

Teaching Reform Practice in the ‘Fluid Mechanics’ Course Based on the PBL Pedagogy

Juan Liu Bianhong Li Pengle Cheng

School of Technology, Beijing Forestry University, Beijing, 100083, China

Abstract

The Fluid Mechanics course is a compulsory subject for mechanical engineering majors. In recent years, with the advancement of the Emerging Engineering Education (3E) initiative, issues such as the lack of practical components in traditional teaching methods have become increasingly prominent and require urgent resolution. By thoroughly deconstructing the pedagogical principles of Problem-Based Learning (PBL) and leveraging its core philosophy of “problem posing → problem analysis → problem solving,” this study proposes a teaching reform and practice framework for the Fluid Mechanics course.

Keywords

Fluid mechanics; PBL pedagogy; Teaching reform

基于 PBL 教学法的“流体力学”课程教学改革实践

刘娟 李变红 程朋乐

北京林业大学工学院, 中国·北京 100083

摘要

“流体力学”课程是机械专业的必修课程,近年来随着新工科的发展,传统教学中缺乏实践等问题逐渐突显亟待解决。通过深入解构PBL(问题导向学习法)教学理念,基于其“提出问题-分析问题-解决问题”思想提出“流体力学”课程教学改革与实践。针对现有教学三个主要问题,提出“问题导向式物理现象探索”、“流体力学渐进知识建构”与“翼型流动方程综合实践”教学环节,分别从教学方法革新、教学理论内容重构、实践项目创新三个方面进行“流体力学”课程改革,显著提高学生的学习兴趣、夯实理论基础与提高实践动手能力。改进评价考核机制,提升学生的持续学习热情。课程改革后,机械专业学生课程满意度,学习投入度及考试成绩三个方面显著提升。

关键词

流体力学; PBL教学法; 教学改革

1 引言

“流体力学”课程帮助学生掌握流体运动和力的基本原理,应用于工程设计、环境分析和科学研究等场景中,是新工科建设中重要的理论基础[1]。其课程特色鲜明,兼具很强的理论难度与实际应用性,并高度契合智能时代前沿。近年来,笔者认识到,传统的教学内容与方法已经无法满足学生适应智能时代对新工科人才的需求。PBL(Project-Based Learning),即问题导向教学法[2],是一种以学生为中心,通过解决实际问题来促进知识获取和能力发展的教学方法。自从1996年由美国神经病学教授 Howard Barrows 提出以来,逐渐被公认为国际领域

最高效、最受肯定的教学方法之一。PBL教学法具有确定问题、提出假设、分析讨论、解决问题教学思路,高度

契合“流体力学”课程特色。本文以北京林业大学“流体力学”课程为例,总结已有教学经验,利用PBL教学法进行教学内容、方法、实践项目与评价考核改革,充分提升学生的理论学习与实际动手能力,优化教学的质量与水平。

契合本课程的强实践性与前沿性。鉴于此,笔者提出“翼型流动方程综合实践”。③.课堂理论脱离实际,大量繁杂的理论推导堆积,导致学生兴趣不大,学习动力不足。鉴于此,笔者提出“问题导向式物理现象探索”教学环节。

2 基于 PBL 教学法的“流体力学”课程教学改革路径

PBL教学法通过自主学习和协作学习来培养学生的批判性思维、问题解决能力和终身学习的能力。其“确定问题—提出假设—分析讨论—解决问题”的教学过程鼓励学生在真实问题背景下主动探索和实验,结合流体力学基础理论,引导学生主动梳理和应用基础知识,使他们在动手实践中理解流体力学的核心概念[4]。同时,PBL的实践环节能激发学

【作者简介】刘娟(1992-),女,中国山西人,博士,讲师,从事复杂网络及人工智能理论及实践研究。

生的学习兴趣，增加他们对抽象理论的直观认识，并提升解决复杂问题的能力和团队合作意识。综上，PBL 教学法契合流体力学的课程思路，可以提高课程的教学效率，解决由于学生基础薄弱、实验课设置缺失带来的学习动力不足，实践动手能力差的问题。

由此，笔者在 2024 年春季学期“流体力学”课程中引入 PBL 教学法，一方面设置“问题导向式物理现象探索”进行教学方法改革，极大提升学习兴趣，并提出“流体力学渐进知识建构”与“实践增强理论”理论教学方法，进行理论内容重组，补充学生的基础知识。另一方面，提出“翼型流动方程综合实践”[5]项目与过程性考核方式，极大提升学生学习动力，增强力学实践能力与理论知识应用能力。

2.1 教学方法革新

PBL 教学法的核心思想以问题为驱动培养学生的自主学习能力和，好的问题将激起学生强烈好奇心、好胜心，决定教学的成功与否。因此，提出问题阶段，要充分发挥学生的主观能动性。综上，笔者在主题教学初期设计了基于 PBL 教学法的“问题导向式物理现象探索”环节(见图 1)。一方面，该环节可以通过让学生探索生活中流体力学物理现象，

提出主题相关的为什么问题。将理论知识与实际生活结合，促进学生在主题学习前进行课前脉络先学，极大增强学生对理论学习的兴趣；另一方面，教师可以在引导、解答学生疑惑的同时，分析总结学生现阶段学情，进而完善教学目标，为后续课程的展开提供帮助。

具体而言，针对流体力学的 8 个教学主题，将学生分为八组，每组针对一个主题实际调研，提出问题。在 2024 学年的教学中，学生提出河水靠近河床的流速往往低于中间位置、喷气式飞机机翼附近音爆等现象疑问(见图 2)。教师引导学生凝练出水流与河床之间的粘性作用如何影响流速分布、空气的密度和压力变化如何导致音爆的产生等问题，进而引入粘性作用与流速分布、压缩性流动与音爆现象等概念解决所提问题。学生在日常生活中对流体的现象习以为常，但通过实际调研，发现日常中不曾注意的问题。“问题导向式物理现象探索”教学方法通过营造学生日常认知与物理原理对比冲突的方式，极大的提高学生的兴趣，并通过教师讲授解答学生的疑惑，完成教学闭环。在期末考核中发现，学生对于本小组所提问题的理论内容掌握非常优秀。

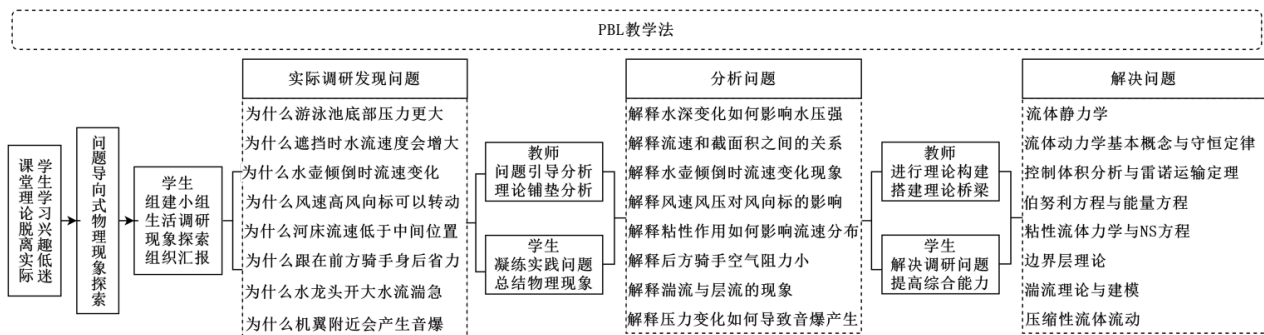


图 1 基于 PBL 教学法的“流体力学”问题导向式物理现象探索

2.2 理论教学内容重构

“流体力学”在工科中是理论性极强，公式推导复杂，数学严谨的一门课程。目前课程设置在大二下学期，学生缺少基础课程铺垫，导致对于“流体力学”重点知识比如三大方程理解、推导困难。亟需在有限的理论课时中融入基础知识补充。

首先，学生所缺乏基础知识主要集中在数学计算工具知识。在以往的教学，所缺少的理论知识突击式的一股脑补充在理论课中。笔者认为基础知识补充进度应该高度对应主题内容，进行渐进式的补充，由此提出“问题导向的流体力学渐进知识建构”。并且，笔者认为理论理解最好的方式是从实践中凝练科学问题，利用理论解决科学问题，在这样的闭环中吃透理论知识，由此提出“实践增强理论”教学环节(见图 2)。

在“流体力学渐进知识建构”教学环节中，学生针对“问题导向式物理现象探索环节”所提出的 8 个实际问题，进行物理变量分析，条件假设，凝练科学问题，教师在此过程中

搜集分析学生所欠缺基础知识。普遍发现学生欠缺一阶常微分、偏微分方程，随机过程与统计学、线性代数基础。渐进知识构建环节在每个教学主题开始时，以主题对应的物理现象为背景，引入主题对应的基础知识。在流体静力学单元，以泳池压力变化为背景，引入线性代数基础；在流体动力学单元引入偏微分基础；在湍流理论单元引入随机过程基础，使得学生在学习新主题时具备解决复杂问题的基本工具，从而解决学生基础知识薄弱的问题。

最后，在“实践增强理论”教学中，依据理论教学内容以及所补充基础知识，求解“问题导向式物理现象探索”环节所提的 8 个实际问题，完成教学闭环。在流体静力学单元，计算水深 - 压强方程，解决水池压力变化的问题；在流体动力学单元，计算流速 - 截面方程，解决阻挡下水流变快的问题。解决课堂理论脱离实际的问题。

教学方法改革与理论内容重构有机结合，体现在两个方面。首先，每个教学主题中，“问题导向式物理探索”是“渐进知识构建”的背景基础。具体地，学生提出风速快时风向标

转动的物理现象疑问,教师引导为伯努利方程与能量方程主题内容,进一步分析学生在此单元的理论薄弱点为偏微分方程、一阶常微分方程。其次,“实践增强理论”教学与“问题导向

式物理现象探索”一一对应,针对风向标转动问题,基于基础知识补充,依据伯努利方程与能量方程内容,求解风速、风压对于风向标的影响。最终,完成物理现象探索的解释。

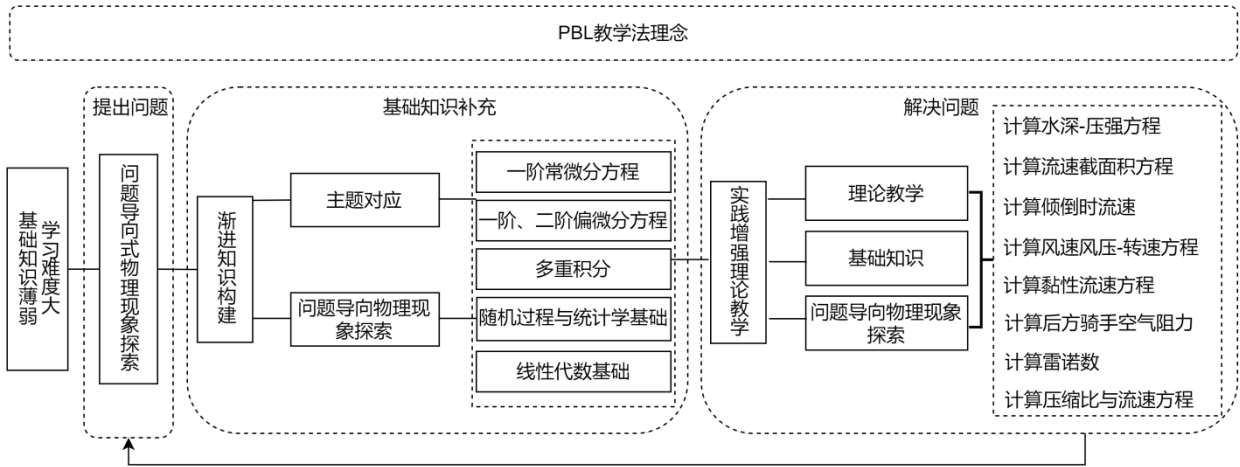


图 2 基于 PBL 教学法的渐进知识构建与实践增强理论教学

2.3 实践项目创新——翼型流动方程综合实践

为了在有限课时里最大化结合理论与实践,使得实践反哺理论,笔者提出“翼型流动方程综合实践”以提升学生的动手能力,并将此综合实践设计为过程性考核,作为课程考核的一部分,促进学生的学习动力(见图 3)。

学生进行“翼型流动方程综合实践”主要分为以下几步:

① 在项目实践前,学生自由组建小组。② 在每个授课单元结束后,基于所学理论,设置翼型流体条件,解决相应流动状态下翼型的状态分析,凝练为科学问题。③ 通过教师制定智能求解方案,学生动手实现,并通过小组讨论,得到项目实践结果,组织分组汇报。针对“流体力学”的主要内容三大方程,学生的实践情况如下。

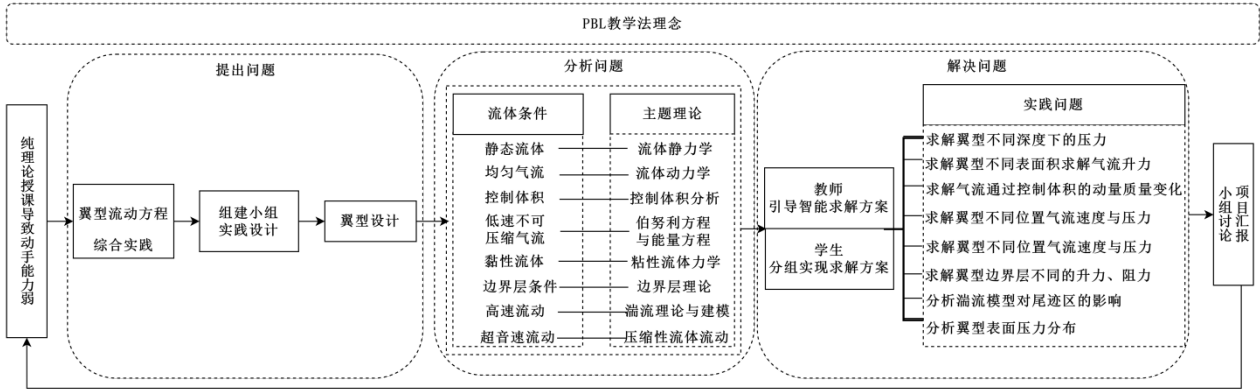


图 3. 基于 PBL 教学法的翼型流动方程综合实践

参考文献

[1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究,2017(3):1-6.
 [2] 王小波. 基于项目式学习的课堂教学改革研究[J]. 教育研究, 2023,44(3),45-52.
 [3] 尤一. 计算流体力学技术在流体力学教学改革中的应用[J]. 教育进展, 2023,13(7):5126-5131.
 [4] 陈晓青. 项目式学习对学生自主学习能力的研究[J], 现代教育技术, 2024,34(1),25-32.
 [5] 王磊, 李静, 刘洋. “跨声速翼型设计的气动特性优化研究.” 航空航天学报, 2024, 35(4),412-420.
 [6] 黄玲, 吴军. "合成射流在大迎角翼型分离流动控制中的应用." 中国航空工程期刊, 2024, 29(1), 22-29.
 [7] 李鹏, 王明. 过程性考核和终结性考核相结合的教学质量评价体系的实施探讨——以电气自动化专业为例[J]. 当代教育实践与教学研究, 2022(3): 45-48.