

虚实结合的道岔检测实验平台设计与应用

路宏遥 石嵘

(上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

【摘要】道岔作为实现列车转辙的关键结构,是轨道交通线路的薄弱环节,对服役状态下的道岔科学检测是保障轨道交通安全运营的重要前提。基于“BIM+VR”技术,开设虚实结合的道岔检测技术实验,有效解决了理论教学单一性和现场实践操作空间与时间局限性的问题,极大地激发了学生深入学习专业知识的热情。课程将理论学习、虚拟检测与现场实训有机结合,以立体化的方式培养学生理论知识的学习能力和实践技能的操作水平,有助于引导学生提高创新思维和工程意识,为培养轨道交通创新型人才贡献力量。

【关键词】道岔检测;虚实结合;实验设计;实际应用;教学创新

【中图分类号】TU17

【文献标识码】A

【文章编号】1674-7461(2023)06-0123-05

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2023.06.21

引言

近年来我国在轨道交通建设领域取得了巨大的成就,培养面向现代化的工程技术人才成为亟需解决的重要难题。道岔作为铁路线路的交叉点和薄弱环节,轮轨接触关系复杂,其服役状态直接影响着列车运行的安全。维修规程中关于道岔的检测项目繁多且流程复杂,这对专业检测技术人员的理论基础与实践能力均提出了较高的要求^[1]。

目前,道岔检测技术的教学环节主要包括课程专业理论和现场实践操作两个模块。理论学习方面,学生在轨道工程等课程中对道岔结构的组成与受力特征进行学习,但普遍存在着对隐蔽性构件与复杂检测流程难以“具象化”认知的问题^[2]。实践操作方面,学生前往实训基地进行道岔结构细部认知与检测设备使用方面的学习,但实训基地可同时容纳的人数与进行实践操作的时间受到限制,学生难以有效提升道岔检测关键技术的应用实践能力。为加强道岔结构理论基础和实践操作能力的全面培养,提升学生分析和解决实际工程问题的综合能力,迫切需要开展道岔检测技术教学模式上的创新实践^[3]。

作为新形式的信息化工具,将BIM技术可视化优势与虚拟现实技术相结合^[4,5],为铁道工程专业数字化教学提供了一种全新的思路^[6]。结合工务部门在道岔

养护维修环节中所遇到的实际问题与人才技能的培养需求,在教学环节中引入基于“BIM+VR”技术的道岔虚拟检测技术实验平台。应用软件对道岔结构进行精细化建模,根据道岔设备养护维修的实际需求,基于Unity等软件搭建虚拟检测实验平台,为我国轨道交通建设与维保输送具有工程素养的应用技术型人才。

1 虚实结合检测实验目的与原理

1.1 虚实结合实验开设目的

针对不同类型的道岔特点制定相应的检测与维修规范,提高道岔结构检测精度与效率是保障列车安全运行的重要前提^[7]。传统教学环节中学生在完成道岔结构理论学习后,通常前往实训基地或是施工现场进行观摩学习^[8]。受到实训时间限制与安全管理的限制,难以满足所有同学都能有充裕时间进行实际操作,不利于学生理论知识的巩固与实践技能的提高。针对现阶段教学模式上存在的弊端,需要以行业实际需求为导向,在理论教学、创新实验和校外实践等环节的教学方法与实现手段方面进行全方位改革^[9,10]。

虚拟检测技术具有不受时间与空间限制的优势,通过开设虚实结合的道岔检测技术实验可有效解决以往教学环节中未能将充分理论知识与实践操作结合起来的问题。以巩固理论知识和加强实践能力为目标,

【基金项目】上海工程技术大学产教融合课程建设项目“铁道工程BIM课程设计”(编号:k202310002)

【第一作者】路宏遥(1990-),男,实验师,主要研究方向:轨道结构健康监测技术。

将虚拟现实技术融入道岔结构检测教学中^[11]，学生通过交互设备在校内实验室中可进行道岔虚拟检测全过程的模拟，各专业学生随时随地了解道岔的复杂性组成与隐蔽性构件。三维可视化教学手段的引入，既解决了理论学习时资料利用率低的问题，又为后续前往实训基地开展现场实践操作提前做好检测技能方面的铺垫，如图1所示。

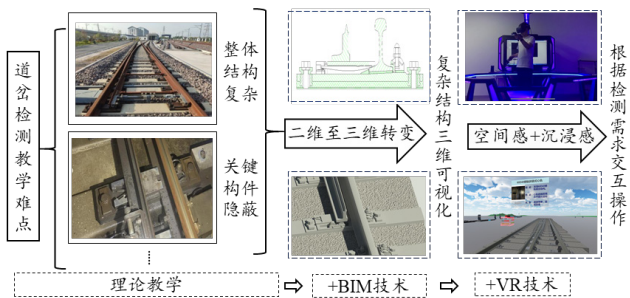


图1 BIM+VR 技术应用于道岔检测教学

1.2 虚拟检测实验实现原理

建筑信息模型(BIM)技术的核心在于信息化集成,以各项数据信息为基础可创建结构三维可视化模型与应用场景^[12]。虚拟现实(VR)技术通过营造一个将视觉、听觉和触觉融于一体的虚拟环境,依靠专用的显示头盔和操作手柄等交互设备,对自身所处的虚拟三维场景可进行交互操作^[13]。

BIM+VR技术的应用可有效解决道岔检测教学环节中“现场模拟困难”的问题,同时能够有效促进教学资源的统筹、规划与整合。以BIM技术为载体融合道岔不同构件的信息,依托虚拟现实技术在沉浸性和交互性等方面的优势,可在教学中引入并开发道岔虚拟检测实验模块。学生在虚拟现实环境中沉浸式漫游,开展道岔隐蔽性结构与关键传力构件细部三维可视化认知学习。通过显示头盔和操作手柄实现人机交互,按照养护维修规程的要点在虚拟场景中进行相关检测步骤和流程的操作模拟,实现道岔检测理论由浅而深的学习,逐步增加对道岔养护维修关键技术的理解。

2 虚实结合道岔检测技术实验设计

2.1 道岔三维可视化建模

选用Revit软件作为主要的三维建模工具,分别建立不同号码的道岔与所需的巡检设备工具。结合道岔结构的复杂性和检测工具的差异性,分别构建自定义族并精确进行参数设置。基本模型库建立完成后,为进一步完善模型信息化的属性,除了模型的几何信息以外,非几何信息可依据实际情况进行添加,主要包

括使用部门、维护单位和设备编号等关键参数,满足不同专业、不同阶段之间的协同检测需求,结合设计资料所建立的细部构件和道岔整体模型如图2(a)~(e)所示。

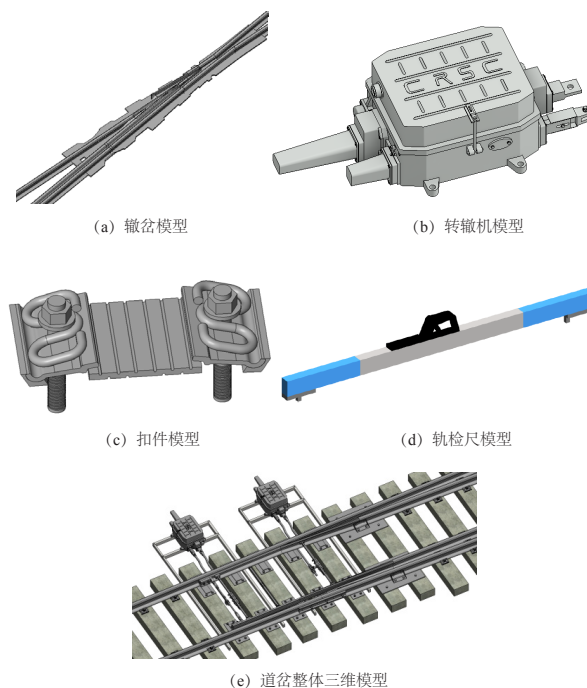


图2 细部构件与道岔整体模型建立

2.2 道岔虚拟检测方法的实现

将道岔结构三维模型进行优化处理,并使用着色器、材质球等工具对模型进行渲染,可以创建逼真的现场检测环境渲染效果。充分考虑实际中可能存在的各种检测条件与场景,通过设置天空盒参数信息来调整光照、云层等自然信息,选择合适的材质球定义轨道交通现场设施设备的颜色和反射等属性。将BIM模型载入到Unity工程文件时,要对模型进行检查,使用编辑工具来矫正和修复模型在导入过程中可能出现的模型损失或变形等问题。调用SteamVR等相关插件,搭建符合现场实际情况的道岔检测虚拟现实场景,如图3所示。根据养护维修规程要求使用C#编写交互脚本,开发所需的人机交互功能,通过空间位移、头部运动和手柄控制等操作实现道岔结构认知与检测仿真等相关内容。

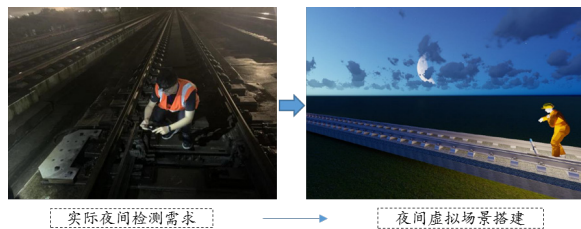


图3 道岔虚拟检测场景设计



以道岔区域的轨距虚拟检测为例，需根据道岔养护维修的要求，预先设置所需测量轨距的位置的坐标位置 $A_i = (X_i, Y_i, Z_i)$ ， i 代表需要检测的位置的数量。在 FixedUpdate 函数中记录轨检尺的位置 $A_0 = (X_0, Y_0, Z_0)$ ，当操作者手持轨距尺接近预定的检测位置时，轨距尺将自动移动到指定位置，弹出轨距测量信息^[4]。学生需根据规范要求，判断所测量位置处的轨距是否满足道岔静态几何尺寸容许偏差管理值要求，并依次进行下一待检测位置的轨距测量，虚拟检测交互的算法逻辑如图 4 所示。

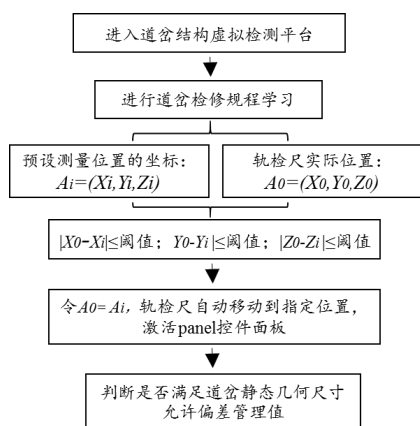


图 4 道岔虚拟检测功能实现流程

2.3 道岔虚拟检测功能设计

道岔结构常见的病害主要包含道岔轨距与水平不良等问题，在日常养护维修中，选用合适的检测设备对道岔进行全面检测并记录数据，分析检测结果是否存在超限情况，依此制定合理的维修计划和整治措施。结合已开设的轨道检测技术实验、线路工程实习等实践课程情况与工程所需的实践技能要求，对虚拟实验教学内容进行功能与模块设计，如图 5 所示。

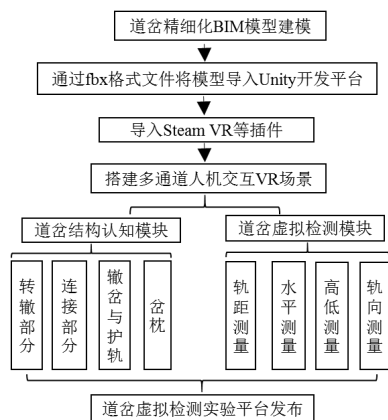
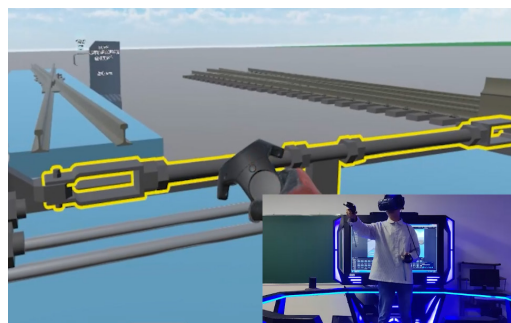


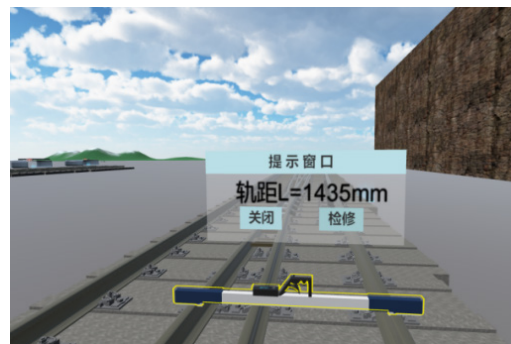
图 5 虚拟检测实验平台设计

虚拟检测实验平台的引入弥补了道岔隐蔽性构件在理论教学方面难以生动展开讲解的不足，学生使用

交互装置实现构件的拾取和旋转，进行多角度、全方位认知学习复杂结构的细部组成和连接构件的受力与传力特征。同时，不受时间与空间的限制，学生在前往现场实训前通过虚拟检测进行提前学习，了解道岔检测设备的使用方法与校准原则，调用轨距尺等工具对道岔不同位置的水平与轨距等参数进行虚拟检测，并学会利用检测数据制定出合理的维修计划，依照规范对道岔服役状态进行准确评价，如图 6 (a) ~ (b) 所示。



(a) 构件认知学习



(b) 判断是否存在超限

图 6 复杂构件认知与状态评价

3 虚实结合的道岔检测技术实验应用

基于“BIM+VR”技术构建虚实结合的道岔检测技术实验，将复杂的检测过程在虚拟现实环境中进行模拟，增加了教学环节的直观性与互动性，一方面结合工程所需有针对性地提高了学生的创新意识和工程思维，另一方面有效地推动现有教学模式系统性的全面创新。

3.1 道岔虚拟检测平台应用

在道岔可视化认知模块中，学生在虚拟轨道环境中自由漫游，通过交互设备调整控制视角，直观学习道岔的整体组成与细部结构。通过拖拽细部模型实现关键构件的分解与装配，熟悉隐蔽性构件的连接关系。在道岔检测作业模拟模块，通过拾取轨距尺与塞尺等工具，结合理论课程所学，掌握道岔检测所需的工器

具使用方法和数据处理思路,完成道岔检测作业全过程的模拟操作。对于理论课程中未能充分理解的难点,学生可以通过图文说明和动态演示多维度分解学习,如图7所示。每组虚拟检测实验完成后,学生需提交实验报告并对虚拟实验内容设计和虚拟操作效果进行评价与反馈,这将作为道岔虚拟检测模块功能进一步开发与完善的重要参考。



图7 道岔关键构件多维度学习

3.2 立体化教学方法实现

虚实结合的道岔检测技术实验采用理论学习、虚拟检测与现场实训相结合的立体化教学方式,让学生以最直观的方式参与到工程实践中,由浅入深地提高专业水平,如图8所示。

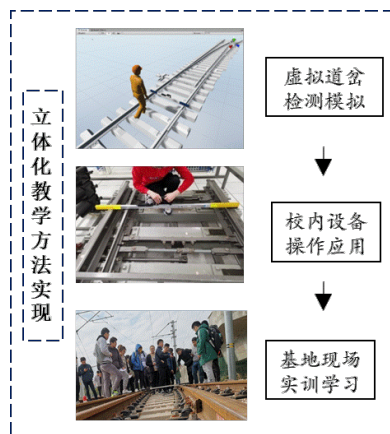


图8 立体化教学方法

(1) 理论学习

在传统平面化的理论教学中增加了灵活多样的虚拟教学手段,重点补充了道岔隐蔽性构件的可视化认知环节,学生通过观察三维模型和沉浸式漫游等方式解决理论学习中的困惑,巩固了道岔结构检测技术的理论基础。

(2) 实践操作

虚拟检测环节的引入有效解决了专业实践场地与时间受限的问题。通过虚拟检测平台学生对道岔养护维修关键流程进行全过程进行模拟,应用理论所学准确分析检测数据,为后续进行的现场实训做好准备,提升了运用技术标准与参考资料解决实际工程问题的能力。

3.3 推进教学模式改革

以巩固道岔检测关键技术的认知和提高学生解决工程实际问题的能力为目标,虚实结合的道岔检测技术实验有效促进了学科间的交流,并积极推进了教学模式的改革。

(1) 教学方法灵活设计

在教学方法上力求创新,可进行更为灵活的教学方案设计,改变了传统模式中中学生仅通过阅读纸质教材或电子文件的单一化学习方法。学生可直接应用建模工具构建各类轨道设施(如道岔、轨枕、钢轨等)的三维可视化模型,并进行虚拟检测全过程的沉浸式学习,提高了专业人才培养的效率。

(2) 教学模式多元创新

“BIM+VR”技术在实验环节中的应用,有效解决了道岔检测实训环节中时间与空间受到限制的问题,缓解了实训场地统筹规划和设备资源整合的难题,实现了教学成本最小化,教学效果最大化,并为相关课程提供了多元化教学模式的思路。

(3) 教学资源开放共享

虚实结合的道岔检测技术实验的实施极大丰富了课程的教学内容和手段,可同步利用已设计的道岔虚拟平台开展轨道交通多专业联检的实验项目,并为大学生进行科技创新活动提供了平台支撑。

4 结论

结合轨道交通创新型人才培养的需求,虚实结合的道岔检测技术实验设计以立体化的方式将理论学习、虚拟检测与现场实训有机结合,为专业学生培养提供了沉浸式互动学习的新模式。结合道岔结构检测的关键性问题,学生有针对性地开展课程学习与专业实践,有效提升了自我学习和创新实践的综合能力。

参考文献

- [1] 罗雁云,周俊召,熊永亮.新工科战略背景下轨道交通通识课程教学探索[J].城市轨道交通研究,2020,23(11):10-13+43.
- [2] 冯昭君.土木工程专业理论力学线下教学改革探索研究[J].四川文理学院学报,2022,32(02):89-93.



- [3] 彭其渊,李力,文超,等.面向协同决策能力培养的轨道交通虚拟仿真实验教学改革[J].高等工程教育研究,2022(04):81-85+115.
- [4] 齐东春,雷进生,陈兴华.基于BIM的土木工程课程体系及教学方法改革[J].土木建筑工程信息技术,2021,13(05):115-118.
- [5] 汪华健,汪志锋.基于虚拟现实的仿真教学系统设计[J].计算机仿真,2022,39(04):205-209.
- [6] 朱志辉,刘丽丽,徐磊,等.钢弹簧浮置板减振轨道虚拟仿真实验开发与实践[J].实验技术与管理,2021,(12):112-116.
- [7] 张超,何越磊,路宏遥.基于BIM+移动增强现实的高速铁路工务智能维修技术研究[J].铁道标准设计,2021,(12):44-49.
- [8] 杨正丽,蔡诗响,鲁恒,等.校企协同模式下创新型人才培养研究[J].实验科学与技术,2021,(02):132-136.
- [9] 丛丛,李俊辉,秦凯.城市轨道交通行车作业虚拟仿真实训系统的设计与应用[J].城市轨道交通研究,2020,(08):44-49.
- [10] Alizadehsalehi S, Hadavi A, Huang J C. Assessment of AEC Students' Performance Using BIM-into-VR[J]. Applied Sciences. 2021, 11(7): 3225.
- [11] 袁振霞,边亚东,赵毅,等.远程协助虚拟仿真技术在土木类实践教学中的探索[J].实验室研究与探索,2020,(10):203-207.
- [12] 赵雪锋,侯笑,刘占省,等.高校BIM课程教学闭环管理体系研究[J].图学学报,2021,42(06):1011-1017.
- [13] 梅佳琪,陈强.基于虚拟现实的多感官视觉交互界面生成方法[J].计算机仿真,2022,39(09):212-216.
- [14] 张超,何越磊,娄小强,等.基于BIM+VR的高速道岔检测培训技术研究[J].物流工程与管理,2021,43(04):83-87+68.

Design and Application of Turnout Detection Experimental Platform Based on the Combination of Virtual and Real

Lu Hongyao, Shi Rong

(School of Urban Rail Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Turnout is the key structure for train switch. As the weak link of rail transit line, scientific detection of turnout structure during service is an important guarantee to maintain the safe operation of rail transit. Adopting "BIM + VR" technology, this paper proposes a course of the turnout detection technology experiment combining virtual and real was set up, which effectively solves the problems of the singleness of theory teaching and the limitation of operation space and time of field practice and also has greatly stimulated students' enthusiasm of study. The course organically combined theoretical learning, virtual detection and on-site training to cultivate students' learning ability of theoretical knowledge and operation level of practical skills in a three-dimensional way, which is helpful to guide students to improve their innovative thinking and engineering awareness and contribute to the cultivation of innovative talents in track engineering.

Key Words: Turnout Detection; Virtual and Real; Experimental Design; Practical Application; Teaching Innovation