

基于数字交互技术的古建筑保护与创新应用

沈婷

中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430070

摘要: 古建筑, 作为历史文明的实体见证, 兼具历史价值与艺术魅力。然而, 过去很长时间内, 的技术局限性与岁月变迁等因素导致诸多古建筑遭到损毁乃至消逝, 这对我国历史研究构成重大缺失。如今, 随着信息时代发展, 虚拟现实与数字通信等数字交互技术的崛起, 为古建筑保护注入了变革动力。本文聚焦于数字交互技术在古建筑保护中的应用与创新拓展, 力图实现文化遗产的数字化重生, 开创古建筑保护与文化传播的新纪元。

关键词: 数字交互技术; 古建筑保护; 古建筑创新

引言

古建筑作为建筑文化不可或缺的部分, 不仅映射出历史特定时期的社会经济、文化发展脉络; 其独特的造型与精妙的结构, 更是研究古代文明的关键素材。然而, 传统保护方法受制于技术瓶颈与人为因素, 往往难以达到理想效果。随着信息时代的迅猛发展, 数字科技为保护古建筑、保护古建筑文物拓展新空间^[1]。为古建筑保护开辟了崭新路径。

利用数字交互技术革新古建筑的保护方式, 创新其展示与传播模式, 充分挖掘与保护古建筑的双重价值, 以期实现古建筑文化遗产的永续传承与广泛普及。在数字科技的加持下, 古建筑将不再仅仅是静默的遗迹, 而是能够跨越时空, 与现代生活交融的历史见证者。

2 古建筑保护现状

2.1 古建筑保护传统模式

古建筑依据不同的分类标准具有不同的划分。从建材分类, 主要分为木建筑、砖石建筑、土坯建筑等^[2]。针对不同的建材, 其修缮保护技术也有其差异性:

木建筑的传统保护模式: 木材由于其取材方便、材质轻盈、加工简易等特征是我国

古建筑的最普遍形式。但是由于木材易燃、易腐蚀、易虫蛀的特性, 以及自然灾害、战争等各种因素在历史长河中难以保存, 目前能追溯到最早的木建筑实体时期仅为唐代^[3]。针对以上问题, 传统木建筑主要采用防腐处理、结构加固、构件更换修复、防火防水等措施进行修缮与保护^[1]。

砖石建筑的传统保护模式: 砖石结构建筑相对于木建筑具有耐久性、保温防火性、承重性等特征, 因此现存遗址较多, 北魏时期的嵩岳塔寺是我国现存最早的砖塔。但砖石结构建筑由于其设计复杂、灵活性差、运输难度高等因素修复难度大。传统砖石建筑主要以加固支撑、定期维护、材料修复等手段进行修缮与保护。

生土建筑的传统保护模式: 生土建筑使用天然泥土、秸秆等材料混合建造而成, 具有良好的生态性, 成本低廉的同时也具有隔音隔热性, 最早的生土建筑可以追溯到石器时代的穴式房址。但生土建筑由于其结构不稳定性、抗震力弱等特征难以保存, 传统生土建筑主要采用裂缝修补、表面涂装、防水处理等措施进行修缮与保护。

2.2 古建筑保护的问题与不足

随着全球化的深入发展, 本土化和民族

化思潮促使人们对传统文化的重视与日俱增，随着全球化的深入发展，本土化和民族化思潮促使人们对传统文化的重视与日俱增，但仍面临多重难题。

2.2.1 古建筑保护技术与资金瓶颈

随着时代变迁，传统的古建筑保护形式逐渐显露出其局限性，难以应对现代社会的多样化需求。当下古建筑修复保护工作不仅追求对历史原貌的还原，更注重与公众的互动性和多感官体验。这一转变催生了对新技术的迫切需求，如虚拟现实、增强现实等数字化手段，它们能够为古建筑的保护与展示带来全新的维度^[2]。

古建筑由于体量大、结构复杂等特征，其修缮保护工作一直是耗资巨大的工程，需要持续性的资金投入用于技术修复以及后续维护。然而，目前古建筑保护项目资金具有不稳定性：作为支撑基础的政府拨款由于财政预算的限制和资金分配的多元化，难以满足大规模修复和日常维护的需求；古建筑保护的公益属性和长期回报性，使其难以吸引足够的私人资本投入，古建筑保护事业在资金筹集上遭遇了多重困境。

2.2.2 古建筑保护中民众参与度低

古建筑保护是一项涵盖政府、专业机构与公众的共同责任。尽管古建筑中蕴含的历史与文化价值广为人知，但大多数人对其保护和修缮往往缺乏足够的认知和重视。一方面，随着城市化进程的加快，现代生活处于快节奏，多数民众缺乏了解古建筑历史文化价值的动力与热情，忽视古建筑保护对于现今社会的积极作用，在古建筑保护方面的参与和支持显得相对淡漠^[4]。另一方面，普通民众参与古建筑保护与修缮的途径有限，除了参观游览，缺乏更多直接参与保护实践的机会。这限制了民众参与的深度和广度，难以激发其持续的关注和投入。同时，社会教育以及宣传的缺失，让古建筑保护与修缮受

阻，部分民众为维持古建筑原貌甚至反对修缮活动。

2.2.3 古建筑保护专业人才缺失

传统的古建筑修缮保护长期依赖于人工技艺，而专业人才缺失已成为制约该领域发展的重大瓶颈。由于古建筑修缮保护需要兼具技术性与历史性知识储备，呈现高度专业化，多学科交织特征。当今，高等教育体系中，专门针对古建筑保护的课程和专业相对稀缺，导致专业人才供给不足。同时，古建筑保护工作往往被视为收入不高、工作条件艰苦的职业，难以吸引优秀人才进入该领域。如何降低古建筑保护门槛，提高从业人员福利待遇值得深思^[3]。

3 数字交互技术在古建筑保护应用分析——以敦煌莫高窟为例

数字交互技术的发展为古建筑保护工作带来了革命性的变化，不仅提升了修复的精度与效率，还增强了公众的参与度和古建筑的维护管理。敦煌莫高窟地处我国隔戈壁沙漠腹地，以其洞窟内精彩纷呈的壁画而闻名，如今其对于数字交互设计的运用更是作为传世典范。

3.1 数字交互技术在古建筑修复层面的运用

近年来，随着科技的发展，以三维建模和虚拟现实技术为代表的数字交互技术在古建筑的修复层面进行广泛运用。

三维建模技术主要是通过激光扫描、无人机航拍等技术，借助地面协助（如全站仪、测量机器人等）获取古建筑的高精度三维云数据，创建古建筑数字化模型^[5]，帮助专家进行精确的结构分析和修复方案设计。虚拟修复模拟则主要是在三维建模基础上利用虚拟现实（VR）或增强现实（AR）技术，模拟修复前后的对比效果，辅助技术人员决策，减少实际操作中的不确定性和风险。

在敦煌莫高窟 96 窟的修复过程中，针对莫高窟最重要的壁画部分采取“慢节奏、精修复”的方针，探索利用计算机和图形处理技术进行数字化保护。在 96 窟数据获取时，技术人员通过架设站点与布置靶点以获取洞窟位置数据，扫描结束后，在内业对点云数据预处理，包括点云数据的拼接、合并、降噪等工作，之后开展点云数据的重采样、修补、简化和纹理映射等工作，建立洞窟的三维立体模型，最后再通过图像处理技术以及模拟技术为模型做后期纹理映射处理^[6]。

3.2 数字交互技术在古建筑互动层面的运用

古建筑的互动性价值区别于视觉艺术价值以及文化价值，更侧重于连接过去与现在，促进现代人与历史文化的深度互动和体验。

敦煌研究院文物数字化保护团队致力于构建“数字敦煌”，通过虚拟现实技术构建新时代背景下的“新敦煌”。2023 年“寻境敦煌——数字敦煌沉浸展”掀起了敦煌历史与现实的交互之旅。“寻境敦煌”展会综合应用三维建模技术、游戏引擎的物理渲染和全局动态光照、VR、AR 等前沿游戏技术，一比一高精度立体还原第 285 洞窟，作为线上展会，用户可通过敦煌官网以及微信小程序搜索进行随时随地欣赏，游客在其中可零距离观赏各个壁画细节、360 度全景探索洞窟细节。同时，在线下洞窟内，用户还可以通过佩戴 VR 设备，模拟“飞升”窟顶，漫游 285 洞窟带来多模态交互体验^[7]。

3.3 数字交互技术在古建筑维护层面的运用

古建筑的维护工作是在古建筑修缮工作后的后续工作，涵盖实时监测与预防性工作。随着数字交互技术的进一步发展，古建筑的维护工作逐渐走向规范化与合理化。

敦煌研究院文物数字化保护团队经过数

十年的研究工作，对敦煌洞窟内文物进行全面数字化采集、加工和存储，汇集多种类型的数据与文献资料，构建敦煌莫高窟文物数字化资源库^[8]，将一个个精美的文物幻化成精密数据，以便后续数据查询以及修复运用。同时，通过在洞窟内安装传感器和物联网设备，可以实时监测洞窟内的环境参数，如温度、湿度、光照、空气质量等，一旦监测到异常变化，系统立即发出预警，维护人员可以迅速响应，采取相应措施，防止文物受到损害。数字化资源的共享，也使得全球范围内的专家可以远程访问文物信息，进行在线诊断和讨论，协同制定维护策略^[4]。

4 数字交互技术对于古建筑的创新运用

纵使目前数字交互技术已经在古建筑修缮保护中得到广泛运用，但在古建筑价值的创新发展方面仍有发展空间。

4.1 数字交互技术对于古建筑相关教学上的运用

目前与古建筑相关专业，如建筑学、地质学等课程的教学过程中仍然以理论为主，实践为辅的教学体系，顺应当前教育信息化、数字化、智能化趋势，亟需将高新技术应用到教育教学，革新教学模式，促进学生理解，提高教育水平，为古建筑的传承与发展培育更多优质人才。

利用 VR、AR 技术，创建古建筑构造、修复技术的虚拟教学环境，让学生在安全的虚拟空间中实践操作，提高学习效果和兴趣。开发在线课程，通过高清视频、三维模型和互动问答，为全球学生提供古建筑历史、结构和保护知识的远程教育。利用 AI 技术，根据学生的学习进度和能力，提供个性化的教学建议和练习，增强学习的针对性和效率。

目前，北京大学建筑专业团队通过对开化寺建筑群生成三维模型，实现了对开化寺

文物建筑的数字化记录和展示，可供学生在模型全景漫游及在线浏览，近距离查看学习古建筑细节，充分发挥了虚拟仿真技术在古建筑教学中的优势。广州市海幢寺大雄宝殿教学系统，不仅将该建筑进行再现复原，还对该建筑外部形态和内部结构进行分解剖析，学生可以观看建筑内部结构以及建造过程，并开展拆装建筑构件的模拟训练^[9]。在未来，数字交互技术在院校内的运用仍有发展空间。

4.2 数字交互技术对于古建筑价值传播上的运用

为了解决目前全社会对古建筑价值缺乏认知问题，以促进文化遗产的保护、教育、旅游和社会凝聚力。结合多媒体内容和交互设计，创作以古建筑为中心的数字故事，通过网站、APP 或社交媒体传播，增加公众的文化认同感和保护意识。举办线上展览和文化活动，如虚拟艺术节、历史讲座，利用直播、录播和互动聊天，让全球观众参与其中，促进文化交流。开发以古建筑为背景的教育游戏，如解谜、角色扮演等，寓教于乐，吸引年轻群体关注和学习古建筑知识。

“寻境敦煌——数字敦煌沉浸展”为我们提供了优秀模范；故宫文创将古建筑转化成文创 IP，获得巨大经济与文化效应；中国风建筑游戏《天朝上国》利用游戏模式使得中国古建筑的在全球范围内传播。在未来越来越多的数字展览以及活动出现，将会为古

建筑的价值传播与转化运用创造更多机遇。

4.3 数字交互技术对于古建筑观赏体验上的运用

作为民众与古建筑最直观的交互方式，古建筑的观赏体验提升对于古建筑的创新发展起到重要作用^[5]。

采用 VR 技术，打造古建筑的沉浸式虚拟游览体验，让用户仿佛穿越时空，亲身感受历史场景。在古建筑现场部署 AR 导览系统，游客通过智能手机或智能眼镜，可以看到叠加在实物上的信息，如重现历史事件、艺术解读等。结合视觉、听觉、触觉等多感官元素，如声音装置、触控屏幕、气味模拟器，创造全方位的古建筑观赏体验。

结论

综上所述，通过对我国古建筑保护现状分析，探讨数字交互技术在古建筑保护以及创新运用，旨在为古建筑的传承与发展提供有益参考。然而，古建筑保护创新是一项长期而艰巨的任务，仍需我们不断地学习和探索。未来，我们将继续关注古建筑保护事业的发展，以期在实践中不断积累经验，为保护中华文明的瑰宝作出更大的贡献。

古建筑不再仅仅是静默的历史见证，而是成为了生动的历史故事讲述者，让游客在互动和体验中更加深刻地理解和感受到古建筑的魅力与价值。

参考文献

- [1] 彭玉元,高小涵.乡村古建筑史迹数字化保护设计[J].科技创新与应用,2024,14(13):111-115+119.
- [2] 王晓华主编.《中国古建筑构造技术》(第二版),化学工业出版社,2019
- [3] 陈果,曾宇茜.中国古建筑的保护与传承[J].文化产业,2024,(12):16-18.
- [4] 梁国艳.古建筑修缮与保护措施[J].石材,2024,(07):10-12.
- [5] 陈明孝.古建筑数字化保护关键技术探讨[J].遗产与保护研究,2018,3(12):71-73.

- [6]李克恭,汪万福. 不可移动文物保护数字化及虚拟展示——以敦煌莫高窟 96 窟为例[J]. 科技和产业, 2024, 24 (06): 215-219.
- [7]康劲. 青春力量开启莫高窟“数字时空”[N]. 工人日报, 2024-06-10 (003).
- [8]彭雯. 科学保护让莫高窟永生[N]. 甘肃日报, 2023-08-06 (001).
- [9]袁玉康,雷华. 以 VR 虚拟现实技术促进古建筑教学[J]. 山西建筑, 2020, 46(02): 188-190.

作者简介：沈婷，女，汉族，中国地质大学(武汉)硕士研究生，研究方向：交互（媒体）设计。