

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2026.03.008

欢迎按以下格式引用:徐伟杰,陆金钰,熊宏齐,等.土木工程专业实验教学模式探索——以土木工程国家级实验教学示范中心(东南大学)为例[J].高等建筑教育,2026,35(3):60-66.

# 土木工程专业实验教学模式探索

## ——以土木工程国家级实验教学示范中心(东南大学)为例

徐伟杰,陆金钰,熊宏齐,郭 彤,徐 明,顾大伟

(东南大学 土木工程学院,江苏 南京 210096)

**摘要:**随着教育信息化理念的推进,虚拟仿真实验教学已深度融入高校实验教学体系。然而,当前实验教学仍面临两大现实瓶颈:一是虚拟仿真项目与传统实体实验教学体系的有机融合不足;二是优质虚拟仿真实验资源的跨校共享机制亟待完善。基于此,以土木工程国家级实验教学示范中心(东南大学)为例,系统梳理其在“虚实结合、融合共享”教学模式下的探索与实践。该中心通过构建虚实结合的土建类实验教学体系、研发高水平虚拟仿真实验教学资源、探索未来实验教学新形态、构建专业实验教学标准化矩阵,以及搭建虚拟仿真共享平台等系列举措,取得了显著成效。不仅有效促进了德才兼备的土木领军人才培养,建成“教学+科研+技术”兼容的高水平师资队伍,更推动了虚实结合教学体系的推广应用,为同类高校深化实验教学改革提供了有益借鉴。

**关键词:**土木工程;虚拟仿真;教学模式;融合共享。

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2026)03-0060-07

2019年,中共中央、国务院印发《中国教育现代化2035》提出创新教育服务业态、建立数字教育资源共建共享机制;2022年,党的二十大报告首次将“推进教育数字化”写入其中;2023年,《数字中国建设整体布局规划》进一步强调大力实施国家教育数字化战略行动、完善国家智慧教育平台。教育数字化已然成为教育高质量发展的应有之义与必由之路。在此背景下,随着计算机仿真技术的不断进步,基于数值模拟的土木工程虚拟仿真手段在工程实践与科学研究中发挥着日益重要的作用。虚拟仿真试验有效弥补了传统课堂教学与实体试验的局限,正在成为土木工程专业教学改革与发展的必然趋势<sup>[1-6]</sup>。

面向“新型城镇化”建设、“建筑工业化”高质量发展及“一带一路”倡议等,把握新一轮科技革命与产业变革新机遇成为重要议题,土木工程国家级实验教学示范中心(东南大学)把立德树人作为根本任务,以虚拟仿真实验为抓手,将思政教育融入实验教学,坚持传授知识、培养能力与提高素质

修回日期:2024-05-30

基金项目:中国高等教育学会高等教育科学研究规划课题(24Y0205);江苏高校“青蓝工程”优秀教学团队(土木工程专业实验教学团队,2023);江苏省高校实验室研究会课题(GS2024ZD01);江苏高校品牌专业建设工程三期项目(土木工程)

作者简介:徐伟杰,高级工程师,博士生导师,主要从事实验室管理、混合实验技术研究,(E-mail)103008876@seu.edu.cn。

协调发展,注重对学生探索精神、科学思维、实践能力、创新能力的培养,践行实验教学理念。以土木工程国家级实验教学示范中心(东南大学)为例,介绍其在“虚实结合、融合共享”实验教学模式方面的探索,为虚实结合实验教学模式提供参考。

## 一、虚实结合土木工程专业实验教学存在的问题

根据《教育部办公厅关于2017—2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》(教高厅〔2017〕4号)精神,教育部计划到2020年认定约1 000项示范性虚拟仿真实验教学项目,旨在将实验教学信息化作为高等教育系统性变革的内生变量,以高质量实验教学助推高等教育教学质量变轨超车,助力高等教育强国建设。截至2024年2月,土木类虚拟仿真实验课程已达132项(其中国家一流课程34项、省级一流课程57项、其他实验课程41项)。若再计入各地省级、校级虚拟仿真实验平台,土木类专业已建成大量虚拟仿真实验资源。然而,如何将虚拟仿真实验有效纳入传统以实体实验为主的实验教学体系,发挥各自优势,实现“虚实互补”,切实提高学生创新实践能力,仍是当前亟待探索的课题。

同时,土木类虚拟仿真实验教学资源同质化与重复建设问题突出。以2018年国家虚拟仿真实验教学项目共享平台公示数据为例,土木类项目高度集中在混凝土结构、装配式结构施工、工程结构抗震减灾及地下工程施工四个方向。如何在避免低效重复的前提下,建设高阶性与特色化兼备的虚拟仿真资源,是后续建设项目面临的重要挑战<sup>[2]</sup>。

此外,现有项目的跨校共享机制不畅,未能充分发挥虚拟实验突破时空限制的优势。当前建设项目存在“以我为主”的倾向:虽然融入本校特色方面具有针对性,但也导致实验的难度设定和适用性高度依附于本校学情,建成后往往局限于校内“孤岛化”使用。由于优质虚拟仿真实验项目建设成本较高,这种依赖单一学校资源建设与使用模式,无法满足完整实验教学体系多元化需求。

## 二、“虚实结合、融合共享”实验教学模式探索

以土木工程国家级实验教学示范中心(东南大学)(以下简称中心)为例,系统梳理其在“虚实结合、融合共享”教学模式下的探索与实践。中心以元宇宙等前沿技术为驱动,积极探索虚拟仿真实验教学新形态。依托全国虚拟仿真实验教学创新联盟土木类专业委员会、土木类专业虚拟仿真实验教学改革虚拟教研室、新型实验课程建设虚拟教研室、土木类专业在线实验室及江苏省土木建筑虚拟仿真实验教学共享等平台,聚焦虚实结合的土木类实验教学体系构建原则、教学改革、教学体系化标准化矩阵建设及推广应用,旨在全面实现优质教学资源的开放共享。

### (一) 依托虚拟仿真创新联盟,构建虚实结合的土建领域实验教学体系

2019年,该中心联合清华大学、北京大学、中国人民大学等40余所高校,成立全国虚拟仿真实验教学创新联盟,并担任土建学科组(土木、建筑、测绘、水利、矿业、地质6个专业)组长单位,牵头构建了土建学科6个专业虚实结合的实验实践课程体系,如图1所示。通过创新联盟,确立了虚实结合土木类实验教学体系的构建原则:体系契合人才培养标准与教学大纲,满足毕业生知识、能力与素质要求;项目规划以共享效益为先,摒弃受众偏、窄的项目;实验内容需具备高阶性,构思巧妙,技术先进,做法灵活。根据“虚实结合、能实不虚”的基本准则,确立了阶梯化建设原则:专业基础类实验以实为主;专业平台类实验虚实并重、能实则实;专业方向类实验以虚为主、结合实体验证。

### (二) 融入学科前沿和思政元素,开发高水平虚拟仿真实验教学资源

中心团队依托承担的国家重点研发计划等国家级科研项目及国家重大工程关键技术成果,实



图1 虚拟仿真实验教学联盟成立

现前沿科研反哺实践教学。以天眼FAST为工程背景开发了“大跨空间索结构性能分析与监测虚拟仿真实验”，以国防重点项目为背景开发了“钢筋混凝土墩柱抗爆设计虚拟仿真实验”，以重型火箭测试为背景开发了“重型运载火箭高精度三维动态变形测量虚拟仿真实验”等共计16项高水平虚拟仿真实验项目，其中获批国家级虚拟仿真实验项目3项，省级1项。在项目开放中，深度融入社会责任、职业道德、工程伦理等德育要素，让学生沉浸式体验国家重大工程的设计与施工，感悟大国工匠精神，使价值塑造、知识传授与能力培养深度融合，将立德树人融入教学全过程。

### （三）基于元宇宙技术，探索未来实验教学新形态

中心前瞻性地探索跨越时空的未来实验教学新形态，率先开展元宇宙视角下虚拟仿真沉浸式教学实践。依托VS·Work元宇宙平台，成功举办了“大跨预应力空间索结构性能分析与监测虚拟仿真实验”跨校示范课。来自青海大学、西藏大学、兰州理工大学、内蒙古科技大学、新疆工程学院、贵州大学、桂林电子科技大学、贵州师范大学八所中西部高校30余名师生跨时空接入，如图2所示。通过“古筝琴弦发音”“拉索结构实验”“大型工程实践”等场景布置及三维模型、动画展示，师生在虚拟空间中实现了高效互动。这种身临其境的沉浸式体验取得了良好的教学效果，是高等教育数字化战略背景下“智慧+”实验教学新形态的初步尝试。

### （四）对接领军人才培养，构建土木工程专业实验教学体系化标准化矩阵

该中心紧扣《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》及土木工程专业认证的要求，提炼了涵盖实验方案设计、实验技能、实验数据分析、实验现象分析、实验安全与伦理、现代测试技术应用、信息技术应用、工程规范、工程意识、个人与团队、沟通与交流、终身学习12项土木工程专业实验能力要求。以此为导向，对实验课程、实验项目、师资配备、分组规模等教学资源进行系统规范，构建了支撑领军人才培养目标的“专业实验教学体系化标准化矩阵”<sup>[7]</sup>，如图3所示，为专业实验教学的规范化、高质量运行提供了科学准则。

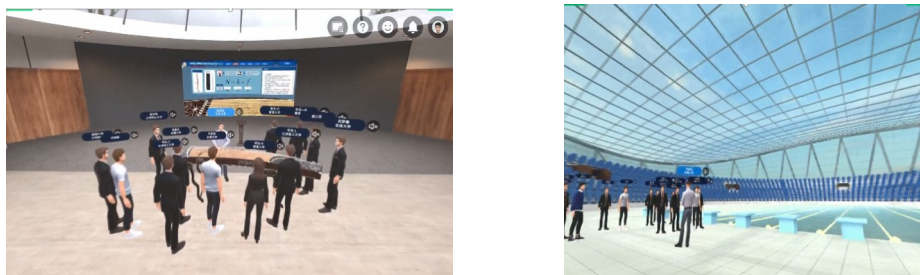


图2 元宇宙实验教学展示



图3 土木工程专业实验教学体系化标准化矩阵

### (五) 基于省级虚拟仿真平台,实现优质资源共享

中心联合扬州大学、南京工业大学、苏州科技大学、南京林业大学等10所高校,共建江苏省土木建筑虚拟仿真实验教学共享平台,通过优势互补打破校际壁垒,实现优质资源共享。平台集成了河海大学的“滑坡堰塞体稳定测试与评价”(2019年国家级项目)、南京航空航天大学“大型建筑结构风洞仿真实验”(2018年国家级项目)、扬州大学的“混凝土框架抗震实验”(2018年国家级项目)等14项校外优质虚拟仿真实验项目,如图4所示,有效拓展了共享资源的广度与深度。



图4 江苏首批虚拟仿真实验教学平台

### (六) 牵头成立虚拟教研室,联合兄弟院校深化教学体系改革

2022年,中心牵头同济大学、福建理工大学、西南交通大学等10所高校及高等教育出版社,获批教育部首批“土木类专业虚拟仿真实验教学改革虚拟教研室”,并持续吸纳西安建筑科技大学、青海大学、新疆工程学院、西藏大学、兰州理工大学、贵州大学、攀枝花学院、昆明理工大学等多所西部高校的加入。此外,中心还获批教育部首批“新型实验课程建设虚拟教研室”。两大虚拟教研室聚焦虚拟仿真实验教学改革。针对“工程结构抗震与防灾”“工程结构设计原理”“工程结构检验”等核心课程的实验环节,将国家级虚拟仿真试验项目等线上资源深度融入课程体系,推进现代信息技术与实验教学项目深度融合,有效拓展了实验教学内容广度和深度、延伸了实验教学时空,如图5所示。

### (七) 搭建国际首个土木在线实验室,推动体系及标准化矩阵的推广应用

2022年,中心联合高等教育出版社,主导搭建了国际首个土木类在线实验室,青海大学、西藏大学、兰州理工大学、内蒙古科技大学4所中西部高校参与在线实验室建设,如图6所示。该实验室以

跨校联合共建为核心,开展虚实融合专业培养方案及课程体系构建、实验资源共享、智能实验室引入示范课程及教研室专题活动等。目前已上线6门示范课程,累计浏览量达2 038人次。此外,中心依托该平台,指导协助青海大学、西藏大学、兰州理工大学、内蒙古科技大学等高校,量身定制了符合其办学特色的土木工程专业实验项目标准化矩阵,切实推动了实验教学体系及标准化矩阵的落地与推广。



图5 虚实结合实验课程建设



图6 国际首个土木类在线实验室

### 三、“虚实结合、融合共享”实验教学模式成效

#### (一) 以虚拟仿真为抓手,落实立德树人,赋能德才兼备的土木领军人才培养

将虚拟仿真实验融入土木工程专业实验教学体系,推动前沿科研成果反哺实验实践教学。在项目设计中,将社会责任、职业道德、工程伦理等思政元素融入实验环节,实现“智育”与“德育”同频共振。依托虚拟仿真教学平台,学生的工程实践能力与创新能力得到显著提升,并在高层次赛事与评优中屡获佳绩。近年来,学生先后荣获“中国大学生自强之星标兵”、省级优秀学生干部及专业学会优秀毕业生等个人殊荣;在学科竞赛中,斩获“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛全国金奖、国际“互联网+”大赛银奖、美国 ASCE 土木工程大学生环境竞赛亚军、国际大学生工程力学竞赛金奖等省部级及以上奖项 681 人次;此外,学生以第一作者发表学术论文 39 篇,获授权专利 15 项。丰硕的成果充分彰显了“德才兼备”的拔尖创新人才培养成效。

#### (二) 以虚拟仿真为支撑,助力教师发展,锻造“教学+科研+技术”融合的实验教学队伍

中心以虚拟仿真项目建设为抓手,驱动教师队伍能力进阶,实现前沿科研与实验教学的深度融

合。自2018年以来,中心先后获批国家虚拟仿真实验项目3项,省级项目1项。其中,“钢筋混凝土墩柱抗爆设计虚拟仿真实验”作为标志性成果,在2019年中国慕课大会“部长通道”进行了实时展示;“大跨预应力空间索结构性能分析与监测虚拟仿真实验”入选虚拟仿真实验教学创新联盟2021年首批实验教学应用示范课程。依托虚拟仿真平台的研发与实践,中心教师的业务水平与教学能力显著提升,先后荣获宝钢优秀教师奖等殊荣;近五年来,获国家级教学成果奖5项(牵头2项、参与3项),有力印证了“科研反哺教学、技术赋能师资”的队伍建设成效。

### (三) 以虚拟仿真为媒介,深化虚实结合,推动实验教学体系及标准化矩阵的应用

依托土木类在线实验室,中心全面推进虚拟仿真实验教学体系及标准化矩阵的跨区域推广应用。在模式创新上,实施跨校联合共建、构建虚实融合的专业培养方案与课程体系,推动优质实验资源开放共享;在示范引领上,将智能实验室引入示范课程,常态化开展展示观摩课及线上/线下教研专题活动。系列改革辐射效应显著,成果“基于虚拟仿真的东西协同土木工程实验教学改革与实践”作为唯一实验教学案例,成功入选教育部“慕课西部行”现场推进会典型案例,为破解东西部实验教学资源不均提供了可借鉴的标准化范式。

## 四、“虚实结合、融合共享”实验教学模式未来展望

尽管“虚实结合、融合共享”的土木工程专业实验教学模式探索取得了一定的效果,未来仍需要解决以下几个问题。

(1)现有的虚实结合实验教学体系全面性有余而个性化不足问题亟待解决。不同高校的人才培养目标、师资水平、教学资源、学科特色各有不同,不可能采用统一的实验教学体系。各个高校应在当前现有实验教学体系的基础上,创建符合自身条件的实验教学体系,作为实验教学的基本遵循。

(2)消除东西部高校虚拟仿真实验教学资源不平衡问题。与东部高校相比,西部高校在生均教学实验运行费和生均实验项目数均存在不足。应充分利用虚拟仿真实验突破时空限制的优点,依托实验教学西部行,解决实验教学资源不平衡问题。

(3)创建虚实结合的混合实验课程范式。尽管在项目层面已经建成了“国家一省一校”三个层级的虚仿实验群,但是在线上线下混合式实验课程、线上实验课程设计方面还存在不足,需要在学生达成度评价方案、技术整合、教学资源准备以及师生互动等多个方面制定实验课程范式,以便虚实结合教学模式的推广。

(4)提升一线教师参与和利用虚拟仿真实验的积极性。作为新型实验教学方法,一线教师需要有足够的时间和精力学习并掌握虚拟仿真实验教学方法。加强对虚拟仿真技术的宣传和培训、加大对虚拟仿真实验设备的投入和支持、健全虚拟仿真实验的评价机制等方法,以此鼓励教师积极探索和实践虚拟仿真实验在教学中的应用。

### 参考文献:

- [1] 李彬彬,苏明周. 土木工程虚拟仿真实验教学体系探索与构建[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 2015, 34(2): 96-100.
- [2] 徐伟杰,徐明,郭彤,等. “金课”背景下土木类虚拟仿真实验教学发展趋势——基于2018年国家虚拟仿真实验教学项目共享平台公示数据[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1): 74-85.
- [3] 李军,李晓东,崔祎菲,等. 服务土木工程多层次课程体系的虚拟仿真实验教学资源建设[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(1): 130-136.

- [4] 徐明, 熊宏齐, 吴刚, 等. 土木工程虚拟仿真实验教学中心建设[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 139-142, 216.
- [5] 蒋建清, 曹国辉, 陈东海, 等. 应用型地方高校土木工程虚拟仿真实验教学中心建设探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(2): 144-149.
- [6] 李炎锋, 杜修力, 纪金豹, 等. 土木类专业建设虚拟仿真实验教学中心的探索与实践[J]. 中国大学教学, 2014(9): 82-85.
- [7] 熊宏齐. 基于虚拟仿真的线上线下融合专业实验教学体系构建[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(3): 5-10, 25.

## Exploration of experimental teaching mode for civil engineering majors: taking the National Experimental Teaching Demonstration Center for Civil Engineering (Southeast University) as an example

XU Weijie, LU Jinyu, XIONG Hongqi, GUO Tong, XU Ming, GU Dawei

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, P. R. China)

**Abstract:** With the advancement of the educational informatization concept, virtual simulation experimental teaching has become an inseparable part of experimental teaching. However, there are issues with the current experimental teaching mode. First, the organic integration between virtual simulation projects and traditional physical experimental teaching systems is insufficient. Second, the cross-campus sharing mechanism of high-quality virtual simulation experimental resources urgently needs to be improved. This article takes the National Experimental Teaching Demonstration Center for Civil Engineering (Southeast University) as an example to introduce the exploration of the center in the virtual-real integration, sharing and blending experimental teaching mode. By constructing a virtual-real integration experimental teaching system in the civil engineering field, developing high-level virtual simulation experimental teaching resources, exploring new forms of future experimental teaching, constructing a standardized matrix for professional experimental teaching, and building a virtual simulation sharing platform, etc., the center promotes the cultivation of civil engineering leading talents with both morality and talent, builds a teaching team that is compatible with teaching, research, and technology, and promotes the application of the virtual-real integration teaching system, providing valuable reference for similar universities to deepen experimental teaching reform.

**Key words:** civil engineering; virtual simulation; teaching mode; sharing and blending

(责任编辑 邓云)