

AI技术融合背景下环境工程专业《环境工程施工技术与管理》课程教学改革与探索

高婷婷*, 王理明, 洪思奇, 张洛红

西安工程大学环境与化学工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2026年6月18日; 录用日期: 2026年7月15日; 发布日期: 2026年7月22日

摘 要

随着人工智能技术的快速发展, 教育与AI (Artificial Intelligence) 的深度融合已成为当代教学改革的必然趋势, 尤其为工程教育专业认证所强调的“成果为导向、学生为中心、持续改进”理念提供有力的支撑。《环境工程施工技术与管理》课程具有专业性强、涉及面广、工程实践背景要求高等特点, 但传统教学中普遍存在理论与实践脱节、施工技术可视化转化效果差、课程评价体系偏理论轻实践等问题。为此, 本文围绕AI技术融合背景, 对教学内容、教学方式及考核方式进行系统的教学改革。通过引入AI技术辅助工程施工技术与过程可视化, 采用虚拟仿真工具优化教学内容呈现, 构建以学生为中心的智能互动教学方式, 并建立过程与结果并重的多元化考核体系。改革旨在契合当代技术发展需求, 落实工程教育认证核心理念, 探索适配课程特点的现代化教学路径, 全面提升学生专业素养与工程实践能力。

关键词

AI技术, 工程教育专业认证, 环境工程, 《环境工程施工技术与管理》, 教学改革

Teaching Reform and Exploration of the “Environmental Engineering Construction Technology and Management” Course for Environmental Engineering Majors under the Background of AI Technology Integration

Tingting Gao*, Liming Wang, Siqi Hong, Luohong Zhang

*通讯作者。

文章引用: 高婷婷, 王理明, 洪思奇, 张洛红. AI 技术融合背景下环境工程专业《环境工程施工技术与管理》课程教学改革与探索[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 1276-1283. DOI: 10.12677/ae.2026.1671497

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence (AI) technology, the deep integration of education and AI has become an inevitable trend in contemporary teaching reform, providing strong support for the principles of “outcome-based education, student-centeredness, and continuous improvement” emphasized in engineering education accreditation. The course Environmental Engineering Construction Technology and Management is characterized by strong professionalism, broad coverage, and high demands for engineering practice background. However, traditional teaching methods commonly suffer from issues such as a disconnect between theory and practice, poor visualization of construction techniques, and an assessment system that prioritizes theoretical knowledge over practical skills. To address these problems, this paper focuses on the integration of AI technology and systematically reforms the teaching content, teaching methods, and assessment approaches. By introducing AI technology to assist in the visualization of engineering construction techniques and processes, employing virtual simulation tools to optimize the presentation of teaching content, constructing a student-centered intelligent interactive teaching model, and establishing a diversified assessment system that equally emphasizes process and outcomes, the reform aims to meet the demands of contemporary technological development, implement the core concepts of engineering education accreditation, explore a modern teaching pathway tailored to the characteristics of the course, and comprehensively enhance students’ professional competence and engineering practice abilities.

Keywords

AI Technology, Engineering Education Professional Certification, Environmental Engineering, “Environmental Engineering Construction Technology and Management”, Teaching Reform

Copyright © 2026 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. AI 技术在教学设计中的应用

人工智能技术的快速发展正在深刻改变高等工程教育的形态与模式[1][2]。在环境工程学科领域, AI 技术在教育中的应用已从初步探索逐步走向深度实践。研究表明, 基于 AI 技术搭建的智能化教学平台可显著提升课堂教学效果与学生学习效率, 且虚实结合的教学模式能有效增强学生的工程设计能力[3]。在高等院校环境工程专业核心课程的建设中, 已有高校成功开发出基于 AI 赋能的智慧课程, 并在课前设计环节通过构建系统化的知识图谱、能力图谱和问题图谱等个性化学习平台, 实现对课堂知识点的动态呈现与对学生个性化学习路径的推荐[4]。如: 在课程体系层面, 青岛理工大学在 2025 版培养方案中通过增设 “AI + 土木工程” 等新兴课程模块, 推动数智技术与专业教育深度融合; 在教学方法层面, 安徽建筑大学尝试启动《AI + 土木工程》等 6 门智慧课程建设, 探索 “数字化 + 认证化” 双轮驱动的教学新模式; 在实践教学层面, 贵阳信息科技学院土木建筑虚拟仿真实验中心坚持 “虚实结合” 理念, 集成 BIM 全过程协同、多专业仿真集成与施工全周期模拟功能, 支撑从结构力学、土力学虚拟实验到《BIM 技术

与应用》上机操作的教学链条等[1]-[5]。

以上实践表明, AI 技术不仅能够突破传统教学时间与空间的限制, 实现对教学过程与教学效果进行全面升维; 还能通过开挖智能学习答疑、实时学情分析等功能, 真正贯彻落实工程专业教育认证理念中“以学生为中心”的教学新模式。另外, 环境工程专业课程普遍专业性较强、知识体系覆盖面较广、对学生实践能力要求较高, 因此, 在教学设计过程中 AI 辅助设计工具、智能虚拟仿真平台、个性化学习推荐系统等技术的推广与应用, 为该类课程破解“理论抽象、实践难入、案例静态”等固有难题提供了可行的方案。在以往针对环境类专业工程教育教学改革的研讨中, “AI 驱动课程重构”已成为目前尤为重要的创新方向[6]。综上, 将 AI 技术系统融入传统课程教学, 不仅是应对工程教育认证要求的必然选择, 更是推动课程内涵式创新发展的重要契机[6]。

然而, 尽管 AI、BIM 及虚拟仿真技术在高等院校课程设计中的应用研究已形成若干可资借鉴的改革路径, 但仍存在三方面显著不足: 其一, AI 技术的应用多局限于整体课程体系改革, 鲜有研究针对单门课程教学内容与教学方法等的优化; 其二, 虚拟仿真技术虽已在多校实现单项工艺演示或实训, 但未能有效打通从“技术原理认知”到“技术方案编制与优化”的综合能力培养链条; 其三, 考核评价体系虽有个别尝试采用 AI 辅助评价, 但尚未形成与工程教育专业认证“持续改进”理念的深度耦合闭环机制。对此, 本研究以《环境工程施工技术与管理》课程为对象, 系统构建覆盖“教学内容-教学方法-考核方式”三维度的 AI 融合改革框架, 实现将 AI 技术从“辅助工具”到“教学体系重构驱动力”的转变, 同时充分迎合工程教育认证理念与工程实践类课程“可见·可解·可练”的赋能目标, 并形成系统化的改革实施路径, 本研究对同类课程改革具有范式参考价值。

2. 《环境工程施工技术与管理》课程现状与改革痛点

2.1. 课程性质与背景

《环境工程施工技术与管理》是环境工程专业的一门专业选修课, 适用专业为环境工程, 先修课程包括工程制图基础与环境工程 CAD。该课程具有综合性强、涉及面广和实践性强等特点。课程系统地介绍了土建、管道及水工构筑物的施工技术与方法、施工程序和施工组织管理等基本理论与知识[7]。课程旨在提高环境工程专业学生的工程设计能力, 帮助学生掌握管理学原理与经济决策方法进而能够对施工组织设计及方案进行优化, 为培养具备一定专业素养的职业环境工程师奠定基础[7]。

2.2. 教学现状与核心痛点

从该课程实际教学效果来看, 本课程目前主要面临以下结构性困境:

(1) 课程专业性较强且工程实践背景要求较高, 但实际教学过程往往以理论教学为主。如该课程涉及土石方工程、钢筋混凝土工程、砌体工程、管道工程、防水防腐工程、环保设备安装等多个施工板块, 所选教材为于玲红主编的《环境工程施工技术与管理》(机械工业出版社), 教材内容虽体系完整, 但课堂教学往往偏重对原理的讲授, 缺乏对施工过程中相关技术的实战演练; 对企业施工管理过程中所涉及的施工组织设计、进度计划编制、造价管理等环节的实际工程样本亦展示不足, 从而造成学生核心能力的培养支撑不够, 而这正是目前环境工程专业课程普遍存在的“授课内容抽象、学生动力不足、实践机会匮乏”等问题的真实呈现[8]。

(2) 授课过程中对工程施工技术的可视化转化效果不佳。现场施工工艺本质上属于三维空间中的动态过程, 而传统教学往往依赖二维图纸和静态图片, 因此学生普遍缺乏对实际施工过程的清晰认知, 如“如何搭设模板支护”“管道吊装如何作业”“防水层如何铺贴”“水处理构筑物功能性试验如何开展”等。不仅在教学过程中存在抽象化思维难以转化为工程图景的核心问题, 学生在学习过程中也往往陷于

“知其然不知其所以然”的困境，进而难以建立工艺原理与操作要点的有效关联映射[9]。

(3) 学生对实际工程案例理解不透彻，实践能力不足。课程大纲中强调“要在施工实践中总结经验、对相关技术融会贯通”的能力培养目标。但受制于施工现场安全管控、教学时长及实践基地资源约束，学生往往难以真正深入工程一线。因缺乏现场经验，学生往往对实际工程案例理解不透彻、实践能力不足，教学中也普遍存在学生“学完不会用、图纸看不懂、方案不会编”等问题。问卷调查显示，学生普遍希望课程能够增加实践环节，采用传统教学与自主学习相结合的混合教学模式[10]。

(4) 课程评价与考核体系不健全，普遍重理论轻实践。传统考核方式以作业和期末大论文为主，学生课堂参与占比有限，且对过程性学习成果和实践能力的考核权重不足，这不符合环境工程专业工程教育专业认证背景及“以学生为中心”核心理念。在课堂教学过程中，学生虽然能够完成对理论知识的学习，但课后运用专业知识解决实际工程问题的能力往往难以得到有效的锻炼与评价。调查问卷也表明，多数学生认为将“形成性评价”与“终结性评价”进行有机结合的“综合评定”的方式更为科学合理[11]。

以上教学问题的深层原因可最终归结为“三个脱节”，即理论与实践的脱节、技能与素养的脱节、学习与评价的脱节。为有效解决以上教学痛点，接下来需结合工程教育专业认证背景与人工智能时代 AI 技术发展趋势，提出全新的教学与技术创新融合模式，打通“理论 - 案例 - 实践”壁垒的同时，探索出能够适配课程特点的现代化教学路径，全面提升学生专业素养与工程实践能力。

3. AI 技术与《环境工程施工技术与管理》课程教学改革探索

基于工程教育专业认证中“学生为中心、成果为导向、持续改进”三大核心理念，同时结合时代技术发展趋势与课程教学痛点分析，本课程教学将以 OBE (Outcome-Based Education)理念为指导[1] [2]，通过融入 AI 技术，从教学内容、教学方法和考核方式三个维度进行创新性改革方案设计。改革的核心思路是以教材内容为基础框架，以 AI 技术为赋能工具，以工程实践能力培养为最终目标，通过融入情境学习与深度学习等教育理论，构建“AI+ 施工技术”新型教学体系。改革的预期目标是探索适配学科特点和学生差异化的教学路径，在激发学生学习兴趣、提高课堂教学质量的同时，全面提升学生专业素养及工程实践能力，让学生在学习过程中会且善于将 AI 技术应用于环境工程施工与管理的各个环节。具体教学改革技术路线如图 1 所示。其中，课程教学改革需重点解决的三个问题分别是：一是解决可视化困境，二是弥补实践短板，三是实现个性化教学。对应的 AI 技术融合路径分别为：一是通过 AI 技术将静态图纸和文字描述转化为三维动态模型，使学生直观理解施工工艺；二是通过 AI 虚拟仿真实训在安全环境中提供“反复试错、即时反馈”的实践条件；三是依托 AI 系统依据学生学习行为数据推送差异化学习内容，满足学生多样化学习需求[3] [6]。

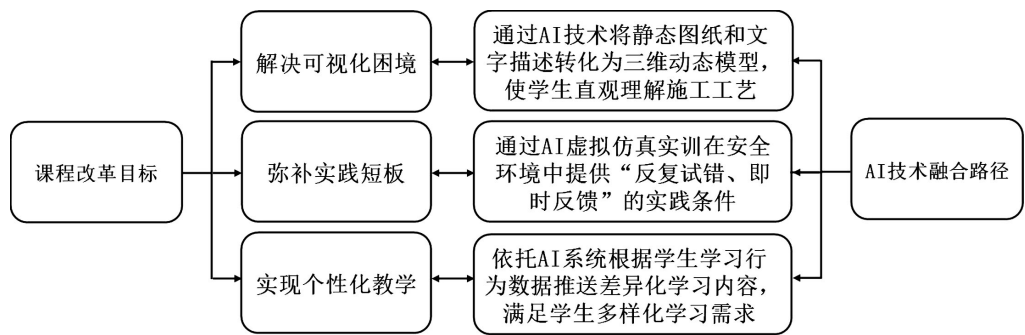


Figure 1. Technical route of teaching reform for the “Environmental Engineering Construction Technology and Management” course
图 1. 《环境工程施工技术与管理》课程教学改革技术路线

3.1. 教学内容改革

课程选用于玲红主编的《环境工程施工技术与管理》(机械工业出版社)教材。课程改革方案针对原有章节体系,在保持核心知识框架的基础上,围绕工程教育认证理念,针对传统教学中存在的可视化不足、实践环节薄弱等痛点,尝试将 AI 技术系统融入各章节教学模块中[7],优化后的课程内容框架如图 2 所示。其中,课程内容分上下两篇,共计十章。针对各章节教学内容特点, AI 技术融合在不同章节各有侧重。如:在第一章尝试增加“AI 在环境工程施工中的应用导论”模块,介绍 BIM (Building Information Modeling) + AI 技术前沿应用,建立认知基础;第二章引入土方工程量 AI 计算模块并利用 AI 算法优化基坑降水方案;第三章利用 AI 图像识别技术分析砌体工程质量通病;第四章引入 AI 辅助钢筋配料优化系统并模拟模板支撑受力分析;第五章利用 AI 技术构建地下管网三维可视化模型并进行施工方案智能比选;第六章建立防水材料 AI 选型知识库;第七章引入 AI 辅助设备安装路径优化算法,并利用 AR (Augmented Reality) 技术展示设备内部结构;第八章利用 AI 技术构建水处理构筑物三维施工模型;第九章引入 AI 辅助施工进度计划生成工具;第十章引入 AI 辅助工程造价估算工具,并模拟施工控制情境[3] [9]。所有章节的 AI 融合最终汇聚于“可见·可解·可练”的赋能目标。

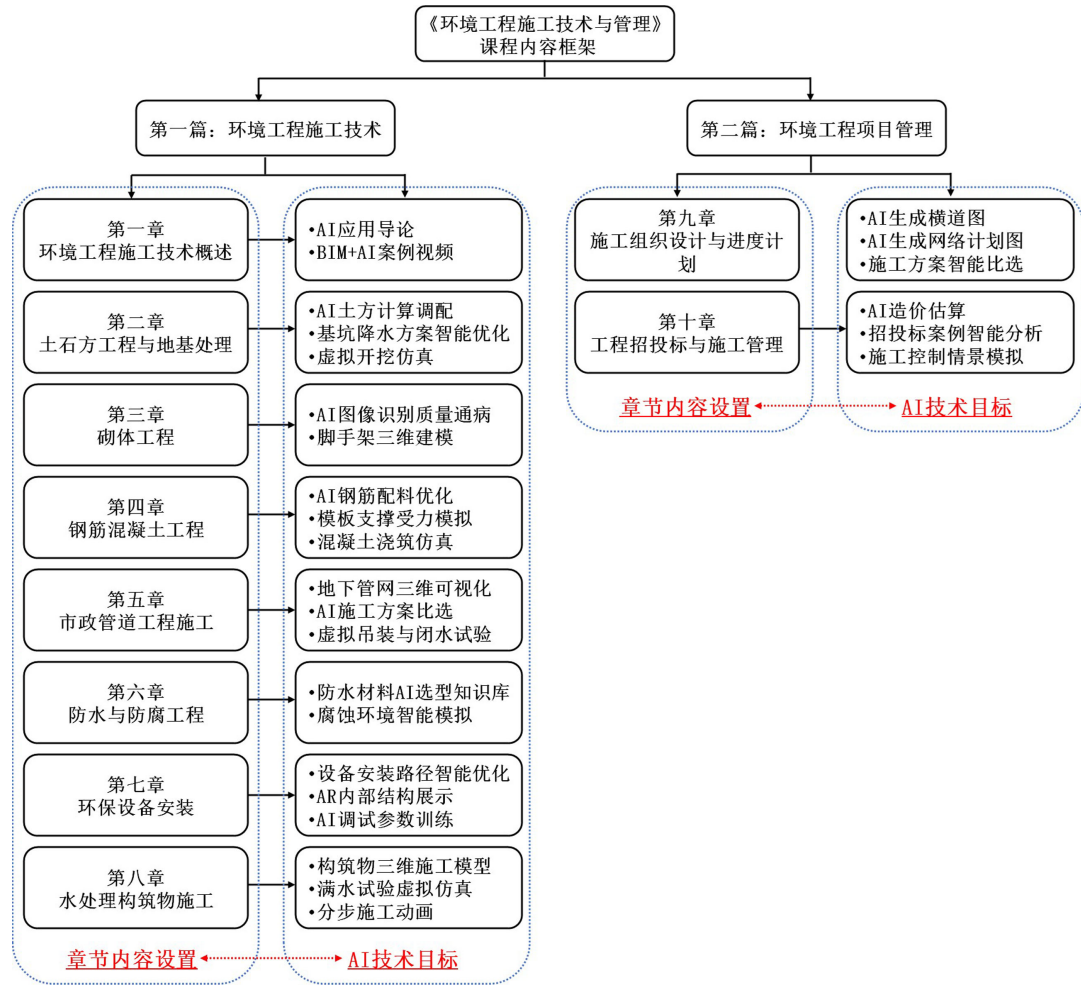


Figure 2. Teaching knowledge framework and AI integration points of the “Environmental Engineering Construction Technology and Management” course

图 2. 《环境工程施工技术与管理》课程教学知识框架及 AI 融合要点

通过上述系统性的内容重构, AI 不仅作为教学工具辅助知识传授过程, 提高理论知识到现场实践之间的透明度, 更作为工程思维训练载体, 帮助学生在过程中建立“技术 - 管理 - 优化”的系统观念, 进而为后续实践能力培养奠定认知基础。

3.2. 教学方法改革

课程教学方法改革将围绕工程教育专业认证“以成果为导向、以学生为中心、持续改进”三大核心理念, 通过将 AI 技术及创新授课方式融入传统教学过程, 构建“课前 AI 导学 - 课中虚实融通 - 课后智能拓展”的三阶教学模式[1] [2]。

(1) 课前 AI 导学, 实现精准化预习。课程尝试依托智能化教学平台(如雨课堂)推送课前预习任务, 平台内置 AI 助教可依据学生先修课程(如工程制图基础、环境工程 CAD)的考核成绩与先前学习行为数据, 生成个性化的预习路径与知识点图谱。以“钢筋混凝土工程”章节为例, AI 系统可根据学生 CAD 制图的学习结果评价其能力水平, 针对性的推送不同难度级别的钢筋图纸识读训练。预习完成后, 平台将自动统计学生在预习过程中出现的共性难点, 进而为教师课堂教学提供精准切入。该设计也体现了工程教育专业认证中“以学生为中心”的核心理念, 充分尊重学生的个体差异[10]。

(2) 课中虚实融通, 实现深度化学习。授课过程中采用“虚实结合、讲练交替”的策略, 将翻转课堂等现代教育理念融入教学过程。课堂上教师讲授核心原理后, 学生即刻进入虚拟仿真平台对相应工艺进行实操训练, 真正实现“学中做、做中学”[4]。其中, 翻转课堂的具体组织形式包括: a) 小组互动学习: 可将学生分为若干项目组, 每组模拟一个施工项目部, 学生分工扮演项目经理、技术负责人、安全员等角色, 共同完成施工方案的编制与汇报; b) AI 辅助案例分析: 利用 AI 技术构建动态演进的工程问题情境, 系统可根据教学进度与学生能力水平实时生成差异化案例参数, 使每组学生均面对独立的问题情境, 有效规避“抄袭雷同”等问题。另外, 翻转课堂实践亦可通过以下方式进行延伸与补充, 如: 学生课前通过 AI 平台自主观看施工工艺视频、查阅规范标准; 课堂上以小组汇报形式展示学习成果, 教师进行点评与深度讲解, 从而实现课堂知识的有效内化与学生实践能力的高效提升[9]。

(3) 课后智能拓展, 实现差异化提升。AI 系统根据学生课堂表现数据, 针对不同学生推送分层拓展任务, 如: 基础层 - 标准化习题训练(如施工参数计算、规范条文填空与判断等), 进阶层 - 开放性案例分析(如针对给定工程条件编制技术与经济合理的施工方案等), 高层级 - 小型施工组织设计项目(对专业与实践能力要求更高的综合性开放习题)。学习过程中, 学生还可组成线上学习小组, 通过 AI 平台进行协作学习与成果互评, 不仅可提高学习效率还能培养合作能力。在线下课程实践环节中, 教师可与企业协作, 探索企业或市场需求, 定期组织线下“AI + 施工技术”创新实践活动, 如探索如何利用 AI 工具完成某小型水处理构筑物的施工图深化设计, 进而培养学生的创新思维和实践能力[6]。

(4) 建立“人机协同”的双师辅导机制。课堂教学引入 AI 教学助手作为“第二教师”, 辅助“第一教师”完成知识检索(如施工术语解释、规范条文查询、计算公式验证等)和常见问题答疑等重复性工作。相较于课堂教学的时空局限性, 该机制不仅使学生能够随时获得学习支持, 还使教师得以聚焦于深度互动和个性化指导。

通过以上教学方法改革, 学生不仅充分的掌握了与施工技术和管理相关的专业知识, 还学会了运用 AI 工具解决实际工程问题, 在提高课堂教学效率的同时, 也真正将“与时俱进、能力创新、实践落地”的培养目标落到实处[3]。

3.3. 考核方式改革

工程教育专业认证强调课程考核必须精准对标毕业要求指标点, 全面评价学生在知识应用、实践创

新和工程管理等不同维度的综合能力[11]。当前《环境工程施工技术与管理》课程教学的传统评价方式多采用理论作业和期末大论文相结合的方式，侧重考查学生对专业知识的理解与掌握，而对学生综合实践能力的提升和以学生为中心的差异化培养目标未能全面反映。综上，为了构建与工程认证标准相匹配的课程考核体系，全面评价学生多维度能力，课程考核改革方案中设置过程性评价与终结性评价相结合的双轨并行考核体系，具体如表 1 所示[1] [2]。

Table 1. Assessment system for the “Environmental Engineering Construction Technology and Management” course
表 1. 《环境工程施工技术与管理》课程考核体系

考核类别	考核项目	权重	考核方式与 AI 融合
过程性评价	线上学习数据	15%	AI 平台自动采集预习测验得分、 虚拟仿真操作时长与正确率
	课堂参与度	10%	AI 课堂管理系统记录互动发言、 小组讨论贡献度、 随堂测试表现
	阶段性项目作业	25%	施工图识读报告(AI 辅助评分)、 施工方案编制(AI 初评 + 教师复核)、 施工进度计划绘制(AI 辅助评分)
终结性评价	期末综合考核	50%	理论考试(40%) + 虚拟仿真实操(10%)

表 1 中针对作业采用的“AI 初评 + 教师复核”的双层评价机制，系统可依据预设的评价指标体系(包括方案完整性、技术合理性、规范符合性、表达规范性等维度)对提交作业进行结构化评分，并生成详细的评阅意见单。教师在此基础上进行抽样复核与重点调整，可充分保证评价效率与专业性的统一。而对于联合批阅过程中识别出的共性问题，教师可在课堂上集中讲评，实现“评价 - 反馈 - 改进”的闭环[4] [11]。另外，在过程性评价中增加对 AI 应用能力专项考核，如要求学生提交一份利用 AI 工具辅助完成的课程作业(如利用 AI 辅助生成的施工进度计划、利用 AI 优化的施工方案等)，撰写使用心得并说明 AI 工具在解决工程问题中的具体贡献。该设计既拓宽了学习思路，也提升了学生的综合技术能力[3]。

针对工程教育专业认证中的“持续改进”目标，本改革方案还建立了基于达成度分析的持续改进机制，系统计算每位学生的课程目标达成度。具体方法为：将各考核环节与课程目标进行矩阵关联，利用 AI 系统自动汇总计算各课程目标的平均达成度及达成度分布情况。当某教学目标达成度低于标准值时，系统将提示教师针对薄弱环节开展教学反思与改进。课程结束后，为进一步全面掌握教学改革成效，还将面向参与教学改革的环境工程专业班级发布学习调查问卷，同时结合师生座谈会等方式进行阶段性反馈，持续优化教学策略，最终形成“评价 - 反馈 - 改进”的螺旋上升机制，确保教学质量的持续提升[1] [2]。

4. 结语

《环境工程施工技术与管理》作为环境工程专业的一门重要专业选修课，具有综合性强、涉及面广、实践性强的显著特点。课程旨在帮助学生掌握环境工程施工的基本知识和技术，提高环境工程设计能力，培养现代科学施工管理的基本素养。然而，传统教学中长期存在理论教学与工程实践结合性较差，施工技术可视化转化效果不佳，以及课程评价体系重理论轻实践等突出问题。对此，AI 技术的快速发展为破解以上教学痛点提供了新的可能。本文基于工程教育专业认证三大核心理念，系统地探索了 AI 技术融入《环境工程施工技术与管理》课程的教学改革的基本路径。在教学内容方面，以教材为框架在各章节中

有机融入 AI 辅助设计、虚拟仿真、智能优化等工具；在教学方法方面，构建“课前 AI 导学 - 课中虚实融通 - 课后智能拓展”三阶教学模式，并融合翻转课堂、小组互动等创新方式；在考核方式方面，建立“过程性评价 + 终结性评价”双轨并行体系，实现对学生知识、能力、素养的全方位评价。通过以上教学改革措施，有效地解决了施工工艺“看不见”的难题，激发了学生学习兴趣；成功地弥补了实践条件的不足，提升了学生工程实践能力；基本实现了对学生的个性化培养，提高了课堂教学质量；进一步完善了对课程的持续改进机制，促进了学生专业素养的全面提升。综上，针对环境工程专业《环境工程施工技术与管理》课程的教学改革与探索，不仅为学生后续从事环境工程设计、施工与管理等工作筑牢知识根基，更为培养具备工程实践能力和创新思维的卓越环境工程人才提供有力的支撑。

基金项目

西安工程大学课程思政示范课程(KSZ2523)；西安工程大学德智体美劳“五育融合”研究项目(25WYJGYB08)。

参考文献

- [1] 孔丽, 潘霄, 刘莹莹, 等. 工程认证背景下化学工程与工艺专业的材料科学概论课程教学改革与探索[J]. 吉林化工学院学报, 2019, 36(6): 6-8.
- [2] 姜健, 王秋兰, 卢声, 等. 基于成果导向教育(OBE)的课程教学模式改革——以化学工程与工艺专业无机化学课程为例[J]. 辽宁丝绸, 2020(1): 51-52+63.
- [3] 商巧燕, 贾青竹. 数智时代 AI 赋能环境类专业实践育人路径探究[J]. 化学教育(中英文), 2026, 47(4): 92-97.
- [4] 王宝玲, 邓秀君, 鞠海东, 等. “四层次-主线”教学新模式在无机化学课程中的应用实践[J]. 云南化工, 2024, 51(9): 206-209.
- [5] 徐平, 张敏霞, 王俊波, 等. 构筑“AI + 产科教”协同育人模式[N]. 中国教育报, 2025-03-06(010).
- [6] 环境科学与工程系教师参加第十二届环境类专业工程教育教学改革研讨会[EB/OL]. http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3MDQxMTMwOA==&mid=2247511423&idx=1&sn=1d3c2df4f2e4f6fc0f24e78d395921dd, 2025-08-28.
- [7] 于玲红. 环境工程施工技术与管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [8] 蒋胜韬. 基于“理论-案例-实践”一体式教学模式的改革与实践[J]. 广州化工, 2014(10): 227-228.
- [9] 杨建军, 申圆圆, 李肖肖, 郭璇. 环境生态工程施工管理课程目标定位及改革规划[J]. 教育信息化论坛, 2022(9): 69-71.
- [10] 张红燕, 黄宏升. 新工科背景下无机化学实验线上线下混合式中英双语教学探索[J]. 创新创业理论与实践, 2024, 7(5): 46-49+65.
- [11] 秦墨梅, 赵云霞, 蔡炜, 谢东升, 卜云飞. “大气污染控制工程”智能化教学模式研究[J]. 无线互联科技, 2025, 22(9): 109-114+128.