

# 三维生成式人工智能技术在虚拟博物馆构建中的应用研究与实践

吴泳函 朱梦怡

金陵科技学院（江宁校区），中国·江苏南京 211169

**摘要：**随着数字技术的飞速发展，三维生成式人工智能作为新兴的技术范式，正逐渐渗透到文化遗产保护、展示与传播领域。本文以混元 3D 生成式人工智能技术为核心，系统探讨了其在虚拟博物馆构建中的应用路径、技术方法与实施效果。通过融合文物数据采集、PBR 材质处理、光影参数调试及交互场景设计，项目团队成功构建了高保真的虚拟博物馆原型。最终，项目不仅形成了完整的技术应用报告与学术成果，还推动了软件著作权的申请。本研究为三维生成式人工智能技术与文化产业的深度融合提供了可行案例，也为未来文化遗产的数字化创新提供了理论参考与实践借鉴。

**关键词：**三维生成式人工智能；虚拟博物馆；混元 3D 模型

## Application Research and Practice of 3D Generative Artificial Intelligence Technology in the Construction of Virtual Museum

Wu Yonghan, Zhu Mengyi

Jinling Institute of Technology (Jiangning Campus), China Jiangsu Nanjing 211169

**Abstract:** With the rapid advancement of digital technologies, 3D generative AI, as an emerging technological paradigm, is increasingly being applied to the preservation, exhibition, and dissemination of cultural heritage. This paper focuses on the Hunyuan 3D generative AI technology, systematically exploring its application pathways, technical approaches, and implementation outcomes in virtual museum construction. By integrating artifact data collection, PBR material processing, lighting parameter calibration, and interactive scene design, the project team successfully developed a high-fidelity virtual museum prototype. The project not only produced comprehensive technical application reports and academic achievements but also facilitated the application for software copyright. This study provides a viable case for the deep integration of 3D generative AI technology with the cultural industry, while offering theoretical references and practical insights for future digital innovation in cultural heritage preservation.

**Keywords:** 3D generative AI; Virtual museum; Hunyuan 3D model

## 0 引言

在数字化时代背景下，文化遗产的保护与传播面临新的机遇与挑战。传统博物馆受限于物理空间、保存条件与展示手段，难以充分满足公众对文物多维感知与深度互动的需求。虚拟博物馆借助三维可视化技术，打破了时空限制，为文化遗产的展示与教育提供了全新可能。然而，传统三维内容制作依赖人工建模与材质绘制，存在成本高、周期长、细节还原度有限等问题。近年来，生成式人工智能技术的突破性进展，尤其是三维生成模型的成熟，为高效、高质量创建三维数字内容开辟了新路径。混元 3D 生成式人工智能技术以其强大的几何生成与材质合成能力，成为推动虚拟博物馆建设的重要工具。

本研究聚焦于混元 3D 生成式人工智能技术在虚拟博物馆构建中的系统性应用。通过理论探索、技术实践与效果评估，旨在验证该技术在文物数字化重建、场景沉浸感提升及用户交互体验优化方面的潜力，并为同类项目提供可复制的实施框架。

## 1 三维生成式人工智能技术与虚拟博物馆融合的理论基础

### 1.1 三维生成式人工智能的技术演进

三维生成式人工智能是生成式 AI 在三维空间建模领域的延伸，其核心是通过深度学习模型学习大量三维数据分布，从而自动生成具有复杂几何结构、合理拓扑与逼真材质的三维模型。混元 3D 生成技术在此基础上，进一步

融合了多模态输入与物理渲染管线，能够实现从二维参考到高质量三维资产的高效转换。该技术在生成效率、细节丰富度与材质真实性方面较传统方法具有显著优势。

## 1.2 虚拟博物馆的技术需求与挑战

虚拟博物馆的建设不仅要求文物模型的几何精度与视觉逼真度，还需兼顾场景叙事性、交互自然性与跨平台兼容性。传统工作流程中，文物三维化需经过高精度扫描、手工拓扑重构、UV 展开与材质绘制等多个环节，对技术人员专业性要求极高。此外，光影氛围营造、场景布局设计与交互逻辑实现亦需多方协作。

## 1.3 技术融合的可行性分析

混元 3D 生成式 AI 技术具备从数据到成品的端到端处理能力，其可调节的生成参数与迭代优化机制，能够适应博物馆场景中对历史真实性、艺术表现力与功能实用性的多元要求。通过将生成模型与文物专业知识结合，可建立“数据输入 - 模型生成 - 优化输出”的闭环流程，确保生成结果既符合技术标准，也满足文化阐释的需要。

# 2 项目实施方案与技术路线

## 2.1 整体架构设计

项目围绕“技术研究 - 内容制作 - 测试优化 - 成果输出”四个阶段展开，形成螺旋式推进的实施路径。核心任务包括混元 3D 生成技术的原理研习、文物数据预处理、模型生成与优化、场景构建。

## 2.2 核心技术学习与准备

团队首先系统研究了混元 3D 生成模型的核心算法、训练数据要求与生成控制方法。重点针对博物馆文物特点，学习了以下技术模块：

**PBR 材质体系：**深入理解基础色、金属度、粗糙度、法线贴图参数对视觉质感的影响，掌握材质参数调试技巧；**光影与渲染技术：**研究全局光照、环境光遮蔽、反射探针等实时渲染技术，以增强场景的真实感与氛围感；**数据预处理方法：**针对文物图像模糊、遮挡或色彩失真等问题，制定图像增强、分割与标注方案，为生成模型提供高质量输入。

## 2.3 三维文物模型生成与优化

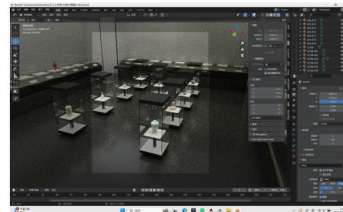
基于前期采集的文物多视角高清图像数据，团队引入混元 3D 生成模型，实现了文物三维形态的批量自动化重建，并构建了一套“生成 - 校验 - 优化”的递进式处理流程，以逐步提升模型的几何准确性、纹理真实感与视觉感染力。具体技术路径如下：

利用混元 3D 生成模型，基于输入的多视角图像序列，

重建出具备基础几何形态与初步材质分布的三维模型。该阶段重点恢复文物的整体造型与主要结构特征，为后续优化提供基础网格与 UV 布局。

通过人工对初始模型进行多轮精细化处理。针对模型中常见的拓扑错误、纹理接缝错位、局部几何缺失或噪声等问题，采用局部网格重生成、自适应 UV 展开调整、细节法线贴图增强等方法进行修复与强化。本阶段致力于在几何层面实现高完整性，在纹理层面达到视觉连贯性。

依据物理基于渲染（PBR）标准工作流，结合文物实际材质特性，通过手绘修补与智能生成相结合的方式，制作高分辨率贴图集，准确再现文物表面的质感、磨损痕迹与历史积淀，显著提升模型在多种光照条件下的渲染真实感。



## 2.4 项目落地

本项目的落地实践，以构建一个虚拟博物馆为最终产出。具体而言，项目团队将与当地博物馆进行合作，选定部分青铜器、瓷器等典型文物的高精度数据采集，并利用混元 3D 技术的核心能力，将采集数据输入后进行智能化的三维几何重建与 PBR 材质生成。在此基础上，团队还将对文物风格与虚拟展厅环境进行协调，并调试全局光照与材质反射参数，构建出逼真的光影氛围。最终，所有数字资产被整合至实时渲染引擎中，开发出具备文物 360 度观赏虚拟漫游等可操作功能。

# 3 项目研究意义

## 3.1 打造数字文化名片，增强国际传播中的中国叙事能力

在数字全球化与文明互鉴的时代语境下，借助前沿技术构建具有广泛可及性的数字文化平台，是弥合文化参与鸿沟、增进社会包容性的关键路径。传统博物馆模式受制于实体场馆的边界、固定开放时间与地理区位因素，其服务范围往往难以全面覆盖社会各阶层与不同群体，特别是对偏远地区居民、老年观众及特殊需求人群而言，文化获取途径存在显著限制。本研究所推进的三维智能虚拟博物馆系统，通过基于云端的泛在接入、多终端自适应呈现以及数字内容的高效复用，旨在构建一个打破时空阻隔的开放性文化体验环境。在这一环境中，公众可以超越体力与

地理的约束, 随时沉浸于高保真数字藏品构成的展陈空间, 获取定制化语音解说, 并依据个人兴趣自主调控参观路径与认知深度。此举在本质上是通过技术手段将珍稀文化资源转化为可无限拓展与分发的数字化公共品, 从而显著提升公共文化服务的覆盖范围与供给效率, 推动文化权益的普遍享有, 为构筑更具包容性的社会文化生态提供数字化支撑。

### 3.2 赋能基层文博与乡村振兴, 助力文化资源均衡配置

目前我国众多具有重要价值的历史文化遗产广泛分布于中小型城市、县域及乡村地区。这些文化遗产的保护、研究与展示工作, 往往因地方专业力量相对薄弱与持续性投入不足而受到制约。本研究提出的实施路径——依托混元 3D 生成式大模型所构建的低成本、批量化数字转化方案——旨在为基层文物保护与管理机构提供一套轻便、易上手的数字化技术工具包。通过系统化的技能培训, 地方文博工作者可借助此技术成果, 进一步通过集成化云平台实现成果的广泛展示与跨地域传播。从学术视角审视, 在文化遗产的当代传播过程中, 三维可视化技术正日益扮演着不可替代的角色, 成为连接历史遗存与社会公众文化认知的核心桥梁。

以陕西历史博物馆所藏唐代“鎏金舞马衔杯纹银壶”为例, 其通过三维激光扫描与数字重建技术所构建的高保真模型, 在大型数字出版物《大唐气象: 数字镜像中的丝路文明》中得到了沉浸式呈现。推动文物价值的阐释重心向文化意义的深度挖掘与动态传递转移。此案例为如何利用数字化手段实现文化遗产的可视化解读与知识传播, 提供了具有参考价值的技术路径与应用范式。

### 3.3 文化遗产是国家文化软实力的核心载体

基于国产混元 3D 大模型构建的虚拟博物馆, 不单是技术应用, 更是自主可控的数字文化出口。通过生成具有东方审美意蕴的三维数字文物与历史场景并向全球开放, 该平台能直接跨越语言文化障碍, 生动讲述中国历史、哲学与艺术故事。这种 AI 驱动的传播方式尤易吸引全球年轻受众, 有助于塑造创新、现代的中国形象, 服务国家文化“走出去”战略。中华文明具有延续性特质, 展览及文物阐释立足中华文明的文化基因与精神内核, 从藏品文化内涵、艺术审美等多个维度建立公众和传统文化的精神连接, 实现传统文化与当代生活的情感共振。

### 3.4 培育公众科学精神, 营造“科技+文化”的社会创新氛围

本项目通过将前沿人工智能技术转化为直观可感的体

验式文化载体, 本项目致力于开展面向公众的科学普及与创新教育。公众在参与互动体验的过程中, 能够切身认知 AI 技术的应用前景及其与人文价值的结合, 从而增进对新技术的理解与接纳, 并培养社会成员, 特别是青少年群体, 对科技与人文融合领域的探索意愿。项目的社会化推广, 同步展示了科技创新成果如何切实提升公共文化服务品质, 进而助力构建鼓励学科交叉、崇尚伦理创新的良好社会生态。

## 4 结语

本研究通过系统的技术实践与效果验证, 证实了混元 3D 生成式人工智能技术在虚拟博物馆建设中的可行性与有效性。项目不仅产出高质量、可交互的虚拟博物馆原型, 也形成了从技术学习到成果推广的完整方法论。三维生成式 AI 与文化遗产数字化的深度融合, 将加速文物资源的数字孪生进程, 拓宽文化传播的时空边界, 最终为实现文化遗产的永久保存、全民共享与活态传承贡献技术力量。

### 参考文献:

- [1] 万万, 周凯. 从表征再现到意义再生: 数字化博物馆的记忆场域建构. 南京: 南京大学, 2025.
- [2] 宋艳芳, 王方. 基于虚拟仿真技术的数字博物馆导览平台设计与应用. 武汉: 中国地质大学逸夫博物馆, 2025.
- [3] 梁兴权. 数字化技术在广西罗城仫佬族博物馆文化传播中的应用与创新. 广西: 罗城仫佬族自治县文物管理所, 2025.
- [4] 张蕊坤, 张震. 基于 VR 大空间体验的博物馆创新数智化技术实践——以南京博物院“观天下·坤舆万国全图”展为例. 南京: 南京博物院. 北京: 商汤科技, 2025.
- [5] 李洋. 中国国家博物馆藏孝端皇后凤冠的三维数据采集与展示研究 3D. 北京: 中国国家博物馆, 2025.
- [6] 古花开. 博物馆三维虚拟式云展览沉浸式体验的构建——以河南博物院“邀你至汉家”云展览为例. 河南郑州: 河南博物院, 2025.
- [7] 林锐. 基于“腾讯元宝”混元 +DeepSeek 双模型的语文“文图同步”技能教学研究. 福州市群众路小学, 2025.
- [8] 蚁潇颖, 钱方舟, 林染等. 数字博物馆的发展动力与网站建设创新——以 M+ 博物馆为例. 星海音乐学院国际学院. 广州华立学院, 2025.

课题项目: 三维 AI 博物馆设计与应用研究——基于混元 3D 生成式人工智能模型 202513573087Y。

作者简介: 吴泳函(2005-), 女, 汉族, 江苏无锡本科在读, 文章方向: 学术研究。