

大學叢書

光性礦物學

何作霖著

商務印書館出版

大學叢書
光性礦物學

著者 何 作 霖

出版者 商務印書館

上海河南中路二二一號

發行者 中國圖書發行公司

三聯中環圖書有限公司聯合組織
北京鼓樓胡同四十六號

發行所 三聯書店 中華書局
商務印書館 開明書店
聯營書店 各地分店

印刷者 商務印書館印刷廠

★ 版權所有 ★

1935年11月初版
1951年5月3版

定價人民幣 23,000 元

(滬)2501-4500

編輯大意

(一)本書係著者在北京大學所授之光性礦物學講義而又加以擴充者。專為地質系及礦科學生而設。習此科者須先有礦物學與岩石學基礎，始易於瞭解。其目的在藉光上之性質以鑑定透明礦物與岩石之類別。測驗礦物之光學性質，全屬顯微鏡下之工作。故晶體不必巨大，晶形不必完整，凡在顯微鏡下能察見者。皆可供光性上之各種試驗。光學性質與化學成分常有一定之關係，往往光性測定而化學成分亦可推算者。他如晶面角之量度，結晶系統之區別，亦常最後決之於光性上之試驗。至於岩石之分類，又以礦物成分為主要標準。而造岩礦物大部彼此凝結常無完好晶體，或晶體微小，分量稀少，不足供物理性狀之研究與化學成分之分析者，則惟有藉光性之測驗為其鑑別之方法。故本書編輯之意，蓋為學習礦物岩石以及礦床學者藉此可得一研究之津樑耳。

(二)本書分為兩編，前編述礦物光學上之各種原理，及現象，與其測驗之方法。每章之後附有實習若干。學者若依次實驗，則所有測驗方法大致可以熟諳。後部為主要造岩礦物分類總論。後編本可另成一冊，著者特將此附於本書之後者，一則希望學者將前編之知識與經驗應用於鑑定未知之礦物，俾得一有統系之概念，二則希望學者藉光性之測驗，得以牢記幾種造岩礦物之區別，以備岩石分類之用。

光性礦物學目錄

第一編

第一章 結晶學概說.....1

結晶體。結晶軸。晶面記號。結晶系統。晶形習性。雙生品。包裹物。礦物之變化。斷口。裂紋。劈紋。晶帶。

第二章 光之性質 13

簡諧運動。波形曲線。光色。光波面。

第三章 顯微鏡 21

第四章 均質體之光性 29

均質體。光之反射。光之屈折。全反射。斯密斯折光率測驗器(Smith's refractometer) duc de Chaulnes 測驗折光率法。突起。油浸法測驗折光率。貝克氏(Becke)測驗折光率。單變測驗法。雙變測驗法。反射偏光。

第五章 非均質體之光性(一軸晶) 54

非均質體。重屈折。光軸。一軸晶各種切面上之重屈折。

第六章 一軸晶在平行偏光下之光性 60

偏光鏡或攝氏三稜鏡之構造。吸收與多色性。切片在正交偏光鏡間之干涉現象。重屈折率之測驗。消光現象與消光位。切片上遲速光位之測驗法。異常干涉色。晶體之延展性。

第七章 一軸晶在聚斂偏光下之光性 77

聚斂偏光。垂直於光軸之切面的干涉圈。干涉圈生成之原理。平行於光軸之切面的干涉圈。斜交於光軸之切面的干涉圈。旋光性及其干涉圈。干涉圈之用途。一軸晶正負之測驗。一軸晶折光率之測驗法。

第八章 二軸晶礦物之光性 94

二軸晶光性指示圖。內外圓錐形屈折。光軸面。光軸角等分線。二軸晶之正負光性。光軸角之計算法。

第九章 二軸晶礦物在平行偏光下之光性 104

光性方位(斜方系，單斜系，三斜系)。消光現象與消光位。吸收與多色性。二軸晶之延展性。

第十章 二軸晶礦物在聚斂偏光下之光性 108

二軸晶之干涉圈。Biot-Fresnel 之定律。各種干涉圈之區別。二軸晶正負之測驗。光軸角之測算法。二軸晶之分光現象。

第十一章 旋轉臺 133

- 、旋轉臺之構造。旋轉臺鑑別晶系法。光性方位之測定。
光軸角之測驗。雙晶種類之鑑別。
旋轉臺之校正法。新式旋轉臺之構造及用法。

第二編

第一章 造岩礦物分類總論..... 155

1. 尖晶石類。2. 柘榴石類。3. 白榴石類。4. 方鈉石類。
5. 方柱石類。6. 方解石類。7. 霏石類。8. 沸石類。9. 綠泥石類。10. 橄欖石類。11. 弗矽鎂石類。12. 雲母類。
- 13. 綠簾石類。14. 角閃石類。15. 輝石類。16. 長石類。
17. 硬綠泥石類。18. 矽酸鋁類。19. 榍石。20. 金紅石。
21. 鈳石。22. 磷灰石。23. 石英類。

附錄

- 造岩礦物檢索表..... 216
按折光率之大小造岩礦物排列表..... 251
西名索引..... 281

光性礦物學

第一編

第一章 結晶學概說

結晶體 溶液至飽和狀態，則已經溶解之物質分子，遂開始凝集，依一定之規律排列而成爲固體。每一固體具有若干平滑之面，圍成一定形狀，具一定之物理性質。此固體名曰結晶體 (crystal)。若分子排列雖有一定之規律，而固體外表並不由平滑之小面圍成一定形狀時，此固體名曰結晶質 (crystalline substance)。其物理性質與結晶體完全相同，因其內部分子構造無差異也。若分子之排列既不依定律，而外表形狀又不規則時，名曰非晶質 (amorphous substance)。例如玻璃，蛋白石等。非晶質經過長久時間之擱置，其分子亦徐徐重行排列以達其應具之構造，此時非晶質亦可變爲結晶質。

結晶體既爲多數平面圍成，其各平面間之角度，永有一定之大小，即所謂角之不變定律 (constancy of interfacial angles)。例如鉛石之M與X兩面之角度爲 $130^{\circ}18'$ 則無論鉛石之爲天產或爲人造，或來自不同之地域，其M與X間之角度永爲此數。結

晶體之各個平面雖有種種形狀與大小之不同，但細察其所居之位置，與其隣近各面所成之角度，彼此常有相似之規律可以範籛之。名曰結晶之對稱(symmetry)。對稱之標準有以一點為對稱之標準者，曰對稱點(center of symmetry)；有以一線為對稱之標準者，曰對稱軸(axis of symmetry)；有以一平面為對稱之標準者曰對稱面(plane of symmetry)。例如立方體(cube)則有對稱面九個，對稱軸十三個（兩轉軸六個，三轉軸四個，四轉軸三個）對稱點一個。

結晶軸 為研究晶體之形態，晶面之位置，與晶面彼此之關係，設立三軸為座標，（六方系為四軸）各經過晶體之中心。各面之位置即以此座標為標準。此假定之軸曰結晶軸。自前至後之軸曰前後軸，以 a 代表；自右至左曰左右軸，以 b 代表；自上至下為

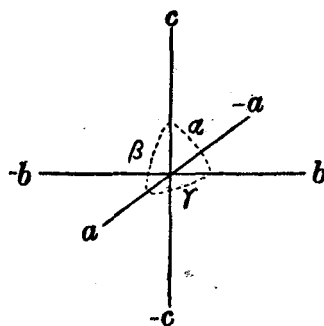


圖 1

直立軸，以 c 代表。各軸之兩端有正負之分，如第一圖。又直立軸 c 與左右軸 b 所成之角曰 α 。直立軸 c 與前後軸 a 所成之角曰 β ，前後軸 a 與左右軸 b 所成之角曰 γ 。 $\alpha\beta\gamma$ 因晶系之不同而有大小。分子依此座標排列，最後成一晶體。但分子與分子間之距

離，在各軸上未必相等。且因礦物之種屬而有差別。設在 a 軸上分子間之單位距離為 a ，在 b 軸上為 b ，在 c 軸上為 c 。則 a ：

$b:c$ 不必爲一簡單比數。例如鈉長石 $a:b:c = 0.6335:1:0.5577$ 。又如鉛石 $a:b:c = 1:1:0.64037$ 。因 a 與 b 相等，故又可書爲 $a:a:c$ 。又如螢石之三軸之單位距離彼此相等，即可書爲 $a:a:a = 1:1:1$ 。 $a:b:c$ 之比數名曰軸率 (axial ratio)。

晶面記號 無論晶面之形狀如何，若延展之可使之與晶軸相交。自中心至交點之長度曰軸長 (parameter)。軸長可以晶軸單位距離之倍數名之，如 $ma; nb; pc$ 。 m, n, p 可爲整數，可爲分數。如爲分數，則可按通分變爲整數。例如

$$2a:\frac{3}{2}b:3c=4a:3b:6c$$

此名曰費斯指數法 (Weiss indices)。意即將此晶面平行向外移動，至軸長之比爲 $4a:3b:6c$ 爲止。晶面雖經此遷移，仍未變其位置與各晶面之關係也。 m, n, p 更可全變爲分數，使其分子爲1。

$$2a:\frac{3}{2}b:3c=\frac{1}{3}a:\frac{1}{4}b:\frac{1}{2}c$$

意即將此晶面平行向內遷移，迨軸長之比爲 $\frac{1}{3}a:\frac{1}{4}b:\frac{1}{2}c$ 爲止，

而其位置關係仍無變更也。 $3, 4, 2$ ，即用作表示一晶面之位置，此法名曰米勒氏指數法 (Miller indices)，乃爲最通用者。

$4a:3b:6c$ 爲費斯指數法，可簡書爲 436。奧曼 (Naumann)

將此比數變爲 $1a:\frac{3}{4}b:\frac{6}{4}c$ ，置 c 於 a 之前。於是成爲

$$\frac{3}{2}c:1a:\frac{3}{4}b = \frac{3}{2}P\frac{3}{4}, 1a \text{ 常以 } P \text{ 字代表。}$$

$\frac{3}{2}P\frac{3}{4}$ 名曰奧曼指數法。遇等軸晶系時則以 O 字代 P 。茲將三種

記號表列於下，以資對照：

費斯指數	奧曼指數	米勒指數
$1a:2b:3c$	$3P2$	632
$1a:1b:2c$	$2P$	221
$1a:3b:1c$	$P3$	313
$1a:\infty b:2c$	$2P\infty$	201
$1a:3b:\infty c$	$\infty P3$	310
$1a:\infty b:\infty c$	$\infty P\infty$	100
$1a:1b:1c$	P	111

由費斯記號變爲米勒記號，法甚簡易。設費斯記號爲

$$ma:nb:pc$$

$$\text{先變爲反比 } \frac{1}{m}a:\frac{1}{n}b:\frac{1}{p}c$$

$$\text{然後乘以公倍}(mnp), \quad \frac{mnp}{m}a:\frac{mnp}{n}b:\frac{mnp}{p}c$$

$$(np)a:(mp)b:(mn)c$$

再以最大公約除之 $\left(\frac{np}{\gamma}\right)_a:\left(\frac{mp}{\gamma}\right)_b:\left(\frac{mn}{\gamma}\right)_c$

$\left(\frac{np}{\gamma}\right) \circ \left(\frac{mp}{\gamma}\right) \circ \left(\frac{mn}{\gamma}\right)$ 即為米勒記號。

晶面如與晶軸之負端相交，則在記號上加（—）記號，如 $6\bar{3}2, \bar{6}3\bar{2}$ 等是也。

晶系 晶軸單位之長短有不同，各晶軸間之角度亦有大小，總括之可分為六系：

（1）等軸晶系(isometric system)。三晶軸相交互成 90° ，三晶軸之長短相等。

（2）正方晶系(tetragonal system)，三晶軸相交互成 90° ，前後軸與左右軸相等，直立軸可長可短。

（3）斜方晶系(orthorhombic system)，三晶軸相交互成 90° ，三軸之長各不相等。

（4）單斜晶系(monoclinic system)，三軸各不等長，前後軸與直立軸所成之角(β)可大可小，但 α 與 γ 各為 90° 。

（5）三斜晶系(triclinic system)，三軸各不等長， α ， β ， γ 皆不等 90° 。

（6）六方晶系(hexagonal system) 四個晶軸，其中三個為水平軸，相交互為 60° ，軸長相等。第四個為直立軸，與水平軸垂直，可長可短。六方晶系各面之標識有四個符號，如(10T1)

六方晶系內之菱面體如方解石類，往往另闢一系，以區別於六方系。在結晶構造學上，實與六方晶系有顯著之分別。此系名曰三菱晶系 (trigonal system)。三菱晶系有三個晶軸，彼此等長，三軸相交之角彼此相等。而皆小於 120° ，故三軸相交於空中一點，而成菱錐形。晶面之標識符號有三，如 (111)，即指一地平晶面也。

晶形習性 (crystal habit) 同一晶體，有時緣直立軸發育特速，有時緣前後軸發育特速，有時向左右發育特速，亦有時向^{上下}方發育較其他方向為速而成板狀。且同一礦物，有時此種晶面完全，有時則彼種晶面完全。此種龐雜現象，必與其晶體發育時之環境有密切關係。所謂環境者即表面張力 (surface tension)，分子引力及排列之方式 (molecular attraction and arrangement) 與分子之流動 (diffusion current) 等作用也。

液體表面張力隨液體之成分及黏着性 (viscosity) 而變。物體由液體內分離時，其接觸之面上必發生一種能力，此能力之強弱視接觸面面積之大小而變更。在天然現象內如有一液體自另一液體內分離時，其所需之能力總期為最小之量。倘此液體具有可變形狀之性質時，此物體必成一球體而分離，因球體之面積最小，所需之能力亦最少也。例如一滴之水在空氣內成為球體者，因非成球體則所需能力必不甚經濟也。分子結晶雖不易受張力之影響而變成球體，但理應使之成為面積較小之形狀。例如六八面體則

較八面體之面積爲小。六八面體之稜與角若再爲小平面占據，全體有 146 面，頗近一球體，其面積當較六八面體更小。晶體由液體分離時，與其液體內表面張力有關係。液體之表面張力與被接觸物之比重有關。比重相差愈少者，表面張力愈小，比重相差愈大者，表面張力愈大。故晶體與液體之比重相差愈大，則其晶體之形態受其影響亦愈烈，所生之晶面必較多。但晶體各面之物理性質未必各個相同，而所受液體表面張力之影響又未必相同，故同一稜角，有時可被一平面替代，有時仍可留存。又因結晶時之液體環境不同，同一礦物又可成不同之形狀。

表面張力既可使晶體之形狀趨近於多晶面之結晶，則就等軸晶系內之礦物論；應以六八面體爲最普通。但實際上以六面體，或八面體，或十二面體爲多。前述之多面晶體反不易見者，是因晶形之習性又必與晶體之分子引力及排列之方式有關。例如橄欖

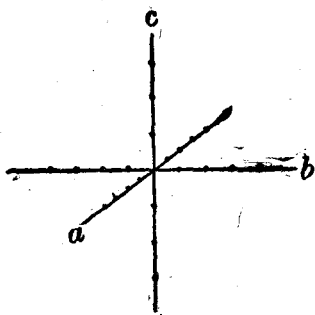


圖 2

岩漿凝結時，成爲斜方晶系，其晶軸單位 $a < b < c$ 。意即分子在 a 軸上之距離較小於 b c 兩軸，在 c 軸上則爲最大，如第二圖。溫度降低，分子凝集而生移動，分子由同一距離之處向一結晶點 o 移動。若結晶分子引力甚大，分子移動毫無阻力

時，則在同一時間內， a ， b ， c ，三軸上所凝集之分子數量必

相同。此時沿 a 軸之移動必速，b 軸次之，c 軸上最遲緩。若引力較小，而液體內之阻力較強，適可與 c 軸上之移動速度相抵時，則在同一時間內，a 軸上之分子必匯集較多，晶體緣 a 軸發育較速，而 c 軸上發育極遲。若液體之阻力對於 a，b，c，三軸上之移動皆發生差異阻力時，則在同一時間內，分子之緣 c 軸而來集者，因行路較近先抵其應到之地，緣 a 軸而來集者，因行路較遠，阻力因路程而增強，分子遲到。於是晶體緣 c 軸發育必較速。故結晶分子間之引力亦可影響其形狀也。

溶液結晶時因分子向結晶點凝集，晶體之周圍液體必漸漸稀薄而失其飽和狀態，且結晶時常有潛熱放出，使其周圍液體溫度增高而呈稀薄狀態，濃度既不均勻，遂發生分子流動現象。此種流動常迴漩於晶體之一面或數面之上，而使此面發育上生有障礙。其未經迴漩之面必發育較速，普通之柱狀晶體多因此而成。

溶液冷卻後開始結晶時，常以一小點為結晶質點。若溫度降低極速，不容使其發育時，只成一小球形，非以顯微鏡不能察之。球體相連而成珠串狀，珠串密擠成桿狀，桿狀相集而成髮狀，或桿狀之旁生有羽狀晶質。凡此皆為雛晶 (crystalites)，^①無光性可言。由雛晶漸漸發展而成微晶 (microlites)，往往為小長柱形，柱之兩端分裂而為帚狀，向外彎曲，長石與輝石常見之。

晶體在結晶之進程中，往往受諸種原因之影響，晶體失其固

定之形狀，而爲極不規則或渾圓之狀，石英橄欖石常見之。

雙生晶(twinned crystals)當分子開始排列凝集之時，因受某種勢力之影響使其不能依正軌結合，常生雙晶。雙晶外貌頗似由一個晶體平分爲兩部，其一部分扭轉 180° 復合並而成者。扭轉之軸曰雙晶軸(twinning axis)。垂直於扭轉軸之面曰雙晶面(twinning plane)。兩部相接合之面曰組合面(composition plane)。雙晶面有時與組合面爲一面，有時彼此垂直。

包裹物(inclusions) 溶液結晶時，若晶體發育極迅速且成不規則之形狀時，往往可將其他物質液體包裹於晶體之內。溫度降低，此被包裹之液體或凝結爲小晶體，或仍爲液體。若被包裹之液體與結晶體之成分相同，此液體分子可徐徐結晶於其孔壁上，留有一空洞，亦示同一晶體之形狀，名曰空晶(negative crystal)。例如石英之包裹物頗多，形狀及種類亦繁。他如因固體溶液(solid solution)之關係，小晶礦物又往往包裹於另一礦物晶體之內，成爲 poikilitic 或 ophitic 構造。是關係結晶次序者也。以上數種皆爲原生包裹物(primary inclusions)。更有晶體內原有之物質因冷卻而分離者，成爲褐色或不透明之物質，名曰希勒氏包裹構造(Schiller's inclusion)，如紫蘇輝石是也。亦有晶體被其他溶液之作用而替換其分子成爲另一礦物者，其被溶解之部分即由溶液攜帶以去，如石英內之黃鐵礦是也。亦有溶液侵入晶體內，與晶體內之一處或數處起化學作用而變爲另

一礦物者。以上三種皆名爲次生包裹物(secondary inclusions)。

礦物之變化(alteration) 礦物在結晶後所起之變化不外兩種形式，一爲替換作用。如方解石，或石英之一部被黃鐵礦替換。黃鐵礦內絕不含有被替換之物質，且與替換之礦物區分清晰。普通稱此曰替換作用(replacement)。一爲變化作用。變化作用常起於晶體之外表或裂縫劈紋之間。變化由外而內，逐漸進行，有跡可尋。例如長石之變爲高嶺土，方解石等，通稱爲變化作用(alteration)。故上述次生包裹物實礦物變化後之產物也。

斷口，裂紋，劈紋，(fracture, parting, cleavage) 晶體內分子之排列有一定規則，其間相互之引力，因晶軸之方向亦有強弱。設有外力加於晶體之上，其強度足勝其分子引力而有餘時，則晶體必至破裂，其破裂必以分子引力最小之處爲最易，故破裂之面必垂直於分子引力最弱之方向。此破裂面曰劈面(plane of cleavage)。劈面必與晶軸成一定關係，亦必平行於一晶面也。分子引力因方向有強弱，故劈開亦因方向有難易，而劈面亦因方向有優劣之分。普通分爲三級。

(a) 完全劈面(perfect cleavage plane) 劈面廣泛，光滑平行。在薄片內其劈紋頗長，彼此平行。

(b) 清晰劈面(distinct or good cleavage) 劈面較狹小，而面上較不平滑，往往呈鱗片重疊之狀。在薄片內其劈紋較短，縫紋錯斷，不能連接。

(c) 不清晰劈面(indistinct, poor or imperfect cleavage plane)較(b)之程度尤低, 劈面之數目既少, 亦甚微小, 在薄片內往往不能見之。

晶體被打擊時, 其最易破裂者即屬完全劈面, 次則屬於清晰劈面, 再次則為不清晰劈面。在薄片內劈面為研究晶體之重要根據, 因其可表示晶軸之關係也。

晶體受打擊而沿一定方向破裂為小片。若此小片雖具平行之面, 但不能再依此方向破裂時, 則證此平面不是劈面。名曰裂紋(parting)。裂紋往往不多, 且有時不甚平行。

分子引力若各方相同時, 其破裂必無定向, 而成球形, 稱為斷口, 故打擊之力由一方而來, 則裂紋成貝殼狀(concoidal fracture), 如玻璃斷口是也。

晶帶(zone)晶面與晶面相交成為稜, 若有數個晶面相交所成之稜彼此互相平行時, 則稱此數晶面在一晶帶內。例如 (100), (101), (001), ($\bar{1}01$), ($\bar{1}00$), ($\bar{1}0\bar{1}$), ($00\bar{1}$), ($10\bar{1}$)等。在此晶帶內, 各面相交之稜互相平行, 且平行於晶軸 b 。 b 軸即為其晶帶軸(zone axis)

實 驗 一

1. 在顯微鏡下察看下列薄片內晶體之形狀:

白榴石斑岩.....白榴石成粒狀,

石英斑岩.....石英為粒狀或不規則狀,