

智能建造背景下《工程结构》课程教学改革与实践

单思楠 邓长清 阳令明 杨期柱 肖才远

邵阳学院 土木与建筑工程学院

DOI:10.32629/er.v9i3.6863

[摘要] 在智能建造背景下,传统工程造价人才培养模式面临挑战。本文针对工程造价方向核心课程《工程结构》教学中长期存在的理论与实践脱节、前沿技术滞后、学生综合能力培养单一等突出问题,开展系统性的教学改革研究。通过整合工程案例、施工机器人、3D打印、BIM平台以及人工智能(AI)工具等特色资源,进行教学内容、教学方法、教学手段、教学目标和评价体系等方面的改革。实践表明,改革激发了学生的学习主动性,显著提升了其实践能力,为培养适应智能建造时代需求的高素质工程造价方向人才提供可借鉴的路径。

[关键词] 工程结构;教学改革;智能建造;BIM技术;施工机器人

中图分类号:G642.0 文献标识码:A

Teaching Reform and Practice of "Engineering Structure" Course in the Context of Intelligent Construction

Sidi Shan, Changqing Deng, Lingming Yang, Qizhu Yang, Caiyuan Xiao

School of Civil and Architectural Engineering, Shaoyang University

Abstract: In the context of intelligent construction, the traditional talent cultivation model for engineering cost faces challenges. This paper conducts systematic teaching reform research to address prominent issues that have long existed in the teaching of the core course "Engineering Structures" in the field of engineering cost, such as the disconnect between theory and practice, lagging cutting-edge technologies, and a singular focus on cultivating students' comprehensive abilities. By integrating distinctive resources such as engineering cases, construction robots, 3D printing, BIM platforms, and artificial intelligence (AI) tools, reforms are carried out in teaching content, teaching methods, teaching means, teaching objectives, and evaluation systems. Practice has shown that the reforms have stimulated students' learning initiative and significantly enhanced their practical abilities, providing a reference path for cultivating high-quality talents in the field of engineering cost who can adapt to the demands of the era of intelligent construction.

Keywords: engineering structure; teaching reform; intelligent construction; BIM technology; construction robot

引言

随着智能建造技术的快速发展,BIM技术、装配式结构、施工机器人及AI等已全面融入土木工程行业的方方面面,并对工程造价人才提出了新的能力要求。因此,高校亟需培养既掌握传统设计和施工方案,又懂智能建造技术的工程造价方向的复合型人才。

《工程结构》作为工程造价方向的核心课程,传统教学模式存在理论与实践脱节、技术更新滞后、能力培养单一等问题,难以适应行业变革。过去十几年,高校持续进行土木工程专业的教学改革^[1-3],然而这些改革未考虑到智能建造时代的需求,不适应当下《工程结构》课程的相应要求。

面对这一挑战,教学团队依托工程实践案例,施工机器人、3D打印设备、BIM竞赛平台及AI工具等资源,深入开

展课程教学改革,构建多元化教学模式,旨在培养具备工程结构知识、数字化技能与创新思维的高素质复合型工程造价人才。

1 课程教学现存问题分析

通过对教学反馈与学生座谈的梳理,当前教学主要存在以下问题:

1.1 理论与实践脱节

《工程结构》作为工程造价方向的核心课程,其教学目标是让学生掌握建筑结构的力学原理、设计方法与构造要求,为后续的工程量计算、造价分析及项目管理奠定技术基础。然而,传统教学偏重理论,缺乏与工程实践的有效衔接。例如,传统课程只是要求计算某个梁柱构件的承载力等,而不介绍这样的计算对于设计全过程中的意义。学生难以将这些

理论知识与实际工程中的结构选型、受力分析和造价决策等相联系，导致在面对真实工程问题时，无法灵活运用所学知识，影响造价分析的准确性。

1.2 技术更新滞后

教学中仍以传统抗力计算为主，缺乏对 BIM 模型、施工机器人、3D 打印设备、AI 分析等新技术的引入，导致学生数字化技能与行业需求存在差距，毕业后需较长时间才能适应企业的工作流程。

1.3 能力培养单一

现行教学模式注重结构原理和计算，忽视学生综合能力培养。造价方向学生不仅需要理解工程结构知识，更需要具备结构方案的比选能力、结构成本的关联分析及造价优化等能力。例如，现行教学模式通常止步于“如何按规范设计一个安全的结构”，而未能向前迈出关键一步，即“如何从多个安全的结构方案中，比选出最经济合理的那个”。这导致学生即便掌握了扎实的结构理论，在未来的工作中也难以胜任方案阶段的成本优化工作。

2 智能建造背景下《工程结构》课程教学改革方案

针对上述问题，教学团队结合智能建造背景，从教学内容、教学方法、教学手段、教学目标及评价体系五个维度进行系统化改革，以培养具备扎实工程结构知识、数字化应用能力与综合创新思维的高素质复合型人才。本课程教学改革框架如图 1 所示。



图 1 《工程结构》课程教学改革框架图

2.1 教学内容重构

教学内容的更新是教学改革的核心。课程在保留经典的结构设计原理、钢结构、砌体结构等内容的基础上，有机融入智能建造等相关技术及其在工程中的应用场景，强化理论与实践、技术与经济的结合。

2.1.1 工程案例贯穿教学全过程

依托学院积累的工程项目和实体模型（如图 2 所示），构建涵盖钢筋混凝土框架结构、砌体结构等的案例库。在讲授结构方案选取、内力分析、构件设计等内容时，可以真实案例为背景，说明各知识点在工程设计中的具体作用，帮助学生建立知识与实践的联系。



图 2 学院的砌体结构实体教学模型

2.1.2 强化结构方案的经济性分析

针对工程造价专业特点，增设结构方案比选与成本分析模块。例如，在结构方案比选时，会引导学生对不同结构（钢筋混凝土框架结构、砌体结构、钢结构等）的经济性进行思考；在讲解梁板柱设计时，不仅讲授安全性设计方法，还引导学生从材料用量、施工工艺、工期等角度分析不同方案的经济性，培养其“设计-成本”一体化思维。

2.1.3 引入智能建造技术内容

将 BIM 建模、自动化施工方法（如施工机器人）、3D 打印技术、AI 辅助分析等智能建造技术纳入教学内容。例如，讲解钢结构节点设计时，结合 BIM 模型展示三维构造；在论述施工工艺时，引入机器人砌筑、3D 打印等案例，分析其对工程质量和造价的影响。

2.2 教学方法创新

改变以往以教师讲授为主的教学模式，注重学生主体参与，通过项目实践、情境模拟等方式提升学生解决实际问题的能力。

2.2.1 项目驱动教学

围绕一个完整工程项目，引导学生分组完成结构选型、受力分析、造价估算等任务。例如，要求学生基于给定场景，要求学生选取合适的建筑方案，并进行初步经济性比较，在项目中综合运用所学知识。

2.2.2 情境模拟与角色体验

在课堂上模拟设计、图纸会审、工程验收等真实工作环节。例如，在讲解钢筋混凝土构件设计时，可建议学生基于设计、施工、监理等角色，讨论从设计、施工到验收等不同阶段的各主体的责任和工作内容，增强职业情境体验。

2.2.3 竞赛促进学习

鼓励学生参与 BIM 建模、结构设计等学科竞赛，将竞赛题目与课程内容相结合。通过竞赛激发学生自主学习和团队协作的动力，实现“以赛促学”。

2.3 教学手段升级

充分利用 BIM 技术、智能建造设备和 AI 软件，打造互

动性强的教学环境，提升教学效率和学生学习体验。

2.3.1 BIM 与可视化技术应用

利用 BIM 软件等进行三维结构模型演示，辅助讲解构件构造与内力传递机制等。通过模型可视化，帮助学生理解三维结构体系，弥补二维图纸教学的不足。

2.3.2 施工机器人和 3D 打印实操观摩

利用学院购置的具有喷涂、砌筑等功能的施工机器人（如图 3 所示）和 3D 打印设备，组织现场观摩或模拟操作。引导学生思考自动化施工对结构设计、施工措施及造价的影响，使抽象的理论具体化。比如，采用施工机器人砌筑的时候，是否应该对所设计的墙体位置和规则性有进一步的规定；采用 3D 打印技术时，是否应该对采用的混凝土材料的流动性和防渗性等性能有更高的要求。



图 3 用于教学的具有喷涂、砌砖、贴瓷砖等功能的施工机器人

2.3.3 AI 辅助学习工具集成

鼓励学生使用 DeepSeek、Kimi 等 AI 工具进行课后答疑、案例生成与方案比较。教师引导学生正确使用 AI 工具，并对其所生成的答案进行检验，培养其信息鉴别能力和批判性思维，实现个性化学习支持。

2.4 教学目标提升

在新的智能建造行业背景下，课程教学目标从单一的知识传授转向知识、能力与素养并重的复合型培养。

2.4.1 知识目标

在掌握工程结构基本理论与设计方法的同时，要理解智能建造相关技术及其在工程中的应用逻辑。

2.4.2 能力目标

能够运用 BIM 等工具进行结构建模与经济分析；具备结构方案比选和造价优化的初步能力；了解施工机器人和 3D 打印等新技术；并能利用 AI 等工具辅助解决工程问题等。

2.4.3 素养目标

培养智能化意识和团队协作精神，大幅提高学生综合素质，适应智能建造行业的职业要求。

2.5 评价体系改革

建立多元化、过程性评价体系，改变以往期末笔试主导的评价方式，更全面反映学生的知识运用能力和综合素质。

2.5.1 强化过程性考核

降低期末考试成绩比例，增加平时项目作业、课堂讨论、案例研讨等环节的权重，使这些成果作为重要评分依据，考核学生的综合应用能力。

2.5.2 推行项目成果评价

学生需完成一个贯穿课程的小型项目，包括结构方案选型、分析报告和造价估算等内容。教师从技术合理性、经济性、创新性等维度进行综合评价。

2.5.3 竞赛与实践成果纳入评价

对学生参与 BIM 竞赛、结构设计竞赛等活动取得的成果予以认可，并在课程成绩中给予加分激励，鼓励学生积极参与课外实践与创新活动。

3 改革成效与反思

经过实践，《工程结构》课程教学改革取得了成效，也面临一些挑战，需要持续改进。

3.1 教学改革成效

通过问卷调查和课堂观察发现，改革后的课程激发了学生的学习兴趣，课堂参与度和满意度显著提升，超过 80% 的学生表示喜欢这种教学方式，学生的出勤率和抬头率都有改善，实践能力得到有效培养；在给定场景下，对建筑方案的比选和分析结果的准确性有了大幅提升，88% 学生对结构设计—经济性分析的综合能力有了明显提升。80% 学生对 BIM、施工机器人、3D 打印、AI 等工具的理解有明显提高，在智能建造时代的综合能力得到增强。在课程评价方面，85% 以上的学生认为过程考核占 50% 更加合理、72% 以上的学生认为完成一个贯穿课程的小型项目是十分必要的。

3.2 反思与挑战

我们也面临一些挑战：一是教学资源不足，适合教学的工程实践案例库等仍需完善；二是课程学时有限（仅有 48 学时），大量新技术和实践内容的融入使教学进度紧张，尤其 BIM 竞赛会占用学生大量时间（至少需要 32 学时），单靠《工程结构》课程不现实。

针对这些挑战，计划采取以下改进措施：加快教学资源建设，尽快开发适合课程教学的工程案例；优化教学内容与学时分配，简化 BIM 竞赛模型以兼顾教学实效。

4 结语

面对智能建造时代背景，针对工程造价方向《工程结构》课程的教学痛点，开展教学内容、教学方法、教学手段、教学目标和评价体系五个维度的教学改革。实践表明，通过整合工程案例、施工机器人、3D 打印、BIM 和 AI 等资源，构

建了多元化教学模式，有效促进了理论与实践结合，培养了学生的综合决策能力，为其未来职业发展奠定了基础。

本教学改革为工程造价方向应对行业智能建造转型提供具体的实施路径。教学团队将持续优化教学内容，以培养符合智能建造时代需求的高素质复合型人才。

[参考文献]

[1]张鹏,马金山,马秀彦,等.基于虚拟现实及BIM的泛土木工程制图教改探索[J]. 科教文汇,2025(2):92-95.

[2]韩森,廖维张,侯敬峰,等.新时代实践创新型人才培养模式构建[J]. 高教学刊,2025(11):28-31.

[3]孙宏磊,伍婷玉,彭国军,等.新时代工科专业学位研究生校企联合培养模式改革与探索——以土木工程专业为例[J]. 2025(22):142-145,150.

作者简介：

单思楠（1985.01-），男，汉族，辽宁沈阳人，博士，讲师，研究方向为防灾减灾工程及防护工程。

基金项目：

湖南省普通高等学校教学改革研究项目，面向继续教育《土木工程CAD》课程数智信息化教学改革与实践（202502001303）；湖南省教学改革研究重点项目：土木工程专业学生跨学科工程能力培养路径的研究与实践（HNJG-20231022）；湖南省普通高等学校教学改革研究项目：智能建造专业实践创新能力培养体系的构建（202502001280）；湖南省普通高等学校教学改革研究项目：基于数智驱动的智能建造“虚-实-业”三螺旋实验教学体系构建（202502001297）。