

新工科背景下 XRD 实践教学改革与探索

王 彬 牛红伟 周文麟 修文华 王 欣

江苏理工学院 分析测试中心 江苏 常州 213000

【摘 要】：基于新工科建设背景，对 XRD 实践教学存在的问题进行分析，提出“一中心三维度”改革框架，探索以大型仪器共享平台为中心，通过管理机制创新、教学模式重构和项目式实践三个维度协同推进实践教学改革，旨在提升学生的工程实践能力和创新素养，为同类院校 XRD 实践教学改革提供参考。

【关键词】：实践教学；X 射线衍射仪；新工科

DOI:10.12417/2705-1358.26.13.060

引言

为主动应对新一轮科技革命与产业变革，支撑创新驱动发展、《中国制造 2025》等一系列国家战略发展的需求，2017 年以来，教育部积极推进新工科建设。新工科是指为适应新技术、新产业和新经济发展需求而进行的工科专业改革和创新。它涵盖了人工智能、大数据、物联网、机器人、智能制造、现代生物技术等领域的交叉学科。新工科强调跨学科的整合，注重培养工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型人才，引领未来技术与产业的发展^[1-5]。

X 射线衍射技术是利用 X 射线在晶体中发生的衍射现象进行物质结构分析的方法，而 X 射线衍射仪（XRD）是实现 X 射线衍射技术的核心设备，广泛应用于材料科学、物理、化学、生物学、冶金、环境、地质、医学等多学科领域。随着新兴产业的发展，XRD 的应用范围也已从传统的材料科学扩展到半导体、生物医药、新能源等多个新兴领域，天然具备跨学科教学属性。其次，现代 X 射线衍射技术融合了数字化分析技能，如使用 Jade 软件进行物相定量分析、采用 Rietveld 全谱拟合方法解析晶体结构等，这些正是新工科强调的“计算+实验”复合能力培养的重要内容。因此，X 射线衍射技术在新工科领域具有独特的教学价值。以 XRD 为突破口推进大型仪器实践教学改革，既能解决当前实践教学的痛点，又能有效支撑新工科人才培养目标的实现。

新工科建设强调“交叉融合、项目驱动、创新能力”，为 XRD 教学改革提供了方向。本文以 X 射线衍射仪实践教学为研究对象，探索通过管理机制创新、课程体系重构、项目式实践等路径，建立可推广的大型仪器实践教学新模式。

1 XRD 实践教学存在的问题

当前高校 X 射线衍射仪（XRD）实践教学仍普遍沿袭传统

实验教学模式，在教学方法、内容设计和评价体系等方面存在明显的局限性，难以适应新工科背景下创新型人才培养的需求。

X 射线衍射仪（XRD）属于大型贵重设备仪器，高校中 X 射线衍射仪的数量相当有限，且需要承担大量的科研测试任务。同时，XRD 工作时需要高电压，测试过程产生 X 射线需要采取一定的防辐射措施等特点，对 XRD 实验教学产生了限制。在传统的 X 射线衍射仪实践教学环节中多是采用以参观介绍、演示+模仿式为主的教学方法。这种“教师演示+学生模仿”的教学方法，缺乏学生自主探究、分析异常数据的环节，很容易将一节实践课变成教师的单向知识灌输，学生最多也只是对设备的结构、原理及操作方法加深一下直观认识，制约了学生科学思维及动手能力的培养^[6]。

在教学内容方面，XRD 实验课程内容陈旧、不能与时俱进、忽视学生的专业性和不同实验技术的贯通性等问题。目前 XRD 实验课程面向材料科学、化学、物理及机械等多个专业的学生开设，而不同专业的学生对 X 射线衍射的应用需求不同，但又相互渗透。例如材料科学或化学专业的学生更关注 X 射线衍射仪在物质的微观结构、物相分析等方面的应用，而物理或机械专业的学生更加关注 X 射线衍射仪在测定材料中的宏观应力或微观应力的应用。同时随着时代的发展，XRD 的应用领域也是在不断发展变化。目前 XRD 教学内容呈现明显的碎片化特征，各专业仅关注与本学科直接相关的部分技术，而忽视了 XRD 技术的整体性和系统性。这会导致学生难以全面掌握 XRD 技术的各种应用场景，限制了其解决复杂工程问题的能力，难以满足新兴产业对复合型人才的需求，如半导体行业既需要理解 XRD 应力分析原理，又需要掌握器件工艺知识的交叉型人才。

作者简介：王彬（1991—），女，河北邯郸人，助理实验师，硕士，主要从事大型仪器设备测试与管理、材料结构与性能研究。

基金项目：江苏理工学院教学改革与研究项目（11613612501）。

同时, XRD 实验内容多以验证性实验为主, 而涉及复杂工程问题的综合性实验占比不足。具体表现为物相鉴定等基础性实验占比过高, 物相定量分析等综合性实验较少, 而原位变温测试等创新性实验严重不足^[7]。这种教学内容安排与 XRD 技术在新兴及交叉学科等领域的快速发展严重脱节, 制约了学生解决复杂工程问题及创新能力的培养。

当前 X 射线衍射仪 (XRD) 教学评价体系普遍存在评价维度单一、评价方法静态化等问题, 难以有效支撑新工科人才培养目标的实现。目前实验课程大多仍以实验报告作为主要评价维度, 缺乏创新型指标和跨学科应用能力的考核评价; 考核也多采用终结性评价, 缺少过程性评价内容, 更是缺乏对工程思维形成过程的跟踪评估。新工科建设需要培养学生运用先进技术工具解决复杂工程问题的能力, 而现有 XRD 教学显然难以满足这一要求。需要设置科学有效的实践教学评价体系, 将抽象能力目标转化为具体可测的指标, 为教学改进提供导向。

2 新工科背景下 XRD 实践教学的改革探索

基于新工科人才培养需求, 本研究构建了“一中心三维度”的 XRD 实践教学改革框架。该体系以“大型仪器共享平台”为中心枢纽, 通过“管理机制-教学模式-项目实践”三个维度的协同创新, 实现教学资源的优化配置。在管理维度, 建立智能化的预约开放系统, 打破传统院系壁垒; 在课程教学维度, 坚持以学生为中心的教学理念, 设计层次化的实验教学模块, 建立多维度评价体系, 满足不同专业学生的个性化需求; 在项目维度, 打造产学研融合的实践平台, 培养学生解决实际工程问题的能力。三个维度相互支撑, 形成“平台支撑课程、课程服务项目、项目反哺平台”的良性循环。

2.1 设备共享管理机制创新

为提高大型仪器使用效率, 打破学科壁垒, 高校可搭建大型仪器共享平台。大型仪器共享平台集成“在线预约-权限审核-使用记录-数据存储”等功能模块, 实现全流程数字化管理, 集约化管理高校内昂贵或专用设备科研仪器资源, 可实现跨学院、跨学科的高效共享, 避免重复购置和资源浪费。同时, 高校应建立跨学科的实验技术团队, 整合不同专业的师资力量, 专职服务大型仪器的教学和开放共享。其中, 建立集材料、化学、环境等学科背景的 XRD 实验技术团队, 为发挥 XRD 技术在多学科交叉创新中的重要作用提供师资保障。

2.2 教学模式创新

2.2.1 建立以学生为中心的创新型教学方法

在新工科背景下, 实践教学不再仅仅是传统的操作演示, 而要注重提升学生的创新思维和综合能力。实验过程中始终坚持以学生为中心的教学理念, 帮助和引导学生成为实验的主

人, 激发学生的学习热情和动力。实验过程不再是简单的操作和演示, 要让学生参与其中, 就要引导学生做好足够的前期基础知识检索和整理, 让学生带着问题来开展实验, 并在实验中解决问题。同时, 丰富实验内容、开展研究型实验教学, 将实验过程的参数检测与调控和实验结果结合起来, 克服传统实践教学教师示范教学演示、学生机械化模仿的缺陷, 通过多重实验手段和现代化的信息科学技术, 激励同学们利用所学知识, 探索先进的技术之谜。

2.2.2 跨学科课程开发

基于产业需求分析, 重构 XRD 实验课程体系。在基础层面, 面向所有工科专业开设“XRD 原理与操作”通识培训课。聚焦核心技能培养, 包含两大模块: 一是晶体学理论基础, 采用“线上微课+线下研讨”的混合式教学, 重点讲解布拉格方程、衍射图谱识别等关键知识; 二是标准样品测试实践, 学生分组完成硅标样的测试全流程, 包括样品制备、参数设置、数据采集等基础操作。通过本阶段训练, 确保学生掌握 XRD 基本操作规范。在专业层面, 针对不同学科开发特色实验项目, 如材料学科的“纳米材料物相定量分析”、环境学科“大气颗粒物的物相溯源分析”等; 强调问题解决能力, 设置两类挑战性任务: 一是未知物相鉴定, 提供 3-5 种混合样品, 要求学生通过 PDF 卡片比对、峰位分析等方法确定物相组成; 二是误差分析训练, 引导学生识别并修正样品制备不均、仪器参数不当等引起的测试误差。本阶段采用“翻转课堂”模式, 学生需在课前完成文献调研, 课堂上进行方案汇报和分组讨论。在前沿层面, 设置“原位 XRD 测试技术”等创新实验。培养工程创新能力, 主要形式包括: 一是原位 XRD 实验设计, 学生自主设计加热、拉伸等外场条件下的原位测试方案; 二是联用技术开发, 如结合 XRD 与拉曼光谱研究材料相变过程; 三是实际工程问题求解, 如针对企业提供的失效样品进行结构分析。

2.2.3 评价机制改革

基于新工科人才培养的要求, 摒弃传统以实验报告内容为主的单一考核方式, 构建多维度考评体系, 关注学生实践学习过程中的主动性、数据分析能力、跨学科应用及创新思维等多个方面。通过考查学生实验操作技能、实验设计、实验过程表现、数据分析及实验报告 5 部分的内容综合评定学生成绩, 突出学生在实验过程中的创新思维、实践能力、跨学科应用及问题解决能力, 推动学生在实践课程中的综合能力提升。与传统模式相比, 这种结构化调整体现了从单一技能考核向多元能力评估的转变。改革方案大幅降低了操作规范性的权重, 转而强化了过程性评价、数据分析和跨学科应用能力的考核。

2.3 项目式实践

推行“XRD+”项目式实践学习, 鼓励不同专业的学生组

建团队,积极参与各类创新创业项目、大学生创新大赛、挑战杯等科研比赛,充分激发学生的创新潜能,将实践教学与这些项目相结合,让学生在参与项目的过程中发挥主观能动性,提高学生的跨学科解决问题的能力 and 创新能力。也可通过系统梳理教师承担的纵向课题和横向项目,提炼出适合学生参与的XRD研究内容,让学生接触真实科研问题。通过项目式实践,学生不仅掌握仪器操作技能,更培养了团队协作和工程思维能力。

3 结语

在新工科建设背景下,本文对X射线衍射仪(XRD)实践教学存在的问题进行分析,提出了“一中心三维度”改革框架,旨在提升学生的工程实践能力和创新素养。未来,XRD实践教学改革应进一步深化学科融合,引入工业界前沿技术,与时俱进,培养更具竞争力的复合型工程人才。本研究为高校大型仪器实践教学改革提供了可借鉴的范式,对新工科背景下的工程教育创新具有重要参考价值。

参考文献:

- [1] 林健.面向未来的中国新工科建设[J].清华大学教育研究,2017,38(3):26-35.
- [2] 徐立辉,王孙禺.跨学科合作的工科人才培养新模式——工程教育的探索性多案例研究[J].清华大学教育研究,2020,41(5):107-117.
- [3] 周静,刘全菊,张青,等.新工科背景下实践教学模式的改革与构建[J].实验技术与管理,2018,35(3):165-168.
- [4] 孙晓磊,刘文贵,张焕生,等.新工科背景下实践教学模式的探究[J].创新创业理论与实践,2022,5(10):156-158.
- [5] 胡攀,朱艳超,祁亚军,等.新工科背景下材料科学与工程本科创新应用型实践教学体系优化探索[J].创新创业理论与实践,2024,7(12):18-21.
- [6] 宋金玲,蔡颖,张利文,等.《材料分析与测试技术》课程教学的思考[J].教育教学论坛,2012(39):131-132.
- [7] 张晓萍,罗霞,宋滨娜,等.关于材料分析课程中XRD的实验教学思考[J].教育教学论坛,2016(49):260-261.