

任现职以来主持纵向科研项目情况



与原件相符



重庆市教委科学技术研究计划项目结题证书

Certificate for Science and Technology Research Program of Chongqing Education Commission

项目类别：青年项目

项目编号：KJQN202101405

项目名称：基于钨酸盐设计高效的可见光环境光催化纳米材料

项目负责人：孙晓瑞

项目组成员：杨甲 熊竹 傅名燕 刘洪福

依托单位：长江师范学院

该项目经审核准予结题，特发此证。



 **Quark 夸克**
高清扫描 还原文档

附件 2

重庆市教委科学技术研究项目 申报书

项目名称: 基于MXene设计新复合型光催化剂的光催化性能研究

项目类别: 青年项目

研究类型: 基础/应用基础研究

起止年限: 2023-07-01 至 2026-07-01

项目负责人: 孙晓瑞 (签章)

联系电话: 18883876787

所在单位: 长江师范学院 (公章)



重庆市教育委员会制

2023 年



填 报 说 明

1.申报书为重庆市教委科学技术研究项目的主要文件，一经批复，即作为立项依据。各项内容须认真填写，表内栏目不能空缺，无此项内容时填“/”或“0”。封面上的各项信息须与项目基本信息一致。

2.填写申报书前，请认真查阅《重庆市教育委员会科学技术研究计划项目管理办法》。申报书各项内容应实事求是，表达要明确、严谨。外来语要同时用原文和中文表达，第一次出现的缩写词，须注明全称。

3.研究单位和协作单位请填写全称。

4.项目组成员应填写实际研究人员。

5.不得把 SCI 论文数量、被引次数、高被引论文、影响因子、ESI（基本科学指标数据库）排名等相关指标直接填写为技术指标或考核指标。

6.申报书（含附件）用 A4 纸双面打印，纸质封面装订。附件材料主要包括：项目负责人的代表性论文（3 篇以内），须提供论文刊物封面、目录、论文首页的复印件；专利情况，须提供专利证书复印件；承担省部级以上科研项目情况，须提供项目批文复印件；其他代表项目负责人科研水平的证明材料。



一、项目基本信息

项目概况	重大项目	项目名称					
		申报领域	☐ 大数据智能化 ☐ 智能制造 ☐ 新材料 ☐ 生物医药（大健康） ☐ 低碳节能环保 ☐ 新型城镇化 ☐ 现代农业 ☐ 空天技术 ☐ 基础科学 ☐ 前沿与交叉				
	重点/青年项目	项目名称	基于MXene设计新复合型光催化剂的光催化性能研究				
		申报类别	青年项目				
项目负责人		申报领域	☐ 数理科学 ☐ 化学与化工科学技术 ☐ 生命科学与医学 ☐ 农业科学技术 ☐ 信息科学技术 ☐ 材料科学技术 ☐ 资源环境科学技术 ☐ 先进制造科学技术 ☐ 土木科学技术（含交通、水利） ☐ 管理科学技术 ☐ 其它			化学与化工科学技术	
	姓名	孙晓瑞	性别	女	出生年月	1992-11	
	职称	实验师		专业	化学专业		
	学位	硕士		学历	硕士研究生		
	所在单位及部门	长江师范学院 化学化工学院			电话	18883876787	
	依托研发基地\重点学科	无机特种功能材料重庆市重点实验室					
其他项目组成员	姓名	职称	性别	工作单位	项目分工	签名	
	靳斌斌	教授	男	长江师范学院	主研：材料合成与分析。		
	马英	讲师	女	长江师范学院	主研，光电化学性能测试。		
	谢亚欣	无	女	长江师范学院	参研：材料制备和实验。		
协作单位	无						



主要研究内容及技术指标	(限 400 字) 以新型二维层状材料 MXene 作为研究基础,将其与其他半导体化合物进行可控的组装得到新型复合材料。再研究这类新型复合材料的光催化性能。具体研究的光催化反类型应包括水分解反应、染料降解、抗生素氧化和重金属离子还原四类反应。此外还采用自由基淬灭实验、光电性能测试、以及理论计算结果对复合光催化剂的光催化性能进行深入探讨。 本项目的技术指标如下: 1.采用多种刻蚀方法制备 MXene 材料; 2.复合型新光催化剂的设计与合成; 3.MXene 基复合光催化剂的光催化性能系统研究; 4.实验与理论计算相结合探究光催化机理; 5.2~5 篇高水平 SCI 论文; 6.申请一项国家发明专利。
项目创新点概况	(限 400 字) 本项目的创新点在于选择新型的 MXene 二维层状材料为切入点,采用多种刻蚀方法得到不同的表面端基,通过对细微结构的可控调节实现对材料物理-化学性能的优化。再基于此与其他窄带隙半导体材料复合得到新型的复合型光催化剂,并系统研究这些复合光催化剂的光催化性能。光催化应用的原则包括水分解反应,染料降解,抗生素氧化,重金属离子还原等。 本项目还采用理论计算与实验相结合的方法进行机理研究。当前对光催化机理的认识已经有了一定的基础,但是还缺乏更深入的理解。采用自由基淬灭实验和光电性能测试是从实验上理解光催化机理的必要手段,结合理论计算得到光生电子的迁移路径能更深入的探究复合光催化剂的光催化机理。



二、立项依据

(包括项目研究意义, 国内外研究现状及发展趋势; 或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献)

为了人类社会的可持续发展, 新能源制备技术和环境净化方法需要绿色的技术方案来解决。例如重庆市做出的生态环境保护“十四五”规划就对环境保护提出了更高的要求[1]。光催化技术的出现和发展表明其在新能源制备和环境保护两方面都有很好的应用前景。

光催化技术的作用原理为半导体材料受光照后产生具有强还原能力的光生电子和强氧化能力的光生空穴。利用光生电子的还原能力, 在具有合适导带电势的半导体材料上能够发生析氢反应, CO_2 还原和重金属离子还原等反应; 利用光生空穴的氧化能力, 在具有合适价带电势的半导体材料上能够发生产氧反应和有机污染物(如染料、抗生素)降解反应[2]。在理想的光催化反应中, 这些化学反应仅仅需要光催化剂和可见光照即可, 不需要消耗化石能源, 也没有污染产生。

经过半个世纪的光催化研究发现的表面困境在于光催化效率较低使得光催化剂技术迟迟没有广泛地服务于生产生活中。尽管已经归纳了三种内在原因, 诸如光催化剂的吸光性能差, 光催化剂的光生电子与空穴对的分离效率低, 光催化反应效率低[3]。为了解决这些问题, 光催化研究者们提出了多种策略和概念[4-6], 但是在申请人看来探究性能优良的新光催化剂仍然是本领域研究的重点和难点问题。

具体在探索新光催化剂的时候需要参考半个实际的研究成果, 例如制备复合材料的策略被证明是行之有效的提升单组份光催化剂性能的有效手段[6,7]。在此基础上, 还需要与新材料的研究成果结合起来。为此, 申请人



在本项目中提出基于 MXene 新材料来制备新型复合光催化剂,并研究它们的光催化性能。

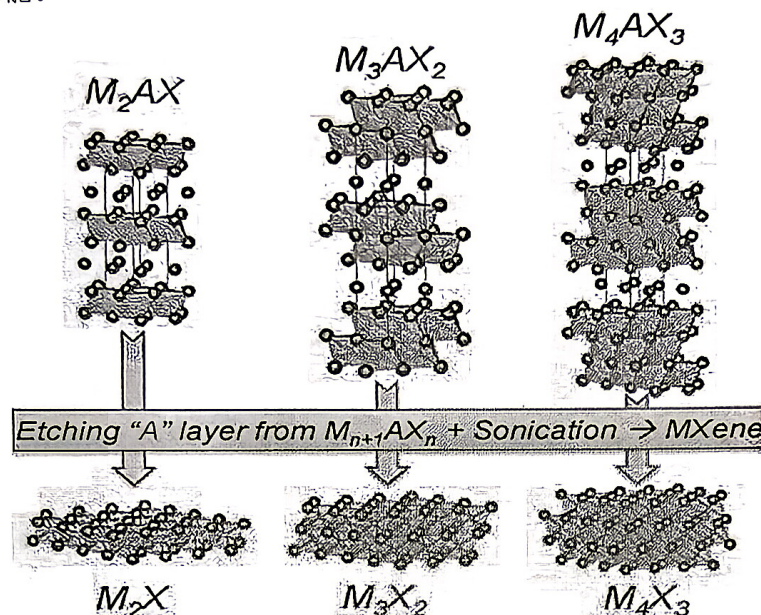


图 1 从 MAX 相到 MXene 的转变过程[8]

MXene 是一类新的二维材料。通式为 $M_{n+1}X_nT_x$, 其中 M 代表 Sc, Ti, Cr, Nb, Mo, V, W 等过渡金属元素, X 代表 C 或 N, T 代表 OH, F, Cl 等末端基团[9]。图 1 给出了从 MAX 相得到 MXene 材料的过程。主要就是通过刻蚀剂去掉 Al 元素得到多层的 MXene 材料; 辅助超声的手段可以得到单层 MXene 材料。这类材料的导电性特别优异, 巨大的比表面积, 拥有丰富的表面端基, 在诸如储能材料, 离子电池, 生物医学和催化剂领域都表现出极富潜力的应用前景[10]。

在下文中为了便于讨论 MXene 基的复合光催化剂的研究现状, 特别申明将光催化反应主要集中在光催化制氢反应和降解反应上。



在光催化研究方面，当前主要是基于 Ti_3C_2 MXene 构建了很多种复合材料用于析氢反应和降解反应。[9-11]例如， $\text{TiO}_2/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{MoS}_2/\text{TiO}_2/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{CdS}/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{ZnS}/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{CdLa}_2\text{S}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{S}_5/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2$ 。类比于 TiO_2 是光催化领域的首个光催化剂，从而被广泛研究。 Ti_3C_2 的备受关注可能归因于它是 MXene 材料中于 2011 年首个被报道的[12]。

在析氢反应中， $\text{TiO}_2/\text{Ti}_3\text{C}_2$ 在模拟太阳光照下的制氢速率为 6.979 mmol/h/g[13]。 $\text{MoS}_2/\text{TiO}_2/\text{Ti}_3\text{C}_2$ 的制氢速率为 6.45 mmol/h/g[14]。三元复合材料 $\text{Mo}_x\text{S}@\text{TiO}_2@\text{Ti}_3\text{C}_2$ 的制氢速率为 10.5 mmol/h/g[15]。二元复合材料 $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{S}_5/\text{Ti}_3\text{C}_2(\text{O},\text{OH})_x$ 的制氢速率为 12.98 mmol/h/g[16]。 $\text{CdLa}_2\text{S}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2$ 的制氢速率为 11.18 mmol/h/g[17]。相对于与经典的 TiO_2 光催化剂组成复合材料， Ti_3C_2 与硫化物构建的复合材料的制氢性能更高。但是，这类复合材料的稳定性是一个显著的缺点。

因此，核心组成为 Ti_3C_2 和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 的复合材料受到广泛关注。采用自组装方法得到的 $\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{g-C}_3\text{N}_4$ 的制氢速率可以达到 5.1 mmol/h/g。[18] $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{Pt}$ 的制氢速率为 5.1 mmol/h/g[19]。 $\text{TiO}_2/\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{C}_3\text{N}_4$ 的制氢速率高达 15.29 mmol/h/g[20]。采用黑磷、超细 C_3N_4 和 Ti_3C_2 构建的复合材料的制氢速率能达到 18.42 mmol/h/g。[21] 这表明将 MXene 材料与 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 共同构建复合材料具有显著提升制氢速率的潜能。目前，这类组成的光催化剂在降解反应的研究中较少。例如， $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2$ ， $\text{TiO}_2@\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{g-C}_3\text{N}_4$ ， $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{TiO}_2$ ， $\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{porous g-C}_3\text{N}_4$ 等复合材料在染料和抗生素的降解反应中都表现较好的光催化性能[9]。

尽管基于 Ti_3C_2 构建复合材料已经取得部分研究成果，然而含有其他 MXene 的复合材料还只处于起步阶段。部分非 Ti 基的 MXene 复合材料在



光催化性能研究中也初步展现出研究的潜力。采用氧化法制备的 $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{C}/\text{Nb}_2\text{C}$ 的制氢速率为 $7.81 \mu\text{mol/h/g}$ [22]。采用沉淀法制备的 $\text{CdS}/\text{Mo}_2\text{C}$ 的制氢速率为 7.7 mmol/h/g [23]。 $\text{Bi}_2\text{WO}_6/\text{Nb}_2\text{CT}_x$ 在罗丹明 B, 亚甲基蓝和四环素的降解反应中, 其对应的一级动力学常数可以达到 0.072 min^{-1} , 0.0285 min^{-1} 和 0.0171 min^{-1} [24]。

综上所述, 基于 MXene 构建新型复合材料是光催化领域研究中的热点问题。 Nb_2C 和 Ti_3C_2 就是申请人精选的 MXene 研究对象, 将它们与诸如 TiO_2 , $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 等组装成为复合型光催化剂, 研究新型复合光催化的光催化性能, 据此探究光催化反应中电荷分离效率低的难点问题。本项目通过对该复合光催化剂的理性设计、优化合成与水分解性能和环境光催化性能研究, 将为以后开发具有可见光响应且高性能的新型复合材料提供实验和理论基础。

[1] 重庆市生态环境保护“十四五”规划(2021-2025年), 重庆市人民政府, 2022, 11号。

[2] Jia Yang, Xiaorui Sun, Borate particulate photocatalysts for photocatalytic applications: A review. *Int. J. Hydrogen Energ.* 2022, 47, 25608-25630.

[3] Shanshan Chen, Tsuyoshi Takata, Kazunari Domen, Particulate photocatalysts for overall water splitting. *Nat. Rev. Mater.* 2017, 2, 17050-17066.

[4] Hongmei Wang, Chunhe Li, Pengfei Fang, Zulei Zhang, Jin Zhong Zhang, Synthesis, properties, and optoelectronic applications of two-dimensional MoS_2 and MoS_2 -based heterostructures, *Chem. Soc. Rev.* 2018, 47, 6101-6127.

- 5 -



- [5] Liqiang Jing, Wei Zhou, Guohui Tian, Honggang Fu, Surface tuning for oxide-based nanomaterials as efficient photocatalysts, *Chem. Soc. Rev.* 2013, 42, 9509-9549.
- [6] Biao Zhou, Bo Yang, Muhammad Waqas, Ke Xiao, Caizhen Zhu, Ling Wu, Design of a p-n heterjunction in 0D/3D MoS₂/g-C₃N₄ composite for boosting the efficient separation of photogenerated carriers with enhance visible-light-driven H₂ evolution. *RSC Adv.* 2020, 10, 19169-19177.
- [7] Xi Yang, Zhen Tian, Yufang Chen, Hao Huang, Jie Hu, One-pot calcination preparation of graphene/g-C₃N₄-Co photocatalysts with enhanced visible light photocatalytic activity, *Int. J. Hydrogen Energ.* 2020, 45, 12889-12902.
- [8] Michel W Barsoum, Miladin Radovic, Elastic and mechanical properties of the MAX phases, *Annu. Rev. Mater. Sci.* 2011, 41, 195-227.
- [9] Longfei Hong, Ruitang Guo, Ye Yuan, Xiangyin Ji, Zhengsheng Li, Zhi-dong Lin, Weiguo Pan, Recent progress of two-dimensional MXenes in photocatalytic applications: a review. *Mater. Today Energy* 2020, 18, 100521.
- [10] Panyong Kuang, Jingxiang Low, Bei Cheng, Jiaguo Yu, Jiajie Fan, MXene-based photocatalysts. *J. Mater. Sci. Technol.* 2020, 56, 18-44.
- [11] Minxiang Zeng, Mingfeng Chen, Dali Huang, Shijun Lei, Xuan Zhang, Ling Wang, Zhengdong Cheng, Engineered two-dimensional nanomaterials: an emerging paradigm for water purification and monitoring. *Mater. Horiz.* 2021, 8, 758-802.
- [12] Michael Naguib, Murat Kurtoglu, Volker Presser, Jun Lu, Junjie Niu, Min Heon, Lars Hultman, Yury Gogotsi, Michel W Barsoum, Two-dimensional

- - 6 - -



nanocrystals produced by exfoliation of Ti_3AlC_2 . *Adv. Mater.* 2011, 23, 4248-4253.

[13] Yan Zhuang, Yunfei Liu, Xianfeng Meng, Fabrication of TiO_2 nanofibers/MXene Ti_3C_2 nanocomposites for photocatalytic H_2 evolution by electrostatic self-assembly. *Appl. Sur. Sci.* 2019, 496, 143647.

[14] Yujie Li, Zhaohua Yin, Guanrui Ji, Zhangqian Liang, Yanjun Xue, Yichen Guo, Jian Tian, Xinzhen Wang, Hongzhi Cui, 2D/2D/2D heterojunction of Ti_3C_2 MXene/ MoS_2 nanosheets/ TiO_2 nanosheets with exposed (001) facets toward enhanced photocatalytic hydrogen production activity. *Appl. Catal. B. Environ.* 2019, 246, 12-20.

[15] Yujie Li, Lei Ding, Zhangqian Liang, Yanjun Xue, Hongzhi Cui, Jian Tian, Synergetic effect of defects rich MoS_2 and Ti_3C_2 MXene as cocatalysts for enhanced photocatalytic H_2 production activity of TiO_2 . *Chem. Eng. J.* 2020, 383, 123178.

[16] Hou Wang, Yuanmiao Sun, Yan Wu, Wenguang Tu, Shuyang Wu, Xingzhong Yuan, Guangming Zeng, Zhichuan J Xu, Shuzhou Li, Jia Wei Chew, Electrical promotion of spatially photoinduced charge separation via interfacial-built-in quasi-alloying effect in hierarchical $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{S}_5/\text{Ti}_3\text{C}_2(\text{O},\text{OH})_x$ hybrids toward efficient photocatalytic hydrogen evolution and environmental remediation. *Appl. Catal. B Environ.* 2019, 245, 290-301.

[17] Lin Cheng, Qian Chen, Juan Li, Hong Liu, Boosting the photocatalytic activity of CdLa_2S_4 for hydrogen production using Ti_3C_2 MXenens as a cocatalyst. *Appl. Catal. B Environ.* 2020, 267, 118379.



- [18] Yujie Li, Lei Ding, Yichen Guo, Zhangqian Liang, Hongzhi Cui, Jiang Tian, Boosting the photocatalytic ability of g-C₃N₄ for hydrogen production by Ti₃C₂ MXene quantum dots. ACS Appl. Mater. Interfaces 2019, 11, 41440-41447.
- [19] Xiaoqiang An, Wei Wang, Jiangpeng Wang, Haozhi Duan, Jintao Shi, Xuelian Yu, The synergetic effect of Ti₃C₂ MXene and Pt as cocatalysts for highly efficient photocatalytic hydrogen evolution over g-C₃N₄. Phys. Chem. Chem. Phys. 2018, 20, 11405-11411.
- [20] Hui Zeng, Zhenhua Li, Guangshe Li, Xiaoqiang Cui, Mingxing Jin, Tengfeng Xie, Lulu Liu, Mengpei Jiang, Xia Zhong, Yaowen Zhang, He Zhang, Kaikai Ba, Zekun Yan, Ying Wang, Shuyan Song, Keke Huang, Shouhua Feng, Interfacial engineering of TiO₂/Ti₃C₂ MXene/Carbon Nitride hybrids boosting charge transfer for efficient photocatalytic hydrogen evolution. Adv. Energy Mater. 2022, 12, 2102765.
- [21] Ting Song, Linqun Hou, Bei Long, Atif Ali, Guojun Deng, Ultrathin MXene “bridge” to accelerate charge transfer in ultrathin metal-free 0D/2D black phosphorus/g-C₃N₄ heterojunction toward photocatalytic hydrogen production. J. Colloid Interf. Sci. 2021, 584, 474-483.
- [22] Tongming Su, Rui Peng, Zachary D Hood, Michael Naguib, Lilia N Ivanov, Jong Kahk Keum, Zuzeng Qin, Zhanhu Guo, Zili Wu, One-step synthesis of Nb₂O₅/C/Nb₂C (MXene) composites and their use as photocatalysts for hydrogen evolution. ChemsusChem 2018, 11, 688-699.
- [23] Daming Ruan, Mamoru Fujitsuka, Tetsuro Majima, Exfoliated Mo₂C nanosheets hybridized on CdS with fast electron transfer for efficient



photocatalytic H₂ production under visible light irradiation. Appl. Catal. B Environ. 2020, 264, 118541.

[24] Ce Cui, Ronghui Guo, Hongyan Xiao, Erhui Ren, Qingshuang Song, Cheng Xiang, Xiaoxu Lai, Jianwu Lan, Shouxiang Jiang, Appl. Sur. Sci. 2020, 505, 144595.

三、研究内容、研究目标，以及拟解决的关键问题

3.1 研究内容

内容一：MXene/Semi 复合型光催化剂的理性设计与合成。

以 Nb₂AlC 和 Ti₃AlC₂ 为原料制备 Nb₂C 和 Ti₃C₂ 两种 MXene 材料。研究刻蚀条件以得到多层、单层和量子点的形貌。研究得到的 MXene 材料与其他窄带隙半导体材料（Semi）构成复合材料的制备方法。

内容二：复合光催化剂的光催化性能测试及机理研究。

对制备的两种材料筛选最适宜的光催化反应，包括水分解、重金属离子还原、染料降解、抗生素氧化等；通过复合策略的变化和负载催化剂提升。采用自由基淬灭实验、光电性能测试和理论结算相结合探究复合光催化剂的反应机理。

3.2 研究目标

通过本项目的研究，得到一系列 MXene/Semi 复合光催化剂。例如 Ti₃C₂/g-C₃N₄, Nb₂C/g-C₃N₄, Nb₂C/TiO₂ 等。通过调节催化剂的形貌、组装方法以及组成得到能高效分离光生电荷的复合光催化剂。研究所获得材料的在不同光催化反应中的光催化性能。在研究过程中探究复合材料的形貌、结构与光催化性能之间的“构效关系”，为后续设计复合材料提供理论和实验依据。



3.3 拟解决的关键问题

设计复合材料的目的是为了探究提升光催化剂的光催化性能。MXene 材料是一类新型的二维层状材料，其导电性高，结构可调谐性强，但是光稳定性较差的缺点。

因此探究 MXene 材料与其它半导体材料的复合方法就是需要解决的关键科学问题。本项目将通过调整刻蚀方法得到多种形貌的 MXene 材料，并尝试诸如自组装、水热法组装、热分解法组装等方法将 MXene 与其它半导体材料进行复合。该问题的解决将为理性设计 MXene 基复合型光催化剂提供重要指导作用。

四、项目的研究方法、技术路线、实验方案及可行性分析

4.1 项目的研究方法和技术路线

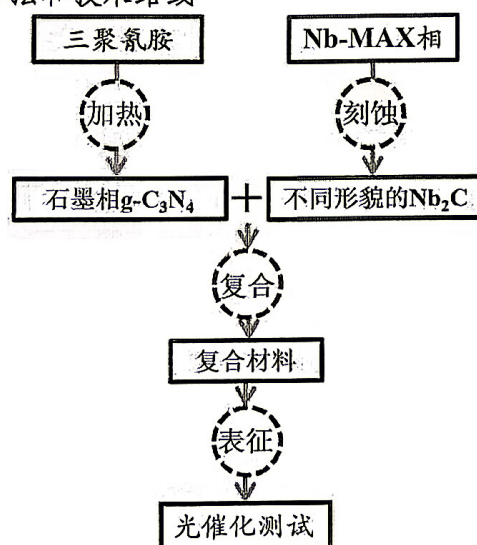


图 2 技术路线图

本项目拟采用氢氟酸刻蚀法和熔盐刻蚀法制备 MXene 材料，再用软化



学合成方法制备 TiO_2 和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ ，采用湿化学方法将 MXene 与 Semi 进行组装得到复合型光催化材料。对制备的复合光催化剂进行光催化性能测试，并用实验与理论计算相结合的方法阐释光催化机制。下文将以具体的 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 和 Nb_2C 为研究对象进行详细描述，技术方案如图 2 所示。

4.2 实验方案

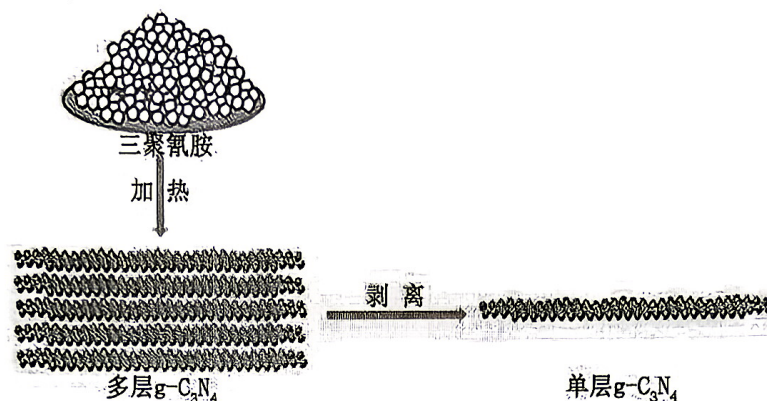


图 3 由三聚氰胺制备氮化碳

(1) 如图 3 所示，以三聚氰胺为原料，在 550°C 加热 2 小时即可得到石墨相氮化碳。该步骤中，具体操作为将三聚氰胺粉末装入坩埚，并盖上坩埚盖，然后放入箱式电阻炉中在空气分为下加热即可。等到温度下降到室温，取出坩埚就可得到黄色的石墨相氮化碳材料。此时为多层 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 。

再采用超声或者热分解等剥离方法可以把多层 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 变成单层 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 。该步骤中需要注意剥离的方法以得到缺陷少的单层材料。文献中惯用的为热剥离和超声剥离法。本项目中拟将两者结合，先采用热剥离，再用超声剥离做辅助。实验操作需要注意调节热剥离的温度与时间，以及超声处理的溶液体系和时间。

(2) 如图 4 所示，以 Nb-MAX 相为原料，经过 HCl 和 NaF 组成的刻

- 11 -



蚀剂的处理，可以去掉层间的 Al 元素，得到多层的 Nb_2C MXene 材料。该步骤中需要注意刻蚀剂的配比及组成。最初的刻蚀剂为 HF 溶液，既污染环境，对实验人员不友好，还会使得 F 离子占据 MXene 材料的表面端基。当 MXene 才制备成功后，由于 F 元素的电负性强，导致难以去除，这会影
响材料的光催化性能。采用 HCl 和 NaF 组成刻蚀剂能较好的解决该问题。新的刻蚀剂的开发仍然是值得研究的问题，本项目会注意这个问题的研究。

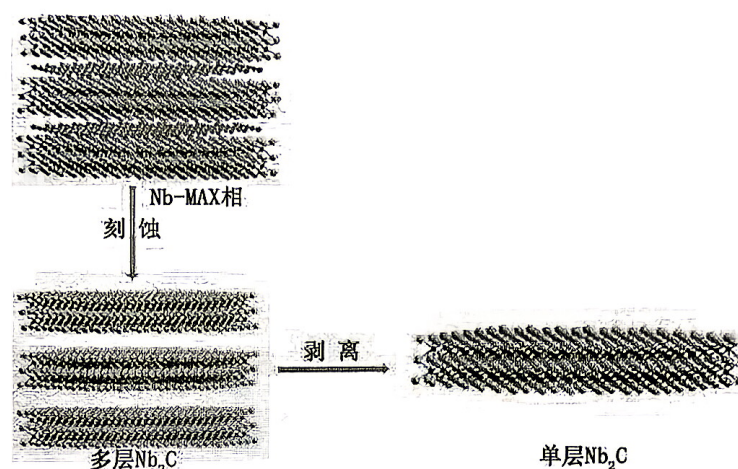


图 4 由 Nb-MAX 相制备 Nb_2C 示意图

再采用超声或者长时间搅拌等剥离方法可以把多层 Nb_2C 变成单层 Nb_2C 。过度超声甚至能得到量子点 Nb_2C 材料。因此，超声的溶液体系，超声时间以及超声过程中防氧化的问题都需要关注。

(3) 将制备的不同维度的 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 与 Nb_2C 材料进行自组装即可得到不同形貌的复合材料。例如 0D/2D, 2D/2D, 3D/2D 等。该步骤中需要设计一种可操作的自组装实验条件。



申请人拟利用光解水反应装置中的真空系统来去除溶解中可能含有的氧气。这样可以尽可能的保护 Nb_2C ，避免在自组装过程中的氧化问题。

用于分散 Nb_2C 和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 的溶液要尽量绿色环保。将尝试纯水溶液，含醇的水溶液，以及必要时加入其他分散剂。溶液中的混合物用磁力搅拌器使其悬浮。着重控制搅时常和搅拌速率。

(4) 先采用丰富的表征手段获得 $\text{Nb}_2\text{C/g-C}_3\text{N}_4$ 复合材料的结构、形貌以及物理化学性质。再研究它们在析氢反应和降解反应中的光催化性能。必要时，还需要给复合光催化剂负载助催化剂以进一步提升复合材料的光催化性能。

4.4 可行性分析

本项目的可行性从以下三个方面论述：

(1) 由于 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 是较为优秀的光催化剂，只是其光生电子与空穴复合效率高。而 Nb_2C 的优秀导电性能有助于解决 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 电荷分离低的问题。因此，基于 $\text{Nb}_2\text{C/g-C}_3\text{N}_4$ 设计复合材料以提升光催化剂的电荷分离效率，进而获得优秀的光催化剂在理论上是可行的。

(2) 本项目的实验方案在技术上是可行的。为了解决光催化剂在光催化反应中光生电荷复合效率高的问题，申请人及其课题组成员在光催化剂的理性设计上已经进行了多年的探索，分别创新性的设计了复合材料 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{C}_3\text{N}_4$ 用于析氢反应 (Applied Surface Science); Au 量子点修饰 $\text{Sr}_{0.76}\text{Ce}_{0.16}\text{WO}_4$ 显著提升析氢性能 (International Journal of Hydrogen Energy); Au@InGaZnO_4 复合材料用于析氢反应 (Materials Letters); 复合材料 $\text{CuO/Bi}_2\text{Ga}_{2.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_9$ (Materials Letters) 用于降解反应; 复合材料 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{Cu/C}_3\text{N}_4$ (ChemistrySelect) 用于降解反应。通过这些研究，申请



人掌握了制备复合材料、催化性能优化的技术，以及积累了丰富的实验和表征分析经验，为开展本项目的研究奠定了深厚的工作基础。

(3) 在项目开展过程中所需要的全部实验条件和大部分表征仪器均是项目承担单位可提供的。并且本学院非常支持教师进行科学研究，为实验的顺利开展提供了必要的实验场所和时间条件（详见 7.3 工作基础）。

综上，该项目的开展是可行的。

五、项目特色与创新点

本项目研究的 MXene/Semi 复合材料，例如 $\text{Nb}_2\text{C}/\text{g-C}_3\text{N}_4$ 复合材料，这是 MXene 新材料与传统 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 材料的有机结合。通过复合，可以有效的规避掉 MXene 在催化反应中的稳定性问题和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 本征的光生电荷分离效率低的问题。并且所制备的 Nb_2C 和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 材料的形貌可以是 3D, 2D 和 0D，它们之间的排列组合可以得到形貌各异的复合材料，进而在表现出不同的光催化性能。同时，所设计的材料还立足与能源催化和环境保护方面的应用，从而表现出极大的研究价值。

本项目的创新点为将 Nb_2C 和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 两种优点和缺点能彼此互补的材料挑选出来复合成为一个有机的整体。导电性能优良的 Nb_2C 材料将辅助 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 受光产生的光生电子和空穴的分离。从而得到高性能的复合光催化剂。系统的对比研究不同维度的 Nb_2C MXene 材料对光催化性能和光稳定性的影响，为研究其他 MXene 材料提供借鉴。

六、预期成果及考核指标

（基础研究、管理及模式创新研究项目，重点阐述代表性科研成果的创新点和意义；应用基础研究、应用技术研究项目，重点阐述解决经济社会发展 and 国家安全重大需求中关键科学问题的效能和应用价值。不得把论



文被引次数、高被引论文、影响因子、ESI 排名等相关指标直接填写为技术指标或考核指标)

本项目在开发新型的光催化材料以促进光催化领域的进步。从当前有效的复合策略出发,选择新的 MXene 材料作为复合光催化剂的重要组成成分,将 MXene 与知名的半导体材料进行复合可以很好的探究复合光催化剂的性能、机制。这些性能与机制与现有的研究基础进行对比就能归纳出研究需要改进的方向。

当年 MXene 复合光催化剂的种类比较有限,本项目将研究多种 MXene 材料在光催化应用中的作用,获得一些新的研究结果,得到 MXene 基复合光催化剂与光催化性能之间的构效关系。

申请人拟将研究成果发表为 2~5 篇高水平 SCI 论文,以及申请一项国家发明专利。

七、项目已具备的研究基础、工作条件以及项目负责人简历

(研究基础包括和本项目相关的工作积累及已经取得的科研成果;工作条件包括已具备的实验条件、尚缺少的实验条件及拟解决的途径;项目负责人简历包括申请人和项目组主要参与者的学历及工作经历,主持或参与科研项目情况及主要学术成绩,近期已发表与本项目有关的论著、申请的专利、制定的标准等)

7.1 工作简历:

孙晓瑞,女,化学硕士,实验师,现在长江师范学院化学化工学院任教。申请人长期从事于无机半导体材料的设计与合成,尤其是光催化功能材料和荧光材料;申请人所研究的光催化功能材料主要应用于能源光催化和环境光催化。



教育经历:

1.2014/09-2017/06, 重庆大学, 化学, 硕士, 导师: 丛日红

2.2010/09-2014/06, 重庆大学, 材料化学, 学士, 导师: 杨韬

科研与学术工作经历:

2017/06-2020/07, 长江师范学院, 化学化工学院, 助教

2020/07-至今, 长江师范学院, 化学化工学院, 实验师

主持或参与科研项目情况:

1.钨酸铈掺铈荧光材料的批量化合成条件优化, 艾德联合照明设计(北京)有限公司, 主持, 2020.05.06-2022.05.06

2.亚稳相硼酸盐材料的合成及荧光性质研究, 艾德光文化(北京)有限公司, 主持, 2020.11.15-2022.05.14

7.2 相关研究基础**(1) ZnInGaO_4 作为水分解反应光催化剂**

申请人最近报道了 ZnInGaO_4 及其复合材料作为光催化剂的性能研究。 $2\text{Au}@ \text{ZnInGaO}_4$ 在紫外光和模拟太阳光照下的最佳制氢速率分别为 73.0 和 $1.7 \mu\text{mol/h/g}$ (见图 2)。该样品在水分解反应中表现出很好的稳定性。其光催化机理为样品受光激发后, 光生电子转移到金量子颗粒上与质子反应生成氢气; 空穴与溶液中的三乙醇胺结合生成二氧化碳和水。(*Mater. Lett.* **2022**, *315*, 131958.)



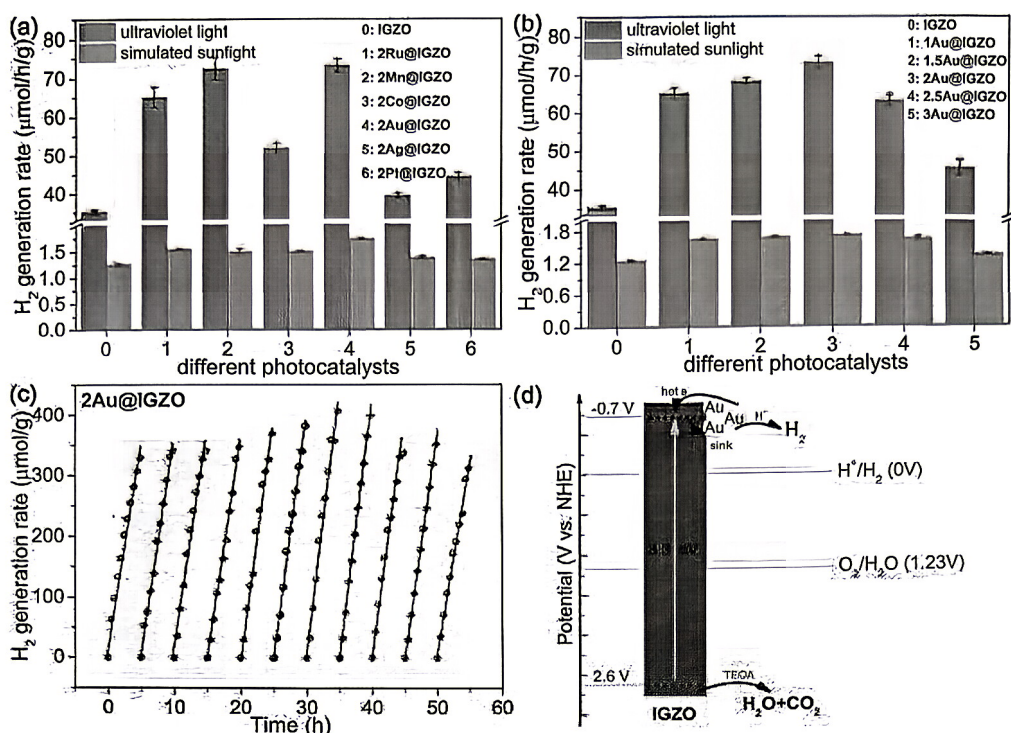


图5 (a) 不同复合材料的光催化制氢性能; (b) 不同的 Au@ZnInGaO_4 复合材料的光催化制氢性能; (c) 2Au@ZnInGaO_4 样品的稳定性测试; (d) 该样品的水分解反应机理

(2) 构造三元复合材料利用可见光水分解制氢和降解染料的研究

申请人成果制备了 ZnFe_2O_4 (ZFO), C_3N_4 (CN) 和 Cu 或 Au 的三元复合材料, 并研究了他们作为光催化剂在水分解制氢和染料降解反应中的应用。图 3a 给出了 ZFO/Au/CN 的形貌, 其中的金颗粒的粒径分布在 4.9~6.7 nm 区间。图 3b 给出了在透射电镜下观察 ZFO/Cu/CN 三元复合材料中三种组成之间的表界面关系。(*ChemistrySelect*. **2022**, 7, e202103959.; *Appl. Sur. Sci.* **2022**, 580, 152260.)



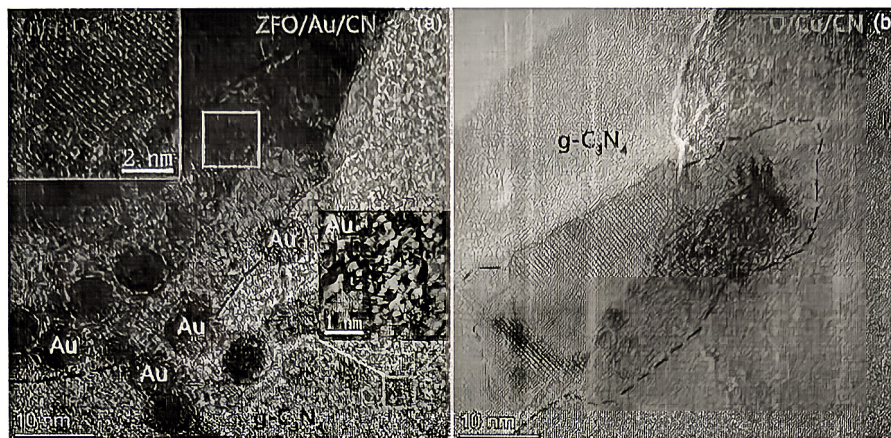


图 6 (a) $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{Au}/\text{g-C}_3\text{N}_4$ 三元复合材料的微观形貌和组成关系；(b) $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{Cu}/\text{g-C}_3\text{N}_4$ 三元复合材料的表界面关系

(3) 基于光芬顿技术设计新光催化材料用于染料降解研究

采用高温固相法在莫来石结构的 $\text{Bi}_2\text{Ga}_4\text{O}_9$ 材料中掺杂 p 区的 Al 和 d 区的 Fe 来改变其能带结构既增强了原来样品吸收可见光的能力，又提升了它的光生电子与空穴对的分离能力。图 4a 为采用高温固相法在 $\text{Bi}_2\text{Ga}_4\text{O}_9$ 样品中掺杂不同量的 Al 离子；图 4b 和 c 为确认负载在 $\text{Bi}_2\text{Ga}_{2.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_9$ 样品上的铜物质为 CuO ；图 4d 表明氧化铜显著提升了 $\text{Bi}_2\text{Ga}_{2.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_9$ 的吸光能力。实验结果表明掺杂 30% 的 Al 具有更好的光芬顿降解罗丹明 B 的性能。其在可见光照下经过两个小时能使得染料的降解率达到 99% 以上。通过一级动力学关系拟合得到的动力学常数为 0.0332 min^{-1} 。在申请人研究的这两种金属掺杂后的机理发现它们都是以羟基自由基和光生空穴或主要的活性物质。(RSC Adv., 2019, 9, 26894-26901; Mater. Lett., 2021, 283, 128796-128799.)。



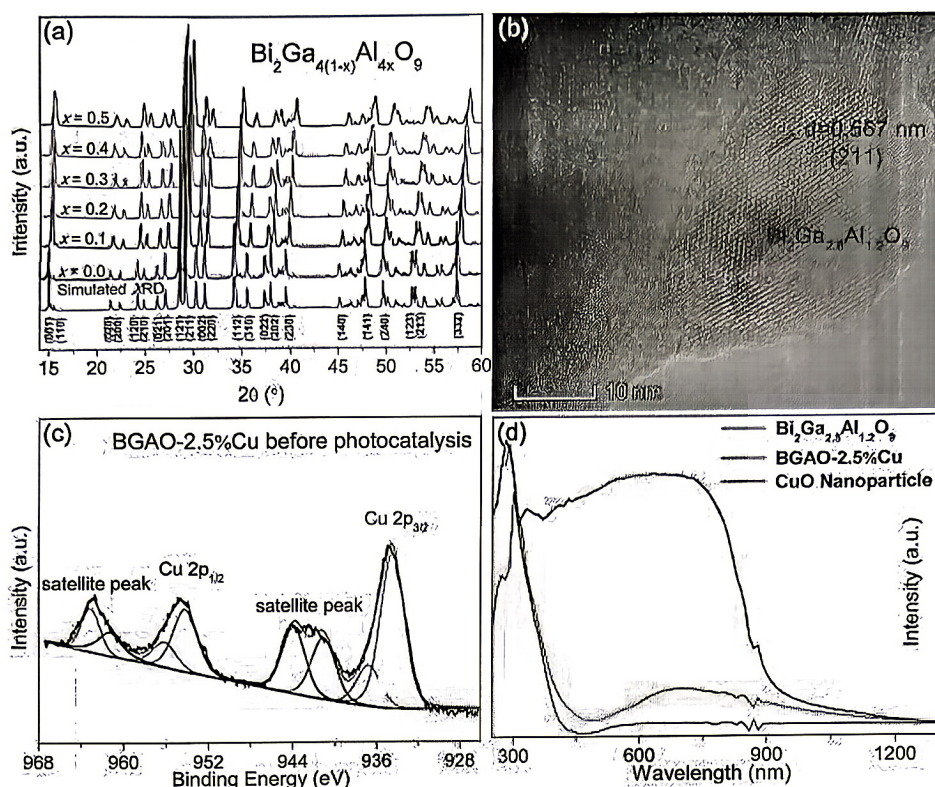


图 7 通过高温固相法得到 $\text{Bi}_2\text{Ga}_{2.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_9$ 样品，再负载 CuO 助催化剂提升其吸收可见光的能力

7.3 相关研究基础

申请人实验室有多台程序控温的箱式电阻炉、电热鼓风干燥箱等用于样品合成。在光催化性能测试方面，申请人拥有 3 套中教金源内照式光催化评价装置和 1 台气相色谱仪以及 1 套采用气相色谱仪在线检测的中教金源 CEL-SPH2N 光催化评价系统。申请人可以利用本校的岛津 U-4100 型紫外-可见-近红外光谱仪、岛津 U-3010 紫外可见分光光度计、F-4500 荧光分光光度计、全自动多晶粉末 X 射线衍射仪、容量法比表面仪、ICP-3000 等离子体发射光谱仪对样品进行结构、形貌、组成等各种表征。还可利用本



学院的电化学工作站和服务资源进行能带结构的研究。申请人还可以利用重庆大学化学化工学院的分析测试中心公共平台的 JEOL-7800F 场发射扫描电镜以及桂林理工大学的透射电镜等部分仪器设备。此外，还可以依靠科学指南针等测试平台提供的便捷服务。

目前所在学校缺乏透射电镜、扫描电镜、X-射线光电子能谱仪。但是，申请人可以通过科学指南针等在线测试平台进行测试。申请人已经多次使用过该类平台的测试设备，方便、快捷、数据可靠。

7.4 科研项目情况及学术成绩

(1) 主持或参与科研项目：

1. 室内除甲醛实验仪器的设计与应用，爱德光文化（北京）有限公司，主持，2021.11.25-2022.11.24

2. 可见光分解水制氢新材料的设计与性能研究，重庆市教委（青年项目），主持，2019.01.01~2021.12.31

3. 批量化合成稀土五硼酸盐发光材料的系统研究，艾德联合照明设计（北京）有限公司，主持，2019.09.17~2021.09.17

4. Bi_2MoO_6 基三维异质阵列的设计合成及光电解水性能研究，国家自然科学基金（青年基金），参研，2019.01.01~2021.12.31

5. 超疏水型纳米 Al-WO_3 复合含能薄膜的可控设计及放热性能研究，重庆市科委自然科学基金（面上项目），参研，2020.01.01~2022.12.31

(2) 主要学术成绩：

1. Yang, J.; Jiang, P.; **Sun, X.**;* Tian, S.; Tian, W.; Huang, H.; Shi, J. A $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{C}_3\text{N}_4$ composite with the assistance of multifunctional Au-nanoparticle to generate hydrogen under visible-light. *Applied Surface Science*, **2022**, 580,

- - 20 - -



152260.

2. **Sun, X.**; Gu, M.; Yang, J.;* Liao, L.; Tian, S.; Huang, H. A highly stable Au@InGaZnO₄ composite split water under simulated sunlight. *Materials Letters*, **2022**, *315*, 131958.

3. **Sun, X.**; Liu, H.; Yang, J.;* Fu, M.; Tan, M.; Yin, G.; Shi, W.; Huang, H.;* Shi, J. C₃N₄/Cu/ZnFe₂O₄ Ternary Nanocomposites: Removal of Environmental Pollutants by the Synergy of Physical Adsorption and Photocatalysis. *ChemistrySelect*, **2022**, *7*, e202103959.

4. Yang, J.;* **Sun, X.**;* Wang, R.; Zhu, M.; Yang, W.; Huang, H.; Shi, W. An Au-nanoparticle decorated Sr_{0.76}Ce_{0.16}WO₄ photocatalyst for H₂ evolution under visible-light irradiation. *International Journal of Hydrogen Energy*, **2020**, *45*, 12702-12710.

5. Yang, J.;* **Sun, X.**;* Yang, W.; Zhu, M.; Shi, J. The improvement of coralline-like ZnGa₂O₄ by cocatalysts for the photocatalytic degradation of rhodamine B. *Catalysts*, **2020**, *10*, 221.

6 Yang, J.;* **Sun, X.**;* Zeng, C.; Deng, Q.; Hu, Y.; Zeng, T.; Shi, J. Effect of La-doped scheelite-type SrWO₄ for photocatalytic H₂ production. *Ionics*, **2019**, *25*, 5083-5089.

7 Yang, J.;* **Sun, X.**;* Zeng, C.; Wang, X.; Hu, Y.; Zeng, T.; Shi, J. Highly improved photocatalytic degradation of rhodamine B over Bi₂Ga_{4-x}Fe_xO₉ solid solutions under visible light irradiation. *RSC Advance*, **2019**, *9*, 26894-26901.

8 Yang, J.;* **Sun, X.**;* Zeng, T.; Hu, Y.; Shi, J. The enhancement of H₂ evolution over Sr_{1-1.5x}Tb_xWO₄ solid solution under ultraviolet light irradiation. *Materials*, **2019**, *12*, 1487.



八、项目进度安排

开始日期	结束日期	阶段计划	阶段考核指标
2023-07-01	2024-06-30	Ti3C2和Nb2C等MXene材料的刻蚀研究，表面端基的调控等。	材料是否成功制备。
2024-07-01	2025-06-30	MXene材料与g-C3N4复合得到新型复合光催化剂，并研究其光催化性能。	光催化测试结果，整理研究结果发表1~2篇SCI论文。
2025-07-01	2026-06-30	光催化机理研究并准备结题材料。	结题材料是否完备；总计发表SCI论文2~5篇。



九、项目经费来源及支出预算(单位：万元)

收入 预 算	科 目	预算数
	1.市财政专项资金	0
	2.所在单位配套经费	4
	3.其他经费	0
	合 计	0
支 出 预 算	科 目	预算数
	一、直接费用	
	1. 设备费	0
	2. 材料费	1.5
	3. 测试化验加工费	1.5
	4. 燃料动力费	0
	5. 出版/文献/信息传播/知识产权事务费	0.5
	6. 差旅、会议、国际合作与交流费	0.5
	7. 劳务费	0
	8. 专家咨询费	0
	9. 其他支出	0
	二、间接费用	
	1. 管理费	0
	2. 绩效支出	0
	合 计	4



十、项目负责人承诺

已按照市教委《重庆市高等学校学风建设实施意见》要求，确认本申报书及附件内容真实、准确。项目如获资助，本人将严格按照《重庆市教育委员会科学技术研究计划项目管理办法》与本申报书的规定，认真履行项目负责人职责，积极开展研究工作，合理安排研究经费，按时报送有关材料并接受检查。若申报书及附件内容失实或在项目执行过程中违反上述规定，本人将承担全部责任。

负责人签字：

年 月 日

十一、项目承担单位承诺

已经按照市教委《重庆市高等学校学风建设实施意见》《重庆市教育委员会科学技术研究计划项目管理办法》与项目申报要求对项目负责人的资格及项目申报书内容进行了审核。项目如获资助，本单位将根据项目申报书内容，落实项目研究所需配套经费及其他条件；按照《重庆市教育委员会科学技术研究计划项目管理办法》有关规定，认真履行项目承担单位的管理职责。

单位公章

负责人签章

年 月 日

协作单位公章

负责人签章

年 月 日

十二、市教委审核意见

公章

年 月 日



附件 3

2023年度重庆市教委科学技术研究项目申报汇总表

申报单位（盖章）：

申报日期： 2023-06-10

序号	负责人	项 目 名 称	项目大类	申报领域	是否在编人员	年龄	学 历	职 称	预期完成指标
1	孙晓瑞	基于MXene设计新复合型光催化剂的光催化性能研究	青年项目	化学与化工科学技术	否	32	硕士研究生	实验师	
注：1.申报领域请与附件 2 中申报领域一致。									



项目编号: FLKJ2026BAG/002

涪陵区指导性科研项目 任 务 书

项 目 名 称: 含稀土元素的新光催化材料的合成与有机

废水的光降解研究

项 目 类 别: 技术创新与应用发展

承 担 单 位: 长江师范学院 (盖章)

项 目 负 责 人: 孙晓瑞 联系电话: 18883876787

项 目 联 系 人: 杨 甲 联系电话: 18716372096

起 止 年 限: 2025 年 9 月 至 2027 年 9 月

重庆市涪陵区科学技术局
二〇二四年版

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App



Quark 夸克
高清扫描 还原文档

填 写 说 明

- 1、本任务书系涪陵区科技局为下达的指导性科研项目而编制，任务书甲方为涪陵区科技局，乙方为项目承担单位（或项目第一承担单位）。
- 2、项目类别：基础研究与前沿探索、技术预见与制度创新、技术创新与应用发展。
- 3、本任务书由涪陵区科技局与项目承担单位签订，一式四份。其中：涪陵区科技局二份，项目承担单位二份。
- 4、本任务书是项目结题（验收）的依据。任务书的内容依据《涪陵区指导性科研项目申报表》所填报内容来填写。
- 5、本任务书要求文字及排版格式规范，需签字和填写部分要求字迹清晰，用 A4 纸双面打印填报。内容应简明扼要，主要技术和经济指标应量化。
- 6、项目编号按以区科技局下达的通知为准。



一、项目承担单位基本情况

项目承担单位 (第一承担单位)	名称	长江师范学院				
	地址	涪陵区聚贤大道 16 号				
	属地	涪陵高新区				
单位性质	3	1. 企业 2. 党政机关 3. 事业单位 4. 社会团体 5. 其他				
工商登记 注册类型	11	1. 国有 2. 集体 3. 股份合作 4. 联营 5. 有限责任公司 6. 股份有限公司 7. 私营 8. 港、澳、台商投资 9. 外商投资 10. 其他企业 11. 无 (行政、事业单位等没有工商注册的填此项)				
单位法人代表						
姓名		职务		联系电话		
项目负责人						
姓名	孙晓瑞	联系电话	18883876787	手机号码	18883876787	
项目主要 合作单位	无					
项目所属 技术领域	10	1. 材料化工 2. 生物技术 3. 装备制造 4. 电子信息 5. 节能与新能源 6. 现代农业 7. 农产品加工与现代储运 8. 现代服务业 9. 医疗卫生 10. 环境保护 11. 公共安全 12. 教育体育 13. 文化科技创新 14. 科学技术普及 15. 其它				

注：此简表的选择项均为单选题。



二、项目主要研究内容

主要研究内容	应用溶胶-凝胶法/水热法等合成方法，开展含稀土元素（La、Ce 等）的复合型光催化材料的可控合成与系统表征研究。通过 XRD、SEM/EDS、BET、UV-Vis DRS、PL 等表征手段，筛选具有优异可见光响应性能的材料。以四环素、罗丹明 B、盐酸强力霉素为目标污染物，开展光催化降解性能试验，优化催化剂投加量、pH 值等工艺参数，研究降解机理。初步评估材料在模拟涪陵区典型水质背景下的应用潜力。 1、合成系列含稀土复合光催化材料，并进行结构、形貌、光学性能表征； 2、系统评价材料对四环素、罗丹明 B、盐酸强力霉素等有机污染物的可见光降解性能； 3、开展降解机理研究，明确主要活性物种（$\cdot\text{OH}$、$\cdot\text{O}_2^-$、h^+）对污染物降解的贡献； 4、初步验证材料在模拟乌江水水质条件下低浓度污染物的降解效果与应用潜力。
--------	--

三、项目考核内容与指标

（主要包括技术指标和主要经济、社会指标。）

序号	考核内容与指标	验收依据
1	合成 ≥ 3 种含稀土（La、Ce 等）复合型光催化材料，可见光吸收边界 $\geq 450\text{ nm}$ 。	材料表征图（XRD、UV-Vis DRS 等）
2	在模拟太阳光下（300W 氙灯），对 20 ppm 盐酸强力霉素/四环素/罗丹明 B，三小时内的降解率 $\geq 90\%$ 。	实验总结报告
3	优选催化剂重复使用 5 次后降解率保持稳定的材料在模拟乌江水水质背景下，对目标污染物降解率 $\geq 90\%$ 。	重复性实验图表及催化结果
4	形成 1 套优化工艺参数（催化剂投量、pH 等），明确主要活性物种贡献。	实验总结报告
5	申报发明专利 1 项。	专利受理通知书
6	在 SCI 期刊上发表论文 1 篇。	论文接受函或发表证明

四、项目主要研究人员



主要研究人员:					
序号	姓名	年龄	职称/职务	所在单位	任务分工
1	孙晓瑞	34	实验师/教师	长江师范学院	项目负责人与材料合成
2	杨 甲	41	副教授/教师	长江师范学院	技术负责与光催化测试
3	郭晓刚	36	教授/教师	长江师范学院	机理分析与数据整理
4	马英	35	讲师/教师	长江师范学院	实验测试与辅助分析

五、任务书签订各方

甲方：涪陵区科技局（盖章）

代

表（签字或盖章）：

邓伟

项目管理科室负责人（签字或盖章）：

李江伟

乙方：项目承担（牵头）单位（盖章）

代

表（签字或盖章）：



项目负责人（签字或盖章）：

孙晓瑞

2016年 1 月 26 日



立项编号： CSTB2024NSCQ-MSX0023

重庆市自然科学基金面上项目任务书

项目名称	基于协同效应引入过渡金属氧化物提升复合材料 MXene/g-C ₃ N ₄ 的可见光催化析氢及机理研究
依托单位	长江师范学院（盖章）
项目负责人	杨甲
通讯地址	重庆市涪陵区聚贤大道 16 号
联系电话	18716372096
项目起止时间	2024-07-01 至 2026-07-01

重庆市科学技术局
二〇二四年六月制



 **Quark 夸克**
高清扫描 还原文档

项目任务书填写注意事项

1. 任务书是重庆市科学技术局与项目承担单位的约束性文本，具有合同效力。任务书受《中华人民共和国民法典》《重庆市科研项目管理办法》《重庆市自然科学基金项目管理办法》等相关法律法规、制度等保护，由重庆市科学技术局负责解释。

2. 任务书是经费拨付、结题验收、绩效评价、终止实施、抽查检查等科技管理活动的基本依据。

3. 任务书的内容应当参照项目申报书的内容填写，相关内容原则上应与项目申报书一致，各项指标不能随意调整。

4. 项目承担单位应当履行法人主体责任，认真审核任务书内容并通过系统提交至市科技局。经市科技局审核确定后盖有“重庆市科学技术局项目任务书专用章”的任务书作为项目实施的有效依据。

5. 各项目单位做好技术保密工作，涉及国家机密的项目按相关管理规定，另行约定任务书签订。



一、考核指标

(一) 考核指标 (根据项目预期目标选填)

人才培养	国家级人才（人）		科研项目	国家级（项）	
	省部级人才（人）			省部级（项）	
	博士后（人）			其他（项）	
	博士/硕士（人）		高价值发明专利	申请（项）	2
高质量论文	具有国际影响力的国内科技期刊论文（篇）	2			授权（项）
	业界公认的国际顶级或重要科技期刊论文（篇）	6	标准	国家标准（个）	
	国内外顶级学术会议报告论文（篇）			行业标准（个）	
出版论著	论著（本）			地方标准（个）	
成果推广应用					
其他（自填）					

注: 1. 根据科技部印发的《关于破除科技评价中“唯论文”不良导向的若干措施(试行)》(国科发监〔2020〕37号)规定, 高质量论文的具体范围由本单位学术委员会本着少而精的原则确定, 其中, 具有国际影响力的国内科技期刊参照中国科技期刊卓越行动计划入选期刊目录确定; 业界公认的国际顶级或重要科技期刊、国内外顶级学术会议由本单位学术委员会结合学科或技术领域选定。

2. 高价值专利主要是指符合国家重点产业发展方向、专利质量较高、价值较高的有效发明专利。主要包括 5 种情况: 一是战略性新兴产业的发明专利, 二是在海外有同族专利权的发明专利, 三是维持年限超过 10 年的发明专利, 四是实现较高质押融资金额的发明专利, 五是获得国家科学技术奖或中国专利奖的发明专利。



(二) 阶段性工作计划及考核指标 (考核指标务必量化)【项目起止时间: 2024 年 7 月 1 日—2027 年 6 月 30 日, 一般为 3 年】

时间阶段	工作内容	拟解决的关键问题	考核指标
2024-07~2025-07	MXene/g-C ₃ N ₄ 与 MO _x (M=Ti, V, Nb, Mo) 构造三元复合材料的合成研究。	实验组和对照组纳米复合材料的制备。	是否获得满足实验需求的所有样品; 发表高水平学术论文 2 篇。
2025-07~2026-07	MXene/g-C ₃ N ₄ 与 MO _x (M=Ti, V, Nb, Mo) 构造三元复合材料的结构研究和光催化析氢测试。	纳米复合材料的晶体结构和表面结构信息的解析。	是否获得纳米复合材料的晶体结构和表面结构信息; 发表高水平学术论文 3 篇, 申请发明专利 1 项。
2026-07~2027-07	三元复合材料的系统表征测试和协同效应研究。	科学的关联分析纳米复合材料的结构信息-物理化学指标-析氢性以得到新的光催化机理。	是否获得纳米复合材料的物理化学指标, 并据此得到新的光催化机制; 发表高水平学术论文 3 篇, 申请发明专利 1 项。



二、项目组成员

姓 名	专 业	工作单位	职称	证件号码	项目中的 分工	每年工作 时间(月)
杨甲	化学工程与技术	长江师范学院	中级	500235198512242317	复合材料的设计、合成与理论计算; 学术论文与结题报告的撰写。	12
郭晓刚	化学工程与技术	长江师范学院	副高	411281199006284516	复合材料的表征测试与分析; 学术论文的修改。	8
孙晓瑞	化学	长江师范学院	中级	370405199211044627	复合材料的光催化析氢性能测试; 发明专利的撰写。	10
贾玉龙	物理化学	长江师范学院	中级	130722198712090510	电化学性能测试与分析; 光催化机理探究。	10

注: 1. 同一年度每位项目申请人限申请市自然科学基金项目1项。项目负责人申请主持项目和主持在研项目的总数不超过1项; 项目参与人参与申请项目和在研项目不超过2项。

2. 连续两年申请市自然科学基金面上项目未获资助的项目申请人今年暂停申报面上项目。

3. 所有参与单位至少有一人作为项目组成员。



三、项目经费

甲方为乙方提供本项目研究经费0.00万元，在签约后一次拨付；乙方自筹或匹配经费不少于10万元。



四、相关责任

重庆市科学技术局为任务书甲方，项目承担单位为任务书乙方。甲乙双方按照“强化法人责任、规范资金管理、突出过程服务”的原则组织实施项目。

（一）甲方责任

1. 项目监督。按照“双随机、一公开”的原则，甲方根据年度工作安排对各类科研项目组织开展绩效评价，评价结果纳入科研诚信管理。

2. 项目验收。项目实行结题备案制。根据乙方提交的相关结题备案材料办理结题销号。对验收情况进行抽查，抽查比例根据实际情况确定。

3. 经费清算。甲方对验收未通过及终止实施的项目，组织开展财务审计与清算，并按规定收回结余资金和违规使用的资金。

（二）乙方责任

1. 项目保障。乙方应当履行项目法人单位主体责任，遵守财政科研项目和资金的相关法律法规、管理规定，制订和完善本单位相应管理规则，并为项目实施提供必要的人、财、物等方面科研条件保障。

2. 过程管理。乙方应当按甲方监督检查要求提供相应的原始数据、记录和有关证明材料。涉及需要甲方审批的项目任务内容变更，须经甲方审核同意后并签补充合同，其他项目任务内容变更由乙方自行处理。对要求延期结题的，须于项目资助期满前2个月向甲方提出申请，只能提出1次申请，且延期结题时间不能超过1年。

3. 结题管理。乙方应制定完善结题备案相关制度规范，在项目实施期限届满后3个月内自行或者委托第三方机构组织结题验收，并按照《重庆市自然科学基金项目管理办法》规定上传项目结题相关材料，并将结题销号的函及结题备案项目清单提交项目管理信息系统。如项目任务目标无法完成的，乙方可以在项目到期前主动向甲方提出项目终止实施申请。

4. 保密管理。乙方应当严格遵守《中华人民共和国保守国家秘密法》、《科学技术保密规范》、《对外科技交流保密提醒制度》等有关保密规定，在科研活动和对外合作中加强技术保密管理。

5. 科研诚信。乙方应当严格遵守《关于进一步加强科研诚信建设的若干意见》、《重庆市科技计划项目诚信管理暂行办法》、《重庆市科研诚信提醒二十条》有关科研诚信管理规定，强化诚信意识。

6. 经费使用。项目经费使用实行“包干制”，乙方应当严格遵守《重庆市



人民政府办公厅印发关于改革完善市级财政科研经费管理若干措施的通知》、《重庆市财政科研项目经费“包干制+负面清单”管理办法（试行）》等有关经费管理规定进行使用。

其他约定：责任约定签订的约定书、合同协议及签订的其他相关约定以附件形式上传。



五、任务书签订各方

甲方：重庆市科技局代表： 基础研究处 处长 王璞



项目管理人 陈恒 (签章)

陈恒



年 月 日

乙方：项目第一承担单位负责人 杨燕滨 (签章)

项目负责人 杨甲 (签章)

帐户名： 长江师范学院

帐号： 31620101040009181

开户银行： 中国农业银行重庆涪陵城区支行

(单位签章)

二〇 年 月 日



立项编号： CSTB2025NSCQ-GPX0415

重庆市自然科学基金面上项目任务书

项目名称	基于外泌体示踪的肺癌分型与诊疗智能 SERS 平台构建及应用研究
依托单位	长江师范学院（盖章）
项目负责人	付翠翠
通讯地址	重庆市涪陵区聚贤大道 16 号
联系电话	13844199726
项目起止时间	2025-07-01 至 2028-06-30

重庆市科学技术局
二〇二四年十一月制



项目任务书填写注意事项

- 1.任务书是重庆市科学技术局与项目承担单位的约束性文本，具有合同效力。任务书受《中华人民共和国民法典》《重庆市科研项目管理办法》《重庆市自然科学基金项目管理办法》等相关法律法规、制度等保护，由重庆市科学技术局负责解释。
- 2.任务书是经费拨付、结题验收、绩效评价、终止实施、抽查检查等科技管理活动的基本依据。
- 3.任务书的内容应当参照项目申报书的内容填写，相关内容原则上应与项目申报书一致，各项指标不能随意调整。
- 4.项目承担单位应当履行法人主体责任，认真审核任务书内容并通过系统提交至市科技局。经市科技局审核确定后盖有“重庆市科学技术局项目任务书专用章”的任务书作为项目实施的有效依据。
- 5.各项目单位做好技术保密工作，涉及国家机密的项目按相关管理规定，另行约定任务书签订。



一、考核指标

(一) 产出指标

序号	拟产出指标(单位)	完成产出指标值	验收依据	强化说明
1	申请发明专利(项)	1.000000	进入实质审查	
2	论文(篇)	2.000000	包括：具有国际影响力的国内科技期刊论文、业界公认的国际顶级或重要科技期刊论文、国内外顶级学术会议报告论文等。	
3	其中：SCI 收录论文(篇)	2.000000	业界公认的国际顶级或重要科技期刊论文	
4	实验数据报告(份)	1.000000	实验目标清晰、数据处理科学、实验结果准确	

注：1. 根据科技部印发的《关于破除科技评价中“唯论文”不良导向的若干措施（试行）》（国科发监〔2020〕37号）规定，高质量论文的具体范围由本单位学术委员会本着少而精的原则确定，其中，具有国际影响力的国内科技期刊参照中国科技期刊卓越行动计划入选期刊目录确定；业界公认的国际顶级或重要科技期刊、国内外顶级学术会议由本单位学术委员会结合学科或技术领域选定。

2. 高价值专利主要是指符合国家重点产业发展方向、专利质量较高、价值较高的有效发明专利。主要包括5种情况：一是战略性新兴产业的发明专利，二是在海外有同族专利权的发明专利，三是维持年限超过10年的发明专利，四是实现较高质押融资金额的发明专利，五是获得国家科学技术奖或中国专利奖的发明专利。



(二) 阶段性工作计划及考核指标 (考核指标务必量化)

时间阶段	工作内容	拟解决的关键问题	考核指标	强化说明
2025-06-01 至 2026-05-31	银膜基底和银纳米粒子的制备、生物修饰、SEM 表征、外泌体捕获的条件优化, “银膜基底-外泌体-AgNPs”三明治结构的构建及其 SERS 表征。	1. 如何制备高均匀性、高 SERS 活性的银膜基底及单分散 AgNPs; 2. 如何在外泌体捕获芯片表面 (银膜基底) 实现抗体的高密度组装; 3. 如何通过调控 AgNPs 表面修饰, 形成均一稳定的“三明治”结构。	发明专利-申请 (项)	
2026-06-01 至 2027-05-31	探究电压、频率对外泌体膜破裂的调控规律, 通过 SEM 表征外泌体膜破裂程度; 优化电场刺激策略, 实现外泌体膜内组分 (如 miRNA) 的时序性释放, 进行原位 SERS 检测, 验证方法稳定性。	1. 如何通过调控电场强度与作用时间, 实现外泌体膜的可控破裂; 2. 如何设计银膜表面化学修饰以捕获释放的靶标分子, 并抑制非特异性吸附。	科研项目-其他 (项)	
2027-06-01 至 2028-05-31	培养不同肺癌亚型细胞, 分离外泌体, 利用 SERS 平台获取其膜-核组分的指纹光谱; 开发深度学习算法, 提取光谱特征, 测试模型分类准确率。	1. 如何从多维度光谱数据中筛选具有亚型区分度的特征峰组合; 2. 如何通过数据增强提升模型准确率。	业界公认的国际顶级或重要科技期刊论文 (篇)	



二、项目组成员

姓 名	专业	工作单位	职称	证件号码	项目中的分工	每年工作 时间(月)
付翠翠(负责人)	物理化学	长江师范学院	副高	232302198809052420	SERS 平台的总体设计和构建	8
李洋洋	物理电子学	长江师范学院	中级	230125198804271810	光谱分析和数据处理	6
孙晓瑞	化学	长江师范学院	中级	370405199211044627	结构表征和性能分析	6
王玲	化学（师范）	长江师范学院	其他	500225200202024506	基底制备和数据采集	8
孔雪梅	生物科学	长江师范学院	其他	500383200202194141	外泌体处理	8

注：1. 项目负责人申请主持项目和主持在研项目的总数不超过1项；项目参与人参与申请项目和在研项目不超过2项。

2. 所有参与单位至少有一人作为项目组成员。



三、项目经费

甲方为乙方提供本项目研究经费 5 万元，在签约后一次拨付；乙方自筹或匹配经费不少于 5 万元。



四、相关责任

重庆市科学技术局为任务书甲方，项目承担单位为任务书乙方。甲乙双方按照“强化法人责任、规范资金管理、突出过程服务”的原则组织实施项目。

（一）甲方责任

1.项目监督。按照“双随机、一公开”的原则，甲方根据年度工作安排对各类科研项目组织开展绩效评价，评价结果纳入科研诚信管理。

2.项目验收。项目实行结题备案制。根据乙方提交的相关结题备案材料办理结题销号。对验收情况进行抽查，抽查比例根据实际情况确定。

3.经费清算。甲方对验收未通过及终止实施的项目，组织开展财务审计与清算，并按规定收回结余资金和违规使用的资金。

（二）乙方责任

1.项目保障。乙方应当履行项目法人单位主体责任，遵守财政科研项目和资金的相关法律法规、管理规定，制订和完善本单位相应管理规则，并为项目实施提供必要的人、财、物等方面科研条件保障。

2.过程管理。乙方应当按甲方监督检查要求提供相应的原始数据、记录和有关证明材料。涉及需要甲方审批的项目任务内容变更，须经甲方审核同意后并签补充合同，其他项目任务内容变更由乙方自行处理。对要求延期结题的，须于项目资助期满前2个月向甲方提出申请，只能提出1次申请，且延期结题时间不能超过1年。

3.结题管理。乙方应制定完善结题备案相关制度规范，在项目实施期限届满后3个月内自行或者委托第三方机构组织结题验收，并按照《重庆市自然科学基金项目管理办法》规定上传项目结题相关材料，并将结题销号的函及结题备案项目清单提交项目管理信息系统。如项目任务目标无法完成的，乙方可以在项目到期前主动向甲方提出项目终止实施申请。

4.保密管理。乙方应当严格遵守《中华人民共和国保守国家秘密法》、《科学技术保密规范》、《对外科技交流保密提醒制度》等有关保密规定，在科研活动和对外合作中加强技术保密管理。

5.科研诚信。乙方应当严格遵守《关于进一步加强科研诚信建设的若干意见》、《重庆市科技计划项目诚信管理暂行办法》、《重庆市科研诚信提醒二十条》有关科研诚信管理规定，强化诚信意识。



6.经费使用。项目经费使用实行“包干制”，乙方应当严格遵守《重庆市人民政府办公厅印发关于改革完善市级财政科研经费管理若干措施的通知》、《重庆市财政科研项目经费“包干制+负面清单”管理办法（试行）》等有关经费管理规定进行使用。

其他约定：责任约定签订的约定书、合同协议及签订的其他相关约定以附件形式上传。重新生成任务书后，以新生成的任务书为准，原任务书不得使用，不再具有法律效力。

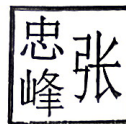


五、任务书签订各方

甲方：重庆市科技局代表： 基础研究处 处长 王璞



项目管理人 张忠峰



乙方：项目第一承担单位负责人 杨燕滨 （签章）

项目负责人 付翠翠 （签章）

账 户 名： 长江师范学院

账 号： 31620101040009181

开户银行： 中国农业银行重庆涪陵城区支行

（单位签章）

二 0 年 月 日

