

PBL模式在材料成型专业教学改革中的应用研究

——以“流体力学与传热学基础”课程为例

郭 灿, 徐春杰, 武向权, 隋 尚, 张忠明

西安理工大学材料科学与工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2025年8月1日; 录用日期: 2025年9月1日; 发布日期: 2025年9月11日

摘 要

作为世界工程教育大国, 我们亟需提升工程教育质量以服务现代化产业体系建设需求。教学改革是推动工程教育质量提升的关键路径, 本研究将PBL教学模式应用于材料成型及控制工程专业基础课程教学, 以“流体力学与传热学基础”课程为实践载体, 开展为期两学期的传统教学与PBL教学对比实践研究。建立了学生自评、教师评价和学业表现分析方法, 多维度考察了PBL教学效果。研究表明, PBL模式显著提升了学生的自主学习能力、团队协作效能及工程问题解决能力, 有效激发了学习内驱力, 提升教学效果。研究进一步揭示了当前工程教育环境下PBL实施面临的核心挑战, 为工科类专业基础课程教学模式改革提供了可推广的实践范式与理论参考。

关键词

工程教育, PBL模式, 流体力学与传热学基础, 材料科学与工程

Research on the Application of PBL Model in Teaching Reform for Materials Forming and Control Engineering

—A Case Study of “Fundamentals of Fluid Mechanics and Heat Transfer”

Can Guo, Chunjie Xu, Xiangquan Wu, Shang Sui, Zhongming Zhang

School of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an Shaanxi

Received: Aug. 1st, 2025; accepted: Sep. 1st, 2025; published: Sep. 11th, 2025

文章引用: 郭灿, 徐春杰, 武向权, 隋尚, 张忠明. PBL模式在材料成型专业教学改革中的应用研究[J]. 教育进展, 2025, 15(9): 694-703. DOI: 10.12677/ae.2025.1591726

Abstract

As a major engineering education country in the world, China urgently needs to enhance the quality of engineering education to meet the demands of constructing modern industrial systems. Teaching reform serves as a crucial pathway for improving engineering education quality. This study implements the Problem-Based Learning (PBL) approach in fundamental courses for Materials Forming and Control Engineering majors, adopting “Fundamentals of Fluid Mechanics and Heat Transfer” as the experimental platform. A two-semester comparative teaching experiment was conducted between traditional instruction and PBL methodology. The effectiveness of PBL was comprehensively evaluated through multidimensional assessments including student self-evaluations, instructor observations, and academic performance analysis. Findings demonstrate that the PBL model significantly enhances students’ self-directed learning capabilities, teamwork efficiency, and engineering problem-solving skills, while effectively stimulating intrinsic motivation and improving overall teaching outcomes. The study further identifies core challenges in PBL implementation within current engineering education contexts, providing both transferable practical paradigms and theoretical references for reforming pedagogical approaches in fundamental engineering courses.

Keywords

Engineering Education, Problem-Based Learning (PBL) Model, Fundamentals of Fluid Mechanics and Heat Transfer, Materials Science and Engineering

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

工程教育在高等教育体系中占据重要地位。当前，全球范围内工程教育的规模以中国为最大，这为大规模工业化发展和完备工业体系的形成起到了重要推动作用。不过，尽管规模显著，工程教育仍存在“规模与强度不相匹配”的明显问题[1]。为全面提升工程教育质量与人才培养水平，我国自2006年启动工程教育专业认证，并于2016年正式加入国际工程教育互认体系《华盛顿协议》。该协议强调，本科工程教育应坚持以学生为中心，其核心目标是培养学生运用工程原理解决复杂工程问题的能力。这一导向既为工程教育改革指明了方向，也对传统教学模式提出了新的挑战。

传统工程教育模式长期遵循以教师为中心的知识传授范式，其教学内容往往局限于既定专业框架内的系统性知识讲授，缺乏学生主体思维[2]。这种模式在知识深度拓展、复杂问题分析能力培养、团队协作训练以及创新思维激发等方面已显现出明显局限性，难以适应当前社会发展动态和行业技术革新的快速变化。作为一种革新型教学方法，PBL (Problem-Based Learning) 教学模式以问题为导向[3][4]，构建“学生为主体、问题为基础”的教学范式，着重培养学生的自主探究能力、创新思维以及复杂工程问题的分析与解决能力。在专业基础课程中实施PBL教学不仅能显著提升学生的学习内驱力，更能有效促进其将理论知识转化为解决复杂工程问题的实践能力；通过系统性地比较分析不同解决方案的优劣，可同步培养学生的创新意识和发散性思维能力[5]。

本研究以材料成型及控制工程专业核心基础课程“流体力学与传热学基础”为对象，构建了基于典

型材料成形工程案例的 PBL 教学模式。旨在通过真实工程情境的有机融入，激发学生的内在学习动机，系统培养其工程思维和复杂工程问题解决能力，探索专业基础课程教学成效的提升路径。本文关于 PBL 教学模式的设计、实施与评估体系的建立，不仅为工科类专业基础课程教学改革提供了可复制的实践范式，其方法论对专业课程的教学创新同样具有重要的借鉴价值。

2. PBL 教学模式在“流体力学与传热学基础”教学中的应用

2.1. 课程特点及教学中存在的问题

“流体力学与传热学基础”涵盖了“流体力学”与“传热学”两门传统课程的核心内容，从动量与热量传输的视角系统阐述了流体流动与传热过程的基础理论体系。授课知识点集中于基础理论和数学推导，不仅涉及抽象的理论知识，还涉及到复杂定理、方程组的推导及应用。作为材料成型及控制工程专业的重要基础课程，其理论体系不仅为工程设计与工艺优化提供科学依据，更为解决材料加工领域的实际问题(如金属熔体流动控制、模具冷却系统设计等)提供了方法论支撑。因此，本专业对该课程的教学要求呈现出理论分析、实验验证与工程应用三位一体的特点。

然而，现行教学模式存在显著局限性[6]，其一，教学内容组织方面，课堂讲授过度侧重理论推导，而配套的课后例题多取材于水利工程、能源动力等相邻专业[7]，与材料成型领域的工程实际严重脱节；其二，教学方法层面，延续“教师主导-学生被动接受”的传统范式，导致课堂参与度低下，表现为抬头率、到课率“双低”现象；其三，教学效果评估显示，学生对基础概念的识记能力尚可，但在知识迁移应用环节表现欠佳，特别是在解决专业相关工程问题时，其分析计算与对比研究能力明显不足。

为了响应现代工程教育对培养学生解决复杂工程问题能力这一需求，亟需对当前教与学过程进行改革。基于问题导向学习(PBL)的教学模式因其在真实情境创设、学生主体性发挥等方面的优势，恰好能够针对性解决上述问题。因此，在“流体力学与传热学基础”课程中实施 PBL 教学改革具有充分的必要性与可行性。

2.2. 融合 PBL 方法的课程环节设计

基于 PBL 教学模式的特点，本研究构建了“三阶段-多维度”的课程实施框架，如图 1 所示，包含教学准备、教学实施和教学评价三个有机衔接的环节，形成闭环式的教学改进机制。

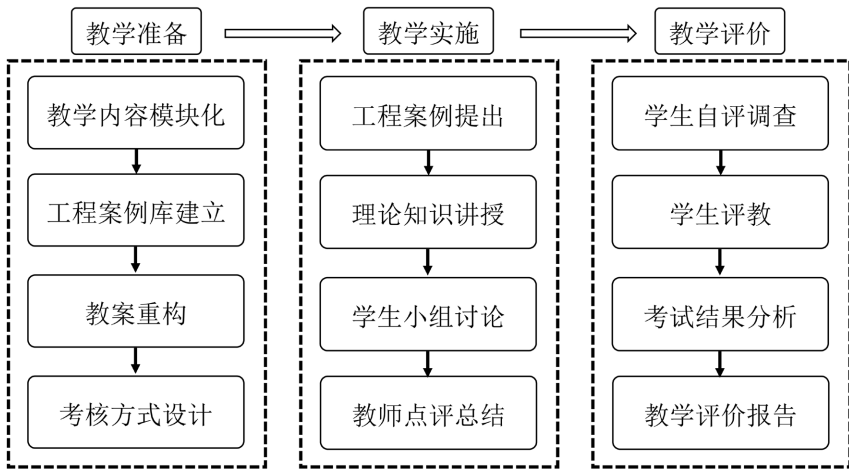


Figure 1. Teaching implementation process after integrating the PBL model
图 1. 融合 PBL 模式后课程教学实施流程

(1) 教学准备阶段(Preparation)

采用模块化教学设计方法,依据课程大纲将教学内容划分为若干知识模块。针对各模块的核心知识点与教学难点,系统收集并筛选材料成形领域的典型工程案例,建立分级案例库,并按复杂程度分为基础型、综合型、创新型三个层级。基础型案例旨在帮助学生掌握基本概念和原理,为后续学习奠定基础;综合型案例要求学生综合运用多学科知识解决实际问题,培养学生的综合分析能力;创新型案例则鼓励学生突破传统思维模式,提出新颖的解决方案,激发学生的创新意识和创造力[8]。

为确保案例教学能够有效实施,同步开展教案重构与考核体系优化工作。在教案重构方面,充分考虑案例与知识点的契合度,合理设计教学环节与时间分配,确保案例教学能够紧密围绕教学目标展开,引导学生通过问题分析深入理解理论知识,提高解决实际问题的能力。在考核体系优化方面,构建与PBL教学模式相适应的多元化考核机制,引入过程性评价与能力导向评价机制,综合评价教学效果。

(2) 教学实施阶段(Implementation)

教学实施阶段采用“三段式”课堂教学组织模式,即基础理论精讲、问题探究、总结提升,各环节紧密衔接、层层递进,形成一个完整的教学闭环。

在基础理论精讲环节,教师围绕工程案例涉及的核心概念、定理进行针对性讲解。通过引入实际工程案例,将抽象的理论知识与具体的应用场景相结合,使学生能够更直观地理解理论知识的内涵和意义,激发学生的学习兴趣 and 积极性。同时,注重知识的系统性和逻辑性,帮助学生构建扎实的知识基础。

问题探究环节是“三段式”教学模式的核心。教师根据问题特征,灵活采用小组协作(6~8人/组)、工程案例研讨引导学生自主解决问题。在小组协作中,学生通过分工合作、相互交流,共同探讨问题的解决方案,培养团队协作精神和沟通能力;工程案例研讨则促使学生深入分析案例中的问题,运用所学知识提出解决方案,锻炼其分析问题和解决问题的能力。

总结提升环节,教师进行系统点评,对学生的表现给予客观评价和反馈,帮助学生总结经验教训,明确改进方向。同时,引导学生构建完整的知识图谱,将各个知识点串联起来,形成系统的知识体系。强调理论知识与工程实践的映射关系,使学生深刻认识到理论知识在工程实践中的重要性,培养学生运用理论知识解决实际工程问题的意识和能力。

(3) 教学评价阶段(Evaluation)

为全面、客观地评价教学效果,建立四维评价体系,涵盖过程性评价、成果性评价、反思性评价和终结性评价四个维度[9][10]。

过程性评价主要关注学生在学习过程中的表现,包括小组讨论情况、课堂展示汇报等。通过观察学生在小组讨论中的参与度、发言质量、团队协作能力等方面,以及课堂展示汇报中的表达清晰度、逻辑性、创新性等方面,全面了解学生的学习状态和进步情况。成果性评价重点考察学生的学习成果,包括实验报告、工程方案设计等。实验报告能够反映学生对实验原理、方法和结果的理解与分析能力;工程方案设计则体现了学生运用所学知识解决实际工程问题的能力和创新思维。反思性评价通过自我评估报告等形式开展,引导学生对自己的学习过程和成果进行深入反思。学生在自我评估报告中总结学习经验、分析存在的问题和不足,并提出改进措施和未来学习计划。这一过程有助于培养学生的自我管理能力和自主学习能力,促进学生的自我成长和发展。终结性评价以期末考试中工程应用题目的完成情况为主要依据。工程应用题目紧密结合实际工程问题,考查学生综合运用所学知识解决复杂工程问题的能力。通过终结性评价,对学生的学习成果进行全面总结和评价,为后续教学提供参考依据。

建立阶段性教学评价报告,运用PDCA循环(Plan-Do-Check-Action)持续优化教学设计[11]。根据教学评价报告中发现的问题,制定针对性的改进计划(Plan),并在后续教学中实施(Do);定期检查改进措施

的执行情况和效果(Check), 对未达到预期目标的部分进行调整和完善; 最后, 将成功的经验纳入教学常规, 形成持续改进的良性循环(Action), 确保达成“复杂工程问题解决能力”的培养目标, 不断提升教学质量和人才培养水平。

2.3. 融合 PBL 模式后课程教学实施

基于 PBL 教学模式的理论框架, 结合课程大纲要求及前期设计的教学环节, 本研究依托西安理工大学材料成型及控制工程专业, 开展了为期两个学期的课程教学, 参考教材为吉泽升的“传输原理”(哈尔滨工业大学出版社), 构建了“理论 - 案例 - 实践”三位一体的教学体系。

2.3.1. 教学模块划分及案例库构建

基于知识体系的逻辑关联性和专业应用需求, 将课程内容系统划分为流体静力学、流体动力学、传热学三大教学模块, 并针对每一模块精心打造与之匹配的工程案例库, 旨在为学生搭建起理论与实践深度融合的学习桥梁。

(1) 流体静力学模块

教学重点: 本模块聚焦于静压强分布理论以及压力计算原理的深入讲解与剖析。通过严谨的理论推导与实例演示, 使学生深刻理解流体在静止状态下压强的分布规律, 掌握各类压力计算的方法与技巧, 为后续解决实际工程中的流体压力问题奠定坚实基础。

典型工程案例:

① 铸型内熔体压强计算: 以铸造充型这一典型工艺为背景, 引导学生构建铸件 - 铸型系统的力学模型。在该模型中, 充分考虑铸件形状、尺寸、浇注工艺参数等多种因素对熔体静压力分布的影响。学生通过运用所学的静压强分布理论和压力计算原理, 计算不同工艺参数(如浇注速度、浇注温度等)下熔体在铸型内的静压力分布情况。在此基础上, 进一步评估铸型关键部位的承压安全性, 预测可能出现的压力超限风险, 并提出相应的改进措施。这一案例不仅能够加深学生对理论知识的理解, 还能培养其将理论知识应用于实际工程问题的能力。

② 工程事故案例分析: 选取铸造过程中常见的“跑火”事故作为反面教材, 深入剖析事故发生的原因。首先, 引导学生开展压力安全阈值计算, 确定铸型在不同工况下的最大允许压力。然后, 结合事故现场数据和模拟分析结果, 设计有效的防护措施, 如优化铸型结构设计、改进浇注工艺等。通过这一案例, 强化学生的“安全第一”工程伦理意识, 使其深刻认识到在工程实践中保障安全的重要性, 培养学生严谨负责的工程态度。

(2) 流体动力学模块

教学重点: 本模块着重讲解 N-S 方程的解析方法以及伯努利方程在工程领域的实际应用。通过对 N-S 方程的深入剖析, 使学生了解流体流动的基本规律和数学描述方法; 通过实际工程案例, 让学生掌握伯努利方程在解决流体流动问题中的具体应用方法, 提高学生运用理论知识解决复杂工程问题的能力。

典型工程案例:

① 铸造充型过程: 针对铸造充型这一动态过程, 建立充型时间与浇注系统参数之间的数学模型。在该模型中, 综合考虑浇注系统结构(如直浇道、横浇道、内浇道的尺寸和形状)、浇注速度、金属液物理性质等因素对充型时间的影响。通过分析计算和工程经验相结合的方法, 分析不同流速下金属液在铸型内的流动状态以及对铸件质量的影响, 如流速过快可能导致卷气、夹杂等缺陷, 流速过慢则可能引起冷隔、浇注不足等问题。这一案例有助于学生深入理解流体动力学原理在铸造工艺中的应用, 培养学生优化工艺参数、提高铸件质量的能力。

② 增材制造熔池内传输现象：开展增材制造熔池流动现象分析，利用开源数值模拟软件[12]，直观展示熔池内金属液的流动轨迹、温度分布和应力变化情况，分析不同工艺参数下气孔缺陷的形成规律和分布特征。基于仿真结果，提出针对性的工艺优化措施，减少气孔缺陷的产生，提高增材制造件的质量和性能。这一案例不仅拓展了学生的知识面，使其了解增材制造这一前沿技术领域，还培养了学生运用多学科知识解决复杂工程问题的综合能力。

(3) 传热学模块

教学重点：本模块围绕三种基本传热机制(导热、对流换热、辐射换热)的理论推导以及工程计算方法展开教学。通过系统的理论讲解和工程实例分析，使学生深入理解三种传热机制的本质和特点，掌握不同传热方式下的计算方法和数学模型，能够根据实际工程问题选择合适的传热模型进行求解，培养学生解决传热学工程问题的能力。

典型工程案例：

① 热处理炉传热分析：以热处理炉为研究对象，建立炉膛温度场计算模型。在该模型中，综合考虑炉膛结构、加热方式、保温材料性能、工件摆放位置等多种因素对温度场分布的影响。运用传热学的基本原理和数值计算方法，定量分析不同保温材料(如耐火砖、陶瓷纤维等)的热损失情况，评估保温材料的隔热性能和经济性。通过优化保温材料的选择和炉膛结构设计，降低热处理炉的能耗，提高能源利用效率。这一案例使学生深刻认识到传热学知识在工业节能减排中的重要作用，培养学生运用传热学原理进行工程优化设计的能力。

② 工艺开发实践：基于传热理论，开展淬火工艺冷却曲线的设计工作。淬火工艺是金属热处理中的关键环节，冷却曲线的合理设计直接影响工件的组织性能和质量。在设计中，综合考虑工件的材料特性、尺寸形状、淬火介质等因素，运用传热学知识建立冷却过程的数学模型，预测工件在不同冷却条件下的温度变化规律和组织转变情况。同时，针对高温车间的热防护问题，制定一系列热防护标准，包括辐射屏蔽计算、通风系统优化等开放性问题。通过引导学生自主查阅资料、开展计算分析，培养学生解决复杂工程问题的创新思维和实践能力。

案例库建设特点：案例复杂度梯度设计(基础→综合→创新)，紧密结合专业核心工艺(铸造/焊接/热处理等)，融入工程伦理与安全要素，强调定量计算与定性分析的结合。

2.3.2. PBL 模式在传热学模块课堂实施过程

(1) 理论精讲与工程问题导入

在课程起始阶段，首先对传热学中的三种基本传热方式——导热、对流换热和辐射换热展开针对性讲解。详细阐述其基本概念与核心定理，着重剖析三种传热方式之间的区别与内在联系。以一维稳态传热过程为例，深入剖析这三种基本传热方式在材料热处理过程中的具体作用形式，助力学生构建起对基本概念和理论的深刻认知框架。随后，向学生介绍材料热处理炉的基本结构，并顺势提出新热处理炉设计这一具有实际工程背景的问题。具体设计要求为：炉内空气温度上限设定为 400°C ，环境温度为 25°C ，炉外表面温度需控制在 50°C 以下，且耐火砖层厚度为保温层厚度的一半。在此情境下，提出问题：“保温层厚度为多少时能够满足上述基本要求？”该问题的设计意图在于，全面培养学生的工程问题抽象化能力，使其能够将复杂的工程问题转化为基本的物理模型；锻炼学生多传热机制耦合分析能力，以便准确把握不同传热方式之间的相互作用；强化学生的工程安全与经济性平衡意识，在满足工程需求的前提下，兼顾成本与效益。

(2) 小组协作探究

PBL 教学模式强调以问题为导向、学生为主体，鼓励学生通过团队协作的方式，在解决问题的过程

中自主获取知识。基于这一特点,对选课的 62 名学生进行了分组,每 6~8 名学生一组,分成了 8 组。为保障小组讨论的高效有序进行,为每个小组配备组长 1 名,负责组织协调小组讨论活动,确保讨论进程顺利推进;记录员 1 名,负责及时整理讨论要点,为后续成果展示和总结提供依据;汇报人 1 名,负责精心准备成果展示内容,清晰、准确地呈现小组讨论成果。

小组讨论环节设定为 25 分钟。在此期间,小组成员通过多种方式对问题展开深入剖析,包括快速学习基本理论,将所学知识与问题相结合;比对教材中的典型案例,借鉴成功经验;互相讨论交流,激发思维碰撞;速查在线资料,获取更多相关信息。通过这些方式,逐步形成解决思路,构建物理模型,并尝试求得近似解。

在整个讨论过程中,授课教师密切关注各个小组的讨论情况,发挥引导和辅助作用。一方面,对各个小组在讨论过程中遇到的问题及时给予辅助指导,帮助学生突破思维瓶颈;另一方面,对讨论不积极或讨论陷入僵局的小组进行主动干预,通过提问、提示等方式引导学生重新回到正确的讨论轨道上。通过有效的干预引导,确保各个小组能够顺利完成从“问题拆解、理论匹配、模型求解、成果凝练”这一工程问题到物理模型的主线脉络构建,使学生在解决问题的过程中切实提升综合能力和素养。

(3) 成果汇报与反思提升

成果汇报环节采用自荐与随机抽取相结合的方式,选取两个小组进行问题分析结果的展示,每个小组的汇报人需清晰、有条理地阐述小组的解决思路、物理模型构建过程以及近似解的求解结果。汇报完毕后,预留 8~10 分钟时间,由其他小组对展示结果进行补充或提问,如基本传热方式分析是否正确、所涉及传热过程是否有遗漏、问题简化合理性、物理模型是否可解等。展示小组对问题进行解答,并对有争议问题进行讨论。通过这一环节的小组间讨论,任课教师整理出整班学生最终讨论结果,在黑板上展示问题解决过程,如图 2 所示。

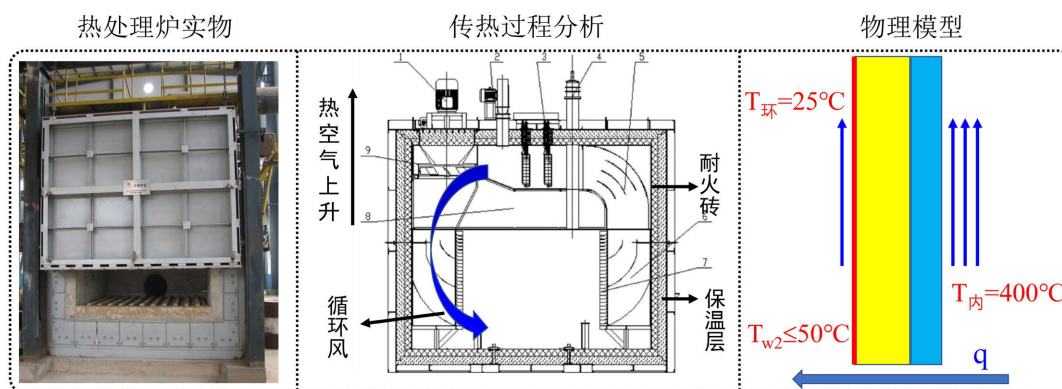


Figure 2. Simplification and modeling process of a complex problem

图 2. 复杂问题简化建模过程

教师对上述问题简化建模过程进行系统梳理点评,对学生自主讨论过程中的亮点进行总结和表扬,以激励学生继续保持积极的学习态度和创新思维。同时,针对小组讨论过程中暴露出的问题进行重点剖析,明确指出学生在思维方式和知识点理解方面存在的局限性,引导学生进行反思和改进。最后,每个小组需对课堂讨论过程进行全面梳理和总结。总结内容包括但不限于对问题涉及知识点的深化学习,厘清复杂问题简化的思维脉络,以及针对小组讨论过程中存在的不足之处进行针对性反思。通过这一过程,形成详细的讨论报告。该报告将作为课程平时成绩评判的重要依据,以全面、客观地评价学生在课堂讨论中的表现和收获。

3. PBL 方法教学效果评价与问题分析

课程结束后任课教师对采用传统教学和 PBL 模式教学学习效果进行了对比评价分析,评价分两部分,一是学生不记名自评,二是教师评价。邀请近两年本专业学生对个人学习态度、知识点掌握情况进行了问卷调查,请学生对自己课堂表现做出自我评价,主要包括到课意愿、作业完成情况、课堂参与情况、课后自主学习情况,对课程主要知识点掌握程度、课程学习目标达成情况做了自我评价,并对任课教师教学情况反馈意见或建议。任课教师通过试卷分析、平时成绩分析进一步对教学效果进行评价。

3.1. 学生学习积极性

学生学习积极性由学生自评和课堂表现任课教师评价两方面综合评判。学生自评问卷结果表明,开展 PBL 教学后学生普遍认为自己的学习兴趣有显著提升,例如,学生主动到课率由传统教学过程的 88.2% 提升至教改后的 94.3%, 课堂活动参与率由 33.1% 提升至 79.2%, 课堂参与率的大幅提升表明 PBL 教学中小组讨论方式能充分调动学生课堂活动参与度,整个学期课后主动学习学生占比由 32.6% 提升至 75.5%,这也反映到学生课后作业自主完成情况上,开展 PBL 教学后学生独立完成作业率由 62.5% 提升至 92.5%。教师测评重点是学生上课抬头率、小组讨论活跃度、课后师生交流频次等。通过主观对比,传统教学过程中班级后排学生上课期间全程低头,教师提醒干预收效甚微,而采用 PBL 教学后学生抬头率有明显提升。小组讨论过程学生或主动或被动参与课堂教学环节,师生、生生互动频率提高,带来课堂活跃度提升,这与学生自评结果相吻合。

3.2. 学生专业能力评价

通过学生自评和试卷考试对学生知识掌握程度和解决复杂工程问题能力进行了综合评价。学生在课程教学目标和毕业要求指标两方面做了自我评价,学生对自己专业能力满意度评分由 58.35 的平均分提升到 87.8。这一问卷结果表明,课改前学生认为自己熟悉课程基本知识但在应用基础理论解决工程问题方面存在明显不足,而 PBL 教学实施后学生普遍认为能够识别和判断关键环节和控制参数、理解解决复杂工程问题的多种途径,并对材料成型过程所涉及的复杂工程问题进行提炼、定义、建模。

教师评价主要通过试卷分析和课后作业完成情况来完成,其中课后习题完成情况在传统教学与 PBL 教学两种模式下差异不大。重点进行了试卷分析,包括整体成绩分布和不同类型知识点得分率。卷面成绩分 5 档分析,统计结果见表 1。在卷面成绩上,优秀段位两者差异不大。不及格率由传统教学的 24.7% 明显降低到 11.4%,中间分数段学生比例大幅增加,平均分由 70.1 提升到 73.6,教学效果提升显著。通过数据分析,卷面成绩提升主要是后排学生学习积极性得到充分调动产生的,这与上述课堂活跃度评价和学生自评结果相印证。知识点类型分两类,基本概念定理运用和工程实例分析。学生不同类型知识点得分率由三部分成绩综合评判,实验成绩、卷面成绩、平时成绩,基本概念定理理解记忆层面得分较传统教学提升 5%,复杂工程问题简化分析得分较传统教学提升 8%。学生自评和考试评价结果均表明 PBL 教学实施后,学生专业能力和综合素质均有实质性提升。

Table 1. Exam score distribution: traditional teaching versus PBL model
表 1. 两种教学模式卷面成绩分布

	优秀	良好	中等	及格	不及格	平均分
传统教学	24.7%	17.7%	20%	12.9%	24.7%	70.1
PBL 教学	24.6%	26.2%	18.2%	19.6%	11.4%	73.6

3.3. PBL 融入过程存在问题分析

在将 PBL 教学模式引入工科基础课程教学后,学生在数理知识学习方面的积极性显著提高,整体教学效果也有所增强,但也暴露出学生自我评价能力与实际考评成绩之间存在偏差等问题。本文基于课堂教学实践、案例情境设计、问卷调查及试卷分析等多方面数据,总结了从传统教学向 PBL 模式转型过程中所面临的主要挑战,并据此提出相应的改革建议。

(1) 师生思维模式与 PBL 模式适配度不足

在大班授课(如 60 人以上规模)的情境下,受限于有限的学时安排,仅有部分小组能够获得充分的机会展示其讨论成果,导致两方面问题,一是未能在课堂上展示讨论结果的小组,其问题分析过程中存在的局限性未能得到充分暴露,他们难以从他人的反馈与交流中汲取经验、完善自身认知,影响相应组员的学习效果;二是部分小组成员心存侥幸消极对待课堂讨论,由于缺乏展示机会带来的外部监督与激励,这些学生容易产生“搭便车”的心态,降低参与讨论的主动性与投入度。对于这种情况,可以考虑引入具有丰富工程背景和学术背景的研究生助教,协助教师调动各个小组讨论学习积极性和讨论节奏,督促学生摒弃被动接受知识的思维定式,逐步适应 PBL 教学模式,实现从被动学习向主动学习的转变。与此同时,教师自身也需不断深入学习 PBL 教学经验,树立 PBL 教学理念,以便教师在教学过程中更加高效地把控课堂节奏,充分发挥 PBL 教学模式的优势,切实提升其实施效果。

(2) 问题设计的科学性有待加强

问题设计的科学性堪称 PBL 教学的核心与关键要素。从学生自评和教师评价结果来看,将 PBL 教学融入“流体力学与传热学基础”课程后,师生均得出教学效果提升的结论,但是学生自评专业能力提升程度远高于最终考评结果。在 PBL 教学实施过程中,学生通过实际工程案例分析,专业兴趣和能力自信均得到大幅提升,这在一定程度上促成了成绩的整体提高。然而,在专业基础知识的灵活运用方面,学生仍存在明显短板。具体表现为,学生在面对与教学案例相近的题型时,得分率相对较高;但当遇到其他类型的问题时,得分率却偏离了师生双方的预期。这一现象凸显了问题设计在引导学生构建完整知识体系、培养知识迁移能力方面的重要性。鉴于此,教师在进行问题设计时,必须充分考虑学生的先修课程基础、专业特色以及认知水平,设计出与之相匹配的问题。这些问题不仅要具备科学性、时效性、开放性和复杂性,以满足 PBL 教学对培养学生综合素养的要求,还需充分尊重学生对知识学习与掌握的客观规律。只有当问题设计能够精准契合学生的学习需求与认知特点时,才能更有效地调动学生的学习积极性,切实提升教学效果,助力学生实现从知识积累到能力提升的跨越。

(3) 教学设施与评价体系适配性缺失

目前,教学设施和考核环境主要依据传统教学模式进行设定,这在一定程度上制约了 PBL 教学的全面推广与深入实施。例如,PBL 教学模式强调小组讨论的重要性,虽然学校已建立了智慧教室示范区,但在硬件设施方面,仍难以充分满足 PBL 讨论式教学的多样化需求。智慧教室的布局、设备配置等可能无法为小组讨论提供理想的物理空间和技术支持,影响了讨论的效率与质量。此外,在学生培养考核环节,总评成绩的评定依然以卷面成绩和实验报告成绩为主导,学生讨论环节的表现未能很好地纳入考核体系。这种单一的考核方式导致学生在课堂讨论和课后自主学习中的积极性难以被充分激发。学生往往更关注卷面成绩,而忽视了在讨论与自主学习过程中所培养的思维能力、团队协作能力等综合素质的提升。

因此,若要大规模开展 PBL 教学,学校需要在硬件设施和软环境建设方面做出积极调整。在硬件方面,加大对教学设施的投入与改造力度,优化智慧教室的功能布局,配备先进的讨论辅助设备,为 PBL 教学提供坚实的物质基础。在软环境方面,引入多层次评价体系,涵盖学生互评、学生自评和教师评价

等多个维度。通过多层次评价体系,能够更全面、客观地评价学生的学习过程和学习成果,进一步释放教学改革的活力,使教学效果的评价更加科学、合理,从而推动 PBL 教学模式在工科类基础课程教学中的广泛应用与持续优化。

4. 结语

在当前科技革命与产业变革深度融合的时代背景下,以问题为导向的工程教育改革是培养面向未来的创新型工程人才重要方法。本研究以材料成型及控制工程专业的“流体力学与传热学基础”课程为载体,系统构建并实施了 PBL 教学模式改革。实证研究表明,该教学模式有效实现了三个维度的转变:学习动机从被动接受向主动探究转变;知识应用从理论记忆向问题解决转变;能力培养从单一专业向综合素养转变。通过多维评估发现,学生的工程实践能力和复杂问题解决能力均得到大幅提升,充分验证了 PBL 模式在工科基础课程中的适用性。研究进一步从教学主体互动(教师-学生)、教学过程设计(理论-实践)、教学环境支撑(硬件-软件)三个层面,提出了持续改进措施,为同类院校开展 PBL 教学改革提供了可复制的实施路径和优化策略。

基金项目

西安理工大学教育教学改革研究项目(xqj2202); 陕西省自然科学基金基础研究计划(2023-JC-QN-0573)。

参考文献

- [1] 冯武卫,刘全良.工程教育认证持续改进机制探索与实践[J].高等工程教育研究,2024(4): 59-64.
- [2] 郭灿,武向权,徐春杰,等.基于材料工程专业学生认知心理学的《实验设计与数据处理》的教学探索[J].铸造技术,2021,42(10): 911-914.
- [3] 赫永达,张卫国,陈亚丽.PBL 模式在双语教学改革中的应用研究——以“计量经济学”教学为例[J].教育理论与实践,2022,42(12): 49-53.
- [4] 贾建锋,罗汇,朱珠.PBL 视域下创新创业课程体系的设计与数字化应用[J].创新与创业教育,2023,14(3): 76-82.
- [5] 皮江红,廖依帆.工业 4.0 背景下高等工程人才“四维”能力培养——丹麦奥尔堡大学 PBL 教学模式及其启示[J].高等工程教育研究,2022(4): 194-200.
- [6] 王小静,金健,蔡红霞,等.“流体力学与传热学”课程教学改革实践[J].教育教学论坛,2022(42): 66-69.
- [7] 王芳,刘中秋,李宝宽.新工科背景下 PBL 教学模式在工程流体力学课程中的实践[J].化工高等教育,2021,38(4): 52-55.
- [8] 卢秀泉,冯美,韩志武.面向卓越工程师培养的项目式教学案例设计与实践[J].创新创业理论与实践,2024,7(24): 165-167.
- [9] 杨玉芹,袁凯程,Zobeida, S.P.S.,等.数据支持的反思性评价促进大学生认知情绪调节的应用研究[J].电化教育研究,2023,44(2): 99-106.
- [10] 董辉,陈进,王强,等.能源专业研究生课程 PBL 模式改革[J].教育教学论坛,2025(7): 69-72.
- [11] 刘尊英,马磊.新工科背景下基于 PDCA 模式的课程质量内部保障体系构建[J].高教学刊,2022,8(26): 17-20.
- [12] 武向权,张忠明,郭灿,等.新工科背景下开源数值分析平台赋能传统工科课堂——以“传输原理”教学为例[J].教育评论,2023(3): 145-150.