

基于数值技术驱动的《工程结构数值模拟》课程教学改革探索与实践

吴甜宇 李芦钰

大连理工大学建设工程学院, 中国·辽宁 大连 116024

摘要:《工程结构数值模拟》是土木工程本科课程中的重要组成部分,旨在培养学生掌握工程结构数值分析的基本理论和实践技能。然而,传统教学模式存在理论抽象、实践脱节等问题,难以满足现代工程教育的需求。论文提出以数值技术为核心的多维度教学改革方案,通过重构课程体系、创新教学方法、融合虚实实验等方式,形成“理论—算法—软件—工程”四位一体的教学框架,有效提升学生解决复杂工程问题的能力。论文详细阐述了教学改革的背景、目标、实施方法和预期效果,为高校土木工程课程改革提供参考。

关键词: 工程结构数值模拟; 数值技术驱动; 多元化教学; 教学改革; 本科课程

Exploration and Practice of Teaching Reform in the Course of *Numerical Simulation of Engineering Structures* Driven by Numerical Technology

Tianyu Wu Luyu Li

School of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning, 116024, China

Abstract: *Numerical Simulation of Engineering Structures* is a crucial component of the undergraduate curriculum in civil engineering, aimed at cultivating students' understanding of the basic theories and practical skills of engineering structure numerical analysis. However, the traditional teaching model faces challenges such as theoretical abstraction and a disconnect from practice, which fail to meet the demands of modern engineering education. This paper proposes a multidimensional teaching reform plan centered on numerical technology. By restructuring the course system, innovating teaching methods, and integrating virtual and physical experiments, a “theory-algorithm-software-engineering” framework is developed to effectively enhance students' ability to solve complex engineering problems. The paper details the background, objectives, implementation methods, and expected outcomes of the teaching reform, providing a reference for the reform of civil engineering courses in universities.

Keywords: engineering structure numerical simulation; numerical technology-driven; diversified teaching; teaching reform; undergraduate courses

0 前言

随着计算机技术和数值算法的飞速发展,数值模拟技术已成为工程结构分析、设计和优化不可或缺的重要手段,然而传统的《工程结构数值模拟》课程教学往往侧重于理论讲解和软件操作,缺乏对学生数值思维能力和解决复杂工程问题能力的培养,难以满足新时代对创新型工程人才的需求。当前教学面临的挑战主要体现在教学内容滞后于技术发展、教学模式单一且学生参与度低、实践环节薄弱难以学以致用等方面。

针对这些问题,本研究提出基于数值技术驱动的《工程结构数值模拟》课程教学改革方案,旨在构建以数值思维为核心的课程体系,探索多元化教学模式以提升学生学习主动性,强化实践教学环节以培养学生解决实际问题的能力。本研究的意义在于推动《工程结构数值模拟》课程教学改革、提高人才培养质量,探索数值技术驱动下的工程教育新模式

并为相关课程改革提供参考,同时培养具有创新精神和实践能力的高素质工程人才以服务国家经济社会发展。

本研究将采用文献研究、问卷调查、案例分析等方法,对基于数值技术驱动的《工程结构数值模拟》课程教学改革进行深入探索和实践,并对其效果进行评估和总结。

1 基于数值技术驱动的教学改革方案

1.1 构建以数值思维为核心的课程体系

基于数值技术驱动的教学改革方案首先聚焦于构建以数值思维为核心的课程体系,这是实现教学改革目标的基础和关键。传统的《工程结构数值模拟》课程内容往往偏重于理论知识的灌输和软件操作的机械训练,缺乏对学生数值思维能力的系统性培养。为此,我们以数值思维为核心,对课程体系进行了全面优化和重构。首先,在教学内容上,我们精简了传统教材中过于理论化且实用性不强的内容,增加了

有限元法、有限差分法、离散元法等现代数值方法的比重,并结合土木工程、机械工程、航空航天等领域的实际工程案例,将数值模拟技术的最新发展与应用融入课堂教学中,使学生能够及时了解行业前沿动态。其次,我们注重强化数值计算的理论基础,在讲解软件操作的同时,深入剖析数值模拟背后的数学物理方程和数值算法原理,如微分方程的离散化方法、迭代求解算法、收敛性分析等,帮助学生理解数值模拟的本质,而不仅仅是停留在软件操作的层面。最后,为了进一步提升学生的数值计算能力和编程实践能力,我们在课程中引入了编程实践环节,鼓励学生利用 Python、MATLAB 等编程语言编写简单的数值计算程序,如矩阵运算、方程求解、数据可视化等,通过动手实践加深对数值算法的理解,并培养其独立解决数值计算问题的能力。通过以上措施,我们构建了一个以数值思维为核心、理论与实践并重的课程体系,为后续教学改革的实施奠定了坚实的基础。

1.2 探索多元化教学模式

基于数值技术驱动的教学改革方案在探索多元化教学模式方面,旨在突破传统“灌输式”教学的局限,提升学生的学习主动性和参与度,从而更好地培养学生的创新思维和解决实际问题的能力。为此,我们引入了案例教学、项目驱动教学和翻转课堂等多种教学模式,形成了一套多元化的教学体系。在案例教学中,我们精心选取了桥梁结构受力分析、高层建筑抗震性能评估、机械零件疲劳寿命预测等典型工程案例,引导学生运用数值模拟软件进行建模、分析和求解,并将模拟结果与理论或实验结果进行对比分析,帮助学生理解数值模拟的工程意义和应用价值,同时培养其工程意识和解决实际问题的能力。

在项目驱动教学中,我们将课程内容与实际工程项目紧密结合,如某大桥的施工过程模拟、某建筑物的风荷载分析等,学生以小组合作的形式完成从问题分析、模型建立、数值计算到结果分析的全过程,这不仅锻炼了学生的团队协作能力和项目管理能力,还使其在实践中深刻体会到数值模拟技术在工程实践中的重要性。

在翻转课堂的实施中,我们利用网络教学平台,将部分理论知识和软件操作视频提前发布给学生自学,课堂上则侧重于问题讨论、案例分析和项目汇报,教师通过引导和点评,帮助学生深化对知识的理解,同时激发学生的主动思考和探索精神。此外,我们还引入了课堂互动工具和在线答疑平台,鼓励学生随时提出问题并参与讨论,进一步增强了课堂的互动性和学生的参与感。通过以上多元化的教学模式,我们有效提升了学生的学习主动性和课堂参与度,使其从被动接受知识转变为主动探索和实践,为培养具有创新精神和实践能力的高素质工程人才提供了有力支持。

1.3 强化实践教学环节,培养学生解决实际问题的能力

基于数值技术驱动的教学改革方案在强化实践教学环

节方面,着重于通过层次化的实验设计和校企合作共建实践平台,全面提升学生解决实际工程问题的能力。传统的实践教学往往局限于简单的软件操作,缺乏对复杂工程问题的深入分析和解决能力的培养,为此我们设计了基础性实验、综合性实验和创新性实验三个层次的实践教学内容,逐步引导学生掌握数值模拟技术的核心技能并应用于实际工程问题。

在基础性实验阶段,我们安排了结构静力分析、热传导模拟、流体力学基础等实验内容,帮助学生熟悉数值模拟软件的基本操作流程,掌握常见工程问题的建模方法和求解技巧,例如网格划分、边界条件设置、结果后处理等,为后续的深入学习奠定基础。

在综合性实验阶段,我们结合实际工程案例,设计了桥梁结构抗震分析、高层建筑风荷载模拟、机械零件疲劳寿命预测等实验内容,要求学生综合运用所学知识,完成从模型建立、参数设置、数值计算到结果分析的全过程,并对模拟结果的准确性和可靠性进行评价,从而培养其解决复杂工程问题的能力。

在创新性实验阶段,我们鼓励学生自主选题,结合科研项目或工程实际问题,利用数值模拟技术进行创新性研究,例如新型材料的力学性能模拟、复杂结构的优化设计等,通过独立完成实验方案设计、数值计算和结果分析,培养学生的创新意识和科研能力。

此外,为了进一步强化实践教学效果,我们积极推动校企合作,与多家工程设计院所和高新技术企业建立了长期合作关系,共建校外实践基地,为学生提供参与实际工程项目的机会。例如,学生可以参与某大桥施工过程的数值模拟分析、某建筑物的风洞试验数据对比分析等项目,通过接触真实的工程问题和行业最新技术,了解数值模拟技术在实际工程中的应用场景和发展趋势,提升其工程实践能力和职业素养。同时,我们还邀请企业专家参与课程设计和实践指导,将行业需求和技术前沿融入教学环节,使课程内容更加贴近工程实际。通过以上措施,我们构建了一个多层次、多维度、紧密联系工程实际的实践教学体系,有效提升了学生解决实际问题的能力,为其未来的职业发展奠定了坚实基础。

2 改革效果评估

通过基于数值技术驱动的《工程结构数值模拟》课程教学改革,预期能够实现多方面的显著效果。第一,学生的理论水平将得到全面提升,通过系统学习数值方法基础、工程结构分析理论和数值算法实现,学生能够深入理解数值模拟的核心原理和数学基础,掌握从理论到算法的完整知识体系,为后续的工程应用奠定坚实基础。第二,学生的实践能力将显著增强,通过编程实践、商业软件应用和开源软件探索,学生能够熟练使用 Python、MATLAB 等编程语言实现数值算法,并掌握 Abaqus、ANSYS、OpenSees 等软件的操作技巧,具备独立完成工程结构数值模拟的能力。第三,学

生的创新思维和科研能力将得到有效培养,通过实际工程案例分析和综合设计任务,学生能够将理论知识应用于复杂工程问题的解决,提出创新性的设计方案和优化策略,同时通过参与科研项目和学术研讨,提升其科研能力和学术素养。第四,学生的学习兴趣 and 课堂参与度将显著提高,通过案例教学、项目驱动和翻转课堂等多样化教学方法,学生能够从被动的知识接受者转变为主动的学习参与者,增强学习的趣味性和互动性,从而更好地掌握课程内容。第五,课程的教学质量和学科影响力将显著提升,通过优化课程内容、创新教学方法和改革考核方式,课程将成为土木工程领域的示范课程,吸引更多学生选修,同时提升学科的整体声誉和影响力。第六,学生的团队协作和沟通能力将得到锻炼,通过分组实验、案例研讨和综合设计任务,学生能够在团队中分工合作,共同完成复杂的数值模拟任务,提升团队协作和沟通能力。第七,学生的职业竞争力将显著增强,通过掌握数值模拟技术等前沿方法和实践技能,学生能够更好地适应行业需求,提升其在就业市场中的竞争力。总体而言,教学改革将全面提升学生的综合素质和课程的教学效果,为培养符合现代工程需求的高素质人才提供有力支持。

3 结论

《工程结构数值模拟》课程作为土木工程本科教育的重要组成部分,其教学质量和效果直接影响学生的专业能力和职业发展。针对传统教学模式中理论抽象、实践脱节、教学方法单一和前沿技术缺失等问题,论文提出以数值技术为核心的多维度教学改革方案,通过重构课程体系、创新教学方法和融合虚实实验,全面提升学生的理论水平、实践能力和创新思维。数值技术驱动的教学改革不仅能够帮助学生深入理解数值模拟的核心原理和数学基础,还能通过编程实践、商业软件应用和开源软件探索,增强学生的动手实践能力和软件操作技能。通过实际工程案例分析和综合设计任务,学生能够将理论知识应用于复杂工程问题的解决,提出创新性的设计方案和优化策略,同时通过参与科研项目和学

术研讨,提升其科研能力和学术素养。

多样化的教学方法,如案例教学、项目驱动和翻转课堂,能够显著提高学生的学习兴趣 and 课堂参与度,使其从被动的知识接受者转变为主动的学习参与者。考核方式的改革,包括实验报告、编程作业、项目成果和期末考试,能够全面、客观地评估学生的学习效果和综合能力,激发其学习兴趣和主动性。预期教学改革将显著提升课程的教学效果和学科影响力,使《工程结构数值模拟》课程成为土木工程领域的示范课程,吸引更多学生选修,同时提升学科的整体声誉和影响力。此外,学生的团队协作和沟通能力将得到锻炼,通过分组实验、案例研讨和综合设计任务,学生能够在团队中分工合作,共同完成复杂的数值模拟任务,提升团队协作和沟通能力。最终,学生的职业竞争力将显著增强,通过掌握数值模拟技术等前沿方法和实践技能,学生能够更好地适应行业需求,提升其在就业市场中的竞争力。总体而言,基于数值技术驱动的教学改革方案为高校土木工程课程改革提供了新思路,具有重要的推广价值,为培养符合现代工程需求的高素质人才提供有力支持。

参考文献:

- [1] 刘向阳,祝磊,刘文林.新工科视域下地下工程施工技术课程教学改革探索[J].现代职业教育,2025(6):109-112.
- [2] 陶金聚.知行合一理念在土木工程教学中的应用与探索——以施工组织课程设计与生产实习的结合为例[J].教育教学论坛,2024(52):16-19.
- [3] 刘小燕,陈历强,张建仁.土木工程专业结构设计课程群建设的研究与实践[J].当代教育论坛(下半月刊),2009(5):64-65.
- [4] 张忠武,孟祥华,孙鹏,等.基于技能型人才培养的土木工程专业实验教学改革[J].创新创业理论与实践,2024,7(23):36-38+46.
- [5] 陈炜均,黎学优,林凯荣,等.面向土木、水利与海洋工程专业的基础工程教学改革研究探索[J].高等建筑教育,2024,33(6):107-112.

作者简介: 吴甜宇(1990-),男,中国辽宁抚顺人,博士,副教授,从事桥梁工程研究。