

基于心流与互动体验的数字博物馆 AI 数字人优化研究

朱博 乐美乐*

汉阳大学

DOI:10.32629/acair.v4i3.21375

[摘要] 随着AIGC及AI数字人技术的持续发展,博物馆的在线数字服务正逐渐智能化,同时正向以沉浸式交互为核心的服务模式转变。本研究以甘肃省博物馆数字服务平台为对象,探讨了AI数字人服务如何通过情境感知影响用户的沉浸式体验。研究通过用户调研数据进行实证分析,证实AI数字人已超越单纯的信息传递工具,成为增强用户沉浸体验的核心交互媒介,并构建四层递进AI数字人沉浸体验框架,为未来在线数字博物馆的智能服务设计及文化体验创新提供了理论与实践层面的启示。

[关键词] 沉浸式体验; 交互体验模型; 数字服务体验优化; AI数字人; 在线博物馆

中图分类号: G260 文献标识码: A

Research on Optimization of AI Digital Man in Digital Museum Based on Flow and Interactive Experience

Bo Zhu Le, Meile*

Hanyang University

[Abstract] With the continuous development of AIGC and AI digital human technology, the online digital service of museums is gradually becoming intelligent, and at the same time, it is changing to the service mode with immersive interaction as the core. Taking the digital service platform of Gansu Provincial Museum as the object, this study discusses how AI digital human service affects users' immersive experience through situational awareness. Through empirical analysis of user survey data, it is confirmed that AI digital people have surpassed simple information transmission tools and become the core interactive media to enhance users' immersion experience, and a four-layer progressive AI digital people immersion experience framework is constructed, which provides theoretical and practical enlightenment for the intelligent service design and cultural experience innovation of online digital museums in the future.

[Key words] immersive experience, interactive experience model, digital service experience optimization, AI digital people, online museum.

1 引言

随着人工智能生成技术(AIGC)和数字交互技术的发展,以及线下展馆的开放时间、地理距离等限制,大规模的线上参观需求日益凸显。在此背景下,博物馆正逐渐从以传统单向信息传递为主的线下展馆,转型为以线上用户为中心、注重参与和互动的数字文化平台。然而,这种转型的实际成效尚未达到预期。目前,大多数博物馆在线平台仅利用静态图像、文本和预先录制的语音提供单向解说,且整个平台普遍存在实时互动反馈延迟、信息过载导致认知负荷增加等问题,严重阻碍了参观体验的流畅性。许多用户因浏览体验枯燥、繁琐且缺乏互动,而在中途退出,无法进入沉浸式浏览与体验。现有数字博物馆体验研究多聚焦静态视觉展示或纯技术开发,少有将线上三重情境重构与心流理论结合,针对西北丝路地方博物馆AI数字人分层适配优化的整

合框架研究存在空白,为本研究创新切入点。

2 理论背景

2.1 沉浸式体验——“心流”

“心流”(Flow)理论是一种解释个体通过深度沉浸于特定活动或环境,从而体验到高度集中、投入及时间扭曲等心理状态的理论。其核心特征在于个体能够屏蔽不必要的刺激,并形成一种仿佛真实存在于虚拟世界中的强烈沉浸感,心流是沉浸式体验的最优心理状态。

在数字博物馆环境中,沉浸式体验的构成要素与“心流”(Flow)理论为虚拟参观体验的设计提供了重要的心理学基础。数字博物馆平台能够利用现有技术,构建高度再现现实的情境环境,通过这种环境,用户可以在视觉表现、听觉呈现和交互体验等方面同时获得沉浸感。这为引发沉浸状态奠定了基础。

2.2 AI数字人导览

AI数字人是数字化进程的产物,本质在于通过有关技术集合以及将人类外部特征与内在心理能力赋予非人类实体的拟人化。在数字化博物馆场景中,AI数字人正是这种“有形与无形融合”的关键载体,它不仅承载了展品的物理信息,也通过拟人化交互传递文化和情感,实现观众心理与行为的深度参与。

2.3 数字博物馆体验的情境结构

1992年Falk与Dierking首次提出的“互动体验模型”(Interactive Experience Model)认为,影响参观者博物馆体验是由个人情境、社会情境、物理或者媒介情境共同构成,此模型在博物馆学习体验与参观者研究领域具有广泛影响,其本质为一种在多情境交叠下生成的复合式认知体验结构。当该模型被应用于在线数字化博物馆时,情境之间的关系呈现出与实体环境不同的结构特征,即个人情境被强化、社会情境被虚拟化、媒介情境取代物理空间成为主导因素。

3 甘肃省博物馆数字服务现状

3.1 数字服务平台现状

甘肃省数字化博物馆线上平台,以网页呈现的展览信息和数字文物资料为主,构建了以文物信息呈现、展览浏览、数字资源检索为核心的线上访问环境。技术方面,平台整合了智慧导览、虚拟展厅等模块。同时专家学者也提出数字智慧化路径的发展潜力,包括利用AI与三维技术提升数字展览形态。

从沉浸式体验角度看,甘肃博物馆数字化平台具备核心数字资源和多终端访问能力,线上展示环境能够为用户提供认知学习参与以及视觉沉浸的基础。但因为交互机制仍以信息查询和 content 浏览为主,而非角色引导和对话型导览,对“社会临场”和“持续参与”的构建还有明显提升空间。

为此通过互联网远程调研并体验多家博物馆,其中德国柏林凯绥·珂勒惠支博物馆于2025年推出“Kollwitz-Avatar”情感化虚拟讲解员项目。该项目以艺术家珂勒惠支书信、日记文本为知识基底,构建具备独立人格、情绪表达与实时双向对话能力的3D虚拟数字人。不同于传统音频导览,该虚拟讲解员以倾听式交互、情感化叙事塑造人际陪伴感知,提升参观者的社会临场感。对于甘肃博物馆的AI数字人导览优化思路具有一定的借鉴作用。

3.2 用户体验问题分析

本研究采用线上问卷调查,2025年11—12月通过线上问卷收集原始样本180份,经数据清洗后保留有效样本174份,量表改编成熟心流量表、博物馆体验量表,围绕AI数字人技术(外貌功能等)、三类情境感知、用户沉浸心流水平开展测量并进行实证分析,因篇幅限制只进行结果描述。样本覆盖全年龄段线上平台使用者,中青年群体为平台核心用户26—35岁(32.76%, $n=57$)和36—50岁(29.89%, $n=52$),超六成受访者对馆内文化内容具备较高兴趣,八成以上用户拥有平台使用经历(84.48%, $n=147$),但整体沉浸式体验程度普遍偏低,多数用户仅能获得浅层浏览感受,难以进入深度心流状态。

主要问题描述:(1)交互模式过于单一:仅依靠固定的图片与文字以及提前线下录制语音解说,缺少个性化、情境化的讲解,用户只能被动接收信息因此自主互动的空间不足。(2)认知负荷的失衡:展品信息过于集中堆砌,未根据用户兴趣、知识水平分层推送内容,高兴趣和高期待用户易产生接收信息过量问题。(3)未形成有效的情感互动:缺少拟人化交互主体,线上参观无虚拟沟通渠道无法形成社会临场感,导致游览过程枯燥无味。(4)交互反馈延迟高:系统操作反馈不及时,部分加载模块延迟较高,用户可自主游览的路径自由度较低,难以形成稳定的空间控制感知,各种在线浏览因素持续阻碍沉浸感的连续性。

回归分析显示,社会情境($\beta=0.420, p<0.001$)和媒介情境($\beta=0.552, p<0.001$)对沉浸体验均显示出显著的正(+)向影响,其中媒介情境为三类情境中最强驱动因子,AI数字人对个人情境具有显著的正(+)向影响($\beta=0.599, p<0.001$)。

单因素方差分析进一步证实了用户体验的异质性特征。分析结果显示,不同兴趣水平组间的沉浸体验得分存在非常显著的差异($F=173.863, p<0.001$)。特别是低兴趣组的沉浸体验得分(3.59—3.63)显著高于高兴趣组(1.74—1.88),这意味着对馆藏文化兴趣越高的用户,对平台交互、内容丰富度期待更高,但现有静态服务并无法满足深度探索需求,体验落差较大的同时,沉浸感受显著低于低兴趣用户,平台现有服务仅能满足基础浅层信息查询需求,无法维系核心受众长期游览意愿。

4 分维度体验优化思路

4.1 个人情境:优化信息理解型沉浸体验

AI数字人对个人情境具备稳定正向作用($\beta=0.599, p<0.001$),是搭建沉浸式体验的前置基础,优化核心目标为平衡用户认知负荷、构建清晰游览目标。现有平台缺少分层内容推送机制,易造成信息过载。

数据显示,在AI数字人功能需求方面,选择“理解水平的个性化讲解(59.27%)”的比例较高,为此AI数字人对讲解内容应进行动态调节,输出在通识介绍与专深阐释之间浮动,使难度保持在用户当前可接受范围内。使输出内容尽量靠向理解力与认知负荷的平衡点,为达到初步沉浸式浏览的目的。其次通过用户内容体验偏好来看,用户主要倾向于“结构化(36.05%)”与“自由探索(26.53%)”,提供官方结构化主题游览路线与自由探索模式,AI数字人在用户自主浏览偏离主线时提供轻量化指引,明确阶段性参观目标,集中用户注意力,持续沉浸式浏览过程。

AI数字人承担的已非展品解说或信息播报职能。它在交互中持续识别用户的接受状态,并据此调整输出方式,使文化信息更贴合用户的实际理解能力。这一机制推动平台从信息集中供给转向认知适配辅助。

4.2 社会情境:情感参与型沉浸体验

用户证实数据显示,社会情境能够有效提升沉浸体验($\beta=0.420, p<0.001$),但当前AI数字人无法直接作用于社会临场感构建,核心短板在于AI数字人缺少人格化、情感化交互设计,仅具备工具属性,未形成可共情的虚拟沟通主体。线下实体讲解员

承担连接观众与文物文化的社交中介功能,线上AI数字人同样需要复刻该社交价值。

外观层面上,选择“真实人类外观”(29.31%)、“卡通拟人化形象”(28.16%)与“半写实数字人”(28.16%)的比例相近,三者合计超过85%。这表明用户对具象化与拟人化形象普遍持积极态度,而“仅声音与对话”(14.37%)的偏好较少,因此在沉浸式体验中,“视觉具身性”对体验沉浸感的形成具有关键作用。逐步完善AI数字人表情、肢体动作、语音语调系统、服饰转换等,针对用户提问、感慨做出匹配情绪的拟人化回应,营造虚拟共在感。

社会情境是决定线上浏览情感深度的关键维度,AI数字人不能仅完成信息传递,也能成为承载文化情感、实现虚拟社交互动的独立交互主体。

4.3 媒介情境:完善交互界面感知型沉浸体验

媒介情境是影响沉浸式体验权重最高的维度($\beta=0.552, p<0.001$),但现有AI数字人技术并无法直接优化媒介交互感受,根源在于平台四层技术架构的交互能力未充分落地。数字博物馆媒介体系分为感知层、认知层、表现层、数据层,四层技术共同决定用户交互体验。(1)感知层依托语音识别、手势捕捉、面部情绪分析,实时捕捉用户行为与情绪,提升对话交互精准度。(2)认知层结合自然语言处理、文物知识数据库,让AI数字人精准识别用户提问意图,生成贴合展品、贴合游览场景的定制化解说。(3)表现层依靠3D文物建模、虚拟AI数字人驱动、空间光影渲染,实现AI数字人形象与虚拟展厅以及文物模型的视觉融合,强化虚拟空间的临场感。(4)数据层整合已收录藏品数据库、用户游览行为、实时在线体验反馈数据,持续迭代AI数字人推送逻辑、交互响应速度,实现系统自适应优化。

要注意的是,媒介体验优化核心不在于堆砌前沿技术,而是聚焦人机交互的全过程,缩短系统响应延迟、赋予用户游览操作自主权、丰富多模态交互形式,稳定提供即时反馈与空间控制感知,持续维系用户心流状态。

5 基于AI数字人的沉浸式体验框架构建

结合上文理论推导与用户分析结果,本研究分层搭建四级递进式AI数字人沉浸式体验框架,完整阐释数字博物馆心流体验的生成逻辑,框架分为顶层技术层、中层情境层、体验维度层、最终结果层:

①顶层技术层:AI数字人四大核心技术模块,包含感知识别、自然语言处理、3D形象生成、用户数据分析技术,是全部体验形成的技术基础。

②中层情境层:技术直接作用于个人情境,间接赋能社会、媒介情境,三类情境相互交叉、协同作用,是连接技术与用户主观感受的中间桥梁。

③体验维度层:三重情境分别对应三类细分体验,个人情境

催生信息理解体验,社会情境形成情感参与,媒介情境构建交互感知体验。

④结果层:三类细分体验融合形成完整沉浸式心流体验,实现数字博物馆线上游览体验整体强化。

该框架属于概念性解读模型,不用于数据验证,核心价值在于从用户体验视角梳理AI数字人、三重情境、沉浸体验的内在作用逻辑,为博物馆数字化平台的交互设计、AI数字人开发提供标准化理论参考,打通理论研究与产业落地的路径。

6 研究总结

本文立足于数字博物馆线上体验现存痛点,以甘肃省博物馆为案例,结合心流理论与交互体验模型搭建完整理论分析体系,通过用户调研数据以及实证厘清AI数字人、三重情境、沉浸式体验的作用关系,指出当前AI数字人功能设计的局限性,分别从个人认知、社会情感、媒介交互三个维度提出平台优化路径,并构建分层递进式沉浸式体验框架。研究证实,线上博物馆沉浸式体验的核心驱动力是用户在游览过程中形成的多元情境感知,AI数字人作为核心交互媒介,需要同步兼顾认知适配、情感共鸣、流畅交互三大目标,才能充分释放数字化技术的文化传播价值。研究成果既丰富了数字博物馆、虚拟交互领域的理论研究,也为国内博物馆数字化智能服务迭代、线上文化沉浸式体验创新提供了理论依据和实践启示,具有重要意义。

另一方面,由于本研究以甘肃省博物馆的数字服务平台为案例展开,因此研究结果的普适性存在一定局限。因此,未来研究需将范围扩展至各类数字博物馆及文化遗产平台,并结合用户行为数据、生理反应数据及原型实验等,开发轻量化AI数字人交互原型,持续验证并优化基于AI数字人的沉浸式体验框架的有效性。

【参考文献】

- [1]Csikszentmihalyi M. Flow 2.0, Optimal Experience, and Beyond[M]. New York: Harper & Row, 2022: 11-43.
- [2]Dierking, L.D., & Falk, J.H. Redefining the museum experience: The interactive experience model. Visitor Studies, 1992; 4(1): 173-176.
- [3]姚菲. 博物馆智慧化建设的实践与思考——以成都金沙遗址博物馆为例[J]. 东南文化, 2023(2): 165-173.
- [4]许玮, 张剑平. 场馆中的情境学习模型及其发展[J]. 现代教育技术, 2015, 25(9): 5-11.
- [5]李君华, 黄雯静, 周应斌. 基于心流理论的章开沅纪念馆数字化服务设计研究[J]. 数码设计, 2025(10): 149-152.

作者简介:

朱博(1999—),男,汉族,甘肃人,硕士研究生,视觉设计。

*通讯作者:

乐美乐(1992—),女,汉族,上海人,博士,助理教授,交互设计。