

数字化转型驱动下土木工程专业“三堂融合”教学模型实证研究 —以“高层建筑结构设计”课程为例

张璐^{1,*}, 李海洲²

1. 山东理工大学, 建筑工程与空间信息学院, 山东 淄博, 255000
2. 山东理工大学, 资源与环境工程学院, 山东 淄博, 255000

摘要: 针对传统土木工程专业教学中理论与实践脱节、教学场景固化及学生高阶思维能力培养不足等问题, 以国家一流本科土木工程专业的核心课程建设为依托, 构建“教室-现场-社会”三景交融的“三堂融合”教学模型。模型以“学生能力跃迁”为核理念, 通过多域并存的教学场域重构教学流程, 教学实证表明: 模型能有效促进学生从知识构建到实践创新, 再到价值塑造的能力跃迁, 为传统工科专业的数字化改革与内涵式发展提供了可借鉴的路径。

关键词: 土木工程; 数字化转型; 以学生为中心; 三堂融合; 能力跃迁; 课程思政

Empirical Research on the “Three-Classroom Integration” Teaching Model in Civil Engineering Driven by Digital Transformation: A Case Study of the “High-rise Building Structure Design” Course

Lu Zhang^{1,*}, Haizhou Li²

1. School of Civil Engineering and Geomatics, Shandong University of Technology, Zibo 255000, China
2. School of Resources and Environmental Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255000, China

Abstract: In response to the problems of disconnection between theory and practice, rigid teaching scenarios, and insufficient cultivation of students' high-order thinking abilities in traditional civil engineering education, a "Three-Scene Integration" teaching model of "classroom-field-society" is constructed based on the core course construction of the national first-class undergraduate civil engineering major. The model takes "student ability leap" as its core concept and reconstructs the teaching process through the coexistence of multiple teaching domains. Teaching practice shows that the model can effectively promote students' ability leap from knowledge construction to practical innovation and then to value shaping, providing a reference path for the digital reform and connotative development of traditional engineering majors.

Keywords: Civil engineering; Digital transformation; Student-centered; Integration of three courses; Capability transition
Course-based Ideological and Political Education

新工科建设与国家“数字中国”战略对传统工科专业的人才培养提出了前所未有的新要求^[1]。土木工程行业正经历以智能化、绿色化、工业化为核心的深刻产业变革, 亟需具备扎实理论基础、卓越工程实践能力、创新意识及高尚职业伦理的复合型人才^[2]。然而, 传统的土木工程教学, 尤其在核

心专业课程中，长期存在“重理论轻实践”、“教学场景单一”以及“价值引领与专业教育两张皮”的困境。学生虽掌握了工程计算与设计理论，但对于结构的空间构造、施工工艺的复杂性以及工程决策所蕴含的社会责任缺乏直观感受与深度理解，即存在严重的“看不见、摸不着、想不深”的问题。

当前，国内外学者围绕工科实践教学创新改革进行了诸多探索，如基于项目式教学（PBL）^[3,4]、混合教学^[5,6]等，可以有效提升学生的学习主动性。在教育数字化转型方面，虚拟仿真（VR/AR）^[7]、建筑信息模型（BIM）^[8]等技术已被引入教学，有效的增强知识的直观性。在课程思政领域，实现思政元素“盐溶于水”的融入工科课程已成为研究热点^[9,10]。然而，现有研究多侧重单一和具体环节的改革，缺乏能够系统性的融合理论传授、实践赋能与价值塑造，并充分利用“数字化技术”打通教室、现场与社会文化场馆等多维教学场域的顶层设计与实践模型。

本研究以《高层建筑结构设计》课程建设为平台，提出并实践了“三堂融合”教学模型。通过系统性重构教学内容、方法与场域，打通理论与实践、知识与素养的壁垒，探索一条以数字化转型为驱动、以学生能力跃迁为中心的传统工科专业升级路径。

1 三堂融合模型构建

1.1 模型原理

高层建筑结构设计课程的三堂融合模型源于建构主义学习理论^[11]、情境学习理论^[12]以及成果导向教育（OBE）理念^[13]。学生的学习是一个在真实或模拟的社会文化情境中主动建构意义的过程，教学应致力于创设能够引发深度思考和能力迁移的多元学习环境。基于此，课程构建了“理论-实践-价值”三螺旋递进的教学模型。该模型将教学活动系统性的部署于三个既相对独立又紧密联系的课堂场域。

第一课堂（知识逻辑构建层）：主阵地在校内教室，目标是夯实学生的理论基石。通过教师精讲，引导学生掌握知识点之间的内在逻辑，构建起“材料性能—构件受力—结构设计—规范原理”的系统知识框架。第二课堂（实践能力印证与创新层）：主阵地在企业现场与虚拟空间，目标是实现能力的锻造。通过真实的施工场景观摩与前沿数字技术的沉浸式体验，促使学生将第一课堂的理论知识进行即时印证、应用与创新。第三课堂（价值塑造与精神引领层）：主场所在社会文化场馆（齐文化博物馆），目标是实现素养的升华。通过文化浸润，引导学生从历史与文明的维度思考工程创新的本源、工匠精神的价值与工程师的社会责任。

1.2 模型特征

模型特征主要体现在多域并存、数字赋能和主体多元三个方面。多域并存：教室、工地、社会文化场馆三大物理与人文空间协同作用，共同构成一个立体的、连续的学习生态系统。数字赋能：虚拟仿真、无人机测绘、在线平台等数字技术作为核心纽带，增强各课堂内部的教学效能，实现三个课堂的无缝衔接，达成数据与学习的贯通。主体多元：校内教师、企业导师、文化专家等多主体共同参与育人过程，形成协同育人的“教学共同体”。

2 实施路径与数字化转型实践

2.1 第一课堂：理论系统的“精讲”与“深研”

在第一课堂，摒弃“满堂灌”的知识点罗列，转向对知识逻辑的深度剖析。例如，在讲授“高层组合结构”时，课堂讲授环节不再孤立讲解组合结构的概念与计算公式，而是首先抛出问题链“纯钢结构伸臂桁架虽强度高，但在超高层中可能因变形过大影响使用舒适度；纯混凝土结构则自重大、

延性不足。能否创造一种“取长补短”的复合构件？”继而引导学生回顾材料基本特性，混凝土抗压强度高但抗拉强度低，属脆性材料；钢材抗拉抗压强度均高，且具延性，但是造价高昂、投入使用后的维护难度大。引入“组合结构”思想，总结精讲型钢混凝土（SRC）的工作原理—核心型钢承担主要弯矩和拉力，外围混凝土约束型钢防止局部屈曲并承担压力，二者协同工作，扬长避短。

教学方式上，广泛采用基于问题的研讨式教学。例如，首先设定综合性问题：“连梁：是选择做“坚硬的骨头”还是“可牺牲的保险丝”？教师阐明连梁在剪力墙结构中的双重作用：在风荷载和小震作用下，必须提供足够的刚度以控制结构位移；在罕遇地震下，需要率先进入非弹性变形，耗散地震能量，保护墙肢等重要构件。然后抛出核心问题，组织小组研讨：

核心问题一，“为什么抗震概念上要强调强墙肢弱连梁？如果连梁不坏，是不是更安全？”研讨引导，教师引导学生对比两种破坏模式：模式 A（弱梁）：连梁端部出现塑性铰，大量耗能，结构“伤而不倒”。模式 B（强梁）：连梁不坏，巨大的内力转移至墙肢底部，导致墙肢受压弯破坏或剪切破坏，这是脆性的、灾难性的。研讨目标，学生通过讨论，深刻理解延性抗震设计的本质是通过预设的、可控的构件屈服消耗地震输入的能量，保全结构的整体稳定。连梁就是那个被“牺牲”的、可替换的“保险丝”。

核心问题二，“普通配筋的连梁为什么容易发生剪切破坏？这种破坏的危害是什么？”研讨引导，教师展示连梁在往复荷载下的受力动画，引导学生分析其受力机制。跨高比较小的连梁，其主拉应力迹线更倾斜，容易形成斜向裂缝。一旦斜裂缝贯通，就会发生脆性的剪切破坏，耗能能力极差。研讨目标，学生认识到，连梁设计的核心矛盾在于设计允许，连梁屈服（形成塑性铰），但不允许发生剪切破坏，而是发生弯曲破坏。因为弯曲破坏是延性的，而剪切屈服是脆性的。

将超星学习通作为数字化支撑平台，教师上传清华大学或同济大学振动台试验视频，直观展示连梁在不同受力阶段的裂缝发展与破坏模式。汇总《建筑抗震设计规范》中关于连梁设计的核心条文及其条文说明。针对“强柱弱梁”、“强剪弱弯”、“强节点弱构件”等基本抗震概念进行课前测试，确保学生具备研讨的知识基础。

2.2 第二课堂破解“看不见、摸不着”的教学难题

首先是真实的企业现场教学。将课堂直接搬到高层建筑施工现场或预制构件生产车间。主角由经验丰富的企业导师担当。学生们能亲眼看到预应力钢绞线的布束、锚具的安装、以及千斤顶张拉的全过程。当学生看到张拉控制应力表指针的跳动，并听到企业导师讲解“双控”原则（应力控制与张拉值校核）在现场的实际应用时，第一课堂中抽象的预应力损失机理、张拉程序等知识瞬间变得鲜活而深刻。这种理论与实践的“即时印证”，有利于激发学生的学习兴趣和探究欲望。

其次是数字技术的深度融合，将“看不见”的变为“看得见”。虚拟仿真（VR/AR）技术的应用，针对混凝土结构内部钢筋搭接、节点构造、受力破坏过程等难以实地观察的内容，开发一系列虚拟仿真项目。学生戴上 VR 头盔进入虚拟的混凝土梁内部，观察内部钢筋的立体排布。通过手势操作模拟浇筑混凝土的过程。启动加载实验观察梁从开裂到最终破坏的完整过程，应力云图的变化直观展示了受力机理。这种沉浸式、交互性的体验，将抽象的设计原理转化为可感知的具身认知。参观大型土方工程或建筑群时，引入无人机现场测绘。学生学习如何操作无人机采集影像数据，利用 Context Capture 等软件生成高精度的实景三维模型。将结构设计课程的知识与土木工程数字化前沿应用相结合，培养学生运用现代地理信息技术进行工程量计算、施工进度监控和场地分析的能力，契合了行

业数字化转型对人才的新要求。

第二课堂形成了“现场观察—虚拟仿真操作—问题研讨—技术报告撰写”的闭环学习流程，确保了实践教学的效果与深度。

2.3 第三课堂：价值引领的“文化浸润”与“思想铸魂”

第三课堂的主场设定在淄博的齐文化博物馆。开展“创新课、工匠课、责任课”。

创新课以古代的“蹴鞠”和齐桓公改革展陈为媒介，引导学生讨论齐文化中“不慕古，不留今，与时变，与俗化”的变革精神，与今天土木专业面临的绿色建筑、智能建造等工程创新挑战有何异曲同工之妙？古代齐人的制度创新，如何启示现代工程技术和管理模式上实现突破？

工匠课着眼精美的青铜器“牺尊”和宏大的“齐王墓殉马坑”，引导学生观察繁复的纹饰和精确的铸造工艺。引导学生思考在两千多年前有限的技术条件下，古代工匠如何秉持“精益求精”的信念，创造出如此辉煌成就？这种对极致工艺的追求，对今天保证工程质量、杜绝安全事故，有何深刻的启示？

责任课结合齐文化“以人为本、务实重效”的精神，引入现代失败的工程案例，与学生共同探讨工程师在公共安全、环境保护和可持续发展中所应承担的社会责任与伦理底线。

通过这种“文化叙事+工程案例对比”的教学方法，实现专业知识教育与价值观教育的自然融合，完成“思想铸魂”的育人目标。

3 “三课堂”的环环相扣与同向同行

为确保三个课堂形成一个有机整体，以“一座框架-剪力墙高层建筑的设计与施工”作为一个完整的教学项目贯穿始终。

第一课堂讲授框架-剪力墙结构的设计理论、计算方法与构造要求。第二课堂印证与深化，组织学生利用VR仿真理解框架-剪力墙的受力体系和施工阶段分析。运用无人机记录施工进程。第三课堂升华与反思，结合古代工匠精神，反思如何在高层建筑结构施工过程中坚守质量。结合齐文化的创新基因，探讨未来高层建筑结构技术在智能感知、耐久性提升等方面的创新方向。

数字化平台在此过程中支撑了全程化、多元化的评价体系。系统记录学生在第一课堂的在线测试与研讨表现，第二课堂的虚拟仿真操作记录与试验报告，第三课堂的文化反思日志，共同构成综合性的学习评价依据，真实反映学生的能力跃迁过程。

4 教学成效与反思

经过两轮教学实践，该模式取得了显著成效。在学生能力提升方面，学情数据显示，学生对框架-剪力墙等复杂知识点的理解深度和长期保留率显著提升。在国家级、省级比赛中，参赛学生的创新设计与工程综合能力表现突出，获奖数量和质量均有提高。通过问卷调查和深度访谈，学生普遍反映“对高层混凝土结构的认识从未如此直观和深刻”，并表达出更强的专业认同感与社会责任感。在解决教学核心难题方面，成功破解了“理论知识抽象难懂、实践环节走马观花、思政教育生硬嫁接”的三大难题，实现了知识、能力与素养的有机统一。

模式的实施也面临诸多挑战，如企业导师队伍的稳定性与教学水平参差、高端虚拟仿真项目的开发成本较高、三个课堂的时间与资源协调难度大等。未来课程组将致力于以下三方面的深度改革：①与企业共建更稳定的“双师型”基地，并开展企业导师教学能力培训；②联合软件公司，开发更具普适性的轻量化虚拟仿真教学资源，降低成本；③构建更智能的教学管理平台，优化三课堂联

动的调度与评价机制。

5 结论

本研究构建并实践的土木工程“三课堂”融合教学模式，是对传统工科专业数字化转型升级与内涵式发展的一次系统性探索。通过重构“教室-工地-社会”多域并存的教学场域，深度融合虚拟仿真等前沿数字技术，并以“以学生能力跃迁为中心”的教学范式贯穿始终，有效的将理论传授、实践赋能与价值塑造融为一体。实践证明，该模式能够促进学生完成从构建系统知识到锤炼实践本领，再到激发创新思维、涵养工匠精神与工程伦理的层层跃迁。为新工科背景下一流专业与一流课程的建设提供了具有参考价值的解决方案。

参考文献

- [1] 魏显勇, 刘珈宏. 生成式人工智能赋能教师跨学科教学素养提升: 价值、挑战及进路[J]. 教育理论与实践, 2025, 45(26): 24-29.
- [2] 覃丽坤, 高凌霞, 崔利富, 等. 新工科背景下基于应用能力培养的一流课程建设——以“混凝土结构设计原理”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2025, (21): 38-41.
- [3] 卫红梅, 高强, 严鹏飞. 项目式教学模式研究与实践——以过程原理课程为例[J]. 化工高等教育, 2025, 42(5): 77-83.
- [4] 陈萌萌, 张圆佟洋. 新工科背景下建筑防火课程教学改革探讨[J]. 化工高等教育, 2025, (16): 54-56.
- [5] 孙文, 王天琦, 孙艳萍, 等. 新工科背景下高校制图课程线上线下混合教学探索——以“画法几何与机械制图”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2025, (27): 81-84.
- [6] 杨洁, 曲萍. 面向应用的 BOPPPS 模型的混合教学探索——基于施工组织与建设项目管理的分析[J]. 科学咨询, 2025, (17): 148-151.
- [7] 徐妙, 吕思刘, 童锐, 等. 地方高校物理化学实验虚实混合式教学改革实践[J]. 装备在线, 2025, (20): 34-41.
- [8] 魏立明, 王锐, 姚小春, 等. 面向人工智能技术的建筑电气与智能化专业升级改造探索与实践——以吉林建筑大学为例[J]. 高教学刊, 2025, (26): 38-42.
- [9] 李秋玲, 刘雪晨. 数字化赋能视域下高校精准思政的范式跃迁[J]. 河南教育, 2025, (11): 56-58.
- [10] 吴雅文, 张悦. 数智化背景下的高校思政工作实践探索与创新思考[J]. 高等教育, 2025, (11): 56-58.
- [11] 洪锋, 刘茹茹, 孙佐, 等. 基于建构主义引导的教学设计研究与实践——以高频电子线路课程为例[J]. 池州学院学报, 2025, 37(6): 124-127.
- [12] 吕天营, 俞金波. 基于建构主义学习理论的“情境-行动”式创业课程体系变革[J]. 宁波教育学院学报, 2025, 27(4): 73-77.
- [13] 刘博文, 张金薇, 罗建华, 等. OBE 理念+云数智化装备赋能智能制造工程专业课程教学改革研究[J]. 中国教育技术装备, 2025, (20): 27-33.

^{1,*}第一作者和通讯作者简介: 张璐 (1983-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 本科智慧课程建设。E-mail: Zlu@sdut.edu.cn。