

结合海洋特色案例的 5E 教学法在热质交换原理与设备课程教学中的应用

高茂条 赵仕琦 杨宏军 杨艺 林小闹

广东海洋大学海洋工程与能源学院, 中国·广东 湛江 524088

摘要: 在工程教育的目标导向背景下, 基于建筑环境与能源应用工程专业热质交换原理与设备课程, 具有理论性强、学生学习兴趣不足以及运用理论分析解决实际问题的能力较差等问题。本文依据学校和专业人才培养定位的“海洋”特色, 系统融入海洋工程案例及建筑环境与能源应用工程领域的典型案例, 构建以“引入—探究—解释—拓展—评价”为主线的 5E 教学法, 依据“问题驱动—主动探究—知识建构—应用迁移—评价反思”的教学过程实施课程教学改革。通过教学实践, 该教学方法能有效激发学生探索学习兴趣, 提升学生学习的主观能动性, 引导学生主动完成知识构建。同时在创新实践项目及学科竞赛中的表现明显提高, 体现出较强的实践创新与问题解决能力。结合海洋案例的 5E 教学法在提升课程教学质量与支撑专业人才培养目标达成方面具有良好效果, 可为相关专业课程教学改革提供参考。

关键词: 5E 教学法; 海洋特色; 热质交换原理与设备; 教学设计

Application of the 5E Teaching Method Combined with Marine-Specific Cases in the Course of Heat and Mass Transfer Principles and Equipment

Gao Maotiao, Zhao Shiqi, Yang Hongjun, Yang Yi, Lin Xiaonao

College of Marine Engineering and Energy, Guangdong Ocean University, China Guangdong Zhanjiang 524088

Abstract: Under the goal-oriented framework of engineering education, the course "Principles and Equipment of Heat and Mass Transfer" in the major of Building Environment and Energy Engineering faces challenges such as strong theoretical emphasis, low student engagement, and weak ability to apply theoretical analysis to solve practical problems. Based on the university's and the program's talent development orientation with a distinct "marine" characteristic, this study systematically integrates marine engineering cases and typical examples from the field of building environment and energy engineering. It constructs a 5E teaching approach—comprising Engage, Explore, Explain, Extend, and Evaluate—and implements curriculum reform through a teaching process driven by "problem-based learning, active inquiry, knowledge construction, application transfer, and evaluation reflection." Teaching practice has demonstrated that this method effectively stimulates students' interest in exploratory learning, enhances their intrinsic motivation, and guides them to actively construct knowledge. Moreover, students have shown significant improvement in innovative practice projects and academic competitions, reflecting stronger practical innovation and problem-solving capabilities. The 5E teaching method incorporating marine case studies has proven effective in improving course quality and supporting the achievement of professional talent development goals, offering valuable reference for curriculum reform in related disciplines.

Keywords: 5E teaching method; Marine characteristics; Principles and equipment of heat and mass transfer; Instructional design

0 引言

目前, 工程教育认证的目标导向是指以毕业要求为核心出发点, 反向设计培养目标、课程体系与教学评价的人才培养模式^[1]。在培养目标的制订中, 本专业注重与海洋大学的学校人才培养定位相符合, 专业具有“聚焦国家特别是华南地区建筑环境与能源应用工程行业和海洋经济的

发展需要”的培养定位。培养目标为明确专业人才培养的方向与目标, 引导课程体系设置、教学实施与教学环节质量评价。课程教学目标应围绕培养目标进行具体的分解和单元的落实, 最终保障人才培养质量符合社会与行业需求, 实现专业培养目标的达成。

因此, 从专业人才培养定位来看, 海洋经济的发展对

工程技术人才提出了更高要求,在课程教学环节除围绕建环专业工程需求外,还需与海洋场景相结合,热质交换原理与设备作为专业核心基础课程,直接支撑学生对传热传质基本规律及工程应用的理解,是连接基础理论与海洋工程实际问题的重要桥梁,支撑对接海洋经济需求的专业人才培养定位。

1 课程性质和教学现状

热质交换原理与设备课程是将原先分散在不同专业课程中的各种热质交换原理及相应的设备的内容有机地联系起来,经过综合整理、充实加工而形成的一门课程^[2]。它主要是以三传理论(动量传输、热量传输、质量传输)为基础,重点研究热质交换原理及建筑环境与能源应用工程涉及的设备的热工计算方法,是一门理论知识与设备知识同时兼顾的主干专业基础课程^[3]。该课程作为连接专业基础课与技术课的桥梁,涉及面广,在工科专业的工作实践中也经常运用到该课程的基础理论知识^[3]。

从教学层面,在教育改革下的理论教学总学时逐步压缩,专业课所占学时比例逐渐下降,传统以讲授为主的教学方法不能适应新形势下的教学要求,使专业课教学面临更大的挑战。其次,通过对试卷、章节测试、随堂练习、课程大作业、问卷调查等教学各环节进行分析,发现在长期的教学实践中,课程还存在如下三个问题:(1)学生在接触理论性较强的传质方面知识时,公式多、概念多、符号杂,不容易全面理解掌握,容易感到枯燥乏味,出现畏难不想学情绪,从而影响对课程学习的效果。(2)学生掌握了书本上的理论知识和方法,对于课本的课后习题的题目场景容易出现不理解或误解,不会做课后习题,更不会为实际工程中的对流传热传质问题建立数学模型和求解。所学知识不能理论联系实际,存在学了不会用的问题。(3)在好学生追求绩点和差学生追求的及格的学风下,为何学,有何用,如何成才是学生茫然的。

对此,在授课时教师必须在深入掌握课程内容的基础上,积极研究教学方法,采用合适的教学方法,提高课堂教学效果。5E教学法是一种以学生为中心的探究式教学模式,通过引入(Engage)、探究(Explore)、解释(Explain)、拓展(Elaborate)和评价(Evaluate)五个阶段,通过连续性与参与性的学习过程,强调知识建构过程与实践应用的结合^[4]。在热质交换原理与设备课程的教学过程中,由于课程基于从众多的专业课中提炼的共同理论知识和工程技术原理,学生具有一定的经验,教学中应该结

合构建主义学习理论的5E教学法,让学生从“接受知识”的思想,转变为“主动构建知识”,提升学生的理解力和实际问题的解决能力^[5]。

2 5E教学法嵌入课程教学设计和实施

基于建筑环境与能源应用工程相关案例,并引入海洋特色案例吸引学生的学习兴趣和提升参与度,构建以“问题引入—主动探究—知识建构—应用导向—评价反思”的学习过程,引导学生将工程案例与理论知识相结合,完成知识的自主建构,实现分析并解决不同实际工程问题的能力,具有工程师的必备基本素养。5E教学法嵌入课程教学设计的过程及相关工作如图1所示。

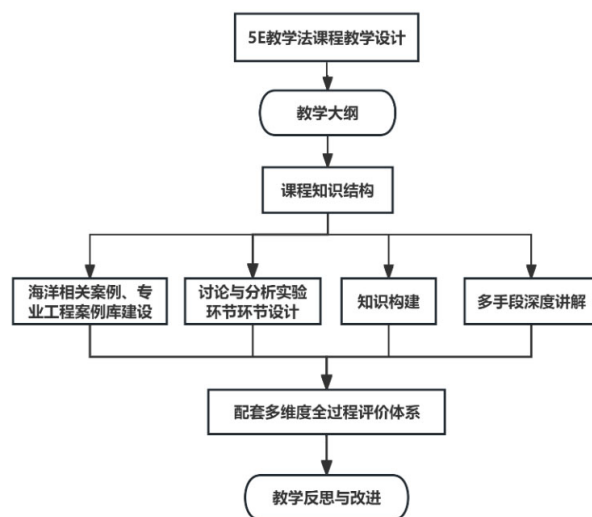


图1 5E教学法嵌入课程教学设计过程

2.1 引入(Engage): 结合海洋工程问题激发学习兴趣

在问题驱动阶段,考虑到学生已具备一定的专业基础知识与设备认知能力,若仅以本专业工程案例进行引入,容易使学生形成“概念已掌握即等同于能够应用”的浅层认知,从而弱化对知识本质与适用边界的理解。因此,本阶段以海洋工程真实问题为主线,通过多类型、多场景案例构建问题情境,强化学生的认知冲突与学习动机。例如,在讲授传质过程时,引入“太阳能界面蒸发海水淡化如何实现高效蒸发?水汽如何实现高效凝结和收集?”的问题,通过展示实验现象或工程案例,引发学生兴趣,使其认识到热质交换理论在实际中的重要性。针对热质交换理论知识模块相对应的部分海洋工程案例如表1所示。通过多维案例对比,引导学生认识传质过程在不同尺度与不同环境中的差异性,实现从“知识理解”向“工程应用能力”的转变,完成由“知道是什么”到“能够用来解决问题”的能力跃迁。再回归本专业工程实际,使学生完成从知道到

会用的过程转变。

表 1 热质交换理论对应的相关海洋工程案例

知识模块	海洋工程案例	教学意义
传质基本理论 (分子扩散、 对流传质、菲 克定律)	海水淡化中的膜传质过 程; 海水盐分在界面蒸发过 程中的迁移与富集;	讲解反渗透 / 正渗透过程 中盐分在膜内的分子扩散 与对流; 对比淡水和海水 的浓度场
相际传质与双 膜理论	海洋平台油气分离过程	将双膜理论与海洋油气核 心生产环节结合, 让学生 掌握相际传质的工程应用 逻辑
传质边界层与 传质系数	海洋平台外表面盐雾沉 积与溶解过程	强化边界层控制传质的概 念
传热传质类 比	船舶舱室空调系统设计 中, 高温高湿海洋环境 下的热湿耦合负荷计算	让学生掌握类比律在海洋 环境热湿负荷计算中的应 用, 理解传热与传质过程 的内在关联
传热传质耦 合计算	海水淡化多效蒸馏系统 中的传热传质过程	将无量纲分析与实际海水 淡化设备性能评价相结合, 提升工程计算能力
强化传热传 质技术	超疏水 / 亲水复合表面 用于界面蒸发海水淡化 微纳结构强化蒸发与冷 凝效率	结合前沿研究方向, 提升 学生对结构调控强化热质 交换的理解
吸附处理空 气原理	海洋平台封闭空间或潜 艇大气再生系统中的 CO ₂ 吸附净化; 船舶用集成式吸附除湿 空调机组	让学生了解工程上吸附系 统的设计, 理解吸附剂特 性对空气处理系统性能 的影响, 掌握空气吸附除 湿系统设计方法
吸收处理空 气原理	船舶烟气海水脱硫系统 设计; 海上油气生产平台挥发 性有机物 (VOCs) 吸 收处理系统;	让学生了解工程上吸收系 统的设计, 理解吸收剂特 性对吸收系统性能的影响

2.2 探究 (Explore)：基于现象开展自主分析

在主动探究阶段，可以通过日常生活中比比皆是的热质传递场景，引导其发现并思考隐藏其中的热质交换过程。例如，回南天的衣服为什么晾不干，冰奶茶放置在空气中杯壁外表面持续不断的水珠，宿舍的卫生间异味散溢至其他区域，除湿盒的设计及其中的工作原理，出汗后吹风为何感觉更有凉感，组织学会开展问题分析和小组讨论。通过引导学生从温度变化、湿度迁移、气流组织以及物质传递等角度解释现象，使抽象的热质交换理论与真实生活情境建立联系，激发学生主动探索的兴趣，建立初步的认知框架。

在此基础上，为进一步深化探索研究过程，可以设计简单的太阳能海水淡化装置实验，组织学生自主观察和分析热质传递过程通过对海水蒸发过程中温度场与浓度场的变化进行讨论，引导学生结合传热传质理论分析影响蒸发速率的关键因素，包括太阳能吸收效率、界面温差、蒸发界面结构、液体输运能力以及传质阻力等。通过“现象观

察—实验验证—理论分析”的探究路径，帮助学生逐步构建热质交换过程的知识框架，培养其利用科学思维分析和解决实际工程问题的能力。

2.3 解释 (Explain)：知识构建

在知识体建构阶段，学生基于前一步训练形成初步认知框架后，由教师以“从现象到本质、从经验到模型”的主线，将抽象理论与前期探究案例进行对应分析，系统梳理并深入讲解所涉及的相关理论，包括传热与传质的基本定律、控制方程及其适用条件。通过将理论知识与海洋趣味实验、工程案例相结合，使学生理解理论公式的物理意义，明确各类模型的适用范围与边界条件，帮助学生实现知识体系的内部构建，并促进学生理解基础理论知识在多学科前沿中的应用和工程实际中的具体应用。

2.4 拓展 (Elaborate)：结合暖通系统案例深化理解

在应用导向阶段，重点围绕建筑环境能源应用工程领域典型复杂工程问题，引导学生将已掌握的热质交换理论迁移应用于实际工程场景，利用所学知识分析和解决问题。结合部分海洋特色相关案例，进一步拓展学生对热质传递规律在不同应用领域中的认识。在此过程中，鼓励学生参与模型简化与假设条件分析，深入理解理想化模型与实际工程系统之间的差异，逐步建立多尺度、多因素耦合及复杂运行条件的系统认知。最终通过拓展过程，使学生不仅能够正确理解和灵活运用相关基本理论和计算方法，更能够在实际工程问题中进行合理建模与综合分析，提升其理论联系实际和综合解决复杂工程问题的能力。

2.5 评价 (Evaluate)：多维度考核学习效果

该阶段通过多维度、全过程的评价方式，包括课堂练习、章节测试、案例分析报告、期末考核、期末调查问卷等，评价内容不再局限于短期评估学生的知识掌握情况：传统教学中对公式记忆、计算方法和结果、对热质交换基本原理的理解深度。结合后期的综合学习，更加关注学生的应用情况和知识迁移能力以及利用理论分析和解决实际工程问题的能力，如参与创新训练项目、参加学科创新竞赛、发表专利和论文的情况。通过多维度评价学习成果，检验教学实施成效，并针对具体问题进行动态持续改进。

结合海洋特色案例的 5E 教学法，通过构建“问题驱动—主动探究—知识建构—应用导向—评价反思”的完整教学链路，形成闭环式认知过程，有效地改善了热质交换原理与设备课程中学生对公式计算的畏难情绪及理论与工程实践脱节的问题。同时，通过系统融入海洋相关案例，

并结合专业典型工程情境应用拓展强化,不仅显著提升了学生的学习兴趣,还进一步结合专业工程案例拓展突出了工程应用导向,促进学生深入理解基础理论在多学科前沿领域及实际工程中的具体应用。在此过程中,学生的问题意识与持续学习能力得到潜移默化的培养,从而全面提升课程教学效果与人才培养质量。

3 教学实施效果与分析

3.1 学生课堂表现和教学效果提升

通过结合海洋特色案例的 5E 教学法的应用,教学过程设计有趣且结构合理,学生的学习兴趣明显提高,课堂参与度,学生学习的积极性和主动性显著提高。经学生问卷调查反馈结果显示,该教学模式有助于理解抽象概念,并增强学习兴趣。在综合课程目标达成度分析评价中,课程达成度较往年均有提升。

3.2 应用创新能力的提升

通过海洋特色案例的 5E 教学法教学改革实施,充分激发了学生的主观能动性及各学科创新应用能力。学生通过大学生创新创业训练项目和创新团队,依托创新项目将理论知识与实践相结合,参与中国大学生节能减排大赛、中国制冷空调行业大学生科技竞赛、ICAN 大学生创新创业大赛等学科竞赛中均获得省级以上奖励。面对新的问题和应用背景,学生运用科学思维和工程思维分析并解决问题的能力有所提升,依托创新项目,能进一步深入实践探究,近三年指导学生申请专利 4 项,撰写论文 3 篇。

3.3 课程教学内容不断丰富优化

在已有教学改革成果基础上,课程完善了案例库与习题库建设,持续不断丰富具有海洋特色与建筑环境与能源应用工程领域工程导向的教学资源。同时,优化课程考核与评价方式,构建过程性评价与结果性评价相结合的多元评价体系,更有效地促进学生知识掌握与综合能力提升,从而实现课程教学质量的持续改进。

4 结论与展望

本文构建了结合海洋特色案例 5E 教学法在热质交换原理与设备课程中的教学改革模式,并通过教学实践验证了其有效性。该模式以“引入、探究、解释、迁移和评价”5 个阶段为主线,系统融入海洋工程案例及建筑环境与能源应用工程领域的典型案例,有效激发学生的学习积极性,促进其主动参与知识构建过程,显著提升课堂教学效果和学生的创新实践能力。在以学生为中心的教学理念

指导下,课程教学改革是一项长期性、动态性与持续改进的系统性任务,需要不断适应学生学情变化与工程发展、社会需求与时俱进的。未来可进一步探索和优化该教学模式,例如引入虚拟仿真与实验教学手段,增强学生的沉浸式学习体验;依托实践教学基地与专业教师科研项目,深化与企业及科研机构的协同合作,持续丰富符合课程教学的结合产业需求的工程案例资源,从而进一步提升课程教学质量,支撑课程目标与专业人才培养目标的有效达成,并为本专业其他课程的教学改革提供可推广的参考路径。

参考文献:

- [1] 管勇,胡万玲,张叶等.面向工程教育专业认证的地方建环专业改革与实践——以热质交换原理与设备课程为例[J].高等建筑教育,2023,32(5):39-48.
- [2] 张焱,张仙平,王迎辉.新工科背景下热质交换原理与设备的课程思政建设与探索[J].化工管理,2024(12):24-28.DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2024.12.008.
- [3] 陈曦,杨柳,刘杨等.研究性教学背景下热质交换原理与设备课程教学创新探索与实践[J].现代职业教育,2025(6):105-108.
- [4] 刘腊美,陈敏,李涛.基于工程案例的 5E 教学法在“流体力学”课程思政教学中的应用[C]//教育部高等学校建筑环境与能源应用工程专业教学指导分委员会.全国高等学校建筑环境与能源应用工程专业第二届课程思政建设及教学改革研究与实践论文集.中国建筑工业出版社,2025:71-73.
- [5] 张永成,马佳乐,陈沛瑀等.基于 5E 教学法与案例教学法的高等农业机械学课程改革实践与探索[J].农业工程,2025,15(11):134-137.DOI:10.19998/j.cnki.2095-1795.202511320.

基金项目:结合海洋特色的案例式教学在热质交换原理与设备课程中的运用研究(项目编号:PX-972024053);2025 年度校级本科教学质量与教学改革工程项目(项目编号:PX-1752025005);2026 年校级质量工程项目:双碳领航、四海协同:面向海洋工程全生命周期的节能减排课程思政教学团队(项目编号:PX-186202600)。

作者简介:高茂条(1992.06-),女,汉族,河南郑州人,硕士研究生,广东海洋大学海洋工程与能源学院,讲师,研究方向:制冷设备节能及相变储能技术。