

## Renishaw inVia 拉曼光譜應用於鑒定和分析秦兵馬俑

文物研究和分析手段, 無損是趨勢 - 拉曼在文物研究領域的應用潛力

秦陵兵馬俑被譽為“世界第八大奇跡”，於 1974 年在陝西省臨潼縣西楊村發現，位於秦始皇陵園東側 1 千米處，後經考古隊發掘、探測共發現了三個俑坑，總面積有 2 萬多平方米，內有陶質兵馬俑近 8000 件、戰車百餘乘。秦俑坑及秦始皇陵一起於 1987 年聯合國教科文組織將秦始皇帝陵（含兵馬俑坑）列入《世界遺產名錄》，被視為全人類共有的珍貴文化財富。

秦陵兵馬俑的塑造是以現實生活為基礎而創作，藝術手法細膩、陶俑裝束、神態各異，具有鮮明的個性和強烈的時代特徵。秦俑在初製成時是有顏色的，這些顏料是從礦物中提取而成。經過兩千多年的填土重壓和腐蝕，發掘後陶俑的顏色大都已脫落。從個別陶俑身上殘存的痕跡看，俑的面部和手是粉紅色的，服飾及靴履有黑、粉紅、朱紅等顏色。

要有效地保護、研究及分析這些年代久遠的珍貴文物並不容易，其複雜程度以及挑戰之大可想而知；秦始皇帝陵博物院文物保護修復部副主任夏寅先生從 2006 年就開始調研拉曼光譜儀在文物領域應用的相關情況，2008 年購買了 Renishaw inVia 共焦顯微拉曼光譜儀，拉曼已經成為其課題研究的主要分析手段之一。Renishaw inVia 拉曼系統的無損測試 (non-destructive testing) 可用於識別兵馬俑上的顏料，有助於兵馬俑的保護和元件恢復。

夏寅先生是秦始皇帝陵博物院文物保護修復部副主任，陶質彩繪文物保護國家文物局重點科研基地（秦陵博物院）副主任，西北大學兼職碩士研究生導師，主要從事彩繪及相關文物的分析鑒定等科學研究工作。夏寅先生參與了多項秦陵、秦俑相關文物的保護工作；從 2004 年至今，著重進行了秦俑及其他彩繪文物顏料的分析和研究工作，對全中國 14 個省市自治區近千處的壁畫和彩繪文物進行了分析研究。



秦陵兵馬俑坑



步兵俑雕塑藝術高超

### 無損檢測是文物研究的趨勢

不管是國際上還是中國國內，用科學儀器做文物鑒定已經不是新鮮事了。現在文物分析方法大致分為以下類別，包括做元素分析的，如X射線螢光光譜法（XRF）、鐳射誘導擊穿光譜法（LIBS）等；做結構分析的，如鐳射拉曼光譜法、X射線衍射分析（XRD）；還有做形貌分析的，如粉末偏光顯微鏡（PLM）、掃描電鏡（SEM）等。

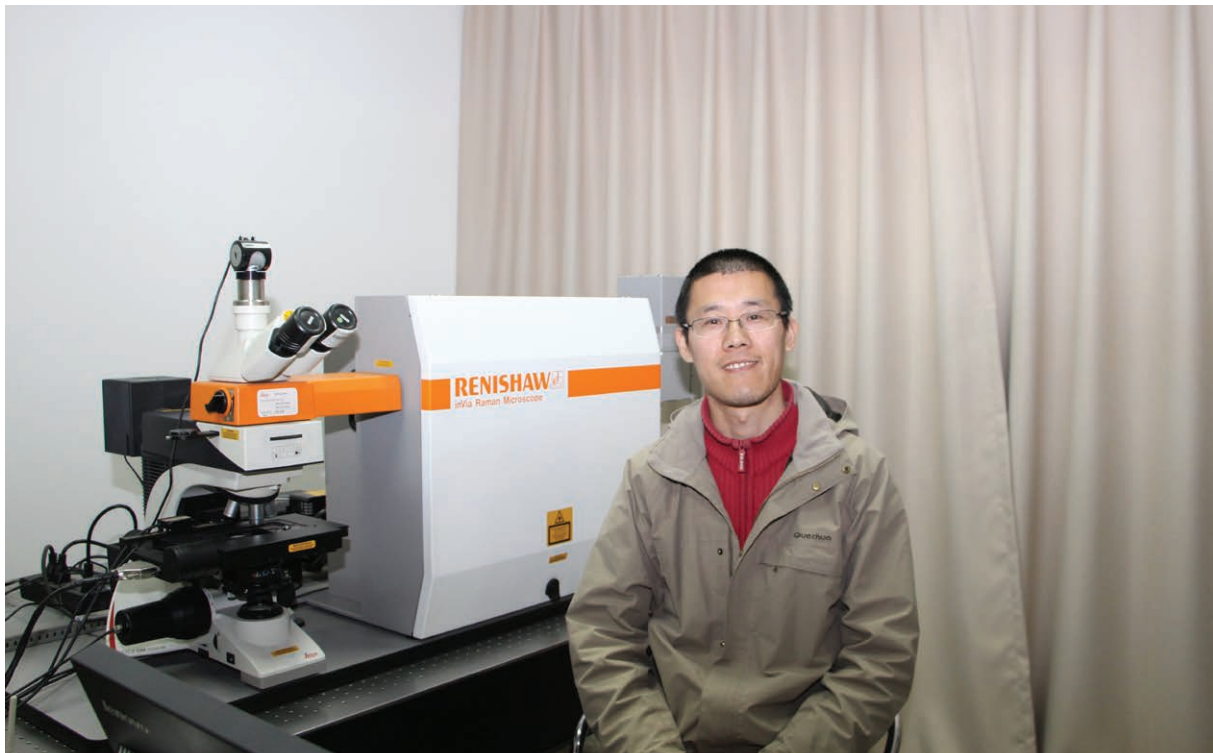
每一種分析都有各自的優缺點，比如 XRF 是較成熟的元素分析技術，但是不能用於物質的結構分析；XRD 廣泛應用與文物材質的定性分析，但所需樣品量較大；PLM 通過樣品顆粒的晶體形態、顏色、雜質等對樣品進行分析，但是不能進一步分析樣品的結構資訊。雖然各種分析方法都是必須的，但是鑒於文物的珍貴性和不可破壞性，近年來文物研究的分析手段越來越傾向於無損檢測。

無損光譜技術被引入到文物分析和保護領域，用以獲取文物產地來源、製造年代、工藝以及病害機理等相關資訊。而拉曼光譜就是一種適合文物研究的無損的分析手段。拉曼光譜是一種以拉曼散射為基礎的分子光譜分析方法，秦始皇帝陵博物院選擇拉曼正是看中了其“得天獨厚”的優勢一無損。

而且拉曼光譜樣品需求量少，具有高的空間解析度，檢測過程簡單，越來越多的被應用在文物研究領域。如果文物是從考古現場來的，相對來說樣品量還比較大，但是如果是博物館的成器或者整器，是不允許取樣的，在這種情況下，對無損的要求就特別明顯。如果取樣量很小，不會對文物帶來視覺上的損壞也可視為無損或微損。拉曼對樣品的需求量非常少，甚至顯微鏡下的一個樣品顆粒就可以進行實驗。

據夏寅先生介紹，秦始皇帝陵博物院在移動秦俑的過程中，在工作人員白手套上遺留的微顆粒就可以在顯微鏡下收集起來進行拉曼分析，這對文物研究來說是非常合適的，而且分析過程對樣品也是無損的，做完拉曼分析之後，還可以收集起來進行電鏡等其他分析。

在沒有拉曼光譜儀之前，夏寅先生的實驗室裡用偏光顯微鏡比較多，為什麼會選擇拉曼光譜儀，夏寅說，“用偏光顯微鏡的時候沒辦法判斷樣品的分子結構，只能存疑，比如在偏光顯微鏡下觀察氯銅礦，我們不能將輕氯銅礦、副氯銅礦等同分異構體區分出來。但是如果使用拉曼，就可以很直接、簡潔地給出結果。”



秦始皇帝陵博物院/兵馬俑博物館文物保護部副主任夏寅

### inVia 拉曼光譜儀: 高靈活度、操作簡易

秦始皇帝陵博物院選購 Renishaw inVia 拉曼光譜儀的主要原因則在於其高靈活度。夏寅先生說, “Renishaw inVia 儀器顯微鏡和光譜儀的設計是分開的, 我可以在顯微鏡上配置自己想要的東西, 不至於破壞整個儀器系統。而當時其他產品都是嵌入式或者是整體的, 並不符合我們的要求。” Renishaw inVia 拉曼光譜儀支持一系列的研究級正置和倒置顯微鏡, 包括多種選項; Renishaw 的“非標準產品團隊”更可開發定制解決方案, 以滿足客戶的特別要求。

文物研究領域對儀器的要求比較注重選擇符合不同工作方式的儀器設備。以秦始皇帝陵博物院為例夏寅先生以拉曼分析儀器實現‘傻瓜機’式的一鍵式操作, inVia 拉曼光譜儀的全自動化操作正能實現快速、簡單、可靠且無需手動干預的分析。StreamLine 成像技術比逐點成像速度快達 100 倍, 有效減省分析陶俑上顏料成分的時間。

彩繪顏料是科技考古學和文物保護學的重要內容, 可為探索古代顏料技術的發展、研究相關保護方案提供有價值的資訊; 此外, 研究古代彩繪顏料的結構和成分, 已成為測定文物的年代、原材料的起源地和相關文物保護及修復工作的重要基礎。“將拉曼光譜儀用於彩繪分析, 是一個深層次的研究”, 夏寅從 2003 年開始做文物彩繪(顏料)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。比如在偏光顯微鏡下, 中國藍( $BaCuSi_4O_{10}$ )、中國紫( $BaCuSi_2O_6$ )和  $BaCu_2Si_2O_7$  經常共存於樣品中, 由於含量很少, 有時候甚至只有 1-2 個顆粒, 很難用分析手段將他們單獨區分開。而夏寅利用 inVia 拉曼光譜儀第一次發現了中國深藍這個物相。<sup>1</sup> 夏寅等還採用顯微拉曼光譜分析出山東危山西漢墓出土陶器彩繪顏料的成分, 首次在山東省出土文物上發現中國紫。中國紫這種顏料在彩繪文物上極少使用, 只有中國大陸的甘肅、陝

西、河南、江蘇等為數不多的幾個省份發現了該顏料。在山東文物上的首次發現, 擴大了該顏料的使用區域, 具有重要的考古學意義。<sup>2</sup>

### 秦始皇帝陵博物院簡介

秦始皇帝陵博物院是以秦始皇兵馬俑博物館為基礎, 以秦始皇陵遺址公園(驪山園)為依託的一座大型遺址博物院; 也是以秦始皇帝陵及其眾多陪葬坑為主體, 基於考古遺址本體及其環境的保護與展示, 融合了教育、科研、遊覽、休閒等多項功能的公共文化空間。秦始皇帝陵博物院於 1979 年正式開放, 主要參觀點包括秦兵馬俑一、二、三號坑、銅車馬陳列廳及相關臨時展覽, 至今已接待中外觀眾近 7000 萬人次, 其中包括近 200 位國家元首和政府首長。秦兵馬俑先後在 40 多個國家和地區的 80 多個城市展出, 海外觀眾超過 2000 萬人次。

秦始皇帝陵博物院: <http://www.bmy.com.cn>



秦始皇帝陵博物院

[www.renishaw.com.tw/raman](http://www.renishaw.com.tw/raman)

\* 本文據儀器資訊網 ([www.instructment.com.cn](http://www.instructment.com.cn)) 2015 年 5 月 2 日登載的《看拉曼在文物研究領域中的應用潛力 — 訪秦始皇帝陵博物院 / 兵馬俑博物館文物保護部副主任夏寅》一文編輯整理, 原文採訪編輯葉建。

### 相關文獻:

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, 吳雙成, 崔聖寬, 等, 山東危山西漢墓出土陶器彩繪顏料研究。《文物保護與考古科學》, 2008, 20 (2) : 13-18.

## 關於 Renishaw

Renishaw 在產品的開發與製造上堅持著多年以來積極創新的歷史傳統，已確立其在世界上工程技術領域不可撼動的領導地位。自1973年創立至今，公司不斷地提供尖端科技之產品，除了可以提高加工製程產能與改善產品品質外，並提供高經濟效益的自動化解決方案。

遍佈全球的子公司及經銷商網路為客戶提供優質便捷的全方位的服務與支援。

產品包括：

- 堆疊快速成型製造、真空鑄造、及微型射出成型之技術 - 用於設計開發、原型測試及生產等之應用
- 牙科 - CAD/CAM 假牙掃描系統及結構材料之供應
- 光學尺 - 高精度線性、角度及旋轉定位回饋系統
- 夾治具系統 - 應用於 CMM(三次元量床)及多功能檢具系統
- 多功能檢具系統 - 應用於加工零件之比對量測
- 高速雷射量測與探測系統 - 應用於險峻的地理環境
- 雷射干涉儀及循圓測試系統 - 應用於工具機性能診斷與量測校正
- 醫療儀器 - 腦神經外科手術應用
- 工具機測頭系統與軟體 - CNC 工具機工件座標設定、刀具檢測及工件量測之應用
- 拉曼光譜儀系統 - 非破壞性材料分析應用
- 測頭與軟體系統 - CMM(三次元量床)量測之應用
- 測針 - CMM 與工具機測頭系統之應用

有關全球聯繫之相關資訊，請上網站 [www.renishaw.com.tw/contact](http://www.renishaw.com.tw/contact)。



RENISHAW 竭力確保在發佈日期時，此份文件內容之準確性及可靠性，但對文件內容之準確性及可靠性將不做任何擔保。RENISHAW 概不會就此文件內容之任何不正確或遺漏所引致之任何損失或損害承擔任何法律責任。

© 20xx Renishaw plc。保留所有權利。

Renishaw 保留更改產品規格之權利，恕不另行通知。

RENISHAW 及 RENISHAW 公司徽標中的測頭符號是 Renishaw 公司在英國及其他國家或地區的註冊商標。apply innovation, 及其他 Renishaw 產品和技術的名稱與命名是 Renishaw plc 及旗下子公司的商標。

本文件中使用的任何其他品牌名稱和產品名稱為各自所有者的商品名稱、服務標誌、商標或註冊商標。