

云冈石窟系统性保护的探索与实践

管晓亮 宁波



云冈石窟昙曜五窟

云冈石窟坐落于山西省大同市武周山南麓，始凿于北魏年间，是公元5世纪中国佛教艺术的巅峰之作，现存主要洞窟45座、造像59000余尊，2001年被列入《世界遗产名录》。

历经1500余年风雨，石窟受岩体开裂、风化侵蚀、煤尘污染等多重威胁。七十余年来，云冈守护者深耕细作，构建起“环境整治为屏、立法护航为盾、本体修复为基、科技监测为眼、数字永生为翼、文化传承为魂”的全链条系统性保护体系，为世界文化遗产保护提供了可借鉴的“云冈方案”。

生态筑基：全域治理，筑牢宏观屏障

云冈石窟因山构窟、依山而凿，山体稳定性、区域气候与周边环境质量是保护工作的首要前提。

20世纪90年代，距石窟仅350米的109国道上，运煤货车昼夜穿梭，煤灰附着侵蚀造像、车辆震动反复撕扯岩体，严重威胁石窟安全。1998年，国家投入资金实施109国道改线，将运输通道南移1500米，彻底远离保护区，打通了石窟“生命通道”。

2008年，大同市全面启动云冈大景区周边环境综合治理工程，将遗产保护纳入区域生态系统整体规划，通过搬迁周边村镇、治理十里河、实施大规模的植树造林，昔日的荒山秃岭化作绿水青山，区域气候明显改善，为大型露天文化遗产的生态保护提供了范本。

法治护航：制度赋能，织密刚性防线

大同作为煤都，地下采掘活动长期扰动山体，极易引发山体结构性位移，这种看不见的威胁比表面风化更具毁灭性。

1997年《大同市云冈石窟保护管理条例》颁布，保护工作步入法治化轨道。2018年，新修订的《云冈石窟保护条例》施行，专章设立地下保护区，明确留设永久地下保安煤柱，划定地下禁采区，严禁井下采掘，从地质根源保障了山体稳定。

2021年，云冈文化保护法庭揭牌成立，专司审理涉石窟保护案件；2022年，云冈文物保护检察院设立，依托公益诉讼职能，聚焦大气、水体、周边环境、文物安全等领域开展常态化监督。立法、司法、检察三位一体的法治防护网，为石窟保护筑牢法治根基。

固本强基：精修细护，夯实微观根基

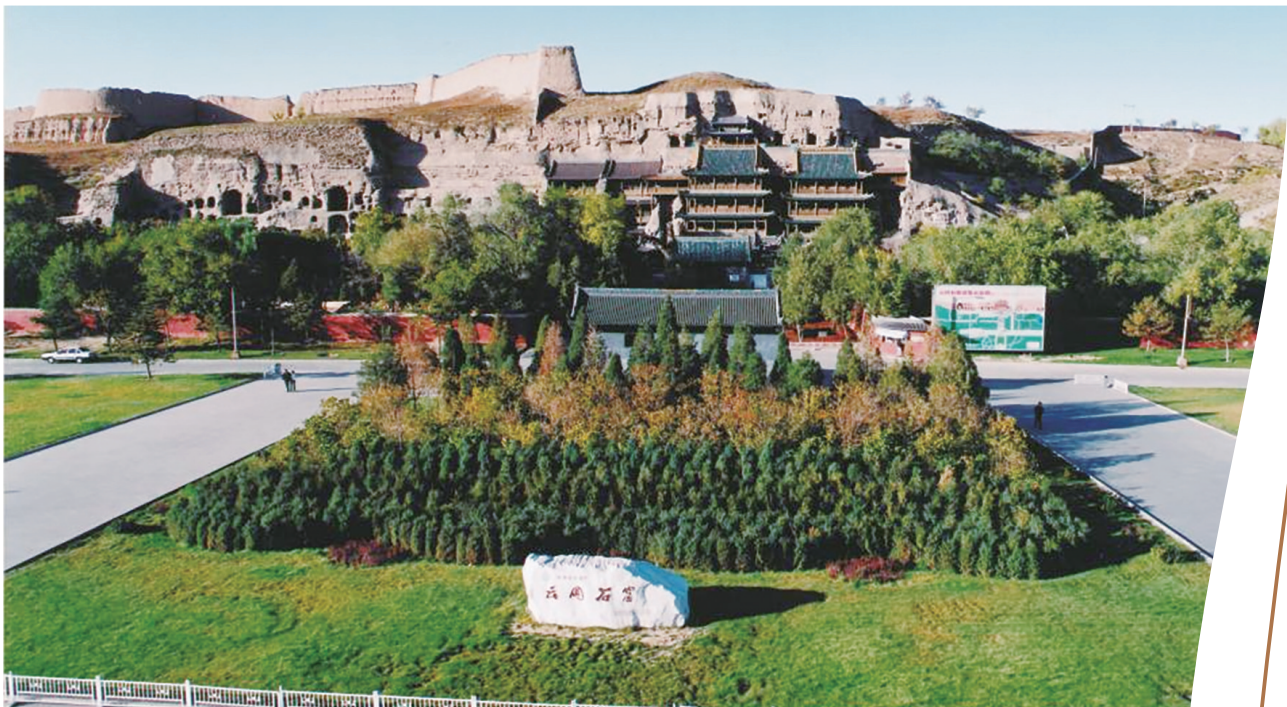
云冈石窟岩体属侏罗纪长石英砂岩，硬度适中、厚层连续，是理想的雕刻载体；但岩体胶结弱、裂隙多、水敏性强，长期面临失稳、风化、渗水、盐析等病害，保护难度极高。其本体保护的历程，正是一部从“抢救加固”向“精准修复”的技术演进史。

历史抢险加固。1960年国家文物局召开“云冈石窟保护会议”，拉开了云冈石窟科学保护的序幕。1973年，首次大规模抢险加固启动，针对洞窟普遍存在的裂缝、坍塌、石雕剥落等问题，采用锚杆牵拉、环氧树脂灌浆粘接和传统加固技术，基本解决了洞窟稳定性问题，最大限度保持了石窟原貌。

1992年起，“八五维修工程”实施，通过降低和硬化窟前地面、修建第7、8窟保护性窟檐及山顶防水排水设施等措施，有效遏制水害蔓延。2002年防水工程启动，历时五年攻克西部窟群严重渗水问题。2012年起，五华洞危岩加固、彩塑壁画修复、地面雕刻遗址展示、保护性窟檐建设等工程



第38—40窟保养维护工程



治理后的云冈景区

本版责编：张 硕 何文娟 陈颖航

陆续完成。

日常保养维护。进入21世纪，保护转向精细化、常态化。建立“日常巡查—定期保养—专项修缮”三级管护机制，日常开展病害调查，实施造像除尘、表面污染物清除、除盐、裂隙注浆、空鼓加固、排水疏通、温湿度调控等措施；修复前后全程记录、拍照建档，开展短期与长期监测，及时处置微小病害并防控次生问题，形成标准化、可追溯的管护流程。

前沿技术探索。引入微生物矿化加固技术：通过培育特定的微生物菌群，利用其代谢产生的碳酸钙沉淀来填补和粘固风化的砂岩，沉淀物与原岩成分高度一致，完美契合“零添加异物”原则。应用激光成像技术：借助宇宙射线缪子的强穿透性，实现非侵入式三维密度成像，无损探测岩体缺陷，为大型文物内部结构探测提供了新范式。

科研体系支撑。云冈研究院与国内高校、石窟寺联合成立了“石窟寺保护科技创新联盟”“数字云冈联合实验室”“中国石窟文化联合研究院”等平台，先后在石窟病害无损分析、稳定性评价及水害探查等关键领域开展数十项国家和省部级课题研究，并获批“国家文物局重点科研基地”和“石窟寺保护与传承山西省重点实验室”，为云冈系统性保护提供了学术支撑。

科技赋能：数智防控，构建预防体系

当前大同气候暖湿化加剧，降水量显著增加，冻融侵蚀、酸性沉降频发；加之文旅热度高涨（2025年游客量达528万人次，创历史新高），密集客流扰乱洞窟原有微环境，加剧岩体风化压力。

面对日益复杂的保护形势，云冈石窟文物保护工作转向科学化、系统化预防性保护。

构建天空、地表、地下立体监测体系，布设196套监测设备、570处传感节点，全天候监控石窟温湿度、岩体变形、CO₂浓度、PM2.5、振动等关键指标，实现病害隐患动态感知与提前预警。依托智慧监测系统实施精细化客流管控，通过分时段预约、限流参观、淡旺季错峰调控等措施，实现保护与体验双赢。

2003年启动数字化工程，通过近景摄影测量、三维激光扫描与高光谱技术，建立了0.03毫米精度的全维度数字档案，目前已完成80%洞窟采集，预计2030年实现全覆盖。其中，第7、8窟数字化采集首次应用三维高光谱技术，既能留存石窟几何形态，又可精准识别岩体物质成分，开启数字化保护“光谱时代”。建成文物数字资源库，建立数据中心，为海量数据的存储、分析与应用提供算力支撑。

高精度数字档案的建成，既为石窟铸就了“数字永生”的基石，更推动保护工作从静态存档迈向动态、精准的科学治理新阶段。

通过对第9、10窟风化立柱进行定期监测对比，实现石窟病害由“定性描述”到“定量测定”的跨越，为石窟日常养护与加固治理提供了科学数据支撑。利用“数字化扫描+拓片辅助”的虚拟拼对技术，重现了第20窟西立佛样貌，为文物实体修复与展示提供了全新技术路径。

活化传承：数字赋能，推动文明交流互鉴

保护的终极目标是传承。云冈石窟在确保文物本体安全的基础上，积极探索文化遗产的当代价值转化。

依托全息数字档案，推出可移动3D打印复制窟（第12窟“音乐窟”），打破了不可移动文物的空间限制，让千年石窟“走”出大同，“走”向上海、杭州乃至世界。通过VR全景漫游、AI壁画修复、数字文创产品等创新形式，推动云冈文化以鲜活、年轻的方式融入当代生活。

从“煤灰化身”的环境阵痛到“绿水青山”的生态重塑；从“三年修好”的抢救攻坚到“数字永生”的科技赋能。七十载薪火相传，一代代云冈人以坚守护文脉、以匠心守遗产，构建了一套“环境—制度—技术—文化”四位一体的系统性保护网络。未来，云冈石窟将持续健全预防性保护体系，深挖文化内涵，让千年石窟在新时代绽放更加璀璨的光芒。（作者单位：云冈研究院）

推动文化遗产系统性保护



彩绘加固

对于大多数走进博物馆的观众而言，“文物保护”是一个既陌生又熟悉的词汇。他们可能知道文物需要保护，却不知文物是如何被保护的，这些工作往往隐身于展柜之后，沉默于库房之中。兵马俑的修复有什么特别之处？破碎的陶俑如何恢复如初？出土时鲜艳的色彩为何转瞬即逝？这些穿越千年的遗存是谁在守护？诸如此类的问题，既是观众的疑惑，也是文物保护工作者日复一日的日常。“凝眸·凝眸·凝眸——文物科技保护成果展”的策展初衷，正是希望将观众对“幕后”的好奇，转化为对“未知”的探索欲，也为年轻一代打开一扇通往文物保护领域的窗。

“凝眸”展览并非传统意义上的文物精品展或文物保护技术展，这里没有整齐排列的“国宝”，却处处可见文物艰难“重生”过程中文物保护者的努力与温度。如何让观众理解博物馆人在“幕后”的努力，如何将修复师的孤独与坚守、科研人员的格局与严谨、年轻一代的传承与创新浓缩进450平方米的展厅，如何让展览既有温度且可以与观众共情，都是策展团队认真思考的问题。策展团队用极具画面感的“凝眸”二字，给出了一个极富诗意的答案。带领观众走进文物保护工作的幕后，探寻文物保护工作者的专注与热爱，探寻文物背后的故事与温度。

缘起：从“好奇心”到“求知欲”

策展的起点，源于观察。对于普通观众而言，会好奇部分文物是怎么从出土时的碎片变成展柜中的完整形态的。策展人敏锐地捕捉到了这种“好奇心”，并希望将它转化为观众对未知世界探索的“求知欲”。

主题：从细节挖掘到宏观视域的“凝眸”

主题定为“凝眸”，意为“注视、目不转睛地看”，旨在传达文物保护工作者对于文物保护事业的专注与热爱。这个主题的选定，是整场展览叙事逻辑的起点。展览以“凝”为“叙”，构建了一个层层递进的叙事结构。三个单元——“凝眸”“望远”“远眺”，形成了一个从“聚焦当下”到“知不足而奋进”再到“展望未来”的认知闭环，为文物、文物保护工作者和观众三者之间架构起相互“凝眸”的空间氛围。

第一单元“凝眸”，聚焦文物保护工作的实操与核心技术。文物保护工作者日复一日凝视文物的一个个瞬间，是展览最核心的画面。十年、二十年、三十年——从破碎陶片到完整陶俑的蜕变，正是一代代文物保护工作者“凝视”的成果。

第二单元“望远”，则是一种自觉的反思。“知不足而奋进，望远山而力行”——在展示成果的同时，策展人将文物保护工作曾经有过的遗憾（比如兵马俑彩绘的脱落）转化为“奋进”的动力，展现新一代文物保护工作者如何借助科技手段，望向更远的学术目标。

第三单元“远眺”，视野进一步打开，从个人到团队，从秦始皇帝陵博物院到全国再到国际，从过去到现在再到未来——策展人希望观众看到，文物保护事业不是一个人的孤军奋战，而是一群人的协同共进，是一代代文物保护工作者的传承。

这种“凝—望—远”的结构，让展览有了清晰的叙事节奏：先让观众看清“是什么”，再引导观众思考“为什么”和“怎么办”，最后展望“走向哪里”。

序厅与尾厅：起笔与落笔的匠心

序厅是策展人埋下的第一处“伏笔”。

一进展厅，悬挂的钟表就体现了设计师的巧思，指针指向的时间把观众沉浸式带入展览，紧接着文物保护工作者从清晨上班“打卡”开启一天的工作。紧接着，“久久为功”被置于醒目位置，接下来通过两个延伸内容——“文物保护工作是在做什么的？”和“遗址博物馆文物保护工作的类型”，为观众搭建起理解文物保护工作的知识框架。这意味着，即便是一个对文物保护工作完全陌生的观众，也能带着清晰的认知进入后续的参观。

尾厅则是情感的收束与升华。“文物保护工作不是光鲜亮丽的，背后是几代人的努力和付出。要耐得住寂寞，忍得住孤



彩绘加固

独，凭着热爱与坚定才能不断迈向新高度。”展板上的这段话质朴而有力，道出了文物保护工作的底色。以“爱上你，我一生无怨无悔”的诗句收尾，展现一代代文物保护工作者无悔的心声。

叙事策略：用“人”的故事激活“物”的技术

文物科技保护展览容易陷入一个困境：技术术语太专业晦涩，观众看不懂；流程展示太细，观众看下去。该如何破解这个难题？“凝眸”给出了答案——用“人”的故事来激活“物”的技术。

整个展览版面虽然会反复出现具体的人名，但我们想传达给观众的不是抽象的“文物保护工作者”这一词语，而是有血有肉、有故事、有情感的一个个“人”，是由一个个具体的人组成的能攻能战的团队。

版面文字的表述风格也不仅是实验数据的堆叠和专业术语的平铺直叙，而是用有趣、鲜活的语言展示文物保护各个领域的内容。如28号和4号百戏俑的修复案例，不是冷冰冰的技术参数展示，而是“65块残片、耗时9个多月”和“173块残片粘接”这样具体可感的数字，以及手绘的修复水彩画——那是修复者与文物之间独特的“共鸣”。“指纹！指纹！”这个看似轻松的标题背后，是研究者将传统修复技艺与现代技术相融合，跨学科地将纹理学、统计学引入考古研究的大胆尝试。“俑坑也生病！”则用拟人化的表达，让遗址博物馆特有的土遗址保护工作变得亲切可感。“微生物不许逃！”更是带着一种近乎俏皮的紧迫感，让团队的五步工作法变得生动起来。

策展人深知，观众最终记住的，不是Paraloid B-72是什么材料，而是故事，是一个个具体的人的付出，是一件件文物给予研究者与观众的机会，是工作过程中一个个令人动容的瞬间。技术是理性的，但人的故事是有温度的。

空间叙事：温暖与理性的交融

展览的空间设计服务于内容的表达。策展人与设计师共同确定了“温暖+现代科技感”的极具当代风格的整体空间表达。这是一个看似矛盾实则精妙的设计思路——“温暖”对应的是文物保护工作者的热情与热爱，“现代科技感”对应的则是文物保护作为一门理工“科技”的理性与严谨。展厅主色调选用了干净明亮的白色，将“文物保护修复室”搬到了展厅，这是对实验室“洁净”环境的隐喻，也是对文物保护工作者“纯粹”精神状态的呼应，使观众迅速进入沉浸式空间与文物保护一起“打卡上班”。白色也是最不抢戏的背景色——它让展品本身成为视觉焦点，让观众的目光自然而然地“凝眸”于细节之上。通过图文版面、光线、场景复原等的精心设计，展览将文物保护工作者“专注”的眼神与“科技”的理性融合于空间之中。

更值得留意的是空间节奏的把控。序厅营造“专注”的氛围，让观众沉浸其中；三个单元层层递进，张弛有度；尾厅以诗句收束，余韵悠长。整个展览叙事逻辑形成的闭环，通过形式设计在空间中的恰当表达，帮助内容设计实现了内容的诠释与提升，令观众在虚实之间、在人与文物之间，切实感受到文物保护工作的温度与深度。

立意的高度：不止于“成果展”

展览不仅是一次“成果汇报”，更是一次文物保护工作者、观众与文物三者之间目光的交流与对话。从内容上看，它既有对秦始皇帝陵博物院文物保护工作数十年技术积淀的回顾，又有对新一代文物保护工作者研究能力创新的呈现，还有对国际国内协作发展的展望——三个单元共同勾勒出秦始皇帝陵博物院文物保护事业的完整发展脉络。

展览试图回答一个更深层的问题：文物保护工作究竟意味着什么？是修复一件器物？是保留一段历史？还是守护一种文明？答案是：都是，但不止于此。文物保护是一代代代人用专注的目光，与时间的对抗、与遗忘的对抗、与消逝的对抗。那些“凝眸”的瞬间，是绵延不绝的文明长河的精彩注脚。

（作者单位：秦始皇帝陵博物院）

展示文物保护的力量

凝眸背后
周怡