

第二章 研究方法

本研究採用岩相學、全岩化學分析、實驗岩石學和電子微探針等四種方法，其方法分述如下：

2-1、岩象學研究

將岩石樣本風化部分切除，再用肉眼觀察岩石樣本之顏色、特徵及組成礦物之種類、顆粒大小。並取岩石樣本製成岩石薄片，並以德國蔡司（Zeiss）公司所生產，型號為 Axioplan 7082 的透射、反射兩用偏光顯微鏡，對岩石組織及礦物組成做觀察及鑑定。

2-2、全岩化學分析

2-2-1 X 光螢光分析

本分析使用台大地質系李寄嶠技正之 Rigaku RIX-2000 X 光螢光分析儀，針對十個主要元素（Si, Ti, Al, Mn, Fe, Mg, Ca, Na, K 及 P）進行分析，分析精確度為±5%，其樣本製備流程條列如下（李寄嶠等，1997）：

1. 首先將岩石粉末及助熔劑（無水四硼酸鋰，anhydrous $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）置於 110°C 之烤箱中烘乾 24 小時，以去除粉末上之吸附水。取出後，置入乾燥箱中冷卻，直至與實驗室的溫度（溫度 27-29°C，濕度 40-50%）同，方可使用。

2. 秤岩石粉末 $0.4000 \pm 0.0001 \text{g}$ 與助熔劑 $4.0000 \pm 0.0005 \text{g}$ ，將二者均勻混合後，置入白金坩堝中。
3. 將 2 之含試料白金坩堝放入全自動高週波玻璃餅製備機中，製成玻璃餅。
4. 以 X 光螢光分析儀分析玻璃餅試樣。

2-2-2 燒失量 (L. O. I., loss on ignition) 的測定

1. 將坩堝洗淨後放入 110°C 之烤箱內，烘烤 24 小時以去除水份，接著將其放入乾燥箱中冷卻至室溫（約 30 分鐘）。
2. 使用天平精秤坩堝重量 (A) 至小數點以下第三位。
3. 精秤岩石粉末 2.000 克，將其倒入秤過的坩堝中，精秤總重 (B) 至小數點以下第三位，並使 $B = A + 2.000 \pm 0.002$ 克。
4. 將步驟 3. 之坩堝及石粉放入 900°C 的烤箱中烘烤 1 小時，接著取出放入乾燥箱冷卻 30 分鐘，再精秤其重量 (C) 至小數點以下第三位。
5. 計算燒失量：燒失量 = $[(B - C) / 2.000] \times 100\%$

2-3、實驗岩石學研究

本研究以澎湖北寮地區玄武岩為實驗樣本，進行一大氣壓下高溫實驗，實驗溫度設定於全熔溫度以上及熔融區間，藉此了解岩漿演化情況。以下分別是實驗樣本的製備、一大氣壓實驗方法及過程（圖

2-1):

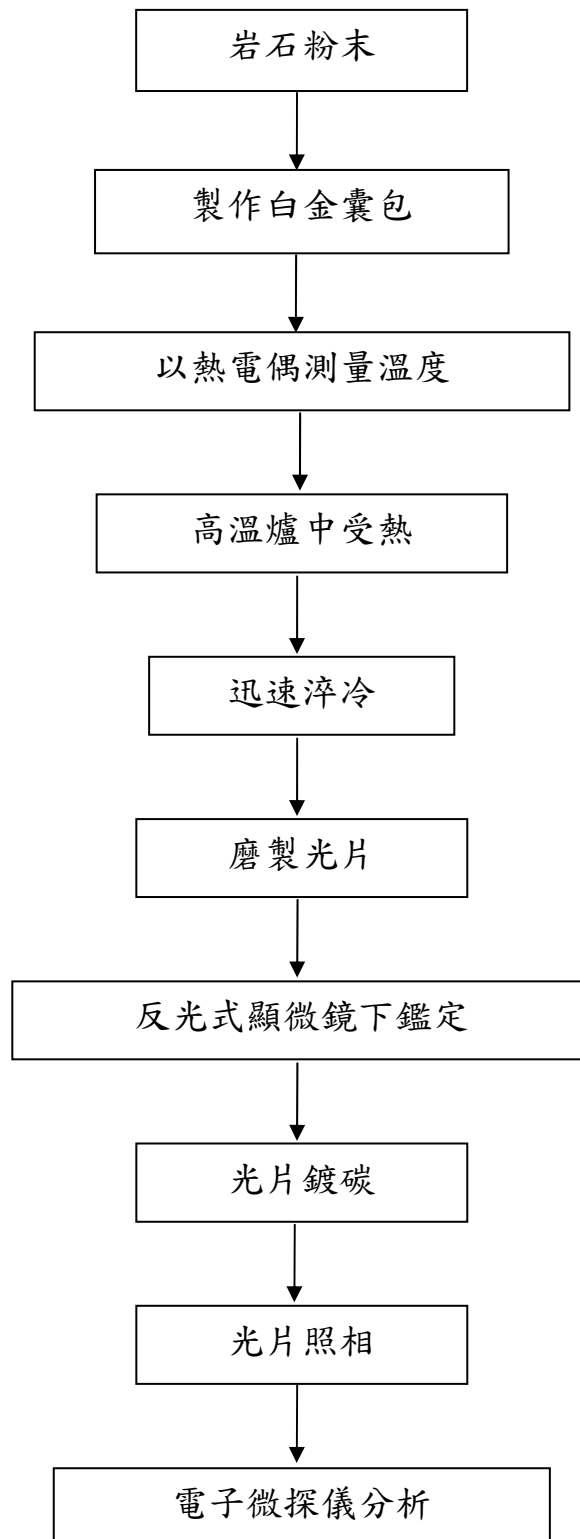


圖 2-1. 實驗流程圖

2-3-1 高溫實驗樣本的製備

將岩石風化部分切除，後以碎石機碾碎，置入球磨機進行研磨成粉末，並利用氧化鋁及瑪瑙研鉢，將岩粉磨細至 200Mesh 以下，放入乾燥箱中備用。

2-3-2 一大氣壓下之實驗

設定的目標溫度，將研磨好之岩石粉末置於高溫爐中進行反應，待實驗完成，加以驟冷，將此溫度的礦物相保留下來；而岩漿的部分則形成玻璃質。以下為一大氣壓下高溫實驗之流程：

1. 裁剪一適當大小的白金箔，再將其折成袋狀。
2. 將岩石粉末填充到袋中，製成白金囊包（圖 2-2A）。
3. 將製作好的白金囊包以細白金絲懸掛於穿有兩條粗白金線之氧化鋁管的下方（圖 2-2B）。
4. 將高溫爐升溫至實驗所需溫度，待高溫爐顯示溫度穩定後，以 B 型熱電偶測量溫度，所得即為實驗前實測溫度，並紀錄高溫爐顯示溫度及實測溫度。
5. 將白金囊包放入高溫爐中進行反應。
6. 待反應達所需的實驗時間後，利用釋電器放電將細白金絲熔斷，使白金囊包直接落入水中驟冷（圖 2-3）。
7. 再以熱電偶測量爐中溫度，所得為實驗後實測溫度。將實驗

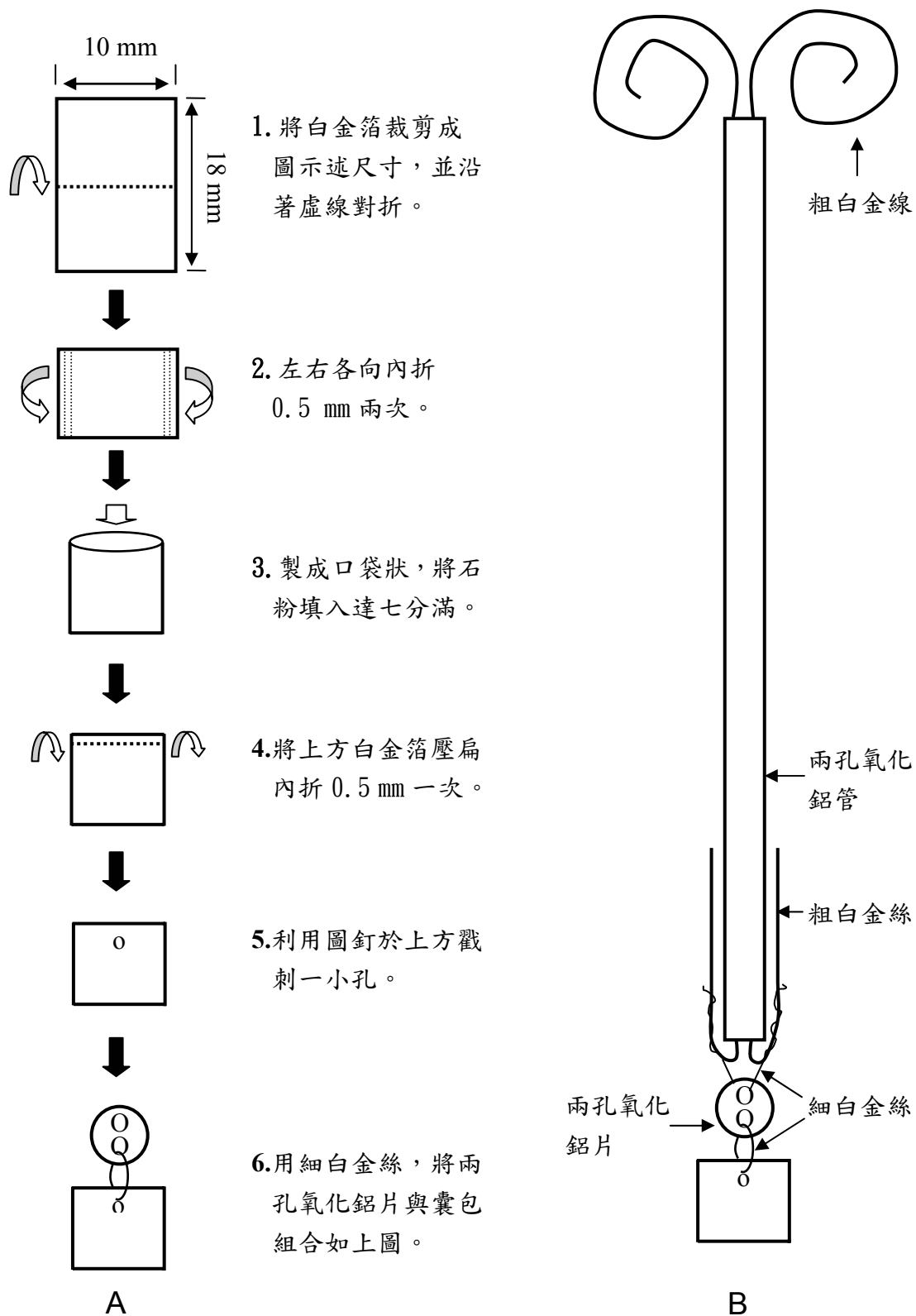


圖 2-2. A. 白金囊包的製作流程圖；B. 白金囊包的懸掛示意圖

前、後所得之實測溫度平均，即為實驗溫度；若實驗前、後溫度相差太大，則取實驗後實測溫度。

8. 將反應後的白金囊包灌膠，並將其拋光製成光片。
9. 先利用反射式顯微鏡，對拋光後的樣本進行礦物相的初步鑑定，再利用電子微探儀進行各個礦物相及玻璃相的成分分析。

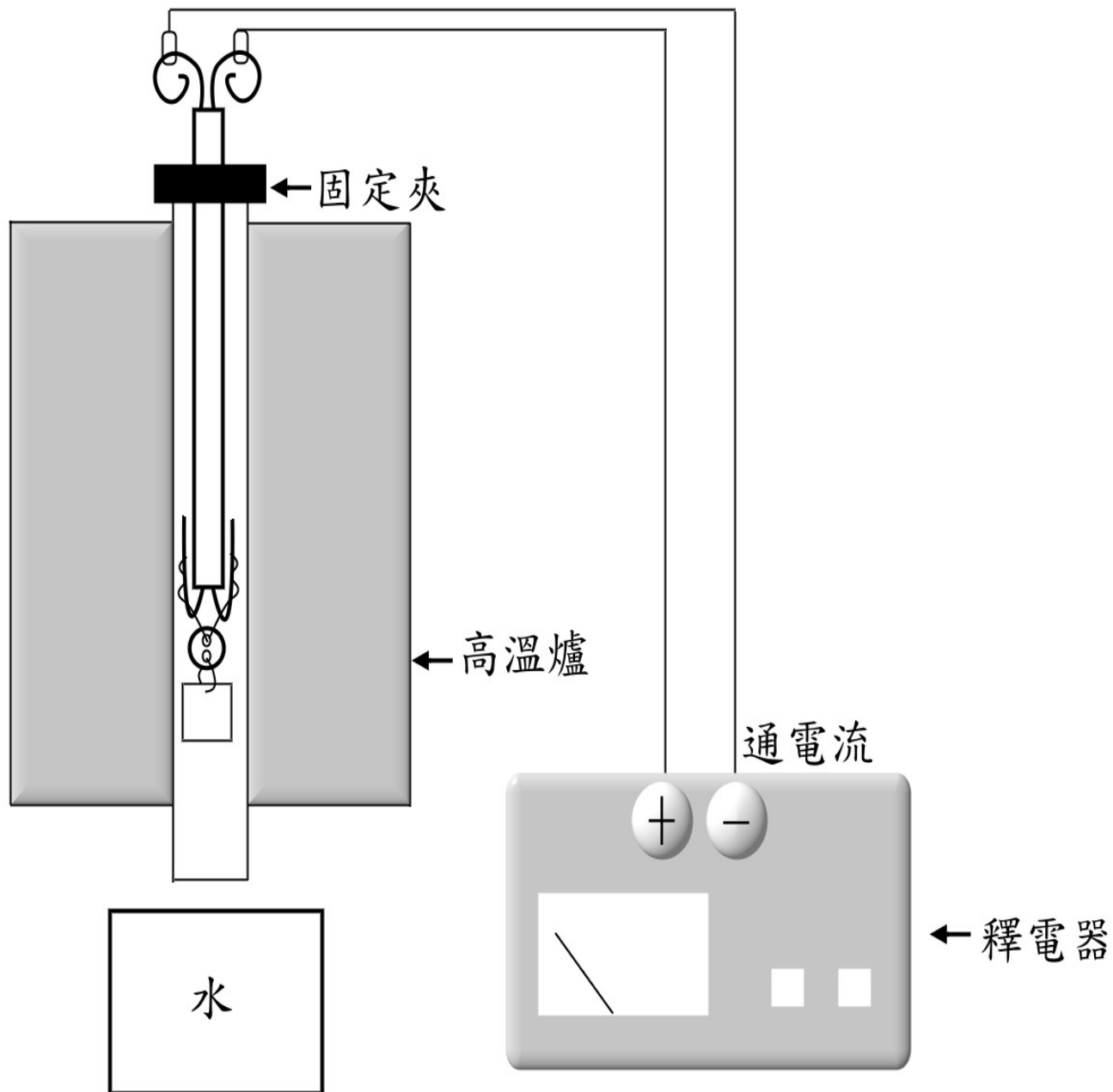


圖 2-3. 一大氣壓實驗及驟冷裝置示意圖

2-3-3 電子微探針分析

本實驗之樣本光片，在鍍碳後皆利用電子微探針分析儀 (Electron Probe Micro-analyzer, EPMA)，進行各個礦物相及玻璃相的化學成分分析，其中包括 SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , ΣFeO , CaO , Na_2O , K_2O , Cr_2O_3 , MnO 及 NiO 等成分。每個元素所使用的標準樣本及其成分如表 2-1。

中央研究院地球科學所的電子微探針，型號為 JEOL JXA-8900R，分析時使用之加速電壓為 15 千伏 (kV)，電流為 10 奈安培 (nA)，電子束的直徑約 1 微米 (μm)，每個元素的分析時間皆為 20 秒。

因為電子束的直徑約 $1\mu\text{m}$ ，所以在分析點的選取上，為避免分析到其他的相，所以儘可能選取直徑大於 $10\mu\text{m}$ 的礦物顆粒進行分析。而在分析玻璃相時，也避免在與礦物顆粒相近的地方分析，儘量選取範圍大於 $30\mu\text{m}$ 的區域進行分析。在分析結果上，則選取各礦物相氧化物重量百分比總合在 98 至 102 之間的數據，並檢驗其陽離子數是否符合各礦物相，之後再進行比較與討論。

在對已知化學成分的標準礦物進行分析時，各主要元素的已知含量與分析所得含量之相關係數如下： TiO_2 , Al_2O_3 , MgO 及 ΣFeO 的相關係數皆大於 0.999； CaO , Na_2O 及 K_2O 這些較易揮發者，相關係數

則大於 0.995；當 SiO₂ 含量在 30 wt.% 至 68 wt.% 時，相關係數可達 0.993，所以其分析誤差較大，但誤差值則皆小於 2%（誤差值：SiO₂ 約為 0.98%、TiO₂ 約為 1.65%、Al₂O₃ 約為 1.70%、FeO 約為 1.69%、MgO 約為 1.64%、CaO 約為 0.59%、Na₂O 約為 3.50%、K₂O 約為 1.83%）（Iizuka, 1999，個人資料）。

表 2-1. 電子微探針分析所使用之標準樣本成分（wt.%）

standard	wollastonite*	rutile*	pyrope*	52NL11* ¹	fayalite*	Mn-olivine*	Ni-olivine*	albite**	adularia**
SiO ₂	51.72		44.70	0.22	29.47	29.75	28.67	68.24	64.39
TiO ₂		99.98		0.46					
Al ₂ O ₃			25.29	19.40				19.90	18.58
Cr ₂ O ₃				44.55					
FeO				22.06	70.53				0.03
MnO				0.21		70.25			
MgO			30.01	0.14					
NiO				12.21			71.33		
CaO	48.28			0.14				0.03	
Na ₂ O	0.00		0.00					11.94	1.14
K ₂ O	0.00							0.04	14.92
Total	100.00	99.98	100.00	99.39	100.00	100.00	100.00	100.15	99.06

*：合成礦物；**：自然礦物；¹ 52NL11：Cr-spinel