

# 論物礦

劉之遠 著

商務印書館

# 礦物通論

劉之遠 著

商務印書館

本書是一部關於礦物分類的綜合性著作，係參考蘇聯及英美的各種礦物學教材，結合著者的實際工作經驗寫成的。書中對自然界中礦物的分類都係運用結晶化學的觀點，分爲大類、亞類、族、組、羣種及變種，統計種及變種有一千二百多種，每一大類均從結晶構造的觀點摘要地加以敘述，類和亞類則按化學分子結構的特性加以分別，族、組及羣是按礦物的化學特性和物理特性的相互關係分別的。對於種的描敘系統地包括了化學成份、物性及光性等。在本書的最後幾章闡明了礦物的成長、演化規律及礦物共生的關係，作爲找礦的標識。本書可作爲高等學校及中等技術學校的教學參考書，也可作爲野外及室內地質工作者鑑定礦物的參考。與地質勘探有關的工作人員也可以本書作爲業務上和學習上的參考資料。

## 礦 物 通 論

劉 之 遠 著

★ 版權所有 ★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

〔上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號〕

新 華 書 店 總 經 售

大 華 印 刷 廠 印 刷

(51233)

1956年5月初版

開本 850×1168 1/32

1956年5月上海第1次印刷

字數 547,000

印張 21 6/16 插頁 4

印數 1—1,500

定價(10) 羊 3.60

# 目 錄

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 前言                    | 5   |
| 第一章 總論                | 7   |
| 目的和任務                 | 7   |
| 礦物的概念                 | 7   |
| 礦物的化學性質               | 15  |
| 礦物的物理性質               | 18  |
| 礦物的其他性質               | 30  |
| 礦物的分類                 | 31  |
| 第二章 元素類               | 34  |
| I. 非金屬元素              | 34  |
| II. 半金屬元素             | 40  |
| III. 金屬元素             | 44  |
| 第三章 硫化物類和含硫鹽類         | 56  |
| 甲. 硫化物類               | 56  |
| I. 半金屬硫化物、硒化物、碲化物族    | 57  |
| II. 金屬的硫化物、砷化物、銻化物族   | 65  |
| 乙. 含硫鹽類               | 111 |
| I. 硫亞砷酸鹽、硫亞銻酸鹽和硫亞鉍酸鹽等 | 111 |
| II. 硫砷酸鹽、硫銻酸鹽及硫鉍酸鹽等   | 133 |
| 第四章 鹵化物類              | 138 |
| I. 無水氯化物、溴化物、碘化物和氟化物  | 139 |
| II. 氧氯化物和氧氟化物         | 150 |
| III. 含水氯化物、含水氟化物等     | 155 |
| 第五章 氧化物類              | 159 |
| 甲. 無水氧化物              | 160 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| I. 矽氧化物·····                     | 160 |
| II. 半金屬氧化物(碲、砷、銻、鉍、鉬和鎢的氧化物)····· | 173 |
| III. 金屬氧化物·····                  | 175 |
| 乙. 氫氧化物或含水化合物·····               | 208 |
| 第六章 碳酸鹽類·····                    | 219 |
| I. 無水碳酸鹽·····                    | 219 |
| II. 酸性、基性和含水碳酸鹽·····             | 240 |
| 第七章 硝酸鹽、硼酸鹽和鈾酸鹽類·····            | 251 |
| I. 硝酸鹽·····                      | 251 |
| II. 硼酸鹽·····                     | 253 |
| III. 鈾酸鹽·····                    | 262 |
| 第八章 硫酸鹽·····                     | 264 |
| I. 無水硫酸鹽·····                    | 264 |
| II. 含氯化物、碳酸等的硫酸鹽和部分含水硫酸鹽·····    | 274 |
| III. 酸性和鹼性硫酸鹽·····               | 276 |
| IV. 含水正硫酸鹽·····                  | 278 |
| V. 鹼性含水硫酸鹽·····                  | 284 |
| 第九章 鎢酸鹽類和鉬酸鹽類·····               | 303 |
| 第十章 磷酸鹽、砷酸鹽、釷酸鹽和銻酸鹽·····         | 311 |
| I. 無水磷酸鹽、砷酸鹽和釷酸鹽·····            | 311 |
| II. 鹼性磷酸鹽和砷酸鹽·····               | 330 |
| III. 含水磷酸鹽、砷酸鹽等·····             | 339 |
| IV. 酸性含水磷酸鹽等·····                | 350 |
| V. 銻酸鹽、亞銻酸鹽和亞砷酸鹽等·····           | 367 |
| VI. 含碳酸、硫酸或硼酸的磷酸鹽和砷酸鹽·····       | 370 |
| VII. 其他碲酸鹽和硒酸鹽·····              | 371 |
| 第十一章 鈳(鉍)酸鹽類和鉬酸鹽類·····           | 373 |
| 第十二章 鈦矽酸鹽類、鈦酸鹽類·····             | 382 |
| 第十三章 矽酸鹽類·····                   | 390 |

---

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 甲. 無水矽酸鹽類 .....     | 390 |
| I. 二矽酸鹽、多矽酸鹽 .....  | 391 |
| II. 偏矽酸鹽 .....      | 410 |
| III. 正矽酸鹽 .....     | 455 |
| IV. 低矽酸鹽 .....      | 506 |
| 乙. 含水矽酸鹽 .....      | 520 |
| I. 沸石族 .....        | 521 |
| II. 雲母族 .....       | 540 |
| III. 蛇紋石和滑石族 .....  | 560 |
| IV. 高嶺土族 .....      | 567 |
| V. 結尾族 .....        | 571 |
| 第十四章 總結 .....       | 577 |
| 1. 礦物是怎樣成長和演化 ..... | 577 |
| II. 礦物的共生與礦床 .....  | 604 |
| III. 有用礦物 .....     | 612 |
| 礦物名詞索引 .....        | 661 |



## 前 言

著者編這本綜合性的“礦物通論”，目的在注重於具體的實際知識，對於礦物作全面性的理解，使能夠精確地鑑定各種礦物並闡明礦物在自然界中的形成，以及演化過程中礦物相互制約和聯系。

編寫本書時參閱了別捷赫丁著的“礦物學教程”和弗林特著的“結晶學原理”及渡邊氏著的“礦物與岩石”，從結晶化學的觀點，明確礦物分類的基本精神。並以譚氏（Dana）礦物學作為底本，參考克洛斯與行特（Kraus and Hunt）合著的“礦物學”，復從其他礦物學及雜誌中擇要摘譯，增加章篇，提供研究。

編寫方法採用化學和結晶的關係，按礦物的成分分別為大類、類及亞類，再分別為族組和羣種。每一大類從結晶構造的觀點，加以摘要地敘述；類和亞類按照化學分子結構的特性而分別；族組及羣都是依照礦物的化學性和物理性的相互關係而分別的；每種素描儘可能的將所有資料，加以系統的敘述，主要包括化學成分、物理性及光性等等特性，以及野外室內鑑別方法，並說明礦物的產狀，以及其演化與其他礦物的共生關係。

礦物的譯名多數照 1934 年出版的“礦物名詞”，欲查外文原名，可以檢閱該名詞的索引，並參考了後來中國科學院所訂的礦物名詞加以修正。但有少數名詞因原名不適合略予修改或另立新名；也有原來就未定名的，那就根據實際意義譯訂了名詞。

這本書主要供給大學及專科學生作為參考書，也可作野外及室內地質工作者鑑定礦物的參考。與地質工作有關者，也可以這本書作為在業務上和學習上的參考資料。

---

著者覺得這本書內容有不少缺點，觀點也可能有錯誤，希望讀者們提出具體修改意見和實際經驗的體會，寫信給我，將來再版時加以修正和補充。

著者於北京 1954 年 7 月

# 第一章 總 論

## 目的和任務

**目的** 礦物通論是以研究各種礦物的全面性質（物理性質和化學性質）與其他礦物相互間關係、產狀、以及其用途爲目的。

礦物即自然化合物和少數自然元素，它們是由地殼中各種地質作用而產生；大部份是固體，也有呈液體和氣體存在。固體礦物具有一定的物理性質和化學性質，這些性質決定於構成這些礦物的物質之結晶構造和化學成分；但液體礦物（自然汞）與氣體礦物（碳酸氣、硫化氫等）中，這些性質與結晶構造的關係自然就不存在。

在某種程度上，可以大致地認爲每一種礦物不論其大小如何，在其所佔空間內是一種均勻質。在固體礦物中雖大多數具有不規則外形的晶粒在自然界中分佈着，然也有一部分具有一定規格完整晶形的結晶體。

**任務** 科學從生活實際需要而產生，它永遠應該向着爲人民服務的方向而發展，那麼研究礦物在今天的應用上最主要任務：（1）研究礦物的組成，物理性質和化學性質，以供各種實際需要之用；（2）研究自然礦物的結合和成長形成的規律，以求更正確地瞭解其生成條件，並藉此應用在找礦和探礦工作方面。

## 礦物的概念

**物態** 礦物像一般的物質，可以分別爲固體液體和氣體三種。礦物在一定的溫度和壓力下呈某種物態存在，但當這些因素發生變化時，

它們就由原有的物態變為另一種物態。常溫常壓之下，多數礦物呈固態存在，溫度升高即可熔融；但在同樣的條件下，水銀呈液態，硫化氫和碳酸氣則為氣體。

多數固體礦物、為結晶物質，即具有結晶構造的物質。每種物質具有一定的熔點，當到達此溫度時，即因受熱加高而致物態變化，得到熔融；相反的、當物質逐漸冷卻時，熔融的液態物質應經由熔點而成為固體，或在適當溫度之下進行結晶；一般常處於稍為過冷狀態才開始結晶。

固體礦物有結晶質與非晶質的分別，前者具有一定的結晶構造，即分子排列有規則；後者構造無秩序，即是分子排列不規則。非晶質與結晶質的不同是在它受熱時逐漸由一物態變為另一物態，二者熔融曲線是不相同的，如圖 1 所示。

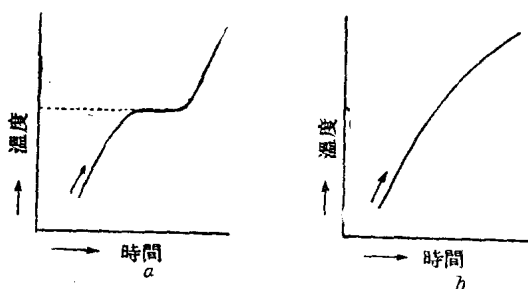


圖 1. 結晶質(a)和非結晶質(b)的熔融曲線圖。

**同質異像** 同一種結晶物質，在外界條件(主要是溫度)變化時，其結晶構造發生一種或多種的變化，從而物理性質也發生變化的，這種現象就叫作同質異像。最明顯的例子是自然碳的同質二像，由於結晶環境不同，或成為等軸結晶系的金剛石，或成為六方晶系的石墨，二者的物理性質顯然不同。

有的、同一種結晶物質可以形成三種者，就叫作同質三像。例如以氧化鈦  $\text{TiO}_2$  為成分的礦物，有屬正方晶系而軸率不同者，就有金紅石和銳鈦礦；或成斜方晶系的板鈦礦。此外，以矽酸鋁 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ) 為

成分的礦物也有三種：有屬於斜方晶系而軸率不同的矽線石和紅柱石；或成為三斜晶系的藍晶石。

尚有以二氧化矽為成分的礦物，普通成為石英、或結晶成鱗石英，或成為白矽石；並且每種礦物又變為三種不同的性質，各種間性質顯然不同。這種性質就叫作同質多像。但同質異像的轉變只引起結晶構造的極小變化，若不精細研究，很難看出它們之間物理性質的某種顯著的差別。例如  $\alpha$  石英轉變為  $\beta$  石英， $\beta$  石英轉為  $\alpha$  石英是。但就光性的研究，即如折光率、重折光率及旋轉光性的轉變點均顯示突然的變化。看了圖 2 所示的石英受熱時性質的變化，我們對於此點就易瞭解。

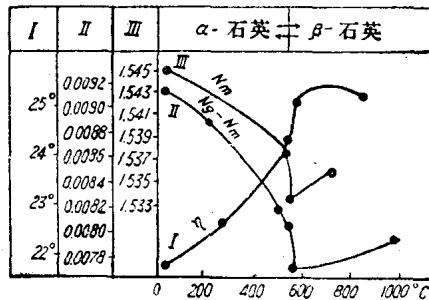


圖 2. 石英受熱時性質的變化：

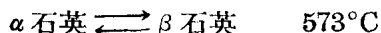
I—偏光面轉動角；II—重折光率；

III—折光率  $N_m$  (光譜  $D$  線)。

某結晶物質在各種一定的物理化學條件下的穩定異種，叫作變體。每一種變體具有一定的，為它所特有的結晶構造。任何一種物質的這種的變體，可以有二種、三種以至好幾種，如前邊所敘述的。

若結晶物質的某一變體(假設為  $\alpha$  變體)在外界條件(如溫度)變化時轉變為另一種變體( $\beta$  變體)，而當原來條件恢復時，它又返為  $\alpha$  變體，則此種同質異像的變化叫作雙變，如斜方晶系的  $\alpha$  硫變為單斜晶系的  $\beta$  硫；若返回的變化不存在，即後者絕對不轉變為前者，這種變化性質就叫作單變，如斜方晶系的文石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 加熱後變為方解石。

二種變體轉變時的溫度，就叫做轉變點，例如石英和硫的變體轉變點表示如下：



文石變為方解石的轉變點大約在  $400^{\circ}\text{C}$  以上。又如白鐵礦加熱後變為黃鐵礦，也是一種單變性質，它的轉變點約在  $500^{\circ}\text{C}$  以上。

自然界中，常可在同一的物理化學條件下發現兩種變體同時存在，甚至彼此相鄰，如黃鐵礦與白鐵礦，方解石與文石等。顯然，這是因為在轉化為穩定的變體時，一部分原來的變體受了某種原因影響被保存下來了。這一部分物質便處於不穩定狀態，須要注意此點。

但常因種種環境條件的不同，僅在高溫度能穩定的礦物，常以低溫度而產生；或穩定性較小者，其產出反極為普遍。例如纖維鋅礦在  $200^{\circ}\text{—}400^{\circ}\text{C}$  的酸性溶液中即有產出；其他如紅柱石比矽線石更是分佈很廣。

**結晶格架的破壞** 一種結晶體空間格架的最主要特徵是它的構造單位為有規律的排列和處於平衡的狀態。然而因某種情況的發生，構造單位內部關係將被破壞，結果具有規律的結晶構造物質便變為不具結晶構造的非晶質。例如氫氧鎂鐵石—— $(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{OH}]_2$ ，從礦井中取出時，係完全無色透明，具有玻璃光澤；將它的晶體放置空氣中數日，顏色漸變，始為金黃，後變褐，最後變為暗褐色不透明，但外表晶形不變。這種變化結果，內部二價鐵都變成了三價鐵，並毀滅結晶構造的迹象。顯然，鐵的氧化作用破壞了結晶格架的內部關係，因而使得它的物質的構造解體，變為非晶質。

含有稀土元素和放射元素的礦物（褐簾石、褐釷鉭礦等）中，時常發現有結晶質轉變為非晶質的情形。據推測這種非晶質是放射性蛻變時  $\alpha$  射線作用的結果。這種結晶質的蛻變為非晶質的類似例子很多，可是不能以為這種新生的東西就是物質存在的穩定形態。尚有不少已知

的例子，說明非晶質可以重新組合，變成新的結晶體，在新的條件下保持穩定。例如鈦鐵礦 ( $\text{FeTiO}_3$ ) 的結晶體，由顯微鏡證明這種晶體由赤鐵礦 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 與金紅石 ( $\text{TiO}_2$ ) 二種所組合的混合體。大概在鈦鐵礦形成之後某一時期，由於氧化環境改變，造成強氧化條件的影響，二價鐵 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 就變為三價鐵 ( $\text{Fe}^{3+}$ )，同時結晶構造破壞，然後逐漸重新組合，形成穩定的新礦物混合體。

**膠體的認識** 由分散相和分散媒所組成的不均勻的分散系，叫做膠體。在分散系裏某種物質在另一種物質(分散媒)中散佈極細的質點為分散相。分散相質點的大小約由  $1-100\text{ m}\mu$  (由  $10^{-5}-10^{-4}$  毫米)，即比離子和分子要大得多；但又非常之小，以致普通顯微鏡不能察見。在每一個這樣的質點裏，可含有數個到數十個，數百個該化合物的分子；在固體質點中，離子和分子聯結成結晶格架，就是說，這種質點是極細的結晶相。

膠體分別為膠溶體與膠凝體。膠溶體又稱為膠體溶液或假溶液，其中分散媒遠多於分散相(香煙的煙，黃褐色鐵質水等)。肉眼看來，這種溶液完全均一，往往透明，與真溶液(離子或分子溶液)不能區別。分散媒(溶劑)為水的膠液體，其分散相質點容易透過普通薄膜，但不能透過生物薄膜。在膠凝體中，分散相質點的數量很多，以至個個質點好像彼此黏着一樣，形成肉凍般的，膠狀的，玻璃狀的東西。在這樣情況下的分散媒彷彿只佔有分散質點的剩餘空間一樣。這種例子，如煤煙、污泥、蛋白石(二氧化矽的膠凝體)，褐鐵礦(氫氧化鐵的膠凝體)等。

根據分散媒的性質可分為水膠溶體及水膠凝體(分散媒為水)，氣膠溶體和氣膠凝體(分散媒為空氣)，赤熱膠溶體及赤熱膠凝體(分散媒為某種熔融物)，結晶膠溶體及結晶膠凝體(分散媒為某種結晶質)等。

地殼中分佈最廣的是水膠溶體，結晶膠溶體及水膠凝體。下面就將它們加以各別敘述。

**水膠溶體** 水膠溶體可以簡單地用機械方法造成。比如用某種方

法將某物質粉碎到分散相所要求的大小，加水即得。自然界中粗的和細的分散相是由岩石或礦物受動力作用（水流、冰川構造運動等）的摩擦所造成。

但在自然膠體溶液形成中起最大作用的是在水中發生的各種化學反應——氧化、還元、特別是交換作用等。這些化學反應引起分子的凝聚。在地殼最外層的膠體的形成中，生物作用也具有它的重要性。

膠體溶液中的分散質點是具有電荷的，可由電流通過溶液得到證明。但所有質點的電荷符號相同，因此，彼此相斥，在分散媒中處於懸浮狀態。電荷的發生被認為分散質點吸着溶液中的這種或那種離子所致。這是膠體溶液的基本原理。

現以固體分散質點，溴化銀（AgBr）為例。將  $\text{AgNO}_3$  溶液與  $\text{KBr}$  溶液相混合，其反應式如下： $\text{AgNO}_3 + \text{KBr} = \text{AgBr} + \text{KNO}_3$ 。如果二種溶液按等價量混合，則形成  $\text{AgBr}$  結晶沉澱（不為膠體）。若將硝酸銀注入溴化鉀，則發生膠溶體，其分散質點  $\text{AgBr}$  帶負電荷，因為它吸着了多餘的溴離子  $\text{Br}^{1-}$ 。相反的，則分散質點  $\text{AgBr}$  吸着多餘的銀離子  $\text{Ag}^{1+}$  而帶正電荷。

**結晶膠液體** 這種膠體即含有某種物質的分散相的結晶溶體，常由水膠液體結晶而成。其成長過程可以與渾水（即含有懸浮狀態的分散質點的水）的結晶（結冰）相比。結成的冰也將是渾濁的，即由於水中的分散質點污染冰塊所致。換言之，這種冰塊就是一種結晶膠液體。

屬於結晶膠液體成長的礦物，通常是無色透明而被染成各種顏色。例如淺紅色的光鹵石及紅色的重晶石，由於含有氧化鐵的分散相所致；黑色的方解石，即由於含有極細的硫化物質點，或是有機體的質點所致。又如乳白色的水晶，方解石等，他們裏面的分散相為氣體的或者液體的極細質點。將薄片放在顯微鏡下，往往可以看出。

但在不透明礦物中同樣也有結晶膠液體存在。例如黃鐵礦中含有

銅、黃鐵礦、方鉛礦、毒砂中含有金是。由這些晶體所製成的薄片，用顯微鏡放大很多倍之後常可看出黃銅礦或自然金的極細微的包裹體，換言之，二者即為分散質點。

**水膠凝體** 在自然界中，水膠凝體常由水膠溶體凝結而成，或者說膠凝而成。膠凝就是在水溶液中發生凝塊的現象。膠凝作用的發生僅僅當分散質點受某處原因影響失去其電荷變為中性時才開始。這時由於彼此相斥的力已不存在，各個質點就互相結合成比較大的粒子，叫作複離子，它們受重力作用則漸漸沉澱。

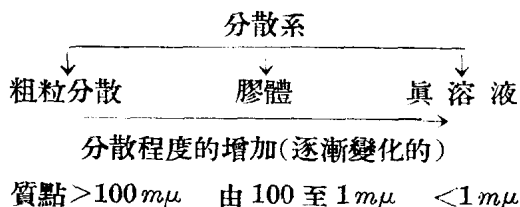
在生物圈的範圍內，廣泛地分佈着有機物所造成的膠凝體。膠凝體的形成常與細菌活動有關。就已經證實的鐵細菌，它能漸漸將泥質的湖泊沉積改造成大量的氫氧化鐵沉積（褐鐵礦），再經過脫水作用，即成赤鐵礦。

膠體，其分散質點具有吸附一層水分子掩蓋其表面的能力者叫作親水膠體，相反的，叫作疏水膠體。親水膠體遠比疏水膠體難於膠凝。當親水膠體凝結時常形成黏液狀、膠狀的膠凝體沉澱物；疏水膠體凝結時則常生成粉末狀和毛屑狀的膠凝體。

膠凝體，特別是由親水膠體所形成的膠凝體、隨着時間的長久易於失其水份，即發生脫水作用。富有水份的膠凝體在剛生成時，幾乎同液體一樣稀淡。當置放在空氣中，分散媒漸漸蒸發後，膠凝體就變得較有彈性，最後成為脆性固體。但要放逐全部水分子，那就需要熱烘才行。

膠凝體中吸附現象，具有其獨特的意義，且常具選擇性的吸附作用。例如黏土質的物質具有主要吸附鉀和放射性元素的陽離子；而二氧化錳的膠凝體則主要吸附 Ba、Li、K 的陽離子。

綜合的說來，膠體的性質，本質上有別於真溶液，也有別於粗粒分散系統（質點大於  $100\text{ m}\mu$ ）。此三種分散情況可由 B. 奧斯特華爾德的圖解表明：



膠體首要的不是結晶格架的方向性，不是化學上的親和力，而是巨大的表面能和與它相關的電力。膠體狀態是物質的共同體態，即任何物質都可以造成膠體；並可以在各種不同條件（溫度和壓力）下形成。

從嚴格的理論觀點來說，膠體不是一種獨立的特別物質，實際上為各種物質（分散相和分散媒）的機械混合物。從外表特徵用肉眼來看，它們與標準礦物完全沒有區別；就進一步用顯微鏡來研究，也不能發現它們與礦物之間有什麼很嚴格的差別。但須要知道膠體不是非晶質礦物，因經過 X 射線研究的結果，往往顯示它們是隱晶質，故不能把它歸屬於標準的、均勻的非晶質類。

**膠凝體的重結晶** 膠凝結果所形成的水膠凝體隨時間之延長而老化，就是說，其組成和構造漸變。這種變化首先表現在這些物質的逐漸失去水份，即發生脫水作用。

例如二氧化矽的水膠凝體——蛋白色。當富含水份呈半液態物——凝膠的稠度時，待其水份漸失，即變成愈益硬化的固體，其斷口呈玻璃光澤或半暗淡光澤，並具有肉眼看不見的細孔。若富含水份的膠凝體強烈脫水時，即發生肉眼能見的細孔，有時面部起皺紋、或生網狀。

用 X 射線研究標準固體和半固體膠凝體則顯示它們間很多不發生干涉條帶，而逐漸老化的膠體則顯出顯晶構造具有干涉條帶。碳酸鈣的各種鐘乳狀體就是如此。蛋白石重結晶的結果，則形成了無水石髓或石英的隱晶集合體——髓石和瑪瑙。膠凝體變為結晶粒的集合體者，叫做變質膠體。

膠凝體重新結晶的本質就是混亂的分散相團結成具有統一結晶格