

古墓葬文物三维采集方法及应用

——以嘉峪关新城魏晋墓为例

杨殿刚

嘉峪关长城研究院, 甘肃 嘉峪关 735100

摘 要 : 科技的发展为文化遗产保护提供了新的可能。利用数字化技术对嘉峪关果园—新城墓群第6、7号墓进行保护, 是一种高效、可持续的方法。对古墓葬的文物信息进行数字化采集、加工处理、数据的传输、虚拟漫游等多种技术与方法, 还原历史文物的原始风貌和所在时代的特色, 真正意义上实现文物的永久保存, 永续利用。不仅为文物部门提供准确、全面的数据支持, 提高文化遗产管理水平, 还可以为学者提供直观、立体、详细的资料, 提高研究的准确性和效率, 更为大众提供了一份珍贵的视觉样本。

关 键 词 : 古墓葬; 文物; 数字化; 采集方法; 应用

Three-dimensional Collection Methods and Applications of Ancient Tomb Cultural Relics — Take the Wei and Jin tombs in Jiayuguan New Town as an Example

Yang Diangang

Jiayuguan Great Wall Research Institute, Jiayuguan, Gansu 735100

Abstract : The development of technology has opened up new possibilities for the protection of cultural heritage. Utilizing digital technology to protect Tombs No.6 and No.7 of the Jiayuguan Orchard-Xincheng Tomb Cluster is an efficient and sustainable method. By employing various techniques and methods such as digital collection and processing of cultural relics information, data transmission, and virtual tours, the original appearance and characteristics of historical artifacts from their time can be restored, truly achieving permanent preservation and sustainable use. This not only provides accurate and comprehensive data support for cultural heritage departments, enhancing management levels, but also offers scholars intuitive, three-dimensional, and detailed materials, improving the accuracy and efficiency of research. Moreover, it provides the public with a valuable visual sample.

Keywords : ancient tombs; cultural relics; digitization; collection methods; application

引言

嘉峪关魏晋墓群位于干旱、半干旱地区, 受到风蚀、水蚀等自然因素的严重影响, 部分墓葬已经出现坍塌、剥落等现象。此外, 人类活动、旅游开发等也对墓群造成了一定程度的破坏。因此, 通过三维扫描技术采集嘉峪关长城博物馆馆藏100余件(套)出土文物、新城墓群5号墓的73块砖壁画、6号墓的137块砖壁画、7号墓的150块砖壁画^[1]。形成古墓葬文物数字化档案, 有利于古墓葬出土文物永续保存。

一、古墓葬文物三维采集的目标和意义

综合运用高清相机拍摄、立体三维持续扫描、计算机三维立体重组等技术手段, 对古墓葬砖文物进行精确、细致化文物信息采集, 制作生成出土文物仿真三维模型、砖壁画高清图像等^[2]。并基于这些采集影像, 整理收集相关知识资料入库, 设计开发古墓葬数字资源管理系统及全景数字漫游系统。在线下合适位置建设拼接大

屏互动等数字展示设备, 提升古墓葬文物展示利用水平^[3]。

古墓葬文物价值研究阐释是一种揭示和知识再组织的过程, 为了满足各个层次的需求, 需进行文献组织和知识组织两个层次的内容挖掘, 围绕“确定目标→数据收集→数据加工→组织整理→内容发布”展开, 确定文物解读价值挖掘目标, 尽可能多地将相关的文献资源搜集齐全, 依据文物三大核心价值并由此延伸出的文化价值进行展示^[4]。构建古墓葬文物数字资源管理系统, 将砖壁画

项目基金: 【甘肃省科技厅基础研究类—软科学专项】河西走廊砖壁画数字化博物馆展陈设计研究, 批准编号: 23JRZA516。

作者简介: 杨殿刚, 男, 嘉峪关长城研究院遗产监测中心, 文博副研究馆员, 研究方向: 文物保护研究与管理。

数字资源、出土文物信息、业务信息、人员信息及关联信息，在数据共享及数据联动的基础上，实现全系统整合协同工作，旨在全面有效地提升古墓葬文物数字资源管理的规范性和高效性，规范古墓葬文物数字资源管理标准化、提升出土文物资源管理效率、促进文物数字资源安全利用、提升古墓葬数字化信息资源的科学管理；依靠社会人力、物力资源，协助开展古墓葬科学研究、社会教育等工作。

二、古墓葬文物数字化采集原则

通过文物三维扫描数字化技术完成古墓葬砖壁画合出土文物数字化采集工作。通过高清拍摄并进行后期处理，保存和记录文物当时的原始面貌、原始大小尺寸、原始纹理；利用文物三维数字建模技术，准确获取文物的三维信息、纹理信息、尺寸信息，建立真实的地下文物模型；文物信息资源数字化采集加工，可以有效地进行文物数字化保护，使文物永存，为古墓葬文物保护、研究、数字展示和交互提供详实、可靠的数据支持。根据《文物三维数字化采集和处理流程标准规范》和《文物三维数字化技术规范（器物）》等法律法规，结合工作实际，古墓葬文物数字化采集原则如下：

（1）古墓葬文物优先原则：对古墓葬文物根据空间和环境影响进行优先采集，且做到高精度、高质量，达到研究存档等级。

（2）珍贵文物优先原则：针对珍贵易损文物如纸本、绢帛、古籍、丝绸等出土文物应该做到应采尽采，达到研究存档级。

（3）因材施教原则：根据不同的文物材质和文物价值应该通过不同的采集手段进行采集，做到因材施教，不可机械、模式化地采集。

（4）需求优先原则：根据对文物信息采集的需求优先级进行确定，如大批量的文物有建档需求时，对其进行优先采集。通过采用多元化、全方位的采集手段对砖壁画文物进行采集。提高古墓葬文物数字化的保护能力。

三、古墓葬文物三维数字化采集加工

（一）概述

目前，中央宣传部、文化和旅游部、国家文物局等十三部门联合印发《关于加强文物科技创新的意见》，该文件强调了科学技术在推动文物保护和利用中的关键作用^[5]。而三维扫描技术凭借非接触、高精度、高效率等优势，已成为现代文保工作中记录文物空间外形、结构以及表面纹理的代表性技术之一。

文物三维扫描数据采集是文物数字保护的基础性工作，三维数据采集即为采集文物原始的三维信息和纹理信息，获取真尺寸真纹理，主要采用三维激光扫描仪进行工作，三维扫描技术的出现为文物数字化保护提供了一个有力的技术补充，操作便捷，测量精度高，测量速度快，数据采集量大，测量距离远，成果直观，成果形式多样等优势，加之目前一些成熟的点云数据处理软件的出现，并与传统数据处理软件的有效结合，为传统文物测量、数据存储提供了一个新的路径。对于文物本体的保护起着至关重要的作用，同时

也是智能修复、数字展示利用以及文物数字化三维数据库建立的基础。

嘉峪关新城魏晋墓群中文物种类繁多，反映了魏晋文化特点，为更好地保护这些珍贵出土文物，有必要对砖壁画文物进行全面的三维数据采集工作。进行纹理拍照，三维建模。实现砖壁画文物本体多源、多角度的信息采集；循序渐进建立砖壁画文物本体三维数据的数字化档案，最终形成三维数字数据库，应用于文物修复、保存、管理以及展示利用，为古墓葬文物的保护规划提供基础数据支撑。

（二）采集要求

1. 基本要求

（1）古墓葬三维模型数据采集，利用各类三维扫描设备，采集出土文物和砖壁画表面的固态信息和色彩信息，获取三维标点数据并利用三维合成软件制作仿真模型，实现古墓葬文物的三维数字重现^[6]。

（2）古墓葬文物数字化采集需符合的安全要求如下：

a) 古墓葬文物三维模型数据采集应采用对砖壁画无损的技术方法。

b) 古墓葬三维模型数据采集除必要黏贴标记点外，不增加其他附加物。

c) 古墓葬三维模型数据采集过程中应保证照明灯光不影响砖壁画色彩安全。

2. 一般要求

（1）确定采集的砖壁画及出土文物技术指标，排除各类影响因素，评估采集过程中影响因素对技术指标降低基础上。按最终确定的技术指标采集。

（2）应合理安排数据采集周期，减少墓葬砖壁画采集时间，做到一次全部采集。

（3）墓葬砖壁画在正式采集前要进行预采集，确定合适的光照、温湿度和设备参数，在采集过程中应根据各类影响因素及时调整设备参数。

（4）采集时建立文物三维采集信息卡，根据古墓葬文物出土时间、名称、所处位置、采集序号、采集日期等信息统一命名储存，并建立记录台账。

（5）在墓室内对采集数据是否和技术指标一致及时核对，发现采集数据不达标，进行补采等措施。

3. 光照条件

（1）墓室采集选择在夜间没有自然光和其他光源干扰。

（2）采用技术标准要求的人工光源。

（3）在持续拍摄周期内，光源亮度控制在 $\leq 10\%$ 。

（4）布设人工光源时，防止文物和砖壁画上出现强反光、阴影。

（5）布设的光源要充分体现文物和砖壁画的纹理特点。

（6）要使用冷光源。

（三）采集过程

1. 数据采集说明

按照物质地为划分类别，各类别文物按照尺寸范围分为大

型、中型、小型。大型文物：通长（长、宽、高、直径）大于40cm以上；中型文物：20 ≤ 通长 < 40cm；小型文物：0 < 通长 < 20cm；

根据文物分类情况，并结合设备和技术要求、采集工作量，采集入场环境控制难度（温度、湿度、照明），及大型、贵重、风险系数级别，在人员调配和细节把握上的调配，以及对采集文物的安全固定控制辅料的消耗，大型器物的整体搬移等诸多因素综合考虑，来划分采集难度等级。文物情况多样，例如墓室砖雕类等三维文物在空间配置上难度比较复杂，金属类、陶质类文物在纹理采集校对、高光处理环节难度较大，书画类、丝织类则在环境控制和扫描精度上要求较高等，所以在采集价格配置上应当多方面因素综合考量。

2. 采集设备与规格

使用较为专业的数字化采集设备，将针对不同体积、不同材质、不同类型的文物制定不同采集技术路线，手持式扫描仪，能够完美捕捉小型物体或大型物体上的精密细节，精度高，准确度稳定，色泽鲜亮。扫描仪识别复杂几何图案、锋利边缘和精密螺纹的能力出众，根据文物的大小与不同，在数据采集过程中，使用不同类型的扫描仪进行数据采集，以满足项目的需求。主要使用采集设备：智能反向定位三维扫描仪、多模式多功能量测3D扫描仪、手持式三维扫描仪、高精度激光三维扫描仪、手持式激光扫描仪、高精度激光三维扫描仪、手持式高精度全彩仪和地面式三维激光扫描仪。

3. 数据采集流程

（1）现场选址、设备清点

按照项目现场实际情况，进行采集场地选址，（尽量考虑离拿取文物方便，多在文物库房、墓室等场地居多）；

（2）设备组装、光线调试

以文物安全为底线，严格按照作业规范架设灯光，周边做好防跌落措施。

（3）为保证采集环境稳定性，现场布设环境监控终端；

（4）文物三维扫描采集

以文物安全为底线，严格按照作业规范，使用手持高精度三维扫描仪对出土文物和砖壁画进行采集工作。在墓室中布设轨道，进行整体壁面扫描，利用扫描仪发射激光脉冲，激光脉冲发射到文物表面之后，产生脉冲反射波，反射波沿原路径返回到三维扫描仪中，以此获得物体表面的三维坐标，通过数以百万计的三维坐标（点云数据）生成三维模型数据。

4. 后期处理流程

（1）文物原始数据处理

点云数据：点云数据是指扫描文物和砖壁画是以三维坐标点的形式存储，每一个点都有确定的三维坐标，多点聚合成非常精确的三维空间位置^[7]。

原始的数据有可能会包含一些错误无关的信息，需要使用专业的软件对数据进行处理，软件可以包括但不限于以下功能：

用户界面友好：人性化的设计可以实现功能强大而且简单的流程，从而在工作核心上简化整个扫描过程；

表面优化算法：避免多个扫描层重复出现，确保精确的网格层，不需要任何后期处理^[8]；

直接网格输出：完成采集之后，即可导出所有标准格式的优化网格，无需执行复杂的对齐或者点云处理；

扫描分辨率无限制：在扫描钱，输入设备中输入标准基数分辨率，扫描不受文物尺寸的影响，根据预扫描结果，可以随时更改分辨率参数；实时可视化：扫描物体的同时，用户就可以查看3D表面；扫描结果增强：补洞、智能提取、边界过滤器等等更加的智能。

（2）文物原始图像数据采集

使用高端单反摄影设备对文物的表面纹理信息进行采集，单张图像分辨率 ≥ 5000万像素；使用先进灯光影棚设备，配备LED冷光源，避免灯光对文物造成二次损害。

拍摄要求保证文物模型的纹理与文物一致，需要对文物的各个角度进行拍摄，并保证曝光准确，根据文物尺寸和细节的不同，对拍照的数量进行调整。

（3）高精度纹理映射

把多图像三维重建得到的原始图像对应的相机参数、原始图像和对齐过的激光扫描三角网格模型作为纹理映射的输入数据，得到扫描对象的高保真三维数字化结果^[9]。

通过3Dmax、Maya等三维数据处理软件将采集到的文物表面纹理信息，处理之后与文物三维模型结合，获得高精度的彩色三维模型。用于后期网络展示以及应用。过程中使用标准的色卡进行色彩校正。

5. 数据加工处理

（1）模型修补

这一步骤主要任务是把模型的各个细节通过后期软件制作出来。前期通过扫描仪扫描得到的高模也需要后期根据实物的特征进行细节修复；通过照片建模得到的模型细节及特征比较准确，但是面数过于繁多，里面也会存在像三维扫描得到的模型那样出现一系列的杂面，后期也需要通过专业软件进行修复。

（2）模型贴图

模型的软件贴图制作在整体的模型方案制作中占据重要地位，文物模型软件贴图的信息来源主要为前期的图像采集得到的三维扫描数据。软件贴图就像是给文物模型“身体”穿上“外衣”，文物表面的纹理质感要依靠软件贴图来呈现。赋予模型丰富的外观细节^[10]。在高精度文物模型里，软件贴图所占比较大，并且对文物模型精美度的体现起到至关重要作用。软件贴图能够模拟出多种视觉效果，如物体的质感、颜色、陶制品的纹理、砖壁画的轮廓、雕刻砖粗糙表面的外观等。运用技术软件贴图对这些文物视觉内容进行变化和组合，能够呈现出丰富多样的视觉效果，让文物模型达到逼真程度，仿佛真实存在一样。

（3）模型优化

模型整体优化是用尽量少的面来体现最佳的模型效果，在完成模型制作时对模型进行简化处理，在模型完成纹理贴图对模型进行整体的优化处理。

四、结语

古墓葬文物进行三维扫描采集和保存,是保护古墓葬的紧迫需求。利用数字化技术打破时空制约,充分利用数字化进行保护成果的开发、应用,力图将承载文明、见证历史的文物通过虚拟现实、增强现实等手段,更好地呈现给大家,提高文化遗产的传播力

和影响力。学者和研究人员可以利用数字化数据进行深入的研究,挖掘墓群所蕴含的历史、文化、艺术等信息,为各类学术活动提供支持。通过数字化的方式,为文化遗产的产业转化提供素材,将墓群的元素运用到文化创意产品中,如游戏、动画、设计等,推动文化遗产与产业的融合,实现文化遗产的价值转化。

参考文献

- [1] 张宝玺. 嘉峪关酒泉魏晋十六国壁画墓 [M]. 甘肃人民美术出版社, 2001.
- [2] 原创力文档. 博物馆数字化建设投标方案 (431 页) 《互联网文档资源 (<https://max.book118.>)》
- [3] 王天凤. 可移动文物图像采集的标准化建设与应用—以故宫博物院为例 [J]. 标准实践, 2022, 11 (上) / 总第 618 期.
- [4] 马巧英. 壁画类文物保护技术研究 [J]. 收藏, 2024.04.
- [5] 矫阳. 千年古文化遗址如何抵御岁月侵蚀 [N]. 《科技日报》, 2024-06-20.
- [6] 甘肃省文物局. 《馆藏器物类文物三维数据采集技术规范》 [S], (DB62/T 4726-2023)
- [7] 何海平. 三维激光扫描技术在文物数字化中的应用 [J]. 首都博物馆论丛, 2015-12.
- [8] 张梦旂. 基于 RE/RP 集成技术的飞机驾驶员座椅靠背研究与开发 [C]. 西京学院硕士论文, 2016-05.
- [9] 孙运豪. 南京城墙铭文砖数字化采集与保护方法研究 [J]. 地理信息世界, 2020, 27(3): 120-125.
- [10] 王冬. 关于次世代游戏 3D 高精模型制作与表现的研究 [J]. 山东工业技术, 2015-02.