数字技术支持下，石窟寺的展陈方式更加灵活、文旅样态更为丰富——

古老石窟寺，还能这样“潮”

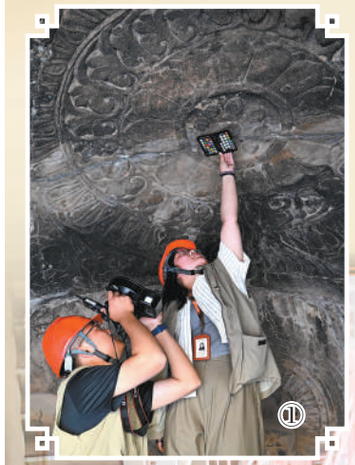
文化中国行

R 视线

集建筑、雕塑、壁画、书法等艺术于一体，我国现存石窟寺分布广、规模大、体系完整，是中华文明同其他古代文明交流互鉴的历史见证。然而，石窟寺大多暴露于野外，历经岁月洗礼，如何在使其“青春永驻”、长久保存的同时，让更多人近距离感受石窟寺的魅力？

近些年，在数字技术支持下，石窟寺的展陈方式更加灵活、文旅样态更为丰富，各地逐步探索出一条打破时间、空间限制的路径，以更好地满足游览、研究等需求。古老石窟寺中，愈来愈“潮”的新玩法不仅有效缓解了旅游开发和文物保护之间的矛盾，也为推动文化遗产系统性保护和统一监管提供了经验。

——编 者



敦煌莫高窟
沉浸体验 一眼千年

本报记者 银 燕

清晨，阳光洒向莫高窟数字展示中心，球幕影院静静流淌着时光的印记。“两场电影将我带到莫高窟建造的时代，让我领悟到艺术创作的背景，似乎能够亲眼看见、亲手触摸数千年前的历史。影片中精美的壁画让我和当时的创作者产生了联结与共鸣。”观看完数字展示中心的影片后，游客王明敏深有感慨。

莫高窟数字展示中心是游客必经的前置体验区，在这里，宽银幕主题电影《千年莫高》和球幕电影《梦幻佛宫》，向游客全景呈现洞窟历史与艺术精华。“此举有助于形成有序的客流和稳定的参观节奏，有效平衡保护与开放矛盾。”敦煌研究院文化弘扬部部长雷政广介绍，观影后，游客提前掌握背景知识，在洞窟滞留时间显著减少。

数字化游览方式还带来更丰富的体验。例如，“寻境敦煌”数字化展览以莫高窟第285窟为蓝本，打造出沉浸式的文化体验。“戴上VR眼镜，凹凸的窟顶、斑驳的岩壁仿佛近在咫尺。”游客周阳说。

通过科技对文化的精准转译，古老洞窟中的场景“活”了起来。“洞窟的结构有曲面变化，这导致采集的图像直接平面拼接容易变形。为此，我们与武汉大学合作研发定位纠正技术，利用三维扫描数据比对校正，最大限度减少几何误差。升级后的设备可灵活采集不同景深的文物信息，并通过后期技术融合处理。”敦煌研究院文物数字化研究所副所长丁晓宏介绍，数字化展示均基于严谨的敦煌学研究，兼具科学性和趣味性。

通过多年的数字资源保存与活化实践，敦煌研究院为文物的保护与传播开创了新模式。自2014年数字展示中心落成以来，敦煌文物数字化进程步入新阶段。据介绍，目前研究院积累数据涵盖壁画高清图像、彩塑三维模型及大遗址扫描成果，除了用于文物保护与研究，这些资源还广泛应用于文创开发与线上展览。通过数字化技术，敦煌瑰宝正以更鲜活的方式走向世界。

云冈石窟
3D复刻 各地巡展

本报记者 郑洋洋

在云冈研究院数字化保护中心展厅，3D打印机缓缓堆叠出一尊佛头的轮廓。“目前这些是缩小比例打印的佛像，但通过3D打印技术已经可以做到1∶1还原，并在世界各地巡展。”云冈研究院数字化保护中心工作人员李丽红说。

去年，“遇见云冈数字公益艺术展”在香港西九龙高铁站紫荆艺术展览空间落下帷幕。展览现场，4件3D打印的云冈石窟佛像复制品与42幅高清洞窟图片交相辉映。在色彩绚丽的雕塑前，观众扫描二维码，便能看见北魏时期的飞天乐伎在虚拟空间中翩然起舞，耳畔的语音讲解将千年前的文明密码娓娓道来。“我们通过3D复原、虚拟现实等技术手段，将千年瑰宝转化为可观看、可感知、可移动、可传承的数字文化体验。”云冈研究院副院长闫丁说。

近年来，云冈石窟的数字巡展已形成独特的文化现象。在青岛城市传媒广场，云冈石窟第3窟等比例“复刻重生”。这座长17.9米、高10米的洞窟由842块可降解树脂材料拼接而成，表面喷涂着仿云冈石窟砂岩颗粒感材质的漆料，连佛像衣纹的褶皱和风化痕迹都纤毫毕现。

可移动3D打印洞窟——第12窟“音乐窟”案例也令人称奇。第12窟为北魏时期的廊柱式殿堂窟，云冈研究院通过积木式模块化设计实现复刻，便于快速拆装。自2020年在浙江大学展出以来，复刻的洞窟已先后“行走”至上海、郑州、深圳等地。观众步入其中，24尊浮雕乐伎手持琵琶、箜篌等乐器，仿佛正奏响跨越千年的音符。

“云冈研究院目前已完成80%洞窟全数字化信息采集工作，数据总量相当于存储2500万部高清电影。”云冈研究院党委书记刘建勇介绍，研究院通过高精度三维激光扫描技术等技术，预计2030年左右将全面完成数字化采集工作。“当科技与艺术相遇，千年石窟不再是静态的石头，而是流动的文明长河。”刘建勇说。

龙门石窟
数字修复 芳华永驻

本报记者 张文豪

“精舍绕层阿，千龛邻峭壁”。在河南洛阳龙门石窟万佛洞前，游客对洞内万余尊造像惊叹之余，还被窟外南壁的一尊观音像所吸引。造像雕工精巧，但发髻以下、鼻子以上的面部残缺，显得“美中不足”。

“上世纪二三十年代，石窟遭到盗凿。近些年，借助现代技术手段，我们才得以一睹千年前造像的芳容。”讲解员马甲伦打开平板电脑，使用APP对残损造像进行扫描，一尊完整造像在屏幕上显现。

两山对峙，伊水中流，始凿于北魏的龙门石窟现存编号窟龛2345个、造像10万余尊。在长达上千年的历史中，不少造像受到自然侵蚀或人为破坏。“针对文物损坏部分，我们利用文献资料、图像信息，结合同时期、同类型造像特征，融合三维数字化技术、颜色检测分析技术，进行虚拟修复及色彩复原。”龙门石窟研究院研究馆员高俊苹介绍，2005年起，龙门石窟研究院开启“数字龙门”尝试，为10多万尊造像建立数字档案，留住芳华。

置身北魏时期代表性洞窟宾阳中洞，洞顶的莲花藻井引人注目。藻井中精美的重瓣大莲花，环绕着形态各异的伎乐、飞天，可人物的具体动作和色彩已难以辨清。“我们借助采集的高精度三维数据，经过模型重建、色彩成分分析等，最终还原了藻井原貌。”在龙门石窟研究院数字展厅，高俊苹向参观者展示成果。

近年来，“一叶一菩提”“山水有清音”等龙门石窟流散文物复位成果专题展在多地亮相。展览中，观众不仅能够近距离见到许多文物复原展品，还可佩戴VR（虚拟现实）设备，走进虚拟洞窟。“2023年初，专题展在洛阳博物馆展出后，陆续在各地巡展。通过数字修复、数字聚合，龙门石窟‘随山永固’的不可移动文物‘活’了起来，跨越山水实现了与更多观众的相见。”高俊苹说。

麦积山石窟
个性定制 智慧调控

本报记者 赵帅杰

“打卡跨越千年的‘东方微笑’，风格独特，栩栩如生！”不久前，来自陕西的胡女士和家人自驾去往麦积山石窟参观，并在社交平台记录下旅游感受：“提前3天就能网上预约门票，还可以根据个人情况‘定制’进场时间。”

位于甘肃天水的麦积山石窟，距今已有1600多年历史。石窟开凿在孤峰峭壁上，现存洞窟221个，造像10632身，享有“东方雕塑陈列馆”的美誉。

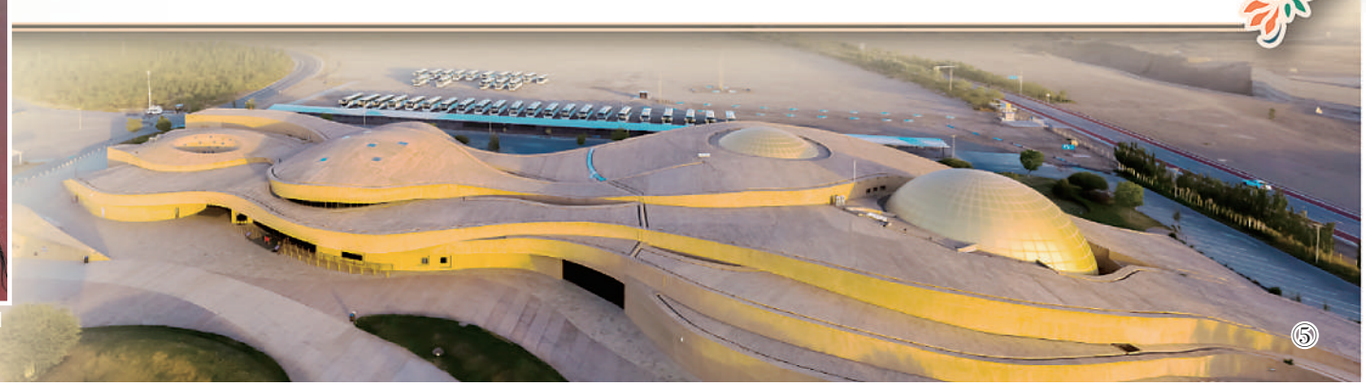
近些年，麦积山石窟游客接待量持续攀升。“石窟由凌空栈道相连，最窄处不足一米，仅容一人通过。”麦积山石窟艺术研究所数字中心主任董广强介绍，窟内空间狭小，且造像多为石胎泥塑，质地脆弱，大量游客同时涌入，既影响石窟文物，也破坏旅游体验。

“2023年，我们联合科技公司推出分时预约系统，将全天划分为不同参观时段，实施‘分时段预约购票、分时段检票入园’的错峰游览。”天水市麦积山大景区管委会副主任张辉介绍，票务系统实时监测各时段余量，动态调整预约配额，控制游客密度。

“大数据分析发现：上午10点半到下午2点半之间，游客数量最多。因此，我们针对性地将门票配额向中间时段倾斜。”张辉说，目前，麦积山石窟每天核定门票8100张，90%以上通过分时预约系统销售。

去年，一场突如其来的沙尘天气席卷天水，麦积山石窟的能见度随之降低，景区提前调配车辆，短短1个小时，安全转移、疏散数千名游客。“我们与气象部门合作，在景区建立分级应急响应机制，最大程度保障游客的生命财产安全和游览体验。”张辉说。

提前预判、精准分流，离不开智慧调控系统。走进麦积山大景区指挥调度中心，车辆信息、客流数据等一应俱全。“全域智慧管理平台，集成智能停车场、客流统计等11个子系统，可实现人、车、票全动态管理。”张辉介绍。



R 新生活新体验

AI伴你游，旅程更省心

本报记者

一趟个性化旅程开始前，往往需要耗费一番功夫“做攻略”：路线规划、住宿安排……如果借助AI（人工智能）技术，是否能够解锁更加省心的旅程？

近日，各地智慧旅游又有新亮点。贵州的“黄小西”、浙江的“杭小忆”、江苏的“下扬州”……在手机上搜索这些文旅小程序，就能获得一位“有问必答”的“数字导游”。这些文旅小程序不仅在旅途中为游客带来新体验，更能助力旅游产业的转型升级。

2025年，贵州官方文旅小程序“黄小西”正式亮相。“贵州十大徒步地有哪些？”“贵阳有哪些适合亲子游的景点？”……通过“黄小西”，游客可以咨询各类相关的问题，甚至徒步、溯溪、探洞等小众行程也可以在“黄小西”上得到答案。

“融合各平台自有数据，‘黄小西’的答案在精准程度、路线设计、时间安排上会比较科学。”贵州贵旅数网科技有限公司总经理黄涛介绍，“黄小西”的开发主要使用自研的人工智能算法，融合了多种大语言模型的能力，并已嵌入高德地图、同程旅行、一码游贵州等10余个平台，相比传统搜索式服务，实现了从“人找服务”到“服务懂人”的转变。

AI助力下，数字导游相比传统导游在“实时性”与“个性化”方面具备明显优势。浙江杭州推出的城市文旅小程序“杭小忆”就是典型例子。

在杭州的主要景点、商圈，常能见到一种蓝色的“智能贴”。拿手机碰一碰这“智能贴”，屏幕上随即弹出一个身着旗袍的江南女孩，这便是杭州数字导游“杭小忆”的卡通化形象。

不久前，上海游客林海帆就利用“杭小忆”体验了一把智慧旅游的便捷。“刚到杭州东站，打开‘杭小忆’，她就向我推送了出站攻略。”林海帆说，入住酒店后，“杭小忆”又向他推荐了附近景点和美食优惠，“甚至帮我规划了酒店15分钟内的城市漫步路线。”离开杭州时，“杭小忆”又生成了一份游记。

除了能给游客提供优质的服务，凭借强大的数据处理能力，各地推出的文旅小程序还能提升景区与相关企业的管理效率，并助力旅游产业转型升级。

通过技术赋能，景区管理逐步从“经验驱动”转变为“数据驱动”。黄山是在国内较早实现全程智慧旅游的景区，通过分析游客停留时长、偏好景点等行为数据，能够预测客流高峰，提前预警，助力景区提前优化摆渡车调度和停车场管理，减少拥堵。

黄山旅游发展股份有限公司董事长章德辉认为，全程智慧旅游的突破在于把吃、住、行、游、购、娱等要素服务全链条与景区对接，实现景区从“门票经济”到“综合消费经济”的进阶。

旅途更省心的同时，也要更安全。算法加持下，使用文旅小程序会不会有信息、隐私泄露的风险？针对用户关心的数据安全问题，江苏扬州文旅小程序“下扬州”预设了解决的方案。“‘下扬州’在建设初期就已制定好信息技术安全、信息安全管理、信息安全运营三大体系总体策略，强化了风险识别、预警、监测等能力，以此保障系统稳定运行，保护用户个人隐私。”扬州市文广旅局资源开发处处长霍伟介绍。

“当前全球AI大模型应用呈现爆发式增长，但大模型安全科技发展仍处在起步阶段，所以更需要从业者严格遵守我国施行的相关法律法规，让大模型的训练、部署和应用符合相关法律法规以及尊重社会公德和伦理道德。”贵州师范大学网络空间安全学院郑欣博士说。

（综合本报记者**陈隽逸**、**窦瀚洋**、**徐靖**、**申琳**报道）

R 余音

智慧旅游，光靠新技术还不够

曹怡晴

戴上VR眼镜“穿越”到古代畅游风景名胜、用智能设备创建自己的数字分身……近年来，多地智慧旅游项目持续“上新”。

不过，冠以“智慧”之名的旅途偶尔也出现“不灵光”的时刻。有些智能设施华而不实，频频陷入“数据孤岛”；有些沉浸式项目只顾炫技，内容空洞徒有其表。

智慧旅游，光靠新技术还不够，在增加旅行“含智量”的同时，更重要的是考虑如何提升游客体验的“含金量”。

一方面要转变数据管理思路。通过建立统一的数据标准和接口规范，鼓励景区、酒店等多方合作，共同构建开放的旅游数据生态，进一步消除“数据孤岛”引发的资源浪费。

另一方面要注重数字服务细节。推出“长辈模式”弥合“数字鸿沟”，优化智慧导览解决“停车难”“预约难”……以游客需求为导向，用心解决旅途中的痛点、难点、堵点，才能真正把新技术用到实处、贴近心坎。

不论是传统文旅还是智慧旅游，“游”的过程中有没有文化体验的增量，是游客最关心的问题。如何运用新技术让文化内容得到充分展示，如何利用数字化形式拉近游客与文物之间的距离，助力中华优秀传统文化传播，是我们在智慧旅游发展如火如荼的当下，需要持续深入的“冷思考”。

智慧旅游代表着文旅产业转型升级的新方向，只有在内容、服务、运营等多方面充分满足游客需求，新技术才能带来更加美好、更加“聪明”的旅途。

图①：武汉大学文化遗产智能计算实验室团队成员（左）与龙门石窟研究院工作人员在龙门石窟魏字洞进行高清摄影扫描。 新华社记者 **李嘉南**摄

图②：在河南郑州博物馆，观众参观云冈石窟第12窟复刻件展览。据悉，该展览借助数字信息采集和3D打印技术，得以1∶1复现石窟原貌。 **马 健**摄（影像中国）

图③：甘肃天水麦积山石窟的栈道。 **任晓晓**摄（影像中国）

图④：观众通过VR设备观赏莫高窟壁画。 新华社记者 **胡 超**摄

图⑤：敦煌莫高窟数字展示中心外景。 **资料图片**

图⑥：游客在手机上打开“杭小忆”。 **周佳月**摄（人民视觉）

本版责编：**孟 扬 唐中科 梁泽谕**
版式设计：**张丹峰**