

中国科学院学部 科学与技术前沿论坛简报 第 123 次

学部工作局学术与文化处 编报
《中国科学》杂志社

2021 年 12 月 25 日

“文物保护与科技创新”论坛综述

一、国内外研究现状

文物是携带着古代社会、历史、艺术以及科技等诸多信息的古代材料，是人类悠久历史和伟大文明活动的物质载体，是不可再生的国家战略资源。保护文物，以便保护民族记忆、发扬文化特色，已经成为世界各国的共识。然而，历经千百年多种环境因素耦合作用的文物，许多早已“百病缠身”“弱不禁风”，如果不及时进行科学保护，它们时刻都面临风化乃至被损毁的风险。如何将这些祖先留下的宝贵文化财富，保护好并完整地交给数千年后的子孙，以便让他们利用更先进的技术去解读文物背后所隐含的古代历史、科技以及艺术等信息，同时更好地服务中国特色社会主义建设，不要再重蹈我们今天因失去部分珍贵文物而留下的深深遗憾与自责。

世界上许多国家都十分重视文物保护和文物领域的科技创新，发达国家从 20 世纪后期就前瞻性地部署并持续几十年大力支持文物保护的科技研究工作，这不仅使意大利、法国、英国、美国等国迈入国际文化遗产保护强国的行列、引领世界文化遗产保护科技的发展方向，

同时也推动了全球科学技术进步。纵观这些国家的发展历史，他们通过多种持续不断的努力，不断强化文物的社会性保护工作，使得政府的投入力度不断增加，跨国度、跨领域、跨学科的协同科学研究不断增多，获得了许许多多文物保护的新思想，创新了文物保护新理论、新方法，培养了一批世界知名的学术机构和专家队伍。这些国家不但有效保护了本国历史文化资源，而且源源不断向国外输出文物保护理念、文物保护科技以及文物保护队伍，成为世界文物保护科技的策源地。

例如，欧盟长期以来通过其框架计划支持文物科技创新，在“地平线 2020 计划”实施的后 5 年中，投入超过 5 亿欧元直接用于文化遗产保护和传播的科技研发。其他国家和地区也推出了类似的计划，如“地中海地区文物认知与保护计划”、法国的“国家级文化遗产研究计划”、意大利的“文化遗产安全计划”等。这些政策和经费上的有力支持保障了文物保护科研的稳步推进。

几十年来，这些国家也持续大力加强文物保护基础研究，推进多学科交叉介入文物保护研究工作。如意大利国家研究委员会（CNR）设有专门的文化遗产委员会，组织了 30 多个研究机构、20 余所大学以及遍布全国的博物馆开展文化遗产保护领域的科学研究，推动文物保护领域基础学科与应用学科、技术科学与工程技术、自然科学与人文社会科学之间交叉融合与渗透，极大地推进了文物保护科技的快速发展。

与此同时，经过多年的摸索与发展，发达国家的文物科技已成为学术性和专业性极强的学科领域，学科体系逐渐成熟，科技创新体系日益完善。基础研究和关键技术研发主要由国立研究院所和大学完成，其成果被文物单位等机构用于具体的保护实践。如法国国家科学中心（CNRS）汇集不同学科的优秀科学家组建研究小组，开展建制化的跨学科研究，同时与卢浮宫等博物馆开展广泛而深入的合作，已成为

国际文物科技领域的顶级团队。文博单位、科研机构、大学和产业界也协力培养文物保护领域的各类专业人才，针对各具体方向的特点建立了多种不同形式的高质量跨学科人才培养体系。

这些国家巨大的经费投入和成熟的人才培养模式极大促进了他们在文物保护技术方面的领导地位，一大批世界顶尖的研究机构、科研小组与科研平台涌现而出，比较知名的机构包括美国盖蒂文物保护所、大英博物馆、美国大都会博物馆、美国国家艺术馆、荷兰国立博物馆、法国卢浮宫、美国芝加哥艺术馆、美国西北大学、意大利佛罗伦萨大学、意大利博洛尼亚大学、比利时代尔夫特理工大学、比利时安特卫普大学、荷兰阿姆斯特丹大学、泛欧盟 IPERION HS 等。这些科研机构吸引了一大批具有不同自然科学背景的优秀科学家进入文物保护基础研究领域，在文物科学认知、文物本体材料劣化机理、文物保护材料与工艺、文物先进表征技术以及文物预防性保护等全研究链上引领了世界文物保护科技的发展方向。例如，美国国家艺术馆 John Delaney 团队发展了原位无损高光谱成像的方法与设备，非接触式地提取了诸多世界级名画（如达芬奇、梵高、莫奈、维米尔等油画作品）的材料与工艺信息；意大利佛罗伦萨化学系 Peiro Baglioni 研究组研发的纳米氢氧化钙加固材料具备与文物本体相容性好、加固强度可调等优点，已经在诸多风化钙基壁画、石质文物保护中得到了应用。

我国作为文物大国，拥有世界文化遗产 38 项、世界文化与自然双重遗产 4 项，全国重点文物保护单位 5058 处。这些宝贵的遗产都是不可再生的物质资源和国家战略资源，是国家“文化软实力”的重要组成部分。中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于加强文物保护利用改革的若干意见》中指出，要从“实现中华民族伟大复兴中国梦的战略高度，提高对文物保护利用重要性的认识，增强责任感、使命感、紧迫感，切实做好文物保护利用各项工作”。保护好、利用好、传承好珍贵的文化遗产是全社会的共同义务和责任。最近 20 年来，我国

国家发展与改革委员会、科学技术部、国家文物局、国家自然科学基金委员会、文化和旅游部、教育部等多部委以及各地方政府，加强顶层设计和战略规划，积极部署文物保护领域的多层次科研项目，大力推进了文物保护领域的科技发展与进步，使得我国文物的生存状态得到了很大的改善与提升。

文物保护研究和教学机构在我国如雨后春笋般纷纷建立，逐渐发展壮大。国家级科研平台“国家古代壁画与土遗址保护工程技术研究中心”于2009年落户敦煌研究院，国家文物局分7批建立了33个局级重点科研基地，文化和旅游部分3批建立了24个部级重点实验室；国内80余所高校先后开设文物保护与修复专业，由国家文物局组织的“文物科学与技术”一级交叉学科申报工作赢得了专家学者、教育部、国务院学位办的高度认同，为破解文物保护长期以来缺乏学科支撑的被动局面开了一个好局。这些新成立的科学研究以及教学机构，不但为国内文物保护领域贡献了大量的科研成果，更为重要的是输送了大量高层次人才，有力支撑了我国文物保护工作的发展。例如，我国文物保护科研人员通过多年的勤奋钻研、潜心攻关，成功研发了一批关键技术填补行业空白，形成了如干旱环境下壁画和土遗址保护、文物出土现场、石质文物保护技术体系等若干成套技术和系统解决方案；馆藏文物和不可移动文物的预防性保护体系初步得以建立；文物数字化和传播技术研究也初见成效。同时，科技创新的最新成果应用于文物保护实践的速度明显加快。比如上海大学罗宏杰教授团队研发的薄荷醇系列环境屏蔽临时固型新材料已成为考古现场抢救性保护文物的必备材料，成功推广到秦始皇兵马俑、三星堆遗址、海昏侯墓、南海一号沉船等30余处国家重点考古发掘现场，抢救保护了2500余件(套)脆弱性文物及一大批珍稀化石，极大地提高了我国出土脆弱文物抢救性保护的科技水平，填补了绿色临时固型文保材料的国际空白，引领了世界临时固型材料的发展方向。

目前，我国文物保护科技行业的基础研究条件得到了有效改善，协同创新机制不断优化合理，行业整体创新能力持续提高。文物保护科技逐步向完善基础理论、提供系统解决方案以及预防性保护转变，侧面凸显了科技创新对文物保护工作的引领和支撑作用。

二、论坛概况

2021年10月12~14日，以“文物保护与科技创新”为主题的中国科学院学部科学与技术前沿论坛在山西大同召开。论坛由中国科学院学部、国家自然科学基金委员会工程与材料科学部、中国国家博物馆、山西省文物局主办，中国科学院技术科学部、上海大学文化遗产保护基础科学研究院、云冈研究院、中国国家博物馆科研管理处、陕西科技大学文化遗产研究院、中国科学院深圳先进技术研究院碳中和技术研究所、中国科学院学部学术与出版工作委员会承办，《中国科学》杂志社、上海市无机质文物考古与保护利用协同创新中心协办。中国科学院技术科学部副主任成会明院士担任论坛执行主席。

本期论坛由“文物保护与科技创新”院士论坛和“文物保护与跨界融合”国际研讨会两部分组成。

院士论坛开幕式由中国科学院技术科学部主任杨卫院士和国家自然科学基金委员会副主任高福院士致辞，闭幕式由杨卫院士作总结讲话。出席会议的有杨卫、杨玉良、高福、袁道先、张统一、朱荻、成会明、宣益民、何雅玲和朱美芳院士以及长期工作在文物保护领域的领导、专家共80余人。

国际研讨会由上海大学罗宏杰教授、黄继忠研究员共同组织，会议邀请了海内外20余名来自高校和文博单位的文物保护专家参加。与会代表包括中国科学技术大学龚德才教授、河南省考古研究院陈家昌研究员、北京科技大学郭宏教授、国际文物保护与修复研究中心理事与副会长 Stefan Simon 研究员、美国国家美术馆文物保护部主任 Barbara H. Berrie 研究员、意大利佛罗伦萨大学 Piero Baglioni 教授等。

三、论坛重点关注的问题

文物保护涵盖文物科学认知、病害机理研究、保护材料与保护技术、文物分析表征技术等各个方面，属于交叉科学研究的国际前沿领域。习近平总书记指示：“文物保护一定要靠科技”，为文物保护指明了发展方向。充分发挥多学科科学技术手段对文物保护的支撑引领作用是全球性的潮流，既是文化遗产保护事业发展的需要，也是现代科技向社会文化各领域延伸以及科学技术自身发展的必然。如今，文物保护与科学技术的合作进入发展机遇期。在强调文化与科技融合的大背景下，文物领域与科技领域的合作，既有良好的基础，又有明确的需求，更有预期的收获和良好的前景。创新科技与文物保护之间广泛、深入的无缝对接，将有力推动文物保护科技的发展、文化与科技的融合。

此次论坛的目的是聚焦文物保护与科技创新前沿的科学技术瓶颈以及相关的体制与机制问题，在广泛开展文物保护现场调研的基础上，通过院士和国内外文物保护领域科技人员的多层次深入沟通与交流，寻求文物保护科技瓶颈问题的系统解决方案，为全面提升我国文物研究、保护以及利用的科技水平贡献力量。

此次论坛重点关注了文物保护现状及面临的问题，如：文物保护急需解决的重大问题、基础研究在文物保护科技发展中的作用、跨界跨领域跨学科等“政产学研用”全链条科研活动的组织形式、国家级科研平台以及文物科学与技术一级交叉学科建设等多个问题。

四、报告内容

（一）“文物保护与科技创新”院士论坛

院士论坛共有 10 个报告，重点关注了文物研究和保护中的科学技术问题以及前沿科技手段的应用。从文物制造工艺的科学研究到病理分析、病害监测、保护方法和技术的探索，从考古发掘现场到馆藏文物的保护，对重要的文物保护分支均有涉及。

杨玉良院士作了主题论述报告“中国传统纸质文物保护相关的科学与技术问题”。报告指出，纸质文物，诸如古籍、古字画等，其保护与修复是文物保护中的重要领域。纸张作为有机材料，对其的保护与修复相对困难，积累的研究成果也少，严重阻碍了我国的古籍保护、修复与善本再造工程。因此，纸质文物保护相关科学与技术问题研究尤为重要。纸质文物的主要介质是中国传统纸和墨，与此相关的科学问题涉及到物理、化学、生物和材料科学的方方面面。报告概述了中国传统造纸术的简史、文化及社会人类学意义，说明了中国传统纸的优点及其现代意义。随后，结合中国传统纸的制造和使用过程开展了相关科学和技术问题的探讨，包括：纤维在水中的悬浮液的稳定性、湿纸叠合及 Velcro 效应、簾纹与水印的产生原理、纤维素降解动力学与预期纸寿的测量、碱处理和氧化漂白对纸寿的影响、墨和颜料颗粒在纸张中的扩散和中国画笔法的关系、纤维刚性的测量、超薄修复用紙的开发等。这些探讨推进了对造纸过程的科学理解，也开创了纸张保护中的一些新理念、新方法，对中国传统纸张及其制造技术的保护、传承有重要意义。

高福院士在题为“微生物组与文物保护”的主题论述报告中，对微生物组在文物保护中所能起到的保护和破坏两方面作用作了阐述。报告展示了适宜环境中微生物能够在文物的表面形成一层“防护衣”，这层“防护衣”可能是使千年石刻仍保存完好的微生物诱导的水合草酸钙膜，亦可能是避免金属或木器受腐蚀的由微生物体及其分泌物组成的微生物膜。目前，根据这些发现已发展出微生物诱导碳酸钙沉积技术等促进文物修复的微生物矿化技术。微生物诱导碳酸钙沉积技术已在汉白玉等石质文物劣化后产生裂缝等病害的修复中尝试应用，对外观、强度和内部围观结构的恢复均呈现出较好的效果。另外，有研究发现无害芽孢杆菌孢子可抑制画作中分离出来的细菌和真菌的生长，并且已成功将芽孢杆菌化合物应用于石材艺术品表面，以达到保

护的作用。高福院士在报告中提出“文物微生物组”的概念，希望通过微生物组的深入研究，把一些重要微生物群落进行定向来实现对重要文物的保护，并号召大家把“文物微生物组”做成中国特色，做出世界第一。

袁道先院士的报告系统总结了石质文物周围水分的运移规律，并探究了不同形式的水对石质文物老化产生的影响。报告指出，应用通常意义上的水文地质知识对待石质文物保护这样一个庄严的任务是远远不够的。石质文物的保护往往涉及到一些细节问题，如在水文地质领域很不显眼的佛像表面的凝结水甚至水汽，在和岩石之间发生相互作用后就会造成重大问题。在石质文物的风化过程中，水起了很重要的作用，因而，正确认识石质文物周围水分的运移规律及其与岩石的相互作用，对石质文物的保护具有十分重要的意义。报告从雨水、凝结水、风化壳水、裂隙水等不同形式的水对石质文物造成的影响出发，系统总结了为保护石质文物而做的水文地质研究的特点。石质文物保护的水问题研究不能只限于“流量”，而且要着眼于“水分”，对细微的水，只要有可能导致石质文物损坏的水，都要着重研究。石质文物保护的水问题研究应该着重于石质文物周围水分的运移规律、各种形式的水和岩石矿物的相互作用的系统研究。同时，和一切与水有关的研究工作一样，石质文物保护的水问题研究对水分的监测工作也非常重要，要注意导致石质文物损坏的各种环境变化的系统监测。

于起峰院士的报告围绕应县木塔高精度检测和长期监测难题展开。报告提到，应县木塔作为高耸纯木质结构建筑物，由于结构复杂、视线阻碍、观测条件有限，目前缺少有效的实时监测手段，于起峰院士团队所开发的串并联相机静动态位移光测系统可实现木塔多点多参数实时同步高精度监测，该测量系统可有效解决测量基准与待测目标不通视的问题，且自身不需要严格稳定，是一套亚毫米级静动态变形自校准图像测量系统，具有非接触式、自成体系、不受干扰、测量精

度高、实时性好、智能化等优点，对应县木塔的长时间、高精度、自动化监测有特别的意义和效果。报告介绍了串并联相机网络摄像测量原理和方法，展示了团队所开发的串并联相机静动态位移光测系统及其在高铁桥墩变形、桥梁动态挠度等方面的应用，提出基于上述非接触式图像测量系统的变形监测方案，可亚毫米级监测木塔立柱、暗层、塔刹、屋面等结构上预定特征点的下沉、倾斜、位移、相对变化等三维几何变化参数。

上海大学罗宏杰教授以古陶瓷等文物材料为例介绍了对古代科技发展与演变规律的发掘，并展示了其团队在文物病害机理、保护材料方面的最新研究成果。报告提出了“文物材料”的概念，指出文物材料包括文物本体以及文物保护材料两部分：借助文物本体材料“组成-结构-性能”研究，推测古代材料的制作技术以及与社会的关系；而文物保护材料则是研究保护材料设计合成以及保护材料与文物本体材料在多场耦合环境下的作用关系，以期达到既不影响文物所携带的“历史、艺术、科学”价值，又能延续文物本体材料寿命的目的。报告以古陶瓷及若干文物保护材料为例证，详细介绍了如何通过古陶瓷解读其科技发展与演变规律、揭示古代发明创造的科学内涵，以及如何让古代发明创造继续服务当下社会的科研工作。在文物保护材料研究方面，罗宏杰教授展示了其团队的最新科研成果，包括被称为文物癌症——“盐害”的形成机制以及防控方法，薄荷醇类创新应急保护材料，以无定型纳米碳酸钙和 M-Si-Al 系无机胶结材料为例的无机/有机复合材料的设计、制备以及应用案例。

云冈研究院杭侃教授针对云冈石窟的开凿过程与保护问题进行了阐述。他在报告中说，云冈石窟是新疆以东最早出现的大型石窟群，由当时统治北中国的北魏皇室集中全国技艺和人力、物力所兴造，文献中称云冈石窟“真容巨壮、世法所稀”，“山堂水殿、烟寺相望”。作为开凿在砂岩体上的大型石窟群，岩体中普遍存在的构造裂隙、风化

裂隙、层面、断裂面或软弱夹层等结构面与岸边卸荷裂隙等互相切割，使石窟岩体形成了变形、滑移、错落、坠落的分离体，导致石窟边坡岩体的破坏。在北魏的开凿过程中就出现了崩塌、裂隙、渗水等工程上的问题，同时采取了相应的补救措施。这些信息保留在云冈石窟现存的遗迹中。以往的保护工作重点在于加固和防止风化的加剧，但是，在云冈石窟开凿中保留下来的处理问题的过程信息，对于历史、考古等相关问题的研究也是十分重要的。报告指出，分析云冈石窟开凿过程中出现的具体问题，既要考虑保护的需要，也要考虑保留相关的历史信息，这有利于我们今后采取更加合理的保护措施。

敦煌研究院苏伯民研究员介绍了对敦煌壁画制作材料和工艺的分析技术和研究成果。他在报告中指出，敦煌莫高窟共保存有 735 个洞窟，45000 平米壁画和 2200 多身彩塑，是世界上规模最大、延续时间最长、保存最完整的石窟寺遗址。持续建造了 1000 年左右的壁画是研究我国壁画制作材料和工艺最丰富的资源，敦煌壁画主要由支撑体、地仗层和颜料层构成，在经历了一千多年人为和自然的老化作用后，壁画出现了多种病害，一些颜料也发生了色变等。敦煌研究院经过 30 余年的不断探索和研究，从最初的实验室取样分析，逐步发展了可在现场使用的一整套无损分析技术。采用这套无损分析技术逐步阐明了各时代敦煌壁画不同的制作工艺和材料使用特点。报告介绍了敦煌壁画颜料分析所使用的各种无损分析技术以及所获得的分析结果，并对不同时代的壁画工艺进行了分析研究。研究表明，不同时代的敦煌壁画按照图案和图像内容差异，采用不同的颜料种类和配色方法。这些研究结果对壁画保护和艺术史研究具有十分重要的参考价值。

四川文物考古研究院唐飞研究员的报告围绕三星堆祭祀坑发掘与保护工作展开。位于四川省广汉市西北部的三星堆遗址被称为“20 世纪人类最重大考古发现之一”，三星堆遗址的发现及三星堆文物的出土，尤其是祭祀坑文物出土的青铜器、玉器、金器、象牙等文物，颠

覆了世人对三星堆遗址和古蜀文明的认识，证明了中华文明的起源是多元一体的。报告聚焦三星堆遗址既往发掘中存在的问题，从出土环境检测和控制、出土文物及微痕物应急保护及提取、出土文物保存状态跟踪检测、出土象牙和腐朽青铜器文物保护研究等五个方面，突出阐释了多学科协同在本次三星堆祭祀坑发掘与保护中的重要作用，并对未来考古发掘工作进行了展望。

中国国家博物馆马立治研究员分析了当前馆藏文物保护研究的主要热点、技术发展趋势与面临的主要挑战。报告概述了物质文化遗产中可移动文物、不可移动文物和馆藏文物的逻辑关系。介绍了馆藏文物保护涉及的业务范围与全部技术环节；从保护理念与标准化、考古现场保护、病害识别与文物认知分析技术、保护修复方法与技术、预防性保护和保护修复效果评价方面分析了当前馆藏文物保护研究的主要热点与技术发展趋势。随后，介绍了国家博物馆文保院的主要业务工作与从事的研究，并以青铜器保护工作为例分析了金属文物保护技术待解决的重点问题，举例介绍文物保护修复工作中现代科技的技术支撑作用。最后，阐述了国家博物馆馆藏文物的特点和文保工作面临的挑战。

中国科学院高能物理研究所魏龙研究员介绍了射线技术及其在馆藏文物保护和评估领域中的应用，并展望了射线技术在文物研究中的应用发展趋势。中国科学院高能物理研究所是我国高能物理与先进射线技术及射线应用的综合性研究基地。现代射线技术主要指基于 X 射线、 γ 射线、中子等基本粒子与物质的相互作用原理，对物质微观结构进行表征的波谱学技术和成像技术。射线技术以其无损、定量、实时的特点，经过几十年的发展，在文物保护与科技考古领域逐渐形成了比较完整和科学的保护研究体系，不仅为文物的保护和研究提供了重要方法和技术，而且使得文物研究从表观主观观察，发展成为从外部形貌分析到内部微观结构研究、具有定性和定量特征的全方位科

学研究。报告概述了高能物理研究所的主要业务工作与从事的科技考古研究，以及和国内相关博物馆的战略合作。从分析技术、成像技术、辐射技术三个方面介绍了射线技术及其在馆藏文物保护和评估领域的应用，在对基本原理进行简单描述的基础上，举例介绍了国内外代表性应用案例。最后展望了“全息”博物馆、文物方舱 CT 等射线技术与文物考古的未来发展趋势。

随后的圆桌研讨为文物保护领域发展的议题搭建了深入交流的平台。院士与文物专家们探讨了文物保护中科技创新的瓶颈问题及解决对策，包括加强文物保护基础研究、多学科交叉和高新科技的融入、文物保护学科建设、人才队伍建设、国家平台建设等方面，共商相关体制机制的推动与提升。

（二）“文物保护与跨界融合”国际研讨会

国际研讨会共有 7 个报告，基于院士论坛的成果，海内外代表们就文物保护创新的多学科合作以及跨区域和国际交流议题进一步展开深入探讨，在文物保护研究的属性与理念方法、全球前沿的文物保护挑战与应对等方面又取得了一系列重要成果。

上海大学黄继忠研究员的报告“上海大学文物保护发展与展望”生动地揭示了多学科、跨单位交叉合作在文物保护基础研究中的重要作用。他在报告中说，上海大学文物保护方向在校内集聚文物保护、材料、化学、土木工程、力学、通讯、环境、微生物、考古学、计算机等多学科人才，打破学科壁垒共同攻克文物保护难题。在校外，上海大学与一些重要文博机构以及研究单位也建立了长期合作关系，联合开展科研，融合了科研单位在基础研究、人才培养、实验条件等方面的优势与文博单位在文物资源、现场检测、监测等方面的便利和其丰富的保护修复经验，构建了协同管理、资源整合和成果共享的创新体系。

中国科学技术大学龚德才教授深入浅出地阐述了文物保护学科

的交叉性。报告指出，文物保护研究领域主要包括文物材料学、病害学、考古残留物、文物与环境、文物信息这几方面重要内容，研究具有多维度、对象跨尺度、超长时空、影响因素复杂等特点。所涉及的方向包括材料科学与工程、考古学、文物与博物馆学等，又可细分到物理学、化学、力学、生物、地质等多个基础学科。文物保护领域研究课题的复杂性凸显了结合多学科力量合作攻关的重要作用。

美国国家美术馆 **Barbara H. Berrie** 研究员借助巴斯德象限探讨了科学在文化遗产中的地位。美国学者 Stokes 在 1997 年提出科学研究的“科学研究的象限模型”，将科学研究按照应用与基础两个维度分类。右上方的象限称为巴斯德象限（**Pasteur's Quadrant**），指有较强的应用导向的基础研究。文物保护科研正是如此，将基础与应用结合为一体，同时与其他类型和方向的研究，如技术史、保护修复、教育等，有着相辅相成的关系。

国际文物保护与修复研究中心 **Stefan Simon** 研究员论述了全球变化时期遗产科学面临的挑战。报告指出，全球气候变化给全人类带来了诸多挑战，文博领域也加入了全球绿色低碳的发展战略，尽己所能节能减排。针对博物馆这一类特殊性质的公共建筑，不仅要确保博物馆内各专业系统安全、正常运行，而且还要从节能减排、经济运行的角度考虑，加强目标管控能力，充分发掘节能潜力，实现节能提质增效。报告列举了全球不少国家和地区博物馆公布的碳排放数据，邀请中国的文博机构加入绿色博物馆网络，共同践行绿色博物馆建设。

北京科技大学郭宏教授介绍了中国壁画保护的现状与发展趋势。他在报告中说，我国壁画种类多、分布广，主要类型包括石窟壁画、墓葬壁画、寺观壁画、殿堂壁画、民居壁画。壁画的主要病害有温湿度变化、水害、盐害、生物侵蚀、空气污染等。目前的保护方式主要包括原址保护、异地搬迁、揭取保护和临摹复制。我国壁画保护在几十年的发展中已取得了不少突出成绩，面向未来，在病害基础研究、

技术创新、灾害预防性保护等方面仍有较大的提升空间。

河南省考古研究院陈家昌研究员的报告以文物加固新材料的研发与应用为例，探讨了基于环境适应性保护下文物本体保护生态系统的建立与优化。报告生动展示了配合物水溶胶 AMC 对硅酸盐质文物的现场加固等案例，突出文物本体保护生态系统是文物本体、保护材料与环境的共生体系，其相互之间的匹配和适应性尤为重要，是文物本体长期稳定的根本保证。文物保护材料应用针对性强，是否有效提高文物本体的环境适应能力是重要的评判标准。

意大利佛罗伦萨大学 **Piero Baglioni 教授**的报告以凝胶和纳米材料为重点介绍了文化遗产保护的新方法和新材料。凝胶在文物表面清洁过程中既能有效去除污染物，也限制了溶剂在文物表面的停留和破坏，近年成为最受欢迎的表面清洁材料之一。纳米材料以其反应活性高、易渗透等优点，在欧盟科研项目 NANORESTART 中成功用于文物的加固和封护，包括纳米纤维素和纳米颗粒结合的方法加固油画画布、银的原子量子群溶液封护文物避免光照破坏。这些新方法、新材料从文艺复兴时期的壁画保护到现当代艺术都有不少成功应用的案例值得借鉴。

五、论坛达成的共识

与会院士和专家就文物保护的基础研究、多学科合作、科研项目规划，以及学科建设、人才队伍建设和国家平台建设等方面达成了一系列共识。

一定要重视文物保护基础研究和多学科合作。一套高质量的文物保护方案是需要前期大量基础研究作为支撑的，需要积累大量的基础性知识、技术、资料、数据，才能有的放矢、游刃有余地制定出更为科学、合理的保护方案，才能最大限度地避免“保护性破坏”的发生。文物保护领域的基础研究，其特点是交叉性、综合性强，它不仅涉及化学、物理学、生物学、地质学、测绘科学等基础科学，而且还与土

木、建筑、工程、材料、环境、信息等学科密切相关，需要多领域的合作。技术科学部的很多院士都可以参与到文物保护研究中，通过多学科协同，进一步揭示文物的历史价值、艺术价值和科学价值，保护、保存好文物。

在科研项目方面，可以让已有的相关学科领跑文物保护研究，并带动更多学科的加入。除了古陶瓷，纺织品、金属、信息、微生物、建筑等都可以列入其中。也需要更多文物保护工作者参与到基础研究工作中去，多参与基金的申请。

在学科建设方面，形成文物保护自己的学理基础是成为一级学科的重要条件。很多学校可以自设交叉学科，以此为开端开展文物保护学科建设。

在人才队伍建设方面，一方面需要吸引相关学科人才参与合作，另一方面需要年青的、不同背景的学者参与进来。

在国家平台建设方面，与文物保护领域较接近的有国家重点实验室、国家工程技术研究中心、高端智库、人文社科重点基地。国家文物局重点科研基地也在其中。

同时，专家们指出，文物保护和考古方面的宣传力度亟待加强，需要全社会和整个科技界多支持这些方面的工作。

此次论坛硕果累累，在文物保护领域具有里程碑式的意义，必将成为文物保护科技创新全面提升的一个重要契机和风向标，大力推动我国文物的科学认知和保护工作实现发展新突破，开创发展新局面。代表们希望论坛能够延续，继续人文社科与科技之间的碰撞，进一步有力推进我国文物事业的健康高速发展。

六、与国外同领域研究的比较

最近 20 年，我国文物保护领域发展迅猛，基础研究得到有效开展和深化，涌现了以石窟、考古现场、漆木器、彩绘陶器、古代壁画以及干旱环境下土遗址保护等为代表的优秀科研成果，部分方向已处于

国际领跑地位。同时，通过援外合作项目，我国的文物保护理念、技术、装备、标准已开始向乌兹别克斯、蒙古、柬埔寨、缅甸等“一带一路”相关国家推广，都得到了积极的反响。

然而，我国文物保护的紧急性仍然非常高，难度仍旧非常大。我国不但拥有数量巨大的文物，其材质、工艺、保存状况各不相同；每年还有诸多新出土的遗址与文物需要应急处理。与我国巨大的文物保护需求相比，目前仍面临基础研究缺乏、多学科交叉研究不足、国家性平台不足、学科建设薄弱和人才匮乏、国际合作不足等问题。具体如下：

基础研究和关键技术供给严重不足，众多难题尚未解决。文物种类繁多、病害千差万别。面向关键科学问题的基础研究亟待加强。在文物的保护、研究和展示利用全过程中，文物材质的多样性及其涉及变化的复杂性决定了文物工作必然是一个多学科交叉和多技术集成的综合体，存在许多亟待解决的重大科学问题和技术难题。目前我国文博机构的研发能力远远不能满足保护工作的实际需求，关键技术供给不足的问题在各类文物的保护中普遍存在，影响了文物保护利用的方方面面。

科研力量松散，缺乏整合。我国文物保护科研力量松散，在跨单位、跨学科合作上经常遇到重重壁垒。各单位间存在很大的信息壁垒，难以形成合力，抓住关键问题共同攻关。另外，行业的新成果、新技术流通缓慢，不仅导致文物得不到及时、有效的保护处理，也产生了大量重复性工作，造成人力、物力的巨大浪费。

学科破碎、零散，研究难成体系。在我国，文物保护利用作为一个独立学科的地位尚未确立。文物保护、管理和利用的学科方向以不同形态存在于考古学、建筑学、科学技术史等学科内，学科建设碎片化、学科知识零散化、资源配置低端化，造成系统理论的缺失、基础研究的薄弱和高层次人才的匮乏，是我国文物保护事业发展的一大瓶

颈。

国际合作交流有限，与国外发展脱节。国外文物保护先于我国起步，无论在理念、科技手段、管理和教育培训上都有不少值得学习借鉴的地方。然而，我国文物保护行业与国外交流少，引进的内容也与我国国情和文物情况缺乏有效的调试。一方面，“他山之石，可以攻玉”。如果能有效学习国外理念、方法、技术和经验，并加以本土化应用，必能有力推进我国文物保护领域的发展。另一方面，更多的国际合作也利于我国的文物保护创新科技走出去，提高我国在这一领域的影响力。

综上所述，如何以我国文物保护面临的关键科学技术问题为牵引，夯实学科方向和人才队伍基础，建立国家平台，聚集多方研究力量，协同开展文物保护的基础性研究工作，不仅是时代赋予文物大国的历史使命，而且也是中国特色社会主义建设的客观而长远的需求。在国际社会普遍重视文化遗产的全球背景下，在新技术革命带来的重大发展机遇面前，文物保护基础研究工作应进一步强化政府的主导作用，加大政策倾斜和资金支持力度，以体制机制创新为突破口，加快建设文物科技创新体系，全面提升文物科技创新能力，为实现经济社会高质量发展、建设文化强国提供重要支撑。

七、论坛特色和创新之处

本次论坛结合文物保护现场实地调研、论坛报告、圆桌研讨、国际会议等多种方式，深入讨论文物保护面临的瓶颈问题及其解决方案。对云冈石窟、应县木塔等重要遗产地的调研促进了院士和专家们就文物价值揭示、病害调研监测、保护修复措施等方面的探讨和交流；论坛报告中各演讲者充分展示了针对不同类型文物的保护中的最新科研和工作成果；圆桌研讨着重于文物保护科技创新中的体制机制议题的讨论；国际会议集合海内外顶尖文物保护专家就院士论坛议题进一步探讨交流，深化成果。四种形式结合，相得益彰，共同促进了文物保

护领域重要议题的多维度交流与探索，助力我国文物保护科技创新水平的全面提升。

（作者：成会明，中国科学院院士，中国科学院深圳先进技术研究院；罗宏杰，上海大学文化遗产保护基础科学研究院教授；黄继忠，上海大学文化遗产保护基础科学研究院研究员；马啸，上海大学文化遗产保护基础科学研究院教授；韩婧，上海大学文化遗产保护基础科学研究院副研究员）

联系方式：中国科学院学部工作局学术与文化处，010-59358366