SCI	否	否

3	A peridynamic model for advection-reaction-diffusion problems / <i>Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering</i> / Chenwen Tian, Shuaiqi Fan, Juan Du, Zhikun Zhou, Ziguang Chen, Florin Bobaru	2023、415、116206	2023-06-21	陈子光	田陈文	田陈文、范帅棋、杜娟、周志昆、陈子光		SCI	是	否
4	腐蚀损伤模型研究进展 / <i>固体力学学报</i> / 陈子光	2019、40、100-113	2019-04-01	陈子光	陈子光	陈子光			否	是 (CN 42-1250/O3)
5	单晶 I 型弹塑性开裂取向效应的离散位错动力学-近场动力学研究 / <i>固体力学学报</i> / 董文博, 陈子光	2023、44、565-577	2023-03-16	陈子光	董文博	董文博、陈子光			否	是 (CN 42-1250/O3)