

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.06.016

欢迎按以下格式引用: 庞瑞, 王璐, 陈桂香, 等. 土木工程虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(6): 107-115.

土木工程虚拟仿真实验 教学中心建设与实践

庞瑞, 王璐, 陈桂香, 许启铿, 丁永刚, 肖昭然

(河南工业大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要:河南工业大学土木建筑虚拟仿真实验教学中心坚持以服务本科教学为核心, 以培养学生创新意识和创新能力为宗旨, 以粮油仓储建筑为特色, 将实验教学与科学研究、工程实践相结合, 利用虚拟现实、计算机网络以及多媒体等技术建立了“基础型、专业型、特色创新型”三层次的土木建筑虚拟仿真实验教学资源体系。创新虚拟仿真实验教学方法, 增强学生创新精神和实践能力, 为本科实验教学、实习实训和援外培训等教学与对外交流合作提供了丰富的虚拟仿真资源。

关键词: 土木工程; 虚拟现实; 实验教学; 教学资源

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2019)06-0107-09

虚拟仿真实验教学是高等教育信息化的重要组成部分, 是学科专业与信息技术深度融合的产物。为贯彻落实《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高[2012]4号)^[1]、《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》^[2]和《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见(2015)》^[3]等文件精神, 持续推进学校实验教学信息化建设和实验教学改革与发展, 河南工业大学以粮油仓储建筑为特色, 利用互联网与信息化技术开发了一系列虚拟仿真实验教学资源。现以土木建筑虚拟仿真实验教学中心的建设为例, 介绍虚拟仿真教学在土木建筑相关专业实践教学中的特色与优势, 以及河南工业大学虚拟仿真教学资源体系的建设思路。

一、建设的必要性

土木建筑相关专业是一个高度依赖实验教学且实践性很强的专业。专业实验通常具有设备体量大、资源消耗大、成本高的特点^[4-5]。部分传统大型实验因面临的学生多、实验操作复杂, 无法达到人人全过程动手的要求, 导致学生参与实验自主性不强, 形成缺乏动态体验、全面认识和个性体验的局

修回日期: 2018-07-08

基金项目: 河南工业大学高等教育研究资助项目(2014GJYJ-A20)

作者简介: 庞瑞(1981—), 男, 河南工业大学土木工程学院副教授, 博士, 主要从事工程结构抗震与防灾研究, (E-mail) seupangrui@163.com。

面。粮食工程建设耗资多、费时长、建造过程难重复,本科生仅通过短期的认识实习、生产实习无法体验粮食工程建造的全过程,难以掌握粮仓建造的难点、重点以及粮食物流园区整体的规划、运作等内容。因此,解析具有“体量大、高成本、高风险、高消耗、周期长、难重复”特征的土木建筑工程建设过程,构建高度仿真的实验教学环境可弥补现场实践的不足,补充实物模型难以完成的教学功能^[4-5]。

为解决土木建筑传统教学与培养具有创新精神、实践能力的高水平人才之间的矛盾,拓展实践教学深度和广度,实现科研反哺教学,形成紧密结合工程实际的教学模式,尽可能降低实验成本和风险,在现有实体实验、认识实习和生产实习的基础上,利用互联网技术与信息技术,构建贴近工程、高度仿真、开放共享的虚拟仿真实验教学资源,对实体实验及实践教学作有益补充和创新^[6-9]。土木建筑虚拟仿真实验教学中心的建设是基础教育、工程教育和实践教学主动适应土木建筑领域技术发展和学校培养特殊人才需求的重要举措,形成了清晰明确的建设思路,详见图1。

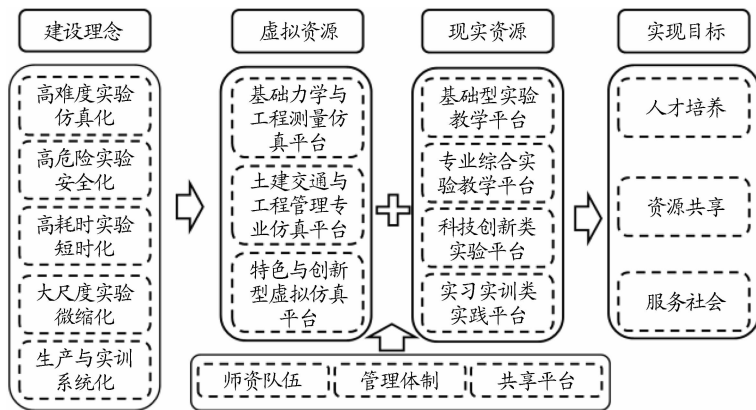


图1 中心建设思路

二、虚拟仿真实验教学资源建设

河南工业大学“土木建筑虚拟仿真实验教学中心”以土木工程、建筑学、工程管理、道路桥梁与渡河工程、工程力学、交通工程和建筑环境与能源应用工程等7个专业为基础,以粮油仓储建筑为特色,利用互联网与信息化技术开发了一系列虚拟仿真实验教学资源,与“河南省土木建筑实验教学示范中心”相辅相成、优势互补^[10]。

中心本着“虚实结合、相互补充、能实不虚”的总体原则,以培养学生创新意识和创新能力为宗旨,立足科研反哺教学的工作思路,将实验教学与科学研究、工程实践相结合,建立了“基础型、专业型和特色创新型”3个层次、15个实验模块、70个实验项目的土木建筑虚拟仿真实验教学资源体系^[11],详见图2。

(一) 基础型虚拟仿真实验教学资源

“基础型”虚拟仿真实验资源可服务于包括土木建筑学院7个专业在内的全校21个工科专业本科生,以激发学生学习的积极性、夯实专业基础为目的,与基础课程教学实验相互配合,建成基础力学、土木工程材料、工程测量等3个虚拟仿真实验模块,共19个虚拟仿真实验项目(见图3)。例如,金属材料压缩性能虚拟仿真实验(见图4),其在真实实验的基础上通过压缩实验虚拟仿真系统介绍了压缩实验原理、设备操作、试件加工和实验指标评定等内容,形成“虚实结合”的实验教学体系,充分发挥虚拟仿真实验灵活、互动和可重复的特点,作为实体实验的有益补充。

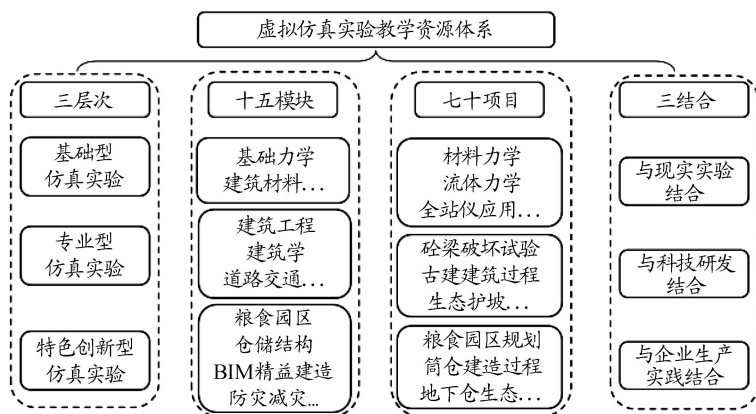


图2 虚拟仿真实验教学资源体系

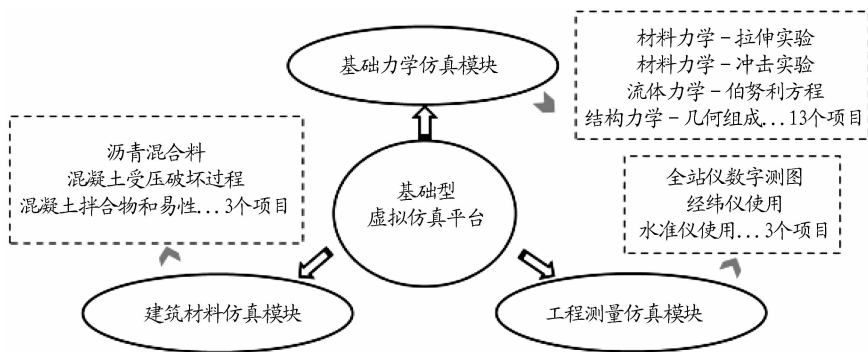


图3 基础型虚拟仿真实验教学资源

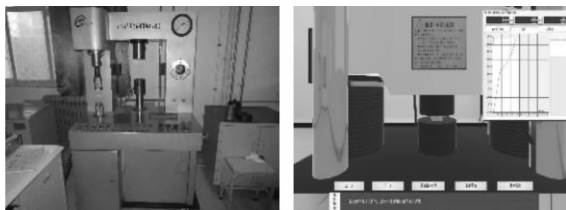


图4 压缩虚拟仿真实验

(二) 专业型虚拟仿真实验教学资源

“专业型”虚拟实验教学资源主要针对土木建筑领域实际工程问题,发挥“教研结合”的优势,设立建筑工程、建筑构造、道路桥梁与交通工程、岩土工程和项目管理等5个虚拟仿真实验模块,共23个虚拟仿真实验项目(见图5)。例如,钢筋混凝土梁破坏性仿真实验(见图6),虚拟实验在适筋梁受弯破坏真实实验的基础上,利用可视化技术系统地介绍了钢筋混凝土简支梁受弯破坏实验原理、实验方法、实验步骤与实验结果。专业型虚拟仿真实验教学资源服务于高年级本科生专业课实验教学,涵盖了土木建筑学院多数专业,做到“虚实结合、相互补充”,满足了专业虚拟实验教学需求,形成与工程实际、科研项目、教学需求紧密结合的虚拟仿真实验教学资源。

(三) 特色与创新型虚拟仿真教学资源

“特色与创新型”虚拟仿真资源包括特色创新和一般创新两大部分。“特色创新型”虚拟实验教学资源依托粮食储运国家工程实验室、河南省粮油仓储建筑与安全重点实验室、河南省高校“散体物料特性与储仓结构”重点学科开放实验室、粮仓建筑与安全教育部重点实验室培育基地、郑州市粮仓建筑重点实验室、河南省地下大型结构与环境岩土工程院士工作站、郑州市结构仿真与优化院士工作站7大

特色学科平台,紧密结合国家粮食安全的战略需求,以河南工业大学土木建筑学院和河南工业大学设计研究院为基础,以服务粮食行业工程项目为背景,创建了3个虚拟仿真实验教学模块,共14个虚拟仿真实验项目(见图7)。例如,粮食物流园区总体规划仿真实验(见图8),通过该仿真实验,学生可以清晰直观地了解到物流园区包括物流中心、配送中心、运输枢纽设施、运输组织、管理中心和物流信息管理中心等适应城市物流管理与运作需要的物流基础设施运转情况,熟悉并了解物流园区功能布局、交通流线的组织方式等内容。特色创新型虚拟实验教学资源满足本科生特色发展需求和学校特色办学的指导思想,在激发学生学习兴趣、拓展学生视野和培养服务国家特殊需求人才方面发挥了显著作用。

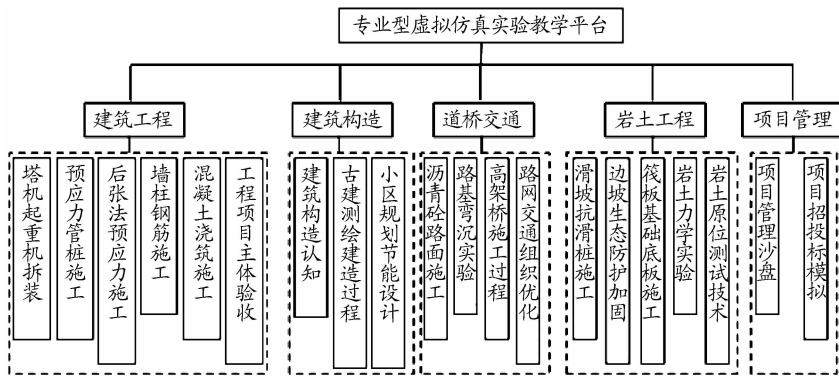


图5 专业型虚拟仿真实验教学资源



图6 钢筋混凝土梁破坏仿真实验

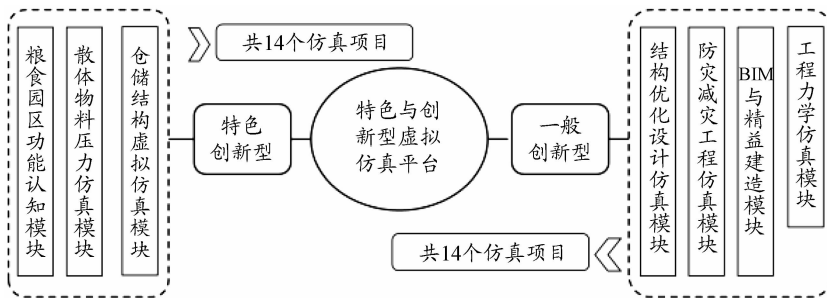


图7 特色与创新型虚拟仿真实验教学资源



图8 粮食物流园区总体规划仿真实验

“一般创新型”虚拟实验资源主要是培养学生创新精神与实践能力。中心结合“土木建筑实验教学中心—河南省级示范中心”下属的学生创新实验实体平台,创建4个虚拟仿真实验模块,共14个虚拟仿真实验项目。例如,地铁车站火灾和人员逃生模拟仿真实验(见图9),以三维可视化的效果展示

火灾发生过程及人员逃生过程,提高学生对相关课程的理解、熟练掌握火灾模拟程序。一般创新型虚拟实验教学资源满足学生各类创新训练计划与学科竞赛需求,在激发学生科学思维、创新意识和培养创新型人才方面发挥了显著作用。

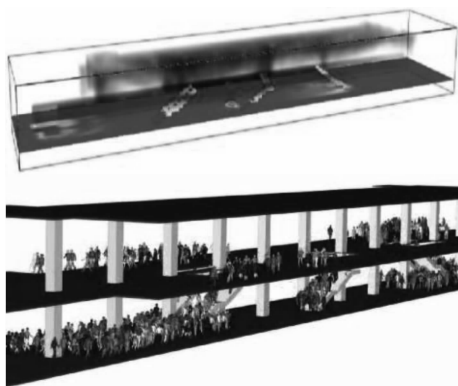


图9 地铁站火灾和人员逃生模拟仿真实验

三、中心特色

(一) 立足科研项目,建设虚拟仿真实验平台

中心依托土木工程国家特色专业,土木工程、建筑学和力学3个河南省一级重点学科,粮食储运国家工程实验室、河南省粮油仓储建筑与安全重点实验室、土木建筑河南省实验教学示范中心和粮仓建筑与安全教育部重点实验室培育基地等学科平台,利用现代计算机技术,系统整合学校信息化实验教学资源,积极建设软件共享虚拟实验、仪器共享虚拟实验和远程控制虚拟实验等教学资源,构建了开放的数字化虚拟仿真实验教学平台,不断把科研成果转化为实验教学内容,提高学生科研能力和创新能力^[12]。

(二) 依托政产学研项目,强化工程应用创新能力

中心的大量虚拟仿真实验项目来源于真实的工程案例。例如,郑州新郑国际机场二期工程是郑州航空港经济综合实验区建设核心工程,也是新中国成立以来河南省单体投资最大的重点工程。学校承担了以BIM(Building Information Modeling)技术为基础的信息总控项目,整合工程信息数据,建立二维CAD设计图的三维建筑信息模型。在设计阶段,进行优化设计、碰撞检测;在施工阶段,利用BIM系统进行4D施工动态管理和施工项目综合管理;在运维阶段,利用BIM系统形成的数据库进行智能运营管理。中心成功将BIM应用开发成多套虚拟仿真实验教学系统,生动呈现了以机场航站楼为代表的大跨空间结构施工过程(见图10)、管线优化设计和施工组织(见图11)等教学过程,为学生了解新材料与新结构在重大工程中的应用,提供了良好的实验教学范例。

同时,虚拟仿真实验教学体系与土木建筑学院本科生创新实验实体平台相对应,结合工程实践与科研课题,自主研发或基于商业软件平台二次开发了一系列创新实验项目。在ABAQUS平台上自主开发的“框支密肋复合板结构虚拟仿真实验”和“现浇空心楼盖板柱节点抗震与抗冲切性能虚拟仿真实验”(见图12)已应用于创新实验教学与创新训练。通过对比不同结构形式与不同参数的节点受力情况,帮助学生理解现浇空心楼盖板柱复杂节点受力与破坏全过程,对提高学生的学习兴趣和探索精神有重要作用。

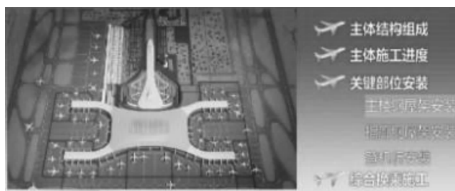


图10 机场航站楼虚拟建造仿真实验

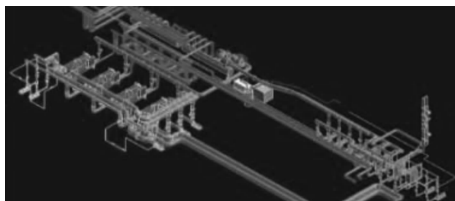


图11 工程管线优化设计 BIM 虚拟仿真实验

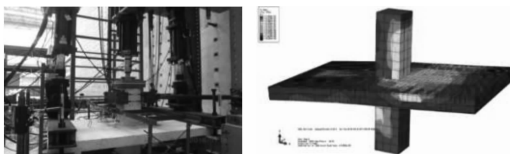


图12 现浇空心楼盖板柱节点抗震性能实验

(三) 依托粮食特色专业,提高特色人才培养质量

河南工业大学拥有“粮食储运国家工程实验室”等7个科研平台和“土木建筑河南省实验教学示范中心”等2个教学平台,为“土木建筑虚拟仿真实验教学中心”的建设与发展提供了优势学科资源、优质教学团队和优良的实验条件。同时,学校与联合国粮农组织、国际谷物科技协会等国际组织保持着良好的合作关系,与美国小麦协会、加拿大小麦局、法国小麦协会、澳大利亚国际农业发展中心等均有合作交流,是国家商务部援外培训承办单位,也是河南省唯一的国家援外任务承担单位。学校始终坚持“教研结合”的办学思路,不断将最新科研成果与工程应用转化为丰富的虚拟仿真实验教学资源,以服务本科教学为核心,同时为援外培训提供新的途径和方法。

中心虚拟仿真实验项目以自主研发或校企联合开发为主,60%以上的项目具有原创性。例如,基于在粮油仓储建筑领域近40年的持续研究,中心开发了平房仓仓底压力测试虚拟仿真实验(见图13)、立筒仓建造过程虚拟仿真实验(见图14)、地下仓施工虚拟仿真实验、筒仓抗震性能虚拟仿真实验等特色实验项目^[10]。

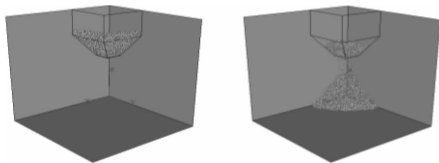


图13 平房仓仓底压力测试虚拟仿真实验

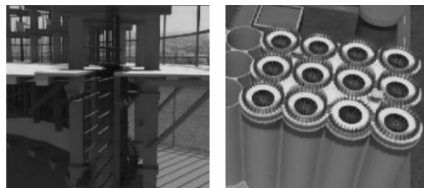


图14 立筒仓建造过程虚拟仿真实验

四、开放共享与展望

中心构建的虚拟仿真实验系统以学校土木建筑相关专业为服务对象,开设的虚拟仿真教学实验项目与理论课程、实践教学环节相统一,通过多渠道多层次对学生开放共享,取得了显著的教学成果。

在硬件配置上,中心采用桌面云技术取代传统个人电脑(PC),以在服务器系统上承载桌面映像的方法,集中资源并提高其桌面计算基础架构的可管理性。这种做法解决了数据分散在各PC上,无法统一维护与管理,对数据无法集中存储与备份等问题。

在固定虚拟仿真资源场所上,构建了面向日常教学的3个班建制(100台PC)的虚拟仿真教学实验室和面向科技竞赛与对外交流等活动的1个班建制3D虚拟仿真资源体验实验室(35台PC),如图15所示。在3D虚拟仿真资源体验实验室,中心购置了三通道激光环幕立体投影系统,以高清立体展示虚拟仿真实验教学资源。



图15 3D虚拟仿真教学资源体验实验室

(一) 多渠道多层次开放共享

(1)虚拟仿真实验教学资源通过虚拟仿真实验室、校园网、中心网站等途径向全校所有专业实现多层次开放共享。中心将实验场地开放,与实验室网站结合,提高了资源共享效率。

(2)虚拟仿真实验教学资源通过中心网站管理平台实现校外资源共享。土木建筑虚拟仿真中心将实验教学资源进行分类分级管理,并实行中心网站的三级认证管理模式,实现不同资源的全国共享,同时达到实验教学资源的产权保护,形成良性发展模式。

(3)虚拟仿真实验教学资源通过校企合作,实现生产、开发与教学的深度融合。通过与中建三局、中建七局、中建八局、河南工业大学设计研究院等企业的合作,开发“粮食物流园区功能认知虚拟仿真教学系统”“储仓结构虚拟仿真教学系统”“BIM技术与精益化建造虚拟设计仿真实验教学系统”等虚拟仿真实验教学项目,不仅得到了企业的协助开发,还实现了虚拟资源在企业员工培训、业务洽谈与涉外培训等方面的推广应用,真正意义上实现了产、学、研、用的有机结合。

(二) 虚拟仿真中心实验教学成效显著

(1)中心注重虚拟资源与理论课程、实践教学环节结合。在学院统一领导下,召集现有6个专业的负责人开展“改革教学范式、提高教学质量”专题研讨会,重点破解虚拟资源与理论、实践教学环节的衔接与融合。在与理论课程结合方面,针对具体模块开发单机版应用程序,授课教师在课程讲解的关键环节,展示虚拟仿真教学资源,理论联系实际,提高学生的学习兴趣和学习效果。在实验教学环节,提前通知学生在虚拟仿真网站预习下节课需要讲解和示范的实验教学内容,虚实结合提高实验教学效果。

(2)中心开设的虚拟仿真实验指导书、教学大纲、部分软件和试题库等实现网络访问。中心组织录制了多个实验的教学纪录片,初步开展网络教学试点,让学生课下浏览网络课件和实验视频,加深理解,巩固实验课程的核心、重点和难点知识,有利于端正学习动机和创新能力的培养。

(3)中心实现了实验资源的充分共享,通过网络虚拟仿真、远程实验、空间沉浸虚拟仿真、数字仿真相结合的4种实验教学方式,使全校多领域多专业的学生能充分地学习和掌握实验教学内容。

(4)中心通过“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛、全国大学生结构设计大赛、河南省结

构模型设计竞赛等课外创新实践活动,与中原地区 20 余所高校通过师生互访、实验竞赛和合作组建学生科研实践团队等形式,积极推进中心优质实验教学资源的共享,受益人数每年超过 4 000 余人次。通过这些校际活动,加强了各高校间的联系,促进了实验教学资源的共享,完善了校际共享机制,中心的示范效应得到了进一步提升。

(三) 建设展望

中心二期项目建设始于 2017 年 3 月。经过多次教学研究与改革专题会议,达成了二期项目的建设内容与思路,进一步凝练了特色,丰富了教学资源。二期项目以上海外高桥粮食物流园区项目为蓝本,从规划、设计、建造和运营的全过程将该项目开发为符合本科教学大纲要求的虚拟仿真教学项目,将关键技术以虚拟仿真教学资源的形式融入和渗透本科教学,学生反响强烈,广受欢迎。二期项目共包括 7 大部分,目前已基本建成 12 个相互独立又彼此联系的虚拟仿真教学资源(见图 16)。

五、结语

经过多年建设,河南工业大学土木建筑虚拟仿真实验教学中心已成为由专业教师团队负责规划建设,面向土木工程国家特色专业、土木工程、建筑学和力学 3 个河南省一级重点学科以及其他相关专业的实践教学基地,为材料力学国家级精品课程和其他相关课程开展虚拟仿真实验教学,面向 6 个专业的学生开展创新训练。2016 年,中心获批为河南省高等学校虚拟仿真实验教学中心。目前,正在系统建设粮食物流园区虚拟仿真实验教学资源,该资源从园区规划、典型仓储结构设计建造过程、典型钢结构设计建造过程、园区工艺与设备等 7 个方面展开,在原有 3 个层次、15 个实验模块、70 个实验项目的基础上进一步凝练特色,完善虚拟仿真实验教学资源体系建设,

更好地服务于实践教学、理论教学和对外合作交流。中心的建设将继续发挥信息技术和虚拟仿真技术在本科实验教学中的突出优势,提高教学水平和人才培养质量。



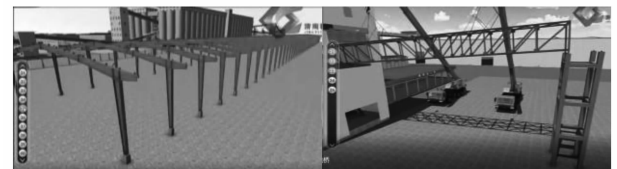
(a) 粮食物流园区规划虚拟仿真教学资源



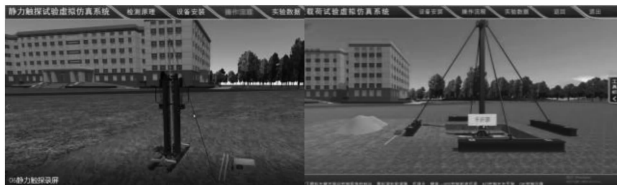
(b) 典型仓储结构设计建造过程仿真教学资源



(c) 滑模施工与脚手架虚拟仿真教学资源



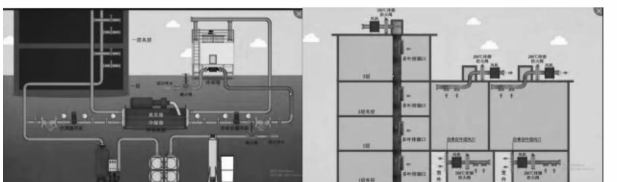
(d) 典型钢结构设计建造过程仿真教学资源



(e) 静力触探与载荷试验虚拟仿真教学资源



(f) 土样三轴试验虚拟仿真教学资源



(g) 中央空调设计与建造过程虚拟仿真教学资源

图 16 中心虚拟仿真资源二期项目阶段成果

参考文献:

- [1] 教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2012(22):43-50.
- [2] 教育部印发《教育信息化十年发展规划(2011-2020年)》[J]. 中国教育信息化, 2012(7):92.
- [3] 国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2015(15):51-54.
- [4] 徐明, 刘艳, 陆金钰, 等. 土木工程虚拟仿真实验教学资源建设[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(12):116-119.
- [5] 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.
- [6] 李平, 毛昌杰, 徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(11):5-8.
- [7] 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.
- [8] 刘军, 施晓秋, 金可仲. 面向地方院校工程教育类专业的虚拟仿真实验教学中心建设[J]. 中国大学教学, 2017(1):74-78.
- [9] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(12):5-8.
- [10] 戚庆军, 冯永, 陈俊旗. 钢筋混凝土筒仓结构实验教学研究[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4):185-188.
- [11] 戚庆军, 陈俊旗, 崔伟华, 等. 地下粮仓结构虚拟仿真实验教学资源建设[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(11):133-136.
- [12] 李亮亮, 赵玉珍, 李正操, 等. 材料科学与工程虚拟仿真实验教学中心的建设[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(2):5-8.

Practice and construction of virtual simulation experimental teaching center for civil engineering and architecture

PANG Rui, WANG Lu, CHEN Guixiang, XU Qikeng, DING Yonggang, XIAO Zhaoran

(School of Civil Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, P. R. China)

Abstract: The virtual simulation experimental teaching center of civil engineering and architecture in Henan University of Technology focuses on serving undergraduate teaching, aims at cultivating innovative consciousness and capability of students, and adheres to the characteristics of granary construction. It combines experimental teaching with scientific research and engineering practice to the construct the basic, professional, characteristic and innovative virtual simulation experiment teaching resource system of civil engineering and architecture by the technology of virtual reality (VR), computer network and multimedia. It also renews the idea of virtual simulation experiment teaching, enhances students' innovative spirit and practical ability, and provides rich and efficient virtual simulation resources for undergraduate experimental teaching, practical training, foreign aid training, international exchange and cooperation.

Key words: civil engineering & architecture; virtual reality; experimental teaching; teaching resources

(责任编辑 周沫)