

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2018.05.029

欢迎按以下格式引用:王淑婧,贺行洋,邹贻权,等. 土建类虚拟仿真实验教学资源持续建设与实践[J]. 高等建筑教育,2018,27(5):159-165.

土建类虚拟仿真实验 教学资源持续建设与实践

王淑婧,贺行洋,邹贻权,张 晋,石峻峰

(湖北工业大学 土木建筑与环境学院,湖北 武汉 430068)

摘要:湖北工业大学国家级土木工程与建筑实验教学示范中心在发展过程中十分重视虚拟仿真实验教学资源的内涵建设,以工程教育的 CDIO 模式为指导,在开放的实验教学体系下,探索教学资源建设的流程和转化途径,持续增加虚拟仿真实验项目,并对其内容进行不断改善和优化,以达到提高实验教学效果的目的是。

关键词:虚拟仿真;实验教学;教学资源;土木工程与建筑

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2018)05-0159-07

虚拟仿真实验是学科专业与信息技术深度融合的产物,在学科建设发展、国家政策驱动和信息技术支持的三重推动下,虚拟仿真实验教学建设进程加快。各大高校在虚拟仿真实验教学平台建设、实验教学资源建设和实验教学队伍建设及优质资源共享等方面开展了大量探索实践。其中,信息化实验教学资源建设是核心,是影响实验教学效果的根本,因此加强教学资源内涵建设是当前的重点任务。

目前,土建类虚拟仿真实验教学资源建设存在的主要问题有:(1)缺乏顶层设计,没有充分论证理论课程和实验课程之间的关系,未理清仿真实验与实体实验的关系,导致理论教学和实验教学脱节^[1-3];(2)从实验类型看,演示型实验和验证型实验较多,综合设计型和研究创新型实验较少。实验结果唯一,真正的交互性实验很少^[4-5];(3)未体现持续改进思想,不注重过程质量和效果质量的控制与分析^[6]。

湖北工业大学土木工程与建筑实验教学中心的建设是在新型建筑工业化、建筑信息化、绿色化大背景下实施的^[7],中心以土木建筑与环境学院为依托,设有实体实验教学分中心和虚拟仿真实验教学分中心,面向全校共计 14 个本科专业开展实验教学和科学研究,为学生综合能力培养、创新创业实践及教师科学研究提供了有力支撑,2015 年被评为国家级实验教学示范中心。在“4-4-12-

修回日期:2018-03-09

基金项目:湖北省教学研究项目(2016281,2016298)

作者简介:王淑婧(1981—),女,湖北工业大学土木建筑与环境学院助理研究员,博士,主要从事建设项目管理和新型技术应用研究,(E-mail)418822438@qq.com。

X”的开放式实验教学体系下^[8],以工程教育的 CDIO 模式为指导^[9-10],不断改进和优化实验资源,在虚拟仿真实验资源建设方面积累了一定的经验。

一、土建类虚拟仿真实验教学资源建设的流程和途径

(一) 土建类虚拟仿真实验教学资源建设流程

为防止虚拟仿真实验项目开发的盲目性,必须强调虚拟仿真实验教学资源建设的体系化,重视前期论证。全过程遵循工程教育的 CDIO 模式,以构思(Conceive)-设计(Design)-实施(Implement)-运作(Operate)理念为指导。在“4-4-12-X”的开放式实验教学体系中设置了不同层次,面向不同专业,难易程度各异的实验项目。为适应建筑产业转型和学科发展,各模块下的实验项目可以逐渐拓展或动态改进,今后还可在各实验模块基础上进一步优化,切实提高虚拟仿真实验项目的质量^[8]。虚拟仿真实验教学资源建设流程如图 1 所示。

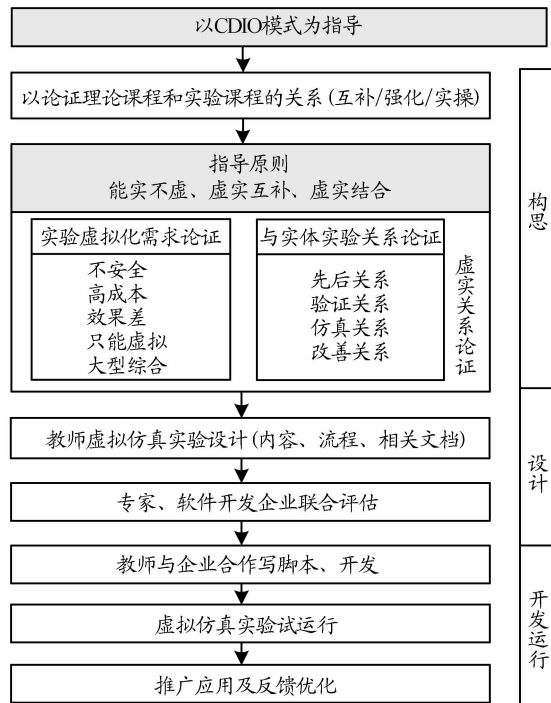


图 1 虚拟仿真实验开发流程

(1) 在构思阶段,主要解决必要性问题。充分论证理论课程和实验课程的关系,包括对应知识点、实验展开方式和手段、对应课时数等。坚持“能实不虚、虚实互补和虚实结合”的原则,论证虚拟仿真实验是否有必要,包括实验虚拟化需求论证和与实体实验之间的关系论证。实体实验关系论证包括先后关系、验证关系、仿真关系和改善效果。根据学科特点,理顺虚拟实验和实体实验的关系,部分实验项目先开展虚拟仿真实验教学,待学生对工艺、流程和工法了解后再进入实体实验环境;部分实验先开展虚拟仿真实验,然后通过实体实验进行验证;对于实验教学过程中存在的实体实验不具备或难以完成,或部分实体实验教学效果不佳的情况开展虚拟实验。结合虚拟仿真技术与真实的实验环境和实验操作相互补充,激发学生做实验的兴趣,提升土木工程与建筑实验教学质量。

(2) 在设计阶段,主要解决可行性问题。专业教师进行虚拟仿真实验设计,重点包括实验教学目标、实验内容、具体任务和实施路径等,由同行和专家对实验内容进行论证,对内容、方法和手段

进行优化和改进;由软件开发商进行经济和技术可行性论证。多方联合论证保证了拟开发虚拟仿真实验项目内容的科学性、经济的合理性和技术的可行性。

(3)在开发和运行阶段,主要完成项目实施和运作优化。如果教师具备虚拟仿真实验开发的能力,则可独立完成开发、调试和运行优化工作;必要时可与软件开发商合作写实验脚本、开发虚拟仿真实验。在运行阶段,注重学生实验过程体验及意见反馈,为优化实验项目提供参考。

(二) 土建类虚拟仿真实验教学资源转化途径

在虚拟仿真实验教学资源持续建设中发现,已完成的虚拟仿真实验大部分为演示型和验证型实验,实验操作流程简单,实验结果单一,多为学科基础实验或专业应用类实验。综合设计型实验和研究创新型实验是一种交互性较强的实验,输入不同的实验条件或约束因素,得出不同的结果,学生可以根据不同结果结合所学理论知识进行原因分析,并将这一能动思维过程反映在实验分析报告中,以全面提升实验教学资源质量。

近年来,中心通过积极开发特色实验项目,培养学生探索精神和创新意识,培养学生的团队精神、交流沟通能力和责任感。特色创新类实验项目具有前瞻性强、逻辑设计复杂、专业性强等特点,主要以教师科研成果、教学研究成果、特色工程实践、关联知识点集成为素材,采用典型案例开发、实验单元集成、实验专题规划等建设方式转化成实验教学项目,这些实验项目主要依靠自主研发、合作开发和购置成熟软件的途径完成。虚拟仿真实验教学资源转化途径如图2所示。

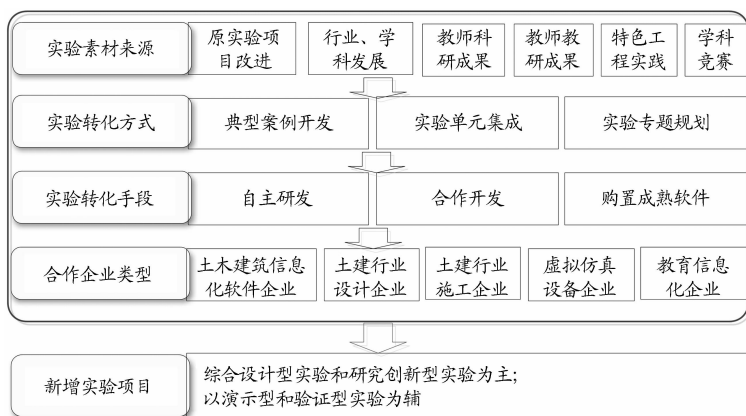


图2 虚拟仿真实验教学资源转化途径

二、土建类虚拟仿真实验教学资源建设主要内容

截止2015年底,中心已开展虚拟仿真实验16项。2016年至今,中心通过上述资源转化途径新增虚拟仿真项目5个,分属于“4-4-12-X”体系下的不同模块,项目信息如表1所示。

(一) 盾构机工作过程仿真实验

中国隧道工程和地铁工程数量剧增,大型机械设备——盾构机的应用日益广泛,由于盾构机价格昂贵且工作环境复杂、不安全,所以在传统教学过程中,学生只能从课本中接触到有限的信息,对其结构构成、工作原理和作业过程了解甚少,因此开发盾构机工作过程仿真实验,让学生在虚拟环境中了解盾构机主要部件组成、下井拼装过程和施工过程。

(1)盾构机整体结构认知仿真实验中,盾构机的每个主要部件在点击后有名称、型号、尺寸、功能等属性,通过全方位旋转并点击来学习认识盾构机的结构。

(2)盾构机组装过程仿真实验中,学生可以了解盾构机下井组装全过程,包括铺设轨道,车架依次下放,螺旋输送机输送,前体、中体、刀盘、管片安装机、盾尾等部件的拼接。

(3)盾构机施工过程仿真实验中,让学生认识盾构机施工掘进过程,主要包括挖土、运土、管片运输、管片拼装等施工全过程。

表1 近2年土建类主要虚拟仿真实验项目

序号	实验项目	实验性质	面向专业	实验课程	实验类型	实验学时
1	盾构机工作过程仿真实验	演示型	建筑工程、路桥工程、工程管理、交通工程	土木工程施工/隧道工程	选修	4
2	预制梁生产管理仿真实验	研究创新型	建筑工程、路桥工程、工程管理、交通工程	工程项目管理	选修	2/4
3	PC构件生产流程虚拟仿真实验	研究创新型	建筑工程、工程管理	工程项目管理	选修	4/12
4	结构连续倒塌虚拟仿真实验	综合设计型	建筑工程	荷载与结构设计方法	选修	4
5	桥梁结构优化虚拟仿真实验	综合设计型	建筑工程、路桥工程、交通工程	桥梁施工	必修	4

盾构机工作过程虚拟仿真实验分为学习和考核两大模块,如图3所示,分别包含了认知结构、下井组装和施工过程模拟三方面的内容。



图3 盾构机工作过程虚拟仿真实验学习模块和考核模块

(二) 预制梁生产管理仿真实验

预制梁作为道路和桥梁的基本组成单元需求巨大,梁场生产计划安排与施工进度安排紧密相关。学生去预制梁生产及施工现场机会较少,对于制梁、存梁和架梁全过程缺乏系统认识,不清楚预制梁施工计划与生产计划的关联关系,为此,开发预制梁生产管理仿真实验,如图4所示。

(1)制梁流程虚拟仿真实验中,可以模拟从模板工程、钢筋工程、混凝土工程到最后的养护以及张拉工程的所有步骤,让学生熟悉施工工序和各工种之间的关系。

(2)架梁施工过程虚拟仿真实验中,让学生能够了解成品梁是按照怎样的方式进行架梁的,从而学习架梁的方法,了解其工序。

(3)预制梁生产计划虚拟仿真实验中,根据实验背景合理安排生产计划,根据施工顺序,倒推预制梁生产计划;提取生产时间影响因素,编制参数化计算公式,按制梁工艺对生产计划时间倒推,进行交互性实验操作,使学生掌握施工进度与生产进度直接的逻辑关系。

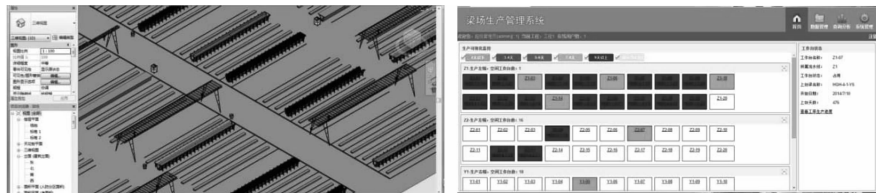


图4 制梁流程虚拟仿真实验

该实验由科研项目成果转化形成,不同专业对应的课时数不同。对于路桥专业的学生掌握制

梁和架梁全过程即达到实验目的。对于工程管理专业的学生在了解全过程的基础上,要完成预制梁生产计划虚拟仿真实验,掌握施工进度与生产进度的关联。

(三) PC 构件生产流程虚拟仿真实验

目前大型装配式建筑生产实习实训基地较少,学生实践环节不好展开。PC 构件生产在厂房进行,学生在生产现场实践存在诸多安全隐患,并且走马观花式地参观实践效果差,学生难以从系统角度发现问题,不利于主动思考,因此,开发交互式 PC 构件生产流程虚拟仿真实验项目十分必要。

(1)PC 构件生产厂区布局和生产线仿真:以某 PC 构件厂为例,构建了 PC 构件生产厂区布局和生产线仿真模型,为实验项目的展开提供厂区生产环境。

(2)不同方案生产流程仿真:在环形生产线中模拟工位固定模台按固定节拍轮转的生产方式,根据模台上构件的数量和类型又采用不同的生产方案,如单构件单线体生产、双构件单线体生产和多构件多线体生产。

(3)交互式参数设置:PC 构件生产线进行模拟仿真需要对相关参数进行设置,根据前期实地调研及 PC 工厂设计数据综合分析得出。基本参数包括工位流水节拍、构件传送速度、构件尺寸及种类、机械参数、人工参数等,在实验过程中每种参数及变量都可以根据实际情况进行更改。

(4)实验结果输出:实验项目的逻辑关系、参数设定好后,通过运行仿真模型的方式在二维或三维环境中直观查看生产线的运行和模台上构件的组合情况,查看单个或多个构件动态生产信息,如图 5 所示。实验过程中的数据都能以图表的形式输出,方便学生分析实验结果,填写实验报告。

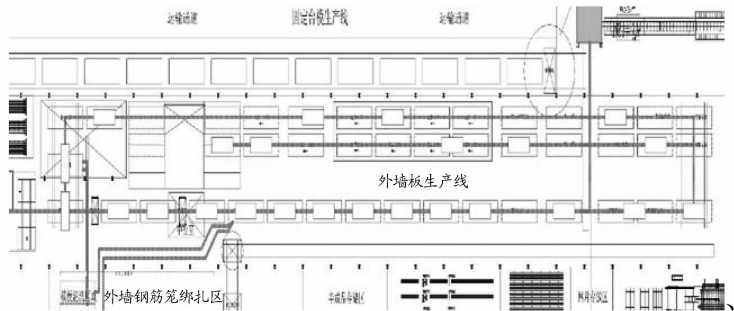


图 5 PC 构件生产流程仿真二维图

(四) 结构连续倒塌虚拟仿真实验

近年来,结构的连续倒塌问题受到工程界广泛关注,并成为当前结构工程和防灾减灾领域的重要研究前沿,在传统教学过程中,学生只能对结构连续倒塌有一个表面认识,难以对连续倒塌过程有直观了解,对以拆除构件法为代表的抗连续倒塌设计方法缺乏深入理解。



图 6 结构连续倒塌虚拟仿真实验

结构连续倒塌过程若通过实验室试验进行模拟,存在成本高、过程复杂、可重复性差,危险性大

等诸多问题,难以在教学中实施。借助物理引擎、3D 可视化等技术,开展了结构连续倒塌的虚拟仿真实验,该实验还涉及基于拆除构件法的结构连续倒塌实验和地震作用下结构连续倒塌实验。学生对结构连续倒塌过程和抗连续倒塌设计方法有更直观的认识,增强了学习兴趣,提高了教学效果,实验界面如图 6 所示。

(五) 桥梁结构优化虚拟仿真实验

在桥梁结构设计中一般要进行构件尺寸和形状的优化,而在实际教学中,学生只能从课本中接触到关于桥梁结构优化的有限信息,实践教学环节也只能使学生对各种桥梁结构有一个表面认知,并不能从结构优化的角度更为深入地认识桥梁。结构优化的目的是以最少的材料、最低的造价、最简单的工艺,实现结构的最优性能,包括强度、刚度和稳定性。该实验主要是让学生了解从形状及尺寸的优化会对结构承载能力产生的影响,让学生对桥梁结构型式有较为深入的认识,并通过在虚拟环境对桥梁结构进行加载,理解各种桥梁结构的力学行为。

桥梁结构优化虚拟仿真实验中,桥梁结构可以按照优化意图进行组装,操作人员可以从任意位置和角度观察桥梁结构,任意改变构件的尺寸和形式,进行虚拟加载实验,从而得到最优的构件尺寸和形式,实验界面如图 7 所示。



图 7 桥梁结构优化虚拟仿真实验模拟界面

三、土建类虚拟仿真实验教学资源的利用与持续改进

中心面向土木工程相关专业已开设 22 项虚拟仿真实验,其中演示型实验和验证型实验共 12 项,综合设计型实验 6 项,研究创新型实验 6 项,还有 5 项创新型实验项目正在开发中。自 2015 年起中心明确要求已开发完成的虚拟仿真实验项目写进相关课程教学计划,并编制完整的实验大纲、指导手册、实验报告评分标准及考核知识点。每年每门虚拟仿真实验课程约有 100 余人参加。实验课程开展后,教师根据学生的反馈意见以及对实验报告的深度分析,改进、优化实验。

在实验教学过程中,总结学生的实验反馈意见发现,演示型实验和验证型实验较为成熟,无论是练习模块还是考试模块都能稳定运行,学生参与度高,能很好地辅助理论教学。工程实践项目或科研项目转化而成的创新型实验还有待完善,归纳如下。

(1)在盾构机工作过程仿真实验中,路桥专业的学生提出希望今后将盾构机掘进过程与开挖土体的性质结合起来。(2)预制梁生产计划虚拟仿真实验中,学生反馈输入的变量较多,逻辑关系弄清楚需要更多的实验课时数,希望减少变量的数量或增加实验课时数。(3)在桥梁结构优化虚拟仿真实验中,学生希望在练习模块增加文字解释,以便更好地理解每种场景下的结构形式。综合上述反馈、学生实验过程记录和实验报告,进一步完善实验相关内容,增强实验交互性和界面的友好性,以不断提高实验教学的效果。

四、结语

优质实验教学资源的建设要有先进的理念作指导,形成科学的立项流程及可持续的转化途径,不断整改和优化实验内容,以提高实验教学质量。在满足校内实验教学的基础上,中心积极扩大教学资源的共享范围,通过培训、沙龙、竞赛、夏(冬)令营、Workshop 等多种形式展开与其他高校或企业的交流,互通有无,取长补短。目前优质实验教学资源已实现全国 8 所院校、多家行业企业间的共享,为推动高等学校实验教学改革和实验教学中心建设做出了有益的探索。

参考文献:

- [1] 崔芷君,谢冬婵,匡谨,等. 基于虚拟现实技术的心理学实验教学资源建设[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(3):194-198.
- [2] 张瑞林. 实验教学中心优质资源共享管理机制研究[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(1):231-237.
- [3] 华小虎,杜双明. 优化实验教学体系和资源 培养学生认知和实践能力[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(1):215-230.
- [4] 杨广武,胡松青,张亚萍,等. 建设四类实验资源 构建“分层次递进式”实验教学体系[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2):159-166.
- [5] 路勇,马修真,高峰,等. 船舶动力技术虚拟仿真实验教学资源建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(3):117-119.
- [6] 丁万东,范雪松,路遥. 实验教学公共资源内涵式建设与发展[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(2):124-126.
- [7] 王淑嫻,贺行洋,邹贻权,等. 绿色建筑虚拟仿真实验教学中心建设思考[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(6):134-137.
- [8] 王淑嫻,贺行洋,邹贻权,等. 土木工程与建筑实验教学中心教学资源建设——以湖北工业大学为例[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(1):158-161.
- [9] 吴根福,吴科杰,高海春. 优化设计 资源整合 提高实验教学质量[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(8):204-206.
- [10] 房朝晖,于赫阳,李祺,等. 资源共享的智能制造虚拟实验教学平台建设[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4):118-121.

Sustainable construction and practice of instructional resources for civil engineering and architecture virtual simulation experimental teaching

WANG Shuqiang, HE Xingyang, ZOU Yiquan, ZHANG Jin, SHI Junfeng

(School of Civil Engineering, Architecture and Environment,
Hubei University of Technology, Wuhan 430068, P. R. China)

Abstract: In the course of its development, the National Demonstration Center for Experimental Civil Engineering and Architecture Education of Hubei University of Technology attaches great importance to the connotation construction of virtual simulation experimental teaching resources. Under the guidance of the CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate) model of engineering education and the open experimental teaching system, it explores the process and transformation approach of teaching resources construction, continues to increase the number of virtual simulation projects, and continues to improve and optimize their contents, to achieve the purpose of improving the effect of experimental teaching.

Key words: virtual simulation; experimental teaching; teaching resource; civil engineering and architecture