

桥梁施工综合实训虚拟仿真实验项目的应用研究

李强强 曾绍武 赵文武 都志强 王新利

陕西铁路工程职业技术学院 陕西渭南 714099

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11647

[摘要] 桥梁工程施工场景大, 施工时间战线长, 施工工艺工序复杂, 施工过程中涉及到的人员与设施设备多。为了解决桥梁施工综合实训难度大, 实训所需场地、设备资源有限并且难以实实在在动起来、用起来, 陕西铁路工程职业技术学院自主开发铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统 V1.0 版本并于 2017 年 5 月获得国家软件著作权登记权, 该系统开发就是针对桥梁施工综合实训环节难以动手实践实操, 避免施工过程中产生的成本高、危险源多和时间长无法集中展示的教学难点、痛点问题, 该系统以完整的桥梁施工工艺流程为主线, 从一座桥由无到有由下到上逐步完善建成, 从施工准备阶段、施工阶段和竣工验收阶段三个阶段完整推进, 虚拟仿真技术的深度融入和应用将有助于桥梁施工综合实训教学改革的进一步推进。

[关键词] 桥梁施工, 综合实训, 虚拟仿真技术, 教学改革实验

实习与实训是高职院校最为重要的提升技术技能的教学环节, 桥梁施工实践过程过于复杂, 存在很多安全隐患和未知风险, 时间战线拉得很长, 施工工艺与工法复杂, 涉及到施工人员、机械设备、施工图纸、施工材料、施工空间和场地都非常繁琐。运用虚拟仿真技术, 巧妙融入 BIM 技术手段, 精心设计综合实训任务, 利用计算机与人之间的深度交互, 让学生身临其境的感受桥梁从无到有完整动态施工过程, 熟悉将来要从事的桥梁工程师岗位的工作内容、工作流程、工作人员相互之间的交接、施工工艺与施工工法^[1]。

一、桥梁综合实训虚拟仿真实验项目研究的必要性

桥梁施工是高职院校道路与桥梁工程专业一门专业核心课程, 桥梁的施工图纸识图能力与施工现场管理能力是学生必备的核心专业能力, 掌握桥梁施工工艺流程与施工程序与工作流程是岗位核心能力。高职院校相当于高等专科学校层次, 培养的是专业技术人才。陕西铁路工程职业技术学院是培养铁路建设工程师的摇篮, 采用虚拟仿真技术突破综合实训环节存在的教学难点和痛点问题非常必要, 一方面体现了信息化教育教学技术手段的深度应用, 另一方面也为高职院校实践实训教学另辟蹊径。传统的桥梁施工实训环节一般依赖于施工资料编制、施工现场参观、施工图纸审核与算量等手段进行实施, 现场跟岗实训参观效果好但是不一定有正在建设的桥梁工程项目, 并且也无法跟踪实习好几年的时间, 所以看到的往往是局部和片面的某个施工阶段。因此, 陕西铁路工程职业技术学院自主开发铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统 V1.0 版本并于 2017 年 5 月获得国家软件著作权登记权, 为了解决桥梁施工综合实训教学中存在的以下问题^[2]:

(1) 桥梁施工工期特长, 时间跨度大, 实训教学时间上难以安排。桥梁施工根据标段的大小, 中小桥梁施工时间短的也至少需要 1-2 年, 一般大桥施工时间需要 3-5 年, 特大项目大跨度高难度复杂桥梁施工时间甚至超过 5 年, 桥梁施工综合实训一般按照 2 个星期进行安排, 因此从专业特点分析两者时间差距巨大, 实训实操无法实现 1:1 全过程真实桥梁施工项目的工作环境和情景再现。

(2) 桥梁施工涉及的空间场景众多, 工程规模巨大, 实训教学空间上难以满足。桥梁施工涉及到四通一平、桩基础施工、桥墩桥台施工、主梁施工, 目前桥梁结构一般采用预

应力钢筋混凝土, 无论是扩大基础巨型基坑开挖, 还是超 100m 深水基础钻孔施工平台搭建; 无论是高大桥墩全自动液压爬模施工, 还是超 1000m 大跨度主梁架设。施工工程体量巨大从而导致 1:100 缩小尺寸的桥梁模型中无法直观感受到桥梁施工的真实场景和岗位工作的技术难度。

(3) 桥梁施工中不可避免存在高墩大跨、深水深坑、大型机械设备等作业环境, 高空、深水、深坑作业安全隐患特别多, 实训教学安全上无法保障。例如高危作业的工种有预应力高强度钢绞线张拉作业、高空混凝土泵送浇筑、高空立模拆模、普通钢筋和预应力钢绞线的砂轮切割及电弧焊焊接长、起重吊机吊运物资设备、深水焊接封堵缝隙、深基坑开挖作业等众多涉及到学生生命安全问题环节与危险源控制问题, 对学生的职业安全要求很高, 而学生刚出校门没有任何桥梁施工工程经验和安全意识, 长时间蹲在工作实训可能在任何一个环节不留神就会出现教学安全事故。

二、虚拟仿真技术结合BIM深度融入应用于桥梁施工综合实训教学

针对桥梁施工全过程工艺流程和岗位工作整体流程采用自主开发的铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统 V1.0 版进行桥梁施工整体认知的把握, 针对施工图纸深入理解与解读运用 BIM 三维模型与 BIM 施工工艺动画详细展示桥梁施工局部细部与典型关键技术环节^[3]。

1、铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统 V1.0 版的深度应用

铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统 V1.0 版软件开发自 2012 年以来历时 5 年多, 开发出一套基于计算机局域网操作的软件系统, 实现单机操作全桥梁施工工作流程体验和 5 人按照施工员、试验员、测量员、材料员、质检员组团合作配合式通关, 采用游戏式、交互式的方法进行实操, 软件整体体现出桥梁施工准备阶段、施工阶段和竣工验收阶段三个阶段, 其中施工阶段包含施工准备、三通一平、钻孔灌注桩施工、承台施工、桥墩施工和主梁施工等完整的施工工艺流程。

铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件 5 人组团游戏模式可以采用角色扮演法进行教学组织, 贾岩同学扮演施工员岗位角色, 张亚同学扮演试验员岗位角色, 王重阳同学扮演测量员岗位角色, 赵晓彤同学扮演材料员岗位角色, 王凯文同学扮演质检员岗位角色。如图 1 所示:



图1 铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件5人组团游戏模式采用角色扮演法

铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件采用团队积分制进行通关游戏, 2019年1月19日上午7:08张凯文学习团队团队积分506分, 张凯文个人积分148分, 当前阶段测量员正在完成虚拟仿真任务, 其他团队成员正在等待中, 软件系统中包括相应的课程章节、当前任务、工具箱、考核测试、资源管理、漫游体验、场景跳转、系统设置等功能模块。如图2所示:

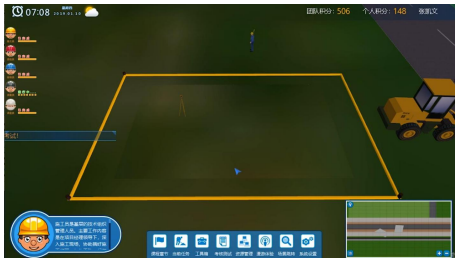


图2 铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件采用团队积分制进行通关游戏

铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件在施工阶段展示更加具体的施工工艺流程, 施工工艺流程设计有初到细, 完全遵循桥梁施工现场的真实工作过程进行内容重现, 按照桥梁施工过程包含施工准备、三通一平、钻孔灌注桩施工、承台施工、桥墩施工和主梁施工等完整的施工工艺流程, 对于钻孔灌注桩施工又可以进一步细化为桩基测量放样、埋设护筒, 钻机就位、钻进成孔、第一次清孔、下放钢筋笼、下放导管、第二次清孔、灌注等下一级施工工艺流程。如图3所示为正在进行当中的下放导管施工工艺:

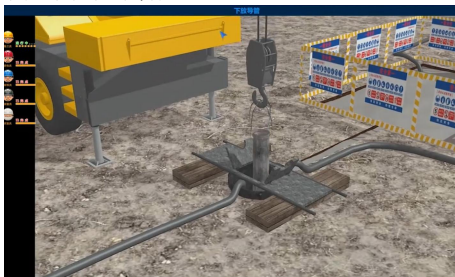


图3 铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件中下放导管施工流程

2、BIM技术在桥梁施工综合实训中的深度应用

为了解决铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件在展示施工图纸与工艺不够细致的问题, 它只能看到施工的大致过程而不能清楚具体的钢筋混凝土材料数量, 因此需要补充相应施工实训项目的配套图纸与BIM三维模型与BIM动画, 桥梁各个部件的钢筋混凝土BIM模型实现了所见及所得的功能, 将二维施工图纸建成BIM模型库, 完全按照1:1的比例进行BIM模型构建, 这样就可以大大提升学生图纸识读的效率, 并且可以运用BIM模型检查核对学生对图纸的理解, 运用BIM工程量提取功能实现精确核对工程材料数量。

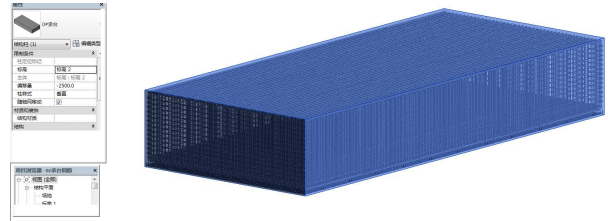


图4 0号承台钢筋混凝土BIM模型展示内部钢筋数量并进行工程数量复核

三、桥梁综合实训基地的实体结合应用

桥梁综合实训基地是根据真实桥梁结构1:1构建的真实桥梁环境, 主要是虚实结合与统一, 内部包含了桩基础、桥墩、梁体等重要的桥梁构件, 处于半施工状态, 可以展示现场施工的某个片段和环节, 营造一种完整真实的施工氛围, 增强学生对于桥梁结构的感性认识与形象具象化的。另外桥梁基地的超声波桩基检测施工区域可以让学生实实在在动手实操, 进行桩基础波形分析和缺陷分析, 箱梁的回弹区和钢筋混凝土保护层测定区可以让学生实际检测去桥梁局部构件的强度和钢筋保护层的厚度。这样虚实结合、动静合一、施工与检测一体化, 增强了学生对桥梁施工综合实训的整体认识, 并极大提升了实训的教学效果。如图5所示为学生正在桥梁综合实训基地进行桩基超声波检测实操^[4]:



图5 学生在桥梁综合实训基地进行桩基超声波检测实操

四、结束语

BIM+虚拟仿真技术+桥梁综合实训基地三位一体实现了虚实高度结合, 解决了桥梁施工综合实训存在的“三高三难”问题, 学生以游戏闯关式进行虚拟操作, 铁路桥梁工程施工虚拟仿真系统软件采用团队合作的方式增强了5人团队的团队合作意识, 强化了学生对于桥梁施工工艺流程、施工工作流程的整体认知, 提升了学生施工图识读能力, BIM三维模型解读能力、采用BIM技术进行工程量算量复核能力, 有助于信息化手段的全面应用和拓展, 经过多年教学实践证明该思路和方法的可推广和应用性。

[参考文献]

[1]高天寒, 庄正涛, 赵同峰. 虚拟仿真技术在道桥隧安全施工教学中的应用[J]. 科教导刊, 2024(21): 114-116.
 [2]谢建武, 武健. 轨道交通跨海桥梁施工虚拟仿真教学系统开发与研究[J]. 产业创新研究, 2023(20): 121-124
 [3]张俊娟, 卫少阳. 隧道与桥梁工程虚拟仿真实训系统在高职道桥专业教学中的应用[J]. 现代职业教育, 2023(08): 113-116
 [4]马兰. “新工科+智能建造”背景下桥梁工程课程虚拟仿真实践教学研究与探索[J]. 青海交通科技, 2022, 34(05): 35-39.

基金项目: 陕西省教育科学“十四五”规划2023年度一般课题基金项目(SGH23Y3087)。

作者简介: 李强强, 男, 1992年12月, 汉族, 甘肃庆阳人, 硕士研究生, 助教, 主要从事道路与桥梁工程技术应用研究与教学工作。