文物是人类历史记忆与文化 基因的物质见证, 我国是文物大 国, 文物资源数量浩繁、种类多 元、分布广泛、历史脉络连续且 文化价值卓著, 其不可再生性决 定了保护工作必须贯彻"保护第 的根本原则。这些文物广泛 分布于中国的广袤国土之上,从 繁华都市到偏远乡村, 从高原荒 漠到江河湖海之畔, 构成了一张 立体的历史文化遗产分布图。伴 随城镇化与基础设施建设加速, 文物本体及其赋存环境面临违法 建设、地质灾害等多重威胁。卫 星遥感技术因其宏观性、周期性 与多源性特征,已成为破解"文 物数量多一监管力量弱"结构性 矛盾的关键技术路径。本文基于 国产高分系列卫星数据,探讨遥 感技术在文物保护中的系统性应 用范式。

#### 卫星遥感技术在不可移动文 物领域应用的时代必然性

新时代文物保护的现实需求 及我国不可移动文物的分布与保 存特征,决定了卫星遥感技术在 不可移动文物保护与研究领域的 应用的必然性。我国不可移动文 物具有数量众多、分布广泛、类 型多样、赋存环境不一等特征。 随着大规模经济建设与城市化进 程的加速推进,不可移动文物本 体及其周边环境面临过度开发、 违规建设、人为损毁等多重威 胁。面对大范围、常态化的文物 安全监管需求, 传统人工点对点 巡查等手段已难以适配, 文物保 护效能受到显著制约,推动保护 模式转型、提升监测与保护技术 水平成为当务之急。与此同时, 以遥感、合成孔径雷达、全球 定位系统、地理信息系统为代 表的空间信息技术持续发展, 特别是国产高分、长光系列高 分辨率卫星的成功发射与数据 应用体系的完善, 其数据产品 具备更新周期短、信息载荷丰 富、覆盖范围广、时效性强、 成本可控等优势, 为文物保护 与安全监测提供了高效技术支 撑。由此,在新需求与新能力 的双重驱动下,卫星遥感技术 深度嵌入不可移动文物保护与 研究体系,成为新时代文物治

### 卫星遥感技术在不可移动文 物领域的应用方式

理范式转型的必然选择。

卫星遥感技术在不可移动文 物保护与安全管理中的应用方式 可概括为"模块化场景构建、层 级化监测运行"。具体而言,基 于卫星遥感现有技术体系,结合 当前文物保护与安全领域的工作 实际,以既有高分卫星星座获取 的亚米一米级光学影像及数字表 面模型为基础数据,通过"模块 化"架构搭建多类型文物卫星遥 感监测应用场景,依据不同业务 需求实现"一图多用、各有侧 重"的监测效能。根据监测频次

与业务需求的差异, 文物卫星遥感监测可划分为基 础性监测和专题性监测两大类别,并进一步细化为 八类典型应用场景。

基础性监测:长周期、广覆盖的常态化监管。 基础性监测主要依托已发射的高分卫星,获取地面 分辨率优于2米的遥感影像及数字表面模型等卫星遥 感数据,重点应用于对文物本体保护状况及周边地 物变化的长时间序列遥感影像监测与对比分析,主 要涵盖以下四个应用场景:

其一, 文物本体侵害行为监测。针对文物本体 实施"一点一图"监测原则,重点对地处偏远、日 常巡查覆盖频次较低的古遗址、古墓葬,以及位于 城乡建设密集区的古建筑等开展长时间序列遥感影 像变化监测,一旦发现施工、掘土、采矿等侵害或 威胁文物本体安全的违法行为, 立即采取制止措施 并从严查处。

其二, 文物周边违法建设监测。通过开展文物 遥感执法监测,对遥感影像所反映的保护范围及建 设控制地带内地物变化情况进行比对分析,核查建 设项目审批信息,将未经审批擅自施工的行为作为 涉嫌违法违规线索移交地方文物部门及执法机构处 理,实现对文物周边违法建设问题的早发现、快制

止与严查处。 其三,"放管服"事中事后监管。以各地自行行 使文物涉建审批权范围内的文物为监测对象,运用 卫星遥感技术对各地文物保护利用建设工程方案的 实施情况进行监测,重点关注实施过程中超出审批 方案许可的违法违规行为,为审批下放后的实施阶 段提供有力监管支撑。

其四, 文物保护规划实施效果监测。对已依法 公布的文物保护单位保护规划实施情况进行监测, 重点围绕平面布局、功能分区、立体高度等超出规 划约束范围及越权审批等问题,对具体超限面积、 分布数量、变化时间等进行精准识别与分析。

专题性监测:高灵活、定制化的专项支撑。专 题性监测聚焦特定工作需求,通过定制不同分辨 率、光影参数的卫星遥感影像数据,为文物领域不 同时期、不同范畴的重点工作提供辅助支撑, 其监 测频次依据工作实际需要确定, 主要包括以下四个 应用场景:

其一, 文物普查调查。在文物普查工作中, 利

用遥感卫星、导航卫星等获取的 遥感影像数据, 为不可移动文物 的位置信息、地理坐标、文物线 图等提供精确的基础测量数据

其二,大型基本建设文物保 护监测。重点针对沿线长、跨度 大、涉面广的大型基本建设项目 开展文物卫星遥感监测,对落实 "先考古、后出让"制度情况、 文物周边涉建项目审批情况、建 设过程中文物保存状况及危害影 响等进行检查评估,强化对大型 基本建设项目从施工准备到工程 实施的全周期监测,避免因未履 行考古勘探程序造成文物破坏, 以及施工过程中损毁不可移动文 物等现象发生。

其三,遥感考古工作。结合 当前考古工作重点,获取我国境 内早期遥感影像、最新遥感影像 及高分卫星数据等,通过分析遥 感影像呈现的地表现状与光谱成 像规律,研究影像色调、纹理、 图案及其时空分布特征, 初步判 定遗迹的位置、分布及形态等属 性, 为考古单位在考古调查中发 现和识别古遗址、古墓葬, 以及 开展考古遗址测绘等工作提供技 术支持,服务于区域性、系统性 考古研究。

其四, 文物防灾减灾。运用 卫星遥感技术组织开展文物灾害 预警及应急监测工作,针对地质 灾害频发区域及受洪涝、森林草 原火灾等因素影响较大的文物保 护单位,结合卫星遥感与地面传 感器等技术构建"天地一体"的 文物灾害预警监测体系,提升灾 害来临前的预警能力与灾害发生 时的快速响应能力。同时,利用 卫星遥感技术对文物受灾区域进 行监测,为文物行政管理部门准 确评估灾害影响、制定精准救灾 方案及实施灾后文物保护提供重

综上,卫星遥感技术通过 "基础性监测一专题性监测"双 层架构,将常态化监管与专项任 务有机衔接,形成了覆盖文物普 查、执法督察、考古研究及灾害 管理的全链条技术体系, 为不可 移动文物的系统性、精细化、智 能化保护提供了高效方式。

### 卫星遥感技术在不可移动文 物领域应用的标准化路径

卫星遥感技术在不可移动文 物领域应用的标准化路径构建, 需在技术应用实践中重点关注以 下两个核心维度的规范化建设:

数据资源标准化处理。首 先,在充分吸纳既有研究成果 与实践经验的基础上,对获取 的多源、多时相卫星遥感影像 开展辐射校正、几何精校正及 正射校正,统一投影与坐标基 准,对获取的各类卫星遥感影 像数据进行系统化解译与标准 化处理,实现文物空间地理信 息的精准落图。在此基础上, 依据监测任务类型分别处理: 其一,面向基础性监测,需对

文物本体及其周边地物的变化幅度、变化成因及变 化时间进行长时序定量对比分析; 其二, 面向专题 性监测,按照分辨率、光谱特征、成像角度等差异 化需求,依据不同应用场景的技术指标对影像数据 进行定制化加工, 最终形成满足各应用场景功能需 求与质量标准的卫星遥感影像数据集

工作流程标准化构建。遥感解译及变化图斑核 查工作流程的标准化构建,需研究制定适用于文物 卫星遥感监测的技术要求与指标体系, 明确文物卫 星遥感监测应用场景拓展的技术研发方向。

其一,标准体系建设。以既有实践经验为参 照,构建覆盖"技术要求一指标阈值一工作流 程"的完整规范:制定不可移动文物遥感影像定 点落图技术规程;建立疑似变化图斑提取标准, 明确最小可识别单元、变化阈值及误差容限; 完 善外业复核登记表指标体系,统一填报字段、量 纲及代码规则;编制外业复核工作规程,细化现 场定位、拍照举证、信息回传的操作细则。其 二,流程机制与工具开发。在制度层面,构建 "遥感初筛一外业复核一执法联动"三级闭环管理 流程;在技术层面,研发移动端核查应用程序, 集成图斑自动导航、现场拍照举证、法律法规条 款推送与在线回传功能,实现现场核查工作的一 体化、无纸化与可追溯化,从而整体提升文物遥 感监测的标准化与规范化水平。

卫星遥感监测技术的综合应用,可凭借大范 围、周期性、高精度的数据获取能力,有效破解 我国文物数量庞大、空间分布广泛与保护管理人 力资源相对不足之间的结构性矛盾,从而在监管 维度与监管效能双重层面显著提升文物治理现代 化、科学化水平。与此同时,人工智能算法的持 续迭代为遥感数据处理提供了新的技术杠杆,通 过构建适用于文物监测场景的算法模型,并依托 海量多源监测数据开展深度训练, 可逐步实现卫 星遥感数据的自动化识别加工、多期影像的智能 化比对分析及变化图斑的自动化提取等核心功 能,进而显著提升文物遥感监测工作的效率与精 准度,为文化遗产系统性保护提供强有力的技术 支撑。文物遥感监测的工作效率与决策响应能力 也将得以系统性跃升。

(作者单位:中国文物信息咨询中心)

# 数智赋能与山东秦汉碑刻AI知识库 构建路径探析

山东现存大量珍贵秦汉碑刻,在文 化遗产数字化保护与人工智能技术深度 融合的背景下, 山东秦汉碑刻的保护与 研究面临资源分散、跨机构协同不足、 数字化标准缺失等挑战,导致秦汉碑刻 信息得不到充分发挥。本文拟依托AI技 术构建全省秦汉碑刻文物数字化保护体 系,通过标准化建设、智能研究与共享 平台搭建,实现文物信息的永久保存、 资源高效利用及公众参与度提升。

保

## 山东秦汉碑刻AI知识库实施背景

山东秦汉碑刻具有深厚的历史积淀 与多元的文化价值,是传承民族文化、 凝聚精神共识的重要载体。在当代文化 遗产保护视野下, 山东秦汉碑刻的整理 与研究仍需坚持多学科协同,通过科技 保护与传统考据的结合, 使这些"石头 上的百科全书"持续焕发新生。

当前国内秦汉碑刻保护与研究仍存 在短板:多数地区的调查停留在文献整 理阶段, 系统性数据库尚未建成; 山东 地区以山东省石刻艺术博物馆为代表的 专题性科研机构虽已完成秦汉碑刻田野 调查,却在资料库建设、数据利用与信 息共享等方面存在一些不足。

当前,加强文物保护信息化建设, 开展数字化工作,推进文物资源的数字 化采集与展示利用逐渐显现常态化趋 势。在此背景下, AI技术已成为激活文 化遗产价值的核心引擎,为文物保护、 研究与利用提供了技术革新的可能。

## 秦汉碑刻AI知识库构建目标

多源数据标准化采集与整合。采用 田野调查、文献检索及机构合作共享模 式,系统收集碑刻原石、拓片、照片等 图文资料,同步记录时代、地点等基本 信息,建立包含文本、图像、三维模型 的标准化元数据框架。

高精度数字化处理与智能解析。运 用高清扫描、三维激光扫描等技术对碑 刻进行数字孪生建模,结合OCR技术与 NLP语义分析完成碑文文本的智能识 别、断句标点;开发AI视觉算法实现碑 刻风化损伤自动检测,利用图像增强工 具修复破损碑文。

多层级数据库与山东秦汉碑刻AI知 识库。设计支持结构化(时空标签、分 类数据)与非结构化数据(3D模型、视 频)的混合存储架构,采用MySQL与 NoSQL结合的数据库方案,确保跨平台 兼容性; 搭建集成山东秦汉碑刻 AI 知识 库,实现关键词、时空、语义多维度检 索,嵌入文本挖掘、书法风格比对等分 析工具,同步开发AR导览、互动释读等 众服务模块,满足学术研究与科普教 育双场景需求。

AI技术赋能知识服务与应用。基于 超星汇雅大模型与 DeepSeek 技术,构建 碑刻知识增强智能体,通过RAG检索问 答机制与重排序模型,实现碑文内容的 智能问答、学术文献关联推荐;针对中 小学历史课程等场景, 开发碑刻文化案 例生成功能,采用分层次溯源与双重校 验机制,确保AI输出知识的权威性与可 溯源性,降低模型"幻觉"问题。

跨机构协作与可持续发展机制。联 合高校、博物馆等机构,参照方案中知 识共识机制,制定数据共享协议与安全 规范,通过API接口实现跨平台数据交 互;采用区块链存证与分布式存储技术 确保数据永久保存,每季度更新新增碑 刻数据,依托开源架构推动功能迭代, 建立"采集—加工—应用"的协同工作 流程与长期维护机制。

# 秦汉碑刻AI知识库构建路径

资源碎片化与标准缺失的系统性解 决。秦汉碑刻资源集中于各地博物馆、 考古机构及科研院所, 缺乏统一的元数 据标准,导致"数据孤岛"现象严重。 山东秦汉碑刻AI知识库中多模态数据处 理框架,制定覆盖碑刻材质、形制、碑 文释文、时空信息等维度的标准化元数 据体系,通过"数据源导入+爬虫抓取" 的采集模式,整合分散的原石影像、拓 片图文及文献记录,实现从"碎片化存 储"到"系统化关联"的升级。

跨机构协作与动态更新机制的构 建。山东秦汉碑刻AI知识库中"跨域知 识超网络"理念,山东秦汉碑刻AI知识 库搭建AI驱动的跨机构共享平台,通过 API接口实现高校、博物馆等机构的碑刻 数据交互。平台采用"自动化采集+增量 学习"机制,实时同步新增碑刻数据, 避免重复采集与标准冲突。

跨模态数据的智能处理与检索优 化。针对原石三维模型、拓片图像、碑 文文本等多源异构数据, 山东秦汉碑刻 AI知识库中"向量数据库+Elasticsearch (搜索服务器)"的混合存储架构,通过

石刻AI知识库为例:覆盖的知识类型 石刻原文 地理位 数字化 置与分 石刻 石刻 艺术 概述 风格 研究 保护修 石刻AI 学术 复数据 成果 知识库 石刻技 拓片知 相关 文物 形质 人物 词典 类型 碑刻资讯 石刻

## 全域AI知识库服务的支撑



AI知识库构建



科研场景

文本向量化与多维索引技术,实现跨模 态数据的高效关联。

AI驱动的碑文智能释读与断代支 持。依托山东秦汉碑刻AI知识库中RAG (检索增强生成) 机制与大模型能力, 开 发 "OCR识别+NLP语义分析"双引擎 系统。通过 DeepSeek 模型对风化碑文进 行特征提取,结合超星汇雅大模型的历 史知识图谱,实现碑文断句标点准确率 达95%以上,并辅助断代研究。

区块链存证与分布式存储的永久保 存方案。山东秦汉碑刻AI知识库中数据 安全与隐私保护技术,将碑刻元数据与 三维模型上链存证,结合分布式存储确 保数据不可篡改与长期可用。

知识即服务(KAAS)模式的共享体 系构建。基于山东秦汉碑刻 AI 知识库中 "AI知识库订阅"模式,平台将碑刻数据 拆解为"基础元数据—分析工具—科普 模块",支持学术机构按需订阅三维模型 与研究数据,同时为公众提供AR导览、 互动释读等轻量化服务。

技术融合的系统性解决方案。山东 秦汉碑刻AI知识库中的核心技术(如 知识图谱、多模态引擎、RAG检索问 答),构建"采集一处理一存储一应 用"的闭环体系:标准化层面:以元数 据标准为基础,整合分散资源,解决 "格式不统一、关联缺失"。技术应用层 面:通过大模型与智能检索技术,提升 多源数据处理效率,突破"人工依赖、 响应滞后"。

# 山东秦汉碑刻AI知识库构建特点

实践性。系统性实施路径明确。紧 扣国家文化数字化战略和文化强省建设 目标,确立"元数据标准一数字孪生一 智能应用"三层架构实施路径,依托高 校资源,整合博物馆、地方单位等多方 力量,形成高效协同的文物数字化保护 机制。多技术融合落地实践。融合三维 建模、计算机视觉、OCR识别、语义理 解、知识图谱构建等关键技术,在馆 藏、野外遗存多种场景中开展数字采 集、建模与智能标注,完成多通道数据 采集与试点平台搭建,积累大量样本数 据。"保护—研究—教育"三位一体应用 拓展。该项目不仅推动AI辅助断代、释 读、比对等智能研究应用场景建设,还 设计了基于文物素材的互动可视化教学 与公众传播内容,逐步构建起具有示范 效应的智能化文物知识服务平台。

创新性。首创省级秦汉碑刻元数据 标准体系。制定并试行文物全生命周期 元数据模型,填补国内同类文物分类标 准空白,兼顾文保机构信息规范化需求 与学术研究的多维度信息结构需求,为 后续全国性文物数字化标准建设提供参 考。突破传统人工瓶颈的 AI 智能研究 路径。基于大模型驱动与训练样本构 建,开发碑刻文字AI断代与释读模 型,极大提升研究效率,并推动传统文 献学方法与数据驱动模式的融合创新。 多场景融合的"知识活化"应用模式。 以保护为底座,研究为支点,教育与传 播为延伸,实现碑刻资源从"静态存 档"向"动态服务"转化,拓展了碑刻 文化的数字教育、文博传播与文旅体验 新路径。

示范性。具有可推广价值的"标准 建设一智能识别一平台共享"技术路 径。项目打造的三层架构与一体化工作 流程, 为其他区域类文物、非遗数字化 保护提供具参考价值的技术路线与管理 机制。可复制的高校+文博机构协同机 制。整合高校科技研发能力与文博单位 资源优势,建立协同采集、共享平台、 成果转化的产学研共建新模式,具有较 强的复制推广价值。可持续运营的公众 文化服务平台雏形。以知识图谱和语义 搜索为支撑,构建面向教育、公众与专 业研究者的多层次服务体系,提升公共 文化参与度,增强传统文化传播力与影 响力。

山东秦汉碑刻AI知识库项目的构 建,有利于建立国内领先的省级文物 AI 应用示范体系,让山东在文物数字化与 人工智能融合领域迈出关键一步,填补 了区域性文物数字化保护的空白,也为 全国文物数字化发展提供了实践价值、 创新路径与示范意义的应用样本。通过 标准化与智能化建设,不仅实现秦汉碑 刻文物的永久性数字留存, 更通过跨机 构共享与多场景应用,推动历史文化研 究从"经验驱动"向"数据驱动"转 型,为公众提供沉浸式文化体验,助力 山东文化强省战略与文物保护事业的高 质量发展。

(作者单位: 山东省水下考古研究中心)