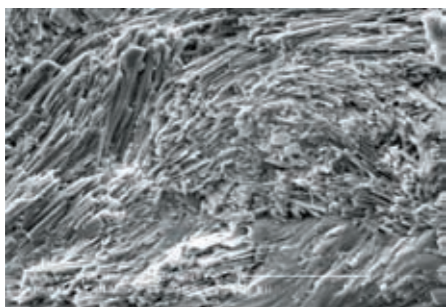


圖一 輝玉單鏈與閃玉雙鏈結構示意圖



圖二 閃玉之電子顯微鏡影像（筆者攝）

翠玉還是碧玉？ 嵌玉屏風的科學檢測

陳東和

本院所藏汪精衛贈日本天皇之嵌玉屏風，其玉材質過去曾被記載為翡翠，期間雖經本院玉器專家更名為碧玉，但近日因重新展出，在新的「E」燈光照射下，顯得極其翠綠，其材質再度困惑了研究人員。為了能夠正確判定屏風所嵌玉質，本院利用了先進的拉曼光譜儀及螢光光譜儀對其進行非破壞檢測，從而確定了其為碧玉，並非翠玉。而翠綠色的成因，正是因為此玉中含有鉻離子之故。

本院在去年底配合「敬天格物—中國歷代玉器」展出時，曾利用拉曼光譜儀鑑定了幾件玉石及寶石的材質，並將檢測的結果簡要地發表於二〇一一年元月號的故宮文物月刊中（註一）。當時寶石的檢測主要是在佈展前

為之，但其中汪精衛贈日皇的嵌玉屏風的鑑定是在開展後，因本院器物處鄧淑蘋研究員欲再確認屏風裡帶翠綠色之嵌玉玉質，方於展場進行之。由於檢測時是在開館時段，為免影響觀眾權益，在相當有限的時間下，僅就屏風較低處的兩片嵌玉作了較快速的量測，並初步確認其為閃玉，而非翠玉，惟檢測結果不及紀錄於筆者（寶石的拉曼光譜鑑定）一文中。

鑒於此屏風所嵌玉片彼此之間色澤有細微差異，為求謹慎，及取得較佳的光譜圖，近日再利用閉館時間以可攜式拉曼光譜、光致發光光譜進一步檢測，同時也利用手持式顯微鏡檢視玉中包裹物。

閃玉與輝玉

閃玉（碧玉，nephrite，化學式為 $Ca_2(Mg,Fe)Si_2O_7(OH)_2$ ）與輝玉（翠玉，jadeite，化學式為 $NaAlSi_3O_6$ ）皆是矽酸鹽類礦物，兩者結構雖有相似之處，但仍有所區別。閃玉屬於雙鏈矽酸鹽（inosilicates, double chain）之角閃石群（amphibole group）；輝玉則屬於單鏈矽酸鹽（inosilicates, single chain）之輝玉類（pyroxene group），兩者之鏈狀結構示於圖一。由於此鏈狀結構，在電子顯微鏡下可見交錯之纖維影像（圖二）。

閃玉與輝玉結構明顯不同之處除了雙鍊與單鍊結構之區別外，在閃玉中，包含有結構水（羥基或氫氧基，OH），但在輝玉中並無OH結構。而關於閃玉及輝玉的形成及顏色特徵，因本期鄧淑蘋研究員之文章中已有討

論，此處不另贅述。

此件嵌玉屏風（見本期頁四）之所以有材質上的疑惑，主要在於其玉片帶有翠綠色澤。一般閃玉常見的綠色調，依二價鐵離子之含量多寡可呈黃綠、灰綠、橄欖綠、墨綠等，少數地方產的閃玉（如花蓮豐田玉、新疆瑪納斯玉）因其中含鉻（Cr）而帶有翠綠色澤。而輝玉的翠綠色澤主要是來自於鉻離子的貢獻。須要一提的是，玉的綠色調常是鐵和鉻離子混合的整體效果，如果閃玉中二價鐵含量相對極少而鉻離子為主呈色因子時，便不容易和翠玉色澤區分。相反的，如果輝玉中有較多的二價鐵離子，其翠綠程度便減低，或近似碧玉色澤，這或許也是翡翠雕鳥花瓶（註二）過去曾被記載為碧玉的原因。

顯微拉曼光譜檢測

有關拉曼光譜及光致發光（或稱光激發螢光，photoluminescence；簡稱PL）的原理在本刊三三四期已作簡略介紹。由於拉曼光譜量測的拉曼位移（Raman shift），對應的是分子振動—轉動的能階差，因此分子結構不





圖七 嵌玉片中之黑褐色包裹物

此螢光乃與玉中含鉻離子有關，而一般僅含鐵未含鉻之閃玉並未有此螢光。圖六即為檢測J1葫蘆形玉片中心翠綠色澤處之PL螢光光譜圖。受限於光譜儀可接收波長上限，量測範圍在540-85nm之間。由光譜中可知在660-880 nm之間有極強的螢光訊號，

顯微光致發光 (PL) 光譜

PL光譜乃利用拉曼光譜儀的532nm雷射作為激發光源，將所接收螢光訊號透過光纖接至另一小型光譜儀。圖六即為檢測J1葫蘆形玉片中心翠綠色澤處之PL螢光光譜圖。受限於光譜儀可接收波長上限，量測範圍在540-85nm之間。由光譜中可知在660-880 nm之間有極強的螢光訊號，

小結

從過去將翡翠雕鳥花瓶視為碧

玉以及將碧玉屏風視為翡翠的情況來看，輝玉及閃玉的區別，在兩者皆有鉻元素呈色的狀況下，有時或會困惑部分觀賞者。不過由於科學分析技術日新月異，基於兩者礦物結構、分子結構不同，吾人便可利用許多無損的方法對其檢測鑑定之。

針對此一嵌玉屏風，我們利用了可攜式拉曼光譜及螢光光譜儀，科學地鑑定了其為碧玉而非翠玉材質，同時確認銘扮演翠綠色澤的角色。而有關黑褐色包裹體與玉產地的關係，則待日後作更進一步的分析。

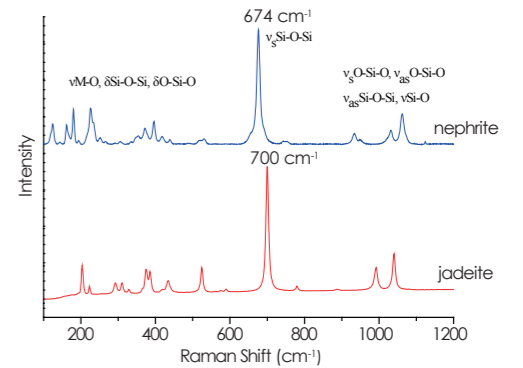
作者任職於本院登錄保存處

註釋

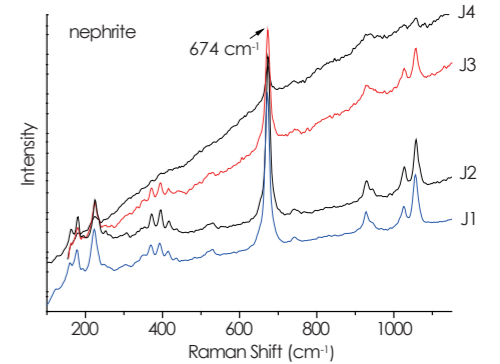
1. 陳東和，〈寶石的拉曼光譜鑑定〉，《故宮文物月刊》334期，2011年1月。
2. 參考註1及，鄧淑蘋，〈玲瓏璀璨—繽紛的寶石園地〉，《故宮文物月刊》334期，2011年1月。
3. Chen, T.-H., Calligaro, Th., Pagès-Camagna, S., Menu, M., Investigation of Chinese archaic jade by PIXE and μ Raman spectrometry. Applied Physics A 79, 177-180 (2004) 以及 Chen, Tung-Ho, A Raman spectroscopic study of heat-treated nephrite, Phase Transitions, 81, 205-216 (2008).
4. 王時麒、員雪梅，〈和闐碧玉的物質組成特徵及地質成因〉，《寶石和寶石學雜誌》第10卷第3期，2008年9月。



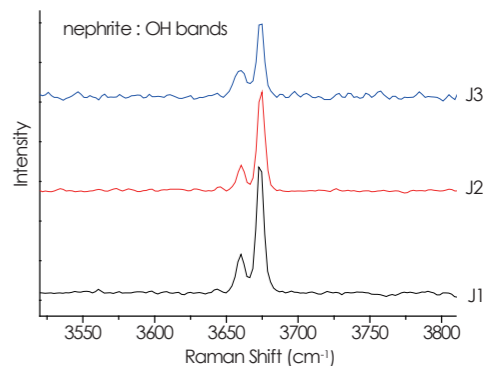
圖四 利用可攜式拉曼光譜儀檢測嵌玉屏風



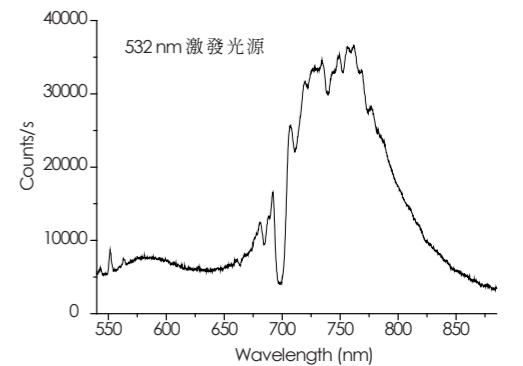
圖三 閃玉 (nephrite) 及輝玉 (jadeite) 參考樣品之拉曼光譜圖



圖五a 嵌玉片J1-J4之拉曼光譜顯示其皆為閃玉



圖五b 嵌玉片J1-J3之拉曼光譜 (OH範圍)



圖六 葫蘆形嵌玉片J1中心翠綠色澤處之PL光譜

同，其振動模式 (vibrational modes) 亦不同，拉曼光譜譜形自然有異。圖二是閃玉與輝玉參考樣品之拉曼光譜圖比較。閃玉最強的波峰—矽氧 (Si-O-Si) 對稱振動主要在674 cm⁻¹附近，而輝玉則是在700 cm⁻¹附近，

其振動模式 (vibrational modes) 亦不同，拉曼光譜譜形自然有異。

圖二是閃玉與輝玉參考樣品之拉曼光譜圖比較。閃玉最強的波峰—矽氧 (Si-O-Si) 對稱振動主要在674 cm⁻¹附近，而輝玉則是在700 cm⁻¹附近，

由於此嵌玉屏風展示於陳列室玻璃櫃中，因此僅能利用解析度較低、光譜範圍較窄，但移動方便的可攜式拉曼光譜儀及小型螢光光譜儀架設於展場進行檢測 (圖四)。受檢測/檢視之六片嵌玉片分別以J1至J6代表

其他次強及較弱的振動模式亦明顯不同。此外，閃玉因含OH結構，故有OH的拉曼譜；而輝玉因無結構水，便無對應之光譜。閃玉OH振動能量所對應之拉曼光譜波峰範圍約在3620-3680 cm⁻¹之間，波峰數與波峰位置主要與鎂離子及鐵離子在玉結構中的分佈情形有關，較詳細的描述可參見筆者另外二篇相關文章 (註3)。

之，其位置標示圖請見本期第六頁圖二。進行拉曼鑑定者有J1、J2、J3及J4片，每片量測一至三個點；螢光檢測者僅J1一片；另外，利用了手持顯微鏡檢視了J4、J5及J6等三片。

拉曼光譜儀的雷射光源為波長532nm之綠光，利用五十倍長工作距離之物鏡將光纖導出的雷射光聚於待測玉片上，照射能量極低，控制在5mW左右；光譜儀的解析度約為為7 cm⁻¹，量測範圍為100-3800 cm⁻¹，擷取光譜時間不等，約為三十秒至一百二十秒。