

弗氏旋轉台用法說明

何作霖
著

國立中央研究院地質研究所印行

1933

56.717

293

版權所有

著
作
者

何作霖

發
行
者

中央研究院地質研究所

銷
售
處

南京成賢街本院

弗氏旋轉台用法說明

何作霖 著

目 錄

	頁
一. 引言	1
二. 礦物光性略說	2
三. 礦物消光之意義	4
四. 球體平面投影圖及其用法	6
五. 旋轉台之構造	8
六. 旋轉台使用前之預備及校正法	10
七. 礦物晶系之鑑別法	12
八. 光學對稱軸之測法	16
九. 光軸角之測法	21
十. 長石鑑別法	25
十一. 測驗之差誤及長石鑑別之難易	36

一 引言

弗氏 (von Fedorow) 旋轉台爲研究礦物光性之利器。吾人鑑定岩石薄片內之礦物,因普通顯微鏡祇可使切片平行轉動,必將同種礦物之各個切面盡行觀察,偶得一合於光性方位之切面(oriented section)始可據之以定判斷。倘所遇之礦物切面無一合於光性方位者,則難作鑑定之標準;結果不能真實且各個切面外貌雖甚相似,而光性容或稍有出入,以此衡彼,當然含有不少誤謬,此鑑定長石時所常有之情形也。若遇稀罕礦物,切面不多,更難與以選擇之機會,普通顯微鏡已失其效用。

旋轉台除平行轉動外,更可使礦物切面任意傾側以合於光性方位。不但可省切面選擇之煩,更可免去因切面頻頻遞換

所生之錯誤。用法雖略涉繁複，實爲一最省時間之工具。此器發明迄今已三十餘年，近來用途漸廣，一九二八年愛孟氏 (R. C. Emmons) 又利用此器以指示液測驗礦物之折光率，並將此器更爲改良，亦此器用途上之一大進步。茲略述旋轉台之原理與用法，俾初學者得一梗概。

二 礦物光性略說

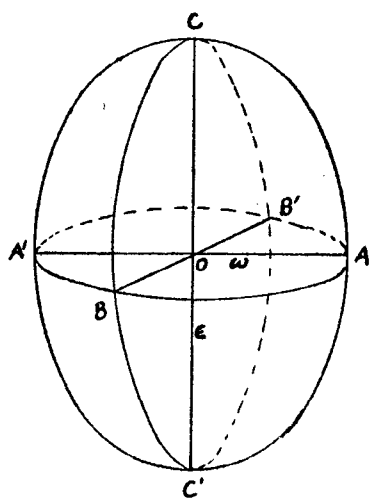
礦物就光性上言可分爲兩大類：

(一) 均質礦物 (Isotropic minerals). 礦物之各部份具有同一之光性，對於光波之擺動任何方向皆無難易之分，速度亦各相等，其光學上之關係可以一球體表示之。換言之即無論光線射入之方向如何，其光波面永爲一球形，故折光率只有一個。凡非晶質 (如玻璃蛋白石等) 與等軸晶系之礦物皆屬之。

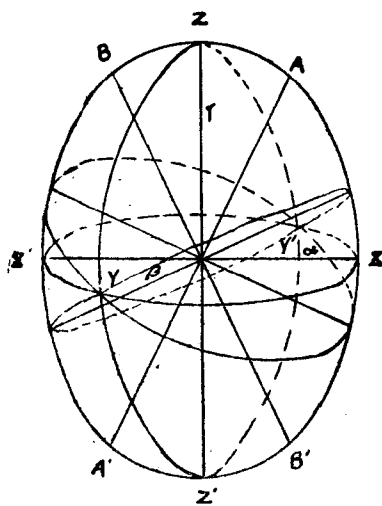
(二) 非均質礦物 (anisotropic minerals). 礦物之各部份具不同之光性，光波擺動因方向而有難易之分，速度各有大小，故折光率不只一個。此類礦物又可分爲 (A) 一軸晶與 (B) 二軸晶。

(A) 一軸晶包含正方晶系與六方晶系礦物。其光學上之關係可以一橢圓體 (ellipsoid of revolution) 表示之 (第一圖)。O C 爲光軸，平行於礦物之直立結晶軸。光線射入之方向如平行於光軸時，光波在 A B A' B' 平面內擺動無遲速之分，且無一定方位，與均質礦物同。但光線射入之方向如斜交於光軸，則光波擺動之方向經偏光作用 (effect of polarizaton) 一則限制於垂直於光軸的平面內 (即 A B A' B' 平面)，一則限制於光軸與射入方向所成之平面內，兩光波互相正交，具不等之速度。在 A B A' B' 平面者爲常光線 (ordinary ray)，其速度不因射入角之大小而變，折光率永爲 ω ，因 A B A' B' 切面爲一圓形。其他一光波名曰非常光線 (extraordinary ray) 則視射入角之大小速度有變更，殆射入光線垂直於光軸時，此光波擺動之方向即平行於光軸 O

C, 此時折光率爲 ϵ 。 ω 與 ϵ 之關係視礦物之種類而不同, 如 $\epsilon > \omega$, 礦物爲正光性(+); $\omega > \epsilon$, 礦物爲負光性(-)。



第一圖



第二圖

(B) 二軸晶包含斜方單斜與三斜晶系礦物。二軸晶礦物皆有一最小折光率(α)中級折光率(β), 與最大折光率(γ)。 $\alpha\beta\gamma$ 名爲主折光率。意即光波擺動之速度有最大最小與中級三種也。其光學上之關係可以一扁橢圓體表示之(第二圖)。O Z, O X, O Y 爲扁橢圓體之三主軸名曰光學對稱軸(optic symmetry axis)。光波之速度在 O Z 方向爲最小, O X 方向爲最大, O Y 方向爲中級。每兩軸合成一平面, 名爲光學對稱面(optic symmetry plane)。在斜方晶系礦物內各主軸與各結晶軸相合; 單斜系礦物內, 光學對稱面之一與晶體對稱面(010)相合, 故有一主軸與一晶軸(b)相合; 三斜晶系礦物內各主軸皆不與結晶軸相合, 其關係視礦物之種類而有不同。

光線射入之方向平行於 O X 時, 光波擺動之方向一緣 O Z, 折光率爲 γ , 一緣 O Y, 折光率爲 β ; 射入之方向平行於 O Y, 光波擺動之方向一緣 O Z, 折光率爲 γ , 一緣 O X 折光率爲 α ; 射入之方向平行於 O Z 時, 光波擺動之方向一緣 O X, 折光率爲 α ,

一線 OY , 折光率爲 β 。射入之方向如平行於一個光學對稱面時, 其光波擺動之方向一則限制於此入射面內與射入方向正交, 一則限制於其餘二面之交線上; 兩波互相正交, 具不等之速度。但平行於 $XZX'Z'$ 面時可有兩個射入方向 (AA' 與 BB') 不發生光波上速度之差, 即折光率爲 β , 乃因垂直於 AA' 或 BB' 之切面各爲一圓, 其半徑等於 OY 。 AA' 與 BB' 皆稱光軸。 $XZX'Z'$ 又稱光軸面 (optic axial plane)。兩光軸所成之角名光軸角 (optic axial angle), 小於 90° 者曰銳角, 大於 90° 者曰鈍角。平分銳角之軸爲銳角等分線 (acute bisectrix), 平分鈍角者爲鈍角等分線 (obtuse bisectrix)。普通光軸角皆標記其小於 90° 者, 故銳角等分線有時爲 OZ , 有時爲 OX 。如銳角等分線爲 OZ , 礦物之光性爲正 (+), 銳角等分線爲 OX , 光性爲負 (-)。光軸角可以下列公式計算之。

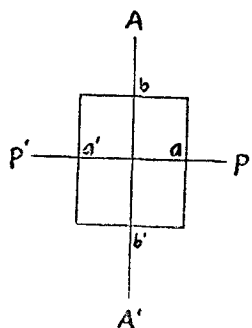
$$\tan V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\beta^2}}{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}} \quad 2V = \text{光軸角。}$$

三 礦物消光之意義

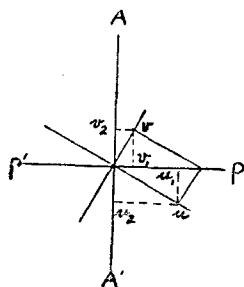
均質礦物因對於光波之擺動任何方向皆無難易之分, 且其擺動之方向亦無所限制, 任何方向之切面置於正交偏光鏡間不能影響於光波擺動之方向, 永呈黑暗不透明之象; 且切面任何傾側與轉動亦不生影響, 故其消光方向爲無限。

非均質礦物對於光波之擺動則大有差別。緣光軸射入之光線其光波擺動之方向爲無限; 而對於其他方向射入之光線, 則光波擺動之方向經偏光作用必限制於一定的兩個方向之內, 彼此互爲正交, 故切面 (除垂直於光軸者) 置於偏光鏡間轉動時即有明暗之分。光波擺動之方向平行於偏光鏡時, 則成消光, 如第三圖, bb' 與 aa' 爲切面上光波擺動之方向, AA' 與 PP' 爲

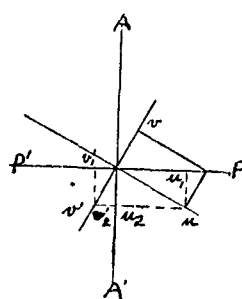
偏光鏡方向。彼此互相平行設平轉切面使光波擺動方向斜交於偏光鏡時，則由下偏光鏡所來之光線至切面即分爲二，及至



第三圖



第四圖



第五圖

上偏光鏡又各分爲二，其平行於上偏光鏡方向者則通過射出，其垂直者則由全反射作用消滅。倘切面對於光波之擺動有難易之別，故經過切面後之光波即起象差 (Phasal difference)，如其差爲 $N\lambda$ (λ 爲波長， N 爲整數) 則光波自 O 點同時齊發，一分爲 ov ，一爲 ou ，(第四圖) 既至上偏光鏡又各分爲二， ov_1 ， ov_2 ， ou_1 與 ou_2 。 ov_1 與 ou_1 由全反射消滅， ov_2 與 ou_2 透過偏光鏡，但因其方向相反，結果兩相抵消而呈黑暗，惟此黑暗並非消光現象，乃由象差而起。

如象差爲 $\frac{1}{2}\lambda$ 或 $\frac{2N+1}{2}\lambda$ ，(第五圖) 一波自 o 出發至 v 而復歸於 o 點時，其他一波方至 o 點，殆前者行至 v' ，後者始達於 u 。既至遇上偏光鏡又各分爲二， ov_1' 與 ou_1 由全反射而消滅， ov_2' 與 ou_2 兩波透過，惟因其方向相同，結果相加而生光色。可見射入之光如用白光時，包含各種波長，其結果必有光色可見。

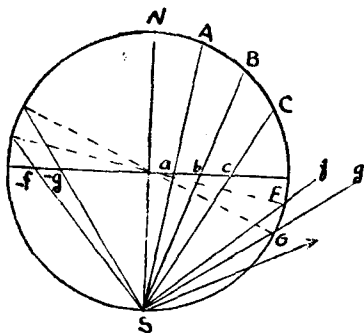
一軸晶對於光波擺動之方向有二(除平行於光軸之射入光線)，一在光軸與射入方向所成之平面內，一在垂直於光軸之平面內。故在一軸晶之任何切面(除垂直於光軸之切面)上其消光方向一爲光軸投影於切面上之方向，一則垂直於此。

二軸晶因有三個光學對稱面互相正交，故凡平行於一面之射入光線，光波擺動方向亦必限制於光學對稱面內；換言之

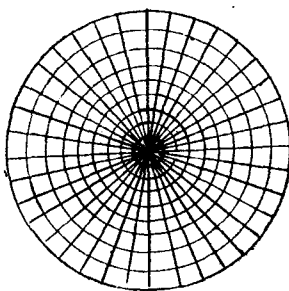
在垂直或平行於光學對稱面之切面上,其消光位必為光學對稱面交於切面上之方向也。但在斜交於光學對稱面之切面上,其消光位則不為切面與光學對稱面所交之方向矣,據 Biot-Fresnel 定律應為切面與二平面相交之線,此二平面必平分包含光軸與切面法線的兩個平面所成之角。(The two extinction directions in a given section of a biaxial mineral are the traces of the planes bisecting the dihedral angles formed by two planes, each determined by an optic axis and the normal to the section.) (註一)

四 球體平面投影圖及其用法 (註二)

礦物晶體置於球體之中心,晶體上任何一點或一平面皆可投影於球體面上。如為一點,連此點與球體之中心作一直線並引長之與球面相遇成兩點,一在球體之上半部,一在球體之下半部,皆表示此點之投影。如為一面,將此平面平行移於球體中心而延展之,與球面相交成一圓,此圓即面之投影;或垂直此平面作一直線經過中心與球面相交成兩點,名曰極點 (pole),乃表平面垂線之投影;故晶體上平面又可以極點示其關係。但實際上球體既不便於用,又難於註釋,故將球面上各點投影於



第六圖



第七圖

一平面上。置人目於球體之底,仰觀球面上各點其投影於赤道平面上之位置曰 stereographic projection。第六圖為一球體之直

立剖面,球體上半部各點A, B, C...皆落於球體之內;如a, b, c...下半部各點F, G...皆落於球體之外,如f, g...愈近S,其影愈遠。吾人所用之範圍則僅限於赤道切面以內,故其下半部各點應落於赤道外者則用其對蹠點之投影而以負號(--)名之,如-f, -g, ...。

球體面上如有無數之經緯線,在投影圖上則經度線爲直立之圓 (vertical circle) 圓之直徑各等於球體之直徑,稱大圓 (great circle),其投影皆爲直線,經過中心,等於直徑之長。緯度線皆爲地平之圓 (horizontal circle),除赤道爲大圓外,緯度愈高,圓之直徑愈小稱小圓 (small circle),其投影各爲圓,直徑則視距赤道之遠近而定(第七圖)。設球體傾側九十度,則緯度線成直立小圓(除赤道),而經度線皆爲傾斜大圓如附圖1。吾人定球面上一點或一線之位置,或量度球面角時,即以此圖爲規尺,俾免器械繪畫之煩,爲學者須臾不可離。普通所用者直徑爲20c m. 每二度繪一線,稱爲吳氏投影圖 (Wulff stereographic net)。其用法如下:

(a) 知一極點,求其大圓。設極點在地平面上 30° ,方位角 (azimuth) 爲 130° 。用透明紙蓋於吳氏投影圖上,繪 130° 之方向線通過中心,然後旋轉薄紙使此方向線與吳氏投影圖之E W線相合,其極點P即爲 30° 大圓與E W線相交之點。距極點 90° 之大圓a b c即爲所求之大圓(第八圖)。

(b) 經過兩點作一大圓。旋轉透明紙使已知之二點d e在同一大圓上爲止,此大圓即爲所求之大圓。

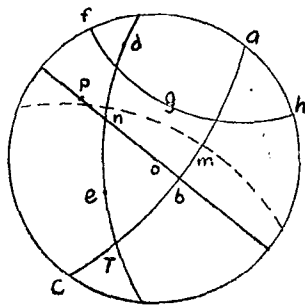
(c) 求已知大圓之極點。旋轉透明紙使已繪之大圓合於吳氏投影圖之一大圓爲止,在E W線上距大圓 90° 度之點爲極點。

(d) 繪一直立小圓,設小圓之半徑爲 60° 。將小圓之中心點旋轉至N或S,自此計其 60° 之直立小圓即爲所求者,如第八圖之f g h。

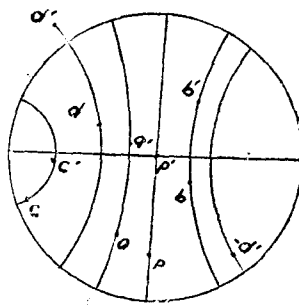
(e) 量度球面角法。兩大圓相交而成球面角,以交點爲極作一大圓,其包含於前兩大圓間之弧長即等於球面角,如第八圖 $ntm = \widehat{nm}$ 。

(f) 量度二點間之角距。旋轉透明紙使二點在同一大圓上,其弧距即爲二點之角距。

(g) 變換投影平面法。如欲將投影圖上之一點,遷移於某一定位置,其他相關各點亦必隨同遷移,是不啻將投影平面變換一新位置也。例如第九圖 P, a, b, c, d, 爲投影點,欲將 P



第八圖



第九圖

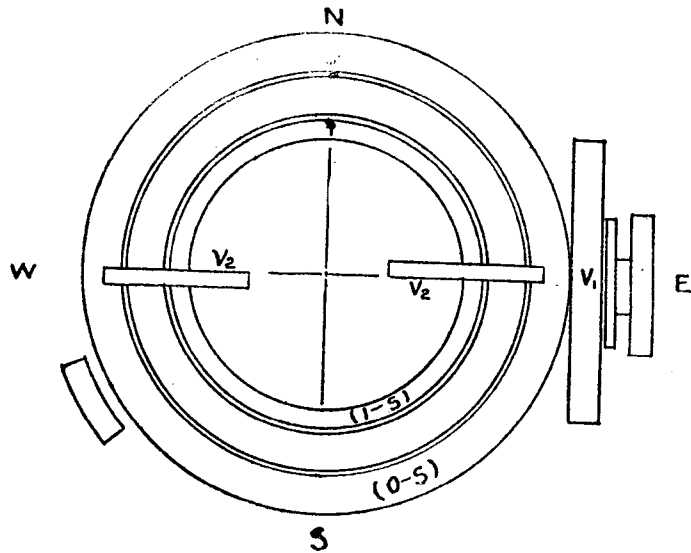
遷移至中心點 P'。乃旋轉吳氏投影圖(或旋轉透明紙)使 P 點在 EW 線上,將 P 遷於 P',同時 a b c d 諸點各緣其直立小圓向同一方向遷移以相等之角度,而至 a' b' c' d'。遇 d' 點落於赤道大圓之外者,即以其對蹠點—d' 名之。

五 旋轉台之構造

旋轉台與顯微鏡相合共有五轉軸：

1. (M-S)爲顯微鏡物台,其轉軸爲顯微鏡中心之軸,名爲轉軸(1)。
2. (E-W)爲旋轉台之東西地平軸(或左右軸),此軸帶有一直立分度圈 V_1 , 由小數分度弧可讀至五分之差,名爲轉軸(2)。

3. (O-S) 爲旋轉台之外圈,由旁之小數分度弧可讀至五分之差,其轉軸爲(3)。
4. (N-S) 爲旋轉台之南北地平軸,此軸帶有一圈,可上下傾側,由二直立分度弧 V_2 量度之,名爲轉軸(4)。
5. (I-S) 爲旋轉台之內圈,平載於(N-S)軸所帶之圈上,圈



第十圖

之外緣刻有直線,以指示其所轉之度數,其轉軸爲(5)。

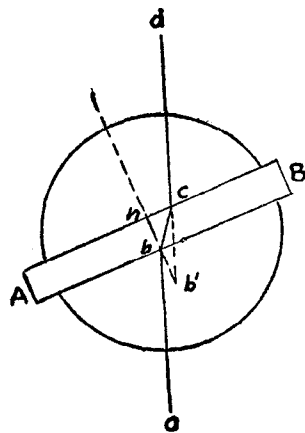
此圈之內復平載一玻璃台,用以盛載岩石薄片者。玻璃台可以旋轉使之昇高或降低。

以上五軸凡奇數轉軸如(1)(3)(5)皆爲直立之軸,平時相合而爲一。偶數之軸如(2)(4)皆爲地平軸,平時相交爲(90°),在同一地平平面內,且與顯微鏡內之十字絲及偏光鏡之方向平行。在此位置名曰零位(zero position)。

每當一軸轉動其軸數較高之各軸皆隨同轉動,較低各軸則無影響;例如(3)轉動時,(4)(5)亦必隨之,而(1)(2)則無關係。

此外附有半玻璃球 (glass hemisphere) 兩個,用以擴大顯微鏡之視域,並增加其光明程度,俾便觀察。一加於玻璃台之下,一加於岩石薄片之上,皆以甘油 (glycerine) 膠合之,以免去其間空氣層之折光。兩半玻璃球與玻台及岩石薄片之厚度相加得一完全球體,而礦物正居於球體之中心,故玻台與岩石薄片之總厚如為 2 mm 時,則兩半玻璃球必各磨去 1 mm;

而岩石薄片之放置又必使蓋玻璃 (cover glass) 向下,方可使礦物居於中心。但普通多以蓋玻璃向上,則上半玻璃幾成為完全半球體,而下半玻璃必創磨特多方能合成一球形。玻璃既為完全球形,則光線射至球面上(因垂直於球面)不生折屈,光線由中心射出亦不生折屈,故球體任何轉動對於平行光線不生折屈也。但玻璃之折光



第十一圖

率未必與所測之礦物相同,則其間必有多少折屈現象發生,故所測直立之角 (verical angles) 皆為視角 (apparent angle), 必略加校正方得真角 (true angle)。如第十一圖 nbc 為真角, $nb'c$ 為視角。由公式 $n \sin V = m \sin H$ 可以求其真角。 n 為礦物之平均折光率, m 為所用玻璃之折光率, V 為真角, H 為視角。為避免計算之煩,可用附圖 II 求之。

六 旋轉台使用前之預備及校正法 (註三)

旋轉台除特別裝置可以用聚光外,普通皆用平行光線專以觀察消光現象。用時除去聚光鏡,用平面反射鏡與燈光。燈光經過毛玻璃一層,光線即可均勻堪用,在暗室內行之尤佳。對物鏡用 No. 2 者為相宜。完善之顯微鏡物台下應有二重鎖光圈,一在偏光鏡下,一在偏光鏡上,俾得較優之平行偏光;對物鏡須帶有鎖光圈以免去玻璃面上之亂反射與物鏡本身之偏光性。目

鏡亦有鎖光圈俾得縮小視域,以直注其視線於所欲研究之礦物。如用此數重鎖光圈時,燈光往往失於薄弱,非直射太陽光或弧光等不足。

顯微鏡各部之檢查與校正。(a)偏光鏡是否正交。除去顯微鏡內之物鏡目鏡,直對太陽以察其是否完全黑暗,如不黑暗即轉偏光鏡以校正之。(b)十字絲是否與偏光鏡平行。用一軸晶之直立切面或硬石膏(anhydrite)之劈面驗之。(c)物鏡是否與顯微鏡軸(M-S)相合。用普通顯微鏡中心校正法行之。(d)物鏡是否有偏光性。物鏡因介於偏光鏡必須完全不帶偏光性方可應用。除去目鏡,旋轉物鏡於正交偏光鏡間,如有明暗變化,是具偏光性;但此弊如縮小光圈即可減少時,物鏡仍可使用。

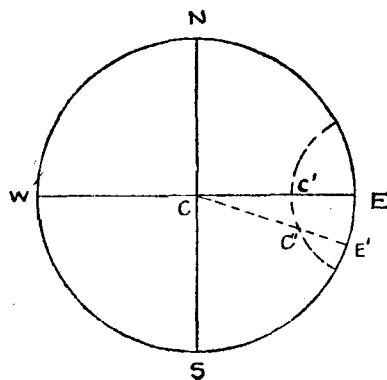
旋轉台各部之檢查與校正。(a)除去顯微鏡物台上中央鉄板,置旋轉台於其上,使直立圈 V_1 在右方;螺絲釘不可旋緊,以待更正。(b)(E-W)與(N-S)兩軸各置於O位,旋緊其旁之螺絲,使之不可轉動。(c)除去上偏光鏡(analyzer),焦對於玻台上一點或一小灰塵,轉動(O-S)或(I-S)以驗其轉軸是否與顯微鏡軸相合。如不相合則焦對之點環繞移動,然後推動旋轉台校正之,殆(M-S)與(O-S)兩軸相合為止。乃旋緊螺釘,使固定於物台上。(d)岩石薄片置於玻台上,以甘油膠合之,使欲研究之礦物居中心。放鬆(N-S)軸之螺絲釘並轉動之,察其焦對之點是否移動;如有移動是證礦物不在(N-S)軸內,應將玻台升高或降低以校正之。設(N-S)軸向左轉動而焦對之點亦向左移動,是礦物在(N-S)軸之下,應使玻台升高以校正之;反之應使之降低。既至確無移動,即是礦物已確在(N-S)軸內。此時若轉動(E-W)軸焦對之點亦必不移動,如有移動是因製造不精,兩軸未在同一平面之內。(e)再將上半玻球加於岩石薄片上,亦以甘油膠合之,上玻球不可旋緊,留待校正。轉(N-S)軸使玻台之底面向上,將下半玻球以甘油膠合之;然後恢復原位。(f)玻球加上後,往往見焦對之點不在(N-S)與(E-W)兩軸之地平面內,此時應照(d)法行。殆正確後,上半

玻球輕輕旋住,使薄片不致動轉為可,旋緊太甚,往往將薄片壓碎,或發生重屈折現象。(g)兩半玻球之折光率必相同,且與所測驗之礦物之平均折光率相差不可太多,愈近愈佳,但相差至0.1仍可得美滿結果。(h)轉(O-S)使 270° 或 90° 之刻度線對其旁小數分度弧之O點,此時(N-S)與(E-W)兩軸當為正交。提高物鏡,焦對於玻球面上一小灰塵,轉動(E-W)察此灰塵之移動是否平行鏡內十字絲之南北線;如不平行,則轉動物台(M-S)以校正之。此時(E-W)亦必與十字絲之東西線平行,再以(N-S)軸之轉動驗之,灰塵移動亦必平行於東西線,否則為製造不精,應略轉(O-S)以校正之;然後旋緊物台(M-S),並記其方位度數。

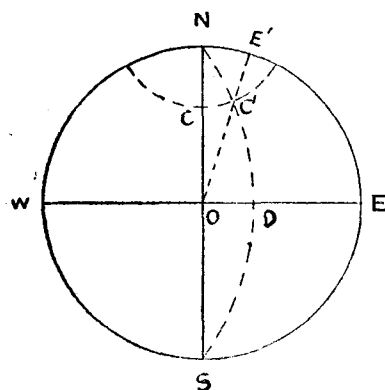
七 礦物晶系之鑑別法

A. 均質礦物之任何方向的切面置於旋轉台上皆呈消光現象,且對於旋轉台各軸之轉動亦不影響於消光現象。

B. 一軸晶之垂直於光軸的切面。切面平置於旋轉台上,光軸與(M-S)轉軸相合,故轉動任一直立軸如(I-S)不影響消



第十二圖



第十三圖

光現象。對於(E-W)或(N-S)軸之轉動亦無影響,因光軸未出偏光鏡之方向也(第十二圖)。但先轉(N-S)軸再轉(E-W)軸以

驗之，則消光位立變，是因光軸C先傾側至於C'，再傾側至於C''，此時消光位為CE'，已出偏光鏡之方向矣。

C. 一軸晶之平行於光軸的切面。切面平置於旋轉台上，轉動(I-S)軸每90°消光一次。當消光位時，對於任一地平軸(E-W)或(N-S)之轉動皆不變其消光現象。但轉動(N-S)軸後再轉(E-W)軸以驗之，則視光軸所居之位置而有消光與不消光之差別；如光軸平行於NS則不變其消光現象，乃因(E-W)軸任何轉動，光軸皆不出NS直立平面也；如光軸平行於EW，則光軸先由赤道大圓移至C'（同第十二圖），復至C''，於是消光位移至CE'。

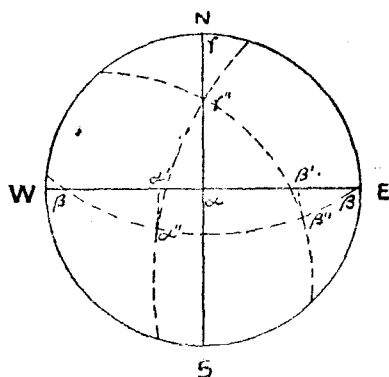
D. 一軸晶之斜交於光軸的切面。此類切面上消光方向已詳述於前，平置旋轉台上轉動(I-S)軸每90°消光一次。當消光位置後，祇對於一個地平軸之轉動可不影響於消光現象；例如光軸在NS直立平面內，則(E-W)軸之轉動不生變更（第十三圖），C為光軸在切面上之投影。但對於其他地平軸(N-S)之轉動則立變其消光方向。因光軸由C移至C'，消光位變為OE'。再轉(O-S)以復其消光位，光軸又入於NS直立平面內。對(E-W)之轉動仍是永久消光。由(O-S)所轉之角NOE'與(N-S)軸所轉之角 $\widehat{OD}$ ，可求出C點；於是光軸對於切面法線傾斜之角 $\widehat{OC}$ 亦可知，因 $\widehat{OC} = \widehat{DC'}$ ，或由球面三角公式求之。

$$\cot OC = \frac{\tan \alpha O-S}{\sin \alpha N-S}$$

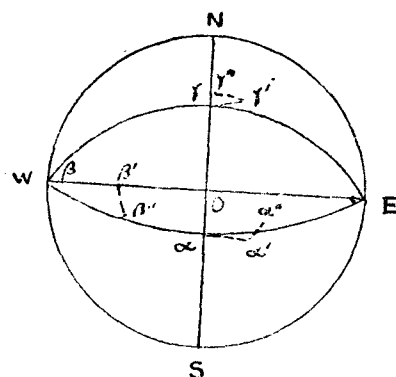
$\alpha O-S$ 為 (O-S) 所轉之角， $\alpha N-S$ 為 (N-S) 所轉之角。

E. 二軸晶切面平行於一個光學對稱面者。此種切面之法線為光學對稱軸之一，其餘二軸皆平行於切面。平轉(I-S)軸每90°消光一次。當消光位後，切面對於任一地平軸(E-W)或(N-S)之轉動，皆不影響於消光現象，與一軸晶切面平行於光軸者(C)相似（第十四圖）。但其所以區別於一軸晶者，即當(I-S)轉動時，切面不論在何種消光位置，若轉動(N-S)軸後再轉(E-W)軸驗之，則消光現象立變，乃因 $\alpha\beta\gamma$ 先則傾側至 $\alpha'\beta'\gamma'$ 再則傾

側至 $\alpha'' \beta'' \gamma''$ ，各光學對稱面皆已傾斜；按 Biot Fresnel 定律，消光方向當不在光學對稱面內，故此時消光位必不平行於偏光鏡方向。至於究應在某方向，視礦物光學對稱軸之位置與 $\alpha\beta\gamma$ 之值而定。



第十四圖



第十五圖

F. 二軸晶切面垂直於一個光學對稱面者。此類切面之消光方向前已言之。平轉 (I-S) 軸每 90° 消光一次。當消光位後，切面祇對於一個地平軸之轉動不變其消光現象，如第十五圖 $\alpha\gamma$ 為垂直於切面之光學對稱面，平行於 NS 者，對於 (E-W) 軸之轉動不變其消光位，而對於 (N-S) 軸之轉動則消光位立變。此與一軸晶切面斜交於光軸者 (D) 相似。其所以區別於一軸晶者，即 (N-S) 軸轉動後，雖亦有消光位之變化，但轉 (O-S) 軸恢復其消光位後，此時切面對於 (E-W) 軸之轉動已不成永久消光現象矣，是因 $\alpha\beta\gamma$ 先則傾側至 $\alpha' \beta' \gamma'$ ，再則轉移至 $\alpha'' \beta'' \gamma''$ ，雖可達消光位而各光學對稱面仍成傾斜之勢，故對於 (E-W) 軸之轉動必不能永久消光也。倘垂直於切面之光學對稱面為光軸面又平行於 (N-S)，則 (E-W) 軸轉動時，往往見有一點或兩點呈低度光明（但光軸甚大而切面又偏於垂直鈍角等分線時此現象不可見），即因光軸周圍之內圓錐形屈折 (internal conical refraction) 作用也。此為一軸晶所絕無。

