

留住千年芳华 延续敦煌故事

——莫高窟文物保护中的科技创新

“总书记勉励文化工作者讲好敦煌故事，讲好中国故事。作为从事文物保护的科技工作者，我们很受鼓舞。”8月19日，习近平总书记赴甘肃考察调研，首站来到敦煌莫高窟。谈及当天下午参加的座谈会，敦煌研究院科研管理处处长陈港泉研究员十分激动。

莫高窟也称“千佛洞”，始建于公元366年，集建筑、彩塑、壁画于一体，具有极高的研究价值。上世纪50年代起，国家投入大量人力财力用于莫高窟文物的保护、维修与研究。在过去几十年里，敦煌研究院的研究人员，借助科技手段，让莫高窟减少病害，延年益寿。

新思路治“顽疾” 让壁画延年益寿

整个莫高窟有400多个窟保存有壁画，如今面向公众开放的仅有70来个，由于很多洞窟病害程度严重，或许永远不可能跟游客见面。

未与游客见面的85窟几乎集中了敦煌壁画的所有病害，其中最重的是会造成壁画整体脱落的空鼓病害。

1997年，“重病缠身”的85窟被敦煌研究院列为重点“拯救对象”。由于当时保护、管理的科技水平相对较低，专业技术人才短缺，保护手段落后，敦煌研究院选择和美国盖蒂保护研究所开展联合攻关。为找到修补材料，专家花了整整4年，试验了

80多种材料，发明一种“灌浆”技术，将泥浆注射到空鼓的壁画中，这种液体会充满空隙和裂隙，变硬后固定壁画。

但问题接踵而来，含有水分的泥浆将壁画中的盐分带至表面，影响了壁画价值，同时诱发壁画盐害——又称壁画“癌症”，要进行较好的修复，难度较大。

2006年，作为“十一五”国家科技支撑课题“古代壁画脱盐关键技术研究”课题负责人，陈港泉与团队提出采用新型材料结合脱盐技术去除和降低文物材质盐分的新途径。经过3年的反复试验和研究，基本解



决了我国古代壁画盐害治理难题。

“十二五”期间，在国家科技支撑课题“干旱环境下古代壁画保护成套技术集成与应用示范”支持下，研究人员进一步依靠科技手段，拓展研究领域和研究深度，研究壁画病害诱发原因和微观破坏机理，深入开展保护技术集成与装备研发，形成了壁画保护修复方法体系。

美商业航天公司展开重型火箭“竞赛”

美国多家主要商业航天公司正在竞相开发自家的“超级重型运载火箭”，并有望在未来数年内升空。

美国太空探索技术公司是商业重型火箭开发的先行者，其“猎鹰重型”火箭已成功发射3次。然而创始人埃隆·马斯克还有更长远的计划，那就是正在开发的下一代重型运载火箭“星舟”。

从数据上看这款火箭更为强大：总长118米，可将至少100吨载荷送入近地轨道，火箭第一级将装有35台“猛禽”发动机，起飞推力超过70000千牛。

紧随太空探索技术公司之后的是商业航天企业蓝色起源，该公司正在开发95米高的“新格林”火箭。公司网站数据显示，“新格林”火箭会使用7台以液化天然气与液氧作为燃料的BE-4发动机，起飞推力可达17100千牛。它还有直径为7米的整流罩，这意味着有2倍于现有其他任何运载火箭的载荷空间，未来有望扩展为运载能力更强的重型火箭。

“星舟”和“新格林”的技术共同点是，

它们都利用多台引擎推动的一个巨大的核心级，而美国老牌火箭发射公司联合发射联盟正在开发的重型火箭则由一个可扩展核心级和多个固体火箭推进器共同组成。

联合发射联盟的新一代重型火箭“火神”将使用2台蓝色起源公司的BE-4发动机，产生的推力仅为4800千牛，但在6枚固体火箭推进器的“加持”下，可额外增加12000千牛的推力。“火神”高近70米，其最大版本可分别将约30吨和15吨载荷送入近地轨道和地球同步转移轨道。

另外，美国传统军工企业诺思罗普-格鲁曼公司正在开发“Omega”火箭。据公司网站介绍，该型火箭的重型版本最多可将超过10吨载荷送入地球同步转移轨道。

从开发进度上看，“星舟”有望在2021年首次发射，2022年执行火星货运任务，2024年执行火星载人任务；“新格林”有望在2021年末或2022年首飞；“火神”预计将在2021年上半年首飞。

（新华）

实时监测预警 守护文物“微环境”

狂风卷起的扬沙浮尘、降雨带来的湿度升高……各种自然环境因素和旅游开放给莫高窟文物带来一定程度侵扰。

“为保障洞窟壁画和彩塑保存环境稳定，我们采用现代物联网技术构建了莫高窟监测预警体系，制定了科学的洞窟开放管理制度。”敦煌研究院敦煌石窟监测中心主任王小伟介绍。

在监测中心的大屏幕上，洞窟内微环境监测数据、莫高窟小区域气象站数据、区域游客数量分布图、接待信息及窟区主要区域视频一览无余。监

测系统实时监测着70个开放洞窟内的温度、相对湿度和二氧化碳指标。

自2002年起，敦煌研究院开展了以“莫高窟游客承载量”为主要内容的一系列预防性保护研究，确定了洞窟内相对湿度不能超过62%，二氧化碳不能超过1500ppm的洞窟微环境监测预警指标。

一旦洞窟环境超过预警指标，系统可自动向莫高窟开放管理委员会发布预警提示。洞窟管理部门和接待部门根据情况启动应急预案并及时调整游客参观路线，启用调节洞窟，及

时对预警的洞窟进行通风和除湿，使温湿度和二氧化碳指标回落至安全范围内。遇到强降雨、沙尘暴等极端天气情况时，莫高窟采取停止开放的管理措施，并向社会及时发布洞窟暂停开放通知。

在王小伟看来，监测系统收集和存储各类数据，并结合每个洞窟内彩塑和壁画的变化情况进行分析和总结，为莫高窟文物的预防性保护和制定科学的开放管理制度提供数据依据，有效解决了保护和旅游之间的矛盾，实现了旅游开放和洞窟保护的平衡发展。

数字化技术 让千年石窟“活”起来

莫高窟，虽然规模宏大、洞窟众多，但每个洞窟的空间极其有限，窟内的彩塑和壁画采用泥土、木材、麦草等脆弱的材料制成，时间一长，容易产生多种病害，并缓慢老化。

如何存住文物容颜，让更多的人有机会领略千年石窟的魅力？采用数字化技术，让千年石窟以另一种方式“活”起来，是解题答案之一。

据报道，经过近30年的探索实践，敦煌研究院完成了敦煌石窟206个洞窟的数据采集和100多个洞窟的图像处理、140个洞窟的三维扫描和虚拟漫游节目制作。中英文版本的“数字敦煌资源库”先后面向全球上线，实现敦煌石窟30个洞窟整窟高清图像的全球共享。

前往洞窟之前，游客们可以在莫高窟数字展示中心观赏

高清数字电影《千年莫高》和球幕电影《梦幻佛宫》，了解莫高窟自然、历史、文化背景和数字化洞窟景观。

实际上，由于洞窟采光不好，游客可能看不太清楚文物细节。“而在3D虚拟环境中观赏敦煌壁画和彩塑，大屏幕上高分辨率图像的效果好于观看洞窟本身。”陈港泉说道。

（科技日报）