

混合教学模式下“环境催化材料”课程的创新路径探析

宋 扬, 张 恒, 王燕珍, 陈飞勇*

山东建筑大学资源与环境创新研究院, 山东 济南

收稿日期: 2025年9月12日; 录用日期: 2025年10月15日; 发布日期: 2025年10月23日

摘 要

针对“环境催化材料”课程传统教学中理论与实践脱节、资源不足等问题, 本文探索了线上线下混合教学模式的改革路径。以“以学生为中心”为理念, 通过优化教学资源与体系, 构建线上理论学习与线下实践相结合的教学模式, 提升教学成效。研究利用数字化平台与实验设施支持教学, 强化理论应用衔接, 促进学生学习兴趣与实践能力的提升, 为环境催化材料课程改革提供了可行思路。然而, 模式实施对学生自觉性与设备条件存在一定依赖。未来可引入智能技术进一步优化教学。这一探索为工程教育改革提供了实践参考与推广价值。

关键词

环境催化材料, 混合教学, 教学改革, 教学资源

Exploration on the Innovative Path of the “Environmental Catalytic Materials” Course under the Blended Teaching Mode

Yang Song, Heng Zhang, Yanzhen Wang, Feiyong Chen*

Resources and Environment Innovation Institute, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

Received: September 12, 2025; accepted: October 15, 2025; published: October 23, 2025

Abstract

To address the issues of disconnection between theory and practice, insufficient resources, and

*通讯作者。

文章引用: 宋扬, 张恒, 王燕珍, 陈飞勇. 混合教学模式下“环境催化材料”课程的创新路径探析[J]. 教育进展, 2025, 15(10): 1146-1149. DOI: 10.12677/ae.2025.15101949

other challenges in traditional teaching of the “Environmental Catalytic Materials” course, this study explores the reform path of an online-offline blended teaching model. Guided by the “student-centered” philosophy, the model integrates online theoretical learning with offline practical training through optimizing teaching resources and curriculum systems, aiming to enhance teaching effectiveness. Leveraging digital platforms and experimental facilities to support teaching, this approach strengthens the connection between theoretical knowledge and practical application, thereby boosting students’ learning interest and improving their practical abilities. It provides a feasible framework for the curriculum reform of Environmental Catalytic Materials. However, the implementation of this model relies to some extent on students’ self-discipline and the availability of equipment. Future efforts may involve introducing intelligent technologies to further optimize the teaching process. This exploration offers practical references and promotional value for engineering education reform.

Keywords

Environmental Catalytic Materials, Hybrid Teaching, Teaching Reform, Teaching Resources

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

环境催化材料作为环境科学与工程领域的重要支撑技术，在废水处理、大气污染治理和清洁能源转化等领域发挥着关键作用[1]。作为高校环境类专业的核心课程，“环境催化材料”涵盖催化剂制备、性能表征及催化应用等内容，旨在培养学生的创新思维和实践能力[2]。然而，传统教学模式以课堂讲授为主，存在显著不足：课时有限导致理论讲解浅尝辄止，学生难以深入理解催化反应机制等复杂概念；实验室资源不足，实验机会稀缺，如催化剂合成与性能评价常因设备昂贵而难以开展；课程内容更新滞后，难以反映环境催化领域的最新进展[3]。这些问题导致学生理论与实践脱节，创新能力培养受限。

“互联网+”教育的兴起为教学改革提供了契机[4]。线上线下混合教学模式(Blended Learning)通过整合数字化资源与课堂实践，能够弥补传统教学短板[5]。该模式灵活高效，强调“以学生为中心”，在环境工程教育中已展现优势。在 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 领域，混合教学已广泛应用，例如，国内外研究表明，虚拟实验室可有效提升化学和环境科学课程的学习效果。Bazie 等综述了在线实验室在高等教育中的应用，证明其在环境催化相关实验中可增强学生对微观机制的理解[6]。国内研究如万杰等探讨了“环境催化”课程改革，强调混合模式对接行业需求[2]。这些研究为本文提供了理论基础，突显混合教学在环境催化材料课程中的适用性。环境催化材料作为科研前沿代表，其教学需对接行业需求，对改革提出更高要求。为此，本文以“环境催化材料”课程为对象，构建并实践混合教学模式，旨在优化资源配置，提升学生自主学习与实践能力，为环境催化材料领域的教学提供借鉴。

2. 环境催化材料课程混合教学的必要性

“环境催化材料”课程因其理论体系复杂、实践性强和科研导向突出，对教学模式提出了较高要求。然而，传统教学模式存在显著不足，混合教学模式的引入成为解决这些问题的必要选择。首先，传统教学以课堂讲授为主，受限于课时和形式，难以充分覆盖环境催化的复杂理论体系。例如，光催化剂的反应机制涉及微观界面与电子传递过程，单纯依靠教师讲解和静态课件，学生难以形成直观理解。其次，

实践环节不足尤为突出。环境催化材料课程要求学生掌握催化剂制备和性能测试技能，但实验室资源有限，许多学生仅停留于理论学习阶段，实践能力培养严重滞后。此外，传统教学更新缓慢，难以跟上环境催化领域的快速发展。

与其他课程相比，“环境催化材料”相关课程的独特性在于涉及昂贵的大型仪器(如透射电子显微镜 TEM、X 射线光电子能谱 XPS)，这些设备成本高、操作复杂，传统模式难以提供足够实践机会。通过引入虚拟仿真技术，可解决预习和复习问题：学生可在课前通过虚拟软件模拟 TEM 成像过程，预习微观表征；课后复习 XPS 谱图分析，避免实际操作的资源限制。根据认知负荷理论，虚拟仿真可降低外部认知负荷(Extraneous Cognitive Load)，将学生的注意力从设备操作转移到概念理解上，从而提升学习效率。而混合教学模式能够有效解决上述不足。通过线上平台，教师可利用微课视频和虚拟实验突破课时限制，让学生在课前深入预习催化原理；线下课堂则集中于实验操作和案例分析，充分利用实验室资源提升实践能力。此外，混合模式支持灵活内容更新，增强课程的时代感和应用性。

3. 线上线下混合教学模式的构建

3.1. 教学理念重构

为应对“环境催化材料”课程传统教学中理论与实践脱节、资源不足等问题，本研究以“以学生为中心”为核心理念，构建线上线下混合教学模式。这一理念强调学生的主动参与和个性化学习，通过线上资源夯实理论基础，通过线下实践提升应用能力，同时融入环境催化材料的科研前沿内容，如光催化、催化氧化等最新应用，激发学生的创新意识。混合教学不仅注重知识传授，更关注能力的培养和兴趣的激发。

3.2. 教学体系改革

为解决传统教学模式中理论讲解不足和实践脱节的问题，本研究构建了线上线下混合教学模式的体系改革。这一模式旨在通过线上资源帮助学生掌握理论知识，通过线下实践提升应用能力，同时融入环境催化领域前沿案例以激发学生创新意识。具体结构体系如下。

1. 线上子系统

线上部分涵盖环境催化材料的基础理论、催化剂分类、催化机理与应用案例等内容，利用数字平台提供微课视频、虚拟实验和互动测试。学生可自主安排学习进度，例如，通过虚拟仿真预演催化剂制备过程(如 TEM 模拟)，帮助学生直观理解相关概念。这些资源通过线上灵活性弥补传统教学中的资源不足。

2. 线下子系统

线下部分强调催化剂制备、性能测试和实际应用案例分析，依托实验室提供实验设备和真实案例资料，支持学生开展催化剂的实际制备和性能评价实验。教学实施分为课前、课中、课后三个阶段：课前线上预习奠定基础；课中组织实验操作和小组讨论；课后提交报告并反思，形成完整学习闭环。

3. 评价子系统

考核方式采用多元化评价，包括过程性与终结性考核。过程性评价通过线上测试考核理论掌握，小组任务考察催化剂制备和性能测试能力，课堂参与度评估积极性和协作能力；终结性评价包括实验报告评估数据分析能力和期末考试测试理论应用水平。线上平台配备智能测评系统动态调整内容，确保公平性；线下实验鼓励学生自评反思，提高自我监控能力。

4. 实施与效果

本模式于 2024~2025 学年第一学期在山东建筑大学环境科学与工程专业本科生中实施，采用准实验

设计, 设置实验组($n=50$, 使用混合教学模式)和对照组($n=50$, 使用传统教学模式)。样本为随机抽取的二年级学生, 确保组间基线相似。

实施过程包括: (1) 线上平台部署, 使用 Moodle 系统上传微课视频和虚拟仿真工具(如 Labster 软件模拟 TEM 和 XPS 操作), 学生课前完成预习任务, 平台记录使用率达 90%; (2) 线下实践在学校实验室进行, 每周 2 小时实验操作, 涵盖催化剂制备(如溶胶-凝胶法)和性能测试(如光催化降解实验); (3) 全程持续 8 周, 教师提供指导并监控进度。

效果评估采用混合方法(Mixed-methods Approach), 结合量化数据和质性反馈。量化指标包括前后测试: 理论掌握分数(满分 100 分)实验组从预测均值 65.2 ± 8.1 提升至后测 80.4 ± 7.3 , 提升 15.2%; 实践能力通过实验报告评分(满分 50 分)从基线 28.5 ± 4.2 提升至 34.1 ± 3.9 , 提升 19.6%。与对照组相比, 实验组后测分数显著高于对照组。这些结果与现有 STEM 混合教学研究一致, 在科学、技术、数学成就上的显著效果。

质性数据通过半结构化访谈和问卷调查收集: 92% 的学生报告学习兴趣显著增强, 虚拟仿真帮助理解复杂概念; 但 15% 的学生提到自觉性挑战, 如线上预习延迟。这些结果证明模式的有效性, 但也揭示了进一步优化的需求, 为后续推广提供实证依据。

5. 讨论与展望

针对“环境催化材料”课程传统教学中理论与实践脱节、资源不足等问题, 本文探索了线上线下混合教学模式的改革路径。以“以学生为中心”为理念, 通过优化教学资源与体系, 构建线上理论学习与线下实践相结合的模式, 提升教学效果。研究利用数字化平台和实验设施支持教学实践, 有效衔接理论与应用, 增强学生学习兴趣和实践能力, 为环境催化材料课程改革提供了新思路。本研究的实证结果显示, 混合模式显著提升了学生的理论掌握和实践能力, 这与 STEM 领域混合教学的现有证据一致。从理论含义看, 本模式验证了认知负荷理论在环境催化教育中的应用: 虚拟工具减少了外部负荷, 促进了内在知识构建, 增强了学生的创新思维。

然而, 学生自觉性不足及对设备的高依赖仍是挑战。为此, 提出具体解决方案: 针对自觉性问题, 设计同伴互评机制(小组成员互评线上预习完成度, 通过平台匿名反馈)和激励机制(积分奖励系统, 累计积分兑换实验优先权或证书); 针对设备依赖, 可扩展虚拟现实(VR)模块模拟更多场景。局限性包括样本规模较小和实施期较短, 可能影响泛化, 未来研究可采用纵向设计跟踪长期效果。

未来可引入人工智能技术优化个性化学习, 或通过校企合作丰富实践资源, 提升教学效果。这一探索不仅为课程改革提供了新思路, 也为工程教育创新积累了经验, 具有广泛推广价值。

基金项目

山东省科技型中小企业创新能力提升工程项目(2023TSGC0027); 山东省顶尖人才一事一议(0031504)。

参考文献

- [1] 邢明阳. 环境催化: 绿色破局之钥[J]. 科学通报, 2025, 70(14): 2021-2022.
- [2] 万杰, 肖艺, 吴功德. 应用型本科院校视角下“环境催化”课程教学改革探索与思考[J]. 科教导刊, 2022(8): 87-89.
- [3] 孙彦刚. “环境催化原理及应用”课程教学改革与建设[J]. 广东化工, 2022, 49(4): 211-212.
- [4] 张晓东, 刘宁, 王吟. 基于翻转课堂的“环境催化原理及应用”教学模式的重构[J]. 内蒙古教育, 2017(18): 127-128.
- [5] 乐静琪. 线上线下混合式教学模式的探索与思考[J]. 科技风, 2025(17): 115-117.
- [6] Bazie, H., Lemma, B., Workneh, A. and Estifanos, A. (2024) The Effect of Virtual Laboratories on the Academic Achievement of Undergraduate Chemistry Students: Quasi-Experimental Study. *JMIR Formative Research*, 8, E64476.