

人工智能语境下文化遗产空间再构机制研究 ——基于环境设计视角的数字修复与空间转译

黎新栋, 阴学彬, 曹哲诚

广西师范大学设计学院, 广西 桂林 541000

DOI:10.61369/HASS.2026050027

摘 要 : 现在数字技术越来越多地介入文化遗产领域, 遗产保护也在悄悄变样。以前主要靠物理修复, 但有些病害太复杂, 或者损伤根本不可逆, 光靠传统方法越来越吃力。于是数字化手段慢慢成了保护与展示系统里的关键角色。人工智能能靠数据推算把已经丢失的信息补回来, 还可以改变文化遗产的呈现方式, 不再是静态且损坏的模式。本文从环境设计的角度出发, 梳理人工智能在图像修复、空间建模、展示转译这几个环节中的作用路径, 搭建了数字修复过度语义建模再到空间再构的分析框架。我觉得, 人工智能对文化遗产的价值不只是在技术上把画面还原出来, 更重要的是它提供了一套全新的知识组织和认知方式。通过空间叙事和交互设计, 观众从一个被动的“看客”变成了意义生成的参与者, 这个转变对文化遗产的当代传播和价值重塑挺有现实意义的。

关 键 词 : 人工智能; 文化遗产; 环境设计; 数字修复; 空间再构

Research on the Mechanism of Cultural Heritage Space Reconstruction in the Context of Artificial Intelligence — Digital Restoration and Spatial Translation from an Environmental Design Perspective

Li Xinli, Yin Xuebin, Cao Zhecheng

School of Design, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541000

Abstract : Digital technologies are increasingly integrated into the field of cultural heritage, subtly transforming heritage conservation practices. While physical restoration has traditionally been the primary approach, complex deterioration patterns or irreversible damage have rendered conventional methods increasingly inadequate. Consequently, digital technologies have emerged as pivotal components in heritage preservation and exhibition systems. Artificial intelligence (AI) enables data-driven reconstruction of lost information and revolutionizes the presentation of cultural artifacts, moving beyond static and damaged displays. This paper examines AI's applications in image restoration, spatial modeling, and exhibition interpretation from an environmental design perspective, establishing an analytical framework that progresses from semantic modeling in digital restoration to spatial reconstruction. The value of AI in cultural heritage extends beyond technical image restoration—it fundamentally establishes novel knowledge organization and cognitive frameworks. Through spatial storytelling and interactive design, audiences evolve from passive observers into active participants in meaning creation—a transformation with significant practical implications for contemporary heritage communication and value redefinition.

Keywords : artificial intelligence; cultural heritage; environmental design; digital restoration; spatial reconstruction

一、文献综述与研究问题

近些年来, 数字技术在文化领域的角色已经从简单的辅助工具升级成为了影响文化遗产存在形态的核心。《中国数字文化产业发展报告(2023)》里有提到, 文化资源的保存方式正慢慢从实体留存转向数据化重组和网络化传播。文化遗产不再只是被保护的固有状态, 它有了被再生产、再诠释、再传播的可能。

再说传播这件事, 新媒体的介入确实让文化内容的呈现逻辑变了。有研究表明敦煌文化传播时发现, 短视频平台强化了视觉

化表达, 打破了传统的线性叙事, 文化信息变得碎片化, 但覆盖面更广了^[1]。文化遗产的叙事也不再只靠一个文本, 而是在不同渠道、不同主体之间不断被重构。《符号·故事·互动: 数字游戏讲好中国故事的重重叙事模式》论研究中强调, 数字媒介不能只停留在静态符号上, 得转向动态叙事, 还得靠互动参与来提升文化认同和接受度^[2]。

体验层面也一样。《2024中国沉浸产业发展白皮书》曾提及沉浸式空间通过多感官整合, 能明显让观众多待一会儿, 信息吸收效率也更高^[3]。靠情境营造和叙事引导, 能把观众从看热闹变

成体验式理解，最后拔高观众对文化遗产的认知。数字技术对文化遗产传播也有显著的提升，中国传媒大学2023年的研究表明，引入数字化交互标准后，观众对文化内容的理解准确度和记忆程度都会明显提高^[4]。再看“长安十二时辰”街区的案例，研究者指出，沉浸式体验的核心不是堆技术，而是靠场景营造和叙事路线的协同设计，让观众在空间移动中形成连贯的认知过程。

政策层面也有明确导向。“十四五”文化和旅游科技创新规划强调，要推动数字技术与文化空间深度融合，构建多源数据、多媒介协同的展示体系。国家文物局2023年的文件也说了，文物数字化保护正从单纯的信息采集走向综合应用，尤其是在图像智能修复和三维空间重建方面，已经有了比较成熟的技术体系。

实践上，以故宫博物院为例的研究指出，VR/AR技术不光能提升展示效果，还能参与遗产空间结构的重组和再现^[5]。人工智能相关研究则进一步表明，人工智能在传统园林这类文化空间修复中的应用，正在推动遗产体验从静态展示走向动态生成。

以现有研究在文化遗产数字化、沉浸式体验、人工智能应用等方面已经有不少成果，但问题也很明显，人工智能相关研究大多数针对的是图像修复和技术实现，针对空间维度的作用和价值缺少标准梳理。环境设计侧重空间表达，忽略了协同数据技术。所以本文想从跨学科视角，把人工智能、空间设计放进一个框架中，弄清楚数字时代文化遗产空间再构的内在原理。

二、人工智能驱动让文化遗产完成数字修复

人工智能在文化遗产修复中的作用，本质上是靠数据学习和模型推演来做生成性重建的过程。利用人工智能模型大量学习历史图像和艺术风格，再根据整体结构逻辑，对残缺信息做合理性推断，在视觉、材质、空间结构层面把遗产的完整性尽量恢复出来。

视觉修复这块，深度学习模型通过海量样本训练，能比较准确地识别遗产纹理规律、造型特征和构图逻辑。比如文物表面有残缺、褪色和病害，模型可以根据周边没损坏的区域来推演补全，让整体画面风格统一、视觉连续。这样一来，传统修复对现存实物信息的依赖就被突破了，重度损毁的文物也能在数字层面重新构建出来。不过得注意，这种结果本质上是概率性的，受数据集和模型结构影响，所以在学术和展示层面得谨慎标注，说清楚哪些是推测的。色彩还原方面，人工智能配合光谱采集数据和历史文献资料，可以对遗产的原始色彩做科学推演。最近几年不少研究表明，深度学习色彩复原在壁画、彩塑这类文物上准确度还挺高的，但复原结果最好还是当作参考性表达，毕竟可靠性高度依赖数据是不是全面，得结合多源资料交叉验证。空间结构层面，将人工智能和3D扫描、把现实世界扫成数字点集结合起来，能对文化遗产的空间状态做数字化重建。通过从一堆点到三维模型的分析 and 拓扑结构推演，人工智能可以恢复缺失部分的空间关系，把碎片化的遗存整合成完整结构。这个过程不光为展示打了基础，也为保护决策方面和考古研究方面以及结构监测提供了数据支撑。

现在人工智能已经不只是“图像处理工具”了，它升级成了文化遗产结构重建的机制。它的价值不光是把画面修好，更在于

对文化信息进行系统化重组和多层次表达。

三、环境设计视角下的空间转译机制

以目前的技术来说，人工智能做的数字修复还停留在信息层面，要是没有空间转译，它就很难变成公众能理解的认知经验。所以核心问题不是“修没修好”，而是“怎么让修复结果进入人的认知过程”。环境设计在这儿就起了关键作用。

空间不能简单地当成展示的容器，它其实是认知结构的载体。空间里的动线、节点、信息分布、媒介布局，直接塑造了观众的理解路径。我觉得，文化遗产的空间转译，本质就是把数据转化为体验的过程，核心靠的是空间叙事的重构。

（一）空间叙事结构重组与路径引导

传统的展示大多是静态单元排在那儿，缺乏连续的叙事逻辑，观众无法理解碎片式信息。人工智能修复让遗产信息从单一的视觉形态变成了多维的数据集合，环境设计根据需求重新组织叙事结构，让观众在走动中形成连贯的理解。

时间维度在遗产展示里经常被忽视。文化遗产是时间的产物，它的营造、损毁、修复、再现都有时效性。如果只按空间顺序排，观众很难理解它怎么演变过来的。

所以把时间线索嵌进空间流线是有必要的。比如说，可以按照原始状态到损毁过程再到修复结果来组织连续的空间走向，让观众边走边理解遗产的历史变迁。这不是简单地把信息排个队，而是在空间里建立一种理解的秩序。有叙事路径的展示空间，观众停留的兴趣会更大，这说明路径结构直接影响认知效果。

连续空间可以通过节点层级划分来形成秩序，通常就是“核心节点—过渡节点—辅助节点”这样的结构。核心节点集中展示关键文化信息；过渡节点调节认知节奏；辅助节点负责补充背景信息。层级化结构能避免信息过载，让观众在有限时间里高效理解。合理的节点层级能有助于核心信息的记忆率提高

（二）多层信息叠加的空间表达机制

人工智能修复出来的东西通常包含原始数据、修复版本、推演模型等多层信息，这就给展示提供了“分层表达”的基础。环境设计通过空间和媒介的整合，让多层信息在同一个空间里共存，形成对比性、递进式的认知体系。

拿“数字敦煌”项目来说，它用超高清投影把洞窟壁画以1:1的比例还原在展厅里，形成沉浸式叙事空间。观众戴上AR设备可以触发细节解析，比如纹样演变、色彩修复对比、历史背景解读等等，实现了“宏观叙事+微观探索”的闭环。数字屏同步展示修复日志和文献资料，跟动态媒介互补。5G低延迟技术还支持多媒介实时联动，观众在AR里标记的节点可以同步在屏幕上显示三维模型，信息传递从单向输出变成了双向互动。这种整合模式把静态遗产变成了可感知、可探索的动态系统，帮观众在观察—互动—思考中完成价值理解。同时，空间载体还得兼顾文物保护需求，比如遗址展示可以用透明OLED屏幕叠加，在保护本体的前提下实现虚拟修复和现实遗存的融合呈现。

（三）沉浸式体验与交互机制构建

随着沉浸式技术越来越普及，文化遗产展示慢慢从视觉中心转向了体验中心。环境设计通过多感官整合来营造情境，让观众进入历史语境，提升理解深度。

沉浸式空间之所以能帮助观众在心理上贴近历史场域，主要靠的是光影、声效、尺度与氛围这几个变量的综合控制，模拟出遗产当初所处的那个环境。举个例子，低照度配合定向光源，就能在一定程度上还原石窟原有的光线特征，沉浸感和真实感都上来了。根据《2024中国沉浸产业发展白皮书》的数据，沉浸式文化展览可以把观众的停留时间拉长35%到40%——这个增幅不算小，说明情境营造对体验的推动作用确实明显。

交互技术的介入，给了观众更多自主性：自己筛选信息、调整浏览路线、参与模拟操作，甚至还能在不同修复方案之间做对比。这种参与方式打破了传统的单向灌输逻辑，观众不再是被动的接受者，而成了意义建构的主体。一些研究也证明了，带有交互功能的展示，参与率和记忆效果都会显著提高。

四、从视觉修复到认知重构：转化逻辑

当人工智能修复后的成果被放进展示空间，它的意义就发生了变化。那些由技术生成的图像和模型，不是简单展示“修复得怎么样”，而是被重新组织起来，进入观众的认知过程。所以这个过程本质上不是“展示修复结果”，而是在改变观众理解遗产的方式。

传统修复思路往往追求“还原历史原貌”，但人工智能提供的是“基于数据的可能性表达”。这两者的差异挺关键的——它让文化遗产从只能有一种解释，变成了可以有多元解读，从而形成一个相对开放的意义空间。

（一）从图像再现到文化意义生成

传统模式倾向于把历史状态当作一个固定目标去还原，但人工智能修复不同，它基于数据推演，本质上是一种生成性表达。这样一来，文化遗产就不再是一个静态的历史对象，而更像一个可以被阐释的文化媒介。

1. 视觉补全与叙事恢复

智能补全缺失信息，不只是把画面填满，它有助于恢复遗产原本的叙事结构，让观众更容易理解其中的文化象征和历史语境。打个比方，壁画里的人物、场景一旦变完整了，图像的叙事链条就能接上，文化上的可读性自然也就提高了。有评估报告指出，加入数字修复信息后，观众的理解准确率从50%提升到75%以上。

2. 生成性表达与认知拓展

人工智能可以输出多个版本、多种风格、多条解释路径的结果，这会让文化遗产呈现出多维的意义空间。这种开放性允许观

众从不同角度切入，形成自己的理解，认知的广度和深度都得到了拓展。

（二）空间介入下的认知路径重塑

数字修复成果一旦进入实体空间系统，认知模式就会从“被动观看”转变为“空间体验驱动”。空间通过动线设计、节奏把控、节点布置和光影调节，来引导观众完成信息的整合。

所谓空间节奏，通俗点说就是用节点间距、信息密度和视觉焦点来影响观众的注意力分配。在关键节点设置高密度信息，有助于强化记忆；在过渡区域适当降低密度，可以缓解认知负荷。合理的节奏设计对理解效率的提升作用很明显，是影响认知建构的一个重要变量。

在沉浸式环境中，观众靠身体移动和感官参与来完成认知过程。这恰好印证了情境认知理论的一个基本观点——知识是在具体情境中生成的。环境设计通过营造情境，把抽象的文化信息转化成可体验的内容，从而显著提升接受深度。

（三）多主体参与下的认知开放结构

在交互式空间里，文化遗产不再是一套封闭的解释体系，而呈现出开放性。每位观众基于自身经验形成个性化的理解，最后构成一个多主体、多层次的认知结构。

人工智能提供的多版本信息和可选路径，让观众可以自主探索，认知过程更灵活。据《中国博物馆发展报告（2025）》显示，交互式展览的观众参与率超过70%，信息记忆效果也明显优于传统模式^[6]。这说明开放结构既能提升理解深度，也能增强传播效能。

有一点需要特别说明：技术本身并不会自动带来认知提升。如果空间组织不合理，人工智能生成的内容可能加剧信息混乱让人更难看懂。所以后续研究不能只盯着技术，而应更多关注如何把技术转化成可理解、可体验、可认同的空间经验。

五、结语

在人工智能和数字技术快速迭代的背景下，文化遗产保护正经历一场从实体修复到认知重构的深层转型。本文从环境设计的视角出发，讨论了人工智能在文化遗产空间再构中的作用机制。可以看出人工智能不仅提升了视觉还原的能力，更重要的是，它能通过空间叙事和交互设计，并重新塑造观众的认知路径。未来随着技术不断演进，文化遗产会逐渐变成一个跨越现实与虚拟的复合系统，而环境设计在其中，将扮演长期且关键的角色。

参考文献

- [1] 牛书娇, 赵畅, 梁辰田. 敦煌文化在短视频平台传播的路径研究 [J]. 新传奇, 2025, (25): 28-30.
- [2] 唐润华, 叶元琪. 符号·故事·互动: 数字游戏讲好中国故事的三重叙事模式 [J/OL]. 现代传播 (中国传媒大学学报), 2023(10): 115-121.
- [3] 幻境国际沉浸产业平台. 2024中国沉浸产业发展白皮书 [R/OL]. 2024.
- [4] 中国传媒大学. 文化遗产数字化传播效果评估报告 (2023[R]. 2023.
- [5] 于梦莹, 刘宇勤, 王玮. 虚拟现实技术和增强现实技术在文化遗产保护中的应用——以故宫博物院为例 [J]. 家具, 2025, 46(5): 71-76.
- [6] 中国博物馆协会. 中国博物馆发展报告 (2025) [R]. 2025.