

工程教育认证背景下石油工程专业 “工程流体力学”课程案例库建设

万立夫¹, 白秋梅², 李 猛¹, 陈中华¹

¹重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

²重庆机电职业技术大学电气与电子工程学院, 重庆

收稿日期: 2024年8月6日; 录用日期: 2024年9月12日; 发布日期: 2024年9月20日

摘 要

最新修订的工程教育认证标准对学生工程问题分析和解决问题的能力提出了更高的要求。“工程流体力学”作为石油工程类专业的核心课程, 在实现学生综合能力培养中占据重要地位。深刻认识案例库建设在工程教育认证培养目标达成的重要性, 剖析该课程的教学现状, 针对石油工程专业背景创新案例库建设思路, 探索教学全过程融入案例式教学的新方式, 可为培养新时代石油人才、其他高校石油工程专业开展课程案例教学提供有益借鉴与参考。

关键词

工程教育认证, 石油工程, 工程流体力学, 案例库

Construction of Case Base for “Engineering Fluid Mechanics” Course in Petroleum Engineering under the Background of Engineering Education Accreditation

Lifu Wan¹, Qiumei Bai², Meng Li¹, Zhonghua Chen¹

¹School of Petroleum Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

²School of Electrical and Electronic Engineering, Chongqing Vocational and Technical University of Mechatronics, Chongqing

Received: Aug. 6th, 2024; accepted: Sep. 12th, 2024; published: Sep. 20th, 2024

文章引用: 万立夫, 白秋梅, 李猛, 陈中华. 工程教育认证背景下石油工程专业“工程流体力学”课程案例库建设[J]. 创新教育研究, 2024, 12(9): 571-579. DOI: 10.12677/ces.2024.129661

Abstract

The latest revised engineering education accreditation standards have put forward higher requirements for students' ability to analyze and solve engineering problems. As a core course in petroleum engineering majors, "Engineering Fluid Mechanics" plays an important role in cultivating students' comprehensive abilities. Deeply understanding the importance of case base construction in achieving the certification and training objectives of engineering education, analyzing the teaching status of this course, innovating the construction ideas of case base based on the background of petroleum engineering major, exploring new ways of integrating case-based teaching into the entire teaching process, can provide useful reference and guidance for cultivating petroleum talents in the new era and for other universities to carry out course case teaching in petroleum engineering major.

Keywords

Engineering Education Accreditation, Petroleum Engineering, Engineering Fluid Mechanics, Case Base

Copyright © 2024 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

工程教育认证 OBE (Outcome-Based Education) 理念是一种以学习结果为导向的教育模式。它将学生的学习成果和能力作为评估的中心, 强调学生的实际应用能力和解决问题的能力。它认为学生应该通过完成具体任务或项目来展示他们所学的知识 and 技能。这是高等教育工程观的重要转变, 要求高校将培养应用型工程人才作为重点。2024 年, 中国工程教育认证协会对工程教育认证标准进行了最新修订[1]。将第 2 条“问题分析: 能够运用数学、自然科学和工程科学基本原理, 识别表达并通过文献研究分析复杂工程问题, 以获得有效结论”中的“基本原理”修改为“第一性原理”, 强调工程问题分析和解决方案的原创性, 较之从前要求又提升到了新的高度。

工程流体力学作为本校石油工程专业必修的一门重要专业基础课程, 是衔接基础课程和专业课程的桥梁和纽带。在培养学生创造性思维、理论分析能力和工程实践能力方面占有重要的地位。本课程的主要任务是通过课堂教学、实验教学等环节培养学生的理论分析能力和工程实践能力, 使学生掌握流体力学的基本原理和分析方法; 掌握工程流体力学静力学、运动学和静力学的基本理论; 掌握管路水动力学基础及非牛顿流体的基本知识。通过学习, 学生能够将工程流体力学的基本原理和分析方法应用到解决工程实际的复杂流动问题中, 提高分析和解决工程实际问题的能力。

如何在工程教育认证提出新要求前提下, 通过革新教学方法与手段, 实现工程流体力学的教学任务和目标, 在掌握工程流体力学基础理论的基础前提下, 培养石油工程专业学生解决油气开发中涉及的钻井、采油工程问题分析和解决能力, 是石油工程专业工程流体力学教育工作者应该认真思索的问题。

2. 案例库建设的必要性

目前国内高校已对工程流体力学进行多种行之有效的教育教学改革[2]-[4], 如翻转课堂、慕课、微课

等,一定程度上丰富了教学方法,但目前这些教学方法受限于学时、学情等方面的局限性,只是作为课程教学的有益补充,以教师为主导的单向传授方式未得到根本上的改变。

传统的以教师为主导的单向授课方式注重基本概念的讲解和公式的推导,学生参与度不够,学习动力不足。究其原因,一方面是由于该课程理论性较强,抽象概念及数学公式演绎推导多。大量的推导过程又让学生感到枯燥乏味,脉络混淆。教学中涉及企业生产和技术研发中的实际问题不够,学生学习过程中对所学知识点不能够消理解,不知相关知识点的用途,逐渐失去了学习兴趣。一方面是有限的学时使得教师在教学内容分配上顾此失彼,涉及工程应用的教学内容无法展开,学生认识不到课程在专业学习中发挥的重要作用,很多学生学习课程仅仅是为了通过考核,缺少学习动力。学生利用流体力学分析和解决石油工程实际生产问题的能力得不到培养,无法真正意义上达到工程教育认证的培养目标,不利于学生创造性思维的培养。因此,亟需引入案例教学对培养目标进行支撑。

案例是指具有现实指导意义和教学借鉴意义的代表性事件或现象,属于混合型、综合性、知识内容相对完整的模块式教学资源[5]。教学案例是对教学过程的一个实际情境的描绘,其有效运用,需要有案例库提供支持,建设教学案例库是推广案例教学法的有效支撑。案例型教学模式最早由哈佛法学院开始使用,至今已被各国在不同学科内进行理论和实践方面的探索[6][7]。其中关键的是要找到课程知识点相关能够辅助教学的案例库。在课程案例库建设上要注重找到课程主要知识点与学科方向、与工程应用技术的结合点。

此外,通过对近些年本科教学实践中选用的教材进行了对比分析可知:孔珑主编的《工程流体力学(第四版)》[8]具有完整的知识理论体系,适用于能源动力类专业及相近专业,通用性较强,但较少涉及石油工程应用方面的内容。目前选用的杨树人编著的《工程流体力学(第二版)》[9]、袁恩熙编著的《工程流体力学》[10]均为石油工业出版社出版,具有较为浓厚的石油石化特色,书中结合了流体力学学科与石油工程、油气储运工程等石油相关专业背景,在文中例题及课后习题中对油田生产实际中的流体力学问题有所涉及,提高了学生分析问题和解决问题的能力。

在工程教育认证中认为学生应该通过完成具体任务或项目来展示他们所学的知识 and 技能。按照这一要求,本文提出在“工程流体力学”课程教学中推行案例型课堂教学改革。通过建设工程流体力学案例库、优化教学内容,达到工程专业认证的培养目标。培养学生的热情,调动学生积极性,提高学生分析问题和解决问题的能力。

3. 案例库建设总体思路

根据学校石油工程专业本科生培养方案,学生在学习工程流体力学课程是在大二的下学期,这一阶段,专业课还未开展学习,缺乏对石油工程的系统内容了解,更不了解工程流体力学与后续专业课之间的关系,学生热情不高。这就需要教师积极改进教学方法,根据建立的案例库,将案例巧妙地融合在教学过程中,形象生动地渗透专业知识,这样的案例式教学使学生在“润物细无声”中了解专业知识,提高了学生的学习兴趣,在学习中切实体会到工程流体力学在专业学习中的重要地位。

案例库建设是基于“思、学、用、拓”的理念,靠“思”发现问题、靠“学”建立方法、靠“用”解决问题,靠“拓”拓宽视野,创新思想,形成一个逐步递进、环环相扣又紧密衔接的系统,将案例渗透于整个过程,能够提升学习兴趣,提高知识内化效果,从而培养学生分析和解决实际工程问题的能力,达到工程教育认证的培养目标[6]。

案例教学是以石油工程中的科研和工程问题为背景,将流体力学教学知识点融入工程案例,通过教师和学生案例的共同分析和讨论,逐步引出问题中所包含的流体力学知识。这一教学方法,不仅可以吸引学生的学习兴趣,还能培养学生的科研和创新能力。

4. 案例库建设与运用

根据多年的教学经验,笔者将案例库资源建设分成五个阶段:1)调研国内外专业书籍、文献并结合自身的研究课题,搜集工程实践和科研课题中关于工程应用特别是钻井工程、采油工程等石油工程中涉及到流体力学计算与分析问题;2)将搜集得到的案例素材按照流体力学知识点进行归类,并划分模块;3)对案例素材模块进行整合、精简,根据教师对案例素材的判断以及应用后学生的反馈进行筛选。遵从“从实践中来,到实践中去”的原则。按照案例的格式规范编辑案例初稿,形成案例库;4)选取适当的案例添加到相应的教学章节,改进教学方法,通过教学设计实施案例教学;5)通过学生交流、问卷调查、学生评教、学生考核成绩等多种形式,反馈案例教学效果,以此作为评价标准,并成为教学案例再完善的依据。

案例除了要按知识点进行归类后,还应该根据其内容和难度进行大体分类。这里将它们分为生活案例、工程案例和专业案例三大类。生活案例是与日常生活息息相关的案例内容,一般是人们日常生活中常遇到的场景,很多时候可以通过科学小实验的形式加以呈现,一般不需要教师讲解;工程案例是日常生活中较为关注的工程类型,如水力、建筑、军事、航空航天等日常较为关注的案例内容,一般需要教师略加点拨;而专业案例是有一定技术门槛的,对于石油工程专业的学生来说,主要是指石油工程专业相关领域的涉及钻井工程、采油工程等方面的案例,一般需要教师专业讲解。从上面介绍可知,三种案例类型在学习中是逐步深化加强的。根据其不同的特点,可运用在教学的各个阶段。正确选用案例,往往可以起到事半功倍的效果。下面针对工程流体力学这门课,结合个人教学实际,对这三类案例逐一进行说明和介绍。

4.1. 应用生活案例进行知识点导入

工程流体力学课程的特点是理论叙述多,公式推导多。限于推导公式的枯燥性以及学生自身的力学、数学基础,学生听讲兴趣不高,反映课堂乏味。一定要认真分析各个章节的教学内容,适当调整教学内容顺序,优选教学信息量。在讲解新知识点时,可先引出常识案例,引发学生思考,让学生带着好奇心去解密,此时进行理论讲解和公式推导,学生就会紧跟思路,形成正反馈,使得学习目的更明确。

案例引出可采用口述提问、图片、视频、动图等多种形式,如流体物性第一章引入黏度时,可提出“大家平时用胶水粘东西,那它和水相比有什么不同呢?”再如讲解牛顿内摩擦定律推导前,可以提问“大家觉得胶水很黏,那一种物质黏不黏应该怎么去定量判断呢?”讲述液式测压计时,可以让大家回忆一下体检时测血压的医用水银测压计的样子,测量过程。讲述伯努利方程前,可以提问班上是否有学生已经考取了驾照。如果有,可以提问“当车辆高速行驶时,是否感觉到车子有些飘?”思考为什么会发生这种现象?让学生自己说一下自己的亲身感受。一方面可以提醒大家注意高速公路限速的相关规定,安全驾驶的重要性,另一方面是可以引出后续伯努利方程的推导。在讲解层流运动时,可设计一个小实验:装满水的气球,设法在其表面戳个小洞,喷出来的水柱像极了一根冰柱静止在空中。如果不用玻璃棒对水柱加以扰动,很难分辨出这水是不是在流动。通过观察,让学生用自己的语言来描述一下层流流动;当然,上述实验现场做效果更佳,如不具备条件或时间受限,也可播放相关的视频或动图。学生有了疑问,自然就有兴趣,带动了自主的思考,学习也便有了动力。以生活、工程中的案例为切入点,不仅增加课堂趣味性,而且能够有效调动学生学习积极性,提高自主学习意识,也有助于学生养成良好的思维方式,培养学生分析流体问题的能力。

4.2. 应用工程案例进行知识点展开

工程流体力学的学习涉及高等数学、大学物理、工程力学等多门学科,其中众多知识点都是一个理

论公式。比如欧拉平衡微分方程、欧拉运动微分方程、纳维-斯托克斯方程、伯努利方程、连续性方程、动量定理等。知识点展开环节避免不开的是公式推导。这也是学生学习的痛点，同样也是老师教学的痛点。按部就班推导，学生感觉枯燥乏味。但相反略去公式推导，让学生死记硬背，则会造成生搬硬套、概念不清，从而应用错误。

公式推导中适时引入工程案例，在学生“看得见”“摸得着”“想得到”的基础上抽象出要研究的问题，再进行适当的理论推导，推导过程要提纲挈领，注重引导，切忌繁琐。这样学习效果会事半功倍，加深对公式的理解和记忆，更好地进行公式的应用。举例来讲，在介绍伯努利方程推导时，可以引导学生思考飞机为何不像鸟儿一样扇动翅膀，就可在万米高空飞行？通过图片展示机翼的具体形状，加深对伯努利方程速度差产生压力差的理解。介绍静止流体的压力分布时，通过图片展示水坝坝体厚度的形状，引导学生结合强度理论思考其随着水深线性增加的原因。采用静力学知识分析液压千斤顶、离心泵的工作原理，采用动力学伯努利原理，分析离心泵叶片的空蚀现象、思考足球中的“香蕉”球、乒乓球中的“弧圈球”形成的原理，以及应用文丘里管、皮托管、孔板流量计等进行工程流量测量。举例说明一些前沿热点，从而激发学生的探索欲和求知欲。让学生知道自己学有所用，有机衔接后续要学习的专业课。这样学生不仅可以清晰地把握整个公式的来龙去脉，而且对于工程应用也可以举一反三，有助于培养工程思维，符合工程专业认证的教育理念。

这里介绍两个经典工程案例：

1) 根据弯道环流和伯努利方程解释都江堰鱼嘴的工作原理：在弯道上，因离心力的作用，使凹岸水面升高凸岸水面降低。河流的流速分布是表层大，底层小。因离心力的大小与水流流速的二次方成正比，故离心力的分布也是表层大底层小。由于水面差而产生的侧压力沿水深为一常数，其方向和离心力相反。这两种作用力合力的方向，就是水流运动的方向。这样弯道表层水流由凸岸流向凹岸，底层水流则有由凹岸流向凸岸，从而形成横向环流。和纵向流动叠加后，整个水流则呈螺旋状前进。在凹岸，水流从上向下，且流速较大，含沙量较小，因受重力的作用，底流中的泥沙便淤积在凸岸，形成水浅流缓的浅滩。这就是弯道环流水沙分流原理。结合都江堰的工程实际(见图 1)，引导学生分析取水口的选取位置即为“内江”位置。若将取水口布置在凹岸适宜的位置，则可引取表层较清的水流，而含有大量推移质的底流则远离取水口，流向凸岸，使入渠泥沙大大减少。这对于防止泥沙入渠是十分有利的。

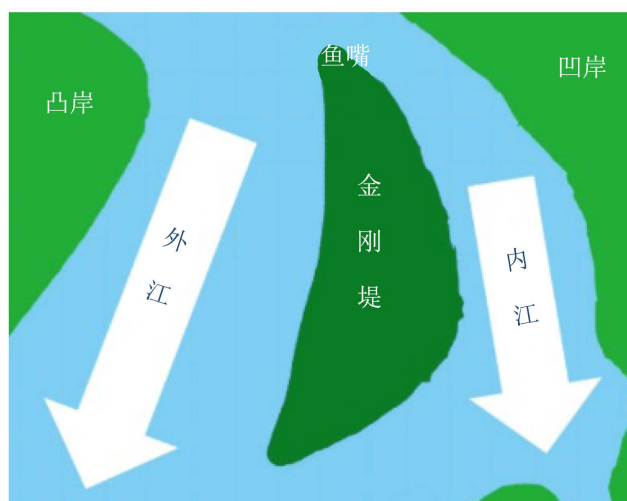


Figure 1. The working principle of Dujiangyan fish mouth
图 1. 都江堰鱼嘴的工作原理

2) 结合飞机失速导致空难说明皮托管的重要性: 作为皮托管(测速管)知识点导入内容, 介绍安装在飞机上的测速管, 即空速管。它是飞机上最重要的感应器之一(见图 2)。它能够测量周边气流的总压(也称全压)和静压, 并将数据传送给飞机的计算机和飞行仪表装置。空速管一般安装在机身对气流影响较少的区域, 如机头正前方、垂尾或翼尖的前方。1996 年 2 月 6 日, 飞机于多米尼加共和国首都圣多明哥起飞后 5 分钟突然左倾落海, 机上 189 人(含机组成员)无一生还。据多米尼加调查局和美国国家运输安全委员会(NTSB)共同调查结果揭示, 由于飞机停驻期间未有效遮蔽空速管开口, 所以一只泥蜂在里头筑了巢。安装在飞机驾驶舱外下方的空速管被堵塞, 从而引起空速管测速故障, 使测量数据与实际飞行速度出现较大偏差。到达预定高度后, 机组成员开启了自动驾驶模式, 让飞机继续爬升。然而电脑几乎立刻发出警告, 提示飞机速度过快。与此同时, 副驾驶面前的空速表显示飞机速度过慢。飞机计算机立刻根据错误的空速输入, 发出了指令——让机鼻上仰至最大容许值。机鼻上仰, 直接导致飞机减速, 于是操纵系统又发出了失速警告。机长面对自相矛盾的两个警告, 选择相信了错误的那个。从机长决定减油门的那一刻起, 伯根航空 301 号航班的命运已经注定。错误的飞行数据导致机组人员采取一系列错误操作, 致使飞机最终发生“失速”, 酿成惨剧。类似事故还有 2009 年发生的法国航空 447 号航班空难以及 2003 年秘鲁航空 603 号航班空难。介绍这一案例, 引导学生应用伯努利方程分析为何会出现显示速度异常的现象, 从而解释这一小疏忽会酿成严重后果背后的原因。



Figure 2. Physical picture of aircraft pitot tube

图 2. 飞机空速管实物图

4.3. 应用专业案例进行知识点的深化

工程教育最终的教学目标是让学生学会应用知识点解决实际的工程问题, 不仅要让学生学进去, 也要走出来, 因此课堂理论推导之后应当进一步培养学生解决实际问题的能力, 这也是流体力学工程化最好的体现。结合石油工程勘探开发中钻井、采油工程实际涉及工程流体力学问题的主要内容进行梳理总结, 将其与工程流体力学课程中的知识点进行衔接融合, 穿插在教学过程中, 既可以拓展学生视野, 又可以提高学生学习积极性, 培养创新精神。案例库以基本流体力学理论为主线, 突出工程应用和石油石化特色。这也是本次案例库建设的重点和亮点。这里举了其中五个典型实例:

1) 钻头水力参数计算

从工程师设计钻头的角度出发, 给定钻柱内流量, 钻头入口、出口压力, 钻头喷嘴类型、数量及各自的直径等物理量, 应用伯努利方程, 计算流体流过喷嘴的水头损失, 并求出喷嘴流量系数。计算出喷射钻井四个水力参数: 射流喷射速度、射流冲击力、钻头压力降和钻头水功率。使学生对水射流辅助破岩有更为深刻的理解。

2) 钻井液循环流动压力损耗计算

从现场钻井泵的选取的工程实际出发, 结合钻井液循环流动过程, 运用水头损失计算公式, 计算流经地面管汇(地面高压管线、立管、水龙头、方钻杆)、钻柱内水眼(钻杆内水眼、钻铤内水眼)、钻头水眼或喷嘴、钻具环空(钻铤环空、钻杆环空), 给定流体基本物理性质和流量等, 计算地面管汇、钻柱内水眼、钻头以及环空上返流动的压力损耗。根据压力平衡关系, 更加清楚明确泵压的作用是用来克服。

3) 压井过程中平衡井内压力的钻井液密度的确定

从现场发生溢流后关井的工程实际出发, 根据境内流体压力传递原理, 把关井立压、关井套压和井底压力联系起来, 对于钻柱内是否安装了钻具止回阀的情况分别进行讨论。建立井内压力平衡关系, 并根据常用的“工程师法”和“司钻法”进行压井作业, 计算出需要加重的钻井液密度。

4) 采油过程中射流泵的优选

从现场采油工程师采油设计角度出发, 结合课程中提到的射流泵基本工作原理进行适当延伸, 通过给出油气井产能、井下装置类型、管柱尺寸以及动力液介质, 以射流泵不发生气蚀为限制条件, 满足排量要求, 考虑多种可能性, 从中选出选择合适效率最高的射流泵。

5) 水力压裂井口施工压力计算

结合非常规油气开发热点, 引出页岩油气开发中压裂施工设计相关内容。通过给出射孔孔眼性质、压裂液性质和排量、压裂井深、压裂管柱尺寸、压裂部分井身结构、地层破裂压力等参数, 计算井筒静液柱压力、射孔孔眼摩阻、压裂管柱中油管部分摩阻、压裂管柱中套管部分压裂液流动摩阻, 进而求出井口施工压力这一压裂设计中的重要参数。

这些精选的案例涉及钻井工程、采油工程等油气开发的主要过程, 考虑到后期专业课学习中还要详细学习相关知识。在设计这些案例既要反映流体力学的基本知识点, 具有真实性和代表性, 也要考虑本科生的接受能力和学习兴趣。同时, 每个案例要具有一定的完整性和独立性, 包含题目, 摘要, 案例背景, 教学目的, 案例分析, 问题讨论, 参考文献等部分, 便于石油工程等相近专业推广应用以及学生课后研讨。课堂上对每个案例涉及的工艺进行简要介绍, 让学生了解流体力学在石油工程中的重要性, 激发学生学习专业的热情和动力。

5. 案例型教学设计和实施效果

案例式教授课模式(见图3)可贯穿于课堂教学的各个过程。通过在课堂讲义里增加案例, 不断引导学生思考, 以一个工程师的角度参与到课堂中, 带着问题来学习, 学生能够对感兴趣、有切身体会的案例积极思考, 学生能够对感兴趣的案例进行思考, 课堂氛围明显好转。通过经典工程案例在课堂上进行讨论, 调动学生的学习积极性。课程教学完成后通过专业案例对知识点进行巩固强化, 使学生明确知识点在专业课中的用途与重要地位。积极引导学生在课后进行拓展, 学生可以对课堂内的相关案例进行研究, 发展创新精神。通过信息化手段通过网上检索、文献查阅等, 将日常生活中以及专业学习中有关流体力学的知识点提炼出来, 通过小组讨论研究, 形成案例报告, 并以 ppt 或视频方式在课堂或课程群中进行分享, 一定程度上锻炼学生文献调研能力和综合分析问题能力, 优秀作品还可进一步完善拓展, 参加大学生科技创新等持续提升。

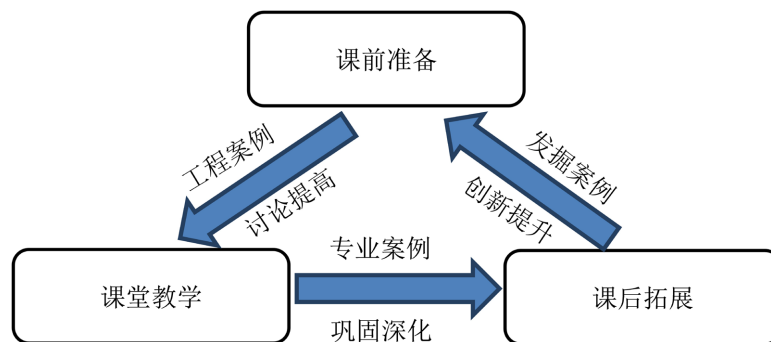


Figure 3. Schematic diagram of case teaching model

图 3. 案例式教学授课模式示意图

鉴于案例教学法的优点，笔者在工程流体力学中连续三年采用了案例教学，授课对象是重庆科技大学石油工程专业 2020 级、2021 级、2022 级本科生。三年的选课人数 54 人、56 人和 64 人，48 学时，每周 2 次课，每次 2 学时。以流体力学中伯努利方程讲解为例，典型的案例教学分为三个阶段：

1) 案例导入：首先是公式推导前做了一个“漏斗吹气”的案例小实验。即用一个矿泉水瓶制成一个漏斗，将乒乓球顶在漏斗口，再吹气的同时松开手指，吹气时乒乓球会在漏斗中旋转，即使漏斗口朝下，乒乓球也不会掉下来。相反，吹的力量越大，乒乓球反而靠得更紧。这个实验学生人人可参与，学生的积极性一下就被调动了起来，在观察现象的同时也在积极思考背后的原因。为什么乒乓球不随气流的方向运动呢？

2) 原理分析：推导出伯努利方程后，了解伯努利方程中三项各自的几何意义和物理意义，学生结合伯努利方程分析出在高度相同的地方，速度大的地方压力反而小。乒乓球在压差的作用下会被压在漏斗口处不会掉落。让学生对管道流动问题涉及的伯努利原理有清晰和充分的认识。在课堂上，还可以适时介绍石油工程中常用的射流泵、离心泵的结构及工作原理。

3) 总结拓展：学生课后查阅工程中或生活中的相关案例。比如有同学就调研到在汽车设计中，可运用伯努利方程，比如车身的流线型设计和在后部安装扰流板，改善汽车的空气动力学性能，减少气流阻力。又比如通过伯努利原理车速太快会使车身发飘，导致操控性能下降，让学生对于安全驾驶有了更为深刻的认识。

为了掌握案例教学的效果及其存在的问题，制作了“工程流体力学课程案例教学调查问卷”，在案例教学前、案例教学后分别发放调查问卷并回收统计。总结近三年的教学情况，案例教学前，87%的学生认为该课程理论抽象、深奥，难以理解，92%的同学不清楚所学流体力学知识如何应用于后续专业学习。案例教学后，55%的学生认为案例教学将流体力学理论与日常生活、工程实践相结合，提高了学生的学习主动性，对学生创新能力有所提高，62%的学生认为流体力学内容深入浅出，解决了课程深奥、枯燥难懂的缺点。但在问题调查中，仍然有 38% 学生认为相关理论知识过难，这说明具有学生对于流体力学的学习能力存在差异，同时反映出案例库资源还有持续改进的空间和必要性。近三年在石油与天然气工程学院的学生评教中分别第 4 名，第 2 名和第 2 名。学生在评教留言中给出了“课程内容丰富”“内容有趣”“继续保持”等肯定话语，极大坚定了笔者持续提高案例教学的信心。

6. 结语

工程专业认证强调培养学生分析问题、解决问题的能力。本文对“工程流体力学”课程实施案例教学改革。通过优化教学方式，将案例进行了分类，特别是针对石油工程专业学生的专业背景，开发适用于本

专业的专业案例，在有限的学时里将不同类型案例融入其中，使学生掌握一定理论知识基础上，提高综合应用能力和创新能力，能够解决复杂的工程问题。案例库的建设具有承前启后的作用，也为后续专业课的理解奠定基础。

案例教学改革应持续推进。在后续改革中，应结合工程专业认证背景，进一步深化对案例教学改革的探讨，例如探讨案例教学与信息技术、线上线下混合式教学、项目式教学等方法的融合应用等，创新构建适应工程专业认证的教育教学模式。

基金项目

重庆科技大学本科教育教学改革研究项目(202160)“新工科背景下石油工程专业《工程流体力学》课程教学”，重庆市教育科学规划课题(2021-GX-031)“基于课程思政的《钻井工程》专业课研究与实践”，重庆市高等教育学会高等教育科学研究课题(cqgj23040B)“石油类专业课程思政协同、施教及保障机制研究”，重庆科技大学本科教育教学改革项目(202272)“《钻井工程》课程思政教学改革研究与实践”。

参考文献

- [1] 中国工程教育专业认证协会. 关于对《工程教育认证标准(2024 版征求意见稿)》征求意见的通告[EB/OL]. 2024-04-26. <https://www.ceea.org.cn/gcjyzyrzh/xwdt/tzgg56/634242/index.html>, 2024-08-05.
- [2] 任玲, 夏德宏. 工程流体力学“慕课 + 翻转课堂”教学模式[J]. 中国冶金教育, 2015, 22(6): 34-36.
- [3] 龚建英. 流体力学教学策略的探索[J]. 高等工程教育研究, 2019(S1): 82-83, 104.
- [4] 刘海龙, 沈学峰, 郑诺, 等. 虚拟仿真平台及 APP 在流体力学教案中的探索与应用[J]. 高等工程教育研究, 2019(S1): 215-217.
- [5] 王青梅, 赵革. 国内外案例教学法研究综述[J]. 宁波大学学报(教育科学版), 2009, 31(3): 7-11.
- [6] 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(S1): 122-125.
- [7] 栾秀春, 高璞珍, 王晓莺, 等. 案例教学法在工科专业数学课程教学中的应用[J]. 高等工程教育研究, 2021(3): 169-172, 189.
- [8] 孔珑. 工程流体力学[M]. 第4版. 北京: 中国电力出版社, 2014.
- [9] 杨树人, 汪志明, 何光渝, 崔海清. 工程流体力学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2019.
- [10] 袁恩熙. 工程流体力学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2020.