

# 基于产教深度融合的材料类专业实验教学改革

张 瑞\*, 文志勤, 王吉林

桂林理工大学材料科学与工程学院, 广西 桂林

收稿日期: 2026年2月3日; 录用日期: 2026年4月10日; 发布日期: 2026年4月21日

## 摘 要

构建以增强学生岗位胜任力为目标的实验教学体系,是地方高校应对产业发展需求、深化工程教育改革,系统提升学生创新精神、工程实践能力和团队合作意识的关键途径。本研究通过优化实验课程体系、更新教学内容、强化平台建设、提升师资队伍、改进教学方式等措施,系统优化了材料类专业“学科基础-专业综合-创新实践”多层次递进式实验教学体系,营造了更贴近产业现实的实践环境,有效激发了学生的主观能动性与解决复杂工程问题的能力,为完善现代产业学院育人机制、培养适应区域经济社会发展需求的高素质人才提供了新思路与有益借鉴。

## 关键词

现代产业学院, 产教深度融合, 实验教学改革, 材料类专业

# Experimental Teaching Reforms in Material Majors Based on Deep Integration of Industry and Education

Rui Zhang\*, Zhiqin Wen, Jilin Wang

College of Materials Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: February 3, 2026; accepted: April 10, 2026; published: April 21, 2026

## Abstract

Constructing an experimental teaching system with the goal of enhancing students' post competency is a key way for local universities to meet the needs of industrial development, deepen the reform of engineering education, and systematically improve the students' innovative spirits, engineering practice abilities and teamwork awareness. In this study, the multi-level progressive

\*通讯作者。

experimental teaching system of “subject foundation, professional comprehensive and innovative practice” for material majors is systematically optimized, by optimizing experimental curriculum systems, updating teaching contents, strengthening platform constructions, improving teaching staff, and reforming teaching methods. The practical environment closer to industrial reality is created, which effectively stimulates the students’ subjective initiatives and their abilities to solve complex engineering problems. It also provides new ideas and useful references for improving the education mechanism of modern industrial colleges and cultivating high-quality talents to meet the needs of regional economic and social development.

## Keywords

Modern Industrial Colleges, Deep Integration of Industry and Education, Experimental Teaching Reform, Material Majors

Copyright © 2026 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

近年来,地方高校不断深化高等教育综合改革,纷纷与地方政府、行业企业开展多主体办学,打造集人才培养、科学研究、技术创新、企业服务、学生创业等功能于一体的现代产业学院[1][2]。桂林理工大学材料科学与工程学院主动融入广西有色金属产业发展大局,联合中铝广西分公司、南南铝加工等企业建立广西有色金属新材料创新发展现代产业学院。在校企深度合作下,学院深入贯彻落实“学生中心”“产出导向”“持续改进”的工程教育理念,不断创新人才培养体系、人才培养模式和教学保障机制,促进了材料行业人才链与产业链、创新链的有机衔接。实验教学作为高校人才培养的关键环节,在提升学生工程实践能力、培育创新创业精神和强化团队协作意识等方面发挥着不可替代的重要作用[3][4]。学院依托有色金属冶金及特色材料加工自治区级实验教学中心开展技能培训,为华南地区材料行业培养了大批理论基础扎实、实践能力突出、创新意识强烈的高素质工程技术人才。

## 2. 实验教学的现实困境

学院历来十分重视实验教学,十多年前就已将实验从理论课程中剥离出来,设置为独立的实验课程,提高了学生的积极性和实验操作能力。但是,实验教学体系受限于预设框架,距离人才培养与行业需求对接、教学内容与企业技术对接、教学过程与生产过程对接的期望仍相距甚远,具体表现如下:

① 实验课程体系不合理。实验课程设置仍以验证型实验为主,综合型、设计型和创新型实验项目的占比不足 40%。各实验课程之间缺乏有机联系,未能构建起“基础技能训练-综合能力培养-创新能力提升”递进式实验课程体系,不能满足学生不同层次的学习需求。

② 实验教学内容陈旧。约 2/3 的实验项目是对理论知识的简单验证,与工程实际关联性不强。教学内容缺乏现代生产工艺的模拟或典型工程案例的引入,有些实验项目的工艺甚至滞后于企业主流的生产技术,直接影响学生解决复杂工程问题的能力培养。

③ 实验平台建设不到位。缺乏长期、稳定的实验经费支持,设备陈旧、数量不足或技术落后,影响实验效率和数据准确性。实验室功能分区模糊,未能形成“基础-专业-创新”三级实验平台体系,严重制约学生实践能力的阶梯式培养。实验室资源共享机制不健全,开放程度低,多数设备利用低效。

④ 实验师资队伍建设需加强。专职实验教师数量不足、实践经验缺乏、创新意识不强,难以给予学

生充分的个性化指导；理论课程教师对实验教学的重视度不高、参与度不足，致使理论教学与实验环节衔接不畅；企业兼职教师的聘任、管理与激励机制尚不完善，存在“引进来”却“用不好”的困境，其宝贵的实践经验未能系统、稳定地融入教学全过程。

⑤ 实验教学方式单一。传统的“教师演示-学生模仿”教学模式仍占据主导地位，学生自主设计实验方案、探索未知问题的项目占比不足 20%，只是被动、机械地完成既定的实验内容和报告，缺少主动探索与批判性思考。教学过程枯燥乏味，不仅降低了学生的求知欲，更阻碍了其批判性思维和创新能力的培养。

实验教学中存在的诸多问题，势必会导致学生创新实践能力不强，甚至造成企业员工培养成本增加、学生职业发展受限、学校声誉受损等严重后果[5]-[7]。只有在课程体系、教学内容、平台建设、师资队伍、教学方式等方面开展系统改革，构建起与产业发展需求相匹配的实验教学体系，才能充分发挥实验教学在应用型创新人才培养过程中的核心作用。

### 3. 多层次递进式实验教学体系的构建与实施

笔者所在的教学团队积极探索校企协同实验教学改革新思路，以无机非金属材料工程专业为试点，围绕行业关键技术与核心工艺，充分借助校企资源优势，构建了“学科基础-专业综合-创新实践”多层次递进式实验教学体系(如图 1 所示)。在优化课程体系、更新教学内容、强化平台建设、提升师资队伍、改进教学方式等方面下功夫，充分调动学生的主动性和积极性，培养学生发现、分析和解决产品研发、工艺设计、生产制造等方面复杂工程问题能力，增强学生的岗位胜任力和持续发展能力。

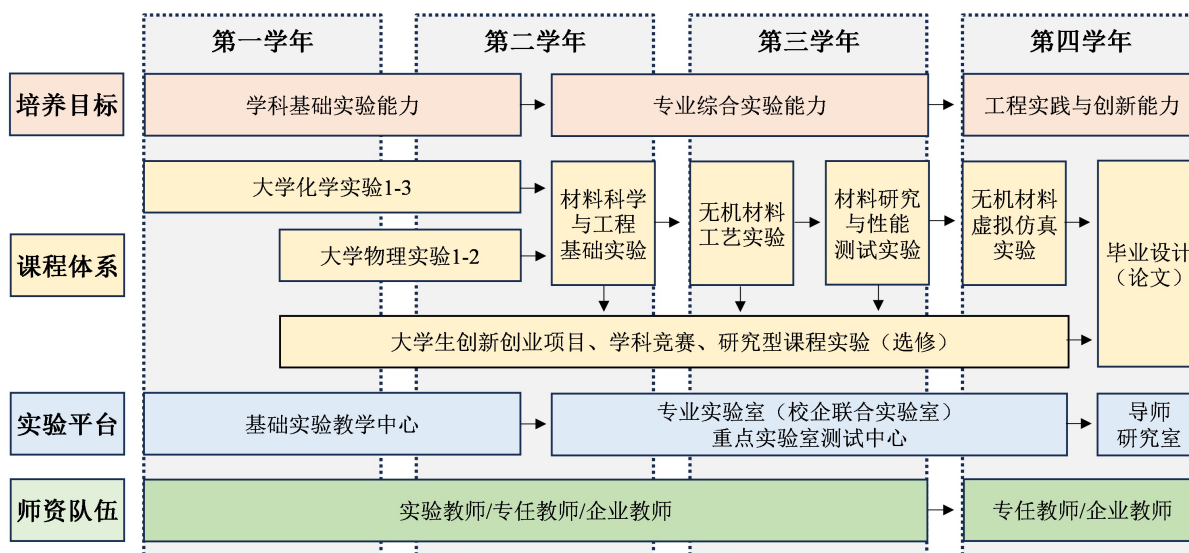


Figure 1. Experimental teaching system of inorganic non-metallic materials engineering

图 1. 无机非金属材料工程专业实验教学体系

#### 3.1. 递进式实验课程体系的构建

教学团队吸收了兄弟院校的优秀经验成果，充分采纳了行业专家、企业技术骨干的建议，以支撑理论课程教学和拓展学生创新实践能力为基础，对现有实验项目进行分类、整合和优化，构建了学科基础实验、专业综合实验、工程实践与创新实验三个层次的课程体系，体现出对学生实践能力培养的循序渐进。

《大学化学实验》涵盖了《无机化学》《有机化学》《物理化学》等课程中的典型化学实验项目；

《大学物理实验》吸纳了经典的物理实验项目。这两门课程侧重于训练学生专业素质所必需的学科基本知识、方法和技能，为专业学习和实验奠定坚实基础。《材料科学与工程基础实验》涵盖了《材料科学基础》《材料工程基础》《粉体工程》等课程中的典型专业基础实验项目；《无机材料工艺实验》设置了《无机材料工艺学》中传统无机非金属材料的全流程生产工艺实验项目；《材料研究与性能测试实验》涵盖了《无机材料物理性能》《材料现代测试方法》等课程中典型材料性能测试手段。这三门课程侧重于训练学生的专业实验方法、技能和工程分析能力，具备代表性无机非金属材料制备、性能分析和产品开发、工艺设计所必需的基本素质。《无机材料虚拟仿真实验》《毕业设计(论文)》针对生产实践开展虚拟或现实的生产工艺设计或材料制备研究，侧重于训练学生的工程实践能力和创新意识，具备独立解决生产工艺实际问题或开展研究探索所必需的基本素质。

此外，学院鼓励教师将前沿科研成果、企业典型生产案例转化为大学生创新创业项目、学科竞赛选题、研究型课程的实验教学资源，倡导学生根据个人兴趣爱好自主选择实验项目、合理设计实验方案、灵活安排实验时间、统一汇报实验成果，有效培养学生的科学研究能力、创新设计能力和工程应用能力。以“利用钢渣制备低碳胶凝材料”综合实验项目为例，教学团队将钢渣的高效资源化利用技术攻关流程转化为教学资源，开发钢渣矿物组成与活性机理分析、复合激发剂配方设计与优化、粉磨工艺参数优化、钢渣水泥熟料性能验证等项目，让学生体验从基础研究到工程应用的完整创新过程；学生小组模拟企业研发团队，需要完成任务分解、实验方案设计(需参考实际工程标准)、实验开展与技术优化、成果总结与汇报(邀请企业技术人员参与评分)等环节。

通过实验课程体系的改革，构建了课内基础实验与课外创新活动、虚拟仿真实验与实际操作训练、理论知识学习与生产一线实践结合的实验课程体系，有效培养了学生基于科学原理、采用科学方法对无机非金属材料工艺优化、产品开发以及质量改进等复杂工程问题进行研究的能力，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具的能力，以及在多学科背景团队中承担个体、团队成员、负责人角色的能力[8]-[10]。

### 3.2. 综合性实验教学项目的开发

综合性实验涉及实验方案设计、过程操作和结果处理等系统训练，具有实验内容复合性、实验方法多样性、能力培养综合性等特点。为了充分激发学生实验主动性和创造性，培养学生的文献检索、实验设计和综合分析能力，无机非金属材料工程专业大幅增加综合性实验项目数量(如图2所示)，将各实验项目互相渗透、相互关联，形成有机整体。

教学团队根据无机非金属材料工艺特征，将《无机材料工艺实验》整合为5个综合实验项目，全部涵盖材料的组分设计、制备方法和性能检测。学生可以直观地理解产品生产的工艺全流程，毕业后也能够快速适应生产一线岗位要求。根据无机非金属材料性能特征，将《材料研究与性能测试实验》整合为10个综合实验项目。测试仪器涵盖了常规仪器和大型仪器，测试标准涵盖了行业企业执行的国家标准、行业标准和常规的实验室标准。学生通过各种性能测试方法的对比，更好地理解与掌握无机非金属材料组成、结构与性能之间的内在关联，精准掌握不同测试技术的原理、适用范围及操作规范，这种对比式学习为毕业后从事产品开发、加工制备与质量检测工作打下坚实的基础。

开设综合实验项目后，教师可以将不同实验项目的操作时段进行合理穿插。例如，在耗时较长的热处理或球磨期间，学生可以同步开展力学性能、光学性能测试或X射线衍射分析等短周期实验。这种时间嵌套式的教学模式不仅解决了单列实验耗时低效的问题，大大提高单位教学时间的产出，而且帮助学生建立“材料制备-加工-表征”完整知识链条，培养了学生的多任务协调能力和系统工程思维，实验教学的综合效益显著提升。

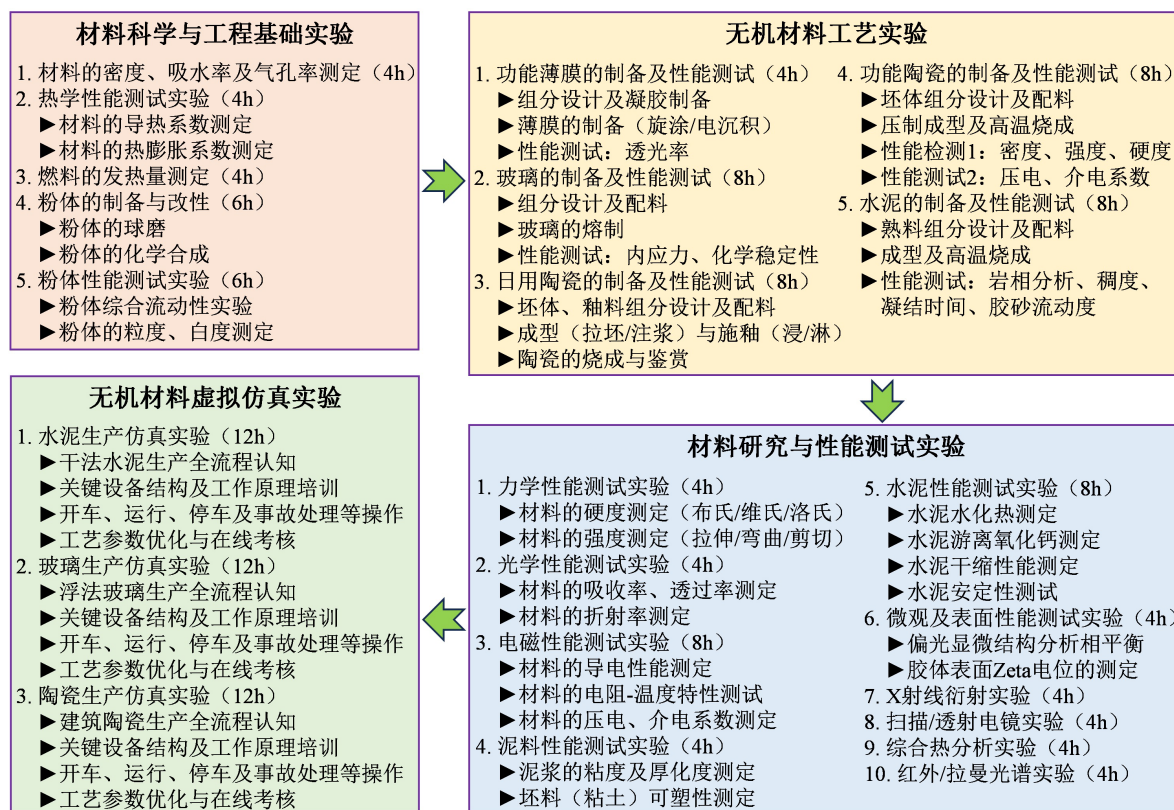


Figure 2. Experimental teaching contents of inorganic non-metallic materials engineering

图 2. 无机非金属材料工程专业实验教学内容

### 3.3. 标准化实验教学平台的建设

工欲善其事，必先利其器。充足的实验空间、丰富的实验设备、良好的实验环境、规范的实验管理是开展实验教学的重要基础。学院根据工程教育认证标准为各专业配置充足的实验教学资源，空间布局符合工作流程和安全要求，通风、排气、防火、急救、储存等设施完备。同时，有色金属冶金及特色材料加工实验教学中心、虚拟仿真实验教学示范中心，为学生参与生产类实验项目提供了充实保障；有色金属及材料加工新技术教育部重点实验室的分析测试平台、导师科研工作室和企业工程技术中心，为学生开展创新创业项目、研究型课程实验、毕业论文提供了个性化的实验条件。

为了合理高效地利用实验室资源条件，教学团队因地制宜，根据功能和用途将无机非金属材料工程专业实验室优化重组成 4 类：化学合成实验室、材料工艺实验室、性能测试实验室和虚拟仿真实验室。各类实验室均具有充足的实验仪器台(套)数，小型仪器实验每组学生数不超过 3 人，大型仪器实验不超过 8 人，保证每个学生都能规范操作实验仪器、认真观察实验现象、积极开展结果讨论、如实完成实验报告。每个实验室均设置责任管理人，对各实验室进行日常管理，包括仪器设备维护、保持实验室整洁、辅导学生使用实验设备及设备使用登记等工作。为了提高实验场地、设施及仪器设备的利用率，优化资源配置，实验室在完成正常实验教学任务的情况下，实行行政工作时间全面开放、节假日预约开放制度，为学生开展科技创新、学科竞赛等各类课外实验活动提供充足的场地保障和设备支持。

### 3.4. 高水平实验教师队伍的打造

结构合理、专兼结合、优势互补的高水平实验教学团队是保障实验教学顺利进行和实验室建设的必

要条件。学院出台系列政策措施，确立了实验教学团队中所有成员的平等地位与共同育人责任，破除了“实验教师应该承担全部实验教学任务”“实验教师只用打下手，辅助专任教师实验教学”“企业兼职教师不需参与实验教学”等长期制约实验教学队伍发展的思维障碍。无机非金属材料工程专业积极引导并激励学术造诣高、有工程实践经历的专任教师和工程实践经验丰富、热心教育教学的企业兼职教师参与实验教学，建立一支以专任教师为主力、实验教师为骨干、企业技术骨干为补充的教学队伍，实现了知识、技能与产业视角的有机互补。其中，企业技术骨干选聘坚持“按需聘用、择优聘用”原则，其必须具备良好的职业道德和社会声誉，担任企业高级技术/管理职务，熟悉工程技术前沿，能够胜任实验指导工作；学院对其颁发聘书并在官方平台宣传，实行课时酬金制，优先对接科研、咨询及人才招聘资源，增强荣誉感和归属感。

在教学工作安排上，实验教学团队负责制定所有实验课程的教学大纲，规划实验项目的教学方式，建立教学质量持续改进机制。团队依据成员的专业背景与核心优势，实施精细化分工协作：专任教师主要负责与其所授理论课程紧密衔接或与其自身科研方向高度契合的项目，实验教师主要负责实验教学的组织、台账和自身擅长领域的项目，企业技术骨干主要负责生产工艺类虚拟仿真项目和毕业论文实验。通过构建专兼结合、跨界融合、优势互补的教学共同体，更有利于将科研成果(低介微波介质陶瓷制备、高单分散纳米碳酸钙制备与改性等)、企业生产案例(超薄陶瓷地砖工艺优化、赤泥生产水泥熟料工艺等)转化为实验教学资源，实现了学术前沿探索、产业技术开发与高素质人才培养的有机结合。通过校企共建，实验课程教学呈现四大转变：目标维度上，突出“知识 + 技能 + 素养”融合，明确对接岗位核心能力需求；内容组织上，以典型生产案例为载体，嵌入企业真实项目与技术标准；教学实施上，推行双导师协作教学，设置模拟生产、项目实战等环节；考核评价上，强调“学用一体”，将技术方案设计、操作规范等作为重要评分依据。

### 3.5. 多元化实验教学方法的实施

为了调动学生的主体作用，培养学生认真观察、善于操作、团结协作、独立思考的良好品质，实验教学团队依据教学内容、教学情境和教学对象的不同特点，灵活应用混合式、任务式、探究式、项目式等教学方法和多种考核方式相结合的综合评价方法，有效提高了实验课程的教学质量。此外，教学团队设计了规范的实验报告模板，限定了各栏目字数，杜绝了实验报告千篇一律、照本宣科，重点培养学生的归纳总结能力；优化了全过程考核指标体系，其中课前“预习报告”占比 20%，课中“个人操作”“团队协作”各占比 20%，课后“实验结果分析”占比 40%，重点培养学生良好的科研习惯和团队协作能力。

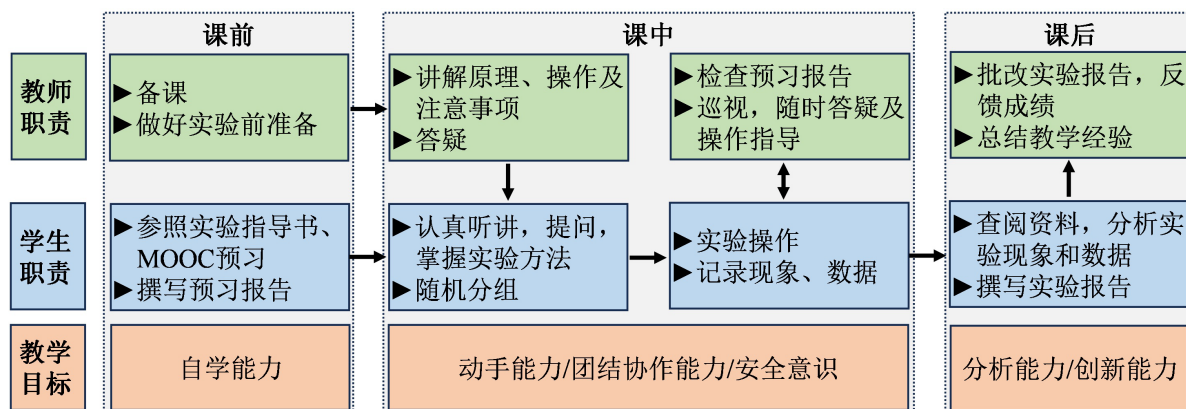


Figure 3. Schematic diagram of experimental teaching process

图 3. 实验教学过程示意图

为了提高师生对实验教学的参与度,教学团队规范了实验教学过程(如图3所示)。课前预习环节,授课教师认真备课,做好实验前准备(仪器与药品核查、安全防护与应急处理方案);学生依托实验指导书、中国大学MOOC平台等教学资源学习拟开展的实验项目,并撰写预习报告(实验目的、实验原理、实验仪器与试剂、实验步骤等),注重自学能力的提升。课堂教学环节,首先由授课教师结合理论知识或企业生产案例对实验项目进行讲解,尤其是实验原理、操作流程和细节管控,及时解答学生的疑问;然后将学生随机分组,选出小组长,并根据实验内容自主设定合适的实验条件;最后各组分工协作开展实验操作,及时记录实验现象和数据;授课教师全程巡查,随时指导,并记录每个学生的实验表现,注重培养动手能力、团结协作能力和安全意识的提升。课后总结环节,学生查阅相关理论知识,对实验现象和数据进行分析,充实实验报告(实验结果与讨论、实验收获及改进意见),注重分析、归纳总结和创新能力的提升;授课教师批改实验报告,及时反馈成绩,总结教学经验并提出改进措施。

#### 4. 结语

多层次递进式实验教学体系的构建与实施,有效强化了学生在学习过程中的主体地位,激发了其探索未知、解决复杂工程问题的内生动力,科学研究素养、工程实践能力以及团队协作意识获得了系统性提升。实验课程高分学生群体显著扩大,平均成绩逐渐提升至84.6分。学生从大二开始就能接触到科研前沿,参与各类创新创业训练项目的比例提升至78.2%。学生通过平时高水平实验训练,在毕业设计阶段表现出了更强的系统设计能力和数据处理能力,毕业论文优良率提升至74.6%。毕业生的初始岗位胜任力与长远职业发展能力均得到显著增强,对薪资待遇和工作环境的匹配度提高,获得了用人单位的广泛认可。诸如海螺水泥、信义玻璃、欧神诺陶瓷等龙头企业普遍反馈,毕业生“专业基础扎实、实践技能娴熟、岗位适应迅速、能够驾轻就熟地开展工作”。这批高素质应用型人才的成功输出,为支撑区域材料行业的高质量发展做出了重要贡献。更为深远的是,材料类专业在实验教学体系改革方面的成功经验与实施路径,为地方高校完善现代产业学院育人机制提供了重要借鉴与参考。

#### 基金项目

广西高等教育本科教学改革工程项目:聚焦“育人高度、深度、广度”的有色金属现代产业学院人才培养机制改革与实践(2023JGZ128),基于“协同·融合·联动·浸润”的产教深度融合的《无机材料物理性能》课程教学改革与实践(2024JGA213),基于“产教融合、科教融汇”的无机非金属材料工程专业实践教学体系改革与探索(2023JGA202)。

#### 参考文献

- [1] 肖燕飞,刘松彬,杨凤丽,等.面向有色金属产业的冶金工程实践教学体系构建[J].中国冶金教育,2024(1):55-60.
- [2] 王利.现代产业学院产教融合育人模式研究[J].中国现代教育装备,2024(23):144-146.
- [3] 何锦涛,雷冬,朱飞鹏,等.“虚实结合、科教互动”力学实验教学体系实践[J].实验室科学,2024,27(5):1-6.
- [4] 岳利军,沈禹颖,乐祥鹏,等.构建科教企融合式实验教学模式的探究[J].实验室研究与探索,2024,43(8):161-164,230.
- [5] 张晶晶,李旭阳,王淼,等.力学创新人才培养实验教学新范式建设与实践[J].实验室科学,2024,27(6):1-4,11.
- [6] 章平平,肖东,周视玉,等.面向现代产业人才培养的仪器分析实验教学体系改革研究与创新实践[J].大学化学,2025,40(4):232-238.
- [7] 刘炜,董英鸽,王建宏,等.基于复杂工程问题的无机非金属材料工程专业实践教学体系改革[J].高教学刊,2024,10(25):134-138.

- [8] 郭智兴, 杨梅, 鲜广, 等. 基于 OBE 的“材料科学基础实验”教学改革[J]. 实验室科学, 2022, 25(2): 137-140.
- [9] 雷黎, 张玥, 王焕磊, 等. 工程认证背景下创新设计型实验模块实施[J]. 实验科学与技术, 2024, 22(2): 69-75.
- [10] 付一政, 谢江波, 李迎春, 等. 工程教育认证导向下专业综合实验改革研究[J]. 实验室科学, 2025, 28(2): 124-128, 132.