

油气储运工程专业基础课程 - 工程流体力学 教学方法的思考与改革

张 威, 黄辉荣, 黄 茜, 刘慧姝, 孟 江

重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

收稿日期: 2025年4月8日; 录用日期: 2025年5月15日; 发布日期: 2025年5月22日

摘 要

油气储运工程专业是一门跨学科领域, 工程流体力学课程在其中具有重要的基础性地位。传统的教学方法过于注重理论知识的传授, 缺乏与实际工程应用的结合, 导致学生在面对复杂的工程问题时缺乏解决方案和创新思维。本文分析了当前教学模式的不足, 并提出了教学改革方案, 主要包括案例教学、实验教学 and 虚拟仿真等手段。通过引入多种教学方式, 旨在提升学生对流体力学理论的理解与应用, 增强其解决实际工程问题的能力。教学改革的理论依据基于建构主义学习理论与认知负荷理论, 同时也结合了混合式学习、翻转课堂和问题导向学习等创新教学模式。通过对《工程流体力学》课程内容的优化和教学方法的改革, 期望能够为油气储运领域培养出具有综合能力的高素质人才。

关键词

油气储运工程, 工程流体力学, 教学改革, 教学模式

Reflection and Reform on Teaching Methods in Engineering Fluid Mechanics in the Basic Course of Oil and Gas Storage and Transportation Engineering

Wei Zhang, Huirong Huang, Qian Huang, Huishu Liu, Jiang Meng

School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: Apr. 8th, 2025; accepted: May 15th, 2025; published: May 22nd, 2025

Abstract

The Oil and Gas Storage and Transportation Engineering program is an interdisciplinary field, and

文章引用: 张威, 黄辉荣, 黄茜, 刘慧姝, 孟江. 油气储运工程专业基础课程-工程流体力学教学方法的思考与改革[J]. 职业教育发展, 2025, 14(5): 224-229. DOI: 10.12677/ve.2025.145219

the fluid mechanics course holds a crucial foundational position within it. Traditional teaching methods focus excessively on the transmission of theoretical knowledge, lacking integration with practical engineering applications. This leads to students being unprepared to solve complex engineering problems and lacking innovative thinking. This paper analyzes the shortcomings of the current teaching model and proposes a teaching reform plan, which primarily includes case-based teaching, experimental teaching, and virtual simulation. By introducing various teaching methods, the aim is to enhance students' understanding and application of fluid mechanics theory and strengthen their ability to solve practical engineering problems. The theoretical foundation of the teaching reform is based on constructivist learning theory and cognitive load theory, while also incorporating innovative teaching models such as blended learning, flipped classrooms, and problem-based learning. Through the optimization of the "Engineering Fluid Mechanics" course content and the reform of teaching methods, it is expected to cultivate high-quality, well-rounded talents with comprehensive abilities for the oil and gas storage and transportation field.

Keywords

Oil and Gas Storage and Transportation Engineering, Engineering Fluid Mechanics, Teaching Reform, Teaching 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

油气储运工程专业作为一门跨学科领域,涵盖了油气资源开采、运输及储存等关键环节,其核心目标是为能源行业培养具备扎实理论基础和卓越实践能力的高素质人才。在这一领域中,工程流体力学作为基础学科,研究液体和气体在管道、处理设备中的流动规律,为油气储运系统的设计、优化和管理提供了重要的理论支撑[1]-[3]。然而,传统的工程流体力学教学主要侧重于理论知识的讲授,较少关注学生实际工程环境中的应用能力,导致学生在面对复杂的工程问题时往往缺乏足够的解决方案和创新思维[4]-[6]。伴随油气行业的快速发展和技术的日新月异,工程流体力学教学急需改革,尤其是要关注将学术知识与实际工程相结合,培养学生的实践能力、分析能力和创新能力。本文通过分析现有教学模式的不足,提出教学改革方案,并通过案例教学、实验教学和虚拟仿真等多种手段,探讨如何提升学生的流体力学应用能力,最终为油气储运领域培养具备综合能力的高素质人才。

2. 课程现状分析

2.1. 工程流体力学课程概况

工程流体力学课程传统的教学模式主要以课堂讲授为主,学生往往面临学习内容抽象、理论知识与实际工程应用脱节的问题。这使得学生在学习过程中难以将所学的理论知识与实际工程中的复杂问题结合,进而形成较大的学习障碍。因此,需要通过改革教学方式,增强理论与实践的联系,帮助学生更好地理解和应用流体力学的基本原理,从而为未来的工程实践打下坚实基础。

2.2. 传统教学方法的弊端

1) 过度理论化,传统课程教学偏重于理论知识的讲解,而忽视了流体力学知识的直观性和应用性。具体表现为:① 内容抽象难懂,流体力学涉及大量数学公式和物理概念,传统的教学方式通常以公式推

导为主, 缺乏对物理意义的深入解释, 导致学生难以理解公式背后的实际意义; ② 缺乏直观性, 流体力学中的许多现象需要通过实验或仿真才能直观展示, 但传统课堂主要以板书或幻灯片讲解为主, 学生难以形成直观的认识; ③ 忽视应用背景, 在讲解理论时, 教师往往未能将理论与油气储运工程的实际问题结合, 导致学生无法理解这些理论在工程中的具体应用场景。

2) 学习积极性差, 由于传统教学方法以单向灌输为主, 学生的学习积极性普遍较低, 具体表现为:

① 课堂参与度低, 传统课堂以教师讲授为主, 学生被动接受知识, 缺乏互动和讨论的机会; ② 学习兴趣不足, 流体力学本身是一门较为抽象的学科, 如果缺乏生动的教学手段, 学生很难对课程内容产生兴趣; ③ 考核方式单一, 传统考核方式主要以笔试为主, 侧重于理论知识的记忆和公式的套用, 而忽视了对学生实际应用能力的考察。

3) 传统教学方法往往存在理论与实际工程脱节的问题, 具体表现为: ① 缺乏工程案例: 在课堂教学中, 教师通常以理想化的模型为例进行讲解, 而忽略了实际工程中的复杂性和多样性。② 忽视实际问题: 传统教学很少涉及油气储运工程中的实际问题, 学生虽然掌握了理论知识, 却不知道如何将其应用于实际问题的解决; ③ 实践环节不足, 传统教学往往以理论讲授为主, 实验和实践环节较少。即使有实验课, 也多为验证性实验, 学生只需按步骤操作即可, 缺乏对实验设计和结果分析的深入思考。

3. 教学改革的理论依据

教学改革的有效性需要建立在坚实的教育学与心理学理论基础之上。通过结合现代教育理论和认知科学的研究成果, 可以为《工程流体力学》课程的教学改革提供科学依据和指导方向。以下从建构主义学习理论和认知负荷理论两个方面, 详细阐述其支持教学改革的理论依据。

3.1. 教育学与心理学理论支持

3.1.1. 建构主义学习理论

建构主义学习理论强调学习是一个主动建构知识的过程, 而非被动接受信息的过程。在《工程流体力学》的教学中, 建构主义学习理论为教学改革提供了以下指导: ① 以学生为中心, 建构主义强调学生的主体性, 主张通过问题导向学习、项目驱动学习等方式, 激发学生的主动性和创造性; 例如, 在讲解管道流动模型时, 可以设计一个实际的油气输送问题, 让学生通过小组合作、查阅资料、分析计算等方式, 自主探索解决方案。② 知识的情境化, 建构主义认为, 知识的意义来源于其应用情境, 例如, 在讲解伯努利方程时, 可以通过分析油气管道的压力分布问题, 帮助学生理解方程的实际意义, 而非仅仅停留在公式推导层面。因此, 流体力学教学应注重将理论知识与实际工程问题结合; ③ 合作学习, 建构主义提倡通过合作学习促进知识的建构。在流体力学教学中, 可以组织学生进行小组讨论、实验合作等活动, 通过同伴之间的交流与协作, 深化对知识的理解, 在流体力学教学中, 可以组织学生进行小组讨论、实验合作等活动, 通过同伴之间的交流与协作, 深化对知识的理解。

3.1.2. 认知负荷理论

认知负荷理论由 John Sweller [7]提出, 该理论认为, 学习者在处理信息时, 其工作记忆的容量是有限的。如果学习任务的设计超出了学生的认知负荷, 就会影响学习效果。在《工程流体力学》的教学中, 认知负荷理论为教学改革提供了以下启示: ① 分层次教学, 流体力学涉及大量复杂的理论和公式, 如果一次性向学生灌输过多信息, 容易导致认知超载。因此, 课程设计应遵循分层次、循序渐进的原则。以流体动力学为例, 首先教师可以从最基础的概念入手, 比如理想流体模型。通过简单的无粘性流体模型介绍流体的基本特性, 诸如连续性方程、伯努利方程等基本概念, 帮助学生建立对流体力学的初步理解。随后, 教师逐步引入粘性流体的概念, 分析其与理想流体的区别, 介绍流体的内摩擦力和黏性系数。接

下来,可以讲解层流与湍流,并通过实验或数值模拟演示流动模式的转变。最后,再深入到湍流模型的讲解,涉及雷诺数等复杂概念。这种分层次教学方式有助于学生逐步掌握流体力学的基本原理,同时避免了在一开始就用过多复杂概念轰炸学生,从而减轻了学生的认知负荷;② 较少外在认知负荷,在流体力学教学中,应避免使用过于复杂的公式推导或冗长的理论讲解,而应通过图表、动画、实验等直观手段,帮助学生降低理解难度;在讲解层流与湍流时,如果仅仅通过文字或复杂的公式推导来讲解,学生容易感到困惑,甚至无法有效理解流动模式的变化。此时,教师可以通过实验演示或者数值模拟软件(如 ANSYS Fluent)展示流体的流动现象。通过动态演示,学生可以直观地看到不同流动状态下的流体行为,增强对流动模式的理解。例如,教师可以先使用水槽实验模拟流体的层流和湍流状态,直观地展示流体在不同流速下的变化,再利用模拟软件让学生观察和分析计算机生成的流场图。通过这种方式,学生不仅能通过观察现象理解理论,还能通过软件的操作进一步加深理解;③ 促进知识的内化,在流体力学教学中,可以通过案例分析、实验操作等方式,将抽象的理论转化为具体的应用场景。例如,在讲解压力损失计算时,可以结合实际的油气管道设计案例,帮助学生理解如何将理论公式应用于工程实践。例如,在一个油气管道设计项目中,学生需要根据不同的流速、管道直径、管道长度等因素计算压力损失。通过这种任务驱动的案例分析,学生不仅能更好地理解压力损失计算的步骤和原理,还能学习如何在实际工程中应用这些理论。此外,学生还可以通过实际计算和模拟软件进行压力损失分析,使得理论与实践更加紧密结合,进一步促进知识的内化。通过反复练习和应用,学生能够将抽象的流体力学公式转化为实际问题解决的工具。

3.2. 教学模式改革理论

1) 混合式学习模式是一种将线上学习与线下课堂教学有机结合的教学方法,旨在充分发挥两种学习方式的优势。在《工程流体力学》课程中,学生可以通过在线学习平台自主学习流体力学的基础理论知识,线下课堂则侧重于知识的应用与实践。教师可以设计课堂活动,如案例分析、小组讨论、实验操作等,帮助学生将理论知识转化为实际应用能力。

2) 翻转课堂是一种颠覆传统教学结构的创新教学模式。在《工程流体力学》课程中,学生首先通过在线平台自学理论知识,完成课前预习任务。课堂时间则主要用于互动讨论、实践操作和问题解决。通过这种方式,学生不仅能够更深入地理解理论知识,还能培养独立思考和团队协作的能力。翻转课堂模式特别适合流体力学这类理论与实践并重的课程,因为它能够让学生在课堂上更加灵活地应用所学知识,而不是仅仅记忆公式和理论。

3) 问题导向学习是一种以问题为核心的教学方法,强调通过解决实际问题来促进学生的学习。在《工程流体力学》课程中,教师可以引入真实的工程问题,如管道输送优化、储罐设计、泵站运行效率提升等,作为教学案例。例如,在学习流体力学中的能量方程时,教师可以提出一个实际问题:“如何优化某输油管道的泵站布局以降低能耗?”学生通过小组讨论和团队合作,分析问题背景、收集相关数据、应用理论知识进行计算,并提出解决方案。在这个过程中,学生不仅需要运用流体力学知识,还需要结合工程实际,考虑经济性、安全性和可操作性等因素。

4. 教学改革实践与方法

4.1. 课程内容的优化与更新

1) 课程模块重构:为了适应油气储运行业对高素质工程人才的需求,课程内容应从传统的以理论为主的教学模式转向理论与实践紧密结合的多维度教学模式。通过对《工程流体力学》课程模块的重新设计,可以将其划分为以下三个层次:基础模块:课程将涵盖流体力学的基本理论和原理,提供学生理解

流体行为的核心框架。首先,流体静力学将帮助学生理解静止流体中的压力分布与浮力现象,为处理储罐和管道中的流体压力问题提供基础。流体动力学进一步引导学生深入研究流体的运动规律,涉及速度场、加速度场等内容,这对理解油气输送过程中的流动至关重要。连续性方程则为流体的质量守恒提供理论支持,特别是管道输送、储罐装卸等过程中的流量变化。而伯努利方程和动量方程则帮助学生理解流体能量转换和动量变化,掌握如何在工程中应用这些原理来进行压力损失和流量优化分析。通过这一层次的学习,学生将获得处理复杂流体问题所必需的理论基础,确保他们能够在后续的应用和先进技术模块中,针对实际问题提出科学合理的解决方案。应用模块则专注于如何将基础理论与油气储运工程中的实际问题相结合,培养学生的工程实践能力。课程内容将覆盖油气管道设计、储罐设计及流体流动优化等工程实践问题。在油气管道设计中,学生将学习如何应用流体动力学和连续性方程分析管道流动,设计管道的布局和流量控制方案,确保流体运输的高效和安全。而在储罐设计中,学生将研究流体晃动和液体的波动问题,运用伯努利方程和动量方程来优化储罐的结构设计,减少内外压力变化带来的风险。通过对实际流动问题的分析,学生还将学会如何利用流体力学原理进行流动优化设计,例如管道中的流速调节、压力平衡调控等,以提高输送效率和系统的稳定性。该模块侧重于将基础理论应用于油气储运工程中的实际问题。先进模块:课程将引入当前行业中的前沿技术与工具,帮助学生掌握最新的流体力学应用。计算流体力学(CFD)作为该模块的核心内容,学生将学习如何使用 CFD 软件对复杂流动现象进行建模与模拟。通过 CFD,学生能够分析油气管道中的湍流流动、储罐中的流体晃动等复杂现象,进而优化设计方案,降低系统损耗。例如,学生可以模拟管道中湍流的分布,进而调整管道的粗糙度或流速,以减少不必要的能量损失。此外,流动优化设计将引导学生如何利用 CFD 技术对系统进行多种方案的对比分析,以确定最佳设计路径,既能提高流动效率,又能降低成本并确保安全。

2) 案例引入:案例教学是连接理论与实践的桥梁,能够有效提升学生的学习兴趣和应用能力。通过引入来自油气储运领域的实际案例,学生不仅能够激发学习兴趣,还能够在实践中培养出独立分析和解决问题的能力。例如,在涉及储罐设计的案例中,某储油罐在进油过程中出现了显著的流体晃动现象,造成罐体结构受到额外应力,这种现象不仅影响了储罐的稳定性,还可能导致严重的安全隐患。这个问题为学生提供了一个典型的流体力学应用场景,学生可以通过分析流体的波动特性,运用流体力学中的波动理论来探讨流体晃动的原因,找出其产生的根本原因。这一过程不仅帮助学生将流体力学的基础理论与实际问题相结合,还能够让他们学会如何运用伯努利方程、动量方程等流体力学原理分析流体在储罐中的运动状态,进而提出改进措施。

学生通过这一案例,可以深入理解流体的运动特性与结构安全之间的关系,掌握如何通过设计优化来减少储罐内流体的波动。例如,应用波动理论中的共振原理,学生可以分析储罐在不同流速、液位等条件下的共振情况,进一步优化进油方式或改进储罐的内部结构,减少液体波动对罐体的冲击。此外,学生还可以探索如何利用不同的结构设计,比如设置隔板或防波装置来稳定储罐内的流体,从而减少对储罐结构的损害。

4.2. 教学方法的改革

1) 通过将实际的油气流体力学问题引入课堂,鼓励学生分析和解决这些问题。在课堂教学中,可以通过引入实际的油气流体力学问题,激发学生的学习兴趣并培养其解决实际工程问题的能力。例如,可以设计以下案例:① 压降与能量损失计算:通过实际案例,教授学生如何计算流体在管道中的压降和能量损失,分析影响压降的因素(如流体粘度、管道粗糙度、流速等);② 湍流问题:探讨输油管道中湍流的成因及其对输送效率的影响,介绍如何通过优化管道设计或使用湍流抑制装置来减少湍流的影响。

2) 虚拟仿真教学:借助 CFD(计算流体力学)仿真软件,学生可以在虚拟环境中进行流体流动的模拟

实验。这种方式能够让学生理解不同流体流动状态下的变化规律,增强其动手能力和实际应用能力。通过模拟不同工况下的流动情况,学生不仅能学到理论,还能掌握实际的工程分析技巧。具体实施方式包括:① 基础流动模拟:让学生模拟层流、湍流等不同流动状态,观察流速分布、压力变化等规律,并与理论计算结果进行对比;② 可视化教学:利用 CFD 软件的可视化功能,将抽象的流体力学概念转化为直观的图像和动画,帮助学生更好地理解流动现象。

3) 小组讨论与合作学习:鼓励学生进行小组合作,针对具体问题进行讨论和方案设计。这不仅能培养学生的团队协作能力,还能促使学生更深入地理解流体力学的应用。① 问题导向学习:将学生分成小组,每组分配一个具体的工程问题,要求小组通过讨论、查阅资料、模拟实验等方式提出解决方案。② 案例分析与展示:每组选择一个实际工程案例进行分析,并在课堂上展示其解决方案,其他小组和教师进行点评和提问,促进知识共享和深入思考。

5. 结论

流体力学作为油气储运工程中的核心学科,对于培养学生的工程实践能力至关重要。传统的教学方法已经难以满足当前教育需求,尤其是在将理论与实践相结合方面存在明显的不足。通过教学改革,可以有效地提高学生的学习兴趣和实践能力。引入案例教学、虚拟仿真、翻转课堂等教学方式,能够让学生在解决实际工程问题时更加得心应手,同时促进学生的创新思维和团队合作精神。未来,教学内容应更加贴合油气储运工程的实际需求,课程设计要注重理论与实际的结合,培养学生的综合素质。通过这些改革,能够为油气储运工程领域输送更多具备高水平工程能力的专业人才,推动油气行业的蓬勃发展。

参考文献

- [1] 黄睿,虞育杰,尹建勇. 工程流体力学课程的线上线下混合式教学改革与实践[J]. 科教文汇, 2022(16): 55-57.
- [2] 张玉明,杨利,陈建义. 工程流体力学线上教学的探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2020(51): 231-233.
- [3] 兰景岩,莫红艳,曹振中. 工程教育专业认证背景下少学时流体力学教学改革探索与实践[J]. 高教论坛, 2021(4): 34-37.
- [4] 陈凡,别文博,王雪晴. 基于“三位一体”的“工程流体力学”课程教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2024(16): 67-70.
- [5] 汪靓,王玉琳. “双一流”建设背景下工程流体力学教学改革探索和创新[J]. 创新创业理论与实践, 2024, 7(9): 31-33.
- [6] 李雅侠,车帅,战洪仁,等. OBE 理念下“工程流体力学”课程教学改革与实践[J]. 化工时刊, 2024, 38(2): 71-73, 104.
- [7] Sweller, J., Van Merriënboer, J.J.G. and Paas, F. (2019) Cognitive Load Theory: Implications for Learning of Complex Cognitive Tasks. *Educational Psychology Review*, 31, 234-267.