

Modular Reconstruction and Practical Exploration of Courses from the Perspective of New Engineering Education: A Case Study of “Chemical Engineering Fluid Mechanics”

Facheng Qiu Zhiliang Cheng Li Dai

Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China

Abstract

The construction of emerging engineering education has put forward higher requirements for the innovation and practical abilities of chemical engineering professionals. The traditional course “Chemical Engineering Fluid Mechanics” faces challenges such as the disconnection between theoretical teaching and engineering practice, single evaluation methods, and insufficient interdisciplinary integration, making it difficult to meet the needs of industrial development. Based on the outcome-based education (OBE) concept, this study defines the core competency dimensions of fluid engineering talents using the DACUM vocational analysis method, conducts a three-layer modular reconstruction of the curriculum system as “basic theory-intelligent technology-engineering cases”, and integrates innovative teaching methods such as virtual-real integration experimental platforms and competition-driven learning. At the same time, a three-dimensional evaluation system covering process, ability, and terminal evaluations is constructed to form a closed-loop quality assurance mechanism of “teaching-evaluation-feedback-improvement”. The reform aims to systematically improve students’ comprehensive abilities in engineering modeling, numerical simulation, and solving complex engineering problems, providing a reference for the construction of emerging engineering education courses in related fields.

Keywords

Emerging Engineering Education; Chemical Engineering Fluid Mechanics; Teaching Reform; Curriculum Reconstruction

新工科教育视角下课程的模块化重构与实践探索 – 以《化工流体力学》为例

邱发成 程治良 代黎

重庆理工大学, 中国·重庆 400054

摘要

新工科教育建设对化工专业人才的创新与实践能力提出了更高要求。传统的《化工流体力学》课程面临着理论教学与工程实践脱节、评价方式单一、跨学科融合不足等诸多挑战。基于成果导向教育(OBE)理念,运用DACUM职业分析法界定流体工程人才的核心能力维度,将课程体系进行“基础理论—智能技术—工程案例”三层模块化重构,并融入虚实结合实验平台、竞赛驱动学习等创新教学方法。同时,构建了包含过程性评价、能力性评价和终结性评价的三维评价体系,形成“教学—评价—反馈—改进”的闭环质量保障机制。此次改革旨在系统提升学生在工程建模、数值模拟及解决复杂工程问题方面的综合能力,为相关领域新工科教育课程建设提供参考。

关键词

新工科教育; 化工流体力学; 教学改革; 课程重构

1 引言

《化工流体力学》作为过程装备与控制工程、化学工程与工艺等专业的核心基础课程,是连接基础科学理论与复

杂工程实践的关键桥梁,其教学成效直接关系到学生后续从事化工设备设计、工艺优化、能源环保等专业技术工作的能力基础[1]。该课程具有理论严谨、概念抽象、知识体系庞大、控制方程(如 Navier-Stokes 方程)推导与求解复杂等特点,在长期的教学实践中一直被视为一门教师难教、学生难学的“硬骨头”。为应对这一挑战,教学团队不断探索,尝试引入思维导图来梳理知识脉络,并组织学生参与专业竞赛以拓宽视野、激发学习兴趣,取得了一定成效。然而,随着全球科技革命与产业变革的加速推进,特别是以智能制造、新能

【基金项目】重庆理工大学本科教育教学改革研究项目(项目编号: 2025YB21)

【作者简介】邱发成(1991-),男,中国重庆人,博士,讲师,从事化工流体机械研究。

源、绿色化工为代表的新兴产业形态的兴起,对工程人才的知识结构、能力素养和创新精神提出了前所未有的更高要求。在此背景下,教育部积极推进“新工科”建设,旨在培养具备更强实践创新能力、跨学科交叉融合能力和国际竞争力的高素质工程人才。反观传统《化工流体力学》课程的教学模式,其固有的深层次问题在新形势下被进一步放大,面临着严峻的挑战与转型压力。

首先,课程内容与产业技术迭代速度严重脱节。现有教材内容更新迟缓,难以涵盖微流控芯片、新能源电池热管理等前沿领域的最新进展,致使学生所学与产业所用之间存在明显差距[2]。同时,高校教师团队普遍缺乏在智能制造等新兴领域的实战工程经验,加之校企协同育人机制尚未有效建立与深入运行,使得传统的课程设计难以构建起“理论传授-模拟仿真-工程实操”的有机闭环体系,学生难以将抽象的流体力学概念转化为解决实际工程问题的模型构建与方案优化能力,工程思维链条的培养出现断层。

其次,教学评价体系单一化倾向显著,难以支撑高阶能力的培养目标[3]。受传统认知行为主义教学观的影响,现行考核评估方式仍侧重于对知识点记忆、公式推导等低阶认知目标的测量,而对学生工程建模能力、创新思维、团队协作、伦理判断等关乎未来职业发展的核心高阶能力的评价则显得乏力且模糊。缺乏在OBE理念指导下的多元化、过程性评价工具,未能形成“评价-反馈-改进”的PDCA(Plan-Do-Check-Act)循环机制,无法科学地衡量学习成果的达成度,并以此驱动教学方法的持续改进。

再者,学科壁垒森严导致跨学科整合严重不足。当前课程内容大多局限于传统的化工领域,与人工智能、数据科学、先进材料等前沿技术的交叉融合深度不够,知识模块相对碎片化,教师团队自身在相关交叉领域的知识储备也存在盲区[4]。此外,实验教学环节中,验证性实验占比过高(可达80%),而能够激发学生批判性思维与创新潜能的综合性、设计性、研究性项目严重缺失,加之部分实验设备更新换代滞后于技术发展,共同抑制了学生跨学科解决复杂工程问题能力的培养。

综上所述,在新工科建设强调创新驱动、跨界融合、产教协同的时代背景下,基于OBE(成果导向教育)理念,对《化工流体力学》课程进行一场以产业需求为牵引、以能力达成为核心、以持续改进为保障的系统性教学改革,已不仅是提升单门课程教学质量的必然选择,更是主动适应未来工程教育发展新趋势、培养能够胜任新时代挑战的卓越工程人才的迫切要求。本研究旨在针对上述突出问题,探索一条行之有效的教学改革路径,其成功实践将为同类工科专业基础课程的转型升级提供有价值的参考与借鉴。

2 基于OBE理念的课程教学改革方案

针对上述问题,本研究提出以OBE理念为核心,以新

工科要求为方向的系统性改革方案。

2.1 以DACUM分析法界定核心能力与课程重构

首先,运用DACUM(Developing A Curriculum)职业分析法,通过与行业专家访谈以及岗位任务分解,明确了新工科背景下流体工程人才需具备的四大核心能力维度[5]:

- 理论知识建构能力(如N-S方程推导与物理意义阐释);
- 数值模拟实践能力(如Fluent等高阶应用);
- 智能技术融合能力(如流场特征的机器学习建模);
- 工程伦理认知能力(如技术决策中的伦理平衡)。

基于此,对课程内容进行了三层模块化重构,具体如下:

第一层为基础理论模块,着重强化流体力学、传热学等基础学科知识,确保学生扎实掌握如N-S方程推导与物理意义阐释等理论知识建构能力所需的基石。在教学过程中,采用案例教学与理论讲解相结合的方式,让学生深入理解理论知识在实际工程中的应用场景。例如,通过分析实际流体管道中的流动现象,引导学生运用所学理论进行分析和解决问题,从而提升他们将理论知识转化为实际应用的能力。

第二层为实践应用模块,聚焦于数值模拟实践能力的培养。引入先进的数值模拟软件如Fluent等高阶应用,安排大量的实践课程,让学生亲自动手进行流场模拟分析。教师在实践教学中,不仅要指导学生掌握软件的操作技能,更要引导学生学会如何根据实际问题选择合适的模拟方法和参数设置,培养学生独立解决复杂工程问题的能力。同时,组织学生参与实际工程项目的模拟实践,让他们在真实场景中积累经验,提高实践操作水平。

第三层为拓展创新模块,致力于智能技术融合能力和工程伦理认知能力的提升。开设流场特征的机器学习建模等相关课程,引导学生探索智能技术在流体工程中的应用潜力。通过案例分析和项目实践,让学生了解如何将机器学习等智能技术与流体工程相结合,实现工程的智能化升级。在工程伦理认知能力培养方面,设置专门的课程和讲座,通过实际案例分析,让学生深刻理解技术决策中的伦理平衡问题,增强学生的工程伦理意识,使他们在未来的工程实践中能够做出符合伦理道德的决策。

经过这样的课程重构,旨在全面提升新工科背景下流体工程人才的核心能力,使他们能够更好地适应行业发展的需求,为我国流体工程领域的创新发展贡献力量。同时,持续关注行业动态和技术发展趋势,不断优化课程内容和教学方法,确保培养出的人才始终保持竞争力,能够在复杂多变的工程环境中发挥重要作用。课程重构如表1所示:

2.2 创新教学方法与实施路径

于教学方法层面,着重推行两项举措:

搭建虚实融合实验平台:研发集成COMSOL、Fluent等多物理场仿真软件以及压力脉动传感器、电磁流量计等实体硬件的数字化实验系统。借助物联网网关达成实验数据与

LSTM 等预测模型的实时交互及迭代优化,构建高度仿真的“数字孪生”训练环境,促使学生能够在虚拟仿真与物理验证的闭环之中,更深入地理解复杂流动现象。

施行竞赛驱动式学习:设计“基础-提高-创新”三级项目体系,把中国大学生机械工程创新创意大赛、“互联网

+”等高水平学科竞赛的赛题以及企业提供的真实工程数据包引入教学环节。比如,以“智能管道监测系统开发”作为典型项目,引导学生分组协作,完整经历从现场数据采集、信号预处理、特征提取直至机器学习模型构建与部署优化的全流程,切实培养其团队协作与工程实战能力。

表 1 课程内容的三层模块化重构

课程模块层次	主要内容及创新点	课时安排
基础理论层	强化数学基础,包含张量运算、有限体积法;深化物理机制,涉及多物理场耦合;更新数值方法,即不确定性量化	30 课时
智能技术层	引入数据驱动建模,如 POD、DMD;智能算法,像 CNN 流场重构、强化学习控制	8 课时
工程案例层	融入化工领域的管式反应器优化、能源领域的风力机尾流预测、市政领域的管网泄漏诊断等跨学科前沿案例	10 课时

2.3 建立三维度多元化评价体系

为全面评估学习成果,变革传统的单一试卷考核模式,构建三维度评价体系:

过程性评价(占 40%):聚焦学习过程,借助项目日志、仿真实验报告等展开考核。具体来看,过程性评价不再局限于传统的书面考试,项目日志和仿真实验报告能够真实地反映学生在学习过程中的参与度、思考深度以及实践操作能力。教师通过仔细审查这些材料,可以及时发现学生在各个阶段的问题与进步,进而有针对性地给予指导,帮助学生更好地掌握知识和技能。

能力性评价(占 30%):侧重综合能力,通过工程方案答辩、团队协作互评等形式体现。能力性评价中的工程方案答辩和团队协作互评,极大地锻炼了学生的综合能力。在工程方案答辩中,学生需要清晰地阐述自己的思路、展示解决方案的可行性,这不仅提升了他们的表达能力,更促使他们深入思考问题,培养创新思维。而团队协作互评则让学生学会欣赏他人的优点,发现自身的不足,在相互学习中共同成长,增强团队合作意识和沟通能力。

终结性评价(占 30%):采用开放性案例分析,能够有效检验学生解决复杂问题的能力。学生需要运用所学知识,从多个角度分析问题,提出创新性的解决方案。这种考核形式激发了学生的自主学习和探索精神,培养了他们的批判性思维和问题解决能力。同时,开发具体的量规评估标准,

使得评价更加科学、客观、公正。每一项评价指标都有明确的等级划分和描述,教师和学生都能清楚地了解评价的依据和要求。信息化工具的运用则为记录学生的能力成长轨迹提供了便利,通过大数据分析,能够直观地呈现学生在不同阶段的发展情况,为教学持续改进提供有力的数据支持,推动教育教学质量不断提升。

3 结语

本研究经系统化设计,构建了以 OBE 理念为引领、以新工科需求为导向的《化工流体力学》课程教学改革新模式,期望通过实践探索,切实提升课程教学质量与学生的综合工程素养,为同类院校的工科课程改革提供参考。

参考文献

- [1] 刘惠,王萌,张传杰,等.基于新工科教育理念的流体力学教学改革[J].中国现代教育装备,2024,(437):77-79,89.
- [2] 邱发成,程志良.基于 OBE 教育理念融合下《工程流体力学》课程教学改革与实践[J].新课程教学,2023,(23):185-186.
- [3] 吴钦,张晶,段冰凌,等.面向新工科的“流体力学”课程思政教学模式研究与实践[J].课程教学,2020,(13):115-116.
- [4] 李强,章大海,许伟伟,等.基于工程实践能力培养的计算流体力学课程教学改革实践与探索[J].化工高等教育,2017,(153):36-40.
- [5] 孙铜生.过程装备与控制工程专业力学课程教学研究与实践[J].中国电力教育,2014,(309):110-111.