

为千年石窟筑牢保护屏障

——数智绘文脉①

利用物联网技术实现对洞窟环境参数的实时采集与动态追踪,探地雷达与高密度电法仪透视着崖体内部的裂隙,数字采集让洞窟内的塑像和壁画在云端“永生”……在秦岭西端的麦积山石窟与河西走廊的莫高窟,千年石窟传承保护正经历着一场前所未有的科技变革。

从监测预警到机理研究,从精细修复到数字永生,科技力量贯穿文物保护全链条,为千年文明筑起一道坚实屏障。

实时感知洞窟变化

走进位于甘肃省天水市的麦积山石窟监测中心,电子大屏上呈现着不同洞窟的温度、二氧化碳浓度等数据。

这是2017年建成的麦积山石窟遗产监测预警平台,它通过物联网与无线传输技术,将洞窟外的气象环境与洞窟内温湿度、光照强度等数据实时传输到监测平台,配合定期人工巡查与无人机航拍,形成了“综合监测—提前预报—风险预警—应急处突”的综合监测管理体系,为洞窟保护修复、基础研究、开放游览等提供数据支撑和决策依据。

“以前多以人工监测为主,现在利用互联网技术可实现全面监控。”麦积山石窟艺术研究所保护研究室副主任徐博凯说,数据每隔数分钟更新一次,工作人员在监测中心可全面掌握石窟的整体状态,同时数据实时传输至敦煌研究院总平台。遇到降雨或降温等极端天气时,温湿度曲线出现明显波动,系统自动提示,工作人员可根据情况判断是否需要开启窟门通风散湿。从“人工监测”到“可视化平台”,全方位的监测预警为科学保护积累了宝贵的数据资源。

麦积山石窟的监测预警平台,是敦煌研究院预防保护体系的一个子平台,目前已实现了院属“一院六地”的全方位监测。

在敦煌市莫高窟,遗产监测预警平台集成数百个传感器,借助物联网传输与大数据分析技术,为温湿度、岩体应变等指标设定阈值,一旦超限即刻报警,“在屏幕前感知洞窟”已成为日常。

“我们已从过去的抢救性保护转变为现在的预防性保护。”敦煌研究院文物保护技术服务中心副主任、保护研究所修复技术研究室主任水碧纹说。

2020年建成投用的多场耦合环境模拟实验室,是我国文物保护领域唯一的大型物理仿真模拟平台,能够将自然侵蚀过程在实验室中加速重现,为揭示病害机理提供了科学支撑。实验室成果已推广应用于国内20余个省区、54项保护工程,并辐射至吉尔吉斯斯坦等共建“一带一路”国家。

从莫高窟到麦积山石窟,从监测预警体系到国家重点实验室,敦煌研究院正以科技创新推动文物保护从“抢救性保护”向“预防性保护”转型。

精细识别文物“病灶”

在莫高窟126窟修复施工现场,水碧纹



图① 6月21日,游客在 World Cultural Heritage Gansu Gao Miao Gao Temple visit.

张晓亮摄(新华社发)

图② 敦煌莫高窟第285窟复制窟。本报记者 赵梅摄

与现场负责人王兴龙针对修复壁画的颜料色差进行了探讨。

“起甲回贴比较困难,颜料层很薄,弄不好就会脱落或贴不平整。”水碧纹说,这样的场景在石窟保护中十分常见,有效应对壁画各类病害挑战的,是一整套建立在现代科技手段之上的精准修复体系。

利用这些技术手段,保护者在不接触、不损害文物的前提下就能看清“病灶”所在。水碧纹说,诊断环节的技术进步尤为显著,X射线荧光、拉曼光谱、LIBS光谱、红外光谱等多种原位无损分析技术,为壁画颜料与地仗成分分析提供了技术支撑,X射线探伤、内窥镜、多光谱摄影等技术,则使壁画病害诊断与识别更加科学。

针对崖体内部裂隙与渗水,探地雷达与高密度电法仪可实施“透视”探测,雷达波反射剖面揭示裂隙走向与密度,电流数据则反映含水区域分布,两者结合为岩体加固与渗水治理提供精确依据。

在治理层面,各类修复技术因病害而异。无论壁画起甲、地仗酥碱还是空鼓开裂,每一种病害的修复都有科学仪器提供支撑。

水碧纹和保护团队研发了应用“海绵”类吸附材料对壁画表面厚重烟熏污染物进行清洁的技术,在不损伤颜料层的前提下逐步还原壁画色彩与线条。

鼯鼠污染防治与微生物治理是麦积山石窟开展的一项重要工作。

“项目组基于鼯鼠活动节律与排泄物成分的系统调查,在明确其习性及排泄物理化特征的前提下,结合污染部位表层材质特性,构建了集人工唾液贴敷清理、物理化学驱避与超声波干预于一体的综合防治体系,

有效缓解了鼯鼠活动与排泄物对石窟文物的影响。”徐博凯说。此外,针对微生物病害,项目组正在运用高通量测序和扫描电镜等技术,开展污染区域微生物群落结构与组成的系统解析,期望为后续精准防治方案的制定提供理论支撑。

“十四五”期间,敦煌研究院先后攻克了墓葬壁画原位保护、彩塑稳定性诊断、砂岩石窟寺防风化、土遗址综合保护等关键技术,制定国家、行业标准27项,形成了一整套成熟的保护修复技术体系。

数字留存历史瑰宝

在莫高窟61窟,五台山全景图壁画静静铺陈,工作人员正在进行数据采集。

“数字化不只是备份,更是让文物走出洞窟、走向大众。数据采集完成后,我们会进行加工转化,再利用一些智能化手段做成立体模型,通过场景化互动展示,让游客在展示地进行现场体验。”敦煌研究院文物数字化研究所副所长丁晓宏说,团队采集数千张均匀曝光、色彩准确的影像,再经自研拼接软件处理,将曲率变化极大的壁画还原为等比例高清平面图像。基于这些数据,利用VR/AR实时渲染与空间定位技术,让观众“行走”在千年画卷之中。

据介绍,数字化的作用主要是建立高清数字档案,让文物以数字形态永久保存,同时服务于学术研究、文化传播等。

截至目前,敦煌研究院已完成323个洞窟的数字化采集,数据总量超过600TB,实现210个洞窟拼接处理、227个洞窟的全景



漫游节目制作和省内外16处大遗址的三维重建。

“数字化真正的价值在于‘用’。”丁晓宏介绍,2016年上线的“数字敦煌”资源库向全球免费共享高清图像,目前已覆盖78个国家,超过2300万人次浏览。2022年,“数字敦煌开放素材库”利用区块链技术实现数据授权追溯,用户可根据需求申请下载资源,研究者可提取元素与线条进行二次创作,普通用户可按名称甚至按色彩喜好调取敦煌素材。2025年5月上线的“数字藏经洞”数据库平台,已录入文物目录超74000条,发布敦煌文书超9900卷,标志着流失海外敦煌文物的数字化回归取得实质性进展。

在文化传播层面,数字化成果已从“高清存档”走向多元转化。从2014年至今,敦煌数字化展览已在美国、俄罗斯、以色列、摩洛哥等国家举办50余场。与腾讯合作的云游敦煌小程序等,则将敦煌文化元素带入年轻群体的视野。

财政金融协同扩内需促消费

本报记者 王宝会

□ 消费连接生产、就业和收入,扩大消费规模能够改善企业销售预期,带动投资和岗位形成,降低经济对外需及传统投资的依赖。

□ 财政金融协同促消费并非简单的“财政出钱、金融放贷”,而是通过机制设计发挥作用。财政为居民和企业降成本,金融为市场提供流动性与场景连接,平台与商户叠加让利,形成“财政引导、金融放大、市场运作”的传导链条,让促消费从短期刺激转向制度化的长效机制。

策,通过消费积分抵现金、观影满减等举措,聚焦日常多元消费场景,有效激发县域消费活力。建设银行福建漳州分行对接龙江啤酒广场等周边商户,开展建行支付满减、发放消费券等福利活动,持续丰富“夜游—领券—消费”全链条服务体验。

中央财经大学中国互联网经济研究院副院长欧阳日辉认为,金融机构围绕购物、餐饮、出行等多元场景创新产品设计,使金融嵌入消费全链条,降低了交易摩擦,提升了消费便捷度。

消费贷的可得性和利率水平直接影响居民的跨期消费决策,稳定的消费信贷供给能够缓解预防性储蓄动机,增强居民当期消费意愿。为根治个人贷款市场息费披露不透明等老毛病,《个人贷款业务明示综合融资成本规定》8月1日起正式实施,加快推动金融机构向借款人展示综合融资成本明示表。南京农业大学金融学院副院长张娆表示,把利息、手续费、服务费、担保费、违

约金等所有附加费用统一展示,让借款人客观评估还款压力,合理使用债务杠杆。

为进一步降低居民消费成本,《规划》提出,优化实施个人消费贷款和服务业经营主体贷款贴息政策。苏商银行特约研究员薛洪言认为,财政金融协同促消费提质十分重要,单靠任何一方都难以解决深层矛盾。财政贴息的价值在于用有限资金撬动更大规模的金融资源,这种杠杆效应是直接补贴难以比拟的。更关键的是,协同并非简单的“财政出钱、金融放贷”,而是通过机制设计发挥作用。财政为居民和企业降成本,金融为市场提供流动性与场景连接,平台与商户叠加让利,形成“财政引导、金融放大、市场运作”的传导链条,让促消费从短期刺激转向制度化的长效机制。

李庆海建议,金融体系应围绕服务消费、县域消费、绿色消费和数字消费完善产品,发展场景化信用贷、经营贷、保险保障及供应链金融;政策性担保和风险补偿可分担小微主体首贷、信用贷风险。还应建立以实际消费、经营改善和风险变化为基础的政策评估机制,推动财政贴息、银行授信、消费券和产业政策相互衔接。



2025年7月16日拍摄的麦积山石窟。新华社记者 陈斌摄

问:如今,省时高效的“一周备餐”,成为不少上班族、家庭的日常选择。但“一周备餐易产生亚硝酸盐”“长期这样吃不安全”等说法也引发担忧。什么是一周备餐?网传的安全风险是否属实?普通人如何科学备餐?

答:一周备餐在某种程度上其实是一种“家庭版预制菜”模式。人们通常利用闲暇时间煮中完成食材清洗、切配、烹煮,按餐次分装密封后冷藏或冷冻保存,后续就餐只需加热即可食用。

针对大众最关心的餐品亚硝酸盐含量问题,中华预防医学会健康传播分会委员阮光锋表示,食物中的亚硝酸盐生成的核心诱因是细菌活动,食材中的硝酸盐在细菌作用下才会转化为亚硝酸盐。只要在备餐过程中操作规范、做好卫生管控,并及时对成品进行低温储存,就能有效抑制细菌繁殖,阻断亚硝酸盐生成,并不会出现网传的超标风险,整体安全可控。

低温是关键防护手段

食材类型、操作卫生、储存温度,是影响

亚硝酸盐生成的三大关键因素。在烹饪方面,蔬菜的硝酸盐含量偏高,相较肉类、米面主食,更容易滋生细菌并生成亚硝酸盐,而主食、肉类基本不存在相关风险。

在操作层面,生熟案板、刀具混用易造成交叉污染,大幅加速细菌滋生,同时凉菜未经高温灭菌,残留细菌多,长期存放隐患更大。

在储存方面,低温是关键防护手段,冷藏可减缓细菌活动,冷冻能最大程度抑制细菌繁殖,从源头阻断亚硝酸盐新增。

靠普吗?食用前彻底加热

专家建议,家庭备餐需守住多重安全底线。

首先,严守卫生规范,做到生熟工具分开,杜绝交叉污染。

其次,把控储存细节,菜品烹制完成后及时密封分装,尽快放入冰箱冷藏或冷冻。

再次,优化备餐品类,尽量制作热菜,规避凉菜等高品类。

最后,坚持食用前彻底加热,利用高温杀灭食物储存过程中残留的细菌。



更多报道
请扫二维码