

# 实验四 材料的显微结构分析

## 一、实验目的

熟悉并掌握偏光显微镜的构造及操作方法;在单偏光下可以观察晶体的形态、结晶习性、解理、颜色以及突起、糙面、多色性和吸收性;在正交偏光显微镜下观察矿物的消光现象、消光类型及消光角、干涉色及干涉色级序,晶体延长符号及双晶等,学会分别采用单偏光和正交偏光观察岩石和一些高分子的显微结构。

熟悉反光显微镜的构造、光路原理及各部件的名称、操作方法等。

## 二、实验原理

根据物理光学原理,全光经过偏振片后,成为偏振光。偏光显微镜就是利用这一原理,在其光路系统中分别加入了起偏镜和检偏镜,当两个偏光镜片平行时,构成了单偏光系统,此时若将另一偏振片旋转 $90^\circ$ 则构成正交偏光,这时若光路系统中没有加入任何物质,则光不能进入目镜,为“暗场”。晶体具有各向异性的特点,即晶体在各向的折光率也存在不同,将晶体各方向的折光率按向量作图,可以得到与晶体各向异性对应的抽象的球体或椭球体,这就是晶体光学上的“光率体”概念。将材料“薄片”在显微镜下观察时相当于对随即堆砌的晶体从不同方向剖开,这样偏振光通过晶体时,由于晶体在各方向的折光率不同而在显微镜的光路系统中形成“光程差”,由于“光程差”的存在,使在正交偏光下本来为“暗场”的图像由于晶体的存在而成为明暗或色泽差异的图像。利用偏光显微镜可以进行下列项目的观察。

### (一)单偏光下

#### 1. 晶体的形态

矿物在三维空间的立体几何形态有等轴状、厚板状、板状、片状、云母片状、长柱状、短柱状、针状和纤维状等(图 1),由于薄片中所见晶体皆为切割磨制后的断面形状,同一晶体由于切片方向的不同,在显微镜下观察到的外形会有差异,如图 2 中所示,一个立方体在不同的切片方向时其外形可以是正方形、三角形、六边形、长方形以及其它不规则形状。但晶体的截面形态总具有表征晶体形态特点的意义,在相当程度上反映了某种矿物外形的一般特征,因此在综合同一矿物各截面方向的特点后,根据结晶学的知识就可勾画出晶体的主体

几何形态，从而确定结晶习性及晶体生长时的物理化学条件等。

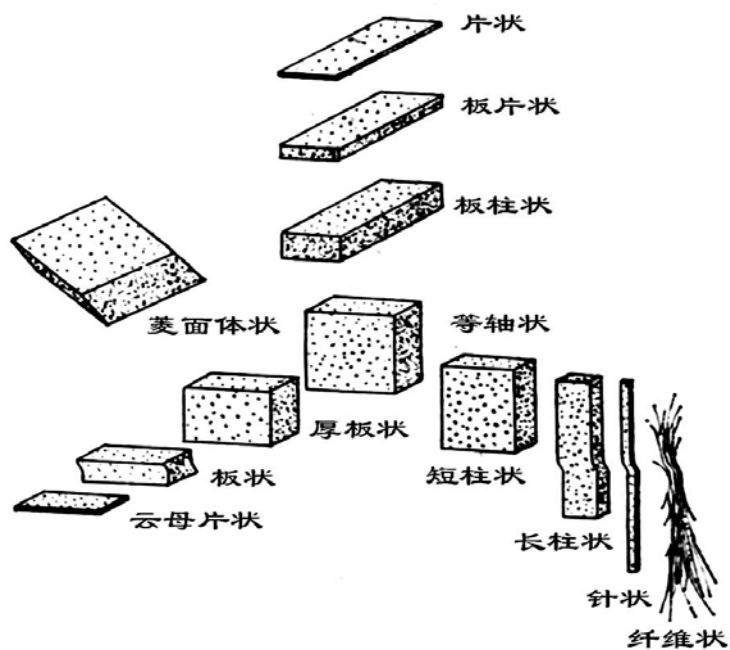


图 1 矿物的空间形态

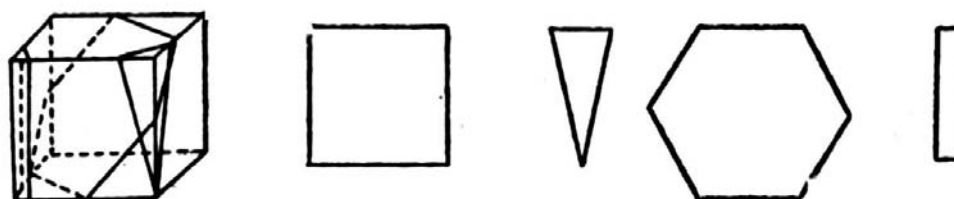


图 2 立方体在显微镜下所见晶形与切片方向的关系



图 3 晶体的自形程度示意图

a- 自形 b- 半自形 c- 他形

矿物的自形程度反映了其形成物理化学环境的某些特征，根据晶体发育程度可分为三

种：自形晶、半自形晶及他形晶。

(1) 自形晶：薄片晶形完整，一般呈规则的多边形，边棱全为直线(图 3a)。析晶早，结晶能力强，物理化学环境适宜于晶体生长时，形成自形晶。

(2) 半自形晶：薄片晶形较完整，但比自形晶差，部分晶棱为直线，部分为不规则的曲线(图 3b)。析晶较晚的晶体往往是半自形晶。

(3) 他形晶：薄片晶形呈不规则的粒状，晶棱都是他形的曲线(图 3c)。他形晶是析晶最晚或温度下降较快时析出的晶体。

由于析晶时物质成分的粘度和杂质等因素的影响，也会形成一些畸形的晶体，在薄片呈雪花状、树枝状、鳞片状和放射状等。

在显微镜下还常可以看到一个大晶体包裹着一些小晶体或其他物质，称为包裹体，包裹体可以是气体、液体、其它晶体或同种晶体。从包裹体的成分和形态可以分析出晶体生长时的物理化学环境，成为岩相分析的一个重要依据。

## 2. 解理及解理角

晶体沿着一定方向裂开成光滑平面的性质称为解理，裂开的面称为解理面，解理面一般平行于晶面。不同的矿物，解理的有无、解理的方向、组数和解理的完善程度都是不同的，因此，解理是显微镜下矿物鉴定的重要特征之一。

晶体的解理在薄片常表现为一些相互平行的细缝(解理面与切面的交线)，称为解理缝。按解理的完善程度，一般分为三级：

(1) 极完全解理：解理缝细而密集，平直而间距均匀，常常贯通整个颗粒，如图 4a 所示的黑云母的解理。

(2) 完全解理：解理清晰，但不完全贯通，常有中断现象，但连续性是主要的，中断现象居次要地位，如 4b 所示的辉石的解理。

(3) 不完全解理：解理在矿物颗粒上的分布常是不等距离的，连续性很差，仅能隐约看出其方向，有时甚至不太平直，如 4c 所示的橄榄石的解理。

图 4d 中显示的是石榴子石的应力裂纹。一般，不具解理性质的矿物在各种外力(冷却收缩、构造应力等)作用下，可能具有的不规则裂纹在晶体上表现为无一定方向，裂纹也不平直，彼此常不平行。但当剪切应力很强烈时，无解理的矿物可能会产生具方向性的裂纹，它们看起来与解理非常相似，但多观察几个颗粒后，就会发现这些颗粒的裂纹都是朝着同一方向的，有的甚至不同种矿物的裂缝也都一致。

解理角是指两组解理面交线的垂面上的夹角，每种矿物其解理之间的夹角是一常数，因

此可以测定其解理夹角具有一定的鉴定意义。

观察花岗岩中黑云母的完全解理， $Al_2O_3$ 瓷的不完全解理；普通辉石的两组解理及方解石的三组解理，并测定方解石矿物的解理夹角。

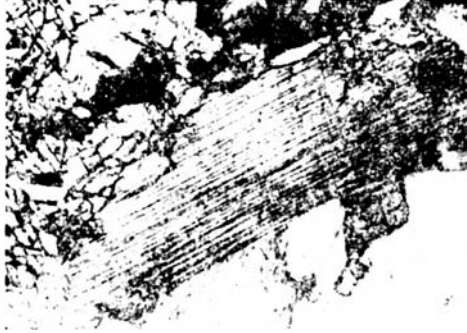


图 4a 黑云母的极完全解理



图 4b 辉石的完全解理

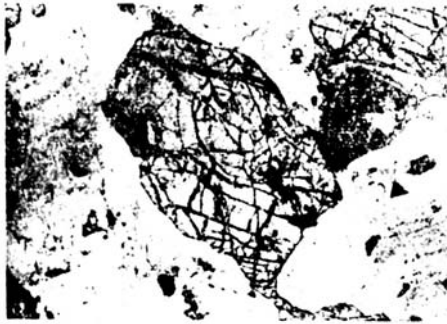


图 4c 橄榄石的不完全解理



图 4d 石榴子石的应力裂纹

### 3. 矿物的突起及糙面

#### (1) 突起和闪突起

在薄片，不同的晶体表面好象高低不同，某些晶体显得高一些，某些晶体显得低平一些，这种现象称为突起(Relief)。在同一薄片，各个晶体表面实际上是在同一水平面上，由于晶体折射率与树胶的折射率不同，从而引起人们在视觉上有突起的感觉。晶体的折射率与树胶的折射率相差愈大，则晶体的突起愈高。

晶体的突起实际上是矿物的边缘、贝壳线、糙面等与折射率有关的现象的总的表现，可以由于矿物不规则的边缘、解理、裂隙、包裹体以及次生变化等现象而表现得更明显。

树胶的折射率为 1.54，折射率大于树胶的晶体属正突起，折射率小于树胶的晶体属负突起。突起的正负可根据提升(或下降)镜筒时，贝壳线移动的规律来判断。提升镜筒时，贝壳线向矿物内移动为正突起，如贝壳线向树胶移动，则为负突起。也可以根据矿物准焦的提升镜筒后的亮带及边缘的暗带分布特点来判断突起的正负，如果亮带在矿物的内侧，暗带在矿物的外侧，为正突起，反之亮带在矿物的外侧，暗带在矿物的内侧，为负突起。

根据矿物折射率的高低可将突起分为六个等级，六个突起等级及相应的特征列于表 1 中。

表 1 突起等级以及特征

突起等级	折射率	边缘糙面特征	贝壳线及色散效应	代表矿物
高负突起	1.14 - 1.48	边缘糙面明显	贝壳线明显，提升镜筒，贝壳线移向树胶，色散效应显著，黄色光带在矿物一边，蓝色光带在树胶一边	萤石 蛋白石
低负突起	1.48 - 1.54	边缘糙面不明显	贝壳线可辨，提升镜筒，贝壳线移向树胶，色散效应清楚，黄色光带在矿物一边，蓝色光带在树胶一边	正长石 石榴石
低正突起	1.54 - 1.60	边缘糙面不明显	贝壳线可辨，提升镜筒，贝壳线移向矿物，色散效应清楚，蓝色光带在矿物一边，黄色光带在树胶一边	石英 白云母
中正突起	1.60 - 1.66	边缘糙面明显	贝壳线清楚，提升镜筒，贝壳线移向矿物，色散效应容易找到，蓝色光带在矿物一边，黄色光带在树胶一边	磷灰石 黄玉
高正突起	1.66 - 1.78	边缘糙面很明显	贝壳线很明显，提升镜筒，贝壳线移向矿物，色散效应清楚，蓝色光带在矿物一边，黄色光带在树胶一边	普通辉石 橄榄石
极高正突起	> 1.78	边缘糙面极为明显	贝壳线明显，提升镜筒，贝壳线移向矿物	榍石 石榴子石

在单偏光下转动物台时，有的矿物的边缘糙面突起显得忽高忽低，这种现象称为闪突起，也称假吸收。均质矿物具有各向同性，没有闪突起，一轴晶及二轴晶矿物具有各向异性，当一种矿物双折射率很大，尤其是其中  $N_g$  为正突起， $N_p$  为负突起时，或者其中一个折射率值与树胶折射率相近，转动物台，光在矿物不同方向上振动，折射率发生一系列变化，矿物的边缘糙面突起时而明显，时而模糊就会呈现闪突起现象。

多数矿物的闪突起不明显，少数矿物如碳酸盐矿物、白云石等的闪突起是重要的鉴定特征。闪突起现象在非均质体上的表现也随切片的方向而变化，在一轴晶平行光轴及二轴晶平

行光轴面的切面上，双折射率最大，闪突起最显著，在垂直光轴的切面上双折射率为 0，不显闪突起，其它方向的切片，闪突起明显程度介于平行光轴(或平行光轴面)与垂直光轴切面之间。

## (2) 糙面

在磨制薄片的过程中，矿片表面会产生极微细的凸凹不平现象，这种现象用肉眼不易觉察出来。在薄片上，矿片表面都有树胶覆盖，在树胶与矿片的界面上，由于树胶与矿片折射率之间的差异，使透射光在界面上产生折射、反射以及全反射等现象，在显微镜下，一些矿片的这种凸凹不平的表面便清楚地呈现出来，给人一种粗糙的感觉，称之为糙面(Rough Surface)。

由于矿片折射率与加拿大树胶折射率之间的差异程度不同，各种不同的矿物给人的粗糙感的程度也不同，有些矿物的糙面显著，有些矿物看起来则比较平滑。矿片与树胶折射率差异愈大，糙面感愈强。

## 4. 矿物的颜色和多色性

有些矿物在单偏光下具有一定的颜色，因此这种颜色可以作为鉴定这类矿物的标志之一。晶体在薄片上颜色的深浅是由晶体对光吸收的总强度不同引起的，总吸收率愈大，晶体颜色愈深，反之颜色愈浅。薄片的厚度不同，也会引起颜色深浅的变化，同种矿物在薄片上的厚度越厚，总吸收率越大，颜色也越深。

非均质体具有各向异性，在偏光显微镜下，有色矿物的晶体在结晶学的各方向上对不同波长的光选择吸收的总量不同，旋转物台时，晶体各方向呈现出不同的颜色，这种颜色的变化称为多色性，颜色深浅的变化称为吸收性。通常把每一个主折射率振动方向与下偏光振动方向平行，分别记录下它们颜色与颜色深浅的变化来表示矿片多色性与吸收性的特点。

## (二)正交偏光下

### 5. 消光现象

矿片在正交偏光镜下呈现黑暗的现象称为消光(Extinction)。正交偏光下不放置任何矿片时，来自下偏光镜的偏光，其振动方向与上偏光镜的振动方向垂直，被上偏光镜反射或吸收，没有光透过上偏光镜，视域呈现黑暗。在正交偏光下放置均质体的矿片，或放置非均质体垂直光轴的矿片，由于这两种矿片光率体切面都是圆，光程差为 0，来自下偏光镜的光进入矿片后，在圆切面面内任意方向振动，不发生双折射，也不改变振动方向，透出矿片到达上偏光镜时，

仍与上偏光振动方向垂直，透不过上偏光镜，视域呈黑暗，旋转物台一周，这种黑暗情况不发生变化，这种现象称为全消光(Complete Extinction)(图 1)，因此正交偏光镜间全消光的矿片，是均质体矿片，或是非均质体垂直光轴的切片。

在正交偏光镜下放非均质体其它方向的切片，这种切片的光率体切面为椭圆，当椭圆切面长、短半径与上、下偏光镜的振动方向(PP、AA)一致时(图 2)，从下偏光镜透出的振动方向平行 PP 的偏光，可以透过晶体而不改变原来的振动方向，当它到达上偏光镜时，因 PP 与 AA 垂直，透不过上偏光镜而使晶体消光。旋转物台 360°，晶体切片上的光率体椭圆半径与上、下偏光镜的振动方向有四次平行的机会，会出现四次消光现象。因此，四次消光是非均质体的特征。

## 6. 消光类型及消光角

根据晶体光率体主轴与晶体结晶要素(晶棱、解理双晶纹等等)间的关系，消光可分为三种类型(图 3)：

(1) 平行消光：消光位与晶体的晶棱，解理等方向平行一致。如中级晶族及斜方晶系的多数矿物(可观察高铝瓷中的刚玉，锆石英砂中的锆石英；花岗岩中的磷灰石；高压电瓷中的莫来石等等)。

(2) 对称消光：消光位于两组解理的夹角对角线的位置，可观察角闪石及辉石的横断面颗粒。

(3) 斜消光：消光位与晶体的结晶要素间斜交，斜交的角度依各种矿物的性质而变动，在定向切片中一定的矿物其消光角也一定。

具有斜消光特征的晶体，其某一特定切面方向上消光时，边棱、双晶缝或解理缝与目镜十字丝的夹角为一常数，称为晶体的消光角(Extinction Angle)，测定矿物的消光角可以作为鉴定矿物的标志之一。

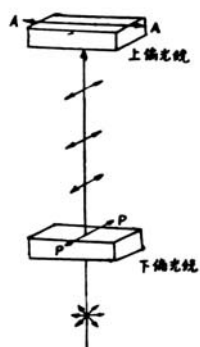


图 1 正交偏光镜的光学特点

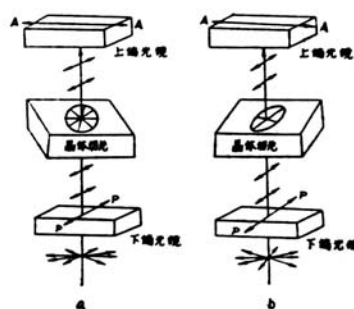


图 2 晶体在正交偏光镜下的消光现象

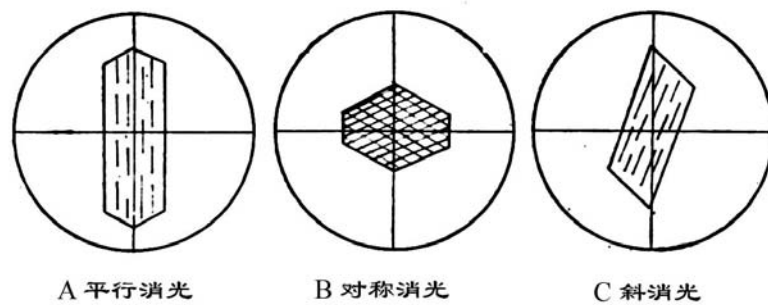


图3 消光类型

### 7. 矿物的干涉色及干涉色级序

将石英楔子(沿石英光轴方向由薄至厚磨成一条楔形的薄片)置于正交偏光镜下,用单色光照射,由薄到厚逐渐插入试板孔,在视域内就能看到明暗相间的条带(图6)。在光程差  $R = 2n\lambda/2$  处,光消失呈现黑带,在  $R = (2n+1)\lambda/2$  处,光线加强而呈现单色光的亮带。

当用白光为入射光时,由于白光由7种不同波长的单色光组成,看到的不是简单的黑暗与明亮的干涉条纹,而是一系列复杂彩色条带的组合,称为干涉色(Interference color)。

如果将石英楔子插入试板孔中,薄的一端在前,随着石英楔子的慢慢推入,可以看到干涉色在连续变化,次序为黑色、钢灰、蓝灰、白、黄白、亮黄……高级白。这种干涉色随着矿片厚度增加而规律变化,形成干涉色级序(Interference color order)。干涉色色谱表示于图7。

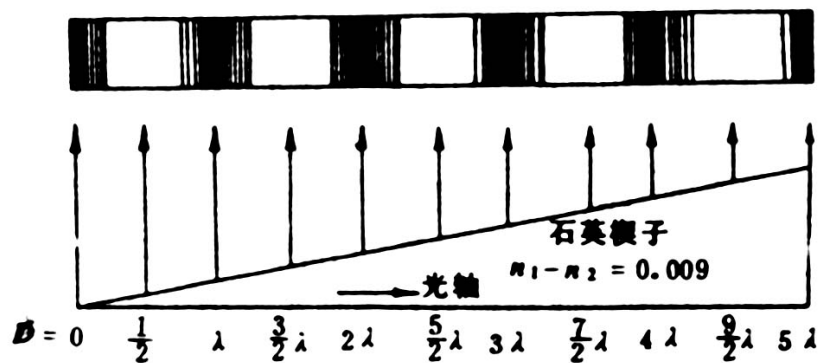


图6 用单色光照射石英楔的情况



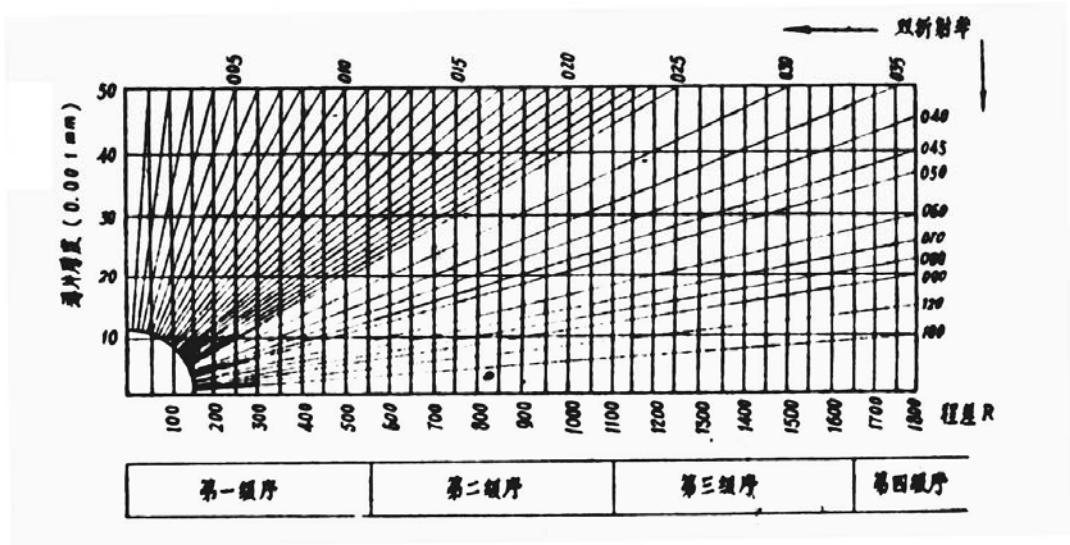


图 7 干涉色色谱表

### 8. 测定晶体延长符号

对于柱类、锥类或板状晶体,由于晶体发育方向往往与晶体的光率体主轴间有一定关系,有些晶体其延长方向与慢光平行或夹角小于  $30^\circ$ ,称为正延长;有些晶体延长方向与快光平行或夹角小于  $30^\circ$ ,称为负延长。延长符号的测定具有确定矿物晶体光性方位的意义,可以做为鉴定矿物的标志之一。

### 9. 观察双晶

双晶是指同种矿物两个以上的单体,按一定规律彼此连生在一起的现象。在正交偏光镜下,如果矿物相邻两单体光率体主轴之间彼此不平行,则两单体不同时消光或两单体表现出不同的干涉色,双晶结合面与薄片的交线称双晶缝。当双晶结合面垂直切片方向时,双晶缝最细而清晰,双晶结合面与薄片法线的交角愈大,双晶缝愈宽而模糊,交角大到一定程度时,双晶缝就看不见了。

双晶有简单双晶、复杂双晶和复合双晶等几种类型。简单双晶是指只有两个单体互相连生,在正交偏光下,一个单体消光时,另一个单体明亮,旋转物台,两单体消光和明亮现象交互出现,如图 8a 是正长石的简单双晶。复杂双晶是由三个以上的单体互相连生组成的晶体,又可分为联合双晶(如图 8b 中堇青石的六连晶)和聚片双晶(图 8c)。复合双晶则是指两种以上不同双晶率的双晶类型同时存在的情况,如微斜长石中钠长石双晶与肖钠长石双晶构成均匀而密集格子双晶(图 8d)。

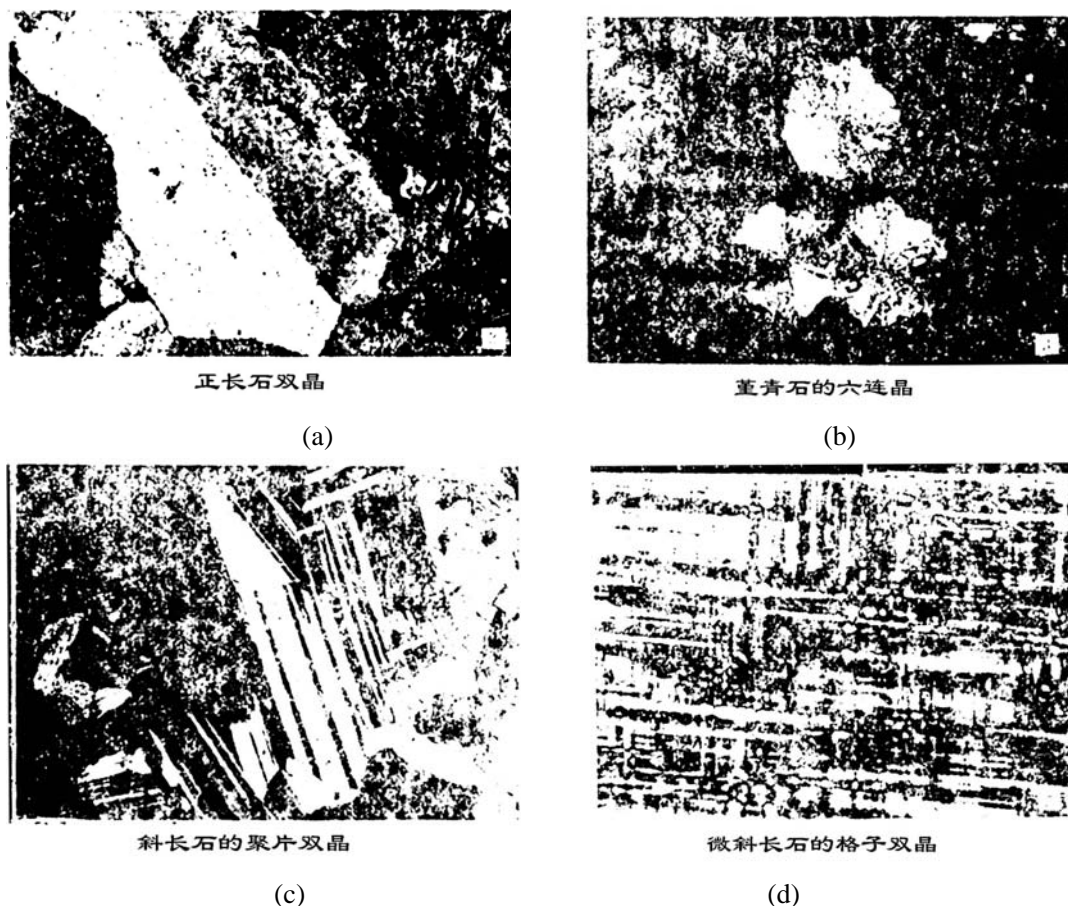


图 8 双晶示意图

### 10. 观察球晶

结晶聚合物的实际使用性能如光学透明性、冲击强度、硬度、模量、蠕变、耐热性能等均与材料内部的结晶形态、晶粒大小及完整程度有着密切的联系。聚合物的结晶可以具有不同的形态，如：单晶、树枝晶、球晶、纤维晶及伸长直链晶体等，而球晶是聚合物结晶中一种最常见的形式。在从浓溶液析出或熔体冷却结晶时，聚合物倾向于生成比单晶更为复杂的多晶聚集体，通常呈球形，故称为“球晶”。球晶的基本结构单元是具有折叠链结构的片晶(厚度为 10nm 左右)，许多这样的晶片从一个中心(晶核)向周围生长，发展成为一个球状聚集体。分子链的取向排列使球晶在光学性质上是各向异性的，因此在正交偏光下具有消光现象。在有的情况下，晶片会周期性地扭转，从一个中心向四周生长，这样在正交偏光下就会看到由此而产生的一系列消光同心圆环。

## 三、实验仪器设备及流程

### 1. 偏光显微镜的构造

偏光显微镜最主要的特点是具有产生偏振光的装置，试样薄片的观察研究是在偏光下进行的。偏光显微镜的类型很多，但基本结构相似。图 9 是 Leica DM LSP 偏光显微镜，主要

部件为：

(1) 目镜(Eyepiece)。目镜由一组安装在金属圆筒中的透镜构成，放大倍数有 5x、8x、10x和 12x等，目镜中通常装有十字丝，有的镜头安装有目镜微尺，微尺分为一百等分，有的目镜装有方格微尺，面积为  $1\text{cm}^2$ ，分为 400 格，用来统计矿物的百分含量，不用时也可将微尺取出置于附件盒中。

(2) 镜筒中段，有可转动的勃氏镜(Amici-Bertrand Lens)。勃氏镜又称勃创镜，是一小的凸透镜，位于目镜和上偏光镜之间，通常与高倍物镜在正交偏光镜间联合使用，主要起放大镜的作用。

(3) 物镜(Objective)。物镜由若干组透镜组成，放大倍数不同的物镜，其透镜的组合也不同。物镜通过弹簧夹或螺丝口与镜筒相连。

一般每台显微镜有 4~5 个倍率不同的物镜，也有多达 7 个以上的。每个物镜都有不同的数值孔径(Numerical Aperture)，也称计量光孔，以 N.A 标记。光孔角是指物镜最边缘的光线在焦准时所构成的角度，以  $2\theta$ 表示，如图10中所示。数值孔径与光孔角的关系可用下式表示： $N.A = n \cdot \sin \theta$ ，式中  $n$  是标本与物镜之间介质的折光率，当观察一般干薄片时，介质为空气时， $n=1$ ；当用油浸镜头观察时，介质为浸油， $n$  为浸油的折射率。

显微镜的图象清晰度或分辨率与数值孔径的平方成正比，与放大倍数成反比。不同类型显微镜同一放大倍数的物镜，其数值孔径愈大，成象愈清楚。同一物镜，物体与物镜间介质的折射率愈大，数值孔径也愈大，因此，用油浸镜头观察油浸薄片比一般用干镜头观察薄片更清晰。

物镜前透镜与薄片(不计算盖玻璃)间的距离，称为物镜的工作距离，工作距离随放大倍数的增加而减小，100x 的镜头的工作距离可小至 0.14mm，所以在使用高倍物镜时要小心。

(4) 可旋转物台(Stage)，带薄片夹持器。物台是一个边缘带  $360^\circ$ 刻度的圆盘形平面，可水平转动并读取转角。物台中心有一圆孔，是光的通道，盘上有一对薄片夹持器，用以固定薄片。

(5) 聚光镜(Condenser)。聚光镜位于物台下面，由一组透镜组成，可以把来自下偏光镜的一束平行偏光聚敛成锥形偏光。不用时可用手柄将其推向旁侧。聚光镜的数值孔径较大，有些显微镜中还备有一个数值孔径更大的聚光镜(N.A=1.4)，专门配合油浸物镜使用。

(6) 视场光圈。

(7) 粗动及微动旋钮。

(8) 镜座。

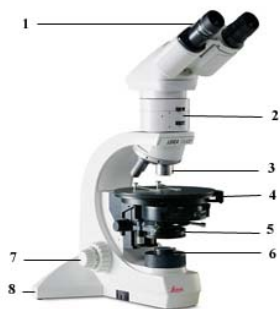
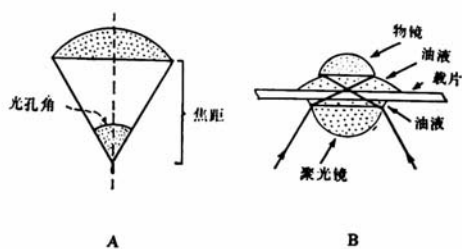


图 9 Leica DM LSP 偏光显微镜



—物镜的光孔角；B—在物镜与薄片及锥光镜与薄片间加上浸油，以提高孔径值

图 10 物镜的光孔角示意图

## 2. 反光显微镜构造

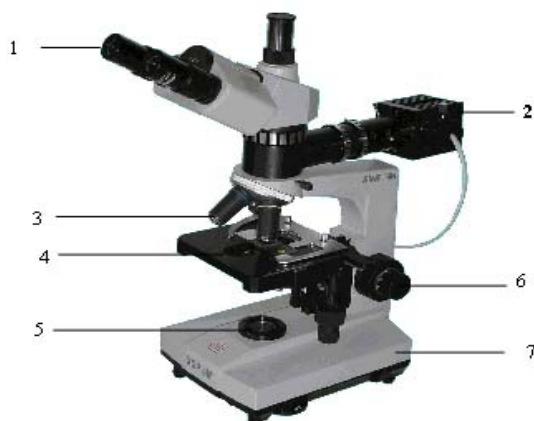


图 11 反光显微镜

(1) 目镜；(2)光源、灯泡；(3)物镜；(4)物台；(5)光栏；(6)调焦螺旋；(7)镜座。

反光显微镜(也称金相显微镜)样式很多，原理相同，都是通过自试样表面的反射光束来观察分析制品的显微结构，图 11 是上海光学仪器五厂生产的 BM12 透反两用正置金相显微镜。反光显微镜的构造除了与偏光显微镜有相似的镜座、镜臂、镜筒、目镜、物镜及物台等主要部件外，还有一个垂直照明器。

## 四、实验操作步骤

### 1.1 偏光显微镜操作

- (1) 从镜箱中取出偏光显微镜，对照说明书检查各部件是否完整，有无破损及丢失。
- (2) 取下目镜盖，装上 10X 目镜。
- (3) 打开物镜盒，把中倍及高倍(45X)物镜旋在物镜转换器上。
- (4) 利用反光镜调节视域至最亮(切记不可加入分析镜)。
- (5) 将实验薄片置于物台的机械台夹上，练习用低、中、高倍物镜进行调焦。

## 1.2 物镜中心校正

观察试样时应使显微镜光学系统的光轴与物台中心重合，如果旋转物台时，十字线中心的矿物偏离中心的位置，就会影响镜检工作的进行，所以使用显微镜时，首先需进行中心校正。由于显微镜光学系统及物台均已固定，因此中心校正工作只能用旋转物镜头上面的两个旋转环来进行，其具体步骤如下：

- (1) 在试样薄片中选一点状物质(矿物、气泡或其它物质均可)，移至目镜十字线的中心(即视域中心)。
- (2) 旋转物台时，如该点仍在原处自转，则说明显微镜中心已经校正。如该点离开十字线中心，而以某半径做圆周运动，则说明需进行中心校正。
- (3) 如图 12 所示，当转动物台时，位于中心位置的 A 移动至 B，并以  $r$  为半径做圆周运动，转动物台一周，则 A 仍回中心位置，则说明物镜中心偏差距离为  $r$ ，此时只要分别用左右两手的拇指与食指捏住物镜的两个环，将 A 由最大的位移距 AB，移至 AB 线的中心既可。
- (4) 再转动物台，如此时 A 以视域中心为原点做圆周运动则说明，中心校正工作已经进行完毕，如仍以某位置为圆心则仍重复第三项工作，直至如图 12 右图所示为止。
- (5) 为熟练的进行中心校正，可依上述步骤多找几个矿物重复进行。

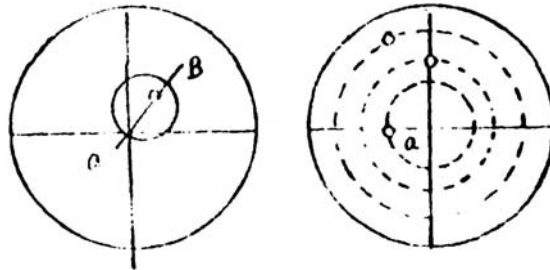


图 12 显微镜中心校正示意图

## 1.3 下偏光镜中偏光的振动方向

下偏振光的振动方向通常用黑云母来检验，因为黑云母在单偏光下的现象特征性很强，且又是一种分布广泛的透明矿物，在许多岩石薄片中都存在。

- (1) 将含黑云母的花岗岩薄片置于物台上，用中倍物镜聚焦，将具有一组平行解理的黑云母移至十字线中心。
- (2) 利用黑云母吸收性的特点确定下偏光的振动方向。黑云母的解理吸收性强，呈暗深棕色

至黑色，垂直解理方向吸收弱，呈浅黄色。当黑云母解理方向与下偏光振动方向一致时，即呈深棕色或黑色；解理与下偏光振动方向垂直时则呈浅黄棕色。

(3) 根据黑云母的上述特点，使其解理与十字线之一平行，观察其颜色的变化。若此时黑云母变成深棕色，则解理方向即为下偏光振动方向；如变为浅黄棕色，则与解理垂直方向为下偏光振动方向。

#### 1.4 检验十字线是否相互垂直

(1) 利用解理的黑云母矿物，将其解理方向与十字线之竖线平行，读出物台度数。

(2) 转动物台使解理与十字线之横线平行再读出物台的度数。

(3) 若两次度数差  $90^{\circ}$ ，则说明十字线相互垂直，否则需进行调整。

#### 2.1 反光显微镜的调节

反光显微镜的调节主要包括物镜(或物台)中心的校正、偏光系统的校正和垂直照明系统的校正三部分。物镜中心的校正和偏光系统的校正与偏光显微镜的校正基本相同，垂直照明系统的校正中最重要的是调节照明光源。

##### (1) 调节光源

装上物镜和目镜，调节孔径光栏至 10mm 处(可在光栏的刻度上读出)，接通电源，观察视域中亮度是否均匀(视域中出现最亮的部位是否居于中间或偏斜一边)，当发现视域中亮度不均匀时，要调节灯座(转动灯座时，要使偏心圈和灯座上的两红点对齐)，使视域最亮并均匀，然后再拧转偏心圈(使两小红点分开)，固定灯座，有些质量较好的显微镜上的照明光源调节较复杂，要严格遵照显微镜说明书上规定的步骤操作。

##### (2) 调节视场(域)光栏

打开视场光栏(圈)时，其边缘应与视域边缘重合，不能一边重合，另一边还在视域之内，当尽量缩小视场光栏时，光栏圈的小亮圆应能精确对准目镜十字丝交点，如有偏斜，可调节视场光栏的中心校正螺丝，直至小亮圆点对准目镜十字丝交点。为了避免边缘杂乱光线的干扰，视场光栏圈最大只能启开到其边缘与视域相重合的大小。

##### (3) 调节孔径光栏

孔径光栏的作用有两个，一是挡去射向视域边缘有害的漫反射光线，二是调节视域中光的亮度，控制影像的反差。因此孔径光栏的调节，要根据观察对象的不同，随时进行调节，一般在高倍显微镜下观察时，为了增大物镜的光孔角，提高显微镜的分辨力，要适当放大孔径光栏；在低倍显微镜下观察时，为了增强影像的反差，可以适当缩小孔径光栏。

## 2.2 反光显微镜的操作

- (1) 先轻轻地 将显微镜搬出，对照说明书，检查部件是否齐全，有无损坏。
- (2) 取下物镜筒中的防尘盖，装上 10X 的目镜
- (3) 取下物镜转换器上的防尘盖，同时装上低倍、中倍及高倍物镜(注意不要加装 100X 的油浸物镜)
- (4) 变压器接通电源，将显微镜光源插头插在变压器插座上。一般用 6V，调节反光镜的光量，使视域明亮。为提高物象的分辨率，可在反光镜上加一兰色滤光片。
- (5) 将观察用光片放在物台上。转动物镜转换器，先后进行低、中、高倍物镜的调焦实验，直至看清物相为止。此项应多进行几次，熟练掌握，调焦时应先粗动，后微动。

## 2.3 测定目镜微尺的刻度值。

- (1) 将目镜的目透镜旋下，把目镜微尺玻片加在金属光栏上，旋上目镜，放镜筒中。
- (2) 将物台显微尺放在物台上。
- (3) 调焦(逐一用低、中高倍物镜，使物镜微尺与目镜微尺平行排列 0 线重合。设目镜微尺的 100 刻度与物台微尺的 190 刻度相等。由于物台微尺的长度为 2mm，分为 200 等分，故每一小格的分值为 0.01mm，由此可以算出目镜微尺每一小格的值= $190 \times 0.01 / 100 = 0.019\text{mm}$ ，所用物镜倍率不同，则目镜微尺的每一小格的尺度也不同。所以需要分别测出低、中高倍物镜下目镜微尺的分值并记录下来，以备测量晶体粒径时使用。

显微镜下度量粒度的大小是以 $\mu$ 为单位的， $1\mu = 0.001\text{mm}$ 。所以测定不同倍率的物镜下，目镜微尺的刻度值，均应以 $\mu$ 为单位的刻度值。

3. 在单偏光下观察花岗岩中长石、石英和云母的晶体形态。
4. 在单偏光下观察辉长岩中的辉石与长石，比较它们的突起情况。
5. 在单偏光下观察：(1)黑云母花岗岩中黑云母的多色性及吸收性。(2)普通角闪石的多色性及吸收性。
6. 在单偏光下进行解理夹角的测定，步骤如下：
  - (1) 将方解石一组解理平行于十字线的竖线(或横线)，记下物台刻度数；
  - (2) 转动物台使另一组解理与竖线(或横线)平行，记下物台刻度数；
  - (3) 两次物台刻度数之差即为两组解理间的夹角。
7. 在正交偏光下实验观察石英的消光现象：

将石英砂薄片置于物台上，用中倍物镜准焦后，加入分析镜，此时有些矿物变暗，有些

矿物明亮，有些矿物出现鲜明的颜色。转动物台一周，矿物具有四次明暗现象。为了便于观察，将一石英颗粒移至视域中心，光栏缩小，恰能圈住该石英颗粒，转动物台，数数它的明暗次数，如此，可多换几个矿物颗粒加以观察。

8. 在正交偏光下实验观察长石中的长石并测定其消光角：

- a) 将长石晶体移至视域中心，使晶体延长方向的晶面与目镜十字线或横线平行，记下物台刻度数；
- b) 在中倍物镜下，加入分析镜，转动物台至晶体消光，记下物台刻度数。两次刻度数之差即为矿物的消光角。

9. 在正交偏光下实验观察：(1) 石英岩薄片各矿物的干涉色(石英是一级灰色，白云母是二级蓝绿)。(2) 辉长岩中辉石及长石的干涉色，测定其级序。

具体步骤：

- 首先检查一下显微镜的上下偏光是否校正，即上下偏光镜的振动面是否相互垂直。方法是：在物台上无任何试样薄片的情况下对光，使视域最亮，然后加入分析镜(即上偏光镜)，视域变成全黑。
- 于试板孔中缓慢加入石英楔子，观察辉石干涉色的变化，如干涉色升高，则转动物台  $90^{\circ}$ ，至辉石的干涉色逐渐降低至灰黑色为止。
- 取下薄片，观察石英楔子此时的干涉色，如系二级蓝，则辉石的干涉色即为二级蓝。
- 用中倍物镜，观察石英楔子补色器在正交偏光下干涉级序的变化，注意每一级干涉色的特点，熟记变化规律，参照米舍尔-列维干涉色谱表，区别不同干涉色的特点。反复多次缓慢地推入石英楔子，达到对干涉色级序变化规律有初步了解。
- 将辉石移至视域中心，由消光位置转  $45^{\circ}$  使之干涉色最明亮。

10. 正交偏光下晶体延长符号测定方法如下(图 13)：

- (1) 将一具有延长方向的矿物移至视域中心，由消光位转动物台  $45^{\circ}$ ，使矿物的干涉色最明亮。
- (2) 加入试板，观察矿物晶体干涉色的升降情况。
- (3) 如果干涉色升高说明晶体延长方向与快光平行，为负延长。
- (4) 测定刚玉、锆石英、长石、白云母(石英砂中)的延长符号。



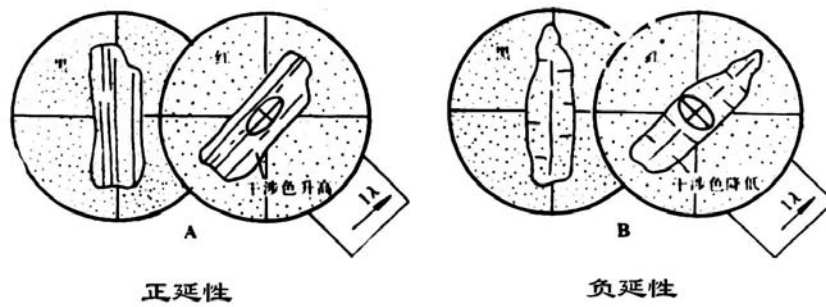


图 13 测定延性示意图

11. 正交偏光下实验观察正长石、斜长石和微斜长石的双晶。
12. 单偏、正交偏光下观察聚合物的结晶形态

## 五、数据处理

1. 描述花岗岩中长石、石英和云母的结晶形态(可以采用素描);
2. 比较辉石与长石的突起情况
3. 描述黑云母和角闪石的多色性和吸收性。
4. 单偏光下测定的方解石解理夹角。
5. 描述石英的消光现象和长石的消光角。
6. 指出石英、云母和辉石的干涉色级序。
7. 指出云母的延长符号。
8. 描述所观察到的聚合物晶体的形态(可以采用素描)。

## 六、分析讨论题

1. 偏光显微镜的用途有哪些?
2. 根据晶体发育程度可分为自形晶、半自形晶及他形晶三种, 各有什么特征?
3. 试说出正交偏光镜下矿片的消光原理。
4. 什么是晶体的延性? 如何测定晶体的延性符号?

(执笔人: 兰祥辉)

### 附: 岩石薄片的制作

偏光显微镜下研究岩石和矿物, 须磨制成薄片。常见的薄片有 4 种: 普通薄片、光薄片、砂矿薄片和碎屑油浸薄片。最常用的是普通薄片(Thin Section), 是由载玻片(25mm×50mm, 厚 1mm)、矿片(标准厚度为 0.03mm)、盖玻片(15mm×15mm - 20mm×20mm, 厚 0.1 - 0.2mm)三者经树胶粘结而成。具体方法如下:

1. 将野外采集的标本, 根据需要划出磨制范围, 用 150#金刚砂在切片机上切下一块大

小为 20mm×30mm×2mm 的小块。

2. 依次用 180<sup>#</sup>、500<sup>#</sup>和 1200<sup>#</sup>金刚砂将切下的岩块磨平一面，将载玻片在酒精灯上加热涂上固体胶后，把岩石小块已磨平的一面放上再加热，把岩块与载片之间的气泡挤出压平。

3. 用上述三种金刚砂依次将另一面磨至 0.03mm 厚为止。

4. 用液体树胶涂在岩石表面上，盖上盖片，用酒精灯加热后把盖片与岩石之间的气泡挤出，铲掉周围的废胶，用酒精洗净。

## 聚合物薄片的制作

### 1. 聚丙烯(PP)的制备

在已于 220℃电炉上恒温的三块载玻片上，各放入少许聚丙烯树脂颗粒，待树脂熔融后，分别加上盖玻片，再加载荷压成膜保温 3 分钟。将其中一块置于室温下(最好急冷至室温)，结晶 2 小时(No.1)。剩下的两块置于 110~120℃电炉上，一块结晶 15 分钟取出(No.2),另一块结晶 2 小时取出(No.3)

### 2. 线型低密度聚乙烯(LLDPE)的制备

将少量 LLDPE 粉料同上用熔融加压法制得薄膜，然后置于 120℃下结晶 6 小时。

### 3. 尼龙 1010 的制备

在已于 270℃电炉上恒温的载玻片上，放少许尼龙 1010 树脂颗粒，待树脂熔融后，加上盖玻片，加压成膜，保温 3 分钟后至于 190℃温度下结晶 6 小时。

