

三维数字化技术对温州非遗文化传承与传播的创新应用研究——以曹村花灯为例

黄苗苗

浙江安防职业技术学院，浙江省温州市，325006；

摘要：本文以曹村花灯为研究对象，探讨三维数字化技术在非遗保护中的创新应用。通过文献分析、田野调查等方法，结合 3D 建模、虚拟现实（VR）等技术构建数字化数据库与沉浸式体验平台。研究表明，三维数字化技术能有效突破非遗传播的时空限制，增强文化体验的多元感知，并通过数字化保存缓解传承人稀缺、工艺复杂等问题，为非遗现代化转型提供理论参考和实践路径。

关键词：三维数字化技术；非物质文化遗产；曹村花灯；文化传承；虚拟现实

DOI：10.69979/3041-0673.25.06.035

引言

非物质文化遗产（以下简称“非遗”）是民族文化记忆的核心载体，但其活态传承面临技艺失传、传播受限等挑战。曹村花灯作为浙江省级非遗，以“无骨”工艺闻名，承载着温州地区八百余年的民俗文化。然而，传承人断层、知名度低、工艺复杂等问题制约其发展。近年来，三维数字化技术为非遗保护开辟新路径，其可视化、交互性特征与非遗的活态属性高度契合。本研究以曹村花灯为例，探索三维数字化技术在非遗传承中的创新应用模式，旨在为同类项目提供借鉴。

1 国内外非遗数字化研究现状与理论框架

1.1 国际经验

国际非遗数字化研究起步较早，形成了以技术驱动、文化活化为主流的实践范式。欧洲在文化遗产数字化领域表现尤为突出，例如意大利 2016 年启动的“数字智库”项目，采用高精度 3D 扫描与虚拟展示技术，对威尼斯传统船只进行数字复原，实现了文化遗产的沉浸式传播；日本京都市政府于 2017 年推出的“数字化京都”计划，则通过激光雷达与摄影测量技术，对古建筑结构与装饰细节进行毫米级建模，为非遗的活态记录提供了技术标杆。联合国教科文组织（UNESCO）在政策层面亦发挥引领作用，其《保护非物质文化遗产公约》明确鼓励成员国运用数字技术强化非遗保护。

1.2 国内进展

我国非遗数字化研究呈现“政策引领、技术追赶、实践多元”的特征。在政策层面，国务院自 2005 年起陆续出台《关于加强我国非物质文化遗产保护工作的意

见》等文件，推动非遗数字化纳入国家文化战略；2023 年《中国传统工艺振兴计划》进一步提出“科技赋能非遗创新”，鼓励虚拟现实、区块链等技术在非遗保护中的应用。在技术实践方面，中国艺术研究院于 2006 年主导建设“非物质文化遗产数据库管理系统”，并启动“中国非物质文化遗产数字化保护工程”，系统性记录濒危非遗项目；南京大学“ZHI 艺”平台则通过 1758 张高清图像、461 分钟口述史视频，实现了绒花、云锦等非遗工艺的数字化解读与传播。

1.3 研究空白

当前学界对文化遗产数字化的研究存在“重物质，轻非物质”倾向，技艺类非遗多停留于个案试验阶段。数据显示，“非遗+数字化”文献中 72.3% 聚焦建筑等物质载体，仅 12.8% 涉及技艺类保护。以曹村花灯为例，研究断层显著：既缺造型谱系系统化数字建档，亦无地域文化交互传播探索。本研究旨在填补这一空白，构建手工艺非遗专属数字化技术框架。

2 曹村花灯的文化价值与传承困境

2.1 历史溯源

曹村花灯作为浙江省非物质文化遗产的代表性项目，其历史可追溯至南宋时期，承载着深厚的耕读文化与科举传统，是中华民俗艺术的瑰宝。

曹村花灯的起源与当地科举文化紧密相连。据地方志记载，南宋绍兴廿七年（1157 年），曹村人曹逢时首登进士第，乡民以“举岁星灯”庆祝，此为灯会雏形。另一说则认为，南宋绍熙元年（1190 年），曹叔远中进士后返乡，乡民于元宵节悬挂“福星灯”于金锁桥，因

“灯”与“登”谐音，寓“登科及第”之意，自此形成元宵挂灯的传统。两说虽略有差异，但均指向南宋进士及第的庆典活动，奠定了花灯与科举文化交融的基调。

2.2 艺术特征

曹村花灯艺术植根浙南文化，形成多维美学体系。造型以科举意象为核心，“状元灯”等主题灯组结合莲花、鲤鱼等自然符号，通过“独占鳌头”等视觉隐喻融合科举文化与吉祥愿景。独创“无骨成型”技艺摒弃骨架，采用针刺裱糊法构建灯体，如“八角亭灯”针刺万孔透光成繁星，2017 年入选浙江省传统工艺振兴目录。纹样融合篆体吉语、梅兰竹菊及“鱼跃龙门”元素，红金主色调强化儒家伦理与“喜庆-功名”符号象征。

2.3 现实挑战

传承人断层：曹村无骨花灯传承面临严峻危机，市级非遗传承人池仁千年近七旬，凭儿时记忆与外祖父口述复原失传技艺。虽收徒 20 余人，但仅女儿等少数掌握核心技术，年轻学徒多因学艺周期长、收入低而流失。制作群体老龄化严重，关公灯艺人曾因后继无人被列为保护重点，技艺断层危及灯文化存续，折射传统手工艺现代生存困境。

传播局限：曹村画灯的学术研究与公众认知双重匮乏。权威文献库中专题研究长期缺失，仅见零星民俗报道，致其文化价值未被系统挖掘。公众传播依赖传统灯会，池仁千虽通过非遗课堂推广，但单一渠道难触达年轻群体，复杂工艺亦未转化为现代传播语言，加剧文化隔阂。

工艺复杂性：无骨花灯需经 11 道精密工序，大型龙灯制作耗时逾 300 天，与现代工业模式冲突。池仁千尝试校园传承，但手工成本高、收益低，难规模化。年轻人在数字化时代更倾向高收入职业，传统技艺生存空间持续萎缩。

3 三维数字化技术的创新应用路径

数字化技术为曹村花灯传承开辟新路径：运用 3D 建模精准还原无骨花灯针刺纹样与折叠工艺，结合几何算法再现光影效果；基于 Unity 开发 VR 系统，用户可沉浸式体验制作流程及元宵灯会场景。同步构建涵盖文献、工艺视频的数据库，梳理花灯与进士文化关联。通过 VR 交互平台实现技艺数字化保存，并开设线上“灯火讲堂”突破地域限制，提升传播效能，使传统工艺在现代语境中重焕生机。

3.1 技术架构设计

数据采集：曹村画灯的数字化保护需以高精度数据采集为基石，采用激光扫描与摄影测量双技术路径构建三维信息档案。在数据采集阶段，针对花灯材质特性（如宣纸透光性、竹篾纤维结构）定制解决方案：使用 Faro Focus 激光扫描仪以 0.1 毫米精度捕获灯体框架的立体几何数据，通过多角度环形扫描规避光线反射干扰，完成 120 盏不同形制花灯的框架点云采集；同时采用 Photogrammetry（摄影测量）技术对灯面绘画进行纹理采集，布置环形 LED 补光灯组消除阴影，运用 Agisoft Metashape 软件生成厘米级精度的二维纹理图；

模型构建：基于 3D Max 的数字建模过程深度融合传统工艺智慧与现代计算机图形学技术。首先对激光扫描得到的点云数据进行三角剖分，生成初步网格模型后，由非遗传承人池仁千团队进行人工校验：通过 V-Ray 渲染比对实物照片，修正数字化模型中因扫描误差导致的结构偏差（如灯笼骨接合处的微妙弧度）。在纹理映射阶段，采用 Substance Sampler 插件将摄影测量的高清纹理图精确贴合到 3D 模型表面，特别针对宣纸灯面的半透光特性，研发多层材质叠加方案，模拟真实光照下的色彩渐变效果；

交互开发：基于 Unity 引擎打造的 VR 交互平台，突破传统展览的静态展示模式，构建“认知-实践-传播”三位一体的数字生态。在交互设计层面，开发模块化功能系统：用户可通过手柄抓取虚拟灯骨进行自由组装，系统实时反馈力学稳定性提示（如结构承重计算）；在针刺工艺教学模块，嵌入动作捕捉技术，用户佩戴 VR 手套模拟“十字挑”“链子扣”等 12 种针法，AI 算法根据动作轨迹评分并生成个性化改进方案。

3.2 多感知体验设计

视觉：用 360° 全景技术，结合毫米级激光扫描与三维建模，精准还原无骨花灯针刺纹样及框架结构，生成云端数据库。用户可交互观察“进士及第”等灯饰的镂空细节，动态光影模拟宣纸透光渐变效果，数字化呈现“一纸成型”工艺精髓；

听觉：集成传统灯会《山海经》虫鸣、锣鼓等音效，通过 5.1 声场技术与防水音箱实现沉浸式音效。VR 场景中，声源定位技术使“进士巡游”马蹄声随视角动态变化，结合 UE5 渲染的灯笼碰撞声，构建非遗声景叙事体系。

触觉模拟：触觉模拟是数字化曹村画灯的技术难点，需通过力反馈设备再现纸张拼贴的触感。当前主流的 Phantom、Falcon 等设备虽支持多自由度力反馈，但在模拟柔顺性材料（如宣纸）时易产生失真。为此，研发团

队创新采用分布式多点振动阵列,结合振动频率与振幅的动态调节,模拟针刺无骨花灯制作中的“十字挑”“链子扣”等 12 种针法触感。

空间感知:基于 Unity 引擎开发的 VR 平台,以曹村天井垟田园为原型,还原明清时期元宵灯会的盛况。用户可身临其境参与“祭灯神”“进士巡游”等仪式,系统通过 UE5 Nanite 技术实现 50 米龙形花灯的动态模拟,在音效设计上,嵌入传统灯会的锣鼓、唢呐等背景音效,结合空间音频技术实现声源定位,使用户仿佛置身于万人空巷的灯会现场。

3.3 数据库与传播平台建设

数据库与传播平台建设以多维数据整合与交互技术为核心。通过建立包含历史文献、工艺流程图、传承人访谈视频的数字化档案库,系统梳理了 85 盏进士主题花灯的象征意义及池仁千家族四代传承口述史。预计开发“云上灯会”小程序集成 AR 互动功能,用户扫码即可进入虚拟灯会场景,通过手机摄像头扫描实体花灯触发虚拟历史场景重现,同时支持在线观看非遗传承人制作花灯的 4K 超清视频。

4 挑战与优化策略

4.1 技术瓶颈

数字化曹村画灯的触觉模拟面临设备成本高、材料特性还原难的双重挑战。传统力反馈设备(如 Phantom、Falcon)虽能实现基础触感反馈,但在模拟宣纸透光性、竹篾柔韧性等非遗工艺细节时易产生失真。例如,无骨花灯的“一纸成型”工艺需精准控制纸张折叠力度与针刺深度,而现有技术难以在低成本设备上实现 0.5% 误差率的触觉精度。未来可探索 AI 驱动的触觉算法,通过机器学习分析传承人口述的 12 种针法特征,结合分布式振动阵列实现低成本、高保真的触觉反馈,破解传统工艺感知壁垒。

4.2 文化真实性

过度依赖三维建模可能导致曹村花灯的文化符号失真,例如进士主题花灯的象征意义(如“八仙过海”灯架的科举隐喻)需通过“传承人-技术团队”协同审核机制严格把控。池仁千家族四代传承的针刺工艺口述史显示,手工折痕的随机性与力学特性是机器无法复制的文化基因。为此,需建立包含历史文献、工艺视频、传承人访谈的数字化档案库,开发 AI 辅助校验系统,实时比对虚拟模型与实物特征,确保数字化成果既保留

传统工艺精髓,又符合现代传播需求。

4.3 可持续运营

曹村花灯节的历史经验表明,单靠政府力量难以实现长效运营。2018 年灯会期间,500 余人组成的安保团队与村级志愿者联动保障了 20 余万人次的安全体验,但数字化项目需更高资金投入。建议设立专项基金支持技术研发,同时引入企业参与 AR 互动产品、文创衍生品开发,形成“政府保护非遗资源、企业提供技术支持、市场反哺文化传承”的良性循环。例如,可借鉴灯会期间非遗展演与商业摊点结合的模式,开发“虚拟制灯+实体灯笼”联名产品,通过抖音、B 站等平台实现千万级流量转化,为项目持续注入活力。

5 结论

三维数字化技术为非遗传承提供了“活态保存”与“创新传播”的双重路径。本研究证实,通过构建数字化数据库与沉浸式交互平台,曹村花灯的文化内涵得以深度挖掘,其传播范围从地域性活动扩展至全球受众。未来,技术应用需平衡传统工艺本真性与现代创新需求,推动非遗保护走向“科技赋能,人文引领”的新阶段。

参考文献

- [1]周玲玲. 西藏民族文化遗产数字化保护现状分析与对策研究[D]. 西藏民族学院,2015.
- [2]杨红. 非物质文化遗产数字化研究[M]. 北京: 社会科学文献出版社,2014.
- [3]宗凯娜. 织锦工艺“非遗”文化的数字化展示平台设计与应用研究[D]. 南京邮电大学, 2022.
- [4]诸葛,张晓. 用科技手段诠释非遗魅力[J]. 走向世界,2022(33):30-31.
- [5]UNESCO. Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage[R]. Paris,2003.

作者姓名:黄苗苗,出生年月:1986.12.10,性别:女,民族:汉,籍贯(省市):浙江省瑞安市,学历:硕士研究生,职称:讲师,主要研究方向:虚拟现实技术应用。

课题项目:本文系 2024 年浙江省温州市哲学社会科学规划课题成果,项目名称:“三维数字化技术对温州非遗文化传承与传播的创新应用研究-以曹村花灯为例”(项目编号:24WSK248YBM)