

工程认证背景下金属材料工程专业综合实验 “项目式”教学改革与实践

白伟民, 胡松松, 胡静娴, 王鑫铭, 刘 艳

湘潭大学材料科学与工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2025年2月3日; 录用日期: 2025年3月4日; 发布日期: 2025年3月13日

摘 要

为契合工程教育认证的“产出导向教育(OBE)”理念, 本文以湘潭大学金属材料工程专业综合实验课程为依托, 构建“项目式”教学改革模式。通过整合企业真实案例与科研课题, 重构实验内容为“问题分析-方案设计-实验验证-成果输出”全流程任务, 创新“双主体驱动”教学管理模式, 并建立“过程性考核+成果质量+团队贡献+创新性”多维度评价体系。改革实践表明, 学生工程实践能力、创新思维及团队协作能力显著提升, 实验课程与工程认证标准的契合度增强, 学生综合成绩优良率及自主实验时长显著增加。

关键词

工程认证, 金属材料工程, 专业综合实验课程, “项目式”教学, OBE理念

Reform and Practice of “Project-Style” Teaching in Integrated Experiment Course of Metal Material Engineering Under the Background of Engineering Certification

Weimin Bai, Songsong Hu, Jingxian Hu, Xinming Wang, Yan Liu

School of Materials Science and Engineering, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Feb. 3rd, 2025; accepted: Mar. 4th, 2025; published: Mar. 13th, 2025

Abstract

In order to conform to the “Outcome-Based Education (OBE)” concept of engineering education

文章引用: 白伟民, 胡松松, 胡静娴, 王鑫铭, 刘艳. 工程认证背景下金属材料工程专业综合实验“项目式”教学改革与实践[J]. 教育进展, 2025, 15(3): 323-330. DOI: 10.12677/ae.2025.153405

certification, this paper builds a “project-type” teaching model based on the integrated experiment course of metal materials engineering major of Xiangtan University. By integrating real cases of enterprises and scientific research topics, the experiment content is reconstructed as the whole process task of “problem analysis - scheme design - experimental verification - result output”, the teaching management mode of “dual subject drive” is innovated, and the multi-dimensional evaluation system of “process assessment + result quality + team contribution + innovation” is established. The reform practice shows that students’ engineering practice ability, innovative thinking and teamwork ability have been significantly improved, the compatibility between experimental courses and engineering certification standards has been enhanced, and the overall excellent performance rate and independent experiment time of students have been significantly increased.

Keywords

Engineering Certification, Metal Materials Engineering, Integrated Experiment Course, “Project-Style” Teaching, Obe Concept

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工程教育和工程师资格国际多边互认的重要基础。2016年6月起我国正式成为《华盛顿协议》缔约国成员，现阶段工程教育认证体系在国内迅速发展，为促进工程教育改革、提升工程教育质量，全国各高校积极申报工程教育专业认证。工程教育专业认证标准中强调以学生为中心、以产出为导向、持续改进三大基本理念。专业认证通用标准明确规定了课程体系必须包括的工程实践部分(含毕业论文)至少占总学分的20%以上，表明了工程实践部分在本科教育中的重要性。

金属材料工程专业是应用性较强的专业，具有理论与实践相结合、与工业生产的开发应用紧密结合的特点，对学生工程实践能力、工程意识、综合素质等方面都有较高要求。湘潭大学金属材料工程专业在第七学期设置专业综合实验课程，目的是使学生在对本专业各课程理论学习和必要的实验技能训练的基础上，系统地运用所学专业知识和技能，综合处理实际工作中可能遇到的问题，提高学生综合应用所学知识和解决实际问题的能力；并且为学生开展毕业设计和金属材料方面有关工作奠定基础；同时可以拓展学生的知识面，培养与训练学生的创新意识，培养和提高学生思考问题、解决问题和独立工作的能力。由以上分析可知，金属材料工程专业综合实验课程作为一门专业主干实践课程，呼应了工程教育专业认证对学生运用基础知识解决复杂工程问题能力的要求，使学生达到问题分析、研究、使用现代工具以及项目管理的毕业要求。2021年湘潭大学金属工程专业通过了全国工程教育专业认证，有效期为六年。根据工程教育专业认证以“学生为中心”，以“产出为导向”的标准和对培养目标、毕业要求、持续改进、课程体系、师资队伍、支持条件等方面的要求，基于工程教育专业认证对金属材料工程专业综合实验教学进行改革与探索是一个非常切合实际且极具意义的课题。

目前很多高校已经认识到了专业综合实验的重要性，然而专业的落实性却远远不够。在教学设计、实施与评价过程中存在教学模式单一、基础验证性实验主导、学生被动接受知识、评价指标单一等问题，课程的开设使学生初步具备了基本专业实践的能力，但没有完全达到培养学生分析问题、解决问题的能力以及创新能力。如何改进实验教学，实现课程要求，培养金属材料工程本科生的基础技能、综合应用能力和创新能力，提高人才培养质量已迫在眉睫。针对以上问题，湘潭大学金属材料工程专业拟引入“项

目化”专业综合实验,重新设计应用性、综合性、开放性较强的实验内容,以“项目化”教学管理方式,即以科研项目的管理方式进行实验教学,实现专业综合实验课程的系统性、整体性、综合性、应用性和创新性的一体化教学,突出“以学生为中心”和“以项目为驱动”的先进理念,充分调动学生的积极性,体现学生的主体性,锻炼并提高学生的创新思维、动手能力及对专业的认识和理解能力。

2. 金属材料专业综合实验教学改革研究现状

国内高校各专业近年来十分重视专业综合实验教学体系的研究和建设,在更新教学理念、改革教学方法、创新教学模式、优化实验内容、提升教师教学能力等方面开展了一系列有益探索,对专业综合实验在人才培养中的积极作用达成了共识。然而在过去很长一段时间,许多高校包括本校金属材料工程专业对专业综合实验的设置都存在学生学习的目的不明确,学习积极性、主动性不高;教师的教学方式为“教师指导-查阅资料-实验-组织性能测试分析-实验报告”,以知识性输入为导向,忽略学生的主体地位,学生的参与度不够,实验效率低,效果差;学生的理论基础不同,动手能力参差不齐,缺乏相互之间的配合等缺陷,并没有考虑学生的学习效果和成果的产出[1]-[5]。

在工程教育专业认证的大背景下,要求从传统的教师“教”的理念向工程教育专业认证的理念(“产出导向教育”(Outcome Based Education, OBE)即以学生为中心、成果导向、持续改进)转变,致力于学生解决复杂工程能力的提升来体现工程教育专业认证的核心思想。随着工程教育专业认证理念的不断深入,各高校金属材料专业也都在进行教学方面的积极改革,特别是工程实验方面的改革,取得了一定的效果[6][7]。通过研究分析,研究者普遍认为目前金属材料工程专业综合实验课程的教学过程存在以下问题[1]-[9]:

(1) 实验教学内容偏离了实践创新能力的培养目标。目前,实验教学目标仍然以验证理论知识和掌握实验技能为主,而对表达能力、创新能力和协作能力没有明确的要求。以单一性和局部性为主,综合性和设计性不够,理论脱离实际,学生无兴趣,学生很难在更宽范围、更高层次上得到科研意识的培养和实践能力的提高,培养学生创新思维和创新能力的目的很难达到。

(2) 实验教学方法简单陈旧。学生基本上按照“预习-听讲-照方抓药-实验报告”固定化的程式完成实验。这种“以教师、教材和课堂为中心”的教学方法仅仅发挥了教师在教学过程中的权威和核心作用,忽视了学生的主体性和能动性,严重限制了学生独立思考的积极性和创造性,很难发展学生的独立思维和创新意识。

(3) 实验课程考核评价模式单一。评价不规范,重结果、轻过程,往往简单地以实验报告成绩评价学生实验能力,实验报告是课程成绩考核的主要指标。这种单一的考核标准无法真正评价学生的综合能力,不利于调动学生实验的积极性和主动性。实践能力培养的力度与效果远未到位。

(4) 实验教学团队建设与实验教学设备平台亟待加强。专业综合实验教学对实验指导教师提出了更高的要求。由于长期以来形成的实验指导教师是辅助教学人员的看法,使得教学过程中理论教学与实验教学过程脱节,无法实现全流程的有机结合。实验室仪器设备更多的是用于完成基本的教学任务和教师完成科研任务,整体对外开放程度不够。本科生除了能操作部分实验课程涉及的相关仪器设备外,几乎没有机会接触其它的实验仪器,设备闲置率较高,无法有效发挥它们辅助教学的功能。

针对以上问题,学者们从实验内容、教学方法、考核评价方法及教学团队与教学实验平台建设等方面进行了大量的改革实践探索,提出了许多值得借鉴的意见[6]-[11]。如:增加研究性实验,加强实验本身的工程应用背景,将实际工程问题与实验相结合,在课堂上引导学生分析问题,增加趣味性和实用性,增加实验综合性,综合培养学生的知识运用能力、分析和解决复杂问题能力以及项目管理能力;重构教学模式,积极实践工程教育专业认证理念,提高学生解决复杂工程问题的能力,将科研成果积极用于实

验教学,突出学生主体性,倡导学生对课题的自主选择 and 主动实践;优化考核方式,加重过程评价,丰富评价手段,从多个维度定量评价方式,实现对学生综合表现的科学评价等。

近年来,围绕工程教育专业认证的 OBE 理念,很多高校开始推行实施专业综合实验“项目式”教学改革。项目化教学模式是以项目为载体,以工作任务为驱动,将理论与实践有机结合,使学生在完成任务的过程中掌握知识和技能[7]。“项目式”教学是建构主义理论指导下的教学模式,其核心在于以真实项目为载体,通过学生自主探究、协作实践和成果输出,实现知识建构与能力培养的有机统一[12]。相较于传统讲授式教学,“项目式”教学通过任务驱动激发学生主动性,打破学科壁垒,强化知识迁移能力;对比基于问题的学习(Problem-Based Learning),其更注重完整项目周期的实践体验,要求学生从问题分析、方案设计到成果输出的全流程参与,从而更贴近工程教育认证中“解决复杂工程问题”的能力要求。近年来,“项目式”教学模式在工程教育领域广泛应用,其优势主要体现在三方面:能力导向性:通过模拟真实工程场景,培养学生分析、设计、协作与创新能力,契合 OBE 理念;学科交叉性:打破传统实验的单一学科限制,推动材料、机械、仿真等领域的知识融合;评价多维性:以过程性考核替代结果导向评价,更全面反映学生的综合素养[13]。同时,该模式的实施需克服以下挑战:教师角色需从“知识传授者”转变为“项目引导者”;教学资源需满足开放共享需求;学生需具备较强的自主学习与时间管理能力。

在“项目式”专业综合实验教学中,教师指定一个基于工程项目的实验内容,学生运用已学的知识来设计和操作实验,综合训练学生实验技能。“项目式”教学要求学生自己能够主动并广泛查阅文献资料,小组团队成员协助完成实验方案的设计,共同完成项目内容。在专业综合实验过程中,学生查阅资料,进行独立的实验思考与设计,独立进行实验操作。目前“项目式”专业综合实验的实施有多种表现方式,如结合导师制推进的项目式综合实验[7][14]、“自助式”实验教学模式[10]、结合大学生创新训练[15]以及引入学科竞赛[16]等。其核心均为以科研项目管理模式,让学生从选题-方案设计-方案实施-结果分析-结题报告-项目答辩-项目评价全方面主动参与,激发学生的主观能动性,充分发挥学生的创造力,实现专业综合实验课程的系统性、整体性、综合性、应用性和创新性的一体化教学,突出“以学生为中心”和“以项目为驱动”的先进理念。

3. 工程认证背景下的金属材料专业综合实验“项目式”教学实施

湘潭大学金属材料工程专业于 2021 年通过了国家全国工程教育专业认证,在综合专业实验教学上已经积极围绕工程认证的 OBE 理念进行了大量的改革实践。在教学团队上,建立了涵盖教授、讲师、实验师的教学团队,实现了教学经验的“传帮带”模式,同时充分激发了青年教师的创新思想,专任教师与实验师合作教学,尽量避免了理论教学与实验教学的分离;在实验平台建设上,学院建设了实验教学中心,实现了仪器共享平台,保证学生能够接触到所有需要的教学与科研设备。在教学内容、教学手段与考核评价上也做出了努力,建立了符合工程认证要求的教学大纲与考核标准。然而,仍然存在教学内容综合性不足、教学手段无法发挥学生自主能力以及评价手段单一等缺陷。基于工程教育专业认证的持续改进的要求,我校金属材料工程专业综合实验教学仍需借鉴“项目式”教学改革经验,持续推进工程认证的 OBE 理念,探索成果导向背景下专业综合实验的新教学模式。

3.1. 金属材料专业综合实验教学的核心要求

专业综合实验是金属材料工程专业本科生的一门专业主干课,使学生进一步加深对金属材料工程专业所学课程内容的理解,熟悉相关的实验设备,掌握基本的实验方法,提高学生的动手能力,在实验中学会分析问题、解决问题,从而达到培养学生综合分析问题和进行科学研究能力的目的。依据《工程教

育认证标准》，湘潭大学金属材料工程专业综合实验课程大纲提出该课程需重点培养学生以下能力：

(1) 问题分析：能够应用已掌握的数学、自然科学、工程基础和专业知识，识别、表达、并通过文献研究分析金属材料工程领域复杂工程问题，以获得有效结论。

(2) 研究：能够基于科学原理并采用科学方法对金属材料工程领域复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。

(3) 使用现代工具：能够针对金属材料工程复杂工程问题，开发、选择与使用互联网技术、现代测试技术和工程软件实现对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

(4) 项目管理：理解并掌握金属材料工程管理原理与经济决策方法，并能在多学科环境中应用。

3.2. “项目式”教学改革实施路径

根据“项目式”教学“以学生为中心”和“以项目为驱动”的理念，在现有条件和课程大纲的基础上，从教学内容、教学方法、评价体系等多个维度进行了一系列改革，主要体现在实验内容重构、导师制教学管理、多维度评价机制等手段。

3.2.1. 实验内容的重构

根据“项目化”实验教学模式，设计综合性和探索性强的实验内容，从科研课题出发，突出工程问题导向，将企业真实案例(如“汽车齿轮用 20CrMnTi 钢渗碳工艺优化”、“航空钛合金热处理工艺研究”)转化为实验项目，强化工程背景；强调多学科融合，整合材料科学、热力学、机械设计等知识，设计“问题分析 - 方案设计 - 实验验证 - 成果输出”全流程实验；强化项目管理能力，以大学生创新创业项目、学科竞赛为背景设置项目实施规范等。

3.2.2. 教学管理的创新

“项目化”实验教学模式的实施要求搭建“以学生为中心”的教学平台。在这个平台上，学生是“项目”完成的主体，而教师是“项目”实施安排的主体，负责总体安排与部署，帮助学生在实践中学习和自我构建。

(1) 课程团队建设：细化团队分工，以经验丰富的教授进行顶层设计与指导，专任教师提供项目内容及总体设计，加强实验教师在团队中的作用，引入企业导师，负责项目工程背景及项目成果评价，实现多层次多维度的课程团队管理模式；

(2) 双主体驱动：教师作为项目“导师”，负责任务发布与过程指导；将学生分组作为“项目组”，自主完成文献调研、方案设计、实验实施及成果答辩；

(3) 全过程管理：采用“立项 - 开题中期检查 - 结题答辩”四阶段管理，模拟科研项目管理流程；

(4) 资源开放共享：依托学院实验中心(含 SEM、XRD 等设备)与工程训练中心，实现设备 24 小时预约制开放。

3.2.3. 评价体系的优化

(1) 多维动态评价：丰富评价指标，将传统的“平时成绩 + 实验报告”的简单评价体系扩充，构建“过程性考核(40%) + 成果质量(30%) + 团队贡献(20%) + 创新性(10%)”指标体系。具体评价内容由实验前的预先准备、实验实施过程和实验后的总结汇报三部分组成，加大了过程考核力度，包括实验前期的文献调研过程、方案确定、方案实施过程、PPT 制作与讲述过程，目的是尽可能全方位地训练学生，调动学生动手实践、科学探索的主动性和积极性，激发学生的创新思维，重点培养学生分析问题、解决问题的能力，提高其文献调研、信息归纳及口头表达等综合能力。

(2) 双向反馈机制：除教师对学生进行评价外，引入学生互评与教师评价。在课后通过调查问卷、师

生座谈等方式进行教学效果调研。调查问卷从课程内容评价、实验设计与实施评价、教师指导与课程管理评价及课程收获与改进建议等多方面调研课程教学效果。增设“教学改进建议”反向考核项,形成“评价-反馈-改进”闭环。

3.3. 改革实践案例分析

项目名称: 某 TC21 改性钛合金热处理制度优化

课题来源: 某企业横向课题

实施流程:

需求导入: 某企业基于 TC21 钛合金进行成分改性开发了一款新型钛合金,现需要对其热处理工艺进行探索。

方案设计: 学生分组调研文献,提出“固溶+时效”工艺假设;设计不同温度固溶+时效的热处理制度,做开题报告。

实验验证: 利用箱式炉开展热处理实验,通过显微硬度计、光学显微镜、SEM 等手段分析组织演变,期间做进展报告。

成果输出: 确定最佳工艺参数($760^{\circ}\text{C} \times 1\text{ h/WQ} + 520^{\circ}\text{C} \times 8\text{ h/AC}$),提交结题报告。

成效:

学生掌握“问题定义-方案设计-数据驱动决策”的工程思维;

企业导师反馈项目具有较好的工程背景,对合金开发具有一定的指导意义。

3.4. 改革成效与数据分析

为系统评估“项目式”教学改革成效,本研究通过问卷调查、深度访谈、过程性考核数据对比等手段对 2022~2023 年参与两轮教学实践的 112 名学生、8 名指导教师及多家相关项目合作企业进行了多维度调研。

问卷调查显示,92.6%的学生认为“项目式”教学模式显著提高了学习参与度。在实验过程中,学生自主完成文献调研、方案设计及实验操作的平均时长从改革前的 4.2 小时/周提升至 8.5 小时/周,增幅达 102%。通过“立项-开题-中期检查-结题答辩”全流程管理,学生团队协作能力提升显著,95.4%的学生表示“能主动承担项目分工并协调组内矛盾”。此外,学生综合实验成绩的优良率(80 分以上)从改革前的 61.7%提升至 82.3%。结果显示,学生学习积极性与能力得到显著提升。

根据指导教师反馈,对比改革前后的实验成果,学生提交的项目方案中,对项目的工程背景了解及方案设计的合理性明显提升,实验数据分析的深度和逻辑性显著增强。典型案例包括“航空钛合金热处理工艺优化”项目中,学生通过正交实验设计将热处理实验周期缩短;“汽车齿轮钢渗碳工艺改进”项目中,团队提出分段渗碳法提高表面硬度均匀性等。学生的工程实践能力与创新思维得到了有效训练。

通过“双向反馈机制”收集的改进建议中,78%的学生希望增加跨学科实验项目,62.5%的教师建议进一步开放科研设备使用权限。基于此,将在后续实验课程新增“材料-机械-仿真”交叉项目,进一步开放本科生实验室设备使用权限和时长。两轮教学实践的数据对比显示,第二轮学生的结题报告评分较第一轮平均提高 9.6 分,表明改进措施有效提升了教学效果。

3.5. 改革局限性与未来发展方向分析

两轮教学实践表明,“项目式”教学改革显著提升了学生的工程实践能力与创新思维,但仍存在以下局限性:

跨学科整合深度不足:现有实验项目仍以材料学科为主,与机械设计、仿真模拟等领域的结合较为

表层,难以应对复杂工程问题的多学科协同需求;

设备开放共享机制待完善:尽管实验室推行预约制,但科研仪器的高效利用率仍受限于管理流程繁琐与本科生操作权限不足;

校企协同长效性欠缺:企业案例多依赖短期横向课题,缺乏稳定的产教融合平台支撑持续性项目开发。

针对上述问题,未来改革可从以下方向推进:

构建跨学科实验项目库:联合机械、自动化等专业教师共同设计“材料-工艺-性能-应用”一体化项目(如“增材制造钛合金构件设计与性能优化”),强化多领域知识融合;

优化设备开放共享:探索本科生实验室预约新机制,增设本科生专项培训课程,提升仪器自主操作能力;

建立校企联合实验室:与行业相关企业签订长期合作协议,将企业技术难题转化为实验课题,并邀请工程师参与课程设计与成果评价,形成“产学研用”闭环生态。

4. 结论与展望

“项目式”教学改革通过重构实验内容、优化管理流程及完善评价机制,有效解决了传统实验教学与工程认证标准间的脱节问题,实现了从“知识灌输”向“能力导向”的转型。两轮教学实践表明,学生工程思维、团队协作及创新能力显著提升,实验成果的工程应用价值得到企业认可。然而,改革仍需进一步突破以下瓶颈:其一,跨学科实验项目设计需加强,以应对复杂工程问题的多领域融合需求;其二,设备开放共享机制需完善,提升本科生科研仪器利用率;其三,校企协同深度不足,需构建长效合作平台以引入更多真实工程案例。未来研究将通过持续改进,最终构建“项目驱动、多维评价、产教融合”的进阶式实践教学体系,为工程教育高质量发展提供支撑。

基金项目

湘潭大学本科生教育教学改革项目《工程专业认证背景下金属材料专业综合实验“项目式”教学改革与实践》。

参考文献

- [1] 吕晓霞,王渊博,于漫.金属材料工程专业综合实验教学改革与创新[J].教育教学论坛,2020(38):172-173.
- [2] 张艳,张静,秦亮,周瑞.基于工程教育应用背景下材料成型及控制工程专业综合实验教学改革[J].科技创新导报,2019,16(34):220-222.
- [3] 李晓丹,胡心雨.以专业认证为导向的材料专业综合实验教学改革与实践[J].广州化工,2019,47(22):168-170.
- [4] 许建平,王春艳,王慧文,于久灏,陈晶,王佳杰,尹志娟.基于工程教育专业认证的应用型高校专业综合实验教学改革[J].中国冶金教育,2022(1):56-59.
- [5] 蓝惠霞,周贵忠,顾元香,宫磊,路卫卫,梁翹楚,张恒.基于工程教育专业认证理念的环境工程综合实验教学改革与创新[J].黑龙江造纸,2022,50(2):53-56.
- [6] 阎锋.成果导向教育理念研究现状及发展趋势[J].智富时代,2019(3):203-203.
- [7] 李雁,林春绵,沈元.OBE理念下的环境工程专业综合实验“项目式”教学改革探索[J].教育现代化,2020,7(36):72-74.
- [8] 孙小华,胡宗智,黄才华,丰平.金属材料专业综合实验教学改革与实践[J].中国电力教育,2013(14):118-119.
- [9] 李光,李文智.材料类专业综合实验教学的改革与实践[J].科技创新导报,2013(31):102-104.
- [10] 彭竹琴,刘英,徐向俊.专业综合实验教学改革与实践——以中原工学院为例[J].河南教育(高教),2014(2):44-45.

- [11] 张覃轶, 叶卫平, 孙伟, 陈先咏. 金属材料“专业综合实验”的改革和实践[J]. 中国水运, 2008(1): 234-235.
- [12] 逯九利, 何红. 基于“项目式 + 工具链”的课程教学改革探索与实践——以“电气控制与可编程控制器”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2024(10): 149-152.
- [13] 于越, 温恒福. 应用型大学项目式教学的实质与效能改进策略研究[J]. 教育探索, 2025(1): 38-44.
- [14] 张蓉, 曹青, 赵红, 俞蕙, 崔子祥, 王文洋, 常宏宏, 刘世斌. 基于“项目化”专业综合实验的教学改革与实践[J]. 化工高等教育, 2017, 34(5): 97-102.
- [15] 刘洪艳, 徐仰仓, 王振乾. 大学生创新训练计划对专业综合实验教学改革的影响[J]. 高等农业教育, 2016(6): 87-89.
- [16] 刘杰慧, 张慧洁, 陆艳红, 郭海华. 引入学科竞赛的材料类专业“专业综合实验”教学改革与实践[J]. 成都工业学院学报, 2021, 24(2): 101-104.