

# 智能建造背景下《环境工程施工技术》课程的教学设计与教学方法

刘倩\*, 李如燕, 李翔, 陈帅

上海第二工业大学资源与环境工程学院, 上海

收稿日期: 2026年3月1日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月14日

## 摘要

本文基于“以学生为中心”的教育理念, 围绕《环境工程施工技术》课程教学改革, 系统构建了阶梯性知识体系, 以解决学生因缺乏实践经验而产生的学习难点。在课程内容上, 针对施工材料、施工组织与施工技术三大模块, 融合智能建造背景, 在保留原有知识结构的基础上引入新材料与新技术, 如生态水泥、智能混凝土、数字孪生、BIM技术及视觉识别等, 并通过线上线下资源扩展学习。在教学方法上, 创新采用全方位立体化混合式教学、分组情景体验式教学与知识互补双师式教学三种模式, 综合运用信息化工具与工程实践案例, 强化学生的自主学习、工程思维与前沿技术应用能力, 有效提升课程教学的实践性与适应性, 满足新工科与智能建造的人才培养需求。

## 关键词

智能建造, 环境工程施工技术, 课程, 教学设计, 教学方法

# Teaching Design and Methods for the Course “Environmental Engineering Construction Technology” under the Background of Intelligent Construction

Qian Liu\*, Ruyan Li, Xiang Li, Shuai Chen

School of Resources and Environmental Engineering, Shanghai Polytechnic University, Shanghai

Received: March 1, 2026; accepted: April 2, 2026; published: April 14, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 刘倩, 李如燕, 李翔, 陈帅. 智能建造背景下《环境工程施工技术》课程的教学设计与教学方法[J]. 教育进展, 2026, 16(4): 660-668. DOI: 10.12677/ae.2026.164698

## Abstract

Based on the “student-centered” educational philosophy, this paper systematically constructs a tiered knowledge system for the teaching reform of the course “Environmental Engineering Construction Technology”, aiming to address students’ learning difficulties arising from a lack of practical experience. In terms of course content, the three major modules—construction materials, construction organization, and construction technology—are integrated with the context of intelligent construction. While retaining the original knowledge structure, new materials and technologies such as eco-cement, smart concrete, digital twins, BIM technology, and visual recognition are introduced. Learning is further expanded through online and offline resources. In teaching methods, three innovative approaches are adopted: comprehensive blended learning, group situational experiential learning, and dual-teacher collaborative teaching with complementary expertise. By leveraging information tools and engineering practice cases, these methods enhance students’ autonomous learning, engineering thinking, and application of cutting-edge technologies, effectively improving the practicality and adaptability of the course. This approach meets the talent cultivation demands of the new engineering discipline and intelligent construction.

## Keywords

Intelligent Construction, Environmental Engineering Construction Technology, Course, Teaching Design, Teaching Methods

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. 引言

当前，国内多数高校所采用的《环境工程施工技术》教材仍以上世纪 80 年代由“土木工程老八校”主导编撰的经典施工类教材为蓝本。尽管部分院校已着手编写适用于自身教学体系的自编教材，但整体而言，现有教材内容的更新速度仍显著滞后于现代施工技术的演进步伐，难以全面反映智能建造、装配式建筑、建筑信息模型(BIM)等新兴技术在环境工程领域的深度融合与应用实践。近年来，中国超高层建筑的基础筏板大体积混凝土施工已逐步迈向高度集成化与智能化。以某工程为例，通过优化混凝土材料制备工艺、实施全过程现场温度监测，并结合数字化施工组织管理手段，成功实现了单次连续浇筑 6 万立方米混凝土的工程壮举[1][2]。此类综合技术路径已在多个重大超高层项目中得到反复验证与推广应用[1][2]。然而，当前主流土木工程教材在讲授大体积混凝土施工技术时，仍以传统的浇筑方法为核心知识点，未能充分反映近年来在材料科学、智能测控与数字建造融合背景下所形成的先进施工范式[2]。这一脱节凸显了工程教育内容更新滞后于行业实践发展的现实问题。当前土木工程教育体系面临的挑战不仅局限于大体积混凝土这一单一知识点，而是广泛存在于土方工程、模板工程、脚手架工程等各分部分项工程以及施工组织设计等多个教学环节之中[3][4]。若不能系统性地对相关课程内容进行动态更新与重构，并将现代工程技术、数字化工具及安全管理理念深度融入教学设计，则难以有效支撑“新工科”背景下复合型、创新型工程人才培养的战略需求。

在信息化时代，知识获取呈现出海量、碎片化与多元化并存的显著特征，传统依赖教师单向讲授

教材内容的教学模式已难以有效培养具备解决复杂工程问题能力的高素质专业人才。为弥补这一短板,当前高校普遍采取邀请一线工程技术人员举办学术报告的形式,旨在向学生传递行业前沿动态与实践经验[5]。然而,由于学生自身知识储备尚不系统,且此类讲座内容往往未与课程教材中的核心知识点进行有机衔接和连续性教学设计,导致学习过程流于表面,难以实现对前沿技术内涵的深度理解与内化[2]。因此,亟需探索并构建一种新型教学范式,通过系统整合校内外优质资源,打破课堂边界,将碎片化的前沿信息有效嵌入结构化课程体系之中,从而切实解决当前教学中资源匮乏、内容同质化及知识更新滞后等关键问题,真正提升工程教育的时代适应性与创新引领力。

随着上海中心大厦、港珠澳大桥、青藏铁路冻土工程等一系列世界级重大基础设施项目关键技术难题的成功攻克,我国已在超高层建筑、跨海通道与高原冻土路基等领域系统性地形成了一整套具有自主知识产权的先进建造技术体系。这一技术演进不仅体现在工程实体的突破上,更深刻反映在建设管理模式的数字化转型之中,从早期仅具备人员出入管理功能的传统工地门禁系统,逐步发展为集成物联网感知、建筑信息模型(BIM)、人工智能算法与大数据分析的智慧工地综合管控平台[6]。以“数字雄安”为代表的新一代城市基础设施建设实践,充分彰显了国家层面对工程建设全生命周期信息化、智能化的高度重视。当前,我国环境相关专业学生普遍接受的是以经典建筑施工理论为核心、辅以传统研究方法的系统性教育与实践训练,然而在信息科学、计算机技术、自动化控制以及现代机器学习等交叉学科领域的知识储备明显不足[7]。这种知识结构的局限性导致其在面对日益复杂的绿色建造、智能监测与可持续基础设施管理等新兴工程挑战时,难以有效整合多源数据、构建预测模型或参与数字化协同设计。现有课程体系无论是在教学内容的设计逻辑上,还是在教学资源的多元性与前沿性方面,均难以契合“新工科”建设所强调的“学科交叉、技术融合、能力复合”的核心要求。

因此,本文立足于“新工科”与“智能建造”深度融合的时代背景,紧密对接国家“双碳”战略、新型城镇化及数字中国建设对复合型工程人才的迫切需求,系统梳理《环境工程施工技术》课程在教学内容、知识结构、实践体系与技术融合等方面存在的现实瓶颈。在此基础上,聚焦课程改革的关键变革点,提出一套与“新工科”跨学科理念和“智能建造”技术范式高度适配的课程建设方案。

## 2. 教学设计

智能建造并非传统施工技术的简单延伸或子集,而应被视为施工技术的2.0。与传统施工技术主要聚焦于现场作业效率、材料工艺与结构安全等局部环节不同,智能建造以全生命周期理念为核心,系统性地整合建筑物或构筑物从规划设计、建造实施到后期运维管理的全过程。这一根本性转变要求施工知识体系必须进行结构性革新与系统性重构,不再局限于工序、工法与规范的静态传授,而需融入建筑信息模型(BIM)、物联网(IoT)、人工智能(AI)、数字孪生、大数据分析等新一代信息技术。因此,高校在“新工科”背景下推进《环境工程施工技术》课程改革时,必须打破传统施工技术的知识边界,将智能感知、风险预测、资源优化与绿色低碳等维度纳入核心教学内容[8]。

### 2.1. 面向能力进阶的结构化教学设计

为了破解传统《环境工程施工技术》课程因直接切入专业术语而造成的教学困境,亟需重构课程导入设计,将抽象的施工概念与学生熟悉的生活场景有机融合,从而在认知起点上搭建从日常经验到专业思维的桥梁[9]。以土方工程章节为例,可摒弃传统“定义-分类-参数”的线性讲授模式,转而采用基于生活情境的问题驱动策略。该设计引导学生从熟悉经验出发,主动探究影响土体稳定性的关键因素,从而自然建构起对“含水率”、“边坡稳定性”、“支护结构”等专业概念的理解[10]。这种教学设计不仅有效降低了专业术语的认知门槛,更培养了学生“用施工视角观察世界”的工程思维。

## 2.2. 施工材料篇的教学设计

将新型及智能建筑材料融入教学是课程改革的重要方向。但若只是简单地将新材料内容加入课堂或教材,不仅会占用大量学时,学生的理解和接受程度也难以保证。如果为了加入新内容而过度删减传统常用材料的讲解,又容易导致学生基础知识不牢。因此,在“新工科与智能建造”的背景下,更有效的做法是在现有施工材料知识体系的基础上进行优化和拓展。具体而言,可结合现代建筑施工材料的发展趋势与信息化技术的深度应用,在保留水泥、混凝土、钢材、砌体等核心传统材料教学主干的前提下,有针对性地延伸若干前沿知识点(详见表 1)[11][12]。在教学实施层面,建议采用“线下精讲+线上拓展”的混合模式。课堂教学聚焦于核心原理与典型应用场景,对新型材料仅作概念性引介与工程价值阐释;而将详细的技术机理、多尺度性能数据、前沿研究进展及典型案例等内容,转化为结构化的在线开放资源,供学有余力或兴趣浓厚的学生按需深入学习。

**Table 1.** Suggested new knowledge points for construction materials in the context of intelligent construction

**表 1.** 智能建造背景下施工材料建议新增知识点

教材章节	原有知识点	扩展知识点
环境工程 施工材料	凝胶材料	生态水泥: 麦特考林生态水泥、速硬生态水泥、能吸收 CO <sub>2</sub> 的生态水泥
	混凝土	智能混凝土材料: 仿生混凝土、损伤自诊断混凝土、自修复智能混凝土、自调节智能混凝土等
	建筑钢材	智能建筑钢结构: 中建科工钢结构数字化制造技术
	墙体材料	新型墙体材料: 蒸压加气混凝土砌块、轻质复合墙板、气凝胶隔热保温材料等
	防水材料	新型防水材料: 纳米防水材料、高分子防水材料、智能防水材料等
	天然石材	智能石材: 石材矿山开采智能化、石材加工智能化、石材智能化制造系统、石材虚拟制造技术等
	木材	新型木材: 重组木、无需黏合剂的人造木材、仿生木材、透明木材、新型木材阻燃剂
	建筑塑料	新型建筑表皮——塑料、新型塑料中空建筑模板“以塑代钢”、新型建筑塑料模板等
	建筑涂料	新型智能屋顶涂层: 温度自适应辐射涂层(TARC)

## 2.3. 施工组织篇的教学设计

当前高校在工程施工组织领域的教学内容,已显著滞后于行业实践的发展。教学体系仍主要围绕经典的施工组织原理与方法展开,例如施工准备、流水施工、网络计划及施工组织设计等核心模块,其知识呈现形式多依赖于传统的文字性描述。这种模式导致学生所掌握的知识技能与日益复杂的现代工程建设管理需求之间出现脱节。这一矛盾在施工准备等教学环节中尤为突出。教材内容往往未能与 BIM、人工智能等前沿信息技术进行深度融合。事实上,这些技术的成熟与应用,正推动施工组织管理向可视化、数据化的新范式转型。基于工程实践的调研,本文针对上述教学内容提出了具体的扩展与更新建议,详见表 2 [13][14]。

当前,施工组织部分的教学面临的核心挑战在于信息化技术应用不足,导致相关知识内容讲授困难、学生理解受限。为有效破解这一困境,在保持原有核心知识点体系不变的前提下,亟需对施工组织的教学方法进行系统性革新。在施工准备阶段,应深度融合数字孪生、虚拟仿真、虚拟现实及增强现实等前沿信息技术,构建沉浸式、交互式的教学环境。通过这些技术,可对复杂的施工方案进行高保真度的三维动态模拟与可视化交底,使抽象的施工流程、空间关系和工艺逻辑变得直观可见[13]。在工期与资源控

制方面，传统教学中主要依赖的流水施工法和网络计划技术虽为基础，但其静态特性难以应对现代工程项目的高度动态性和不确定性。因此，教学内容应引入先进的智能调度算法，如基于人工智能或运筹学优化的动态规划模型。此外，在施工组织设计的教学模块中，应着重向学生传授先进的数字化建造理念，并结合行业主流软件工具进行实践教学。教学目标是传统的“一图、一表、一案”静态交付物，全面升级为动态化、数据化的数字资产。通过 BIM 平台整合，这些要素不再是孤立的文档，而是构成一个相互关联、实时更新、可分析预测的有机整体。这种教学模式不仅强化了学生对理论知识的掌握，更培养了其运用数字化工具解决复杂工程问题的实践能力。

**Table 2.** Suggested new knowledge points for construction organizations in the context of intelligent construction  
**表 2.** 智能建造背景下施工组织建议新增知识点

教材章节	原有知识点	扩展知识点
环境工程 施工管理	安全控制	机器学习：利用机器学习识别项目中的潜在风险模式，通过分析历史数据和实时信息来提前识别潜在风险并采取相应措施。 大数据分析：大数据分析可以帮助识别项目中的潜在风险，通过对大规模数据的分析，及时发现可能影响项目的因素，为风险管理提供有力支持。 虚拟仿真：利用虚拟仿真工具对项目进行风险模拟，识别潜在风险并提供方案，以减缓或避免不利影响。
	质量管理	大数据分析：利用大数据分析监控项目的质量指标，及时发现潜在的质量问题，从而提高项目交付的质量。
	计划管理	智能算法：通过智能算法，管理工具能实时监测项目进度，预测潜在延迟，并提出优化建议，帮助管理者及时调整计划。 大数据分析：利用大数据分析技术实时监控项目进度，识别潜在的进度问题，并提供及时的预警，使项目管理团队能够迅速做出调整。
	技术管理	VR 和 AR 技术：运用 VR 和增强 AR 技术，提供更直观、沉浸式的项目管理体验和交互方式。发展更直观、易懂的数据可视化工具，帮助项目管理人员更直观地理解和分析项目数据。
	成本和造价管理	机器学习算法：机器学习算法可以对项目中的成本数据进行分析，识别出节约成本的潜在途径，提供优化建议。 区块链技术：区块链可以作为一个分布式的共享账本，无缝连接不同平台和系统，实现信息和资源的高效共享。
环境工程 施工准备和 组织设计	施工准备	用数字孪生、虚拟仿真、VR 和 AR 等技术模拟项目的执行过程，包括施工、装配、测试等，以评估项目的整体执行效果，确定实验方案。
	流水施工 网络计划	智能算法：智能化施工计划优化系统可以结合施工资源和进度要求自动优化施工计划，确保施工过程高效、合理。 大数据分析：通过实时监控和大数据分析，发现并解决项目中的瓶颈和效率低下的问题，从而提高整体项目执行效率。
	施工组织设计	智慧工地场布建模：通过利用先进的数字化技术和数据分析，将传统的工地转变为高效、精密、安全的数字化工地。在智慧工地 3D 建模中，通过各种传感器、人工智能等先进技术，可以实时监测施工过程中的各项指标。

## 2.4. 施工技术篇的教学设计

将新技术特别是信息化技术深度融入施工技术课程教学，已成为该课程教学改革的核心方向。为切实响应“新工科”建设与智能建造发展对工程人才培养提出的新要求，并紧密对接当前工程实践的实际

需求,有必要在保持施工技术原有知识体系完整性的基础上,对核心章节内容进行适度拓展与更新。如表 3 所示,所增设的扩展知识点并非另起炉灶,而是在传统施工知识框架内,结合现代建造技术与信息化发展趋势自然延伸而来,主要涵盖三大维度:施工工艺的技术革新、信息化技术的系统植入以及新型智能装备的应用普及[15][16]。在课堂教学实施中,这些新增内容以概要性介绍为主,重在拓宽学生视野、激发学习兴趣,同时配套提供丰富的开放式数字学习资源,支持学生开展自主探究与深度学习[16]。

具体教学策略强调“基础夯实 + 前沿衔接”的双轨模式。例如,在讲授钢筋工程下料长度计算这一传统知识点时,首先确保学生准确掌握量度差值与弯钩增加值等核心概念及其手工计算方法;在此基础上,引入 BIM 自动算量的基本原理进行对比讲解。通过展示 BIM 模型如何自动识别钢筋类型、规格、形状并精确计算净长与锚固长度,使学生直观理解信息化工具如何提升工程量计算的效率与准确性,从而在认知层面建立传统方法与数字技术之间的逻辑关联,强化对基本原理的理解。对于更为复杂的技术模块,如人工智能在施工中的视觉识别应用(见表 3),课堂教学聚焦于其典型应用场景及实际价值,而不深入算法底层机制;相关的人工智能、深度学习等原理性内容,则通过推荐高质量的在线课程、技术文档或开源项目资料,引导学有余力的学生在课外自主研习。这种“课内精讲应用、课外拓展原理”的分层教学设计,既保证了课程主线的清晰与教学目标的达成,又有效满足了不同层次学生对前沿技术的学习需求。

**Table 3.** Suggested new knowledge points for construction technology under the background of intelligent construction  
**表 3.** 智能建造背景下施工技术建议新增知识点

教材章节	原有知识点	扩展知识点
土方工程	方格网计算	倾斜摄影和无人机测绘
	桩基质量控制	计算机视觉在桩基关键工序质量控制中的应用
砌筑工程	砌筑工艺	智能墙体材料
	脚手架设计	新型钢平台模架体系
混凝土 结构工程	模板选型	数字化拼模技术
	混凝土和易性	智能算法在高性能混凝土流变性能预测与设计中的应用
	大体积混凝土浇筑	基于智能温控的超大体积混凝土一次性浇筑裂缝控制技术
	钢筋下料	基于 BIM 与机器学习的钢筋智能算量技术
	构件吊装	装配式构件 RFID 智能仓储与现场吊装引导集成系统

### 3. 教学方法

秉承“以学生为中心”的教育理念,结合智能建造发展的新趋势,对《环境工程施工技术》课程实施系统化、结构化的线上线下混合式教学改革。该模式并非简单地将部分传统课堂内容迁移至线上平台,而是通过整体性教学设计,统筹规划线上与线下两个教学场域的功能定位与协同机制,实现优势互补。

#### 3.1. 全方位立体化混合式教学体系构建

在构建《环境工程施工技术》等工程类课程的混合式教学体系时,必须系统性地规划知识结构与教学流程,以实现“以学生为中心”的教育目标。首先,应将课程知识体系进行科学分层。线下课堂教学聚焦于核心概念、基本原理和规范标准等基础性、结构性知识的传授,确保学生掌握扎实的专业根基;而线上教学环节则应重点承载开放性、探究性和前沿性的学习内容,激发学生的批判性思维与创新意识[17]。其次,需对整个授课环节进行精细化设计,形成一个逻辑严密、线上线下有机衔接的教学闭环。具体可

采用“预探索-线上启发式讨论-教师点评-线下深化讲解”的四阶段循环模式[18]。为保障教学节奏与学习效果,混合式教学应严格遵循线上线下交替进行的原则,避免连续安排两次或以上的纯线上教学,以维持学生的学习专注度与参与感。同时,教师必须熟练掌握并灵活运用各类信息化教学工具。

在此基础上,可进一步构建“多层次”递进式自主学习体系,以满足不同学生的学习需求与发展目标[19]。第一层次为“大众学习”,面向所有学生,鼓励其利用百度百科、文心一言、ChatGPT等通用型智能工具,对陌生知识点进行快速、初步的认知建构;第二层次为“专业学习”,引导学生通过百度文库、哔哩哔哩专业频道或特定主题的电子教材、技术手册等资源,获取更为系统、专业的知识解析与案例分析;第三层次为“探索学习”,则要求学有余力的学生深入中国知网等权威学术数据库,检索并研读相关领域的最新科研论文与技术报告,从而接触学科前沿,培养科研素养与深度探究能力。这种分层设计不仅体现了因材施教的理念,也为学生提供了清晰的自主学习路径与工具支持,有效提升了混合式教学的整体效能。

### 3.2. 分组体验式教学模式构建

在面向“新工科+智能建造”发展需求的《环境工程施工技术》课程教学改革实践中,引入了以学生为中心的分组情景体验式教学模式[20][21]。该模式的核心在于通过结构化任务驱动与协作探究,激发学生的自主学习意识与创新思维能力。具体实施流程如下:任课教师在课程开始前需对教学主题进行系统化设计,明确以“环境工程智能施工技术”为总议题,并在此基础上结合课程核心知识点,分解出若干具有现实意义和探索价值的子课题。随后,学生依据个人兴趣自由组建学习小组,并自主选择其中一个子课题作为研究方向。在小组内部,成员间进行明确分工,协同开展文献检索、资料整理、案例分析及方案论证等工作,最终形成一份结构完整、内容翔实的小型研究报告。在成果展示阶段,各小组通过课堂汇报的形式,系统阐述其对所选智能施工技术的理解、应用场景、技术优势及潜在挑战。汇报结束后,由教师引导全班同学围绕内容深度、逻辑严谨性、技术前沿性及表达清晰度等方面展开互动讨论与多维点评。该环节的学习表现被纳入过程性评价体系。实践表明,相较于传统以教师单向讲授为主的教学方式,这种基于真实工程情境、强调团队协作与自主探究的教学模式,显著提升了学生的学习积极性、信息整合能力、批判性思维水平以及对智能建造技术前沿动态的敏感度[20]。

### 3.3. 双师互补教学模式构建

该课程教学改革中创新性地引入了双师互补教学模式。该模式以校内专业课程教师为核心主导,系统整合校外一线工程专家资源,通过线上平台开展深度协同授课,实现理论教学与工程实践的有机融合。具体实施路径体现为:在校内讲授钢筋工程下料计算等关键技术环节前,邀请具备丰富工程预算经验的行业专家,围绕真实项目案例,实时演示钢筋算量的实际操作流程、软件应用技巧及常见问题处理策略。为进一步弥合理论学习与职业实践之间的鸿沟,该模式还特别设置了“校友经验反哺”线上专题讲座环节。邀请已毕业并在智能建造、BIM应用或工程造价等领域取得突出成就的优秀校友,分享从校园学习到职场实战的角色转变历程,剖析在校所学知识体系与实际工程需求之间的关键差异,以及如何利用在校期间夯实基础、拓展技能以适应未来产业变革。该双师模式的核心优势在于打破了传统单一教师的知识边界,构建了“校内教师-校外专家-优秀校友”三位一体的多元教学共同体。课程教师在此过程中既是知识的传授者,也是跨领域对话的协调者与学生思维的引导者,能够灵活调动多方资源,回应学生在不同认知层次上的需求。更重要的是,这一模式具有显著的可扩展性。面向智能建造所涵盖的大数据、人工智能、物联网等新兴技术方向,可进一步聘任校内大数据、计算机科学等相关专业的专任教师,与资源与环境工程专业教师共同组建“智能建造双师讲堂”。这种深度协同不仅提升了教学内容的时代性

与综合性，更从根本上重塑了学生的知识结构与思维方式。

## 4. 教学实践与效果评估

本研究在 2025 年春季学期开展了一项系统性的教学实践，旨在通过实证数据检验所提出教学方案的有效性。为保障评估的科学性与全面性，我们构建了一套多维度、多层次的评估体系，融合了学业成绩分析和学习体验问卷调查两种互补的研究方法，以多角度验证教学成效。

### 4.1. 研究设计与实施

本次教学实践采用标准实验设计，在单一班级(49 人)中实施了为期一整个学期的教学干预。该班级作为研究对象，完整经历了新教学方案的全过程。为准确评估干预效果，我们在学期初(前测)与学期末(后测)分别收集了定量与定性数据，通过前后对比分析，系统考察学生在知识掌握和学习体验方面的综合变化。这种纵向追踪设计有助于捕捉教学干预带来的动态发展轨迹。

### 4.2. 学业成绩分析

学业成绩是衡量学习产出的直接指标，也是本次评估的核心维度之一。我们选取了采用新教学方案的《环境工程施工技术》课程，对学生在学期初(前测)与学期末(后测)的成绩进行了配对样本 t 检验分析。该方法将每位学生的前后两次成绩作为一对观测值，通过计算其差值并基于差值的分布，推断总体平均提升是否具有统计学意义。这一分析策略能够有效控制个体间固有的能力差异，将双样本比较转化为单样本问题，从而更精准地识别教学干预带来的真实效应。分析结果显示，前测平均成绩为  $M_Q = 72.50$  分，标准差  $SD_Q = 8.30$ ；后测平均成绩为  $M_H = 81.40$  分，标准差  $SD_H = 7.10$ 。前后测平均差值为  $M_C = 8.9$  分，差值标准差  $SD_C = 6.20$ ；配对样本 t 检验结果  $t(48) = 10.05$  ( $p < 0.001$ )；效应量 Cohen's  $d = 1.44 > 0.80$ ，属于大效应。结果表明，学生在《环境工程施工技术》课程中的学业成绩在学期末较学期初有显著提高，且提升幅度具有统计学意义，说明新教学方案对学生学习产出具有积极影响。

### 4.3. 学习体验问卷调查

为深入探究学生主观学习体验的动态变化，本研究采用经过信效度检验的“环境工程施工技术学习体验问卷”。问卷在学期初(第一周)和学期末(最后一周)分别施测，以量化评估学生在学习投入度、教学满意度、课堂参与感等关键维度的变化。问卷设计遵循教育测量学规范，确保测量结果可靠、有效。通过对比前后测得分，可系统描绘学生学习态度与情感体验的演变轨迹。在此基础上，采用可靠变化指数(RCI)分析，以判断变化是否显著超出测量误差，进而确认教学干预对学生学习动机与体验的实际影响。初步数据显示，学期末与学期初相比，学生在学习投入度方面的均值提升约 15.30%、教学满意度方面的均值提升约 12.70%；课堂参与感方面的均值提升约 18.10%。进一步分析表明，超过 80% 的学生 RCI 值大于 1.96，说明变化具有统计显著性，反映出教学干预对提升学生主观学习体验具有积极效果。

## 5. 结论

面对智能建造浪潮下《环境工程施工技术》课程的教学脱节问题，本文提出了一套全面的教学改革方案。该方案以构建循序渐进的知识体系为基础，积极融入智能建造领域的前沿材料与技术，包括生态水泥、智能混凝土、数字孪生、BIM 技术等。本文还创新性地提出了三类教学模式：全方位立体化混合式教学、分组情景体验式教学以及知识互补双师式教学。这些举措旨在显著提升课程的实践性和适应性，使之更好地满足行业需求。通过实际教学应用和效果评估，证实该方案能够有效提高学生的学业表现，并显著增强其学习投入度、对教学的满意度以及课堂参与感。这项研究为新工科背景下智能建造人才的

培养提供了有价值的思路和参考依据。

## 基金项目

上海第二工业大学重点课程建设项目：环境工程施工技术；企业横向项目：新能源固体废物回收利用研究(C80ZH220004)。

## 参考文献

- [1] 徐晓华, 杜伟. 基于房建施工中大体积混凝土无缝施工技术分析[J]. 工程技术, 2024(28): 177-178.
- [2] 崔维久, 赵传凯, 侯东帅, 等. 面向“新工科 + 智能建造”需求的土木工程施工课程教学[J]. 中国冶金教育, 2024(3): 19-24.
- [3] 袁玮, 李云鹏, 盛光鑫, 等. 铝合金模板与附着式升降脚手架组合应用研究[J]. 建筑机械化, 2024, 45(11): 133-137.
- [4] 纪铁骊. PC 构件装配式建筑施工技术及要点[J]. 世界家苑, 2024(5): 1-3.
- [5] 李冲, 高松会, 盖甄迪. 我国产教融合研究知识图谱: 态势、热点与趋势[J]. 中国高校科技, 2025(3): 71-75.
- [6] 牛铭杰. 智能建造技术的实践与探索——以在建雄商高铁智慧工地为例[J]. 建设科技, 2024(12): 60-62.
- [7] 马红丽. 智慧建造时代建筑智能化专业建设[J]. 土木建筑工程信息技术, 2021, 13(1): 51-55.
- [8] 李卢燕, 陈麒麟, 周雨威, 等. 基于 BIM 的建筑全生命周期智慧建造应用研究[J]. 中国高新科技, 2024(2): 93-96.
- [9] 阙仁波. 《土木工程概论》教学探津与土木工程教育沉思[J]. 福建建筑, 2022(12): 143-150.
- [10] 余巍, 程运信, 何涛, 等. 基于含水率动联休止角的花岗岩残坡积土堆积体稳定评估[J]. 广东土木与建筑, 2025, 32(10): 16-19.
- [11] 李庆涛, 袁广林, 张莹莹. 智能建造背景下混凝土结构设计课程改革探索[J]. 高等建筑教育, 2024, 33(2): 73-78.
- [12] 罗恒勇. 基于 BIM 技术的《建筑结构》课程改革路向研究[J]. 产业与科技论坛, 2025, 24(6): 161-164.
- [13] 官志群, 王永志, 廖少明. 基于数字孪生的建设工程项目管理数字化[J]. 土木工程学报, 2023, 23(7): 106-128.
- [14] 黄海荣, 任旭升, 郭勇博. 建筑施工数字孪生模型智能预警技术研究[J]. 建筑技术开发, 2024, 4(2): 3-6.
- [15] 薛凡涛, 陈邵华, 何力. 智能建造技术在建筑工程施工中的集成应用探索[J]. 中国建筑, 2025, 8(7): 53-55.
- [16] 鄂婧, 陈平, 王惠, 等. 基于 OBE 理念的智能建造专业教学改革与探究[J]. 长春工程学院学报(社会科学版), 2024, 25(1): 131-135.
- [17] 韩芳, 蔡路军, 陈桂娟, 等. 基于线上线下融合的工程力学教学研究[J]. 中国现代教育装备, 2023(19): 65-67.
- [18] 李海霞, 李晟璐, 盖楠. 数据驱动下的线上线下融合教学模式设计与应用研究[J]. 电脑知识与技术: 学术版, 2023, 19(15): 129-131.
- [19] 陆潭晟, 晏凤鸣, 周晶晶, 等. 基于慕课支持的混合式教学模式探索与实践——以人类行为与社会环境课程为例[J]. 高教学刊, 2024, 10(13): 105-109.
- [20] 陈云. 新工科视域下智能建造专业 AI 大模型辅助教学模式探究[J]. 科教导刊, 2025(2): 232-234.
- [21] 马新玲. 面向“新工科”的“一核两翼、双轮驱动”实践教学模式构建——以华东理工大学过程装备与控制工程专业为例[J]. 力学与实践, 2021, 43(2): 273-277.