

数字“鲸落”

——“南海 I 号”数字考古探索

胡思源 黄青松 张文金

“南海 I 号”恰似一座深海中的“文化鲸落”，以沉船本体及 18 万件(套)船载文物为核心,持续释放历史、文化、科学与艺术的“养分”,滋养着历史学、考古学、材料化学、艺术史研究、海洋科学、海洋工程等多学科多方向的交叉生长。

针对“南海 I 号”这艘满载繁杂文物的沉船,考古发掘中同步推进数字考古工程,让这一“文化鲸落”在数字时代继续焕发全新生命力,成为世界文化遗产保护的典范。从意外发现,到整体打捞,再到全面保护发掘,“南海 I 号”的每一步探索,都标志着中国水下考古事业的前沿高度,更引领着水下文化遗产保护理念与实践的时代方向。

如今,“南海 I 号”现场考古发掘已完成,多年积累的巨量考古资料进入系统整理的关键阶段。如何延续“整体打捞”与“博物馆内船体与文物全面保护发掘”的历史荣光,在发掘过程采集的海量数字考古信息与数据基础上,进一步深化内涵研究——通过精细化发掘,系统性统计、深度分析与核心价值提炼,完成历年考古成果的系统梳理、文化内涵的精准阐释与展示利用的创新实践,进而为考古学学科建设注入更强动能,已成为考古队当前亟待攻坚的核心任务。

发掘阶段数字考古探索

在“南海 I 号”项目开始之前,考古队制定了详细且完整的技术路线,并研制了集成双向天车、激光扫描、摄影测量等多传感器于一体的空中智能测绘平台,可实现对“南海 I 号”挖掘面的影像、点云等数据采集。

在发掘采集阶段,使用 0.5 秒全站仪进行控制网测绘,布设发掘工地的整体坐标系统,并将采集到的空间数据纳入发掘工地的独立坐标系统之下,保障了数据采集的精度。同时,也肩负着对水晶宫钢柱、沉箱、船体沉降和变形监测的任务。另外通过手持三维激光扫描仪+高清数码相机对具有重要价值或急需保护的出土文物进行精细化采集,保留出土文物的完整信息。通过各类数据采集手段,我们能够精准获取控制点坐标、监测点坐标信息与出土文物坐标信息,同时获取发掘面、凝结物、船板、船木及文物的点云数据与纹理影像。此外,还会录制现场工作视频,对发掘现场作业情景进行详细、完整的记录。

在数据处理阶段,对采集获取到的数据开展了相应的处理工作,构建了针对发掘面、凝结物、船板、船木及文物等对象的数字化档案,实现了其三维模型、点云数据、纹理影像、全景影像、空间坐标、变形监测数据、现场视频、二维

线图等成果的数字化留存。同时基于数字档案,输出了相应监测报告,提升了对水晶宫、沉箱、船体的沉降与变形状态的监测预警能力。

三位一体的全面发掘保护案例创新

“南海 I 号”项目在长达 10 年的保护发掘过程中,构建了“考古发掘、现场保护、展示利用”三位一体的全面保护发掘技术框架,实现数字考古创新突破。

技术创新:搭建非接触式空中智能测绘平台。研制了国内外首个集成双向天车、激光扫描、摄影测量等多传感器于一体的空中智能测绘平台,基于高精度工业级控制网的统一坐标基准,实现了毫米级、非接触、多视角、智能化的空间数据快速获取与构建,提升了考古发掘的精细化作业效率。

模式创新:创新“整体打捞+室内发掘+实时数字化”模式。以“南海 I 号”沉船整体迁移规避原址风险,室内可控环境精细发掘,全程实时数字化记录,及时捕捉文物堆积层位变化,快速生成时序空间数据,完整留存了考古全程信息,为后期回溯研究与虚拟复原、利用提供精准数据支撑。

应用创新:构建“数据关联-动态保护-场景重现”三维体系。语义关联数据库突破了数据孤岛,以“时空坐标+文物属性”为纽带,实现了多源异构数据的智能联动。变形监测系统构建起了“智能感知-动态识别-精准响应”的保护闭环,实现了从“被动监测”到“主动保护”的升级,为沉船结构安全筑起数字化防线。基于数据库,通过 VR 技术还原从“沉船原貌-发掘过程-文物堆积”的动态场景,可沉浸式追溯某件文物的原始位置与层位关系,为考古叙事提供“可交互”的数字载体。

数字案例实践效果

“南海 I 号”作为我国水下考古的标志性项目,其保护与利用社会效益成效显著。

社会效益:“南海 I 号”的考古遵循“整体打捞+室内发掘+实时数字化”模式,推动了我国水下考古学科的成熟与规范化,不但打造了中国水下考古的行业标杆,更是为世界水下文化遗产的沉船总体保护提供了中国方案。项目培育的“数字考古技工”等复合型人才团队,为我国水下考古储备了核心力量,目前已参与国内外 20 余个水下考古项目,推动我国从水下考古“追随者”成长为“引领者”。

“南海 I 号”的发现与整体打捞,不仅是中国水下考古

的“起点工程”,更将阳江这座位于南海之滨的城市推上了国际文化视野,让其成为中国古代海上丝绸之路的实物见证地。“南海 I 号”成为传播海洋文明与海上丝绸之路文化的重要载体,其“南宋商船”形象强化了公众对古代海洋贸易的认知。此外,“南海 I 号”的国际影响力持续扩大,通过与国外考古机构合作,举办‘南海 I 号’相关国际展览,其文物多次在海外亮相,向世界展示了中国古代海洋文明的开放与包容。这种文化交流在“一带一路”倡议背景下,为海上文明互鉴搭建了桥梁,彰显了我国文化遗产保护的国际担当。

“南海 I 号”构建了“沉浸式考古体验+系统性科普教育”的模式,成为全国首个水下考古主题教育基地,推动海洋文化教育纳入国民教育体系。

依托“南海 I 号”这一核心 IP,海陵岛整合沉船遗址、广东海上丝绸之路博物馆等资源,通过完善文旅设施、提升服务能级,助力其成为首批国家海滨AAAAA 级旅游景区,在产业链协同方面,“南海 I 号”带动形成了“考古科研—博物馆运营—文旅消费—文创开发”的完整产业链,促进了考古、文化、旅游、教育等多业态融合,推动文旅融合迈向新高度。

数字考古前景

“南海 I 号”的实践为水下考古提供了可复制的经验,构建了全面保护发掘全流程数据闭环,确保遗存信息的全程可追溯,创新了多学科协同模式,打破了考古与技术的壁垒。组建考古学家与工程师共研团队,让技术研发精准对接考古需求,在长期协同实践中培育出了兼具考古专业素养与数字技术能力的复合型人才——“数字考古技工”,为未来考古发掘、活化利用奠定坚实人才基础。

基于“南海 I 号”数字考古探索成果,结合广东省文物考古研究院的“文物考古人工智能应用实验室”,通过 AI 辅助水下文物考古数据室内整理、挖掘工作,打造基于“AI+水下考古”的典型案例。

船体保护:研发适配“南海 I 号”船体材质的新型加固材料与工艺,确保船体在长期展示与研究结构中稳定。

文物修复:研发基于人工智能点云理解的水下文物数据要素提取关键技术,实现文化基因特征提取,比对数据库自动匹配碎片拼接关系,为缺损部位生成符合时代风格的补全方案,以“智能识别+人机协同”模式,提升修复效率与精准度,成为文物修复的高效辅助工具。

智能识别:研发基于 AI 的智能识别校正技术,用于识别、提取瓷器、木板上保留的宋代墨书题记,构建水下文物墨书识别数据库,深度挖掘这些“隐形密码”背后的历史信息。

知识挖掘:依托 AI 构建“南海 I 号”时空特征知识图谱,整合文物数据、文献记载与考古发现,对文物数据进行深度挖掘和分析,揭示文物之间的关联性和规律性。同时通过自然语言处理解析史料,关联瓷器窑口、贸易路线、船员身份等信息,可视化呈现宋代海丝网络,辅助学者快速定位关联线索,揭示沉船背后的社会经济逻辑。

(作者单位:广东省文物考古研究院)

明州罗城遗址(望京门段)保护展示



2016 年,宁波市文物考古研究所联合厦门大学在对西门口(望京门段)的抢救性考古发掘中,发现了明州罗城遗址(望京门段)以及相关的遗迹、遗物。经权威考古专家举办论证会探讨,决定采用“大部分回填保护、局部揭露展示”的遗址保护与展示方案,原址建博物馆进行保护展示。2023 年,望京门城墙遗址博物馆正式与观众见面,这不仅是遗址的保护建筑,更是展示宁波千余年建城史的实证空间。

土遗址的保护和展示在南方潮湿环境下,容易出现渗水、开裂、生物病害、霉变等问题。经多轮专家论证与意见征询,编制了遗址保护方案,并采取多种保护监测方式助力遗址本体保护。主要包含三个方面:一是采取“小环境控制”方式,实现遗址环境相对稳定。在城墙遗址揭露区上方搭建双层电加热玻璃罩,并设置气相补水系统、新风系统,同时配备温湿度监测、遗址区水位控制等设施设备加强对遗址的日常保护监测。电加热玻璃罩封闭土遗址、模拟埋入地下的温湿度“回填”环境,这种方法既可以保湿、防止灰尘或其他污染物,又能够避免玻璃上出现冷凝水雾、有效保证参观效果;气相补水系统,使遗址土体含水率保持相对稳定,在玻璃罩内湿度低于 80%,或者土体表面出现干缩裂隙时,喷出水雾,给土遗址进行补水;新风系统可以保证小环境内的通风,促进空气流动。二是对遗址本体裂隙进行监测,实现裂隙长期稳定。在遗址上安装系列监测探头,对裂隙发展进行实时监测,并通过调控气相补水系统进行动态干预,从而使土遗址裂隙缩小并长期保持稳定状态。三是针对性灭杀,祛除生物病害。携手浙江大学等高校科研团队,对遗址本体表面生物病害进行取样分析,针对反复生长的短柄白鬼伞菌配置特调精油进行灭杀,喷洒精油后三天内,菌类明显干瘪、死亡,喷洒精油的区域可以在较长时间內阻断菌类再生。

望京门城墙遗址博物馆及遗址公园以明州罗城遗址(望京门段)文物本体为依托,在实现遗址保护监测的同时,将展览与研学教育相结合,在城市中心营造出独特的文化空间。一方面,基本陈列“千年城事”以城墙演变为主线,概括讲述了宁波古城风貌形成过程,并通过多种展示手段,立体描绘出宁波千年以来的城市发展脉络。另一方面,立足博物馆的文物资源优势、城墙的文化内涵和遗址保护监测的科学手段,以考古发现为依据,开发了一系列研学课程和宣教活动,扩展了博物馆教育的内涵和外延。

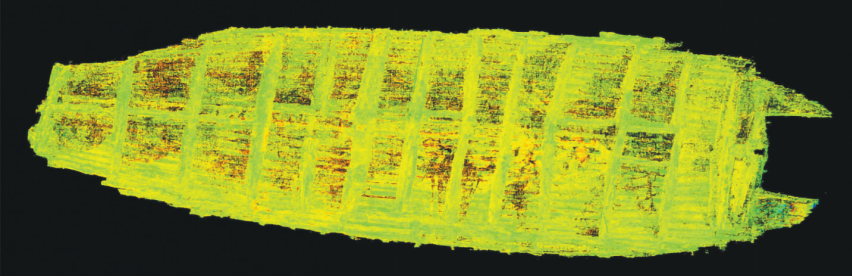
泰顺文化遗产监管保护平台



泰顺“文化遗产(廊桥)监管保护”应用旨在保护泰顺文化遗产,以廊桥保护为重点。针对文化遗产和廊桥监管保护和活化利用中存在的风险预警难、监管保护难、司法协同难、损毁修复难等“四难”问题,通过人防、物防与技防并重,着力打造“日常监管+文物执法+司法协同+应急处置+价值挖掘”全方位、立体化保护协同体系。

主要做法:一是通过技术监测,实现预警,人防处置预警,物防消灭安全隐患。技防上,安装了监控、AI 烟火智控摄像头、感温电缆、体征激光监测等设备。人防上,构建文保员、乡镇文旅员和文物管理单位三级人员体系,来协调管理廊桥。物防上,每座廊桥都设有应急物资仓库。二是通过制定法律和制度来协调和监管保护廊桥,比如出台《泰顺廊桥保护条例》《泰顺廊桥保护条例实施细则》《泰顺县文物和文化遗产保护司法协同实施办法》等等。三是廊桥历史信息留存,通过测绘和数字化手段留存廊桥最本真的历史资料和信息。四是建立培养造桥工匠机制,由于木拱廊桥独特的造桥工艺,相关营造技艺被联合国教科文组织列入人类非物质文化遗产代表作名录,大力支持和培养造桥队伍和技艺。平台目前可实现针对法人违法监督、恶劣天气预警、文物档案建设、文保巡查、险情监控、文物执法等 8 项功能。自上线以来共收集 5600 多万条信息,累计接收发现在文保单位內吸烟,焚烧香烛等消防等安全隐患 738 起,劝说、处理或整改 569 多起。

(供稿:浙江省文物考古研究所)



2023 年 8 月“南海 I 号”考古发掘全部结束后船体的点云数据



2016 年“南海 I 号”船货分布全景

