

【设计研讨】

数字孪生视域下的非物质文化遗产设计转化研究

魏 璠 涛, 任 利 民

(浙江理工大学, 杭州 310018)

摘要: **目的** 根据当前国内中小型非遗专门类博物馆数字展陈设计发展滞后问题,探索数字孪生视域下的非物质文化遗产数字设计转化方法,为非遗的数字设计保护与传播提供借鉴。**方法** 以数字孪生技术为基础,梳理数字孪生的起源、发展、相关理论模型和其在文化与设计领域中的应用,在此基础上提出适用于非物质文化遗产的双循环五维结构的数字设计转化模型,针对该模型的虚拟数字文化设计部分,从过去、现在与未来三个时间维度和象态、拟态与意态三个空间层级递进,分析了非遗数字设计转化机制。**结果** 利用非物质文化遗产数字设计转化模型和非遗数字设计转化机制,得出针对中小型专门类非遗博物馆的数字情景展示设计转化策略,以提升参观者体验,加强对非遗文化的理解。**结论** 以非遗十里红妆民俗的博物馆情景展示设计为例,基于数字孪生理论使用倾斜摄影测量法,对非遗数字文化设计转化进行实践验证,设计十里红妆博物馆数字展示系统。该实践拓展了非遗数字设计转化的理论思路,并提升了参观者对非遗文化内涵的理解和认同,为中小型非遗专门类博物馆的文化活动空间数字化保护与传播提供了方法参考。

关键词: 数字孪生; 非物质文化遗产; 设计转化; 博物馆展陈; 数字情景设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0302-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.033

Design Transformation of Intangible Cultural Heritage from the Perspective of Digital Twin

WEI Yun-tao, REN Li-min

(Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the digital design transformation method of intangible cultural heritage from the perspective of digital twin according to the current lagging development of digital display design of small and medium-sized specialized intangible cultural heritage museums in China and provide reference for the protection and dissemination of digital design of intangible cultural heritage. Based on digital twin technology, the origin, development, related theoretical models of digital twin and its application in the field of culture and design were sorted out. On this basis, a digital design transformation model of double cycle five-dimensional structure suitable for intangible cultural heritage was proposed. For the virtual digital cultural design of the model, the transformation mechanism for digital design of intangible cultural heritage was progressively analyzed from three temporal dimensions of past, present and future and three spatial levels of iconography, mimicry and ideology. Through the digital design transformation model and mechanism of intangible cultural heritage, a digital scene display design transformation strategy for small and medium-sized specialized intangible cultural heritage museums was obtained, so as to improve visitors' experience and strengthen their understanding of intangible cultural heritage. With the museum scene display design of the intangible cultural heritage-"The Red Dowry" as an example, based on the digital twin theory, oblique photogrammetry is used to verify the digital cultural design transformation of intangible cultural heritage and design the digital display system of "The Red Dowry" Museum. This practice expands the theoretical thinking of digital design and transformation of intangible cultural heritage, im-

收稿日期: 2022-10-14

作者简介: 魏璠涛(1997—),男,硕士生,主攻数字媒体艺术。

通信作者: 任利民(1967—),男,副教授,主要研究方向为数字媒体艺术。

proves visitors' understanding and recognition of the connotation of intangible cultural heritage, and provides a method reference for the digital protection and dissemination of cultural activities in small and medium-sized intangible cultural heritage museums.

KEY WORDS: digital twin; intangible cultural heritage; design transformation; museum display; digital scene design

近年来,我国在数字孪生理论、技术与应用方面的研究取得进展。通过对数字孪生相关文献进行梳理,可以发现数字孪生概念从提出发展至今,已有学者将其应用于文化与设计领域,进行初步的探索应用,但多集中于物质文化遗产方面的研究。由于不少非物质文化遗产也具有物质的表达成分,所以以非遗文化空间为例,研究立足数字孪生视域下的非物质文化遗产虚拟数字文化设计,为非物质文化遗产的专门类博物馆展陈提供数字设计方法,对参观者游览体验进行优化,利用博物馆藏品实现非物质文化遗产物理本体、功能用场和文化价值的数字化传播路径,实现非物质文化遗产全领域的数字设计转化,能够有效地促进参观者对相关文化内涵的理解。

1 数字孪生与文化遗产

1.1 数字孪生概念的提出及发展

数字孪生(Digital Twin)的概念源于美国国家航空航天局阿波罗计划,但该名词最早于2003年密歇根大学格雷福斯(Michael Grieves)教授的产品生命周期管理课程中被提出,其引入了一个虚拟的、数字的等价于物理产品的“数字孪生”概念,提出数字孪生三维概念模型,后也被称为信息镜像模型,它包含三个主要部分:现实空间中的物理产品、虚拟空间中的数字产品以及连接虚拟与现实空间产品的数据传递、信息反馈^[1]。由于早期发展受到当时数字技术的限制,数字孪生一直处于初步发展阶段。直到2012年美国NASA将数字孪生进行定义为一种综合多物理场、多尺度、多概率的系统模拟仿真过程,通过充分利用物理模型、传感器更新、历史数据等技术,能够实时反映物理实体与数字孪生体的状态^[2],并将其定义为2023—2028年主要的技术挑战,向各界展示了数字孪生的优越性,逐渐成为学术界与企业界的研究热点。随着通信技术、大数据分析、物联网、云计算、仿真技术、实时传感、人工智能和拓展现实等技术的发展,提升了数字孪生实现的可行性与可能性,数字孪生的应用也由航空军事领域向工业的集成生产制造、开发设计、运营管理、风险预测等领域转变。

随着数字孪生应用领域的扩大,早期的数字孪生模型难以适配满足现行技术下的数字信息工业发展,国内外学者在不同研究领域均提出数字孪生适用于该学科的不同定义,数字孪生的概念内涵得到扩充,以适应数字孪生技术在专业领域的应用路径。有学者在研究数字孪生车间的过程中,基于数字孪生三维模

型提出应用于数字孪生车间的概念模型,由客观存在于物理空间中的实体、多维度构建的数字模型、数字孪生综合服务系统以及数字孪生数据四部分组成,随后在此基础上提出数字孪生五维模型^[3-4],该模型在传统数字孪生三维模型的基础上,增加了服务系统和孪生数据两个维度,以适应数字技术发展新阶段的应用需求,不少学者利用该模型对物流配送、资源调度、产品设计等领域的应用进行探索。但总体来讲,数字孪生不仅对应单一技术,而是一种将多样化技术交叉融合来促进产业转型、社会发展的新理念。当前数字孪生研究仍处于初级阶段,相关概念理论、应用路径、技术拓展的研究均较少。

1.2 文化遗产中的数字孪生应用

现阶段在文化遗产领域的数字模型多采用逆向建模反求生成,如通过激光扫描仪测量或照片建模测量等技术。逆向建模生成的文化遗产数字模型(如历史建筑信息模型,HBIM),实现了数字孪生对文化遗产实体的物理数据捕获,并为全要素语义虚拟数字模型的复原与利用提供了可能。逆向测绘建模是通过测绘、影绘、传感器与激光等针对现有文化遗产物理实体获取结构和纹理信息进行反向构建模型的方法,基于获取的影像资料利用自动化建模工具完成文化实体的数字化三维重建,逆向测绘文化遗产相关物理实体模型得到数字三维模型的建模方式。基本满足提取文化遗产相关物体的轮廓线、特征线及特征点,再进行正向设计修复^[5],记录相关物体的表面材质、肌理情况,对文化信息数字化存档研究的要求。有学者^[6]通过案例分析对传统测量三维建模以及摄影测量三维建模两种构建数字孪生模型的方法,从数据捕获、数据生成、数据优化方式、结果表现及优缺点等方面进行了比较;可以利用摄影测量、激光扫描和传感器技术分析历史文化建筑和博物馆藏品的湿度、温度、应力状态等外界环境因素对文化遗产未来保存保护的影响问题^[7-8];也可以通过数字孪生构建具有物理模块、虚拟模块、孪生数据模块和应用服务模块的革命旧址监测预警融合机制与运行路径,实现革命旧址全要素数字化和虚拟化、全状态实时化和可视化监测预警^[9]。

2 非物质文化遗产的数字设计转化

2.1 非物质文化遗产数字设计转化模型

数字孪生理念在设计中的大多数应用都集中在智能产品设计方面,较少有学者就数字孪生介入非遗

的虚拟数字转化及应用设计提出相关专用模型。有学者基于数字孪生五维模型,分析了文化遗产数字孪生体系的运行机制,由物质文化遗产、虚拟空间的文化遗产、文化遗产服务平台、文化遗产孪生数据及系统的连接交互组成,为数字孪生理念在文化遗产中的应用提供了理论支撑^[10]。但由于在数字孪生五维模型提出时,其十大应用中并未包含文化遗产保护,且数字孪生的五维结构中数据链接维度在非物质文化遗产数字设计转化的应用强度较弱,因此直接将数字孪生五维模型映射在文化遗产领域中运用,特别是在非遗设计转化中是不适配的。在此相关研究基础上,笔者认为非物质文化遗产数字设计转化模型是由一种双循环强五维结构组成的,如图 1,该模型由物理实体文化设计、虚拟数字文化设计、文化设计数字孪生创新平台、文化设计数字孪生保护平台、文化遗产孪生数据系统五部分构成,五个维度通过数据采集与驱动实现互相连通。物理实体文化设计和虚拟数字文化设计分别依靠文化设计数字孪生的创新平台和保护平台实现对文化遗产物理与数字全方位的创新、开发、保护,并与物理实体和数字孪生体实现内部联系。

物理实体文化设计是对现实中客观存在文化遗产的物质属性部分进行设计转化的过程,该过程内部以物理文化产品开发、物理文化遗产保护、物理文化实体构成内部循环。基于实际需求,通过大量的历史文献记载和对文化遗产现状的了解,进行设计活动,完成文化设计数字孪生平台驱动的设计任务。虚拟数字文化设计是物理实体文化遗产数据集映射到数字模型中并进行设计数字转化的过程,以数字文化产品开发、数字文化遗产保护与数字文化孪生体构成,内部循环产生数据反馈给物理实体文化设计,进行设

计策略的迭代优化。文化设计数字孪生服务平台是整个结构的核心模块,能够根据物理实体及数字孪生体的设计数据进行驱动分析,在设计组织、决策、管理、创新等各环节对系统进行控制协调的功能性服务,由创新平台(CI, Cultural Innovation)和保护平台(CF, Cultural Facilities)两个部分组成,分别服务文化产业和文化事业。文化产业是指经营文化产品服务的行业,文化设计数字孪生创新平台的产业服务为创新性的文化产品开发工作所需的精准管理和维护运营提供业务性服务;而文化事业的本质在于非营利性^[11],与营利性活动的文化产业相对应,目的是满足人民对文化生活的多种需求,保障人民的基本文化权益,因此文化设计数字孪生保护平台的事业服务对应普适性的文化遗产保护、传承、开发、传播工作,满足不同需求用户在数字设计方面的应用性服务需求。文化遗产孪生数据包括物理实体文化设计、虚拟数字文化设计、数字孪生平台的相关运行数据,这些多源异构的数据通过各部分之间的连接交互映射并不断更新优化。各组成部分之间的连接,将物理实体文化设计、虚拟数字文化设计、文化设计数字孪生平台和文化遗产孪生数据连接成有机整体,重点是数据之间的实时交互传递,从而使模型运转。由于设计开发活动过程的本质是知识数据供求的过程^[12],文化遗产涵盖历史、艺术、文学、社会伦理等领域,而数字孪生是传感器、物联网、机器学习、大数据云计算、虚拟/增强/混合/拓展现实等科技交叉融合的理论,这种基于集成化、结构化的文化遗产数字孪生数据在文化遗产全生命周期的不同阶段,如保护和研究、设计和建设、管理和运营、开发和利用等时期,为设计师和设计开发活动制定最优的决策指导。

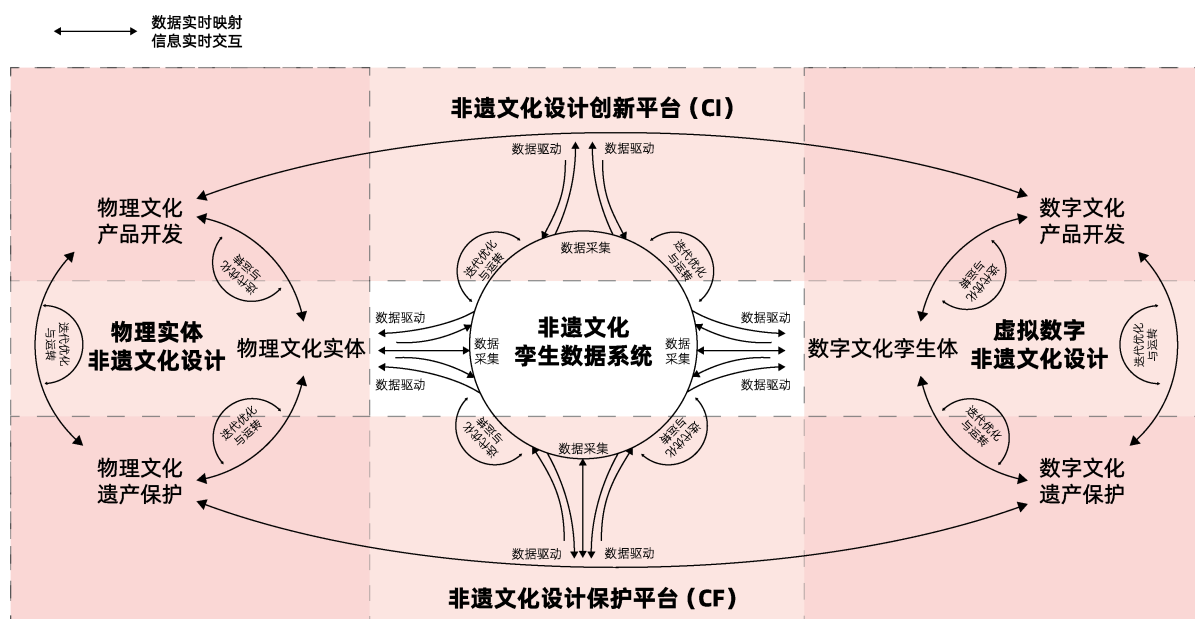


图 1 非物质文化遗产数字设计转化模型

Fig.1 Digital design transformation model of intangible cultural heritage

2.2 虚拟数字文化设计转化机制

文化具有传承性与演变性的特征,其随着时间在不断继承的同时,也一直扩展演进。这与数字孪生的动态性、进化性有共性特征,但不同于数字孪生在工业生产领域的应用着重于对物理实体的实时监控、运行预测与数据记录,非遗虚拟数字文化设计转化还需要依据过往非遗的相关历史知识、历史认知与历史环境进行演化设计,对其未来开发、发展、利用、保护提出全方位的决策部署。在上述的非物质文化遗产数字设计转化模型的双循环五维结构中,虚拟数字文化设计的转化机制是本文的研究重点。由于非物质文化遗产种类概念繁复,非遗之间情况各有不同,有的地处自然环境之间,有的已经被摒弃不用放置在博物馆

中,有的依然为人们日常所需。因此,在针对不同的非物质文化遗产进行数字孪生设计时需根据文化遗产实际情况进行应用,因地制宜、因时趋势。

笔者从象态层、拟态层、意态层三个空间孪生层级,过去、现在、未来三个时间孪生维度,对不同空间与时间下的非物质文化遗产数字设计转化模型中虚拟数字文化设计部分的转化机制进行分析。现在维度是根据传感器、物联网、数字模型生成等技术将物理文化实体与数字文化孪生体相互映射反馈的过程;过去维度与数字文化遗产保护相对应,是对过去的再现、模拟、提取;未来维度对应数字文化产品开发,是基于过去与现在的数据属性对文化遗产未来的预测、创造、衍变设计,如图2。

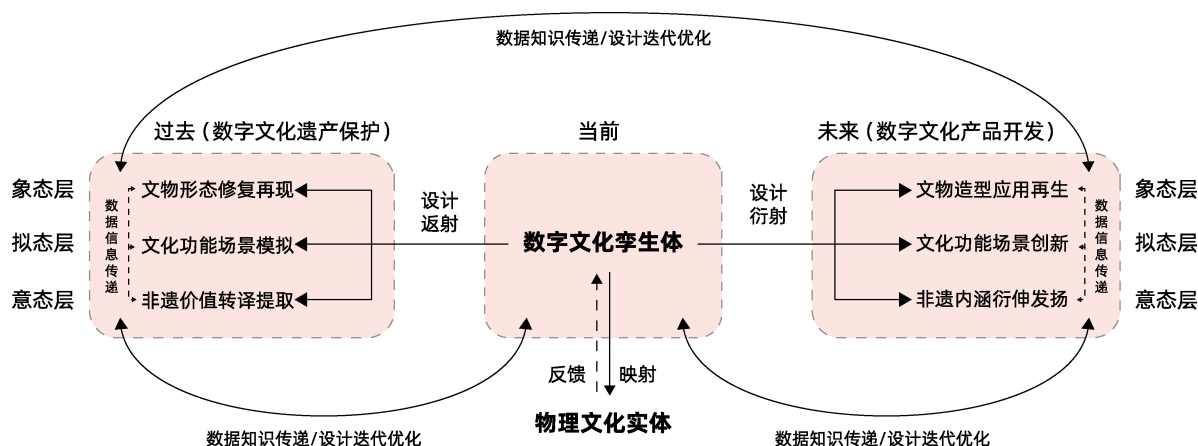


图2 虚拟数字文化设计转化机制

Fig.2 Design transformation mechanism of virtual digital culture

象态层（物理本体空间）所对应的是物理文化实体的基础属性,是非遗虚拟数字文化设计中人们可以观察、体验的部分^[13],象态犹形态,即是文化遗产所具备物理属性的外在造型形状,可以说是对现实环境中物理文化实体的直接映射,包含文化遗产中实体物品的造型、纹理等物理属性的文化元素,分别通过数字化技术手段获得外在形态数据,并通过文化遗产相关的历史知识数据,利用机器学习等数字技术和数字设计实现文化遗产过去形态的复原再现与其未来造型的演算再生。

拟态层（功能用场空间）是对非遗使用场景、方法及功能等属性的模拟仿真,对应物理文化实体的功能用场空间。拟态一词源于生物学,是指生物模仿其他生物或物体的外形状态作为伪装。李普曼（Walter Lippmann）基于拟态模拟提出“拟态环境”的传播概念,是指传播媒介对信息数据进行选择、加工、重构后向人们展现的模拟环境场景。拟态是基于人们通过主观认知和文化基础对现实文化遗产的描绘再现,它以物理现实为蓝本,运用信息知识和数字化手段在传播媒介上构建出反映现实的虚拟场景,形成一个符号化的文化遗产信息拟态环境。非遗虚拟数字文化设计

的拟态转化,便是设计师通过设计手段,基于历史知识、历史认知与历史环境对非遗过往情景进行数字化虚拟仿真的维度。

意态层（心理价值空间）是文化遗产的内隐性特征,无法为人们所直接观察,也无法直接映射物理实体,需要人们感悟体会,对应文化遗产所关联人群的心理价值空间,是文化遗产的文化基因、精神内核、价值意涵,但可通过设计提取数字文化孪生体中过往的文化价值,取其精华,去其糟粕,利用设计孪生数据实现文化意涵的衍生、优化,并跟随时间的发展、社会价值体系的变化对文化遗产的意态进行验证。

3 非物质文化遗产的数字设计实践应用

国内外学者根据数据进行数字孪生推算相关的物理属性变化,对未来文化遗产的物理实体保护提出建议,较少以设计的角度介入,从历史认知、历史意义方面对物质本体进行价值研究。物质文化遗产大多以历史文物、历史建筑遗迹和文化遗址为主要形式,此类文化遗产普遍在象态层面可以采集较多数字孪生数据,可根据生成的数字模型对文物残缺破损进行

修复,并通过数字化工具进行全生命周期流程设计,解读挖掘其文化价值,依托于文化遗产数字孪生平台对现代文化认知进行决策、评价、优化和管控。而非物质文化遗产包含了语言、民间文学等十三个大类,部分非物质文化遗产不具备物质属性,但在拟态及意态层面有一定价值,也有不少非物质文化遗产其主体无形,却具有丰富的有形关联附属,具有物质、物理属性的表达成分,也可通过设计手段介入实现象态、拟态及意态的融合应用,非物质文化遗产相较物质文化遗产的特性更为复杂。

3.1 博物馆中的数字文化遗产保护

加强非遗文化的传承是坚定文化自信、实现文化强国的重要途径和手段,2021年8月中共中央办公厅印发《关于进一步加强非物质文化遗产保护工作的意见》,提到利用博物馆等公共文化设施开展非遗相关活动,丰富传播手段促进广泛传播,因此探究立足于数字孪生视域实现非遗传播普及的虚拟数字文化设计转化新方法是必要的。博物馆作为非遗文化的主要传承场所和传播文化活动空间,多数大型博物馆已建成智慧博物馆,但许多中小型博物馆由于理念、经费和场地等限制,还可以从数字化修复、虚拟策展和数字化文创等方面充分利用数字文物^[14]。

本文以非物质文化遗产十里红妆婚俗的相关中小型专门类博物馆为例进行数字设计。婚俗是民俗一种形式,民俗是人类地域性生产、生活、心理活动的集合,传承往往伴随社会风俗情景,包含物质层面与精神层面两部分内容。博物馆运用情景化叙事性设计再现传统民俗情景,是对民俗文化的生动展现与传播^[15]。民俗情景复原是体现非遗文化核心价值的方式之一,民俗博物馆作为传统文化表现形式相关的空间场所,是非遗文化空间的组成部分,实现博物馆中非遗情景数字孪生,是非遗文化活动公共性、共享性与多样性的表现^[16]。《现代汉语词典》认为“情景”犹情形、情况,指感情与景色。笔者认为,针对博物馆数字文化遗产保护的情景化设计包含情感化和场景化两部分设计内容,情景化设计是情感与场景的有机融合,博物馆等文化活动空间下的情景化设计对象涵盖民俗文物、民俗情景、博物馆参观者等要素。随着社会的发展,部分民俗文化生态与原始环境脱离,作为情感信息的产生者与空间文化信息的接受者,人是虚拟数字文化设计中情感化设计的目标,民俗博物馆通过融物于景的叙事方式,加强参观者对民俗文化信息和语义的解读,深层理解文化内涵价值,在心理意态方面建立情感共鸣,因此在博物馆展示设计中构建以人为核心的“观者—文物—情景”和谐关系尤其重要。

藏品文物是虚拟数字文化设计中场景化设计的主体,是情景展示设计物理象态数据的主要来源,民

俗博物馆情景化展示是指将馆藏文物通过数字技术映射构建文物数字孪生体,并构建相关历史文化情景,以满足参观者对民俗文化信息和空间文化语义的解读,深层理解内涵及意义,场景是虚拟数字文化设计中场景化的有机组成部分。通过场景实现对文物原型的功能拟态,提升设计对象的传播功能,空间场景是信息传递的媒介,包含现实空间的展陈设计与数字虚拟空间的情景构成两部分,二者相互传递数据知识、拓展传播方式,文物藏品以场景再现与虚拟再现的形式实现文化信息向空间情景的介质传播。参观者通过现实空间场景的文化体验以及在数字空间场景感受沉浸式隐喻性情境,接受解码传递信息并产生情感反馈。数字情景化展示设计往往以情节构建与情境烘托的方式实现情景交融,将隐喻性原始文化信息进行加工组织编码,并结合现实空间文化体验,完成博物馆藏品文化信息的传播以及参观者内隐性情感意态信息反馈。在博物馆等科普场所通过情景化的展示方法可以降低参观者文化认知难度,有效促进参观者文化体验感受,有利于参观者的心智培养。博物馆数字文化遗产保护情景信息传递图,见图3。

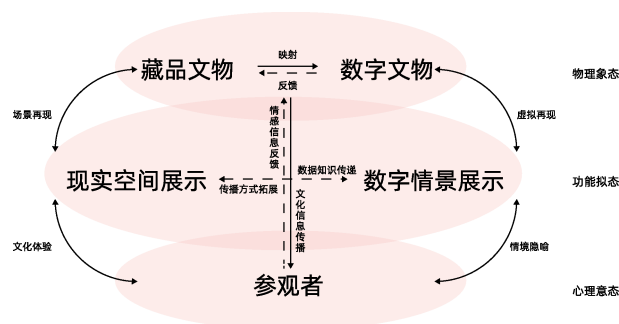


图3 博物馆数字文化遗产保护情景信息传递图
Fig.3 Scene information transmission map of digital cultural heritage protection in museums

3.2 十里红妆数字情景展示设计

在数字时代背景下,传统展陈方式已经无法满足参观者的需要,不少与非遗相关的专门类博物馆由于系列问题尚未实现数字化情景展示。如“十里红妆”是流传于浙江东部地区的传统婚庆文化民俗形式,以浙江省宁海县为代表,现在十里红妆也泛指与其相关的传统婚俗文化器物的相关工艺与传统婚庆礼仪等习俗。浙东地区十里红妆婚俗是江南婚姻民俗的重要组成部分,其名称含义是指旧时浙东地区十里红妆婚俗场面之浩大,“十里”为虚数,指代婚礼发嫁妆时精美的器具数量之多、规模声势之大、门类之齐全^[17],嫁娶队伍蜿蜒曲折,宏大场面由丰富的物质模型组成,可以较好地构建民俗数字情景。通过对“十里红妆”文化展示需求的调查发现,当前十里红妆婚俗的展示与保护主要以传统化、固态化、单模态的方式为主,其中宁海县十里红妆文化园现已经布置了由实体

藏品构建的洞房、中堂等场景,但依然无法摆脱物理静态模型缺乏互动性、场景空间构建局限性、情景更新传播限制性的问题。

在时间维度上,当前十里红妆婚俗已较少在现代社会中出现,对保存在博物馆中相对稳定的民俗物理文化实体来说,通过数字文化孪生体进行实时监测反馈交互已没有较大价值,可以对过去应用环境情景以及相关工艺制作过程情景进行记录、提取、模拟与再现,并通过设计手段有机融入未来的婚礼情景中。在空间层级中,在物理本体空间上可以通过虚拟数字体以数字化形式对藏品造型、肌理、结构和工艺等象态进行记录、鉴定与修复,并实现内容提取、设计与应用;在功能用场空间上主要通过设计手段运用于文化的传承、保护、利用和传播方面,通过对使用情景的拟态创造全新价值;在心理价值空间上,主要是研究文化起源、发展、演变,建设建立数字档案,并对文化内涵价值等意态进行分析解读与传播推广,如图4。

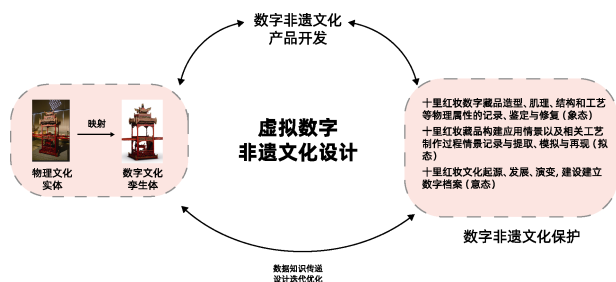


图4 十里红妆的虚拟数字文化设计应用
Fig.4 Application of virtual digital culture design in The Red Dowry

物理文化实体象态的虚拟孪生是构建数字情景的基础,国内外已有许多学者依靠传感器、激光扫描仪和摄影测量等技术采集测量物理实体的象态数据^[18-21],故宫博物院也融合应用上述数字技术进行数

技术故宫社区的文化数字孪生平台建设^[22]。基于多种技术集成融合的使用,长期以来一直是被确定为最有利于遗产数字化的办法,而依靠图像建模的摄影测量三维重建是常见的低成本手段^[23],倾斜摄影测量重建数字模型对于实现非遗情景数字孪生是必不可少的。以宁海县十里红妆博物馆、十里红妆文化园馆藏文物作为民俗嫁妆的物理文化实体原型,以宁海县前童古镇为场景环境进行非遗数字设计转化,十里红妆情景数字孪生设计实践的文物原型和场景环境选择通过倾斜摄影测量法获取,利用摄影测量的逆向测绘方法进行构建,并设计非物质文化遗产民俗数字化展示情景。

基于拍摄的花轿照片组,导入摄影测量建模软件 Reality Capture 中生成点云后,构建花轿的初步模型,如图 5。受拍摄质量、实物复杂程度和环境光线等因素的影响,需对生成的三维模型数据在建模软件中进行拓扑减面、去噪、平滑、补损等修复处理,再通过拆分 UV、烘焙法线等操作对贴图进行处理。按上述方法步骤依次将十里红妆民俗情景中的组成部分,如花轿、床、橱柜箱、桌椅凳、梳妆用具、桶盘篮等婚俗器具以及前童古镇街道场景的三维模型生成并修复,如图 6,实现对物理文化实体的象态数字孪生。利用生成嫁妆模型添加人物、动画、音乐等其他情景构建要素,组合完成十里红妆文化在过去时间维度下的功能拟态情景,并进行展示系统的相关交互界面设计,在十里红妆博物馆文化空间向参观者展示文物藏品的多模态数字情景展示系统,如图 7,并向中小型博物馆参观者传播普及非物质文化遗产民俗。实现由物理象态构建功能拟态,到传播文化价值意态的虚拟数字文化设计路径。基于获得的十里红妆文化模型在数字文化产品开发方面可进行造型工艺再设计、功能模式再设计、文化价值再设计,后期将在以上三个创新点的基础上进行数字设计创新探索与实践。

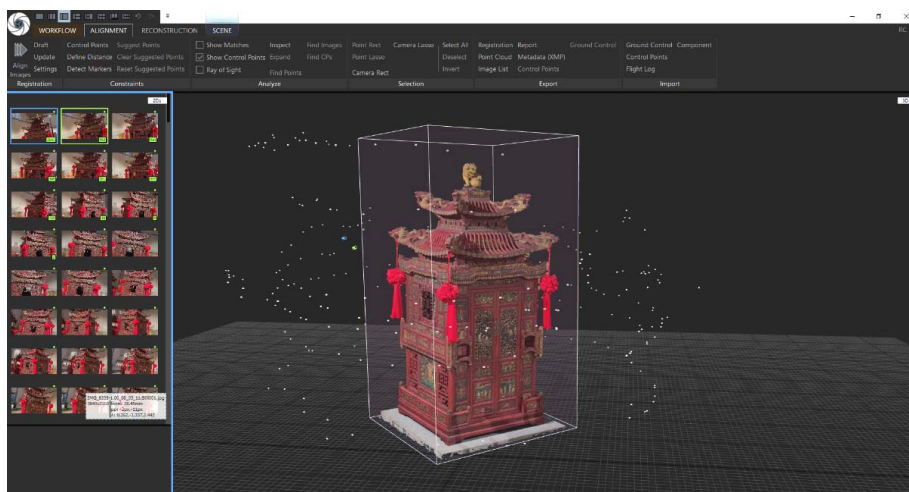


图5 十里红妆花轿数字模型



图 6 情景其他部分数字模型
Fig.6 Digital model of other parts in scene



图 7 博物馆数字展示系统界面
Fig.7 Digital display system interface of museum

4 结语

本文阐述了数字孪生在文化遗产领域的发展与应用,基于数字孪生概念分析非物质文化遗产和数字孪生的共性特征,提出了双循环强五维结构的非物质

文化遗产数字设计转化模型,探讨虚拟数字文化设计转化机制。针对现阶段研究较少的非遗虚拟数字文化设计转化进行实践,以民俗文化为例,从现有的物理文化实体出发,对非物质文化遗产的象态、拟态和意态多空间多维度数字化设计路径进行探究。最终制作出应用于中小型专门类博物馆等文化空间的数字展

示系统,服务于博物馆参观者,是新时代下以较为准确、较低成本实现非物质文化遗产数字情景展示设计的方法参考,为非遗的数字化传承和传播的创新性发展作出贡献。

参考文献:

- [1] GRIEVES M. Digital twin: Manufacturing Excellence Through Virtual Factory Replication[J]. White paper, 2014, 1: 1-7.
- [2] SHAFTO M, CONROY M, DOYLE R, et al. Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap[J]. National Aeronautics and Space Administration, 2012, 32: 1-38.
- [3] TAO Fei, ZHANG Meng. Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm towards Smart Manufacturing[J]. IEEE Access, 2017, 5: 20418-20427.
- [4] 陶飞, 刘蔚然, 张萌, 等. 数字孪生五维模型及十大领域应用[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(1): 1-18.
TAO Fei, LIU Wei-ran, ZHANG Meng, et al. Five-Dimension Digital Twin Model and Its Ten Applications[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2019, 25(1): 1-18.
- [5] 胡春梅, 张方. 基于扫描点云和标准参数的古建筑构件正逆向建模方法研究[J]. 激光杂志, 2018, 39(4): 34-39.
HU Chun-mei, ZHANG Fang. Research on Forward and Reverse Modeling of Ancient Architecture Components Based on Scanning Point Cloud and Standard Parameters[J]. Laser Journal, 2018, 39(4): 34-39.
- [6] PARSINEJAD H, CHOI I, YARI M. Production of Iranian Architectural Assets for Representation in Museums: Theme of Museum-Based Digital Twin[J]. Body, Space & Technology, 2021, 20(1): 61-74.
- [7] LA RUSSA F M, SANTAGATI C. An AI-Based DSS for Preventive Conservation of Museum Collections in Historic Buildings[J]. Journal of Archaeological Science: Reports, 2021, 35: 102735.
- [8] MARRA A, GERBINO S, GRECO A, et al. Combining Integrated Informative System and Historical Digital Twin for Maintenance and Preservation of Artistic Assets[J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2021, 21(17): 5956.
- [9] 卢世主, 郭雨晴. 基于数字孪生的革命旧址监测与预警系统研究[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 47-55, 64.
LU Shi-zhu, GUO Yu-qing. Monitoring and Precaution System of Revolutionary Sites Based on Digital Twin[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 47-55, 64.
- [10] 秦晓珠, 张兴旺. 数字孪生技术在物质文化遗产数字化建设中的应用[J]. 情报资料工作, 2018(2): 103-111.
QIN Xiao-zhu, ZHANG Xing-wang. Application of Digital Twin Technology in the Digital Construction of Material Cultural Heritage[J]. Information and Documentation Services, 2018(2): 103-111.
- [11] 柯平, 胡娟, 刘旭青. 发展文化事业, 完善公共文化服务体系[J]. 图书情报知识, 2018(5): 10-19.
- KE Ping, HU Juan LIU Xu-qing. Developing Cultural Undertakings, and Improving Public Cultural Service System[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2018(5): 10-19.
- [12] 王昊琪, 李浩, 文笑雨, 等. 基于数字孪生的产品设计过程和工作量预测方法[J]. 计算机集成制造系统, 2022, 28(1): 17-30.
WANG Hao-qi, LI Hao, WEN Xiao-yu, et al. Digital Twin-Based Product Design Process and Design Effort Prediction Method[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2022, 28(1): 17-30.
- [13] 张祖耀, 孙颖莹, 朱媛. 文创产品设计中的文化传递模型研究[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 95-99.
ZHANG Zu-yao, SUN Ying-ying, ZHU Yuan. Cultural Transfer Model in Cultural Product Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 95-99.
- [14] 朱敏. 中小型博物馆的数字化博物馆建设探析——以常州博物馆为例[J]. 东南文化, 2020(3): 183-188.
ZHU Min. The Digital Initiatives of Small and Medium Sized Museums: A Case Study of Changzhou Museum[J]. Southeast Culture, 2020(3): 183-188.
- [15] 李女仙. 民俗博物馆展示设计的叙事特征与空间建构——以新会陈皮文化体验馆为例[J]. 装饰, 2017(8): 132-133.
LI Nv-xian. Narrative Features and Spatial Construction of Folk Museum Exhibition Design: Taking Tangerine Peel Cultural Experience Museum in Xinhui as an Example[J]. Art & Design, 2017(8): 132-133.
- [16] 黄永林, 刘文颖. 非物质文化遗产文化空间的特性[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2021, 60(4): 84-92.
HUANG Yong-lin, LIU Wen-ying. Characteristics of Cultural Space of Intangible Cultural Heritage[J]. Journal of Central China Normal University (Humanities and Social Sciences), 2021, 60(4): 84-92.
- [17] 陈怡. 浙东地区十里红妆中橱柜的艺术特征与文化内涵[J]. 装饰, 2017(5): 130-131.
CHEN Yi. Artistic Features and Cultural Connotation of the Ambry in the Red Dowry in Eastern Zhejiang[J]. Art & Design, 2017(5): 130-131.
- [18] HUO Yu-hao, YANG An-ran, JIA Qing-ren, et al. Efficient Visualization of Large-Scale Oblique Photogrammetry Models in Unreal Engine[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2021, 10(10): 643.
- [19] BULATOV D, LUCKS L, MOßGRABER J, et al. HERACLES: EU-Backed Multinational Project on Cultural Heritage Preservation[C]//SPIE Remote Sensing. Proc SPIE 10790, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications IX, Berlin, Germany. 2018, 10790: 78-87.
- [20] CAPOLUPO A, MALTESE A, SAPONARO M, et al. Integration of Terrestrial Laser Scanning and UAV-SFM Technique to Generate a Detailed 3D Textured Model of a Heritage Building[C]//SPIE Remote Sensing. Proc

- SPIE 11534, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications XI, Online Only. 2020, 11534: 209-223.
- [21] LEHNER H, DORFFNER L. Digital geoTwin Vienna: Towards a Digital Twin City as Geodata Hub[J]. PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 2020, 88(1): 63-75.
- [22] 冯乃恩. 博物馆数字化建设理念与实践综述——以数字故宫社区为例[J]. 故宫博物院院刊, 2017(1): 108-123, 162.
- FENG Nai-en. The Idea and Practice for Digitalized Museum Construction: The Case Study of the Palace Museum Digital Community[J]. Palace Museum Journal, 2017(1): 108-123, 162.
- [23] MUÑUMER E, LERMA J L. Fusion of 3D Data from Different Image-Based and Range-Based Sources for Efficient Heritage Recording[C]//2015 Digital Heritage. Granada, Spain. IEEE, 2016: 83-86.

责任编辑: 马梦遥

(上接第 301 页)

- [19] 阿拉腾敖德. 蒙古族建筑的谱系学与类型学研究[D]. 北京: 清华大学, 2013.
- ALATENG Ao-de. Genealogical and typological study on Mongolian Architecture[D]. Beijing: Tsinghua University, 2013.
- [20] 闫静莉, 李少波. 蒙古族哈木尔纹样在文创产品中的再设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(18): 294-301.
- YAN Jing-li, LI Shao-bo. Redesign of Mongolian Harmur Pattern in Cultural and Creative Products[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(18): 294-301.
- [21] 郭雨桥. 细说蒙古包[M]. 北京: 东方出版社, 2010.
- GUO Yu-qiao. Elaborate on Mongolian yurts[M]. Beijing: Oriental Publishing House, 2010.
- [22] 孟春荣, 张姗姗. 基于文化基因理论的蒙古包建筑传承研究[J]. 建筑学报, 2020(S2): 31-36.
- MENG Chun-rong, ZHANG Shan-shan. Research on Mongolian Yurt Architecture Inheritance Based on Cultural Gene Theory[J]. Architectural Journal, 2020(S2): 31-36.
- [23] 段超, 洪毅, 孙炜. 少数民族古村镇保护与发展的文化场域建构[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2016, 36(6): 73-77.
- DUAN Chao, HONG Yi, SUN Wei. Construction of Cultural Field for the Protection and Development of Ancient Minority Villages and Towns[J]. Journal of South-Central University for Nationalities (Humanities and Social Sciences), 2016, 36(6): 73-77.
- [24] 徐晓敏. 层次分析法的运用[J]. 统计与决策, 2008(1): 156-158.
- XU Xiao-min. Application of Analytic Hierarchy Process[J]. Statistics & Decision, 2008(1): 156-158.
- 骆正清, 杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(9): 51-60.
- LUO Zheng-qing, YANG Shan-lin. Comparative Study on Several Scales in AHP[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2004, 24(9): 51-60.

责任编辑: 陈作