

建筑信息多维采集与VR可视化系统构建

——以邯郸红色建筑为例

曹怀月 孙研 张贝贝*

河北工程大学建筑与艺术学院 河北 邯郸 056000

【摘要】：本文通过对邯郸地区红色建筑遗存进行实地勘察拍摄以及口述访谈等方式，搜集了关于该红色建筑遗存的实地形象资料和相关历史知识、文化内涵信息，并以此为基础，以数字保护和沉浸式展示需求为依据，综合运用多维建筑信息采集技术和虚拟现实技术搭建起了集多维建筑信息采集和VR技术为一体的系统化保护和展示方案。基于该套数字化遗产保护方案，开发出了以虚拟导览、虚拟维护、虚拟拆解等方式结合的虚拟展示系统，把邯郸地区的红色建筑遗存由静态化的数据转化为动态化的交互式场景。本文所建立的该套数字化红色建筑遗产保护系统不但可以用于红色建筑遗产的精确保护及维修上，为修缮人员提供可视化数据支撑；而且还可以使人们通过浸入式的参观来体验其历史文化价值及教育意义。论文最后还从实物采集数据与虚拟空间重建的维度剖析了将多维建筑信息采集与虚拟视觉技术应用于红色建筑遗产的数字化保存、阐释与活化的方式。并为同类型文化遗产保护工作提供了可供参照的学习范例。

【关键词】：红色建筑遗产；数字化建档；虚拟现实技术；建筑信息采集

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.072

1 绪论

1.1 研究背景和意义

红色建筑遗产是承载红色记忆、传承红色基因的重要物质载体^[1]，而如何处理好当下面临的种种现代性挑战，包括部分红色建筑亟待修复，相当数量的建筑缺少系统的前期资料记录、造成红色建筑档案分散、资料不全的问题，以及存在建筑本身单一固定的静态实体展览和单调枯燥的文字叙述的局限性等问题等，是一个棘手而不得不面临的重大现实问题。所以借助数字技术和虚拟现实(VR)技术无疑为红色建筑的保护提供了新思路，即通过高精度三维建模进行红色建筑精准数字化存档，建立永久存留、随时可查并能不断更新的“数字星图”；跳出时间、空间的局限性，在虚拟空间中设立沉浸式互动虚拟场景；运用新的技术手段提升人们感受红色建筑中所蕴含的红色文化故事，发挥立体式记录成果以体验式传播和情感教育的方式加以推广的优势^[2]。结合本文实际案例邯郸红色建筑遗产来看，基于此可以摸索出一套操作性强、内容丰富的收集多维度信息—融入VR可视化展示过程的工作模式，以此加强信息化时代多维信息采集的有效性。更重要的是，无论是为了记录珍贵资料还是留下宝贵遗产，准确、可靠的数据非常重要，数

字化记录可以给遗产保护和维修以支撑；同时通过此种沉浸式的虚拟体验，可以使红色文化传承从“单向利用”变成“双向认知”，从理论上促进了建筑遗产保护与数字技术相结合，在实践中又成为了一种能够复制、能够推广的框架，这种保护是全面、系统的保护红色资源的方式之一，其创新性地呈现和引领了红色资源的应用。

1.2 研究内容与方法

本文主要针对邯郸地区的红色建筑遗产，提出了一套覆盖“信息采集—数字化记录—可视化展示”全流程的系统化技术解决方案。主要内容主要包括3个方面：一是基于对邯郸地区红色建筑数据多维采集、相关实际信息和历史背景、文化内涵等方面的全面考量，探讨了多源异构数据的结构化组织模式以及合理有效的多源异构数据集合的设计方式，并提出了建立开放性、多层次、可供网络资源动态实时共享的数字档案系统。二是利用虚拟现实技术搭建一套多角度多方案VR沉浸式漫游虚拟软件系统，采用虚拟漫游、虚拟维修、虚拟拆解等多种虚拟漫游的方式实现从VR漫游到互动式演示转化。三是应用调研取样法，采用室外测绘与室内口述相结合的方式，获取真实

作者简介：曹怀月(2002-)，女，汉族，四川绵阳人，本科生，研究方向：建筑设计及技术。

孙研(2005-)，第二作者，女，汉族，黑龙江哈尔滨人，本科生，研究方向：室内外环境设计。

张贝贝(1990-)，通讯作者，女，汉族，河北邯郸人，硕士，实验师，研究方向：建筑设计。

存在的现场信息,并根据实验结果,利用系统论的思想方法将建筑学、计算机图形学和文化遗产学进行跨学科体系化的整合,采用归纳演绎的方法对具有代表性的某一座建筑进行全流程验证及技术路径优化,最终完成一条由方法论构建到技术实践的技术实现路径。

2 邯郸红色建筑遗产特征与信息采集理论框架

2.1 邯郸红色建筑遗产的类型学与价值特征

作为革命根据地的主要区域,邯郸保存的大量革命历史时期建筑遗产都是与抗日战争和解放战争有着密切联系的红色建筑遗存,是反映该时期的革命历史艺术的重要载体,该类建筑的特点十分明显。按用途,此类建筑可分党、政府、军事机关旧址、军事防御工事(如地道、碉堡等)、纪念堂(烈士陵园、纪念馆等)、名人故居四类,大多依革命活动而建形成某种固定的空间形态,以民居、庭院、社会公共建筑为主。从空间布局看,邯郸红色建筑遗产集中表现为“中心聚落与线性延伸”^[3],一方面,处于涉县、武安等革命区域的是高度密集分布的聚落形式;另一方面,这些建筑沿着太行山脉、主要道路及交通线呈现线性状分布,勾勒出具有历史积淀的革命战线、历史路线与战略态势,它是革命历程不可磨灭的记载,对于赓续集体记忆有着重要的价值作用,它因形就势的巧妙构思和因地制宜、就地取材和创新技术的应用也体现出了极大的建筑技艺价值。它们不仅是革命精神传承的物质载体和社会文化教育的重要资源,更是全方位构成邯郸红色文化遗产的脉络。

2.2 建筑信息多维采集的理论建构

“建筑信息的多维整合”的理念是将相关建筑信息从多角度展开分析并加以总结,以更加完善地保护建筑遗产^[4]。其中最大的亮点就是对测绘手段提出了不仅要打破传统的平面测绘的思维定势,而且要兼顾到建筑的具体结构、历史背景和人文意义。其架构上从三个维度整合:物质维度包含建筑物本身的所有属性,即建筑物的形体、结构、材料、技艺、颜色质感、保存状况及损毁情况等;历史维度包含建筑物建造年代、修缮年份、重要历史事件记载及与此有关的考古文献等;人文维度则包含了未登陆的所有的无形的内容,比如:口述历史、使用者的记忆、情感认同、精神符号、文化叙述等。以上多方面的综合集成提取需要经过对建筑的测绘(传统测绘+数字测绘)和对该信息的多媒体参与式调查分析得出(深度访谈+数据归档+人文意义的数据)将所有多源信息在数据库上发布出来,这个数据库为以后的数字记录和详细的分析工作奠定了重要的数据基础。

3 基于多维信息的红色建筑遗产数字化建档

3.1 数字化建档的标准与流程设计

为了使邯郸红色建筑遗产数字档案更加完整、统一、持久,本文构建了一个标准统一、流程统合的运行管理架构,包括了从物质形态—历史文化—价值内涵多维立体化的信息分类体系,统一的编码规则与元数据标准,以期达到多源异构信息关联、查找、互鉴互评的目的;此外,在遵循“收集-处理-存储-更新”逻辑原则的基础上,从原始数据处理入手,将原始数据在经过清洗、标准化、语义命名之后按既定的标准进行处理并存入系统的数据仓库中,再把有关数据导入基于关系型数据库与云存储技术的数字档案平台中,从而建立起版本控制与权限控制,提前预置好数据扩展接口,方便日后增加新的建筑实体或者更多的信息维度等内容时可以直接接入平台,建立起一套完整的、具有系统性、动态性和可拓展性的红色建筑遗产数字档案的范式。

3.2 档案数据库的构建与管理

本文构建的邯郸红色建筑遗产档案数据库,致力于实现多源异构数据的系统化融合与智能化关联。首先,通过数据清洗与标准化处理,对图像进行几何校正与色彩归一化,对文本、音频等非结构化数据提取关键字段,确保数据质量。其次,依据预设的元数据标准,以统一时空基准为纽带,建立点云模型与历史图纸、修缮记录与实景图像、口述音频与空间坐标等多维数据的关联映射。最后,采用关系型与非关系型数据库相结合的混合架构,以建筑单体为单元集成各类数据,并开发具备多条件检索、版本对比、权限管理与可视化浏览功能的数据库管理系统,从而构建起既能支持专业研究、又能服务公众教育的动态化、交互式数字资源平台。

4 面向红色建筑的VR可视化系统设计与实现

4.1 三维模型重建与优化

为了更好地完成三维模型重建工作,在此阶段参考了前期多源数据资料,制定了一个较为完整的优化流程,来满足高质量、VR场景下的三维建模需求。先利用点云或者激光扫描获取的数据,通过网格建模技术,得到反映建筑外观形体特征的基础网格模型;再结合多视角、高分辨率的影像制作较为细腻的材质贴图,使呈现的效果更接近于所使用的材料本身的颜色、质感和原貌。残缺和丢失的部分通过结合历史图档、调用校正分析的方法来进行模拟,使整个模型更加完整,并且具有历史的真实性。此外,在注重解决VR系统所必需的较高实时渲染的要求下,利用简化网格、重复模型、用LOD方法剔除部分不常用的模型面等方法来减小模型体积,提高渲染速度。另外,在Unity引擎中使用纹理集压缩技术、把高精度细节替

换成 NormalMap 以及在 Unity 引擎中运用了渲染的即时优化方案：动态批处理、阴影剔除、光照烘焙等手段，将 VR 场景加载的速度提升起来，并增强 VR 场景中玩家的交互体验，使玩家在享受视觉逼真感受的同时达到更高精度到高效率的转化，由一个更真实的历史模型向更高的逼真度、更高效的互动体验模型转变。

4.2 VR 核心功能模块开发

在 VR 视觉系统开发中，本文围绕红色建筑遗产设计了四个交互模块以全方位呈现其价值：虚拟漫游模块支持用户在三维场景中自由探索，并通过热点交互获取建筑细节的多维信息；虚拟修复模块基于历史资料与现场数据，在 AR/VR 环境中展示受损部位的多方案复原对比，辅助用户理解修复逻辑；虚拟拆解模块通过分层动画动态解构屋架、墙体等关键部分，可视化呈现建筑构造与工艺；叙事体验模块则通过复原历史场景、嵌入人物故事与情境互动，构建沉浸式叙事场域，实现红色记忆的情感化再现。最终形成集自主探索、专业研习、技术解析与情感共鸣于一体的综合性虚拟体验系统。

4.3 系统集成与发布

在本文的系统集成和部署阶段，我们将使用 Unity3D 引擎将各种功能模块以及物理资源集成为一个系统，并利用脚本编写及扩展插件实现虚拟漫游单元、故障的修复、拆解以及叙事的呈现，采用 UI/UX 进行界面设计，利用多模态交互手段降低操作门槛，并根据用户体验进行多模态设计；对于系统部署，

在人机交互和游戏互动的基础上进行深度融合，将系统移植到 PC 端并接入 VR 头盔，利用 Unity 平台的跨平台打包功能，兼容 SteamVR 等高配置头部设备，借助 Oculus Integration 等 SDK 提高手机端在集成设备如 Quest 系列上拍摄和交互的品质。另外，一些较为轻量级的场景用 WebGL 发布为网页应用，不需要安装过程，在用户的浏览器中可以实现直接访问，通过云端渲染、动态加载的方式权衡在网络传输和视觉效果之间达到最优平衡，在这个过程中保持使用这些设备的用户数量庞大且不用考虑质量的问题。

5 结论

本文通过构建“多维信息采集-数字化建档-虚拟现实可视化”一体化的技术路径，实现了红色建筑遗产从数据碎片化采集到系统性沉浸式展示的完整闭环。首先，建立了涵盖实体、历史与人文维度的标准化信息采集体系，并借助结构化数据库整合多源数据，形成可动态扩展的数字资源库；继而通过跨平台 VR 系统，将传统档案转化为具备交互漫游、虚拟修复、构造解析与叙事体验功能的沉浸式场景，推动红色建筑从物质遗存向文化体验的创造性转化。该方法不仅以数字化手段提升了遗产记录的精度与完整性，为保护与研究提供精准支撑，更通过虚拟叙事重构突破了传统模式在时空限制与公众参与方面的局限，验证了技术融合在实现遗产精准保护与活态传承方面的双重效能，为同类文化遗产的数字化保护提供了可复制的系统性解决方案。

参考文献：

- [1] 张振华,唐拥军.交互体验在红色建筑遗产展示中的应用与挑战[J].城市建筑,2025,22(16):83-86.
- [2] 唐泽颖,杨婉婧,车有路,等.基于数字技术的历史保护建筑再生策略——以大连烟台街历史建筑群为例[J].城市建筑,2026,23(02):120-122.
- [3] 马致远.明清时期青弋江流域宗族对聚落生产生活空间的营造——以小岭曹氏宗族为中心的考察[J].黑龙江史志,2025,(10):33-35.
- [4] 李月芳,崔睿.图书馆建筑中空间与信息的多维整合[J].图书馆论坛,2010,30(05):23-25.