

晶体光学实习讲义

岩石教研室編

5703
別
後
仁
長春地質學院

1959.10.

一、單偏光鏡下晶体光学特征的观察

在單偏光鏡下观察晶体的各种光学特征是十分重要的，它是在偏光显微鏡下来鑑定矿物的第一个重要步驟，許多矿物借其在單偏光鏡下所呈現的各种光学特征，即能將它們很明显的区别出来。因此，在單偏光鏡下观察晶体的各种光学特征时，不仅应当熟練掌握每一操作步驟和过程以及了解产生这一現象的原理；更重要的是通过矿物晶体在單偏光鏡下所呈現的各种光学特征来鑑定它們。

矿物晶体在單偏光鏡下所呈現的一系列光学特征归納起来可分为两个部份：

(一) 晶体的外部特征

1. **晶形**：人們常常利用矿物的結晶习性来鑑定各种矿物，同时矿物晶体发育的完整程度，可以反映其結晶当时的物理化学环境。因此在進行薄片观察时，需給以极大注意。

(1) 根据晶体发育完好的程度

自形：晶形完整，各晶面皆存在。

半自形：晶体部份有完整面，部份为不規則形狀。

他形：晶体本身无結晶面，处于其它矿物間隙中，成不規則形狀。

(1) 根据結晶形狀：

粒狀：如石英，橄欖石等。

針狀：如金紅石，电气石等。

板狀：如長石等。

柱狀：如角閃石，輝石等。

纖維狀：如蛇紋石，綠泥石等。

鱗片狀：如絹云母，高嶺土等。

这里应当注意在薄片中所看到的只是矿物顆粒的一些切面，上述之各种結晶形狀如板狀，柱狀，針狀等等，并不能在鏡下直接的看出其空間立體形狀。所以認為其呈現上述之結晶形狀，是許多矿物顆粒

不同方向切面的总合。

2. 解理及解理夾角的測量

在鏡下可以看出些礦物表面有許多直而長的互相平行的黑色的細紋，那便是礦物的解理。有的礦物是沒有解理的，只有無方向性的不規則的裂紋，而有些礦物却常常具有解理，但是不同礦物其解理的完善程度和密集程度，即解理的發育程度亦是不同的。同時，有些礦物不具有一組解理，而且還有兩組甚至三組解理的。所以解理亦是鑑別礦物的重要標志之一。根據礦物解理發育的完善程度可分為：

(1) 完全解理：解理紋直、長、互相平行，連續不斷的貫穿整個礦物晶體。如黑雲母等。

(2) 不完全解理：和上述不同之處是解理紋斷斷續續，不貫穿整個礦物晶體。如輝石等。

如果礦物具有兩組以上成角度相交的解理發育時，則必須測量其解理之夾角，因為對某些礦物來說，它們解理之夾角是不相等的。在測量礦物解理夾角之前應先作如下之檢驗：

(1) 偏光顯微鏡中心是否校正好了，否則所測之角度會因偏光顯微鏡中心不正而產生誤差。

(2) 檢驗所測礦物顆粒之解理面是否與切片垂直，因為，只有垂直於兩組解理面切片時所呈現之夾角才是真正的夾角，而其它方向切片之解理夾角不是真正的夾角，是可大可小的。若切片垂直於兩組解理時解理紋具有下列特征：

(i) 解理紋最細。

(ii) 不同組的解理紋寬度一樣。

(iii) 轉動載物台使其中一組解理平行於十字絲豎線或橫線，用微動螺旋提升或下降鏡筒，若解理紋左右（解理紋平行豎線時）或上下（解理紋平行橫線時）移動則證明此解理面並不垂直切片。若解理紋不移動則是解理面垂直於切片。

在進行如上之檢驗後，始能測量解理之夾角，其步驟如下：

(1) 將已選擇好之礦物顆粒移至視域中心。

(2) 轉動載物台使其一組解理紋平行於十字絲豎線，記錄載物台所指之度數。如為 A 。

(3) 然后再转动载物台，使另一組解理紋同样平行于十字絲，记录载物台所指之度数。如为 B。

(4) 若將兩次所測之度数相减，即 $A-B$ 之绝对值，便是此解理之夾角。

但是，同样的矿物，必須測得数个顆粒夾角，最后平均之，才能作为此矿物夾角之代表数值。

3. 顏色、吸收性及多色性

根据矿物的顏色，我們可以排別不少的矿物。

(1) 不透明矿物：如各种金屬矿物。它們在單偏光鏡下完全为黑暗的，研究它們常須利用反光显微镜。

(2) 透明矿物：是我們在偏光显微镜下研究的主要对象，根据顏色將其分为：

(i) 无色矿物：鏡下完全为无色透明的，如石英，長石等。

(ii) 有色矿物：不同矿物在單偏光鏡下呈現有不同的顏色。这是由其所能透过光波而定的。

当转动载物台时，均质体矿物的顏色是沒有变化的，而非均质矿物的顏色，在色調的強弱上和种类上，都因方向不同而呈現有不同的变化。此即所謂矿物的吸收性和多色性的現象。

吸收性：它是由于矿物不同方向上，对同一光波吸收能力的強弱而产生的。如黑云母。当其解理平行于下偏光振动方向时，成深棕色，甚致黑色。当转动载物台，使其解理和下偏光振动方向垂直时，則成明亮的淺棕色。

多色性：是由于矿物在不同方向上，对各种波長的光波选择吸收的結果。因此矿物在不同方向上呈现出不同的顏色。如普通角閃石在一个方向上呈黃綠色，而另一方向呈藍綠色。

矿物的吸收性和多色性是鑑別矿物的重要特征，往往是同时出現的，并且有一定的方向性，这种方向和光率体的主軸有关系。因此常用矿物光率体各主軸方向上所出現的顏色的变化，来表示矿物的吸收性及多色性。即通常所謂的吸收性公式和多色性公式。

如一軸晶矿物黑云母的 N_x 方向的吸收性較強呈深棕色或黑色， N_y 方向的吸收性較弱。用公式表示即 $E < O$ 。

又如二軸晶礦物普通角閃石多色性的特點為 Ng 的方向為深綠色，Nm 方向為藍綠色，Np 為黃綠色。用多色性公式表示即：

Ng——深綠色

Nm——藍綠色

Np——黃綠色

普通角閃石除具多色性外還有吸收性的特點。則其不但具有多色性公式，同樣亦具有吸收性公式： $Ng > Nm > Np$ 。

(二) 由於折光率的差異而產生的一系列現象

1. 輪廓：兩不同折光率的礦物接觸時，在礦物顆粒的邊部可見到有較暗的黑邊，明顯的勾畫出礦物顆粒的外形，此即輪廓。當折光率相差愈大時；則黑邊愈粗愈黑，如此則輪廓顯著，反之，若兩折光率相差很小時，則輪廓不清楚。

2. 糙面（又稱麻面）：在岩石切片中，常見一些礦物的表面很像揉皺的紙或粗糙的皮革，或成斑斑點點象人臉上的麻子。此即糙面。如柘榴子石，橄欖石等。而另一些礦物表面很光滑，如石英，長石等。糙面的產生除決定於該礦物和周圍介質折光率不同外，尚決定於在磨制礦物切片時，所造成的極微小的凹凸不平的表面。

3. 突起：當礦物與周圍介質折光率有差別時往往顯示出一些礦物，與周圍介質折光率差值愈小時，則此現象愈不顯著。一般將突起分為：

(1) 負突起：折光率小於樹膠，如黃石等。

(2) 正突起：折光率等於或大於樹膠者。按其突起的明顯程度又分為：

(i) 低突起：如石英，中基性斜長石等。

(ii) 中突起：如角閃石，磷灰石等。

(iii) 高突起：如柘榴石，橄欖石等。

更詳細的分類可參考洛道契尼可夫突起分類表（結晶光學講義第 65 頁）。

上述輪廓、糙面、突起的現象，只能說明兩介質折光率不同，它不能告訴我們那個折光率大，那個折光率小。尤其是觀察正、負突起時，往往很難確定。

1. **光帶**：當兩礦物折光率不同時，在礦物輪廓的邊部有一條白色明亮的細綫，在稍提升或下降鏡筒時，細綫則平行移動，此明亮的白色的細綫即光帶，又名“貝克綫”。光帶的出現不僅可以推知兩介質折光率不同，而且還可以根据光帶移動的方向，來比較兩介質折光率的大小。觀察光帶時可依下列步驟：

(1) 對光，使視域明亮。

(2) 將所觀察之礦物顆粒移至中心。

(3) 用微動螺旋提升鏡筒，此時光帶移動之方向，即折光率大的方向。下降鏡筒時，光帶移動的方向，則為折光率小的方向。

為了清楚的觀察光帶，必須遵守下列條件：

(1) 調整光源，使視域照明最好。

(2) 兩種介質之交界綫應接近視域中心。

(3) 適當縮小光圈。

(4) 一般用中倍鏡即可，若二介質折光率相差很小時，須用高倍鏡。

(5) 兩介質接觸處必須純潔，不夾有雜質，並且接觸綫直的比較好。

5. 色散效應：若兩介質折光率之差非常小時，白色明亮的光帶，則變成有色的明亮之色帶。在折光率小的介質的一邊為金黃色色帶，在折光率大的介質的一邊為天藍色色帶。這種色帶很細微，須仔細觀察才能察覺。

6. 塔塔爾斯基色帶：在用已知折光率的浸油測定礦物折光率時，若兩者折光率相差很小，其同樣產生兩條色帶，但是由於一為液體的浸油，一為固體的礦物，因此其色帶的變化不同於上述之固體與固體間的色散效應。

1944年塔塔爾斯基經過研究，得出了利用在固相礦物和液相浸油之間產生色帶的移動情況，來比較兩者折光率的大小。後經納科夫尼克作了一些修改，提出了以下規律：

當在白光下鑑定礦物提升鏡筒時：

(1) 如金黃色色帶移向礦物顆粒，而天藍色色帶很少或幾乎沒有移動，則礦物的折光率大於浸油的折光率。

(2) 如天藍色色帶移向浸油，而金黃色色帶很少或幾乎沒有移動，則礦物折光率小於浸油。

(3) 如兩條色帶向相反方向移動，且速度相等或幾乎相等，而且色帶的寬度和亮度一樣，則礦物和浸油兩者折光率相等或幾乎相等。

但是，在有些情況下，上述規律會破壞，而出現反常的現象，這是應當注意的。

二、上下偏光正交時平行光的晶体光学观察

目的：

1. 消光現象及消光類型的觀察
2. 正確辨認干涉色的級序，并能利用石英楔子加以準確測定
3. 檢板的应用——快慢光方位測定

要求：

1. 在課堂上搞清楚顯微鏡的光學系統有關消光和干涉現象的理論知識。

2. 加強認識色譜，仔細辨別各級序相同顏色的區別。

(一) 上下偏光正交時，當礦物顆粒的振動方向平行上下偏光時的黑暗現象稱為消光現象，這個位置叫消光位，與解理之間的關係稱消光類型。

均質體和非均質體

1. 永久消光：均質體，非均質體垂直光軸切片。

2. 四次消光：除上述切片外，當礦物振動方向與上下偏光鏡平行時，始呈消光，觀察由消光位開始轉到 45° 位置時最明亮，轉載物台一周 360° 時有四次黑暗。

根據消光性質能快速的區別均質體與非均質體

1. 消光與解理的關係

(1) 解理與消光位一致時稱平行消光。

(2) 兩組解理相交消光位平分角度時稱對稱消光。

(3) 解理與消光位有一定角度時稱斜消光。

操作：薄片下礦物消光現象的觀察

1. 对好光后加入上偏光鏡。
2. 將薄片置于載物台上，將欲觀察之礦物移到中心。
3. 用中倍鏡，旋轉載物台觀察其消光現象。
4. 如礦物不是永久消光，觀察每轉 45° 、 90° 的現象，記錄觀察結果，說明原因。

5. 在消光位時去掉上偏光觀察解理位置是平行消光對稱消光或斜消光。

6. 斜消光須進一步作角度測量。

當礦物消光時讀出載物台刻度例如是 61° 然後轉載物台至解理與十字絲平行讀出數字如 37° 則 $61 - 37 = 24^\circ$ 即為消光角。

注意：

1. 在這個實習進行操作時，除對光和觀察消光位及夾角關係時，需除去上偏光鏡外，皆在正交偏光下進行。

2. 如用角閃石測斜消光時，應找取具有一組解理干涉色較高的為適宜。

(二) 干涉色的認識

干涉色分成很多等級稱為干涉色級，每級都具有不同的顏色，並有一定次序排列，稱為色序。

色級可分為四至五級以上，一級以下者稱為低級干涉色，二級以上者稱為高級干涉色，最常見干涉色是一級至三級，應熟練，實習時應仔細觀察。

茲將干涉色及色序列表如下

干 涉 色 級	快 慢 差	干 涉 色 序
第 一 級	$0-550 \mu\mu$	暗灰—灰白—白—淡黃—紅黃—紫紅色
第 二 級	$550-1100 \mu\mu$	藍—綠—黃—紅—紫色
第 三 級	$1100-1650 \mu\mu$	藍—藍綠—黃綠—黃—紅色

利用石英楔子認識干涉色級序

操 作：

1. 對好光後加入上偏光。
2. 在正交偏光鏡下，显微鏡筒下端 45° 位置偏孔中，加入石英

楔，緩緩推入，同時觀察干涉色的變化，在開始時屬于一級，以次隨着石英楔繼續推入，色級和色序逐漸增高。

注意：

1. 在初次觀察時動作要慢，最初不能辨認時可參照掛圖，並且應多重復幾次。

2. 應將所看到的變化情形和順序作記錄。

使用石英楔子確定干涉色級序。

操作：

1. 在正交偏光鏡下用輝長岩薄片，置載物台上，用中倍鏡，准焦較高干涉色輝石，移至中心。

2. 轉載物台，使該顆粒至消光位，然後轉 45° 使干涉色達最鮮明位置，決定所屬色級。

如不能判斷則可使用石英楔幫助辨別。

3. 在顯微鏡筒 45° 位置偏孔中，緩緩推入石英楔；觀察干涉色變化可能出現的兩種情況。

(1) 礦物干涉色逐漸降低（是需要的情形）

(2) 礦物干涉色逐漸增高，在此種情況下應轉載物台 90°

4. 繼續推進石英楔子，使色序變化降至一級暗灰色為止。

5. 將石英楔子緩緩拉出，並且注意觀察色序升高級數，當色序升至原礦物干涉色時，其應屬之級數，即礦物干涉色的級數。（或在向外拉出之前去掉薄片，觀察其拉出時的級序經過和變化亦可決定）。

注意：

1. 初學者往往對於色級色序不夠熟練，應多給予機會，重複操作，最後應將結果詳細記錄。

2. 應找取干涉色較高顆粒如橄欖石，輝石、白云母的干涉色，確定其級數（二級或三級）。

（三）正交偏光鏡下檢板的使用和礦物快慢光的測定。

目的：

1. 利用各種檢板，以補色方法來檢查快慢光方向。

2. 認識干涉色了解產生變化原因。

要 求:

1. 了解檢板的种类, 快慢差, 快慢方位, 在正交偏光鏡下的干涉色, 以及在显微镜上的插入位置。

2. 了解使用意义和其測驗矿物时降低升高的原理。

内容: 应用石膏及云母檢板, 檢板具有快慢差和快慢光方位。

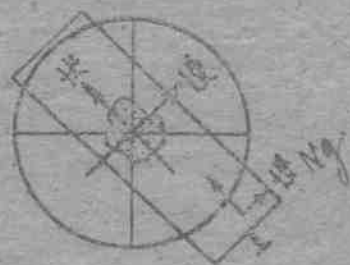
石膏檢板为鈉黄光一波長 $=589\mu\mu$, 干涉色呈紫紅色。

云母檢板为 $1/4=147.3\mu\mu$, 干涉色一級灰白色。

快慢光方位, 一般都是短边为慢光方向, 也就是 Ng 方向 (也有相反的)。

測定时如檢板的快慢光方向相合, 則总的快慢增加, 干涉色升高。

如檢板的快慢光方向与矿物的快慢光方向相反, 干涉色降低, 檢板的快慢光方向固定即可測得矿物的快慢光方向, 如图



升高



降低

操 作:

1. 取花崗岩或花崗閃長岩薄片, 在正交偏光鏡下將石英或長石移至中心。

2. 用中倍鏡聚焦矿物

3. 轉動載物台使消光, 然后再由消光位轉 45° 达最明亮时, 觀察干涉色并決定其級序。

4. 加入檢板, 觀察干涉色是升高还是降低。

5. 繪圖說明矿物的快慢光方向。

注 意:

1. 如用石膏檢板时应了解石膏檢板快慢差是 $589 \mu\mu$ ，干涉色一級紫紅色，如果矿物干涉色較低快慢差 $< \frac{589}{2} \mu\mu$ 时，此时加入檢板时的升高与降低应以石膏檢板本身的干涉色为标准。例如矿物的干涉色是一級灰，快慢差約为 $100 \mu\mu$ 加入石膏板，快慢方位相反时是 $589 - 100 = 489 \mu\mu$ 快慢差的干涉色仍較矿物干涉色高，呈一級黃，是应注意的。

2. 如用云母檢板即可免去此种現象而皆能以矿物干涉色作为升高和降低标准，但矿物干涉色較高时，不如石膏板所現的干涉色是升高或降低那样鮮明和灵敏。

3. 在矿物达消光位时，如因初次观察时由于黑暗程度認識不清时，可加石膏檢板檢查准确消光位置，适值消光，加石膏檢板則呈一級紫紅色，位置稍偏即显橘黃色或藍紫色，很灵敏。

三、上下偏光正交时錐光鏡下的晶体光学观察

在此光学系統下研究晶体时，可解决下列問題：

1. 矿物晶体的軸性
2. 矿物的光性符号
3. 切片种类
4. 光軸角大小

現將一軸晶和二軸晶各种不同切片的錐光下的干涉象概述如下，同时說明光性符号的測定方法。

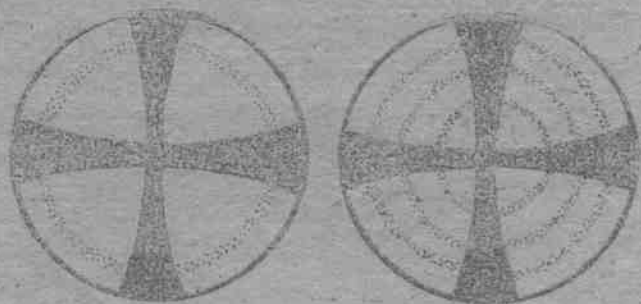
(一) 一軸晶切片之干涉象

1. 垂直 O 軸切片之干涉象

O 軸垂直于切片平面，这种切片，在正交偏光下之特征为永久消光，其在錐光系統下則呈現如下圖之干涉象。

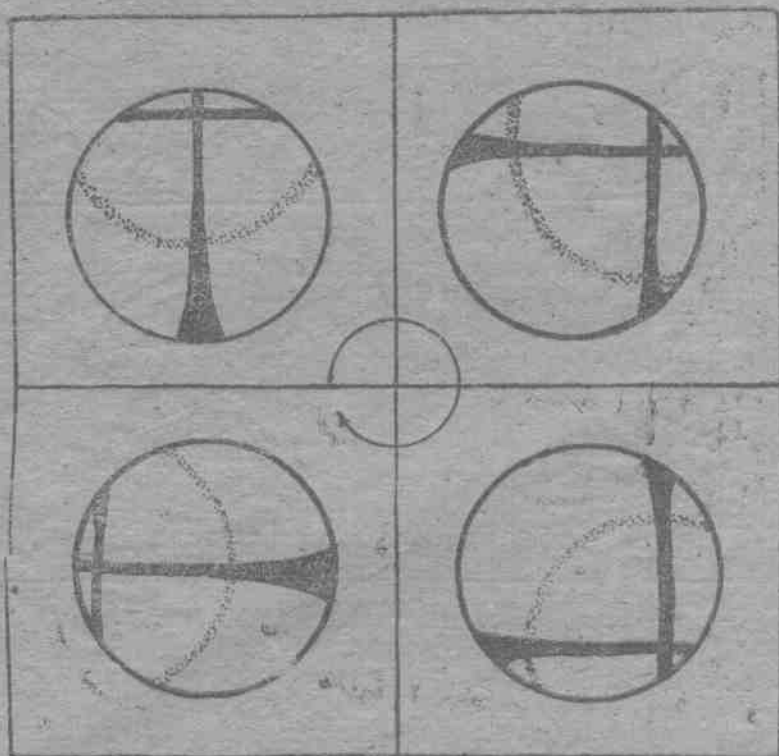
此干涉象具有下列特点：

- ① 干涉象为一与上下偏光鏡之振動面一致的黑十字与目鏡十字絲一致。并將視域分成四个象限。
- ② 轉動物台时，黑十字的位置，永远不变。
- ③ 黑十字的兩臂，在近 O 軸（十字交点）处較窄，愈远离 O 軸，



逐漸加寬。

① 圍繞十字交點，可形成不同的干涉色圈，其色序愈遠離中心愈高。（色圈之多少或有无視切片之厚度及該礦物之雙折射率而定）

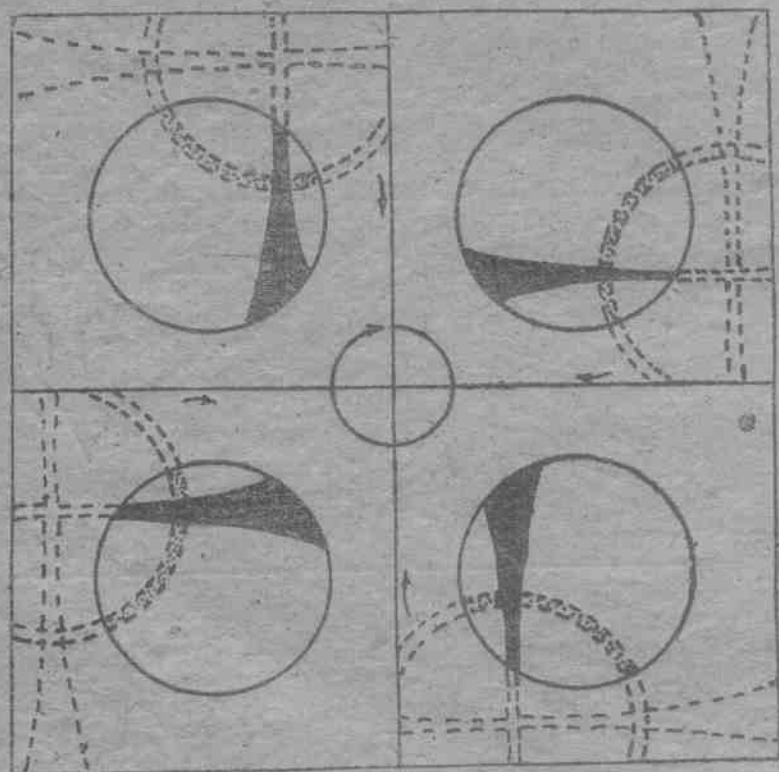


C軸在視域中時，旋轉載物台，干涉色之變化情形

2. 斜交 O 轴切片之干涉象。

O 轴斜交于切片平面，因此，此种切片在正交偏光下只有当 O 轴方位与上下偏光振动面一致时，才产生消光现象，故旋转物台一周，可有四次消光。同时此种切片之干涉色，由于 O 轴倾斜，故较垂直 O 轴者为高。

由于 O 轴对切片平面的倾斜角度不同，在偏光下呈现下列二种干涉图象：



O 轴在视域外时，旋转载物台，干涉象之变化情形。

此类切片之干涉象，具有下列特点：

- ① 一交点不在十字中心的黑十字。
- ② 旋转物台时，随 O 轴位置的变化，十字的中心位置，亦相

应移动，而且臂則成平行移动。

③ 圍繞十字的中心，仍可出現不同的干涉色圈，色序愈遠離十字中心愈高。

3. 平行C軸切片之干涉象——退變干涉象。

C軸位於切片平面內，在正交偏光下，旋轉載物台，亦呈四次消光，干涉色則較同一礦物的其他各種切片為高。

在錐光系統下，當C軸與上下偏光鏡之振動面一致時，則全部視域几全呈黑暗，但稍一轉動載物台，則黑暗現象立即消失，出現不同的干涉色序。在C軸方位，干涉色序最低，垂直C軸方位，干涉色序最高，而在視域中心部分，其色序介於前二者之間。

一軸晶光性正負之測定

一軸晶礦物的光性正負，以其常光和非常光光速之快慢決定之，當常光光速大於非常光時，則為正光性；反之，為負光性。光性正負的確定可按下列步驟進行。

1. 找到干涉象

2. 確定C軸方位（根據十字絲交點方位）

3. 決定常光和非常光方位。

4. 加檢板，根據干涉色之升降，確定二者的快慢，常光和非常光的快慢確定後，即能決定此礦物之光性符號。

（二）二軸晶切片之干涉象

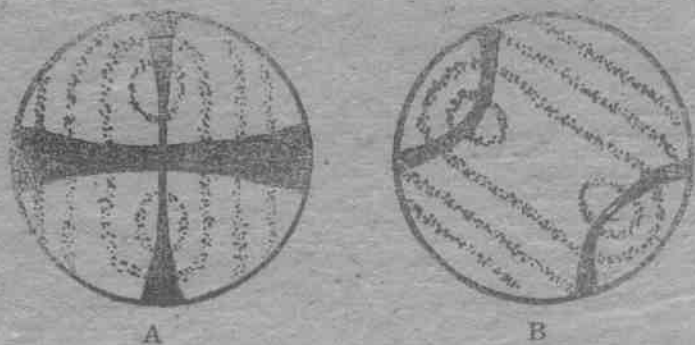
二軸晶礦物的切片種類較多，因此，出現的干涉象的型式亦很多，按切片對於光學主軸和光軸的關係，可以有（1） $\perp$ 銳角等分綫的；（2） $\perp$ 光軸的；（3） $\perp$ 鈍角等分綫的；（4） $\perp$ XZ光學主要對稱面的；（5） $\perp$ Xy，或yz，光學主要對稱面的；（6）斜切的（切片法綫與x，y，z三光學主軸斜交）等種，這些不同切片在錐光下的干涉象，各不相同，下面介紹最重要的二種切片的干涉象並希望通過學習徹底搞清其生成原理，因其他各種切片的干涉象，可按同樣原理，了解其特徵及其在不同位置的变化情形。

1. 垂直銳角等分綫的干涉象

切片法綫為X（-）或Z（+）；在正交偏光下，此類切片旋轉載物台一周，呈四明四暗，干涉色在同種礦物中為較低的，當切片所

包含的二个光学主轴 (x, y) 或 (y, z) 与上下偏光平行时, 干涉象为一黑十字, 较细的一臂为光轴面 (xz 面) 所在位置, (如下图 A)。此时, 如转动载物台 45° , 则原来的十字变为一对对中心对称左右对称的双曲线, 曲度最大处 (臂最细处) 为光轴出露处, (如下图 B), 此时, 如继续转动物台 45° , 则双曲线又变成黑十字。

同时, 由于在锥光系统下, 切片各部分, 因方位和厚度的不同, 形成不同的快慢差, 光轴出露处, 快慢差等于零, 愈远离光轴, 快慢差增加, 因此围绕二个光轴, 形成近似圆形的色圈。(色圈之有无, 视切片之厚薄和矿物的双折射率而定。因此, 某些切片不一定都有色圈)。

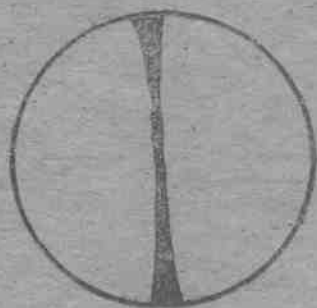


2. 垂直光轴的干涉象。

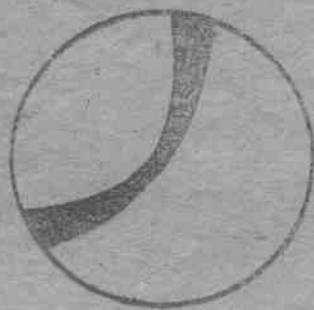
切片法线为光轴, 在正交偏光下, 呈永久消光现象, 在锥光镜下, 当切片所包含的一个光学主轴 Y 与上下偏光平行时, 在视域内将见一根黑臂 (如下图 A), 如转动物台 45° , 则直臂变成一左右对称并通过十字丝中心的弯曲黑臂, 弯曲的黑臂永远凸向锐角等分线 (如下图 B)。如再转 45° , 则又成直臂。

二轴晶光性正负的测定

二轴晶光性的正负, 决定于其锐角等分线的名称, 如锐角等分线为 X , 则为负光性。如锐角等分线为 Z , 则为正光性。因此, 我们决定二轴晶光性正负时, 主要是要确定锐角等分线是 X 光学主轴还是 Z 光学主轴, 这在我們根据干涉象确定了光轴面的方位后, 可以用检板根据干涉色的升降, 把锐角等分线的名称, 决定下来。

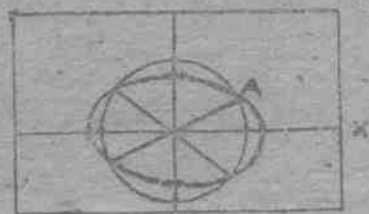


A



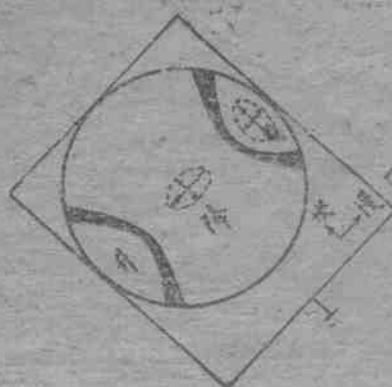
B

現簡述一下測定正負的原理，首先要知道的是二軸晶一礦物三個光學主軸方向的速度，是 $x > y > z$ 。同時，一個切片在偏光鏡下由于入射光的方向不同，可以引起速度的變化，正負光性的測定，就是依據這種不同方向的速度變化來決定的，下面二個剖面圖分別表示光線在正光性和負光性性礦物的 x, z 面內速度變化的情形，徹底了解了下面二個圖的意義，測定正負就不會有困難。



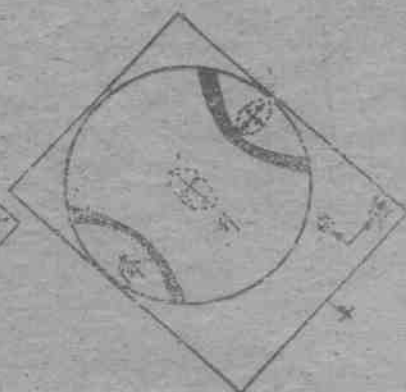
如上图所示如为一正光性礦物（ z 为銳角等分綫）則在銳角範圍內平行 y 振擺的光为慢光但在鈍角範圍內平行 y 振擺的光則为快光。因此由于光軸內外速度的变化，加入檢板后將产生如下的現象（以 $\perp$ 銳角等分綫为例）

如上图所示，如为一負光性礦物，（ x 为銳角等分綫）則在銳角範圍內，平行 y 振擺的光为快光，但在鈍角範圍內，平行 y 振擺的光則为慢光，因此由于光軸內外速度的变化，加入檢板后將产生如下圖的現象，（以 $\perp$ 銳角等分綫的干涉象为例）



正光性

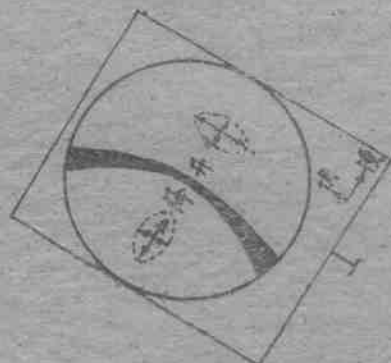
根据上图，当加入检板后，如锐角范围干涉色降低，而钝角范围干涉色升高，即能决定锐角等分线是 γ ，为正光性。



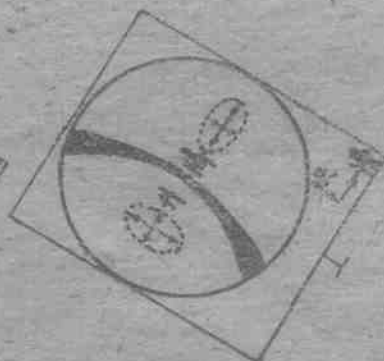
负光性

根据上图，当加入检板后，如锐角范围干涉色升高，而钝角范围干涉色降低，即能决定锐角等分线是 γ ，为负光性。

如果对上面的测定正负的原理了解了，则对其他各种干涉象的正负的测定，可以用同样原理加以测定，在测定正负时，重点的是一定要很好的区别锐角范围和钝角范围，下面再举一个光轴的切片的干涉象做例子，其他的情形就不一一列举了。



负光性



正光性