

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2026.06.010

以卓越水处理工程师培养为目标的环境工程 原理教学创新探索

毕 贞, 钱飞跃, 陈重军, 李学艳

(苏州科技大学 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215009)

摘 要: 环境工程原理是环境工程专业的主干核心课程,在专业教育中具有重要地位。以卓越水处理工程师培养为目标,以工程认证的成果导向教育(OBE)为指引,分析了苏州科技大学环境工程专业环境工程原理课程的教学创新设计与实践。通过构建“四层次三目标”的知识体系,采用翻转课堂和BOPPPS模式等线上线下混合教学方式,整合教学资源,开展多元评价,实施持续改进;解析如何在工程原理类课程内融合思政元素,挖掘低碳污水处理资源化理念与环境污染控制技术的结合点,落实立德树人根本任务;培养具有“双碳”工程设计意识、综合素养高的卓越水处理工程师,可为我国地方院校环境工程专业工程原理课程的教学改进提供参考。

关键词: 环境工程; 工程教育认证; 教学创新; 以学为中心

中图分类号: TU99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2026)06-0057-06

Exploration on Teaching Innovation of the Course Principle of Environmental Engineering Based on the Goal of Excellent Water Treatment Engineers Cultivation

BI Zhen, QIAN Feiyue, CHEN Chongjun, LI Xueyan

(School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China)

Abstract: Principle of Environmental Engineering is one of the core courses of the environmental engineering major, which has an important position in the education of environmental engineering major. Guided by the outcomes-based education (OBE) concept of engineering certification aimed at cultivating excellent water treatment engineers, this course at Suzhou University of Science and Technology was exemplified to introduce the teaching innovation design. A “four-level and three-objective” knowledge framework was constructed. The mixed teaching mode combined online and offline with flipped classroom and the BOPPPS model was adopted in the course, and the teaching resources were integrated and multiple evaluations were adopted to continuously improve teaching. Meanwhile, the study explores how to integrate ideological and political education elements into the course. Connections were established between water pollution control technologies and low-carbon strategies to fulfill the fundamental task of fostering virtue through education. All these measures are aimed to cultivate excellent water treatment

基金项目: 地方高校环境类专业卓越工程师培养的探索与实践项目(2023JSJG177); 苏州科技大学本科品牌课程项目(2023KCXX-02)

通信作者: 陈重军 E-mail: chongjunchen@163.com

engineers with engineering design awareness of “double carbon”, strong engineering ability and high comprehensive quality. Overall, the teaching innovation design of present study could provide a reference for the continuous improvement of engineering principle courses for environmental engineering major in the local universities in China.

Keywords: environmental engineering; engineering education certification; teaching innovation; leaning-centered

近年来,本科教育教学研究主要集中在增强实践能力培养^[1-2]、翻转课堂及各种互动式教学方法^[3-4]、基于以工程认证的成果导向教育(OBE)的教学改进^[5-6]、虚拟仿真教学及“金课”建设等^[7-8],同时对课程思政和教学改革创新设计也进行了更为细致的探索^[9-10]。对于地方院校,在专业建设过程中既要凸显专业特色,又要以工程教育专业认证标准为导向实施专业建设。苏州科技大学环境工程专业于2019年入选首批国家一流专业,并先后于2017年和2023年通过环境工程专业认证。作为地方院校,苏州科技大学环境工程专业建设始终围绕长三角水乡地域快速发展与资源、环境之间的突出矛盾,尤其是水环境污染综合治理的人才需求,以培养具备可持续发展理念和宽广国际视野、能解决复杂环境工程问题的创新应用型高级工程技术人才为目标,形成了以水污染控制方向为专业特色的课程培养体系。环境工程原理是环境工程专业从基础知识向专业知识学习的一门先导专业课程,在课程教学体系中具有承上启下的作用。基于此,以苏州科技大学环境工程原理课程为例,针对目前教学过程中最为突出的问题,从知识体系构建、混合教学模式实施、学习效果评价等方面探讨教学方法的创新设计与实践,可为我国地方院校环境工程专业工程教育认证的持续改进和课程建设提供参考。

1 环境工程原理课程教学痛点

① 思政内容不足:立德树人是教育的根本任务,将社会主义核心价值观科学地融入环境工程原理课程教学势在必行,但目前受限于教材本身,课程内容中思政元素较少。

② 教学内容繁杂:课程核心内容围绕四大类生态环境治理技术原理展开,尤其是传质与传热过程中的微观衡算,包含大量基础原理和公式推导,学生有畏难情绪,学习热情随着时间消退。

③ 教学方法单一:工程原理类课程的教学通

常以单一的讲授模式为主,重知识传授、轻能力培养,学生在知识传输过程中往往扮演被动接受者的角色,主动参与度较低;仅通过集中式的课内讲授难以兼顾所有学生的差异性,因此知识内化程度有限,教学效果尚有较大提升空间。

④ 考核方式片面:作为专业必修理论课程,通常采用平时作业与期末考试相结合的方式进行考核,重结果、轻过程,难以全面评价学习效果和学学习能力,导致学生只关注分数而忽视知识内化,学习原动力过于功利。

因此,在OBE引导的新工科背景下,针对上述问题,从思政元素融合、知识体系构建、混合教学模式实施以及学习效果评价等方面,对环境工程原理课程开展了教学方法的创新设计与实践。

2 教学创新途径与方法

2.1 融入思政元素

在环境工程原理课程教学过程中,梳理专业知识,将思政元素融入大纲和教案中。例如:①结合国内外不同环境介质污染现状与污染控制技术体系,理解并掌握“绿色发展观”“整体系统观”“严密法治观”等核心内涵,树立学生专业报国的远大理想;②讲授我国典型湖泊污染的治理历史,使学生树立水资源危机意识及“天-地-人”和谐统一的生态文明观,培养专业使命和社会责任感;③从辩证唯物的角度,正确认识“物料与能量衡算”“流体流动”“热量与质量传递”等基础理论在宏观现象解析、微观过程模拟及其在污水净化单元设计中的重要作用,使学生深刻体会到理论学习是一切工程实践与创新活动的起点,培养工程设计意识;④讲授“生物反应”的科学内涵,穿插国内知名学者在推进污水处理厂实现“低耗高效”“能源自给”“物质回收”等可持续性发展目标中的重大贡献,增强技术自信和“双碳”工程设计意识;⑤从生物反应体系的“多菌群和谐”延伸到“社会和谐”,培养学生的团队

协作精神以及职业素养;⑥讲授膜分离过程原理及其在污水处理过程中的应用,以膜产业发展历程中“卡脖子”问题为案例,激励学生自主创新意识。

简言之,环境工程原理课程作为环境工程专业的核心必修课以及专业先导课,在教学过程中,穿插环境热点问题及其解决思路,培养学生的可持续发展理念和科学精神,综合提升学生的职业素养。

2.2 “四层次三目标”的知识点重构

环境工程原理课程的课时为 60 学时,根据教学内容、课程特色及高阶性、创新性和挑战度(“两性一度”)要求,先后在 2014 年、2018 年和 2023 年对教学大纲进行修订,使得课程的知识、能力及价值目标培养与工程认证目标高度契合。课程目标与毕业要求的对应关系见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求的对应关系

Tab.1 Correspondence between curriculum objectives and graduation requirements

毕业要求及指标点		课程目标
毕业要求 1: 工程知识	1.2 具有解决复杂环境工程问题的工程基础知识	课程目标 1——基础知识掌握:能够从辩证唯物和可持续发展的角度,理解和掌握环境净化与污染控制技术原理的内涵与系统性,以及“物料与能量衡算”“微观过程解析”“变化速率的数学表达”等工程基础知识
毕业要求 2: 工程知识	2.1 能够运用数学、自然科学、工程科学和环境工程的基本原理,识别和判断复杂的环境工程问题;	课程目标 2——复杂问题解析:能够运用质量与能量衡算、热量与质量传递、过滤、吸收、吸附、离子交换、萃取、膜分离、均相化学反应和微生物反应等工程基础知识解析污染净化过程或宏观现象
	2.2 能够基于相关学科原理和数学模型方法,正确表达复杂环境工程问题	课程目标 3——数学模型运用:掌握各系统中质量与能量衡算、热量与质量传递、过滤、吸收、吸附、离子交换、萃取、膜分离、均相化学反应和微生物反应等相关数学模型的构建方法,能够运用模型准确地定量描述常见污染净化过程或反应器操作,并提出优化改进思路
毕业要求 4: 研究	4.4 能够正确采集、整理实验数据,对实验结果进行关联、分析处理和解释,获取合理有效的结论	课程目标 4——工艺设备评价:掌握典型污染物去除设备的工作原理以及相关设备的效能评价;具备现象分析、设备操作、数据处理等能力

环境工程原理课程的核心内容是生态环境治理领域涉及的传质与传热过程,内容繁杂,涉及面广,因此根据教学内容、课程特色及工程认证毕业要求,立体重构每一章节的教学内容,按照“基础知识掌握”“复杂问题解析”“数学模型运用”“工艺设备评价”将知识点分为 4 个层次。其中,“基础知识掌握”属知识目标,“复杂问题解析”和“数学模型运用”属能力目标,“工艺设备评价”是前两者的结合,属价值目标。综上,对各知识点进行分层次梳理,形成“四层次三目标”的立体知识结构,具体见图 1。

2.3 融合翻转课堂和 BOPPPS 模式的教学设计

传统的课堂教学受时间和空间的束缚,学生们只能在特定的时间、地点,按照统一的进度集中学习,这样的教学方式不仅与当前倡导的“学生中心化”的教学理念相悖,也不能满足不同能力学生对自主学习的差异化需求。线上线下混合式教学起源于美国、加拿大等地区,近年来在各国高校教学环节中都有着广泛应用。2013 年,我国开始推动精品资源共享课程建设,开启了国内高校线上线下混合式共享教学的序幕,信息技术的飞速发展也为多元互动式教学方法提供了更多便利条件。其中,翻转课堂和 BOPPPS 教学模式均强调以学生为中心,教师需要将学习的主动权转移给学生,通过结构化的教学环节来提高教学质量和学生的学习参与度,通过参与式学习和及时评估反馈,提高学生的学习效果和教师的授课效果,在国内外已有广泛实践。环境工程原理课程正是以此为契机探索多元混合式教学的引进融合,以学生为中心、以课程目标为导向、以教学内容为载体进行课程设计,具体如图 2 所示。

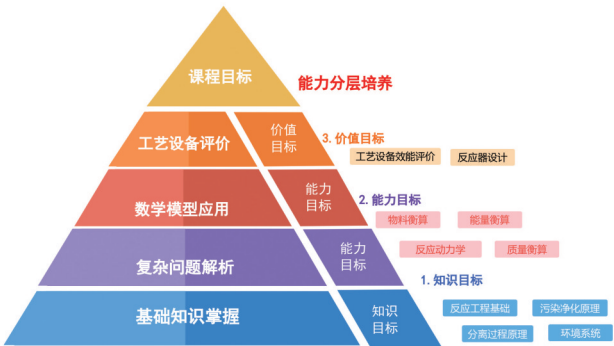


图 1 环境工程原理课程知识结构体系

Fig.1 Knowledge structure of the course Principle of Environmental Engineering

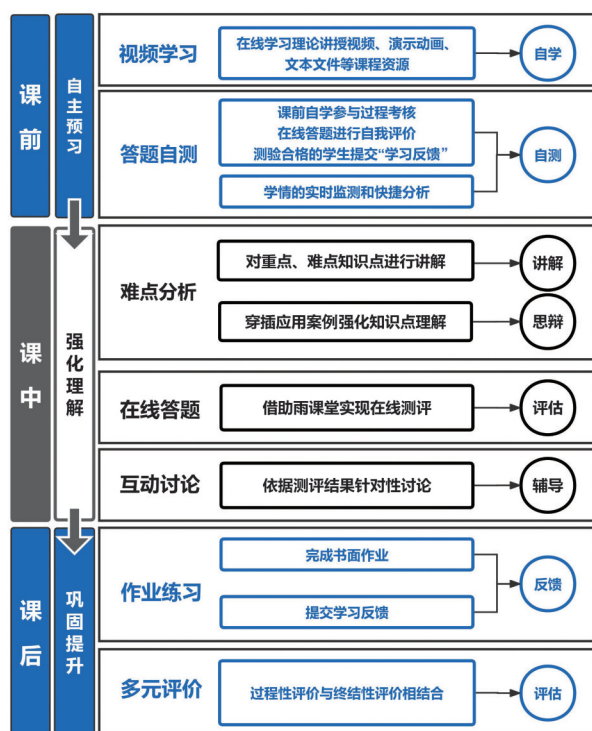


图2 环境工程原理教学设计

Fig.2 Teaching design of the course Principle of Environmental Engineering

依据教学内容的特点,课程统筹设计教学过程,使线上线下教学深度融合,打破线下课堂的时空束缚,拓展教学时间和空间维度。对于简单的理论性知识点(基本原理和概念),采用BOPPPS模式和翻转课堂;对于重难点内容(微观过程分析和计算),主要依托线下实体课堂讲授;对于应用类知识点,采用线上线下混合教学模式,并穿插实践工程案例讲解与讨论;对于实验教学环节,除尘器工作原理与性能评价、准稳态法导热性能测定等相关实验的原理讲解、实验操作演示已在超星平台建立线上课程,实验技能操练则主要由线下课堂实现。在今后的教学改进中,实验环节的线上资源建设将是重点内容,比如利用虚拟仿真技术开展线上实验操作。课程的线上教学资源依托慕课超星平台搭建(见图3),主要包括讲授视频、课程课件及其他参考资料等文本文件,可为学生提供课前预习、自测条件,并设定自己的学习进度;借助雨课堂和问卷星等多媒体工具,任课教师可以根据学生提交的“学习反馈”实现对学情实时监测和快捷分析(见图4)。通过上述互动式教学,可提高学生在学习过程中理

论知识的留存率,提升教学效果。



图3 环境工程原理线上课程平台(慕课超星)

Fig.3 Online platform of the course Principle of Environmental Engineering (mooc.chaoxing)



图4 环境工程原理线上课程平台(雨课堂)

Fig.4 Online platform of the course Principle of Environmental Engineering(Rain classroom)

实践表明,多元混合教学方式,将学生置于学习的中心地位,将学习过程由被动转为主动,引导学生认识到“我必须学习”,进而激发他们的内在动机,使其产生“我渴望学习”的意识。同时,在网络平台课程的支持下,为学生创造“我有能力学习”的条件。多元化的教学方式配合多元化的学习渠道,让学生能够自主选择适合自己的学习路径,设计自主进阶式学习环境,制定学习进度,这种个性化的学习方式不仅能够增进学生的学习兴趣,还能让他们在学习过程中感受到归属感和成就感。

2.4 学习效果的多元评价

针对学生普遍存在的重成绩获得、轻知识积累的问题,在课程评估方面,采取过程性评价与终结性评价相结合的方式对课程的学习效果评价,激

发学生的学习动力。从自主学习(课前预习、课后复习、教学视频观看)、课堂互动(随堂在线答题)和作业完成(书面作业)三个方面开展过程性评价,通过期末卷面考试和平时成绩综合评定学生的学习成绩,具体评价方法如表2所示。

表2 环境工程原理课程评价方法

Tab.2 Curriculum evaluation method of the course
Principle of Environmental Engineering

考核环节	考核形式	分值占比/%	考核方式(线上/线下)
平时成绩	书面作业	10	线下(提交纸质作业)
	课堂互动	10	线上(雨课堂在线答题)
	教学视频观看	10	线上(在规定时间内自主观看教学视频,打卡)
	预习/复习	10	线上(在规定时间内完成相应的题目,打卡)
期末成绩	试卷	60	线下(闭卷笔试,覆盖全部章节)

相比教学改革之前的评价体系,新的评价体系强化对平时成绩的过程性评价,学生通过自主学习中国慕课网络平台发布的讲授视频,完成课前预习、课后复习的环节,进行自我评价;教师可以通过平台数据对学情进行实时监测和快捷分析。作为专业核心必修课,期末考核占总评成绩的60%,以闭卷考试的方式进行,是对学生学习过程的结果性评价。综上,过程性评价与结果性评价可以从不同角度对学生的学习效果进行测评,相比过去以结果性评价为唯一标准的考核方式也更为合理。提高过程性评价的权重很大程度上避免了以分数为导向的功利性学习,引导学生重视学习的过程本身,重视知识的内化,进而以学促教,提升教学效果。

3 创新教学改革成效

环境工程原理课程自2018年开始逐步推进课程改革,2022年开始在教学实践中融入翻转课堂和BOPPPS教学模式并与线下教学相结合,学生可以通过在线课堂完成课程理论知识的预学习后,再通过自我测评的方式检验学习效果,提高了后续课堂的学习效率,对激发学生的学习主动性与积极性效果显著。

对2022年和2024年的课程总评成绩进行比较,发现两届学生的总评成绩总体呈正态分布。2022年该课程平均分数为65.3分,且成绩分布分散,出现两极分化情况。经过3轮创新教学改革后,

2024年学生总评成绩的高峰位置向右偏移,整体平均水平提高至76.4分,且成绩分布范围变窄,成绩分布向70~90分集中。进一步地,从各个课程目标的达成度角度来看,教学改革前各项目标达成度分别为0.59、0.70、0.79和0.68,实施两轮教学改革后,上述课程目标达成度分别为0.65、0.73、0.89和0.70。课程目标1和课程目标3的达成度显著提升,而课程目标4则需在持续改进过程中加以重视,持续推进实验教学环节的线上资源平台建设。实践表明,通过构建“四层次三目标”的知识点体系,融合线上线下混合教学,开展多元效果评价的创新教学改革成效显著,有效提高了教学目标达成度。

自实行多元混合教学实践以来,每一轮教学结束后就对学生在教学反馈问卷调查。2023年结果如下:超过98%的学生认为达到了学习工程基础知识的目标,超过97%的学生认为达到了复杂问题解析、数学模型运用和工程实践研究的目标;专业能力、专业相关核心知识、核心专业课重要性的认可度均超过90%;课程总体满意度为92%,90%以上的学生认为该课程对后续专业课的学习有较大帮助。此外,超过35%的学生仍然认为课程知识点复杂是学习过程中存在的主要问题,因此强化知识点内在逻辑关联应该作为持续改进的主要内容之一。

4 结语

为解决传统工程原理类课程教学中的痛点,环境工程原理经历多轮教学改革创新,通过建立分层次分目标的知识结构,厘清了知识点之间的内部逻辑联系,强化了学生的知识内化过程;通过实施多元混合教学模式,克服了传统理论课程授课普遍存在的单一性和单向性弊端,丰富了课堂教学的形式和内容,提高了学生的学习主动性与参与度;通过思政元素的融入,培养了学生的创新意识和“双碳”工程实践概念,主动参与创新创业比赛和科研活动的学生人数有所增加,特别是以污水处理及资源化利用技术为主题的科创项目增多,对后续专业课程的开展起到了良好的先导作用。与此同时,提高教师的教学教研能力,建设并完善网络教学平台将是深化课程教学改革、实施持续改进所面临的挑战。

参考文献:

- [1] 刘永德,张杰,万东锦,等.基于污泥堆肥工程实例的课堂教学模式改革[J].中国给水排水,2019,35

- (24): 21-24.
- LIU Y D, ZHANG J, WAN D J, et al. Reformation of classroom teaching mode based on sludge composting project[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(24): 21-24(in Chinese).
- [2] 刘宏远, 许四法, 杨青青. 新工科模式下《泵与泵站》教学体系的设计与思考[J]. 中国给水排水, 2018, 34(12): 9-13.
- LIU H Y, XU S F, YANG Q Q. Design and thinking of teaching system of Pump and Pumping Station for emerging engineering education [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12): 9-13(in Chinese).
- [3] 刘宏远, 方程冉, 顾亚玮, 等. 再谈“泵与泵站”课程教学体系的设计[J]. 中国给水排水, 2022, 38(20): 27-30.
- LIU H Y, FANG C R, XIE Y W, et al. Re-discussion of the teaching system of “Pump and Pumping Station” course[J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(20): 27-30(in Chinese).
- [4] 明银安, 刘丹, 张莉, 等. 基于“双碳”目标的“水污染控制工程”教学创新设计探究[J]. 中国给水排水, 2023, 39(16): 56-62.
- MING Y A, LIU D, ZHANG L, et al. Research on teaching innovation design of Water Pollution Control Engineering based on the “double carbon” goal [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(16): 56-62 (in Chinese).
- [5] 陈重军, 潘杨, 顾晓丹, 等. 苏州科技大学水污染控制工程课程群建设与实践[J]. 中国给水排水, 2023, 39(16): 51-55.
- CHEN C J, PAN Y, GU X D, et al. Research and practice on water pollution control course group based on engineering education certification: taking Suzhou University of Science and Technology as an example [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(16): 51-55 (in Chinese).
- [6] 魏妍琪, 付成华, 张越关. 基于工程教育专业认证的工程水文学课程教学改进与实践[J]. 农业工程, 2024, 14(5): 137-140.
- WEI Y Q, FU C H, ZHANG Y G. Teaching innovation and practices on Engineering Hydrology course based on engineering education professional certification [J]. Agricultural Engineering, 2024, 14(5): 137-140 (in Chinese).
- [7] 汤海峰, 刘艳, 闫国栋, 等. 开展线上线下混合式教学助推大型仪器面向本科生开放[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(11): 174-177.
- TANG H F, LIU Y, YAN G D, et al. Carrying out online and offline mixed teaching to boost opening large-scale instruments to undergraduates [J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(11): 174-177 (in Chinese).
- [8] 汤海峰, 李臣亮, 周毓麟, 等. 对微生物工程类虚拟仿真实验建设与共享应用的思考[J]. 生物工程学报, 2021, 37(12): 4439-4445.
- TANG H F, LI C L, ZHOU Y L, et al. Development of the virtual simulation experiments for microbial engineering and perspectives on its shared application [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(12): 4439-4445(in Chinese).
- [9] 刘佳, 彭开铭, 徐竟成, 等. 工业废水污染防治人才培养体系的构建与实践[J]. 中国给水排水, 2023, 39(16): 46-50.
- LIU J, PENG K M, XU J C, et al. Construction and practice of talent training system for industrial wastewater pollution prevention and control [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(16): 46-50(in Chinese).
- [10] 陈佼, 陆一新. “课程思政”理念下的《水污染控制工程》教学改革探讨[J]. 科技创新导报, 2019(29): 191-193, 195.
- CHEN J, LU Y X. Discussion on the teaching reform of “Water Pollution Control Engineering” under the concept of “curriculum civics” [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2019(29): 191-193, 195 (in Chinese).

作者简介: 毕贞(1986—), 女, 江苏苏州人, 博士, 副教授, 主要从事废水处理与资源化方向的科研和教学工作。

E-mail: bizhen@mail.usts.edu.cn

收稿日期: 2024-08-09

修回日期: 2024-11-05

(编辑: 丁彩娟)