

Exploration of the Reform of Comprehensive Design-oriented Experimental Teaching in Undergraduate Materials Science

Langxiang Zhong Lulu Huang Minna Guo Aijun Liu Zhihong Zhong

School of Materials Science and Engineering Hefei University of Technology, Hefei, Anhui, 230009, China

Abstract

As a core discipline supporting the development of strategic emerging industries such as high-end manufacturing, new energy, and biomedicine in China, the quality of talent cultivation in materials-related majors is directly related to industrial upgrading and scientific and technological innovation capabilities. Comprehensive design experiments serve as a crucial link between theoretical knowledge and engineering practice, playing an irreplaceable role in cultivating students' innovative thinking, engineering literacy, and practical abilities. At present, the comprehensive design experimental teaching of materials science in undergraduate programs in our country generally has problems such as outdated content, rigid models and single evaluation, which are difficult to meet the demand for innovative materials talents in the new era. Based on the talent cultivation goals of materials-related majors and in combination with the teaching practice experience of colleges and universities, this paper systematically analyzes the existing problems of comprehensive design-oriented experimental teaching and proposes targeted reform strategies, providing theoretical references and practical paths for improving the quality of undergraduate experimental teaching in materials-related fields and cultivating high-q

Keywords

Bachelor's degree in Materials Science; Comprehensive design experiment; reform in education; innovation ability; Engineering literacy

材料类本科综合设计性实验教学改革探索

钟浪祥 黄露露 郭敏娜 刘爱军 钟志宏

合肥工业大学材料科学与工程学院, 中国·安徽 合肥 230009

摘要

材料类专业作为支撑中国高端制造、新能源、生物医药等战略性新兴产业发展的核心学科,其人才培养质量直接关系到产业升级与科技创新能力。综合设计性实验是连接理论知识与工程实践的关键纽带,在培养学生创新思维、工程素养和实践能力方面具有不可替代的作用。当前,中国材料类本科综合设计性实验教学普遍存在内容陈旧、模式固化、评价单一等问题,难以适应新时代对创新型材料人才的需求。本文基于材料类专业人才培养目标,结合高校教学实践经验,系统分析了综合设计性实验教学的现存问题,提出了针对性的改革策略,为提升材料类本科实验教学质量、培养符合产业需求的高素质人才提供了理论参考与实践路径。

关键词

材料类本科; 综合设计性实验; 教学改革; 创新能力; 工程素养

1 引言

随着《“十四五”原材料工业发展规划》《新工科建

设指导意见》等政策的相继出台,中国材料产业正加速向高端化、智能化、绿色化转型,对材料类专业人才的创新能力、工程实践能力和跨学科协作能力提出了更高要求。本科阶段的实验教学是材料类专业人才培养的核心环节,而综合设计性实验作为实验教学体系中的高阶模块,突破了传统验证性实验的局限,强调以学生为主体,通过“提出问题—设计方案—实践操作—分析总结”的完整流程,培养学生的科学思维与工程应用能力。因此,针对材料类本科综合设计性实验教学进行系统性改革,重构实验教学体系、创新教学模式、强化师资与资源保障,已成为提升材料类专业人才培养质量的迫切需求。

【基金项目】教育部产学研协同育人项目(项目编号: 2503075047); 安徽省质量工程“六卓越一拔尖”项目(项目编号: 2024zybj003); 安徽省教育教学改革研究项目(项目编号: 2023jyxm0083); 合肥工业大学材料科学与工程学院质量工程项(项目编号: 2025CLXY08)。

【作者简介】钟浪祥(1992-),男,中国江西吉安人,博士,实验师,从事实验教学、新型金属材料开发及性能研究。

2 材料类本科综合设计性实验教学的现存问题

2.1 实验内容缺乏系统性与前沿性

实验内容的设计直接决定了综合设计性实验的育人效果。当前问题主要体现在三个方面：一是内容碎片化，多数实验围绕单一课程知识点设置，如“金属材料热处理”“材料成型基础”等实验相互独立，未能形成“材料制备—结构表征—性能测试—应用开发”的完整链条，学生难以建立系统性的材料工程思维；二是前沿性不足，实验项目多沿用教材案例，聚焦传统材料，如普通钢材、通用塑料的基础性能研究，对新能源材料如锂离子电池电极材料、智能材料如形状记忆合金等前沿领域涉及较少，与产业发展需求脱节；三是难度梯度不合理，部分实验从基础验证直接跳跃到高阶设计，缺乏过渡性项目支撑，导致学生因难度过大而产生畏难情绪，最终选择“照搬文献”完成实验，失去设计性意义^[1]。

2.2 教学模式固化，学生主体地位缺失

传统综合设计性实验教学仍延续“教师主导”的模式，具体表现为：实验前，教师明确告知实验目的、原理、步骤及注意事项，甚至预设实验结果，学生只需“按方抓药”完成操作；实验中，教师过度干预，学生遇到问题时直接给出解决方案，而非引导其自主分析；实验后，学生按固定模板撰写报告，内容多为数据记录与结果复述，缺乏对实验过程的反思与创新思考。这种“保姆式”教学模式严重抑制了学生的主动性与创造性，导致学生养成“被动接受”的思维习惯，难以培养独立解决复杂工程问题的能力。此外，部分高校受限于实验场地与设备数量，多采用“大班授课、分组轮做”的形式，每组5-8人共同完成实验，部分学生沦为“旁观者”，参与度与实践机会严重不足。

2.3 师资队伍工程素养与教学能力不足

综合设计性实验对教师的专业素养要求极高，既需要扎实的理论知识，又需具备丰富的工程实践经验与实验设计能力。当前师资队伍存在两大短板：一是工程实践经验匮乏，多数青年教师从“高校到高校”，缺乏企业工作经历，对材料生产工艺、设备操作规范及产业实际问题了解不足，指导实验时难以结合产业场景提出针对性要求；二是教学投入不足，受高校“重科研、轻教学”评价导向影响，部分教师将主要精力投入科研项目，对实验教学内容更新、教学方法创新缺乏热情，甚至将综合设计性实验简化为“科研副产品”，仅围绕自身科研课题设置实验，忽视学生的个性化需求与全面发展；三是教学团队协作不足，实验教学多由单一课程教师负责，缺乏跨课程、跨学科的教学研讨，难以形成系统性的教学改革合力。

2.4 评价体系单一，导向性存在偏差

科学的评价体系是引导学生重视过程、主动创新的关键。当前评价模式存在明显缺陷：一是评价维度单一，以实验报告为核心评价依据，重点考察数据完整性、格式规范性，忽视实验方案的创新性、操作过程的规范性及问题解决能

力；二是评价主体单一，完全由教师主导评价，缺乏学生自评、互评及企业专家参与，评价结果主观性较强，难以全面反映学生的综合表现；三是评价时机滞后，多在实验结束后进行一次评价，缺乏对实验前方案设计、实验中过程调控的动态评价，无法及时发现并纠正学生的问题，也难以激励学生在过程中主动探索。这种“重结果、轻过程”“重形式、轻能力”的评价导向，导致学生将重心放在“美化报告”而非“优化实验”上，背离了综合设计性实验的育人目标^[2]。

3 材料类本科综合设计性实验教学改革的核心策略

3.1 重构实验内容体系，强化系统性与前沿性

以“产业需求为导向、能力培养为核心”，重构“基础验证—综合应用—创新设计”三级实验内容体系，实现知识、能力与素养的递进式培养。

在基础验证层，聚焦核心知识点的巩固，将传统分散的实验内容整合为“材料基础实验模块”，如将“金属材料拉伸实验”“硬度测试”“显微组织观察”整合为“金属材料力学性能与微观结构关联性研究”实验，引导学生建立“结构—性能—应用”的基本逻辑。在综合应用层，围绕产业热点领域设置跨课程综合实验项目，如针对新能源汽车产业需求，开设“锂离子电池正极材料制备—结构表征—电化学性能测试”综合实验，涵盖材料化学、材料物理、材料测试技术等多门课程知识，学生需自主完成从材料合成到性能评价的全流程操作。在创新设计层，引入前沿科研成果与企业实际问题，设置开放性实验课题，如“基于3D打印技术的钛合金零件结构优化设计”“柔性电子材料的制备及传感性能研究”等，学生可结合兴趣自主选题，通过查阅文献、设计方案、反复试验完成研究，鼓励提出创新性解决方案。

同时，建立实验内容动态更新机制，每年邀请企业技术专家与科研团队参与实验教学研讨会，根据产业技术迭代与科研进展更新10%-15%的实验项目，确保实验内容的前沿性与实用性。例如，针对半导体产业发展需求，新增“半导体封装用导电胶材料的制备与性能调控”实验项目，将企业实际生产中的配方优化问题转化为实验课题，提升学生解决实际问题的能力。

3.2 创新教学模式，凸显学生主体地位

3.2.1 推行项目驱动教学法

将综合设计性实验转化为“小型科研项目”，实验前，教师仅提供项目主题与核心要求（如“设计一种高耐磨性的工程材料配方”），学生以3-4人为一组，通过查阅文献、小组研讨确定实验方案，提交详细的设计报告，经教师与企业专家联合评审通过后才可开展实验；实验中，教师扮演“引导者”与“答疑者”角色，当学生遇到问题时，不直接给出答案，而是通过“你认为问题可能出在哪个环节？”“是否有其他方法可以验证你的猜想？”等问题引导其自主分析，

鼓励学生通过调整实验参数、优化方案解决问题；实验后，组织小组汇报答辩，要求学生阐述实验思路、过程、结果及创新点，接受师生提问与点评，培养其表达能力与逻辑思维。

3.2.2 引入翻转课堂模式

利用线上教学平台（如MOOC、雨课堂）发布实验相关的理论知识、操作视频、文献资料等预习资源，要求学生课前完成自主学习并提交预习报告，明确实验重点与难点；课堂时间主要用于方案讨论、实验操作指导与问题研讨，提高课堂教学效率。针对高端设备操作等复杂内容，开发虚拟仿真实验模块，如利用虚拟仿真技术模拟扫描电子显微镜的操作流程，学生可在虚拟环境中反复练习，避免因操作失误导致的设备损坏，同时突破设备数量限制，保障人人参与实践。

3.2.3 深化校企协同教学

邀请企业技术专家参与实验指导，通过线上线下结合的方式，为学生讲解产业实际生产中的技术难点与标准规范；组织学生走进企业实验室，利用企业的先进设备开展部分实验环节（如材料的工业化成型测试），感受真实的工程环境，提升实践能力。例如，与当地新能源企业合作，组织学生参与“动力电池材料循环利用”实验项目，企业提供实验原料与工业化检测设备，技术专家现场指导学生进行材料回收与性能再生实验，让学生直观了解产业技术需求^[3]。

3.3 强化师资队伍建设，提升教学与工程素养

3.3.1 立“双师型”教师培养机制

一是要求青年教师到合作企业挂职锻炼，期限不少于6个月，参与企业实际项目研发，积累工程实践经验；二是鼓励教师参与实验教学能力培训，定期组织“实验教学设计”“教学方法创新”等专题研讨，邀请校内外教学名师分享经验；三是将实验教学成果与科研成果同等纳入教师评价体系，对在实验教学改革、学生指导中取得突出成绩的教师，在职称评定、绩效分配中给予倾斜，激发教学投入热情。

3.3.2 积极引进校外优质师资

聘请企业技术专家、高级工程师担任兼职实验指导教师，定期来校开展实验教学、专题讲座，将产业最新技术与实际问题带入课堂；邀请科研院所的专家参与实验项目设计，将前沿科研方法与思维融入实验教学，提升实验的学术性与创新性。例如，聘请某汽车企业的材料工程师担任兼职教师，指导“汽车用铝合金材料的腐蚀防护设计”实验项目，为学生讲解企业在材料选型、性能测试中的实际标准与经验。

3.4 优化评价体系，树立能力导向理念

3.4.1 强化过程性评价

将实验全过程划分为“方案设计、实验操作、数据分析、

团队协作”四个核心环节，各环节权重占比分别为30%、30%、25%、15%。方案设计环节，从科学性、创新性、可行性三个维度评价，重点考察学生的文献查阅与设计能力；实验操作环节，通过教师现场观察、设备操作记录、实验日志等方式，评价学生的操作规范性、安全意识与问题解决能力；数据分析环节，重点评价数据处理的准确性、结果分析的深度及结论的合理性；团队协作环节，通过小组互评、教师评价相结合的方式，考察学生的沟通能力与协作精神。过程性评价采用“动态记录+及时反馈”模式，教师每周针对学生表现给出评价意见，帮助学生及时调整学习策略。

3.4.2 完善结果性评价

突破“以报告论英雄”的局限，将实验成果多元化，包括实验报告、学术论文、项目答辩PPT、实物样品等，重点评价成果的创新性与实用性。例如，对于“新型抗菌材料的制备”实验项目，学生可选择提交学术论文阐述研究成果，或提交实物样品及性能检测报告，展现实践应用价值。

3.4.3 构建多元评价主体

除教师评价外，引入学生自评、小组互评及企业专家评价。学生自评与互评聚焦自身与同伴在实验中的表现，培养自我反思与批判思维；企业专家针对实验成果的产业应用价值进行评价，提出改进建议，使评价更贴合实际需求。例如，在“工业废渣制备建筑材料”实验项目中，企业专家从原料成本、生产工艺、产品性能等产业视角对学生的实验方案与成果进行评价，提升评价的客观性与实用性^[4]。

4 结语

材料类本科综合设计性实验教学改革是提升专业人才培养质量的关键举措，其核心在于以产业需求为导向，突破传统教学的局限，构建“内容前沿化、模式多元化、评价科学化、资源一体化”的实验教学体系。随着新材料产业的不断发展与高等教育改革的持续深化，材料类本科综合设计性实验教学改革需保持动态调整与创新，始终以培养符合时代需求的创新型、应用型材料人才为目标，为中国新材料产业的高质量发展提供坚实的人才支撑。

参考文献

- [1] 李然,王冠,段辉平. 教育行业标准化指导的材料类本科实验教学探究[J].中国现代教育装备,2025,(15):74-76.
- [2] 周明,李冬升,陈燕. 大型精密仪器在本科实验教学中的管理和应用——以江苏大学材料科学与工程学院为例[J].镇江高专学报,2023,36(03):108-110.
- [3] 宋鸽,王建,王慧,等. 基于科研平台的新能源材料与器件专业本科实验教学改革探索[J].中国轻工教育,2022,25(06):77-82.
- [4] 舒凯征. 材料类本科专业综合设计性实验的研究与实践[J].中国轻工教育,2012,(04):80-81.