

传统田野考古发掘时,经常会使用文字、图纸、照片来记录遗迹信息。随着考古学发展,使用传统采集资料的方法,已经无法满足现代考古学研究的需求。《田野考古工作规程》中明确要求,遗址发掘需要建立遗址的考古地理信息,使用统一空间坐标系,对遗址进行数字化。运用数字化手段全面采集田野考古资料已经成为科学考古发展的必然趋势。

数字化考古是以计算机技术为基础,运用现代多媒体数字技术、测绘技术、遥感技术、三维重建技术、地理信息系统、数据库、虚拟技术、互联网技术及人工智能技术等,将遗迹转换为数字形式,实现对遗址综合性分析和研究的过程。

近几年,数字化技术得到快速发展和普及,为考古学研究提供了新的方法。殷墟遗址采用多种数字化考古技术取得了显著效果,丰富了现代考古学记录信息的形式,同时也确保了遗址的科学化、系统化发掘,为持续开展考古工作及研究遗址整体布局提供了基础保障。

数字化技术的综合运用

目前数字化技术成熟且在殷墟遗址得到广泛应用,有:计算机绘图、RTK测绘、多视角三维重建、考古地理信息系统及人工智能等。

计算机绘图

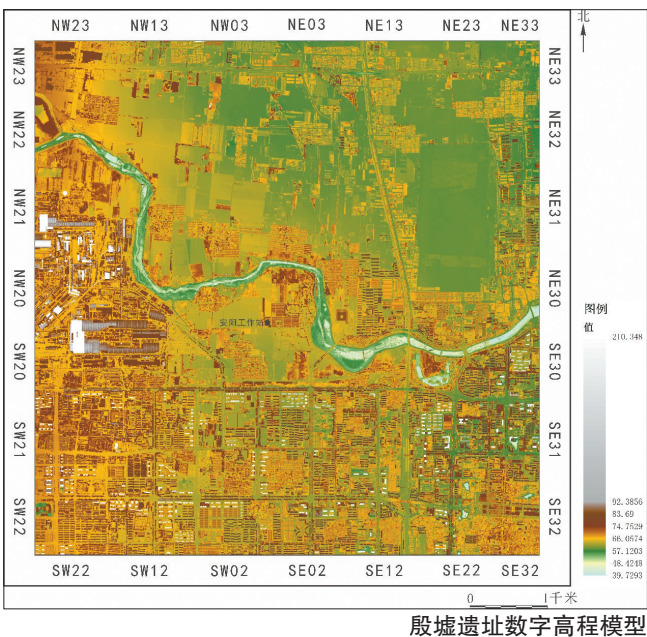
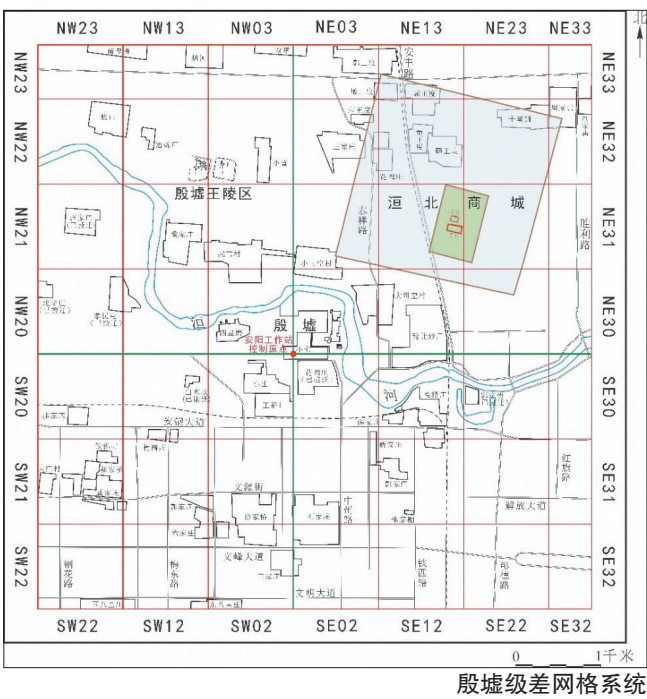
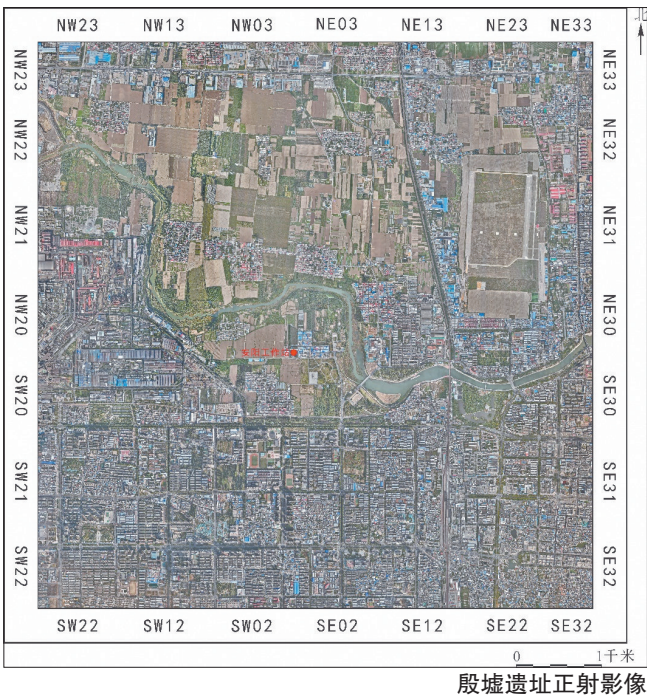
殷墟遗址常用的计算机绘图软件有: Adobe Photoshop、Adobe Illustrator、CorelDRAW等。计算机绘图软件的使用,实现了由纸质图像转化为数字图像的功能,确保了数据格式的通用性,为数字化考古提供了基础数据及信息。将数字图纸导入绘图软件中,可以完成电子线路绘制工作,已经完全取代传统硫酸纸绘制线图的繁琐方法。

其中Illustrator与CorelDRAW软件通常用于遗迹图及器物的绘制,例如总平面图、探方图、遗迹图及器物轮廓图等。Photoshop主要用于器物纹饰的绘制与编辑。因其具有专业的笔刷工具,可以非常方便地绘制器物纹饰,同时兼容数位板、数位笔等硬件设备,相比使用鼠标绘制效率更高,绘制效果更为立体丰富。

RTK测绘

RTK(Real-Time Kinematic)即“实时动态测量技术”,是以载波相位观测测量为依据的实时差分测量技术。通过基准站、移动站及GPS协同作业,获取测量点的三维坐标。RTK相比传统考古测量工具,具有精度高、受外界条件干扰少、操作简单、测量范围大、坐标数据符合测绘要求等优点。

殷墟遗址使用TRK“连续运行卫星定位服务(Continuously Operating Reference Stations)”即“CORS”模式进行遗迹测量。其优点是不需要建立基准站,仅通过移动站和卫星信号便可以准确获取遗迹“2000国家大地坐标系”的绝对数



多种数字化技术为殷墟遗址赋能焕彩

何凯 蔡奇岑

据,与国家地理坐标系建立有效关联。

以此技术为基础,在中国社会科学院考古研究所安阳工作站院内设置控制原点,建立“殷墟级差网格系统”,将殷墟遗址分为东北、西北、东南、西南四个象限区域,每个象限内以1000×1000米设置一个独立分区,制定一套以原点距离为依据的探方命名方法。实现了整个殷墟遗址的虚拟布方,同时将已发掘过的探方、遗迹和未来即将发掘的探方准确标注在遗址上,体现殷墟遗址发掘的连续性。

多视角三维重建

多视角三维重建是使用数码相机对物体进行多角度拍摄,获取物体的完整数字影像。然后将数字影像通过计算机计算,生成物体的三维模型。多视角三维重建相较于激光扫描仪、电磁波式扫描仪、超声波式扫描仪等方法,具有操作简单、适用范围广、建模成本低、建模自动化及建模精度高等优点。目前,殷墟遗址常用的多视角三维软件有Context Capture、Agisoft Metashape(原Photoscan)及大疆智图等。

Context Capture、Agisoft Metashape软件常用于遗迹及遗物的三维重建工作,配合计算机绘图软件,可以快速生成考古线图。大疆智图软件结合无人机超低空拍摄,获取殷墟遗址的数字影像,导入软件内可以制作殷墟的正射影像图。殷墟正射影像覆盖40平方公里,精度可达厘米级。使用该技术为殷墟遗址整体布局研究提供翔实的三维基础资料。

考古地理信息系统

地理信息系统即“Geographic Information System”,简称GIS,其功能主要是利用计算机对地理信息数据进行采集、集成、储存、检索和分析,它可以制作出各种地理信息数字化地图。殷墟遗址利用AutoCAD、ArcGIS软件制作遗址地理信息系统。

将殷墟正射影像导入AutoCAD中,设置2000国家大地坐标系数据,赋予正射影像坐标,可以拾取图上任意点的具体坐标数据,配合“殷墟级差网格系统”,实现虚拟布方、测绘数据管理及绘制遗迹位置图。

ArcGIS主要用于制作殷墟遗址整体遗迹分布图。以遗迹正射影像和高精度数字高程模型为底图,配合现有城镇、道路、水系数据,创建殷墟遗址名称地图。依据现有遗迹资料,按照年份、类型、项目名称等信息,录入ArcGIS软件中,与地理属性、文化属性进行关联,构建一体化数据库。同时ArcGIS可以根据需求快速导出所需遗迹种类分布图,且制图规范。

考古地理信息系统的建立,极大方便了殷墟遗址勘探、发掘过程中对资料数据的管理,确保了遗迹在遗址的空间位置,为研究遗址的空间分布,分析遗址布局,展示遗址可视化成果提供了强有力的技术支持。

人工智能

人工智能英文全称为“Artificial Intelligence”,简称AI。随着AI技术的发展,AI技术在考古中发挥着越来越多的作用,特别是运用AI技术,实现考古数据智能化处理:对破碎陶片扫描输入AI模型,进行自动匹配,修复还原;考古成果的可视化与虚拟修复等功能,逐步为数字化考古提供了新的方法。目前,国内常用的AI软件包括:豆包、DeepSeek、文心一言等。

殷墟遗址使用的AI软件包含豆包、DeepSeek等。以豆包为例,该软件覆盖文本、图像、语音等多模态交互,面向学习、办公、创作等全场景提供智能服务。在实际考古应用中,利用豆包软件可以绘制器物线图、辅助三维坐标重算及数据处理。

绘制器物线图:利用AI制图功能,可以非常方便地绘制器物线图。将器物正射影像或正投影影像添加至豆包软件,输入“按照考古器物绘图要求绘制成线图”的指令,豆包便会生成器物线图。但AI考古绘图处于起步阶段,自动生成的线图有时会出现偏差,因此需要人工进行修正。但通过这种方法,可以大大减少绘图人员的工作量。随着AI不断学习和发展,相信今后可以达到考古绘图的要求。

三维坐标重算:遗迹三维模型重建使用的坐标系为坐标北方向,有时会出现不符合考古绘图标准的情况,因此需要将遗迹旋转,并按照旋转角度重新计算新的控制点坐标,以满足考古绘图的要求。将坐标数据和旋转角度输入豆包软件,让AI计算出旋转后的坐标,重新输入到模型内,实现模型方向符合绘图要求,方便对其剖面进行切割绘制。

数据处理:Excel可以设置筛选分析数据等步骤,但操作复杂,命令繁琐,使用起来较为不便。使用豆包软件,输入需要分析的数据内容指令,系统会将指令进行整理,复制指令至Excel内,生成统计表格,该方法不仅省时省力,同时对操作人员的技术门槛要求较低。

人工智能软件的使用,提升了考古数据的利用率与科学性,为考古学提供全新的技术路径。

数字化技术的优势

数字化技术与传统考古技术相比具有显著优势:

数据格式兼容性强。支持多种图片格式、测绘格式及三维模型格式,可以与软件相互转换,共同使用,保证了数据的可靠性、易用性,也符合考古的科学性。

数据信息的全面性。多学科综合应用,不仅可以获取遗迹、遗物的图片信息,还可以获取遗迹的绝对地理信息、三维数据信息,与遗址的位置关系信息等,实现对遗迹、遗物全方位、多角度的认识和分析。

采集信息操作简单,获取数据精度较高,极大方便在考古学中的实践和应用。数字化技术的发展和更新,使软件和仪器操作越来越简单化和智能化。学习门槛的降低,提高了使用成效。数字化仪器获取的遗迹数据精度保持在毫米级,满足考古学的要求,为考古学提供精确的基础数据。

数字化考古资料易保存,方便检索使用。数字化考古资料可以存储在多种介质之中,如光盘、硬盘,储存容量大,占用空间小,同时也有极强的加密性。

具有丰富的展示效果。借助高科技硬件设备,如VR、AR等,可以还原遗迹、遗物三维动态信息,实现虚拟和真实相结合的展示效果。不仅利于考古学的保护与研究,还可以向公众积极推广展示考古学成果。

人工智能为数字化考古注入全新的方法,显著提升了工作效率。尤其在考古绘图、基础数据处理、算法运算及重复性操作等环节,AI软件凭借其高效的特性展现出巨大优势。作为新一轮科技革命的核心驱动力,人工智能必将为未来数字化考古的创新带来前所未有的机遇。

多种数字化考古发掘技术,为殷墟遗址勘探、发掘提供了新的思路和方法,提高了田野考古工作效率,确保了殷墟考古数据的完整性和精确性,同时也保证了殷墟遗址考古工作的延续性,为研究殷墟遗址提供了数据支持。数字化技术在现代考古中发挥着越来越重要的作用,数字化考古技术的快速发展,让数字化由单一技术向多学科交叉融合发展,并创造出新的技术与方法。数字化考古技术必将成为科学考古不可或缺的重要组成部分。

(作者单位:中国社会科学院考古研究所安阳工作站)



济渎庙元代主殿

晋东南地区保存着大量珍贵的早期木结构古建筑,是中国传统营造技艺的活态标本。位于山西晋城的高平市建南济渎庙作为全国重点文物保护单位,集元、明、清历代建筑格局于一体,空间形制完整,是研究区域祠庙体系、民间信仰与工匠技艺的关键实物例证。立足“十五五”文物事业高质量发展的时代背景,随着数字中国与文化强国建设深入推进,以三维激光扫描、人工智能、大数据、数字孪生为代表的现代科技,正为文物保护带来系统性变革。建南济渎庙数字化保护项目以科技赋能,探索古建筑全生命周期数字化保护路径,不仅为乡村古建筑保护提供了可落地的实践样本,也为文化遗产在数字时代实现永久保存、永续传承开辟了路径。

科技赋能的现实需求与时代背景

历经数百年自然风化与环境侵蚀,建南济渎庙木构梁柱、斗拱、墙体等,随着数字中国与文化强国建设深入推进,以三维激光扫描、人工智能、大数据、数字孪生为代表的现代科技,正为文物保护带来系统性变革。建南济渎庙数字化保护项目以科技赋能,探索古建筑全生命周期数字化保护路径,不仅为乡村古建筑保护提供了可落地的实践样本,也为文化遗产在数字时代实现永久保存、永续传承开辟了路径。

传统文物记录多依赖二维图纸,常规摄影与文字描述,数据精度不足、空间信息缺失,难以支撑结构安全分析、病害趋势研判与精细化修复设计。在文物保护由抢救性保护向预防性保护、系统性保护转型的关键阶段,依靠科技手段构建高精度数字档案、实现动态监测与智慧管理,已成为破解基层文物保护痛点的必然选择。

当前,大数据、人工智能、物联网等技术日益成熟,为文物保护提供了全新技术底座。近年来,国家持续推动文物数字化、智能化、标准化建设,鼓励构建统一规范的文物资源数据库,运用数字技术提升文物风险预警、价值阐释与公共服务能力。建南济渎庙数字化项目正是在这一时代背景下,以科技赋能文物保护的基层实践,旨在用数字技术为古建筑建立“永久数字基因库”,让文化遗产在数字空间获得永生。

建南济渎庙数字化保护的科技实践路径

该项目以“科技赋能、最小干预、精准采集、全链应用”为原则,整合多源数字技术,形成从数据采集到长效应用的闭环体系,全面提升文物保护的科学性与现代化水平。

多技术融合实现高精度数字采集。项目综合运用地面三维激光扫描、近景摄影测量、无人机倾斜摄影及结构光扫描技术,对济渎庙整体格局、建筑单体、结构构件与环境空间进行全覆盖采集。对斗拱、梁枋、木雕刻等关键部位实现毫米级精度采集,对弹划、题记、纹饰采用微距摄影与精细扫描,完整留存纹理、肌理与文字信息。全过程采用非接触式采集,不触碰、不扰动文物本体,在确保文物安全的前提下,实现文物信息的真实化、完整化、空间化记录,为后续应用奠定高质量数据基础。

三维建模与多源数据融合重构建筑基因。在原始点云数据处理基础上,完成去噪、拼接、配准与模型优化,构建高保真三维数字模型,真实还原建筑尺度、构件关系与空间形态。同步生成标准化测绘图纸,与三维模型相互校验,形成二维图纸、三维模型、高清影像的综合数字档案。模型支持构件拆解、尺寸量测、虚拟漫游、结构比对,为建筑研究、结构评估、修复设计提供精准可靠的数字载体,让古建筑从物理空间延伸至数字空间。

专题数据库建设夯实文物数字底座。搭建济渎庙专题文物数据库,整合基础信息、历史修缮记录、三维模型、点云数据、高清影像、测绘图纸等资源,实现数据统一汇交、分类管理、长期存储与便捷调用。数据库具备查询、统计、更新、导出等功能,既满足日常管理需求,也为区域文物大数据体系提供基层单元,为后续智慧化应用提供数据支撑。

数字传播推动文物价值活化利用。基于轻量化模型开发线上展示系统,通过虚拟展厅、VR沉浸式体验、短视频科普等形式,突破时空限制,向公众全面展示济渎庙的历史价值、建筑艺术与文化内涵。数字成果有效拓宽文物传播渠道,让深藏乡野的古建筑“上云上线”,推动文物保护成果更好惠及公众,也为文旅融合、乡村文化建设、研学教育提供了创新内容载体。

科技赋能济渎庙数字化保护的三维价值与实践意义

项目以数字技术贯穿文物保护、研究、管理、利用全过程,不仅有效解决了传统文保模式下信息不全、监测滞后、管护粗放等现实问题,更从信息留存、保护模式、管理效能、价值传播、技艺传承等多个维度,实现了基层文物保护工作的系统性提升。

在文物信息永久留存层面,数字化成果构建了一套可永久保存、可随时调取、可反复使用的“数字孪生档案”,彻底改变了传统资料易磨损、易丢失、记录有限的弊端。毫米级精度的三维模型、完整的点云数据、高清纹理影像与规范测绘图纸,共同构成了古建筑的“数字基因库”,即便未来建筑本体因自然侵蚀出现进一步损毁,这些数字资料也能完整保留其历史原貌,为文化遗产建立

数字赋能古建保护 科技续写遗产新篇

——高平建南济渎庙数字化保护实践与创新应用展望

张晓蕾 杨敬

起永不消失的数字备份,真正实现“让遗产永生”的保护目标。相较于传统纸质档案与照片资料,数字档案在安全性、完整性、可复制性上具有不可比拟的优势,能够跨越时空限制,为后代留存最真实、最精细的建筑信息。

在保护方式转型升级层面,项目推动文物保护从被动抢险转向主动预防,从经验判断转向数据支撑,从局部干预转向全周期管控。传统保护多在病害显现、结构受损后开展修复工作,不仅成本高、难度大,还可能因过度干预对文物造成二次影响。而数字化模式下,病害可量化、趋势可追踪、风险可预警。通过对裂缝长度、变形位移、风化程度等指标进行持续监测,能够科学判断病害发展速度与风险等级,为制定预防性保护措施提供精准依据。这种以数据为核心的保护思路,显著提升了保护工作的科学性、前瞻性。

在文物价值活化传播层面,数字技术打破了乡村古建筑地理位置偏远、可达性不足、展示方式单一的局限,让深藏乡野的文化资源真正“走出田野、走向云端”。线上展厅、VR虚拟漫游、科普短视频等多元化传播形式,降低了公众接触文物、理解遗产价值的门槛,既丰富了公共文化服务供给,也增强了社会大众的文物保护意识。数字化成果还可直接用于研学教育、文化宣传、文旅开发,使文物从静态保护对象转变为动态文化资源,实现保护与利用相互促进、良性互动,为乡村文化振兴与文旅融合发展注入新动能。

在营造技艺传承研究层面,高精度数字档案为中国传统木结构建筑研究与营造技艺传承提供了精准可靠的一手资料。斗拱形制、梁枋比例、榫卯结构、雕刻纹样等关键信息,都可以在三维模型中进行精确测量、结构拆解与工艺复原,为建筑史研究、营造技艺梳理、工匠技艺传授提供了重要支撑。相较于传统文字与图纸记录,数字模型能够更直观、更完整地呈现古代工匠的设计思想与营造逻辑,有助于推动传统营造技艺的系统性传承,为“中国营造”文化品牌的当代延续与国际传播奠定坚实基础。

文物数字化保护发展与展望

以建南济渎庙实践为基础,结合当前技术趋势,文物数字化保护在未来仍有广阔的拓展空间,尤其在智能化、融合化、场景化方向可实现更深层次突破。未来文物保护将进一步走向数字孪生全域应用。在现有三维模型基础上,叠加结构监测传感器、环境监测设备、安防监控系统,构建与物理建筑实时同步的数字孪生体,实现对温湿度、变形位移、沉降、虫害、火灾隐患等风险要素的全天候自动监测与智能预警,做到“未病先防、小病早治”。

人工智能将深度参与文物保护全流程。通过AI图像识别自动识别病害类型与发展程度,利用算法模拟结构受力与病害演化趋势,辅助制定修复方案;结合大语言模型对建筑题记、碑刻文字、营造规制进行智能解读,提升文物价值挖掘与研究效率,让科技成为文物研究的“工具”。

文物数字化成果将进一步融入公共文化与文旅产业。依托高精度数字资源,开发互动式展览、线上研学课程、数字文创、古建复原动画等产品,推动文物从“被保护对象”转变为文化创新资源。同时,通过建立区域文物数字共享平台,实现跨机构、跨区域数据互通,打破信息孤岛,让数字遗产真正服务于学术研究、文化传播与社会实践。

科技为文物保护注入新动能,数字为文化传承开辟新空间。建南济渎庙数字化保护项目,以现代技术破解传统文保难题,用数字档案留存历史印记,用智慧手段提升管理效能,用创新传播活化文化价值,是科技赋能乡村古建筑保护的生动实践。面向“十五五”及更长时期的文化遗产保护事业,应持续推动数字技术与文物保护深度融合,坚持保护优先、科技赋能、建用并举,不断拓展数字化应用场景,提升智能化保护水平,让珍贵古建筑在数字时代获得永久保存、永续传承,为传承中华优秀传统文化、建设文化强国提供坚实支撑。

(作者单位:山西文物博物产业集团有限责任公司 中国文物交流中心)



济渎庙中轴线