

雷尼绍inVia拉曼光谱应用于鉴定和分析秦兵马俑

文物研究和分析手段，无损是趋势 — 拉曼在文物研究领域的应用潜力

秦陵兵马俑被誉为“世界第八大奇迹”，于1974年在陕西省临潼县西杨村发现，位于秦始皇陵园东侧1千米处，后经考古队发掘、探测共发现了三个俑坑，总面积有2万多平方米，内有陶质兵马俑近8000件、战车百余乘。秦俑坑及秦始皇陵一起于1987年被联合国教科文组织列入《世界遗产名录》，视其为全人类共有的珍贵文化财富。

秦陵兵马俑的塑造以现实生活为基础，艺术手法细腻，陶俑装束、神态各异，具有鲜明的个性和强烈的时代特征。秦俑在初制成时是有颜色的，这些颜料从矿物中提取而成。经过两千多年的填土重压和腐蚀，发掘后颜色大都脱落。从个别陶俑身上残存的痕迹看，俑的面部和手是粉红色的，服饰及靴履有黑、粉红、朱红等颜色。

要有效地保护、研究及分析这些年代久远的珍贵文物并不容易，其复杂程度以及挑战之大可想而知。秦始皇帝陵博物院文物保护修复部副主任夏寅从2006年就开始调研拉曼光谱仪在文物领域应用的相关情况，2008年购买了雷尼绍inVia共焦显微拉曼光谱仪，拉曼已经成为其课题研究的主要分析手段之一。雷尼绍inVia拉曼系统的无损测试 (Non-Destructive Testing) 可用于识别兵马俑上的颜料，有助于兵马俑的保护和组件恢复。

夏寅先生是秦始皇帝陵博物院文物保护修复部副主任，陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地（秦陵博物院）副主任，西北大学兼职硕士研究生导师，主要从事彩绘及相关文物的分析鉴定等科学研究工作。夏寅先生参与了多项秦陵、秦俑相关文物的保护工作；从2004年至今，着重进行了秦俑及其他彩绘文物颜料的分析和研究工作，对全国14个省市自治区近千处的壁画和彩绘文物进行了分析研究。



秦陵兵马俑坑



步兵俑雕塑艺术高超

无损检测是文物研究的趋势

不管是国际上还是国内，用科学仪器做文物鉴定已经不是新鲜事了。现在文物分析方法分为几大类，包括做元素分析的，如X射线荧光光谱法 (XRF)、激光诱导击穿光谱法 (LIBS) 等；做结构分析的，如激光拉曼光谱法、X射线衍射分析 (XRD)；还有做形貌分析的，如粉末偏光显微镜 (PLM)、扫描电镜 (SEM) 等。

每一种分析都有各自的优缺点，比如XRF是较成熟的元素分析技术，但是不能用于物质的结构分析；XRD广泛应用于文物材质的定性分析，但所需样品量较大；PLM通过样品颗粒的晶体形态、颜色、杂质等对样品进行分析，但是不能进一步分析样品的结构信息。虽然各种分析方法都是必须的，但是鉴于文物的珍贵性和不可破坏性，近年来文物研究的分析手段越来越倾向于无损检测。

无损光谱技术被引入到文物分析和保护领域，用以获取文物产地来源、制造年代、工艺以及病害机理等相关信息。而拉曼光谱就是一种适合文物研究的无损的分析手段。拉曼光谱是一种以拉曼散射为基础的分子光谱分析方法，秦始皇帝陵博物院选择拉曼正是看中了其“得天独厚”的优势—无损。

而且拉曼光谱样品需求量少，具有高的空间分辨率，检测过程简单，越来越多的被应用在文物研究领域。如果文物是从考古现场来的，相对来说样品量还比较大，但是如果是博物馆的成器或者整器，是不允许取样的，在这种情况下，对无损的要求就特别明显。如果取样量很小，不会对文物带来视觉上的损坏也可视为无损或微损。拉曼对样品的需求量非常少，甚至显微镜下的一个样品颗粒就可以进行实验。

据夏寅先生介绍，秦始皇帝陵博物院在移动秦俑的过程中，在工作人员白手套上遗留的微颗粒就可以在显微镜下收集起来进行拉曼分析，这对文物研究来说是非常合适的，而且分析过程对样品也是无损的，做完拉曼分析之后，还可以收集起来进行电镜等其他分析。

在没有拉曼光谱仪之前，夏寅先生的实验室里用偏光显微镜比较多，为什么会选择拉曼光谱仪，夏寅说，“用偏光显微镜的时候没办法判断样品的分子结构，只能存疑，比如在偏光显微镜下观察氯铜矿，我们不能将羟氯铜矿、副氯铜矿等同分异构体区分出来。但是如果使用拉曼，就可以很直接、简洁地给出结果。”



秦始皇帝陵博物院/兵马俑博物馆文物保护部副主任夏寅

inVia拉曼光谱仪：高灵活度、操作简易

秦始皇帝陵博物院选购雷尼绍inVia拉曼光谱仪的主要原因在于其高灵活度。夏寅先生说：“雷尼绍inVia仪器显微镜和光谱仪的设计是分开的，我可以在显微镜上配置自己想要的东西，不至于破坏整个仪器系统。而当时其他产品都是嵌入式或者是整体的，并不符合我们的要求。”雷尼绍inVia拉曼光谱仪支持一系列的研究级正置和倒置显微镜，包括多种选项；雷尼绍的“非标准产品团队”更可开发定制解决方案，以满足客户的特别要求。

文物研究领域对仪器的要求比较注重选择符合不同工作方式的仪器设备。以秦始皇帝陵博物院为例，夏寅先生以拉曼分析仪器实现“傻瓜机”式的一键式操作，inVia拉曼光谱仪的全自动化操作正能实现快速、简单、可靠且无需手动干预的分析。StreamLine成像技术比逐点成像速度快达100倍，有效节省分析陶俑上颜料成分的时间。

彩绘颜料是科技考古学和文物保护学的重要内容，可为探索古代颜料技术的发展、研究相关保护方案提供有价值的信息，此外，研究古代彩绘颜料的结构和成分，已成为测定文物的年代、原材料的起源地和相关文物保护及修复工作的重要基础。“将拉曼光谱仪用于彩绘分析，是一个深层次的研究”，夏寅从2003年开始做文物彩绘（颜料）的分析，取得了一系列的研究成果，也做出了不少有代表性的工作。比如在偏光显微镜下，中国蓝 ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$)、中国紫 ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$) 和 $\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 经常共存于样品中，由于含量很少，有时候甚至只有1-2个颗粒，很难用分析手段将他们单独区分开。而夏寅利用inVia拉曼光谱仪第一次发现了中国深蓝这个物相。¹夏寅等还采用显微拉曼光谱分析出山东危山西汉墓出土陶器彩绘颜料的成分，首次在山东省出土文物上发现中

国紫。中国紫这种颜料在彩绘文物上极少使用，只有我国甘肃、陕西、河南、江苏等为数不多的几个省份发现了该颜料。在山东文物上的首次发现，扩大了该颜料的使用区域，具有重要的考古学意义。²

秦始皇帝陵博物院简介

秦始皇帝陵博物院是以秦始皇兵马俑博物馆为基础，以秦始皇陵遗址公园（丽山园）为依托的一座大型遗址博物院；也是以秦始皇帝陵及其众多陪葬坑为主体，基于考古遗址本体及其环境的保护与展示，融合了教育、科研、游览、休闲等多项功能的公共文化空间。秦始皇帝陵博物院于1979年正式开放，主要参观点包括秦兵马俑一、二、三号坑、铜车马陈列厅及相关临时展览，至今已接待中外观众近7000万人次，其中包括近200位国家元首和政府首脑。秦兵马俑先后在40多个国家和地区的80多个城市展出，海外观众超过2000万人次。

秦始皇帝陵博物院 www.bmy.com.cn



秦始皇帝陵博物院

www.renishaw.com.cn/raman

* 本文据仪器信息网 (www.instrument.com.cn) 2015年5月2日登载的《看拉曼在文物研究领域中的应用潜力 — 访秦始皇帝陵博物院 / 兵马俑博物馆文物保护部副主任夏寅》一文编辑整理，原文采访编辑叶建。

相关文献：

1. Development of Chinese barium copper silicate pigments during the Qin Empire based on Raman and polarized light microscopy studies. *Journal of Archaeological Science* 49 (2014) 500-509.
2. 夏寅, 吴双成, 崔圣宽等, 山东危山西汉墓出土陶器彩绘颜料研究. *文物保护与考古科学*, 2008, 20 (2): 13-18.

关于雷尼绍

雷尼绍是世界工程技术领域公认的领导者，在产品开发 and 制造技术的创新方面享有盛誉。自1973年成立以来，雷尼绍便致力于为全球不同规模的企业提供创新产品，旨在帮助企业提高生产力、改善产品质量并提供性价比优异的自动化解决方案。

遍布世界各地的子公司及经销商为用户提供优质服务和技术支持。

产品包括：

- 用于设计、原型制作及产品制造的增材制造和真空铸造技术
- 口腔CAD/CAM扫描系统和口腔产品
- 用于高精度线性、角度和旋转位置反馈的编码器系统
- 坐标测量机 (CMM) 与比对仪专用夹具系统
- 用于加工作件比对测量的比对仪
- 用于恶劣环境的高速激光扫描系统
- 用于机器性能测量和校准的激光干涉仪与球杆仪
- 用于神经外科的医疗设备
- 用于数控机床工件找正、对刀及检测的测头系统和软件
- 用于材料无损分析的拉曼光谱仪
- 坐标测量机专用传感器系统和软件
- 坐标测量机和机床测头专用测针

如需查询全球联系方式，请访问 www.renishaw.com.cn/contact



RENISHAW已尽力确保发布之日此文档的内容准确无误，但对其内容不做任何担保或陈述。RENISHAW不承担任何由本文档中的不准确之处以及无论什么原因所引发的问题的相关责任。