



依托公共技术平台的“三位一体”实践教学 模式研究

张爱敏, 高学平, 王桂龙

(山东大学材料科学与工程学院, 济南 250061)

摘要: 实践教学是培养多元化创新型人才的重要途径, “分析测试方法”是理、工、农、医等多学科学生必须掌握的一门实践课程, 该课程开设过程中存在内容简单陈旧、脱离产业实际等问题。该文借助公共技术平台的自身优势, 提出了“教学-科研-产业化”三位一体实践教学模式和“两步法”教学过程。课程授课主体由专业老师转化为学校公共技术服务平台, 使课程的“实践”特征更明显。课程改革方案为培养多元化、创新型人才提供了重要途径和方法。

关键词: 实践教学; 公共技术平台; 三位一体; 综合实验

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20230235](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20230235)

Research on the “Trinity” Practical Teaching Mode Relying on the Public Technology Platform

ZHANG Aimin, GAO Xueping, WANG Guilong

(School of materials science & engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: Practical teaching is an important way to cultivate diversified and innovative talents. The analytical testing method is a practical course that students of science, engineering, agriculture, medicine and other disciplines must master. The problems existing in the course is pointed out, including outdated content and separation from industrial demand. With the help of the advantages of the public technology platform, a set of “teaching-research-industrialization” trinity practical teaching mode and “two-step method” teaching process is proposed. The teaching subject of the course is transformed from a professional teacher to a public technology service platform, which makes the “practice” feature of the course more obvious. The reform program provides an important way and method to cultivate diversified and innovative talents.

Key words: practical teaching; public technology platform; trinity practical teaching mode; comprehensive experiment

二十大报告指出“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”。习近平总书记强调, “我们比历史上任何时期都更加接近实现中华民族伟大复兴的宏伟目标, 也比历史上任何时期都更加渴求人才”。培养具有科学精神和创新能力的多元化创新人才已发展成为现阶段高等教育的首要责任和重要历史使命, 也是实现科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略的主要途径^[1-3]。

实践教学从基础理论出发, 将理论应用到具体场景中, 是一种培养学生动手能力、创新意识

和创新能力的行之有效的教育方法^[4-5]。实践教学是科学理论培养到实践应用培养的一个重要桥梁, 是提高人才创新能力的重要方式, 是培养多元化创新型人才的重要手段, 在本科人才培养体系中具有举足轻重的作用^[6-7]。

“分析测试方法”是一门融合了材料、物理、化学等多学科交叉的课程, 以分析材料结构、形貌、成分及性能为目标, 是理、工、农、医等多学科学生必须掌握的一门实践科学^[8-9]。分析测试技术是开展科研工作的基本工具, 是产业领域实现技术突破的重要利器, 是经济社会发展

收稿日期: 2023-04-27

基金项目: 山东大学教育教学改革研究项目(2022Y102); 山东大学校级公共技术平台仪器设备能力提升项目(ts20220108)。

作者简介: 张爱敏, 博士, 高级实验师, 主要从事高分子材料加工成型、大型仪器设备分析表征方面的研究。

E-mail: zhangam@sdu.edu.cn。

必不可少的推动剂。近年来,其重要性和必要性逐步被教育工作者重视^[10]。目前“分析测试方法”一般是由各专业老师讲授,辅以实验室参观完成该课程,不能很好地培养锻炼学生的创新实践能力。山东大学依托本校先进材料测试与制造平台的大型仪器设备资源和专业化的实验技术队伍,开展了“教学-科研-产业化”三位一体的实践教学模式,有力提高了学生的开拓创新能力和动手实践能力。

1 课程改革的必要性

“分析测试方法”以扫描电镜、透射电镜、

X射线衍射仪等各类大型仪器设备的原理和功能为理论基础,以各类材料的结构、成分、形貌及性能的分析表征方法为基本实践内容,旨在提高学生开展科学实验的能力,增强学生解决具体生产问题和研发问题的能力。目前该课程的设置主要包括两部分,其一为理论教学环节,主要包括材料分析表征方法的基础理论,一般由专业课老师负责讲授;其二为实践环节,主要是对理论部分的补充,一般由专业课老师带领学生到指定实验室参观各类仪器设备。实践课程课时少,内容简单,主要内容设置如表1所示,其问题主要表现为以下2个方面。

表1 改革前“分析测试方法”实践课程内容

编号	课程	实践内容	学时
①	扫描电镜分析	掌握扫描电镜的样品制备方法,了解扫描电镜的基本结构,熟悉扫描电镜二次电子图像及能谱成分分析方法	1
②	透射电镜分析	掌握透射电镜的样品特点,了解透射电镜的原理结构,熟悉透射电镜样品图像获取方法	1
③	X射线衍射分析	掌握X射线衍射仪的基本原理结构,了解X射线衍射仪实验的样品制备方法	1

1) 实践部分以设备的简单操作流程为主要内容,样品以常见简单样品为主要示例,与实际科研工作中所面临的复杂测试场景相去甚远。经过课程的学习后,学生仍然不能开展科研工作中的分析测试实验,对当前科学前沿面临的分析测试需求缺乏了解,对先进分析测试技术知之甚少,不利于学生创新能力的培养。

2) 实践课程内容完全脱离产业实际,教学内容不能紧扣当前产业领域需求,经过课程的学习后,学生对实际工程应用中出现的生产实际问题、产品失效问题、新产品研发问题仍然缺乏直观感性认识,课程不利于学生工程应用能力和综合运用能力的培养^[11]。

近年来,高校公共技术平台(分析测试中心)在国家财政的大力支持下迅速发展壮大,以球差电镜、冷冻电镜、真空互联系统等为代表的各类高精尖大型仪器设备纷纷落地公共技术平台,各平台的资产规模快速增长^[12]。同时,各平台的实验技术水平也获得了长足的发展,平台在人才引进和人才培育方面同步发力,人才队伍建设更加科学性、专业化。平台作为大型精密仪器设备的集中营,承担着高校科研工作中绝大多数的分析检测工作,能够紧跟科学研究的前沿,把握科学研究的脉搏,推动高水平科研成果的产出,是与科学研究关系最为紧密的实验工作。同时,在国

务院及教育部的要求下,重大科研基础设施以及高校大型科研仪器已开始全面向社会开放^[13-14],公共技术平台逐步成为高校与产业发展联系最为紧密的一环,对接产业领域广泛,解决产业难题种类繁多,可提供不同领域、多样化的产业实际问题作为实践课素材,真正落实“实践课”的“实践”意义。

因此,高校公共技术平台能够紧跟科学前沿,紧扣产业领域发展需求,具备开展“教学-科研-产业化”三位一体实践教学的硬件及软件条件,在开展科研支撑服务及社会服务的同时,应责无旁贷将自身优势案例资源注入本科生的实践教学,为提高学生创新能力和实践动手能力、创建高质量培养模式贡献力量^[15]。

2 “三位一体”实践教学模式改革方案

针对目前课程存在的实践课时少、内容简单陈旧、脱离产业实际等一系列问题,山东大学依托学校先进材料测试与制造平台,将“分析测试方法”这门课程单独建课,增加实践课程课时,重新构建课程内容和课程形式,改革后实践课程内容如表2所示。课程涉及的设备从之前简单的扫描电镜、透射电镜、X射线衍射仪扩展为多功能原位扫描电镜、高分辨透射电镜、多功能原位X射线衍射仪、热重-质谱-红外联用

分析系统、纳米红外-原子力显微镜联用系统等复杂先进的设备系统。课程目标从改革前的“了解基本实验流程”转变为改革后的“理解先进分析表征方法”, 课程内容从浏览观摩转变为动手实操。

表2 改革后“分析测试方法”实践课程内容

编号	课程	课程目标内容	学时
①	多功能原位扫描电镜分析方法	掌握扫描电镜的样品制备方法, 熟悉扫描电镜的不同探测器的信号特点及使用场景, 掌握大窗口能谱仪及电子背散射衍射的应用场景	3
②	透射电镜制样方法	掌握透射电镜粉末样品制备方法, 掌握离子减薄、超薄切片及冷冻切片制样方法	1
③	高分辨透射电镜分析方法	掌握透射电镜的原理结构, 了解电子能损谱的应用, 理解透射电镜图像不同衬度的意义和电子衍射分析方法	2
④	多功能原位X射线衍射分析	掌握X射线衍射仪的基本原理结构, 了解X射线衍射仪实验的样品制备方法, 了解原位电化学、原位高温XRD分析方法	3
⑤	热重-质谱-红外联用分析	掌握热重-质谱-红外联用系统的结构组成、工作原理及样品制备方法, 熟悉热重、红外光谱及质谱数据分析方法	3
⑥	纳米红外-原子力显微镜分析	了解光热诱导原子力显微镜的原理, 掌握纳米红外-原子力系统的样品制备方法 & 数据分析方法	3
⑦	力学性能测试	掌握材料宏观拉伸、压缩性能、硬度等的测试方法, 掌握纳米力学系统数据解析方法	3
⑧	材料综合分析检测方法	结合多种不同的分析测试方法完成综合案例分析, 掌握多种分析测试方法的协同使用方法	3

针对目前观摩性课堂形式不利于培养学生创新能力的问题, 课程改革后采用两步法教学, 改革模式如图1所示。第1步为分项学习, 由学生逐项开展改革后的实验内容, 完成单个具体的实验任务目标, 对各个设备的基本功能及基本使用方法建立初步认识; 第2步为综合练习, 学生分

组选择已经设置好的综合实验项目, 每一个实验项目需要由多种分析表征方法协同完成, 每个小组独立思考, 选择合适的分析表征方法, 完成综合实验项目, 最后得出具体的实验结论, 撰写综合实验项目报告。

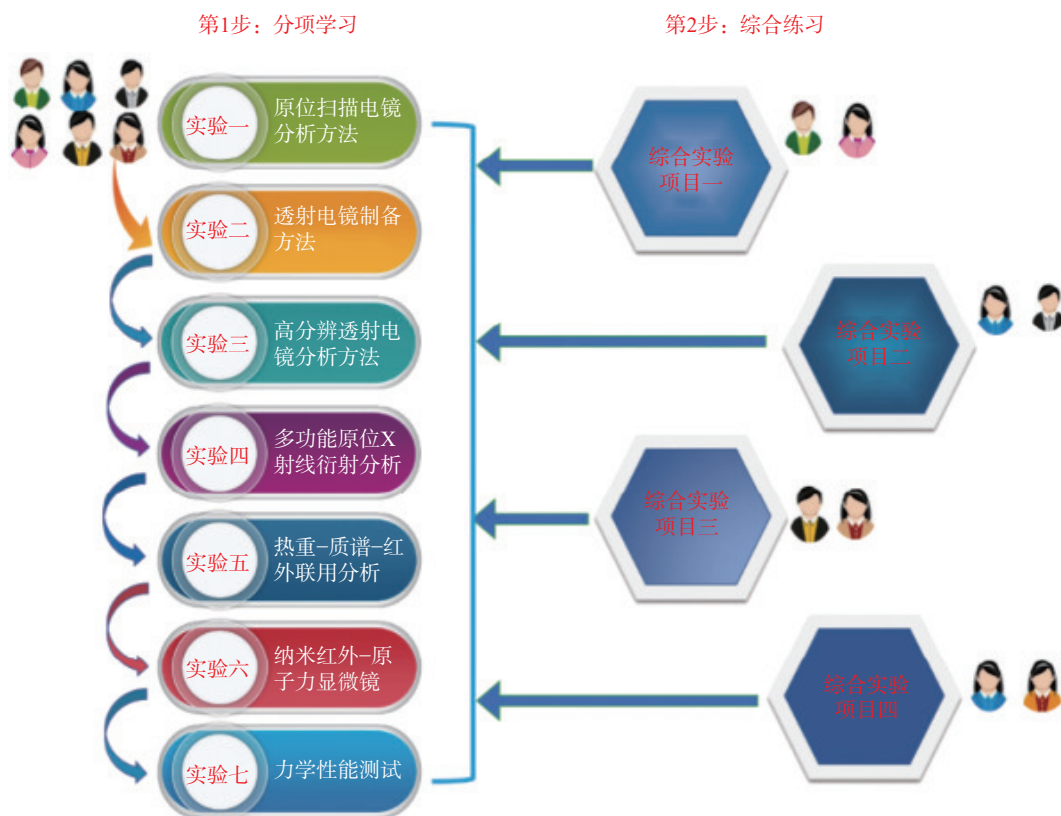


图1 课程改革模式示意图

3 “三位一体”实践教学课程内容建设

3.1 追踪科学前沿，构建高水平分项实验课程

随着分析测试技术的长足发展，分析测试方法已经从一门技术逐步发展成为一门科学，各种原位分析表征技术、多系统联用技术、自研专用设备正在悄然改变分析测试领域的格局，分析测试方法日新月异的变化正推动着科学研究迈向更高更远、更微更小的领域。科学领域的重大成果突破以及重大理论创新无一没有先进分析测试方法的助力，先进的分析测试技术已成为科学研究的冲锋枪。

高校的公共技术平台拥有学校最先进的分析

测试设备和最专业的分析测试技术人员，平台承担了大量先进的、复杂的分析测试实验，这些案例可发展成为实践课程分项学习实验素材，让学生在实践课程中近距离接触最先进的科学实验，使实践课程在锻炼学生动手能力的同时，还可以对学生进行最初的科学启蒙。以扫描电镜的实践课程为例，传统扫描电镜的实践课程以扫描电镜的结构和二次电子成像为主，内容单一。而近年来扫描电镜向多通道多信号以及原位表征方向迅速发展，山东大学先进材料测试与制造平台以最新引进的多功能原位扫描电镜为例，构建了“多通道、多信号、多附件”的扫描电镜原位分析测试方法课程，其内容框架如图 2 所示。

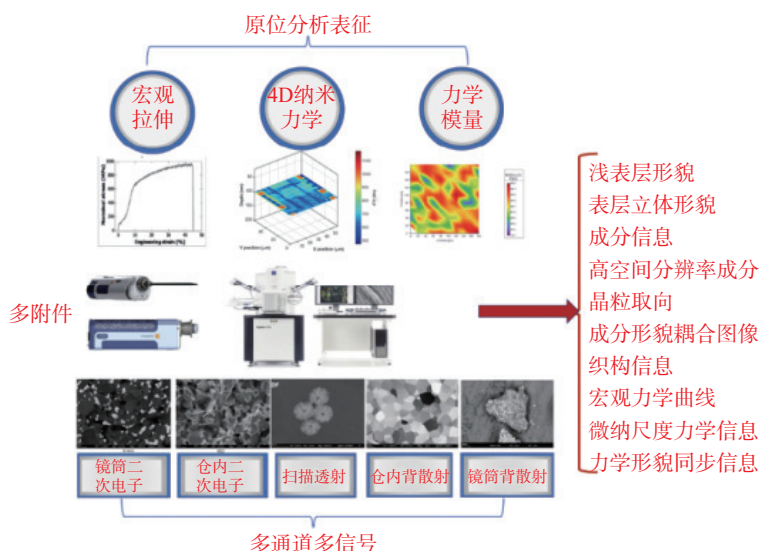


图 2 扫描电镜实践课内容框架

课程改革中，打破原有的简单样品观摩方式，利用科研服务中收集到的实验案例，构建先进测试方法实验案例素材库，并对素材库按照专业方向分类整合，挑选重复性高、具有基础共性的实验案例作为低阶实践课程案例，同时挑选先进的、难度高的实验案例作为高阶版实践课程案例。按照分级分类的方式对实践课程设置由低到高、由简到难、逐层递进的课程体系。同时，素材库会根据每年的实验案例对素材库进行更新，保证课程内容不断推陈出新。

3.2 融合产业实际，打造工程应用综合实验项目

分析测试是产业领域解决生产问题、分析失效问题、推动升级换代的重要技术抓手。目前，小微企业以及规模以上企业都在积极筹建自己的

分析测试中心，但由于自身产品范围及资金的限制，其分析测试设备建设规模及范围有限，同时缺乏科学专业的分析测试技术队伍。因此，在产业领域高速迭代发展的当下，高校公共技术平台对企业发展具有强大的补充和助力作用，这也促使企业与高校公共技术平台的合作越来越密切，以山东大学先进材料测试与制造平台为例，近 1 年来平台与企业联合解决的实际生产问题达数十件，与企业合作开展技术课题数余项。

平台与地方企业联合解决的实际问题可以抽取出来作为实践教学课程内的综合实验项目。这些实际案例按照产业领域方向划分为不同类别，根据学生所属的专业方向对口进行相关产业领域的教学。每一个实际案例一般都需要一套系统的

检测才能解决最终问题,这套系统检测里往往会包含材料形貌、成分及性能的代表方法。因此,在一个实际案例里,学生可以系统地掌握多个分析测试方法和相关大型仪器设备的使用。课程的一个实验项目——齿轮失效分析表征案例如图3所示。要分析齿轮的失效原因,需要掌握光学显微镜、直读光谱仪、扫描电镜、万能试验机、硬度仪、纳米力学系统等多种仪器设备,需对多种分析测试方法深入了解后才能综合分析齿轮的失效原因,在这一个案例中就包含了多种分析表征方法及数据的解析方法。课程改革后,实践教学过程中既完成了单一分析测试方法的基础学习,又融合了多种分析测试方法的协同使用,同时可以很好地培养学生分析问题、解决问题的能力。

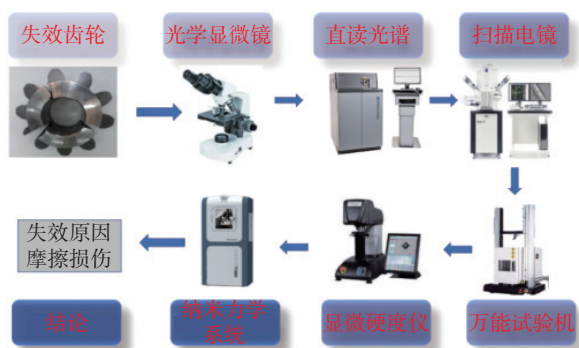


图3 失效齿轮的分析表征案例

4 结束语

“教学-科研-产业化”三位一体实践教学模式依托山东大学先进材料测试与制造平台实施,利用平台近年来在《Nature Communication》《Advanced Materials》《Energy & Environmental Science》《ACS Nano》等系列期刊上完成的分析测试案例,以及平台与山东省内外多家机械装备、化学化工、新材料等企业合作完成的分析测试案例为素材库,整合了一大批先进的、优秀的、系统的分析测试实验方案作为“分析测试方法”实践课的基本内容,构建了融合先进测试案例的分项实验内容,同时建设了具有工程应用背景的综合实验项目。课程利用周末的时间集中开展综合实验项目,便于学生集中开展相关多台套设备的综合实验,同时利用设备在周末的闲置时间,降低了设备的闲置率。

课程授课主体由专业老师转化为学校公共技术服务平台,使课程的“实践”特征更明显。课

程内容的更新拓宽了学生的专业眼界,激发了学生的学习热情,培养了学生的创新思维和科研素养。课程改革后,首先受益的100余名本科生的基础实验能力、创新科研能力及综合应用能力方面得到显著提升。在课程满意度回访中,课程的满意度远远超过改革前的课程满意度。课程改革方案为培养多元化、创新型人才提供了重要途径和方法。

参考文献

- [1] 杨学山,祝霞,梁琪,等.新时代高等学校创新型人才培养模式构建的思考与对策[J].通化师范学院学报,2022,43(8):88-93.
- [2] 于振邦,谭春波.新时代基于“三领三融”的高素质创新人才培养机制构建路径研究[J].现代商贸工业,2024,45(21):120-122.
- [3] 王家宏,郭昌梓,王森裴,等.“双碳”背景下行业特色环境工程专业人才培养[J].中国冶金教育,2024(5):26-28.
- [4] 杨柳青,张莉英,黄尊月,等.新工科建设下应用型大学焊接专业实践教学改革[J].新工科研究,2022,51(9):139-142.
- [5] 郑超,李跃堂,赵新海,等.新工科背景下“材料成型工程设计与实践”课程建设[J].实验技术与管理,2020,37(8):172-177.
- [6] 耿玉,张东平,时焕岗.应用型本科院校专业实践教学体系探索与实践[J].实验室研究与探索,2021,40(8):216-220.
- [7] 许亚敏,顾力强,曹玮.工程热力学实践教学改革与探索[J].实验室研究与探索,2021,40(10):232-235.
- [8] 冯文彬,张敦谱,张辉.材料分析测试方法课程模块化教学改革探索[J].广东化工,2022,49(17):217-218.
- [9] 袁泽明,翟亭亭,许嘉,等.材料分析测试方法课程的教学实践[J].集成电路应用,2021,38(5):112-113.
- [10] 姚青倩,卢媛,陈翠红,等.新工科背景下利用大型仪器平台的实验教学实践[J].实验室研究与探索,2022,41(5):226-229.
- [11] 张安富,张世英,杨文婷.对接产业链培养应用创新型人才[J].高等工程教育研究,2022(5):87-92.
- [12] 单晨啸,崔小兵,于生,等.分析测试中心服务于高校教育和科研的展望[J].广东化工,2021,48(2):260-261.
- [13] 李力,王丹,王清华,等.航天基础性科研设备设施开放共享模式研究[J].航天工业管理,2024(8):27-30.
- [14] 司军辉,吴峻平,姜哲.“产学研”融合背景下大型科学仪器设备开放与共享研究[J].产业创新研究,2024(11):178-180.
- [15] 何宇.全国地方分析测试中心在教学科研中作用的探究[J].中国现代教育装备,2021(361):30-32.