

## 《工程仿真技术与应用》数字教材建设与实践

王春光<sup>1</sup>, 刘丽萍<sup>2</sup>, 任蛟龙<sup>1</sup>, 苏天<sup>1,\*</sup>

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:**“数字中国”战略把教育数字化列为优先工程,教材作为人才培养的“第一载体”,却长期停留在“纸质+图片”的二维阶段。随着虚拟仿真、数字孪生、知识图谱和生成式AI的成熟,数字教材已经具备“可交互、可计算、可进化”的三维形态,成为新时代高等教育改革的重要载体。在此背景下,本研究聚焦“仿真技术基本理论+典型案例实操”的《工程仿真技术与应用》数字教材建设与实践。该数字教材将通过知识的结构化与可视化呈现,深度交互式仿真案例的设计与实现,支持个性化学习,显著提升土木水利、机械工程、交通工程等工科硕士研究生的教学质量与人才培养水平。

**关键词:** 数字教材; 工程仿真技术与应用; 典型案例实操; 个性化学习

## Digital Textbook Development and Implementation for “Engineering Simulation Technology and Applications”

Chunguang Wang<sup>1</sup>, Liping Liu<sup>2</sup>, Jiaolong Ren<sup>1</sup>, Tian Su<sup>1,\*</sup>

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

**Abstract:** As part of the "Digital China" strategy, educational digitalization has been identified as a priority initiative. However, teaching materials—often regarded as the “primary vehicle” for talent development—have long remained confined to a two-dimensional format limited to “paper and static images.” With the advancement of virtual simulation, digital twins, knowledge graphs, and generative AI, digital textbooks have now evolved into a three-dimensional form that is interactive, computable, and adaptive, emerging as a vital medium for higher education reform in the new era. This study focuses on the development and implementation of a digital textbook for Engineering Simulation Technology and Applications, which integrates fundamental simulation theories with hands-on case studies. By structuring and visualizing knowledge and designing deeply interactive simulation cases, this digital textbook supports personalized learning and is expected to significantly enhance teaching quality and talent cultivation for postgraduate students in disciplines such as civil and hydraulic engineering, mechanical engineering, and transportation engineering.

**Keywords:** Digital textbook; Engineering Simulation Technology and Applications; Hands-on case studies; Personalized learning

随着教育数字化战略行动在全国范围内的深入推进,数字教材作为课程教材数字化转型的核心

载体,已成为高等教育改革的重要抓手<sup>[1]</sup>。党的二十大报告明确提出推进“教育数字化”,《教育信息化2.0行动计划》《卓越工程师培养改革方案》均提出推动高水平仿真实验教学资源转化为数字教材,《教育数字化转型行动计划(2023—2027年)》等文件强调要加快数字教材建设与普及,推动信息技术与教育教学深度融合。在此背景下,高等教育作为高层次人才培养的关键阶段,其教材形态与内容供给方式亟需向数字化、智能化方向升级。当前高等教育仍大量依赖传统纸质教材,其更新周期长、互动性弱、资源形式单一,难以适应学科前沿快速迭代、跨学科融合培养的需求。同时,数字教材在实际建设与推广中面临知识的结构化与可视化呈现,深度交互式仿真案例的设计与实现,个性化学习支持等方面的挑战<sup>[2]</sup>。因此,系统研究高等教育数字教材的建设路径,对提升人才培养质量、推动教育教学模式创新具有紧迫的现实意义。

我国数字教材研究已从早期“电子课本”概念逐步拓展至平台建设、质量管控等深层次议题。多数高校已开展数字教材试点,但存在内容同质化、平台互操作性差、师生使用意愿低等问题。研究指出,数字教材建设仍以“形式创新”为主,缺乏与课程目标、学习科学的深度结合。近年来,教育部牵头研制《数字教材建设与管理指南》,强调从内容规范、技术接口、安全隐私等方面建立标准体系<sup>[3]</sup>。同时,学者呼吁建立“三维度”(学生、教师、管理者)需求画像,提升教材开发的精准度<sup>[4]</sup>。在工程学科领域中,数字教材已尝试融入虚拟仿真、知识图谱等技术,但融入深度及跨学科融合仍显不足。发达国家在数字教材领域的探索起步较早,形成了政策引导、技术驱动、产学研协同的发展模式。美国通过“OpenStax”等开源平台推动高校免费数字教材普及<sup>[5]</sup>。韩国实施“数字教材审定制”,对教材内容、平台功能、数据安全进行全流程监管。英国部分高校使用自适应学习平台,注重人工智能、AR/VR技术在数字教材中的应用,强调个性化学习路径推荐、学情实时反馈等功能,实现教材内容动态调整。国际高等教育聚焦数字教材的学习效果评估、版权保护机制、跨平台互操作等议题。研究发现,数字教材若能嵌入教学设计环节,可显著提升学生参与度与深度学习能力。综合来看,国内外研究均肯定了数字教材在提升教学效率、支持个性化学习、促进教育公平方面的潜力。

## 1 《工程仿真技术与应用》数字教材建设意义

聚焦到《工程仿真技术与应用》相关教材来看,仍存在三大痛点:

(1)理论碎片化—抽象的理论概念难以通过平面图文充分展示,学生缺乏直观理解,学生“会按键、不懂理”,难以建立“抽象理论-工程实际-仿真应用”的关联认知;

(2)案例同质化—常规案例多为“简支梁、悬臂柱”等理想模型,案例更新滞后于行业发展;案例展示多为静态文字或示意图,缺少动态演化过程,学生缺乏沉浸式实操体验;

(3)学习效果差异化—实验操作受限于实验室硬件条件和时空约束,难以开展大规模技能训练,纸质教材无法根据学生认知水平动态推送差异化内容,导致“优生吃不饱、慢生跟不上”。

在此背景下,开发聚焦“仿真技术基本理论+典型案例实操”的《工程仿真技术与应用》数字教材,具有重要的现实意义与教学价值。

从教学改革层面看,该数字教材可打破传统教学时空限制,通过知识图谱串联“概念—方法—案例—应用”逻辑链条,将典型工程案例转化为可交互的数字化资源,通过微课视频、交互式仿真模块、虚拟实验平台、自适应测评系统等数字化元素解决“理论难理解、实操难上手”的痛点<sup>[6]</sup>。

从人才培养层面,该数字教材依托虚拟仿真技术还原典型工程案例,学生可通过“模拟—试错

一优化”的闭环学习，掌握相关仿真软件的核心操作，培养数据处理、问题诊断与方案优化能力，契合工程教育认证对“实践能力与创新意识”的培养要求。

从行业服务层面，该数字教材案例源自真实工程事故或典型项目，可帮助学生提前熟悉行业常见风险点与解决方案，缩短从“校园到职场”的适应周期<sup>[7]</sup>。此外，数字教材的动态更新特性，能及时纳入新规范、新技术（如 AI 辅助仿真参数优化），确保教学内容与行业发展同频，为土木工程领域人才培养质量提升提供坚实支撑。

## 2 《工程仿真技术与应用》数字教材研究目标与解决的关键问题

### 2.1 研究目标

开发出版《结构仿真技术与应用》高水平数字教材，涵盖知识图谱、理论知识、微课（知识点）视频、交互式仿真及虚拟实验项目、习题库等。并构建一套行之有效的应用与推广模式，显著提升我国高等学校工程结构实验、工程结构仿真技术等课程的教学质量与人才培养水平。

### 2.2 解决的关键问题

（1）知识的结构化与可视化呈现。

仿真技术知识体系庞杂且关联性强，传统线性叙述难以揭示其内在网络结构。如何将这些隐性的、非线性的知识关系进行有效抽取、建模，并以直观、可交互的知识图谱形式呈现，引导学生进行关联性、系统性学习，是本研究解决的首要问题。

（2）深度交互式虚拟仿真案例的设计与实现。

如何将静态的工程案例转化为能够有效促进学生高阶思维发展的深度交互学习体验？避免其沦为简单的“点选式”动画。这需要在教学设计上巧妙平衡引导与探索、自由与约束的关系，并在技术上实现对复杂仿真过程的精确模拟与实时反馈。

（3）个性化学习支持。

学生基础差异显著（如部分学生已掌握基础软件操作，部分为零基础），需通过学习路径规划工具与分层案例任务（基础任务：复现案例操作；进阶任务：修改参数分析影响；创新任务：自主设计仿真方案）满足不同需求，并通过学习反馈与自适应的学习资源推荐，实现因材施教。

## 3 《工程仿真技术与应用》数字教材建设方案

### 3.1 总体方案设计

本数字教材将首先基于已有在线教育平台进行构建，采用模块化设计理念，整个系统在逻辑上分为内容层、交互层、平台层与数据层。

内容层：核心是“知识图谱+理论知识+工程案例”。知识图谱作为教材的“骨架”，统领所有知识点和教学资源；理论知识是教材的“灵魂”，为学生提供系统化、层次化的学科框架和核心概念；工程案例作为“血肉”，是学生进行深度实践和能力内化的主场。

交互层：提供多样化的交互形式。包括知识图谱漫游、虚拟仿真实验实操、多媒体资源点播、在线测评等，构建沉浸式、数字化的学习体验。

平台层：选用稳定、可扩展、知名度高的出版社。确保教材能在 PC、平板、手机等多种终端上流畅运行，支持跨平台使用。

数据层：利用学习大数据和生成式 AI 实现“知识图谱—学习路径—资源推荐”动态匹配。建立完善的用户行为追踪系统，记录学习全过程数据，并利用数据分析与可视化工具，根据学生的学习

行为和测评结果,智能推荐学习路径、关联知识点和强化练习案例。

### 3.2 研究实施路径

(1) 针对“知识的结构化与可视化呈现”问题:

采用“专家构建与数据挖掘相结合”的方式构建知识图谱。

知识体系解构。带领教学团队,凭借多年的教学经验,对仿真技术的课程大纲、经典教材及前沿文献进行系统梳理,人工抽取出核心概念、原理、实体及其相互关系,形成知识图谱的初始本体。

知识点与资源关联。在图谱中,将为每个知识节点关联相应的教学资源,包括理论讲解文本、微视频、PPT 课件,以及最重要的一指向具体的实操案例。

可视化与交互实现。将知识图谱以网络图、树状图、思维导图等多种形式进行呈现。学生可以自由缩放、拖拽、点击节点,查看详细内容、关联资源,并按照图谱推荐的“前序知识”、“后续知识”路径进行系统化学习。

(2) 针对“深度交互式案例的设计与实现”问题:

采用“分层递进式”交互设计策略,将每个案例的交互过程分解为多个层次。

层次一:引导式学习。在此层次,数字教材将提供详细的步骤指引和操作提示,帮助学生快速熟悉仿真流程和软件界面,完成基本任务。

层次二:探索式实践。在此层次,数字教材(虚仿系统、课后测评)将减少直接指令,提出更具开放性的挑战性任务(如“请优化某项参数以达到最佳性能”),鼓励学生自主尝试不同的参数组合和建模方案,并提供实时的结果对比与可视化反馈。

层次三:创新性应用。在此层次,提供一个“沙箱模式”,允许学生基于案例模型进行自由修改和拓展,甚至解决一个全新的、简化版的真实工程问题。

技术实现上,将优先采用基于 Web 的仿真引擎(如 WebGL)或与成熟的商业仿真软件(如 ANSYS)进行 API 对接,以确保仿真的专业性和准确性。

(3) 针对“个性化学习支持”问题:

利用学习大数据和生成式 AI,构建一个“数据采集-分析-反馈”的闭环系统。

数据采集:在平台前端和后端埋点,全面采集学生的学习行为数据,包括页面停留时间、视频观看完成度、知识图谱节点点击频率、仿真操作序列、参数修改记录、习题作答情况等。

数据分析与建模:后台数据分析引擎将对这些数据进行清洗和处理,利用学习分析技术,构建学生个人能力雷达图,诊断其在“理论理解”、“软件操作”、“问题分析”、“方案优化”等维度的掌握程度。

智能反馈与干预:分析结果将以两种方式呈现。对学生:生成个性化学习报告,例如,“您在‘网格划分’知识点上花费时间较长且相关习题错误率较高,建议您重新观看《网格质量控制》微视频,并完成案例三的专项练习”。对教师:提供班级整体学情看板,高亮显示普遍性的难点、疑点,帮助教师调整教学策略,实现精准教学。

## 4 结论与展望

本研究实现了数字教材建设在教学理念、内容呈现、教学生态的创新,并具有广泛的推广应用价值。

### 4.1 数字教材创新

(1) 教学理念创新: 本研究提出并实践“知识图谱驱动的探究式学习”模式, 其核心不再是线性的章节, 而是可供漫游和探索的知识网络, 这从根本上改变了学生的学习方式, 实现了从“要我学”到“我要学”的转变<sup>[8]</sup>。

(2) 内容呈现创新: 将高质量、高价值的工程案例, 通过深度交互技术进行“活化”, 使其成为可操作、可体验、可探索的虚拟仿真实验。这种将隐性教学经验显性化、交互化的做法, 是传统教材和普通在线课程无法比拟的。

(3) 教学生态创新: 构建了一个集“学、练、测、评、管”于一体的智能化、闭环式数字教学生态。数字教材不仅是学习内容, 更是学习过程的记录者、学习效果的分析者和学习路径的引导者, 实现了技术与教育的深度融合。

## 4.2 推广应用价值

(1) 教育层面价值: 本研究产出的不仅是一部数字教材, 更是一套完整的“新工科”数字教学资源建设方法论和实施方案。其在知识图谱构建、交互式案例设计、学习分析应用等方面的成功经验, 对于其他工程类、技术类课程的数字化升级具有极高的参考和借鉴价值, 能够有力推动高等工程教育的整体改革与创新。

(2) 社会与产业价值: 仿真技术是推动“中国制造 2025”和产业数字化的关键赋能技术。本研究通过革新教学模式, 能够更高效、更高质量地培养出一大批掌握现代仿真技术、具备卓越工程实践能力的优秀人才。这些人才进入工作岗位后, 将直接服务于国家高端制造、智能装备、航空航天等战略性新兴产业, 为提升我国的核心竞争力提供坚实的人才保障。

(3) 可持续发展价值: 数字教材采用动态更新的设计, 可以方便地根据技术发展和行业需求, 持续补充新的知识节点和应用案例, 使其永葆前沿性和生命力。

## 参考文献

- [1] 罗儒国. 教学数字化转型的伦理风险与规避进路[J]. 课程. 教材. 教法, 2024, 44(06): 68-75.
- [2] 孔凡哲. 数字教材媒介性的三维互动与实现[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2025, 24(6): 74-83.
- [3] 教育部等九部门, 关于加快推进教育数字化的意见[Z]. 教办[2025]3号, 2025.
- [4] Wu, D., Jiang, X., Liang, S. et al. Wuhan University Pioneers the “AI +” Professional Knowledge Graph Spanning the Teaching–Learning–Management–Evaluation Chain [J]. *Frontiers of Digital Education*, 2025, 2(1): 3.
- [5] 徐丽芳, 李静涵, 刘蓁. 中美高校数字教材发展比较研究[J]. 数字出版研究, 2023, 2(01): 99-106.
- [6] 谢欣新, 张慧慧. 工程科技领域职业教育数字教材开发路径探索—基于机械工业出版社实践[J]. 中国数字出版, 2024, 2(06): 26-32.
- [7] 魏国, 张振改. 数字教材应用于高职院校 X 证书培训的接受度实证探析—基于技术接受模型视角[J]. 教育科学论坛, 2025, (15): 30-35.
- [8] 肖鹏, 肖文学. 高校“大学生心理健康教育”课堂教学“3+5 模式”探析[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2023, (08): 50-53.

**基金项目:** 山东省优质研究生课程: 工程结构仿真技术(英语)(SDYKC2025090); 中国建设教育协会科研课题: 新工科背景下多目标融合的土建类虚拟仿真实验教学体系重构与实践(2025026); 山东省本科高校教学改革研究项目(重点项目): 赋能产业集群发展的地方高校“政产教研”一体式专业集群建设与实践(Z2023102); 教育部产学合作协同育人项目(250701082105330): “人工智能赋能《矿产勘查理论与技术》课程建设; 教育部产学合作协同育人项目(250201082270537): “新工

科背景下“政产教研”一体式专业集群建设路径探索；山东省优质专业学位教学案例库建设项目：基于虚拟仿真技术及典型工程实例的土木工程领域双语案例库建设（SDYAL2023114）。

**第1作者简介：**王春光（1984-），男，博士，学术教授，研究方向：高校教育、结构工程。 E-mail: cgwang@sdut.edu.cn。

**\*通讯作者简介：**苏天（1989-），男，博士，研究方向：土木工程材料。 E-mail: sutian@sdut.edu.cn。