

基于新工科背景下的《现代材料分析方法》课程教育改革

白泽慧, 占雪晴, 蔡芳昌, 郭金明*, 马 宁*

湖北大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年6月30日; 录用日期: 2025年7月28日; 发布日期: 2025年8月5日

摘 要

随着新材料技术的快速发展, 材料分析技术的精准性和综合性要求日益提高。传统教学模式已难以满足新工科背景下对复合型、创新型人才培养的需求。针对当前课程中存在的理论与实践脱节、技术更新滞后、学生参与度不足等问题, 提出以“理论奠基、实践导向、创新驱动”为核心的改革路径, 系统推进教学内容重构、教学模式创新与实践能力提升。通过构建多元互动、任务导向的教学体系, 提升课程的实用性与前瞻性, 培养具备扎实理论基础、熟练实验技能与科学分析能力的高层次人才, 助力学生全面掌握现代分析技术, 更好适应材料科学与工程领域的发展需求。

关键词

研究生课程建设, 现代材料分析方法, 课程改革

Educational Reform of the “*Modern Materials Analysis Methods*” Course in the Context of New Engineering Disciplines

Zehui Bai, Xueqing Zhan, Fang-Chang Tsai, Jinming Guo*, Ning Ma*

School of Materials Science and Engineering, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Jun. 30th, 2025; accepted: Jul. 28th, 2025; published: Aug. 5th, 2025

Abstract

Driven by rapid advancements in new material technologies, material analysis techniques demand

*通讯作者。

文章引用: 白泽慧, 占雪晴, 蔡芳昌, 郭金明, 马宁. 基于新工科背景下的《现代材料分析方法》课程教育改革[J]. 教育进展, 2025, 15(8): 212-219. DOI: 10.12677/ae.2025.1581425

greater precision and integration. Conventional teaching models fall short in cultivating interdisciplinary and innovative talents aligned with the goals of engineering education. To address gaps between theory and practice, outdated content, and low student engagement, this paper proposes a reform strategy grounded in three pillars: theoretical foundations, practice orientation, and innovation impetus. Through systematic curriculum restructuring, updated instructional methods, and enhanced practical competencies, an interactive, task-based pedagogical framework was established to improve the course's practical relevance and future adaptability. The reform has significantly strengthened students' theoretical knowledge, experimental proficiency, and analytical capabilities, enabling them to master contemporary analytical technologies and navigate evolving demands in materials science and engineering.

Keywords

Graduate Course Construction, “Modern Materials Analysis Methods”, Curriculum Reform

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. 课程现状与改革必要性

《现代材料分析方法》作为我校化学、材料科学与工程及材料与化工等专业研究生阶段的核心选修课，主要围绕现代材料测试技术的原理阐释、仪器操作与结果分析三大核心板块展开。课程内容系统覆盖材料多维度表征需求，包括宏观/微观形貌分析、化学成分鉴定、物相结构解析、热/力/电学性能测试，以及从原子、分子到晶体与组织结构的多尺度表征。主要教学模块涵盖热分析(TGA/DSC)、波谱分析(FT-IR、UV-Vis)、X射线光电子能谱(XPS)、电子显微技术(SEM/TEM)和X射线衍射(XRD)等前沿分析技术，通过“设计-合成-表征-测试-优化”的全流程案例式教学，旨在培养学生建立分析技术与实际科研需求间的系统认知。

然而，当前课程教学面临三重核心挑战：其一，知识体系更新滞后。现有教材内容与快速发展的分析测试技术存在明显代际差距，特别是对智能化分析技术、原位表征方法等前沿领域覆盖不足，难以满足学生了解行业前沿的学习诉求。其二，教学模式亟待革新。传统“教师讲授+静态图示”的单向教学方式难以有效传递仪器工作原理与数据分析逻辑，学生普遍缺乏系统性、结构化的知识框架，理论与应用脱节严重。其三，学科交叉融合度不足。课程尚未有效整合人工智能、大数据分析等新兴技术，制约学生对智能化、多维度材料分析趋势的适应能力与技术迁移能力。

此外，教学实施还面临特殊学情挑战[1]：授课对象为研究生一年级新生，学生群体存在明显“二元差异”，既包含材料类专业学生，也涵盖跨专业背景学习者；既存在不同本科院校课程体系的衔接差异，又需在有限学时内完成从“本科知识延伸”到“研究生层次进阶”的教学目标。实验教学环节亦存在明显制约，存在“三限困境”：场地限制导致实验分组规模压缩、设备限制导致测试方法碎片化、认知限制使学生在结果分析中易陷入单点视角与认知偏差，难以实现多技术联用、数据互证与综合解读。

在材料科学智能化、高通量化和多学科融合的行业背景下，人才能力需求正经历从“仪器操作技能导向”向“综合分析能力与创新思维驱动”的深刻转型。现代材料研发亟需学生具备以下三大核心能力——复杂数据的深度处理与多维度解读能力，跨原子-微观-宏观尺度的表征技术协同应用能力，基于实际工程问题的分析方案设计与优化能力，从而培养能够贯通方法原理、技术路径和工程需求的创新复合型人才。当

前学生在实际科研中普遍存在“技术堆砌”与“结论空泛”的现象，缺乏从问题定义、方法适配、数据互证到结论迭代的系统性解决路径。这种能力短板正成为制约其科研创新力和工程应用力的关键瓶颈。因此，系统性课程改革已成为适应学科发展趋势、对接行业需求，打通课堂知识向科研实践转化链条的必然选择。

2. 课程改革的实施措施

围绕教学质量重构、教学模式创新与实践能力的培养三大核心，拟建立融合分组教学、多元互动与实战赋能的教学改革体系，推动《现代材料分析方法》课程从知识传授型向能力导向型转变，全面提升课程的育人实效。

2.1. 教学质量重构

为有效提升课程教学质量，需系统性优化教学内容与结构设计。重点聚焦在核心技术精讲、多方法联动和实际问题衔接三个方面，旨在帮助学生夯实基础理论、掌握多元技术联用，并具备将分析工具应用于真实科研问题的能力[2] [3]。

基础模块重塑：在保持传统材料分析方法教学的基础上，课程对冗余理论进行精简，强化图谱识读与技术原理的理解，确保学生掌握基本材料分析技术的核心概念和使用边界，着力培养学生对材料关键行为特征的把握。

应用模块深化：聚焦多技术联用，如通过整合 TG-MS-IR 提供的宏观热化学信息(失重台阶、分解温度、逸出气体种类与释放动力学)与 TEM 揭示的微观结构演变(不同拉伸比或温度下的晶体形貌、缺陷密度、相界面状态、纳米尺度孔洞/裂纹)，可建立材料内部结构参数与热分解行为的关系。强化学生对各分析方法的协同使用、互补优势及适用局限的理解。

拓展模块嵌入：拓展模块以实际工程问题解决能力培养为导向，设置如材料降解分析、生产工艺优化等工程类实例，推动学生经历样品制备、测试选择到结果互证的完整流程，从而构建技术应用的系统逻辑与工程思维。

2.2. 教学模式创新

课程教学模式的革新是课程改革的关键突破点。在新工科建设背景下，传统教师讲授、学生接受的教学难以满足研究生能力成长需求。因此，课程以“问题导向”为牵引，推动知识获取路径与课堂组织形式的深度变革。

知识输入优化：以“翻转课堂”的框架为依托，围绕仪器原理、操作流程与数据处理，开发高质量微课[4] [5]，学生借助视频完成自主预习与在线测试，课堂时间则用于教师引导下的专题研讨、问题解构与实际案例分析，实现“由教转学”的认知转向。

教学过程互动化：构建“过程性考核 + 多维答辩”制度，对学生在课程中的阶段表现进行多元评估。考核指标包括：课堂参与度、数据分析与问题解决能力等，通过动态反馈实现精准教学。同时引入交换式的课堂教学模式，由不同方向的教师分别承担模块化教学任务，强化教学内容的专业性、前沿性与实践性。

问题驱动成果化：本次课程改革中，教师重点通过“问题导向”，引导学生通过实验实践的分析，将理论知识切实用于科学研究的过程中去。每位授课教师结合自身研究专长与课程核心分析技术，精心设计当前学科热点的具体问题案例(部分题目节选见表 1)，紧密围绕材料的特定性能分析(如热稳定性、作用机理、微观结构演变)或特定应用场景(如树脂吸附、发光二极管、可逆电池)。学生通过随机抽签的方

式获取自己的专属研究课题，这种形式增加了课堂趣味性与挑战性，有效提升学生的参与热情，更模拟了科研实践中面对未知问题的真实情境，迫使学生主动调用课程所学理论知识、仪器原理及数据分析方法，投入到对具体学科问题的解构、实验方案设计与结果论证中，为后续的答辩环节奠定基础。

Table 1. Excerpt from the topic of “Modern Materials Analysis Methods”
表 1. 《现代材料分析方法》题目部分节选

授课教师及其授课部分	现代材料分析方法题目
授课教师 (热分析)	1) 某公司对 Ti-Ni 系合金作为可逆电池的研究发现，TiNi 和 Ti ₂ Ni 混合粉末烧结成的电极，最大放电容量可达 300 mA h/g，但寿命较短，如果加入 Co 和 K，可使寿命大大延长，试分析如何通过现代测试方法分析其稳定的原因。 2) 导电聚合物有：共轭聚合物、高分子电荷迁移络合物、金属有机聚合物和高分子电解质四种。某柔性可折叠屏幕中有一层电致发光导电聚合物，请问如何通过现代测试方法分析该薄膜的种类与结构。
授课教师 (XPS)	1) 查阅指定文献的 Supporting Information 部分。用“思维导图”描述：样品制备过程；列举所用测试方法及目的；结合课程理论，详述 FTIR\Raman\UV-Vis Spectra 基本原理在本工作中的应用及其主要结论；结合课程理论，详述 SEM 和 XRD 在基本原理在本工作中的应用及其主要结论；结合课程理论，详述 XPS 在基本原理在本工作中的应用及其主要结论。
授课教师 (TEM)	1) 某树脂可以选择性的螯合吸收 Au ³⁺ 、Pt ⁴⁺ ，而不吸附 Cu ²⁺ 、Fe ³⁺ 、Ni ²⁺ 、Co ²⁺ ，加以分离，而后借用硫脲洗脱，请采用适当的测试方法分析树脂的化学结构并解释螯合机理。 2) 最常用的骨折内固定方式是使用骨夹板和骨螺钉，材质以不锈钢和钛钢合金为主，由于金属材料的生物相容性差，与骨头的膨胀系数相差大，且夹板对骨具有应力屏蔽作用，极易造成骨的二次伤害，如何利用现代仪器从结构上设计理想的骨固定材料。
授课教师 (SEM)	1) AFM 和 SEM 同样是测试样品的表面形貌的测试方法，它们在实际的测试中如何取舍？(什么情况下用 AFM，什么情况下用 SEM？) 2) 用 SEM 和 EDS 对样品的表面形貌及其成分的测试和分析。采用电子束在样品的某一感兴趣区域做光栅式扫描，通过采集每个入射点的某种元素的特征 X 射线计数来调制显示器上电子束扫描试样对应的像素点的亮度(彩色)所形成的元素分布图像，称为面分布图，也称为 mapping 图。亮度越亮，说明元素含量越高。通过对自己样品表面的扫描结果，说说 BSE 和 EDS-mapping 在对样品表面元素分布情况探究中的异同点。
授课教师 (波谱分析)	1) 在塑料中添加光降解剂，使之在废弃后可发生光降解，可有效遏制“白色污染”。如何通过现代测试方法研究聚乙烯、聚苯乙烯等常见塑料的降解机理，比较不同光降解剂的降解效率。 2) 染料可用于纺织品染色。由于直接与皮肤长时间接触，对染料的安全性有较高要求。试通过现代测试方法进行纺织品中染料的高精度定性检测，以评估纺织品安全性。

2.3. 实践能力培养

实践能力培养是课程改革里的核心环节之一，尤其是在实验教学中，实验环节不仅是知识转化的重

要载体，更直接关联学生的综合素质提升[6]。为强化学生的实际操作能力、科研思维能力与团队协作意识，课程构建了贯穿分组实验、课题协作到成果深化的实战体系。

1 或 5 弹性分组模式：针对有限的实验资源配置，课程引入“1 或 5 弹性分组”的实验组织机制，1 人组侧重基础技能训练工作，要求学生独立掌握关键设备的操作流程、基础测试步骤与数据初步处理，强化个体动手能力；5 人组则围绕“多方法协同化解实际问题”设计综合性实验项目，鼓励学生在团队中发挥各自特长，结合不同分析方法，协作完成课题设计、技术实施与结果分析。该模式实现了个体能力训练与团队合作探索的并行推进，有助于学生从实践中深化对分析技术应用逻辑的理解，增强应对复杂工程问题的能力。

三阶段课程报告机制：为引导学生在实验过程中形成系统认知，课程构建了“三阶段”课程报告体系。第一阶段：鼓励学生以跨组形式联合合作，围绕分析方法、设备原理、典型应用等内容开展调研，提升学生的信息整合与团队沟通能力；第二阶段：随机课题抽签与实验方案设计，引导学生结合前沿文献，制定具备可行性与创新性的实验路径；第三阶段：组织小组答辩与教师点评，锻炼学生的表达能力与总结归纳能力。

双通道输出与多维评分体系：为实现全过程、多角度的能力评估，课程设置“结构化实验报告 + 小组现场答辩”双通道成果输出。报告环节强调科学逻辑与数据严谨，答辩环节考察方案构建能力、表达能力及团队协同效果。评分机制采用“方案设计(40%) + 数据分析(40%) + 协作创新(20%)”的多维结构，由多学科教师组团评审，确保过程评价与结果导向兼顾，推动学生从“做中学”迈向“做中创”。

3. 考核评价体系：由多维能力引导的评估机制

为全面贯彻《新工科研究与实践项目指南》[7]提出的教学理念，课程构建了涵盖过程、能力与成果的多元性考核体系，注重基础理论掌握、自主学习能力与实践创新能力的协调发展。

3.1. 理论素养考核(40%)

理论素养是材料分析课程的核心能力要求，主要考察学生对材料分析技术原理、发展演进路径及其典型应用场景的系统掌握程度。鉴于该课程涵盖内容广泛、技术体系复杂，学生不仅需理解各类分析技术的基本原理，还应具备将理论知识与实际问题有效联结的能力。这一模块旨在促进学生科学思维、技术思维与创新能力的全面发展。

考试形式与内容：为保障考核的科学性与公正性，采用闭卷的笔试形式，题型包括选择题、简答题与案例分析类，全面覆盖材料分析方法的基本原理与图谱解析技术。闭卷形式虽为传统模式，但能有效检验学生对知识体系的理解深度以及在限定时间内调动所学内容进行逻辑推演与应用的能力。

考核标准：评分将依据学生知识掌握程度、知识点间的联动能力以及对实际问题的分析解决能力进行综合评判。特别是在案例分析环节，要求学生能够基于已有理论知识识别材料分析过程中存在的技术难点，提出具备可行性与逻辑性的解决思路。这不仅考察记忆与理解，更强调知识迁移与应用能力。

反馈机制：为强化学习成效，考试结束后将实施系统化的反馈机制。教师将对试卷中具有代表性的共性错误进行归纳分析，并组织答疑与讲评，帮助学生精准识别知识盲点，优化其理论体系与逻辑结构，进一步提升其专业认知能力。

3.2. 自主学习评价(20%)

评价内容与方法：本模块通过“雨课堂”平台开展，以视频学习与章节测试为主要形式，考察学生在课前自主学习阶段的投入与理解情况。视频内容囊括《现代材料分析方法》课程的核心技术原理及标

准操作规程,学生需在规定时间内完成视频观看任务,并通过配套测试巩固学习成果。依托系统生成的测试数据,教师可实时掌握学生的学习进度与掌握程度,及时识别学生在理解关键概念或技术应用方面的薄弱环节。

学习轨迹与进度评估:雨课堂平台具备完善的数据记录与分析功能,可全面追踪学生的视频观看进度、章节测试成绩及参与讨论情况。教师可据此精准判断学生的学习轨迹与知识掌握深度。一旦发现学生于某一章节测试的成绩处于较低水平,可通过数据反推其知识短板,有针对性地调整课堂内容或实施个别辅导,提升教学的精准性与实效性。学习进度将作为学生评估指标之一,确保其在合理时间内完成自主学习任务,养成良好的学习节奏。

过程性评价机制:自主学习评价采用“观看进度+章节测试”双指标联合评估模式,全面反映学生在预习与自学环节中的实际表现。此途径不仅激励学生通过自学拓展专业知识储备,也深度讨论与实践教学打下基础。通过逐步递进的学习与评价体系,强化学生主动学习意识,提升其持续学习与独立思考能力。

3.3. 实践能力评估(40%)

实践能力的培养是《现代材料分析方法》课程的核心目标之一,其评估重点在于学生可把所学理论知识与技术方法有效应用于解决实际工程问题。为此,实践考核从实验方案设计、报告撰写、答辩展示三方面展开,并通过科学的评分矩阵予以综合评价。

实验方案设计:实验方案设计是实践能力评估的起点,要求学生针对指定课题独立构建出可行的实验操作方案。评分标准的评估会从三个维度开展:科学性(是否合理选择实验方法,设定实验参数,确保实验逻辑与结果具备可验证性)、创新性(是否在技术路径或策略上有所突破,例如多技术联用、参数优化等)及规范性(方案结构是否完整、步骤是否详实、表述是否清晰规范),通过该环节,旨在锻炼学生的问题定义能力与技术整合思维。

报告与答辩:报告与答辩是对学生实践过程与团队协作成果的全面检验。评分标准包括:逻辑完整性的达成情况、数据分析深度的挖掘情况、表达清晰度的呈现效果以及团队协作的体现程度等方面,该部分旨在提升学生的数据处理能力、科学表达能力及团队配合能力。

评分矩阵:为实现客观、公正的评价,课程设置了如下评分权重:方案设计占比 40%(独立性、科学性、创新性)、数据分析占 40%(结果呈现、深度分析、逻辑完整性)以及协作创新占 20%(团队配合、创新意识与方法整合能力),通过系统化的实践能力评估机制,引导学生将知识转化为能力,逐步建立起“问题识别-方案设计-技术实施-数据分析-成果表达”的闭环式工程思维链条。

4. 课程改革效果与评价

在本轮课程完成一个教学周期后,依托“问卷星”平台对 100 位选修《现代材料分析方法》的研究生进行了问卷调查,系统评估课程改革的实际成效。

在教学形式创新获高度认可度方面(见图 1),在各类教学手段中,基于“雨课堂”平台的微课获得 72.28%学生的“最有效教学形式”评价,其中 91.09%的学生认为此类资源对学习“有帮助”(含 27.72%“非常有帮助”)。同时,研讨式教学模式表现突出,70.3%对小组专题研讨给予正面评价(32.67%认为“非常有用”);“小组实验报告+PPT 答辩”考核模式得到 88.4%的支持率。这些数据表明,数字化资源与互动式教学手段的融合模式有效提升了学生的参与度和获得感,激发了他们的自主学习动力与协作意识。

在课程内容设计满意度方面(见图 2),学生普遍认可课程的前沿性与实用性。其中,对课程内容的技术前沿覆盖程度 65.35%的学生表示满意,27.72%的学生表示非常满意;知识实用性方面,57.34%的学生

表示满意, 34.65%认为课程知识体系具有较强的实用价值。这一评价充分表明, 课程在内容设计上能够与材料科学领域的最新技术进展保持高度同步, 较好满足了学生的科研训练和未来职业发展需求。

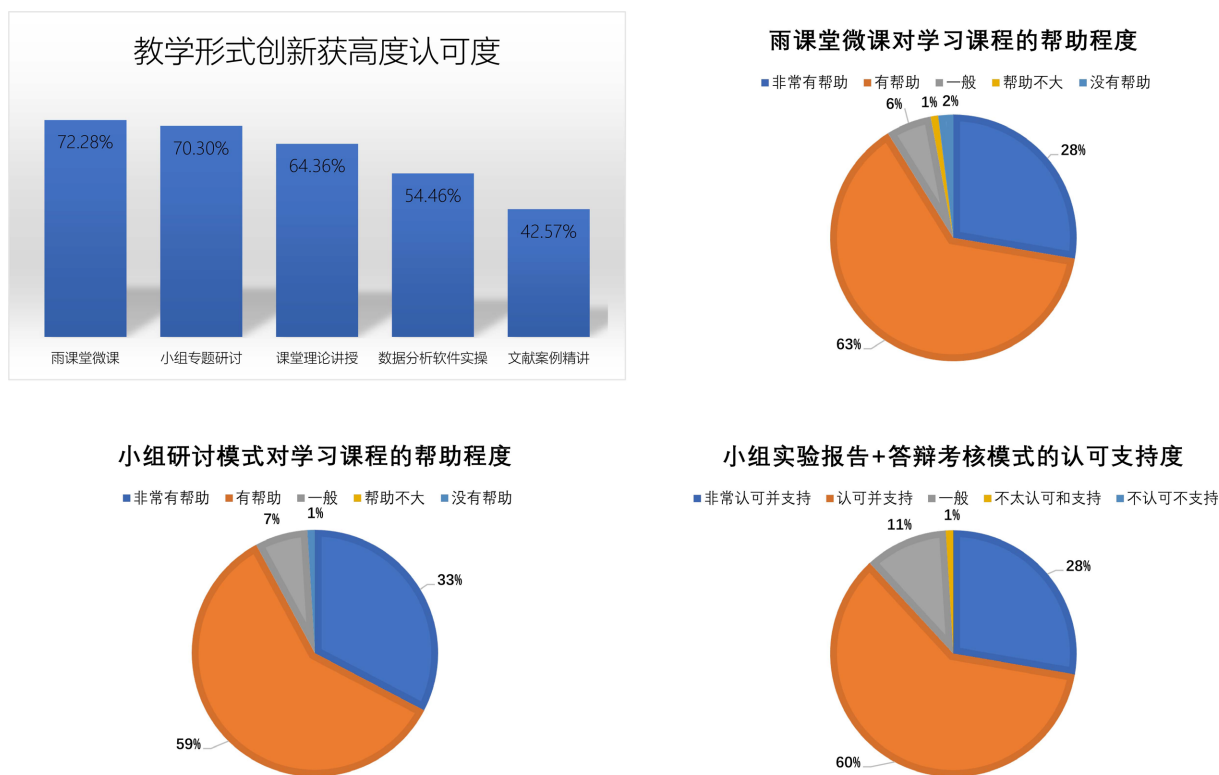


Figure 1. The effectiveness of the curriculum reform
图 1. 课程改革成效

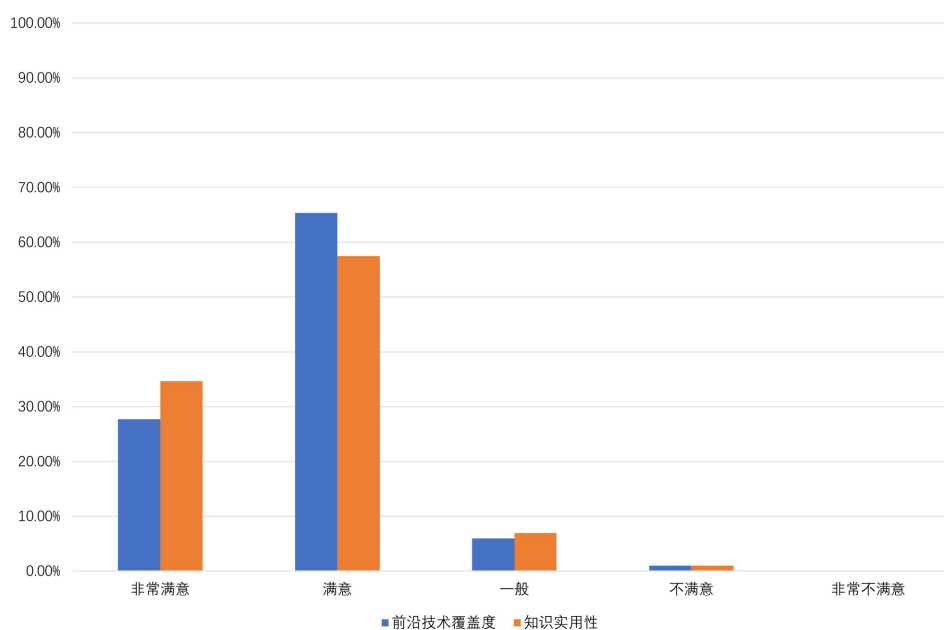


Figure 2. The degree of satisfaction regarding design of the course content
图 2. 课程内容设计满意度

总体而言,调研数据显示,学生普遍认为课程改革在教学内容的系统性、教学手段的多样性、考核方式的科学性等方面取得了积极成效。特别是在“雨课堂”微课资源、小组研讨与答辩式考核等方面,已初步形成本课程特色。本轮改革的积极反馈不仅验证了教学思路的正确性,也为下一阶段课程优化提供了明确方向。后续将进一步加强实验教学与真实科研问题的衔接,深化整合多技术联用、工程思维训练与实践能力终极目标的教学链条,持续推动课程高质量发展,助力研究生科研能力与工程素养的协同提升。

5. 结论与展望

本文围绕《现代材料分析方法》课程教学中存在的理论与实践脱节、技术更新滞后、学生参与度不足等问题,构建了以“理论奠基、实践导向、创新驱动”为核心的改革路径。初步解决了传统教学中技术滞后、学生被动学习等瓶颈。改革实践表明,该课程在激发学习主动性、促进学生协作等方面成效显著。然而,面对材料分析技术的持续演进与智能化趋势,课程改革仍需进一步优化内容更新机制,强化人工智能辅助工具与各教学环节的深度融合。未来将继续推进课程的前瞻性与实践性协同发展,探索多维度评价体系与多技术联用实训模式,构建更贴近科研与产业需求的教学生态,助力培养具备扎实理论基础与创新实践能力的复合型高层次人才。

基金项目

国家自然科学基金(52203161);湖北省科技人才服务企业项目(2024DJC039);湖北大学“揭榜挂帅”教学改革研究项目(HDCJY2312);湖北欧宅新材料科技有限公司研究生工作站(1130202303093),孝感市三洋塑胶科技有限责任公司研究生工作站(1130017776)。

参考文献

- [1] 蔡芳昌,占雪晴,施德安,等.现代材料分析测试方法研究生课程的改革建设[J].现代职业教育,2018(27): 80.
- [2] 王现英.《现代材料分析方法》课程教学改革探索与研究[J].教育教学论坛,2013(20): 65-66.
- [3] 马向东,吴苗苗.《材料现代分析方法》课程建设与教学改革研究[J].中国科教创新导刊,2013(13): 68.
- [4] 王萌,马向东,李烨文,等.现代材料分析方法课程教学改革的探索与实践[J].科技视界,2022(3): 98-100.
- [5] 王丁,王平,王现英,等.《现代材料分析方法》在线课程建设及网络教学改革初探[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2020(16): 147-148.
- [6] 罗勇,李敏,王庆良,等.新形势下的现代材料微观分析方法课程教学改革[J].教育现代化,2017,4(21): 26-27+46.
- [7] 教育部.新工科研究与实践项目指南[Z].2017.