

偏光顯微鏡下觀察造岩礦物

王執明 賴發奎

國立臺灣大學地質學系

一、偏光顯微鏡

偏光顯微鏡只不過是在被觀察物的上下，各有一個偏光鏡的透光顯微鏡（見圖1），利用“偏光”的先決條件必須被觀察的物質要能透光。偏光顯微鏡與一般顯微鏡之差別除偏光鏡外尚有：有刻度及游標尺的可旋轉之載物台、附加的石膏板與雲母板、聚光鏡與勃氏鏡。我們觀察物質時的特徵有干涉色、消光角與干涉像圖。其中有關使用聚光鏡與勃氏鏡時之干涉像圖的觀察不在本文介紹。

1. 上、下偏光鏡：光波以橫波的方式前進，即振動方向與波的前進方向垂直。我們所見到的光，其振動方向包括了任意的方向，而偏光鏡就像一個濾光器，只讓順某特定方向振動的光以及在這個特定方向上的分量通過，也就是說光線經過偏光鏡後，其振動方向均一致。

偏光顯微鏡的目鏡中有一十字線，可作為測量消光角與校定偏光鏡之用。一般都將下偏光鏡調為南北向（縱向），並加以固定；上偏光鏡則為東西向（橫向），並於操做時可做加入與移出的調整，當上偏光鏡加入時稱為正交偏光，而移去時稱為平面偏光。當正交偏光而光的進行在兩偏光鏡間不受干擾時，我們看到是全黑，因南北向振動的光其東西向分量為零。

2. 載物台：載物台上的游標尺與刻度，是用來測量礦物外形特徵與光性特徵之間的角度用的，所以載物台必須為可旋轉的。

3. 附加板：附加板之作用在於改變光程差，因而改變干涉色，由干涉色的變化以判斷被觀察之晶體中的快、慢光方向，因附加板的插入方向與附加板之快光振動方向一致，當此快光與晶體之快光方向一致時，光程差即相加，反之與晶體之慢光方向一致時，光程差即相減。一般均使用光程差為 $550 \text{ \AA}$ 之石膏板與 $135 \text{ \AA}$ 之雲母板兩個。

4. 干涉色：結晶體（除等軸晶系外）均能將入射光依其結晶構造的特性，分成兩個互相垂直的方向振動的分量，在透出品體後再合成一個合成波。當光波在晶體內沿這兩個特殊方向振動前進時，

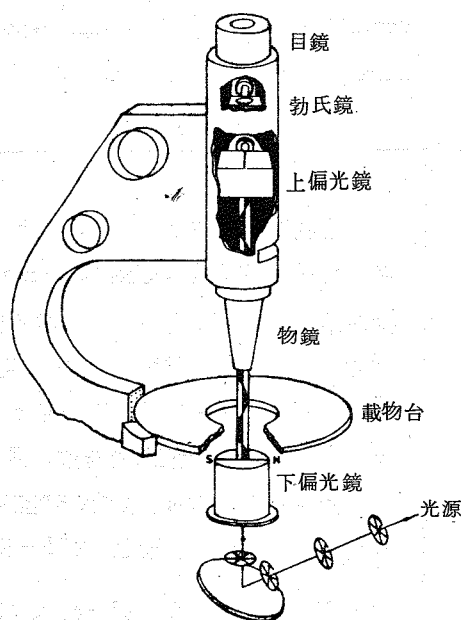


圖1 偏光顯微鏡

光速不同，速度較快者（頻率不變波長較長即折射率較小）稱為快光，速度較慢者稱為慢光，在穿透晶體的過程中產生光程差。因為橫波每隔 $\frac{1}{2}$ 波長振動方向恰指向反方向而成S形，所以當有光程差存在時，透射光的振動方向即與入射光的振動方向不同。圖2—A為光程差恰為 λ 之圖形，而圖2—B則為 $\frac{1}{2}\lambda$ 時之情形，當然光程差可任意變化，這兩個只是特殊的例子。

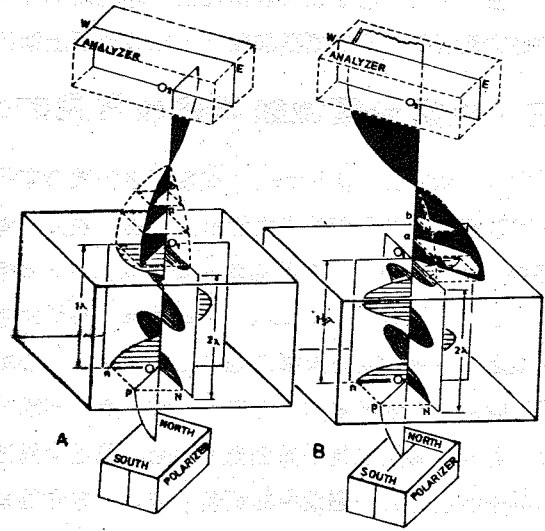


圖2 正交偏光時，光程差的效應。

我們經由上偏光鏡觀察時，送入我們眼睛的光是透出晶體後的光，其東西方向振動之分量，所以當我們以單色光源照射並旋轉載物台時，透過上偏光鏡的這個單色光的強度就會發生變化。同一晶體對不同波長的光具有不同的速度，所以當我們以白光照射時，各不同波長的光各有不同的

光程差，透射出來的振動方向也各不相同，而穿透上偏光鏡的強度視其振動方向與上偏光鏡之特殊方向（東西向）之夾角而定，其間之關係為一 $\cos$ 函數，交角較接近垂直的那些色光就被削弱了，這種經由正交偏光所看到的顏色稱為干涉色。當我們旋轉載物台時，因各色光的透射強度會起變化，所以干涉色也會跟著變化，通常我們都取與消光位成 45° 交角位置時的干涉色為標準。

5. 消光角：當晶體的兩個特殊振動方向中的任一個，恰旋轉至與下偏光鏡之振動方向平行時，不論波長為何，透射光之振動方向永遠不變，仍為南北向，因無東西方向之分量，故經由上偏光鏡觀察時為全黑或稱全消光，此時即為到達消光位。因晶體的兩個特殊振動方向一定垂直，所以每旋轉 90° 必消光一次。所謂消光角即消光位與晶體某項外觀特徵所成的夾角之角度，如一組特別發達之解理，兩邊平行之長柱狀晶體或其他線性的結晶特徵。

二、薄片的製造

由於要使礦物或岩石透光，所以要磨得非常薄，又因為光程差與薄片的厚度成函數關係，所以必須訂定薄片的標準厚度，目前公認的標準厚度是 0.03mm 。

製造薄片的過程如下：

1. 將礦物或岩石用鑽石鋸或其他工具鋸成片狀或擊成近似片狀。
2. 用砂輪機先磨出一個較平的面。
3. 以金剛砂（碳化矽 SiC ）、剛玉粉（ Al_2O_3 ）或鑽石粉（Diamond, C）等硬度達9以上者為研磨劑，先用粗砂（ 0.042mm ）粗磨，再用細砂（ 0.0254mm ）細磨而完成此面。
4. 利用加拿大膠加溫將此面黏於載玻片上。
5. 冷凝後，再經由砂輪機——粗砂——細砂，而使薄片磨至約 0.03mm 之厚度。
6. 再用加拿大膠黏上蓋玻片即完成。

注意，使用粗砂或細砂研磨前，應先將薄片清洗乾淨，以免研磨劑中混入硬度不一樣的物質。研磨時宜取少量之研磨劑再加點水，在玻璃板上進行為宜，並且粗砂與細砂絕不可混合以造成“污染”。

三、以偏光顯微鏡觀察最常見的造岩礦物之薄片

1. 橄欖石 (Olivine)：橄欖石之特徵為有裂紋而解理不顯著；若晶體有結晶外形或解理跡象時，可觀察出它具平行消光之性質。光程差最大可達可見光波長之 $2\frac{1}{2}$ 倍（一般以紅光 550Å 為一週期各顏色重覆出現）。平行晶體長軸方向振動者為慢光。彩圖一為正交偏光下之橄欖石。

2. 普通輝石 (Augite)：普通輝石在平面偏光下多為無色，或非常淺的綠色與棕紫色。光程差造成之干涉色最高可至第二週期之中間部分。普通輝石具兩組交角約為 90° 的解理，當薄片平行 C 軸磨出時兩組解理顯象同一方向，彩圖二與三即為平行 C 軸之切片，彩圖二為平面偏光，彩圖三為正交偏光而顯出其干涉色為第一週期中的黃色。若切片方向為垂直 C 軸時，兩組解理非常清楚，見平面偏光的彩圖四。其解理之角度是由單鏈狀矽酸鹽結構而造成的（見圖 3）。最大消光角為 36° 至 45° 。沿彩圖二中解理方向振動者為快光。

3. 普通角閃石 (Hornblende)：角閃石與輝石最顯著的差異在於兩組解理的角度，角閃石中的解理交角約為 120° ，這是由雙鏈狀結構造成的（見圖 4）。彩圖五與六為垂直 C 軸之切片，前者為平面偏光，後者為正交偏光。平行 C 軸切割時亦僅看到一個方向的解理，此時其最大消光角為 12° 至 30° ，而平行這個方向振動的是慢光。干涉色與普通輝石大致相同。但普通角閃石本身為綠色或棕色，這個顏色會蓋過它的干涉色。

4. 黑雲母 (Biotite)：黑雲母切片的顏色可為棕色、黃棕色、紅棕色、橄欖綠或綠色，其干涉色最高可達第二週期之紅色，它的本色也會蓋過干涉色，而使黑雲母與普通角閃石不易區分，這兩者的最佳分辨方法是利用解理。見彩圖七，黑雲母僅有一組垂直 C 軸的解理，而垂直 C 軸的切片就看不到解理（圖中右上方的那一片）。消光角通常為平行解理消光，有時可達 3° 。平行解理振動的是慢光。

5. 石榴子石 (Garnet)：石榴子石的折射率比加拿大膠高很多，因此穿透其顆粒外緣的光均向內折射，而造成石榴子石外緣一圈黑暗的線條，見彩圖八。石榴

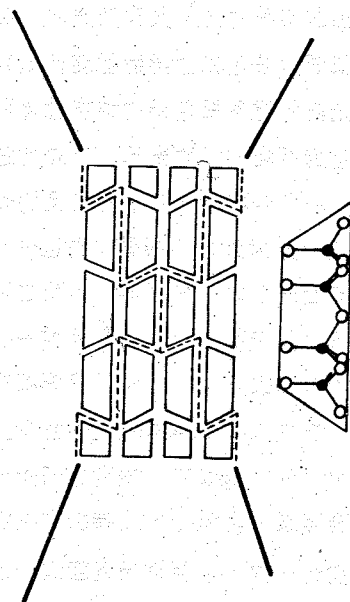


圖 3 輝石約為 90° 之解理的形成

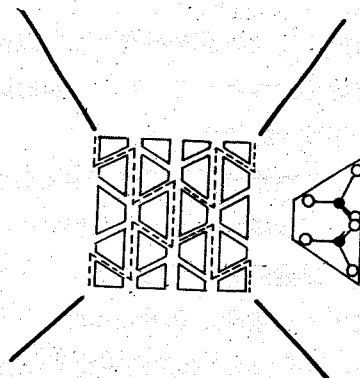


圖 4 角閃石約為 120° 之解理的形成

子石切片的顏色可為無色、淺紅色、淡棕至暗棕色與綠灰色，無解理。因石榴子石為等軸晶系，光透射時不論振動方向為何，其光速均一樣，所以在正交偏光下為全黑，見彩圖九。

6. 石英 (Quartz)：石英切片為無色，無解理，干涉色為第一週期之白色帶少許黃色，見彩圖十，因由第二週期起均無白色，所以石英可用來測定薄片之厚度。平行長柱方向振動的是慢光。

7. 斜長石 (Plagioclase)：斜長石的切片為無色，垂直C軸的解理最發達，干涉色為第一週期的灰色或白色，其消光角隨含鈣量的增加而成連續的增大。其平面偏光下與石英的差異在於長方形的外型與有微小斑點的包容物，彩圖十一為平面消光下安山岩中的斜長石。而在正交消光下的雙晶構造 (Albite Twin) 更為斜長石最大的特色，彩圖十二中與長方外型平行的線條即為雙晶的構造。在安山岩中的斜長石常有環帶現象 (Zoning)，即在旋轉載物台時有連續的成環帶的輪流消光之現象，見彩圖十二。

各礦物干涉色的週期變化，即光程差的變化，當光程差每達一個波長 (550Å) 時。干涉色即增加一個週期，當同一波長的色光在不同的週期中時，其顏色一樣，但彩度與亮度會有少許的變化，其間差異之分辨，全在工作者累積之經驗。 □

封底說明

彩圖一：橄欖石，正交偏光。

彩圖二：普通輝石，平行C軸，平面偏光。

彩圖三：普通輝石，平行C軸，正交偏光。

彩圖四：普通輝石，垂直C軸，平面偏光。

彩圖五：普通角閃石，垂直C軸，平面偏光。

彩圖六：普通角閃石，垂直C軸，正交偏光。

彩圖七：黑雲母，平面偏光。

彩圖八：石榴子石，平面偏光。

彩圖九：石榴子石，正交偏光。

彩圖十：石英 (正交偏光)

彩圖十一：安山岩中的斜長石，平面偏光。

彩圖十二：安山岩中的斜長石，正交偏光。