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人更强动能,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"考古科研一博物馆运营一文旅消费一文创开发"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。

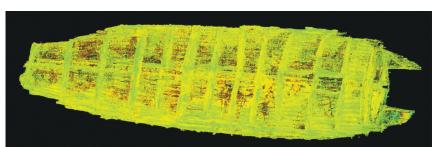
船体保护:研发适配"南海 I 号"船体材质的新型加固材料与工艺,确保船体在长期展示与研究中结构稳定。

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。

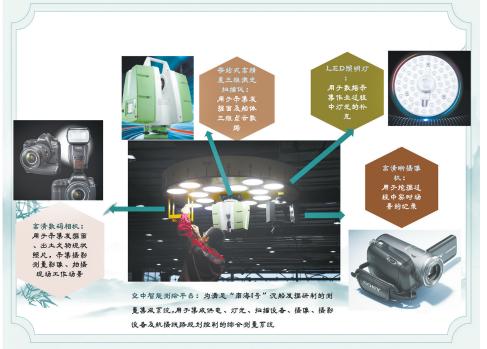
(作者单位:广东省文物考古研究院)



2023年8月"南海 | 号"考古发掘全部结束后船体的点云数据



2016年"南海 | 号"船货分布全景



非接触式空中智能测绘平台

峡江:以应急广播赋能文物保护

王晓文

峡江县地处江西省中部,历史底蕴深厚,文物资源丰富且类型多元。境内不仅有见证革命历程的全国重点文物保护单位峡江会议旧址,省级文物保护单位红三军团仁和会议会址、梅元支部旧址,县级文物保护单位南湖峡江县第一次党代表大会旧址,还有承载宗族文化与历史记忆的省级文物保护单位湖洲古建筑群、沂溪承恩堂,记录地方名人事迹与红色故事的金江西南区委旧址、芳洲胡金魁陈列馆等文物点41处。这些文物共同构成了峡江独特的历史文脉,是当地不可再生的文化瑰宝。

随着文物保护技术的发展,传统"人防为主、被动巡查"的文物保护模式,已难以满足全域、全天候、高精度的安全监护需求——部分文保场所地处偏远、人员值守难度大,火灾、人为破坏等风险隐患难以及时发现。在此背景下,峡江县创新探索"智慧广电+文物保护"路径,将已建成自然村全覆盖的村村通应急广播设施植入文物保护场景,以现有资源撬动高效保护,打破传统局限,为文物安全构建起无盲区、无空档、无错位的"智慧防护网"。

广覆盖:应急广播织就文物管理"全域防护网"

峡江县深度挖掘"智慧广电+"的潜力,以"应装尽装、全域覆盖"为目标,在文物保护地理版图上精准布局视播终端。目前已在水边、巴邱、仁和等9个乡镇范围内,针对不同级别、不同类型的文保场所完成设施加装:涵盖峡江会议旧址、湖洲习氏大宗祠、沂溪承恩堂、峡江县第一次工农兵代表大会旧址等各级文物保护单位,以及桂林中区列宁苏维埃小学、芳洲胡金魁陈列馆等7家列人江西省革命文物名录的单位,累计安装96个智慧广电视播终端。这一布局不仅实现了全县重点文保场所"无死角覆盖",还将原

本分散的文保点纳入统一的智慧监管体系,为后续多维度监测与全天候守护奠定了硬件基础。

多维度:构建文物安全风险"闭环感知体系"

为全面防范文物安全风险,峡江县在各文物保护点打造"设备监测+系统联动+人员响应"的多维度防护闭环。

全类型设备部署。在文物保护场所全面安装独立式光电感烟火灾探测报警器,并配套部署独立式烟温感、用电、用水、燃气等监测设备,覆盖火灾、漏电、漏水、燃气泄漏等主要安全陷息。实现"风险早发和、早预整"

主要安全隐患,实现"风险早发现、早预警"。 全流程系统管理。搭载功能完备的文物安全管理系统,涵盖工作台、数据监测、单位管理、设备管理、人员管理、报警配置、报警记录、故障记录、运维管理等模块,可实时采集、分析各文保点安全数据,清晰掌握设备运行状态

与场所安全情况。 全链条联动响应。系统开通专属短信资源包,预设联动机制——当监测到异常数据时,会自动向文物保护"六个一"责任单位负责人发送预警短信;若发生火灾等紧急情况,除现场设备发声报警外,全县文物监管平台会同步接收信息,快速启动"现场预警—平台响应—人员处置"流程,打通从前端监测到后端处置的"最后—公里",为文物安全筑起双重科技防线。

全天候:智慧远程看管实现"安全不打烊"

依托应急广播建设工程,峡江县在县文广旅局搭建起统一的文物安全监管平台,实现对文保场所的"24小时不间断守护"。

夜视功能保障夜间安全。为所有文物保护场所的视播终端配备夜视功能,即便在夜间光线不足的环境下,也能清晰捕捉场所内动态,避免"夜间监管空档"。

专人值守强化实时监测。安排应急广播专管员专职负责平台信息监测,一旦发现画面中出现破坏文物、损坏辅助设施的可疑行为,可通过远程喊话功能第一时间制止,将风险遏制在萌芽阶段。

宣传预警前置安全关口。充分发挥应急广播的传播优势,定时向文保单位周边居民、来访游客播放文物保护知识与安全警示语音,引导公众自觉保护文物,从源头减少人为安全隐患。

高效率:快速响应筑牢"文物安全屏障"

智慧广电在文物保护场所的应用,已多次成功化解文物安全危机,高效守护文化遗产。今年4月,持续暴雨天气导致巴邱镇两眼桥桥体出现裂缝,县文物安全监管平台实时捕捉到这一隐患后,立即组织人员冒雨赶赴现场抢修,避免了桥梁坍塌;今年7月,水边镇湖洲习氏大宗祠内,习姓族人修撰族谱时请木工制作樟木箱,木屑纷飞极易引发火灾,监管平台发现后,工作人员火速到场制止,消除了火灾隐患。

自"智慧网"建成以来,有效遏止了峡江县的文物损毁事件,成果赢得社会各界赞誉。峡江县以应急广播赋能文物保护的创新实践,既充分利用现有设施降低保护成本,又以科技手段提升保护精准度与效率,为新时代县域文物保护提供了可借鉴的"峡江方案",为守护历史文脉、传承文化遗产注入了持久动力。

(作者单位:峡江县博物馆)

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、模拟埋入地下的高湿度"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, 从而使得 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内阻断菌类再生。

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。三是廊桥历史信息的留存,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遗代表作名录,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内吸烟,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)