



扫一扫发现更多



敦煌研究院名誉院长樊锦诗曾经说过,经过千年风沙侵蚀,莫高窟壁画脆弱得就像酥团,轻轻一碰就会化作尘土。

如今,“数字藏经洞”上线了,首次实现利用数字化技术对藏经洞文物全面呈现、解读和共享。文化守护者用新技术对抗时间侵蚀的热忱和努力,正让那些散落世界各地的敦煌文物,在数字空间里重新拼合成一幅完整的文明图景。

敦煌的脆弱性令人心惊,数字化技术提供了一种悖论式的解决方案——通过将实体转化为虚拟,反而使其获得了某种永恒性。高清扫描捕捉的不仅是图像,更是每一道笔触的力度;三维建模保存的不仅是形态,更是每一处细节的神韵。

这种转化,无异于为易逝的肉身创造不朽的灵魄。面对敦煌的消亡,数字化工程展现了一种悲壮而睿智的应对。

“数字藏经洞”的全球共享特性,也与敦煌本身的世界性一脉相承。当各国学者通过同一个平台研读不同收藏机构的文献,敦煌正在数字空间重现它作为文明交汇点的荣光。

未来的访客通过虚拟现实技术“走进”今天的洞窟,他们看到的将是叠加了千百年历史图层的文明全息图。这种跨越时空的对话,或许正是数字化最深刻的意义——不是替代实体,而是在实体消亡后,依然保持文明记忆的鲜活与完整。

王永芳

2025年6月24日 星期二 主编:王永芳 责编:马梦娅 美编:职文胜 版式:陈笑宇 责校:刘明

我所知道的杨振宁二三事

专栏

穆旦:笑对世界,冲向凛冽

读书

敦煌研究院文物数字化研究所副所长丁晓宏:

“数字敦煌”助力跨文明对话

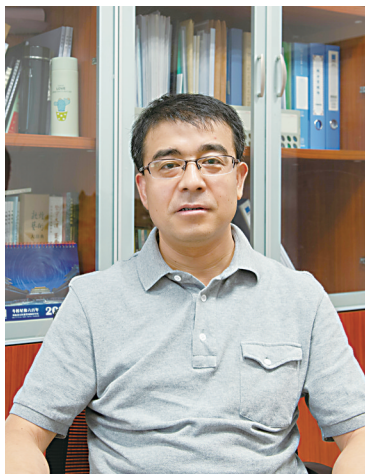
□长江日报记者李照

5月30日,第四届文明交流互鉴对话会在敦煌举行,来自多国的政要、专家学者、国际组织和非政府组织负责人以及中方相关部门代表约400人与会,国家副主席韩正出席开幕式并致辞。

次日,“数字藏经洞发布暨丝路大都会:敦煌及丝路沿线艺术、文献与文化国际学术会议”在敦煌研究院举办,来自9个国家的专家学者分享了敦煌学与丝绸之路跨学科研究的最新成果。

丝路黄沙、一眼千年。敦煌作为古丝绸之路上的重要节点,东西方文化交汇的重要枢纽,造就了融通中西、博采众长、独具特色的敦煌文化。在21世纪的第三个十年,敦煌凭借科技进步,实现数字技术与传统美学的跨界融合,助力世界不同文明平等交流互鉴。

上周,长江日报《读+》周刊采访了敦煌研究院文物数字化研究所副所长丁晓宏,请他介绍了敦煌在数字化方面的进展。



丁晓宏。



5月30日,第四届文明交流互鉴对话会在甘肃省敦煌市开幕。新华社发



观众在参观“如是莫高”敦煌艺术大展中展出的莫高窟第45窟的复刻版本。新华社发

“数字藏经洞”让流失海外文献“回家”

1900年5月26日,甘肃敦煌莫高窟,下寺道士王圆箴在清理积沙时,无意中发现了藏经洞,藏经洞的面积仅为7.65平方米,体积不到20立方米。整个洞窟堆满了公元4至11世纪的经卷文书、刺绣绢画、法器 etc.

此后花果飘零。据统计,敦煌藏经洞出土的7.3万余件各类文物,藏于海外约4.7万余件,保存在中国国内有2.6万余件。

近几年,敦煌研究院致力于开展“流失海外敦煌文物数字化复原项目”,得到了国内外敦煌文物收藏机构的积极响应、支持和帮助。自去年以来,英国国家博物馆、英国国家图书馆、英国维多利亚与阿尔伯特博物馆、法国国家图书馆、法国吉美博物馆、匈牙利科学院图书馆、美国哈佛大学等多家机构相继与敦煌研究院签署合作协议,并共享其馆藏的敦煌文物数字资源。

2025年5月31日,藏经洞发现125周年之际,“数字藏经洞”数据库平台(<https://cave17.e-dunhuang.com>)正式发布,录入藏

经洞出土文物目录74651条,发布敦煌文书经卷9900余卷、图像60700余幅,完成经卷内容识别840余万字。

不仅如此,“数字藏经洞”还首次实现利用数字化技术对藏经洞文物全面呈现、解读和共享,运用人工智能技术对经卷文字进行自动识别并基于人机协同审核校正标注结果,不仅整合了流失海外敦煌文物目录、珍贵图像,还纳入海量国内外敦煌学研究成果,同时具备图像拼接、图像级合、知识图谱构建、全文检索等多项功能。

藏经洞经卷上的文字多为古文手写,标点不全,不易读懂。“数字藏经洞”设有“字对照阅读、字读音与纠错、行对照阅读、全文对照阅读”等功能,帮助各个人群都能读通、读懂。通过人工智能赋能,平台的经卷原文已支持中文、英文、法文、日文等多语种呈现。平台还可以帮助大众快速译译经卷原文、凝练经卷主旨,并提供背景资料以供参考。

5月31日当天,还举行了“数字藏经洞”

管理咨询座谈会,并形成了《数字藏经洞管理咨询座谈会会议共识》:“数字藏经洞”为一个国际性的共建共享数据库平台,综合运用人工智能等关键技术实现全球敦煌藏经洞文物数字资源的统一管理 and 共享,数据库平台合作伙伴之间可无偿交换共享藏经洞文物数字资源,面向大众共享敦煌文物数字资源。

《归义军衙府酒破历》是流失海外的敦煌文物“数字回家”的典型案列。该文献为1000多年前敦煌当地归义军衙府公务用酒的“流水账”,反映出敦煌当时政治、经济、宗教、文化等方面的情况,具有重要的历史价值。其在流传过程中曾被分为三段,第一段一直保存在敦煌研究院,第二段流落到日本,1997年由日本友人青山庆示捐赠给敦煌研究院,第三段收藏于法国国家图书馆。现在利用数字化技术,终于可以将第三段文献的数字化照片,与前两段在同一空间展示,使我们重新看到《归义军衙府酒破历》的原貌。

建成全球首个超时空参与式博物馆

“数字藏经洞”不仅仅是数据库平台,它还是全球首个超时空参与式博物馆。

“数字藏经洞”综合运用高清数字照相、游戏引擎的物理渲染和全局动态光照等游戏科技,在数字世界生动再现了藏经洞现状&百年前藏万卷珍贵文物的历史场景。以4K影视级画质,中国风现代工笔画美术场景与交互模式,让公众“穿越”晚唐、北宋、清末等历史时期,亲身“参与”到藏经洞的厚重历史之中,在关键历史场景的“见证”和变换中,直观地感受和了解敦煌文化艺术的价值与魅力,为公众提供身临其境的沉浸式体验。

力,为公众提供身临其境的沉浸式体验。

公众可进入高清还原的藏经洞中,近距离观赏洞窟里的壁画、彩塑和碑文等细节。同时,公众还可以通过人物角色扮演,“穿越”到4个不同时段,与洪辩法师等8位历史人物互动,“亲历”藏经洞的前世今生。伴随琵琶、箏、鼓等传统乐器演奏的旋律,公众将在故事化的互动中逐步收集和学习敦煌学知识,并最终进入数字展厅参观更多文物。

为了还原莫高窟1600米外崖面原貌,以及毫米级高精度复刻莫高窟“三层楼”和第

16、17窟,“数字藏经洞”通过数字照相、三维建模技术,渲染了超过3万张图像,生成9亿面的超拟真数字模型。

敦煌研究院院长苏伯民表示,“数字藏经洞”是首次在虚拟世界毫米级高精度复现敦煌藏经洞,利用游戏引擎和高清扫描技术,1:1复原了藏经洞,支持多语言,希望为大众打开一扇能够穿越时空、更轻松了解藏经洞和主要文物的新“大门”,通过沉浸式体验促进敦煌文化的全球数字化传播和跨文明对话。

“两张照片”的震撼催生敦煌数字化

头光太扁,实际应该是圆的。

原来,石窟里的壁画凹凸不平,加上镜头畸变、阴影遮挡、灯光偏色等因素,都会导致图像失真。经过长期摸索,他们发现:照片边缘容易变形,因此拼接时要裁掉边缘,只保留两张照片中间的部分,再重叠起来比对是否有错位和重影。但这样一来,一张壁画,往往就要拍数千张照片。而且拼接过程也不是那么简单,要大量使用各种软件、算法。

以莫高窟第61窟《五台山图》为例,这幅实景地图宽13.6米,高3.8米,在洞窟最里面,离地面两米高,前面还有遮挡,所以大部分观众要么看不到、要么看不全,更看不下细节。经过数字化之后,用4780张照片拼接出了高清图制品,观众可以在电脑上看到高清的细节。

与国内外众多高校、机构合作,敦煌人逐步探索出了基于轨道平行拍摄的壁画数字化方法和VR虚拟漫游整窟采集方法,探索出了洞窟结构、彩塑和大遗址的三维重建方法,由计算机比对定位,把误差缩小到毫米级。

首先,要综合考虑洞窟大小、形状及损坏程度和摄影难度系数,设计完善周密的数字摄影采集方案,并对方案进行科学论证。然后使用定制轨道、摄影车等专业设备进行拍摄。

拍摄时,必须使用恒温冷光源,确保人为影响降到最低;图像色彩、清晰度也都受到严格控制;组装仪器、铺设轨道更要十分小心,避免伤害壁画。经过高精度采集,壁画上的粉尘、颜料的晕染、淤粉堆金的工艺都一览无遗,一些肉眼难以看到的病害也能及时发现。

将彩塑、壁画数字化,敦煌研究院是国内的先行者。从起初无现成经验参考,到后来经过实践探索形成方法论,敦煌研究院总结、制定出一套工作规范流程,形成了采集、加工、存储等方面的13个标准。刚开始,他们一年只能拍2到3个洞窟。现在一年可以拍20多个洞窟,拼接10多万张图片。

到今天,敦煌研究院已经构建了一套不可移动文物数字化工作流程和关键技术:基于摄影与计算机技术的壁画二维数字化技术、基于激光扫描和结构光的彩塑三维重建技术,以及基于遥感测绘和倾斜摄影为主的大遗址数字化技术。截至目前,敦煌研究院数字化保护团队已完成敦煌石窟300个洞窟的壁画数字化采集、200个洞窟的图像拼接处理;完成7处大遗址、45身彩塑的三维重建,以及212个洞窟空间结构的三维激光扫描。

如今,敦煌文物保护的理念与技术,已应用在全国200余项重点文物保护工程中,并走出国门:2023年,敦煌下属团队支援缅甸蒲甘他冰瑜寺修复项目中的壁画保护信息提取技术合作项目;2025年4月,“中国—吉尔吉斯斯坦文化遗产保护联合实验室”揭牌,双方将开展阿克·贝希姆(碎叶城)遗址联合保护前期勘察保护研究。

敦煌研究院文物数字化研究所副所长丁晓宏告诉记者:“通过数字赋能,一方面可以永久保存敦煌石窟信息;另一方面,为敦煌研究院的保护研究、美术临摹、考古测绘,以及旅游开放提供了有力的数据支撑,让敦煌文化超越时空限制,这为敦煌文化在世界舞台绽放光彩奠定了基础。”

访谈

读+:敦煌的数字化是怎样一路走来的?

丁晓宏:主要历经了三个阶段,即探索期、成熟期和创新期。

20世纪80年代末到21世纪初是探索阶段,数字化概念尚处萌芽期,主要工作是将传统胶片影像资料转化为计算机数码影像资料。那时我们院里有摄影录像部,一些摄影师在做这个事。当时,数字化在文物保护领域近乎空白,团队没有太多经验可以借鉴,但大家还是凭借着拯救保护文物的使命感,开启了数字化探索的征程。2000年后,数码相机的普及和计算机技术的成熟,为文物数字化提供了更有力的技术支撑。2006年,敦煌研究院成立了数字中心,这是敦煌研究院文物数字化研究所的前身。自此,敦煌研究院有了专门的团队围绕技术研发、工作流程制定、设备改进等方面展开一系列的工作。

2006年至2014年为成熟阶段。我们逐步形成了一整套完整的数字化关键技术以及成套装备体系,团队保持每年对20个洞窟进行规模化的数字化保护和开发。在保护对象上,早期主要针对面积大、数量多且保护紧迫性高的壁画,随着技术的成熟,逐步拓展到对彩塑、洞窟结构等三维信息的采集,构建起更为全面的石窟数字化档案。

2014年至今为创新应用阶段。2016年“数字敦煌”资源库上线,这是全球首个上线的包含莫高窟30个完整信息的文博类资源库平台,免费向全球共享,让世界各地的人们都能通过互联网领略敦煌石窟的魅力。此后,在积累了一定数字化成果的基础上,工作人员通过数据挖掘、整理和创意设计,探索出一条将数字化成果有效利用的创新之路,实现了从数字化保护到有序利用的跨越,让敦煌文化以更加多元的形式服务大众。

读+:能否介绍几个印象深刻的数字化案例?

丁晓宏:我想说说莫高窟第130窟。该窟体积庞大,洞高28.2米,壁画面积1558平方米,窟内还有一尊26米高的弥勒大佛,内部空间结构复杂,涵盖大型空间、狭小空间及曲率空间。

2020年,敦煌研究院文物数字化研究所申报并立项莫高窟第130窟整窟数字化保护项目,团队共投入4个组16人,历时2年多才完成相关工作。通常来说,摄影架的高度足够完成文物信息采集,但在130窟,我们仅脚手架就搭了8层。130窟顶部呈覆斗形,墙面曲率变化足有2米,拍摄时会产生形变而影响数据采集。为拍摄到壁画和佛像的细节,团队还对设备进行改良,使工作人员在控制台能灵活

读+:在您看来,数字化对于敦煌文化传播有什么意义?

丁晓宏:2014年我们在兰州举办了第一场敦煌数字化展览,叫《敦煌艺术走出莫高窟》,首次集中展出数字化成果,让不可移动的敦煌石窟艺术在千里之外得到精彩展示,引起社会强烈反响。这是当时樊锦诗院长给我们起的展览名称,为什么叫这个名称?因为数字化突破了空间、时间和地域的限制,它可以以多种形式在多个维度多个渠道上去传播。敦煌地处偏远,好多人员可能觉得来敦煌很麻烦。现在有了数字化成果,又有了互联网、人工智能、大数据和5G,这就克服了限制,让它传播的速度更快、范围更广了。

在数字技术的赋能下,壁画、彩塑等文物以数字形式实现了长久保存。然而数字化保护团队的工作并不止于此。我们的成员不仅来自摄影和计算机专业,还包括艺术设计、动画、视频编导等领域的人才。目前,数字化保护团队以“前端保护+后端转化”模式运行,持续探索保护成果的活化利用,推动敦煌文化数字化传播,让敦煌艺术走进大众生活。

“活化”就得有创新,要通过创新的形式和手段,把一些生涩小众的资源转化成大众喜闻乐见的

从“摄影录像部”起步

读+:我记得敦煌研究院和武汉大学也有多年合作。

丁晓宏:是的。2006年李德仁院士团队与敦煌研究院樊锦诗院长初步接洽,2007年11月,启动激光扫描与三维重建工作,对莫高窟第158窟&标志性建筑“九层楼”进行数据采集。2008年夏季,敦煌研究院联合武大完成第196窟、285窟的高精度三维重建。

在这些工作中,以三维扫描点云为基准,关联高分辨率壁画图像,解决了壁画数字化中的形变问题,实现了单幅图像与拼接图像的毫米级定位纠正。该方法已应用于多个洞窟,其精度满足文化遗产保护需求,成果发表在咱们的《敦煌研究》刊物上。

2012年底,国家科技支撑计划“面向文化旅游的丝绸之路文化遗产数字化及关键技术集成研究”立项。武汉大学等院校与我们合作,制定文化旅游信息标准规范体系,集成多媒体技术构建跨区域文化遗产地理信息系统,开发了互联网综合服务支撑平台及手持终端应用平台,实现资源在线展示与旅游服务集成,并完成莫高窟278个洞窟数字化采集,支撑“数字敦煌资源库”全球共享及“云游敦煌”小程序开发。2016年10月该项目通过科技部验收。

2020年,国家重点研发计划“丝路文物数字复原关键技术研发”立项,敦煌研究院牵头,武汉大学团队开发“多源融合的跨尺度文物高真实感彩色三维重建方法”,研制石窟寺壁画二维图像、雕塑与大遗址三维数据采集装置原型,支持极高环境与极端气候下的数据采集。该项目2023年12月完成。

此外,我们还和武汉大学合作培养测绘、遥感、考古等多学科专业技术人员。

难忘第130窟,足足拍了12万张照片

操纵前方设备并随时调整参数。到了工程后期,大家工作前尽量少喝水,减少去洗手间的次数,争取在脚手架上多工作一会儿。

两年中,团队共采集了超过12万张图像资料、约20亿个三角面的云数据,拼接加工出约500GB的成果数据,完成了规模空前的文物数字化工作。

文物数字化保护是一项相对艰苦而枯燥的工作,莫高窟的环境也相对严酷,在寒冷的洞窟内,工作人员一年四季都要身穿棉衣与护膝进行数据采集,不少人都有有关节炎、颈椎病等职业病。即便如此,依然有许多年轻人来到敦煌,扎根在这里,耐住辛苦与寂寞,日复一日坚守在岗位上。

数字化助力敦煌文化走向世界

形式和内容。如果采集的数据资料原封不动地放着,1000年以后也只是一堆数据。但如果经过不断转化、利用,就可以运用到不同的领域,放大这些数据资料的价值。

我们多年积累下来的技术经验可以为其他文物保护单位提供技术支撑;我们的数据资源转化则实现了文化资源的安全高效流动。在数字化保护团队的助力下,如今,在全球多个艺术展馆里,都可以看到莫高窟复制洞窟、壁画、雕塑的身影,这让敦煌艺术变得不再遥远。数字化复制的形式,既保护了脆弱文物,又让观众可以沉浸式感受石窟之美,真正实现“窟内保护,窟外共享”的文明传承新范式。

樊锦诗院长曾经引用《后汉书》里的记载,称敦煌是“华戎所交一都会”。历史上敦煌就是中华文明与域外文明的交汇处,既以中华文明为本位,又以开阔胸襟和恢宏气度,广泛吸纳、融汇希腊罗马文明、印度文明、波斯文明、中亚文明等多种外来文明,体现出开放、包容、互鉴的文化特征与共生智慧。我们要通过数字赋能,为敦煌研究院的保护研究、美术临摹、考古测绘、以及旅游开放提供有力的支撑,让敦煌文化超越时空限制。