

基于产出导向的《无机材料物理性能》多维度教学创新设计

吕振飞, 沈秀琳*, 王庆平, 胡 标, 徐子芳, 刘振英, 程国君, 李建军

安徽理工大学材料科学与工程学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2025年8月14日; 录用日期: 2025年9月22日; 发布日期: 2025年9月30日

摘 要

高等教育肩负着国家科教兴国、人才强国的重要使命, 是高素质创新型人才培养的摇篮。为准确有效衡量人才培养质量, 工程教育专业认证的“产出导向”理念正愈来愈受到各大高校的关注, 并逐渐蔓延至高等教育的神经末梢——课堂教学中。本文以材料类专业常见必修课程《无机材料物理性能》为例, 分析其教学模式、教学过程、教学效果等情况, 阐述如何通过多维度教学创新设计达成该课程产出导向的目标, 为满足不同层次学生的学习需求, 实现知识、能力和素质有机融合, 培养并提高学生的工程实践能力和复杂问题解决能力, 提升工科类课堂教学质量提供借鉴经验。

关键词

专业认证, 产出导向, 《无机材料物理性能》, 多维教学设计

Multi Dimensional Teaching Innovation Design of “Physical Properties of Inorganic Materials” Based on Output Orientation

Zhenfei Lv, Xiulin Shen*, Qingping Wang, Biao Hu, Zifang Xu, Zhenying Liu, Guojun Cheng, Jianjun Li

School of Materials Science and Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: August 14, 2025; accepted: September 22, 2025; published: September 30, 2025

Abstract

Higher education is shouldering the important mission of rejuvenating the country through science

*通讯作者。

文章引用: 吕振飞, 沈秀琳, 王庆平, 胡标, 徐子芳, 刘振英, 程国君, 李建军. 基于产出导向的《无机材料物理性能》多维度教学创新设计[J]. 创新教育研究, 2025, 13(10): 31-38. DOI: 10.12677/ces.2025.1310758

and education and strengthening the country through talents. It is the cradle of high-quality innovative talent training. To accurately and effectively measure the quality of talent cultivation, the “output oriented” concept of engineering education professional certification is receiving increasing attention from major universities and gradually spreading to the nerve endings of higher education—classroom teaching. This article takes the common compulsory course “Physical Properties of Inorganic Materials” in materials related majors as an example to analyze its teaching mode, teaching process, teaching effectiveness, etc. It elaborates on how to achieve the output oriented goals of this course through multi-dimensional teaching innovation design, in order to meet the learning needs of students of different types and levels, achieve the organic integration of knowledge, abilities, and qualities, cultivate and improve students’ engineering practice ability and complex problem-solving ability, and provide reference experience for improving the quality of engineering classroom teaching.

Keywords

Professional Certification, Output Oriented, “Physical Properties of Inorganic Materials”, Multi Dimensional Teaching Design

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

工程教育专业认证是实现工程教育及工程师资格国际互认的关键基石[1][2]。该认证涵盖“以学生为中心”“产出导向”“持续改进”三大理念，其核心在于核验工科毕业生是否达到行业公认质量标准，属于以培养目标和毕业要求为导向的合格性评价[3][4]。2016年以来，专业认证迅速在高校各专业铺开，有力推动了我国工程教育改革，提升了教育质量与国际影响力，为科教兴国和人才强国战略提供了重要支撑。其中，产出导向(Outcomes-Based Education, OBE)对于新工科人才培养尤为关键。OBE是以预期学习产出为中心来组织、实施和评价教育的结构模式。阿查亚(Chandrama Acharya)指出实施OBE教育模式主要有四个步骤：定义学习产出(Defining)、实现学习产出(Realizing)、评估学习产出(Assessing)和使用学习产出(Using)[5]。这涵盖了戴明环(计划、实施、检查、行动)各要素。美国学者斯派帝(Spady W.D.)认为OBE实现了教育范式的转换。因为，在OBE教育模式中，学生学到了什么和是否成功远比怎样学习和什么时候学习重要。如果教育结构和课程无法为培养学生特定能力作出贡献，它们就要被重建。这就是“学生产出驱动教育系统运行”的内涵逻辑。因此，在OBE理念下，为应对工程教育专业认证对新时期工程人才培养的新挑战，在学生能力培养中起到关键性作用的工科类专业核心课亟待突破传统教学模式，进行教学理念革新和教学逻辑重构。

2. 课程创新解决的痛点

作为材料专业的核心课程，《无机材料物理性能》课程知识点密集、理论丰富、应用广泛，多以经典物理原理对材料的物理性能进行专业描述和推导解释，对本科生具有一定学习难度[6]-[8]。学生在理论和实践上的不足，以及无法直观了解微观世界而缺乏对材料的本质原理认知，存在学习能力不足的风险；另外，课程包含课内实验，少数学生自我意识过强，动手能力、团队协作能力弱，不利于实践综合能力的培养；最后，学生对于职业胜任、自主学习、创新研究和终身学习能力要求提高，但解决复杂问题、实际问题等需持续投入的难题意愿不强[9][10]。

通过对学情分析、学习效果评价和教学过程反思,发现《无机材料物理性能》课程教学存在以下痛点。

(1) 工程应用能力缺乏:教学过程普遍注重理论知识的训练,学生习惯做验证性实验,缺乏基于实际问题的表达、分析、设计、优化和解决的能力培养。

(2) 差异化学习需求得不到满足:传统同质化的教学资源,一视同仁的教学要求,漠视了学生个性化的学习需求,导致学生主动性不足,缺乏创新能力培养。

(3) 知识构建能力差:教学过程知识碎片化、学习碎片化,导致了课程内各知识点孤立、课程与其他关联课程之间知识缺乏有机衔接,学生缺乏综合运用知识的能力,学习成果“高阶性和挑战度”不足。

解决上述问题的核心在于以学生发展为中心,以学生问题思维能力为导向,通过课堂的培养训练,最终实现学生的知识构建、高阶能力培养和价值塑造。

3. 课程教学创新的主要举措

(1) 构建混合式信息化教学模式,基于课前课中课后创新设计教学活动

课程教学采用线下为主,线上为辅的教学环境,线下完成课堂教学、项目制作讨论、实验和期末考试等教学环节,线上完成视频学习、课后作业和文献拓展等教学环节。课程已在超星课程网络教学平台以及雨课堂上线,提供了预习视频、课件、作业等教学资源,方便学生在线学习;同时积极引入优质在线资源(如 MOOC 等),通过多元综合学习进一步夯实学生的专业基础和知识构建能力。

教学以学生为中心,实施过程采用分为课前、课堂和课后三段管理。教学组织进行细分,以“在线任务-知识点讲授-分组讨论-互动测试-总结归纳-延伸拓展”为主线,对课堂教学环节进行创新设计。

(2) 以进阶项目为主线,对理论与实践有机融合的教学内容进行创新设计

本课程共设计了 4 个工程应用项目作为学生项目,在教学内容上以多维度项目设计制作为驱动,并利用多元团队协同支持来完成教学过程。将综合性项目按知识点分解成若干功能模块,由浅入深,层层递进。课程坚持“以学生为主体”,采用部分小班教学模式,结合课堂讲授、大案例分析、项目制作相结合的启发式和讨论式教学方法,正视学生学习兴趣和个体能力差异问题,构建了层次化教学过程,实现了教师讲授向学生项目设计制作的转化,也满足了不同类型、不同层次学生的学习需求。例如,以“固废基耐高温材料的力学性能研究”为第一章“无机材料的力学性能”的进阶项目,通过项目基础实验夯实同学们对力学性能基础知识和实验操作的理解;随后进行“材料强度/脆性提高途径”的问题设定,以小组的形式通过文献调研、组内研讨、师生讨论、方案论证、实践检验和项目汇报等环节,进行完整的材料力学性能实践。通过项目制作培养了学生的工程应用能力,学生成果体现了高阶性、创新性和挑战度,实现了进阶能力培训,提升了学生综合运用知识解决实际问题的能力。

(3) 以工程项目为教学案例,实现了教师科研成果向教学内容的转化

由于教材教学内容滞后性较大,缺乏新颖工程应用实例和无机材料物理性能方面的前沿新技术,导致学生课程所学与工作所需严重脱节。将教师学术成果和工程经历很好地转化为教学内容,是解决目前教学内容理论与实际应用脱离的有效途径。课程团队科研能力较强,具有丰富的国家级/省级项目研发经验;团队成员积极开展产学研结合,并将工程经历中的问题提炼成教学内容向学生介绍科技发展前沿和我国科研发展现状。例如,将“无压熔渗制备 SiCp/Al 复合材料及其性能研究、低成本微膨胀煤矿瓦斯无机封孔材料及技术、金刚石 MEMS 悬臂梁宽温度范围内表面应力模型建立及共振特性机制研究”等工程、科研项目作为教学案例,从而实现教师科研成果向教学内容的转化,进一步提升学生解决复杂工程问题能力。

(4) 以学科竞赛为载体，将学科竞赛融入课程教学内容

《无机材料物理性能》是大学生金相技能大赛、无机非金属基础知识大赛、“中国国际大学生创新大赛”、“挑战杯”等学科竞赛的重要基础课程，课程团队积极参与学科竞赛指导，并且具有丰富的指导经验。为了更好地激发学生的学习兴趣，课程团队将学科竞赛的内容融入到课程教学中，例如，将“陶晶智构—废陶瓷相变调控制备高值矿物材料技术”“‘全磁’模块化多污染物水处理系统”等融入到案例讲解中，突出课程学习创新性，增加学习内容的挑战度。通过“以赛促学、以学促能”的创新教学，引导学生自我管理、主动学习，取得了很好的教学效果。

(5) 以立德树人为根本，将思政元素融入课程教学内容

课程组坚持把立德树人作为中心环节，在教育教学中积极融入“课程思政”元素，充分发挥课堂育人的主渠道作用，本课程育人导图示于图1。思政元素的主要切入点有：

- ① 责任感：课程组及时更新教学内容和教学方法，通过融入科技前沿知识，使学生了解科技发展前沿和我国科研发展现状，激发学生的家国情怀和责任感。
- ② “工匠”精神：课程采用基于项目驱动的过程教学，通过项目设计与制作，弘扬严谨认真、精益求精、勇于创新的“工匠”精神。
- ③ 协作精神：通过团队项目的交流和探讨，培养学生沟通交流能力和团队协作精神。
- ④ 敬业精神：通过授课教师分享自己的教学科研经历，培养学生努力工作、敬业爱岗的劳动精神。



Figure 1. Curriculum-based nurturing diagram

图1. 课程育人导图

(6) 创新学习过程跟踪与评估体系和课程成绩评定方式

课程根据教学大纲中所支撑的毕业要求，制定了学生学习跟踪和评估机制。教师对学生的学习情况进行跟踪评估，对不及时完成作业及项目的同学及时进行预警督学。学期结束，对学生整个学期的学业情况进行评估，对不达标学生进行学业预警和帮扶。课程学习效果采用多元化评价，包括线下项目专题讨论、线上学习成绩和考试成绩等，如表1所示。其中线下项目专题讨论主要考察点为基本分析解决问

题的能力、团队协作能力、综合分析能力、拓展能力、创新能力等。期末考试通过设计与课程目标紧密挂钩的、包含不同认知层次(记忆、理解、应用、分析、创造)问题的标准化测试,实现对学生从基础到高阶的层次化多维考查,准确衡量其知识掌握和运用水平,用于后续分析其课程目标达成情况。

Table 1. Diversified performance evaluation form
表 1. 多元化成绩评价表

成绩构成		评价环节及内容	分值	课程目标	总分值
平时成绩 (40%)	平时作业	无机材料的力学、热学、光学、电导、介电、磁学性能	40	M1, M2, M3, M4, M5	100 分
	课堂随练	无机材料的力学、热学、光学、电导、介电、磁学性能	40	M1, M2, M3, M4, M5	
	线上学习	无机材料的电导、介电、磁学性能	20	M1, M2, M3, M4, M5	
期末考试 (60%)	教学内容 1	无机材料的力学性能	10~25	M1, M2, M3, M4	100 分
	教学内容 2	无机材料的热学性能	10~20	M2, M3, M5	
	教学内容 3	无机材料的光学性能	15~25	M1, M2, M4	
	教学内容 4	无机材料的电导性能	15~25	M2, M3, M4	
	教学内容 5	无机材料的介电性能	10~20	M2, M3, M5	
	教学内容 6	无机材料的磁学性能	5~15	M1, M2, M5	

课程的考核主要是检查学生对各课程目标的达成情况和运用知识解决问题的能力,包括平时表现、课程作业、专题讨论、期末考试等组成。

- (1) 本课程总评成绩 = 平时成绩 × 40% + 期末成绩 × 60%
- (2) 平时成绩 = 平时表现 25% + 专题讨论 25% + 课程作业 50%
- (3) 课程目标达成度计算时,不涉及考勤。通过以下公式进行直接评价:

$$F = \sum_{i=1}^n E_i \times \frac{B_i}{A_i}$$

其中: F : 课程目标达成度; A_i : 支撑该课程目标考核环节的满分值; B_i : 支撑该课程目标考核环节的平均得分; E_i : 考核环节在该课程目标的考核方式中的权重系数。

课程结束后,通过问卷调查的形式,对学生进行达成度间接评价。问卷设计包括一般问题和核心问题,其中一般问题主要用于收集学生的课程参与基本信息,核心问题作为间接评价依据。通过以上方式保证学生问题回答的真实性和有效性。最后一题收集同学们对课程教学目标、内容、教学方法等方面的意见或建议,用于下一年度课程的持续改进。

4. 课程育人成效

4.1. 学生课程目标达成提高

经过课程学习,学生综合性项目设计能力逐年提高,课程目标达成度也较高,图 2 为近两年非金属材料专业学生的课程目标达成度,课程目标 1、2、3、4 明显提升,反映了学生运用综合知识解决复杂工程问题的能力得到了提高。

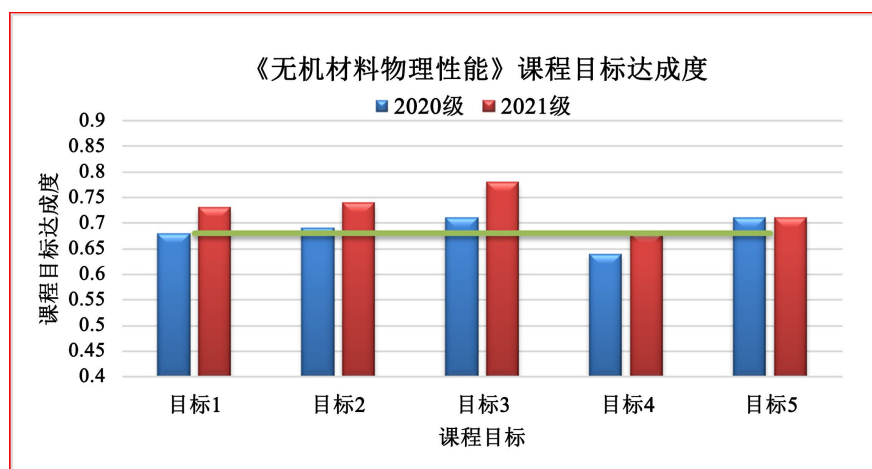


Figure 2. Shows the achievement of the course objectives of “Physical Properties of Inorganic Materials” by students in the past two years

图 2. 近两年学生《无机材料物理性能》课程目标达成度

4.2. 竞赛成绩突破

《无机材料物理性能》作为学科竞赛的重要支撑课程，为学生参加专业相关学科竞赛打好了坚实基础。经过前期的课程改革，学生综合分析能力均有了明显提升，在科技创新平台例如大学生金相技能大赛、“中国国际大学生创新大赛”、“挑战杯”等竞赛中均取得优异的成绩。2024 年获挑战杯国家级铜奖 1 项、省金奖 2 项，近三年全国大学生金相技能大赛中，获全国一等奖 3 项、二等奖 5 项、三等奖 6 项，全面超越往届学生比赛成绩。

4.3. 科教融合及教研成果丰硕

近五年，在项目式教学的引领下，团队教师带领本科生发表材料相关国内外高水平科研论文 13 篇，科教融合成果显著；以第一作者发表金相样品制备技巧论文 1 篇，金相大赛征文入选 2 篇。

4.4. 学生评价较高

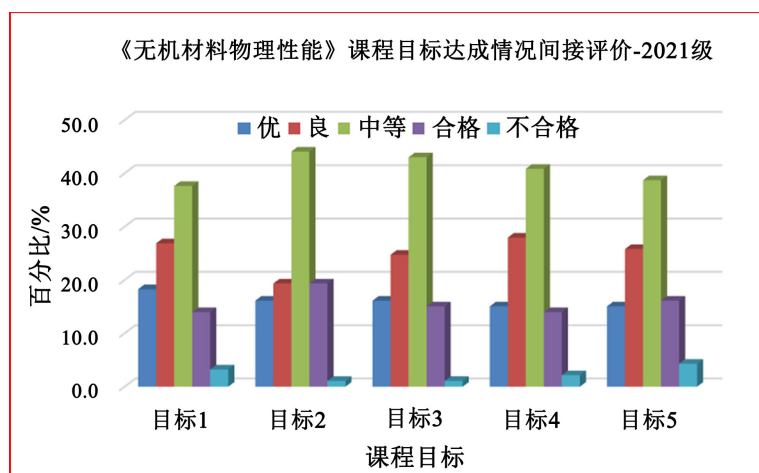


Figure 3. Shows a questionnaire survey among the 2021 grade students of non-metallic materials regarding the achievement of course objectives

图 3. 非金属 2021 级学生关于课程目标达成度的问卷调查

学期结束，课程会对学生进行无记名问卷调查，要求对课程目标的达成度进行自评，图 3 为最近完成的非金属 2021 级的问卷调查情况统计。本课程五个课程目标的学生自评达成度为 97.08%，课程目标达成自我评价较优。

5. 讨论与反思

本课程教学改革虽有效提升育人质量，但实施中仍面临现实挑战。学生因进阶项目、学科竞赛与线上线下学习任务叠加，负担失衡，基础薄弱者陷时间分配困境；教师需拆解科研成果为教学案例，且需跟踪多元评价数据，小班教学与团队指导中协调压力大；混合式教学对线上平台、实验设备及耗材要求高，制约资源有限院校落地。此外，研究局限性亦需正视：样本仅本校材料专业学生，无跨校对照，普适性不足；周期短仅追踪至课程结束，缺毕业生工程实践能力反馈；高阶能力评价以定性为主，量化指标待优化。

为突破上述挑战与局限性，笔者认为可通过以下思路对课程教学进行优化：一是实施分层任务设计，将进阶项目拆解为“基础达标型”与“创新挑战型”，允许学生按需选择，同时设置任务节点提醒与时间规划指南，缓解学业压力；二是构建教学资源共享池，联合多院校共建科研案例库、实验指导视频库及评价题库，降低教师重复劳动；三是建立长效追踪与多校对照机制，联合兄弟院校开展跨校对照实验，同时对接毕业生就业单位，通过年度反馈问卷收集职业能力数据，并细化高阶能力量化指标，提升研究结论的科学性与普适性。

6. 结语

《无机材料物理性能》课程通过混合式教学模式构建、进阶项目驱动、科研与竞赛资源融入、思政元素渗透及多元评价体系创新等多维度创新举措，有效破解了工程应用能力薄弱、差异化需求被忽视、知识构建碎片化等教学痛点，显著提升了学生的课程目标达成度、竞赛竞争力及科研参与度。这一实践印证了以产出为导向的课程改革在落实工程教育专业认证理念中的核心价值，为工科核心课程突破传统教学范式提供了可复制的范式。其深层意义在于通过课堂教学的微观革新，推动高等教育与工程实践、国家战略需求的精准对接，为培养兼具扎实理论功底、创新实践能力与家国情怀的高素质工程人才奠定了坚实基础。

基金项目

- (1) 安徽理工大学校级教育教学改革研究重点项目，“OBE 理念下《无机材料物理性能》教学创新与课程思政模式探索”；
- (2) 安徽省质量工程项目线上线下混合式一流课程，无机材料物理性能(2024xsxx022)；
- (3) 教育部产学研合作协同育人项目，工程认证背景下“无机材料物理性能”示范课程创新实践改革(230704810170415)；
- (4) 安徽省研究生教育教学改革研究一般项目，CDIO 理念下学术型研究生一级学科综合实验教学改革(2024jyxggjY174)；
- (5) 安徽省质量工程传统专业改造提升项目，无机非金属材料工程专业改造提升项目(2024zygzts034)；
- (6) 安徽省教学创新团队，无机非金属材料工程专业教学创新团队(2024cxt056)；
- (7) 安徽理工大学校级质量工程项目智慧课程，无机材料物理性能(xjzhkc2025070)。

参考文献

- [1] 赵永华, 周艳军, 王欢. 工程教育专业认证背景下“化工原理”任务式教学方法改革初探[J]. 辽宁工业大学学报

- (社会科学版), 2025, 27(2): 94-96.
- [2] 贾延琳, 崔素萍, 席晓丽, 等. 工程教育认证背景下材料科学与工程专业教学改革与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(21): 128-131.
 - [3] 胡标, 刘振英, 王庆平, 等. 工程教育专业认证背景下工程类专业实验教学改革探索[J]. 华北理工大学学报(社会科学版), 2020, 20(3): 104-108.
 - [4] 吕振飞, 沈秀琳, 王庆平, 等. 工程教育专业认证背景下《无机材料物理性能》课程教学改革探索[J]. 中国航班, 2023(27): 118-120.
 - [5] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 等. 基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式——汕头大学的实践与探索[J]. 高等工程教育研究, 2014(1): 27-37.
 - [6] 李蕾蕾, 王璟, 张安杰, 等. 无机非金属材料物理性能课程教学改革浅析[J]. 化工设计通讯, 2025, 51(6): 83-85.
 - [7] 董伟霞, 白明敏, 包启富. 无机材料物理性能课程的思政育人实践探索——以景德镇陶瓷大学材料类专业为例[J]. 景德镇学院学报, 2022, 37(1): 79-83.
 - [8] 彭军辉, 孙远洋. OBE 教育理念下“无机材料物理性能”课程教学改革探索[J]. 西部素质教育, 2024, 10(2): 157-160.
 - [9] 郑克玉, 何云斌, 曹万强, 等. 材料科学与工程实验教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2021: 199.
 - [10] 侯育花, 黄有林, 李伟. 创新创业导向下无机材料物理性能教学改革与探索[J]. 南昌航空大学学报(自然科学版), 2019, 33(2): 119-124.