

# 陕西省自然科学奖公示信息

(2025年度)

## 一、项目基本情况

项目名称	微纳米分级结构设计与电催化特性增强机制
主要完成人	马飞，陈冠君，孙兰，信红强，罗巧梅
主要完成单位	西安交通大学

## 二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 二等奖及以上
<p>提名意见：</p> <p>项目针对电解水制氢、燃料电池等新型能源产生和使用过程中催化材料活性与稳定性之间的天然矛盾，基于异质界面构筑、表面缺陷调控、层间金属脱嵌、载体协同锚定设计，从传质过程、电子结构和界面反应三个层面，深入探究了微纳米分级结构协同提升电催化活性与稳定性的机制，基于此，开发出系列高性能、低成本的低贵金属负载或非贵金属催化材料。具有重要的学术价值和潜在应用价值，特此提名陕西省自然科学二等奖。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，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。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

## 二、提名意见（适用于专家提名）

[illegible]

### 三、项目简介

随着全球能源转型与“碳中和”战略的深入推进，高效、清洁的电化学能源转换技术（如电解水制氢、燃料电池等）已成为学术界和业界关注的焦点。其商业化规模应用很大程度上取决于电催化反应的效率与成本。当前，贵金属（如 Pt、IrO<sub>2</sub>）基催化剂材料性能优异，但因其高昂的价格和资源稀缺性难以大规模应用。因此，开发高性能、低成本的低贵金属负载或非贵金属催化材料是亟待突破的技术瓶颈。

**通常，催化材料的活性与稳定性之间存在天生的矛盾。**本项目立足于材料结构创新，基于异质界面构筑、表面缺陷调控、层间金属脱嵌、载体协同锚定设计，从传质过程、电子结构和界面反应三个层面，深入探究微纳米分级结构协同提升电催化活性与稳定性的机制。主要研究内容和发现点如下：

**(1) 建立了基于机器学习和高通量计算的电催化材料智能设计新方法。**针对过渡金属磷（硫）化合物体系庞大、电催化电解水制氢的物理化学过程复杂、研发周期长、成本高的国际性难题，项目系统研究阐明了材料表界面电子相互作用规律及缺陷、应变等对性能的调控机制，构建了涵盖材料物理特性与电化学行为的关键数据库，建立了结合机器学习与高通量计算进行快速筛选与理性设计的新范式，为高效电解水催化剂研发提供了全新的理论工具和设计原则。[代表作 1、3、5]

**(2) 提出了协同提升电催化材料“表观活性”、“本征活性”、“导电性”与“稳定性”的多重策略。**创新性地通过构筑微纳米中空分级结构，并同步引入空位缺陷、掺杂、应变等多种活性调控手段，成功解决了催化活性与导电性、活性与稳定性之间的固有矛盾。所开发的新型催化剂表现出超越商用 Pt/C 电极 8 倍的超高析氢活性，技术指标国际领先。同时，提出的低维材料“限域效应”与“分散作用”协同策略，为同时增强催化活性、导电性和稳定性提供了普适性方案。[代表作 1-4]

**(3) 开创了解决 Pt 基催化剂 CO 中毒问题、实现活性与稳定性协同提升的新途径。**针对甲醇燃料电池中 Pt 催化剂易中毒失活的核心痛点，项目另辟蹊径，通过构建表面富羟基特性与三维限域结构的微纳米分级催化剂，并结合缺陷工程、多元合金化等技术，有效促进了 CO 的氧化与脱附，优化了电子结构，在显著降低贵金属用量的同时，大幅提升了催化活性和抗中毒稳定性（稳定性测试后活性保留超 84%），为低成本、长寿命燃料电池电极的开发奠定了坚实基础。[代表作 2、5]。

项目执行期间相关研究成果在 **ACS Nano, Applied Catalysis B: Environmental** 等国际知名学术期刊发表 **SCI 论文 36 篇**，累计他引 **1376 次**，其中 **3 篇论文入选 ESI 高被引**，应邀在 **Coordination Chemistry Reviews** 国际顶级期刊发表综述论文 **1 篇**；**授权国家技术发明专利 10 件**。其中 5 篇论文代表作在 *Angew Chem Int Edit*、*Adv Mater*、*Adv Sci*、*Chem Soc Rev*、*Nano Energy*、*Adv Funct Mater*、*Adv Energy Mater*、*ACS Nano* 等国际著名学术期刊，被中国科学院院士汪尔康研究员、中国工程院外籍院士孙学良教授、欧洲科学院院士 Matthias Driess 教授、香港工程科学院院士 Paul K.

Chu 教授、国家杰出青年基金获得者王双印教授、李春忠教授、夏宝玉教授、邹如强教授、杜亚平教授等科研团队正面引用。代表作 4, 5 在凤凰网陕西、科研公众号邃瞳科学云等转载。以本项目的成果为重要研究基础，项目负责人获批科技部国家重点研发计划“氢能技术”专项项目“电解水高压氢电解堆及系统关键技术”的子课题、陕西省杰出青年基金项目、陕西省关键核心技术产业化“揭榜挂帅”项目“低成本高效率全解水制氢电极材料的研究与开发”的立项支持，获第十二届陕西青年科技奖、陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖二等奖（第一完成人）。基于与西安泰金新能科技股份有限公司等合作开发的系列低成本、高效率全解水制氢电极材料进行小试中试，拟建设应用示范线 4 条，用于该项目的成果转化，建成后年新增销售收入 3000 万元，年新增税收 500 万元，年新增利润 500 万元（见应用证明）。项目负责人应邀在兰州大学、山西师范大学、陕西科技大学、宁夏大学、河南科技大学等高校讲学；担任先进功能薄膜材料与表面涂层丝路国际研讨会副主席、材料前沿及交叉科学高层论坛主席，应邀在第三届可持续能源发展国际会议等国内外学术会议做邀请报告 10 余次。

## 四、客观评价

【限 2 页。围绕科学发现点的原创性、公认度和科学价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价内容要有客观依据，主要包括国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，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。】

大力发展电化学能源技术、突破核心材料和技术瓶颈对我国实现双碳目标和保障能源安全具有重要战略意义。高活性电极材料的低成本制备是推进电化学能源技术规模化发展的技术关键。项目执行期间相关研究成果在 **ACS Nano, Applied Catalysis B: Environmental** 等国际知名学术期刊发表 SCI 论文 36 篇，累计他引 1376 次，其中 3 篇论文入选 ESI 高被引，应邀在 **Coordination Chemistry Reviews** 国际顶级期刊发表综述论文 1 篇；授权国家技术发明专利 10 件。其中 5 篇论文代表作在 *Angew Chem Int Edit*、*Adv Mater*、*Adv Sci*、*Chem Soc Rev*、*Nano Energy*、*Adv Funct Mater*、*Adv Energy Mater*、*ACS Nano* 等国际著名学术期刊，被中国科学院院士汪尔康研究员、中国工程院外籍院士孙学良教授、欧洲科学院院士 Matthias Driess 教授、香港工程科学院院士 Paul K. Chu 教授、国家杰出青年基金获得者王双印教授、邵宗平教授、黄少铭教授、李春忠教授、夏宝玉教授、邹如强教授、杜亚平教授等科研团队正面引用。代表作 4, 5 在凤凰网陕西、科研公众号邃瞳科学云等转载。典型引用与评价情况如下：

**(1) 围绕低成本、高性能电解水催化剂材料设计，我们提出了通过构筑微纳米中空多孔分级结构，协同提升传质、活性和导电性的策略**[代表作 1、3、5]。全球高被引学者 Maria Magdalena Titirici 教授在其综述文章中指出我们所制备的 3D  $\text{MoSe}_2/\text{NiSe}_2$  NWs@CFP 分级结构不仅可充分暴露活性位点而且引入的高导电  $\text{NiSe}_2$  相有助于电子由电极向活性位点的快速转移[*Green Chem.* 2020, 22, 4747]。国家杰出青年基金获得者夏宝玉教授、邹如强教授、杜亚平教授、李春忠教授评价我们设计的微纳米中空多孔分级结构催化剂可通过界面强约束展现出更好的电催化性能[*Adv Funct Mater*, 2023, 33, 2208358; *Chem Soc Rev*, 2024, 506, 215726; *Chem Soc Rev*, 2024, 518, 216111; *Chem. Soc. Rev.* 2022, 51, 4583]。法国电化学领域著名科学家 Marian Chatenet 教授评价我们开发出的磷化物电催化材料在酸性条件下活性极高[*Chem. Soc. Rev.* 2022, 51, 4583]。德国 Wuppertal 大学 Adam Slabon 教授、贝尔法斯特女王大学 Ahmed I. Osman 教授等在其发表论文中正面引用我们的成果，并充分肯定了我们设计的中空多孔分级结构对改善电子结构、导电性、析氢活性与稳定性的重要作用[*Nano Research*, 2025, 18, 94907213; *Environmental Chemistry Letters*, 2023, 21, 2583-2617]。

**(2) 借助于等离子体激活、元素非对称扩散等方式，在微纳米分级结构电极材料中引入缺陷、金属元素掺杂、晶格应变，多策略协同增强电催化性能**[代表作 1-4]。欧洲科学院院士 Matthias Driess、德国国家科学院院士 Matthias Driess 教授、美国纳米技术水处理工程研究中心 Sergi Garcia-Segura 教授、韩国科学技术高等研究院 Cafer T. Yavuz 教授、国家杰出青年基金获得者邵宗平教授、黄少铭教授等分别引用我们的

研究成果说明, 通过电化学脱钠方法引入的晶格应变以及 Co 位点表面微环境变化对于层状氧化物超越贵金属催化活性发挥了关键作用[Adv. Mater., 2022, 2108432; Curr. Opin. Electroche. 2022, 35, 101062; J. Mater. Chem. A, 2022, 10, 20218; Appl. Phys. Rev. 2022, 9, 011422; Adv. Funct. Mater. 2022, 2201011]。上海交大化学化工学院马紫峰讲席教授发表的综述论文大篇幅引用我们文章和数据(Adv. Funct. Mater. 2025, 2424141)。国家杰出青年基金获得者王双印教授和韩国中央大学 Soo Young Kim 教授分别发表论文正面评价我们设计的过渡金属硫系化合物微纳米分级结构 HER 性能的增强作用[J. Power Sources, 2018, 403, 90; Electrochim. Acta, 2018, 292, 136]。深圳大学特聘教授张晗课题组在综述论文中充分肯定了我们通过 Ni-Co-P 中空结构和氮掺杂的协同作用增强析氢催化活性和提升传质速度的结构设计策略[Coordin. Chem. Rev. 2021, 449, 214209]。挪威阿格德尔大学著名材料科学家 Mohan Lal Kolhe 教授等正面引用我们的研究结果, 说明磷原子空位缺陷对提高磷化物 HER 催化活性和加快反应动力学过程的重要作用[Energies 2021, 14, 8535]。

**(3) 我们提出利用低维材料负载/包裹的“分散作用”和“限域效应”, 破解电催化材料“活性”和“稳定性”往往难以兼顾的难题**[代表作 2、5]。相关结果被欧洲科学院院士 Joachim Maier、中国工程院外籍院士孙学良、中国科学院院士张锁江等的研究团队分别引用[Chem. Soc. Rev. 2020, 49, 1569; Adv. Funct. Mater. 2021, 2010526; Appl. Surf. Sci. 2020, 522, 146507]。中国科学院院士汪尔康研究员引用我们的研究结果说明, 具有强界面相互作用的微纳米分级结构催化剂材料是提升电催化活性的有效策略[Phys. Chem. Chem. Phys. 2019, 21, 21185]。Joachim Maier 院士对我们获得的界面限域分级结构材料电化学特性的评价为“*Remarkable capacity*”、“*Excellent rate capability*”。评审人对发表在 J. Mater. Chem. A 2020, 8, 10337 上的研究结果予以了高度评价“*The results are interesting and this topic is meaningful for the future green-economy*”。加拿大三院院士、国际电化学能源科学院创始人、全球材料科学领域排名 TOP100 的材料科学家张久俊教授正面引用我们的研究结果[J. Mater. Chem. A, 2021, 9, 20320]。广西大学沈培康教授大篇幅引用并肯定了我们关于微纳米分级结构技术策略在增强催化剂长效循环稳定性方面的可靠性[J. Mater. Chem. A, 2019, 7, 22189]。国家杰出青年科学基金获得者杜亚平教授在其综述文章中引用并评价我们设计的微纳米分级结构催化剂可通过界面强约束展现出更好的电催化性能[Coordin. Chem. Rev. 2024, 518, 216111]。多相催化领域著名专家、苏黎世联邦理工学院 Jeroen A. van Bokhoven 教授引用我们的研究结果说明, MOFs 衍生的纳米结构在提升 Pt 基金属催化剂电催化特性方面的可行性[Chem. Soc. Rev. 2022, 51, 188]。项目负责人担任先进功能薄膜材料与表面涂层丝路国际研讨会副主席、材料前沿及交叉科学高层论坛主席, 应邀在第三届可持续能源发展国际会议等国内外学术会议做邀请报告 10 余次。

## 五、代表性论文专著目录

(不超过 8 条, 其中代表性论文不超过 5 篇, 代表性专著不超过 3 部)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (x 年 xx 卷 xx 页)	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Mace-like hierarchical MoS <sub>2</sub> /NiCo <sub>2</sub> S <sub>4</sub> composites supported by carbon fiber paper: An efficient electrocatalyst for the hydrogen evolution reaction	Journal of Power Sources	Sun, Lan; Wang, Tao; Zhang, Long; Sun, Yunjin; Xu, Kewei; Dai, Zhengfei; Ma, Fei	2018 年 377 卷 142-150 页	2018. 2.15	Ma, Fei	Sun, Lan	Sun, Lan; Wang, Tao; Zhang, Long; Sun, Yunjin; Xu, Kewei; Dai, Zhengfei; Ma, Fei	100	SC I	是
2	Synergistic effects of platinum-cerium carbonate hydroxides-reduced graphene oxide on enhanced durability for methanol electro-oxidation	Journal of Materials Chemistry A	Chen, Guanjun; Dai, Zhengfei; Sun, Lan; Zhang, Long; Liu, Shuai; Bao, Hongwei; Bi, Jinglei; Yang, Shengchun; Ma, Fei	2019 年 7 卷 656 2-6571 页	2019. 3.21	Ma, Fei; Dai, Zhengfei	Chen, Guanjun	Chen, Guanjun; Dai, Zhengfei; Sun, Lan; Zhang, Long; Liu, Shuai; Bao, Hongwei; Bi, Jinglei; Yang, Shengchun; Ma, Fei	48	SC I	是



3	Interface oxygen vacancy enhanced alkaline hydrogen evolution activity of cobalt-iron phosphide/CeO <sub>2</sub> hollow nanorods	Chemical Engineering Journal	Luo, Qiaomei; Zhao, Yiwei; Sun, Lan; Wang, Chen; Xin, Hongqiang; Song, Jiaxin; Li, Danyang; Ma, Fei	2022年437卷135-376	2022.6.1	Ma, Fei	Luo, Qiaomei	Luo, Qiaomei; Zhao, Yiwei; Sun, Lan; Wang, Chen; Xin, Hongqiang; Song, Jiaxin; Li, Danyang; Ma, Fei	58	SCI	是
4	Lattice strain and atomic replacement of CoO <sub>6</sub> octahedra in layered sodium cobalt oxide for boosted water oxidation electrocatalysis	Applied Catalysis B-Environmental	Sun, Lan; Dai, Zhengfei; Zhong, Lixiang; Zhao, Yiwei; Cheng, Yan; Chong, Shaokun; Chen, Guanjun; Yan, Chunshuang; Zhang, Xiaoyu; Tan, Huiteng; Zhang, Long; Khang Ngoc Dinh; Li, Shuzhou; Ma, Fei; Yan, Qingyu	2021年297卷120-477	2021.11.15	Ma, Fei; Dai, Zhengfei; Yan, Qingyu	Sun, Lan	Sun, Lan; Dai, Zhengfei; Zhong, Lixiang; Zhao, Yiwei; Cheng, Yan; Chong, Shaokun; Chen, Guanjun; Yan, Chunshuang; Zhang, Xiaoyu; Tan, Huiteng; Zhang, Long; Li, Shuzhou; Ma, Fei;	46	SCI	是

5	Recording the Pt-beyond hydrogen production electrocatalysis by dirhodium phosphide with an overpotential of only 4.3 mV in alkaline electrolyte	Applied Catalysis B-Environmental	Xin, Hongqiang; Dai, Zhengfei; Zhao, Yiwei; Guo, Shengwu; Sun, Jun; Luo, Qiaomei; Zhang, Pengfei; Sun, Lan; Ogiwara, Naoki; Kitagawa, Hiroshi; Huang, Bo; Ma, Fei	2021 年 297 卷 120 457	2021. 11.15	Ma, Fei; Dai, Zhengfei; Huang, Bo	Xin, Hongqiang	Xin, Hongqiang; Dai, Zhengfei; Zhao, Yiwei; Guo, Shengwu; Sun, Jun; Luo, Qiaomei; Zhang, Pengfei; Sun, Lan; Huang, Bo; Ma, Fei	13	SCI	是
6											
7											
8											
合 计											
补充说明（视情填写）：											

## 六、主要完成人情况表

姓 名	马飞	排 名	1
行政职务	副院长		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：负责项目研究方案的制定和研究成果的产出，统筹项目的整体推进。5篇论文代表作的通讯作者。建立了高性能电催化特性与微纳米分级结构的构效关系，以及结合机器学习和高通量计算进行快速材料筛选和设计的新方法；提出了利用低维材料负载/包裹的“分散作用”和“限域效应”协同增强“催化活性”、“导电性”与“稳定性”的新策略；阐明了富羟基盐协同增强 Pt 催化剂抗 CO 毒化机制；揭示了微纳米分级结构强界面作用对电化学循环稳定性提升的机理。发现点(1)、(2)、(3)的主要贡献者。			

姓 名	陈冠君	排 名	2
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	陕西科技大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：代表作 2 的第一作者，针对甲醇燃料电池催化过程中 Pt 表面易被 CO 占据而引起的中毒失活和催化寿命短的问题，设计并制备了系列 Pt-羟基碳酸盐-碳载体纳米复合催化材料，揭示了羟基碳酸盐活化水产生游离羟基协同加速 CO 氧化移除的动力学机制；提出碳壳限域调节合金局部配位环境、提高合金表面金属原子迁移势垒及结构稳定性的新策略；揭示了金属原子间的电子转移对表面 CO 毒化物质吸附强度的影响机制。发现点(3)的主要贡献者。			

姓 名	孙兰	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	工程师		
工作单位	中国空气动力研究与发展中心		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：代表作 1 和 4 的第一作者，代表作 2、3、5 的参与者，制备出过渡金属硫化物基三维分级结构，并阐明了该结构的电催化制氢活性增强机制；提出通过电化学脱钠方法在 P2 相 Na0.7CoO2 中可控引入晶格应变的新途径，阐明了晶格应变对含氧中间体吸附和催化析氧性能增强的物理机制，发现点（1）、（2）的主要贡献者。			

姓 名	信红强	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	兰州交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：代表作 5 的第一作者，针对电催化制氢中面临的催化剂反应活性不够，反应电势过高的问题，设计并可控制备了含 P 空位的 Rh <sub>2</sub> P 纳米复合材料，阐明了 P 空位对 Rh <sub>2</sub> P 的电子态、活性中心、反应路径以及中间体吸附能的调控作用；揭示了 P 空位提升 Rh <sub>2</sub> P 析氢活性的机理；提出了 P 空位缩短的 H 吸附位点距离是影响催化活性的一个关键物理量。发现点(1)的主要贡献者。			

姓 名	罗巧梅	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	长安大学		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献：代表作 3 的第一作者，针对电催化材料比表面积有限且电解质扩散缓慢的问题，提出通过构筑微纳米中空多孔分级结构和引入杂原子、异质界面及空位缺陷协同提升表观活性和本征活性的新策略。聚焦于低成本过渡金属纳米分级结构的制备与电催化性能评价，以金属有机骨架（MOFs）为模板合成了 Co-Fe-P/CeO<sub>2</sub> 异质结的空心纳米棒，借助中空构型为催化反应提供了丰富的活性位点和充分的传质，明晰了界面氧空位对材料电子结构、水的解离进程以及 <math>\Delta G_{H^*}</math>值的调控作用机理，揭示了中空过渡金属磷化物异质结构的空位缺陷及界面工程协同增强析氢性能机制，提出了微纳米分级结构表观活性与本征活性提升的多策略协同作用新思路。发现点(1)与发现点(2)的主要贡献者。</p>			

## 七、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目主要学术贡献：西安交通大学为本研究所涉及的材料合成、制备、表征、电化学性能测试与评价，电池组装、性能与动力学测试及原位表征等实验工作提供了人才队伍、研究平台、硬件条件。西安交通大学建有大型计算机云平台，并配套相关理论模拟软件，为本研究所涉及的第一性原理、机器学习、分子动力学模拟、有限元模拟等理论研究工作的顺利开展提供了必要的软硬件条件。</p>	

## 完成人合作关系说明

本次报奖项目“微纳米分级结构设计与电催化特性增强机制”是由西安交通大学马飞(1)、陈冠君(2)、孙兰(3)、信红强(4)、罗巧梅(5)合作共同完成的科研成果，第一完成人是其他完成人的博士生导师，本次申报科技奖的主要内容均为他们攻读博士学位期间的研究成果。完成合作关系说明如下：

**第一完成人马飞与第二完成人陈冠君的合作：**陈冠君于 2016-2020 年在西安交通大学跟随马飞攻读博士学位，研究方向：抗毒化 Pt 基电催化剂的科学设计和研制。在此期间，在第一完成人马飞教授的指导下，陈冠君在 *Journal of Materials Chemistry A* 等国际期刊以第一作者合作发表 SCI 论文 3 篇，合作申请国家发明专利 5 项。在开发高活性、高稳定电催化剂材料方面共同取得了多项与本项目相关的研究成果。本次报奖成果中代表性论文包括陈冠君为第一作者的 1 篇论文。

**第一完成人马飞与第三完成人孙兰的合作：**孙兰于 2016-2022 年在西安交通大学跟随马飞教授攻读博士学位，研究方向：多功能微/纳米材料的设计及其在能源存储和转换中的应用。在此期间，在第一完成人马飞教授的指导下，孙兰在 *Applied Catalysis B: Environmental* 等国际期刊以第一作者合作发表 SCI 论文 5 篇，合作申请国家发明专利 3 项。在开发高效电催化剂材料方面共同取得了多项与本项目相关的研究成果。本次报奖成果中代表性论文包括孙兰为第一作者的 2 篇论文。

**第一完成人马飞与第四完成人信红强的合作：**信红强于 2017-2023 年在西安交通大学跟随马飞攻读博士学位，研究方向：贵金属基磷化物制氢电催化剂的结构设计与催化机制。在此期间，在第一完成人马飞教授的指导下，信红强在 *Applied Catalysis B-Environmental* 等国际期刊以第一作者合作发表 SCI 论文 3 篇，合作申请国家发明专利 2 项。在开发高性能电催化剂材料方面共同取得了多项与本项目相关的研究成果。本次报奖成果中代表性论文包括信红强为第一作者的 1 篇论文。

**第一完成人马飞与第五完成人罗巧梅的合作：**罗巧梅于 2018-2022 年在西安交通大学跟随马飞攻读博士学位，研究方向：微纳米分级结构电催化材料制备、表征及电子结构优化。在此期间，在第一完成人马飞教授的指导下，罗巧梅在 *Journal of Materials Science & Technology*、*Chemical Engineering Journal* 等国际期刊以第一作者合作发表 SCI 论文 5 篇，合作申请国家发明专利 2 项。在全解水电极材料的理论设计、研究开发及性能测试优化方面，共同取得了多项与本项目相关的研究成果。本次报奖成果中代表性论文包括罗巧梅为第一作者的 1 篇论文。

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	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	马飞/1, 孙兰/3	2018-2022	Mace-like hierarchical MoS <sub>2</sub> /NiCo <sub>2</sub> S <sub>4</sub> composites supported by carbon fiber paper: An efficient electrocatalyst for the hydrogen evolution reaction	
2	论文合著	马飞/1, 陈冠君/2, 孙兰/3	2016-2020	Synergistic effects of platinum-cerium carbonate hydroxides-reduced graphene oxide on enhanced durability for methanol electro-oxidation	
3	论文合著	马飞/1, 罗巧梅/5, 孙兰/3, 信红强/4	2018-2022	Interface oxygen vacancy enhanced alkaline hydrogen evolution activity of cobalt-iron phosphide/CeO <sub>2</sub> hollow nanorods	
4	论文合著	马飞/1, 孙兰/3, 陈冠君/2	2018-2022	Lattice strain and atomic replacement of CoO <sub>6</sub> octahedra in layered sodium cobalt oxide for boosted water oxidation electrocatalysis	
5	论文合著	马飞/1, 信红强/4, 罗巧梅/5, 孙兰/3,	2017-2023	Recording the Pt-beyond hydrogen production electrocatalysis by dirhodium phosphide with an overpotential of only 4.3 mV in alkaline electrolyte	
6	论文合著	马飞/1, 罗巧梅/5, 孙兰/3, 信红强/4	2018-2022	Synergistic effects of 1T MoS <sub>2</sub> and interface engineering on hollow NiCoP nanorods for enhanced hydrogen evolution activity	
7	论文合著	马飞/1, 罗巧梅/5, 信红强/4	2018-2022	Hollow Sandwiched Structure of Ni-Modified MoS <sub>2</sub> Wrapped into Symmetrical N-Doped Carbon toward a Superior Hydrogen Evolution Electrocatalyst	
8	论文合著	马飞/1, 罗巧梅/5, 信红强/4, 陈冠君/2	2018-2022	Plasma-assisted nitrogen doping in Ni-Co-P hollow nanocubes for efficient hydrogen evolution electrocatalysis	
9	论文合著	马飞/1, 孙兰/3, 罗巧梅/5,	2019-2021	Material libraries for electrocatalytic overall water splitting	
10	论文合著	马飞/1, 陈冠君/2, 孙兰/3	2016-2020	Hollow PtCu nanoparticles encapsulated into a carbon shell via mild annealing of Cu metal-organic frameworks	
11	论文合著	马飞/1, 信红强/4, 罗巧梅/5, 孙兰/3,	2017-2023	Surpassing Pt Hydrogen Production from {200} Facet-Riched Polyhedral Rh <sub>2</sub> P Nanoparticles by One-Step Synthesis	



12	论文 合著	马飞/1, 信红强/4, 罗巧梅/5, 孙兰/3,	2017-2023	Size-Controllable Rh <sub>2</sub> P Nanoparticles on Reduced Graphene Oxide toward Highly Hydrogen Production	
----	----------	---------------------------	-----------	---	--