



文化遗产数字化国家地方联合工程研究中心

信息记录，这种记录手段存在着方式单一、占用空间大且不易检索等先天缺陷。“秦始皇陵兵马俑规模宏大，发掘现场碎片数量巨大，人工比对、手工复原周期长、误差大，且打磨粘接实体式拼合极易对文物造成二次破坏，这些现实情况决定了急需对传统的保护及修复方式进行改进和创新。”周教授说。兵马俑一号坑是最早发现并开始陶俑修复的俑坑，通过三十多年的接续努力，已人工修复秦俑1000余件，但这也仅占发现秦俑数的八分之一，以此速度估算，二号坑、三号坑完成修复还需100年。因此，利用数字化手段对其进行保护和修复具有十分重大的意义。

从保护方式看，传统的实体保护仅能延缓本体消亡时间，而数字化文物保护技术（记载、修复、展示、管理）却能有效重现文物的生命。自1996年起，周、耿两位教授带领科研团队与秦陵文物数字化保护工作结缘已近三十年，从单纯的研究、到参与考古挖掘、再到数字化保护，他们不仅参与了兵马俑的现场挖掘，还想方设法地将信息技术运用到兵马俑的保存、修复和传承之中。利用计算机图形图像处理、计算机视觉、人工智能及虚拟现实等信息学科前沿技术提供新的思路、技术和方法，助力文化遗产数字化保护研究并推动相关技术的应用和落地，不断推动秦陵数字化保护工作的创新发展，这在我国文物保护与修复领域具有开创性意义。

神奇的扫描仪

文物数字化，通俗地讲就是通过激光扫描技术对文物进行建模，而要扫描文物，就必须先有设备。周教授说：“当时国家科技攻关计划中对颅骨三维扫描和建模的需求直接下达到我们项目组，1996年我们就启动了扫描设备研制，1997年便成功研制出第一代点状激光三

维扫描仪，直到后来知道，这在当时是一件了不得的大事，是国内第一台三维激光扫描设备。”

记者了解到，第一代点状激光三维扫描仪（XD-scanner1）被迅速应用于公安部物证鉴定中心，主要用于颅骨的面貌虚拟复原。

如今，周教授的科研团队已研发出五代扫描设备。在实验室里，许阳老师向记者详细介绍了扫描设备的更新历程，“第一代、第二代和第三代扫描仪最大的区别是分别基于点激光、线激光和面激光进行采集建模。”特别是2002年研制出的第二代扫描仪，它是基于复曝光真彩色线激光三维扫描设备（XD-scanner2），是国内第一台针对文物真彩色线状激光三维扫描仪，主要面向数字博物馆建设需求，采用复曝光技术，较好地解决了陶瓷器物表面高光反问题，研制出后迅速被应用于西北大学数字考古博物馆。

第三代基于结构光文物外观快速采集建模装置（XD-scanner3）则是基于机械臂与机器视觉技术的文物外观快速采集建模装置，主要解决大中型文物的高效数字化难题，它的诞生使文物扫描时间从小时级降为分钟级，使博物馆海量文物快速数字化成为现实，相关技术指标已达到国际先进水平。

在现场，记者见到了大名鼎鼎的“跪射俑”数字化扫描过程。“实验室的这台概念展示设备，通过机器人机械臂进行扫描，我们研发的这种方式和技术填补了



第三代扫描仪展示扫描跪射俑的过程