

大学生创新创业项目赋能新工科人才培养

——缺陷纳米催化项目的科研与实践育人路径

陆胜达¹ 杨伟铭¹ 罗秋妍¹ 李忠明¹ 王铭柳^{2*} 黄在银^{1*}

1. 广西民族大学化学化工学院, 广西 南宁 530008

2. 广西民族大学创新创业学院, 广西 南宁 530008

[摘要]本研究基于国家级大学生创新创业训练计划背景,以“清泥流光-处理持久性有机污染物全球引领者”项目为载体,系统探讨了缺陷纳米催化剂 MnS-x 的构筑及其在实际废水处理中的应用,并重点分析了该科研实践对本科生创新能力与综合素质的培养成效。项目通过超声时间调控成功合成一系列具有不同缺陷浓度的 MnS-x 材料,系统研究了其热力学行为与光催化性能。实验结果表明,适度缺陷可显著提升材料的光催化活性,最优条件下 RhB 降解率达 78%。该大创项目体现了“以学生为主体、问题为导向、项目为依托”的教育模式的有效性,为高校创新创业教育提供了可借鉴的实施路径,充分彰显了“科研育人、实践育人”在培养新工科复合型人才方面的重要价值。

[关键词]大学生创新创业训练计划;新工科教育;跨学科合作;科研能力培养;科教融合

DOI: 10.33142/fme.v6i8.17548

中图分类号: G4

文献标识码: A

Empowering Talent Development in Emerging Engineering through University Innovation Projects — The Educational Path of Research and Practice in Defective Nanocatalysis Projects

LU Shengda¹, YANG Weiming¹, LUO Qiuyan¹, LI Zhongming¹, WANG Mingliu^{2*}, HUANG Zaiyin^{1*}

1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi, 530008, China

2. School of Innovation and Entrepreneurship, Guangxi Minzu University, Nanning, Guangxi 530008, China

Abstract: Based on the background of the National College Students' Innovation and Entrepreneurship Training Program, this study takes the project "Clear Mud Flowing Light - A Global Leader in Persistent Organic Pollutants Treatment" as a vehicle to systematically explore the construction of defective nanomaterial catalyst MnS-x and its application in practical wastewater treatment. It also focuses on analyzing the effectiveness of this research practice in cultivating undergraduate students' innovation capabilities and comprehensive competencies. By regulating ultrasound duration, the project successfully synthesized a series of MnS-x materials with varying defect concentrations and systematically investigated their thermodynamic behavior and photocatalytic performance. Experimental results demonstrate that moderate defects significantly enhance the photocatalytic activity of the material, achieving a RhB degradation rate of 78% under optimal conditions. This innovation and entrepreneurship project exemplifies the effectiveness of the educational model centered on "student-led, problem-oriented, and project-based" approaches, providing a referential implementation pathway for innovation and entrepreneurship education in higher institutions. It fully highlights the important value of "research-based education and practice-based education" in cultivating interdisciplinary talents in the context of emerging engineering education.

Keywords: college innovation program; new engineering education; interdisciplinary research; research skill development; research-informed education

引言

大学生创新创业训练计划(以下简称“大创项目”)基于国家创新驱动发展战略与高校创新创业教育改革,是对“大众创业、万众创新”政策导向的实践^[1-2]。当前我国经济转型升级关键时期亟需培养创新与实践能力兼备的高素质人才^[3]。高校作为人才培养主阵地,需将创新创业教育融入全过程。大创项目突破传统教育局限,构建以学生为主体、以问题为导向、以项目为依托的实践教学模式,为学生提供理论知识转化为实践能力的平台^[4-5]。本文依托大创项目“清泥流光”,开展结合科研与工程实践

的创新探索。项目聚焦环保材料研发与应用,团队成员经历了从文献调研、方案设计、材料制备、性能测试到数据分析的全流程科研实践,掌握现代研究方法 with 科学思维。跨学科协作提升了团队沟通与问题解决能力。“清泥流光”注重技术实现与创新创业素养并重,团队同步开展成本评估、场景调研与商业模式分析,培育技术创新与市场结合意识,体现新工科对复合型人才的要求。

“清泥流光”针对大学生在环保材料领域创新与实践能力不足的问题,通过科研训练、能力提升与社会需求融合,在取得技术成果的同时,培养了具备创新潜能、实践

能力与社会责任感的青年人才,体现了“科研育人”与“实践育人”理念,为高校创新创业教育提供借鉴。

1 大学生创新创业培养模式的内涵与时代意义

1.1 国家战略驱动下的创新创业教育

我国深入实施创新驱动发展战略,处于经济转型升级与高质量发展的关键时期,对高等教育人才培养提出更高要求——需培养兼具创新精神、创业意识和实践能力的高素质复合型人才。国家出台“大众创业、万众创新”号召及多项政策,推动创新创业教育融入高校人才培养体系,成为高教改革和人才竞争力提升的核心引擎。高校作为科技第一生产力、人才第一主体、创新第一动力的结合点,肩负响应国家战略需求、培养时代新人的使命^[6]。

1.2 大学生创新创业项目:传统教育的突破与重构

大创项目是国家战略与教育理念在高校实践的重要载体^[7],旨在突破传统教育“重理论轻实践、重知识传授轻能力培养”的局限,构建全新实践教学范式。其核心体现三个转变:从“以教师为中心”到“以学生为主体”,强调学生自主完成选题、立项与实施,激发内在动力^[8];从“学科导向”到“问题导向”,围绕真实问题综合多学科知识,培养系统思维与问题解决能力;从“课堂学习”到“项目实践”,以具体任务为依托,实现“做中学、学中做”的良性循环。

1.3 多维度的综合能力培养体系

大创项目价值不仅在于技术或产品产出,更在于构建多维度综合能力培养体系。通过完整项目周期,学生经历文献调研、方案设计、实验操作到成果总结的全流程科研实践,培养严谨科学思维和自主探索能力。在跨学科协作中,提升沟通与团队合作能力;在应对实验失败与技术难题中,磨练意志品质和问题解决能力。优秀项目还注重技术与应用的结合,推动技术思维与应用思维融合,契合新工科对复合型人才的核心要求^[9]。

1.4 本文研究载体:“清泥流光”项目的范例意义

本文依托的大创项目“清泥流光”,是上述培养模式的实践案例。项目聚焦新型环保材料研发与应用,体现“以学生为主体、以问题为导向、以项目为依托”的理念,系统训练学生科研与工程实践能力,诠释“科研育人”与“实践育人”理念。项目针对大学生在环保材料领域创新与实践能力不足的问题,通过科研训练、能力提升与社会需求融合,在取得技术成果的同时,培养出具备创新潜能、实践能力与社会责任感的青年人才。本研究以“清泥流光”为案例,系统梳理实施过程与成效,以期同类创新创业教育项目提供参考。

2 案例分析一:基于创新实验缺陷催化的热力学研究

2.1 实验试剂和仪器

试剂:所有化学品均为分析试剂(AR),无需进一步纯

化即可直接使用。四水合氯化锰($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、硫化钠(Na_2S)、丙三醇($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)、无水乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)和异丙醇(IPA, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)均购买自国药集团化学试剂有限公司;罗丹明B(RhB , $\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{ClN}_2\text{O}_3$)购买自天津市科密欧化学试剂有限公司;聚乙烯吡咯烷酮(PVP, $(\text{C}_6\text{H}_9\text{NO})_n$)、D-色氨酸($\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$)、对苯醌(PBQ, $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$)和三乙醇胺(TEOA, $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{NO}_3$)均购买自上海阿拉丁生化科技股份有限公司。每次实验使用电阻率为 $18.20 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ 的去离子水(H_2O)。

仪器:电子分析天平(XS3DU)、集热式恒温加热磁力搅拌器(DF-101S)、数控超声波清洗器(JP-100S)、电热恒温鼓风干燥箱(DZF-6050)、真空干燥箱(DZF-6050AB)、高速冷冻离心机(H1850R)、超高精度恒温水浴槽(XOGDH-0506)、紫外-可见分光光度计。

2.2 合成方案

2.2.1 纳米 MnS 制备

首先,称取 0.594 g MnCl_2 和 1.441 g Na_2S 于 50 mL 烧杯中,然后加入 15.0 mL 的 H_2O ,接着加入 0.5000 g 的 PVP 试剂,在室温下磁力搅拌 20 min ,混合均匀后转移到 50 mL 聚四氟乙烯内胆的高压反应釜中;将反应釜放入电热恒温鼓风干燥箱中 200°C 下加热 24 h 进行反应,结束后取出反应釜冷却至室温,打开反应釜,倒入离心管中。将内胆中的沉淀物离心,分别用 H_2O 和 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 各洗涤 5 次,在温度为 60°C 的真空干燥箱中干燥 6 h ,即得到纳米 MnS 材料,命名为 Eth0-MnS。

2.2.2 缺陷纳米 MnS-x 的制备

首先,分别称取 5 次 0.1000 g 制备的 MnS 置于 50 mL 烧杯中,其次加入 30.0 mL 的 H_2O ;放于超声波清洗机中分别超声 0.5 h 、 1.0 h 、 1.5 h 、 2.0 h 、 2.5 h ;分别用 H_2O 和 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 各洗涤 3 次,并将洗涤完成的样品置于真空干燥箱中,在温度为 60°C 的真空干燥箱中干燥 6 h ,最终获得不同缺陷浓度的 MnS-x 系列样品,分别命名为 Eth0.5h-MnS、Eth1.0h-MnS、Eth1.5h-MnS、Eth2.0h-MnS 和 Eth2.5h-MnS。

2.3 温度及超声时间对于标准摩尔溶解热吉布斯自由能的影响

如图 1 所示,缺陷纳米硫化锰的标准摩尔溶解吉布斯自由能与超声处理时间及温度之间存在明显关联。图 1a 与图 1b 结果表明, MnS-x 的标准摩尔溶解吉布斯自由能随超声时间的增加而逐渐降低,两者呈现显著的线性关系,说明超声时间对吉布斯自由能具有重要影响。同时,从图 1b 可以看出,随着温度升高,标准摩尔溶解吉布斯自由能逐渐减小,整体变化趋势较为均匀。该图还表明,温度对焓变(ΔH°)与超声时间(t)之间的关系影响显著:随着超声时间延长,焓变值逐渐减小,且在较高温度(如 328.15 K)下焓变下降更为明显。综上所述,温度与超声

时间共同调节标准摩尔溶解吉布斯自由能及焓变的变化行为,且在高温条件下超声时间对这些热力学参数的影响更为突出。

2.4 温度及超声时间对标准摩尔溶解焓的影响

热容是材料储能大小的重要判据^[10],是原子振动在宏观热力学性质上最直观的表现,根据热容理论,固体的热容由晶格热振动的热容和自由电子热运动的热容组成。由图 2a 和 b 可知, MnS-x 的摩尔表面热容与超声时间和温度呈线性相关,超声时间增加,其摩尔表面热容也逐渐增加;但随着温度的升高,其摩尔表面热容却逐渐减小。因为根据动力学理论基础,温度升高,其粒子的振动幅度会增大,导致其势能增大,粒子的动能也会增大。当温度上升到某一高温时,粒子的振动幅度会增大到一个临界点,从而挣脱周围粒子的束缚。由于纳米材料相对于块体材料的比表面会更大,粒子之间的相互作用也会更加明显,因此,挣脱粒子间的束缚就会更加容易,因纳米粒子间距增大而不利于储能,导致其摩尔表面热容的减小^[11]。

3 案例分析二：基于创新实验缺陷纳米催化剂在光催化领域的应用

在案例二的分析中,将重点探讨由学生团队在国家级

大学生创新创业训练计划项目“清泥流光”中开发的 MnS-x 催化剂在实际废水处理中的应用。该催化剂的研制充分体现了跨学科合作在材料设计中的优势,也反映出科技创新推动实际污染治理的潜力。通过该实例,可清晰看到学生将理论知识与工程实践相结合,针对真实环境问题提出并实施创新性解决方案的能力。

本研究通过调控超声处理时间 (0.5~2.5h),成功制备了五种 MnS-x 光催化剂。实验结果如图 3 所示,超声时长为 1.5 小时的 MnS-x3 样品对 RhB 的降解效率最高 (约 78%),显著优于其他处理组 (x1: 0.5h; x2: 1.0h; x4: 2.0h; x5: 2.5h)。然而,当超声时间超过 1.5h 后, MnS-x4 与 MnS-x5 的光催化活性出现下降。机制研究表明,在超声初期 (0.5~1.5h),空化效应促进了硫空位的形成,增加了表面活性位点,有利于光生电子-空穴对的分离与迁移;而当超声延长至 1.5h 以上,过量缺陷导致晶格畸变加剧,部分光生载流子在迁移过程中被捕获并复合,反而形成电荷复合中心,造成光催化性能降低。该现象符合材料缺陷浓度的“双刃剑”效应:适度缺陷可优化载流子动力学行为,而缺陷过载则会诱发非辐射复合,导致光催化活性下降^[12-13]。

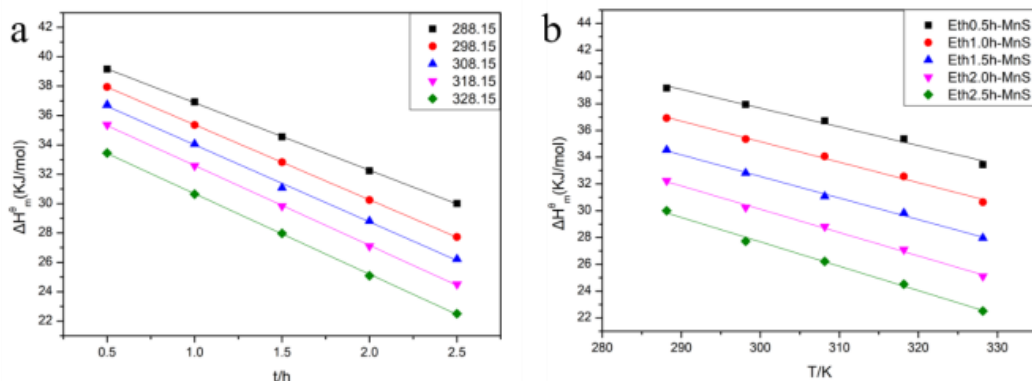


图 1 缺陷纳米硫化锰的温度及超声时间与标准摩尔溶解吉布斯自由能的关系

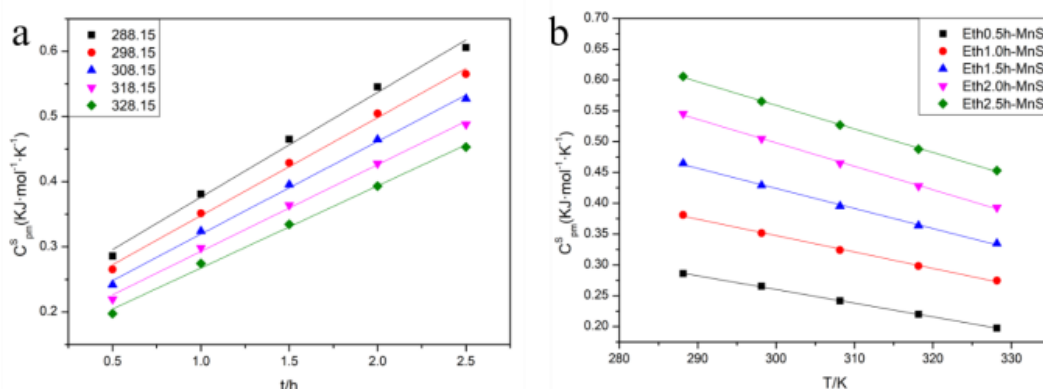


图 2 缺陷纳米硫化锰的温度及超声时间与摩尔表面热容的关系

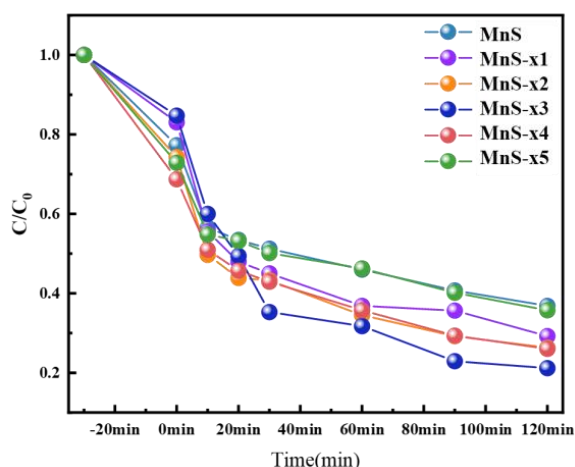


图3 缺陷纳米硫化锰和纳米硫化锰的光催化性能对比关系

4 结果与讨论

通过系统开展“清泥流光”大创项目,在新型环保材料 MnS-x 催化剂的研发、性能调控与实际应用方面取得阶段性成果,体现了大学生科研创新与实践能力的提升。

4.1 科研能力提升与创新成果

在项目推进中,团队成员以创新意识为引领,主动探索材料设计与性能优化方案,展现出较强的科研与工程实践能力。通过创新采用超声时间调控策略,成功制备出缺陷浓度可控的 MnS-x 催化剂,并系统研究其热力学特性与光催化行为。结果表明,在 1.5h 超声条件下材料光催化活性最优 (RhB 降解率达 78%),验证了团队在实验设计及缺陷结构有序调控方面的初步能力。机理研究揭示了缺陷“双刃剑”效应背后的载流子分离与复合规律,体现出从现象到机制挖掘的综合科研素养。跨学科合作中,成员融合材料、化学、环境等多领域知识,共同攻克难题,提升了系统思维和实际问题解决能力。通过完整参与科研过程,学生掌握了材料制备与表征技术,培养了严谨科学态度、数据解读及报告撰写能力,为未来科研与技术开发奠定了基础。

4.2 阶段性成果总结

截至目前,项目在科研产出与创新能力培养方面取得多项成果:发表学术论文 2 篇,获授权发明专利 2 项、实用新型专利 3 项,“清泥流光”在“大学生创新创业竞赛”中获省级金奖。荣誉既认可了技术先进性和团队协作,也反映了学生在跨学科整合、项目展示与答辩等方面的综合素养。竞赛平台进一步拓宽了学生学术视野,增强了应对复杂现实问题的创新与应变能力。

这些成果是项目技术实现的标志,也是团队成员科研素养、工程实践与创新意识协同发展的体现,为培养新工科创新人才提供支撑。

4.3 育人成效与社会意义

“清泥流光”不仅在技术上突破,更显著促进人才培

养。科研训练与创新创业教育深度融合,培养了学生的科学思维、工程实践和团队协作精神。通过成本评估、应用场景调研和商业模式分析,学生初步具备将技术创新与市场需求结合的意识与能力,体现了新工科“复合型人才”培养目标。项目为高效、低成本废水处理材料提供新思路,具有应用前景和社会价值,同时为高校创新创业教育提供实施路径与案例,推动“科研育人、实践育人”理念落实与深化。

5 结语

“清泥流光”项目作为国家级重点大学生创新创业训练计划实践案例,体现出了大创计划在培养高素质创新人才方面的显著成效与深远意义。通过系统实施,学生掌握了材料合成、性能测试与机理研究等科研技能,并在全流程参与中提升了创新思维、工程实践能力与团队协作素养。大创项目以“学生为主体、问题为导向、项目为依托”的教育模式,有效打破学科壁垒,推动多学科交叉融合,为学生提供了从理论认知走向实践创新的重要平台。

该项目表明,大创计划是实现“科研育人”“实践育人”的有效路径,更是响应国家创新驱动发展战略、推动新工科建设的重要举措。它助力学生从“被动接受知识”转向“主动探索创新”,并在解决真实复杂问题的过程中培养社会责任感和综合职业素养。“清泥流光”的成功经验显示,大创项目在推动高校创新创业教育改革、构建复合人才培养生态方面具有可推广的价值与前景。未来应进一步扩大项目覆盖面与资源支持,深化产学研协同,完善“教学-科研-实践”三元融合的育人机制,为培养更多具备创新精神、实践能力与社会担当的优秀人才提供坚实支撑。

基金项目:国家大学生创新创业训练计划项目 (No 202410608003X, S202410608362X, S202510608210)。

【参考文献】

- [1]张诗阳.大学生创新创业训练计划项目过程管理与质量提升研究[D].天津:天津大学,2022.
- [2]王异,黄旭东,陆胜达,等.芬顿催化剂及其生产装置的构筑—新工科背景下本科生科研能力培养案例[J].广州化工,2024,52(22):172-175.
- [3]刘志,沈国江,郑建炜,等.基于项目团队的产学研共建创新实践探索[J].计算机教育,2025(8):165-169.
- [4]夏鲲,袁庆庆,杨珂.专创强融合、师生双梯队的高质量创新创业能力培养模式[J].高教学刊,2025,11(10):78-81.
- [5]胡云堂,王英惠,林伟明.地方高校机械创新创业人才培养体系的构建与实践[J].人才资源开发,2022(24):60-61.
- [6]胡绪.高校参与基础教育拔尖创新人才早期培养的意义、职责与路径[J].教育评论,2024(10):11-18.
- [7]张爽,晏磊,王伟东,等.以大创项目和比赛为驱动,促进研究性创新人才培养[J].课程教育研究,2019(17):33-34.

[8]刘伟兰,倪亚茹,陈丽颖.基于大创项目的材料类专业本科生创新能力教学改革与实践[J].化工管理,2025(2):27-30.

[9]张燕,周来,杨得利,等.“大创项目”实施质量影响因素及优化管理对策[J].创新创业理论研究与实践,2024,7(17):1-4.

[10]Li W, Cui Z, Duan H, et al. Effect of nanoparticle size on the thermal decomposition thermodynamics in theory and experiment[J]. Applied Physics A,2016,122(2):99-100.

[11]张智芳,陈建刚,刘昭铁.标准态下碳酸二甲酯合成体系热力学分析[J].云南大学学报:自然科学

版,2007,29(1):80-85.

[12]Liu H, Yang B, Liao G, et al. Facilitating carrier kinetics in ultrathin porous carbon nitride through shear-repair strategy for peroxymonosulfate-assisted water purification[J]. Nature Communications,2025,16(1):5909.

[13]Xu N, Qi X, Shen Z, et al. Point defects in metal halide perovskites[J]. Nature Reviews Physics,2025(1):1-11.

作者简介:陆胜达(2005—),主要研究方向为矿物功能材料的开发;黄在银*,广西民族大学化学化工学院,主要研究方向为功能纳米材料;王铭柳*,广西民族大学创新创业学院,主要研究方向为传播学及创新创业教育。