

建筑遗产数字化保护技术与虚拟现实体验

丁翔

(合肥市规划设计研究院)

【摘要】建筑遗产的保护与传承是文化遗产管理中一项重要任务。随着科技的发展,数字化保护技术为建筑遗产的保护与展示开辟了新的途径。本研究旨在通过建筑遗产数字化保护技术的应用与虚拟现实体验的结合,分析多源数据融合采集、三维建模优化、虚拟修复等技术在建筑遗产保护中的创新性应用,并探讨如何利用虚拟现实技术增强沉浸式体验。研究发现,数字化保护技术与虚拟现实相结合,可以有效延长建筑遗产的生命周期,提升文化遗产保护的效率和质量,创造更加丰富、立体的文化传播形式。

【关键词】建筑遗产;数字化保护;三维建模;虚拟修复;虚拟现实;沉浸式体验

中图分类号:TU-87

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.03.046

Digital Preservation Technology and Virtual Reality Experience of Architectural Heritage

DING Xiang

(Hefei Urban Planning & Design Institute)

【Abstract】The protection and inheritance of architectural heritage is an important task in the management of cultural heritage. With the development of science and technology, digital protection technology opens up new ways for the protection and display of architectural heritage. This study aims to explore the combination of the application of digital preservation technology and virtual reality experience of architectural heritage, analyze the innovative application of multi-source data fusion acquisition, 3D modeling optimization, virtual restoration and other technologies in the preservation of architectural heritage, and explore how to enhance the immersive experience through virtual reality technology. It is found that the combination of digital preservation technology and virtual reality can effectively extend the life cycle of architectural heritage, enhance the efficiency and quality of cultural heritage preservation, and create a richer and more three-dimensional form of cultural communication.

【Keywords】architectural heritage; digital conservation; 3D modeling; virtual restoration; virtual reality; immersive experience

1 引言

伴随全球化进程的持续推进,建筑遗产保护愈发受到世界各国的高度重视。建筑遗产既是历史文化的重要物质载体,更是当代社会构建文化认同的核心组成部分。传统建筑遗产保护方法存在一定局限性,难以有效应对现代化进程中的各类挑战。近年来,数字化技术快速发展,为建筑遗产保护开辟了全新的解决路径。开展建筑文化遗产数字化保护工作,可利用现代信息技术,结合建筑遗产的地理位置、文化特质、历史脉络等核心信息,选取适配方式开展其信息的描述、记录与系统化管理。通过多元信息技术的综合运用,实现建筑文化遗产信息的数字化转化与可视化呈现^[1]。

本文将探讨建筑遗产数字化保护技术的最新发展,重点分析虚拟现实技术在文化遗产保护中的实践应用,以期推动文化遗产保护领域的创新发展与行业进步。

2 数字化信息采集与建模技术

2.1 多源数据融合采集方法

在建筑遗产保护过程中,信息采集是数字化保护的基础。多源数据融合采集方法的应用使得建筑遗产能够被全面、准确地记录。不同类型的数据来源,如遥感影像、激光扫描、摄影测量及传统的手工测量数据等,都能通过融合技术进行整合,形成一个综合性的数字资料库。采用这一方法,可以消除单一数据源所带来的局限性,增强数据的精度和可靠性。通过结合不同数据的优势,能够对建筑遗产的结构、外观以及细节部分进行全面扫描。多源数据融合采集技术,借助先进的传感器和数据处理算法,能够克服建筑遗产多维度的复杂性,保证数据在不同场景下的高效集成,为后续的建模与修复工作奠定坚实的基础。图1所示为多源数据融合概念图。

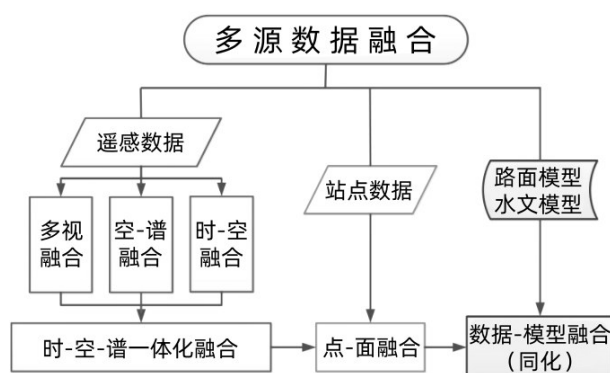


图1 多源数据融合

2.2 三维点云处理与建模优化

随着激光扫描技术的成熟,三维点云数据在建筑遗产保护中扮演着重要角色。三维点云处理是对通过激光扫描获得的大量点云数据进行分析与处理,以实现高精度的建筑物重建。该过程首先涉及点云数据的清理与去噪,确保得到准确的空间信息。接着,点云数据通过特定算法转化为三维网格模型,实现建筑物的精确重构(见图2)。通过点云数据,设计师可以清晰地看到建筑物的结构、细节和表面状态,极大地提升了建筑遗产数字化保护的效率^[2]。然而,三维建模不仅仅是将点云数据转化为模型,更重要的是如何优化模型,提升其精度与可用性。针对建筑遗产的特殊需求,建模优化技术需要解决多种问题,如大规模数据处理、细节复原和纹理还原等。

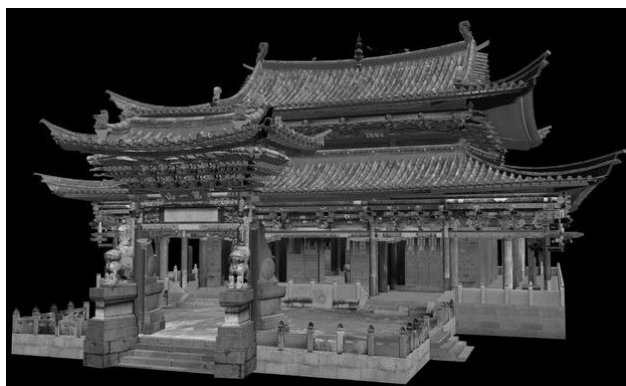


图2 三维点云处理与建模实现建筑物的精确重构

2.3 数字孪生模型动态更新

数字孪生技术是将物理实体的实时数据映射到数字模型中的一种创新技术(见图3),目前已广泛应用于建筑遗产的保护中。数字孪生模型通过实时收集建筑物的运行数据、环境数据等,动态反映建筑物的实际状态。为了确保建筑遗产的数字模型与物理

结构的一致性,需要通过动态更新技术不断调整和完善模型。随着时间的推移,建筑物会出现不同程度的损耗,传统静态建模方式无法及时反映这些变化。数字孪生模型的动态更新能够实时监控建筑物的健康状况,对损坏和老化的部分进行精准定位,为修复和保护提供数据支持^[3]。利用传感器、物联网等技术,建筑遗产的实时数据会自动反馈到数字模型中,模型会根据数据变化做出相应的调整,确保每一处建筑细节的精确呈现。

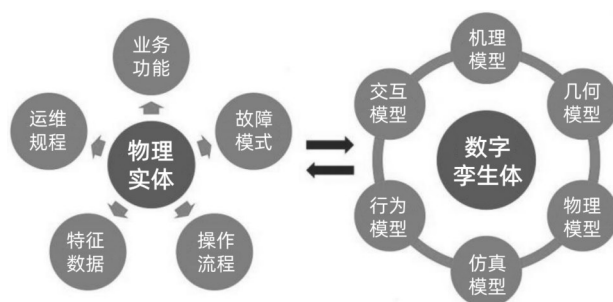


图3 数字孪生技术

3 智能损伤识别与虚拟修复技术

3.1 多尺度损伤检测算法

传统的损伤识别往往依赖人工检查,效率低且存在误判的风险。而多尺度损伤检测算法的引入,极大地提升了检测的准确性和效率。此类算法通过结合不同的图像处理技术与深度学习模型,能够在多个尺度上识别损伤的细微变化。首先,在大尺度上,算法能够识别出建筑物的宏观结构性损伤,如裂缝、倾斜等;而在更细微的尺度上,算法则可以捕捉到微小的表面瑕疵和材料老化痕迹;另外,基于图像的检测方法可以与激光扫描或无人机航拍的高分辨率图像数据结合,使得损伤检测不仅更加全面,还能细化到每一寸建筑细节^[4]。

3.2 虚拟修复方案模拟验证

建筑遗产修复工作常面临高成本、高技术难度的现实挑战,虚拟修复方案的模拟验证为解决此类问题提供了有效路径。结合数字化建模与虚拟现实技术,设计师可在虚拟环境中模拟修复方案并开展效果预评估。该过程首先依托三维建模精准还原建筑现存状态,同时对受损区域开展虚拟处理。设计师可尝试多元修复方法,直观观测其在虚拟空间中的实施效果,并借助仿真技术验证修复方案的技术可行性及对建筑原有风貌的保护效果。例如在墙体

裂缝修复工作中,虚拟仿真技术可清晰呈现不同材料、工艺的修复效果,科学评估其在美学呈现与结构稳定性层面的综合表现^[5]。

4 多模态交互场景构建

多模态交互场景构建是虚拟现实技术应用中的关键环节,尤其在建筑遗产数字化保护和虚拟体验的设计中具有重要作用。该技术通过融合视觉、听觉、触觉等多种感官交互方式,使用户能够身临其境地感受虚拟空间。视觉方面,虚拟建筑的三维建模技术使得用户能够自由地在空间内探索并与其互动,真实还原建筑细节和历史痕迹;听觉上,音效模拟可以在用户与建筑互动时,提供符合场景氛围的音响效果,如回荡的声音、风声等,增强沉浸感;触觉上,借助触觉反馈设备,用户可以在操作界面时感知到震动或力的变化,从而提升互动的真实感^[6]。利用这些模态的集成,虚拟场景不再是一个静态的图像或视频,而是一个多维度的动态空间,能够根据用户的行为和需求实时调整,提高体验的深度和广度。

5 协同保护与传播机制

5.1 元数据标准化体系

在建筑遗产的数字化保护过程中,元数据是描述数据本身特征的信息,它为建筑遗产的数字化数据提供了结构化的表达,使得这些数据能被广泛识别、存储、共享和管理。构建一个完整且统一的元数据标准体系,不仅可以解决不同数据来源间的信息不兼容问题,还能增强遗产信息的可访问性与可操作性。首先,元数据标准化可以确保建筑遗产数据的存储结构清晰、规范,避免因格式不统一而导致的查询和使用困难。其次,它为不同专业人员(如建筑师、修复师、研究人员等)提供了相同的语言和标准,提升了各方协作的效率。另外,随着数据共享需求的不断增加,元数据标准化体系能够支持不同机构、部门之间的协同工作,实现建筑遗产数字化保护的信息流通和更新^[7]。

5.2 多方协作云平台构建

在建筑遗产保护领域,构建一个多方协作云平台可以极大地提高各方参与者的工作效率与成果质量。此平台不仅可以集成不同来源的建筑遗产数据,还能为各类专家提供一个共享的虚拟空间,促进

不同领域的专家共同探讨和解决遗产保护中的技术与文化难题。通过云平台的建设,建筑遗产的管理者、研究人员、修复师和公众能够实时访问和更新数据,确保信息的透明性和及时性^[8]。

6 结语

建筑遗产数字化保护技术,特别是三维建模和虚拟现实技术,为传统建筑遗产的保护和传承提供了全新的思路 and 工具。随着数字化技术的进步和推广应用,建筑遗产不仅能够被精确地记录,还能够通过虚拟修复和数字孪生等手段进行有效地保护与再现。通过多源数据的融合采集方法,使建筑的三维模型可以更为真实和细致地得以呈现,为后续的修复工作提供数据支持和参考依据。虚拟现实的交互性为文化遗产的展示与教育提供了新的可能,通过动态叙事和多模态交互设计,可以实现更具吸引力和教育意义的文化传播。

然而,在建筑遗产保护的数字化转化过程中,如何建立统一的元数据标准,如何在全球范围内形成多方协作的平台等,这些仍然是技术发展中亟待解决的问题。标准化体系和数据共享平台的建设将为全球文化遗产保护提供更加稳定的基础。未来,随着数字化和虚拟现实技术的不断发展,建筑遗产保护不仅仅是保存物理形态的问题,更是传承和传播文化的全新方式。这将为建筑遗产的可持续保护和全球文化交流提供更加广阔的空间。

参考文献

- [1] 吴振东, 过伟敏, 艾小群. 民族建筑文化遗产的数字化保护探索[J]. 贵州民族研究, 2016, 37 (4): 84-87.
- [2] 章泉丰. 数字技术在建筑遗产保护领域的应用探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023 (32): 87-89.
- [3] 马珂研, 潘毅, 靳俊山. 古建筑数字化保护与推广[J]. 智能建筑与智慧城市, 2020 (11): 139-140.
- [4] 江旖旎. 城市建筑遗产精细化保护与修缮技术研究[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53 (11): 16-21+83.
- [5] 刘建元. 数字技术介入建筑遗产保护研究综述[J]. 城市建筑, 2023, 20 (23): 27-30.
- [6] 张睿丰. 建筑文化遗产的数字化保护[J]. 城市住宅, 2021, 28 (2): 192-193.
- [7] 刘延斌. 虚拟现实技术对古建筑遗址复原的数字化保护[J]. 建筑结构, 2022, 52 (12): 160-161.
- [8] 张琪骥. 对文物建筑数字化保护的思考[J]. 建筑设计管理, 2021, 38 (1): 84-90.