



虚拟现实技术在生物学野外实习中的应用

秦丽玮, 邓灵福, 龚思颖, 周 权, 雷 明, 李 兵*

(华中师范大学生物学国家级虚拟仿真实验教学中心, 武汉 430079)

摘要: 生物学野外实习是生物学科的重要实践教育环节, 而传统高校生物学野外实习教学存在资深带队教师数量不足、教学方法单一、实习地环境破坏、实习安全等问题, VR 技术为解决这些问题提供了解决方法。该文介绍了 VR 技术在高等教育中的应用现状, 并提出了生物学野外实习虚拟仿真教学资源建设的方法。通过融合 VR、Unity3D、全景视频、三维数字重建、数字高程模型构建等技术, 建成具有仿真度、互动性和情境性的野外实习环境。以华中师范大学 VR 教学实践为例, 分析了基于 VR 的生物学野外实践教学应用效果。调研结果显示, 基于 VR 的教学实践能够突破传统教学中的时空限制, 激发学生学习兴趣, 丰富教学形式, 有助于提升教学效果。

关键词: 教学改革; 虚拟现实; 生物学野外实习; 实践教学

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240208

Application of Virtual Reality Technology in Biological Field Practice

QIN Liwei, DENG Lingfu, GONG Siying, ZHOU Quan, LEI Ming, LI Bing*

(National Virtual Simulation Experimental Teaching Center for Biology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Biological field practice is a vital component of practical education in biology. However, traditional biological field practice in higher education faces several challenges, including a shortage of experienced instructors, monotonous teaching methods, environmental degradation at practice sites, and safety concerns. The VR technology offers a promising solution to these challenges. The paper reviews the current applications of VR technology in higher education and proposes a framework for developing virtual simulation teaching resources for biological field practice. By integrating technologies such as VR, Unity3D, panoramic video, three-dimensional digital reconstruction, and digital elevation modeling, a highly realistic, interactive, and immersive field practice environment is constructed. Taking the VR teaching initiative at Central China Normal University as a case study, the paper analyzes the effectiveness of VR-based biological field practice. The survey results indicate that VR-based teaching practice can overcome the spatiotemporal constraints of traditional instruction, enhance student motivation, diversify teaching approaches, and ultimately improve learning outcomes.

Key words: teaching reform; virtual reality; biological field practice; practical teaching

党的二十大报告对教育、科技、人才进行了“三位一体”统筹部署, 指出要全面提高人才自主培养质量, 着力造就拔尖创新人才。顶尖人才的集聚和培养归根结底要依靠教育, 要依托大学^[1]。生物学野外实习作为生物科学专业的一门必修

课, 是动物学、植物学、生态学等课程的实践教学环节, 也是衔接生物科学宏观和微观学科的有效平台。它不仅能够加强学生理论联系实际能力, 培养吃苦耐劳和团结合作精神, 树立环境保护意识, 还能培养学生的实践创新思维和提高科

收稿日期: 2024-04-18

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(61977028); 2021 年湖北省高等学校省级教学研究项目(2021099); 2021 年教育部高等教育司产学研合作协同育人项目(202101317002)。

作者简介: 秦丽玮, 博士, 高级实验师, 主要从事虚拟仿真实验资源建设与应用方面的研究。E-mail: liweiqin@ccnu.edu.cn

* 通信作者: 李兵, 博士, 教授级高级实验师, 主要从事虚拟仿真实验室建设、实验教学与实验室管理方面的研究。E-mail: shblzl@ccnu.edu.cn

学研究能力,在生命科学拔尖创新人才培养中发挥了重要作用^[2-3]。随着国家对生态环境保护的重视程度加深,社会对动植物学和生态学创新人才需求逐渐增大。同时传统生物学野外实习中的问题日益凸显,包括极端环境存在安全风险、珍稀保护动植物不可获得、实习经费及课时有限、师生比小和教学模式单一等,降低了野外实习的教学效果^[4-5]。如何解决传统野外实习中的教学问题,提升人才培养质量,是生物学野外实习教学改革的重要研究内容。

在数字化时代,虚拟仿真技术在教育领域掀起了一场变革风潮。教育部、工业和信息化部、文化和旅游部等5个部门联合印发了《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划》,提出到2026年推进“虚拟仿真实验教学2.0”。华中师范大学生物学国家级虚拟仿真示范中心以此为契机,持续推进数字技术与实验教学的深度融合,紧密结合生物学学科特点和人才培养需要,充分运用虚拟现实技术、互联网技术和计算机技术,建设了沉浸感高、交互性强的生物学野外实习虚拟现实教学资源,探索了虚拟现实技术在生物学野外实习教学中的应用,为培养学术实践能力和科学素养,深化高校生物学野外实习信息化教学改革提供新的思路。

1 虚拟现实技术

1.1 虚拟现实技术的概念

虚拟现实(virtual reality, VR)技术是一种综合利用计算机图形渲染技术、传感器技术、仿真技术、多媒体技术、人机交互技术等,生成具备真实模拟现实的三维互动沉浸式环境^[6]。VR技术具有交互性、沉浸感、构想性的特点,用户需通过特殊的硬件设备与虚拟环境交互,实现视觉、听觉、触觉、力觉等多通道融合的沉浸式体验^[7-9]。VR硬件按照功能可分为显示设备和交互设备。VR场景的显示方式包括头盔显示器、3D立体眼镜、真三维显示、全息和环幕、球幕等,其中头盔显示器是VR中最典型的显示设备^[10-11]。目前,市场上的主流头盔显示器产品有HTC Vive、Oculus Rift、三星Gear VR、微软HoloLens等,均能够提供高分辨率、大视场角的虚拟场景^[12-14]。其他外置硬件设备主要用于实现与VR的交互功能,包括操作手柄、数据手套、三维鼠标、运动跟踪

器、力反馈装置等^[15-16]。

1.2 虚拟现实技术在高等教育中的应用现状

当前VR技术已经非常成熟,并且在教学上的应用获得了广泛认可。在国外的众多顶尖院校,如斯坦福大学、耶鲁大学、麻省理工大学等都建设有VR实验室,并逐步推广。斯坦福大学人类交互实验室将VR技术融入课堂,通过在水下进行关于气候变化对海洋影响的VR体验来提高学生的海洋知识和环保意识。耶鲁大学研发了基于VR的数字人文实验室,学生利用VR设备探索虚拟空间并同室内物体进行互动,沉浸式接触艺术品、标本、善本书籍和历史文献而获取知识^[17]。麻省理工大学媒体实验室致力于虚拟环境研究,开发了一个名叫BOLIO的测试环境,基于该环境建立了虚拟环境下的对象运动跟踪动态系统。北卡罗莱纳大学开发了名为“像素飞机”的VR系统,帮助用户在复杂视景中建立实时动态显示的并行系统。在我国,VR技术在教育中的研究应用起步较晚,随着国家的高度重视和政策引导,大批科研院所也积极开展相关研究工作。北京航空航天大学虚拟现实技术与系统国家重点实验室围绕航空航天、国防军事、医疗手术、装备制造和文化教育5个领域的重大应用需求,开展VR领域的基础研究、应用基础研究和战略高技术研究。北京师范大学虚拟现实应用教育部工程研究中心,在VR理论、VR工程学、颅面形态学、三维医学等方面进行了探索与研究,并取得了科研成果和经济效益。目前,VR技术在生物专业教育中应用不多,特别是生物学野外实习教学活动。如何建立生物学野外实习的VR环境,将VR技术深入融合到教学中,改革教学模式、教学手段,强化教学效果,是我们积极探索的课题。

2 基于VR技术的生物学野外实习教学资源建设

生物学野外实习是以自然生长的动植物以及其生活的生态环境为对象,选择典型区域或路线指导学生运用知识和基本技能,进行考察与观测,以培养学生理论联系实际的能力和进行生物学综合能力的实践活动^[18]。华中师范大学生命科学学院野外实习基地位于黄冈市罗田县天堂寨林场,属北亚热带湿润季风气候,具有典型的山地气候特征,其自然环境优美,动植物种类繁

多，是生物专业科学研究和人才培养的重要基地，每年完成生物科学和生物技术专业 200 余人的野外实习教学任务。然而在实际教学实践过程中，野外实习的教学质量受到了共性问题的限制，如高危环境不可及、珍稀物种不可获得、教学模式单一等。华中师范大学动植物学教学团队围绕这些瓶颈问题，开展了 VR 教学资源建设工作，采用 VR 技术、Unity3D、三维数字重建、数字高程模型(digital elevation model, DEM)构建、

全景摄影、计算机仿真等信息技术，建立了具有仿真度、互动性和情境性的生物学野外实习 VR 教学资源。

2.1 建设方法

生物学野外实习 VR 教学资源建设主要是通过实际野外场景中进行全景摄影，后期进行数字重建和全景呈现，使学生在去复杂的实际场景环境前就能体验和学习野外实习内容。生物学野外实习 VR 教学资源开发流程如图 1 所示。

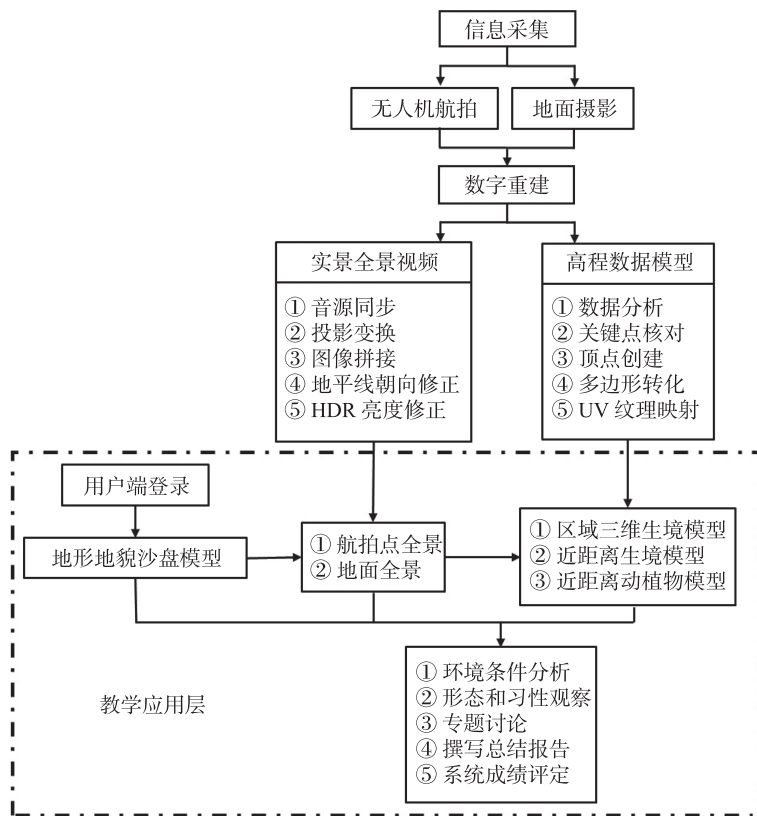


图 1 生物学野外实习 VR 教学资源开发流程图

2.1.1 全景摄影

传统全景拍摄采用单个数码相机搭配三脚架，或者无人机搭载单个摄像头来实现，旋转拍摄多张重叠照片后拼接成全景图像^[19-20]。该方法无法同步拍摄且后期图像拼接难度大，无法满足全景视频拍摄需求。本研究采用 GoPro 运动相机组合进行全景视频拍摄，同步拍摄获取 360°全视野视频信息。当采集完多个视频素材后，通过音频同步的方式在时间长度上对齐各个角度的成像，通过自动分析关键影像信息形成同步点，避免人工设置视频对齐的同步点。将同步后的视频导入 GoPro MAX Exporter 软件进行缝合处理，并使用 Adobe Premiere Pro 软件进行视频编辑。拼接

后的全景视频进行水平矫正和高动态范围(high dynamic range, HDR)影像处理后，采用墨卡托投影方式输出全景视频，并使用高清视频解码进行原生态动态生境的解码和播放，配合自由的视角操控，即可进行 VR 野外生境的自由观察。

2.1.2 DEM 构建

DEM 是描述地表起伏形态特征的空间数据模型，由地面规则格网点的高程值构成的矩阵，形成栅格结构数据集^[21]。DEM 数据分析可获得坡度、坡向、海拔、土壤盐分水分以及河流等环境因子的分布，从而研究环境因子与植被分布的关系，揭示植物种群的形成机制和生态适应策略^[22]。传统 DEM 构建通常采用无人机倾斜拍摄来获取地

面完整信息, 该方法在获取复杂区域和细节区域信息存在局限性^[23]。本研究利用无人机倾斜摄影与地面摄影采集技术融合的方案, 建立仿真度高的 DEM。无人机倾斜摄影技术通过在空中多角度对地表对象进行拍摄获取影像, 将数据导入 ContextCapture 平台, 并加载对应的像控点, 进行影像空三加密和密集匹配, 产生三维点云数据。再使用多边形模型 UV 映射的方法, 将实地拍摄得到的彩色照片映射为模型纹理, 将纹理信息赋予给三维点云, 最终形成高精度还原的野生生境三维模型。

2.1.3 全景展示

在虚拟全景显示方面, 传统技术主要采用桌面式全景, 体验者需要通过滑动鼠标或键盘操作调整观察角度, 很难产生身临其境的真实体验, 限制了全景影像的立体效果展示^[24]。针对上述问题, 本研究以 VR 头戴显示器、电脑端、手机移动端等多个手段进行教学应用, 充分发挥智能终端方便快捷的优势, 真实视野和富媒体交互, 更生动地将学生带入自然生境。采用 C#语言运用 Unity3D 技术引擎进行开发设计, 进一步完善客户端功能, 满足操作记录、学习进度记录以及赋分

等功能需要。

2.2 建设内容

神农架地区物种多样性极其丰富, 分布有金丝猴和大熊猫等珍稀野生动物, 是生物学野外实践的理想场所。云南有丰富复杂的地形地貌, 南北纬度跨越热带、南亚热带、中亚热带, 气候环境复杂, 是中国动植物物种多样性最丰富的省份。本研究采用 C#语言, 运用 Unity3D 技术引擎开发设计适用于电脑端、手机移动端、投影设备和 VR 头戴显示器的野外实习 VR 资源, 包括湖北神农架和云南地区的动植物野生生境。其中神农架野生生境包含大龙潭、金猴岭、木鱼镇、板壁岩、老君山、瞭望塔、大九湖等区域的 9 个航拍点和 7 个地面观察点全景资源, 可多角度、全方位地展现神农架川金丝猴生活环境及分布区域。云南省兰科植物野生生境包括丽江杓兰全景生境、西藏杓兰全景生境、黄花杓兰全景生境、无苞杓兰全景生境等, 如图 2 所示。学生可通过虚拟仿真系统身临其境观察和研究金丝猴的形态特征、社群结构和生活习性, 了解兰科植物为代表的珍稀濒危植物的形态特征、传粉对策与生物多样性保护策略。

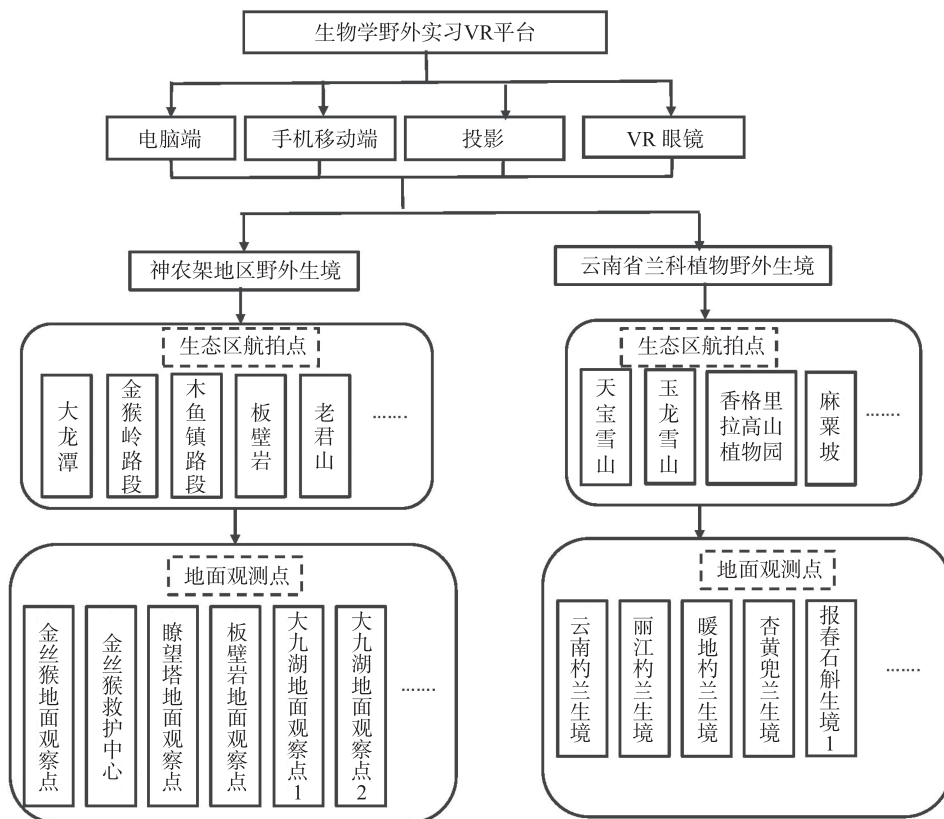


图 2 生物学野外实习 VR 教学资源建设内容架构图

3 珍稀动物生物习性观察虚拟仿真项目教学应用

3.1 应用实例

珍稀动物习性观察是生物学野外实习的重要拓展，由于珍稀动物远离人类，在实习活动中无法直接观察和研究。华中师范大学动物学教学团队依托生物学野外实习 VR 资源，以学生为主体、教师为导向，采用启发探索式教学方法，开展教学实践。教师通过开放性问题的提出、学习场景创建和学习引导，指导学生进行自主学习，最终教师结合虚拟实验成绩、小组讨论情况和总结报告打分，给出综合性评价，如图 3 所示。

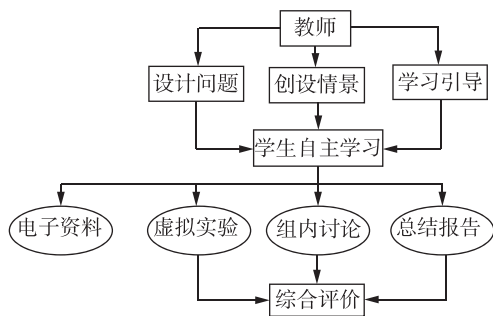


图 3 启发探索型教学模型图

3.1.1 教学目标

珍稀动物习性观察的教学目标包括以下 3 点。

- 1) 研究川金丝猴的生物学习性，掌握珍稀动物相关基础知识。
- 2) 学习川金丝猴与环境的关系，理解动物对环境的适应性。
- 3) 学习川金丝猴的生物学习性，学习珍稀动物资源保护、救护、饲养、繁育等专业知识，提高对珍稀濒危动物保护意义的认识。

3.1.2 教学过程

教学过程包括课前、课中和课后 3 个环节。

1) 课前，教师提出专题。如川金丝猴栖息地食源植物的分布和川金丝猴种群概况；珍稀动物的形态结构、行为习性、食物选择等如何与环境条件相适应；珍稀动物与生态环境的相互作用，珍稀濒危动物保护的意义是什么；珍稀动物的救护、饲养与管理策略是什么。学生根据兴趣选择或自拟题目，自主组建小组，完成文献及资料查阅、调查研究方案设计，学生在电脑端或手机移动端通过账号登录 VR 平台网站，完成珍稀动物

生物习性观察的 VR 实验操作，进行方案论证。

2) 课中，教师讲解野外实习安全知识。如被毒蛇、毒虫叮咬后护理方法、简易外伤包扎、野外自救常识，提高学生安全意识和安全知识储备。随后，在教师的指导下，学生戴上 VR 头盔，沉浸在虚拟空间，通过操作手柄，进行观察地点切换，数字头骨抓取、旋转、缩放、拆分等互动操作，如图 4 所示。学生按照研究计划进行考察，完成生境观察、数字头骨比较、习性观察和保护措施 4 个内容的 VR 学习，并做好记录。最后以小组为单位完成资料整理，进行总结汇报。总结汇报过程包括师生讨论和教师点评，以进一步加强学生对专题的理解与认识。

3) 课后，学生以科学论文的方式撰写研究报告。



图 4 珍稀动物生物习性观察虚拟实验课堂实景图

3.1.3 多元性评价

多元性评价体系由虚拟仿真操作、课堂表现、研究报告评分 3 部分组成，综合考察学生在实验课前、课中和课后的全过程表现。珍稀动物生物习性观察虚拟仿真实验设计了 50 个交互性步骤，每个步骤都有赋分，学生完成整个实验内容后，由软件自动给出分数，即为虚拟仿真操作评分。课堂上，老师根据学生遵守纪律情况、回答问题情况和小组汇报中个人贡献给出课堂表现评分。实验课后，教师根据学生个人撰写的研究报告完成情况给出评分。个人综合成绩由 3 部分组成：虚拟仿真操作(20%)、课堂表现(20%)、研究报告(60%)。

3.2 应用效果

为了解基于虚拟现实的生物学野外实习项目在课程实践中的应用效果，本研究对参与课程的本科生进行了问卷调查，回收有效问卷 87 份。调查的内容与结果分析如下。

3.2.1 VR 教学的满意度

98.9% 的学生喜欢 VR 实验教学，说明学生对 VR 实验接受度很高。

3.2.2 VR 教学的优势

93.1% 的学生认为 VR 教学突破了传统教学中的时空限制,使传统教学中难以完成的实践内容得以开展;78.2% 的学生认为高逼真度和高互动性的虚拟学习环境提高了学习兴趣;90.8% 的学生认为基于 VR 的实验教学丰富了教学形式,有助于实践能力和科研思维能力的培养。

3.2.3 VR 教学的学习效果

96.6% 的学生认为 VR 教学对自己的学习有帮助,在具有沉浸感的虚拟学习空间中,能够巩固学科知识、掌握基本实验技术以及分析解决科学问题的方法。

3.2.4 VR 教学的改进建议

问卷中有 12 名学生给出了改进意见,4 名学生认为需要提高网速,2 名学生认为需要降低虚拟软件登录运行门槛,4 名学生认为有必要加强 VR 实验操作培训,3 名学生认为需要建设更多的 VR 实验内容。

3.3 取得成效

近年来,华中师范大学通过 VR 技术与生物学实习教学相结合,进行了实验教学改革实践,经过教师和学生的共同努力,教学团队获批国家自然科学基金教育信息科学与技术方向面上项目 1 项,湖北省教学研究项目 3 项,获得湖北省教学成果二等奖 1 项。教学团队指导的学生获批国家级大学生创新性实验项目 2 项,校级大学生创新创业项目 2 项,获得全国大学生生命科学竞赛三等奖 2 项,湖北省生命科学竞赛三等奖 1 项,全国高校博物馆优秀讲解案例征集展示活动三等奖 1 项。基于 VR 技术的生物学野外实习教学资源在教学改革和人才方面取得了丰硕成果。

4 结束语

利用 VR 等信息技术辅助教学是高等教育改革的一项重要策略,对推动和培养具有独立思维和创新精神的高素质人才具有重要作用。VR 技术应用于实践教学能营造逼真的野外实习环境,加强学生对课堂知识点的直观理解和掌握,激发学生的学习兴趣,为学生的自我学习创造有利条件,有助于学生进行更深层次的学习,对提高生物学野外实习教学效果带来积极作用。本研究结合 VR 技术、全景摄影、无人机航拍、全景还原、测绘数字高程模型和计算机仿真等技术,建

立了高还原度的虚拟实习资源,并在教学实践中取得了一些成效。今后将继续探索和完善现有的生物学野外实习资源,充分发挥 VR 技术优势,持续提高 VR 技术在实践教学中的效果,为现代高校教育信息化改革起到借鉴作用。

参考文献

- [1] 施一公.立足教育、科技、人才“三位一体”探索拔尖创新人才自主培养之路[J].国家教育行政学院学报,2023(10):3-10.
- [2] 金晓芳,张琪,王华梅,等.生物学野外实习物种鉴定能力培养体系的构建[J].实验室研究与探索,2023,42(8):219-224.
- [3] 孙泽阳,黄辉,闫春财.基于“3+3”模式的生物学野外实习改革和探索[J].实验室科学,2022,25(5):156-158.
- [4] 张增焘,常海珍.动物学野外教学实习面临问题的思考与建议[J].现代职业教育,2020(1):184-185.
- [5] 吾登,秦瑞坪.基于生物科学野外实习教学模式改革的思考[J].产业与科技论坛,2020,19(24):163-165.
- [6] 黄璇.基于虚拟现实技术的数字媒体艺术设计创作研究[J].鞋类工艺与设计,2022,2(9):43-45.
- [7] SUÁREZ R, ALONSO A, SENDRA J J. Virtual acoustic environment reconstruction of the hypostyle mosque of Cordoba[J]. Applied Acoustics, 2018, 140: 214-224.
- [8] SHI Y X, WANG F, TIAN J W, et al. Self-powered electro-tactile system for virtual tactile experiences[J]. Science Advances, 2021, 7(6): eabe2943.
- [9] 胡志忠.虚拟现实技术在游戏设计中的应用探析[J].科技创新与应用,2022,12(26):193-196.
- [10] MAIMONE A, WANG J R. Holographic optics for thin and lightweight virtual reality[J]. ACM Transactions on Graphics, 2020, 39(4): 1-14.
- [11] GONÇALVES A, BORREGO A, LATORRE J, et al. Evaluation of a low-cost virtual reality surround-screen projection system[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2022, 28(12): 4452-4461.
- [12] KELLY J W, KLESEL B C, CHEREP L A. Visual stabilization of balance in virtual reality using the HTC vive[J]. ACM Transactions on Applied Perception, 2019, 16(2): 1-11.
- [13] MORO C, ŠTROMBERGA Z, STIRLING A. Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (oculus rift) and mobile-based (gear VR) virtual reality in medical and health science education[J]. Australasian Journal of Educational Technology, 2017, 33(6): 1-10.

(下转第 91 页)