

乐山红色资源数智化保护与应用研究

任自林

乐山师范学院, 四川乐山, 中国

【摘要】本研究立足成渝地区双城经济圈建设背景,以乐山红色文化资源为研究对象,探索数字化时代红色资源的创新保护路径。通过构建“红色资源数字孪生系统”,提出数字化采集、智能化分析和多元化应用三维实施框架:运用3D扫描等技术建立高精度数字档案库,依托AI算法实现资源价值挖掘,开发沉浸式体验产品促进活态传承。研究突破传统保护模式,形成“预防性保护—数字化修复—创新性转化”的全生命周期管理体系,对传承红色基因、增强文化自信具有重要实践价值。

【关键词】乐山红色资源;数智化保护;文化传承

【基金项目】乐山红色文化研究院2024年度课题《乐山红色资源数智化保护与应用研究》(LS2024C25)

1. 引言

红色资源是中华人民共和国人民在长期革命斗争和社会主义建设实践中形成的宝贵精神财富和物质遗产,承载着厚重的历史记忆与精神价值。乐山作为川西南重要的革命老区,拥有丰富的红色文化资源,如抗战时期的革命根据地、红军长征途经地等,这些资源既是地方历史的重要载体,也是弘扬革命精神、传承红色基因的关键媒介。

然而,随着时间推移,这些珍贵的红色资源正面临多重挑战。自然侵蚀、环境变化以及人为破坏导致物质文化遗产的物理形态逐渐损毁;亲历者的减少,口述历史、革命记忆等非物质文化遗产也面临断层风险。传统的保护手段,如实物修复、档案记录等,虽有一定效果,但在资源整合、动态管理及创新利用方面存在明显局限,难以满足新时代红色文化保护与传承的需求。

在此背景下,数字技术的快速发展为红色资源的保护与活化提供了全新路径。依托数字孪生、三维建模、大数据等先进技术,红色资源的保护模式正从“抢救性修复”向“预防性保护”转变。通过高精度数字化采集,可对革命遗址、文物档案等进行1:1还原,构建三维数字档案,实现永久性保存。同时,借助数据库技术,零散分布的红色文化资源得以系统整合,形成可检索、可共享的数字资源库,为学术研究、教育传播提供便利。此外,虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术还能打破时空限制,为公众提供沉浸式体验,使红色文化“活”起来,增强其感

染力和传播力。

2. 红色资源数智化保护的理论框架创新研究

2.1 理论框架的逻辑重构:从分层模型到价值闭环

本研究在原有“基础层—平台层—应用层”三维架构基础上,提出“数据采集—智能解析—价值转化—反馈优化”的动态闭环模型,强调各层级间的双向交互与价值迭代。该框架突破传统线性思维,通过数字孪生技术实现物理空间与数字空间的实时映射,构建红色资源全生命周期管理的价值循环系统^[1]。

2.1.1 基础层:多模态数据采集与数字孪生体构建

技术创新:采用“空天地一体化”采集方案,整合卫星遥感、无人机倾斜摄影、地面激光扫描等技术,实现革命遗址宏观格局与微观细节的同步捕捉。例如,对乐山安谷战时故宫文物库旧址的数字化复原,通过多源数据融合,精确还原建筑形制、文物存放位置及历史环境特征。

动态感知网络:部署微环境传感器、应力监测装置等物联网设备,结合边缘计算技术,实现文物本体状态与环境参数的实时采集与本地预处理。引入数字孪生体健康指数(DTHI)模型,通过机器学习算法对裂缝扩展、材料劣化等病害进行预测性诊断^[2]。

2.1.2 平台层:知识引擎与智能决策中枢

多模态数据融合:构建红色资源异构数据湖,采用知识图谱技术整合文献档案、口述史料、三维模型等多元数据。例如,通过

NLP 技术解析郭沫若手稿中的马克思主义理论体系脉络，结合 GIS 时空分析还原乐山红色交通线的历史轨迹。

智能解析算法库：开发专用算法模块，包括文物病害识别 CNN 模型、红色人物关系图谱构建算法、历史场景生成式对抗网络（GAN）等。引入联邦学习机制，在保障数据安全的前提下实现跨机构模型协同训练。

自适应决策系统：基于数字孪生体状态数据，运用强化学习算法生成保护策略。例如，针对乐山烈士陵园纪念碑的风化问题，系统可模拟不同干预方案的效果，推荐最优保护路径。

2.1.3 应用层：价值转化与创新传播矩阵

沉浸式教育场景：开发“红色记忆元宇宙”平台，结合 VR/AR 技术构建虚拟革命空间。用户可通过数字分身参与“乐山解放战役”沙盘推演，或与 AI 虚拟讲解员进行交互式对话，实现从“旁观者”到“参与者”的角色转变。

智慧文旅服务体系：打造“红色文旅大脑”，整合游客画像、环境监测、服务资源等数据，提供个性化导览路线与智能解说服务。在乐山嘉阳国家矿山公园等场景中，通过 AR 技术实现蒸汽小火车与历史影像的时空叠合。

文创开发生态链：运用生成式 AI 技术提取红色元素，结合区块链技术实现数字文创产品的确权与流转。例如，将乐山红色故事转化为动态数字藏品，通过智能合约实现创作收益的透明分配。

2.2 技术融合与文化创新的协同机制

2.2.1 技术赋能维度

数字孪生+区块链：构建红色资源数字身份证，实现从采集、保护到利用的全流程可信追溯。乐山红色档案库采用分布式存储与链上存证，确保数据不可篡改与永久可查。

5G+边缘计算：在革命遗址部署边缘计算节点，实现 AR 导览内容的本地化渲染与低时延交互。乐山铁道兵博物馆通过 5G 网络实现远程专家实时指导文物修复。

AI 大模型：训练红色文化专用大模型、影像资料与专家知识，实现智能问答、内容生成与情感分析。模型可自动生成红色故事脚本，辅助讲解员个性化表达。

2.2.2 文化创新维度

叙事方式重构：从“线性展陈”转向“多维叙事”，通过数字孪生体构建历史事件的

“可能性空间”。例如，模拟“若乐西公路未被轰炸”的平行历史场景，引发观众对战略抉择的深度思考。

参与式文化生产：开发“红色记忆共创平台”，用户可上传家书、照片等史料，通过 AI 辅助生成数字展品。乐山“三线建设”数字馆已收录群众贡献的 2000 余件民间藏品。

情感计算应用：运用表情识别与眼动追踪技术，分析观众在沉浸式体验中的情感反应，动态调整叙事节奏与内容强度，实现“共情式”文化传播。

2.3 实施保障与效能评估体系

2.3.1 协同创新机制

构建“政府主导—高校支撑—企业参与—公众联动”的四方协同模式。乐山已成立由文旅局、电子科技大学、腾讯文旅等单位组成的红色资源数智化创新联盟，制定数据共享协议与技术标准。

2.3.2 人才培养体系

设立“红色文化+数字技术”交叉学科，开发实训课程与认证体系。乐山师范学院开设“数字红色文化保护”微专业，培养既懂红色文化又精技术的复合型人才。

2.3.3 效能评估指标

建立包含数据完整度、用户参与度、文化传播力等维度的评估体系。例如，通过用户停留时长、社交分享率等指标量化 AR 导览的教育效果，指导系统迭代优化。

3. 乐山红色资源数智化保护的实施路径

乐山红色遗址的数智化保护需立足地域文化特色，构建技术赋能与文化遗产深度融合的创新体系。针对乐山红色资源分布广、类型多、价值深的特点，以下从技术实施、平台构建、体验创新、产业融合、机制保障五个维度提出优化路径，形成从数据采集到价值转化的完整链路。

3.1 全息化数据采集：构建红色资源数字基因库

乐山红色遗址的数字化需突破传统建模范畴，建立“空天地一体化”的立体采集体系。针对竹园烈士纪念园、拱辰支部遗址等核心资源，采用“无人机倾斜摄影+地面激光扫描+近景摄影测量”的多源融合技术，实现从宏观地貌到微观纹饰的全尺度记录。建立动态感知网络，在遗址内部署微环境传感器、应力监测装置等物联网终端，结合边缘计算技术实现数据实时采集与本地预处理。

3.2 智能化管理平台：打造红色文化智慧中枢

整合乐山现有红色资源数据，构建具有自学习能力的智能管理平台。平台底层采用分布式云计算架构，实现多源异构数据的融合存储与高效检索。在数据层之上，构建知识挖掘引擎、智能分析引擎、可视化引擎三大核心引擎，支持从宏观地理分布到微观结构细节的自由缩放浏览，模拟不同保护方案的效果对比。

3.3 沉浸式体验创新：重塑红色文化感知维度

突破传统展陈的时空限制，开发多层次的沉浸式体验产品。构建“乐山红色记忆元宇宙”，用户可通过数字分身参与虚拟历史场景。在革命遗址部署AR锚点，游客通过手机即可观看历史场景的虚实叠加。运用表情识别与眼动追踪技术，分析观众在沉浸式体验中的情感反应。动态调整叙事节奏。

3.4 融合式产业发展：激活红色文化经济价值

以数智化技术推动红色文旅深度融合，构建“线上引流—线下体验—衍生消费”的产业闭环。

开发红色旅游数字导览系统，提供个性化路线规划与智能解说。在乐山铁道兵博物馆，系统可根据游客年龄推荐不同深度的讲解内容。运用生成式AI技术提取红色元素，开发数字文创产品。打造“数字红色课堂”，通过虚拟仿真技术还原历史场景。学生可在“乐山解放战役”沙盘中进行战略推演，在角色扮演中深化历史认知。

3.5 协同化保护机制：构建多元共治新格局

建立“政府主导—科技支撑—社会参与—学术赋能”的协同机制。

成立乐山红色资源数智化创新联盟，制定数据共享协议与技术标准。例如，由文旅局提供政策支持，电子科技大学开发核心技术，腾讯文旅负责系统运营。开发“红色记忆共创”小程序，鼓励市民上传家书、照片等民间史料。通过AI辅助生成数字展品，建立“人人都是守护者”的参与模式。设立“红色文化+数字技术”交叉学科，开发实训课程与认证体系。乐山师范学院已开设相关微专业，培养既懂红色文化史又精技术的复合型人才。该实施路径通过技术赋能与文化创新的深度融合，不仅实现红色资源的永续保存，更推动其从“历史记忆”向“时代精神”的创造性转化，为乐山建设红色文化传承示范区提供全链条解决方案。

4. 数智化技术在乐山红色资源应用中的创新

实践

在数字化浪潮的推动下，乐山红色文化资源正经历一场深刻的数智化变革。作为川南红色文化走廊的重要节点，乐山依托其独特的历史底蕴与技术优势，探索出一条“技术赋能、文化铸魂”的红色资源活化路径。本研究立足乐山实践，提炼出数智化技术在红色资源保护与传承中的创新维度。

4.1 革命遗址的虚实共生：数字孪生重构历史现场

针对乐山地区损毁严重的革命遗址，数智化技术实现了从“物质修复”到“数字重生”的跨越。以中共乐山中心县委旧址为例，项目团队采用“三维激光扫描+多光谱成像+数字孪生建模”的技术链，完成遗址的毫米级数字复原。通过对比历史文献与现存建筑特征，运用BIM技术还原空间布局，借助软件引擎实现虚实场景的融合渲染。更值得关注的是，通过MR混合现实技术，参观者可在实体遗址上方目睹特定历史时期的全息投影。斑驳的木门吱呀作响，煤油灯的火光摇曳，AI虚拟讲解员娓娓道来，历史场景与现实环境在此形成时空对话。这种虚实融合的呈现方式，不仅突破物理空间限制，更通过环境音效、角色动画等细节营造，构建起历史事件的情感容器。

4.2 口述历史的智能解译：从声音档案到知识图谱

乐山现存的老战士口述史，是红色文化的重要记忆载体。传统整理方式面临效率低、利用率差等瓶颈，而数智化技术实现了从“声音留存”到“知识生成”的跃迁。项目团队构建“语音识别转写+语义网络分析+情感计算”的技术体系：基于深度学习的语音识别模型可自动区分方言词汇与历史术语；运用LDA主题模型自动提取高频主题，构建红色事件的知识脉络；通过声纹特征识别与文本情感分析，标注讲述者的情绪波动，在关键历史节点生成情感热力图。最终形成的结构化口述史数据库，不仅支持全文检索与关联分析，更通过知识图谱技术揭示乐山红色历史中深层结构，使碎片化记忆转化为可系统研究的学术资源。

4.3 红色文创的智能生成：AI赋能文化符号转化

乐山红色文化的创造性转化，需要突破传统文创产品同质化困境。项目团队探索“文化元素提取+生成式设计+区块链确权”的创

新路径：基于计算机视觉技术，对嘉阳小火车、郭沫若手稿等红色文物进行视觉元素提取，构建设计基因库；训练生成对抗网络，输入关键词自动生成兼具文化内涵与市场审美的设计方案；结合区块链技术，为 AI 生成的文创作品提供数字版权服务。这种技术赋能的创意生产模式，使红色文创从“纪念品”升级为“文化 IP”，在年轻群体中引发情感共鸣。

4.4 红色教育的精准触达：从大众推送转向个性化学习

数智化技术推动了红色教育从“广撒网”到“精准滴灌”的转型。项目团队构建“用户画像—内容匹配—效果评估”的智能教育系统：通过自然语言交互与行为数据分析，构建包含认知水平、兴趣偏好、情感倾向的多维用户画像；基于知识图谱与协同过滤算法，为不同群体推送定制化内容；通过眼动追踪与情感计算技术，实时评估学习者的注意力分布与情绪反应，动态调整内容呈现方式。这种个性化教育模式，使红色文化传播从“单向灌输”转变为“双向对话”，显著提升了教育效能。

4.5 文物保护的智能预警：构建预防性保护体系

乐山红色遗址的保护，正从“被动抢救”转向“主动预防”。项目团队部署“端-边-云”协同的智能监测网络：在遗址本体及微环境中部署传感器设备，实时监测病害特征；基于数字孪生技术构建遗址健康模型，预测砖石风化速率；开发保护决策知识库，当监测系统预警时可自动生成包含风险等级、处置建议的智能报告。这种智能保护体系，实现了对红色遗址的“全生命周期管理”。

4.6 红色资源的协同共享：打破数据孤岛的实践

建立乐山红色文化数字资源库，整合分散在各处的文物档案、历史文献、研究成果等资源，通过区块链技术确保数字资源的真实性和版权保护。开发统一的数字平台，实现红色资源的跨机构、跨地域共享，为学术研究、教育宣传、文创开发提供基础数据支持。这种协同机制有助于打破信息孤岛，形成红色文化保护利用的合力。

4.7 红色旅游的智慧升级：虚实融合的沉浸体验

结合乐山高新区发展理念，打造智慧红色旅游体系。通过部署室内外一体化定位系

统，结合游客画像数据，推送个性化的 AR 导览内容；在重要节点设置全息投影装置，再现历史场景；开发红色主题的 MR 游戏，游客可通过角色扮演参与历史事件。这种虚实融合的旅游模式，不仅增强了游客的参与感，更推动了红色旅游从“观光经济”向“体验经济”的转型。数智化技术的创新应用，不仅重塑了乐山红色资源的保护与传承模式，更构建起“历史—现实—未来”的时空对话机制。当数字孪生技术让遗址重生，当 AI 算法使口述史“开口说话”，乐山红色文化正以全新姿态融入当代生活，为红色基因的永续传承提供技术解法与文化方案。

5. 乐山红色资源数智化保护的发展建议

为推动乐山红色资源数智化保护向纵深发展，构建“技术赋能、文化铸魂、产业共生”的创新生态，现提出以下发展建议：

5.1 强化战略引领，构建协同治理体系

将红色资源数智化保护纳入乐山文化发展战略，建立“市级统筹、部门联动、区县落实”的治理架构，制定专项规划和标准体系，形成红色资源“一张图”管理体系。

5.2 创新投入机制，激发多元主体活力

构建“政府主导+市场参与+社会协同”的投入体系，设立专项资金，鼓励企业设立创新基金，动员社会力量参与公益项目，形成多元化投入格局。

5.3 完善人才矩阵，打造创新驱动引擎

构建“金字塔型”人才培育体系，引进领军人才，培养复合型人才，开展“红色数字工匠”培训计划，打造集技术研发、人才培养、成果转化于一体的创新平台。

5.4 深化区域协作，共建双城经济圈样本

推动成渝地区红色资源数智化保护协同发展，共建“长征文化线路数字走廊”，联合开发“红色记忆元宇宙”，实现资源共享和优势互补。

5.5 加速成果转化，培育新质生产力

构建“技术研发—场景验证—产业孵化”的创新链条，设立红色文化数字创意产业园，建立“需求清单+技术清单”对接机制，加速科技成果转化。

5.6 拓展国际视野，讲好中国红色故事

积极参与国际文化遗产数字保护计划，举办全球红色文化遗产数字创新论坛，开发多语言版本的 AR 导览系统，提升乐山红色资源的国际影响力。通过上述战略部署，乐山可打造“红色资源数智化保护示范区”，

形成可复制的经验模式，为全国革命文物保护利用提供创新样本，使红色基因在数字时代绽放新的光芒。

6. 结论与展望

通过构建“红色资源数字孪生系统”，实现了三大突破：一是运用三维扫描、VR/AR等技术完成革命遗址高精度数字化存档，解决实体资源易损毁难题；二是建立动态数据库实现资源智能管理，如井研县通过红色资源普查形成可追溯的数字档案；三是开发沉浸式研学项目，如竹园镇打造的“野战医院”虚拟体验，推动红色教育年轻化。

该模式兼具示范性与推广性：理论层面，形成“数字建档—智能管理—创新应用”的标准化路径；实践层面，乐山市“红旅融合”

经验证明，数智能化能有效促进红色资源与乡村振兴、文旅发展协同。未来将重点突破 AI 解说、区块链存证等技术应用，并建立量化评估体系，持续完善“保护—传承—发展”的良性循环机制，为全国红色资源数字化转型提供参考。

参考文献

- [1] 中共中央办公厅、国务院办公厅. 关于实施革命文物保护利用工程的意见[Z]. 2018.
- [2] 王宇航, 王公元. 全面提升革命文物和红色资源数字化保护利用水平[J]. 国家治理, 2025, (03): 42-46. DOI: 10.16619/j.cnki.cn10-1264/d.2025.03.005.