

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.04.024

欢迎按以下格式引用:徐勋倩,葛文璇,项宏亮,等.桥梁技术状况评定虚拟仿真实验实践与探索[J].高等建筑教育,2022,31(4):184-190.

# 桥梁技术状况评定虚拟仿真实验实践与探索

徐勋倩,葛文璇,项宏亮,张晨

(南通大学 交通与土木工程学院,江苏 南通 226019)

**摘要:**利用 Unity3d 技术、WebGL 技术、OpenGL 技术和 3D 仿真技术,开展了基于桥梁工程病害阈值控制指标识别的桥梁技术状况评定虚拟仿真实验项目。应用桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统,开展覆盖“预习、实施、复习、考核”全过程的虚实结合仿真实验,既可较好解决单一实体实验由于受成本、安全风险和进度安排限制而致病害检测操作复习难、考核难,公路桥梁组成构件空间分布位置再现难、技术状况评定示教效果差等问题,还可增强学生在进入实体工程现场前对具体分部件在工程空间位置关系的感性认识,了解桥梁工程检测与技术状况评价的规范化操作流程,实现桥梁技术状况评定虚拟仿真实验实验项目的“完整、高效、绿色、环保”和考核对实验过程的全覆盖。

**关键词:**桥梁工程;技术状况;检测与评定;实验教学;虚拟仿真

**中图分类号:**G642.42

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2022)04-0184-07

随着交通工具的快速发展,桥梁作为跨越山、河、道路和疏导交通的重要建筑物,对于满足我国基础设施建设需求意义重大。但在自然环境、材料老化、荷载作用效应、疲劳损伤等因素作用下,桥梁结构失效导致的伤亡事故、经济损失和社会影响等都是不可预估的<sup>[1]</sup>。因此,对桥梁结构的技术状况进行检测与评定至关重要,故土木工程(路桥方向)专业将其设置为一门新兴的专业课程。在虚拟仿真实验教学方面,由于长期投入不足,实验条件建设较为缓慢,目前,在学生桥梁检测与评定技术能力培养方面存在“理论知识较好,但工程应用能力明显不足”的现象,不能满足“卓越计划”对土木工程(路桥方向)专业的要求<sup>[2,3]</sup>。桥梁结构技术状况检测与评定包含了无损检测、数据信号采集、动力学分析、大数据挖掘等综合性技术<sup>[4-6]</sup>。目前,教育部还没有统一的规划教材,高校如何使学生掌握并应用这一技术是主讲教师面临的首要问题,需要专任教师不仅要有丰富的工程应用实践经验,还需要合理掌握授课技巧,能够最大限度地激发学生学习兴趣和培养主动学习的能力,使桥梁结构技术状况检测与评定工作能够更好地服务于社会。

修回日期:2021-05-21

基金项目:2019年南通大学度教学改革研究课题(重点课题)(2019A09)

作者简介:徐勋倩(1973—),女,南通大学交通与土木工程学院副院长,教授,博士,主要从事土木工程桥梁学科领域科研与教学研究,(E-mail)xunqian\_xu@ntu.edu.cn。

近年来,飞速发展的信息技术极大地推进了教育现代化进程<sup>[7]</sup>。2017年,教育部发布通知,要求开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设<sup>[8,9]</sup>,以促进新时代大学生实践与创新能力的提升<sup>[10,11]</sup>。为解决桥梁结构技术状况检测与评定成本高、不可重复、交互性差、危险性高、不易共享、实践难度大等特点问题<sup>[12]</sup>,本文基于 Unity3d 技术、WebGL 技术、OpenGL 技术和 3D 仿真技术,开发并构建一个交互性好、综合性强、沉浸式体验、集检测与评定一体化的桥梁技术状况评定虚拟仿真实验系统,以便学生能够具有身临其境的情景感知,进而提高实训课程的教学效果。

## 一、虚拟仿真实验设计

### (一) 建设思路

对应 PC 端,通过 <http://115.159.109.101/JX/> 网址登录进入桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统网页版,如图 1。对应移动端,通过手机扫描桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统网页版下方的二维码,下载对应应用程序登录并进行实验。

具体桥梁技术状况评定虚拟仿真教学项目的建设思路如下:

(1)通过工程实例观摩和对公路桥梁分部结构组成的 3D 模型分拆、重构在线操作,提升学生对各类桥梁工程各部位系统的形态特征、整体结构体内的空间分布及其相互位置关系和病害形成机理的感性认识。



图 1 登录系统



图 2 操作指南教学视频

(2)该系统链接到我校校企合作企业——江苏华通工程检测有限公司的华通桥涵管理系统数据库,通过对公路桥梁三维虚拟仿真及病害检测在线操作,可以根据桥梁地点,熟悉桥梁工程行政识别信息(桥址、交通荷载、桥型、跨度、桥孔和桩号等),并随机调取该桥的病害检测信息,进而了解各类桥梁工程技术病害检测的分类和基本内容。

(3)通过教师虚拟仿真实验前操作指南教学视频的学习,如图 2。熟悉《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁设计规范(JTG D62-2004)》《公路桥梁承载能力检测评定规程(JTG/T J21-2011)》中桥梁工程技术状况评定的基本原理及方法,了解和掌握桥梁工程病害阈值控制指标识别以及技术状况评定的基本流程。

(4)通过对“分布部件、结构系统、分项工程、全桥”技术状况的在线评定和评定报告操作,了解和掌握桥梁工程技术状况检测与评定的规范化操作。

### (二) 教学目的与内容

#### 1. 教学目的

应用桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统,开展覆盖“预习、实施、复习、考核”全过程的虚

实结合仿真实验,既可较好解决单一实体实验由于受成本、安全风险和进度安排限制而致病害检测操作复习难、考核难,公路桥梁组成构件空间分布位置再现难、技术状况评定示教效果差等问题,还可增强学生在进入实体工程现场前对具体分部件在工程空间位置关系的感性认识,掌握桥梁工程检测与技术状况评价的规范化操作流程,实现对桥梁技术状况评定虚拟仿真实验项目的“完整、高效、绿色、环保”,做到实验过程考核的全覆盖。

### 2. 教学与实施内容

教学与实施内容分为三个阶段:实验前准备阶段(“文档管理”中下载实验依据、操作指南、实验任务书等,“三维展示”中以工程为例在线观摩学习);实验中阶段(“首页”“结构”和“检查评定”,以及在线操作学习);实验后拓展阶段(“实时监测”“养护决策”,在线进行动态数据分析及养护决策),具体操作流程如图3。

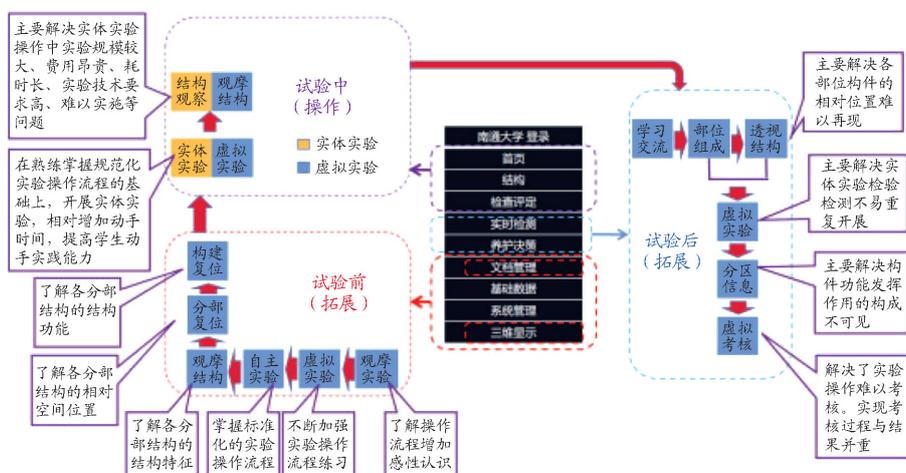


图3 实验流程

步骤一:对桥梁工程结构特征、分布部件及构件“空间分布及其相互位置”关系进行学习。学生通过身份认证,进入桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统,点击“结构”模块,如图4。学生选择项目并录入桥梁工程行政识别信息,应用系统3D模型“分拆”和“重构”,在无提示的情况下,按照各分部构件3D模型在结构中的空间位置,学生可完成对结构地图、结构形态特征、分布部件和构件“空间分布及其相互位置”的学习,如图4。

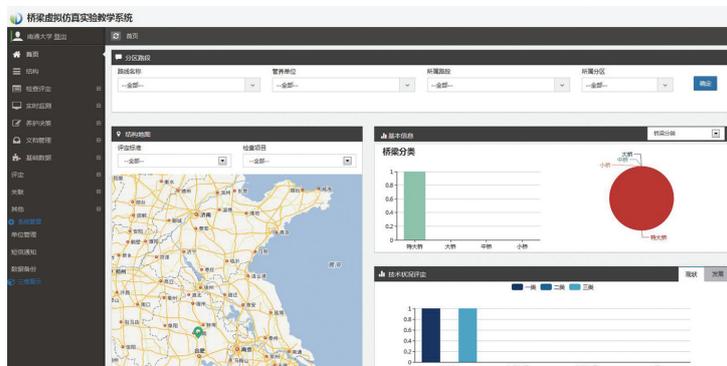


图4 “结构”模块

步骤二:对桥梁病害检测项目分类和基本内容的学习。学生通过身份认证,进入桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统,点击“检查评定”中的“检查”模块,完成对桥梁技术状况现场检测项目





图8 “检查评定”中的“报告”模块

## 二、实践效果分析

### (一) 实验方法

学生户借助电脑、平板、智能手机(安卓系统)等网络终端设备,访问桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统(网址:<http://115.159.109.101/JX>),依据各自的身份认证信息(登录名:南通大学,密码:666)登录进入,点击相应的功能模块,就可对《桥梁工程桥梁技术状况评定》开展在线虚拟观摩和仿真操作学习。

### (二) 考核要求

学生通过PC、平板、智能手机(安卓系统)登录桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统,在系统中,点击“结构”“检查评定”模块,完成对病害检测与评定试验操作流程的规范性,从形态上“识别”各类病害和对各分部构件在结构体内的“空间分布及其排列位置”的考核。在网页界面,点击“检查评定”中的“审核”模块,完成对相关理论与操作注意事项教学考核,在线考核成绩由系统自动评判。通过在线考核,只有达到一定成绩的“合格者”才能取得进入实体工程开展相关实验操作的资格,且在线考核成绩计入学生总成绩中。

### (三) 实施效果

(1)通过对桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统的应用,可减少甚至取消以往在实体检测实验时,在学生动手检测、评定前有教师“示教”操作的内容,既增加了学生在实验室“自主”评测的相对时间,又减少了实验场地使用及安全风险,节省了实验教学成本,达成了绿色实验的教学目标。

(2)通过对桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统的应用,解决了以往由于评测实验原理复杂抽象,实验规模较大、信息量大、费用昂贵,实验仪器精密、耗时长、步骤繁琐,实验技术要求高,难以按教学进度安排实施的问题,通过“虚实结合”确保了实现教学内容的完整和高效。

(3)通过对桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统的应用,解决了由于考核一对一、费时费力、安全风险高,而致实验考核不全面、不完整的问题,实现了考核对实验过程的全覆盖。

### (四) 项目特色

特色一:提出了“积为教用、虚为实用、虚实互补、提升实效”的建设思路。在虚拟仿真资源建设与应用过程中,聚焦科学技术发展对实验教学组织形式和实验教学资源媒介表现形式所带来的变革,注重信息技术与土木工程实验教学的融合与应用,提出了“积为教用、虚为实用、虚实互补、提升实效”的虚拟仿真实验教学资源建设思路,逐步形成了以学生为本、以能力培养为核心教学理念,充分发挥数字化实验教学资源的共享优势,通过实施虚实结合的实验教学模式和构建形成性实验考核体系,系统地培养了学生的实验技能、科学思维和创新能力。

特色二:实训环节的“完整、高效、绿色、环保”。在专业培养方案与课程教学大纲指导下,应用Unity3d技术开发工具开展了桥梁技术状况评定虚拟仿真实验。通过桥梁技术状况评定虚拟仿真实

验,既可完成在实体实验中开展桥梁工程结构组成特征、规范化检测与评定试验流程等教学内容,还可完成在实体实验室中由于实验规模较大、信息量大、费用昂贵,实验仪器精密、耗时长、步骤繁琐,实验技术要求高等,而致无法实施各系统的空间位置、结构与病害关联等教学内容,实现了实验项目“完整、高效、绿色、环保”的目标。

特色三:形成性考核评价体系。依托网络,借助 PC、平板、智能手机等网络终端设备,登录访问桥梁技术状况评定虚拟仿真实验系统,通过在线观摩、操作、答题、互动等方式,在线完成对桥梁检测与加固课程中桥梁技术状况检测与评定教学内容的学习,既解决了以往学生在进入实体实验室前对桥梁检测及技术状况检测与评定规范化操作流程感性认识不足、考核内容不全面的问题,还为引入 MOOC、翻转课堂等教学新形态,实施形成性考核评价体系创造了条件。

特色四:全天候、全时空开放运行。桥梁技术状况评定虚拟仿真实验是对资源数据库进行自主管理的独立系统,学生以学号或其他测试账号登录,可全天候、全时空的对桥梁技术状况评定虚拟仿真实验进行在线学习。

特色五:虚实结合的考核评价指标体系。以桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学过程中所涉及的检测流程、桥梁部件、结构和分系统的形态特征与空间分布、病害检测与评定注意事项等为考点,按照各自在桥梁技术状况评定虚拟仿真实验中的权重,形成虚实结合的考核评价指标体系,实现对桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学过程的全覆盖。

### 三、结语

应用桥梁技术状况评定虚拟仿真实验教学系统,结合实体实验,使学生能够掌握桥梁工程技术状况现场检测操作流程,及其在技术状况评定过程中的注意事项;了解并掌握桥梁工程结构特征和内部部件、构件在结构组成上的特征,及在空间分布上的位置关系;了解并掌握公路桥梁各子系统的分部组成与其病害的对应关联关系;最终通过评定实验,掌握桥梁结构技术状况评定方法及其操作的技术标准。

桥梁技术状况评定虚拟仿真实验项目的实践与探索,主动适应了信息技术变革,符合新时代中国高等教育内涵式发展的实际,对如何深化教育部“五大金课”建设和培养“卓越工程师”拔尖人才具有一定的启发和借鉴作用,也是高等教育推进“智能+教育”模式的有益探索,对推动高校新工科人才培养质量提升提供了新的动力。

#### 参考文献:

- [1] 陈建平,项宏亮,徐勋倩. 桥梁工程实验虚拟仿真示范课程实践研究[J]. 实验技术与管理,2018,35(8):221-224.
- [2] 林健. 新工科建设:强势打造“卓越计划”升级版[J]. 高等工程教育研究,2017(3):7-14.
- [3] 徐勋倩,葛敏莉,袁盈盈,等. “卓越计划”模式下的交通工程专业教育培养体系研究[J]. 高等建筑教育,2017,26(1):45-48.
- [4] Singer S, Smith K A. Discipline-based education research: understanding and improving learning in undergraduate science and engineering[J]. Journal of Engineering Education, 2013,102(4):468-471.
- [5] Pamela Hayea-Bohanan. Librarian mentoring of an undergraduate research p: Ojai [J]. Journal of Library Innovation, 2016,1(4):21-28.
- [6] Zhu J S, Chen C, Han Q H. Vehicle-bridge coupling vibration analysis based fatigue reliability prediction of prestressed

- concrete highway bridges[J]. *Structural Engineering and Mechanics*, 2014, 49(2):203-223.
- [7] 雷朝滋. 教育信息化: 从 1.0 走向 2.0——新时代我国教育信息化发展的走向与思路[J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 2018, 36(1):98-103,164.
- [8] 教育部. 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[EB/OL]. (2017-07-11) [2020-01-30]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721\\_309819.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721_309819.html).
- [9] 教育部. 教育部关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知[J]. *中华人民共和国教育部公报*, 2018(4):118-125.
- [10] 迅飞教育技术研究院. 智能教育发展蓝皮书(2019)[EB/OL]. (2019-08-05) [2020-01-30]. [https://www.xianjichina.com/special/detail\\_413422.html](https://www.xianjichina.com/special/detail_413422.html).
- [11] 郭婷, 杨树国, 江永亨, 等. 虚拟仿真实验教学项目建设与应用研究[J]. *实验技术与管理*, 2019, 36(10):215-217,220.
- [12] 高东锋. 信息化时代高校实验教学改革的要求、思路与路径[J]. *中国高教研究*, 2018(4):93-96.
- [13] 交通运输部公路局. 公路工程技术标准(活页夹版):JTG B01—2014[M]. 北京:人民交通出版社, 2014.

## Practice of virtual simulation experiment of bridge technical condition assessment

XU Xunqian, GE Wenxuan, XIANG Hongliang, ZHANG Chen

(*School of Transportation and Civil Engineering, Nantong University, Nantong 226019, Jiangsu, P. R. China*)

**Abstract:** Using Unity3D, WebGL technology, OpenGL technology and 3D simulation technology, the project of virtual simulation experiment of bridge technical condition assessment was developed based on the identification of bridge engineering disease threshold control index. The virtual simulation experiment teaching system fully covers the whole process of preview, implementation, review and examination of the experiment, and realizes virtual and real combination. This system can solve the problem of difficulty in review and examination of disease detection operation caused by the limitation of cost, safety risk and schedule arrangement in single entity experiment. At the same time, the problems such as the difficulty in reproducing the spatial distribution position of the highway bridge components and the poor teaching effect in evaluating the technical condition are solved. In addition, the system can enhance the students' perceptual understanding of the relationship between the parts in the engineering space and the standardized operation process of bridge engineering inspection and technical condition evaluation before entering the real engineering site. The virtual simulation experimental system realizes the integrity, efficiency, green, environmental protection of the experimental project, and the examination of the whole experimental process.

**Key words:** bridge engineering; technical status; detection and evaluation; experimental teaching; virtual simulation

(责任编辑 崔守奎)