

Research on the Application of Digital Cultural Relic Restoration Technology in Museums

Jie Ding

Baotou Museum, Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract

With the increasing demand for cultural relic preservation, museums house a diverse range of relics with complex materials. Traditional restoration techniques are gradually revealing limitations in adapting to relics with different characteristics and ensuring restoration accuracy and safety, making it difficult to meet the refined preservation requirements of the new era. Against this backdrop, the rapid development of digital technology provides museums with a new path for relic restoration, injecting new momentum into overcoming the constraints of traditional methods and enhancing preservation effectiveness. This paper conducts an in-depth discussion on the application of digital cultural relic restoration technology in museums, systematically analysing core advantages such as safety, precision, and dissemination of results. It focuses on strategies including technology adaptation, process optimisation, intelligent upgrading, safety regulations, and result sharing, aiming to provide practical guidance for improving the quality of digital relic restoration, addressing practical challenges in technology application, and promoting large-scale and standardised use of the technology.

Keywords

Digital cultural relic restoration technology; Museums; Application

数字化文物修复技术在博物馆中的应用研究

丁洁

包头博物馆, 中国·内蒙古 包头 014010

摘要

当前文物保护需求日益增长, 博物馆馆藏文物类型多元、材质复杂, 传统修复技术在适配不同特性文物、保障修复精度与安全性等方面逐渐显现局限, 难以满足新时代文物保护的精细化需求。在此背景下, 数字化技术的快速发展为博物馆文物修复提供了全新路径, 为破解传统修复困境、提升保护成效注入了新动能。本文围绕数字化文物修复技术在博物馆的应用展开深入探讨, 系统分析技术应用所具备的安全性、精准性及成果传播性等核心优势, 重点聚焦技术适配、流程优化、智能升级、安全规范及成果共享等对策, 旨在为提升数字化文物修复质量、破解技术应用中的实践难题、推动技术规模化与规范化应用提供切实可行的实践指引。

关键词

数字化文物修复技术; 博物馆中; 应用

1 引言

文物是历史文化遗产的重要载体, 博物馆作为文物收藏与保护的核心机构, 其修复工作直接关系文物价值的留存与传播。随着数字化技术的迭代, 数字化文物修复已成为行业发展的必然趋势, 但其在应用中仍面临技术适配不足、流程割裂、安全隐患等问题。开展相关研究, 能够明确数字化修复技术的应用方向, 破解实践中的核心难题, 推动文物修复工作向精准化、规范化、智能化转型, 为博物馆文物保护事业高质量发展提供有力支撑, 同时放大文物的文化价值与

社会价值。

2 数字化文物修复技术在博物馆中应用的优势

2.1 提升文物修复的安全性及完整性

传统文物修复往往需要直接接触文物表面, 操作过程中可能对脆弱文物造成二次损伤。数字化技术依托高精度采集设备捕捉文物各类信息, 整个数据获取过程无需触碰文物本体, 从源头规避物理接触带来的损害。这种操作模式尤其适用于纸质纺织品壁画等脆弱材质文物的修复工作, 能够最大限度保障文物原始状态。数字化技术能够实现文物缺失信息的完整留存与还原。文物在长期保存过程中难免出现残缺破损, 传统修复手段对缺失部分的还原多依赖修复人员的经验判断, 容易出现信息偏差。数字化修复通过对文物现存部分的全面数据采集, 结合文物所处时代的工艺特征与历史背

【作者简介】丁洁(1985—), 女, 中国山西朔州人, 本科, 文博中级, 从事馆藏文物的修复与保护研究。

景,构建完整的数字模型。通过虚拟修复技术填补文物缺失部分,不仅能够还原文物的原始形态,更能完整保留文物承载的历史信息与艺术价值,为后续修复工作提供全面准确的信息支撑。

2.2 强化文物修复的精准性与科学性

数字化采集技术可以捕捉文物微观层面的材质信息以及破损细节,所生成的数字模型可清晰展示文物内部结构和损伤分布。修复人员依据这些精准数据来制定修复方案,可避免传统修复中因视觉观察存在局限而导致的判断误差。数字化建模与仿真技术可实现修复方案的预演和优化,当修复方案确定之后,可以借助虚拟仿真技术模拟修复过程,预判修复效果以及可能出现的问题。修复人员可依据仿真结果调整修复策略,优化修复步骤,保证修复方案有科学性和可行性。这种预演机制改变了传统修复中边操作边调整的模式,提升了修复工作的规范性和精准度,让修复过程更具可控性。

2.3 拓展文物修复成果的传播与利用价值

博物馆的物理展厅空间存在一定限制,致使可展示的文物数量以及修复成果都较为有限,观众获取信息的渠道也受到时间和地点的制约。而数字化修复所形成的数字文物,可借助虚拟展厅、线上平台等多种形式进行呈现。观众不必亲自前往博物馆,便可方便快捷地获取文物修复相关信息。这样的传播方式极大地拓宽了修复成果的受众范围,提高了文物文化价值的传播效率。数字化修复成果为文物研究以及资源共享给予了便利:数字化修复过程中形成的完整数据档案可以长期保存,并且可便捷地调用,为文物研究人员提供了丰富的研究素材;不同博物馆之间可依靠数字资源共享机制,交流修复成果以及技术经验,打破资源壁垒。这种共享模式可整合行业内的修复资源和技术力量,推动文物修复领域的整体发展,让修复成果的价值超越单一修复工作本身,形成更为广泛的文化影响力。

3 数字化文物修复技术在博物馆中的应用对策

3.1 精准适配技术,适配多元文物

博物馆馆藏文物类型丰富,材质与破损状况存在显著差异。数字化修复技术的应用效果直接取决于与文物特性的适配程度,技术适配不足易导致修复偏差或文物损伤。精准匹配技术类型、优化应用方式,成为提升数字化修复质量的基础前提。其一,开展文物特性系统梳理,建立文物分类评估体系,依据材质属性、破损程度、保存状态等核心要素,对馆藏文物进行科学分类,明确不同类别文物对数字化修复技术的核心需求,为技术选型提供精准依据。同时,梳理现有数字化修复技术的适用范围与技术特性,形成技术应用清单,实现文物特性与技术能力的精准匹配。其二,优化技术应用参数与流程,针对不同类型文物制定个性化技术应用方案。对于脆弱材质文物,调整数据采集设备的参数设置,采

用低强度非接触式采集方式,降低技术应用对文物本体的潜在影响;对于结构复杂的破损文物,优化三维建模算法,细化建模流程,提升模型对文物细节的还原度。同时,建立技术适配验证机制,在正式修复前开展小范围技术测试,及时调整优化技术方案,确保技术应用的安全性及有效性^[1]。

3.2 融合跨域技术,优化修复流程

数字化文物修复流程的优化升级,离不开多领域技术的深度融合。单一技术体系难以覆盖修复全环节需求,容易导致流程割裂、效率低下。通过融合跨域技术重构修复流程,成为提升修复工作系统性与高效性的关键路径。其一,推动核心技术跨域整合,聚焦修复全流程各环节痛点,整合文物检测技术、数字建模技术、虚拟仿真技术与信息管理技术等跨域资源,构建一体化技术支撑体系。比如,将无损检测技术与三维建模技术相融合,实现文物损伤信息与形态数据的同步获取,提升数据采集环节的完整性与精准性;再将虚拟修复技术与仿真模拟技术结合,提前预判修复效果,为修复方案优化提供技术支撑。其二,重构优化修复业务流程,基于跨域技术融合成果,系统梳理现有修复流程的关键节点,打破传统环节割裂的局限,建立各环节协同联动机制,从文物数据采集、模型构建、方案设计、虚拟修复到成果归档,实现全流程技术衔接与数据互通。同时,简化冗余操作环节,明确各环节技术应用标准与操作规范,强化流程管控,提升修复流程的顺畅性与可控性。此外,建立流程动态优化机制,结合技术应用反馈与修复实践需求,持续调整完善流程架构,确保修复流程始终与技术融合发展相适配。

3.3 升级智能技术,提升修复效能

智能技术的迭代升级是提升数字化文物修复效能的核心驱动力。当前,数字化修复仍存在部分环节依赖人工操作、效率偏低且精准度受经验制约等问题。通过升级智能技术赋能修复全流程,能够显著提升修复工作的自动化水平与质量稳定性。其一,推动核心修复环节智能升级,引入机器学习、深度学习等智能算法,优化文物数据处理与建模环节,实现破损区域的自动识别、缺失部分的智能匹配与模型的自动生成,减少人工干预,提升数据处理的效率与精准度。同时,开发智能修复辅助系统,整合文物历史文献、工艺特征等相关信息,为修复方案设计提供智能推荐,辅助修复人员快速制定科学合理的修复策略。其二,构建智能流程管控与效能评估体系,搭建数字化修复智能管理平台,实现修复全流程的实时监控与数据追溯,自动捕捉流程中的异常节点并发出预警,保障修复工作的规范性。同时,嵌入智能效能评估模块,从修复效率、质量精度、资源消耗等多维度对修复工作进行综合评估,生成评估报告并提出优化建议,引导修复流程持续改进。此外,加强智能技术与现有修复技术的融合适配,开展技术兼容性测试与优化,确保智能系统能够稳定对接现有修复设备与数据体系,充分发挥技术协同效应^[2]。

3.4 规范技术应用，筑牢安全防线

数字化文物修复技术的规模化应用，必须以规范的操作流程和坚实的安全保障为前提。技术应用不规范易导致修复质量失控，安全防护缺失则可能引发文物数据泄露或本体损伤等风险。规范技术应用标准，筑牢全链条安全防线，是保障数字化修复工作可持续推进的关键支撑。其一，健全技术应用规范体系，系统梳理数字化修复全流程的关键环节，制定覆盖数据采集、模型构建、虚拟修复、成果归档等各阶段的操作标准，明确技术应用的核心指标与禁忌要求，针对不同技术类型细化操作细则，形成标准化操作手册。同时，建立技术应用审核机制，对修复方案的技术可行性、操作流程的规范性进行前置审核，修复过程中实施动态监督，确保技术应用全程符合规范要求，定期开展技术应用合规性检查，及时纠正不规范操作行为。其二，构建全链条安全防护体系，聚焦文物数据安全与本体安全两大核心，建立数据分级分类管理机制，明确不同级别数据的存储、传输与访问权限，采用加密技术保障数据在全生命周期的安全，防止数据泄露、篡改或丢失。加强修复设备的安全管理，定期开展设备维护与安全检测，及时排查设备运行隐患，避免设备故障对文物本体造成损伤。制定安全应急处置预案，针对数据安全事件、设备故障、文物损伤等突发情况，明确应急响应流程与处置措施，定期组织应急演练，提升应急处置能力。同时，强化修复人员的安全防护意识，将安全规范纳入日常培训内容，形成全员参与的安全防护格局。

3.5 共享技术成果，拓展应用边界

数字化文物修复技术的发展与应用并非孤立存在。技术成果的封闭留存会形成资源壁垒，制约行业整体进步。推动技术成果共享，拓展应用边界，能够实现资源优化配置，放大技术的文化价值与社会价值，是数字化文物修复领域高质量发展的必然要求^[3]。

其一，构建跨域共享平台，建立技术成果共享机制，整合博物馆、科研机构、技术企业等多方资源，搭建统一的数字化修复技术成果共享平台，明确共享范围、权限划分与成果归属规则，规范技术文档、数字模型、修复算法等成果的共享流程，建立成果共享审核与反馈机制，确保共享成果的质量与安全性。同时，搭建技术交流模块，促进不同主体间的技术经验互通，打破信息壁垒。

其二，拓展技术应用场景边界，推动数字化修复成果

向多领域延伸。对接文物科研领域，为文物历史考证、工艺研究提供精准的数字资源支撑；服务公共教育领域，开发适配不同群体的数字化教育产品，让修复技术成果成为文化传播的载体；联动文创产业领域，以数字修复成果为基础开展文创开发，实现文化价值与经济价值的协同转化。此外，探索数字化修复技术在文物保护应急处置中的应用，提升突发情况下文物保护的响应能力^[4]。

其三，推动行业协同共建，强化技术成果转化。建立行业协同发展联盟，整合各方技术力量开展联合研发，聚焦行业共性技术难题形成攻关合力，加速技术成果的转化与落地应用。制定技术成果转化激励机制，鼓励科研机构与博物馆开展合作，将科研成果转化为实际修复能力。同时，加强国际技术交流合作，吸纳借鉴国际先进技术成果与共享经验，结合本土文物保护需求进行适应性创新，推动我国数字化文物修复技术走向成熟并形成特色优势。

4 结语

数字化文物修复技术为博物馆文物保护注入新活力，其应用质量的提升依赖技术适配、流程优化、智能升级、安全规范与成果共享的协同推进。通过精准匹配文物特性选择技术，融合跨域资源优化修复流程，升级智能技术提升效能，筑牢安全防线保障可持续性，共享成果拓展应用边界，能够有效破解当前技术应用中的核心难题。未来，随着技术的持续迭代与行业协同的深化，数字化文物修复将更趋成熟，有望实现与传统修复技术的深度融合，进一步提升文物保护的科学性与高效性，为历史文化的传承与传播提供更坚实的保障。

参考文献

- [1] 孔令伟,李沛航.博物馆数字化体验项目中的情境互动设计探究——以天津博物馆《雪景寒林图》情境互动设计项目为例[J].美术教育研究,2025,(23):76-78.
- [2] 刘瑞英.博物馆数智化转型中的人文关怀与技术融合研究[J].文物鉴定与鉴赏,2025,(23):68-71.
- [3] 谢梅,张莹.文物及博物馆数字化政策执行效能的提升与优化——基于四川省的实证分析[J].四川省干部函授学院学报,2025,(04):10-18.
- [4] 伊艺萌.乡村记忆书写与地方形象塑造：南京市水墨大埭自行车博物馆数字化应用研究[J].传媒论坛,2025,(23):62-65.