

工程认证背景下《材料测试方法》课程教学改革与实践

赵兴明 马冬梅 于景媛 赵荣达 李佳 崔普昌 杨玉芳

辽宁工业大学 材料科学与工程学院, 中国·辽宁 锦州 121001

摘要: 随着新材料研发与智能制造技术的飞速发展, 工程教育认证对材料领域人才在“多学科知识融合”与“解决复杂工程问题能力”方面提出了更高要求。传统的《材料测试方法》课程在教学过程中普遍存在教学内容与前沿检测技术脱节、实践教学停留于“演示验证”模式、学生数据分析与创新能力不足等突出问题, 难以满足现代产业对高素质复合型人才的需求。为此, 本课程改革以工程教育认证的产出导向(OBE)理念为指引, 构建了“理论奠基—实践驱动—创新赋能”三位一体的教学模式。为工程认证背景下材料类专业课程的教学创新提供了一套行之有效的解决方案与可借鉴的范式。

关键词: 教学改革; 材料测试方法; OBE 理念; 三位一体教学模式; 工程教育认证

Teaching Reform and Practice of Material Testing Method Course Under The Background of Engineering Certification

Zhao Xingming, Ma Dongmei, Yu Jingyuan, Zhao Rongda, Li Jia, Cui Puchang, Yang Yufang

College of Materials Science and Engineering, Liaoning University of Technology, China Liaoning Jinzhou 121001

Abstract: With the rapid development of new material research and smart manufacturing technologies, engineering education accreditation has placed higher demands on the "integration of multidisciplinary knowledge" and "ability to solve complex engineering problems" for talents in the materials field. The traditional Material Testing Methods course generally suffers from issues such as a disconnect between teaching content and cutting-edge testing technologies, a practical teaching model that remains at the "demonstration and verification" level, and insufficient student capabilities in data analysis and innovation. These shortcomings make it difficult to meet the demands of modern industries for high-quality interdisciplinary talents. To address these challenges, this course reform, guided by the Outcome-Based Education (OBE) concept of engineering education accreditation, has established a "theoretical foundation-practical drive-innovation empowerment" tripartite teaching model. It provides an effective solution and a replicable paradigm for teaching innovation in materials-related courses under the context of engineering education accreditation.

Keywords: Teaching reform; Material testing methods; OBE concept; Trinity teaching mode; Engineering education accreditation

0 引言

《材料测试方法》是材料科学与工程、金属材料工程、无机非金属材料工程等专业的一门核心课程, 聚焦于材料成分、微观结构与宏观性能的内在关联, 系统讲授以 X 射线衍射仪(XRD)、扫描电子显微镜(SEM)、透射电子显微镜(TEM)、原子力显微镜(AFM)等现代分析仪器的基本原理、样品制备技术与数据分析方法^[1-2]。课程内容涵盖上述典型设备的系统构成、工作原理、关键性能参数及其在物相鉴定、微观形貌观察、晶体结构解析与表面性能表征中的应用。课程以大学物理、物理化学、材料科学基础及晶体学为先修知识, 通过理论与实践深度融合, 培

养学生掌握大型仪器的规范操作、测试方案的精准设计以及复杂图谱的解析能力, 旨在支撑其在新材料研发、高端制造与产品质量控制等领域解决复杂工程问题的核心素养。教学内容体系强调经典测试方法(如 X 射线衍射的物相定性定量分析、扫描电镜的微观形貌观察)与前沿表征技术(如透射电镜的原位分析、原子力显微镜的高分辨表征及多技术联用解决方案)的有机融合。

本课程的教学目标紧密对接“中国制造 2025”与国家新材料发展战略对高素质、复合型创新人才的迫切需求, 致力于为新材料研发、高端装备制造、第三方检测等新兴产业输送具备扎实理论基础、卓越实践能力和跨学科知识

整合能力的技术骨干与研发人才。

1 传统教学痛点与难点

1.1 理论教学与实践脱节

传统《材料测试方法》课程在教学过程中, 长期面临理论与工程实际严重脱节的核心困境。这一矛盾主要体现在三个层面: 首先, 在教学内容上, 课程往往侧重于 XRD、SEM、TEM 等仪器原理的理论灌输与图谱分析的数学推导, 却疏于将测试方法与具体的材料研发、工业选材、产品失效分析等真实工程场景相关联, 导致学生“知其然不知其所以用”。其次, 缺乏实践环节的授课, 教学通常局限于对标准样品的“演示性”或“验证性”测量, 学生遵循固定流程操作, 缺乏针对复杂实际样品进行测试方案设计、样品制备、参数优化以及应对异常结果的能力训练, 与产业界对材料测试人才的要求形成落差。最终, 在能力培养上, 由于前两者的局限, 学生虽掌握了碎片化的理论知识, 却难以构建起“工程问题-测试方法-数据分析-结论决策”的系统性能力链条, 无法将测试技术有效地转化为解决复杂工程问题的工具, 从而难以满足现代制造业对高素质复合型创新人才的需求。

1.2 考核评价方式单一

在《材料测试方法》课程中, 目前的成绩评定方式主要依赖于平时作业和期末考试两部分, 且期末考试在总成绩中所占权重偏高(通常超过 60%)。这种以期末考试成绩为主导的评价机制, 难以全面、客观地衡量学生对课程内容的理解与掌握程度^[3]。例如, 在期末考试压力下, 学生往往更关注应试技巧, 倾向于通过短期记忆与背诵来应对试卷题目。尽管部分学生最终成绩能够达到甚至超过设定目标, 却无法真实反映其是否真正理解并掌握了相关的材料分析技术与方法。长期来看, 这种评价方式可能削弱学生对知识内在逻辑与应用能力的深入训练, 不利于培养其解决实际问题的综合素养。更值得关注的是, 这种侧重于期末集中考核的方式, 难以促成学生对知识的长期记忆与深度内化。由于缺乏持续性的理解、应用与反思过程, 学生所学内容容易在考试结束后快速遗忘。在进入实际工作岗位后, 面对真实的材料测试与分析任务, 不少学生表现出明显的知识脱节与实践能力不足, 几乎展现不出应有的专业基础。这不仅影响了学生的个人职业发展, 更暴露出当前评价机制在实现人才培养目标上存在的短板。

从教育成效来看, 过度依赖期末考试的评定模式, 实际上削弱了课程应有的人才培养功能。它在一定程度上抑制了学生批判性思维与解决复杂工程问题能力的养成。长

此以往, 将难以满足社会对材料领域高素质专业人才的现实需求, 也使高等教育在专业技术人才培养方面的社会价值难以充分实现。

1.3 教学内容滞后, 与前沿技术和工业现状脱节

教材和课程内容更新缓慢, 常常局限于经典测试方法, 而对于近年来兴起的原位表征技术、高通量测试、大数据分析在材料测试中的应用等前沿领域涉及较少。以材料测试领域为例, 原位表征技术近年来发展迅猛, 它能够在材料实际工作状态或模拟实际工作状态下, 对材料的结构、性能及变化过程进行实时监测和分析。目前, 新能源专业近年的兴起, 与国家战略推动、能源产业革命和巨大的人才缺口直接相关。这一趋势已经催生了多个专业方向, 并带来了广阔的就业前景。以新能源专业电池方向研究为例, 利用原位透射电子显微镜, 可以实时观察电池充放电过程中电极材料的微观结构变化, 这对于深入理解电池的工作机理、优化电池性能至关重要。然而, 多数教材和课程中对这类原位表征技术的介绍却极为有限, 甚至完全没有涉及。借助大数据分析, 科研人员可以从大量的实验数据中发现材料性能与成分、结构、制备工艺之间的潜在关系, 从而指导新材料的研发和现有材料的性能改进。

在当今竞争激烈的就业市场中, 毕业生所学知识与前脱轨使其在求职过程中面临诸多困境, 尤其是处于科研和工业前沿领域的企业, 对人才的需求日益多元化和高端化, 他们迫切需要掌握新技术、新方法的专业人才, 以满足企业在产品研发、生产优化和市场竞争中的需求。

1.4 各方法孤立讲授, 缺乏系统性与关联性思维训练

教学中常将各种测试方法(如 XRD, SEM, TEM, AFM 等)作为独立章节逐一介绍, 缺乏对方法之间互补性和关联性的系统讲解。学生未能建立“针对不同的材料科学问题, 如何选择和组合多种表征手段形成一个完整分析方案”的系统性思维, 知识体系呈碎片化状态。这些测试方法却被当作一个个孤立的知识点, 以独立章节的形式进行讲解。教师们在讲台上, 往往将 XRD 的原理、操作步骤、图谱解析等内容详细阐述, 却甚少提及它与 SEM、TEM 等方法在实际研究中的关联。在讲解 SEM 时, 也只是聚焦于其自身的技术特点和应用实例, 忽略了与其他测试方法的互补性。这就导致学生在学习过程中, 如同在黑暗中摸索, 难以看清这些知识之间的内在联系, 仿佛置身于一个个孤岛之上, 无法搭建起连贯的知识桥梁。

学生们在这样的教学模式下, 虽然对各个测试方法的基本原理和操作有了一定了解, 但仅仅停留在表面, 未能

真正理解这些方法之间的互补性和关联性。他们不明白,在面对一个复杂的材料科学问题时,如何巧妙地运用不同的测试方法,像拼图一样,将各个零散的信息拼凑完整,从而得出全面、准确的结论。这种知识的碎片化,使得学生在实际操作和分析问题时,显得力不从心。当需要他们针对具体的材料问题选择合适的表征手段,并将多种方法有机组合时,就如同面对一团乱麻,无从下手,难以形成一个完整、系统的分析方案。

2 教学改革实施方案

2.1 知识框架重构

2.1.1 知识结构的代际整合

将传统材料测试方法知识,如 XRD、SEM、TEM 等设备原理、结构及分析方法进行系统梳理,同时融入最新的材料测试知识及分析方法,例如:在 XRD 技术中增加摇摆曲线测试、极图、小角 X 射线散射、X 射线反射(XRR)、原位/实时 XRD 等,可以让学生们掌握 XRD 技术不仅仅可以确定材料的物相成分,还可以对材料晶粒尺寸与微观应变分析、织构(择优取向)分析、宏观应力测量等。在扫描电子显微镜(SEM)技术中引入电子背散射衍射(EBSD)分析模块,并配合 Channel 5 或 Aztec 等专业 EBSD 数据处理软件的系统性学习,将有效提升学生对材料微观结构与晶体学特征的全面掌握能力。训练将使学生具备晶体学数据解析、织构分析等核心能力;在理论认知层面,这种技术组合能帮助学生建立微观组织-工艺性能的关联认知。在 TEM 中增加原位 TEM 技术的介绍,增加前沿 TEM 最新技术,了解会聚束电子衍射(CBED),纳米束电子衍射(NBED),高分辨透射电镜(HRTEM)和暗场电子全息(DFEH)等。

培养学生对 Digital Micrograph 软件的学习,让学生们可以利用软件对透射样品进行分析,包括衍射花样的标定、第二相的确定、分析材料内部的缺陷,如位错、层错、晶界、相界、孪晶等,让学生形成完整的知识体系。

2.1.2 强化知识的应用导向

在《材料测试方法》课程中,全面引入“案例驱动式教学”,以真实、典型的材料分析案例为主线,系统讲解各类测试方法的原理、流程与结果解析。例如:将与企业真实的合作课题研究内容、往届毕业设计论文、相关国内外文献引入课堂,通过还原实际科研与工程场景中的材料失效分析、性能评估、结构表征等过程,引导学生深入理解测试手段的选择依据、实验设计思路与数据分析逻辑,从而强化理论联系实际的能力,培养解决复杂材料问题的

综合素养。

2.2 一体化实践教学解决方案

2.2.1 基础实际技能巩固

增加学生们对每台设备的实际操作过程,例如,在讲解 XRD 测试过程中,让学生们亲自测试样本的 XRD 曲线,并采用 Jade 软件进行分析。从样品制备、设备的开机、测试、数据导出、软件分析,Origin 画图整个流程。每个环节都由学生们自己完成。对学生们的整个环节进行评价。

2.2.2 实践能力赋能计划

通过项目式实践教学模式,以分组协作的方式,引导学生完成一个完整的材料分析项目。提高实践环节的分数,弱化期末考试分数占比。为学生提供真实案例,学生将综合运用所学的测试与表征方法,解决贴近实际的工程问题。项目将为学生提供来自实际场景的完整样品及相关测试数据。各小组需围绕所分配的案例,开展系统的材料分析工作,包括数据整理、结果分析与机理推断等环节。最终,学生需通过团队协作完成案例分析报告,并准备答辩 PPT,进行集中展示与汇报。让学生们将做学的材料测试方法知识紧密联系起来,培养利用所学知识解决实际问题的能力。

在项目过程中,学生需要深入剖析导致材料失效的关键因素,并基于分析结果提出具有可行性的改进方案或预防措施。该训练不仅能够锻炼学生的实验数据处理能力和综合分析能力,也将提升其团队协作与专业表达能力,从而全面强化工程实践素养与创新解决实际问题的能力。

建立企业实习基地:让学生暑期或毕业前去第三方检测公司、材料企业的研发部门实习。固定邀请企业专家承担部分前沿讲座或实践指导课程。依托校内新建的虚拟仿真中心对大型测试仪器设备开展模拟教学^[4],创新实验课程的教学模式与方法,推动虚拟实验与实体教学的深度融合,破解传统实验课程内容空洞枯燥、实操训练欠缺的痛点,助力学生工程实践能力的有效提升。

2.3 融汇前沿动态,拓展学生视野

为精准对接行业发展需求、提升人才培养质量,本课程构建“前沿引领+课程融合+实践赋能”的立体化培养体系^[5]。一方面,定期邀请材料测试领域的资深行业专家、高校学者与科研骨干走进校园,举办系列前沿技术讲座。讲座将聚焦国内外材料测试技术的最新突破、行业应用趋势及核心实践案例,内容涵盖先进表征技术、智能化测试设备操作、数据精准分析等关键领域,为学生搭建与

行业前沿直接对话的桥梁。另一方面,持续推进课程内容迭代升级,打破教材知识滞后于行业发展的壁垒。将讲座中涉及的最新材料测试方法、行业标准规范及创新应用场景,系统融入课堂教学与实践课程,通过理论精讲、案例剖析、模拟操作、校企联合实训等多元教学形式,让学生在掌握扎实专业基础的同时,熟练运用前沿测试技术解决实际问题。

这一举措将有效打通“理论学习—前沿认知—实践应用”的闭环,帮助学生实时追踪行业发展动态,夯实前沿知识储备,锤炼核心实践技能,成长为符合行业需求的高素质应用型人才,为未来职业发展筑牢根基。

3 结语

在工程认证的大背景下,《材料测试方法》课程通过一系列改革举措,取得了显著成效。课程积极融合混合式、案例式、项目式、校企合作及利用模拟仿真平台等多元教学模式,系统提升了学生的综合能力与素养。混合式教学有效增强了学生自主学习与信息整合能力;案例式教学锻炼了学生分析复杂问题与解决实际工程难题的能力;项目式教学则通过贯穿课程的设计任务,全面培养了学生的工程实践能力、校企合作模式切实拓宽了学生的行业视野,强化了其职业素养与岗位适应能力。这些教学方法的综合

运用,不仅深化了学生对材料测试理论知识的理解,更有力促进了其工程应用能力与创新思维的全面发展,为培养符合工程教育认证标准的高素质工程技术人才奠定了坚实基础。

参考文献:

- [1] 李玮,王炫力.材料分析测试技术课程教学方法的改革探索[J],中国现代教育装备,433(2024):148-154.
- [2] 宋飞,张海梅,刘欢等.材料分析与测试技术课程串联式教学改革与实践[J].河南化工,2024(41):62-64.
- [3] 霍红英.基于工程认证模式下课程改革探索实践——以《材料分析测试技术》课程为例[J].2024(45):157-158.
- [4] 张博文,张赛赛,张文艳等.“新工科”背景下“材料分析测试技术”课程虚拟仿真实验教学改革探索[J].化工时刊,2025(39):67-68.
- [5] 宋飞,成娟娟,彭美勋等.《材料分析与测试技术》课程立体化教学改革与实践[J].广州化工,2022(50):207-209.

作者简介:赵兴明(1991-),男,中国辽宁锦州人,博士,副教授,研究方向:从事新工科背景下材料科学创新与实践研究。