

國立臺灣博物館96年度研究計畫報告

台灣玫瑰石之礦物學研究

—「玫瑰石特展」展品



方建能

典藏管理組

計畫期程：96年01月01日起至96年12月31日

目錄

一、 前言.....	2
二、 研究方法.....	4
三、 結果.....	7
四、 討論.....	25
五、 結論.....	33
六、 參考文獻.....	34

一、前言

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊碰撞帶上，兩板塊之激烈擠壓碰撞使臺灣在近千萬年內由海底抬升至目前的崇山峻嶺，地質年代之輕而岩石變質度之高，實為世界僅見。由花蓮至台東一帶即為兩板塊接觸碰撞之縫合帶，此縫合帶上原來的地層受強烈擠壓變質之後，形成天祥-太魯閣之大理岩峽谷和台東利吉層的國際級特殊地質景觀，而原來的岩石變質後出現如玫瑰石、臺灣玉、石棉、臺灣藍寶、金銅礦、大理岩和蛇紋岩等礦床分佈，所以有「地質天堂」之美稱，是研究台灣地質之國內外地質學者必到之處。在花東一帶眾多的礦產中，玫瑰石是相當漂亮而吸引人們眼光的一種礦產。

台灣所產的玫瑰石主要是由薔薇輝石組成，夾雜棕、黃及灰白色的錳輝石、石英、錳白雲石與菱錳礦，及黑色的軟錳礦和黑錳礦，所以玫瑰石是多種礦物的集合體，屬於一種特殊的變質岩。台灣產的玫瑰石多數主要產在花蓮三棧溪、木瓜溪和立霧溪的綠水及洛韶、以及瑞穗的中央山脈山區。薔薇輝石屬三斜晶系，化學成分是 $MnSiO_3$ ，硬度 6，比重 3.4 至 3.7，和菱錳礦同為玫瑰色，顏色鮮豔，具多色性，由淡紅色至淡黃紅色、薔薇紅色、桃紅色，部份含黑色紋路係錳元素氧化的緣故。玫瑰石呈淡紅色，錳氧化物成黑色部份經打磨後有如山水畫，多做雅石觀賞之用，甚受愛石人士歡迎，自民國七十年代掀起一陣流行風之後，至今依然盛行，美名甚至遠播國外。

自民國 95 年起，世界知名的法國自然史博物館即積極與本館展開接觸聯繫，希望能藉著國際交流活動，將優美的玫瑰石介紹到歐洲國家。目前雙方已訂於民國 97 年共同合辦「玫瑰石特展（暫定）」，並於兩地輪流展出。法國自然史博物館經策展人 M. Glancarlo Parodi 及負責出版業務之 Ms. Anne Roussel-Versini 於 96 年 2 月來臺洽商，已就雙方展覽規劃、兩館合作計畫初步商談，並勘查本館展場環境設備等事宜。目前臺法雙方同意各提供約 70-100 件展品，暫定於 2008 年 2 月至 4 月於本館展出，同年 6 月至 8 月於法國自然史博物館展出。本次國際交流活動，除展覽之外，並將各自以中文與法文惟主要語文出版精美之專輯，提供專業人士及一般民眾參考及導覽解說。

本計劃之執行將著重於我方提供之約 70-100 件展品為材料，進行礦物學的基本研究，了解展品所含之礦物種類、含量比例、化學成分等，探討其岩性分類及成因，並將所得資料彙整後，提供作為展覽文案及專輯撰寫之題材。

二、研究方法

本計劃經張宗成先生提供其展品系列之岩樣（圖 1-7），包括產於和平溪之艾菲爾鐵塔（E）；卑南溪之莫內系列（M）；三棧溪之夜系列（L）、墨韻系列（B）、太魯閣系列（T）、遍地黃金系列（G）、玫瑰石系列（R1-R7）。上述展品除玫瑰石系列外，為預定用於玫瑰石特展之展品，玫瑰石系列（R1-R7）為張宗成先生尚未命名展品之岩石樣品。



圖 1 艾菲爾鐵塔（E）作品



圖 2 莫內系列（M）作品



圖 3 夜系列（L）作品



圖 4 墨韻系列 (B) 作品



圖 5 太魯閣系列 (T) 作品



圖 6 遍地黃金系列 (G) 作品



圖 7 玫瑰石系列作品之一

本研究先將張宗成先生提供樣品製成岩石薄片，首先選取新鮮待觀察的岩石標本，以切片機將岩石切成約長 5 公分、寬 2 公分、厚 4 公分的薄片；接著用不同粗細的磨片機粗磨及細磨，同時修整標本的邊緣；再來以環氧基樹脂（Epoxy）將修整好的岩石標本年在玻璃片上，並將粘好的薄片放進 60°C 溫度的烘箱中，烘乾 4 小時；接下來以切片機將岩石標本切成厚約 0.3 公分的岩片後，以不同粗細的磨片機粗磨及細磨岩石標本至約 0.003 公分厚；再來以人工在玻璃板上進行修片，使其光滑和平整，如此就算大功告成了。

本研究使用儀器包括偏光顯微鏡及拉曼光譜儀，分別介紹如下：

1. 偏光顯微鏡

偏光顯微鏡（圖 8）與一般生物用的顯微鏡稍有差異，載物臺的上、下方都有偏光裝置，同時載物臺的本身也可以旋轉。當光線通過一個由方解石製成的透鏡後，會變成速度不同的兩束光線，而形成雙折射的現象。這兩束光分別朝著一定的方向振動，我們稱為偏振光。偏光顯微鏡就是利用這種偏振光性質來觀察礦物的裝置。單獨使用載物臺下方偏光裝置，會發現有些礦物顏色會發生週期性的變化，這種顏色變化的現象就是礦物的「多色性」。如果我們同時使用載物臺上下方的偏光稜鏡來觀察，這時礦物的結晶會出現鮮艷的顏色，而是因為速度不同的光波互相重疊所產生的干涉現象，所以屬於一種「干涉色」，這種顏色並不是礦物原本的顏色。不管是礦物的多色性或干涉色等光學性質，我們都可以用來鑑定礦物的依據，因為每一種礦物都有其特殊的光學性質。本研究用偏光顯微鏡觀察及鑑定岩石樣品的組織與礦物的種類，以計數器(point counter)測定各組成礦物的百分比，每一薄片以 300 點為計算統計基準。



圖 8 偏光顯微鏡

2. 拉曼光譜儀

臺博館設置的法國Jobin-Yvon公司生產的UV-VIS Labram HR型拉曼光譜儀（圖9）。本計劃以514.5nm氬離子雷射光源激發標本，雷射光源測定尺寸（beam size）為5微米（ μm ），分析波段範圍一般由150-1200波數（ cm^{-1} ）之間，波數誤差在 $\pm 1\text{cm}^{-1}$ 範圍內。



圖 9 拉曼光譜儀

三、結果

1. 岩象觀察

艾菲爾鐵塔 (E) 進行岩象觀察見圖 10，其礦物組成如表 1。

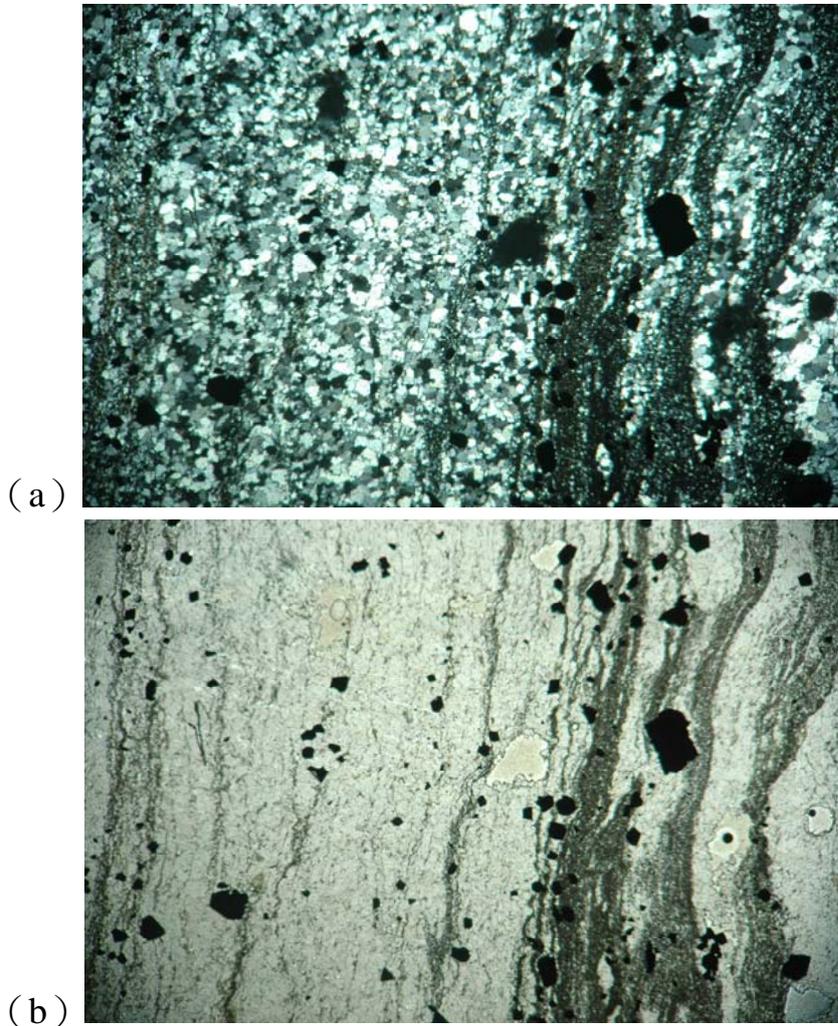


圖 10 艾菲爾鐵塔 (E) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 1 艾菲爾鐵塔 (E) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	80	
錳鋁榴石	Spessartine	7	
綠泥石	Chlorite	3	
白雲母	Muscovite	3	
磷灰石	Apatite	1	
黃鐵礦	Pyrite	6	不透明礦物

莫內系列 (M) 進行岩象觀察見圖 11，其礦物組成如表 2。

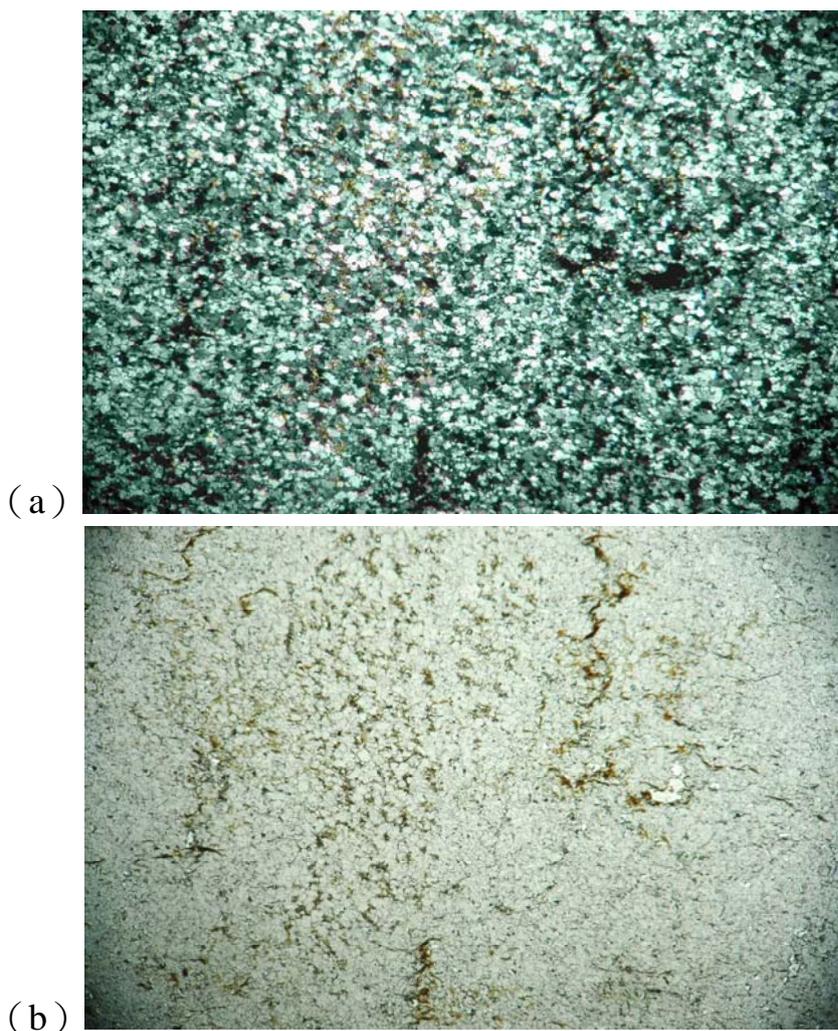


圖 11 莫內系列 (M) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 2 莫內系列 (M) 的礦物組成

礦物名		含量 (%)	備註
石英	Quartz	90	
方解石	Calcite	7	
黃鐵礦	Pyrite	3	不透明礦物

夜系列 (L) 進行岩象觀察見圖 12，其礦物組成如表 3。

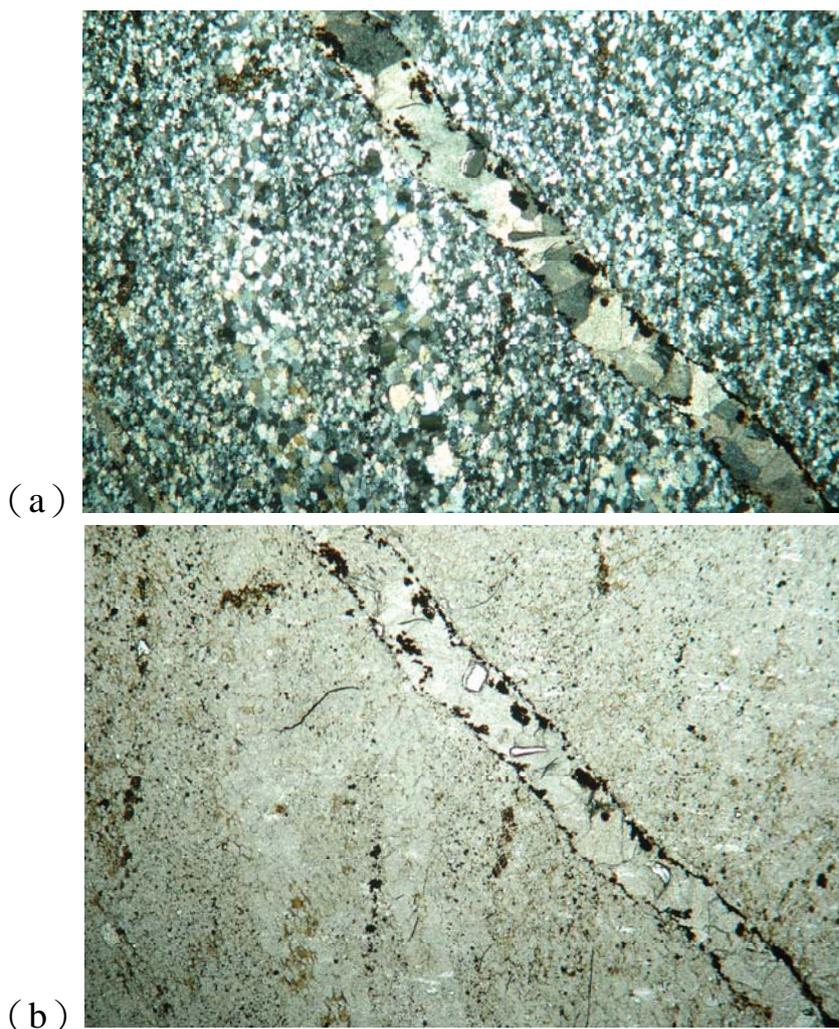


圖 12 夜系列 (M) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 3 夜系列 (L) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	90	
方解石	Calcite	5	
磁鐵礦	Magnetite	5	不透明礦物

墨韻系列 (B) 進行岩象觀察見圖 13，其礦物組成如表 4。

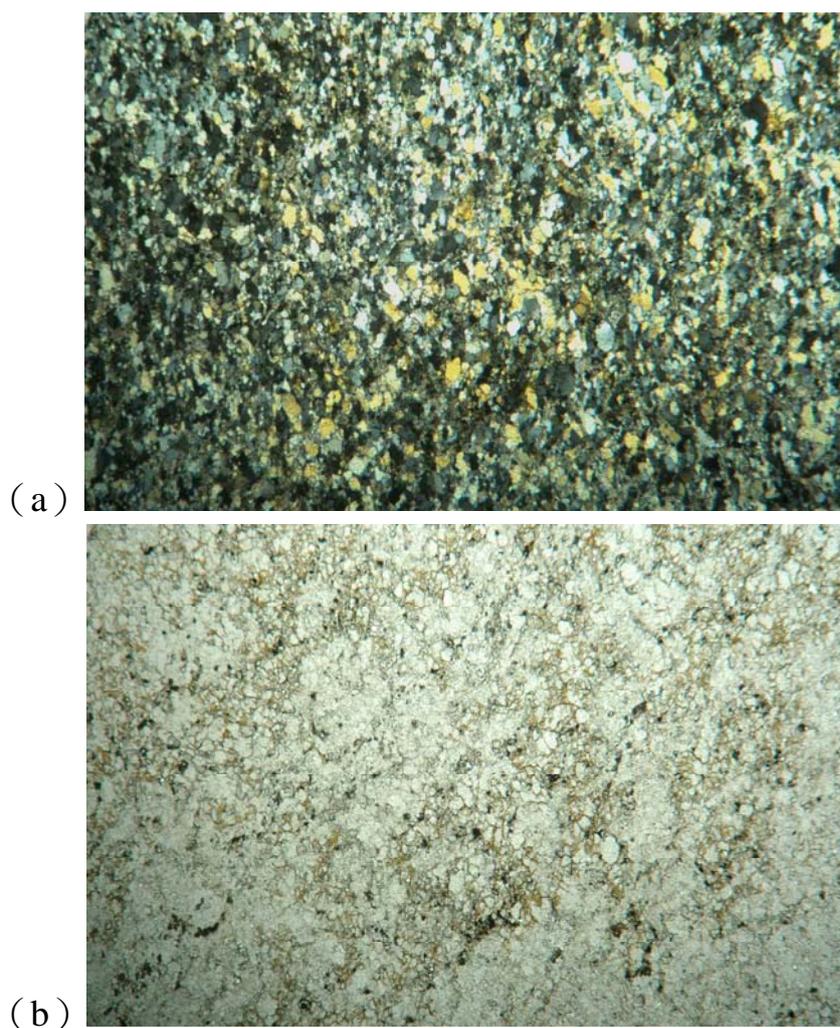


圖 13 墨韻系列 (B) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 4 墨韻系列 (B) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	75	
方解石	Calcite	20	
綠泥石	Chlorite	2	
磁鐵礦	Magnetite	2	含不透明礦物

太魯閣系列 (T) 進行岩象觀察見圖 14，其礦物組成如表 5。

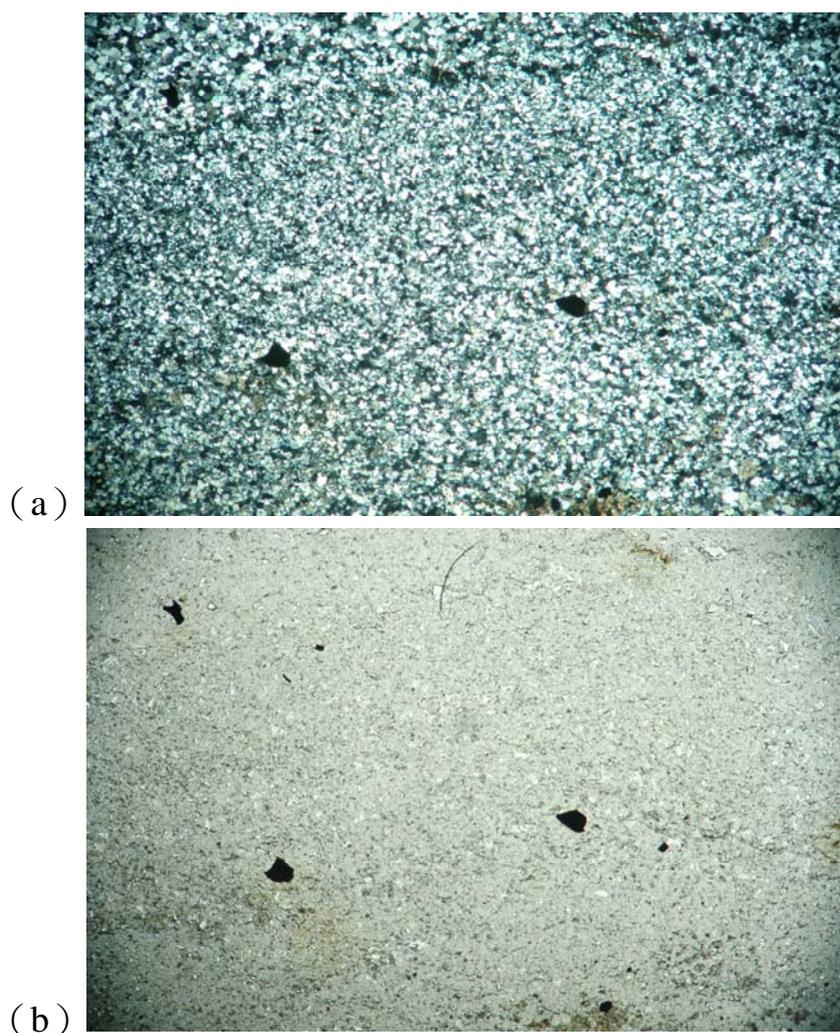


圖 14 太魯閣系列 (T) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 5 太魯閣系列 (T) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	92	
方解石	Calcite	5	
軟錳礦	Pyrolusite	3	
磁鐵礦	Magnetite	2	不透明礦物

玫瑰石系列 (R1) 進行岩象觀察見圖 15，其礦物組成如表 6。

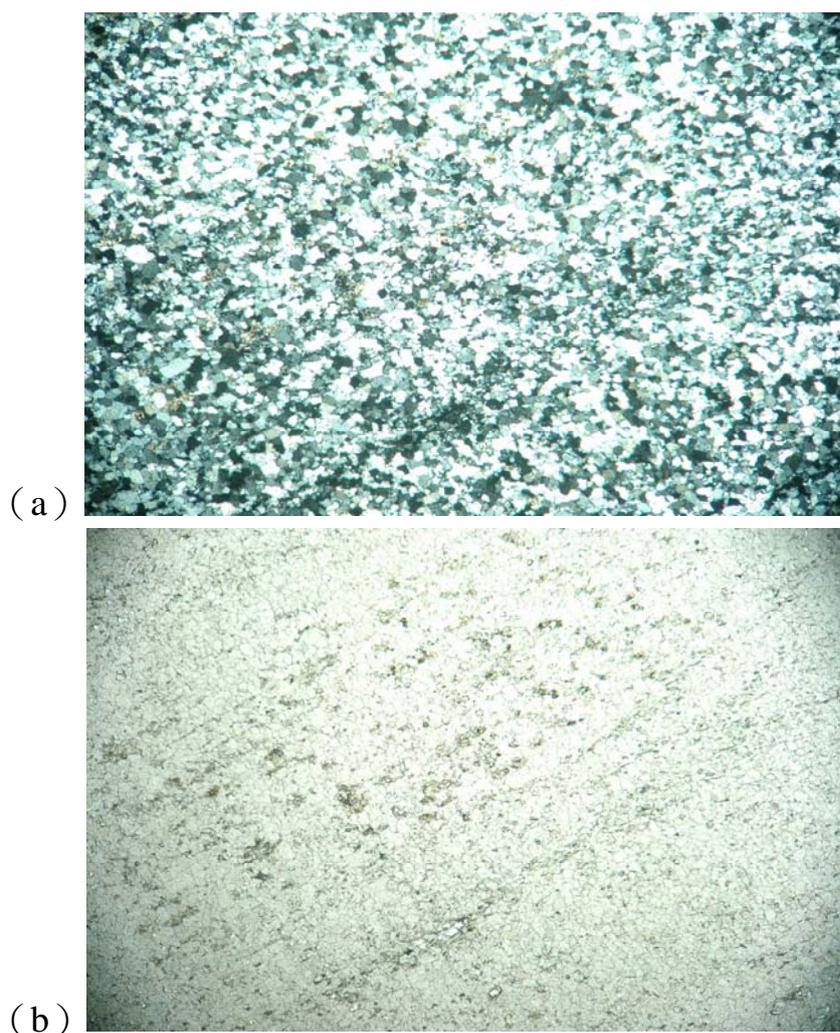


圖 15 玫瑰石系列 (R1) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 6 玫瑰石系列 (R1) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	95	
方解石	Calcite	3	
磁鐵礦	Magnetite	2	不透明礦物

玫瑰石系列 (R2) 進行岩象觀察見圖 16，其礦物組成如表 7。

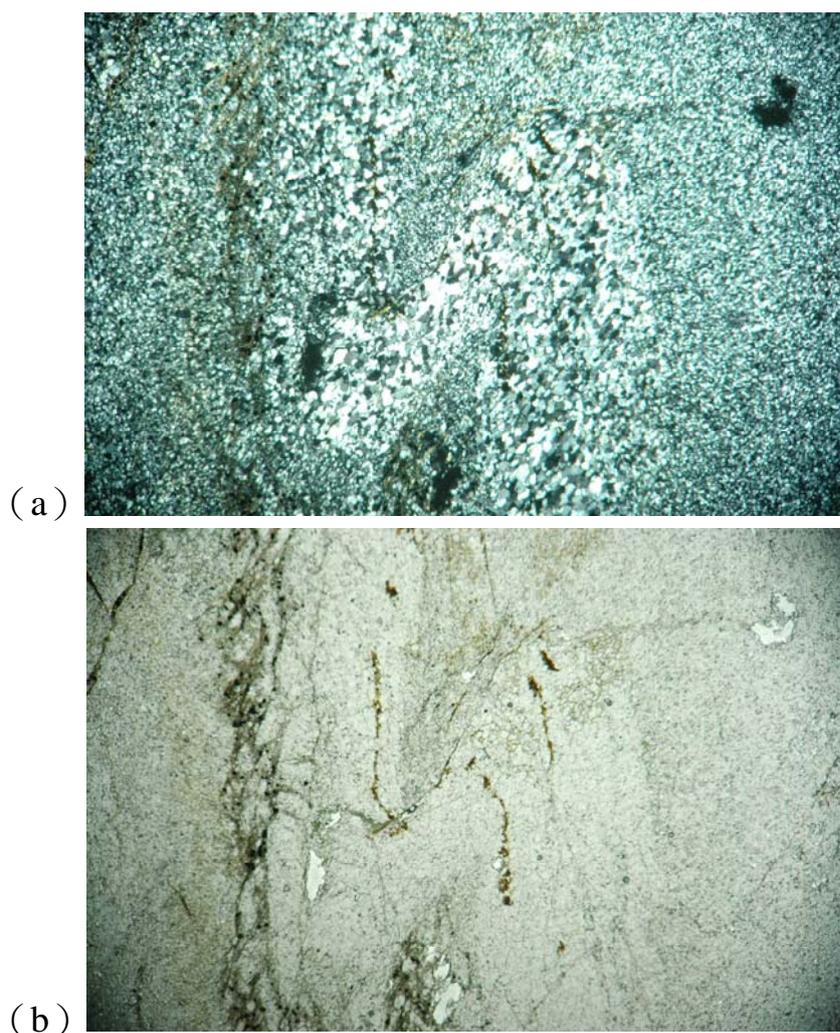


圖 16 玫瑰石系列 (R2) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 7 玫瑰石系列 (R2) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	85	
綠泥石	Chlorite	10	
磷灰石	Apatite	2	
磁鐵礦	Magnetite	3	不透明礦物

玫瑰石系列 (R3) 進行岩象觀察見圖 16，其礦物組成如表 8。

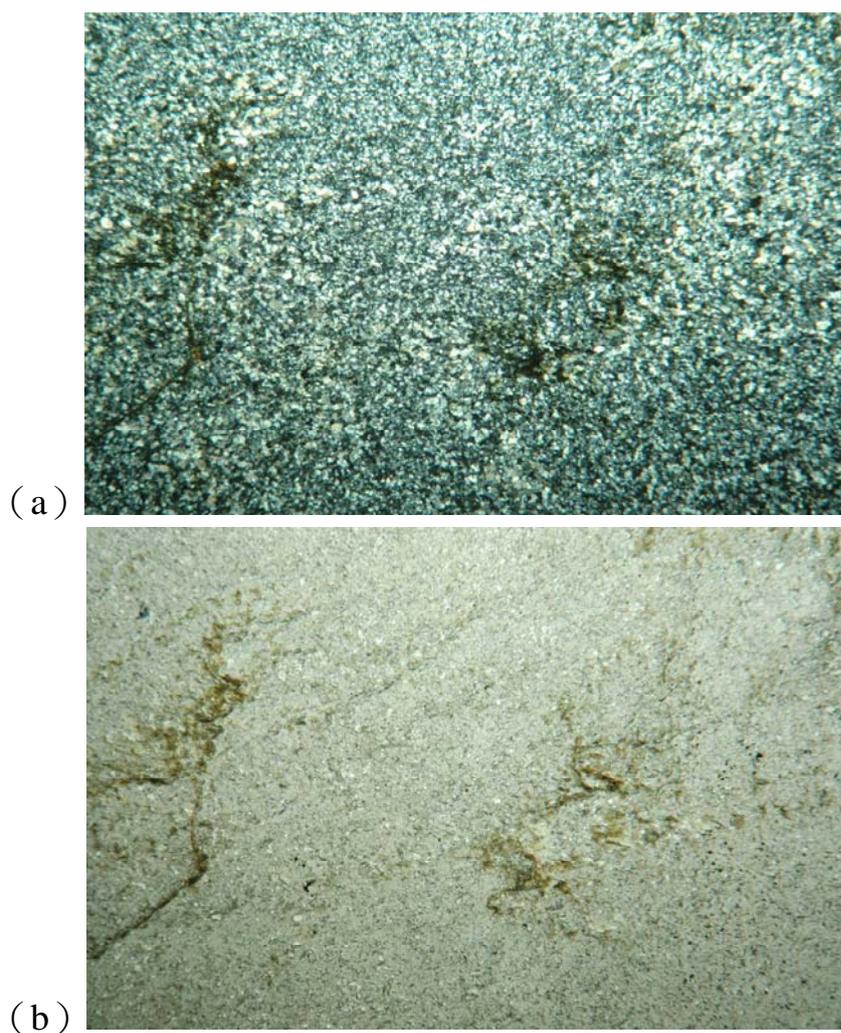


圖 16 玫瑰石系列 (R3) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 8 玫瑰石系列 (R3) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	90	
方解石	Calcite	5	
綠泥石	Chlorite	10	
白雲母	Muscovite	2	

玫瑰石系列 (R4) 進行岩象觀察見圖 17，其礦物組成如表 9。

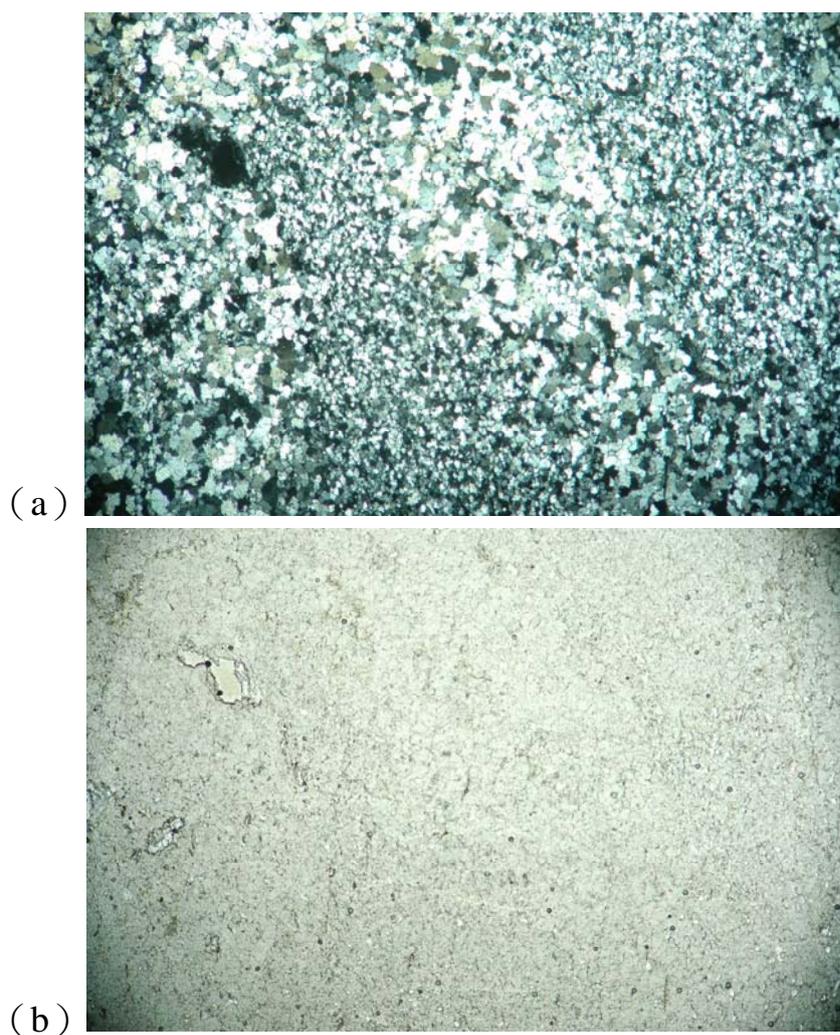


圖 17 玫瑰石系列 (R4) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 9 玫瑰石系列 (R4) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	98	
方解石	Calcite	1	
白雲母	Muscovite	1	

玫瑰石系列 (R5) 進行岩象觀察見圖 18，其礦物組成如表 10。

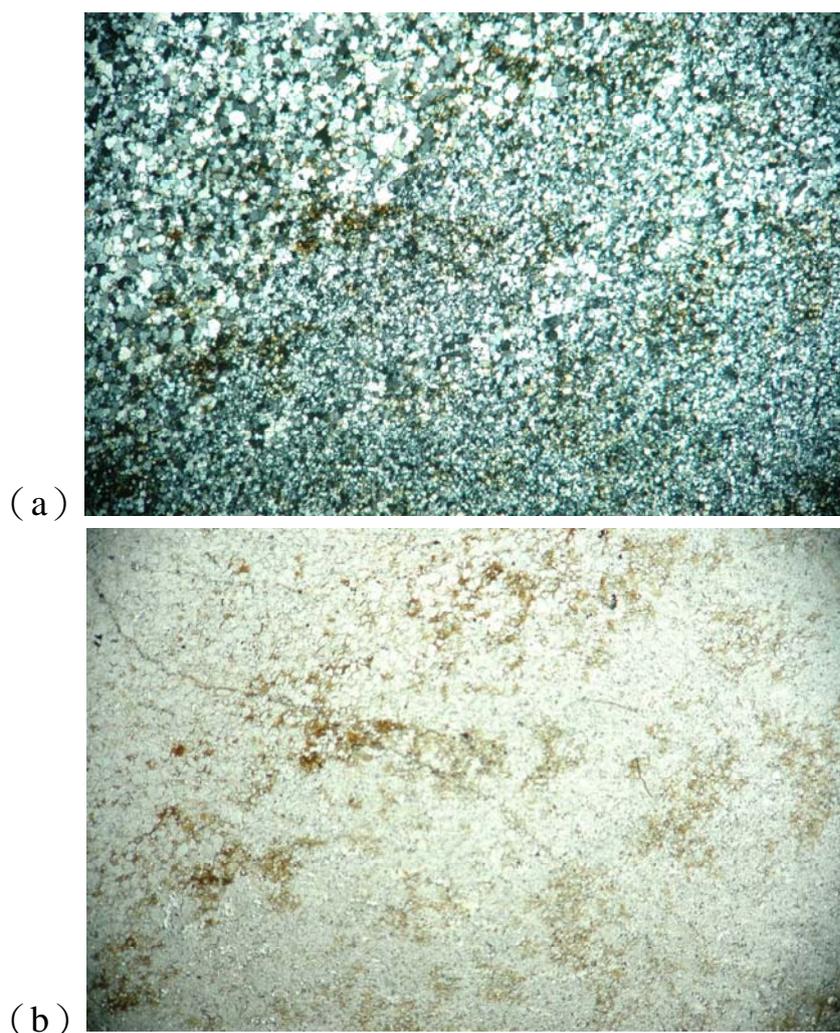


圖 18 玫瑰石系列 (R5) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 10 玫瑰石系列 (R5) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	97	
磁鐵礦	Magnetite	3	不透明礦物

玫瑰石系列 (R6) 進行岩象觀察見圖 19，其礦物組成如表 11。

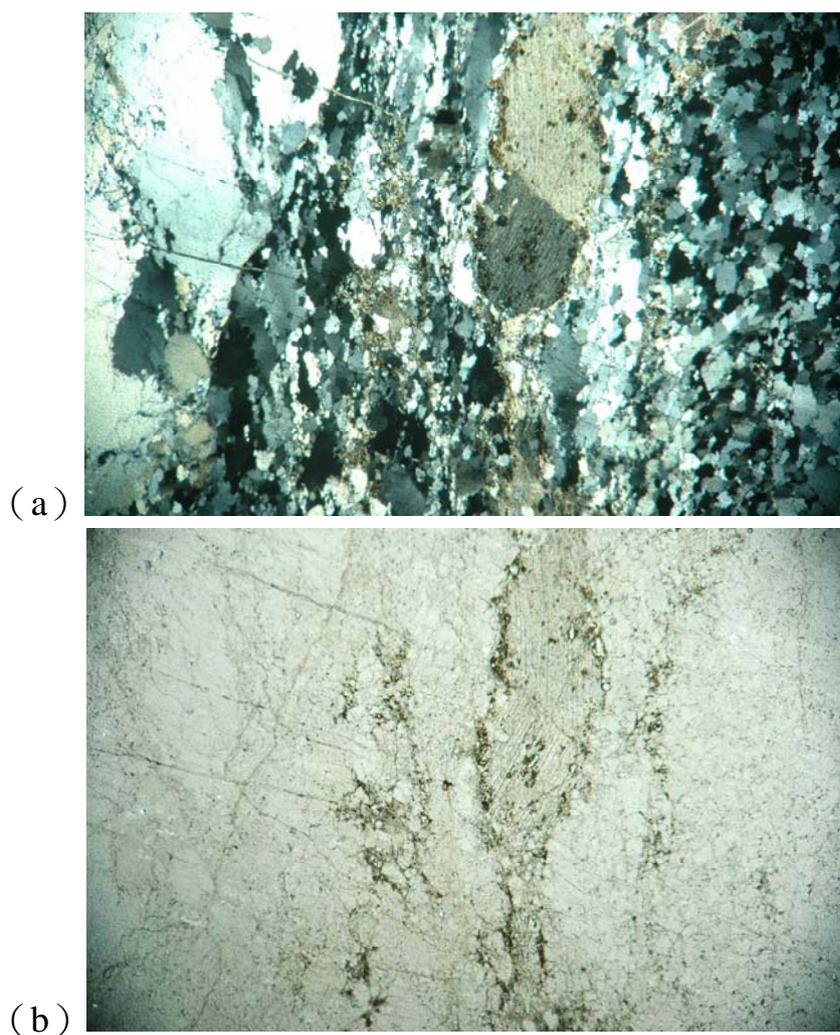


圖 19 玫瑰石系列 (R6) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 11 玫瑰石系列 (R6) 的礦物組成

礦物名		含量 (%)	備註
石英	Quartz	90	
方解石	Calcite	10	

玫瑰石系列 (R7) 進行岩象觀察見圖 20，其礦物組成如表 12。

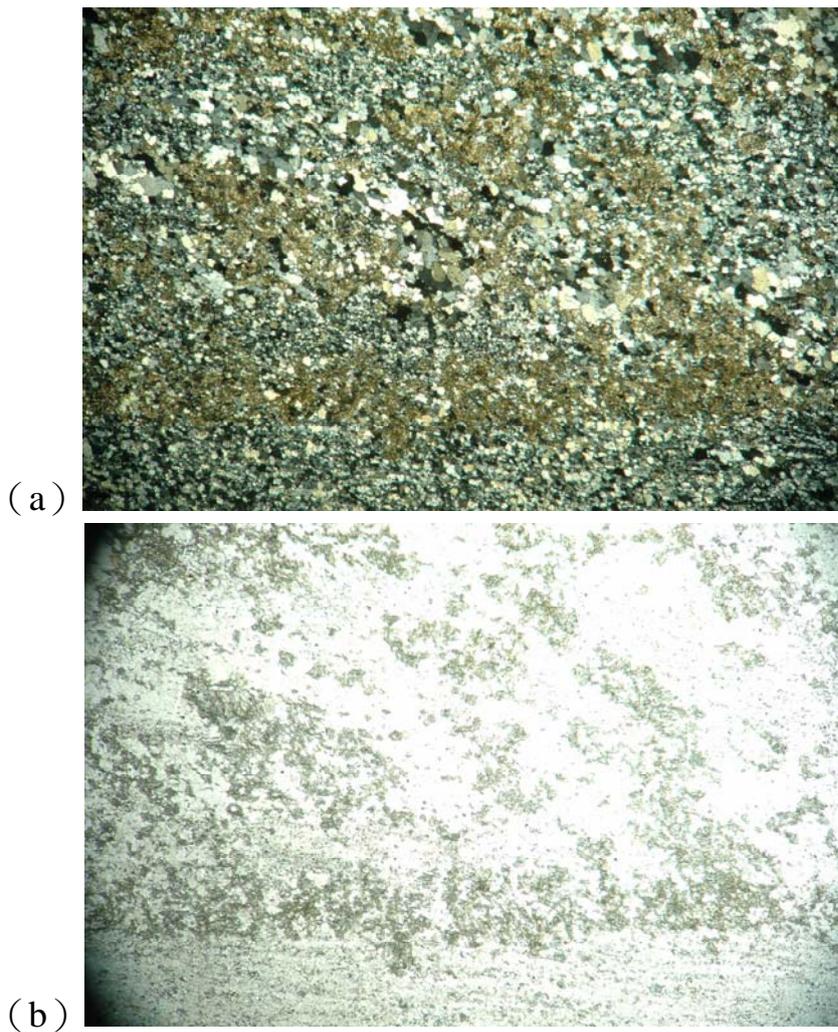


圖 20 玫瑰石系列 (R7) 在閉偏光 (a) 及開偏光 (b) 下的岩象觀察。

表 12 玫瑰石系列 (R7) 的礦物組成

礦物		含量 (%)	備註
石英	Quartz	88	
菱錳礦	Rhodochrosite	7	
菱鐵礦	Siderite	4	
白雲母	Muscovite	1	

2. 礦物鑑定

礦物鑑定以拉曼光譜儀進行鑑定，部分礦物顆粒微小，雖在岩象觀察時可見，但無法以拉曼光譜儀測得。

艾菲爾鐵塔 (E) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、錳鋁榴石、綠泥石、白雲母、磷灰石 (圖 21)。

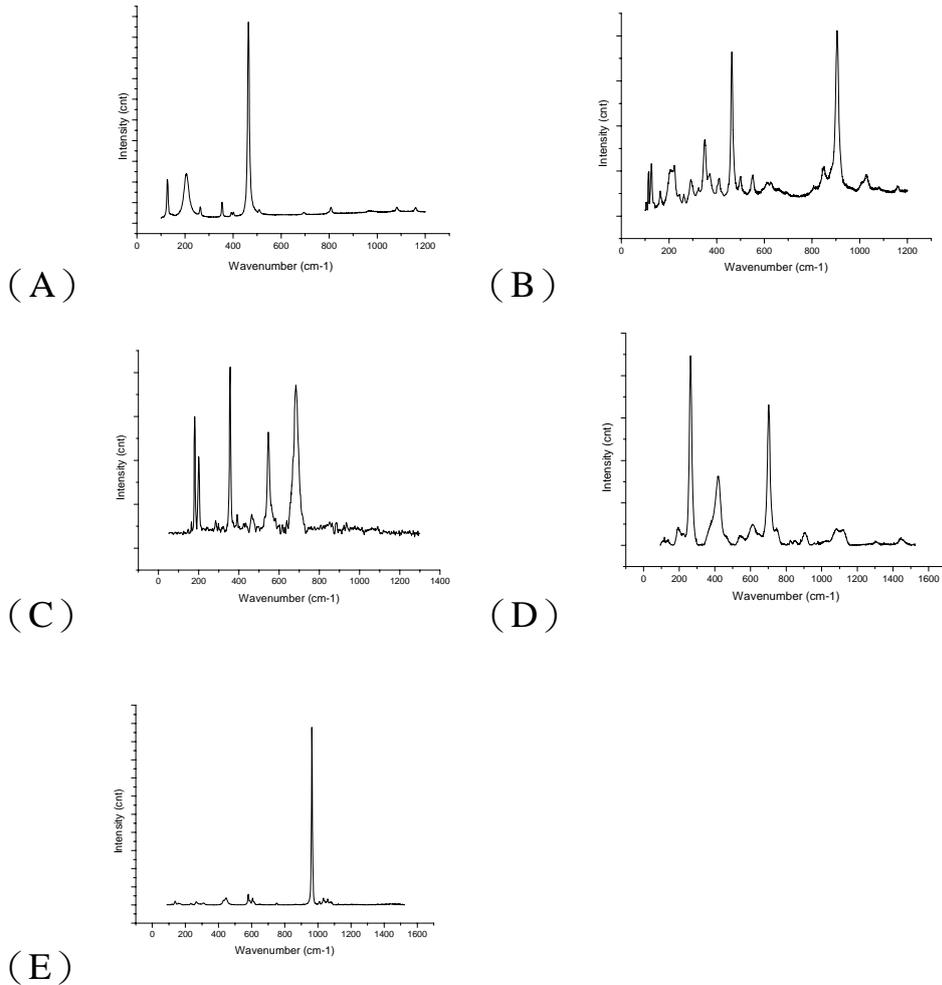
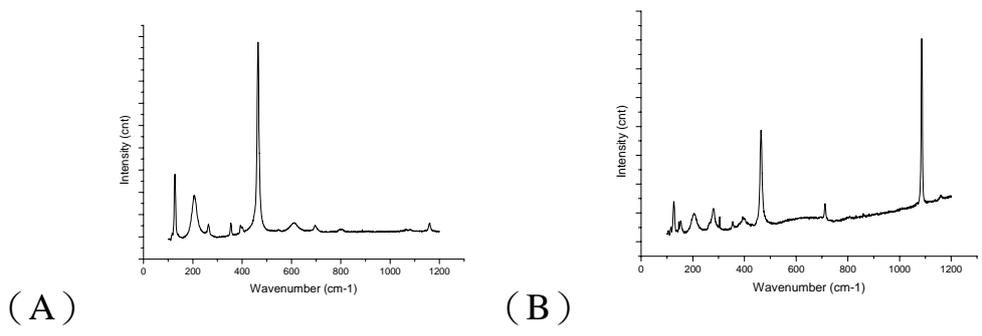
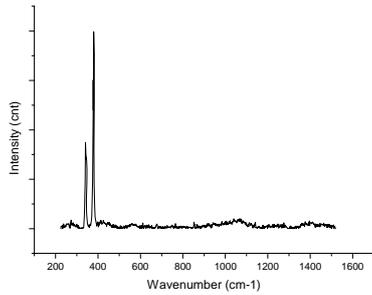


圖 21 艾菲爾鐵塔組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 錳鋁榴石，(C) 綠泥石，(D) 白雲母，(E) 磷灰石。

莫內系列 (M) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石、黃鐵礦 (圖 22)。

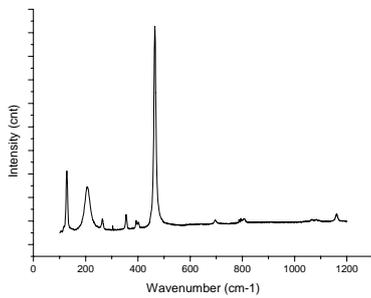




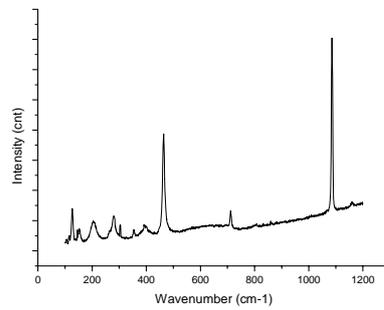
(C)

圖 22 莫內系列組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 方解石，(C) 黃鐵礦。

夜系列 (L) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石 (圖 23)。



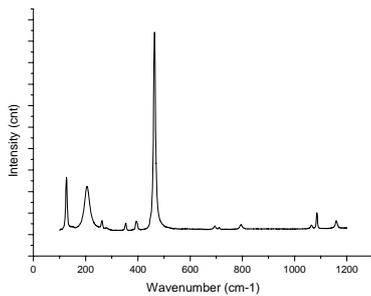
(A)



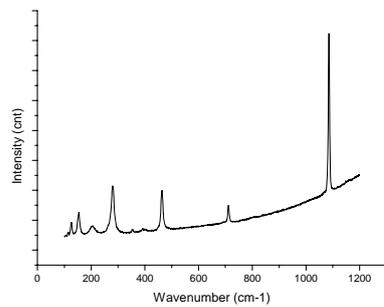
(B)

圖 23 夜系列組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 方解石。

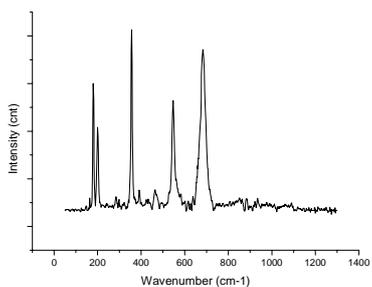
墨韻系列 (B) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石、綠泥石 (圖 24)。



(A)



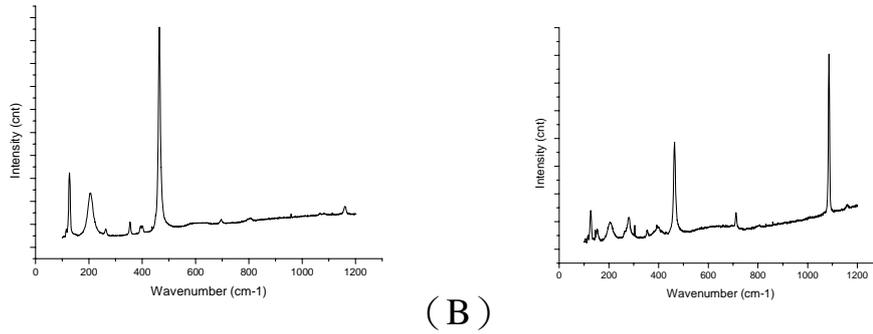
(B)



(C)

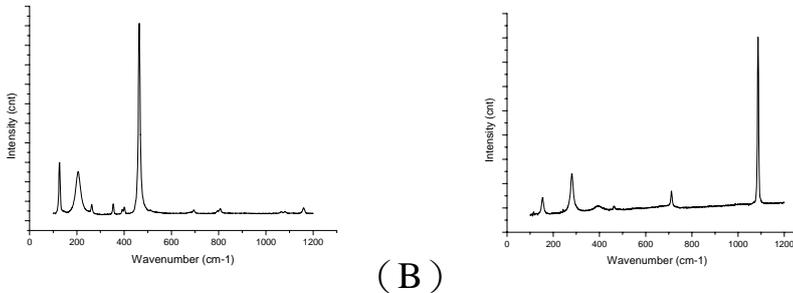
圖 24 墨韻系列組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 方解石，(C) 綠泥石。

太魯閣系列 (T)) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石 (圖 25) 。



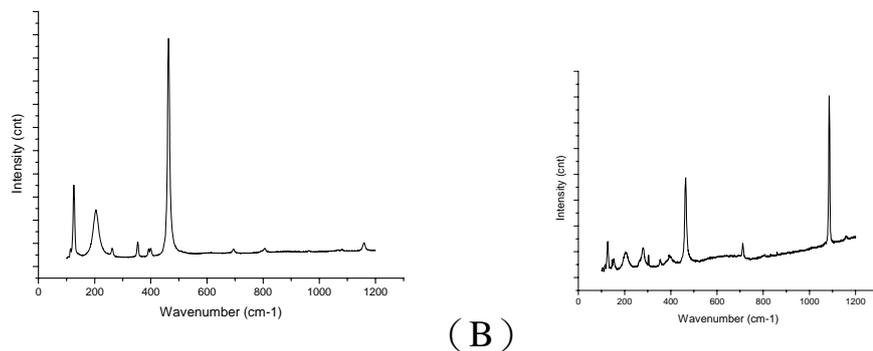
(A) (B)
圖 25 太魯閣系列組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 方解石。

遍地黃金 (G) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石 (圖 26) 。



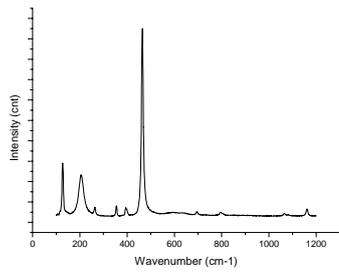
(A) (B)
圖 26 遍地黃金系列組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 方解石。

玫瑰石系列 (R1) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石 (圖 27) 。

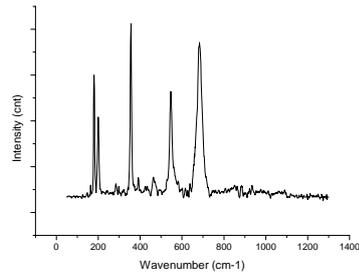


(A) (B)
圖 27 玫瑰石系列 (R1) 組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英，(B) 方解石。

玫瑰石系列 (R2) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、綠泥石 (圖 28) 。



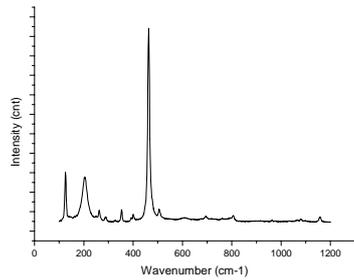
(A)



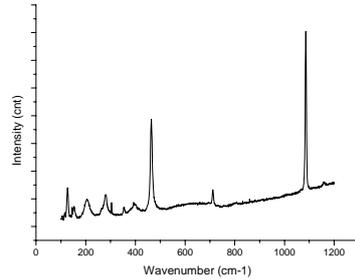
(C)

圖 28 玫瑰石系列 (R2) 組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英, (B) 綠泥石。

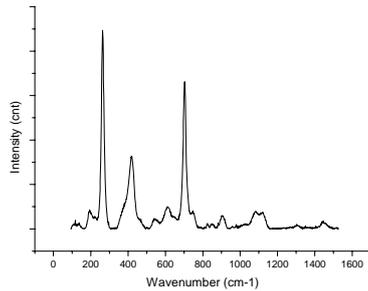
玫瑰石系列 (R3) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石、白雲母、綠泥石 (圖 29)。



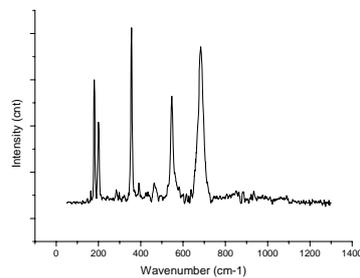
(A)



(B)



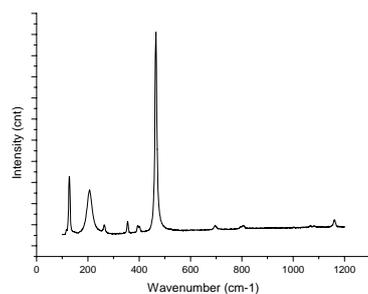
(C)



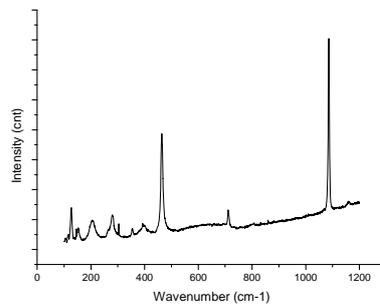
(D)

圖 29 玫瑰石系列 (R3) 組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英, (B) 方解石, (C) 白雲母, (D) 綠泥石。

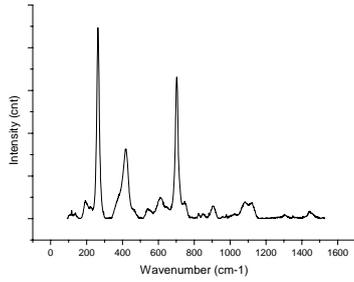
玫瑰石系列 (R4) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石、白雲母 (圖 30)。



(A)



(B)



(C)

圖 30 玫瑰石系列 (R4) 組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英, (B) 方解石, (C)。

玫瑰石系列 (R5) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英 (圖 31)。

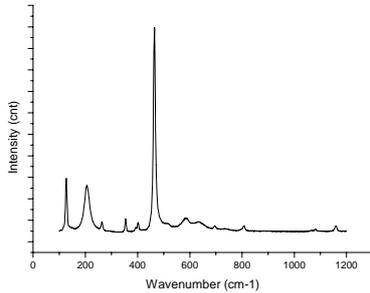
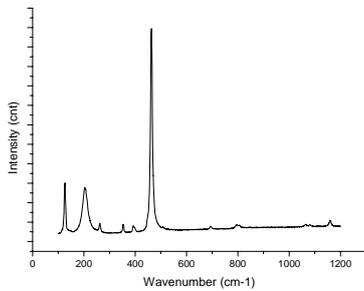
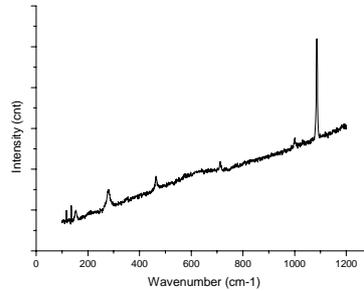


圖 31 玫瑰石系列 (R5) 組成礦物的拉曼波峰-石英。

玫瑰石 (R6) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石 (圖 32)。



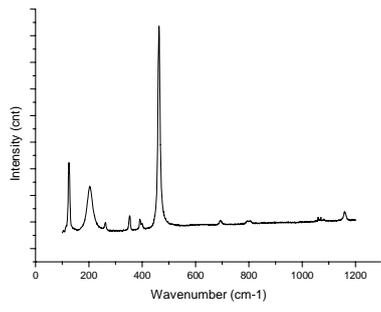
(A)



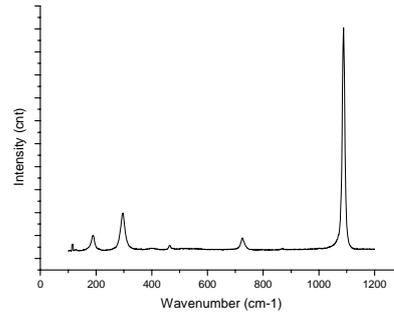
(B)

圖 32 玫瑰石系列 (R6) 組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英, (B) 方解石。

玫瑰石系列 (R7) 經拉曼光譜儀鑑定出的礦物包括石英、方解石 (圖 33)。



(A)



(B)

圖 33 玫瑰石系列 (R7) 組成礦物的拉曼波峰 (A) 石英, (B) 方解石。

四、討論

1. 什麼是玫瑰石？

我們通常稱呼的”玫瑰石”是一個俗稱，並非國際上通用的名稱，玫瑰石是由許多不同的含錳礦物所組成，所以地質學家就稱呼它為”富錳岩石(Manganese-rich rocks)”或薔薇輝石岩(Rhodonite)。台灣所產的玫瑰石主要是由玫瑰色的薔薇輝石(Rhodonite)組成，夾雜棕黃及灰白色的錳輝石(Pyroxmangite)、石英(Quartz)、錳白雲石(Kutnohorite)與粉紅色的菱錳礦(Rhodochrosite)及黑色的軟錳礦(Pyrolusite)和黑錳礦(Hausmannite)，另外尚有少量的正長石(Othoclase)、綠泥石(Chlorite)、錳鋁榴石(Spessartite)、白雲母(Muscovite)、綠簾石(Epidote)、方解石(Calcite)、錳閃石(Tirodite)、鋇長石(Celsian)、褐錳礦(Braunite)、含水的鈣錳礦(Todorokite)和石棉(Asbestos)等多種礦物出現，由於玫瑰石是由這許多不同顏色、成分與產狀的變質礦物集合體所形成，所以玫瑰石是變質岩的一種。

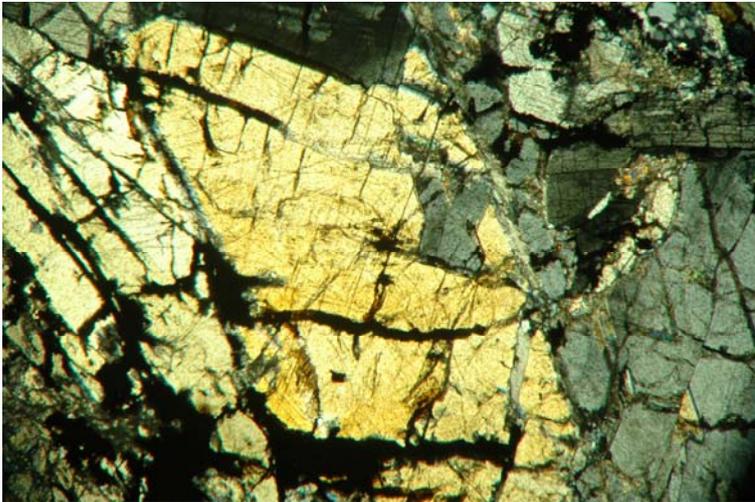


圖 34 薔薇輝石在閉偏光下的岩象觀察。

薔薇輝石的基本礦物學及物理性質，它的身分資料如下：

晶系與習性：三斜晶系，普通的晶體為板狀、柱狀及圓柱狀，但以結晶體產出者很少。常呈塊狀、粒狀、腎狀、緻密狀等形態出現，最常見者為緻密塊狀。

顏色：粉紅色。

條痕：白色。

光澤：玻璃至珍珠光澤。

透明度：半透明至透明。

解理：完全解理。

斷口：參差狀至貝殼狀斷口，結晶體具脆性，塊狀時則很強韌。

硬度：5.5-6.5。

比重：3.57-3.76。

化學成份： $(\text{Mn,Fe,Mg,Ca})\text{SiO}_3$

2. 台灣玫瑰石的地質產狀與分布

台灣富錳岩石產於東部出露最古老岩層--大南澳片岩之長春層，形成的地質年代可能在古生代晚期至中生代間（約在 3 億年~1 億）。長春層的組成岩石主要以綠色片岩、薄層之大理岩、石英岩、變質燧石及角閃岩，而富錳岩石主要與片狀變質燧石、大理岩及綠色岩石（包括綠泥石片岩、變質基性岩和角閃岩）等變質岩成互層，富錳岩石在這些岩石中就以凸鏡狀或囊狀出現。

台灣玫瑰石主要產在花蓮三棧溪上游海拔 1400~1700 公尺的矽質片岩、立霧溪的綠水及洛韶和木瓜溪、以及瑞穗的中央山脈山區。其它有報導過的玫瑰石露頭尚有立霧溪上游的立霧主山、和平溪上游二子山、木瓜溪上游奇萊山以及東澳西帽山等地區，但因大多位處深山，交通不便，除了東澳西帽山外，真正的地點皆未有明確標示。在中橫公路天祥及文山溫泉附近，金馬隧道北方的加卑里山附近，以及和平林道和平溪上游二子山附近也都有玫瑰石出露的報導。玫瑰石的滾石則在上述玫瑰石露頭下游河流中，如三棧溪、立霧溪、木瓜溪、砂卡噹溪及和平溪等河谷中都有零星分佈，其中三棧溪還因常發現玫瑰石滾石，而有『玫瑰溪』之美譽。一般來說，三棧溪石玫瑰石因色彩對比不大，大多呈深淺相間的桃紅色，較缺乏景緻，常以原石觀賞較適合；木瓜溪玫瑰石則深因夾雜多種的岩石及礦物，加上岩石褶曲造成的紋路，其造景變化多，所以多適用來切片，少部分以原石觀賞；立霧溪玫瑰石大都呈疤狀相間的黑色及紅褐色，所以僅適合切片。

世界上許多地區也產薔薇輝石，例如印度、瑞典、澳洲、美國等，不過以俄國烏拉山區、日本及台灣所產的色澤最好。中國大陸北京附近在 1960 年代以後也開始生產緻密塊體的薔薇輝石，他們將這種寶石稱為『粉翠』或『京粉翠』。

3. 玫瑰石的成因

在全世界的造山運動地區都有出現許多含錳的礦床，這些富錳岩石的成因要由海底錳核(Manganese nodules)談起。海底錳核是在海底的沉積物中形成的一種含金屬的團塊，其主要成份為含鐵錳的水合氧化物，並可能含有高量的過渡金屬(如鈷、鎳、銅等)及許多稀有金屬。由於工業上的需要，人們已把陸地上的高品位礦砂耗用殆盡，所以各種低品位的礦床也正在不斷地被開採中，在較淺海底中存在的錳核自然就成為一種有經濟價值的礦產資源了。

關於錳核的起源爭論頗多，但依其金屬來源可將其分成三大類：

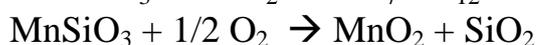
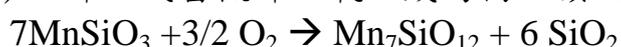
(1)熱液(Hydrothermal)作用形成的，這是由於海底火山活動產生的熱水溶液注入海水造成金屬元素沉澱形成；(2)水成作用(Hydrogeneous)形成的，這是由海水中的溶解物質因發生過飽和現象，而沉澱出金屬元素富集

所造成；(3)成岩作用(Diagenetic)形成的，這是由於沉積物中金屬元素的經過再遷移，而沉積於海水與海洋地殼沉積物的界面上富集所造成。

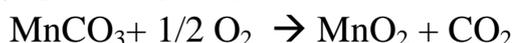
台灣富錳岩石的形成，就是當這些原生於海底的錳核經過板塊碰撞所產生造山運動，伴隨著海洋沉積物和海洋地殼物質產生岩化及變質作用而形成玫瑰石、片狀變質燧石、大理岩及綠色岩石等變質岩相互堆疊的互層，最後因地殼持續被抬升與侵蝕而出露於現在的地表。

玫瑰石形成之後，如果受到後來的風化等地質作用影響，使得富錳礦物（如錳輝石、薔薇輝石、菱錳礦、鈣錳雲石、錳鋁榴石等）轉變為含錳的氧化物（有軟錳礦、黑錳礦、硬錳礦等），其化學作用的過程可用下列方程式來表示：

(1) 錳輝石或薔薇輝石氧化成為褐錳礦及石英或軟錳礦及石英



(2) 菱錳礦氧化成為軟錳礦



以上的化學反應方程式可以用來解釋，為何在野外找到的玫瑰石常是黑色的外表，常要經過琢磨之後，才能顯現出原來瑰麗的顏色。而且如果沒有經過上漆的過程保護，已經琢磨之玫瑰石也會再幾個月的時間後，又風化成黑色的含錳礦物了。

4. 張宗成先生展品鑑定

經岩象觀察及拉曼光譜儀的鑑定，我們發現本批展品皆不含俗稱“玫瑰石”所應含之薔薇輝石，而屬於台灣東部變質岩區常見的變質岩，包括矽質片岩、變質燧石、石英岩。上述岩石中主要由石英組成，間夾方解石、黃鐵礦、黑色的磁鐵礦和軟錳礦、磷灰石、白雲母、綠泥石、菱錳礦、菱鐵礦等礦物。這些礦物的主要礦物特性介紹如下：

石英 (Quartz)

六方晶系；32。高溫石英，六方晶系；622。晶體常為柱面，面上有水平條紋。末端通常為正型和負型菱面體之組合，在發育均衡時，看起來像是六方雙錐面。晶體的大小由重達數噸的單一個體到細小的結晶覆層晶簇均有。亦常以各種塊體形式出現。由粗到細粒結晶質至隱晶質之燧石狀晶體均存在，因而有種種不同之名稱。有時呈結核狀塊體。 $P3_221$ 或 $P3_121$ ； $a=4.91$ ， $c=5.41\text{\AA}$ ； $Z=3$ 。d's：4.26(8)，3.34(10)，1.818(6)，1.541(4)，1.081(5)。硬度 7，比重 2.65。貝殼狀斷口，玻璃光澤，有時具油脂光澤且閃亮。通常無色或白色，但因雜質存在而帶有顏色，且可呈任何顏色。透明至半透明。具強壓電性和焦電性。偏光顯微鏡下：無色，透明。一軸晶 (+)， $N_o=1.544$ ， $N_e=1.533$ 。在所有的礦物中，石英最具有

幾乎純的化學組合及不變的物理性質。Si 46.7%，O 53.3%。低溫(α)石英之構造可具有兩對掌型空間群 $P3_121$ 或 $P3_221$ 之一者。在常壓下 573°C 時，此構造立即轉變為高溫(β)石英，為六方對稱而以兩對掌空間群 $P6_222$ 或 $P6_422$ 之其中一種形式出現。由低溫到高溫石英之位移式轉變只牽涉到些微的原子排列而無 Si-O 鍵結之破壞。由高溫石英冷卻下來，經過 573°C 之轉換點時，則可能會產生道芬雙晶。鑑定特徵可由其玻璃光澤、貝殼狀斷口以及結晶型等可分辨之。與方解石之區別為其具較高之硬度，而與白色綠柱石相較則具較低硬度。石英可以許多不同的形式存在而具有各種不同的變種名稱。

錳鋁榴石 (Spessartine)

等軸晶系。 $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$ ， Fe^{2+} 通常與 Mn^{2+} 置換，而 Fe^{3+} 則取代 Al。顏色為棕色到紅色。名稱來自德國產地史貝斯阿爾特 (Spessart)。鑑定特徵通常是藉由本身特殊的等軸晶型、硬度、顏色和其他礦物區分。在同群間的鑑別則靠比重、折射率和晶格大小為主。偏光顯微鏡下：淡粉紅色，淡褐色，個別呈深褐色和深紅褐色。顯均質性（鐵鋁石榴石，鎂鋁石榴石），但錳鋁石榴石具弱非均質性，而鈣鐵石榴石系列則可能有明顯的非均質性。這可能是晶體結構發生變化所引起。呈非均質性的石榴子石具灰色干涉色，並常有同心環帶構造，為二軸晶， $2V$ 不定。石榴子石是一種常見且分布廣泛的礦物，在某些變質岩中含量豐富，且在某些火成岩中為附屬礦物。尤其在雲母片岩、角閃石片岩、片麻岩中更常見。常被用來當作指標礦物，用來表示變質岩的變質度。在偉晶岩脈亦可見，但較少見於花岡岩中。鎂鋁榴石產於超基性岩中，如橄欖岩、角礫雲母橄欖岩或其轉化而生成之蛇紋岩中。榴輝岩中的石榴子石與輝石類及藍晶石共存，其成分可涵蓋鎂鋁榴石至鐵鋁榴石。鐵鋁榴石是泥質沈積岩受區域變質作用後所產生的一種最常見的石榴子石；它也是廣布在沈積岩中的一種碎屑質石榴子石。錳鋁榴石產於砂卡岩內和富錳礦物如薔薇輝石、氧化錳等共生。

白雲母 (Muscovite)

單斜晶系； $2/m$ 。明確的晶體罕見，常呈板狀而具明顯的 $\{001\}$ 。呈近 60° 交角之柱面 $\{110\}$ 使某些板狀晶體具有方塊狀之外型，而看起來像是斜方晶系。如果 $\{010\}$ 亦存在時，則晶體便具有六方晶系之外觀。柱面常因水平條紋之存在而顯得粗糙不平而呈尖滅狀。穿插雙晶以 $\{310\}$ 為雙晶軸。呈大至小之薄葉片。有時呈鱗片狀而會集結成羽毛狀或球狀外觀。亦為隱晶質或緻密塊狀。 $C2/c$ ； $a=5.19$ ， $b=9.04$ ， $c=20.08\text{\AA}$ ， $\beta=95^\circ30'$ ； $Z=4$ 。d's：9.95(10)，3.37(10)，2.66(8)，2.45(8)，2.18(8)。解理 $\{001\}$ 完全，因此常使礦物形成非常薄之層片。其葉片具撓曲性及彈性。硬度 2-2.5，比重 2.76-2.88。玻璃至絲狀光澤或珍珠光澤。薄片呈無色透明，較厚者為半透明，呈黃、褐、綠及紅色。有些晶體在平行於解理方向透過之

光較垂直方向多。光性：(-)； $\alpha=1.560-1.572$ ， $\beta=1.593-1.611$ ， $\gamma=1.599-1.615$ ； $2V=30^\circ-47^\circ$ ； $Z=Y$ ， $X^{\wedge}c=0^\circ-5^\circ$ ， $r>v$ 。成分基本上為 $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ 。在二八面體雲母群內之礦物或介於二八面體和三八面體之礦物間之固溶體現象均極為有限。少量的取代現象為 Na, Rb, Cs 取代 K；Mg, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Li, Mn, Ti, Cr 取代 Al；F 取代 OH。鑑定特徵由其高度發育之解理和淺顏色判斷之。

綠泥石 (Chlorite)

單斜晶系； $2/m$ 。綠泥石之某些異構物為三斜晶系。與雲母群礦物一樣具假六方板狀晶體及明顯的{001}晶癖，但明確的晶體罕見。常呈葉片狀塊體或細小之晶簇；亦呈細粒分散顆粒。晶格參數隨成分而異。斜鎂綠泥石 (Clinochlore)： $C2/m$ ； $a=5.2-5.3$ ， $b=9.2-9.3$ ， $c=28.6\text{\AA}$ ， $\beta=96^\circ50'$ ； $Z=4$ 。d's：3.54 (10)，2.53(6)，2.00(6)，1.562(4)，1.534(7)。解理{001}完全。葉片具撓曲性但不具彈性。硬度 2-2.5，比重 2.6-3.3。玻璃至珍珠光澤；呈各種綠色色調顏色，罕見黃色、白色、玫瑰紅等顏色。透明至半透明。光性：大部分為(+)，有些為(-)；所有 BXa 均 \perp {001}。 $\alpha=1.57-1.66$ ， $\beta=1.57-1.67$ ， $\gamma=1.57-1.67$ ； $2V=20^\circ-60^\circ$ 。多色性呈綠色，(+)者 $X, Y>Z$ ，(-)者 $X<Y, Z$ 。折射率隨 Fe 含量增大。綠泥石之成分可視為由 $[Mg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2]^{-1}$ 之 t-o-t 層片間夾以似水鎂石層片而形成的。綠泥石之通式可表為： $A_{5-6}Z_4O_{10}-(OH)_8$ ，其中 $A=Al, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Li, Mg, Mn, Ni$ 。而 $Z=Al, Si, Fe^{3+}$ 。綠泥石由於成分涵蓋極廣，故其物理性質、光性以及 X 光參數之變化如晶面間距及單位晶胞大小亦極大。綠泥石為變質岩內常見之礦物且為綠色片岩相之特徵礦物。在泥質片岩中常以石英-鈉長石-綠泥石-絹雲母-石榴子石等礦物組合出現，並常與陽起石和綠簾石共生。

磷灰石 (Apatite)

六方晶系， $6/m$ 。常呈具長柱狀晶癖的晶體；亦作短柱狀或板狀。其尖端常具顯著的雙錐面體，{10 $\bar{1}$ 1}以及底軸面。某些晶體則由於具有六方雙錐面而顯示其真正的對稱性。亦呈粒狀塊體至緻密狀。 $P6_3/m$ ； $a=9.39$ ， $c=6.89\text{\AA}$ ； $Z=2$ 。d's：2.80(10)，2.77(4)，2.70(6)，1.84(6)，1.745(3)。{0001}解理差。硬度 5(用小刀勉強可以刮出痕跡)，比重 3.15-3.20。玻璃至次松脂光澤；呈綠或褐色色澤，亦呈藍、紫或無色；透明至半透明。光性：(-)； $\omega=1.633$ ， $\varepsilon=1.630$ (氟磷灰石)。磷灰石常藉其晶型、顏色和硬度判定之。由其顯著之錐面體及較刀片軟而與綠柱石區分。

方解石 (Calcite)

六方晶系， $\bar{3}2/m$ ，晶形變化多端而且通常十分複雜，曾被描述過的晶型不下三百種之多。不過比較重要的有下列三種：(1)柱狀，沿 c 軸呈長或短柱狀；柱面十分發達，末端具有底面型或菱面體；(2)菱面體，以菱面體

為主的組合形；(3)偏三角面體，以偏三角面體為主的組合形，常具柱面及菱面體末端。最常見的偏三角面體為 $\{21\bar{3}1\}$ 。沿雙晶面 $\{01\bar{1}2\}$ 之雙晶亦常見，往往造成雙晶薄葉層；這種現象可能是次生的原因造成的，像在結晶石灰岩內經變質作用形成，或經由人工造成。以 $\{0001\}$ 為雙晶面之雙晶亦極普遍。方解石常以結晶體或呈粗或細柱聚晶出現，亦呈細粒、緻密、土狀和鐘乳石狀等。這些晶型的可能組合及變化均可發生。 $R\bar{3}c$ ；六方單位晶胞， $a=4.99$ ， $c=17.06\text{\AA}$ ； $Z=6$ ；菱面體晶胞， $a=6.37\text{\AA}$ ， α (菱面角) $=46^\circ05'$ ； $Z=2$ 。d's：3.04(10)，2.29(2)，2.10(2)，1.913(2)，1.875(2)。 $\{10\bar{1}1\}$ 解理完全(解理面夾角 $=74^\circ55'$)。 $\{01\bar{1}2\}$ 的雙晶薄葉片上有劈理。斷口貝狀，具脆性。硬度在解理面上為3，在底軸面上為2.5，比重2.71。玻璃到土狀光澤，透明至半透明，純淨的為白至無色，如有雜質則呈灰、紅、綠、藍、黃、棕到黑色，條痕白色。純淨透明者，多產於冰島，故又名冰洲石(Iceland Spar)。光性(-)； $\omega=1.658$ ， $\varepsilon=1.486$ 。大部分的方解石成分均極接近純的 CaCO_3 ，含有 CaO 56%， CO_2 44%，不過 Ca^{2+} 會被 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 和鎂所置換。 Mn 和 Ca 可互相取代，因此方解石與菱錳礦(MnCO_3)可形成完全固溶體。鑑定特徵為顆粒遇冷稀鹽酸會立即起泡。由硬度3、菱面體解理、淺色、玻璃光澤等方面予以鑑定；亦可作鈣的試驗。它和白雲石類似且共生，但白雲石在熱鹽酸內才會顯著地起泡。它和霏石不同的是其比重較輕及具菱面體解理。

菱錳礦 (Rhodochrosite)

六方晶系， $\bar{3}2/m$ ，晶體作菱面體但很罕見，表面經常彎曲。通常易裂，呈塊狀、粒狀至緻密狀。 $R\bar{3}c$ ，六方晶格； $a=4.78$ ， $c=15.67\text{\AA}$ ； $Z=6$ ；菱面體晶格； $a=5.85\text{\AA}$ ， $\alpha=47^\circ46'$ ； $Z=2$ 。d's：3.66(4)，2.84(10)，2.17(3)，1.770(3)，1.763(3)。 $\{10\bar{1}1\}$ 解理完全。硬度3.5-4，比重3.5-3.7，玻璃光澤，顏色通常為玫瑰紅，亦呈淡粉紅到暗棕色，條痕白色，透明到半透明。光學(-)； $\omega=1.816$ ， $\varepsilon=1.597$ 。純的菱錳礦 MnO 61.7%， CO_2 38.3%，二價鐵可置換二價錳而在菱錳礦和菱鐵礦之間形成完全的固溶體系列。 Ca^{2+} 可部分取代 Mn^{2+} 而形成錳白雲石(Kutnohorite, $\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2$)，具有如白雲石之有序構造。由此推斷在常溫下，介於 CaCO_3 和 MnCO_3 之間只能容許有限的固溶體存在。 Mg 或許可以取代 Mn ，但 MnCO_3 - MgCO_3 之固溶體系列並不完全。大量的 Zn 亦可取代 Mn ，菱錳礦和方解石為同構物。鑑定特徵為粉紅色和菱面體解理為其特徵；由硬度(4)可和薔薇輝石(硬度6)區分。不可煨燒，可溶解於熱鹽酸，同時產生氣泡。

軟錳礦 (Pyrolusite)

正方晶系， $4/m2/m2/m$ ，很少有發育良好的晶形。常呈輻射的纖維狀或柱狀。也為細粒塊狀，常作腎狀覆層和樹枝狀，與其它氧化錳類和氫氧化物共生。有時也以水錳礦的假像出現。 $P4_2/mnm$ ； $a=4.39$ ， $c=2.86\text{\AA}$ ； $Z=2$ 。d's：3.11(10)，2.40(5)，2.11(4)，1.623(7)，1.303(3)。 $\{110\}$ 面解理

良好，硬度 1-2(常會使手指沾上其粉末)，粗粒晶體鉈錳礦(Polianite)硬度為 6-6.5，比重 4.75，金屬光澤，條痕和顏色黑鐵色，斷口有亮光，不透光。Mn：63.2%，O：36.8%，通常含有一些水。構造和金紅石相似，錳和氧以六配位結合。鑑定特徵可以從其黑色條痕和低硬度與其它的含錳礦物區分。

磁鐵礦 (Magnetite)

等軸晶系， $4/m\bar{3}2/m$ ，磁鐵礦多作八面體偶呈十二面體。十二面體之面有平行於其與八面體相交之稜邊的條紋，其它的晶型則罕見。通常亦為粗或細粒狀及塊狀。 $Fd\bar{3}m$ ； $a=8.40\text{\AA}$ 。d's：2.96(6)，2.53(10)，1.611(8)，1.481(9)，1.094(8)。某些晶體有平行於八面體之裂理。硬度 6，比重 5.18。具有金屬光澤，顏色為鐵黑色，黑色條痕。具有強磁性，可以當做自然磁鐵用，叫作磁石(lodestone)。不透光。鐵 72.4%，氧 27.6%，大部分磁鐵礦之組成接近 Fe_3O_4 。然而分析結果常顯示有相當多百分比的 Mg 及 Mn^{2+} 和 Fe^{2+} 置換，而 Al，Cr， Mn^{3+} 及 Ti^{4+} 和 Fe^{3+} 置換。化學式可重寫成為 $\text{Fe}^{3+}(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$ 。鑑定特徵主要可從它的強磁性、黑顏色及硬度(6)來判別，可以從條痕顏色之不同來和帶磁性的錳鐵尖晶石區別。

菱鐵礦 (Siderite)

六方晶系， $\bar{3}2/m$ ，晶體常為菱面體形，常具彎曲的表面，亦作球狀凝結核。常為可沿著解理分裂的粒狀，亦是葡萄狀、緻密狀或土狀。 $R\bar{3}c$ ；六方單位晶胞， $a=4.72$ ， $c=15.45\text{\AA}$ ； $Z=6$ ；菱面體晶胞， $a=5.83\text{\AA}$ ， $\alpha=47^\circ45'$ ， $Z=2$ 。d's：3.59(6)，2.79(10)，2.13 (6)，1.963(6)，1.73(8)。 $\{10\bar{1}1\}$ 解理完美。純的 FeCO_3 硬度 3.5-4，比重 3.96，但若含有 Mn^{2+} 和 Mg 就會稍減。玻璃光澤，透明到半透明，顏色從淡棕色到暗棕色。光學(-)； $\omega=1.875$ ， $\varepsilon=1.633$ 。純的 FeCO_3 含有 FeO 62.1%， CO_2 37.9%，Fe 48.2%，其中的 Fe^{2+} 常被 Mn^{2+} 和 Mg 置換，因而分別與菱錳礦和菱鎂礦形成完全固溶體。被 Ca 取代時，則因兩者離子半徑差異大而只形成局部固溶體系列。菱鐵礦的構造和方解石是一樣的。鑑定特徵可從顏色、高比重與其它碳酸鹽類分別；具菱面體解理而與閃鋅礦區別；可溶於熱鹽酸，並產生氣泡。

黃鐵礦(Pyrite)

等軸晶系， $2/m\bar{3}$ 。常以良好晶體出現。最常見之晶型為立方體，其面上通常有條紋。此外尚有八面體和五角十二面體。黃鐵礦之穿插雙晶，又名鐵十字，以[001]為雙晶軸。亦呈塊狀、粒狀、腎狀、球狀、和鐘乳狀。 $Pa\bar{3}$ ； $a=5.42\text{\AA}$ ； $Z=4$ ；d's：2.70(7)，2.42(6)，2.21(5)，1.97(4)，1.632(10)。貝殼狀斷口、脆性。硬度6~6.5(在硫化物中算高硬度的)，比重5.02。金屬光澤、閃亮顏色：淺黃銅色，因銹色而呈較暗顏色。條痕綠

色或棕黑色、不透光，順磁性。含鐵46.6%，硫53.4%，有時亦含少量鎳和鈷。鎳含量高時則屬於黃鐵礦和硫鐵鎳礦(Bravoite, (Fe,Ni)S₂)所形成之固溶液系列。常帶有微量的金和銅的顯微雜質。黃鐵礦的結構可視為NaCl結構的修飾型，其中Fe代替Na而以S₂取代Cl的位置。FeS₂以兩種同質異像體出現，即黃鐵礦和白鐵礦。黃鐵礦容易風化為鐵之氧化物，通常為褐鐵礦，含黃鐵礦之岩石常因其容易受風化使岩石容易崩解，且易被銹色污染而不宜做建築材料。黃鐵礦是一種最常見的硫化礦物，在全球各地均有良好結晶出現。

五、結論

1. 張宗成先生提供本研究之展品分析樣品，各系列之鑑定結果：產於和平溪之艾菲爾鐵塔（E）為矽質片岩（Siliceous Schist）；產於卑南溪之莫內系列（M）為變質燧石（metachert）；產於三棧溪之夜系列（L）為變質燧石（metachert）；產於三棧溪之墨韻系列（B）為變質燧石（metachert）；產於三棧溪之太魯閣系列（T）為變質燧石（metachert）；產於三棧溪之遍地黃金系列（G）為變質燧石（metachert）；產於三棧溪之玫瑰石系列（R1-R5 及 R7）為變質燧石（metachert），R6 為含方解石脈之石英岩（quartzite with calcite vein）。
2. 本研究樣品發現的礦物包括石英、錳鋁榴石、綠泥石、白雲母、磷灰石、黃鐵礦、方解石、磁鐵礦、軟錳礦、菱錳礦、菱鐵礦等 11 種。
3. 由於本研究並無任何一件樣品含“玫瑰石”之指標礦物—薔薇輝石，故未來如正式展覽時，不宜稱為「玫瑰石特展」，應重新考量

七、參考文獻

1. Battey, M.H. (1981) *Mineralogy for students*. 2nd., New York, Longman Inc., 355p.
2. Huang, E. (1999) Raman spectroscopic study of 15 gem minerals, *J. Geol. Soc. China*, 42 : 301-318.
3. Huang, J. and E. Huang (2004) Minerals found in hydrothermal veins in Naoao District, I-Lan County, Geological Society of China, Annual Meeting, Chung-Li.
4. Klein, C. and C.S., Jr. Hurlbut (after Dana, J. D.) (1999) *Manual of Mineralogy*, Revised 21ST ed., New York, John Wiley & Sons, 681p.
5. McMillan, P.M. and A.M. Hofmeister (1988) Infrared and Raman spectroscopy, in "Spectroscopic Methods in Mineralogy and Geology", *Rev. Mineralogy*, vol. 18, ed. F.C. Hawthorne, 99-160.
6. Wang, A., Han, J., Guo, L., Yu, J. and P. Zeng (1994) Database of standard Raman spectra of minerals and related inorganic crystals, *Appl. Spectroscopy*, 48 : 959-968.
7. Wang, A., Han, J., Guo, L., Yu, J. and P. Zeng (1994) Database of standard Raman spectra of minerals and related inorganic crystals, *Appl. Spectroscopy*, 48 : 959-968.
8. 王根元 (1989) *礦物學*。高等學校教材，中國地質大學出版社，208頁。
9. 方建能、陳惠芬、余炳盛(2006) 白化實驗閃玉與蛇紋石之化學成份變化。國立臺灣博物館學刊，59 (1) : 11-22。
10. 余樹楨 (1987) *晶體之結構與性質*。國立編譯館主編，渤海堂文化公司印行，569頁。
11. 徐濟安、黃怡禎、陳正宏、譚立平 (1998) 拉曼光譜在古玉研究中的應用。中國古玉鑑--製作方法與礦物鑑定，地球出版社出版，23-32。
12. 梁繼文 (1984) *礦物學(上)*。國立編譯館主編，五南圖書出版公司印行，1-654。
13. 梁繼文 (1984) *礦物學(下)*。國立編譯館主編，五南圖書出版公司印行，655-1287。
14. 陳武、季壽元 (1984) *礦物學導論*。地質出版社，297頁。
15. 陳培源、劉德慶、黃怡禎 (2004) 臺灣之礦物，臺灣地質之十四，經濟部中央地質調查所，415頁。
16. 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。古玉玉質的認識與礦物學研究的重要。中國古玉鑑--製作方法與礦物鑑定，地球出版社出版，1-11。
17. 方建能 (1998) 臺灣玫瑰石特展專輯。臺灣省立博物館出版圖書，109

- 頁。
18. 余炳盛、方建能(1998)臺灣的寶石礦物。臺灣月刊，182：17-21。
 19. 余炳盛、方建能、宋聖榮、何鎮平 (1999)花東地區礦物與岩石圖鑑。臺灣省立博物館出版，212 頁。
 20. 余炳盛、方建能 (2000)認識臺灣本土礦產。臺灣省立博物館出版，134 頁。
 21. 余炳盛、方建能(2005) 臺灣的寶石。遠足文化事業有限公司出版，189 頁。
 22. 方建能、余炳盛(2005)拉曼光譜儀-古器物與玉石鑑定的新利器。臺灣博物季刊，24 (3)：78-83。
 23. 方建能 (2006) 岩石的美麗新世界。臺灣博物季刊，25 (1)：86-89。
 24. 王執明(1996)太魯閣峽谷之變質岩。太魯閣國家公園管理處出版，243 頁。
 25. 陳肇夏(1998)台灣的變質岩。經濟部中央地質調查所編印，323 頁。