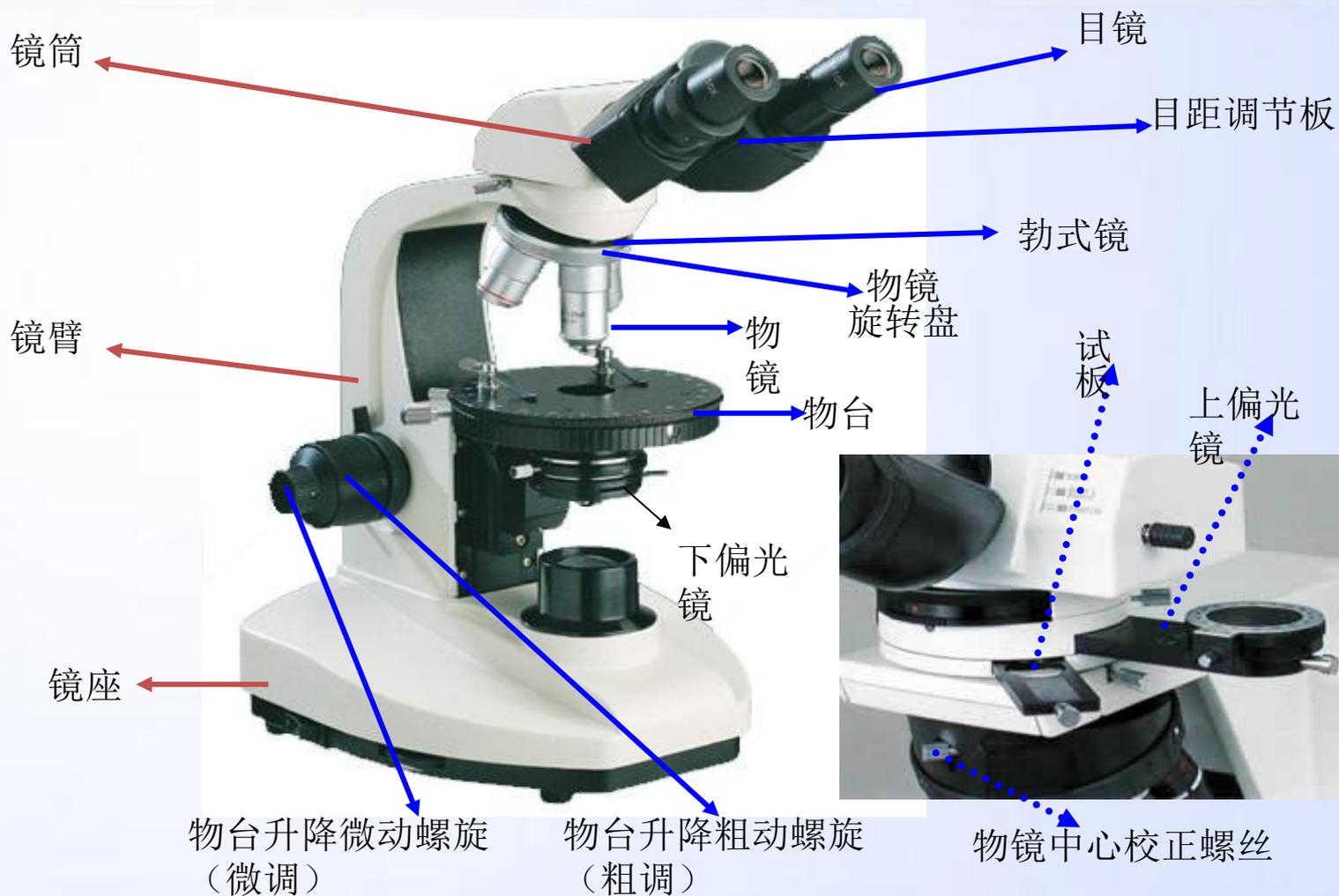


第四章 单偏光系统下矿物的光性性质

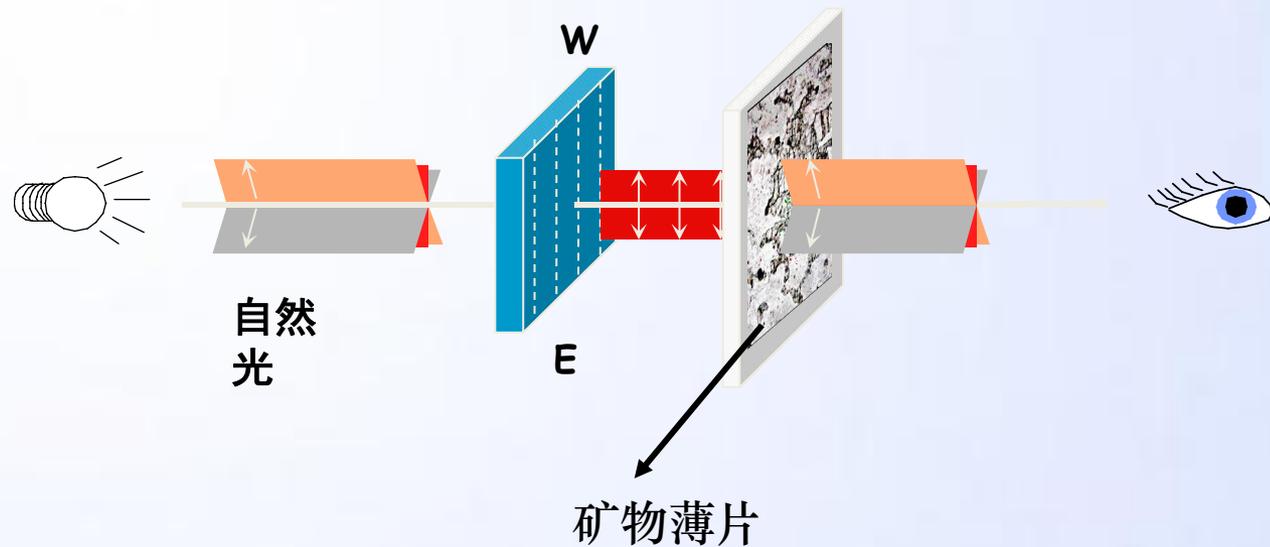
- 1.单偏光镜的构造及光学特点
- 2.矿物的形态
- 3.矿物的颜色、多色性与吸收性
- 4.矿物的轮廓、糙面、突起和贝克线

1.单偏光镜的构造及光学特点



单偏光镜的构造

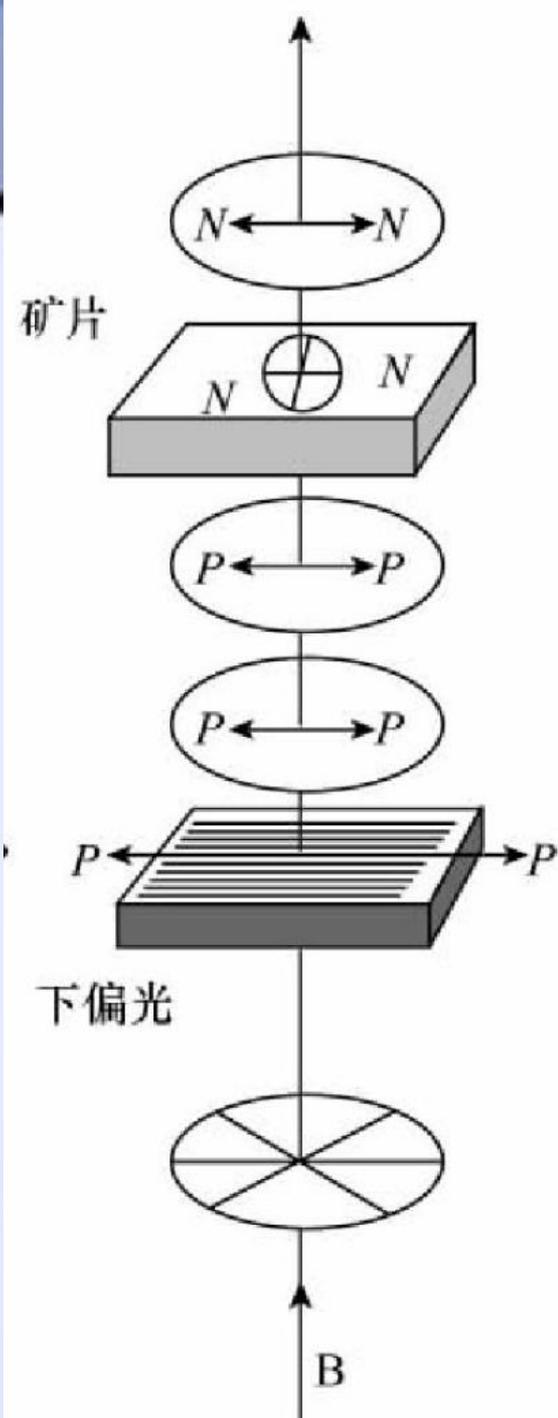
- ◆单偏光系统(PPL)：只使用下偏光镜的显微镜；
- ◆下偏光镜的振动方向 $PP \parallel$ 目镜十字丝横丝（东-西向）；
- ◆自然光通过下偏光镜后，只剩下振动方向 $\parallel PP$ 的偏光。



单偏光镜的光学特点

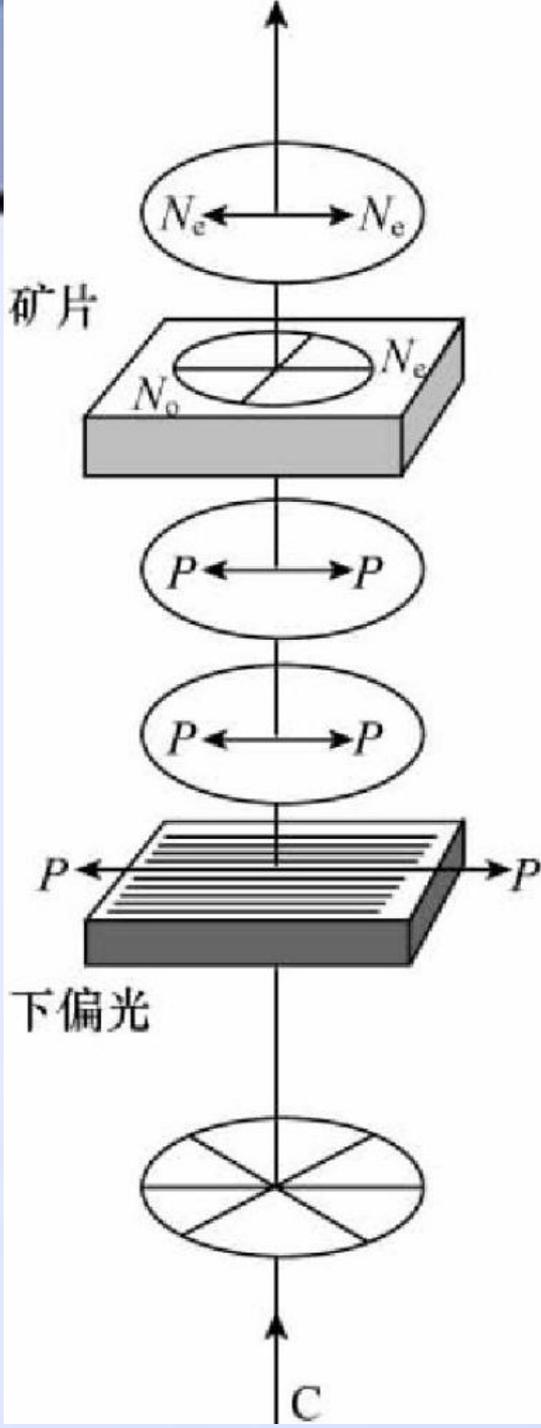
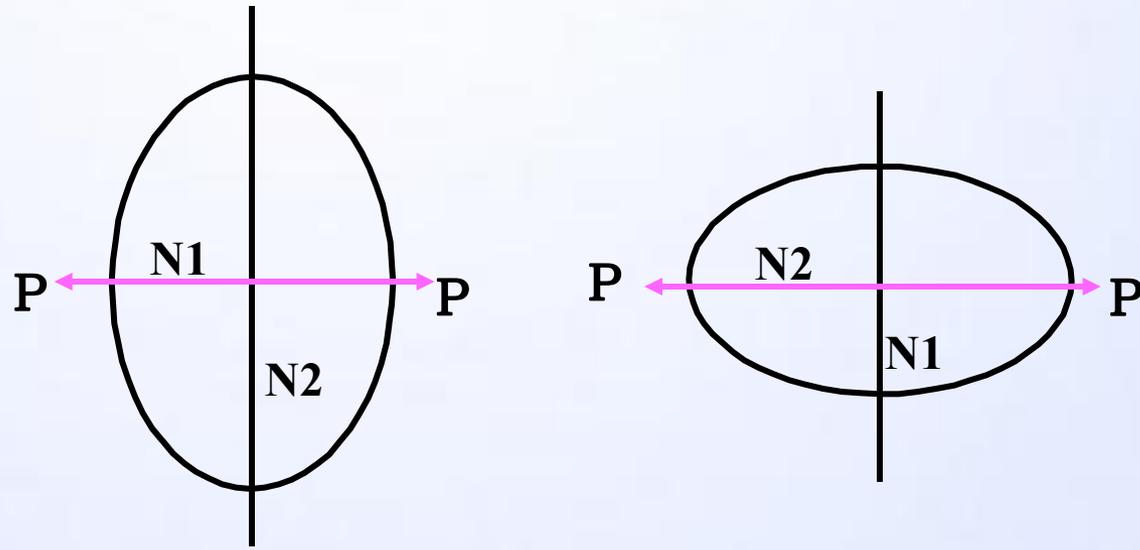
单偏光镜下观察薄片的四种情况

- (1) 若物台上未放薄片，该偏光直接透出目镜，
视域明亮。
- (2) 物台上放置均质体任意方向薄片或非均质体
垂直OA薄片：
- 由下偏光透出的偏光通过薄片后，不改变
振动方向，折射率=圆切面半径。
 - 转动物台，矿物光学性质不变。



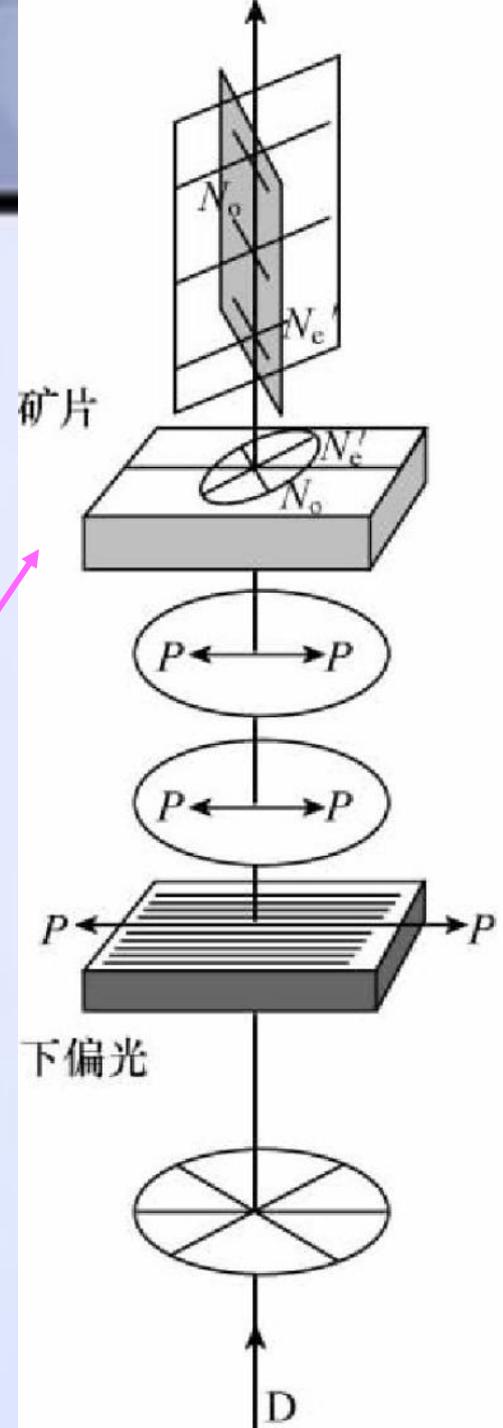
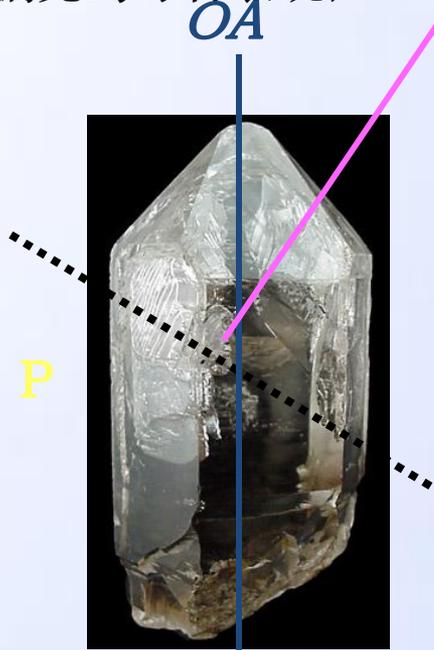
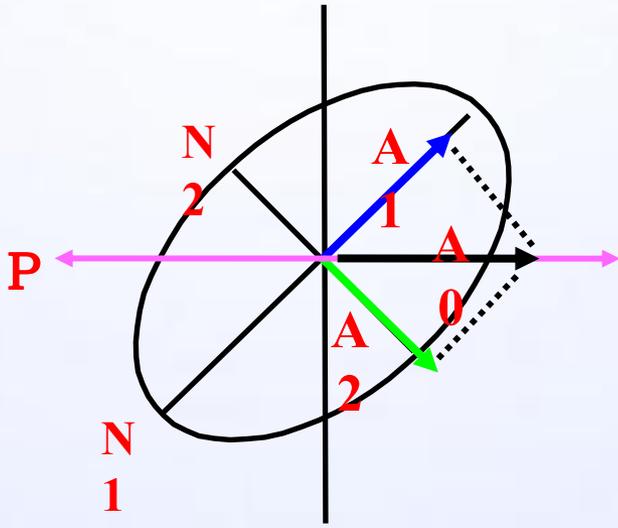
(3) 若放置非均质体斜交OA薄片，且光率体切面半径之一 // PP ：

只有 // PP 振动的偏光才能透出薄片，另一振动方向的偏光振幅为零，即不发生双折射。此时观察到的物理性质是振动方向平行该半径方向的偏光透过矿片时所表现出的光学性质。

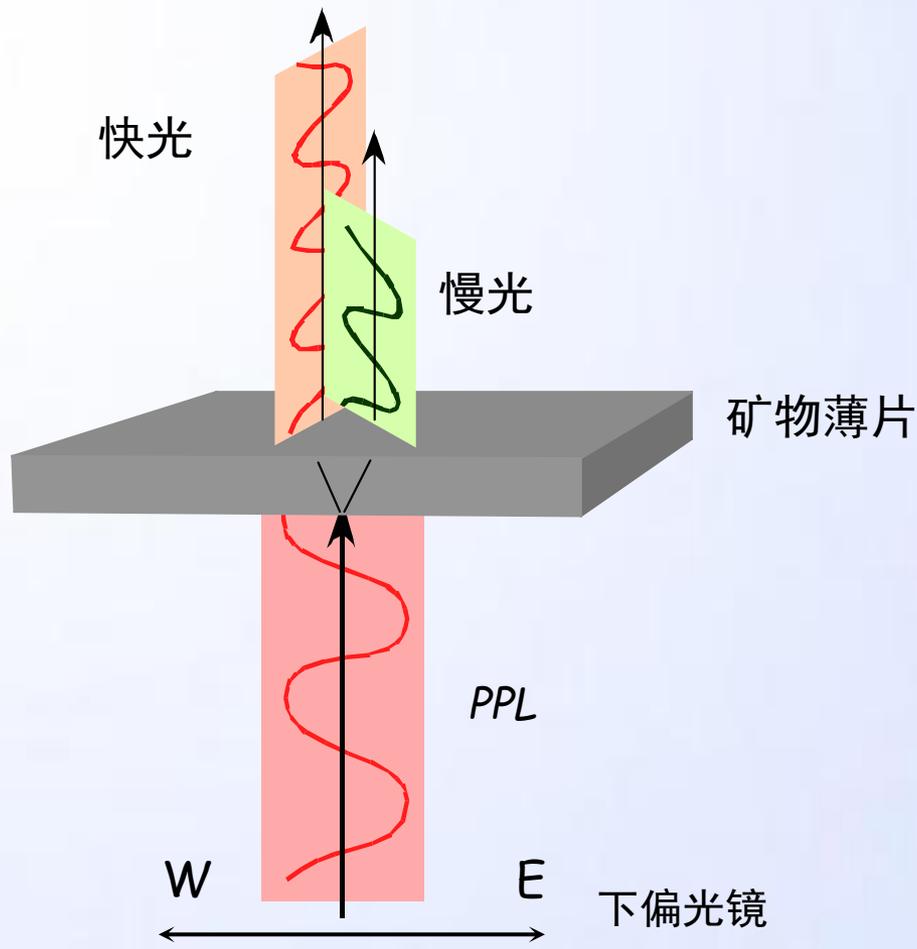


(4) 若放置非均质体斜交 OA (光轴) 薄片 (椭圆切面),
 半径与 PP 斜交 时:

- 偏光进入薄片后 发生双折射, 分解成振动方向分别 // 椭圆两半径的两偏光
 - 两偏光振幅随光率体半径与 PP 斜交角度的变化而变。
- 旋转物台, 矿物光性发生变化 (两种偏光的综合表现)



注意：非均质体矿物薄片将单偏光分解成振动方向互相垂直、传播速度不同的两偏光。



二、单偏光镜下可观测的矿物光性

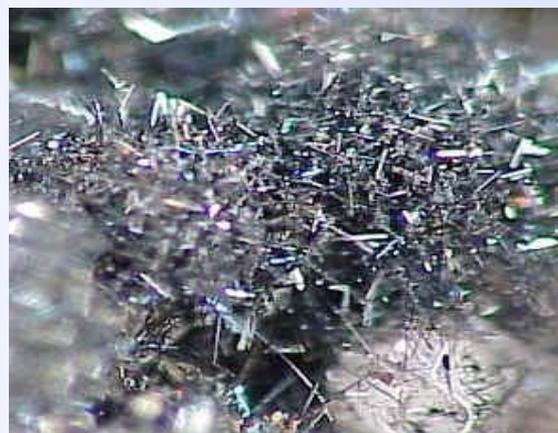
- ◆ 矿物的形态：切面形态、单体形态、集合体形态
- ◆ 与光吸收有关的性质：颜色、多色性、吸收性
- ◆ 与光折射率有关的光学性质：解理，边缘、贝克线、糙面、突起等

1. 矿物晶体形态

矿物的形态包括矿物的单体及集合体形态，其中，单体形态是研究的基础。



粒状 针状



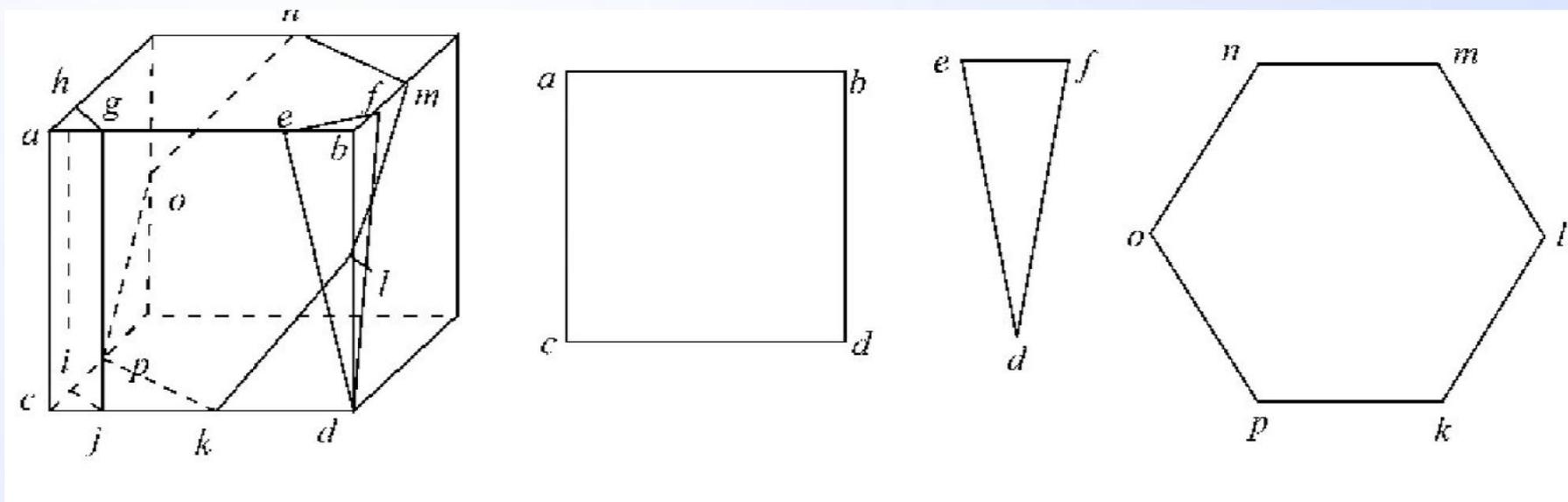
片状 柱状



由于岩石薄片的厚度为0.03mm，因此在薄片只能观察到矿物的切面形态（如图）。同一薄片上可以看到同种矿物不同方向的切面。

在研究矿物形态时，晶体的自形程度（与形成条件的关系）依晶体的边棱的规则程度分类：

- A. 自形晶：晶形完整，呈规则多边形，边棱为直线。
- B. 半自形晶：晶形较完整，棱部分直线，部分为曲线。
- C. 他形晶：不规则粒状，边棱为曲线。



矿物的形态与切片方向的关系

矿物集合体的形态特征：

在岩石薄片鉴定中，不能仅凭矿物个别切面的外形来确定该矿物的整体形态，必须仔细观察晶体各个方向的**切面形状**，结合**晶面夹角**、**解理性质**等特征，运用矿物学及结晶学知识综合分析并结合手标本上矿物的形态，才能作出正确的判断。

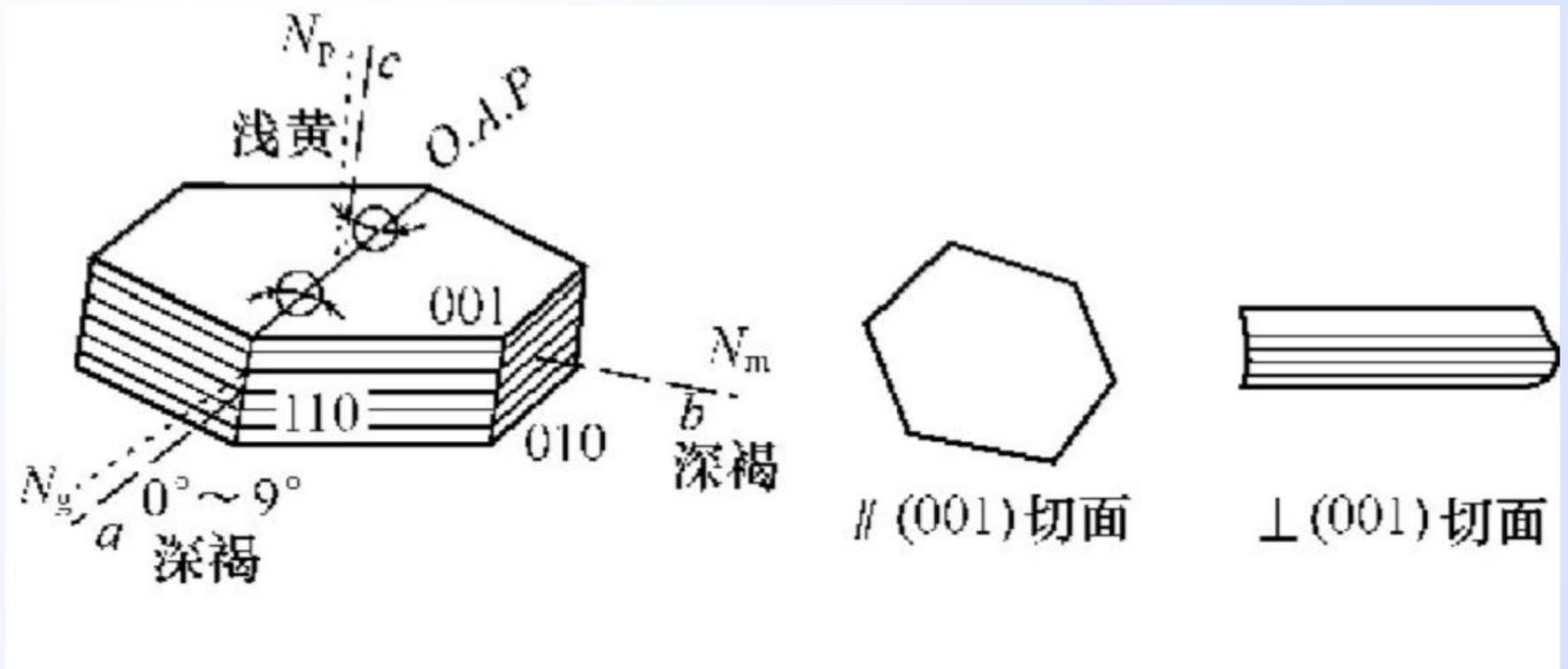
2. 解理

解理：矿物受外作用后沿一定结晶学方向裂成光滑平面的性质。在显微镜下见到的是矿物解理面与薄片平面的交线，即解理纹。

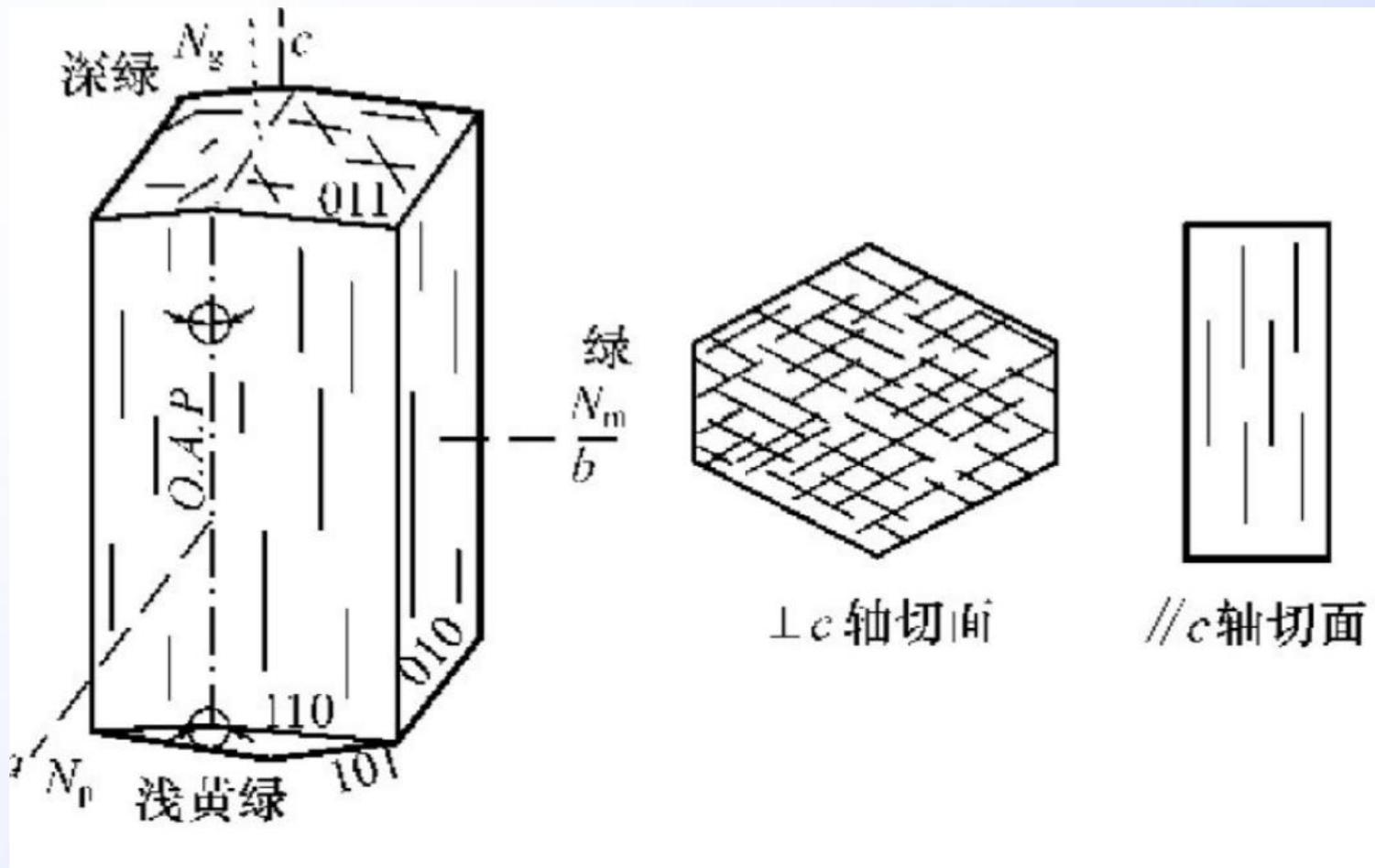
解理纹可见性取决于三因素：

1. 矿物的**解理性质**：解理发育的好坏
2. 矿物的切面方向：切面法线与解理面的交角
3. 矿物的折射率大小

(1) 切面方向与解理纹可见性

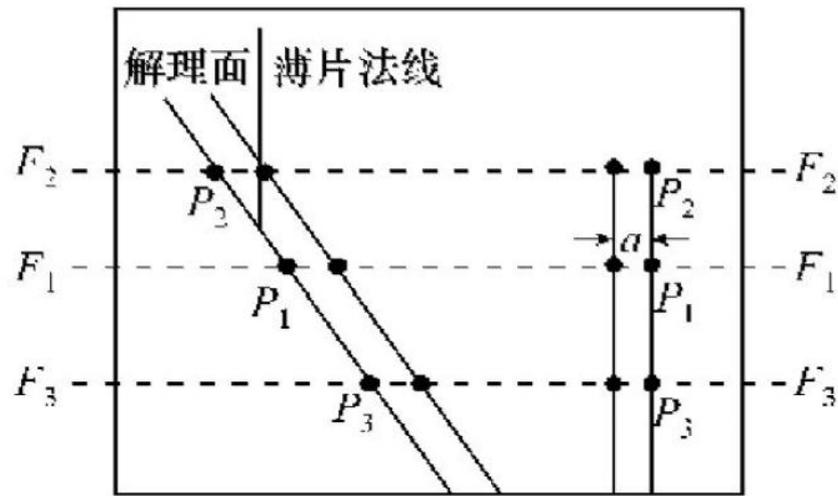
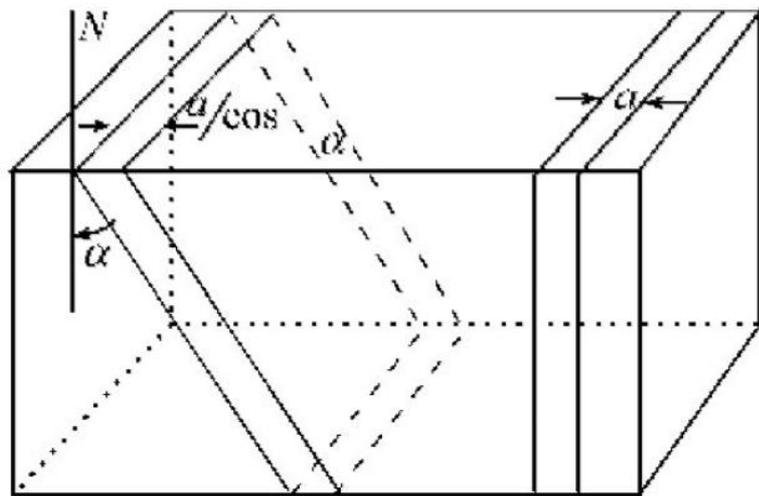


黑云母不同切面方向的解理



普通角闪石不同切面方向的解理形态

(2) 解理纹可见临界角



α 越小，解理纹越细密，越清晰

若 α > 0，升降物台，解理纹会移动

注意：临界角 $\alpha_{\text{临}}$ 决定了解理纹出现的概率，与矿物及树脂折射率差值有关。

绿帘石： $\alpha_{\text{临}} = 40^\circ$ ($N > 1.7$)

黑云母、角闪石、红柱石、辉石： $\alpha_{\text{临}} = 25 \sim 35^\circ$ ($N = 1.6 \sim 1.7$)

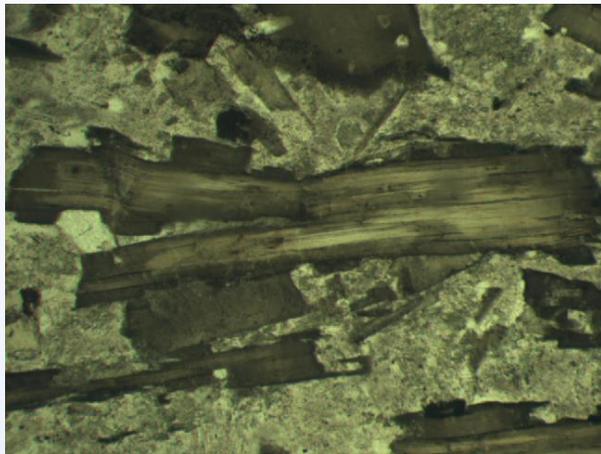
钾长石： $\alpha_{\text{临}} = 15^\circ$ ($N = 1.51 \sim 1.53$)

为什么显微镜下辉石比长石更容易见到解理纹？两个原因。

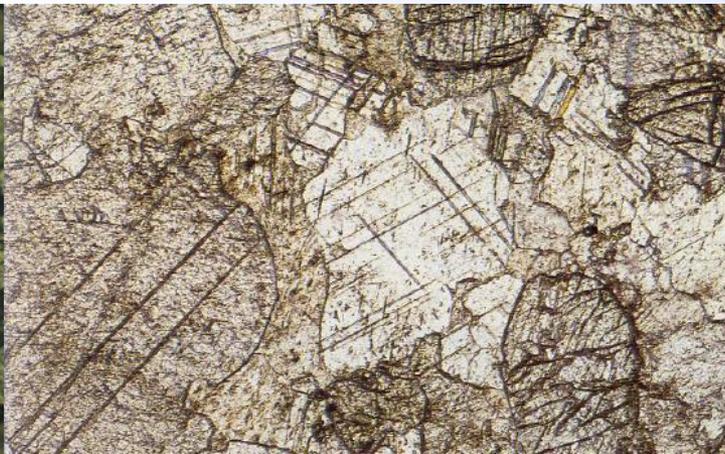
(3) 解理等级的划分:

据解理纹的宽度、清晰程度、间距和连续性分三级:

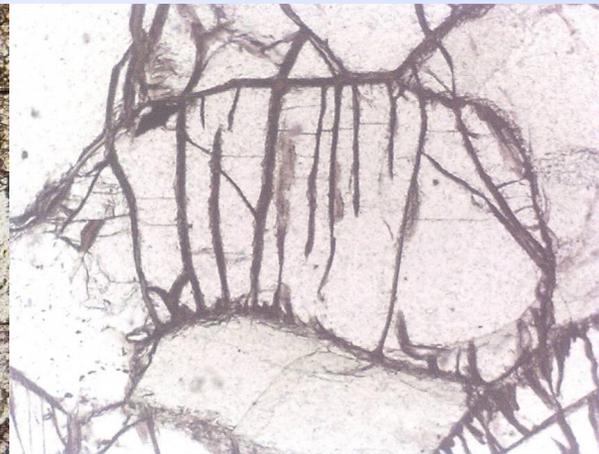
- a. 极完全解理 : 解理纹非常密集, 平行, 连续而贯穿整个晶体。如黑云母、白云母。
- b. 完全解理 : 解理纹均匀平直, 但不连续, 有的断开, 间距较大。如角闪石、辉石、长石等。
- c. 不完全解理: 解理纹断续, 不平直, 间距大。



极完全解理



完全解理



不完全解理

(4) 解理夹角的测定 (实验课)

解理夹角：即两个解理面的夹角。确定解理夹角，必须选择同时垂直两组解理面的切面，在此切面上测量两组解理纹的夹角。

测量解理夹角的操作步骤如下：

- (1) 选择同时垂直两组解理面的切面，其特征是：两组解理纹同时最细、最清晰，且两组解理纹宽度、清晰度相同，升降镜筒，两组解理纹都不平行移动；
- (2) 将选好的切面置于视域中心，并使其中的任意两条解理纹的交点(最好靠矿物中心)与十字丝交点重合；
- (3) 旋转物台，使一条解理纹与纵丝(或横丝)一致，记录物台读数量；
- (4) 旋转物台，使另一条解理纹与纵丝(或横丝)一致，记录物台读数；
- (5) 计算解理夹角 = 以上读数之差。

3. 颜色、多色性和吸收性

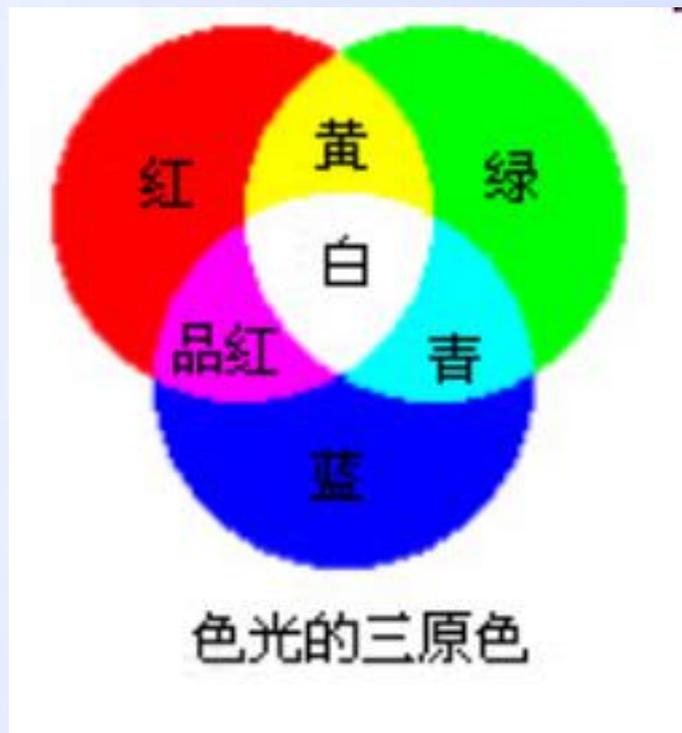
选择性吸收：矿物对白光中各色光波的**不等量吸收**。

若对各单色光吸收程度一样，则光透过矿片以后仍为白光，只是强度有所减弱，此时矿片不显示颜色，称为无色矿物；

若矿片对白光中各种单色光吸收程度不等，则透出矿片的各种单色光波强度比例发生改变，透出矿片的各单色光综合起来使矿片呈现特定的颜色。

原色光和混合原理：红、蓝、绿称为三原色光，混合可形成可见光中其它各种色光。

互补色：若两种色光混合形成白色，其中一种就是另一种光的互补色。



(1) 矿物的颜色及其成因

颜色：透过矿物而未被吸收的部分色光所呈现的颜色。

- ◆ 颜色的**色彩**决定于选择吸收**光波波长**
- ◆ 颜色的**深浅**决定于吸收光波的**强度**

矿物呈色机理：

- ◆ 化学成分：致色元素—过渡族金属元素Fe、Mn、Cr、Ni、Co、Cu、Zn、镧系元素。
- ◆ 晶体缺陷（色心）：阴离子缺位（F心，电子色心）、电子缺位（V心，空穴色心）等。如紫晶为F心致色，受热后变为黄水晶，进一步加热会退成无色。
- ◆ 杂质元素、显微包裹体：他色。



致色元素	宝石	颜色	致色元素	宝石	颜色
Cr^{3+}	钙铬榴石	绿色	Ti^{4+}	蓝锥矿	蓝色
Mn^{3+}	锰铝榴石	橙色	$\text{Ti}^{4+}+\text{Fe}^{2+}$	蓝宝石	蓝色
Mn^{3+}	蔷薇辉石菱	粉红	V^{3+}	绿色绿柱石	绿色
Mn^{2+}	磷锰矿	紫色	Cr^{3+}	红宝石、红尖晶	红色
Fe^{2+}	橄榄石	黄绿	Cr^{3+}	祖母绿	绿色
Fe^{2+}	铁铝榴石	暗红	Mn^{3+}	红色绿柱石	紫红
Cu^{1+}	绿松石	天蓝	Fe^{2+}	海蓝宝石	蓝和绿
Cu^{2+}	孔雀石	绿色	Ni^{2+}	绿玉髓	绿色
Cu^{2+}	硅孔雀石	蓝绿	Co^{2+}	合成蓝色尖晶	蓝色

部分宝石致色元素表

注意：矿物的镜下颜色和手标本颜色是有差异的，镜下颜色指偏光透过矿片后引起的视觉效应，而手标本颜色是反射光下的吸收、散射等引起的视觉效应。

手标本上有色的矿物，薄片不一定是有色的（如橄榄石）；手标本上矿物是一种颜色，薄片可呈现多种颜色。

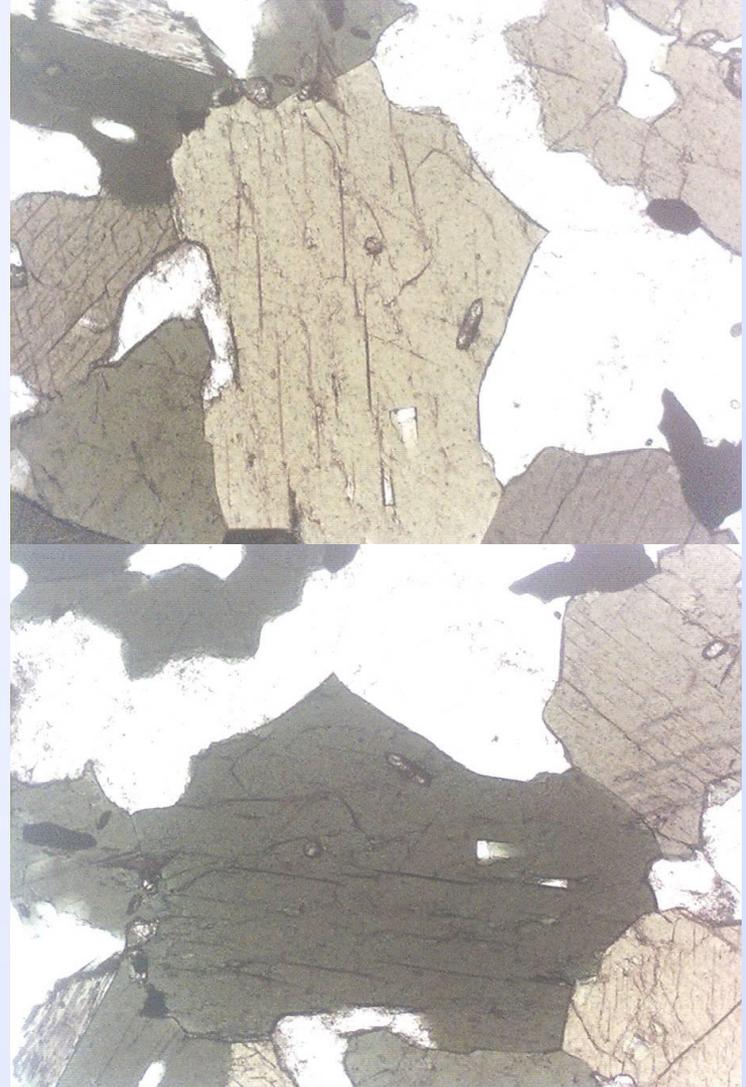
(2) 非均质体矿物的多色性、吸收性

多色性：由于光波在晶体中的振动方向不同，而使矿片颜色发生改变的现象，称为多色性。**旋转物台，非均质体矿物颜色色彩发生改变 (PP)。**

吸收性：矿物颜色深浅发生改变的现象称为吸收性。**旋转物台，非均质体矿物颜色深浅发生改变的现象 (PP)**

多色性明显：矿物颜色色彩变化明显。

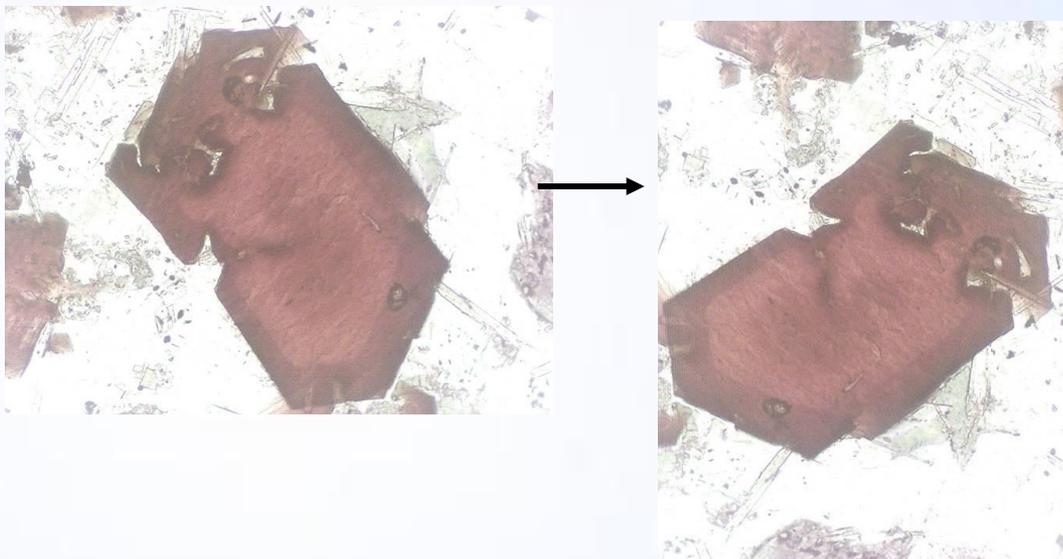
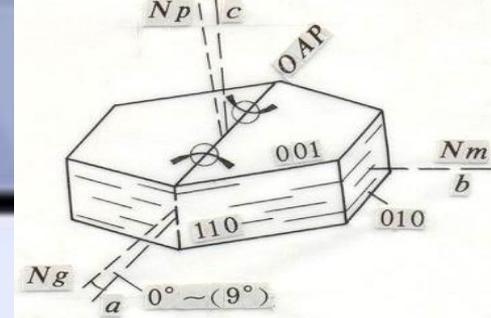
吸收性强：颜色深浅程度变化大。



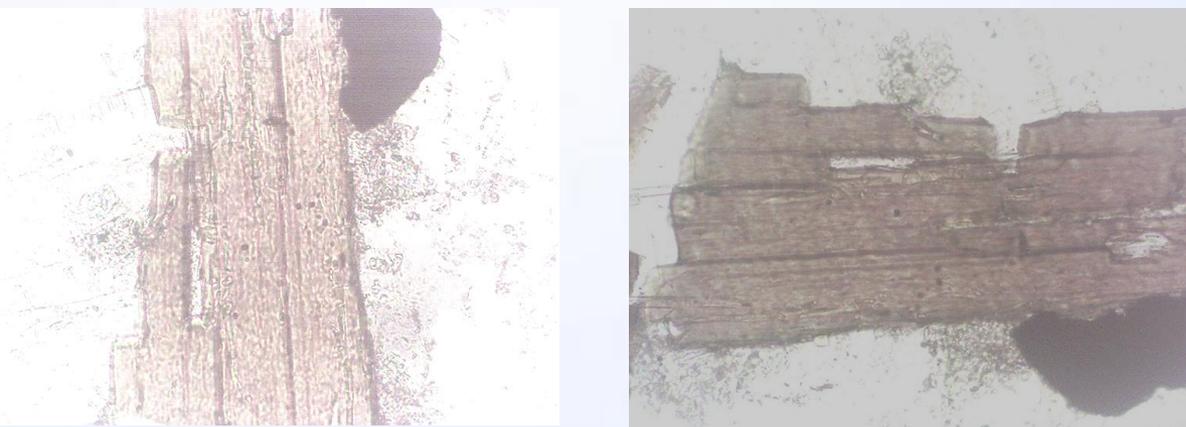
(3)影响薄片矿物多色性、吸收性的因素

1. 根本因素：矿物的晶体结构
2. 矿物的切片方向：平行OA切面
垂直OA切面
3. 薄片的厚度：厚度大，吸收率大，颜色越深
4. 视域的亮度：视域暗愈容易观察到多色性和吸收性的变化。

例：黑云母不同切面的多色性和吸收性



平行 (001) 切面无
(弱)多色性、吸收性



垂直 (001) 面多
色性、吸收性最强

→
旋转物台 90°

(4) 多色性、吸收性的描述方式

◆ 一轴晶： **N_e** 、 **N_o** 方向的颜色。

多色性公式： **N_e** =__ (颜色)， **N_o** =__ (颜色)

吸收性公式： **$N_e > N_o$** 或者 **$N_e < N_o$**

◆ 二轴晶：描述 **N_g** 、 **N_m** 、 **N_p** 三方向的颜色。

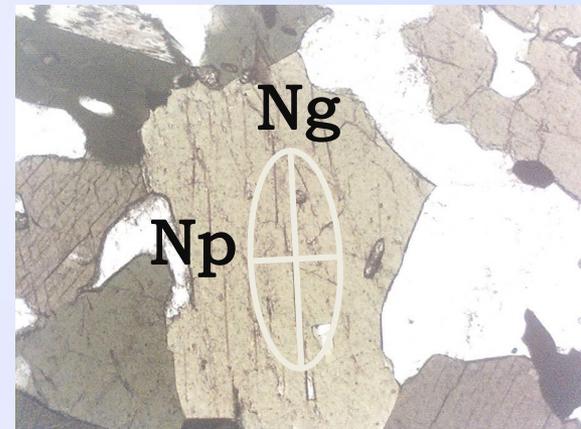
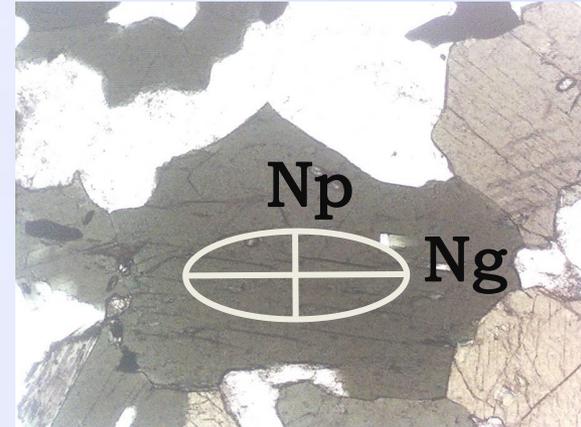
多色性公式： **N_g** =__ (颜色)

N_m =__ (颜色)

N_p =__ (颜色)

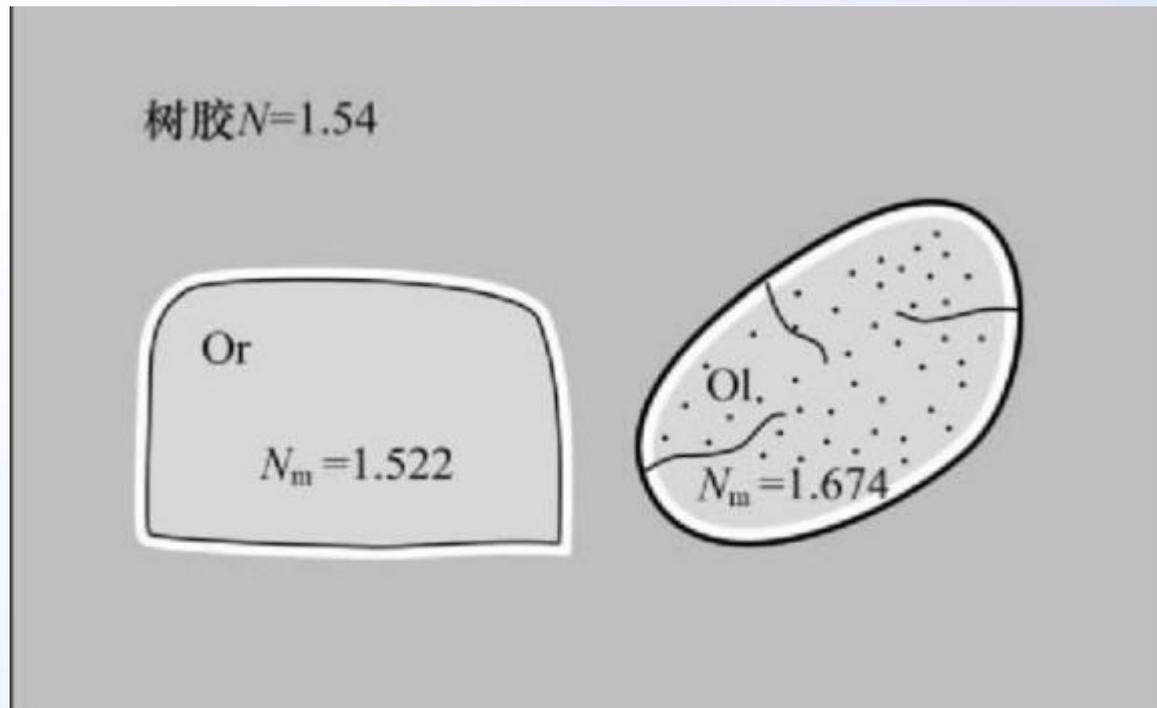
吸收性公式： **$N_g > N_m > N_p$** ，正吸收

$N_g < N_m < N_p$ ，反吸收



4. 矿物的轮廓、糙面、突起和贝克线

当两种不同介质（如矿物与树胶）接触时，在界面上产生折射、反射和全反射，引起光的**聚敛和分散**，在光聚敛处形成一条较明亮的细线，为**贝克线**，分散处则为较黑暗的区域，称矿物**边缘**。



矿物边缘与贝克线

(1) 贝克线的识别：

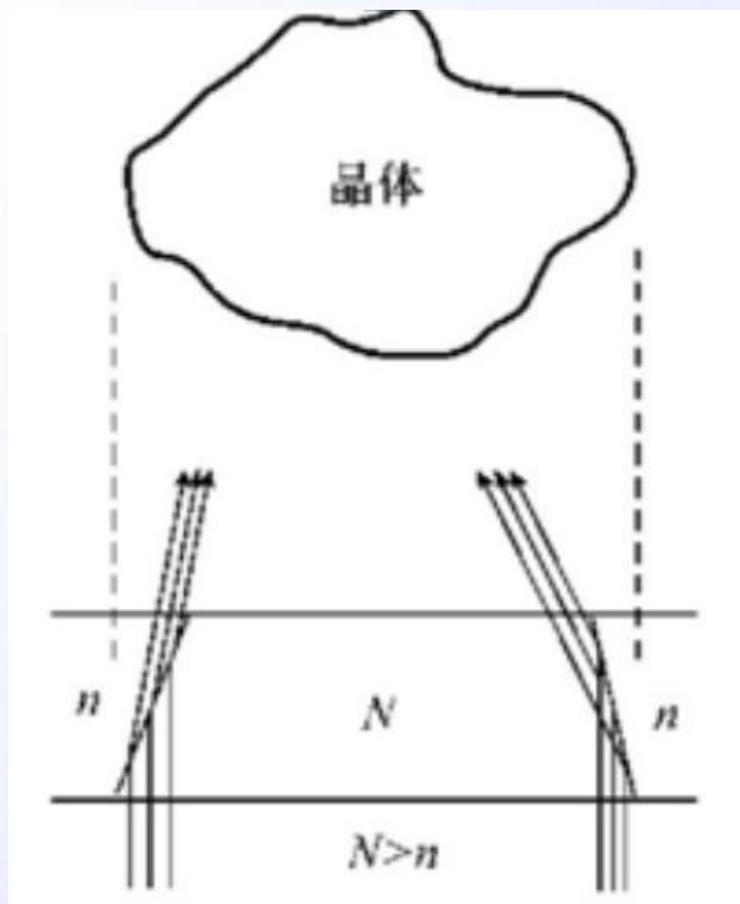
贝克线与边缘相伴生，出现在矿物/矿物或矿物/树脂接触部位。应在**矿物之间、薄片边缘和矿物内解理、裂隙处**寻找。

贝克线、边缘的明亮程度和宽度主要取决于：相接触两物质的**折射率差值**。**差值越大，贝克线越宽越亮、边缘越宽越黑。**



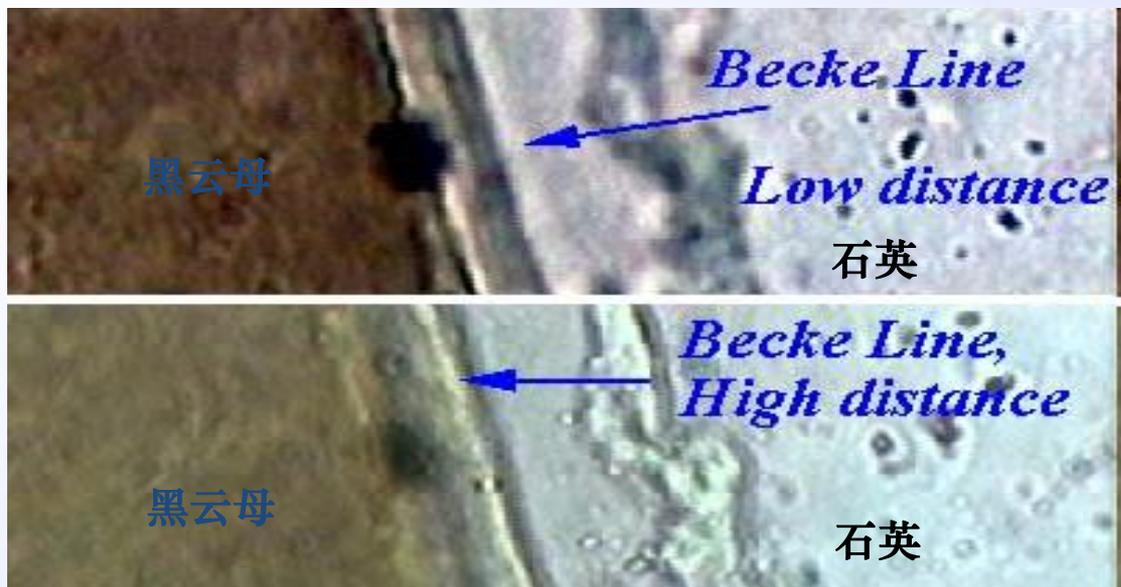
提升目镜镜筒（下降物台）时，贝克线会向折射率较大的矿物移动。据此可判断相邻两物质间折射率的相对大小。

原理：无论两矿物如何接触，光线总是折向折射率较大的矿物一侧。



镜下识别边缘、贝克线操作关键：

1. 选择边界平直、接触面平缓及杂质较少的矿物部位；
2. 把观察对象移至视域中心；
3. 适当缩小锁光圈；
4. 升降物台时，速度适宜；反复观察时，每次从准焦位开始；升降物台观察时，一般用微动螺旋。



实际观察到的贝克线（下降物台）

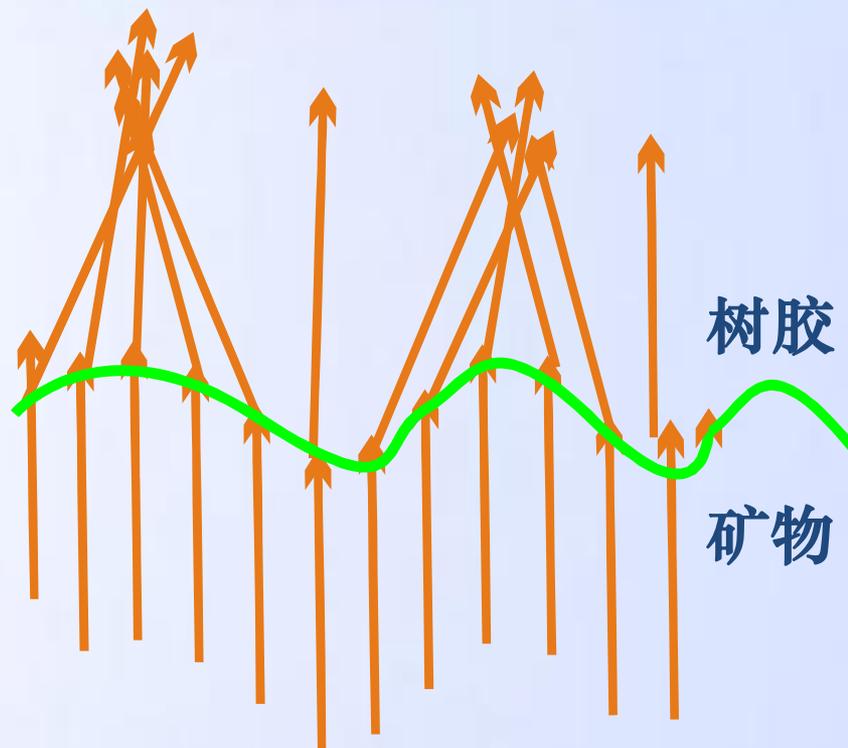
(2) . 糙面、突起

糙面：矿片表面光滑程度不同的现象，称为糙面。

因薄片表面凹凸不平（显微状），当光线由矿物进入上覆树胶时，发生折射和反射，导致光线分散、聚敛，使矿片表面明暗程度不同，给人以粗糙的感觉。

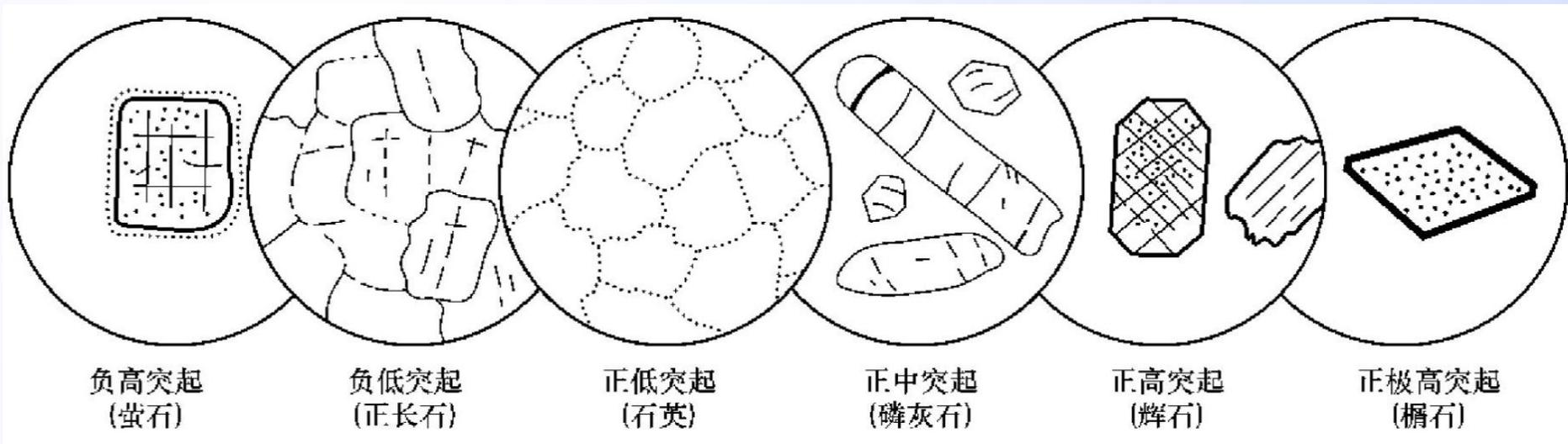
影响糙面的因素：

- ◆ 矿物与树胶折射率的差值
- ◆ 薄片的磨光程度



- 突起: 岩石薄片 中各种不同矿物显示出高低不平的现象称为突起。
- 突起是由矿物边缘、糙面造成的**视觉现象，实际不存在。**
- 突起高低主要取决于**矿物/树脂折射率差值大小。**

突起等级的划分:



$N < 1.48$

1.48-1.54

1.54-1.60

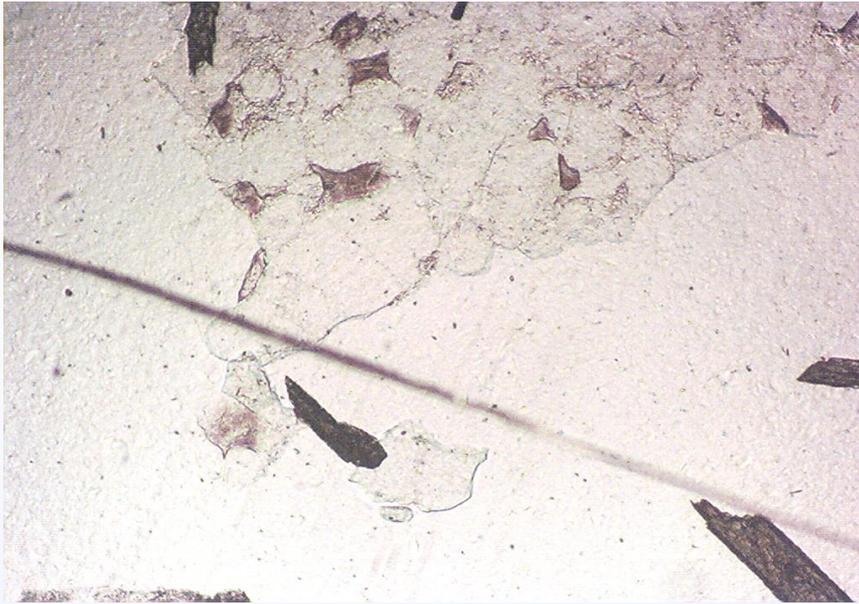
1.60-1.66

1.66-1.78

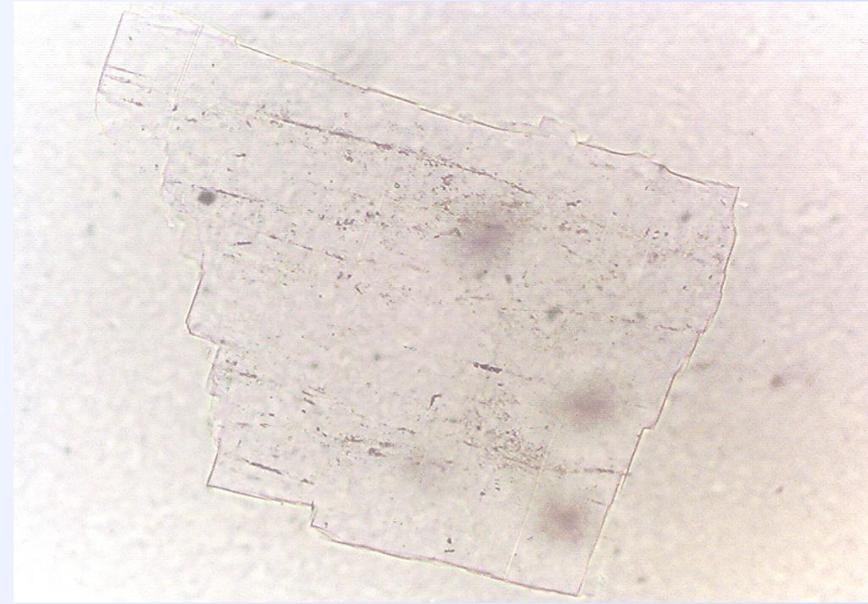
> 1.78

大致以折射率0.06单位为一个级别

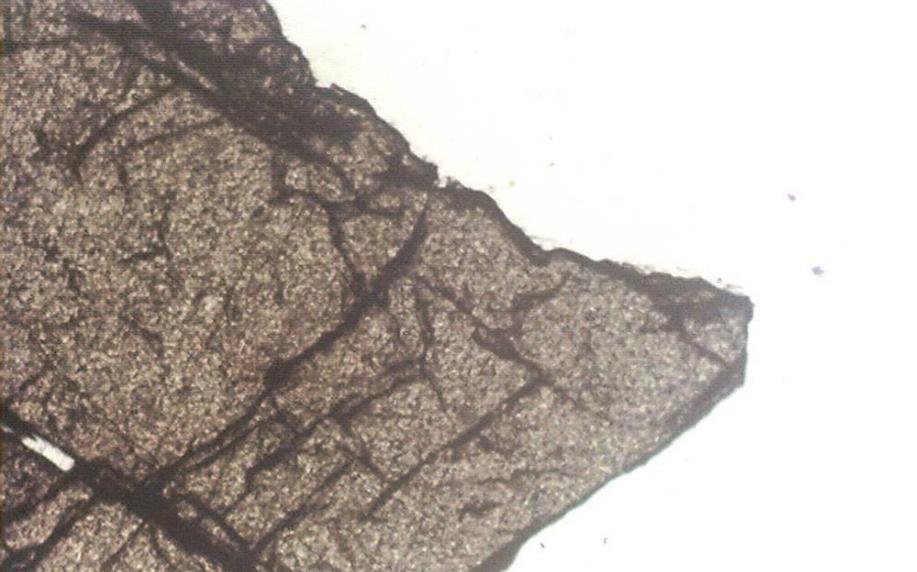
正负突起的区别方法：肉眼观察、折射率



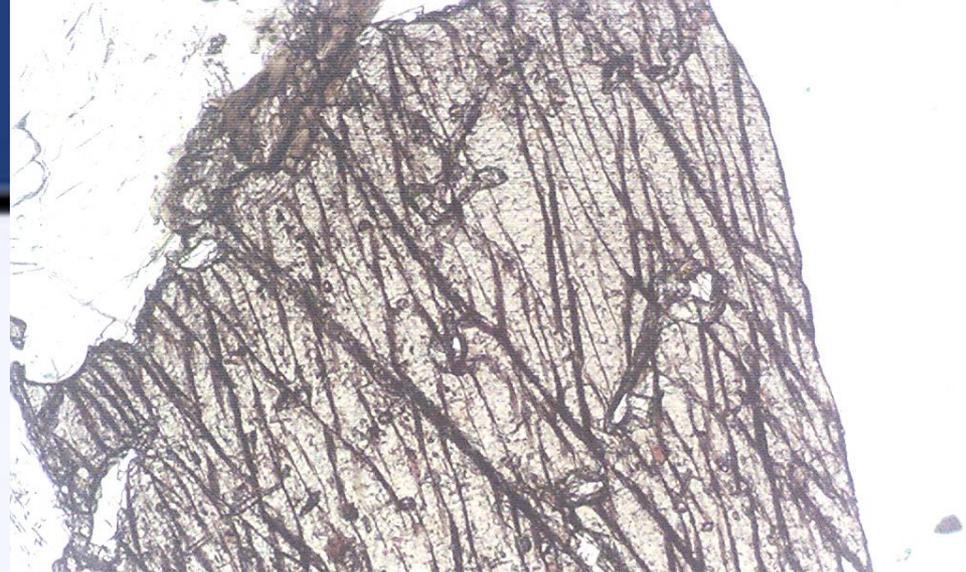
石英，正低突起。边缘很细，糙面不显著。N: 1.54~1.60



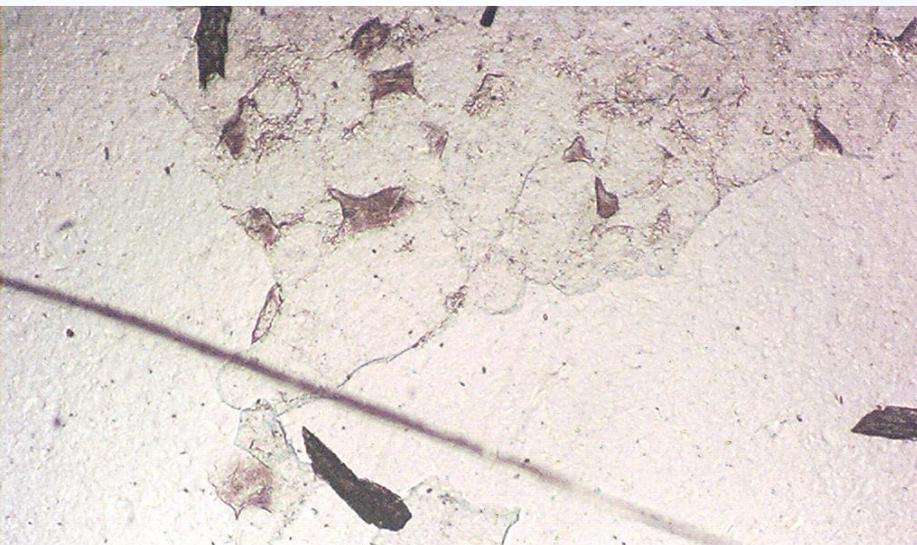
条纹长石，负低突起。边缘很细，糙面不显著。N: 1.48~1.54



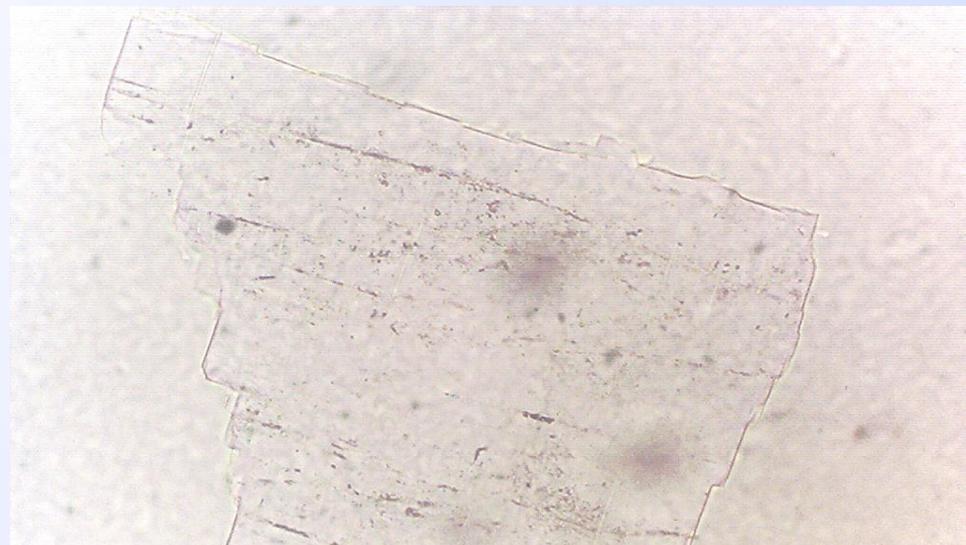
石榴子石，正极高突起。边缘很宽、很黑，糙面极显著。N: >1.78



辉石，正高突起。边缘粗黑，糙面显著。N: 1.66-1.78



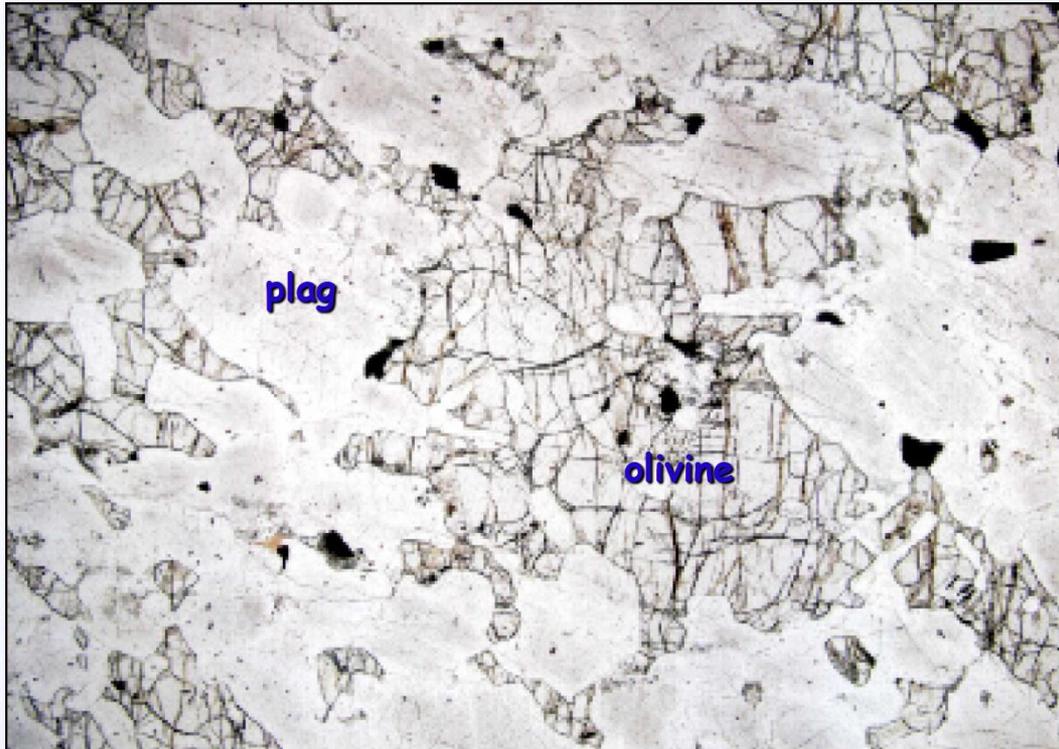
石英，正低突起。边缘很细，糙面不显著。N: 1.54~1.60



条纹长石，负低突起。边缘很细，糙面不显著。N: 1.48~1.54



黑云母，正中突起。边缘清晰，
糙面明显。N: 1.557-1.696



- 橄榄石: 正高突起
- 斜长石: 正低突起

橄榄石: $n = 1.64-1.88$
斜长石: $n = 1.53-1.57$
树胶: $n = 1.54$