文博古迹720°全景漫游数字化建设全流程实践研究——以衡水五处百年完整古迹为例

康若熙
衡水职业技术学院，河北 衡水 053000
DOI: 10.61369/RTED.2026180031

摘　　要： 随着数字技术与文化遗产保护的深度融合，线上虚拟漫游已成为文物景点活化利用与传播的重要途径。本文以衡水市五处文物景点——深州盈亿义仓、景县景州塔、桃城区安济桥、桃城区宝云塔、故城庆林寺塔——的线上 VR 全景漫游项目为研究对象，系统梳理了“前期申报—实地拍摄—后期制作—线上观看”的完整制作流程。项目使用 Insta360 X4全景相机进行地面采集，辅以无人机航拍获取高空视角，素材经拼接、修补、调色后在720云平台完成漫游编辑并公开发布。论文对各环节的工作要点、典型问题及对策进行了过程性记录与评估，总结了文物类全景漫游制作在合规申报、采集策略、后期工艺与传播运营四个方面的经验，可为同类中小型文博项目的数字化实践提供参考。

关 键 词： 虚拟现实；全景漫游；文化遗产数字化；720云；无人机航拍

Practical Research on the Whole-process Digital Construction of 720° Panoramic Roaming for Cultural Relics and Historic Sites —— Taking Five Centennial Complete Historic Sites in Hengshui as Examples

Kang Ruoxi
Hengshui College of Vocational Technology, Hengshui, Hebei 053000

Abstract: With the in-depth integration of digital technology and cultural heritage protection, online virtual roaming has become an important approach for the activation, utilization and dissemination of cultural relic scenic spots. Taking the online VR panoramic roaming project of five cultural relic sites in Hengshui, namely Shenzhou Yingyi Granary, Jingzhou Pagoda in Jing County, Anji Bridge in Taocheng District, Baoyun Pagoda in Taocheng District and Qinglin Temple Pagoda in Gucheng County, as the research object, this paper systematically sorts out the complete workflow of "pre-application-field shooting-post-production-online viewing". In this project, Insta360 X4 panoramic camera is adopted for ground-level image acquisition, supplemented by UAV aerial photography for high-angle perspectives. After stitching, repairing and color grading, the materials are edited and officially released on the 720Yun platform. This paper records and evaluates the key points, typical problems and countermeasures of each procedure, and summarizes experience in four aspects: compliance application, data acquisition strategy, post-processing technology and communication & operation for cultural-relic-oriented panoramic roaming production. It can provide references for the digital practice of similar small-and-medium-sized cultural museum projects.

Keywords: virtual reality; panoramic roaming; digitalization of cultural heritage; 720Yun; UAV aerial photography

引言

近年来，“全景故宫”“数字敦煌”等标杆项目使 VR 全景漫游成为公众熟知的观览形式。观者无需安装客户端，即可在网页中自由转动视角，身临其境地浏览建筑空间，获得接近实地游览的体验。与此同时，大量市县级文物景点受开放条件、保护要求与地域传播限制，公众知晓度较低，数字化呈现长期缺位。从技术条件看，近年来全景技术门槛显著下降：消费级全景相机一次成像即可记录完整球面视野，无人机提供了过去人力难以企及的观察角度，云端漫游平台免去了自建服务器与交互开发的成本，三者叠加，使县域尺度的小型团队具备了为文物景点制作线上全景漫游的现实可能。然而现有讨论多聚焦大型博物馆的数字化工程，对多点分布的县域文物集群如

 Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

何低成本完成全景化，尚缺少完整的流程记录，这正是本文试图通过实践填补的空白[1]。

衡水地处冀东南，历史遗存以古塔、古桥、古仓等类型为主。本文所涉及的五处景点即具有代表性：深州盈亿义仓为清代官仓建筑群，是研究近代仓储制度的实物例证；景县景州塔为十三层八角楼阁式砖塔，通高约六十四米，是冀东南现存最高的古塔之一；桃城区安济桥横跨滏阳河，为清代多孔石拱桥，旧为官道要冲；桃城区宝云塔与故城庆林寺塔均为保存较好的古砖塔，各具断代与建筑研究价值。上述景点分布在四个县区，体量与类型差异明显，恰好构成了一个考察全景漫游适用性的样本组合。

本项目的目标是参考“全景故宫”的呈现方式，为五处景点各制作一组可在线浏览的 VR 全景漫游，并形成一套可复用的流程方法。本文即对该项目全过程的记录与评估。

一、项目概况与技术路线

项目整体采用“地面全景 + 空中全景”双线采集、“平台化编辑发布”的技术路线。地面采集使用 Insta360 X4 消费级全景相机，其单机双鱼眼镜头可一次性记录360度水平与垂直视野，支持8K 分辨率视频与全景照片拍摄；空中采集使用多旋翼无人机，环绕目标进行倾斜与俯仰拍摄并合成球形全景。素材统一在720云平台编辑发布，该平台提供场景管理、热点跳转、图文讲解、导览视角等漫游构件，并支持网页与移动端免插件观看。

项目按四个阶段推进：前期申报解决“能不能拍”的合规问题；实地拍摄完成五处景点的地面与空中素材采集；后期制作完成拼接、修补、调色与漫游逻辑搭建；线上观看阶段负责发布、推广与效果观察。五处景点的单一景点实际作业量为地面全景点位十二至三十个、航拍点位三至八个，从接触申报到发布上线，平均周期约为两周。

选择 Insta360 X4作为主力地面设备，基于三点考虑：其一，单机双镜头结构一次曝光即可覆盖完整球面，作业效率远高于多张分区拍摄再拼接的方案，适合在开放的文保环境中快速完成采集并减少对游览秩序的影响；其二，机身支持8K 分辨率与HDR，为后期裁切、修补与放大观察保留了余量；其三，其配套软件生态与主流漫游平台衔接顺畅，导出格式通用，不产生额外的转换成本。无人机则选用搭载三轴稳定云台的多旋翼机型，在环绕航拍中保持画面稳定，为全景合成提供高质量素材[2]。

二、前期申报：许可获取与合规准备

文物建筑属于受法律保护的特殊拍摄对象，且无人机飞行亦受空域管理约束，因此本项目将前期申报作为独立且优先级最高的阶段，而非附属手续。

首先是摸清管理归属。五处景点分属不同县区，管理主体包括属地文化广电和旅游局、文物保管所以及具体使用管理单位。项目组通过政务公开渠道查询保护级别与管理单位，再逐一电话联系并现场拜访，确认对接部门。总体而言，各县文旅部门对本项目均持支持态度，将其理解为公益性的文化传播行为，这是申报得以顺利推进的前提[3]。

其次是规范申报材料。项目组为每处景点编制了统一的申请文件包，包括拍摄申请函、拍摄方案、设备清单、人员名单、素材用途说明与文物安全承诺书。拍摄方案中逐项列明拟设点位范围、拍摄时段、是否进入建筑内部、是否使用三脚架及无人机航飞区域等，供管理方逐条审核。

再次是分类应对差异。景州塔、安济桥位于开放或城市公共空间，申报主要履行备案程序；盈亿义仓建筑本体封闭管理，管理方要求保管员全程陪同，并明确禁止设备倚靠、摩擦文物本体，三脚架落地须加垫保护；无人机拍摄在申报之外另行确认了当地空域条件，均在允许范围内执行，并主动将飞行高度控制在法规限值之内。

本阶段的主要经验有三条：一是提前一至两周启动申报，给管理方留出内部审批与逐级确认的时间；二是把项目定位讲清楚——非商业、成果可共享给管理方用于宣传的素材，往往能显著降低沟通成本；三是申报口径与拍摄口径严格一致，实地作业限定在批复范围之内，超范围点位宁可舍弃也不擅拍。这既是合规底线，也为项目组积累了信任，后续盈亿义仓与庆林寺塔的少量补充拍摄，均在电话确认后即获放行[4]。

三、实地拍摄：地面采集与空中航拍

实地拍摄遵循“先地面、后空中，先整体、后细节”的顺序，按游线规划点位，相邻点位间距八至十五米，保证漫游切换时视角连续、不产生跳跃感。点位规划遵循三条原则：一是沿真实游览动线布设，使线上观览顺序与实地体验一致；二是兼顾“看”与“被看”，既在塔身、桥面、仓房内设立内部视角，也在外围设立观赏建筑全貌的视角。

地面采集以 Insta360 X4为主机位。相机加装“隐形”自拍杆作为支杆，使杆身在拼接中自动消隐，便于天顶后期修补；照片模式采用全景照片并开启 HDR，以应对古建筑常见的强烈明暗对比；对仓房等暗光环境，则利用相机的长曝光与高感模式，辅以稳定三脚架。具体参数上，白平衡全程锁定，避免同一场景内色调漂移；视频素材以8K 规格记录并在后期抽取关键帧作为图源补充。每个点位执行“取景—曝光—触发—复核”四步作业法，拍摄完成后即时回放检查拼接预览，发现错位或运动模糊立即补拍，避免后期无法挽救的返工[5]。

空中采集承担三项任务：为塔类建筑提供环视全景，弥补地面仰拍视角的不足；在高空生成俯瞰全景，作为每处景点的“总览”起始场景；对景州塔刹等人力不可及部位进行细节补充。

Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

五处景点各自的采集难点差异明显，具有过程参考价值。盈亿义仓以室内空间为主，光线弱、进深大，HDR 与长曝光使用频繁，且木构架、门窗细部丰富，点位布设最密；景州塔体量高耸，地面拍摄仰角过大导致天顶面积剧增，补天工作量大，最终以高空环视全景替代部分仰拍点位，大幅降低了后期压力；安济桥跨水而设，桥面行人往来密集，画面“鬼影”严重，改在清晨低峰期拍摄，并利用水面反光增强画面质感；宝云塔周边环境开阔，地空配合顺畅，是五处中采集效率最高的点位；庆林寺塔地处相对偏远，补给与停留条件有限，采取了“一次到位”的完整采集策略，携双倍电池与存储卡，避免二次往返。

本阶段暴露的问题及对策包括：近距离物体在两镜头接缝处易错位，对策是使关键被摄物远离接缝朝向或改用单镜头模式分区拍摄；行人穿行导致拼接残影，除错峰外，也在后期对个别帧进行手工修除；连续多点拍摄时电量与存储消耗快，规范了“每日导卡、双人复核”的素材管理流程，全程未发生素材丢失。

四、后期制作：从素材到漫游

后期制作分为素材处理与漫游编辑两个层次。

素材处理的第一步是拼接导出。全景视频与照片在 Insta360 Studio 中拼接导出为等距柱状投影图像，对存在错位的素材调用重拼接功能并以参考帧修正。导出参数上，漫游图源统一输出不低于8K 的长边分辨率、高质量压缩档位，在清晰度与加载速度之间取得平衡；个别因人流遮挡或拼接缺陷而无法挽救的素材，则退回外拍清单择日补拍，而非勉强上架。第二步是补天补地。天顶区域用纯净天空素材或克隆方式修补，地面支点区域以石砖、夯土等纹理贴补，并做羽化过渡，保证观者俯仰视时无明显破绽[6]。第三步是统一调色。五处景点跨县域、跨时段拍摄，原始素材色温与饱和度差异较大，后期批量统一了色温基调与影调风格，使整个项目形成一致的视觉面貌，这一点对多景点成组的漫游尤为重要。

漫游编辑在720云平台完成。主要工作包括：上传场景并按游览动线排序，设定每个场景的初始视角与小行星开场效果；在场景间布设跳转热点，形成连续游线；在重点部位添加图文热点，嵌入经文物部门审定口径的介绍文案，每处景点配文三百至五百字，兼顾史实准确与可读性，文案校核采取“项目组初写—对照公开资料核对—管理方审定”的三级把关，重点核对建筑年代、名称沿革与尺寸数据，避免以讹传讹；开启陀螺仪与视图自动巡游，兼顾手机端与桌面端体验；为每个作品配置导航地图与背景音乐，并统一封面图与标题命名规范。此外，项目组将航拍俯瞰图设为入口场景，观者可先总览再进入细节，模拟“远观—近赏”的真实游览心理。

五、线上观看：发布与传播

作品在720云以公开模式发布后，自动生成网页链接与二维码，可嵌入微信公众号、地方文旅宣传页面及线下展牌。观看端无需安装插件或应用，浏览器即可全屏浏览；移动端支持陀螺仪体感转动，佩戴简易 VR 眼镜可获得沉浸感更强的体验。

从上线后的初步数据看，五处作品的访问量与完整巡游率存在差异：开放度高、认知度高的景点访问量领先，而相对偏远的庆林寺塔依靠“总览 + 细节”的完整游线获得了更高的平均停留时长。从传播路径看，二维码是最高效的入口，景区展牌、宣传折页与文旅活动现场物料均可印载，扫码即达、转化路径最短；线上则以公众号图文嵌入与地方媒体转载为主。项目组为此统一设计了带有景点名称与二维码的分享卡片，供各县管理方在任何宣传场合直接取用。用户留言普遍对“手机上看古塔内部细节”表示兴趣，也提出了清晰度与加载速度方面的改进期望。项目组已将作品链接反馈给各县文旅部门供宣传使用，初步实现了“制作成果反哺地方传播”的闭环。

六、综合评估

从全过程看，五处景点各环节难度对比如下表所示。

景点	申报难度	拍摄难点	后期工作量	综合效果
深州盈亿义仓	高（封闭管理）	室内弱光、细部密集	大	优
景州塔	中	高仰角补天、塔刹视角	中	优
桃城区安济桥	低	水面反光、人流干扰	中	良
桃城区宝云塔	低	常规	小	良
故城庆林寺塔	中	偏远、补给不便	小	良

综合评估可归纳为四点。其一，申报环节是本项目最大的不确定性来源，其周期与难度主要取决于管理方的管理严格程度而非景点知名度，务必前置办理。其二，“地面 + 空中”的双线采集是文物类全景的必要配置，对塔、桥等竖向大体量建筑，无人机视角几乎不可替代，地面机位则保证了空间内部与细节的完整性。其三，后期工作量的分布极不均衡，补天补地与调色占比超过六成，采集阶段对光比与接缝朝向的控制能显著摊薄后期成本。其四，720云等平台化工具大幅降低了漫游搭建门槛，使个人或小团队即可完成过去需要专业程序开发的工作。就投入产出而言，本项目的主要成本是设备购置与人工时间，五处景点外拍与后期合计约四十人日，无场地与平台费用；对县域文博单位而言，一次性投入即可形成可长期使用、可持续更新的线上资产，边际成本低，具备现实的推广价值[7]。

项目也存在明显不足：消费级全景相机的分辨率在细看时仍不足以呈现砖雕等精细纹理；室内暗光素材存在噪点；低端移动设备上多点热点场景偶有卡顿；作品的观看深度依赖文案质量，纯画面巡游的用户停留时间有限。后续工作可在三个方向深化：一是引入更高分辨率的分区拍摄与全景拼接工艺；二是增加语音导览与多语种讲解，提升传播覆盖面；三是探索与激光三维重建成果结合，使漫游兼具展示与保护建档双重价值。

 Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

七、结语

本项目以五处冀东南文物景点为样本，完整实践了从合规申报、实地采集、后期制作到线上发布传播的 VR 全景漫游制作链条。实践表明，在消费级设备与平台化工具条件下，小团队即可为县域文物景点产出可看、可用、可传播的数字化成果；真正的关键不在于设备，而在于流程——申报的前置、点位的规划、光比的控制与文案的严谨。希望本文记录的过程与评估，能够为同类文物数字化工作提供一份可直接对照的操作参考。

参考文献

[1] 中共中央办公厅，国务院办公厅 . 关于加强文物保护利用改革的若干意见 [Z]. 2018.

[2] 国家文物局 . " 十四五 " 文物保护和科技创新规划 [Z]. 2021.

[3] 故宫博物院 . 全景故宫 [EB/OL]. https://pano.dpm.org.cn.

[4] 影石创新科技股份有限公司 . Insta360 X4 用户手册 [EB/OL]. 2024.

[5]720 云 . 平台帮助中心 [EB/OL]. https://help.720yun.com.

[6] 高照 . 基于 VR 全景技术的江苏段大运河虚拟漫游系统设计与实现 [J]. 新媒体研究 ,2023,9(2):11-14+19.DOI:10.16604/j.cnki.issn2096-0360.2023.02.005.

[7] 王佩雯，张紫桂，杨成，等 . 基于 PTGui 与 Pano2VR 的交互式古建筑文物三维全景漫游设计 [J]. 新媒体研究 ,2018,4(4):42-44.DOI:10.16604/j.cnki.issn2096-0360.2018.04.018.

Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License