

化工传递过程教学改革的理念方法与路径创新

冯东, 谢于辉, 吴枫, 谢德龙*

昆明理工大学 化学工程学院, 云南 昆明 650500

DOI: 10.61369/RTED.2026090031

摘 要 : 《化工传递过程基础》是化工专业核心课, 存在理论强、数学要求高、内容抽象、学生理解困难、兴趣低等问题。基于近年教学实践与研究成果, 本文从课程定位、教学方法、资源建设、评价体系等方面, 探讨面向新工科与工程教育认证背景下的教学改革路径。通过“三传”类比教学、工程案例融合、信息技术赋能、沉浸式体验、OBE 导向持续改进等策略, 构建“学生为中心、能力为导向、实践为依托”的课程改革框架, 旨在提升工程思维、创新能力与综合素质, 为化工类课程教改提供参考。

关 键 词 : 化工传递过程; 教学改革; OBE 理念; 沉浸式教学; 工程能力培养

Teaching Reform of Chemical Engineering Transport Process: Conceptual, Methodological, and Pathway Innovations

Feng Dong, Xie Yuhui, Wu Feng, Xie Delong*

Faculty of Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500

Abstract : Fundamentals of Chemical Transport Processes, a core chemical engineering course, suffers from strong theory, high math demands, and abstract content, leading to poor student comprehension and low interest. Drawing on recent teaching practice and research, this paper explores reform pathways under Emerging Engineering Education and accreditation, covering course positioning, teaching methods, resources, and evaluation. Strategies such as "three transports" analogical teaching, engineering case integration, IT empowerment, immersive learning, and OBE-driven continuous improvement are used to build a "student-centered, competency-oriented, practice-based" reform framework, aiming to enhance engineering thinking, innovation, and overall competence, offering reference for chemical engineering course reform.

Keywords : chemical transport processes; teaching reform; OBE concept; immersive teaching; engineering competency cultivation

随着工程教育认证推进与新工科建设展开, 高等工程教育正从“知识传授”转向“能力培养”^[1]。《化工传递过程基础》作为化工类专业的“桥梁课程”, 重要性日益凸显。该课程衔接《化工原理》《物理化学》等基础课, 面向《反应工程》《分离工程》等核心课, 是培养工程思维与解决复杂工程问题能力的关键。但课程内容抽象、数学模型复杂、对高数与物理基础要求高, 长期存在“教师难教、学生难学”的困境, 传统以教师为中心、偏重理论推导的模式已不适应新工科对创新与实践能力的要求^[2-3]。

如何突破教学定式、重构内容体系、创新方法与评价机制, 激发学生主动学习与探究兴趣, 提升工程建模、分析与解决实际传递问题的综合能力, 成为改革核心。本文基于近年文献与教学实践, 从理念更新、方法创新、路径实施三个维度探讨改革策略与框架。

从“教为中心”转向“学为中心”, 知识建构与能力生成并重, 融入课程思政与工程伦理, 培养可持续发展与社会责任感的工程素养。采用案例教学、项目驱动学习、虚拟仿真与数字化工具, 强化理论与实践结合, 开展分层分类教学。提出内容模块化重构、教学过程信息化支撑、评价体系过程化与多元化等举措, 构建“理论—模拟—实验—应用”四位一体教学闭环。本文通过多视角整合与系统设计, 为同类工程基础课程教改提供参考思路与实践路径。

一、课程教学现状与挑战

《化工传递过程基础》是化工专业核心课, 系统阐述动量、热量与质量传递的基本原理、数学模型及工程应用, 理论严密、

工程背景鲜明、学科交叉性强^[1-3]。该课程面临如下挑战: 其一, 理论抽象、数学依赖强, 内容深度依赖偏微分方程、随体导数、张量分析等工具, 对数理基础和抽象思维要求高^[4, 5]; 其二, 内容庞大、学时紧张(32-48学时), 难以兼顾理论深度、模型推导、

作者简介:

冯东(1990—), 男, 副教授, 硕导;

谢德龙(1982—), 男, 教授, 博导; 云南省磷化工节能与新材料重点实验室副主任。

通讯作者: 谢德龙, Email: cedlxie@kust.edu.cn。

工程案例与实践应用^[6,7]；其三，学生缺乏工程经验、学习动机不足，前置实践环节缺失导致对化工过程缺乏直观感知，难以建立传递现象与工程实际的联结^[8]；其四，教学手段单一、评价方式滞后，考核侧重公式记忆与计算题完成度，未能系统评价学生的工程建模、综合分析及创新解决工程问题的能力^[7,8]。

为此，近年来各高校教学团队开展了多样化改革探索，如通过“三传”类比教学强化知识迁移、引入典型工程案例增强教学情境性、推行过程性评价与项目制考核等^[8-10]。这些尝试在局部层面取得积极效果，但多数仍属方法层面的调整，尚未形成贯穿课程目标、内容体系、教学实施、资源支持与评价反馈的系统化重构。因此，在新时代工程教育范式转型背景下，以学生发展为中心、以能力产出为导向，构建具有系统性、适应性、可持续性的课程改革路径，仍是当前化工传递过程教学改革亟待深入探索的关键课题。

二、教学改革的理论基础与理念创新

（一）OBE 教育理念的引领

成果导向教育（OBE）以学生学习成效为核心，从预期能力目标反向设计课程体系。在《化工传递过程基础》中，贯彻体现在三个层面：课程目标突出工程实践能力，要求学生能针对典型传递过程建立数学模型，分析实际案例中动量、热量及质量传递现象，并提出优化建议；教学内容围绕“三传”类比主线重构，打破章节界限，整合为“基础理论—数学模型—工程应用”三大模块，强化知识联系与迁移；建立多源反馈持续改进机制，定期收集课堂表现、考核成绩、问卷、企业意见及毕业生跟踪数据，动态评估教学效果，优化策略、更新案例、调整评价，形成“设计—实施—评价—改进”闭环，实现以学生为中心、以能力为导向的工程教育质量提升。

（二）沉浸式学习理论的引入

沉浸理论强调学习者在适当挑战性任务中进入高度专注、深度投入的状态，有助于提升学习效率与认知体验。在《化工传递过程基础》课程中，增强沉浸感可融入以下策略：采用任务驱动教学，围绕真实工程问题设计由浅入深的挑战性任务链，引导学生从现象分析、模型建立到方案优化逐步深入，在解决问题中建构知识体系；依托信息化资源构建支持系统，利用微助教、虚拟仿真平台、CFD 可视化工具打造线上线下融合的学习环境，使学生直观观察传递现象、动态调整参数并即时获得反馈，增强交互性与情境感；引入游戏化激励机制，通过经验值积分、成就徽章、小组协作竞赛等元素，将学习过程转化为有明确目标、即时反馈和社交互动的体验，有效激发内在动机与课堂参与度，实现知识掌握与能力发展的有机统一。

三、教学改革的关键策略与实践路径

《化工传递过程基础》课程教学改革聚焦知识建构、实践融合、技术赋能与评价创新四大维度，旨在提升学生工程素养与创新能力。通过强化“三传”类比教学构建统一知识网络；深度融合经典与前沿工程案例推动理论向实践迁移；引入虚拟仿真与智

慧课堂工具，以动态可视化与高效互动重塑学习体验；改革考核方式，建立能力导向的多元评价体系。这些举措共同破解传统教学难点，培养适应行业需求的复合型工程技术人才。

（一）强化“三传”类比，构建知识网络

动量、热量与质量传递在数学模型与物理机制上具有深刻相似性与内在统一性，教学中应系统运用类比思维，引导学生把握共通物理本质与数学表达，构建整体性知识框架。具体从三个层面展开：首先开展四大基础方程对比教学，将连续方程、运动方程、能量方程及组分传递方程置于统一守恒形式下讲解，重点分析各项物理意义，并通过稳态、无内源、一维等条件展示简化路径，帮助学生理解数学描述的同构性；其次设计辅助记忆与思维可视化工具，编制凝练口诀，绘制逻辑框图，将抽象公式转化为认知节点，降低记忆负荷并强化逻辑链条；最后实施从生活案例到工程问题的认知迁移，借助“糖块扩散”“热豆腐冷却”“旗帜摆动”等直观现象定性理解扩散、对流、源项等机制，再过渡到“管流速度分布”“换热器温度场”“精馏塔浓度梯度”等工程场景，使学生在熟悉与陌生情境间建立联结，实现从具体现象到一般规律、从生活常识到工程分析的思维升华，真正掌握传递过程分析方法与解决实际问题的能力。

（二）融合工程案例，突出实践导向

课程教学应紧密联系工程实际，以强化学生工程意识与应用能力为核心，构建从理论到实践、从经典到前沿的立体化教学内容体系。首先深化经典案例剖析，围绕管道层流与湍流、换热器传热设计、搅拌反应器混合与传质等典型单元操作，引导学生运用传递方程建模、简化、求解与讨论，在定量分析中理解参数影响、掌握工程权衡方法，培养严谨工程思维。其次引入学科交叉与前沿问题，如5G基站散热、燃料电池多相流传质、微通道反应器过程强化等，拓宽学术视野，激发探索欲。更进一步可探索“零适应期”项目式教学，以贴近工业实际的工程项目贯穿课程，学生以小组经历需求分析、文献调研、模型建立、数值模拟、方案比选到报告撰写全流程，在解决真实复杂问题中体验工程师角色与协作要求，实现知识学习、能力训练与职业认知深度融合，显著提升工程实践素养与就业竞争力。

（三）信息技术赋能，创新教学手段

利用现代教育技术已成为推动《化工传递过程基础》课程改革的关键路径。通过引入ANSYS Fluent、COMSOL Multiphysics等虚拟仿真工具，教师能将抽象的偏微分方程、流场分布、浓度梯度等概念转化为直观可交互的动态图像，学生可观察管道内流速剖面形成、换热器温度场演变、反应器内组分扩散等实时过程，在视觉与操作层面深化对传递机理的理解，弥补传统板书与静态图示的不足。同时，系统化在线资源库建设为课程提供数字化支持环境，通过整合教学课件、习题详解、工程案例集、虚拟仿真模块及前沿文献导读等资源，构建开放共享的学习平台，既支持学生按自身节奏预习、复习与拓展，也为教师灵活组织教学、实施差异化教学提供基础。

智慧课堂互动工具的广泛应用正深刻改变传统教学形态。借助微助教、雨课堂等平台，教师可实现一键签到、实时发布题目、开

展随堂测试与即时统计，并组织线上分组讨论与协作任务。这些功能提升课堂管理效率，并通过即时反馈使教师及时把握学习难点，动态调整教学节奏。学生在高度参与中增强主体性与投入感，形成“教师引导、技术支撑、学生主学”的良性循环。现代教育技术的深度融合正从内容呈现、资源支撑、课堂互动等多维度重塑课程教学模式，为培养学生工程实践与创新能力提供技术赋能。

（四）改革考核方式，注重能力评价

传统闭卷笔试侧重公式记忆与计算熟练度，难以全面反映学生面对复杂工程问题的建模分析、综合应用与创新解决能力，构建多元化、过程化、能力导向的考核评价体系是深化教学改革必然要求。首先改革考核形式，推行“开卷考试”与“项目报告”结合：开卷考试侧重考查传递过程基本原理理解与工程问题建模分析方法，允许携带指定资料，引导从记忆转向分析应用；项目报告要求学生以个人或小组完成完整微型工程课题，全面评价文献调研、问题定义、模型求解、结果讨论与书面表达能力。其次强化过程性评价权重，将课堂互动参与度、作业完成质量、阶段性小测验、实验操作与报告、小组研讨贡献等多元表现纳入总评成绩，形成贯穿全程的形成性评价闭环，引导学生注重日常积累与持续投入。此外可引入“彩蛋作业”或创新实践加分机制，鼓励学生运用传递原理解释生活现象或以创新形式展现知识理解，对独创性成果给予额外加分，有效激发内在学习动机与探索热情，培养理论联系实际意识与习惯，实现考核从“检验知识”向“促进发展”的功能转变。

四、课程思政与综合素质培养

在专业课程中系统融入思政元素，是新时代高校践行“立德树人”根本任务、实现价值塑造与能力培养深度融合的关键路径。教师需在《化工传递过程基础》等工程核心课中有机嵌入价值引领与精神培育内容，使学生在掌握专业知识的同时树立正确三观，成长为兼具扎实工程能力与高尚品格的卓越人才。

具体实践中可从三个维度展开融合：其一，弘扬科学精神与涵育工程伦理，通过讲述牛顿、傅里叶等先贤探索传递规律的故事，结合化工安全与环保典型案例开展伦理讨论，培养学生严谨求实的科学态度与社会责任。其二，厚植爱国主义与坚定行业自信，融入航天发动机冷却、特高压散热、新能源电池传质等“大国工程”案例，增强民族自豪感与科技报国使命感。其三，激发创新意识与训练跨学科思维，引导学生运用传递原理分析病毒气溶胶传播、碳中和能源系统优化等跨领域问题，培养系统思维与解决人类共同挑战的担当精神。

通过多层次、浸润式的融合设计，专业教学与思政教育同向同行，实现知识传授、能力培养与价值引领的有机统一，为培养德才兼备的新时代卓越工程人才奠定坚实基础。

五、教学改革成效与反思

通过对多所高校《化工传递过程基础》课程改革实践的综合分析，上述系统化策略已在多个维度取得积极成效。学习状态方面，生

活化案例、信息化工具与游戏化机制活化教学形态，学生从被动接受转向主动探索，课堂参与度与课后研讨积极性显著提升。能力培养层面，项目式学习、虚拟仿真实践和开卷分析题推动学生从理论记忆向工程应用转变，能运用专业软件进行模拟分析，逐步建立系统建模、参数优化和综合决策能力。此外，基于多源反馈的持续改进机制已初步形成，通过收集评教数据、考核成绩、毕业生访谈及行业调研意见，教学团队定期评估课程目标达成度，动态调整教学内容与考核方式，使课程建设进入“设计—实施—评价—改进”的良性循环。

改革深入推进中仍面临若干现实挑战。其一，教师工程实践背景与现代教学能力不均衡，部分教师缺乏产业经验或教育技术训练，影响案例教学深度与效果。其二，高质量信息化教学资源建设与持续更新需大量时间、经费与技术投入，对教学团队形成显著压力。其三，多元化过程性考核改革与传统标准化成绩评定制度存在张力，如何在制度层面保障考核灵活性与规范性的平衡仍需进一步探索。这些挑战提示教学改革不仅需要理念与方法创新，还需在师资发展、资源投入与管理机制方面形成协同支持体系。

六、结论与展望

《化工传递过程基础》课程教学改革是一项涉及理念更新、内容重构、方法创新与评价优化的系统工程，需多维度协同推进。面向新工科建设与工程教育认证要求，课程应坚持以学生发展为中心、以能力产出为导向、以工程实践为依托，通过实施“三传”类比教学强化知识迁移、融合典型工程案例增强情境体验、借助信息技术赋能提升教学效能、设计沉浸式学习环节激发深层投入，推动学生从被动接受向主动构建能力转变，全面提升工程思维与解决复杂问题的综合素质。展望未来，需深化产教融合，拓展校企合作，引入行业真实项目与技术资源，构建“基础理论—数值仿真—实验验证—工程应用”四位一体教学体系，推动课程内容与产业需求对接、教学过程与工程实践衔接、能力培养与职业发展链接，为培养适应绿色低碳、智能高效发展趋势的高素质化工创新人才提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 王小荣, 马国艳, 朱文婷.《化工传递过程基础》课程教学探索[J]. 广州化工, 2021, 49(14): 162-164.
- [2] 王昌松.《化工传递过程基础》四大基础方程教学小结[J]. 化工时刊, 2020, 34(1): 42-44.
- [3] 张会平, 叶李艺. 从科技创新角度搞好化工专业课教学[J]. 化工高等教育, 2003(4): 44-46.
- [4] 任国瑜, 任旭, 刘晓菊, 等. 化工传递过程基础教学方法的探讨与研究[J]. 广州化工, 2014, 42(8): 201-203.
- [5] 李奕川, 蔡虹. 化工传递过程基础课程资源建设与教学实践[J]. 中国多媒体与网络教学学报, 2020(11): 224-226.
- [6] 刘媛媛, 张庆, 杜玉朋, 等. 化工传递课程在 OBE 理念下的教改与持续改进[J]. 云南化工, 2023, 50(5): 208-211.
- [7] 王昌松, 熊翠蓉. 浅谈如何提高工科专业课程教学质量——以化工传递课程教学为例[J]. 化工高等教育, 2022, 39(3): 89-92.
- [8] 陈涛, 张国亮. 化工传递过程基础(第三版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [9] Csikszentmihalyi M. Flow: The Psychology of Optimal Experience [M]. New York: Harper & Row, 1990.
- [10] 吴爱华, 侯永丰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.