

在山西朔州，矗立着一座已有969年历史的古塔——应县木塔。这座始建于辽代、高达67.31米的木构瑰宝，以精巧的榀卯结构闻名，是世界上现存最高大、最古老的纯木结构楼阁式建筑。历经近千年风雨侵蚀，应县木塔已出现倾斜，保护任务日趋严峻。

面对保护与活化的双重挑战，联想集团与清华大学建筑学院携手启动“AI智慧应县木塔”项目，将以AIGC空间计算、具身智能为代表的数智化技术，应用于应县木塔的数字化保存、创造性转化、智能化监测，形成覆盖“保护—研究—活化”全链条的数字化保护方案。

今年，“AI智慧应县木塔”项目入选《世界互联网大会文化遗产“数字化案例集(2025)》，并亮相世界互联网大会文化遗产精品展，充分展现了该项目在文化遗产数字化保护与创新性传承领域的示范引领作用。

数字化保存：为木塔“永生”构建数字档案

“AI智慧应县木塔”项目创新性地采用“空间计算AIGC+具身智能”双轮驱动技术框架，在数字世界中构建起高精度的“木塔孪生体”，逐层还原了应县木塔的完整构造与细节。该技术框架涵盖以下三大核心模块：

数据采集：依托联想集团具身智能六足机器人、最新一代无人机设备、360度相机，环绕木塔进行全景式扫描拍摄，完成木塔内外数千张图像数据的采集，积累一定量基础素材。

智能建模：利用AI技术，分析和处理收集到的基础素材数据，并通过深度学习和神经网络训练其对三维空间信息的智能感知和理解，构建出高度仿真的三维模型，快速且精确地重现建筑物的细节。

交互应用：利用XR技术，将生成的三维模型与真实世界或虚拟世界进行无缝连接，通过碎片化信息的整合和重构，实现三维模型在不同场景下的灵活应用和交互。

通过这三大模块的有机结合，“AI智慧应县木塔”项目成功为木塔建立了可永久保存、可持续利用的高精度数字档案，并随着技术的迭代不断注入新的生命力。

创造性转化：打造“云登塔”沉浸式文化体验

实现文化遗产的永续传承，保护是基础，活化是关键。为推动应县木塔的创造性转化、创新性发展，“AI智慧应县木塔”项目以高精度的数字孪生模型为基石，开发了高沉浸、强交互的“云登塔”VR体验应用，集模拟登塔、艺术还原、古今融合三大创新于一体，使公众得以突破物理访问的局限，深度感知木塔的历史底蕴与建筑价值。

为了打造身临其境的交互体验，联想集团通过集合人工智能(AI)、神经辐射场(NeRF)技术以及扩展现实(XR)技术的空间计算AIGC组合技术，生成具有真实、复杂几何形状和纹理的三维模型，累计运用基础素材超过1500万面片，完成unity编程接近6万行，手动渲染模型达4.2G。

在内容设计上，“AI智慧应县木塔”项目所打造的VR体验应用，不仅逐层还原复刻木塔一至五层的结构与细节，充分展现木塔的精巧结构，更将木塔的千年历史凝练于“对话梁思成”“绕塔飞行”等七大交互节点，以及“佛像藏经”“礼佛盛景”等十一处大型历史情景动画之中。

千年古塔迎数智新生

郭俐杉
胡永启

戴上VR眼镜，体验者就能穿越时空，回到辽、元等不同朝代，感受古塔在岁月中的斑驳，看周边人文风物的交融和变迁。在建筑内部，体验者可以通过透明化的斗拱欣赏精妙的榀卯构造；还可以飞出窗外，环绕观察木塔外景，获得360度观景体验。

智能化监测：六足机器狗构筑预防性保护防线

现阶段，我国文物保护工作理念正从抢救性保护转向预防性保护。随着项目的深入，联想集团携手清华大学—故宫博物院文化遗产联合研究中心，基于前期的数据积累与研究需求，试点性地将联想集团自主研发的具身智能六足机器狗应用于木塔的扫描建模与形变监测。

联想集团在此次项目中应用的具身智能六足机器狗集成了深度学习算法、多模态传感系统和仿生运动控制等前沿科技，搭载智能3D视觉系统，能够在非接触状态下实现毫米级的文物细节还原，有效规避了人工操作可能带来的接触性损伤，及在精度与效率上的局限。

此外，具身智能系统还赋予机器狗自主环境感知和决策能力，使其能在复杂地形中稳定移动和扫描拍摄。值得一提的是，联想集团的六足机器狗曾在今年年初赴南极中山站附近的冰盖地区进行科考测试，其在高寒、湿滑环境下的出色表现，为在复杂环境中的稳定运行提供了有力保障。

在AI算法的帮助下，研究人员和研究机构可以利用重建模型进行时序分析，通过对比历次扫描数据，自动检测木材形变、漆层脱落等细微变化，为木塔情况监测提供量化依据，助力木塔保护模式从“抢救性保护”转向“预防性保护”、从“经验判断”转向“数据驱动”、从“封闭作业”转向“开放协同”。

可复制经验：从技术突破到范式创新的跨越

“AI智慧应县木塔”项目的成功实践，不仅在于将AIGC空间计算、具身智能等前沿技术引入文化遗产保护的新场景，更在于其探索出了一套可复制、成体系的文化遗产数字化保护模式。

在技术层面，项目充分发挥了AI技术在解决非标准化问题方面的潜力，让应县木塔在数字世界中“活起来”。一方面，让建筑、壁画、文物等有形的文化遗产在数字世界中重获新生；另一方面，让三维模型、数字影像等无形的文化遗产得以衍生，实现对木塔生命力的延续。

在协作模式上，项目构建了“产学研”的协同框架，充分发挥联想集团与清华大学建筑学院各自优势。清华大学建筑学院依托其学术与科研实力，着重于木塔的内部木质结构建模与参数研究；联想集团则发挥技术优势，进行木塔高精度三维模型的构建和交互设计。

目前，“AI智慧应县木塔”项目的示范价值已获多方认可，不仅成功入选清华大学—故宫博物院文化遗产联合研究中心“建筑遗产价值阐释创新计划”首批课题，更作为中国文化遗产数字化保护的典型案例，亮相第二十届联合国互联网治理论坛(IGF)。

从数字永生到文脉永续，从专业研究到公众教育，“AI智慧应县木塔”项目用实际行动证明了科技创新在文化遗产保护中的巨大潜力，其技术路径为推动文物保护从抢救性保护向预防性保护、主动性保护转变，提供了可复用、可延展的中国方案。（作者单位：联想集团）

聚焦物质文化遗产数字化，可为绍兴古城保护利用解决三个痛点：一是古城保护“家底”不清。目前，古城内基础现状数据资源的掌握仍不完整，存在数据媒介缺失，数据准确度不高等问题，难以精准地开展古城保护利用。二是修缮恢复“蓝本”缺乏。绍兴古城内台门、历史建筑等保护对象以砖木结构为主，部分历史遗迹没有完整的建筑营造资料，一旦发生建筑坍塌、火灾等重大安全事故将造成不可逆转的损失。三是建设项目风貌管控手段不够全面。当前项目在规划选址、方案比对、方案审核过程中多角度、全局视野的直观效果呈现比较缺乏，整体风貌和古城肌理协调度不高，容易影响文化遗产的风貌。

面对以上困境，可以利用数字技术，建立古城资源数据库，留下古建现状全息记录，实现信息融合分析、规划决策辅助等功能，为古建修缮提供数据支撑，精准高效赋能城市更新和文化遗产保护。

实践技术框架

数据集成与动态管控：构建古城保护全要素资源中枢，摸清古城底数。构建畅通的信息流转载体和机制，高度集成市区两级、各部门的业务数据。通过统一存储、归集、处理、分析信息，实现资源的统一调度和动态管控。此外，梳理各方权责和业务管理需求，整合标准化的工作流程，实现信息总控和精细化管理。

跨部门协同治理：打造古城信息共享与联动管理平台。建立信息共享和高效协同的机制，制定标准化的数据接口、数据格式和模型类型。通过打通数据交互的壁垒，基于角色的用户权限控制，实现一个平台上多个板块的联动管理，从而促进古城保护利用信息管理系统协同调度和运营。

三维扫描：BIM+GIS赋能物质文化遗产数字化保护。利用BIM+GIS的三维可视化特点，采用无人机遥感技术，实现全区域定期更新、重点区块月度织补更新，打造古城三维实景地图；精准全面构建数字化矢量模型，对重要的文保单位和历史建筑进行激光点云扫描，对历史建筑开展高精度测绘建档，实现实景三维建模，真实还原古城格局、肌理和风貌，为保护古城风貌肌理和传承历史文化等提供数字支撑。在此基础上叠加应用，以数字化赋能政府决策。

实施路径

资源展示实景一张图。对接市、区部门，归集古城内各类关联属性数据，并以图层叠加的理念，形成多种资源图层，形成古城数字孪生底座。通过对古城资源、古城规划、古城风貌、辅助决策、项目研究等专题图展示与表达，对数据资源进行分类与整合，实现古城各类数据资源在“一张图”中的可视化展示，打通古城地理、历史文化、规划设计、保护名录、地名等信息的全业务、全要素管理，摸清古城底数，实现对古城风貌肌理的全息记录。

开展精细化扫描。采用无人机扫描、SLAM智能扫描机器人等新一代测绘地理信息装备，对重要的文保单位和历史建筑，如台门、历史建筑、名人故居、古桥等保护对象资源进行全息三维扫描，构建数字化矢量模型（精度厘米级），开展激光点云扫描（精度毫米级），建设保护对象高精度数字化模型，实现古城数字存档，并利用VR技术提供全新的古城虚拟游览体验。

规划辅助决策应用。在项目谋划决策时，利用“数字孪生”底图及各类数据集成，划出物质文化遗产保护范围和建控地带，结合建筑产权数据进行地块前期研判，通过将建设项目方案模型植入三维实景底图，从建控地带、空间视廊分析、周边建筑协调等方面进行全方位对比分析，动态比选建设项目是否符合古城风貌管控要求。

数据资源中心。提供资源大盘展示、资源目录展示、监控巡查、统计分析、目录管理、资源管理、数据源管理等功能，方便用户快捷浏览所需资源，实现对古城数字化模型、基础地理、保护对象、利用资源、规划专题、经济、古城项目、古城产业信息等数据的统一管理、发布、监控和服务共享。

创新突破

多模态数据高效采集建模。古城测区地物复杂、人流量大，利用无人机倾斜摄影测量、SLAM激光扫描、多镜头数字航摄影仪、手持式和地面架站式三维激光雷达扫描仪获取多源数据，通过共享特征迁移提取跨模态特征，以最大程度地捕捉多模态数据的多样性，实现倾斜摄影、激光点云、数字正射影像图、数字表面模型、数字高程模型、白模等室内外一体化多类型数据的快速、高效采集。

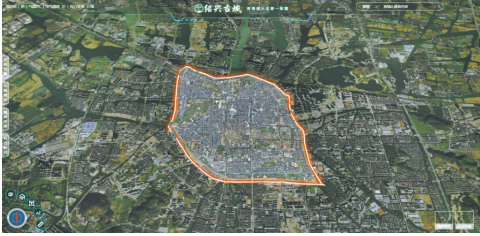
时空语义信息关联解析。古城建筑类型多样、存在遮挡，采用深度学习算法自动提取、精化建筑图斑，剔除基地轮廓的突出结构，强化实体语义信息内容。

信息管理系统数字化扫描赋能古城文化遗产保护

尹政威



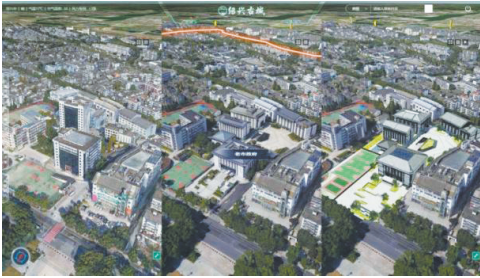
地块前期征收分析



资源展示实景一张图



室内高精度数字化模型



规划项目三屏对比

基于先验知识和多尺度约束构网精准捕捉数据细节、修复结构，构建跨模态时空大模型进行空间关联性分析，实现不同精度级别、不同复杂度数据的关联解析、结构修复和完整建模。

海量实景三维数据智能化管理。基于PopCity3D引擎快速搭建地理场景和实景三维管理平台，创新多源异构数据多尺度融合技术，建立快速高效的三维模型动态更新机制，实现高复杂性多源海量实景三维数据的标准化管理。综合使用多维索引模型和视觉机制技术，显著提升三维场景的渲染效率与视觉真实感，打造清晰逼真的可视化展示系统。

可推广经验

“规范化”的古城数字底座。通过建立《绍兴古城保护利用信息管理系统数据规范》，出台《绍兴古城保护利用数字管理平台共建共享实施方案》等机制，推动古城业务数据的标准化、规范性建设。打破体制壁垒，统筹协调市、区各级各部门，改变了原先“九龙治水”“各自为政”的局面。古城数字孪生底座的形成，实景三维底图和业务数据的动态更新，是对古城全空间、全要素的动态记录和展示，有效助力古城物质文化遗产保护数字化、治理高效化，是数字政府、数字经济重要的战略性资源和生产性要素。

“全闭环”的古城保护流程。依托数字孪生数据底座，建立“监测、预警、处置、评价”保护利用模式，实现古城保护全过程多场景仿真模拟。建立古城资源“一个库”、规划研究“一张图”，实现项目决策、文物监管等从“经验决策”向“大数据决策”转变。

实践效果

底图与数据动态更新。定期更新古城全域三维实景底图，对重点区块进行月度织补更新，实景三维底图动态更新。目前已收录古城内文保单位（点）、历史建筑、传统民居等13类传统资源、30余类公共配套资源图层，归集14787幢房屋影像及基本属性，精细化扫描重点文保单位99处、历史文化街区街巷30.88公里，历史建筑测绘建档55处等。

规划辅助决策。以“在虚拟世界仿真，在物理世界执行”理念，通过重塑业务流程，实现资源多元展示、信息融合分析、规划决策辅助、实时监督管控等功能，精准高效赋能城市更新、管理，助力政府决策更科学。目前已辅助重大项目19个，涉及面积30余万平方米。

取得荣誉。该系统荣获2022世界智慧城市大奖·中国区复苏创新大奖、2020年度地理信息产业优秀工程银奖、地理信息科技进步奖，被评为浙江省“观星台”优秀应用等，入选浙江省数字化改革特色应用成果、省域空间治理数字化平台“最优场景”及省建设厅2023年度城乡历史文化保护与传承示范案例，获省数字文化第一批优秀应用等，被住房和城乡建设部推荐为典型案例，参加第五届数字中国建设峰会，参加全国城乡历史文化保护传承高峰论坛，入选自然资源部、国家数据局典型案例，受邀在2025年世界互联网大会文化遗产数字化论坛展览展示。

未来前景及工作计划

进一步夯实数据底座。一方面，完善古城传统资源录入数据更新要求及标准，不断新增或接入各类数据，持续对古城变迁进行实景记录，形成古城数据资源库，并保持数据更新；另一方面，做好数据清洗、加工、编目、归集工作，将可共享的数据共享给有需要的部门，提高数据利用率。

进一步做好系统运维。充分发挥数字孪生底座优势，基于各部门相关数据，结合配套物联网设备，做好系统运维工作，持续扩大应用实用成果。

（作者单位：绍兴市历史文化名城保护服务中心）

欢迎
订阅

2026年度
《文物天地》

《文物天地》由国家文物局主管，中国文物报社主办，以文物价值阐释传播为宗旨的文物综合性学术期刊，立足文博行业，服务文博机构，聚焦业界，辐射大众，致力于建设文物学术研究成果转化的高地，面向公众做好文物阐释普及，为文物事业高质量发展提供学术支持。

■ 订阅方式

全国各地邮局可随时订阅，
邮局发行代号 2-29，
国内统一刊号 CN11-1533/K

■ 定价

每月1日出版，每期128页，定价40元，
全年定价480元（含手机数字版）

■ 联系方式

发行电话：010-84079040
地址：北京市东城区东直门内北小街2号楼 邮编：100007

文物天地

CULTURAL RELICS WORLD

国家文物局主管
中国文物报社主办

总第409期
2025年7月

让历史在博物馆中
纪念·记录·考古·研究

青岛博物馆成立40周年

中国文物报社聚焦主责主业改革发展，守正创新，初步形成一报两刊三个新媒体矩阵和多个系列品牌产品集群相辅相成相得益彰的中国文化遗产总体传播格局，正在打造具有较强传播力、引导力、影响力、公信力的中国文化遗产传播中心。一方面，推进传统媒体与新兴媒体深度融合发展，实施中华文物全媒体传播计划，从小传播走向大传播，建设以纸媒传播为核心的全媒体综合传播矩阵；另一方面，坚持内容为王，服务至上，以主业带动辅业，以辅业反哺主业，从小服务走向大服务，建设以内容服务为核心的全方位综合服务平台。如今已经初步构建云考古、云展览、云课堂、云讲解、云直播、云文创、云文旅等多种形态新型产品链，形成专刊特刊、教育培训、遴选推介、会议展览、规划咨询以及影视视听等多个系列品牌产品线，为全行业乃至全社会提供专业化细分化和大众化趣味化文化遗产传播服务。

现面向文博行业和相关领域长期征集合作伙伴和合作单位

MicroWise
— system —
元智系统

应用场景：
博物馆、遗址区、考古发掘现场、图书馆、档案馆、革命纪念馆、旅游景区.....

智慧保护：

环境调控、环境监测、本体监测、储藏设施、文物展柜、文物运输监测、文保修复实验室装备.....

智慧管理：

藏品管理、资产管理、人员管理、客流监测、数字资源管理.....

智慧服务：

数字化采集、数字化展陈、智慧导览、展柜换气率评测服务、熏蒸消杀服务、咨询服务.....

官方微信

官方网站

西安元智系统技术有限责任公司
MicroWise System Co.,Ltd.

联系人：张磊13572270596
座机：029-88346362
邮箱：info@microwise-system.com
网址：www.microwise-system.com