

# 文物保护技术装备学术研讨会发言摘要

9月26日至27日,文物保护技术装备学术研讨会在重庆市召开,与会嘉宾围绕党的十八大以来,我国文物保护装备产业化及应用工作已取得的成果与成效,立足新形势新要求,分析我国文物保护装备产业发展面临的机遇与挑战,探讨高新技术装备持续赋能文物事业高质量发展的趋势与路径。现采撷研讨会部分发言,以飨读者。

## 核技术在文物保护和研究中的应用

陈和生 中国科学院院士

工欲善其事,必先利其器。中国科学院高能物理研究所是我国从事粒子物理研究、先进加速器物理与技术研究及开发利用、先进射线技术研究与应用的综合性研究基地,是我国基础科学研究领域最大的研究所,拥有十余个大科学装置,运用核技术进行文物保护研究及其设备研发已有四十多年的历史,经验丰富,取得了大批重要成果。报告分享了国际上基于大科学装置开展的文物研究案例以及中国散裂中子源和北京高能同步辐射光源未来可能提供的研究手段,并对X射线荧光、CT成像技术、穆斯堡尔谱、缪子成像等其他核分析技术在考古和文物保护研究中的应用情况进行了介绍。中国散裂中子源、北京高能同步辐射光源等大型基础科学设施就像“超级显微镜”,是研究物质微观结构的理想探针,帮人类揭开微观世界的神秘面纱。这样的“超级显微镜”也是文物和考古研究的理想工具。中子衍射可以研究石、金、瓷晶体结构,中子成像可以研究内部的微观结构,中子反射可以研究表面、界面的结构,中子振动可以研究组分和化学键。文物的不可再生性和珍贵性决定了只能采用无损的研究手段,核分析技术的无损性和高穿透性极其适合文物保护和研究,因为中子没有物理损伤和热反应,穿透力强,能够进行地域和年代的识别。

中国科学院高能物理研究所于2023年获批建设“文物领域核技术与装备国家文物局重点科研基地”,依托大科学装置,围绕X射线CT成像技术、X射线荧光分析技术、辐照灭菌技术、宇宙线探测技术、穆斯堡尔谱技术、中子活化分析技术在文物领域的应用开展科学研究及装备研发,为我国文物保护和研究提供国际领先的技术和手段。

## 协同创新助力文物保护技术装备研发应用——故宫的实践与展望

王旭东 故宫博物院院长

“多位一体”的特点使得故宫在保护和利用的过程中面临着复杂的挑战,由于各种类型文物在材质构成、匠作工艺、保存状况、赋存环境等方面的复杂性及独特性,其保护需求必然是个性化、差异化的。报告从文物安全保障、材料科学化认知、病害勘察评估、

保护干预、文物预防性保护、数字化-智慧化平台建设以及技术-装备标准化等各个角度,梳理现状并归纳故宫在文物保护技术装备研发应用方面存在的问题。分享故宫的门禁系统、消防系统、文物藏品技术防范系统、不可移动文物的风险识别与监测、振动监测装置研发、裂隙传感装置研发、表面微变监测设备研发、高强不锈钢脚手架研发、地下管沟机器人研究和实践、可移动文物的科学分析与价值认知、可移动文物的预防性保护科技、故宫·腾讯联合创新实验室、数字展示装备等案例,进而从需求侧提出更有针对性、更明确、更具体的要求,并为全国文物保护机构提供可推广、可复制的经验,以更好地满足新时代文物保护事业高质量发展之需要。

需求是装备与装置研发的原动力,装备的创新促进文物保护体系的创新,文物保护科技装备的应用和改良是一个循环过程,需要政、产、学、研、用持续合作才能形成完整循环,不断提升文物保护技术装备的水平。

未来,在安全保卫方面,将引入人工智能、卫星定位等高新技术,助力安防体系建设。在文物保护修复方面,需要成套装备集成,减小移动设备体积重量,提高电池效能,持续加强跨学科合作,增强协同创新,一体推进装备的个性化和标准化。在文物数字化和展示利用方面,将通过面向特殊材质文物的数据采集装备,基于RFID、图像识别、区块链技术融合的文物电子标签,基于“数字孪生”的文博可视化服务平台,建设更智能、更全面的展厅环境监测和管理系统,进行全天候、不间断地实时监控和管理控制,既可以确保文物展出环境安全,又使观众体验更好。

## 新时期下文物保护装备发展新需求

苏伯民 敦煌研究院院长

国家高度重视文物保护工作,特别是习近平总书记对文物保护工作作出系列重要论述和指示批示,为新时代文物工作注入了新内涵、提出了新任务。近年来,文物事业快速发展,文物保护装备的各项需求也在不断拓展。

报告阐明我国文物保护装备发展的背景与意义和历史进程,各项措施实施成效和产业化及应用的发展成就。梳理分析了文物领域装备发展现状,指出文物保护装备大致分为文物考古技术装备、文物监测和风险预控技术装备、环境气象设备、监测预警平台、洞窟开放管理系统、文物安全和监管技术装备、分析与修复技术装备、数字化及展示装备、有实验装备及材料等。重点介绍敦煌研究院研制应用的文物修复三维仿真软件和系统、文物保护多场耦合实验室、辐照灭菌装置、智能移动式电子束辐照装置和空气灭菌装置、蕈素类抗菌防霉熏蒸剂及修复材料的应用。

文物保护装备的高质量发展对文物保护装备的依赖度会逐步增强,文物保护专有化装备的不断出现也会进一步促进文物保护技术的提高。未来,文物保护装备的发展方向大致如

下:装备的改进和研发要面向文物保护的场景化需要;管理系统智慧化,如安防系统、监测预警系统与游客管理系统的信息联动;文物数字化的采集、处理、储存及展示利用等技术标准统一化;面向文物保护研究及修复的各类检测装备的国产化;文博场馆设计要聚焦场馆使用功能,满足文物保管、文物修复、展陈展示、安全防护及文物运输的空间和技术安装需要;专有设备定制化。

## 大数据技术在文博行业的应用与展望

张继军 中国华录集团有限公司副总经理

新中国成立以来,我国在多次文物普查以及大型文物工程中积累海量数据,需要新的大数据工程进行治理与应用。报告从大数据技术三大工程出发,对文博大数据的治理与应用进行了展望。

首先是“纳百川,修堤筑坝”,建设底层大数据存储与算力平台,夯实文博大数据基础设施。华录蓝光技术、超级智能存储产品,以及在全国20个省(自治区、直辖市)落地的近30个数据中心,正在践行这一理念。

其次是“通支流,水系疏浚”,通过进一步数据治理,为海量的文博数据建立“线上+线下”开放共享的数字资源体系,构建文博大数据管理平台,让我国文物数据及文化工程的研究成果可以全面、精准、便捷地流动到数据的需求端。目前,面对文物数据采集缺乏统一标准、文物数据孤岛化严重、文物数据基础设施与管理亟待升级、文物数字化区域发展不平衡突出、文物数据专用工具欠缺、文物资源活化能力不足等问题,华录“易治”数据管理平台可提供业务、数据中台服务,以及智能运算、软件工具服务。华录“文物数据银行”探索将文物数据资产化的途径,实现文物数据的全生命周期管理,支持数据资产的评估、确权、监督管理、安全等关键功能。

第三是“促共创,繁荣生态”,围绕文博数据各种应用落地场景,形成文博数据丰富的文化生态。在面向文物行业的应用中,充分运用各类大数据技术,以更多更灵活的创新模式,例如“数据+博物馆”“数据+产业应用”“数据+Web3.0”,与行业形成良性的数据互动与技术支持。

## 馆藏文物一体化防震成套技术研究进展

葛家琪 中国航空规划设计研究总院首席专家、总结构师

《“十四五”文物保护和科技创新规划》提出“文物建筑结构稳定性评估理论与应用”(包括防震)纳入国家重点研发计划。馆藏文物防震仍然是国际性的科技难题,亟待开展“馆舍-展陈-文物”一体化防震关键技术研究。本研究建立了抗震固定措施对文物地震作用效应的预测方法,提出了以文物不滑移、不倾覆为性能目标,抗震固定措施的材

## 专题研讨会(一):文物风险管理专题研讨会 创新风险管理 科技守护文物

### 脆弱文物高性能保存装备及应用

郭晓光 天津森罗科技股份有限公司董事长

报告分析了脆弱文物保存现状及其环境影响因素,如生物侵害、温湿度波动、气体污染、氧化腐蚀等。从文物预防性保护角度出发,结合脆弱铁器和青铜器、脆弱有机质文物、饱水文物脱水干燥等研究与应用进展,分析脆弱文物与装备性能的关联性,提出高性能保护装备的设计思路,并对关键设计要素、重要指标、功能特性进行解析,重点论述高密封性、湿度稳定、低碳节能等对不同质地脆弱文物预防性保护的必要性。

脆弱文物保存对高性能保存装备有着迫切的需求。通过对有机文物进行的试验和研究,发现它们在长期储存过程中存在着断电或频繁潮湿引起的湿度频繁变化,对其构成“累积性”损害,使其面临酸化、氧化、降解、虫蛀、霉变等问题。高性能保存装备,如节能型恒湿洁净展柜、储藏柜等可实现文物1000天以上“恒湿、洁净、稳定”保护和环境调控的需求,平均节能90%。主动型恒湿洁净展柜、储藏柜和库房,由于气密性高,减少了设备调控次数,平均节能70%。符合文物领域绿色低碳发展目标,有助于提高节能降耗水平,降低运营维护成本,推进馆藏文物保存环境达标建设。

通过分析气密恒温恒湿洁净储藏库房、低湿低氧半展示干尸库房、恒温低氧展柜系统、双功能低氧杀虫装备、常压低氧气调杀虫室、气密柔性杀虫库、饱水文物低氧脱水干燥库房、考古发掘现场低氧考古实验室等案例,结合高性能保存装备的形式和应用场景,及其在脆弱文物保存、文物长期预防性保护中的应用,可以展望高性能保存装备的拓展前景和未来发展方向。

### 监测装备研发与故宫世界文化遗产监测体系建构

狄雅静 故宫博物院故宫世界文化遗产监测部主任

世界文化遗产监测作为认识文物古迹劣化过程以及发现文物古迹安全隐患的基本方法,其工作嵌入以风险管理为理论基础的预防性保护工作全过程。无论是哪个风险管理流程的监测,最终都可以分为对风险要素清单组成部分的监测,即风险源、风险事件、风险后果。

覆盖所有遗产要素损伤评估的故宫遗产监测技术实施体系包含了日常巡查、定期巡视和专项监测三类技术活动,其中监测装备的体量量、需连接机电与有线网络、有损安装、电池续航时间短等问题长期制约了遗产专项监测的开展。

近年来,小体量、无线传输、无损安装的振动、倾斜、裂隙、表面微变等监测设备的研发,为世界文化遗产劣化数据的获取提供了新的方案,在故宫博物院广泛应用的同时也改变了故宫博物院遗产数据管理系统的架构方式和技术实施路线,如所有动态数据都放在了外网,形成需求促进技术研发,技术进步扩大需求内涵的良性循环。

现在新研发的设备虽然很好,但是在使用过程中还存在很多问题,如系列产品研发问题、损失面评估问题等。未来,还需要提升精度和稳定性、电池续航能力、电池更换便利性,加强系列产品研发与应用、使用寿命评估。检测要从实验室走向原位,亟待实现设备轻型化、小型化,完善成套设备的集成研发。

监测需求是装备与装置研发的原动力,装备装置的创新

质、尺寸、界面构造等要素的设计方法,并采取库藏密集文物的抗震固定措施,针对库藏文物摆放密集、形态各异的特点,开发可随形调节的新型抗震固定网罩,验证了库房网罩固定措施的有效性。

本研究通过开展地震动能量传递至文物本体的耦合系统跨领域、多学科交叉的集成创新,突破馆藏文物防震分析方法与安全委员会”,推动和制定相关标准体系的建设,以及重点标准的研制,覆盖了文物调查考古发掘、文物保护、文物修复、文物风险管理、文物展陈、文物传承利用等专用工具、装备及系统等领域的基础标准研制,正式开启了文物保护装备产业标准化发展的进程。

“文物建筑结构稳定性评估理论与应用”将依托中航工业规划总院的“文物防震重点科研基地”开展持续研究,在文物建筑防震理论和性能提升方面,有望在国际上率先取得创新突破。

## 推进标准化建设保障文物保护装备产业高质量发展

欧阳劲松 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所所长

标准化是构建产业良性发展生态的重要要素,文物保护装备产业的高质量发展,迫切需要推进标准化建设。为此,2013年起,国家文物局、工业和信息化部合作开展文物保护装备产业化及应用试点工程,共同打造“制造商+用户”和“产品+服务”的产业发展模式。

在国家文物局、工业和信息化部两部门的指导下,申请组建了“全国文物保护标准化技术委员会文物保护专用设施分技术委员会”,推动和制定相关标准体系的建设,以及重点标准的研制,覆盖了文物调查考古发掘、文物保护、文物修复、文物风险管理、文物展陈、文物传承利用等专用工具、装备及系统等领域的基础标准研制,正式开启了文物保护装备产业标准化发展的进程。

面向行业急需的基础共性标准、关键技术标准和重点应用标准,文物保护装备领域制定并发布了三批平台标准,并有多项标准已向行业标准转化,为文物保护装备产业化以及确保产品质量、性能和可靠性,极大推进了这一新兴产业快速高质量发展。

要持续推进文物保护装备产业全方位发展,更好地支撑文物保护,还需要进一步加强标准化建设,紧跟科技发展、用户需求提升,不断推动标准的迭代修订。未来行业标准化,需深化需求调研,研制完善文保装备标准化体系,持续推进技术、产品、服务、应用评价等标准研制,不断拓展行业检验检测能力,开展标准的试验验证和试点示范;同时,支持参与国际标准化工作,推动文物保护装备产品标准国际化。

(整理:李元梅 李瑞)

村子进行了相对比较典型的覆盖,邀请专家到现场考察应用技术并召开论证会。

最近几年,我们团队做了一些基础性的工作,下一步希望能在更多文物场景进行应用,持续提高排查、巡检、早期火灾探测的精度,推动相关标准建立。

## 不可移动文物安防关键感知技术与装备

李军 重庆声光电智联电子有限公司总经理

报告以中国电科安防装备体系为基础,以不可移动文物安防场景化应用为牵引,通过对不可移动文物安防因素进行大范围、多层次的分析,以此展现人工智能、大数据等多学科技术如何与不可移动文物安防紧密结合,为不可移动文物安全防护工作提供科学系统的方法指导,进而形成不可移动文物安防的系统解决方案。

现有的安防系统面临一系列问题,主要是安防过度、防护装备跟文物在安装方式上存在较大的冲突、不能充分适应野外环境,以及注重侵入感知,不注重文物本体构件的感知等。

通过对不可移动文物的安全风险分析,形成了4个方面、34个一级风险因子、129个二级风险因子、346个三级风险因子的文物本体风险因子体系。其中一种对文物构件位置变化感知的技术,叫量子点。通过一种特殊的量子点材料,利用其对不同的波有特殊吸附能力的特性,可实现准确的位位置感知。另外,野外环境“三无”状态下的感知研究主要解决的是通讯的小型化问题,例如一个普通的手机可以感知卫星电话,实际上核心在天线,天线的小型化决定了仪器的小型化。

未来,传感器的发展,核心在于专用芯片的设计和组装工艺。现在我们在这方面的技术进步比较明显,已经有很多具有自主知识产权的东西。同时,通过不同的数据中心、算法算力、参数采集、信号处理、应急响应方案的融合,将构建一个完整的安防大数据体系。

## 预防性保护技术在不可移动文物保护中的应用探索

邓宏 西安元智系统科技有限责任公司总经理

报告回顾我国文物保护装备的发展历程,分析我国文物保护装备在“十四五”期间的发展机遇,提出以需求为导向的研发思路。

根据该研发思路,不可移动文物预防性保护装备研发需掌握8项要点:一是无损监测是文物预防性保护的根本原则;二是不改变原状原则,要求装备具有友好的环境协调性;三是多样化的应用场景急需系列化的装备;四是模块化设计、柔性制造;五是迥异的气候环境要求高耐候性的装备;六是在线监测与离线检测互为补充;七是双碳背景下文保装备亟待绿色能源化;八是装备的全生命周期管理与预测性维护。

比较可移动文物和不可移动文物预防性保护的差异,可以得出,不可移动文物预防性保护是以风险管理为核心的。为此预防性保护主要是病害可监测,风险可度量,趋势可预测。以天梯山石窟第13窟大佛足部及局部危岩体抢救性保护项目为例,在整个安装过程中尽量符合以上提到的几个原则,考虑到了对它的环境、供电、后期运维,所以能够保证设备在长期运行过程中能够提供稳定、正确的数据。

当前我国大力发展数字经济,首先是行业数字化和数字产业化,未来这些数据将慢慢成为我们发展的动力。需要以“产品+服务”“制造商+用户”模式走出自主可控的发展道路。此外,在构建不可移动文物预防性保护装备标准体系上,首先是要做好包括法律法规、方针政策等上位依据,以及基础性标准;其次是技术标准,涉及产品及技术层面;最后是管理标准,人防、技防等。只有各层面结合起来,这项工作才能够更好地开展。

(整理:李元梅)