

完成信息采集 恢复对外开放

# 云冈石窟第19窟数字化保护破难题

本报记者 崔莉英

日前,云冈石窟第19窟完成数据化信息采集工作,恢复对外开放。第19窟重新开放的消息吸引了央视、中新网、人民网等全国主流媒体争相报道。

云冈石窟第19窟有何特别之处?洞窟里的雕塑有什么更吸引人的地方?该窟数据化信息采集难度如何?云冈人又是如何利用数字化手段,让千年石窟的信息密码永久保存下来?带着这些问题,记者近日到云冈研究院进行了采访。

## 云冈石窟第19窟 形制独特

昙曜五窟是云冈石窟最早开凿的5个洞窟,第19窟是昙曜五窟中规模最大、形制组合最独特的洞窟,为穹窿顶大像窟,窟门向内收缩,为昙曜五窟中仅有的形制,三世佛分别安置于主窟和东西两个附窟耳洞中。第19窟主像呈吉祥式结跏趺坐像,高16.8米,是昙曜五窟中最大的佛像,也是云冈石窟第二大佛,佛像耳轮齐肩,面容慈祥,端庄稳重,气势凝重,左手微握拳,置膝上,右手施无畏印,五指舒开上举当胸,肘下方有一石柱支撑。

主窟东西两侧以大约45度的斜角,呈“八”字形开凿了两个距地面约4.5米高的耳洞,洞内各雕一身半跏趺坐胁侍像,均高8米,耳洞内的胁侍像双手垂肩,形体雄健伟岸,头部和身躯的轮廓基本与主像相似。这种将三世佛分别开洞安置的设计安排,既有变化又显庄严,是云冈石窟洞窟形制的一种创新。

第19窟主尊佛像占据了洞窟的较大面积,其余绝大部分壁面雕刻了千佛造像,多达4000余尊,是除第15窟“万佛洞”以外雕刻千佛造像最多的洞窟。该窟内有云冈最早的佛教故事图像——罗睺罗因缘·父子相见,被网友称为云冈最为暖心的一组雕刻,位于窟内南壁明窗西侧,雕刻的是释迦牟尼和他的儿子罗睺罗,高大的释迦牟尼为立像,头微微下俯,左手抚在儿子罗睺罗头顶,整个画面散发着温馨和慈爱。



第19窟主像



第19窟内部

## 信息采集难度大 数据处理时间长

云冈研究院数字保护中心主任宁波介绍,随着岁月的流逝,受风沙雨水侵蚀和地震灾害影响,云冈石窟的佛像出现了不同程度的风化,一些洞窟中的佛像五官脱落,面目全非,但通过数字化信息采集,云冈石窟的信息可得以全部数字化保存。

数字化信息采集,是指利用3D扫描等数字技术对石窟现有信息进行全面采集,建立数字档案,为石窟今后的保护、研究和文化产业发展奠定基础。

相比国内其他石窟的数字化信息采集,云冈数字化工作的难点是石窟造像内容丰富别致,洞窟体量巨大,造像繁多,窟形复杂,控制难度高。特别是第19窟作为高浮雕石窟杰作,体量巨大,

空间结构复杂,洞窟佛像大小差距极大,洞窟人物造像精细,人物、动物、花草纹样等的雕刻尤其精湛,三维数字化工作不仅存在采集难、存储难、应用难,采集时还需要体现洞窟空间的纵深感和文物的精细度。

在40多天时间里,工作人员利用无人机、地面三维激光扫描和手持式三维激光扫描仪等数字化设备进行数据采集,从大场景到细微雕刻,采用不同技术进行采集,最终形成多元数据融合的采集模型。目前,云冈的三维采集精度能达到0.03mm的点间距,同像分辨率能达到300DPI,相当于每毫米能达到12个像素点,分辨率可达到8k。如今已为第19窟拍摄了40万张高清影像,原始图像超过

20TB,正在进行数据处理。宁波告诉记者,这么庞大的数据量,已经超过了中等数字城市的数据量。

记者在云冈研究院数字保护中心看到,工作人员正在进行数据处理,把造像划分区域、逐块采集,最后要在计算机上逐块拼贴。他们要完成三维展示系统结合漫游展示、知识图谱信息、石窟病害的标注、强大的灯光渲染效果,最终形成高保真彩色三维模型,永久性留下文物高精度三维数字化档案,采集时间为40多天,但后期处理至少需要半年时间。

这些信息处理完成后,既可以做复制窟3D模型打印,也可以做VR技术体验,让云冈石窟文物可触摸、可感知,还可实现文物信息永久保存、永续利用。



▲ 采集数据信息

▲ 处理数据

## 未来将实现云冈数字化全覆盖

1500余年的风雨沧桑,云冈石窟造像出现了不同程度的风化和脱落现象。对于云冈人来说,石窟的数字化文物保护是第一要务,数字化工作就是在与时间赛跑,越早采集,就能越多留存石窟的信息。

数字化是一种技术手段,服务于大众,也服务于保护工作和研究人员,采集的数据主要与石窟保护相结合,为模拟石窟文物修复服务。

云冈研究院2003年就开始了数字化尝试,只是云冈石窟的数字化具有自身的数字特殊性,立体式的洞窟更难进行数据处理和分析,但云冈人逐步探索出一套适用于高浮雕文物的数字化方法,目标是以科学记录、融合翻译、智慧发展为理念,实现文物信息永久保存、永续利用。

云冈人认为,衡量石窟寺数字化测量结果的直观标准,就是看是否支持原真3D打印。2017年,云冈石窟第3窟西后室以3D打印的方式原真复制成功,不

仅标志着石窟寺数字化成果已随着“活起来”的石窟走向公众,也标志着数字化技术对石窟寺的测量记录达到可复原标准,这正是石窟寺考古测量的理想标准在数字化时代的实现。

截至目前,工作人员基本完成了石窟总量1/3的数据采集,云冈的数据库容量已达200TB。已经完成了第3窟、第18窟、第12窟的原真3D打印,特别是第12窟的3D打印,保持了洞窟原尺寸、原质感和原色彩,并成为积木式可移动展览的洞窟。下一步,预计用10年左右的时间,完成石窟的全部数字化信息采集,向公众传递千年文化成果。

云冈石窟数字化的数据很大,合成的单个洞窟三维模型大概需要500G—1TB的数据,放在电脑里无法处理。目前,云冈研究院数字保护中心已建设先进计算中心,让数据在后台运算,方便在前台用普通的PC远程访问,有点类似于视频客户端。该中心也在建设数字文博工具平台,以文物保护、

数字云冈为基础,建立起全面完整的石窟数据库。

云冈石窟数字化保护中心还与国内其他地区的石窟寺数字平台横向联合。记者了解到,2020年9月,中国文物保护基金会启动“数字重生——丝绸之路沿线石窟寺数字化保护项目”,云冈、龙门、麦积山三大石窟首批参与,探索更多数字化保护利用方式。其长远目的在于,在当前石窟寺数字化工作基础上,推动丝绸之路沿线石窟整体数字化进程,项目周期为6年,前3年侧重于数字化记录存储、虚拟修复、数字回归以及探索数字化标准建立,后3年侧重于展览展示、公众教育、公益活动以及文化价值阐释和传播。

工作人员告诉记者,在即将建成的区域性数据中心体系里,云冈石窟数字化保护中心的数据可以交流,在保证文物安全的前提下可供公众应用,使这些数据成为社会资源。

(照片由云冈研究院提供)