

数字孪生驱动的文化叙事与沉浸体验生成机制： 以黄姚古镇为例

杨主泉

贺州学院旅游与体育健康学院，广西贺州

摘要：在文化遗产数字化与文旅深度融合不断加速的背景下，如何借助新一代数字技术提升古镇文化体验的深度与品质，成为当前研究与实践的重要议题。以具有近千年历史、文化景观体系完整的黄姚古镇为案例，本研究构建了一个由“数字孪生支撑层—文化叙事构建层—沉浸体验呈现层”组成的虚实融合沉浸式文化体验框架，并进一步提出“沉浸式导览路径、数字文化叙事路径、虚拟推演与治理路径”三条应用路径，以实现文化展示、叙事重构与智慧治理的一体化创新。基于无人机倾斜摄影、三维激光扫描及多源数据融合构建数字孪生底座，研究以空间语义标注与知识图谱构建为核心，形成古镇文化要素的叙事化组织方式；并通过AR/VR/MR等技术，将文化内容转化为可感知、可交互、可参与的情境体验。组合案例显示，在石板街—风雨桥片区的综合应用中，三层结构与三条路径能够实现文化内容的即时呈现、深度进入与治理延展，使文化体验从“观看”走向“进入”与“共创”，并显著提升游客认知深度与空间沉浸感，同时为古镇景区的智慧化管理提供了决策支持。研究构建的“黄姚模式”不仅为古镇类文化遗产地的数字化表达与体验创新提供了可复制的技术路线，也为区域文旅融合发展、沉浸式场景建设和智慧景区治理提供了新的理论启示与实践路径。

关键词：黄姚古镇；数字孪生；虚实融合；沉浸式文化体验；文化叙事；AR/VR；智慧景区治理

Digital Twin–Driven Cultural Storytelling and Immersive Experience Generation: A Case Study of Huangyao Ancient Town

Zhuquan Yang

School of Tourism and Sports Health, Hezhou University, Hezhou, Guangxi

Abstract: Amid the accelerating integration of cultural heritage digitalization and immersive tourism development, a key challenge lies in leveraging emerging technologies to enhance the depth, richness, and interpretability of visitors' cultural experiences. Focusing on Huangyao Ancient Town—an exemplary thousand-year-old heritage site with well-preserved spatial morphology—this study proposes a three-layer virtual–physical integration framework consisting of a Spatial–Data Twin Layer, a Cultural Narrative Layer, and an Immersive Experience Layer. Building on this framework, the study further develops three actionable pathways: immersive cultural navigation, digital

* 作者简介：杨主泉（1976–），男，教授，博士。研究方向：旅游管理。

storytelling–based cultural immersion, and virtual simulation for governance and training, aimed at integrating cultural presentation, narrative reconstruction, and intelligent management. Using UAV-based oblique photography, laser scanning, and multi-source data fusion, the study constructs a high-fidelity digital twin as the spatial foundation. Cultural knowledge graphs, event chains, and multi-modal assets are developed to reorganize dispersed cultural elements into narrative-driven structures. Through AR/VR/MR technologies, cultural content is transformed into perceivable, interactive, and participatory experiences. A combined application case centered on the Shiban Street–Fengyu Bridge area demonstrates how the three-layer architecture and three pathways collaboratively enable real-time cultural overlay, deep narrative immersion, and scenario-based governance simulation. The results reveal that the proposed model facilitates visitors' transition from observing culture to entering and co-creating culture, while also enhancing the accuracy and foresight of heritage site management. This research offers a replicable “Huangyao Model” for digital transformation in ancient towns, contributing new insights into immersive cultural experience design, virtual–physical integration, and intelligent heritage governance. The findings provide both theoretical implications for cultural narrative digitalization and practical guidance for immersive scene development, smart scenic-area management, and regional culture–tourism integration.

Keywords: Huangyao Ancient Town; Digital Twin; Virtual–physical Integration; Immersive Cultural Experience; Cultural Storytelling; AR/VR/MR; Smart Heritage Governance

1 引言

随着数字经济时代的到来，文化旅游业正面临从传统体验逻辑向沉浸式、智能化与虚实融合驱动的新体验范式转变。政策层面上，“数字中国”“智慧文旅”“文化遗产数字化战略”等顶层设计不断强调以数字技术推动文化资源活化、场景创新与文旅产业高质量发展[1]。技术层面上，数字孪生、大规模三维建模、AR/VR、多模态叙事系统等技术的突破，使文化遗产能够从静态展示走向动态化交互，从线性导览走向多路径沉浸体验[2]。在此背景下，如何构建具有真实性、多维度、多感交互的沉浸式文化体验场景，已成为文化遗产保护、旅游体验提升与文旅治理创新的重要议题。

然而，当前古镇类文化遗产在展示方式上仍普遍存在“浅层讲解”“静态陈列”“体验同质化”等问题，难以有效承载深层次文化价值及历史意蕴[3]。对于空间结构复杂、文化脉络深厚、游

客流量高度动态的古镇而言，传统的图文导览与人工讲解难以满足游客对文化理解深度、场景沉浸感与体验互动性的多重需求。此外，古镇运营同时面临客流拥堵、突发事件应急不足、设施承载压力大的治理瓶颈，传统管理模式多依赖人工巡查，呈现出“事后处置多、事前预警少”的困境[4]。这使得文化展示、游客体验与运营管理长期处于相互割裂的状态。

在技术快速演进的推动下，数字孪生（Digital Twin）为文化遗产提供了新的解决思路。数字孪生可通过三维激光扫描、倾斜摄影测量、地理信息系统与物联网感知设备，实现古镇建筑、街巷、游客流量、环境特征等多要素的实时映射与动态关联，为文化展示和体验设计提供真实、可计算、可交互的空间基础[4,5]。同时，AR/VR等沉浸式技术为构建“虚实结合”的文化叙事场景提供了创造性路径，使游客能够在真实古镇中体验虚拟历史事件、观看文化故事重建、参与虚拟角色互动，从而突破

时间距离限制,实现“感知—理解—体验”的深度文化浸润[1,6]。

基于此,本研究以广西国家级历史文化名镇——黄姚古镇为案例,依托数字孪生模型,构建虚实融合的沉浸式文化体验场景,并重点探讨三类典型应用:“穿越历史”互动导览、文化遗产数字叙事、应急预案虚拟推演。黄姚古镇在空间结构、文化层次与游客体验需求方面均具有显著代表性,同时具备数字孪生建设基础,是研究沉浸式文化体验场景的重要实验平台。

2 文献综述

2.1 沉浸式文化体验:概念演化与理论基础

近年来,随着体验经济向沉浸式体验深化发展,文化旅游体验已从传统的观光式消费转向情境化、互动化和多感官沉浸[7]。沉浸最早强调技术媒介环境带来的感官包裹感,而后逐渐拓展至情绪沉浸、认知沉浸与心流体验等多维度结构[8]。研究指出,沉浸式体验不仅依赖视觉呈现,更强调情境构建、叙事引导、情绪唤醒以及与环境的深度互动[9]。在文化旅游领域,沉浸理论广泛用于解释游客如何在真实或虚拟环境中产生“在场感”“共鸣”与“文化理解”,并进一步塑造其满意度、学习效果、文化身份认同等深层结果变量[10]。

与此同时,心理学和体验科学中的心流理论、多感官体验理论和情境参与理论逐渐渗入旅游研究,为沉浸式体验提供了更细粒度的解释路径[11]。研究表明,多模态刺激(如视觉、听觉、触觉、动作反馈等)能够显著增强文化场景的真实感,从而提升游客的注意力投入和体验深度。此外,沉浸体验具有明显的叙事情境依赖性,文化故事、历史场景与角色互动被视为促进沉浸感的关键元素[10]。尤其在文化遗产场景中,叙事框架常被用于重构文化意义,帮助游客通过虚拟方式理解文化脉络、历史冲突与社会结构[11]。

总体来看,现有研究对沉浸体验的感知结构、心理机制和行为后果进行了较为充分的讨论,但普遍缺乏对“沉浸技术—文化叙事—空间场景”三

者关系的系统解释,也较少关注文化遗产类场景中沉浸体验的真实性需求、文化深度与教育价值。因此,有必要构建以文化价值为核心的沉浸式体验框架,以更好地解释文化遗产情境中的沉浸体验生成逻辑。

2.2 数字孪生在文化遗产与旅游研究中的应用

数字孪生(Digital Twin)源自工业系统,强调通过实时数据、三维模型与智能计算建立物理空间的虚拟映射[12]。近年来,该技术被逐步引入城市管理、公共安全、遗产保护和智慧旅游研究中,成为连接物理文化空间与虚拟展示的重要基础设施[13]。在文化遗产保护领域,数字孪生技术能够通过三维激光扫描、倾斜摄影测量、BIM/GIS融合等手段实现建筑、街巷、文物本体与环境要素的实景重建,为文化展示提供真实、高精度、可交互的数字载体[14]。

现有研究表明,数字孪生具备真实性、动态性和可计算性三大优势,使其能够承载文化遗产的时空关系与文化结构。例如,有研究通过数字孪生重构古建筑工艺,模拟历史事件的空间路径[15,16];也有学者借助IoT感知系统实现游客密度、环境状态、遗产风险等信息的实时监测,从而支持文化空间的智能管理[17]。此外,数字孪生越来越多地作为文化体验系统的底层技术被使用,如用于虚拟导览、虚拟修复展示、文化资产数字档案管理等,为数字文化叙事提供精准、动态的空间支持。

尽管数字孪生的应用范围不断扩大,但相关研究仍呈现以下不足:(1)多数研究以“保护—展示”为主,较少探讨其在沉浸式体验中的关键作用;(2)技术研究多,但理论化程度不足,对数字孪生如何改变游客认知与文化理解机制缺乏讨论;(3)尚未形成“数字孪生—叙事内容—沉浸体验”的系统方法论;(4)针对古镇类文化遗产的数字孪生研究较少,而古镇具有空间形态复杂、文化层级多元、使用场景动态等特点,需要更具针对性的研究框架。基于此,需要将数字孪生研究从“静态展示”进一步推进至“沉浸式文化体验”,探讨其在文化叙事、虚实联动、场景交互中

的深层次作用。

2.3 虚实融合技术（AR/VR）与文化遗产的数字叙事研究

AR（增强现实）与VR（虚拟现实）是当下旅游研究与文化遗产数字化领域的重要技术方向[18]。VR强调构建完全虚拟的沉浸空间，而AR则将虚拟元素叠加于现实场景，使游客能够在真实空间中体验虚拟人物、历史事件或文化故事。研究普遍认为，AR/VR技术能够显著增强文化场景的沉浸度、教育性与趣味性，促进知识学习、情感投入与记忆效果。

在文化遗产领域，AR常用于辅助游客理解建筑结构、历史背景和文化符号，而VR多用于重建历史事件、展示消失或不可触及的文化资源。近年来，“数字故事”逐渐成为文化展示的重要方向，通过多模态内容（图像、视频、3D角色、语音对话）构建具有叙述性、互动性与沉浸感的文化体验。例如，一些研究通过构建“角色视角”的历史叙事，让游客以“过去的人”身份行走在虚实结合的空间中[19]；也有研究通过虚拟交互技术增强游客对文化价值的理解与情感联系[20]。

此外，虚拟推演技术正在被用于文化遗产的安全管理与教育培训，如火灾疏散模拟、拥堵预测与路径规划等，这些研究为文化遗产的治理数字化提供了新思路[21]。然而，这些研究大多停留在单体应用或技术演示阶段，缺乏从系统角度构建沉浸式文化体验的综合框架。因此，需要将AR/VR技术、数字孪生平台与文化叙事内容进行深度融合，构建具有文化深度、情境真实性和交互潜能的沉浸式体验体系。

3 基于数字孪生的虚实融合沉浸式文化体验场景开发

结合黄姚古镇的空间结构、文化资源特征以及管理与展示需求，本研究提出一套“底座—叙事一体验”三层联动的沉浸式文化体验开发路径。该路径以数字孪生为空间底盘，以文化叙事为内容核心，以AR/VR等沉浸技术为呈现方式，构建覆盖

文化激活、体验增强、学习深化、治理辅助的综合性虚实融合体系。本路径包括三大层级（架构层）+三条路径（操作层），既具有理论逻辑，又具有实际可落地性。

3.1 数字孪生驱动的文化体验三层模型

（1）数字孪生支撑层：沉浸式文化体验的空间底座

数字孪生支撑层构成了沉浸式文化体验体系的底层基础，它承担着将黄姚古镇复杂的物理空间、历史纹理与动态运行机制转换为可计算、可交互、可持续更新的数字空间的关键任务，是整个虚实融合体验的“时空骨架”。在这一层中，古镇的真实形态通过无人机倾斜摄影、三维激光扫描和精细化建模技术被完整地捕捉并精确重建。通过对街巷网络、建筑立面、桥梁水系、祠庙布局等文化空间要素进行高密度点云采集和1:1数字建模，研究构建出一个具有厘米级精度、纹理高度真实的数字孪生场景，使黄姚古镇的物理结构及其空间语义得以在虚拟世界中被忠实复刻。

在实现物理空间高精度重现的基础上，数字孪生支撑层进一步承担着多源数据的治理与融合任务。通过整合古镇的GIS数据、历史地图、建筑档案、文物保护资料、游客流量监测、环境传感器数据以及文化资源点位信息，系统将“静态空间信息”与“动态运行信息”统一纳入同一数字框架之中，使古镇的空间结构不仅可见，而且“可读”“可算”“可控”。动态数据的接入，使得数字孪生空间能够实时反映游客分布、道路拥堵、环境变化以及文化节点的活跃度，从而实现物理空间与虚拟空间的同步演化。

更为重要的是，数字孪生支撑层通过语义化处理与文化标签嵌入，将原本分散的文化资源融入到空间结构之中，使数字模型不仅是“几何复刻”，更成为承载文化意义的“知识空间”。古建筑的年代、用途、风格、修缮历史，街巷的社会功能与历史记忆，桥梁水系的民俗象征与社区生活意义，都通过文化标注、属性关联和时空叠加的方式被固定在数字空间内。借助这一机制，文化信息不再停留于传统的文字记录或展板解说，而被嵌入到可视

化、可互动的空间结构之中，为后续的叙事构建与体验设计奠定坚实基础。

此外，数字孪生支撑层还通过多时态建模技术复原了“古今对照”的文化景观，使古镇的历史状态、空间演变和文化变迁得以在虚拟空间中呈现。通过构建古镇不同历史时期的空间模型，并叠加现代空间数据，用户能够在数字环境中实现从古至今的时空变换，体验文化在时间中的沉积和演化。这样的“时间维度重建”不仅增强了数字孪生的文化表达能力，也为叙事设计提供了丰富的历史素材。

总体而言，数字孪生支撑层通过“数据—空间—文化”的深度耦合，把黄姚古镇从一个静态的物理空间转化为一个动态的、多维度的文化数字体。它既是文化叙事的空间载体，也是沉浸式体验的技术底座，更是古镇治理与文化展示的一体化支撑平台。在这一底座的支撑下，虚实融合的文化体验得以建立在真实、精准且文化语义饱满的数字空间之上，实现沉浸式体验的真实性、连贯性与教育价值的统一。

（2）文化叙事构建层：沉浸式体验的内容核心

在数字孪生为古镇构建了真实、可计算与可交互的空间底盘之后，文化叙事构建层承担着将文化资源从“静态信息”转化为“可体验内容”的关键作用，是沉浸式文化体验体系的核心枢纽。对于像黄姚古镇这样具有深厚历史脉络与多层文化结构的遗产地而言，仅依靠空间呈现难以充分激活文化价值，文化体验的魅力最终取决于能否通过叙事方式将文化内涵、历史事件、人物关系与生活场景重新组织，使游客能够在虚实交融的情境中“看懂文化、感受文化并进入文化”。文化叙事构建层正是在这一需求之下形成，其任务在于将分散的文化要素系统化、逻辑化与故事化，使其成为能够被技术驱动、被游客感知的沉浸式内容体系。

在这一层中，首先需要对黄姚古镇的文化资源进行系统梳理与结构化处理。从史志文献、建筑档案、族谱记载、民间故事、地方口述史以及日常生活实践中，提取出古镇最具代表性的文化要素，并将其按照“人物—事件—空间—文化符号”的结构重新组织。原本散落在街巷之间的祠庙制度、商贸

繁荣记忆、古桥建造故事、民俗仪式、抗战历史以及手工技艺等文化内容，被转化为“可叙述”的知识节点，形成古镇文化的知识图谱。这一知识图谱不仅明确了文化元素之间的逻辑关系，也为数字场景叠加与故事脚本创作提供了清晰的语义结构。

以知识图谱为基础，文化叙事构建层进一步将文化要素转化为具有故事逻辑的叙事单元。文化叙事的核心并非简单的文化输出，而是在内容组织中融入时间结构、情境冲突、角色视角与多结局体验，使文化故事能够被体验者主动探索、参与甚至改写。通过“事件链”的方式，将文化叙事拆分为若干具有因果关系的文化情境。例如，传统街市的形成不仅是商业交易行为，还包含水陆交通、商帮迁徙、行会制度、节庆仪式等多个文化节点；抗战时期的隐蔽路线，也不是孤立的历史片段，而与古镇的地形结构、祠庙功能、居民组织方式紧密关联。文化叙事构建层正是在这一过程中，将文化从“知识”转化为“体验任务”，将历史从“过去”转化为“可穿越的当下”。

为了增强叙事的体验性与沉浸感，文化叙事构建层还特别强调叙事的多模态表达方式。通过整合三维角色模型、语音旁白、环境声景、动作动画、卷轴式文字、虚拟道具以及光影特效等视觉与听觉元素，文化故事由此摆脱了静态展示的局限，转变为具有参与性、互动性与空间性的数字叙事内容。例如，当游客走入黄姚的古街时，系统不仅可以展示街巷的历史背景，还可以触发商贩叫卖声、木匠敲打声或戏班彩排声，使游客在多感官刺激中构建“沉浸的文化场景记忆”；在“古桥修建”的故事中，游客可选择跟随工匠徒弟、族老或河运船夫的不同视角，从多条叙事支线理解同一文化事件的复杂性。这种角色化、多视角的叙事策略，使文化内容获得了更强的情境真实感和情感共鸣力。

此外，文化叙事构建层还承担着解决“文化知识如何在虚实之间流动”的关键任务。数字孪生提供了虚拟空间的真实基座，但文化叙事如何精准地嵌入空间、如何与游客行为触发事件结合、如何与AR/VR技术实现自然衔接，都依赖这一层的叙事工程。例如，在古镇真实街巷中，当游客经过某

座古桥时，系统能够识别其位置并自动触发与桥梁相关的文化叙事；当游客进入某个祠堂时，系统能够自动呈现族谱故事、祭祀仪式或重要人物的虚拟复现。这种“空间触发式叙事”，将文化叙事与空间逻辑深度绑定，使文化体验从传统的线性引导转向“基于空间的动态叙事”，形成更自然、更具沉浸性的文化参与方式。

综上，文化叙事构建层是连接数字孪生空间与沉浸体验呈现之间的内容中枢。它通过文化资源结构化、叙事逻辑重组与多模态内容生成，使文化从静态符号转变为可交互的体验，使历史从时间深处被拉回当下，使游客从观看者转变为参与者与共创者。在这一层的支持下，黄姚古镇的文化不再依附于文字解说或物理遗迹，而是以“可进入、可参与、可感受、可共鸣”的叙事方式呈现，为虚实融合的沉浸式文化体验奠定了独特的文化深度与情感张力。

（3）沉浸体验呈现层：虚实融合文化体验的用户界面

沉浸体验呈现层位于数字孪生空间底座与文化叙事内容之上，是整个虚实融合体系与游客直接交互的关键界面，也是文化表达从“可读”走向“可感”“可游”“可参与”的最终环节。在这一层中，数字孪生提供的空间结构与文化叙事层构建的故事逻辑被进一步转译为可感知、可操作、可沉浸的体验形式，通过AR、VR、MR等技术手段，将文化内容以增强现实叠加、虚拟情境复原、交互任务推进、角色参与体验等方式呈现在游客面前，使文化体验从被动接受转向主动探索，从单维信息转向多模态感知，从线性导览转向参与式叙事。沉浸体验呈现层既是技术的应用层，也是文化意义生成的行为场域，是实现文化价值、空间体验与情感连接的最重要一环。

在这一呈现层中，最核心的逻辑在于构建“虚一实”的双重场景，使游客在真实的黄姚古镇中行走的同时，也能置身于虚拟的历史情境、文化故事或治理场景之中。AR技术使游客在真实街巷、祠庙与桥梁之间移动时，能够看到历史建筑的复原形态、消失的街市风貌、虚拟人物的情境对话

或文化符号的动态呈现，使真实环境与虚拟内容能够实现空间对位与语义对齐，让文化叠加在真实环境上“长出来”。这种以真实空间为载体的增强现实体验，使游客获得一种“过去与现在同时存在”的双时态感知，从而突破传统文化展示的静态性，实现文化的即时激活与空间化表达。

VR技术则构建了完全独立的虚拟沉浸空间，让游客能够脱离现实约束，进入原本无法再现的历史情境、文化仪式或社会生活场景。例如，明清时期的黄姚街市、匠人修桥工坊、传统祭祀仪式、抗战隐蔽转移路线等，都可通过VR的时空建构能力被完整呈现，使游客能够以全景视角进入事件中心，实现高度沉浸的文化体验。与AR的“现实叠加”不同，VR的价值在于构建“情境包裹”，使用户在视觉、听觉、动作反馈等多模态刺激中获得高度的临场感与情感投入，从而在虚拟世界中重构过去、理解文化，并建立深层次的认知与情感连接。

MR（混合现实）则进一步推动了虚实交互的纵深发展，使虚拟角色、虚拟道具与真实环境发生物理与行为层面的融合。例如，游客可以在真实街巷中“遇见”虚拟工匠，与其进行对话或完成互动任务；或在真实祠堂内与虚拟祭祀仪式结合，完成某些文化行为实践；甚至在真实空间中触发虚拟机关、模拟历史事件或进行文化体验任务。MR将文化体验转变为“具身参与”，使游客不仅是观看者或聆听者，而成为文化场景中的行动者与情境构建者，使文化体验具备更强的互动性、参与性与行为深度。

沉浸体验呈现层不仅是文化故事的呈现终端，也是文化意义生成的重要机制。游客在虚实融合的体验过程中，其注意力会自然集中于故事线索、历史事件与文化符号之间的关联；在与虚拟角色、虚拟场景的互动过程中，会逐渐形成对文化内涵、情感价值与历史视角的理解；而在行为参与过程中，其体验结构会从“观看文化”转向“经历文化”“再现文化”“共创文化”。因此，沉浸体验呈现层实际上构建了一套“从空间感知→意义形成→情感沉淀→身份认同”的体验链条，是文化体

验深度化与文化价值高质量传递的核心环节。

此外，在治理与教育层面，沉浸体验呈现层同样发挥着关键作用。通过与数字孪生模型的实时联动，AR/VR/MR可以模拟大客流、应急事件或环境变化，为游客提供智能引导，为管理者提供决策辅助，并为学生提供沉浸式教学场景。例如，通过虚拟推演的方式，管理者可以在高度真实的情景中进行疏散策略演练；学生可以在模拟灾害或文化仪式中获得高度具身化的实践体验。这些内容进一步拓展了沉浸体验呈现层的功能边界，使其成为文化表达、治理创新与教育培训的三重接口。

总而言之，沉浸体验呈现层是虚实融合文化体验体系的最终落脚点，它将数字孪生的空间真实与文化叙事的内容深度转化为可体验的文化行为，使游客能够在移动、互动、选择与参与中主动构建文化理解。它既是技术的应用接口，也是文化意义生成的场域；既是体验的外在呈现，也是文化记忆、文化认同与文化理解形成的内在机制。通过这一层，黄姚古镇的文化不再以静态展板和单向讲解的方式呈现，而是被转化为可进入、可互动、可沉浸的数字文化世界，使古镇文化在虚实交织中焕发新的生命力。

3.2 “底座—叙事—体验”三层联动的沉浸式文化体验开发路径

(1) 沉浸式导览路径：基于空间触发的文化即时呈现

在数字孪生空间和文化叙事体系的支撑下，沉浸式导览路径首先强调以真实街巷为核心场景，通过AR的虚实叠加技术，将文化信息以动态方式融入游客的移动轨迹之中。当游客在黄姚古镇的街巷、祠庙与桥梁之间穿行时，系统能够依据其位置即时触发叠加的文化内容，包括历史复原动画、关键事件的空间再现以及文化符号的三维呈现，使游客在真实空间中获得一种“文化在脚下被激活”的体验。与传统以线性讲解为主的导览方式不同，这一路径强调文化与空间的同步流动：游客的每一次转折、每一次驻足，都会触发不同的文化叠加，从而在“走动—观看—理解”的自然节奏中完成文化

学习。这一导览路径的核心价值在于构建基于真实空间的文化即时呈现体系，使原本碎片化、静态化的文化资源通过空间触发机制被重新组织、重构与体验化，是虚实融合文化体验的入口性方式，也是提升游客文化认知广度与游览沉浸度的关键途径。

(2) 数字文化叙事路径：多模态再现支持下的深度文化进入

与导览路径侧重即时呈现不同，数字文化叙事路径更强调文化意义的深度进入，通过VR等虚拟沉浸技术将黄姚古镇的历史、社会生活、文化仪式与人物关系构建为可进入、可体验、可参与的完整叙事场景。依托文化叙事构建层中建立的知识图谱、事件链与角色体系，这一路径将原本分散的文化内容转化为情境化、故事化与多结局化的沉浸情境。例如，明清时期的黄姚街市、匠人修桥的工坊、祖祠祭礼仪或抗战时期的隐蔽路线都被完整复原，让游客能够在虚拟环境中以“经历者”的身份参与故事推进。体验者在虚拟情境中所做的每一次选择，都可能改变故事的走向，使文化叙事从单向接受转向互动生成。多模态元素如音效、光影、角色互动和环境反馈进一步增强了情境逼真度，使游客在视觉、听觉与动作参与中建立深度沉浸感。数字文化叙事路径因此成为连接文化纵深、情感共鸣与具身体验的关键机制，使文化不仅被看到，更被感受到、被经历到，是构建古镇文化深层价值认同的核心途径。

(3) 虚拟推演与治理路径：文化空间的智慧化管理与教育延展

相比前两条面向游客体验的路径，虚拟推演与治理路径将虚实融合技术延伸至古镇运营管理、风险防控与教育培训领域，成为数字孪生在治理维度中的重要体现。通过构建大客流拥堵、火灾蔓延、暴雨内涝等典型情境，系统将真实空间结构、环境变化数据与人群行为模拟结合起来，实现对古镇运行状态的预测、评估与推演。在这一路径中，管理者可以在虚拟场景中提前识别风险点，验证不同的应急策略，并通过智能模型生成最优疏散路径或应急响应方案。同时，基于VR的具身化培训环境能够为景区工作人员、管理部门和高校学生提供高度

逼真的情境演练，使其在模拟真实的危机情境中获得实践经验。该路径不仅增强了古镇治理的科学性和前瞻性，还将文化空间的数字化成果融入公共管理与教育体系，实现旅游体验、文化保护与治理能力的协同提升，是虚实融合文化体验体系向管理、培训与社会服务延展的重要组成部分。

致谢

本文由基金：广西壮族自治区文化和旅游厅2025年度文化艺术职业教育和旅游职业教育产教融合发展项目“打造文旅新质生产力：黄姚古镇数字孪生系统的沉浸式场景及AI决策智能体蜂群构建”资助。

参考文献

- [1]栗青生, 倪婷, 罗欣, et al. 文化遗产数字化及数字文旅可视化服务技术研究进展[J]. 中国图象图形学报, 2025, 30(06):2304-2324.
- [2]范占领, 陈崇成. 文旅元宇宙：概念、关键技术及应用场景[J]. 遥感学报, 2024, 28(05):1161-1176.
- [3]张大钊, 李显正, 赵振斌, et al. 基于LDA制图分析的古镇旅游地游客商业化体验及空间结构——以大理古城为例[J]. 经济地理, 2023, 43(08):200-209.
- [4]GUO Y, LIU L, HUANG W, et al. Extending X-reality technologies to digital twin in cultural heritage risk management: a comparative evaluation from the perspective of situation awareness[J]. Heritage Science, 2024, 12(1):245-245.
- [5]张苏文, 王磊. 数字文旅空间的叙事策略实践路径研究[J]. 当代美术家, 2025, (02):58-67.
- [6]戴梦菲, 朱雯晶, 谭森, et al. AR技术在数字人文应用上的运用策略——以“从武康路出发”应用为例[J]. 图书情报工作, 2021, 65(24):44-52.
- [7]YINGYING J. Classroom Teaching Reform of “Tourism Culture” Immersion Experience from the Perspective of Local Culture[J]. Classroom Teaching Reform of “Tourism Culture” Immersion Experience from the Perspective of Local Culture, 2022, 4(2):173-178.
- [8]杨洋怀, 朱剑刚. 基于头戴设备的消防演习沉浸式体验设计[J]. 设计, 2024, 09:975-982.
- [9]WU L, TENG Y, HU J. Exploring the Emotional Experience of Tourists in Immersive Service Scenarios: A Case Study of Super Wenheyou Restaurant[J]. International Journal of Economics, Finance and Management Sciences, 2024, 12:196-210.
- [10]孟凡. 沉浸式旅游演艺中游客心流体验构成及影响因素[D]. 西安外国语大学, 2020.
- [11]徐静, 王勉. 基于心流理论的文化遗产沉浸式体验应用研究——以孟津区为例[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2024, (12):136-139.
- [12]刘大同, 郭凯, 王本宽, et al. 数字孪生技术综述与展望[J]. 仪器仪表学报, 2018, 39(11):1-10.
- [13]石婷婷, 徐建华, 张雨浓. 数字孪生技术驱动下的智慧图书馆应用场景与体系架构设计[J]. 情报理论与实践, 2021, 44(03):149-156.
- [14]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, (02):103-111.
- [15]刘秀伟, 任镤, 孙晓敏, et al. 中国古建筑三维数字化方法综述[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2023, 46(03):592-603.
- [16]郎林芳, 黄世晴, 王珏, et al. 元宇宙图书馆阅读推广服务创新发展研究[J]. 图书馆杂志, 2023, 42(10):55-63.
- [17]戴斌. 数字时代文旅融合新格局的塑造与建构[J]. 人民论坛, 2020, (Z1):152-155.
- [18]张艺凡, 梁琳. 新质生产力赋能中华优秀传统文化传播路径研究[J]. 现代交际, 2025, (02):25-32+121-122.
- [19]吴炫瑾. 沉浸式旅游演艺中的互动体验对游客口碑传播意愿影响研究[D]. 西南财经大学, 2023.
- [20]高小燕, 刘一诺. 博物馆智慧旅游技术与游客满意度、忠诚度关系研究[J]. 当代传播, 2024, (02):101-106.
- [21]黄永林, 谈国新. 中国非物质文化遗产数字化保护与开发研究[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2012, 51(02):49-55.

