

# 基于社交虚拟实境的闽作古典家具工艺体验

邵丹

(福建农林大学金山学院, 福州 350002)

**摘要:** **目的** 通过对照实验来研究以社交虚拟实境为介导的展示系统对闽作古典家具文化学习效果的影响。**方法** 招募了28位参与者(23~43岁),随机分为对照组(视频干预)和实验组(社交虚拟实境干预),两组都进行了ABA设计的前后测试,测验内容是闽作古典家具制作流程,用错误率比较两组的分数变化。**结果** 采用社交虚拟实境技术的实验组的学习效果得到明显改善。此外,实验组参与者对使用基于社交虚拟实境的闽作古典家具制作流程系统的态度积极。**结论** 本系统对了解闽作古典家具文化非常有帮助,更有利于疫情之下传统文化的传播交流。希望借助社交虚拟实境技术加强闽作古典家具的保护,为地域文化软实力的传播和数字公共服务平台的构建提供有价值的参考。

**关键词:** 家具工艺;社交虚拟实境;闽作古典家具

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)04-0312-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.04.038

## Craft Experience of Minzuo Classical Furniture Based on Social Virtual Reality

SHAO Dan

(Jinshan College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**ABSTRACT:** The work aims to conduct controlled experiment to study the impact of the display system mediated by social virtual reality on the learning effect of Minzuo classical furniture culture. During the study, 28 participants (23-43 years old) were recruited and randomly divided into control group (video intervention) and experimental group (social virtual reality intervention) to take ABA-designed pre- and post-tests. The content of the test was the production process of Minzuo classical furniture. Error rates were used to compare the score changes between the two groups. The results showed that the learning effect of the experimental group using social virtual reality was significantly improved. In addition, the participants in the experimental group had a positive attitude towards the use of Minzuo classical furniture production process system based on social virtual reality. The system is very helpful to understand Minzuo classical furniture culture, and is more conducive to the transmission and exchange of traditional culture under the epidemic situation. It is hoped to strengthen the protection of Minzuo classical furniture with the help of social virtual reality, and to provide valuable reference for the spread of regional cultural soft power and the construction of digital public service platform.

**KEY WORDS:** furniture technology; social virtual reality; Minzuo classical furniture

文化遗产是人类文明的历史遗产,直观地反映了人类和社会发展的进步。古典家具是我国古代的重要物质文化遗产,如何行之有效地保护与传播古典家具文化已成为当今时代重要的研究热点之一。然而就目前情况而言,展示和传播效果并不理想。尤其在新冠肺炎的影响下,正常的传统文化交流模式被迫改变,

传统家具文化的传播渠道也受到严重影响。另外,传统家具展示内容单调、展示形式保守。在上海博物馆或其他省市地方博物馆中有关中国传统家具的陈列展厅大都以实物展示为主,图片文字或音频影像资料说明为辅,内容大多数是介绍传统家具的名称、年代、材料、产地、工艺名称等基础信息,关于制作流程、

收稿日期: 2022-09-12

基金项目: 福建省社会科学规划项目资助“‘闽作’民俗家具文化研究”(FJ2018C083)

作者简介: 邵丹(1986—),女,博士生,副教授,主要研究方向为设计学。

使用工具、工艺实操方法等方面的展示信息较少。而且绝大部分参观者对实物的兴趣远超过对图片文字或音频影像的兴趣。然而,对广大普通群众而言,单纯欣赏传统家具实物仅能对外观存有些许印象,相对图片文字或音频影像,虽然包含大量有价值的信息,但是展示形式比较枯燥,参观者在阅读理解和记忆上有困难。这种现象将导致中国传统古典家具文化在一定程度上并不能有效全面地传播,更加无法在社会隔离的大环境下有效推进传统文化传播与交流,当务之急必须采取适当的措施予以解决。

文化遗产的数字化保护与传播是当前重要的研究领域,利用虚拟实境技术驱动文化遗产传播是行之有效的。目前此项技术已在娱乐、教育、医疗、购物等方面取得一定研究成果和商业发展。如今全球迎来5G网络时代,在这样的技术和硬件背景支持下,为虚拟实境技术在社交平台的应用带来新机遇。目前常用的微信、微博、腾讯QQ等社交网络平台仅能够支持双方在不同场景下进行交流,而无法进行深入互动,而社交虚拟实境弥补了这一缺陷,实现多用户在同一3D场景中沟通交流,共享资源,有潜力成为未来社交生活的一部分<sup>[1]</sup>。由2G网络发展到5G网络,由腾讯QQ等平面社交平台发展到虚拟实境类社交平台,这种迭代变化在文化遗产传播方面将展现巨大潜力。

## 1 虚拟实境与中国传统家具文化

随着数字文化产业的发展,数字化博物馆的建设已成为政府重点工程之一,正在影响和改变着博物馆传统的文物陈列模式,也为文化遗产的创新传播提供了巨大的机遇和发展空间。随着虚拟实境技术逐渐成熟与普及,此技术也更多地被应用于数字多媒体信息展示领域<sup>[2]</sup>。将文化遗产与虚拟实境相结合,利用虚拟实境、移动互联网、可穿戴式交互终端等新的信息互动技术对珍贵的文化遗产进行采集、存储、加工和展示,为文化遗产信息的保护和传播提供了有效的方法,是现代科学技术及文化事业发展的结果。

### 1.1 虚拟实境

为了促进中国传统家具文化在国内乃至国际上的普及,已有部分学者探索性地将数字技术引入传统家具的传承中,借助计算机和多媒体技术将传统家具的资料信息、数据、工艺等进行数字化转换,以便更好地让参观学习者体验传统家具的设计及使用情境,从而提高中国传统家具知识的传播力。尤其关注虚拟实境在传统家具展示和应用中的优势和特点,此项技术以其独特的沉浸感、交互性和实时性探索对传统家具保护的可行性<sup>[3]</sup>。现已在用户为中心的设计理论和知识传播理论的基础上,建立了中国传统家具文化展示传播的数字化模式<sup>[4-5]</sup>,采用娱乐化的数字交互形式展示和传播中国传统家具。例如,明式

家具虚拟展示系统,包括明式住宅空间类型、家具室内陈设环境的虚拟漫游等功能模块,让明式家具更加直观、真实地展现给用户<sup>[6]</sup>。此外,也开发了基于虚拟实境的中国传统榫卯结构展示系统的原型<sup>[7]</sup>。这些研究凭借模拟真实场景、虚拟交互等信息进行虚拟展示,提升用户体验水平和真实感,弥补传统展示被动观察的不足,使展示设计方式有了一个新的突破。研究的最终目的都是为了中国传统家具文化得以在“活”的状态下继承和传播。

### 1.2 社交虚拟实境

虚拟实境正在逐渐从孤立的个人体验向社群软件转变。2018年谷歌和Facebook将这种社群软件称为“社交虚拟实境”,它是社交网络与虚拟实境系统的融合。社交虚拟实境改变了人们在线互动的方式,能够支持不同物理空间的多个用户在同一虚拟场景中进行沟通与交流<sup>[8]</sup>,用户的语音、动作可以即时呈现在3D场景中,同时还可以享受面对面交流,语音、面部表情和动作都可以实时立体呈现<sup>[9-13]</sup>,不受自然环境及地域的影响,实现真实感的社交参与。与其他网络社交方式(微信等)相比,社交虚拟实境具有较强的社交存在感,用户体验更接近真实面对面的互动<sup>[14]</sup>。而且社交虚拟实境的非语言交流(手势、行为等)方式可以通过实时捕捉呈现在虚拟场景中,使社交由平面转向立体,不仅局限于信息共享,更注重体验共享。此外,社交虚拟实境不仅为用户提供了体验式学习,也加强了协作和文化知识的交流共享。融入了更丰富的虚拟场景及多种互动形式,使用户之间的交互更加真实自然,所创建的灵活多样的学习内容和逼真情境,可以提高用户的参与度和兴趣,有效提升知识的传播力度。虚拟实境在社交发展上的优势可以为疫情期间由于空间距离的限制,造成的传统文化交流阻断,提供一个良好的文化传播机会,使人们足不出户就能实现在虚拟场景中自然的互动交流,了解中国传统家具文化。

闽作古典家具蕴含着地方文化的精髓和生活情感,是弘扬传统文化的窗口。但对其重视程度却远不及明清家具为代表的宫廷家具、文人家具。大量闽作古典家具缺乏专业的保养和修缮,导致腐蚀甚至损毁,因此,对古典家具的保护和修复是一项重要的研究工作,特别是古典家具的工艺方面,对其进行数字化保护与传播具有一定的实际意义和应用价值。从先前研究得知虚拟实境技术虽在传播中国传统家具文化上有所应用,但目前仍局限于向用户展示为主,缺少用户与虚拟场景以及用户与用户之间的交流互动,在某种程度上会影响文化传播质量。尤其在新冠肺炎疫情背景下,为了持续加强对古典家具文化的传播力度,强化人们的保护意识,本研究从闽作古典家具文化传播方式入手,采用社交虚拟实境技术模拟真实的古典家具制作工艺环境,促进用户之间的文化交

流,增强用户的真实体验感,以便在社会隔离的大环境下更好地维护传统文化的传播。另外,通过与视频展示方式进行比较,旨在验证以社交虚拟实境为介导的展示系统更有利于古典家具文化的传播。未来希望在本研究结果的基础上进一步优化设计促进古典家具文化遗产互动传播的创新应用程序,为地域文化软实力的传播和数字公共服务平台的构建提供有价值的参考。

## 2 研究方法

### 2.1 参与者

招募了28名参与者,年龄在23~43岁,平均年龄为32.9岁。参与者的纳入标准为:视力和听力在正常范围内;对新技术和传统文化感兴趣。所有参与者都在知情同意后参与测试。28名(14对)参与者随机分为对照组( $n=14$ ,6女/8男)和实验组( $n=14$ ,6女/8男)。其中实验组没有一个参与者擅长使用虚拟现实设备。

### 2.2 基于社交虚拟实境技术的闽作古典家具制作流程系统

此系统的展示内容是闽作古典家具的制作流程,见图1。闽作古典家具从设计图到成品最终修饰环节,整个生产周期漫长,工序繁复。工艺流程中的重要环节是雕花,包括斧坯、凿坯和修光。其中斧坯是闽作特色传统技艺,此阶段为打粗坯,是以中斧头进行块面切除,小斧头进行局部形体的定位。凿坯是指使用平凿和圆凿进一步刻画图案细节,此阶段为打中坯和细坯,通过肩顶、手推方式进行雕凿。修光是在细坯的基础上使用小平刀、小圆刀、三角刀等工具通过削、剔、抠、刮等技法将造型刻画得更加细致。雕刻工艺包含浅浮雕、深浮雕、圆雕、透雕等各种技法。另外,闽作家具的制作全部采用榫卯结构,使用凿子、锤子等手工工具加工透榫、半榫、闷榫等,其中选取了古典家具常用的榫卯结构,如攒边装板、走马销、楔钉榫,其中选取了古典家具常用的榫卯结构,如攒边装板、走马销、楔钉榫等作为展示内容。

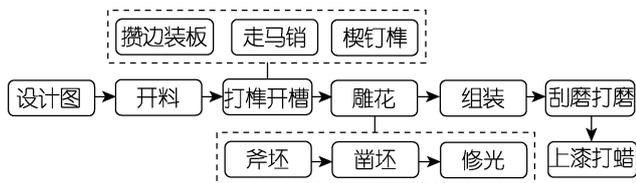


图1 闽作古典家具制作流程

Fig.1 Production process of Minzuo classical furniture

闽作古典家具制作流程系统参考了《榫卯》网络资源,使用Unity 3D创建,可以让两个人在虚拟环境中同时进行交流学习。该系统由两个虚拟环境组成,大厅和太空。大厅是参与者戴上虚拟实境显示器进入系统后首先发现自己的地方。它是由设计图、开

料、打榫开槽、雕花、组装、刮磨打磨、上漆打蜡七个区域组成的一个普通房间,每个区域根据流程依次排开,区域之间通过手柄产生位移。各个区域都配备一个红色按钮,用来生成对应区域的视频简介,见图2。但必须两位用户同时按下才能播放,目的是让用户协同决定,促进交流,提高学习注意力,待当前区域播放结束后通过位移进入下一流程。第二个环境是太空,分别设置在打榫开槽和雕花区域。太空是榫卯结构和雕刻工艺操作场所,除了专业名词简介外,同时会根据名词出现相应的三维结构模型和工具以支持用户实操,还有一个地球,用户可以根据需要传送回大厅,并继续下一流程体验。



图2 3D局部空间示意图

Fig.2 Schematic diagram of 3D local space

### 2.3 实验环境

实验房间的空间布局见图3,每个房间各有一个投影显示屏(S)和一台摄影机(C),另外,实验组房间(Room2和Room3)各放置一台电脑。对照组(Room1)以视频干预为主,使用投影仪播放,影片时长约9min。每次邀请两位参与者进入房间同时观看闽作古典家具制作过程的视频,在观看过程中参与者可以彼此交流。实验组(Room2和Room3)以社交虚拟实境技术干预为主,为参与者提供可视化动画和闽作古典家具制作的三维场景空间,利用空间动向提升他们对闽作古典家具制作工艺流程的认知。每次邀请两位参与者进入不同的房间同时开始虚拟实境体验,在实验过程中,参与者之间可以通过音频、手柄等设备进行交流互动,实验场景见图4所示。

### 2.4 实验设计

实验主要分为三个阶段(见图5):(1)前测用于收集参与者的基线信息;(2)干预阶段的两种方式(视频和社交虚拟实境)用于影响他们的学习效果;(3)后测用于确定实验组的学习效果是否能有改善以及改善程度。另外,经专家评定前测和后测的试题难度水平相似,但问题不同,因此,可以通过比较前测和后测阶段的得分,评估干预后的学习效果。

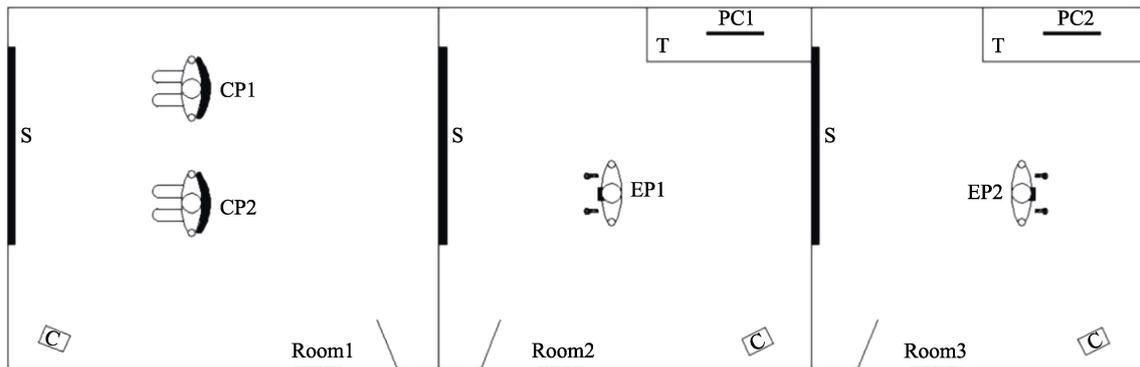


图 3 对照组 (Room1) 和实验组 (Room2 和 Room3) 的实验环境

Fig.3 Experimental environment of control group (Room 1) and experimental group (Room 2 and Room 3)



图 4 用户研究期间使用社交虚拟实境系统的参与者  
Fig.4 A participant using social virtual reality system during user study

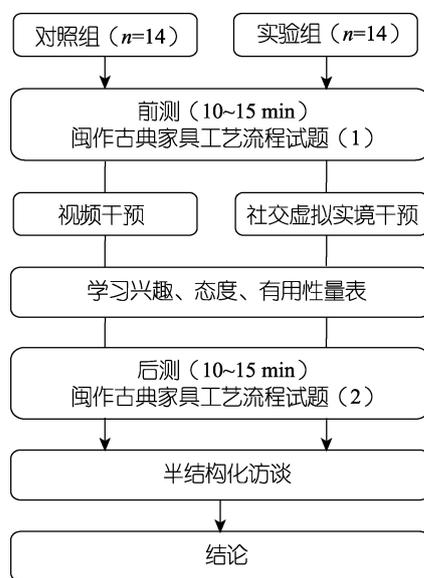


图 5 实验阶段及条件

Fig.5 Experimental stage and conditions

前测 (10~15 min): 实验之前要求每位参与者填写性别、年龄等基本信息, 并进行关于闽作古典家具工艺流程的试题测试, 之后由专家评阅试卷, 研究人员记录错误率。

干预阶段: 实验组和对照组的参与者分别采用社交虚拟实境系统和视频方式进行实验。实验开始前研

究人员先指导实验组参与者如何使用该系统, 并确保他们使用虚拟实境设备的舒适性。

后测 (10~15 min): 根据专家意见和评定, 后测与前测阶段试题题目虽然不同, 但性质和难度等级一致。研究人员再次记录参与者的答题错误率。

半结构化访谈: 在后测阶段完成后进行半结构化访谈。询问参与者一些开放式问题, 例如: 您是否觉得社交虚拟实境系统让你更容易了解闽作古典家具文化?

## 2.5 测试方式

采用三种验证方式来评估基于社交虚拟实境的闽作古典家具制作流程系统的效果及价值: (1) 闽作古典家具工艺流程试题, 应用在测试前和测试后阶段, 采用 Spss 非参数分析比较两组在干预前后的表现差异, 以确定特定的干预方式是否能帮助参与者改善对闽作古典家具制作流程的学习效果; (2) 学习兴趣量表, 用来测试参与者对视频和社交虚拟实境两种不同体验形式的兴趣; (3) 态度和有用性量表 (仅针对实验组), 调查参与者对社交虚拟实境体验的接受态度以及运用社交虚拟实境技术传播闽作古典家具文化对参与者是否有帮助。其中学习兴趣量表 (包含四个项目)、态度量表 (包含五个项目) 及有用性量表 (包含四个项目) 使用七点里克特量表评分 (强烈反对=1 至强烈同意=7), 所有量表在干预体验完成后要求参与者进行填写。

## 2.6 数据的可靠性

召开专家会议并邀请 4 名参与者进行试测, 修改或排除不清晰的内容, 确认了测试内容的可靠性和有效性。Cronbach's a (>0.7) 表明具有可靠的内部一致性。参与者所完成的前测和后测试题答案由家具专业的专家进行评阅。

## 3 结果

### 3.1 参与者的反馈

采用非参数独立样本分析, 比较参与者对视频和社交虚拟实境两种干预方式的兴趣。结果发现, 实验

组 ( $M=5.70$ ,  $SD=0.57$ ) 和对照组 ( $M=3.30$ ,  $SD=0.75$ ) 在兴趣方面有显著差异 ( $p<0.05$ )。研究表明, 采用社交虚拟实境干预方式的参与者兴趣水平明显高于对照组。虽然有些参与者抱怨社交虚拟实境系统在使用过程中会有点不舒服, 但是大多数参与者表示这次体验很愉快。

为了进一步了解实验组的参与者对社交虚拟实境技术的态度和感受, 采用 Wilcoxon 符号秩和检验进行分析。结果发现, 态度和有用性方面的中位数均大于 4, 且  $p$  值均小于 0.05。研究结果表明, 参与者对使用这项技术的态度是积极的。另外, 他们认为采用这项技术能够帮助了解闽作古典家具文化。

### 3.2 基于社交虚拟实境的闽作古典家具制作流程系统的干预效果

采用非参数独立样本分析, 见表 1。前测阶段两组的平均错误率: 实验组为 59.4%, 对照组为 62.4%, 两组在前测阶段无显著差异 ( $p>0.05$ )。后测阶段两组的平均错误率: 实验组为 26.7%, 对照组为 56.9%, 两组在后测阶段有显著差异 ( $p<0.05$ )。研究表明, 在试验完成后, 实验组的错误率明显低于对照组。

表 1 非参数独立样本分析

Tab.1 Analysis of nonparametric independent sample

组别	前测			后测		
	平均值	标准偏差	标准错误平均值	平均值	标准偏差	标准错误平均值
对照组 ( $n=14$ )	62.4%	6.21	1.66	56.9%	6.06	1.62
实验组 ( $n=14$ )	59.4%	4.05	1.08	26.7%	3.20	0.85
显著性	0.265			0.000		

采用非参数配对样本分析, 见表 2。在实验组中, 前测错误率中位数 61.5%, 后测错误率中位数 27%, 前后两阶段有显著差异 ( $p<0.05$ )。研究表明, 实验组后测的错误率明显低于前测。研究进一步说明, 采用社交虚拟实境技术的参与者的错误率得到明显改善。

表 2 实验组非参数配对样本分析

Tab.2 Analysis on nonparametric paired sample of experimental group

实验组	最小值%	最大值%	中位数%	显著性
前测	54	65	61.5	0.001
后测	20	32	27	

## 4 讨论

### 4.1 基于社交虚拟实境的闽作古典家具制作流程系统的效用

研究发现, 采用社交虚拟实境技术辅助传播闽作

古典家具文化知识是有效的。实验组的错误率显著下降。有三种可能的解释。首先, 社交虚拟实境系统提供三维高度沉浸感空间, 参与者感觉置身于传统中式空间, 按照指定的流程线路参观每个阶段使用的工具和工艺方法, 这种空间导航设置有利于提高参与者记忆能力<sup>[15]</sup>。其次, 系统中的虚拟视角是三维的, 参与者可以多角度细致观察每种工艺的操作方式, 这与现实世界非常相似。第三, 体验过程中实现了多用户之间的互动, 使参与者更加积极主动去学习和交流。

### 4.2 参与者的主观感受

参与者对社交虚拟实境技术表现出极大的兴趣。参与者普遍认为传统的博物馆展示形式太枯燥, 尤其是文字类的展示内容, 阅读不方便而且不容易记忆。而循环播放的视频影像类的展示, 信息量较大, 参观者也难以从中捕捉重要信息, 从而导致大多数参观者感觉整个博物馆参观完, 除了照片外, 获取的知识量较少并且容易遗忘。而实验组的参与者将社交虚拟实境技术看作是一种娱乐化体验, 为人们提供了互动交流的机会。同时, 参与者也表示利用社交虚拟实境技术辅助了解闽作古典家具文化知识是有用的且容易理解, 并且不会造成额外的压力和负担。此外, 在后期访谈过程中, 参与者特别强调在社会隔离期间能够提供这种传统文化交流体验对他们来说非常有意义。

### 4.3 局限性及未来工作

本研究有一定的局限性。第一, 参与者测试时间有限, 许多人有自己的时间安排, 因此难以招募更多的参与者。如果样本量增多并延长实验周期将提供更有力的证据。第二, 需要设置更多操作组件, 如模拟输入<sup>[16]</sup>, 使参与者与虚拟物体产生更多交互行为。第三, 未来的研究还可能考虑将虚拟实境技术应用到闽作古典家具文化的其他方面, 如装饰纹样、传统家具的演变以及以古典家具为中心的传统生活方式等。

## 5 结语

基于社交虚拟实境技术的闽作古典家具制作流程系统使人们从被动接收信息转向主动获取信息。参与者在虚拟场景中实现自然交流与互动, 增加了他们的学习兴趣, 也促进了文化传播交流。研究结果表明, 基于社交虚拟实境的闽作古典家具制作流程系统传播能力优于常规视频传播形式。实验组参与者对使用此系统的态度积极, 能极大程度地帮助他们了解闽作古典家具文化。进一步对参与者进行访谈, 他们认为社交虚拟实境体验更容易记住制作步骤, 而且不容易遗忘, 并表示疫情期间利用社交虚拟实境技术了解传统文化, 增加了人们之间互动交流的机会, 更有利于传统文化的传播。值得一提的是, 利用社交虚拟实

境技术辅助古典家具文化传播的内容需要更完整,且最大程度地反映真实内容。

随着5G网络时代的到来,社交方式由平面社交平台逐渐向社交虚拟实境转变,用户之间互动变得更深入,同时,也将为文化遗产传播形式和内容提供巨大的发挥空间。尤其是在社会大隔离的环境下,社交虚拟实境在文化遗产传播方面具有明显优势。希望为探索社交虚拟实境技术未来如何更好地保护与传承文化遗产提供有价值的参考。

#### 参考文献:

- [1] GUNKEL S N B, PRINS M, STOKKING H, et al. Social VR Platform: Building 360-Degree Shared VR Spaces[C]//TVX '17 Adjunct: Adjunct Publication of the 2017 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video. Hilversum, The Netherlands. New York: ACM, 2017: 83-84.
- [2] 郝强, 付心仪, 徐迎庆. 信息时代背景下的新兴大众化设计[J]. 装饰, 2020(3): 38-42.  
HAO Qiang, FU Xin-yi, XU Ying-qing. Emerging Popular Design in Information Age[J]. Art & Design, 2020(3): 38-42.
- [3] 范丽媛. 室内传统家具空间形态的数字化保护研究[J]. 山西建筑, 2015, 41(25): 218-219.  
FAN Li-yuan. Research of Digitalized Protection of Indoor Traditional Furniture Spatial Forms[J]. Shanxi Architecture, 2015, 41(25): 218-219.
- [4] SUN Xin-xin, LI Chao. Digital Display and Transmission of the Culture of Traditional Chinese Furniture[C]//International Conference on Cross-Cultural Design. Cham: Springer, 2016: 275-287.
- [5] LIU Zong-ming, LIU Wen-jin. Construction and International Popularization of Digital Platform for Chinese Traditional Furniture Culture[C]//2016 Eighth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA). China. IEEE, 2016: 162-166.
- [6] 勒立. 基于沉浸式虚拟现实技术的明式家具展示设计[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2019: 13-46.  
LE Li. Ming-style Furniture Display Design Based on Immersive Virtual Reality Technology[D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2019: 13-46.
- [7] YU De-hua, YUE Ji-ping. VR and AR Application in Chinese Traditional Mortise and Tenon Display and Experience Design[C]//Stephanidis C. International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer, 2019: 450-455.
- [8] 付天聪. 5G 技术下“虚拟现实技术+社交平台”模式发展的机遇与挑战[J]. 新闻研究导刊, 2020, 11(3): 53-54.  
FU Tian-cong. Opportunities and Challenges for the Development of "Virtual Reality Technology+social Platform" Mode under 5G Technology[J]. Journal of News Research, 2020, 11(3): 53-54.
- [9] GUNKEL S N B, PRINS M, STOKKING H, et al. Social VR Platform: Building 360-Degree Shared VR Spaces[C]//TVX '17 Adjunct: Adjunct Publication of the 2017 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video. Hilversum, The Netherlands. New York: ACM, 2017: 83-84.
- [10] GUNKEL S, STOKKING H, PRINS M, et al. Experiencing Virtual Reality Together: Social VR Use Case Study[C]//Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video. SEOUL, Republic of Korea. New York: ACM, 2018: 233-238.
- [11] ZHANG Lan-shan, SUN Lin-hui, WANG Wen-dong, et al. Unlocking the Door to Mobile Social VR: Architecture, Experiments and Challenges[J]. IEEE Network, 2018, 32(1): 160-165.
- [12] BAKER S, WAYCOTT J, CARRASCO R, et al. Exploring the Design of Social VR Experiences with Older Adults[C]//Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference. San Diego, CA, USA. New York: ACM, 2019: 303-315.
- [13] HEIDICKER P, LANGBEHN E, STEINICKE F. Influence of Avatar Appearance on Presence in Social VR[C]//2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI). Los Angeles, CA, USA. IEEE, 2017: 233-234.
- [14] LI Jie, KONG Yi-ping, RÖGGLA T, et al. Measuring and Understanding Photo Sharing Experiences in Social Virtual Reality[C]//Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Glasgow, Scotland Uk. New York: ACM, 2019: 1-14.
- [15] 张家鑫, 海拉干, 李会杰. 空间导航的测量及其在认知老化中的应用[J]. 心理科学进展, 2019, 27(12): 2019-2033.  
ZHANG Jia-xin, HAI La-gan, LI Hui-jie. Measurement of Spatial Navigation and Application Research in Cognitive Aging[J]. Advances in Psychological Science, 2019, 27(12): 2019-2033.
- [16] 林莹莹, 蔡睿凡, 朱雨真, 等. 基于 Leap Motion 的虚拟现实陶艺体验系统[J]. 图学学报, 2020, 41(1): 57-65.  
LIN Ying-ying, CAI Rui-fan, ZHU Yu-zhen, et al. Virtual Reality Pottery Modeling System Based on Leap Motion[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(1): 57-65.

责任编辑: 马梦遥