

基于“VR+文化”的毗卢寺壁画保护与传播策略

孙可

(燕山大学 艺术与设计学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要: **目的** 以毗卢寺壁画为研究对象, 探索虚拟现实技术与古壁画保护传播的融合应用。**方法** 文化自信视域下, 以保护历史文化遗产、弘扬传统文化为出发点, 结合虚拟现实、三维建模、立体显示等数字技术, 从文化资源的深度与广度发掘毗卢寺壁画; 在对现有的古壁画保护与传播途径进行梳理研究的基础上, 从文物保护、交互体验、文化旅游等学科角度总结古壁画艺术与新科技手段相融合的方法, 探究应用虚拟现实技术于毗卢寺壁画保护传播的具体策略方案。**结论** 虚拟现实技术可通过健全共享数据资源库、构建虚拟现实导览展览系统、开发推广虚拟文创产品、联动高校艺术实践课程四种途径介入古壁画的保护与传播建设, 既能有效预防和弥补文物衰变或毁坏所造成的信息消亡, 同时又可以促进文物保护、考古研究工作与文旅产业的共同发展。

关键词: 毗卢寺壁画; 虚拟现实技术; 保护; 传播; 策略

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0320-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.035

Protection and Dissemination Strategy of Pilu Temple Murals Based on "VR + Culture"

SUN Ke

(School of Arts and Design, Yanshan University, Hebei Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the integrated application of virtual reality technology and the protection and dissemination of ancient murals with murals of Pilu temple as the research objects. From the perspective of cultural confidence, with the protection of historical and cultural heritage and the promotion of traditional culture as the starting point, the murals of Pilu temple were explored from the depth and breadth of cultural resources in combination with digital technologies such as virtual reality, three-dimensional modeling and three-dimensional display. On the basis of combing and studying the existing ways of protection and dissemination of ancient murals, the methods for integration of ancient mural art and new scientific and technological means were summarized from the perspective of cultural relics protection, interactive experience, cultural tourism and other disciplines, and the specific strategic scheme of applying virtual reality technology to the protection and dissemination of murals in Pilu temple was explored. Virtual reality technology can be involved in the protection and dissemination construction of ancient murals through four ways: perfecting shared data resource database, constructing virtual reality guided exhibition system, developing and promoting virtual cultural and creative products, and linking art practice courses in universities. It can effectively prevent and make up for the information loss caused by the decay or destruction of cultural relics. At the same time, it can promote the common development of cultural relics protection, archaeological research and cultural tourism industry.

KEY WORDS: Pilu temple murals; virtual reality technology; protection; dissemination; strategy

壁画艺术是中国古代文明的骄傲。建筑兴则壁画兴, 古壁画与古建筑是皮与毛的关系, 建筑为其提供

了存在的条件^[1], 但也囿于这一特征使壁画原迹往往无法流动展示; 同时, 许多优秀壁画因缺少传播渠道、

收稿日期: 2022-10-25

基金项目: 2020-2021 年度河北省社会科学基金年度项目 (HB20YS045)

作者简介: 孙可 (1991—), 女, 讲师, 主要研究方向为传统文化与现代艺术理论研究、壁画艺术理论与应用研究。

作品数量与参观环境有限等原因难以吸引游客前往。河北毗卢寺壁画就是其中的一个典型——作为与敦煌莫高窟、北京法海寺、山西永乐宫齐名的四大壁画之一^[2]，毗卢寺壁画在中国乃至世界壁画艺术中都享有极高的盛誉，而在国内乃至所处城市石家庄其普遍认知度不高、参观者较少，这一现状虽有利于壁画的保护却不利于这一瑰宝的传播。

科技的迅速更迭极大程度地改变了信息传播的方式，传统文化艺术与计算机网络技术的跨界融合给前者的挖掘与阐释、传承与发展带来了更多样化的可能。2018年，《工业和信息化部关于加快推进虚拟现实产业发展的指导意见》部署了重点任务，其中，推进重点行业应用，提出要引导和支持“VR+”发展，在“VR+文化”层面，强调推动虚拟现实在文物古迹复原、文物和艺术品展示、雕塑和立体绘画等文化艺术领域的应用，创新艺术创作和表现形式^[3]。壁画的建筑性特征使其同时涉及文物古迹复原、文物和艺术品展示等多个领域，在此契机下，近年来部分古壁画的保护与传播已通过这一高新技术的支持得到了很大程度的发展并取得了斐然成绩，证实了“VR+”理念的融入具有切实的可行性。

1 毗卢寺壁画数字化保护传播应用与研究现状

虚拟现实技术在传统文化艺术方面的应用与研究大多依托于极具历史文化价值、特征典型的建筑场所（大型文化遗址、博物馆等）的数字化建设，如数字化采集、存储、修复、虚拟展示、协助考古与文物研究、文旅宣传。近年来，敦煌研究院作为国内壁画保管、研究机构的翘楚在相关领域进行了大量的探索与实践，收效显著，且极具研究价值与指导意义^[4]。而河北石家庄毗卢寺壁画或因自身及所属建筑规模、形制的局限未能引起足够的重视，其数字化进程还处于初步探索阶段。

毗卢寺现存前、后两殿（释迦殿与毗卢殿）壁画共计200余平方米，其中毗卢殿整体而言保存较为完好且画面精美珍贵^[5]，但局部出现病害的侵蚀，且殿内光线昏暗，给参观带来诸多不便。在此背景下，石家庄市毗卢寺博物院运用科技手段展开壁画的数字化保护工作：2012年，邀请敦煌研究院数字中心正式开展壁画数字化工程，对殿内壁画进行全方位、高精度的数据收集，运用拼接手法将采集来的6000余张图像复原成壁画全景；2016年，主办“大美若隐——石家庄当代美术馆、捞天下十周年向毗卢寺致敬展”，展览分为石家庄当代美术馆、捞天下水上公园店两个展场，通过摹本原作、数字化壁画等方式还原毗卢寺壁画的精美细节；2018年，主办“粉壁丹青——毗卢寺壁画艺术展”，在河北博物院尝试了虚

拟现实导览、增强现实讲解等信息技术手段，社会反响良好。在学术研究层面上：2013年，河北科技大学的王瑞媛^[6]就“壁画动画”在毗卢寺壁画现代传承方面的应用进行了研究和探讨，从题材内容、造型特征、形式语言等方面论证了其改编优势，提出动画改编有利于壁画的保护与宣传；其他学者多针对壁画病害进行调查研究和治理研究，抑或是围绕毗卢寺壁画艺术形象、构图、色彩等造型上的风格特点展开研究与讨论，以及针对其图像中蕴含的历史性、象征性宗教与民俗文化内涵进行考证。而无论是理论研究还是应用实践，虚拟现实技术应用于毗卢寺壁画的保护与传播尚有很大的探索空间与发展价值。

2 文化领域的虚拟现实技术开发应用状况分析

虚拟现实技术（VR/AR）是将计算机图形和传感追踪、人工智能、人机交互等先进技术相结合来创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，利用计算机在立体空间构建三维场景以生成模拟环境，体验者由此获得身临其境的沉浸感，以及视觉、听觉、触觉上全新的体验感；还可以通过特定设备或实体行为等输入方式实现与环境的交互体验，从而增强对虚拟场景的认知，具有沉浸性、构想性与多感知性的信息时代特征^[7]。2019年，工信部发布的《虚拟现实产业发展白皮书》中指出当前虚拟现实体系相关建模、传感、交互、呈现等相关技术不断发展和成熟，软件创新显示出良好的成长性，而内容产业与日益增长的行业需求和大众消费需求还不能平衡。但从虚拟现实技术应用于教育、医疗、军事、娱乐等各个领域的现状来看，其体验模式已初步获得用户与市场的认可。

2.1 虚拟现实技术在文化旅游领域的应用

主要体现在三个方面：

第一，主要利用虚拟漫游解决人们无法亲临现场游览参观的问题。早先人们通过实地参观、文本阅读、照片浏览、影片观看等传统方式体验文化，而虚拟现实技术（VR）能够以真实的数据信息为依据构建虚拟场景，将文化艺术资源通过沉浸性与交互性的三维动态视景以可视化方式呈现。典型案例如数字化项目“全景洞窟”“全景故宫”的虚拟展示，让用户足不出户即可欣赏、体验文化艺术之美——人们可以方便快捷、有自主选择性地游览，并通过视听多感官在虚拟场景中进行互动；还可以“云”游不对外开放的景（展）区，秋毫毕现地近距离参观珍贵洞窟、古迹；了解文物背后的故事、发掘文物间的历史关系，获得全方位、多角度、深层次的文化体验。充分利用虚拟现实传递性、平台性的传播媒介特点在提升文化遗产保护的安全性与交流性的同时，使文化遗产传播的内容与方式从表层化、模式化向深刻性、丰富性拓

展；在激发游览兴趣、推动传统文化传播传承的同时增进了文化遗产保护的社会效益，唤起、促进了公众参与文化遗产保护的自觉意识和实际行动。

第二，主要体现在古迹遗址复原、文物信息增补、博物馆导览的应用中。多利用增强现实技术（AR）将虚拟信息通过计算机模拟仿真后叠加到实际场景，观众以手机、平板电脑等移动设备摄像头为手段并附加相应的虚拟条件，能够在真实环境中感知无缝集成的虚拟信息，获得超越现实的感官体验：在北京理工大学的圆明园景观虚拟数字化重建项目中，游客通过增强现实系统、佩戴相应设备进行游览，获得真实的观感，切实感受到前人所创造的震撼之美；敦煌研究院与华为合作，借助华为河图（Cyberverse）技术构建出的AR地图使游客无需进入洞窟内部，而是在窟外就能观赏精美绝伦的壁画，并结合参观线路展示不同壁画元素的AR导引，不仅能大大减少人员聚集以及人为因素对文物的伤害，还能够增加游览的科技感与趣味性；河北博物院与石家庄毗卢寺博物院共同主办的“粉壁丹青——毗卢寺壁画艺术展”，将壁画局部放大播放，并结合由金牌讲解员武育红录制的讲解

视频，作为毗卢寺壁画虚拟导览的一部分，让观展者能够更直观、立体、深入地了解壁画内容^[8]。

第三，虚拟现实技术还丰富了文创产品的内容呈现形式^[9]。如北京引力波虚拟现实科技公司推出的虚拟现实游戏《VR敦煌》，目前已经开发的游戏版块涵盖了8个不同朝代开凿的敦煌石窟，洞窟全貌、彩塑以及壁画以VR形式展现在游戏中，玩家可自主选择洞窟进行观看，并通过互动关卡触发视觉景观与语音介绍等，极大程度地传播了敦煌文化^[10]；故宫博物院通过VR作品《紫禁城天子的宫殿——地下寻真》，带领人们探访故宫考古的前线，近距离探索紫禁城的地下场景；故宫宫廷文化与AstroReality以太和殿上守护神兽作为设计原型，联名开发了AR祈福瑞兽印章，通过手机扫描“福印”，可召唤对应的神兽从圆形能量法阵中幻化而出，带来独特的祝福体验。虚拟现实技术的融合与运用大大提升了文创产品的科技感与多样性，不同形式的虚拟现实文创产品在传播文化、凸显文化自信、满足精神文明建设需要的同时，能够为文旅产业、文创产业的经济效益做出贡献。各种虚拟现实应用效果见图1。



图1 文化旅游领域各种虚拟现实应用效果

Fig.1 Effects of various virtual reality applications in cultural tourism

2.2 虚拟现实技术在文化教育领域的应用

虚拟现实技术应用于文化教育领域的优势在于能为学生提供传统教学很难达到的沉浸式学习环境，是一个增补常规授课内容的理想途径，通过演示教学、情景模拟、计算机仿真等方式加深学生对原理方法的理解、加深对客观问题的主观感受、加深对学习过程的参与度，促进学习的积极主动性。

近年来，国内将虚拟现实技术应用于文化教育领域的相关研究与实践取得了一定程度的进展。山东建筑大学陈清奎等^[11]率先提出了“VR+”教学理论，并依据这一理论基础创建了“VR+”教学模式，主持开

发了VR“黑板”、应用VR技术的3D版教材、“5G+VR”智慧课堂、在线直播“VR+云课堂”等教辅工具与平台，推动了虚拟现实技术与教学环节的深度融合，促进了教学模式的智能化发展。从学科分类上来看，目前虚拟现实技术在建筑学、生物学、医学、机械工程等工科专业教学领域的应用较为普遍，针对艺术学专业的教学应用研究相对有限：部分高校的环境艺术、工业产品、数字动漫等设计专业开设了基于虚拟现实技术的仿真实验项目课程，将专业相关材料工艺和模型制作理论转化为实践操作，并达成理论与实践的结合，同时将抽象的教学内容转化为具有直观

学习感受的形式，以达到更好的教学效果。从学习深度来看普遍停留在认知实验的层面，且普及率有待进一步提高。

而就整体应用状况而言，VR 与文化结合的技术与市场已经趋于成熟，经调研发现，虚拟现实的开放度高、公众对虚拟现实的接受度高，将虚拟现实技术应用于文化领域符合公众的期望与需求。

3 基于虚拟现实技术的毗卢寺壁画保护与传播策略

毗卢寺壁画的保护与传播能够在深入发掘传统文化的同时满足人民群众的精神需求；与虚拟现实技术（VR/AR 等）的结合有利于促进文化艺术与互联网产业的跨界融合，互利共赢，从而推动社会经济不

断增长。将科技手段巧妙嫁接于古壁画能够更优质地传达文化内涵、培养审美情趣，利用“VR+文化”策略使其焕发出全新的、独特的生命力与艺术魅力，在探索现有技术手段的基础上创新交互，达到二者的深度融合。见图 2。

3.1 健全、共享数据资源库

毗卢寺壁画是全人类宝贵的历史文化遗产与文化艺术资源，共享数字资源能够方便游客、艺术爱好者以及专家学者观赏和研究壁画，是时代发展所向、科技进步所趋。因此在对壁画进行全面的数字化采集、存储的基础上将多种信息数据和文献资料进行梳理与加工，以图像、视频、三维等多元形式构建一个智能化的数字资源库，是其保护与传播的基本方式与重要途径之一。

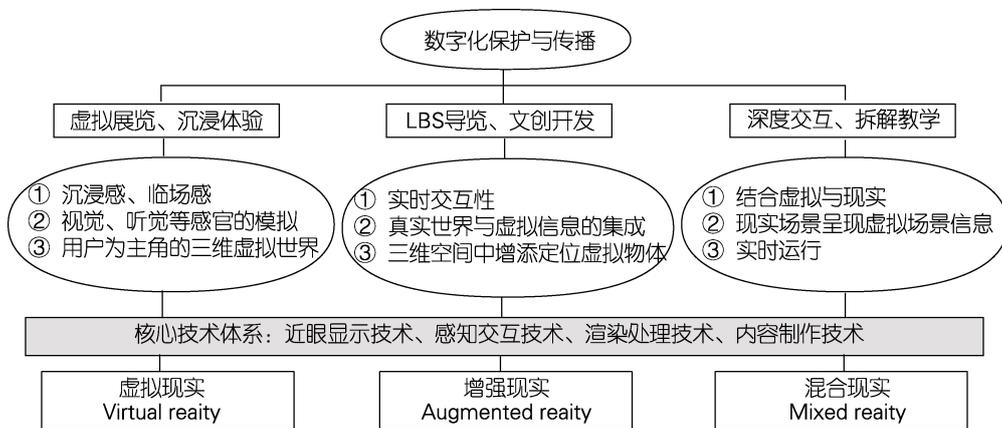


图 2 毗卢寺壁画的数字化保护与传播路径示意图

Fig.2 Schematic diagram of digital protection and dissemination path of Pulu temple murals

1) 通过建立虚拟游览网站及开发手机应用等方式免费展示壁画高清图像，面向全球共享，让人们足不出户即可身临其境欣赏壁画。具体策略方案为运用虚拟现实技术建立线上数字展厅，借鉴“数字敦煌”“云游敦煌”等已有模式，见图 3，结合自身情况加以改良：数字展厅以“数字毗卢寺”为名，下设“毗卢殿”“释迦殿”两个主要单元，以此为根基创建寺庙建筑的三维模型——将前期高精度摄影、数字扫描采集到的大量高清壁画图像转化为复杂数据，在精细制作的模型上进行贴图绘制，并通过 UE 视觉处理等技术 1:1 还原出虚拟建筑空间，游客浏览数字展厅宛如游览壁画所在的真实场景，达到虚拟漫游的效果；除了以壁画位置为主要浏览顺序之外，还加设以壁画主题内容进行分类的可跳转查看选项，丰富交互形式与用户体验；此外，加入毗卢寺特色的儒释道三教合流文化、建筑形制以及石刻艺术等相关内容，增强文化信息传播的完整度和深度，全方位、立体化地展示毗卢寺文化。

2) 在毗卢寺博物院内选择合适地点建立线下数

字展示中心，充分利用并不断开发虚拟现实技术，配合实体复制佛像，将数字图像与真实环境相结合进行长期性展示。内容可包含各类数字影像资源，如：一比一还原的壁画全貌与精彩局部放大的特写、采用图像处理软件拼接修复的残损复原壁画图像；壁画泥底制作与绘制、题材与风格赏析、审美与研究专题等视频；壁画宣传短片与改编动画等。这些措施能够有效解决殿内光线昏暗导致的明视度低的问题，营造一个舒适、便捷的参观环境使游客不入正殿即可清晰地观赏壁画。

3) 在数字资源采集的基础上采用沉浸式数字互动设计方法，将毗卢寺壁画主题的虚拟作品在现实的公共空间环境中进行展示。如在公交站、地铁站、机场等人流量较大的公共场所，依托于实体墙壁、站牌广告位进行壁画的数字影像创作，或采用全息投影数字互动设计方法投射壁画内容，通过光影变化与观者互动。如图 4，将古壁画融于现代城市生活中能够营造出一个良好的艺术氛围，让途经的行人、旅人在忙碌的快节奏中感受到文化的洗礼与心灵的慰藉。

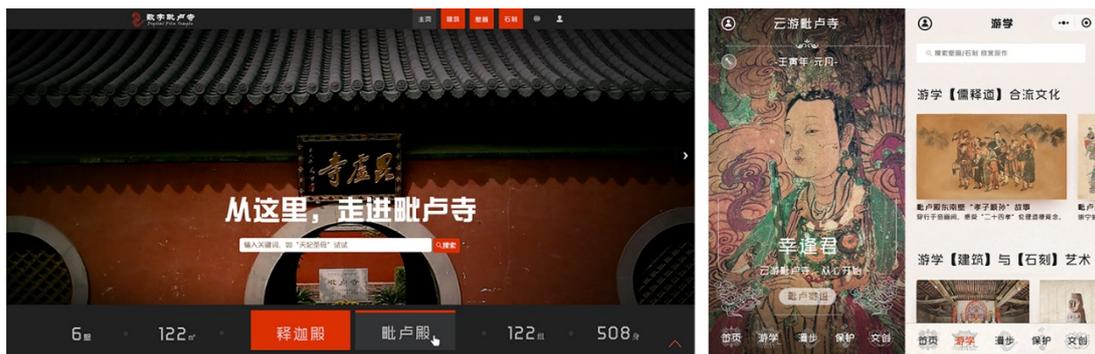


图3 “数字毗卢寺”虚拟游览网站、“云游毗卢寺”手机应用界面模拟效果图
Fig.3 Simulation effect drawing of "digital Pulu Temple" virtual tour website and "cloud tour Pulu Temple" mobile application interface

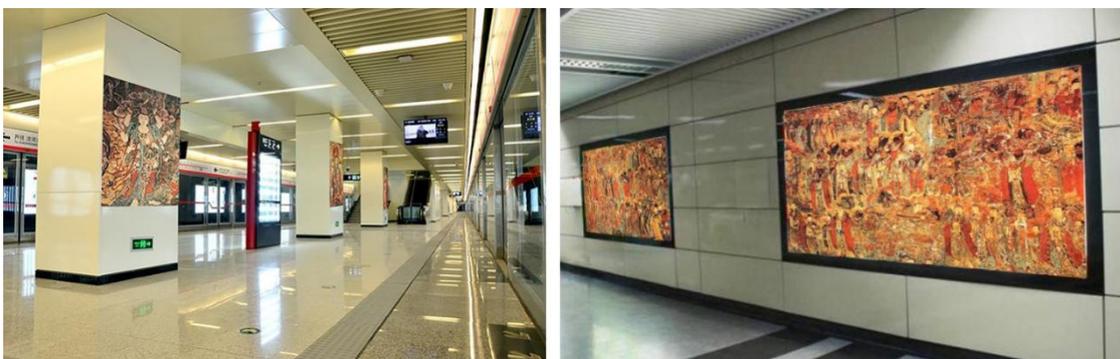


图4 沉浸式数字互动壁画(地铁站模拟效果图)
Fig.4 Immersive digital interactive mural (simulation effect drawing of subway station)

数据资源库的建设能够减少游客长时间参观给壁画带来的人为损害,对古壁画保护具有积极意义;同时可以有效拉近群众与壁画之间的时空距离,在后疫情时代对传统文化艺术的传播与弘扬起到重要的宣传教育作用。

3.2 构建虚拟现实展览、导览系统

各大博物馆、艺术馆应用虚拟现实技术于移动设备与导览相结合的方式如今已十分普遍,具有丰富展览形式、增强互动体验的积极作用,毗卢寺博物院面临年轻一代参观兴趣不高的问题,可通过沉浸式的游览环境吸引参观者。数字导览和展览系统的构建,主要基于虚拟现实技术在时空方面具有更少限制的特点,给观者带来的沉浸感,在提升“读图”自主性的同时能够大大提高观赏的投入程度,与壁画艺术产生对话与共情。

1) 构建基于现实壁画的数字导览系统。主要依靠增强现实技术将虚拟信息叠加到毗卢寺壁画实物上,通过参观者所携带的移动设备进行二维码扫描来获得数字增强体验,将画面所蕴含的历史信息直接呈现给观众。本研究建议开发三种模式:第一,借助实时定位、虚实遮挡融合绘制等技术,通过移动设备摄像头与显示屏幕在殿内入口的真实场景叠加精美的数字祥云AR导引参观线路;第二,将壁画图像内容、绘制年代、工艺技法等通过AR功能面板多维信息注

释的增补形式实时呈现,对壁画内容进行更深入的解读;第三,针对褪色、龟裂、霉变等部位^[12],围绕残缺不清的壁画内容进行病害分析、数字化修复的虚拟展示,点击信息面板不同的部位可弹出相应的知识介绍与模型演示,甚至借助三维动画与特效技术可以查看修复的全过程,参观者在虚实融合的场景中,通过非线性叙事体验习得知识、获得深层次互动和情感联系,满足探索欲望,能更直观、投入地感受文物数字化保护的重要意义与具体方式,见图5。

2) 构建壁画虚拟展厅的数字展览系统。在建立线下数字展示中心的基础上,整个构架围绕该中心进行搭建:一方面在数字展示版块引入博物馆数字化展陈中的“扩增空间展示”^[13]概念,利用低沉浸度头戴式设备Microsoft HoloLens的混合现实、增强现实技术将虚拟展示融入实体展示空间^[14]——基于Unity引擎平台与Vuforia软件平台开发系统,扫描三维尺度空间(即线下数字展示中心)进行场景表面建模与纹理映射,通过空间映射增设、定位虚拟物体,从而实现一个虚实融合的可视化环境,参观者通过虚拟UI面板以凝视、语音、手势控制等可视化交互方式查看壁画人物的3D模型、视频音频等新媒体元素以及其他艺术风格相似、历史时期相仿的壁画作品与相关文物资源的全息影像,同时可在叠加的虚实三维空间根据兴趣进行个性化操作,如针对壁画人物的虚拟三维模型还可以通过控制视线落点、点击手势等指令操作



图5 毗卢寺壁画数字导览模拟效果

Fig.5 Simulation effect of digital tour of Pulu temple murals

进行旋转、移动，通过互动与探索拉近与壁画之间的距离，升华临场体验感与趣味性；另一方面设置专门的虚拟展厅，不需要太大的操作空间，而是利用计算机模拟出的三维虚拟空间构建还原壁画刚落成时的面貌，参观者通过虚拟现实技术与智能交互技术与其发生关联，基于这一虚拟场景配备 Oculus Rift、HTC VIVE 等应用虚拟现实技术的高沉浸度头戴式设备^[15]或 VR 一体机，以多感官通道在这个虚拟空间内进行交互行为，增强互动性与趣味性，参观者佩戴后进行简单的指令操作即可通过交互动画的形式将殿内壁画 360°无死角地尽收眼底，穿行于呼之欲出的队列之中，身临其境地感受满壁风动，还可以使用指令，实现二维图像动态显隐，并呈现出壁画人物的三维模型，甚至可以利用可视化组件与 3D 音频技术创建交互式音频以深化互动的体验感与趣味性，这种交互体验不再局限于二维或者三维，信息的传播在参观者感觉空间被拓展的情境下呈现出超越空间和时间的维度。两种形式的数字展览系统都能够突破场地的局限，通过全国乃至全球巡展进一步扩大毗卢寺壁画的传播力与影响力。

3.3 开发推广虚拟文创产品

毗卢寺壁画的保护与传播有赖于新时代背景下的开发与应用，适应当前形势、结合现代理念方能发掘专属价值。符合现代公众精神需求与审美趋势的虚拟现实技术提供了新的保护与传播手段，文创产品是当下受欢迎的文化传播途径之一^[16]，通过与年轻人喜爱的媒介相互融合的过程，古壁画可以与时俱进、焕发新的生机。因此，本研究建议充分利用虚拟现实技术开发文创产品诠释毗卢寺壁画艺术。

首先，提炼经典艺术形象，打造“热门 IP”。毗卢寺壁画内容主要涵盖佛教道教的天神地只、儒家的古贤孝子以及三教九流、世间百态，其中部分形象如天妃圣母、摩利支天等造型精巧、寓意吉祥，具有极强的艺术性与装饰性，可作为重点挖掘的壁画元素孵化 IP 角色、研发文化衍生品。具体做法为在壁画原

作的基础上提炼核心文化价值，利用 Photoshop、Illustration 等图像处理软件与 3D Max、Maya 等三维建模软件进行二次创作，在保持原本精神气度的前提下凝练线条、色彩等造型语言，用更加具有现代精神与时代特征、适应不同传播需求的艺术形式（如插画、动漫）进行表现；挖掘、整理、编排历史故事、人物怪志，为之后虚拟文创的声音、文本以及动画视频叙事提供内容素材。

而后，借力虚拟现实技术，促进文创“推陈出新”。融入当下流行的二次元、潮玩等概念挖掘优质内容，在提炼形象的基础上结合数字影像技术、计算机算法以及互联网技术等让毗卢寺壁画“活过来”“动起来”。通过与科技企业、专业团队联合开发虚拟文创的方式聚合用户兴趣，在承载、演绎文化的同时打破单一的传播与发展方式：创作 VR 动画短片与 VR 游戏，利用交互技术让观众或玩家自行选择进入哪个壁面、在哪个视角“体验故事”，由 Adobe After Effects、Adobe Premiere Pro 软件制作动态视频，通过高材质贴图、光照渲染等技术实现沉浸场景、艺术特效与情感互动，带来个性化、多结局、多维度的感官体验；开发移动端应用程序、短视频矩阵，借助孵化虚拟形象，推出主题 AR 滤镜等渗透力强、黏合度高的运营方式进行推广宣传；将虚拟现实技术与传统实用性、装饰性为主的实物化文创产品相结合，如在出版物、文具、首饰、玩具、摆件等产品中设计植入 AR 技术，通过扫描所附带的特定图案开启虚拟世界，以虚实结合的交互动态化方式增强文化传播意义、丰富所传达的文化信息。

以开发 VR 游戏为例（见图 6），可在手机端、iPad 端，围绕毗卢寺壁画以非线性剧情结构展开交互内容：玩家以主角身份进入视觉化呈现的叙事展示，以毗卢寺历史背景为脉络贯穿于视觉元素中，用“讲故事”的方式引导玩家主动探索毗卢寺文化；基于毗卢寺现存壁画和复原图中的人物、道具等元素可设计交互式的虚拟展示产品，如加入动画短片路径，动态化的壁画形象随着剧情来说毗卢寺历史、壁画艺术、



图6 毗卢寺壁画 VR 游戏界面模拟效果
Fig.6 VR game interface simulation effect of Pulu temple murals

儒释道思想；在剧情展示中插入一些游戏化元素，如历史文化知识问答、壁画勾线填色或拼图、壁画周边设计等，以非物质的游戏奖励机制有效带动玩家参与的积极性、深化玩家的文化理解与情感体验；此外还可开发线上自主设计、线下生产邮寄的模式^[17]，如壁画周边设计游戏版块，可通过简单的构图、配色等内容从玩家的参与性、体验性以及个性化的角度打造定制产品。通过界面元素、界面布局、交互展示以及音乐音效等设计使玩家从形象的解读到视觉、听觉的多感官体验，在游戏过程中传递毗卢寺壁画的文化艺术之美。

虚拟文创的开发推广不但可以结合文旅活动开展展示交流、传播文化、促进经济发展等功能，还可以发挥其文化价值和现场意义，以打破时间空间的限制，使未能到场和参观离返的人群能够体验和回顾临场感，并且将其作为文化的载体更自然、广泛地流入传播环境与市场环境当中。

3.4 联动高校艺术实践课程

虚拟现实技术与高校艺术实践课程的有机结合能够突破传统教学的诸多客观局限（如空间、时间、设备等），提供生动立体、直观可视的沉浸体验式学习环境；同时，助力人才培养可促进毗卢寺壁画的传播与传承，促使其焕发新的生命力。

1) 共建“线上临摹室”，以实践教学促进艺术传承：向合作高校提供高精度细节图像等壁画数字资源；与科技公司联合开发教学软件，运用增强现实、混合现实技术实现拆解教学，如虚拟壁画绘制修复、分析艺术特征等。

2) “云游”与“云教育”相结合，以实践教学生发文化精神：充分利用线上资源联合高校艺术考察课程开发“云游毗卢寺”项目，以情景化知识与互动平台克服调研局限、节约实训资源，为现场考察不便的学校提供条件。

3) 结合项目式教学，以“VR+壁画”促进产教融合：将虚拟现实技术与绘画创作、环境艺术、文创设计等相关课程进行联动，以毗卢寺壁画艺术为契合点，通过互动式、情景化的案例教学聚合学生创造性思维，形成“文化传承-项目教学-设计产出-文化传播”的良好循环。

4 结语

传统文化艺术的保护与传承建设正不断向数字化与智能化方向发展，虚拟现实技术的自主性、交互性、娱乐性与具身性使其在传播与体验方面极具优势，将其引入古壁画的保护与传播能够吸引对传统文化与新兴技术两个不同领域感兴趣的群体，在更便捷、广泛地传递文化艺术的价值的时候以丰富的载体形式联结传统文化内容、虚拟现实行业与文创文旅产业。“VR+”的具体应用需要继续深度挖掘与实践，本研究希望通过策略、路径的探寻为古壁画更深层次的保护与传播、发展与创新提供借鉴与方向指导。

参考文献：

- [1] 祝重寿. 欧洲壁画史纲[M]. 北京: 文物出版社, 2000. ZHU Chong-shou. A Brief History of European Mural[M]. Beijing: Cultural Relics Publishing House, 2000.
- [2] 苏金成. 石家庄毗卢寺水陆画宗教思想探析[J]. 艺术百家, 2007, 23(4): 181-183. SU Jin-cheng. On the Religious Ideas of the Paintings in Pulu Temple of Shijiazhuang[J]. Hundred Schools in Arts, 2007, 23(4): 181-183.
- [3] 张冬宁. 文化遗产保护利用中虚拟现实技术应用问题研究[J]. 郑州轻工业学院学报(社会科学版), 2020, 21(3): 102-108. ZHANG Dong-ning. Research on the Application of Virtual Reality Technology in the Protection and Utilization of Cultural Heritage[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Social Science Edition), 2020, 21(3): 102-108.
- [4] 鲁东明, 潘云鹤, 陈任. 敦煌石窟虚拟重现与壁画修复模拟[J]. 测绘学报, 2002, 31(1): 12-16. LU Dong-ming, PAN Yun-he, CHEN Ren. Dunhuang Cave Virtual Rebuilding and Mural Restoration Simulating[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002, 31(1): 12-16.
- [5] 武育红. 毗卢寺壁画里的扶世导俗[J]. 中国民族博览, 2020(15): 74-75. WU Yu-hong. Help the World and Guide the Customs in the Murals of Pulu Temple[J]. China National Exhibi-

- tion, 2020(15): 74-75.
- [6] 王瑞媛. 论毗卢寺壁画的动画改编[J]. 艺海, 2013(11): 111-112.
WANG Rui-yuan. On the Animation Adaptation of Pilu Temple Murals[J]. Yihai, 2013(11): 111-112.
- [7] 王之千. VR的再进化——虚拟现实背景下昆山千灯古镇保护与更新研究[J]. 美术大观, 2020(5): 116-119.
WANG Zhi-qian. Re-Evolution of VR—Research on the Protection and Renewal of Qiandeng Ancient Town in Kunshan under the Background of Virtual Reality[J]. Art Panorama, 2020(5): 116-119.
- [8] 陈静. 河北博物院临时展览创新实践探索[J]. 文物春秋, 2020(1): 70-75, 2.
CHEN Jing. Creative Practices on Temporary Exhibitions of Hebei Museum[J]. Stories of Relics, 2020(1): 70-75, 2.
- [9] 冉彬, 杜月婷. 新媒介为文创产品开发带来的机遇研究[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 176-179.
RAN Bin, DU Yue-ting. Opportunities for the Exploitation of Cultural and Creative Products by New Media[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(12): 176-179.
- [10] 童芳. 娱乐与教育并存: 文化遗产类 VR 设计[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2017(6): 148-154.
TONG Fang. Coexistence of Entertainment and Education: VR Design of Cultural Heritage[J]. Journal of Nanjing Arts Institute (Fine Arts & Design), 2017(6): 148-154.
- [11] 陈清奎, 何芹, 李学东, 等. VR 技术与传统教育深度融合——“VR+”教学模式创新与实践[J]. 中国信息技术教育, 2018(23): 83-84.
CHEN Qing-kui, HE Qin, LI Xue-dong, et al. Deep Integration of VR Technology and Traditional Education—Innovation and Practice of "VR+" Teaching Mode[J]. China Information Technology Education, 2018(23): 83-84.
- [12] 付心仪, 麻晓娟, 孙志军. 破损壁画的数字化复原研究——以敦煌壁画为例[J]. 装饰, 2019(1): 21-27.
FU Xin-yi, MA Xiao-juan, SUN Zhi-jun. Digital Restoration of Damaged Murals: Based on Dunhuang Murals[J]. Art & Design, 2019(1): 21-27.
- [13] KONDO T. Mixed Reality Technology at a Natural History Museum[J]. Journal of Contemporary History, 2012, 20(4): 703-731.
- [14] SEYCHELL D, DINGLI A. Rediscovering Heritage Through Technology: A Collection of Innovative Research Case Studies That Are Reworking The Way We Experience Heritage[M]. Cham: Springer International Publishing, 2020.
- [15] PUIG A, RODRÍGUEZ I, ARCOS J L, et al. Lessons Learned from Supplementing Archaeological Museum Exhibitions with Virtual Reality[J]. Virtual Reality, 2020, 24(2): 343-358.
- [16] 沈正中, 齐琦, 郭海涛. 基于虚拟现实技术的文创产品色彩自动搭配系统设计[J]. 现代电子技术, 2021, 44(20): 157-162.
SHEN Zheng-zhong, QI Qi, GUO Hai-tao. Design of Creative Culture Products' Automatic Color Matching System Based on Virtual Reality Technology[J]. Modern Electronics Technique, 2021, 44(20): 157-162.
- [17] 许王旭宇, 储蕾芳. 基于虚拟现实技术的热贡唐卡创新开发设计[J]. 设计, 2019, 32(12): 130-131.
XU Wang-xu-ning, CHU Lei-fang. Innovative Development Design of Regong Thangka Based on Virtual Reality Technology[J]. Design, 2019, 32(12): 130-131.

责任编辑: 马梦遥