

臺灣的蛇紋石玉

Serpentine Jade in Taiwan

方建能¹ 陳韻婕² 余炳盛³ 曾保忠⁴

Jiann-Neng Fang¹, Yun-Chie Chen², Bing-Sheng Yu³, Pao-Chung Tseng⁴

摘 要

近來在經濟部礦務局積極輔導下，玉石業者開發出新品種的黑色蛇紋石玉—臺灣墨玉，因具有獨特的岩理有別於中國的「岫岩玉」及各地「岫玉」。本研究深入臺灣墨玉的礦區進行探勘調查與標本採集，並以拉曼光譜儀、X 光粉末繞射儀及偏光顯微鏡進行檢測與觀察，以期進一步了解臺灣墨玉的礦物種類等各項性質。

本研究發現，臺灣墨玉與閃玉就產在蛇紋岩和黑色片岩、綠色片岩的接觸帶中，常呈凸鏡體狀或薄層狀出現。透過偏光顯微鏡觀察，半透明的臺灣墨玉由顯晶質的葉片狀葉蛇紋石與纖維狀纖蛇紋石及微晶質者的葉蛇紋石組成；不透明的臺灣墨玉則由磁鐵礦組成。由於拉曼光譜對蛇紋石礦物有較好的鑑別能力，且對於類似臺灣墨玉如閃玉和輝玉等玉石，皆可透過本文中拉曼光譜特徵峰的比對流程進行比對。

關鍵詞：臺灣墨玉、葉蛇紋石、纖蛇紋石、磁鐵礦、拉曼光譜儀。

Abstract

Thanks to the active guidance and assistance from the MOEA (Ministry of Economic Affairs) Bureau of Mines, jade manufacturers in Taiwan have developed a new jade specie called “Taiwan Black Jade” that is marked with a unique texture distinctive from those of Xiuyan jades from China and other regions. The research conducts field inspection and sample collection in black jade mining districts in Taiwan, using Raman spectrometer, X-ray powder diffraction, and polarizing microscope to perform examination and observation so as to obtain in-depth understanding of the mineral types and other features of Taiwan black jades.

Results of the research indicate that Taiwan black jades and nephrites are mainly found in the contact zones of serpentine, black schist, and green schist and often appear in the forms of convex lens or thin layers. Based on the observation by polarizing microscope, semi-transparent Taiwan black jades are composed of the phanocrystalline antigorite, the fibrous chrysotile, and the microcrystalline antigorite. Non-transparent Taiwan black jades, on the other hand, are mainly composed of magnetite. Raman spectrometer emerges from our research to report better identification and authentication capabilities. In addition to Taiwan black jades, similar gemstones like nephrites and pyroxene jades can also be compared and verified by the characteristic peaks on the Raman spectroscopy as recorded by the research.

Key words: Taiwan black jade, antigorite, chrysotile, magnetite, Raman spectrometer.

101 年 3 月 19 日收件 101 年 5 月 18 日受理

¹ 國立臺灣博物館典藏管理組副研究員(Curator, Department of Collection Management, National Taiwan Museum)。

² 國立臺灣師範大學地球科學系碩士生(Graduate Student, Department of Natural Science, Taipei Municipal University of Education)。

³ 國立臺北科技大學材料及資源工程學系副教授(Associate Professor, Department of Materials and Mineral Resources Engineering, National Taipei University of Technology)。

⁴ 經濟部礦務局組長(Chief, Bureau of Mines, Ministry of Economic Affairs)。



一、緒 論

玉是歷史悠久而淵遠流長的八千年中華文化中最具代表性的物質，也是國人最喜愛珍藏與佩帶的寶石之一（方建能，2010a）。玉定義很廣，依據東漢許慎的「說文解字」，稱玉為「石之美者」，也就是說漂亮的石頭就是玉；由中國古墓出土的古器物材質，包括透閃石—陽起石、蛇紋石、石英（含水晶、瑪瑙與玉髓）及土耳其玉（松石或綠松石）等超過 20 種的礦物，都被歸屬於玉（聞廣，1993；楊伯達，1992；錢憲和等人，1998）。其中產於中國遼寧省岫岩縣的岫岩玉（蛇紋石）與新疆和闐產出的和闐玉（閃玉）、河南南陽產出的獨山玉（黝簾石化斜長岩，由多種礦物所組成）、湖北郢縣產出的綠松石等被稱為中國四大名玉（王時麒等人，2007）。

中國遼寧省岫岩縣所產的玉石包括有閃玉與蛇紋石玉兩種，其中蛇紋石玉品質及產量，在世界上極富盛名，所以岫岩縣生產的寶石級蛇紋石玉就稱為「岫岩玉」（王時麒等人，2007）。岫岩玉由於顏色美觀，硬度較低，容易加工，具有耐高溫性和抗腐蝕性，可雕性和拋光性好，是優質的玉雕材料，除被廣泛用來製作各種小飾件以及人物、動物等工藝品，也適合製作大型玉雕座件（方建能，2010a）。在中國其他地方所產出的寶石級蛇紋石玉就以「岫玉」稱呼，以別於「岫岩玉」，例如產於廣東信宜的蛇紋石玉，就稱「信宜玉」或「信宜岫玉」；產於崑崙山地區稱「崑崙岫玉」；產於莒南地區稱「莒南岫玉」；產於雲南地區稱「雲南岫玉」等。世界上已知蛇紋石玉的知名產地還包括墨西哥、阿富汗、韓國、紐西蘭和南非等地（方建能，2010b）。

二、臺灣蛇紋石玉的發現

臺灣產玉，花蓮豐田出產的綠色閃玉世界聞名，所以「臺灣玉」幾乎成了綠色閃玉的代名詞。除了閃玉之外，近來經濟部礦務局積極輔導玉石業者，開發出一種新品種的黑色蛇紋石玉，在強光下以黃、綠、黃綠色間夾黑色斑點呈現（圖 1），因其具有獨特的岩理，有別於中國的「岫岩玉」及各地「岫玉」，而且蘊藏量相當驚人，極具開發的潛能。目前業者與經濟部礦務局就以「墨玉」稱之，不過「墨玉」這個名詞泛指外觀主體具有黑顏色的玉石，為了有所區分本文建議稱臺灣產的蛇紋石玉為「臺灣墨玉」（方建能，2010b）。臺灣有寶石級的蛇紋石玉並不是現在才發現。國立臺灣大學地質系譚立平教授，早在民國 67 年行政院國家科學委員會出版研究專刊第 1 號—臺灣花蓮豐田軟玉礦床之礦物研究報告（Tan et al., 1978）即指出：「在豐田地區出產的黃綠色半透明的蛇紋石—鮑文玉（bowenite or nephrite bowen）也被開採當作臺灣玉來賣，由於以往因未發現大型礦床富存，因此並未單獨開採利用，只偶而被魚目混珠當作閃玉來賣」。鮑文玉即是蛇紋石玉，與岫岩玉、岫玉都是指由蛇紋石的礦物所組成寶石級的玉石。

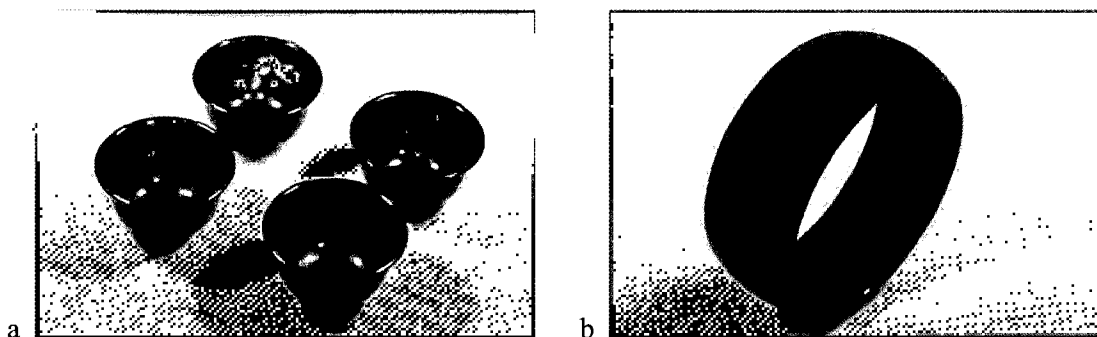


圖 1、臺灣墨玉製品：a.茶杯，b.手鐲。

本研究實地前往豐田地區開採臺灣墨玉的天星礦場勘查，並採樣以進行礦物鑑定檢測之用。針對蛇紋石玉樣品進行礦物相、光學與物理性質的鑑定分析，研究步驟詳如圖 2。礦物相檢測的部分，使用拉曼光譜儀 (Raman Spectrometer)、X 光粉末繞射儀 (X-ray Powder Diffraction, XRD) 及偏光顯微鏡 (Polarizing Microscope) 進行分析與觀察。折射率、比重及硬度等物理性質檢測則利用折光儀、電子秤及維克式 (Vickers) 硬度計等進行。

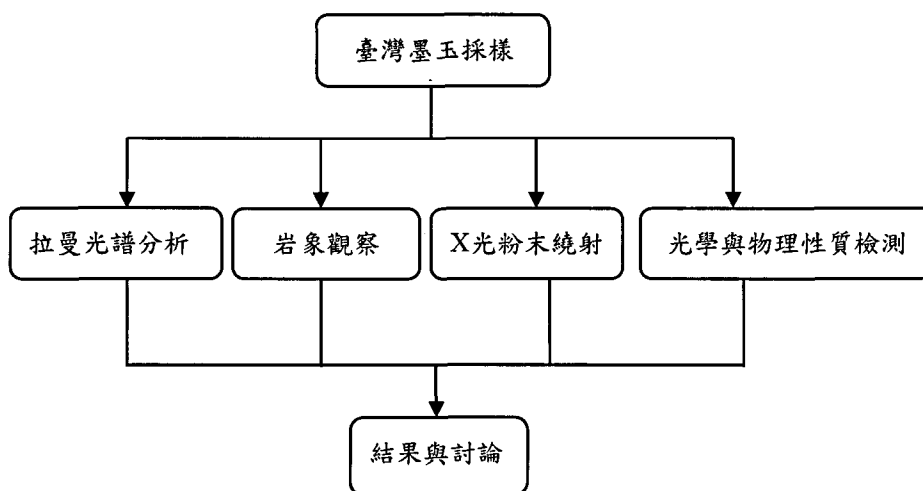


圖 2、研究步驟示意圖。

臺灣墨玉與蛇紋岩關係密切。臺灣的蛇紋岩產在中央山脈東側及海岸山脈西側，由南至北分布於南澳、豐田、萬榮、瑞穗、玉里、關山及臺東等地（魏稽生、譚立平，1999）。在歐亞板塊與菲律賓海板塊交接處，因弧陸碰撞並伴隨之火山活動造成了花東縱谷兩側之臺灣蛇綠岩系，此蛇綠岩系主要是一雜亂的泥岩含由橄欖岩、輝長岩及玄武岩所組合之雜岩碎塊地層。蛇紋岩即是由超基性岩石如橄欖岩中的橄欖石（olivine）或輝石（pyroxene），經過熱液蝕變作用而形成蛇紋石類相關礦物，此所謂蛇紋岩化作用（serpentinization）。目前已知的臺灣墨玉產地主要在豐田地區的蛇紋岩中，該區的蛇紋岩產在玉里帶的黑色片岩之內，總數達十餘層之多，長度可延伸 3 公里以上，一般厚度則在 10~30 公尺之間，最厚者達 50 公尺，每層相隔 50~120 公尺，可能屬於超

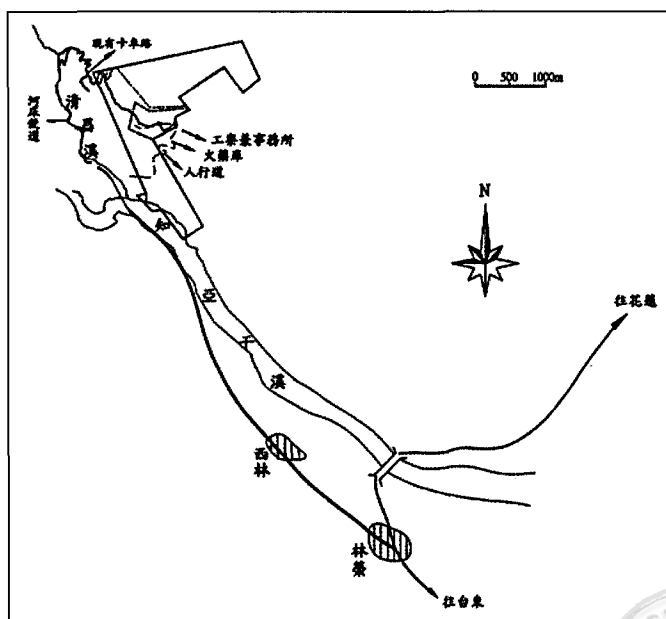


圖 3、天星礦場礦區位置圖。

基性侵入岩床。大部分的蛇紋岩體平行黑色岩之片理，小部分則切穿黑色片岩，與片理成 20° 之交角（譚立平、闕河淵，1979）。

本研究調查位於花蓮縣秀林鄉清昌溪東岸的天星礦場（圖 3），礦區面積 221 公頃 2 公畝 78 平方公尺，礦業字號第 1531 號，該礦區出產蛇紋岩、閃玉、滑石、石棉礦。調查發現，臺灣墨玉與閃玉就產在蛇紋岩和黑色片岩、綠色片岩的接觸帶中，常呈凸鏡體狀或薄層狀出現（圖 4）。在地層中與一般蛇紋岩呈現連續而漸變的關係，有時也會獨立出現，有時亦會與閃玉同時賦存。在野外業者判斷臺灣墨玉與蛇紋岩的方法就是沾水後，如果呈現半透明狀透光者即為臺灣墨玉，否則為蛇紋岩。根據天星礦場盧復順董事長表示，礦場中臺灣墨玉蘊藏量可達數千萬噸，未來每年可開採數萬噸的原材（盧復順口頭討論，2012）。



圖 4、臺灣墨玉呈凸鏡體狀產在蛇紋岩與片岩的接觸帶中。

四、臺灣蛇紋岩的礦物

臺灣的蛇紋岩主要組成礦物為蛇紋石（82~100%，體積比），其次為磁鐵礦（1~7%），另外含少量水鎂石（最高達 5.9%）、碳酸鹽、透閃石、綠泥石、滑石、鉻鐵礦、鉻尖晶石、及黃鐵礦（譚立平、闕河淵，1979）。蛇紋石、磁鐵礦及水鎂石為超基性岩蛇紋岩化之產物；在熱液和二氧化碳參與反應之下則可能產生滑石、碳酸鹽、透閃石、透輝石、綠泥石、石榴子石、黝簾石、黃鐵礦等礦物，這些礦物有的呈礦染狀散布在蛇紋岩內，有的則呈脈石存在蛇紋岩與圍岩的接觸面上或充填蛇紋岩內部之間隙。部分蛇紋岩含有殘存的原生礦物如橄欖石、輝石、鉻鐵礦、及鉻尖晶石（譚立平，1979）。蛇紋石為一亞群之統稱，其中包含數種同質異型物，成分皆為 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 。蛇紋石礦物根據其結晶構造不同，一般可再細分為葉蛇紋石（antigorite）、纖蛇紋石（chrysotile）、蜥蛇紋石（lizardite）分屬單斜、斜方、三斜晶系（魏稽生、譚立平，1999；Deer et al., 1963），3 種礦物特性整理見表 1。葉蛇紋石屬二層型層狀矽酸鹽，但蜥蛇紋石是屬三八面體，以含鎂為主，鎂離子可能有少量被鐵離子替代，矽離子也可能為少量鋁離子替代。在電子顯微鏡下之晶形有片狀與纖維狀或細管狀兩種較常見，葉蛇紋石多呈葉片狀，纖蛇紋石多呈纖維或管狀（魏稽生、譚立平，1999）。

表 1、常見 3 種蛇紋石基本特性。

類 別	葉蛇紋石	纖蛇紋石	蜥蛇紋石
晶系	單斜	單斜或斜方	三斜
成分	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
集合體型態	板狀、葉狀、塊狀	纖維狀	平板、細粒塊狀
光澤	油脂到蠟狀光澤	絲絹至油脂光澤	油脂到蠟狀光澤
透明度	半透明到不透明	半透明到不透明	半透明到不透明
顏色	綠、褐、灰、白、紅褐或黃色	綠、淺綠至黃綠，金黃至暗黃，極少為灰色	綠、綠藍、白、黃
硬度	2.5~4	2~3	3~5
比重	2.5~2.6	2.53~2.55	2.55~2.6
其它	結構層波狀起伏如葉片狀	結構層彎曲呈管狀或纖維狀	結構層呈平板狀

五、顯微鏡觀察

臺灣墨玉多呈緻密的塊狀形態產出，少數為纖維狀，質地細膩，用手觸摸有滑膩感，玉石透明度約半透明與不透明各半；光澤主要呈油脂光澤，少數呈玻璃光澤；斷口多為貝殼狀或參差狀。本研究採得之臺灣墨玉切磨成岩石薄片，在偏光顯微鏡下觀察，葉蛇紋石為無色或淡綠色，折射率約 1.56~1.57，在交叉偏光下呈灰色至淡黃灰色。在偏光顯微鏡下觀察，可見顯晶質與微晶質兩種組織：顯晶質具有特殊的葉片狀為葉蛇紋石，最長結晶可大於約 2mm，細而長的纖維狀者為纖蛇紋石；微晶質者多為葉蛇紋石，顯晶質葉片組織呈平行消光。磁鐵礦則因不透光，呈黑色。

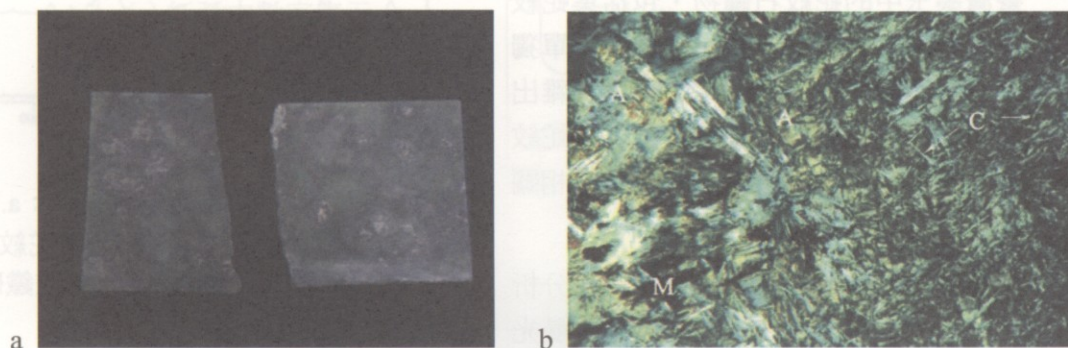


圖 5、a.黃綠與黑色相間的臺灣墨玉，圖寬 12cm； b.偏光顯微鏡下觀察的臺灣墨玉，圖寬 5mm，A 葉蛇紋石，M 磁鐵礦，C 纖蛇紋石。

(一) X 光粉末繞射實驗

本研究共分析 10 個臺灣墨玉樣品的 X 光粉末繞射實驗，編號由 S01~10，X 光繞射峰值整理如表 2。蛇紋石三種同質異型礦物：葉蛇紋石、纖蛇紋石、蜥蛇紋石，每種蛇紋石的 X 光繞射圖有若干變化與相似之處，X 光繞射圖差異和特徵極微，因此要利用其繞射特性鑑別蛇紋石種類並不易，且個別蛇紋石的化學組成差異導致繞射圖樣的變化，也會增加鑑定複雜性，另外一蛇紋石礦物由於可能混雜共生，在粉末標本中難以分離，結果導致其相鄰繞射峰互相干擾影響，增加該等礦物繞射圖樣的不確定性，自然也就增加了鑑定上的困難。

表 2、臺灣墨玉 X 光繞射峰值， $d(\text{\AA})$ 。

標準樣品			本 研 究															
25-0645 chrysotile	07-0417 antigorite	50-1606 lizardite	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10						
7.36 100	7.30 100	7.31 100	7.22 100	7.36 100	7.30 100	7.47 100	7.39 100	7.35 100	7.36 100	7.36 100	7.45 100	7.40 100						
	6.95 6			5.77 5														
4.56 25		4.59 18	3.60 30	4.58 5	4.67 5		4.68 5		4.64 5		4.68 5	4.69 5						
		4.39 8																
		4.25 6																
		4.07 5																
3.66 50	3.63 75	3.65 76		3.58 30	3.57 40	3.67 80		3.65 90	3.65 90	3.65 100	3.67 90	3.66 90						
	3.51 6	3.53 4																
										2.98 5	3.06 5	3.06 5						
2.67 5		2.65 6																
2.60 15		2.59 10																
2.50 20	2.52 18	2.54 11	2.51 10	2.52 10	2.51 10	2.54 30	2.54 90	2.54 30	2.53 30	2.53 30	2.54 30	2.53 30						
		2.45 44																
		2.27 6																
2.09 10	2.15 5	2.09 12	2.17 5															
	1.81 3						1.83 5		1.83 5	1.82 5	1.82 5	1.83 5	1.82 5	1.82 5	1.82 5	1.82 5	1.82 5	1.82 5
1.75 10			1.82 5					1.79 5					1.76 5	1.75 5	1.75 5	1.75 5	1.75 5	1.75 5
			1.56 5					1.57 5	1.57 5	1.55 5	1.50 5	1.50 5	1.56 5	1.56 5	1.56 5	1.56 5	1.56 5	1.56 5
1.53 30			1.52 5								1.49 5	1.49 5	1.49 5	1.49 5	1.49 5	1.49 5	1.49 5	1.49 5

(二) 拉曼光譜檢測

本研究使用拉曼光譜檢測臺灣墨玉約五百個分析點，將 Kloprogge et al. (1999) 與 Caterina et al. (2003) 等前人進行的蛇紋石礦物拉曼光譜頻譜與本研究檢測的蛇紋石礦物拉曼光譜頻譜進行比對，相關頻譜峰值詳見表 3。比對發現臺灣墨玉中的蛇紋石礦物，包括葉蛇紋石和纖蛇紋石兩種，葉蛇紋石多為單獨存在，而纖蛇紋石則與葉蛇紋石混雜出現。綜合資料發現臺灣墨玉中共有蛇紋石、橄欖石、磁鐵礦等 3 種礦物，相關拉曼光譜頻譜詳見圖 6。

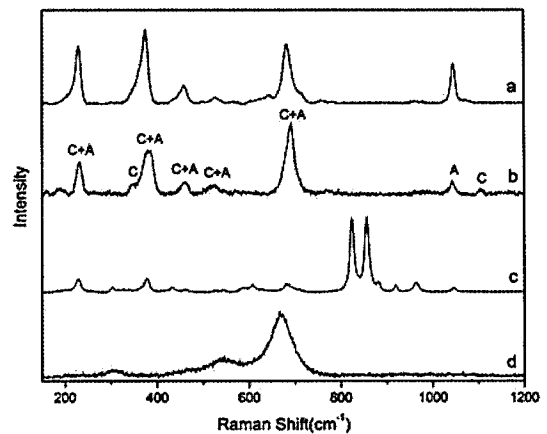


圖 6、臺灣墨玉的拉曼光譜頻譜：a.葉蛇紋石；b.葉蛇紋石(A)與纖蛇紋石(C)混雜共生；c.橄欖石；d.磁鐵礦。

相較於以上所述 X 光粉末繞射分析對於蛇紋石礦物鑑定上的困難，拉曼光譜明顯有較好的鑑別能力，而且使用拉曼光譜時不需要對樣品進行前處理，具有非破壞性鑑定的優點，這是 X 光粉末繞射分析所不能及的。

表 3、蛇紋石拉曼光譜頻譜峰值（單位為 cm^{-1} ）。

	chrysotile Kloprogge et al. (1999)	chrysotile Caterina et al. (2003)	antigorite	lizardite	chrysotile	antigorite
					This study	
vas Si-Onb	1,102	1,105m	-	1,096?	1,105w	-
vas Si-Ob-Si	-	-	1044s	-	1,041w	1,044m
Mg-OH outer symmetric	709	-	-	-	-	-
Translation modes	705	-	-	-	-	-
vs Si-Ob-Si	692	692vs	683vs	690vs	692vs	679vs
Antisymmetric	-	-	635m	630m	-	-
OH-M-OH	629	-	-	-	-	-
Translation modes	622	620m	-	-	-	-
Libration of inner Mg-OH	607	-	-	-	-	-
SiO ₄ -AlO ₄ Deformation modes	-	-	520m	510m (506,515)	524w	526w
Mg-OH Translation+v6 (e) SiO ₄	466	-	-	-	-	-
v3 (a ₁) SiO ₄	458	-	-	-	457w	457 m
Antisymmetric Mg-OH	432	-	-	-	-	-
Translation						
Symmetric v ₅ SiO ₄	388	389vs	375vs	388vs	385vs	374vs
Symmetric Mg-OH Vibrations	374	-	-	-	-	-
Bending of SiO ₄	345	345m	-	350m	-	-
	318	-	-	-	-	-
	304	-	-	-	-	-
Vibrations of O-H-O groups	231	231s	230vs	233vs	232s	229vs
A1g mode of Mg (O, OH) ₆	199	-	-	-	-	-

vs: very strong, s: strong, m: medium, w: weak.

常見的玉石如閃玉、輝玉、蛇紋石玉，在外觀及各項物理與光學性質類似且複雜，以肉眼判別常無法鑑別玉石的礦物組成種類。本文綜合徐濟安等人（1996）及本研究之常見五種玉石包括閃玉、輝玉、臺灣墨玉之拉曼光譜比對特徵峰，繪成拉曼光譜鑑別玉石的礦物組成種類流程圖（圖 7）。

輝玉的拉曼光譜特徵峰為 370 (50)、700 (100)、1,122 (100) cm^{-1} ，() 括弧中數字表示特徵峰與該礦物最強特徵峰的強度比值。閃玉拉曼特徵峰為 673 cm^{-1} ，在 3,600~3,700 cm^{-1} 波段有 1~3 個特徵峰。蛇紋石玉拉曼特徵峰為 230 (90)、375 (100)、683 (100) cm^{-1} ，可再依 1,045 cm^{-1} 劃分出葉蛇紋石，最後由 1,100 cm^{-1} 分出纖蛇紋石，而有 520 cm^{-1} 及 1,100 cm^{-1} 附近波峰為蜥蛇紋石。

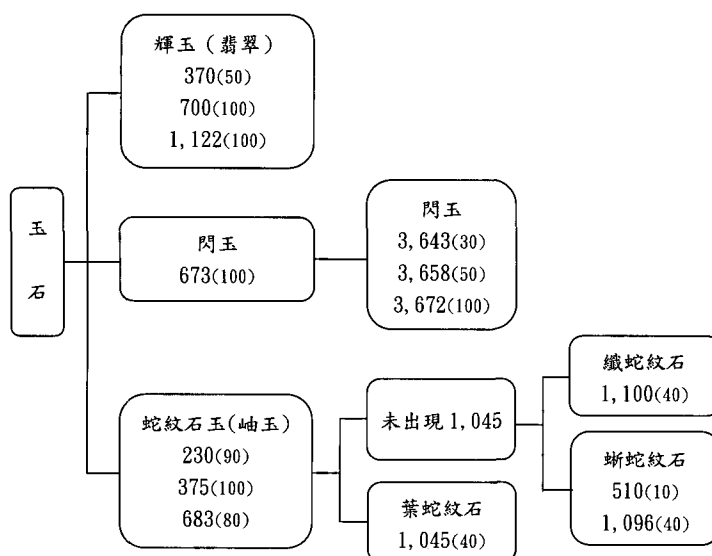
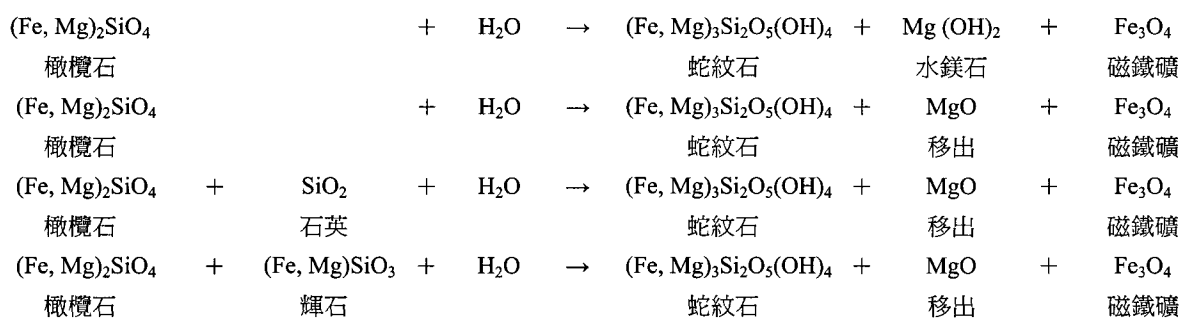


圖 7、常見玉石拉曼分類流程圖（單位為 cm^{-1} ）。

六、臺灣墨玉的形成

臺灣墨玉形成的原因，是由超基性岩或橄欖岩中的橄欖石與輝石和水作用之後，可產生蛇紋石類礦物及其他相關礦物，這就是所謂的蛇紋岩化（serpentinization）。橄欖石和輝石的主要成分分別為， $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ 和 $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_3$ ，它們和水的化學反應，參考 Coleman (1997) 所提由橄欖石和輝石轉變成為蛇紋石可列出 4 種示意路徑（反應式未平衡）：



在蛇紋岩化的過程中，通常橄欖石和輝石所含鐵的成分（FeO），一部分進入蛇紋石晶格內，其餘的鐵則容易形成磁鐵礦（ Fe_3O_4 ），散布在蛇紋石的周圍或內部，在蛇紋岩中是一種非常普遍與常見的現象，在臺灣墨玉中也是常見。



七、結 語

臺灣墨玉由超基性岩或橄欖岩中的橄欖石與輝石和水作用之後，經過蛇紋岩化作用所產生的寶石級蛇紋石玉。具有特殊岩理的黑色臺灣墨玉，是由顯晶質的葉片狀葉蛇紋石、纖維狀者纖蛇紋石、微晶質葉蛇紋石與不透明的磁鐵礦所組成。臺灣墨玉在經濟部礦務局的輔導下，業者設計及磨製的工藝品及寶石級的臺灣墨玉，在中國及東南亞普受歡迎，期待透過本研究，可以讓各界對於臺灣墨玉的了解並提高其市場知名度，也希望臺灣墨玉能順利的開發，搶進世界寶石市場，讓臺灣墨玉與中國大陸的岫岩玉齊名，成為臺灣揚名世界的寶石。

參考文獻

- 王時麒、趙潮洪、于 洸、員雪梅、段體玉 (2007) 中國岫岩玉，科學出版社。
- 方建能 (2010a) 非破壞檢測技術在古玉與古銅錢鑑定之應用案例 (2010)，文化資產保存科學國際研討會專刊，317~349 頁。
- 方建能 (2010b) 寶石級的蛇紋石玉—岫岩玉，地質，29 卷 3 期，57~58 頁。
- 方建能、曾保忠、陳韻婕 (2011) 臺灣墨玉—臺灣新品種的潛力寶石，臺灣博物季刊，30 卷 1 期，82~85 頁。
- 余炳盛、方建能 (2005) 臺灣的寶石，遠足出版社。
- 徐濟安、黃怡禎、陳正宏、譚立平、余炳盛 (1996) 古玉拉曼光譜之研究，古玉之礦物研究專輯，國立臺灣大學理學院地質學系研究報告，32 期，11~42 頁。
- 楊伯達 (1992) 中國古代玉器概述，中國玉器全集，河北美術出版社，2 期，1~2 頁。
- 魏稽生、譚立平 (1999) 臺灣經濟礦物第 2 卷：臺灣非金屬經濟礦物，經濟部中央地質調查所，230 頁。
- 聞 廣 (1993) 玉與珉，故宮文物月刊，124 期，126~137 頁。
- 楊伯達 (1991) 中國和闐玉，地球出版社，109 頁。
- 譚立平、闕河淵 (1979) 臺灣花蓮豐田至萬榮地區之蛇紋岩，國立臺灣大學理學院地質學系研究報告，20 卷，52~68 頁。
- 譚立平 (1984) 寶石學，徐氏基金會，131~161 頁。
- 譚立平、黃怡禎、徐濟安、陳其瑞、沈俊生 (1998) 閃玉 (角閃玉、軟玉)，中國古玉鑑—製作方法與礦物鑑定，33~40 頁。
- 錢憲和、譚立平、羅煥記、林泗濱、徐濟安、黃怡禎、余炳盛、方建能 (1998) 玉質的認識與鑑定，中國古玉鑑—製作方法與礦物鑑定，地球出版社，1~12 頁。
- Caterina, R., Daniela, G. and Elena, B. (2003) Characterization of chrysotile, antigorite, and lizardite by ft-raman spectroscopy. *The Canadian Mineralogist*, 41 : p.883-890.
- Coleman, R.G. (1997) Ophiolite: Ancient Oceanic Lithosphere? Springer Verlag, New York, p.229.
- Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, M.A. (1963) Chain silicates. *Rock-Forming Minerals*, Longmans, no.2, p.249-262.
- Kloprogge, J.T., Frost, R.L. and Rintoul, L. (1999) Single crystal Raman microscopic study of the asbestos mineral chrysotile. *Physical Chemistry, Chemical Physics* 1, p.2,559-2,564.
- Tan, L.P., Wang Lee, C. and Tien, P.L. (1978) Mineralogy of the Fengtien nephrite deposits of Hualien, Taiwan. National Science Council Spec., Publ. no.1, p.1-30.

