

## 包裹體 (Inclusions) - 補充

礦物中的包裹體，是礦物在生長的過程中或形成後所捕獲的外來物質（圖一）。包裹體可以是其它礦物晶體，也可以是氣體、液體或非晶質固體（劉良等，2009）。礦物中的包裹體依據成因可分為原生、次生和假次生三種類型（圖二）。

### 第一種類型—原生包裹體 (primary inclusions)：

原生包裹體在形成的時間上與主晶 (host) 礦物所形成生長的時間相同。其均勻化溫度與礦物的結晶溫度相近，故可作為近似的成岩成礦溫度（湯倩，2005）。

原生包裹體的形狀往往是規則的，常沿主晶礦物的晶面成條帶狀、環帶狀分佈，受主晶晶體結構的控制（孫賀等，2009；劉良等，2009）。

### 第二種類型—次生包裹體 (secondary inclusions)：

相對於原生包裹體，次生包裹體所形成的時間較晚。主晶礦物形成之後，由於壓力的變化或構造作用的影響，使得晶體破裂產生裂縫，當晚期成礦溶液和流體進入裂縫中，其後裂縫癒合便可形成次生包裹體，其產狀特徵是包裹體的分佈連通到晶體表面。

次生包裹體均勻化之溫度與晚期活動的成礦溶液溫度相近似，但明顯低於晶體原來結晶之溫度，所以次生包裹體的溫度可代表後期的成礦溶液的溫度（湯倩，2005）。

### 第三種類型—假次生包裹體 (pseudo-secondary inclusions)：

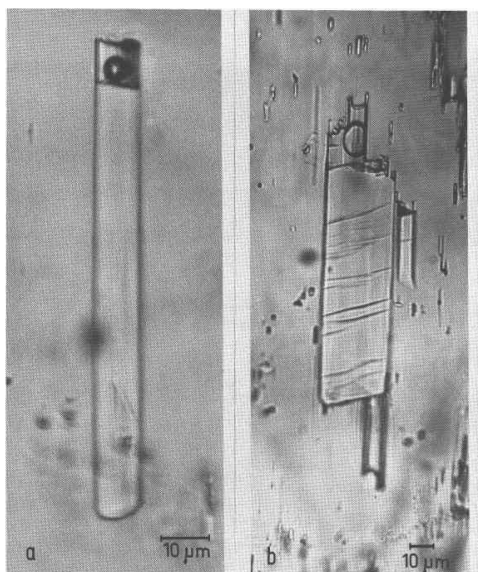
礦物生長的過程中，由於構造應力作用，使礦物晶體產生局部破裂，成礦流體進入其裂隙中，這些流體被繼續生長的晶體封存，由於這種包裹體的特徵看起來像是次生包裹體，但是它們和主晶仍然是在同一時期所形成，因此稱之為假次生包裹體 (Roedder, 1984)。假次生包裹體沿癒合裂隙分佈，顯示出與次生包裹體相似的空間分佈特徵，但這種裂隙只局限於主礦物內部，並不切穿礦物晶體顆粒而延伸到晶體表面（孫賀等，2009；劉良等，2009）。

### 包裹體之外形

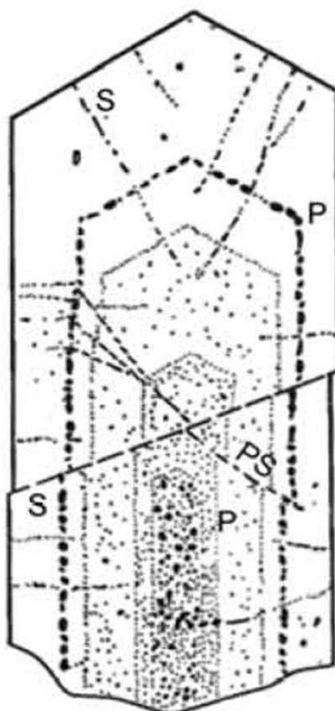
包裹體最規則的形態即是主晶礦物的負晶形，它是包裹體在主晶礦物之晶格力場和重力場長期作用下達到的表面能最小的形態。一個液體系統在無力場（如外太空）的情況下由於表面張力會收縮為完美的球形，而在重力場作用下則為水滴狀。包裹體內的液體體系主要受晶格力場和重力場作用，而晶格力場在微觀尺度上要遠遠大於重力場，這導致包裹體與主晶礦物達到平衡時最穩定的形狀是主晶礦物的負晶形。負晶形包裹體一般是包裹體形成後與主晶礦物長時間的溶解—

沉澱作用形成的，以原生包裹體居多，因為原生包裹體形成時間早並且一般在礦物形成早期溫度較高，溶解—沉澱反應較快，較易達到平衡（孫賀等，2009）。

包裹體在地球科學的領域中已被廣泛應用，例如：礦床學、構造地質學、石油勘探、地球內部的流體遷移以及岩漿系統的演化過程等；也可以用來當作相對地質時間的判定，以及作為地質溫度計測量礦物或岩石形成時的溫度。



圖一、澳洲布羅肯希爾地區（Broken Hill）礦脈所含鈣薔薇輝石（bustamite）中棒狀斜輝石析出物連接著流體包裹體（a圖中的棒狀析出物上端有流體包裹體並包含一個氣泡；b圖的長板狀析出物的上端和下端都有包裹體）。（圖片來源：Wilkins R. W. T., 1977）。



圖二、礦物中的包裹體之分佈示意圖：P表示為原生包裹體 - 沿礦物的晶面成條帶狀、環帶狀分佈；S表示為次生包裹體 - 產狀特徵是連通晶體表面；PS表示為假次生包裹體 - 沿癒合裂隙分佈，但這種裂隙只局限於礦物內部，並不切穿礦物晶體顆粒。（圖片來源：劉良等，2009）。

#### 參考文獻：

- 孫賀、肖益林 (2009) 流體包裹體研究：進展、地質應用及展望。地球科學進展，第 24 卷，第 10 期，第 1105-1121 頁。
- 湯倩 (2005) 礦物中的包裹體及其研究意義。中山大學研究生學刊 (自然科學、醫學版)，第 26 卷，第 3 期，第 75-84 頁。
- 劉良、楊家喜、章軍鋒、陳丹玲、王超、楊文強 (2009) 超高壓岩石中礦物顯微出溶結構研究進展、面臨問題與挑戰。科學通報，第 54 卷，第 10 期，第 1387-1400 頁。
- Roedder, E. (1984) *Fluid Inclusions, Reviews in Mineralogy*, 12. Mineralogical Society of America, 646 p.
- Wilkins, R. W. T. (1977) The role of fluid inclusions in the exsolution of clinopyroxene in bustamite from Broken Hill, New South Wales, Australia. *American Mineralogist*, 62, 465-474.

撰稿：曹懿麒