

显微 CT 成像在考古中的应用

一、引言

烈日炎炎，热辣滚烫，然而比酷暑更热的是由上海博物馆主办举办的“金字塔之巅：古埃及文明大展”。作为有史以来全球规模最大、亚洲等级最高的古埃及文物出境展，吸引了全世界的埃及迷们。同时风靡全球 30 万观众的现象级文旅体验项目“消失的法老”也在上博二楼特别呈现。展览一经发布，一票难求，爆火出圈。



复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号
虹桥丽宝广场 T5、705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

提到古埃及，我们可能会想到金字塔、法老、木乃伊、图坦卡蒙、亡灵等等，跨越三千多年的古埃及文明，一直以他的“神秘感”深深吸引着众多学者探索研究。通过借助现代科技手段，我们得以跨越时空，感知古埃及的历史记忆。

其实，除了大家所熟知的金字塔、法老外，“沙伯提”（Shabti）雕像是古埃及文明传承中最为普遍的物化载体，几乎可以将其看做是古埃及文明的一个缩影。它是指古埃及陵墓随葬品中的人形雕像，意为“回答者”，置于墓室中，充当死者来世的仆人。



小编借助 Neoscan N70 台式显微 CT 以 36.63 微米像素大小扫描古埃及沙伯提文物，进行高精度无损检测和三维成像，帮助研究人员深入理解和分析文物。有利于文物三维数字化档案建立和文物保护。

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5、705 室

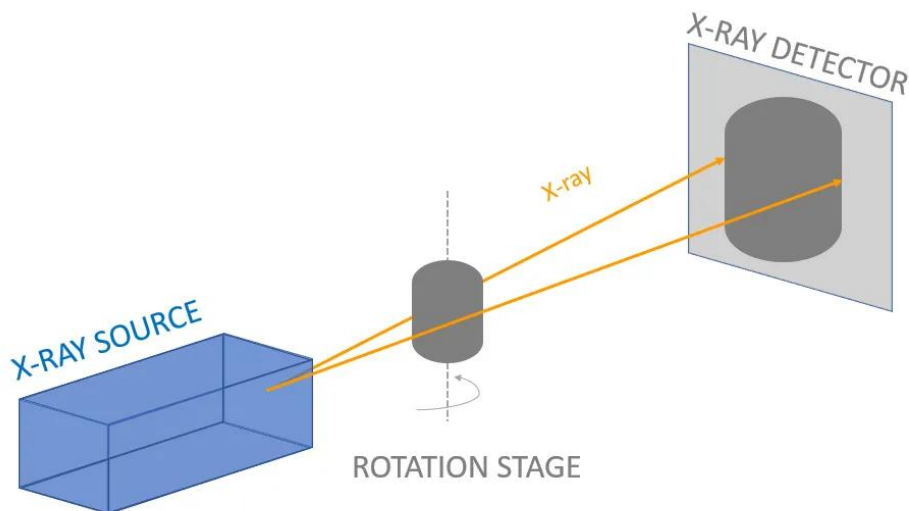
Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

显微 CT 是什么？是如何工作的？在考古中可以发挥什么作用？下面跟随小编的脚步一起解开这些疑问吧。

显微 CT 技术通过高精度的 X 射线无损检测技术，能够在不破坏文物的前提下，清晰、准确、直观地展示文物内部的结构组成以及可能存在的缺陷和损伤情况。该技术为考古学家和文物保护专家提供了一种全新的研究手段，使得对文物的分析和保护工作更加科学和精确。

Part 1. 显微 CT 技术简介

显微 CT 技术利用 X 射线照射样品，通过探测器记录透射的 X 射线强度分布，再利用计算机算法重构出样品的三维内部结构。其独特之处在于能够在非破坏的情况下，提供高分辨率和全方位的三维图像。



复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号
虹桥丽宝广场 T5、705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

显微 CT 示意图：射线源和探测器不动，样品台旋转

显微 CT 的分辨率可以达到微米级别，能够揭示微小结构的细节，适用于需要精细观察的考古样品。以下是显微 CT 技术的优势：

01 非破坏性：显微 CT 技术可以在不损害文物的情况下进行分析，这对于珍贵文物的保护至关重要。

02 高分辨率：显微 CT 技术能够提供高分辨率的图像，使得研究者能够观察到更细微的结构特征。

03 三维成像：显微 CT 技术能够生成三维图像，这为研究者提供了从不同角度观察和分析文物的可能性。

04 多功能性：显微 CT 技术可以用于多种材料和样品，适应广泛的考古应用需求。

Part 2. 显微 CT 在文物考古中的应用

01 文物三维数字化档案建立



文物三维数字化档案是指利用现代三维扫描和成像技术，对文物进行高精度的三维数据采集和存储。这些数据不仅包括文物的外部形态，还涵盖内部结构和材质成分等信息。三维数字化档案为文物保护、研究、修复和展示提供了重要的基础数据。

02 文物内部结构与制作工艺分析

显微 CT 可以生成文物的三维图像，无损地揭示考古样品的内部结构。例如，在研究陶器、骨骼、木制品和金属器物时，显微 CT 能够展示内部的裂缝、空洞和纹理。这对于了解制作工艺、使用痕迹以及保存状态非常重要。

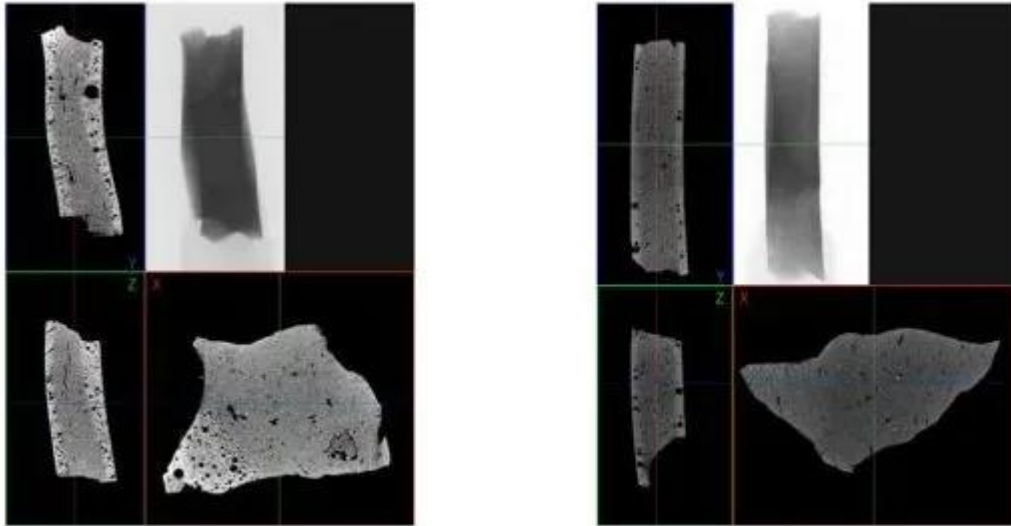
复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

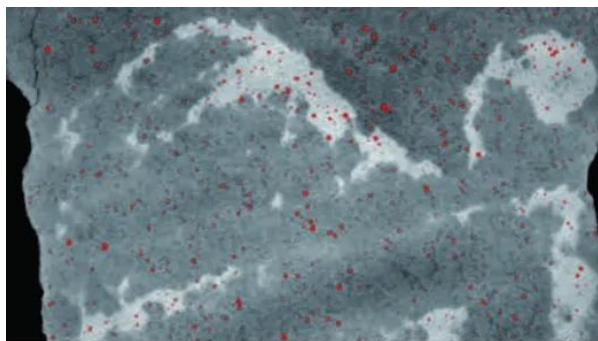
虹桥丽宝广场 T5、705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

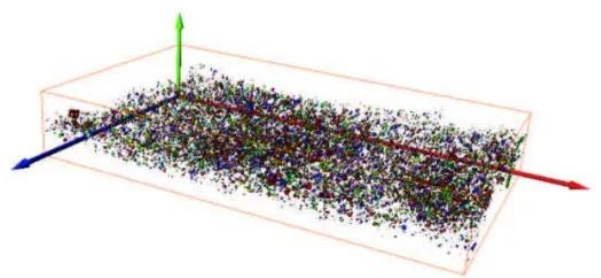
显微 CT 可以显示器物内部的分层、气泡以及修复痕迹，帮助学者了解古代工艺的技术水平和文化背景。这对于揭示古代工匠的技术水平和工艺创新以及文物的修复和复制具有重要意义。



使用 Neoscan 显微 CT 对古文物陶瓷片进行扫描，可清晰展示古陶瓷片的内部结构以及胎釉间的孔隙和气泡分布。



(a) XZ方向低密度孔隙提取



(b) 低密度孔隙三维图像分布

战国山字纹铜镜碎片内部孔隙分布。 图片源于文献^[1]

03 古生物遗骸研究

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5、705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

在考古遗址中，经常发现古生物的遗骸。显微 CT 技术可以无损地重建这些遗骸的三维形态，帮助研究者了解古代生物的生理结构和进化过程。



使用 Neoscan 高分辨率台式显微 CT，扫描百万年前有孔虫壳体，建立有孔虫三维模型，清晰展示其内部的房室结构，助力古生物研究。

04 文物病害诊断与修复保护

显微 CT 技术可以检测文物的腐蚀、裂纹、内部损伤等病害情况，为古代金属文物的材质、制作技术以及腐蚀发展状况提供了详细信息。通过对病害的精确诊断，可以制定出更为合理的保护措施和修复方案。

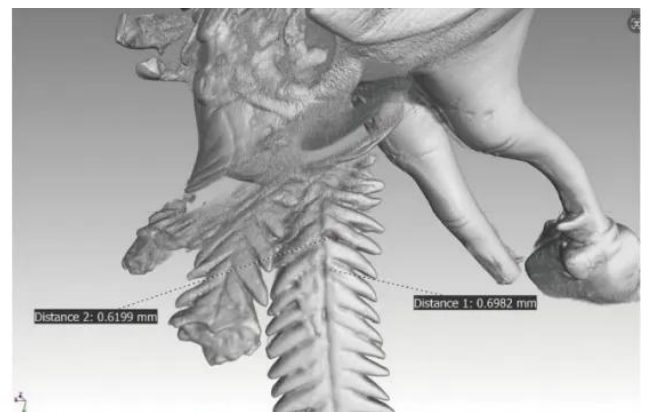
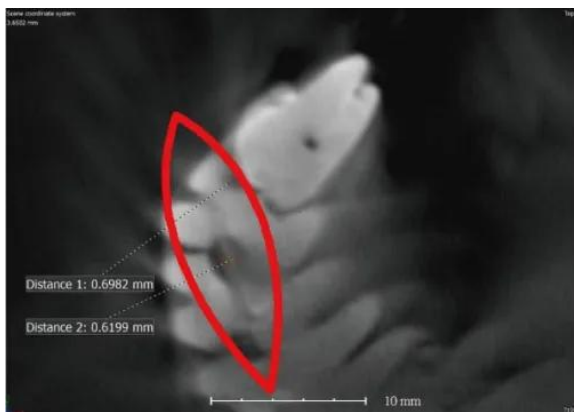
复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号
虹桥丽宝广场 T5、705 室

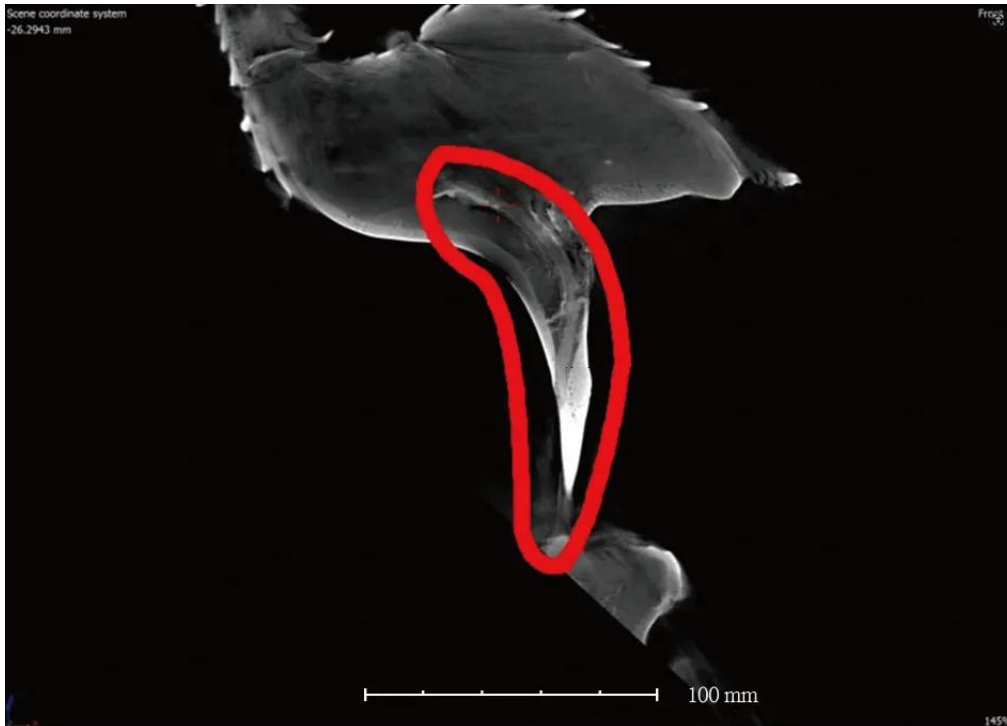
Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com



青铜凤凰器物尾羽断裂处截面的银白色物质 图片源于文献^[1]



尾羽处的 CT 成像。图片源于文献^[1]



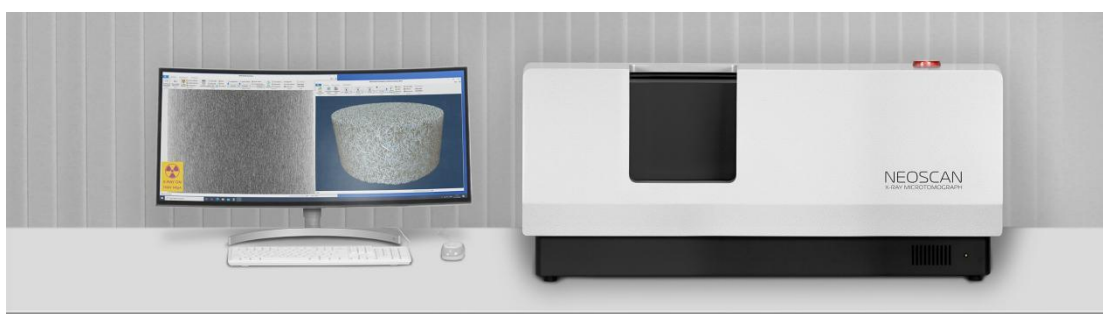
凤凰腿部的 CT 成像。图片源于文献 [1]

通过 显微 CT 成像和断裂截面处结果可以得知，尾羽中有额外的金属丝结构，结合之前对其失蜡法铸造的推断可以明确此结构为“芯骨”。凤凰双腿内部的金属结构为铁质“芯骨”，其作用与尾羽处的相同，起到了增加整体稳定性和承重力的作用。对于腿部变形和残缺产生的原因推测是因为腿部发生损坏后，铁质芯骨遇潮湿环境而腐蚀膨胀所导致的变形和损坏 [2]。

根据显微 CT 等检测图像，综合考虑文物结构、病害等情况，设计的修复技术路线为：清理-矫形-补配-焊接预处理-焊接-黏结预处理-黏结-封护-做色 [2]。

文化自信的重要抓手就是要让收藏在博物馆里的文物活起来，Neoscan 高分辨显微 CT 能无损地获取文物三维图像与数字化提取，在考古学中展现出巨大的潜力。可以做到保护和利用的统一，是考古文博工作者的得力助手。

产品推荐——Neoscan 台式显微 CT



N80 高分辨台式显微 CT



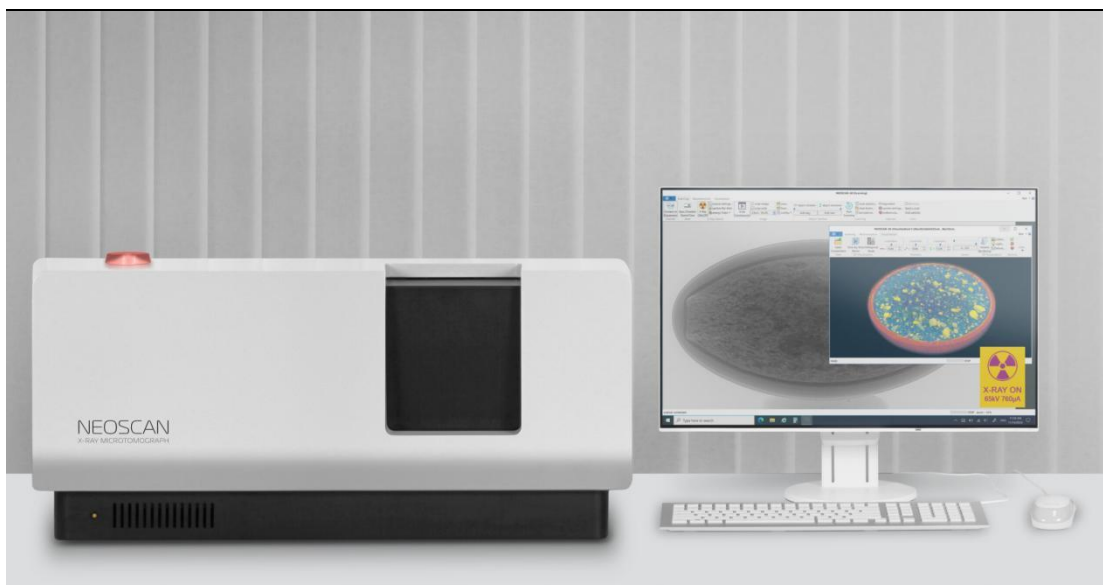
N70 快速型显微 CT

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号

虹桥丽宝广场 T5、705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com



N60 紧凑型显微 CT

了解更多产品详情与应用案例，欢迎扫描下方二维码。



咨询热线：400 857 8882

参考文献

【1】宋薇 1，张欢 1，王全玉 2，王雅正 2.X 射线显微 CT 成像技术在金属文物制作工艺研究与腐蚀状态评估中的应用[J].文物保护与考古科学,2022,第 34 卷(6): 51-59

复纳科学仪器（上海）有限公司

上海总部：上海市闵行区申滨路 88 号
虹桥丽宝广场 T5、705 室

Tel: 400 857 8882 | www.phenom-scientific.com

【2】金大朝.故宫博物院藏宋代铜凤凰的修复保护与研究[J].文物保护与考古科学,2024,第 36 卷(3): 38-51