

小趣味与大工程双向驱动的流体力学课程教学改革探讨

高国强 李洪周 李琪琪 宋志文 戴巨川

湖南科技大学 机电工程学院, 中国·湖南 湘潭 411201

摘要: 流体力学是机械、力学、能源等工科专业的核心基础课程, 其教学质量直接影响学生解决复杂工程问题潜质的培养。本文以流体趣味现象为引导, 解析现象背后的流体力学基本原理激发学习兴趣; 以蕴含专业特色的工程案例库为牵引, 阐释工程装备设计与运维中流体力学的魅力; 借助实验、科技竞赛、工程项目开展交互式创新训练, 强化实践能力培养, 将流体力学理论教学转化为兼具趣味性与实践性的专业能力培养过程。

关键词: 流体力学; 趣味教学; 工程驱动; 交互式创新训练

Exploration of Teaching Reform in Fluid Mechanics: A Bidirectional Drive by Minor Fun and Major Engineering

Gao Guoqiang, Li Hongzhou, Li Qiqi, Song Zhiwen, Dai Juchuan

School of Mechanical Engineering, Hunan University of Science and Technology, China Hunan Xiangtan 411201

Abstract: Fluid mechanics is a core foundational course for engineering disciplines such as mechanical, mechanical engineering, and energy. The quality of its teaching directly impacts the cultivation of students' potential to solve complex engineering problems. This paper uses intriguing fluid phenomena as a guide to analyze the underlying principles of fluid mechanics, sparking learning interest. By leveraging a professional case library that embodies engineering characteristics, it elucidates the appeal of fluid mechanics in the design and operation of engineering equipment. Through interactive innovation training involving experiments, science and technology competitions, and engineering projects, it enhances practical skills development, transforming theoretical fluid mechanics instruction into a process of professional competence cultivation that combines both engagement and practical application.

Keywords: Fluid mechanics; Engaging teaching; Engineering-driven; Interactive innovative training

0 引言

面向建设航空强国、海洋强国以及“30·60”双碳目标等国家重大战略需求, 流体力学在航空航天、海洋资源开发、可再生能源、新能源、生物医药等领域发挥重要作用, 其应用场景涵盖大飞机空气动力学分析、潜艇声隐身特性分析、大兆瓦浮式风电机组流-浪-风-固耦合效应分析、锂电池热管理等。相关领域内科技的发展与产品的迭代升级, 极大地推动了流体力学学科的进步。作为力学、机械、能源动力、海洋工程、航空航天等学科专业的核心专业基础课程, 流体力学课程涵盖了理论与工程流体力学的核心原理、基本方法及其工程应用等内容^[1]。然而, 该课程知识涵盖面广, 涉及知识点多, 理论性强且推导过程冗长, 导致学生学习兴趣难以持续保持; 其授课内容主要聚焦于流体力学原理与方法, 教材中的工程案例多集中于工业管道、风机等经典实例, 应用案例前沿性和新颖性不足, 与各学科专业特色关联度也有待加强; 课内课外工

程创新实践能力培养与训练机会有限, 现有实践项目多涉及非定常流、三维湍流等高复杂度问题, 若不借助相关专业软件则难以求解, 致使实践训练的起点过高, 学生难以深入理解流体力学基本原理与方法背后的物理意义与工程价值。为此, 本文引入流体趣味现象, 通过解析现象背后的基本原理, 并紧密结合学科专业特色及相关领域研究前沿, 挖掘一批特色鲜明、难度适中的工程案例, 并以此开展工程创新实践能力培养, 改进教学方法, 提升教学质量(图1)。



图1 流体力学课程教学改革探索

1 流体力学教学现状与存在的问题

流体力学作为力学重要分支,是机械、能源动力、海洋工程、航空航天等学科的核心专业基础课程,其理论体系涵盖流体性质、流体静力学、流体动力学、流动阻力和能量损失等内容,旨在培养学生分析和解决流体力学工程问题的基本能力。具体而言,学生需掌握基于流体基本力学定律的微分建模与分析方法,能够应用质量、动量、能量守恒方程,结合流体仿真软件,解决稍复杂机械结构与装备的流体仿真计算问题。然而,当前教学面临多重挑战:一方面,课程知识体系广博、涉及知识点众多,但教学课时相对有限;课程理论性强且推导过程冗长,要求学生熟练掌握理论力学、高等数学、材料力学等前置知识,学生薄弱的基础与课程的深度要求形成矛盾,导致其在理解抽象概念(如空间点、流线)、掌握公式推导及灵活运用知识点方面存在较大困难,难以有效调动学习兴趣,学习积极性普遍不高。另一方面,现有教材中的工程案例多集中于工业管道等传统领域,未能有效结合学校学科专业特色,缺乏前沿性和新颖性,案例的吸引力和独特性不足,易使学生感到枯燥乏味,进一步削弱学习兴趣和主动性,导致其在解决复杂工程问题时,于抽象概括、假设简化、数学建模等环节能力捉襟见肘,整体教学效果欠佳,课程教学目标难以实现。此外,由于复杂工程问题结构复杂、服役工况多样,科学分析其流体运动特征的难度大,实践训练的起点较高,课内开展工程实践与创新训练的机会有限,学生缺乏足够的实践机会锻炼综合分析能力、知识应用能力及创新能力,致使教学大纲目标达成度不高。

2 小趣味与大工程双向驱动课程教学设计

2.1 小趣味引导式课程教学设计

孔子曰“知之者不如好之者,好之者不如乐之者”(《孔子·论语》雍也篇),学习的最大动力源自兴趣,增强课堂的趣味性,削弱公式推导过程中的枯燥乏味,需要充分挖掘生活中常见的趣味流体力学现象,引入丰富案例,引导学生感受流体力学的自然之美。古人计时工具漏壶利用水通过播水壶小孔流入受水壶,带动刻度立箭上升指示时间,其本质是伯努利方程的应用^[2];蒲公英种子能远距离飞行,因其伞状毛束在周围形成独特的环形气泡漩涡,增加空气阻力从而减缓下降速度^[3];表面凹凸的高尔夫球飞行距离远超光滑球体,与应用固体力学中摩擦学原理进行分析的结果完全不同,原因在于光滑球体在空气中运动时,球体表面逆压梯度导致大气回流形成漩涡产生巨大的形体阻力,而小凹坑能推迟边界层分离点,显著减小形体

阻力^[4]。课程教学中通过引入此类趣味实例创设情境,借助视频、图片等形式重现现象,引导学生思考、提炼原理、总结规律,构建“聆听—质疑—解惑—实践”的引导式教学模式,激发学生主动探索新知识的兴趣,并培养其思考与探索问题的能力。

2.2 大工程启发式课程教学设计

孟子曰“君子引而不发,跃如也”(《孟子·尽心上》),道出启发式教学作为古往今来普遍遵循的永恒教学原则。案例教学作为一种行之有效的启发式手段,广泛应用于各教育领域。对于以理解和掌握流体力学基本原理及方法为核心的课程,结合我校在海洋工程、新能源及工程车辆等领域的研究特色,引入具有前沿性、新颖性和代表性的实际工程案例,能够深化学生理解、激发学习兴趣并引发深入反思。如:“海牛”号钻机深海采样中的受力分析与静压强分布规律及应用^[5]、风电机组风轮速度计算与能量方程应用^[6]、方程式赛车升阻力分析计算与动量方程应用^[7],以及特斯拉阀门设计与沿程损失计算^[8]。课程教学中针对典型工程案例库,解析关键技术中涉及的流体力学理论,构建“项目需求—科学问题—关键技术”的启发式教学模式,启发学生自主思考、探索流体力学规律与原理,并引导其结合相关文献在课中进行研讨,以激发学习热情,提升学生参与科学研究的兴趣。

2.3 交互式课程创新实践训练

荀子曰“不登高山,不知天之高也;不临深溪,不知地之厚也”(《荀子·劝学》),深刻阐明了实践对于认知的重要性。创新实践训练是打通流体力学抽象的力学原理与专业课程有效产出的通道。充分利用学校学科教学科研平台,复现流体力学趣味现象,如利用学科流体实验室开展雷诺实验,可视化直接感受层流到湍流转捩的魅力。借助 Fluent 等流体动力学软件模拟流动状态并分析物体受力,深化学生对压力计算、动量定理等知识的理解,如大型风电机组风能捕获模拟。鼓励学生应用流体力学知识进行机械结构创新设计或比例模型制作,如针对风电叶片表面粗糙度影响发电效率的问题,开发叶片表面清理装置,并积极参与全国大学生节能减排大赛等科技竞赛。支持学生申报校级、省级科研创新项目,或加入教师在研课题,科学分析工程问题中的流体行为,通过与课题团队(教师、研究生等)的协作研讨,训练分析、解决问题的科学思维。通过上述多角度、多途径的创新实践训练,在认知层面上有效打破“方程恐惧症”,在技术层面为应对复杂工程实践问题奠定坚实基础。

3 结语

针对流体力学理论教学中存在的学生学习兴趣不高、教材案例新颖性不足、实践创新训练机会有限等问题,本文从教学方法、教学内容与实践训练三个方面,探索课程教学模式改革,通过引入趣味流体现象并解析其背后的基本原理,开展小趣味引导式课程教学;依托学校学科特色,构建新颖独特的大工程案例库,启发学生自主探索流体力学规律;结合教学科研实验室、虚拟仿真平台、科技竞赛等,多角度、多途径开展交互式创新实践训练,提升教学质量与人才培养成效。

参考文献:

- [1] 玄伟伟, 罗春欢, 任玲等. 工程认证背景下“工程流体力学”案例型教学探索 [J]. 高等工程教育研究, 2023, 122-5.
- [2] 王瑾, 文小青, 李文华等. 基础实验试题 A-1: 水钟计时 [J]. 物理实验, 2022, 42: 29-33+47.
- [3] CUMMINS C, SEALE M, MACENTE A, et al. A separated vortex ring underlies the flight of the dandelion [J]. Nature, 2018, 562(7727).
- [4] 宋梁成, 杨春晖, 彭文朝等. 化工原理教学中的球类运动探讨——流体流动中的趣味性教学案例 [J]. 化工高等教育, 2022, 39: 148-52.
- [5] 万步炎, 彭奋飞, 金永平等. 深海海底钻机钻探技术现状与发展趋势 [J]. 机械工程学报, 2024, 60: 385-402.
- [6] 李建军, 岳文辉, 高国强. 计及几何和工程约束的风电叶片气动与结构特性分析 [J]. 太阳能学报, 2023, 44: 375-81.
- [7] 查云飞, 石小山, 吴昊等. 基于主动倾斜式尾翼的车辆气动特性研究 [J]. 汽车工程, 2023, 45: 489-500.
- [8] 石家百, 兰忠, 马学虎. 超 / 亚临界流体在反流式特斯拉阀中的压降分析 [J]. 高校化学工程学报, 2024, 38(05): 703-13.
- 基金项目: 湖南省普通高等学校教学改革研究项目 (HNJG-2022-0784)。
- 作者简介: 高国强 (1986-), 男, 博士研究生, 副教授, 研究兴趣为流体动力学。