



超高还原度3D打印将军俑

维效果进行输出，这样一来，文物碎片无需进行实体修复也能为考古研究工作提供清晰、全面的参考与帮助。

虚拟修复的意义，就在于摆脱了实体文物复原限制，支撑高效的研究和传承。即使实体文物当下并未进行修复，它却依然能够被研究、被展示、被流传，而文物背后的故事也能留给未来去解答，使未知往事逐渐成为已知故事。“对我们团队而言，通过虚拟现实技术让兵马俑等文物活起来，就是落实习近平总书记对文物工作指示的行动实践。”耿教授说。

复原古人容貌

从1996年开始，周明全、耿国华两位教授就带领科研团队建立起了“中国人颅面数据库”，数据库中收集了2000多例现代人颅面数据信息，这不仅开创了该领域的国内先河，更成为亚洲乃至世界最丰富、最有代表性的颅面数据库。随着数据库采集信息的不断丰富、地域覆盖的不断扩大，颅面复原将越来越准确，复原未知的真容成为可能。

有了现代人的颅面数据库，但如何比对并复原古人容貌呢？耿教授介绍说，“通过对古人颅骨的‘碳-14’鉴定和人类学分析，我们就能够推断出其入葬时的年龄范围，再从现有的现代人颅面数据库中提取出与其相同年龄

段人的软组织厚度，并以此为依据复原古人面貌。”

科研团队通过使用手持式激光三维扫描仪对出土人类颅骨进行扫描，从而获取能够准确反映颅骨表面几何形态的三维点云和表面颜色数据，经后期封装和虚拟拼接，就能完成颅骨三维建模，并以此为基础对该颅骨生前样貌进行复原。他们运用此项技术，已成功完成对秦陵出土的疑似秦代王子和秦代嫔妃的颅骨进行了颅面复原。

在谈到颅面复原技术的突破和意义时，耿教授耐心解释道：“颅面复原技术突破的关键是三维建模和处理过程，以往的颅面复原一般是用针扎方式在尸体样本上获取颅面软组织厚度，再通过泥塑得到复原面貌，多依赖于专家经验制作而成，似乎成为了一种艺术家的创造行为。现在，我们则利用CT或三维扫描设备对颅骨数字化，基于现代人数据库来复原面貌，这不仅是一种技术进步，更是一定程度上的技术解放，通过以大量人面科学数据为基础构建统计模型，对颅骨对应面貌进行复原，复原后的样貌相较传统人工复原而言更加科学和准确。”

按照文物处理规范程序，文物在出土后，经过基本的修复和保护，就会进行展出或入库保管，因在实验室留置的时间十分有限，使研究工作无法深入开展。而三维数字化技术能够有效解决这一困境，它可以帮助考古学家在计算机中保留一个与真实文物完全一致的高精度三维虚拟实体，即使不接触实体文物，后期的研究分析工作也能顺利完成，三维打印技术还可将研究的数据成果直观地呈现出来。

耿教授告诉记者，为了便于专家对“秦陵颅骨面貌”的进一步分析和研究，科研团队使用真彩色三维打印机对颅骨进行了1:0.75实体重现，虽然与真实大小不同，但它们的表面结构及相对比例与真实实体是完全一致的，该项技术可靠性也得到了最好的验证。“秦陵颅



秦男秦女颅面复原