

同濟大學

矿物学、岩石學及地質学基础

1. 顯微鏡鑑定方法

△顯微鏡的構造——用於鑑定岩石礦物的顯微鏡是偏光顯微鏡，就是在普通顯微鏡上加兩個聶氏鏡（NICOLS），一個加在旋轉台上面，叫做上聶氏鏡，不能轉動，另一個加在旋轉台下面，叫做下聶氏鏡，可以轉動，一般是使兩鏡的B—光綫的擺動方向互成直角，這叫做正交聶氏鏡（CROSSD NICOLS）。

偏光顯微鏡除上下兩聶氏鏡外，各部分的名称很多，首先各部分是裝置在一個鏡架上，架的上端有一鏡筒，能上下轉動，轉動鏡筒的螺旋，叫做焦點螺旋，筒的頂端是接目鏡，其中附有十字綫（普通用NO.3），下邊有一貝氏鏡，是看干涉圖用的，筒的下端是接物鏡，以其放大倍數不同，有NO.1、NO.3、NO.5、NO.7等等級，普通用NO.3，鏡架下面的座上裝有旋轉台，可以轉動，四周刻有度數，台上就是放置薄片的地方，薄片放好后，用夾子壓緊，就不能移動，下面是下聶氏鏡，鏡下附一聚光鏡，也是看干涉圖用的，不用時可以抽出。最下面是一個鏡子，有凹面和平面兩種，如用太陽光，是用平面鏡子，如用人工燈光，是用凹面鏡子。

用顯微鏡時，必須小心謹慎，以免把鏡頭搞壞，在薄片放好后，將鏡筒下旋，然後自接目鏡中察看焦點，這時可將鏡筒緩緩上旋，至對準焦點為止，切勿上下旋轉，以免觸破薄片，或把接物鏡的鏡頭搞壞，接目鏡中的十字綫，用時宜輕輕裝上，以免震動搞斷。又應用顯微鏡時，一定使上下聶氏鏡成為正交，（這時光綫不能通過，鏡下視之，是黑暗的），對好后，下聶氏鏡就不隨便轉動，對準焦點後，如旋轉台轉動時，焦點並不固定在一點，也隨着轉動，有時到視域以外，是時可以利用接物鏡上的螺旋校正，使焦點在旋轉台轉動時固定不動為止。

光綫由鏡反射進入下聶氏鏡后，就平行下聶氏鏡擺動方向，成偏光擺動，進入礦物薄片后（如礦物具有雙折射），分為兩個光綫，O—光綫和E—光綫，因其在礦物中速度遲速不同，所以又叫做快光綫和遲光綫，其擺動面彼此垂直。這兩光綫進入上聶氏鏡后，O—光綫全反射被上聶氏鏡吸收，E—光綫分為兩個，在同一面上擺動，但彼此相（PHASE）不同，以其相差的結果，產生干涉色，以達于眼中。現在把光綫在顯微鏡里經過的情形列圖如下：

日光 下聶氏鏡 礦物薄片 上聶氏鏡 接目鏡 肉眼

光綫在各
方向擺動

光綫在一
面擺動

光綫分為
快光綫和
遲光綫

兩光綫
在同一
面擺動
產生干
涉色

2. 制岩石薄片方法：

岩石的結構和成分每為肉眼所不能及，故須切成薄片置于顯微鏡下觀察之。切片時須用之器材甚多茲將其敘述如下；(一)切片机可分三種，一為切盤平置式其裝置方法，即有一直軸上置平薄之切盤。切盤為鋼制徑二十公分厚僅〇.一公分用皮帶與旋轉輪相接，輪轉盤亦轉，輪之旋轉可用腳踏板或電力為之，被切之石塊鉗制于虎頭鉗上可以轉動，使石塊可以切深，切盤與鉗皆置于金屬盤中。切片須不時加用滑劑，多以肥皂水或石腊為之，裝于小筒中，用小管輪送至切盤邊緣。另一種的切盤直置或與前者裝置相似，只有平直之分，旋轉則用電力。(二)鋼板或銅板一片，另須玻璃板兩片，寬闊皆為九十平方公分厚兩公分比等方板須置于硬木盤中，木盤至少須四十公分見方。(三)金鋼沙為磨研用之，分為三級最粗為70 次為220 最細為30 厘米。(四)加拿

大樹膠為粘性流體質加熱一則熔化冷則變硬。五鋼板一塊系用以煮樹膠用者。(A)破片其大小為 7.5 公分 × 2.5 公分，另尚須蓋片則為 1.5 公分見方。(B)其他尚須小刀一把鉗子一對。

切片步驟：(一)切割——岩石鉗于虎頭鉗上，受切盤切割而成薄片以愈薄愈好，厚一二厘最為適合。(二)第一次磨制——將切成薄片首先放在 70 級之金剛沙上和水磨之，直至表面平齊均勻為止，移于 220 級之沙板上繼續磨之相當時間後再移于 30 級細沙上，光滑為止。(三)粘土——研磨完成後取一玻璃片，上置熔熱一加拿大樹膠，將光滑之片面粘于其上。(四)第二次磨制——磨研步驟亦如第一次，由粗而細，至薄片為吾人理想厚度時為止，並使其干燥。(五)粘合——第二次磨研之後薄片已可利用，取一蓋片，其上放膠加熱，熔後，置于薄片上，此時最須注意者即當驅氣泡時蓋片易碎裂。(六)清理和書寫標識將蓋片放好，用酒精或醚洗淨，然後書寫名稱及采得地點。

制片之注意點：(一)制片時所用岩片須最新鮮。(二)如遇多孔性岩石必須放在膠中煮五分鐘至十分鐘，使樹膠填于孔隙中，硬度增加方可磨研，如遇片理多之變質岩，所切之薄片須與片理平行。(三)研磨時須注意對於薄片壓力之均勻免致發生厚薄不一之結果。(四)每次移換磨盤時均須將其洗淨。(五)膠之使用務須不老不嫩。(六)研磨時薄片上之樹膠因硬度未能適當，而有不良反應，則須將其洗淨，另將新鮮樹膠加熱塗在片邊，毋使脫落。

我們如欲將疏松物質或砂粒等置于顯微鏡下觀察，其處置辦法自與上述不同，其進行步驟：(一)物質之一般成分及狀態務須將其保存。(二)物質在必要時須篩去粗沙，所用之篩為三十孔或六十孔，即每方吋有三十孔或六十孔。(三)粗沙篩別後用水將泥質沖洗干淨然後使干。(四)將重的物質集中。

集中方法有二：一为淘洗法一为比重沉淀法。淘洗之法将物质置于盘中，加水而后，前后推动或使其不断旋转，粗沙粒集中盘底，而其他则在上层，然后将上层物质取出冲洗，轻的除去，再使其干燥便可应用。比重沉淀法须在将胶结物质除去以后，岩石往往因胶结物质使岩性模糊，须将其除去，如石灰质胶结物可用稀盐酸，铁质胶结物可用强盐酸，胶结物除去后，参将其放入，性熔液中，通常所用者为 Bromoform 比重为二·九如仍不是用则用汞钾碘之混合液，其比重为三·三放入溶液后用手将其摇动比重超过二·九。

3. 顯微鏡下之現象：

(一) 形狀——岩石當凝結時如環境適宜於晶体之自由生長，則礦物之各面，必須晶面為界，凡礦物能顯示其自有特殊之形狀者，則稱為自形的晶体。另一方面，礦物為成長而競爭，換言之，即在其結晶發育時，常受其他礦物晶体的阻礙，結果即成他形的晶体，有時一種礦物結晶後，常被尚未凝結之溶融岩漿溶蝕成不規則形狀，因此在酸性熔岩及微小侵入體中之石英粒常蝕成圓形，有時且被蝕成空洞，鉄鎂礦物如普通角閃石及云母，在安山岩及玄武岩中，其外圍常有深色之蝕化帶存在，由氧化鉄自礦物中分離而出所成，胎形晶体如晶子如微晶等，在玻璃質岩石中，甚為常見，此乃因凝結甚速，尚未凝成完全之晶体。

(二) 屈折率，或折光指數——一礦物之屈折率乃表示礦物對於經過其本身之光綫，使其偏斜之能力， $(N = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\sin i}{\sin r})$ 偏斜大者，其屈折率高，反之使偏斜小者，其屈折率必低。一礦物之屈折率與包裹此礦物之物質之屈折率，兩者如相差愈大，其交接之邊緣亦愈顯明，因此石英粒，其屈折率平均為 1.55，在加拿大樹膠 (1.54) 中就不甚顯著，而普通輝石 (1.72)，普通角閃石 (1.65) 及橄欖石 (1.68) 等在同一媒質中，則極為顯明，有突出之象，具有屈折率更高之礦物，如石榴子石 (1.78)，榍石 (1.89) 及金紅石 (2.79) 等則成一寬暗色之邊。此乃因光綫之大部分已在交界處遭受全反射。礦物表面之突起，乃以兩屈折率間之差異而定，即礦物之屈折率較媒質為高或較媒質為低，因此螢石之屈折率極低 (1.43)，而其現象則與橄欖石 (1.68) 相，前者稱為負突起，后者則稱為正突起。

將載物台下之光圈閉起，而使顯微鏡之鏡筒，微微上旋，則兩礦物粒之分界處，有顯明之白綫，或者介與礦物與包裹礦物之樹膠間，

当鏡筒向下旋时，則白綫即自屈折率較高之物質向較低之物質方面移动，此种，为比較两連接矿物粒之屈折率之最实用方法，通常称为貝氏方法，Beokes Method 此白綫即所謂貝氏綫。

一矿物之表面如系不平，磨成薄片后，仅能在矿物之屈折率与所用媒質之屈折率不同时，始能見之。例如屈折率甚高之矿物，如橄欖石及榍石，常表面粗糙，而石英及长石，因其屈折率与加拿大树胶相若，故无此現象。方解石一矿物，因其具两种屈折率，最小者低于树胶，而最大者則高于树胶，故其突起甚为特殊，即当在偏光鏡下，旋轉載物台时，常产生一特殊之閃爍現象，忽稳忽灭，此种性質，对于鑑定此类矿物，极为重要，应用油浸方法，直接鑑定矿物，之屈折率，对于岩石学，帮助甚多，尤以在鑑定斜长石之成分时，更为方便，其詳細方法已見于各岩石学之专书中，茲不贅述。茲将重要造岩矿物之屈折率及在浸沉法中常用液体之屈折率，列之如下：

造岩矿物之平均屈折率 (N.)

金紅石	2.76	电气石	1.63
鈹鉄矿	2.52	方柱石	1.63
鈣鉄矿	2.38	阳起石	1.63
鉻鉄矿	2.10	方解石	1.60
鈹英石	1.95	白云母	1.59
榍石	1.93	滑石	1.59
石榴子石	1.81	鈣长石	1.58
鈍鈉輝石	1.79	綠泥石	1.58
綠帘石	1.72	蛇紋石	1.57
藍晶石	1.72	黑云母	1.56
尖晶石	1.72	石英	1.55

黝鐵石 ———— 1.70	鈉鈣長石 ———— 1.54
透輝石 ———— 1.68	霞石 ———— 1.54
橄欖石 ———— 1.68	重晶石 ———— 1.54
斧石 ———— 1.68	高岭石 ———— 1.54
頑火輝石 ———— 1.67	鈉長石 ———— 1.53
普通角閃石 ———— 1.64	正長石 ———— 1.52
紅柱石 ———— 1.64	方鈉石 ———— 1.48
磷灰石 ———— 1.63	氟石 ———— 1.43

用于鑑定礦物之屈折率之各種煤質之屈折率

水 ———— 1.333	溴苯 (Monobrombenzol) — 1561
橄欖油 ———— 1.469	溴仿 (Bromofom) ———— 1588
桐油 ———— 1.477	肉桂油 ———— 1605
杉油 ———— 1.516	一氣萘 (Monochloronaphthalene) — 1635
加拿大樹膠 ———— 1.540	一溴萘 (Monobromnaphthalene) — 1655
丁香油 ———— 1.542	二碘鉀烷 (Methylensiodide) — 1790

(二) 解理——一礦物之分裂綫之清晰与否及是否有規則，是視其解理之完全程度而定，一完全解理常呈甚多之均勻細綫，而不完全之解理，則綫成分枝狀或不規則，裂縫之清晰与否，以礦物及所用煤質之屈折率之差異而定，因此石英之裂縫及長石之解理，實不如橄欖石，普通輝石或普通角閃石之清晰，解理綫如與切片相垂直則更清楚，愈斜愈暗淡不清，若能善用光圈，則對於察看解理，幫助不少，礦物切片之方向與解理，甚有關係，如柱狀解理在垂直于直軸之切片中，甚為清晰，可見其兩組相交之平行綫，若在平行直軸之切片中，則僅能

見其一組。一平行底面及軸面解理，僅有一組解理綫，若切面系平于此種解理面，則無解理綫可見。平行于菱面（方解石）立方體（方沸石）及八面體（氟石）之解理。以其切片位置之不同能見之解理綫，或為兩組，或為三組。

四包裹物——晶体在成長之時間，常包裹由其本身分出，或外來之物質或細粒狀或毛髮狀，夾于晶体之中，此種包裹物之排列，有時與晶体之形狀有關，可以成為中心狀圓周狀或帶狀，有時則無一定之排列，包裹物之種類有四：(1)氣體，(2)液體，(3)玻璃質及(4)礦物；氣體包裹物為輪廓較顯之小圓形或橢圓形之空隙，其中為空氣或碳氧所充填，有時其形狀與所寄生礦物相反，因氣體及包裹氣體之礦物，兩者之屈折率不同，故氣體包裹物，常具一顯明之黑邊。液體包裹物之輪廓，常不如氣體包裹物之顯明，液體或為水分，或為碳氧，（在壓力之下），往往不能將空隙填滿，故留有極小之氣泡，常顯固定的顫動，水分如含食鹽過多，有時可含食鹽之立方晶體，各種礦物中，均可有液體包裹物，惟以在石英中為最多。玻璃包裹物與液體包裹物之相異處，為有顯明及固定之氣泡，有時且氣泡甚多，被包裹之玻璃質物質，或具有顏色，或呈渾濁之象，去玻璃化作用或晶子與微晶之發育，亦可在玻璃質包裹物中產生，礦物包裹物與前述數種之分別，為其在偏光下之反應，其形狀不一，有針狀、棒狀、粒狀、片狀或鱗狀等數種，常沿晶面排列，與其所處晶体之對稱，有固定之關係，由此原因，故產生閃光 (Schiller) 及星光 (Asterism) 等之光學現象，前者系見于異劍石及紫蘇輝石中，而後者乃見于金雲母及星彩藍寶石中。

五、雙折射現象及干涉色——所有礦物，除其晶体屬等軸晶系而外，皆具有雙折射現象之性質，一雙折射現象礦物之最大與最小屈折率之

相差，即称为双折射率 ($N_g - N_p$)，若其差别较大，称为强双折射现象，如橄榄石及白云母等，此种在直交偏光柱間，其干涉色甚为显明，若其差别甚小，则称为弱双折射现象，其干涉色则为暗淡或中和。干涉色系由光綫干涉之結果，为光綫經過两聶氏鏡及矿物薄片所产生，顏色之程度乃以光綫減速之大小而定，而此种又随矿物薄片之厚度而有变化，如厚度一定，則以所試矿物之种类而异，因此，一标准厚度 (0.03mm) 之矿物薄片，在正交聶氏鏡間，长石为灰色，石英为白色，皆为第一次序，但普通輝石及普通角閃石，則为較高次序之藍色，綠色及紅色，如矿物切片之方向不同，干涉色亦有变易。

具有双折射率之矿物，如薄片稍厚切片方向适当，在收斂光之下，常呈特殊之图象，此种称为干涉圖，若用云母或石膏試片或石英模試之。可以鑑定其光性記号 (正或負)，茲将普通矿物之最大折射率列之如下，此种对于在标准厚度之薄片中，比較其干涉色，甚有帮助。

重要矿物之最大双折射率 (見下)

金紅石	----- 0.287	綠簾石	----- 0.038
菱鎂矿	----- 0.202	橄欖石	----- 0.035
白云石	----- 0.189	透輝石	----- 0.029
方解石	----- 0.177	阳起石	----- 0.027
文 石	----- 0.155	普通輝石	----- 0.025
榍 石	----- 0.091	矽綫石	----- 0.020
鈣英石	----- 0.062	普通角閃石	----- 0.016
滑 石	----- 0.050	矽灰石	----- 0.015
白云母	----- 0.043		

极

强

强

紫苏辉石	----- 0.012	} 中 和	黝帘石	----- 0.006	} 弱
红柱石	----- 0.011		霞石	----- 0.005	
石膏	----- 0.010		磷灰石	----- 0.003	
石英	----- 0.009		白榴子石	----- 0.001	
正长石	----- 0.007		薄叶绿泥石	----- 0.001	

白色光(太阳光)是由各色光线之光波组成,从红色至紫色,每种颜色之波长不一,红色是0.00076公厘,而紫色是0.00040公厘,因1公厘=10⁶millimicrons=mu,所以红色的波长可写为760mu,而紫色是400mu,两光线通过上聶氏镜后,以其象差之量而使两光线之光波相加或抵消,这样就产生不同的干涉色,依牛頓氏干涉色表,可将干涉色分为四級次序,两白色光之光波間象差如是550mu就是第一級紅色,1100mu是第二級次序紅色1650mu是第三級次序紅色,2200mu是四級次序紅色,例如石英之双折射率是0.009,就是象差是0.009microns或9mul,薄片厚度(micron)若薄片厚度是30 microns (0.03公厘),那么在经过石英薄片后,两光线之象差是30×9=270 mu,这样显出之干涉色,照牛頓氏干涉色表是第一級次序之浅灰色。

(4)多色性——光线通过下聶氏镜后,有些矿物,当转动载物台时,常改变颜色,此即叫做多色性,它的产生是由矿物在不同的方向,吸收白色光中之不同颜色而成,因此均质矿物(等轴晶系矿物及玻璃质)不具此性质,具多色性显著的矿物和云母、普通角闪石、电气石等都是最好的例子,黑云母当解理线平行于下聶氏镜之摆动方向时,颜色最深(暗褐色),而垂直于下聶氏镜之摆动方向时最浅(浅褐色)。

(5)消光——具有双折射率的矿物薄片,在正交聶氏镜間,当转动载物台时,矿物中两光线的摆动方向,有时平行于聶氏镜的摆动方向,

在 360° 轉动时，有四次是这样，在这种情形时，光綫摆动从下聶氏鏡經過矿物薄片到达上聶氏鏡，光綫都被切去，因此光綫不能通过，所以矿物，当載物台轉 360° 时有 4 次黑暗，（每 90° 度一次），这种叫做消光，在消光时，轉动 450° 时，是矿物最显明的时候，上聶氏鏡和下聶氏鏡之摆动方向，恆是一定（一为南北，一为东西），如矿物消光时，其晶体方向，如其延长向或解理綫和接目鏡中十字綫平行时，叫做直消光，如成一角度，叫做斜消光，（消光角可用載物台上刻度量出）如左右旋轉和十字綫所成之角相等，叫做对称消光。

凡均質矿物或单軸矿物之底切面，在正交聶氏鏡間，完全黑暗，单軸矿物之纵切面是平行消光，双軸矿物，因切片方向不同，或为平行，或为斜消光，亦有成对称消光的，如矿物具有双晶，因消光不同，常显黑白相間現象，如长石。

II. 造岩矿物（矽酸盐类）

1. 矽酸盐类造岩矿物的分类：

(一) 矽酸盐由单独的矽氧四面体 (SiO_4) 組成精体构造：

- (1) 钻石 (2) 橄欖石 (3) 黄晶 (4) 藍晶石 (5) 紅柱石 (6) 矽綠石
(7) 十字石 (8) 石榴子石（鋁鋁、鉄鋁、錳鋁、鈣鉄、鈣鋁、鈣鉻石榴子石） (9) 符山石 (10) 榍石

(二) 矽酸盐由矽氧四面体 (SiO_4) 的个体集合組成晶体构造 ($Si_2O_7-Si_6O_{18}$)：

(a) 矽酸盐由 Si_2O_7 个体組成：螢青石。

(b) 矽酸盐由鏈形的阳向原子团構成：(1) 电气石 (2) 矽灰石
(3) 蔷薇輝石

(c) 矽酸盐由矽氧四面体 (SiO_4) 成連續的鏈形組成晶体构造：

(a) 矽酸盐由单鏈的阳向离子組成——輝石类（单斜晶系輝石：透

1. 辉石、普通辉石、钠辉石；斜方晶系辉石：顽火辉石、紫苏辉石）

(b) 矽酸盐由双链形的阳离子组成——角闪石属（单斜晶系角闪石：透闪石、阳起石、普通角闪石）

(c) 其他矽酸盐可能为单链形的阳离子组成晶体的构造：

(1) 黝帘石 (2) 绿帘石

(d) 矽酸盐由矽氧四面体的连续层组成晶体的构造：

(1) 滑石 (2) 金云母 (3) 黑云母 (4) 白云母 (5) 磷云母 (6) 绿泥石属（薄叶绿泥石、斜绿泥石） (7) 蛇纹石 (8) 高岭土

(e) 矽酸盐由铝矽氧四面体 $(Si, Al)_2O_4$ 的连续三向的晶架（即面网）组成晶体的构造：

长石属 (1) 斜长石属（钠斜长石、钠钙斜长石、中性斜长石、钙钠斜长石、培斜长石、钙斜长石）

(2) 正长石属，一单斜晶系高温组（冰长石、钙冰长石），二单斜晶系，低温组（正长石、钠正长石）三，三斜晶系组（钾微斜长石、钠微斜长石）

2. 矽酸盐类造岩矿物的叙述：

(a) 矽酸盐由单独的矽氧四面体 (SiO_4) 组成晶体构造：

(1) 锆石—— $zrSiO_4$ 正方晶系， $G^4, 4G^3, 5p^0$ 晶形，短柱状，常为正方柱体，颜色：无色，但常为黄色，橘黄，红色，绿色很少，光泽：金刚状，有时油状，硬度：7—8 解理（110）但很少有，断口不平整或贝壳状，比重：4.68—4.70。

鉴定特征：晶体为短柱状，油状光泽，高的硬度和比重。

产状：很少呈散在侵入岩中（如在霞石正长岩、花岗岩、闪长岩、麻岩中），在伟晶花岗岩和正长伟晶岩中有大的晶体，在变质岩中（如晶华片岩——干涉色为高级次序）

(2)橄欖石—— $(Mg, Fe)_2 SiO_4$ ，斜方雙錐體 $3G_2 3p0$ ，晶形，常為粒狀的集合體，顏色橄欖綠，部分蛇紋石化的橄欖石具有假綠色，一部分為無色透明，光澤，玻璃狀和油狀，硬度：6.5—7，脆性，斷口常為貝狀，比重3.0—3.5。

鑑定特征：①在橄欖玄武岩中他常為大的星散顆粒，可以從黃綠色，玻璃光澤，不平坦斷口，②而知道在侵入岩中他和鎂矽鹽酸（輝石、蛇紋石）和鉻尖晶石共生。

產狀：橄欖石本身可以組成火成岩，存在缺乏矽酸的基性岩石，或超基性的岩石中：1) 純橄欖岩，幾乎全部由橄欖石組成（中含少量的鉻尖晶石），2) 橄欖岩中除橄欖石以外還有輝石，在一般的情況橄欖石遭到蛇紋石化而變為蛇紋石，僅保留一部分橄欖石的外形，橄欖石常組成輝長岩、輝橄岩、玄武岩，基性噴出的基性凝灰岩的一部分，在酸性岩石中不存在。

在風化過程中，一部分氧化為氧化鐵，若完全風化時 MgO ，和 SiO_2 皆溶解而去，而殘留氧化鐵，在地面上由於碳酸化合物和矽化而變為蛇紋石。

薄片性質： $N = 1.66—1.68$ ，雙折光率 = 0.04，干涉色為第二次序至第三次序，無雙晶，解理少見，但常有不規則的裂縫。

(3)黃晶—— $Al_2(SiO_4)(F, OH)_2$ ，斜方晶系，斜方雙錐體 $3G_2 3p0$ ，晶形，在空間中常形成的晶体，晶面完全且豐富，多為柱狀（近于金紅石），在岩石中晶形不規則，成細狀集合體，顏色，無色透明較少），通常為淺色的黃、藍、綠、紅等，光澤，玻璃狀，硬度8，解理：依(001)完全，斷口貝狀。

鑑定特征：依照晶形和硬度和完全的解理，即可和其他的相似礦物相區別，黃晶成密致狀的顆粒和石英相似，但黃晶具有解理，和高

的硬度和较强的光泽。

产状：其成分中含氟(F)丰富，表示由气成作用而成，常在酸性火成岩的空隙中（如花崗岩、流纹岩）和偉晶花崗岩中，有时在片岩、片麻岩、和其他岩石間的热液矿脈中，有时在侵入岩和圍岩接触处成細小的顆粒星散在火成岩中。

和他共生的有氟石、电气石、烟石英、綠宝石、錫石、长石、然在云英岩中和云母錫石、鎢矿、及硫化矿等伴生。

黄晶的化学性质稳定，抵抗风化力强，故常被搬运到砂粒中。

薄片性质： $N = 1.93$ ，表面极粗糙，平行消光，双折光率 $= 0.006$ 。干涉色为第四次序，但細粒的干涉色较低。

(4)藍晶石—— $Al_2(SiO_4)O$ 三斜晶系，晶形常为长柱状（沿 O 軸伸长），颜色：深藍色，有时綠，黃，灰色帶淺褐色，无色黑色很少，光泽，玻璃状，在解理面上有珍珠光泽，硬度各个方面不同在 (100) 面上是4.5，纵切面为6，在 $(010)(110)$ 为7，脆性，解理：依 (001) 完全 (010) 較次之，比重3.56—3.68。

鑑定特点：很易从深藍色，或藍色，和各个方向不同的硬度而知道，主要在結晶片岩中，在显微鏡薄片，显出許多方向不同的裂隙。

产状：为含鋁质丰富的結果片岩中，是极其高温和高压下形成的，故有較大的比重，若温度高压低时很不稳定，和云母、鋼玉（有时大量鋼玉）、石榴子石、电气石、十字石、紅柱石等共生，是气成作用的表示，有时和电气石、云母、綠泥石成小脈状貫穿在片麻岩中（其柱状方向表示生成时与压力垂直）。

薄片性质：在薄片中为无色或淺藍， $N = 1.72$ ，表面粗糙，双折光率 $= 0.016$ ，干涉色为第一次序紅色，有时有双晶可見。

(5)紅柱石—— $Al_2(SiO_4)O$ 或 $Al_4(Al_4Si_4O_{20})$ 斜方晶

系， $3G_23p_0$ ，晶形，巨大柱體，切面近於正方形，（若在鈣質頁岩中，其晶體內部有炭質或泥質的黑十字構造，則稱為空晶石），也有放射狀和粒狀的集合體，顏色：無色很少，常為灰黃、褐、玫瑰、紅、暗綠，光澤，玻璃狀，硬度：7—7.5，解理：依(100)清楚，斷口，不平坦。

鑑定特征：其特性是晶體為方柱形，及柱面解理，硬度高，故和其他矽酸鹽礦物不同。

產狀：常分布在頁岩和炭質頁岩的接觸交代礦床中，也可以在變質的火山岩中，特別和花崗石接觸有關，在片麻岩和雲母片岩中和石榴子石、剛玉、藍晶石等共生。

薄片性質：在薄片中無色或淺紅，有色的具有多色性， $N=1.63$ ，表面粗糙，雙折光率弱 $=0.007-0.011$ ，干涉色為低為等一次序黃色，平行消光。

(6)矽綠石—— $Al(Al_2SiO_5)$ ，斜方晶系，斜方雙錐體 $3G_23p_0$ ，晶狀，針狀，柱面上(001)上有清晰的條紋，也有或密集的放射狀，和纖維狀的集合體，或呈細小彎曲的纖維狀，在其他礦物中，（如石英、長石），顏色：灰、淺褐、淺綠，光澤玻璃狀。

鑑定特征：結晶為針狀、纖維狀等，和紅柱石的區別可依晶形和光性（雙折光率大）。

產狀：為高溫接觸變質礦地，常直接和火成岩接觸，甚至在含鋁豐富的捕掳岩中，在結晶岩中為早期的礦物，有時和紅柱石、堇青石在一起。

薄片性質：無色，纖維狀， $N=1.658$ ，表面粗糙，雙折光率 $=0.020$ ，干涉色為第二次序藍色，平行或對稱消光。

(7)十字石—— $Fe^{\#}Al_4(SiO_4)_3O_5(OH)_2$ 斜方晶系， $3G_2$

3pc晶形，短粗柱状，双晶非常特别，以(032)面为直角，以(232)为斜角，颜色：红褐色，褐黑色。

光泽：玻璃状，硬高7—7.5，解理，依(010)清楚。

鉴定特征：从颜色，和晶形特别是双晶，而易知道。

产状：为高温矿物是某些结晶片岩中的特殊矿物，大部分在区域变质岩中在接触变质岩中较少，其母岩含铁和 SiO_2 丰富，和石榴子、红柱石、绿帘石、云母、磁铁矿、钛铁矿共生，化学性稳定。

薄片性质：薄片为浅黄色，有多色， $N = 1.73$ ，表面较粗糙，双折光率弱 = 0.010—0.015，干涉色为第一次序黄色至红色，多为平行消光。

(3)石榴子石属

此属是矿物中一个大属，其一般的分子式是 $A_3B_2(\text{SiO}_4)_3$ ，其中 $A = \text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$ ， $B = \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}^{2+}$ ，在他们之间又分为两队：

铁铝石榴子石队

镁铝石榴子石 $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

铁铝石榴子石 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

锰铝石榴子石 $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

钙铁石榴子石队

钙铝石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

钙铁石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$

钙铬石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$

石榴子石的物理性质

	比重	颜色	折光率
镁铝石榴子石 $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	3.51	暗红色, 血红色, 黑色	1.705
铁铝石榴子石 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	4.25	红色, 褐色, 黑色	1.830
锰铝石榴子石 $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	4.18	暗红, 橘黄色, 褐色	1.800
钙铝石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	3.53	铜黄, 绿, 褐色, 红色	1.735
钙铁石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$	3.75	黄, 绿, 褐红, 黑	1.895
钙铬石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$	3.52	绿宝石的绿色	1.870