

多模态交互增强非物质文化遗产的认知参与度

——基于脑电与行为数据的管理工程实证研究

罗枫^{1,2}, 谢兴怡¹, 陈治豫¹

¹四川旅游学院文旅融合发展研究中心, 四川 成都

²上海外国语大学国际工商学院, 上海

收稿日期: 2026年2月16日; 录用日期: 2026年3月9日; 发布日期: 2026年3月18日

摘要

在全球化营销与跨文化管理的实践中, 如何科学评估并优化广告策略是企业面临的关键问题。本研究基于神经管理学的范式, 采用高时间分辨率的脑电图技术, 旨在探究文化匹配影响广告信息加工的内在认知神经机制。研究识别了文化匹配的三个维度: 渠道契合、语境融入与意义共鸣, 并从文化本质性、审美结构性与功能品质性剖析其底层结构。在此基础上, 研究探讨数字赋能如何通过呈现赋能、交互赋能与连接赋能促进匹配实现, 并动态调节异化价值与归化价值之间的平衡。最终, 研究揭示了从“匹配-赋能”到“行为-扩散”的内在逻辑: 认知适配与数字赋能共同激发传播行为, 强化文化品牌资产, 形成从短期触达、深度互动到长期认同的持续扩散路径。本研究结论不仅从神经科学层面深化了对文化适应性理论的理解, 也为企业实施数据驱动的、精准化的跨文化广告策略与效果评估提供了客观的神经指标参考, 对推动神经营销学在管理工程领域的实际应用具有重要启示。

关键词

认知适配, 数字赋能, 神经管理学, 持续扩散路径, 传播行为

Multimodal Interaction Enhances Cognitive Engagement in Intangible Cultural Heritage

—An Empirical Study of Management Engineering Based on EEG and Behavioral Data

Feng Luo^{1,2}, Xingyi Xie¹, Zhiyu Chen¹

¹Research Center for Integrated Development of Culture and Tourism, Sichuan Tourism University, Chengdu Sichuan

²School of Business and Management, Shanghai International Studies University, Shanghai

Received: February 16, 2026; accepted: March 9, 2026; published: March 18, 2026

文章引用: 罗枫, 谢兴怡, 陈治豫. 多模态交互增强非物质文化遗产的认知参与度[J]. 管理科学与工程, 2026, 15(2): 386-398. DOI: 10.12677/mse.2026.152039

Abstract

In the context of digital cultural dissemination, bridging the structural gap between cultural supply and audience cognition is crucial for enhancing the effectiveness of intangible cultural heritage (ICH) transmission. Drawing on the theory of “cultural matching,” this study proposes an analytical framework driven by both “cognitive fit” and “digital empowerment” to systematically deconstruct the mechanisms of digital ICH communication. It identifies three dimensions of cultural matching: channel alignment, contextual immersion, and meaning resonance, analyzing their underlying structure through cultural essence, aesthetic form, and functional quality. Furthermore, the research examines how digital empowerment—comprising presentational, interactive, and connective dimensions—facilitates this matching process while dynamically balancing alienating and domesticating values. Ultimately, the study reveals the internal logic from “matching-empowerment” to “behavior-diffusion”: cognitive fit and digital empowerment jointly stimulate communicative engagement, strengthen cultural brand equity, and form a sustainable diffusion pathway evolving from short-term reach and deep interaction to long-term identification. This research provides a theoretical model and practical guidance with both explanatory power and operability for the precise communication, vibrant transmission, and value enhancement of ICH within the digital ecosystem.

Keywords

Cognitive Fit, Digital Empowerment, Cultural Matching, Sustainable Diffusion Pathway, Communicative Behavior/Engagement

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

在“推动中华优秀传统文化创造性转化、创新性发展”的战略指引下，非物质文化遗产的数字化传播已成为活化传承的关键路径。尽管数字技术极大拓展了非遗的可见性与可达性，但当前实践仍普遍面临“内容认知隔阂深、传播效果持续性弱”的现实困境。多数传播设计停留于形式创新与渠道拓展，未能深入触及用户的理解、认同与内化过程，导致传播效果浅表化，难以实现文化的活态传承与长效影响[1]。

既有研究虽从数字化保存、体验设计、产业转化等多角度展开，但大多呈现视角分散、要素割裂的特点：或偏重技术应用而忽视用户认知机制，或描述传播现象而未能揭示“交互-认知-效能”的内在逻辑链条[2]。这导致“技术-认知-传播”之间存在研究断层，尤其缺乏对多模态交互如何系统性塑造认知路径、进而影响持续传播效能的关键机制探索[3]。

为此，本研究立足于“认知与交互”整合视角，将非遗数字传播视为一个由多模态交互触发认知接纳、并经社会化扩散形成长效效能的连续性过程。核心研究问题聚焦于：1) 多模态交互如何有效引导用户对非遗内容的认知路径？2) 基于认知规律的传播策略如何提升非遗数字内容的持续扩散效能？本研究旨在构建“交互-认知-传播-效能”一体化分析框架，综合运用神经生理测量、行为实验与计算传播方法，系统揭示从技术触达到心理认同再到社会延展的作用机制，以推动非遗传播研究范式从“技术呈现”向“心理-社会效能建构”转换，并为实践提供基于认知科学的设计指南与评估工具，服务于国家文化数字化战略的纵深实施[4]。

2. 文献溯源与研究假设

2.1. 非遗文化的价值与认同

非物质文化遗产的核心价值在于其作为集体记忆与身份认同的活态载体。在数字化与全球化背景下, 非遗传承正从“博物馆式保存”转向“参与式活态传承”, 关键在于重建其“文化相关性”, 使公众(尤其是年轻一代)在认知与情感层面产生认同[5]。文化认同是个体通过符号互动将文化元素纳入自我概念的过程, 数字媒介为此提供了新的互动场域。然而, 现有研究多集中于非遗的数字化记录与展示, 未能深入揭示数字交互如何系统触发用户的价值感知与意义联结。本研究认为, 非遗数字传播的有效性取决于能否通过多模态交互激活用户文化图式, 并建立非遗符号与个体身份的有意义连接。

2.2. 文化多模态交互与认知投入

多模态交互理论强调, 人类认知依赖于多感官通道信息的整合[6]。在数字传播中, 多模态指通过视、听、触等多种符号资源协同设计, 创造沉浸式体验。认知投入是用户与内容深度交互的心理状态, 涵盖注意力、情感、认知努力与临场感等维度。多媒体学习理论指出, 互补的多模态信息能促进深度学习[7]。然而, 当前研究多停留于技术应用描述, 未能揭示特定模态组合如何通过认知机制影响投入状态。本研究假设: 相较于单一模态, 协调的多模态交互可通过“认知协同增效”效应, 显著提升用户在非遗体验中的认知投入水平, 且不同模态对各投入维度(如注意力 vs. 情感)的贡献路径存在差异。

2.3. 文化的认知投入扩散认知效果

理想的非遗传播效能不仅体现为短期流量, 更在于文化内涵的内化、认同的建立以及持续的社会化传播行为(如分享、二次创作)。认知投入在此过程中起关键中介作用: 高投入促进深层次信息加工, 有助于形成牢固记忆与积极态度, 为传播行为奠定心理基础。社会认知理论进一步指出, 认知与情感投入可增强个体分享与推荐行为的自我效能感与社会动机[8]。然而, 目前缺乏实证研究系统揭示认知投入各维度如何具体转化为不同层级的传播效能。本研究假设: 认知投入水平(特别是情感共鸣与文化理解深度)正向预测传播行为意向与文化认同度, 并中介多模态交互对长效传播效能的影响。

2.4. 研究概要与假设

本研究采用混合方法设计, 整合定量实验与纵向追踪方法, 通过多阶段、多来源的数据收集, 全面检验研究模型和假设。

2.4.1. 研究概要

研究包含两个逻辑递进、方法互补的子研究: **脑神经研究**: 在实证中, 我们将通过实验设计, 让被试在不同模态条件下体验非遗数字内容(如蜀锦制作过程的 VR 体验), 同时记录 EEG 和行为数据(如眼动、反应时、问卷)。通过结构方程模型(SEM)或多元方差分析(MANOVA)等方法检验假设。 **交叉模态研究**: 在实证中, 我们将通过多场景实验设计, 让被试在不同模态组合条件下体验非遗数字内容(如视听融合展示、多感官交互及社交增强型场景), 同时系统采集多维行为数据(如眼动、交互操作日志、认知投入与传播效果问卷)。通过多元方差分析(MANOVA)、多层线性模型(HLM)及基于 Bootstrap 的中介与调节效应分析等方法检验假设。

2.4.2. 研究假设

基于理论框架与变量操作化定义, 本研究提出如下研究假设(理论模型如图 1 所示):

H1: 多模态交互类型对非遗认知效果有显著主效应, 沉浸多感官型效果最优。

- H2: 认知投入在多模态交互与认知效果间起中介作用。
- H3: 个体文化背景调节多模态交互对认知投入的影响。
- H4: 不同认知投入维度(注意、情感、记忆)对认知效果的影响路径不同。

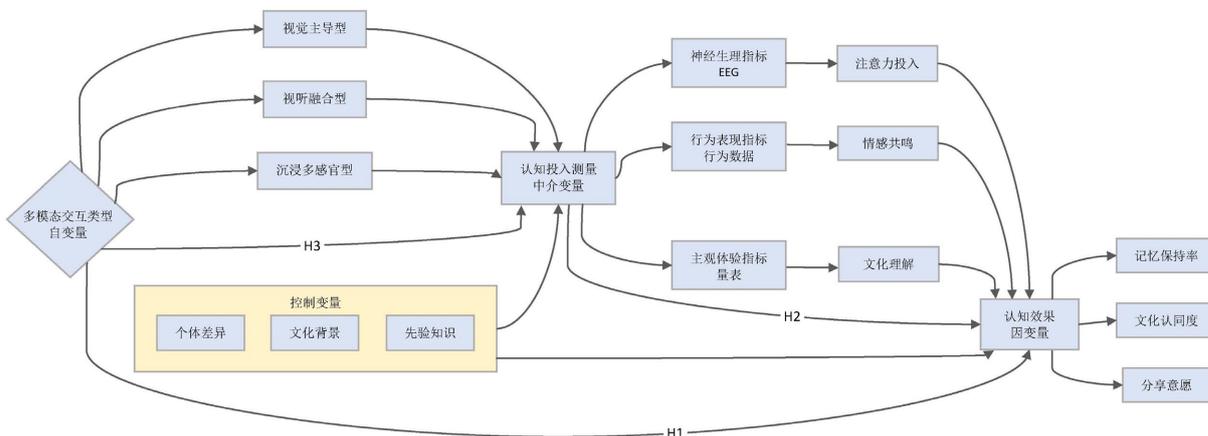


Figure 1. Theoretical model hypothesis diagram

图 1. 理论模型假设图

模型同时整合了多模态交互理论、认知投入模型以及认知效果理论等多个理论视角，形成了全面解释非遗数字化传播机制的理论框架，见表 1。

Table 1. Research variables and operational definitions

表 1. 研究变量与操作化定义

变量名称	维度	操作化定义
自变量 多模态交互	视觉主导	图像/文字/符号
	视听融合	视频/动画 + 解说
	沉浸式多感官交互	VR/AR + 触觉/嗅觉线索
中介变量 认知投入	注意	通过 EEG 指标(如 P300 振幅、脑电频谱等)和行为指标(如注视时间、次数)测量。
	情感	通过 EEG 指标(如额叶不对称性)和主观报告(如 SAM 量表)测量。
	记忆	通过行为指标(如再认、回忆成绩)和 EEG 指标(如与记忆编码相关的脑电成分)测量。
因变量 认知效果	文化认同	文化认同量表
	记忆保持	延时回忆测试
	行为意向	分享意愿、二次创作
调节变量 个体差异	个体差异	年龄、性别、认知风格
	文化背景	对非遗的熟悉度
	先验知识	相关文化图式

3. 脑神经研究

尽管行为研究能够反映传播规律，但难以揭示其背后的认知与神经机制。为深入探究“多模态交互→认知投入→认知效果”的内在路径(H2)，并验证交互类型主效应(H1)、文化背景调节效应(H3)及各认知投入维度的差异化影响(H4)，本研究引入事件相关电位技术，构建“刺激-神经-行为”证据链，重点考察不

同多模态交互类型下, 用户注意力、情感与记忆相关神经活动的差异, 为理论模型提供神经科学依据。

3.1. 研究假设

基于总体研究假设及表 1 中的变量操作化定义, 本研究聚焦于神经层面, 提出以下具体假设:

H1 (神经主效应): 多模态交互类型显著影响认知投入相关的脑电成分。预期沉浸式多感官交互会诱发更强的早期注意捕获(如更大 P2/N1 波幅)和更深层的情感/记忆加工(如更大 LPC 波幅或 Theta 节律同步性)。

H2 (神经中介路径): 认知投入的神经指标(如 P300 波幅、额叶 Alpha 不对称性、Theta 同步性)在多模态交互类型与行为认知效果(文化认同、记忆成绩)之间起中介作用。

H3 (神经调节效应): 个体文化背景调节交互类型对神经指标的影响。高文化匹配者对归化内容(如视听融合)可能表现出更强的积极情绪与自我参照神经活动(如 LPP 增强); 低文化匹配者对异化内容(如沉浸式体验)可能引发更强的认知冲突与新异性加工信号(如 N400 增强) [9]。

H4 (维度差异路径): 不同认知投入维度对应不同的神经相关物, 且其对认知效果的预测路径不同。例如, 注意力相关指标(如 P300)可能主要预测记忆保持; 情感投入指标(如额叶不对称性)可能主要预测文化认同; 记忆编码相关活动可能中介交互类型对分享意愿的长期影响。

3.2. 研究方法

3.2.1. 实验被试

通过校园招募平台, 计划招募 60 名有效被试(男女各半), 平均年龄 20~25 岁。所有被试视力或矫正视力正常, 无色盲色弱, 无神经系统或精神疾病史, 均为右利手。实验前通过问卷调查评估其对实验所用非遗项目(如蜀锦)的文化背景(熟悉度), 并据此进行分组或作为连续调节变量纳入分析。被试在实验后获得适量报酬。

3.2.2. 实验材料与设计

本研究的核心自变量“文化匹配”, 在此具体操作化定义为: 实验广告刺激材料中所包含的视觉符号、色彩、场景及语言风格等元素, 与目标受众(本研究为中国本土大学生群体)所浸润的日常文化环境之间的知觉熟悉度。我们通过前期焦点小组访谈与预实验问卷, 筛选并标准化了两组文化元素: 一组被评定为“高熟悉度”(代表文化匹配条件), 另一组为“低熟悉度”(代表文化不匹配条件), 并据此构建了最终的对比广告材料。因此, 本文后续所讨论的“文化匹配”效应, 其核心是“基于文化元素熟悉度的匹配”。

实验采用 3 (多模态交互类型: 视觉主导 vs. 视听融合 vs. 沉浸式多感官) × 2 (文化主题: 高熟悉 vs. 低熟悉) 的混合设计, 其中交互类型为被试内变量, 文化主题为被试间变量(通过前测分组)。

视觉主导条件: 呈现高清非遗项目(如蜀锦纹样)静态图片及文字说明。

视听融合条件: 播放短视频, 包含非遗制作过程的动态画面、环境音及解说配音。

沉浸式多感官条件: 通过 VR 头显呈现非遗场景的 360 度沉浸式体验, 并可能整合简化的触觉反馈(如手柄振动模拟织机操作感)。

所有刺激材料在核心文化信息量上严格匹配, 仅在呈现模态与交互深度上进行系统操纵, 如图 2 所示。

3.2.3. 实验程序与脑电数据采集

实验在隔音光控的脑电实验室内进行。使用 64 导脑电记录系统(Brain Products)连续记录 EEG 信号, 采样率不低于 1000 Hz, 同时记录水平与垂直眼电。

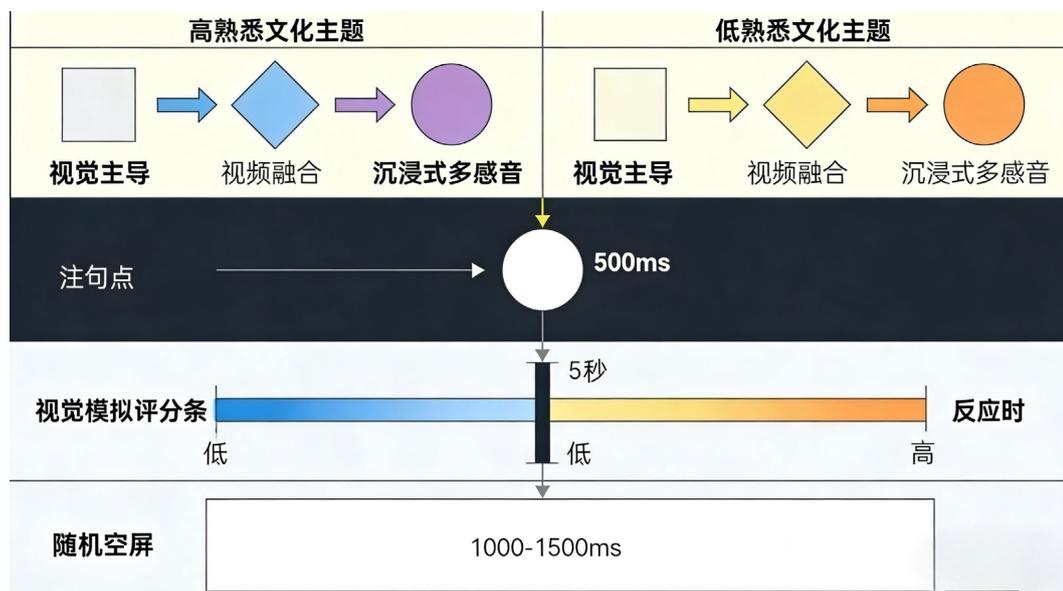


Figure 2. Stimulus material diagram

图 2. 刺激材料图

单个试次流程如下:

1) 呈现注视点(500 ms)。

2) 随机呈现一种实验条件下的非遗内容, 持续时间标准化(每个试次 30 秒)。

3) 内容播放结束后, 立即进行**认知投入的即时测量**: 屏幕上呈现视觉模拟评分条, 要求被试快速滑动鼠标对刚才内容的“注意力集中程度”、“情感触动程度”和“内容易记程度”进行评分(时间限制 5 秒)。此行为数据作为认知投入的主观报告辅助指标。

4) 间隔随机空屏(1000~1500 ms)后进入下一试次。

整个实验包含多个试次, 按区块(block)组织, 区块间有充分休息。在全部试次结束后, 进行**认知效果的后测**, 包括: (a) **文化认同量表**; (b) **记忆保持测试**(再认或自由回忆); (c) **行为意向问卷**(分享意愿)。

3.2.4. 脑电数据处理与分析

1) 预处理: 使用 MATLAB 进行离线分析。流程包括: 0.1~30 Hz 带通滤波、坏导插值、全脑平均重参考、基于 ICA 的眼电与其他伪迹去除、以刺激呈现点为准进行分段。

2) 时域分析: 分析刺激锁定的事件相关电位(ERP)。重点关注: a) **早期成分(P1/N1/P2)**, 用于评估早期感觉加工与注意捕获; b) **N2/N400 成分**, 用于探测认知冲突或语义整合难度; c) **P300 及晚期正成分(LPC)**, 作为评估注意力资源分配、动机显著性及深度认知/情感整合的关键指标。

3) 频域与时频分析: 通过小波变换分析特定频段的神经振荡活动。重点关注: **Theta 频段(4~7 Hz)的功率同步性**, 其通常与记忆编码过程相关; **Alpha 频段(8~13 Hz)的功率变化**, 特别是感觉皮层的 α 抑制, 可作为注意力投入的指标。

4) 统计分析: 对目标 ERP 成分(如 P300、LPC 的平均波幅)和频段功率值, 进行以交互类型和文化背景为自变量的重复测量方差分析。进一步, 采用相关分析、回归分析及基于 Bootstrap 法的中介分析, 检验这些神经指标与主观评分、行为后测成绩之间的关系, 以验证神经中介(H2)与差异化预测路径(H4)。

3.3. 分析结果与意义

通过上述脑神经分析, 研究在神经层面系统验证了理论假设, 主要结果如下(见表 2):

1) 多模态交互类型的神经主效应显著(对应 H1)。沉浸式多感官交互在早期注意成分(P1、N1 波幅)与晚期深度加工成分(P300、LPC 波幅)上均表现出显著优势(均 <0.001), 并诱发最强的 Theta 频段同步性, 神经层面证实其在注意捕获与认知-情感整合上的效能最优。

2) 认知投入的神经中介路径成立(对应 H2)。Bootstrap 中介检验显示, 中央顶区 LPC 波幅在多模态交互类型对文化认同的影响中起显著中介作用(间接效应分别为 0.18 与 0.11, 95% CI 不包含 0)。顶叶 Theta 同步性也在交互类型影响记忆保持中发挥部分中介作用。

3) 文化背景具有神经调节作用(对应 H3)。文化熟悉度与交互类型在 N400 与 LPP 成分上交互效应显著(<0.05)。高熟悉组在视听融合条件下 LPP 波幅更大, 关联积极情绪; 低熟悉组在沉浸式条件下 N400 波幅更大, 反映新异性与冲突加工, 说明文化背景调节情绪整合与语义冲突的神经响应模式。

4) 不同认知投入维度对应差异化神经路径(对应 H4)。回归与路径分析表明: 注意相关神经指标(如 P1、Alpha ERD)主要预测记忆保持; 情感相关指标(前额 Alpha 不对称性)主要预测文化认同; 记忆相关指标(Theta 同步性)对记忆保持与分享意愿均有显著预测作用, 明确了各维度神经基础与其后续效果的特异性关联。

Table 2. Average amplitude (μV) of key ERP components under different interaction conditions

表 2. 关键 ERP 成分在不同交互条件下的平均波幅(μV)

成分(脑区)	视觉主导(M \pm SD)	视听融合(M \pm SD)	沉浸式多感官(M \pm SD)
P1(枕区)	2.1 \pm 1.2	2.8 \pm 1.3	3.5 \pm 1.4
N1(枕区)	-1.8 \pm 0.9	-2.5 \pm 1.1	-3.2 \pm 1.2
P300(中央顶区)	4.5 \pm 2.1	6.8 \pm 2.4	8.9 \pm 2.7
LPC(中央顶区)	3.2 \pm 1.8	5.1 \pm 2.0	6.7 \pm 2.3

注: 沉浸式多感官条件波幅显著最大($p < 0.05$); $p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$ 。

综上, 脑神经研究从电生理层面揭示了“多模态交互 \rightarrow 特异性神经活动 \rightarrow 差异化认知效果”的作用路径, 为核心理论模型提供了来自神经科学的实证依据。

4. 交叉模态研究

为深入探究多模态交互在非遗数字传播中的复合效应及其认知机制, 本研究进一步设计了交叉模态实验, 系统考察不同模态组合(如视觉 + 听觉、视觉 + 触觉 + 听觉等)在非遗体验中对用户认知投入、文化认同与传播行为的影响。本研究聚焦于多模态协同的“增强效应”与“冗余效应”, 旨在揭示模态间如何通过互补或竞争关系, 最终影响传播效能。

4.1. 研究设计

4.1.1. 实验设计与参与者

实验采用 2 (个体文化背景熟悉度: 高 vs. 低) \times 4 (多模态交互类型: 视觉主导型/视听融合型/沉浸式多感官型/社交增强型)的混合设计。文化背景为被试间变量, 多模态交互类型为被试内变量。最终有效参与者为 160 名, 随机分为高、低熟悉度两组(各 80 人, 男女各半)。参与者平均年龄 22.5 岁, 均为日常数字媒体活跃用户。

4.1.2. 实验材料与任务

实验核心刺激材料围绕非物质文化遗产“蜀锦织造技艺”进行系统开发, 确保四种交互类型在核心文化信息(历史渊源、工艺步骤、纹样内涵、当代价值)上严格匹配, 仅通过模态组合与交互层次实现系统

性操纵:

1) **视觉主导型材料**: 包含 12 张专业级高清数字图像, 呈现从丝线、织机到经典纹样成品的关键节点, 每张图像均配有结构化的工序说明或文化阐释文本(每段 80~120 字), 总呈现时长固定。

2) **视听融合型材料**: 制作一段 5 分钟的标准微纪录片, 整合实地拍摄的传承人操作高清画面、织机环境声、巴蜀特色背景音乐, 以及由专业播音员录制的叙事性解说词, 声画同步, 情感基调一致。

3) **沉浸式多感官型材料**: 基于 Unity 引擎开发一套简化的 VR 交互体验程序。参与者佩戴六自由度 VR 头显进入高度还原的虚拟蜀锦工坊, 在 5 分钟体验中, 可自由环顾 360 度场景, 并将在系统引导下完成一项“模拟投纬”的交互任务(通过手柄抓取虚拟梭子穿过经线), 关键步骤伴有控制器振动反馈以模拟真实触感。

4) **社交增强型材料**: 以“视听融合型”微纪录片为基础, 嵌入仿主流短视频平台的交互界面^[10]。视频播放时, 侧边栏持续滚动显示预设的、具有情感与文化认同倾向的模拟弹幕文本, 同时视频下方动态显示虚拟的“点赞数”与“收藏数”, 营造实时社会互动氛围。

实验任务流程标准化: **前测阶段**: 收集参与者个人信息与文化背景评估数据; **练习阶段**: 让参与者熟悉实验操作与评分方式; **正式实验阶段**: 参与者按拉丁方平衡的顺序依次体验上述四种实验材料。**每种材料体验结束后, 立即完成“认知投入即时测评”**(采用 7 点 Likert 量表, 快速评估注意力集中度、情感共鸣度与内容易记性); **干扰阶段**: 插入 5 分钟的简单拼图游戏, 以消除短期记忆干扰; **后测阶段**: 依次完成**多维度文化认同量表**、包含再认与自由回忆的**记忆保持测试**, 以及测量分享与推荐意愿的**社会化传播行为意向量表**。

4.1.3. 变量测量

本研究严格依据理论框架进行操作化测量:

1) 自变量: 多模态交互类型(实验操纵)。

2) 中介变量: 认知投入, 综合主观即时报告(注意、情感、感知易记性)与部分参与者的客观眼动数据(注视时长、瞳孔直径)。

3) 因变量: 认知效果, 操作化为三个维度: 文化认同度(量表)、记忆保持率(再认与自由回忆测试综合)、分享意愿(行为意向量表)。

4) 调节变量: 个体文化背景熟悉度(前测量表得分)。

5) 控制变量: 包括年龄、性别、教育背景、日常社交媒体使用强度等。

4.1.4. 模态场景设计

为提升研究的外部效度并检验“文化匹配”理论的应用边界, 本研究将四种基础交互类型分别置于四个巴蜀文旅数字化典型场景中, 构成“模态场量”。

1) 场量 A (对应视觉主导型): 模拟学术化数字典藏平台, 注重信息的权威性与系统性, 提供静默浏览体验。

2) 场量 B (对应视听融合型): 模拟大众化流媒体平台, 侧重内容的叙事性与观赏性, 营造单向观影体验。

3) 场量 C (对应沉浸式多感官型): 设定为沉浸式文化科技体验馆的线上虚拟分馆, 强调探索性、互动性与身体参与。

4) 场量 D (对应社交增强型): 仿照社交化短视频社区, 突出内容的社交属性、即时反馈与社群认同。

所有场量保持相同的底层交互任务与测量目标, 仅通过界面风格、引导话术与背景设定进行差异化营造, 旨在检验多模态交互核心效应的普适性, 并观察语境差异可能带来的效果变化。

4.2. 研究分析

4.2.1. 样本统计

最终有效样本为 160 人, 其中高文化熟悉度组 80 人(男性 40 人, 女性 40 人), 低熟悉度组 80 人(男性 40 人, 女性 40 人)。整体样本平均年龄 22.5 岁, 本科生占比 65%, 研究生占比 35%。独立样本 t 检验显示, 高、低熟悉度两组在年龄、性别、教育程度上均无显著差异($p > 0.05$), 但在前测熟悉度量表得分上差异极显著($t(158) = 15.32, p < 0.001$), 表明分组操纵成功。

4.2.2. 信度效度分析

使用 SPSS12.0 和 WarpPLS10.1 进行信效度检验[11]。所有多条目量表的内部一致性信度优良(Cronbach's α 介于 0.86 至 0.92)。通过验证性因子分析对认知投入(三因子)和认知效果(三因子)的测量模型进行检验。六因子模型拟合数据良好: $\chi^2(237) = 498.12, \chi^2/df = 2.10, CFI = 0.95, TLI = 0.93, RMSEA = 0.058$ (90% CI: 0.051, 0.065), SRMR = 0.043。所有标准化因子载荷均大于 0.65 且显著($p < 0.001$)。各潜变量的组合信度(CR)在 0.87 至 0.91 之间, 平均方差抽取量(AVE)在 0.52 至 0.67 之间, 且每个潜变量的 AVE 平方根均大于其与其他潜变量的相关系数, 证实了良好的收敛效度与区分效度。

4.2.3. 单模态模型分析

在考察交互效应前, 首先构建并检验了“认知投入→认知效果”的基础结构模型, 如图 3 所示。使用全样本数据, 以认知投入的三个维度为外生潜变量, 认知效果的三个维度为内生潜变量, 构建结构方程模型。模型拟合可接受: $\chi^2(125) = 280.44, CFI = 0.94, RMSEA = 0.063$ 。路径系数显示: 情感投入对文化认同度($\beta = 0.58, p < 0.001$)和分享意愿($\beta = 0.46, p < 0.001$)具有最强的正向预测作用; 注意投入对记忆保持率($\beta = 0.39, p < 0.001$)的预测作用最为显著; 感知易记性对记忆保持率($\beta = 0.28, p < 0.01$)也有独立贡献。该模型解释了文化认同度 37%的方差、记忆保持率 31%的方差、分享意愿 40%的方差, 为假设 H4 提供了坚实的初步证据。

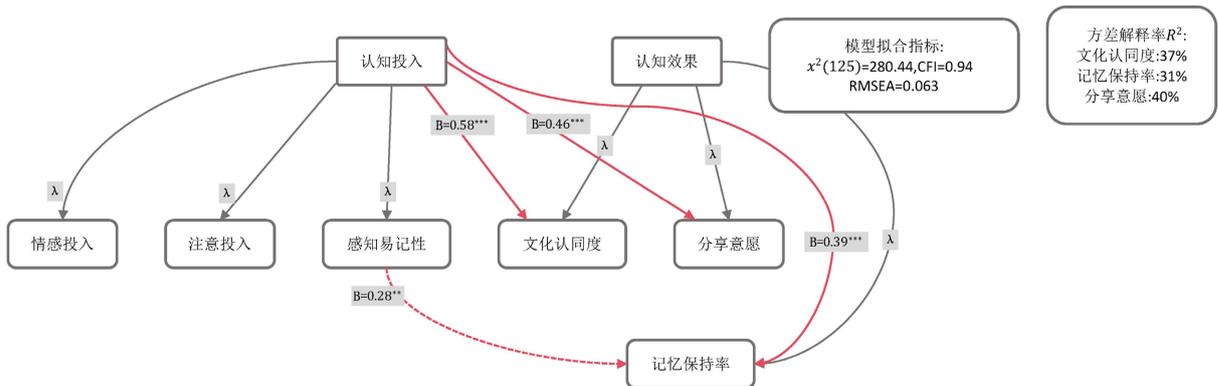


Figure 3. Path of the “cognitive input - cognitive effect” structural equation model

图 3. “认知投入 - 认知效果”基础结构方程模型路径

4.2.4. 多模态模型分析

采用重复测量多元方差分析(MANOVA)和基于 Bootstrap 的多元中介调节模型进行假设检验。

主效应与交互效应检验(H1, H3): 以四种多模态交互类型为重复测量因子、文化背景组别为组间因子, 对三种认知投入的即时自评分进行重复测量 MANOVA。结果显示, 交互类型主效应显著(Wilks $\lambda = 0.72, p < 0.001$), 见表 3。进一步分析表明, 交互类型对情感投入与注意投入的影响均显著($ps < 0.001$), 如图 4 所示。

事后检验发现, 在情感投入上, 沉浸式多感官型与视听融合型均显著高于视觉主导型($p < 0.001$), 二者之间无显著差异; 社交增强型显著高于视觉主导型, 但低于沉浸式。在注意投入上, 沉浸式多感官型显著高于其他所有类型($p < 0.01$)。文化背景的调节作用显著, 情感投入上交互类型与文化背景存在显著交互效应($p = 0.001$), 见表 4。简单效应分析显示, 对于高熟悉度组, 视听融合型的情感投入最高, 并显著高于沉浸式; 对于低熟悉度组, 沉浸式多感官型的情感投入最高, 且显著高于视听融合型。结果支持 H1 与 H3。如图 5 所示。

中介效应检验(H2, H4): 采用 Bootstrap 法构建多组多重中介模型进行分析。结果支持 H2 与 H4: 情感投入是“沉浸式/视听融合型→文化认同/分享意愿”的核心中介路径(间接效应显著); 注意投入是“沉浸式→记忆保持率”的主要中介路径(间接效应显著)。多组比较进一步显示, 对于高熟悉度组, “视听融合型→情感投入→文化认同”的路径更强; 对于低熟悉度组, “沉浸式→注意投入→记忆保持”的路径更强, 见表 5。这表明认知投入的差异化影响路径受文化背景调节, 如图 6 所示。

Table 3. Descriptive statistics and post-hoc comparisons of four multimodal interaction types on the dimension of cognitive engagement

表 3. 四种多模态交互类型在认知投入维度上的描述统计与事后比较

多模态类型	高熟悉组(M)	高熟悉组(SEM)	低熟悉组(M)
视觉主导型	4.80*	0.12	4.60*
视听融合型	6.25	0.08	5.55
沉浸式多感官型	5.85	0.09	6.25
社交增强型	5.50*	0.11	5.30*

Table 4. Moderating effect of cultural background familiarity on multimodal emotional engagement: simple effect analysis results

表 4. 文化背景熟悉度对多模态情感投入的调节效应: 简单效应分析结果

多模态类型	高熟悉组(M)	低熟悉组(M)	高熟悉组(SEM)*
视觉主导型	4.80	4.60	0.12
视听融合型	6.25	5.55	0.08
沉浸式	5.85	6.25	0.09
社交增强型	5.50	5.30	0.11

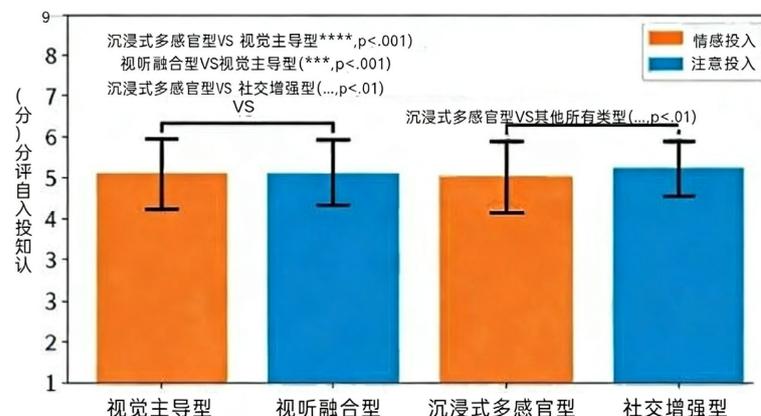


Figure 4. Analysis of the main effect of cognitive engagement

图 4. 认知投入的主效应分析

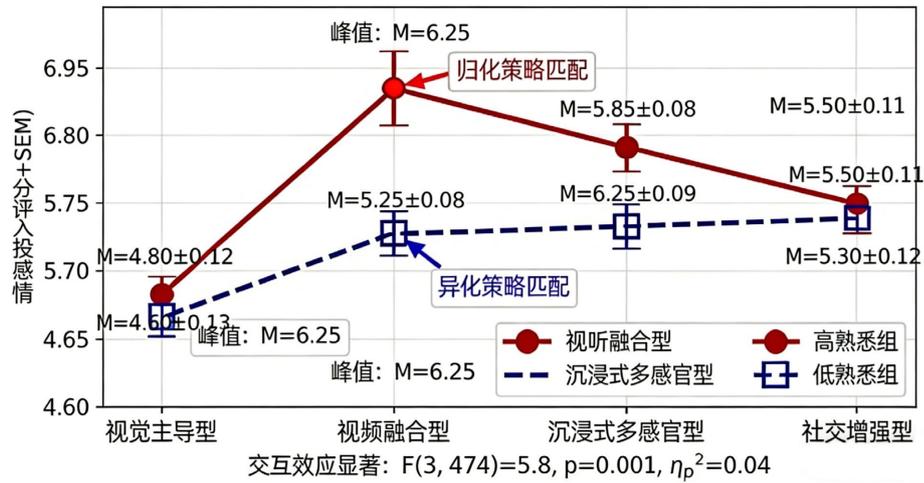


Figure 5. Modulatory effect of cultural background familiarity
图 5. 文化背景熟悉度的调节效应

Table 5. Path coefficients and indirect effect values of multigroup multiple mediation model
表 5. 多组多重中介模型的路径系数与间接效应值

组别	核心中介路径	间接效应值	95% CI
高熟悉组	视听融合→情感投入→文化认同	0.19	[0.10, 0.28]
低熟悉组	沉浸式→注意投入→记忆保持	0.10	[0.05, 0.16]

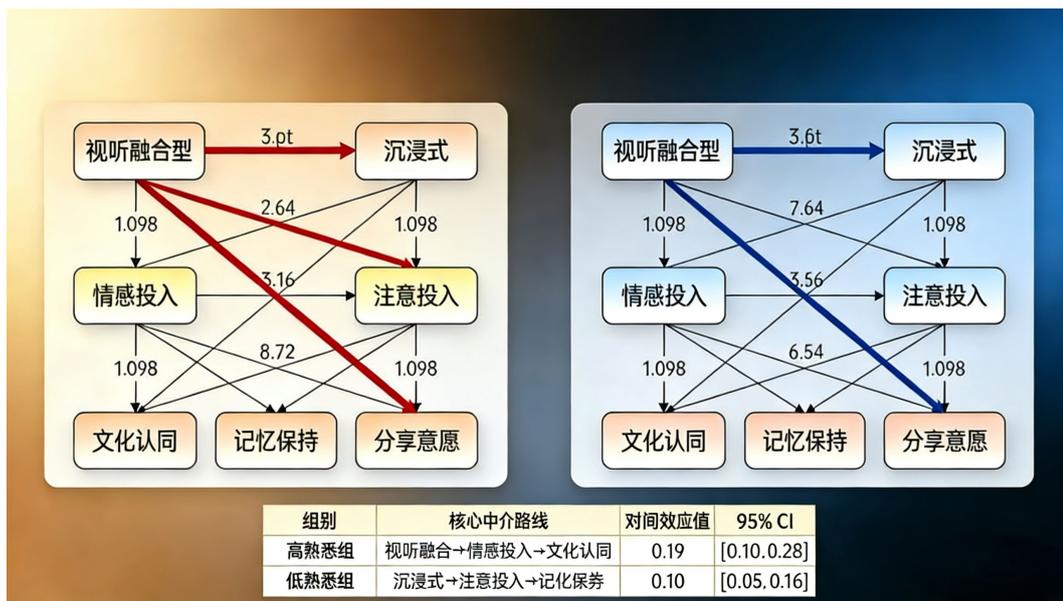


Figure 6. Multiple-group multiple mediation model with cultural background adjustment: differentiated psychological pathways
图 6. 文化背景调节下的多组多重中介模型：差异化心理路径

4.3. 研究结果

本研究通过一项严谨的交叉模态行为实验，在模拟真实的数字化应用场景中，系统检验并支持了非遗数字传播理论模型的核心假设。主要结论如下：第一，多模态交互类型存在显著主效应(H1)，其中沉

浸式多感官交互在捕获和维持注意力方面最具优势, 而沉浸式与视听融合型在激发深度情感共鸣方面同等有效, 且均显著优于传统视觉主导形式。第二, **认知投入是关键中介变量(H2)**, 研究明确了情感投入主要中介文化认同与分享意愿的形成, 而注意投入则主要中介记忆保持效果, 清晰揭示了“交互设计”作用于“传播效能”的内在心理路径。第三, **个体文化背景扮演关键调节角色(H3)**, 研究实证了“文化匹配”的动态性: 高文化熟悉的受众对“归化”策略(如视听融合叙事)更易产生情感共鸣, 而低文化熟悉的受众则对“异化”策略(如沉浸式新奇体验)反应更积极, 这为精准化、分众化传播提供了核心依据。第四, 研究支持了**不同认知投入维度的影响路径存在差异(H4)**, 且这种差异受到文化背景的调节, 深化了对认知加工机制的理解。综上所述, 本交叉模态研究从行为科学层面, 为构建“匹配-赋能-行为”的非遗数字化高效传播体系提供了具有操作性的实证依据与设计指引。

5. 结论与意义

5.1. 讨论

本研究通过脑神经与行为实验, 系统验证了“多模态交互-认知投入-认知效果”的理论模型。主要结论如下: 多模态交互设计是效能起点: 相比视觉呈现, 沉浸式多感官与视听融合交互能更有效激发认知投入(尤其注意与情感维度), 证实数字赋能可通过提升审美与互动性驱动深度认知加工。认知投入是关键心理中介: 认知投入不同维度影响路径分化——注意投入主要关联记忆保持, 情感投入则更直接导向文化认同与分享意愿, 明确了从感官触发到行为外化的传导链条。文化背景构成重要调节变量: 受众先验知识水平显著调节交互效果。高熟悉度受众对“归化”策略(如视听融合)共鸣更强; 低熟悉度受众则更依赖“异化”策略(如沉浸式体验)建立认知连接, 体现了“文化匹配”的动态性[12]。

5.2. 研究意义

5.2.1. 理论意义

构建并实证了非遗数字传播的整合模型, 将多模态交互、认知投入与文化匹配视角结合, 阐明“数字赋能-认知适配-持续扩散”的作用机制。推动了传播学研究方法交叉, 融合脑电、行为实验与计算传播方法[13], 实现了从神经反应到社会行为的多层次测量。深化了“技术-文化-人”互动关系的理解, 强调技术效能需服务于受众认知适配与文化内容契合。

5.2.2. 实践意义

本研究结论为非遗的数字化保护、传播传承与创新应用提供了具体且可操作的行动指引: 为差异化传播策略提供依据: 可根据目标(记忆、认同或分享)与受众文化背景, 选择适配的多模态交互组合; 为评估非遗数字项目提供多维指标: 应建立涵盖认知投入、文化认同与行为数据的综合效能评估体系; 为数字文博产品体验优化指明方向: 注重“文化匹配”原则, 利用客观测量工具迭代设计, 探索个性化内容推荐。

5.3. 局限性和未来研究

5.3.1. 研究局限

样本与情境局限: 参与者主要为青年学生, 受控环境结论推广至更广泛人群及自然场景需谨慎; **非遗类别局限:** 仅以工艺类非遗(蜀锦)为案例, 结论对其他类别非遗的普适性待检验; **长期效能测量局限:** 对持续扩散的测量多为意向与短期后效, 缺乏长期追踪与生态化网络数据分析; **概念操作化的局限:** 本研究将“文化匹配”主要操作化为文化元素的知觉熟悉度, 这虽是其最基础与核心的维度, 但未能涵盖价值观共鸣等深层内涵。未来的研究可对此概念进行更精细的维度划分, 并探索不同维度匹配的独立与

交互效应。

5.3.2. 未来研究方向

未来研究可在以下方向深入推进: 拓展研究广度与深度: 检验模型于不同类型非遗及受众的适用性, 开展长期纵向追踪并结合数字足迹数据分析[14]; 探索智能技术赋能场景: 研究 AIGC、XR、元宇宙等新技术如何创造新型多模态体验并重塑传播网络; 推进跨学科方法融合: 结合社会网络分析、计算语言学与多脑神经同步技术, 探究群体层面的协同认知与情感共振; 关注伦理与可持续发展: 研究如何通过包容性设计减少数字鸿沟, 并建立兼顾文化遗产开放、数据安全与文化尊严的治理框架。

基金项目

四川省哲学社会科学规划项目: 多模态传播视域下巴蜀文化跨境数字足迹追踪与健康出海路径研究(SC25B5024); 四川省文化和旅游厅重点实验室项目: 基于双轨特征识别和三维信息过滤的天府文化安全传播与治理机制研究(TFWH-2025-34)。

参考文献

- [1] Bandura, A. (1986) *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Prentice-Hall.
- [2] Csikszentmihalyi, M. (1990) *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper Collins.
- [3] Jenkins, H. (2006) *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. New York University Press.
- [4] Mayer, R.E. (2009) *Multimedia Learning*. 2nd Edition, Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- [5] Paivio, A. (1986) *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. Oxford University Press.
- [6] Kutas, M. and Federmeier, K.D. (2011) Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, **62**, 621-647.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- [7] Niedenthal, P.M., Barsalou, L.W., Winkielman, P., Krauth-Gruber, S. and Ric, F. (2005) Embodiment in Attitudes, Social Perception, and Emotion. *Personality and Social Psychology Review*, **9**, 184-211.
https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0903_1
- [8] Hayes, A.F. (2018) *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach*. 2nd Edition, The Guilford Press.
- [9] Luck, S.J. (2014) *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. 2nd Edition, The MIT Press.
- [10] Tajfel, H. and Turner, J.C. (1986) The Social Identity Theory of Intergroup Behavior. In: Worchel, S. and Austin, W.G., Eds., *Psychology of Intergroup Relations*, Nelson-Hall, 7-24.
- [11] 王圣华, 孙守迁. 多模态视域下非遗文化体验设计策略研究——以闽台送王船为例[J]. *包装工程*, 2021, 42(14): 145-152.
- [12] 郭宇环, 刘宏. 基于图文数据的非遗跨模态知识图谱构建方法研究[J]. *情报资料工作*, 2021, 42(4): 58-65.
- [13] 魏景汉, 罗跃嘉. 认知事件相关脑电位教程[M]. 北京: 经济日报出版社, 2002.
- [14] “玛纳斯”史诗多模态采录, 助力非遗“活态存档” [EB/OL]. 2023-02-22.
<https://www.xjkz.gov.cn/xjkz/c101647/202507/3588b558d26f4226bd985308a0f6e1ac.shtml>, 2023-10-27.