

虚拟仿真技术在传统坭兴陶烧制过程中应用实践

周兴海

(北部湾大学, 广西 钦州 535000)

摘要: **目的** 随着数字化技术的不断发展和完善, 虚拟仿真技术已经成为坭兴陶烧制技艺传播的重要途径, 但是传统坭兴陶烧制过程可控性较低。因此, 探索虚拟仿真技术的应用实践, 使其能够全面、形象、系统地进行坭兴陶烧制技艺的记录, 有效保护和发扬坭兴陶烧制技艺。**方法** 立足于传统手工技艺进行有效保存、展示和传播, 深入展现坭兴陶烧制效果的文化内涵, 探索虚拟仿真技术的设计流程和应用路径, 运用三维建模、网络展示、虚拟互动等数字技术手段, 强化互动感官效果, 调动观众参与度和体验感。**结论** 虚拟仿真技术为坭兴陶烧制创新和发展提供了新的路径, 除了坭兴陶窑变本身的文化价值外, 虚拟仿真技术为促进传统坭兴陶烧制技术在数字化时代的传承提供了一个新平台, 丰富了活态传承的形式和内容。

关键词: 虚拟仿真; 坭兴陶; 烧制过程

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)02-0472-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.02.052

Application and Practice of Virtual Simulation Technology in the Traditional Firing Process of Nixing Pottery

ZHOU Xinghai

(Beibu Gulf University, Guangxi Qinzhou 535000, China)

ABSTRACT: With the continuous development and improvement of digital technology, virtual simulation technology has become an important way to spread the firing techniques of Nixing pottery. However, the controllability of the traditional firing process of Nixing pottery is difficult. Therefore, the work aims to explore the application practice of virtual simulation technology and enable it to comprehensively, vividly, and systematically record the production of Nixing pottery firing techniques, so as to effectively protect and promote the Nixing pottery firing techniques. Based on traditional handicrafts, the cultural connotations of the firing effect of Nixing pottery were effectively preserved, displayed and spread, the design process and application path of virtual simulation technology were explored and the digital technologies such as 3D modeling, network display, and virtual interaction were used to enhance the interactive effect and mobilize the audience participation and experience. Virtual simulation technology provides a new innovative path for the innovation and development of Nixing pottery firing. In addition to the cultural value of Nixing pottery kiln transformation, virtual simulation technology provides a new platform to promote the inheritance of traditional Nixing pottery firing techniques in the digital era, enriching the form and content of live transmission.

KEY WORDS: virtual simulation; Nixing pottery; firing process

广西坭兴陶在中国具有很长的历史, 它的兴衰伴随着广西民族文化艺术发展的始终。由于其特有的艺术价值, 让它在中国陶瓷领域占有一席之地^[1]。2008年, 坭兴陶烧制技艺成功入选为国家级非物质文化遗产

产项目和国家地理标志产品, 被称为“中国四大名陶”之一, 获得这些成就是由一系列主观和客观因素所构成。从坭兴陶自身因素来分析, 它是具有很强实用功能的产品, 同时它又由多种艺术因素构成。从

客观上分析,其主要受惠于国家的一系列保护政策和政府的高度重视,受惠于区域性的名片效应,在本地的产业链市场已经成熟。正是由于各种主观与客观因素的共同推动,支撑着广西坭兴陶技艺的繁荣昌盛。但是,随着科学进步和社会文化的发展,传统坭兴陶烧制技艺单一的记录方式和言传身教的教学形式,越来越限制传统烧制技艺的文化保护和传承。因此,坭兴陶烧制技艺随着现代化技术的发展必将形成新的模式和观念,人们亟须构建一种适应于坭兴陶烧制过程的动态保护和传承的方法体系。

1 坭兴陶烧制技艺的现状

1.1 坭兴陶烧制传承人整体数量和素质有待提高

由于当地政府的扶持,坭兴陶行业队伍迅速壮大,专业从事坭兴陶产品生产和销售的商家超过1 000家,仅钦州“千年古陶城”内经营坭兴陶产品的店家就有100余户。他们都可以独立地完成泥坯制作、烧制技艺、打磨抛光等一系列制作流程,从业人数近万,其中烧制人员近千人。众多烧制人员的技艺所获得的来源不同,烧制的材质效果也大相径庭。例如,传统师徒言传身教传授技艺的技师,高校陶瓷专业培养的技术人员,还有一些没有接收过专业技术培训仅通过资料自学的人员。目前,由于坭兴陶烧制技艺的教授方式不统一,以及从业者获得信息的程度不同,不仅造成了坭兴陶烧制人员的技艺水平良莠不齐,也造成了职业队伍缺乏求真、求善、求美的评价导向。

1.2 坭兴陶烧制过程资源浪费严重

由于坭兴陶的烧制可控性较低,因此每次烧窑出品的残次品都较多,这大大地浪费了坭兴陶资源。坭兴陶资源是有限的、不可再生的,无序开发和浪费必将导致坭兴陶资源的枯竭。2016年12月,钦州市人大常委会制定了《钦州市坭兴陶土资源保护条例》。但是由于现阶段坭兴陶土资源还非常丰富,人们对陶土资源的保护意识还不强,相关部门的执行与监督力度不够,这都造成了资源的浪费,不利于坭兴陶的可持续发展。

2 坭兴陶烧制技艺虚拟仿真设计的必要性

2.1 虚拟仿真技术为坭兴陶烧制传承和创新提供了全新的发展方向

坭兴陶烧制技艺的创新和变革需要虚拟仿真技术的支撑。虚拟仿真技术不仅丰富了坭兴陶烧制过程传播的途径,更是以多元的技术手段对坭兴陶烧制技艺进行全面升级和重新解构。一方面,虚拟现实技术的仿真功能系统,可以创建出虚拟的三维空间和一个真实的动态环境,使用者可以在这样的虚拟空间和环

境中更好地认识和了解坭兴陶烧制过程的技艺,在体验和接受程度上获得愉悦感,也打破了一直以来只能从电脑屏幕被动接收信息的无趣状态。而这种以全新形式呈现出来的互动学习模式,则让人们能直接看到物体的移动轨迹和流程信息,不仅为人们深入探究宏观和微观烧制过程提供新方法,也在人机之间的沟通方面开启全新视角的研究方向。另一方面,数字化的坭兴陶烧制过程不仅仅是一种单纯的技术操作流程,它更深远地融入到坭兴陶文化的发掘与传递过程中,也是一种对传统技艺文化资源的评估、紧急保存,及多元化研究的方法,包含了提升文化自豪感和创新力的历程。在这个科技进步迅速的时代里,要确保并弘扬坭兴陶传统文化,最重要的就是坚守维护我国的文化形式,然后才能够通过科学技术来有效地挖掘它的经济效益和文化内涵^[2]。

2.2 利用虚拟仿真技术进行坭兴陶烧制过程传播的优势

在坭兴陶烧制过程技艺环节中加入虚拟仿真交互技术并不是一项华而不实的空谈行为,而是在当前坭兴陶传统技艺文化保护和传承发展过程中显现出来的一项务实性的探索研究。当前,坭兴陶传统制作技艺方面的发展面临着人才培养缺乏系统化、资源浪费严重、烧制效果单一、艺术性较差、缺乏市场竞争优势等严峻的现实问题^[3]。

虚拟仿真技术的应用对传统的烧制工艺流程进行了一定的改善,提高了烧制的成功率,更好地了解烧制的完整流程,也节约了劳动力。基于虚拟仿真交互现实技术的坭兴陶烧制,可以将现存问题进行逆向设计分析。虽然坭兴陶烧制的样式没有固定模式,但是可以通过大量的数字采集和计算的方式对坭兴陶出窑效果各个角度进行图像分析,进而通过建立科学的数据库,并不断对其完善和补充,以保证坭兴陶视觉效果充分使用。利用虚拟仿真交互技术结合其他相应学科在坭兴陶烧制的虚拟环境中对坭兴陶烧制进行构思、设计、三维模型制作、虚拟空间的演示,这是对坭兴陶烧制流程的全新尝试。将虚拟仿真交互技术应用于传统烧制加工过程中,除了具有直观性、可逆性、交互性等特点之外,还可以对烧制过程中出现的不规范和错误问题做出提示、预判和优化,提高在实际操作过程中坭兴陶烧制的成功率,缩短线下学习的局限性及学习周期,降低烧制过程中的浪费和创作的风险。

2.3 虚拟仿真技术为坭兴陶烧制过程开创了全新的视听解构模式

在制作广西坭兴陶的过程中,无论是创作者的设计理念、图形的展示,还是制造者技艺的转变和烧制效果的变化,都在为其增添独一无二的精神内核。这种精神往往以陶器的形状、装饰、颜色等方式表现出

来,并采用静态的方式展现在观众面前。然而,当虚拟现实技术的运用介入之后,坭兴陶烧制过程的精神内容可以通过动态的视觉方式被诠释。借助这项科技,人们可以对陶瓷烧制流程进行分解和重新组合,使其外在的形状、色泽、图案都能独立地呈现在屏幕上。这不仅能增强视觉效果,还能通过配音等多种手段提升听觉体验,最终构建出一种视听融合、情感共鸣的广西坭兴陶文化氛围。

总而言之,伴随着经济发展与科技创新的影响,人们对传统技艺文化的纪录及传承方法也做出了新的思考^[4]。社会的转变、需求的变动、审美的变化,以及文化环境的演变都要求坭兴陶非物质文化遗产的持续发展必须适应现代社会的发展需要。

坭兴陶烧制技艺过程难以通过具体的或静态的物体形式被保存在实体中,因为其并非固定不动的雕像,而更类似于流淌的水,具有动态性和短暂性。因此,利用虚拟现实技术去记录和呈现这种传统技艺无疑是坭兴陶文化保护的必要之举。借助于数字化的工具,人们能够协助并推动传统文化的发展与创新。同时,可以运用这些数字化遗产资料开展相关产业的开发,从而让传统文化焕发出新的生命力和活力。

数字化的虚拟互动视觉体验系统满足当前时代的需求,坭兴陶市场迅速发展,对原料成本的要求不断提高,对人才技能培训短缺的问题愈发严重。计算机科学技术的发展进步及网络服务的高效运行环境都推动着坭兴陶烧制技艺的活态记录和传承,它基于虚拟的技术并聚焦到坭兴陶烧制工艺流程上,使得设计的元素更深地融入到了实际操作中去,从而促进传统手工业中的“无形”部分(即传统文化)能够在这个高科技创新的时代得到更好的保护和延续。这种结合实物模型的设计方式不仅能有效保存历史资料,还可以为传统的坭兴陶产业提供更多创新的可能性和发展机会^[5]。通过使用现代计算机技术模拟整个烧制生产环节的过程,并在相关信息的展示方面给予支

持,有助于设计师们更好地理解他们的作品所产生的最终效果,并对他们的工作流程做出相应的调整或改进,为坭兴陶产品带来全新的面貌,确保这项传统的手工制造技艺得以长久流传下来。

3 坭兴陶烧制虚拟仿真数字化设计的应用形式

3.1 虚拟仿真技术应用于坭兴陶烧制过程的设计原理

虚拟现实技术是一门综合性的学科技术,它涵盖了一系列领域包括数码图像处理、多元媒介融合、互联网应用和人机互动等诸多相关技术的整合运用^[6]。虚拟现实技术对人类的学习和生活都产生了巨大的影响,打破了人们学习时间和空间的局限性。通过网络技术平台构建虚拟仿真展示场景,利用传感设备对人的视、听、触、味、嗅等进行感知,体验者可以根据自己的知识结构和兴趣,利用空余时间在虚拟场景中对非遗文化进行了解,从而更好地唤醒人们对坭兴陶烧制过程保护和传承的观念、认知和创造力(如图1所示)。

坭兴陶烧制技艺近年来也在主动寻求与虚拟仿真数字平台的融合,充分利用这一创新技术来实现自身艺术特征的传承与传播,让这项传统技艺重新出现在人们的视线中,让更多的陶瓷学习者和爱好者通过全新的“体验感”来了解坭兴陶烧制的非遗文化,体会到身临其境的直观感和趣味性^[7]。

3.2 基于虚拟仿真交互技术的坭兴陶烧制创新设计平台

通过构建虚拟仿真平台可以实现坭兴陶复杂烧制过程的创新可视互动性操作。当前数字化虚拟技术主要依靠 VRML,这种虚拟现实建模语言生成的场景交互性不流畅、操作复杂、不易于实现。而以 Virttools



图 1 虚拟仿真技术的设计原理
Fig.1 Design principles of virtual simulation technology

软件为核心的虚拟仿真工具，3ds max 数字建模和材质工具与后期网络平台搭建工具所开发的虚拟仿真平台具有交互性好、视觉感强、操作简单、容易实现等优点。通过构建虚拟仿真交互平台并运用于坭兴陶产品的烧制过程，该平台的设计和开发以场景搭建、过程模拟、实时交互、数据整合这四个部分来进行分析^[8]。

3.2.1 场景搭建

主要使用 3ds max 软件来完成场景中模型的制作和组合，在软件界面视图工具中先将单位比例设置为毫米（mm）。再在菜单栏工具中使用“导入”外部制作完成的 CAD 产品设计图纸到三维软件中，并把导入的素材进行成“组”设置，使其成为一个整体，防止后期二维图形的线条被打散。鼠标右键单击菜单栏中的“移动”图标将二维图形的世界坐标参数归零，这样设置可以规范图形的坐标，防止生成几何体后出现破面的情况^[9]。选择物体鼠标右键单击在面板中选择“挤出”按钮，将平面的二维图形挤出为一个三维实体，根据模型尺寸设置高度在 10 cm 左右，选择三维实体模型并右键单击，选择菜单栏中“可编辑多边形”，对转化完成的多边形几何体进行点、线、面的调整，将设置好的低模导入专门用于三维雕刻的软件 ZBrush 中，以前期的设计理念为依据，观察各个面的细节，使 ZBrush 软件中提供的各类画笔对模型进行精雕细琢，使模型精度大幅提高，面数能达到数万以上，多边形面所产生的复杂拓补结构和繁琐的网络分布问题都由计算机后台自动处理，这样可以让设计师更专注于对产品微小细节的数字雕刻，从而将建模对象表面的细节刻画得淋漓尽致（如图 2 所示）。

最后，打开“材质编辑器”选择一颗材质球，点击“贴图”按钮勾选“漫反射颜色”，再点击“材质/贴图浏览器”，点击位图并选择一张准备好的贴图图片，对其进行三维模型材质贴图的 UVW 坐标展开，对展开的平面贴图通过 PhotoShop 赋予坭兴陶材质效果的色彩和质感，对应三维模型准确地渲染出高质量的材质效果。通过对不同温度环境下的材料产生多种效果的准确影像进行分析。由于出窑效果的多样性，所以图像更新需要到达一定的频率才能满足它的要求，从而清楚地展示出坭兴陶烧制过程的动态变化。

1) 当收集完成大量烧制效果数据后，启动它们并建立材质文件夹，然后从界面上拖动贴图进来。首先，可以把三个贴图（即颜色、法线和光滑度）都放入其中，这样就完成了贴图的前期工作。接下来需要做的是确定合适的外观色彩或者纹理，这可以通过在“颜色”或“纹理”选项中运用色板或贴图的方式实现。

2) 通过软件把节点连接起来，节点编辑器是 Blender 中用于创建和编辑材质的强大工具^[10]。通过将不同的节点连接在一起，可以实现各种复杂的材质效果，为做好的三维模型附上材质，并建立材质库，方便为以后三维模型附上材质。

3) 为了更好地预览材质效果，可以在渲染视图中实时观察^[11]。点击窗口的“渲染”按钮，选择“渲染视图”以查看渲染效果。在渲染视图中，可以通过移动和旋转模型来查看材质在不同角度下的外观。最终的渲染效果逼真，很好地满足了使用者的视觉感受（如图 3 所示）。

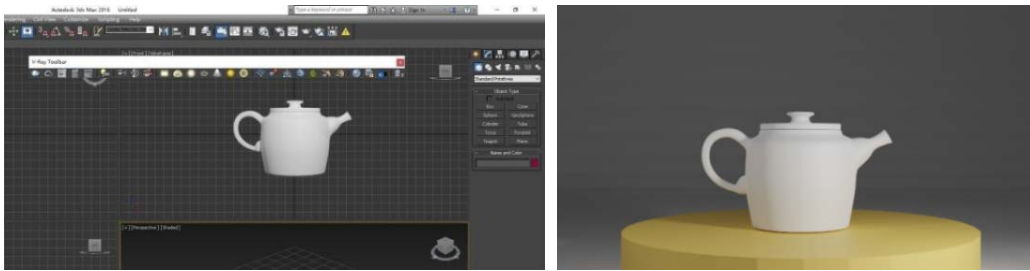


图 2 三维模型建立
Fig.2 3D model establishment

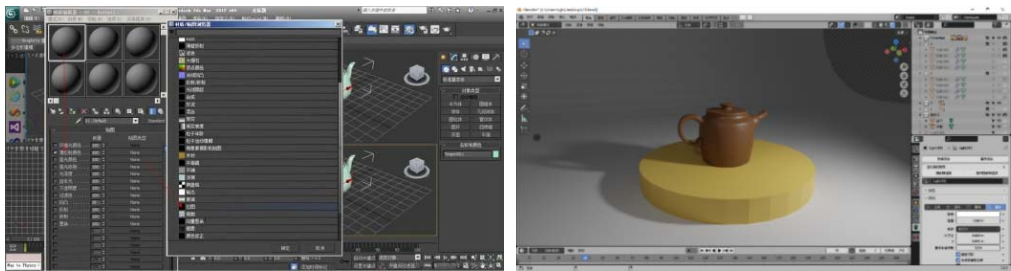


图 3 模拟材质
Fig.3 Material used in simulation

3.2.2 模拟坭兴陶烧制过程

通过模拟烧制过程,平台能够预测和评估产品在烧制过程中的可能变化和结果。这可以帮助设计师和工艺师更好地理解烧制过程,优化设计方案,提高产品的质量和稳定性。

首先,在 Virtools 软件中通过内置模块创建一个虚拟人物,通过虚拟人物来实现互动的载体。以虚拟人物视觉为依据创建一台摄像机作为视觉点,并绑定在人物主体上形成依附关系^[12]。完成设置之后就可以通过摄像机视觉的切换,实现虚拟场景中第一视角的设计。在原始环境中,人物创建之后在虚拟场景中会出现穿墙或者无法站立在地面的情况,可以为人物添加一个内置脚本,而脚本中的 3 个功能模块可以解决这个问题(如图 4 所示)。

其次,实现虚拟人物与场景中各个接触点间发生的互动命令。例如,当人物要进入虚拟教室进行实践操作的时候,需要建立与教室大门接触点交互链接的命令^[13]。通过 Virtools 中“BB Collision Detection”模块检测到人物碰撞的发生,就会激活并执行命令“BB Go To Web Page”,以链接到坭兴陶烧制虚拟教室的网页场景。完成的实际效果见图 5。通过上述两种方法,系统便可以实现在不同场景中自由切换的功能。

在虚拟现实环境中,创建人物虚拟立体视觉发挥了重要的作用^[14]。通过键盘输入设备给人物视觉点添

加运动效果在 Virtools 软件设置中添加“Unlimited Controller BB(Characters/Movement)”“Keyboard Mapper BB(Characters/Keyboard)”功能模块参数,以键盘为输入设备进行角色视觉互动的效果,使用键盘上的相应方向按键如“UP”“DOWN”“LEFT”“RIGHT”四个按键分别控制人物视觉的上、下、左、右移动方向,当没有按键控制的时候视觉互动动画的信息接收就为“Wait”,这时人物的视觉就处于停止状态(如图 6 所示)。当研究周边的事物时,因为双眼位置差异所致,其视像会稍显异样^[15]。这些由双眼捕捉到的影像在大脑里整合,构成了人们对事物的总体印象。用户双目看到的视觉信息会在两个独立的屏幕上呈现出来,而这种虚拟互动技术是坭兴陶制作过程中的重要环节,它能增强作品的空间感觉和立体效果。

最后,通过虚拟现实传感器技术,处理完成虚拟场景之后,就需要完成虚拟平台中坭兴陶烧制的具体环节,实现其最终的交互功能,以便使用户可以身临其境地体验烧制过程的乐趣和最终烧制完成后的效果魅力。在这个虚拟课堂环境里,笔者构建了一个让用户与窑炉及陶器互动的关键部分。这个虚拟窑炉通常处于关闭状态,当它旁边的相应按钮被点击(OnClick)后,系统会接收到消息并激活动作来运行 VSL 模块^[16]。如同操控角色移动一样,控制窑炉开闭的函数只需要增加一个判定函数,根据按钮被按下次数确定窑炉的状态:要么启动,要么关闭。此外,还需添加两条额

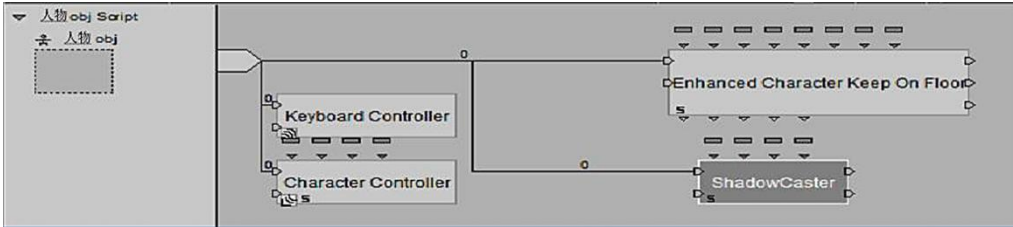


图 4 人物碰撞设置
Fig.4 Figure collision settings



图 5 接触点触发效果
Fig.5 Contact point trigger effect

Order	Message	Animation	Warp	Warp Length	Stopable	TimeBase	Fps	Turn	Orient	Description
0	Joy_Up	Walk	Best	5.0	Yes	Time	30.0	Yes	No	Walk Animation
1	Joy_Left	TurnLeft	Start	5.0	Yes	Time	30.0	Yes	Yes	
1	Joy_Right	TurnRight	Start	5.0	Yes	Time	30.0	Yes	Yes	
1	Joy_Down	WalkBack	Best	5.0	Yes	Time	30.0	Yes	Yes	Walkback Ani...
128		Wait	Best	5.0	Yes	Time	13.0	Yes	No	Stand Animation

图 6 角色视觉移动参数设置
Fig.6 Visual movement parameter settings of character

外的判断规则,用于检测窑炉是否正在燃烧或已经结束运作。一旦首次触发此按钮,窑炉便会按照设定速度放入坭兴陶,直至全部装载完毕。第二次则进入“窑门封闭”模式,准备设定烧制参数,以此循环。当鼠标悬浮于按钮上时,会出现相关的文本提示,见图 7。

总之,通过 Virtools 软件来实现虚拟仿真交互平台的搭建,关键在于利用传感器来实现虚拟交互仿真技术。这样使用者不仅能直观地体验到坭兴陶烧制效果的存在,还能亲身参与烧制过程中的每一个环节,从而全方位地感受坭兴陶烧制过程所带来的独特吸引力。

3.2.3 坭兴陶烧制过程实时交互虚拟

平台应提供实时交互功能,使用户能够直接在虚拟环境中对坭兴陶烧制过程进行操作和调整。这种交互可以是简单的鼠标点击和拖拽,也可以是更复杂的

数据识别和输入。

使用虚拟仿真技术可以在计算机构建的虚拟数字空间中,通过计算机输入设备完成对虚拟场景参数的设置,从而达到人们想要的效果,更好地体现出使用者与虚拟非遗环境之间的互动,起到很好的选材作用。使用 Virtools 软件内置的交互行为模块,控制坭兴陶三维模型的烧制参数, Virtools 软件为用户提供了大量的交互行为模块,通过利用这些交互行为模块,可以实现对坭兴陶烧制过程的全面化控制,实现数字输入交互动画的功能主要通过 Virtools 中 Text Display、Send Message、Wait Message、Hide 等 BB 互动模块参数来完成(如图 8 所示),如温度高低变化、烧制过程的可视化、烧制材料的投放,以及坭兴陶窑变颜色等参数,同时对该模型进行相对复杂的操作,为进一步观看坭兴陶烧制过程做好准备。

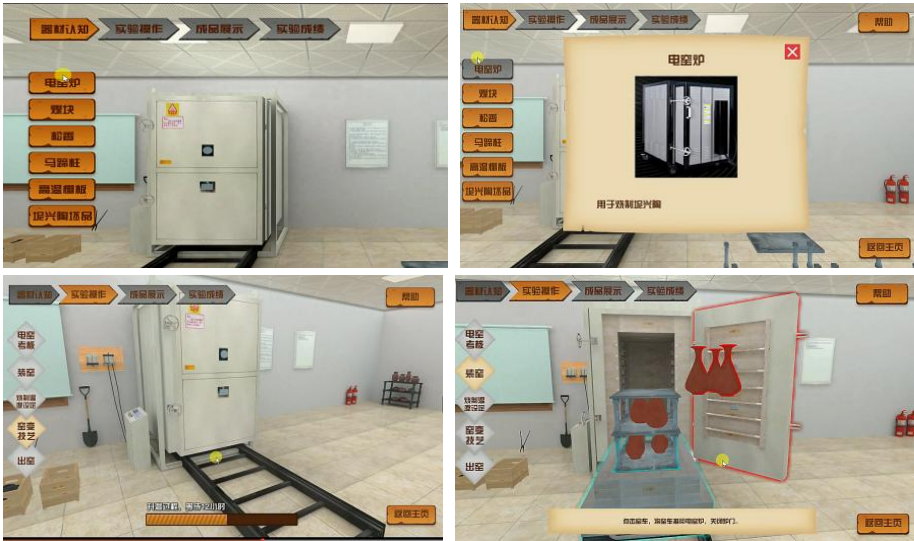


图 7 烧制过程虚拟仿真体验
Fig.7 Virtual simulation experience of firing process

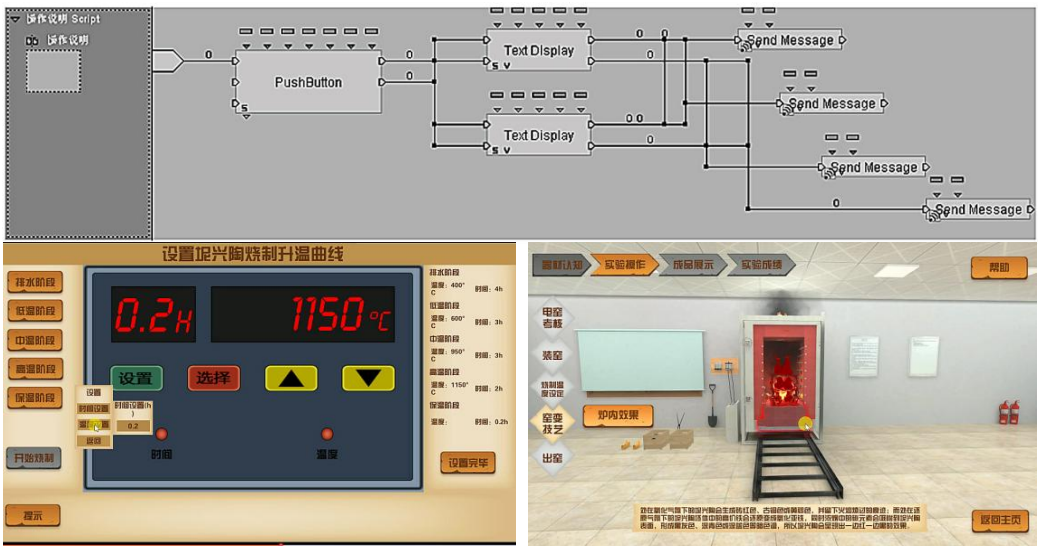


图 8 温度虚拟设置
Fig.8 Virtual setting of temperature

以交互式的虚拟烧制过程为平台来设计具体参数,达到“安全保护、广泛传播、体验教育、全面展示”的预期效果。以此,希望能够对坭兴陶烧制过程的活态记录和传播形式进行新的探索和补充,并且可以总结出数字化虚拟仿真交互技术在烧制过程中参数运用的一般规律,从而为其它的不同出窑效果提供参考。

3.2.4 坭兴陶烧制虚拟数据分析与反馈

平台应收集并分析在设计和烧制过程中的数据,提供反馈和建议,帮助用户优化设计方案和提高产品质量。

以 Virtools 中的 SteamVR 分析用户在交互过程中对坭兴陶烧制过程的追踪反馈到 Vive 识别系统,数据通过 Vive 跟踪数据功能的 USB 端口就能将烧制过程中的设置数据传递给电脑。因此虚拟仿真的在 Virtools 平台中接收数据的设置环节的设计就比较关键。由于 Virtools 的初始状态不能通过内在模块窗口直接读取数据信息,因此需要利用 C 语言对软件串口 SerialPort 类进行连接来实现和 HTC Vive 的数据交流。但是 Virtools 软件自身没法触发 SerialPort.Date-Receivied 模块,这可能会导致部分数据的丢失情况。可以通过设置 FixedUpdate 模块命令来解决丢失的问题,FixedUpdate 模块功能可以设置双线程,其中一个线程负责接收反馈数据,另一个线程处理烧制过程中的数据分析。同时为了降低虚拟仿真平台运行错误的发生,避免串口在关闭和读取烧制过程数据的时候提示 System.IO.IOException 的报错,需要在 Virtools 软件中使用 Close 的命令关闭串口数据的接收(如图 9 所示)。坭兴陶烧制技艺虚拟仿真实验系统不仅能够单机稳定运行,还可被置于基于 Internet 的开放操作管理平台上,为不同地区、不同专业的人群所共享使用。且因为项目建于 B/S 架构,可提供授权的网络环境开展实验。系统有完善的加密机制,具有较好的

安全功能,可以进行日志管理、数据备份、系统监控,保障网络及信息安全保护等操作。

这种虚拟仿真烧制过程数据的采录改变了传统的单一式传授方法。以参与者为中心,使其可以根据自己的时间和自身能力,在虚拟仿真平台自由地获得开放的学习资源,通过后台数据与专家和非遗传传承人建立联系,进一步获得深入指导。通过提供各种虚拟仿真实验鼓励参与者主动学习,专家与参与者融合成一体,同在一个平台分析和反馈数据,通过共同完成实验项目而使参与者获取知识和技能。

4 结语

通过论证和梳理坭兴陶烧制过程的虚拟仿真记录,总结出虚拟仿真实现烧制过程的优势和技术路线。通过详细的虚拟仿真技术路线制作研究完成,证明了虚拟仿真技术在坭兴陶烧制过程中的可行性和必要性,并对其操作过程进行了分析研究,最终得到的研究结论如下。

1) 虚拟仿真交互平台为坭兴陶的烧制过程提供了可视化的操作,完成烧制场景的真实还原、窑炉内部烧制过程的完整记录、反馈数据的详细分析等一整套流程,从而加快了坭兴陶非遗传承人才的培养、提高了学习和实际操作效率和周期、实现了过程和结果的可逆性修改。通过数字化的结果来指导实际烧制过程的操作,降低烧制过程中原材料的消耗,其体现的优势将为传统技艺过程的记录和传播提供新的途径。

2) 虚拟仿真交互技术实现了对传统坭兴陶手工技艺的活态记录,使传统烧制技艺过程数据可以永久性保存。虚拟仿真交互技术的使用可以让使用者随时提取有效的影像数据、三维模型数据库,以及模拟烧制空间的结构资源。对濒危传统手工艺的记录和传承采取实时的、科学的、精准的保存,是对坭兴陶烧制过程数字化保护的创新模式。

3) 将数字化三维模型技术与虚拟交互技术应用于坭兴陶烧制技艺的流程,最终通过互联网技术在网络平台上实现虚拟操作。不同于传统的坭兴陶烧制传播方式,虚拟仿真以其所特有的方式将整个烧制过程虚拟化、影像化、互动化,从而更好地服务用户的培训、创新、传播等工作。

4) 坭兴陶烧制虚拟可视化平台是一个人机交互系统的杰作,其成功地将艺术性和科技性融为一体。它使传统的烧制流程与虚拟烧制较好地进行了融合,通过数字化的技术和虚拟交互的手段、工具和载体构建出虚拟交互坭兴陶烧制的详细流程,使用者可以根据自身能力沉浸式体验烧制的各个环节,打破了传统烧制过程抽象性描述的问题,实现了数字化创新记录和传播的新途径。

总体来说,虚拟仿真交互技术对传统视觉传达起

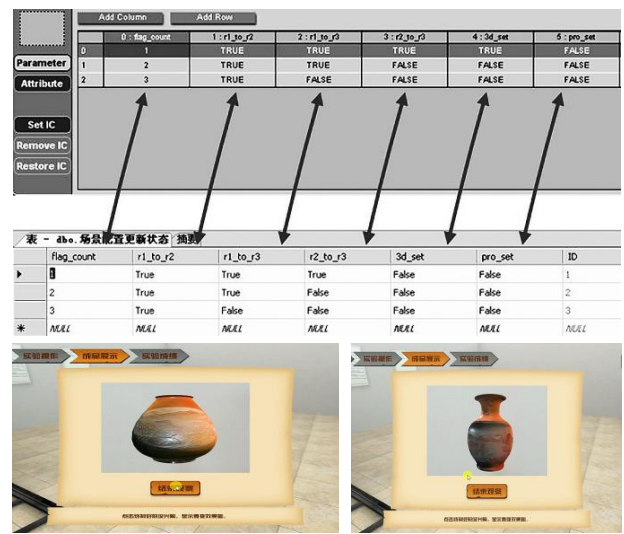


图 9 Virtools 数据接收信息
Fig.9 Virtools data reception information

到了颠覆性的作用,挑战了传统的平面和静态的视觉形式,利用更直接的三维环境和模型,以及更多的互动式虚拟科技成功地吸引了公众的视线并改善了体验,使得更多人开始注意并赞赏坭兴陶制作非物质文化遗产的独特之处。通过可视性和互动式的窑炉操作分析,实现了数字化纪录与传递的融合功能,改写了传统坭兴陶工艺的单向传承模式,让整个坭兴陶烧造技术的记载和推广变得更有效率。

参考文献:

- [1] 广西壮族自治区地方志编委会. 广西通志·二轻工业志[M]. 广西: 广西人民出版社, 2003.
Editorial Committee of Local Chronicles of Guangxi Autonomous Region. Guangxi Tongzhi Second Light Industry Chronicle[M]. Guangxi: Guangxi People's Publishing House, 2003.
- [2] 赵润泽. 虚拟现实沉浸式艺术交互形式研究[D]. 西安: 西北大学, 2019.
ZHAO R Z. Research on Immersive Art Interaction Forms in Virtual Reality[D]. Xi'an: Northwest University, 2019.
- [3] 韩成艳. 非物质文化遗产的主体与保护主体之解析[J]. 民俗研究, 2020(3): 46-52.
HAN C Y. Analysis of the Subject and Protector of Intangible Cultural Heritage[J]. Folklore Research, 2020(3): 46-52.
- [4] 纪洋. 虚拟现实技术在非遗文化传承与传播中的应用研究--以辽宁岫岩玉雕工艺为例[D]. 辽宁: 辽宁科技大学, 2020.
JI Y. Research on the Application of Virtual Reality Technology in the Inheritance and Dissemination of Intangible Cultural Heritage: A Case Study of Xiuyan Jade Carving Craft in Liaoning Province[D]. Liaoning: Liaoning University of Science and Technology, 2020.
- [5] 钦州市地方志编纂委员会. 钦州市志[M]. 广西: 广西人民出版社, 2000.
Qinzhou Local Chronicles Compilation Committee. Qinzhou City Chronicles[M]. Guangxi: Guangxi People's Publishing House, 2000.
- [6] 董晓萍. 民俗非遗保护研究[M]. 北京: 文化艺术出版社, 2016.
DONG X P. Research on the Protection of Folk Intangible Cultural Heritage[M]. Beijing: Culture and Art Publishing House, 2016.
- [7] 邓桂美. 虚拟现实技术行业发展及应用探讨[J]. 绿色科技, 2018(24): 195-197.
DENG G M. Exploration of the Development and Application of Virtual Reality Technology Industry[J]. Green Technology, 2018(24): 195-197.
- [8] 关松磊. 虚拟仿真实验平台在实验教学中的应用现状[J]. 长春教育学院学报, 2018, 34(11): 45-48.
GUAN S L. The Application Status of Virtual Simulation Experimental Platform in Experimental Teaching[J]. Journal of Changchun Institute of Education, 2018, 34(11): 45-48.
- [9] 许丛瑶, 徐习文. 交互叙事视域下文化遗产的数字展示设计[J]. 包装工程, 2022, 43(12): 241-249.
XU C Y, XU X W. Digital Display Design of Cultural Heritage from the Perspective of Interactive Narrative[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(12): 241-249.
- [10] 张明春, 杨玲, 李文歆. 陶瓷产品数字化设计与模具精确成型方法研究[J]. 包装工程, 2022, 43(20): 241-249.
ZHANG M C, YANG L, LI W X. Research on Digital Design and Precision Mold Forming Methods for Ceramic Products[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(20): 241-249.
- [11] 吴昉. 传统手工艺的媒材转化与融合研究[J]. 包装工程, 2020, 41(8): 292-296.
WU F. Research on the Transformation and Integration of Traditional Handicraft Media[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(8): 292-296.
- [12] 张晓婷, 陆菁, 刘渊, 等. VR交互体验中沉浸感与舒适度的平衡设计[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 91-97.
ZHANG X T, LU J, LIU Y, et al. Balanced Design of Immersion and Comfort in VR Interactive Experience[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 91-97.
- [13] 康慧, 杨随先, 邓淑文, 等. 产品操作界面元素布局多目标优化设计[J]. 包装工程, 2020, 41(8): 149-153.
KANG H, YANG S X, DENG S W, et al. Multi Objective Optimization Design of Product Operation Interface Element Layout[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(8): 149-153.
- [14] 涂先智, 王昆. 数字博物馆的角色代入类叙事设计研究[J]. 包装工程, 2023, 44(2): 365-371.
TU X Z, Wang K. Research on the Role Substitution Narrative Design of Digital Museums[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(2): 365-371.
- [15] 原红玲, 王寒里. 基于“互联网+3D打印技术”的产品创新系统研究[J]. 包装工程, 2020, 41(20): 298-302.
YUAN H L, WANG H L. Research on Product Innovation System Based on "Internet+3D Printing Technology"[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(20): 298-302.
- [16] 谭浩, 李薇, 韩丽红. 用户参与式工业设计生成思维研究[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 146-151.
TAN H, LI W, HAN L H. Research on User Participatory Industrial Design Generative Thinking[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 146-151.