

BOPPPS教学模式在《流体力学》课程的实践探究

陈 昕

长江师范学院机器人工程学院，重庆

收稿日期：2025年5月22日；录用日期：2025年6月27日；发布日期：2025年7月4日

摘 要

本文聚焦于应用型高校《流体力学》课程教学改革，深入探讨BOPPPS教学模式在其中的创新性应用。详细阐述了将BOPPPS模式的六个关键阶段融入课程教学的具体实施过程，以及该模式对提升课程教学质量、增强学生学习效果和工程实践能力所带来的显著成效，为工科基础课程教学改革提供了有价值的实践经验。

关键词

《流体力学》，教学改革，BOPPPS模式

Practical Exploration of the BOPPPS Teaching Model in the Course of “Fluid Mechanics”

Xin Chen

School of Robot Engineering, Yangtze Normal University, Chongqing

Received: May 22nd, 2025; accepted: Jun. 27th, 2025; published: Jul. 4th, 2025

Abstract

This paper focuses on the teaching reform of the “Fluid Mechanics” course in application-oriented universities, and deeply explores the innovative application of the BOPPPS teaching model in it. It elaborates in detail the specific implementation process of integrating the six key stages of the BOPPPS model into the course teaching, as well as the remarkable achievements that this model brings to improving the teaching quality of the course, enhancing students’ learning outcomes and

engineering practical abilities, providing valuable practical experience for the teaching reform of basic engineering courses.

Keywords

“Fluid Mechanics”, Teaching Reform, BOPPPS Model

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

在教育教学不断追求创新与高效的时代背景下,探寻更具活力和成效的教学模式成为提升教学质量的关键。《流体力学》作为工科专业重要的基础课程[1],涉及大量复杂的理论知识与公式推导,同时与实际工程应用紧密相连,如航空航天中的飞行器设计、液压传动的流体分析[2]等。传统教学模式多以教师讲授为主,学生被动接受知识,难以充分激发学生的学习兴趣和培养其工程实践能力。BOPPPS 教学模式基于成果导向教育(OBE)理念,强调以学生为中心,通过“导入(Bridge-in)”“目标(Objective)”“前测(Pre-assessment)”“参与式学习(Participatory Learning)”“后测(Post-assessment)”和“总结(Summary)”六个紧密相连的阶段,构建起一个完整且高效的教学流程[3]。各阶段层层递进,导入环节吸引学生注意力,目标阶段明确学习方向,前测帮助教师了解学生基础,参与式学习让学生深度融入知识构建,后测检验学习效果,总结则巩固知识。

国内外众多高校针对流体力学课程教学改革开展了大量富有成效的尝试。例如,大力推进实践教学[4],让学生在实操中深化对知识的理解与应用;积极探索混合式教学模式[5],融合线上线下教学资源,拓展教学时空维度;深入研究线下教学模式[6],不断优化传统课堂教学流程。相关研究[7]明确指出,BOPPPS 模式能够有力推动教师对流体力学教学内容进行全面梳理与深度优化,为教学质量的提升注入新的活力。

2. BOPPPS 教学模式

BOPPPS 教学模型在北美高校广泛采用,已从传统线下教学拓展至线上和混合教学场景。随着智慧教育手段进步,BOPPPS 模型正逐步融入智慧教室环境中。BOPPPS 教学框架包括六个环节,见图 1 所示:① 导入、② 学习目标、③ 前测、④ 参与式学习、⑤ 后测和⑥ 总结。首先,通过与主题紧密相关的故事或问题引导学生进入学习状态,唤起他们的好奇心。接着,确立清晰的学习目标,这些目标应与课程内容紧密相关,且在学生的能力范围之内,以便后续评估学习成果。第三阶段是前测,通过互动式的问答或小测验了解学生的基础知识水平,为调整教学内容提供依据。第四阶段,参与式学习,鼓励学生通过个人或小组活动深入探索知识点。随后的后测阶段通过各种形式的评价方法检验学生对知识的掌握程度。最后,在总结阶段,教师根据后测的反馈帮助学生整合所学知识,并拓展其应用。这一系列设计旨在提升教学效率,增强学生的参与感,并确保学习过程的连贯性。

3. 流体力学教学体系

《流体力学》(少学时)课程的教学内容围绕流体力学的基本理论和应用展开,培养学生在机械制造领域应用流体力学理论的能力,见表 1。课程内容包括以下几个方面:首先,介绍流体力学的研究

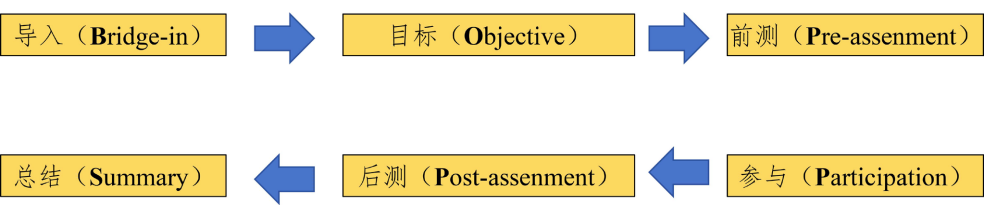


Figure 1. The BOPPPS teaching model
图 1. BOPPPS 教学模型

内容、流体的基本概念(如密度和粘性)以及流体的物理性质，为学生奠定基础。接着，深入讲解静止流体上的力和静压强的概念，包括流体平衡的微分方程、静压强的计算以及平衡流体对壁面的作用力，使学生掌握平衡流体的力学规律及其在液压机械设计中的应用。此外，课程还涵盖流体运动的基本概念，如连续性方程和伯努利方程，以及运动流体的规律和与边界的相互作用，培养学生对流体机械设计与分析的能力。最后，通过雷诺实验等实践教学环节，让学生在实验过程中加深对理论知识的理解，掌握流体运动特性、阻力系数的确定、能量损失计算方法以及管路计算等内容，强化学生的实践操作能力和知识应用能力。

整体而言，课程内容涵盖了流体力学的核心知识体系，从基础概念到复杂应用，通过理论学习和实践操作相结合的方式，使学生能够系统地掌握流体力学的基本原理和方法，并具备将其应用于实际工程问题解决的能力，为后续专业课程的学习和未来的职业发展提供坚实的理论支持和实践基础。

Table 1. Teaching content of “Fluid Mechanics”
表 1. 《流体力学》教学内容

序号	课程模块	核心知识点
1	流体力学绪论	粘性
2	静力学	压强分布；壁面作用力
3	动力学	连续性方程；伯努利方程
4	流体在管路中的应用	层流；湍流

4. BOPPPS 教学模式设计

应用与实践的课程设计和学习组织方面推行问题导向的 BOPPPS 教学设计，以机械制造及其自动化的流体力学相关实例为基础，通过运用流体力学的基本原理，增强学生对流体力学的联系感，通过过程参与调动学生的成就感。具体构建方案如图 2 所示。

4.1. 知识引入(Bridge)

在《流体力学》课程教学的知识引入环节，通过展示与生活中相关的流体力学实际案例，如图 3 所示，如足球、高尔夫球在运动状态，吸引学生的注意力。以足球为例，向学生提出问题：“为什么贝克汉姆能踢出弧线球？这与流体的哪些特性相关？”引发学生的好奇心和思考，让学生认识到流体力学知识在实际生活中的重要性，从而自然地导入课程内容，为后续的学习奠定良好的基础。

4.2. 设定目标(Objective)

结合《流体力学》课程的教学大纲和机械制造专业的人才培养要求，明确本次课程的学习目标。知识目标设定为让学生理解流体的基本概念、静止流体和运动流体的力学规律，熟练掌握连续性方程、

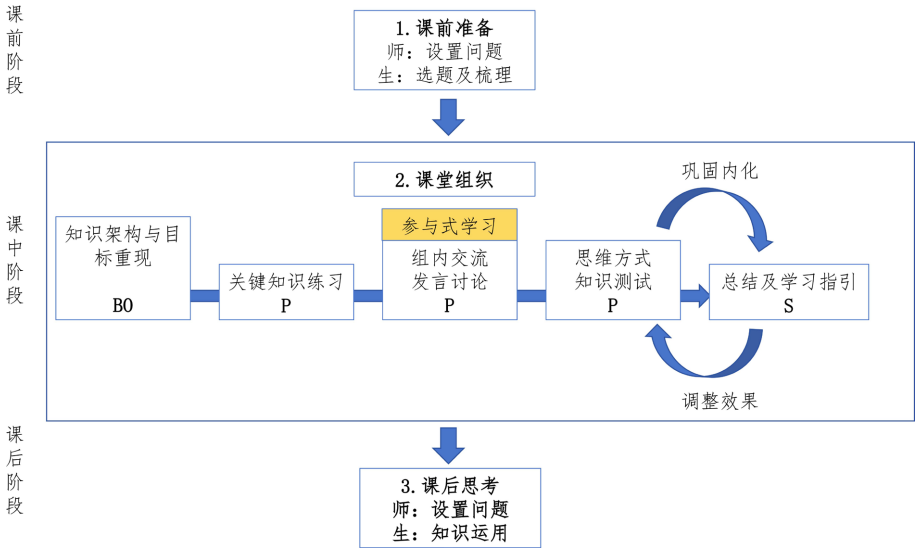
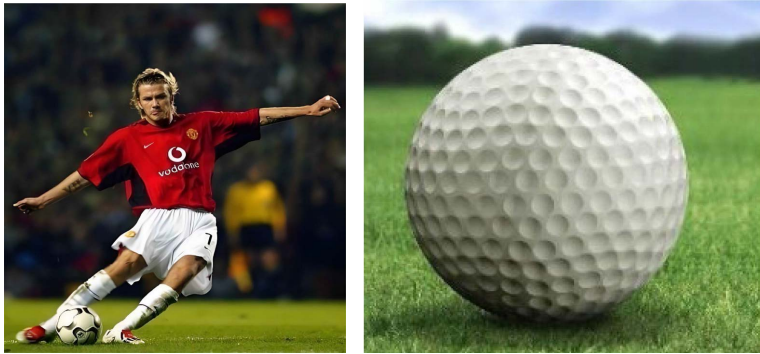


Figure 2. Design of the BOPPPS teaching model

图 2. BOPPPS 教学模式设计



(a) 为什么贝克汉姆能踢出弧线球？ (b) 为什么高尔夫球表面有很多坑？

Figure 3. Knowledge introduction (Bridge)

图 3. 知识引入(Bridge)

伯努利方程等核心公式；能力目标是培养学生运用所学知识分析和解决机械制造领域中简单流体力学问题的能力，如根据给定条件计算液压系统中流体的压力、流量等参数；素养目标则注重培养学生的工程思维和创新意识，使学生在面对实际工程问题时，能够从流体力学的角度进行思考和探索。

4.3. 课前评估(Pre-Assessment)

在《流体力学》课程开启前，教师借助在线问卷与课堂小测验双管齐下，见图 4 所示，全面评估学生基础知识水平。在线问卷围绕流体的基本性质和重要公式设计题目。例如询问“流体的粘性与哪些因素有关”，旨在考察学生对粘性这一核心性质的理解，包括流体自身特性、温度变化对粘性的影响等；“写出牛顿内摩擦定律的表达式”，则是检验学生对该定律公式的记忆情况，这对后续学习流体内部应力分析至关重要。

课堂小测验包含简单计算题与简答题。计算题如“已知某流体的动力粘度、速度梯度，计算流体所受切应力”，考察学生对公式的运用能力；简答题设置为“简述理想流体的特点”，促使学生深入理解理想流体无粘性、不可压缩等关键特征。教师对评估结果进行深入分析，清晰掌握学生对前期知识的掌握

程度。若发现学生在牛顿内摩擦定律应用方面普遍薄弱，便会在后续教学中增加这部分内容的讲解时长，还会调整教学方法，借助实验演示、动画展示等手段，让抽象知识变得直观易懂，以此提升教学的针对性和实效性。

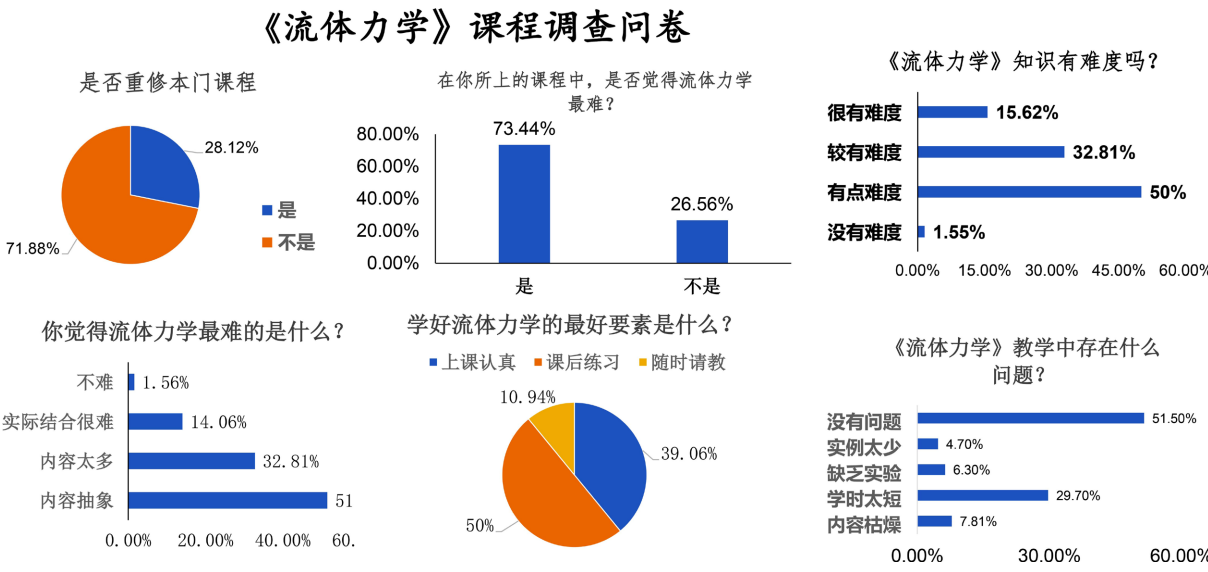


Figure 4. Course learning survey questionnaire
图 4. 课程学习调查问卷

4.4. 参与学习(Participation)

在参与式学习阶段，采用随堂测验讲解的方式，引导学生深入理解知识。以流体动力学中伯努利方程的学习为例，在课堂上进行一次针对性的随堂测验。测验题目紧密围绕伯努利方程的应用与概念设计。例如，给出一段特定管道中流体流动的情境，已知部分位置的流速、压强和高度信息，要求学生运用伯努利方程计算其他位置的未知参数；学生完成测验后，教师并不急于公布答案，而是组织学生分组讨论。小组成员分别负责不同的任务，有的梳理解题思路，有的总结大家在答题过程中出现的错误类型，还有的负责提出疑惑点。在讨论过程中，引导学生思考诸如“为什么在运用伯努利方程时要注意条件限制”“如何判断题目中是否满足这些条件”等问题。

教师在各小组间巡视，适时给予引导和启发。鼓励学生分享自己的解题方法和对知识点的理解，对于有争议的问题，共同探讨解决方案。比如，当学生对伯努利方程中能量守恒的理解出现分歧时，引导学生回顾方程推导过程，从理论根源上寻找答案。通过这种随堂测验讲解的方式，既能强化学生对知识的掌握，又能有效培养学生的团队协作能力和自主学习能力。

4.5. 课下评估(Post-Assessment)

课下借助布置多样化任务，运用 adaboost 决策树模型评估学生对流体力学知识的学习效果。布置书面作业，让学生运用流体力学知识完成相关计算与分析，如依据连续性方程、动量方程和能量方程等，分析流体在不同场景下的流动参数变化。

为了全面评估 BOPPPS 教学模式在《流体力学》课程中的应用效果，收集了以下数据：

- 1) 课后作业(4 次)：4 次课后作业对应表 1 中的知识框架，即绪论、静力学、动力学、流体在管路中的应用。

- 2) 随堂测验(6次): 随堂测验题型由选择题和简单计算题构成, 主要考察学生对基础知识掌握。
- 3) 期末考试: 期末考试内容涵盖了课程的全部知识点, 题型多样, 包括选择题、填空题、判断题、简答题和计算题。其中静力学部分占比 40%, 动力学占比 60%。

对以上数据经过知识点分类: 基本概念(15%)、连续性方程(25%)、动量方程(20%)和能量方程(40%)。将分类后的数据输入 adaboost 决策树模型, 见图 5, 分析学生对不同知识点(基本概念、连续性方程、动量方程、能量方程)的掌握情况, 得出各知识点的特征重要程度排名。

综合以上不同作业、随堂测验和期末考试经 adaboost 决策树模型分析得出的结果, 全面检验学生对流体力学知识的掌握程度与应用能力, 了解学生在基本概念、连续性方程、动量方程、能量方程等方面的学习情况, 为后续教学提供精准参考。

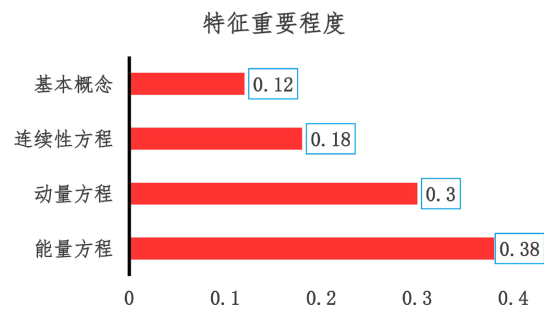


Figure 5. Grade analysis and teaching evaluation
图 5. 成绩分析及教学评估

经过数据分析发现, 对学生知识点掌握情况分析发现, 各知识环节对学生最终成绩影响排名依次为能量方程、动量方程、连续性方程和基本概念。该结果与预期相一致, 能量方程, 即伯努利定理的掌握是该门课程的重点难点, 在题目中不仅反映在基本知识点的考核, 还在大部分应用类型题目中反复出现。

4.6. 课后总结(Summary)

教师根据课下评估的反馈结果, 对课程内容进行总结和归纳。针对学生在作业和项目中出现的问题, 进行集中讲解和答疑, 帮助学生查漏补缺, 加深对知识的理解。同时, 引导学生回顾本次课程所学的重点知识, 如流体的基本概念、重要方程以及在机械制造领域的应用等, 强化学生的记忆。鼓励学生分享自己在学习过程中的收获和体会, 提出对课程教学的建议和意见, 以便教师进一步优化教学过程, 提升教学质量, 为后续课程的学习提供更好的支持。

5. 总结

BOPPPS 教学模式以其在促进学生互动与反馈方面的显著优势, 在全球众多高校广泛应用。它能有效提升学生注意力, 激发参与热情, 增进师生交流。在流体力学教学中, 运用 BOPPPS 教学模式对教学流程进行优化。从知识点导入、明确实验目标, 到课前评估、开展参与式学习, 再到课下考核与课后总结, 充分整合各类教学资源。通过这一系列环节, 着重培育学生知识运用、实践操作能力与创新思维, 为培养卓越工程师筑牢根基。结合流体力学的学科特点, 开发更具吸引力和挑战性的参与式学习活动, 例如: 设计与实际工程问题相关的案例分析活动, 让学生在解决实际问题的过程中加深对理论知识的理解和应用。让学生通过模拟实验直观地观察流体力学现象, 增强学生的实践操作能力和知识应用能力。未来, 我们将继续探索 BOPPPS 模式在其他课程中的应用, 并进一步优化教学活动设计, 提升教学质量。

基金项目

该教改论文由长江师范学院校级教改项目(编号: 010631328)提供资助。

参考文献

- [1] 杨小林, 杨开明, 严敬, 等. 流体力学课程教学改革探析[J]. 高等教育研究, 2006(2): 47-48.
- [2] 阳君, 陈二云, 孙瑾静. 新工科背景下《工程液压流体力学》课程的建设与探索[J]. 百科论坛电子杂志, 2024(1): 97-99.
- [3] 曹丹平, 印兴耀. 加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育改革的启示[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 196-200, 249.
- [4] 李永玲, 王大桂, 张淼, 等. 混合式教学模式下《工程流体力学》课程思政探索与实践[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)教育科学, 2022(6): 4.
- [5] 孙占朋, 卢佳鑫. 基于 OBE 理念的流体力学课程混合式教学实践[J]. 内燃机与配件, 2021(3): 214-215.
- [6] 陈凡, 浮宗霞, 卫慧娟, 等. OBE + 混合式 + 线下 BOPPPS 精讲教学模式实践[J]. 办公自动化, 2021, 26(8): 43-46.
- [7] 李琛, 季晓晖, 靳玲侠, 等. 基于“SCAPE + BOPPPS”的环境工程专业流体力学教学改革研究[J]. 大学教育, 2025(4): 29-32.