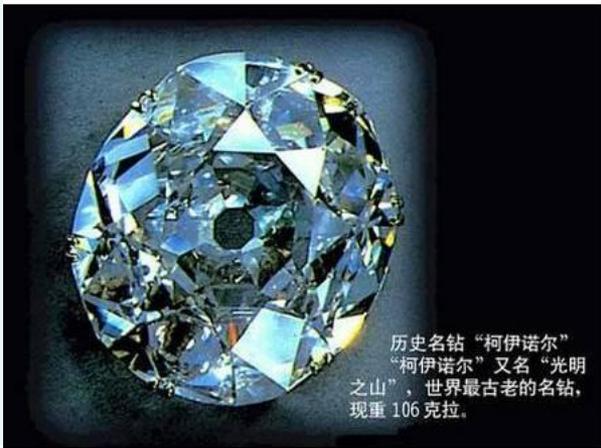




中国石油大学(华东)

CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM



矿物岩石学

孟凡超



Tel: 18678945718

Email: mfc1982@126.com

Office: C-745

QQ:93327966

第七章 造岩矿物各论

第三节 二轴晶矿物

知识点及重要概念：

硅酸盐矿物的构造特点

硅酸盐矿物的络阴离子特点

铝的双重作用

硅酸盐矿物的物理性质与内部构造的关系

常见硅酸盐矿物的主要鉴别特征

第七章 造岩矿物各论

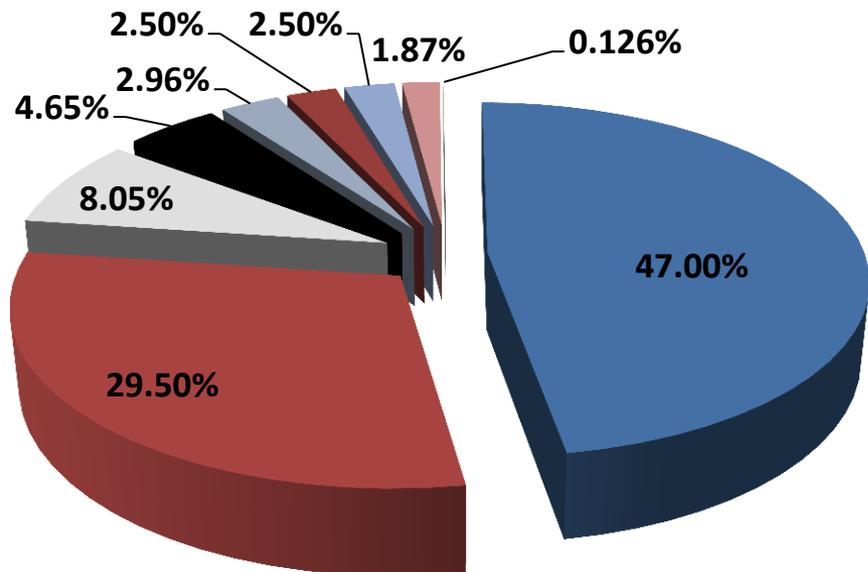
第三节 二轴晶矿物

一、硅酸盐矿物概述

硅酸盐矿物：占矿物种类总数的24%，占地壳总重量的75%；

硅酸盐矿物——地壳中分布最广、为数最多的一类矿物

常见的造岩矿物：石英、正长石、斜长石、黑云母、白云母、角闪石、辉石、橄榄石等。



■ O ■ Si ■ Al ■ Fe ■ Ca ■ Na ■ K ■ Mg 稀有元素

元素在地壳中平均含量的质量百分数

一、硅酸盐矿物概述

1、研究意义

- (1) 硅酸盐矿物是地壳中分布最广、为数最多的一类矿物
- (2) 构成岩浆岩、变质岩、沉积岩的最主要矿物
- (3) 极为重要的工业原料或材料，如石棉、长石、云母、高岭石、滑石等
- (4) 是金属矿物的重要伴生矿物
- (5) 某些贵重的稀有元素（Be、Li、Ni、Zr及稀土元素）呈硅酸盐矿物产出，如绿柱石： $\text{BeAl}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
锂辉石： $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 等

一、硅酸盐矿物概述

2、化学成分：除Si、O外，还有Al、Fe、Ca、Mg、Na、K、Mg、Mn、Ti、B、Be、Zr、Li、F，内部构造复杂，不能用简单的化学式表示

3、对称程度低

单斜晶系 45%

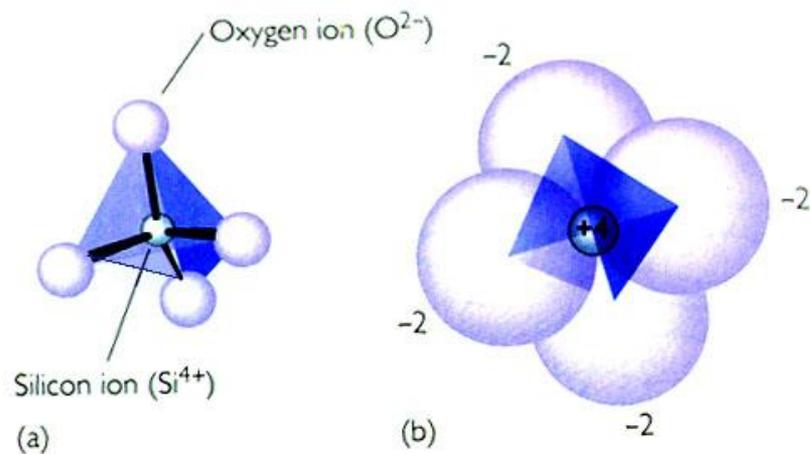
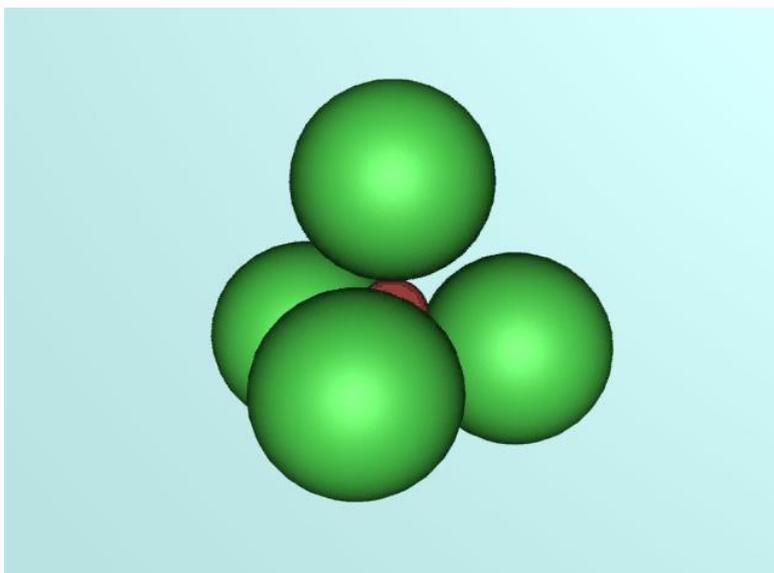
斜方晶系 20%

三斜晶系 9%

} 74%

二、硅酸盐的构造特点

1、“硅氧四面体”



在所有的硅酸盐矿物构造中，每个硅离子皆为四个氧原子所包围，氧原子分布于以硅离子为中心的四面体角顶上，这种构造形式称为“**硅氧四面体**”，是硅酸盐矿物的基本构造单位。 化学式： $[\text{SiO}_4]^{4-}$

二、硅酸盐的构造特点

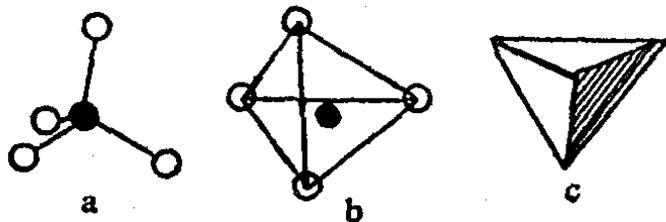


图 145 硅氧四面体 $[\text{SiO}_4]^{4-}$

a、b—以硅（黑点）氧（圈）质点表示；c—以四面体表示

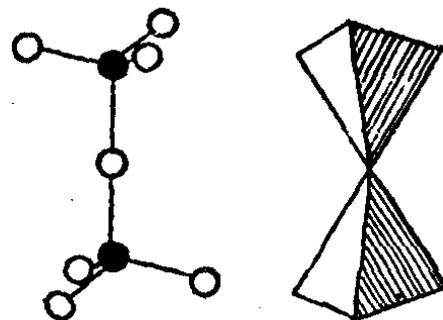


图 146 双四面体 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

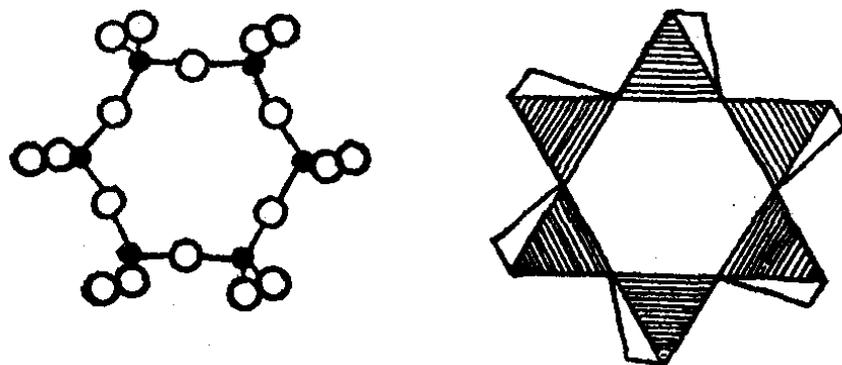


图 147 六方环状四面体骨干 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$

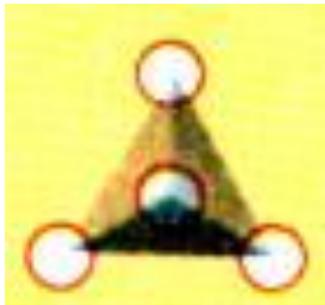
硅氧四面体既可以孤立存在，也可以共用角顶的方式连接——形成各种硅酸盐的络阴离子

二、硅酸盐的构造特点

2、络阴离子（硅氧骨干）类型

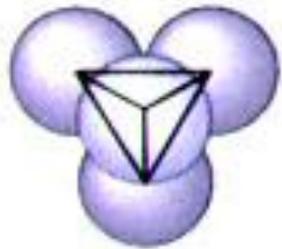
{ 活性氧
 惰性氧

(1) 孤立四面体 化学式: $[\text{SiO}_4]^{4-}$



硅氧四面体孤立存在，彼此间由其它金属阳离子相连形成硅酸盐。

锆石 $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$

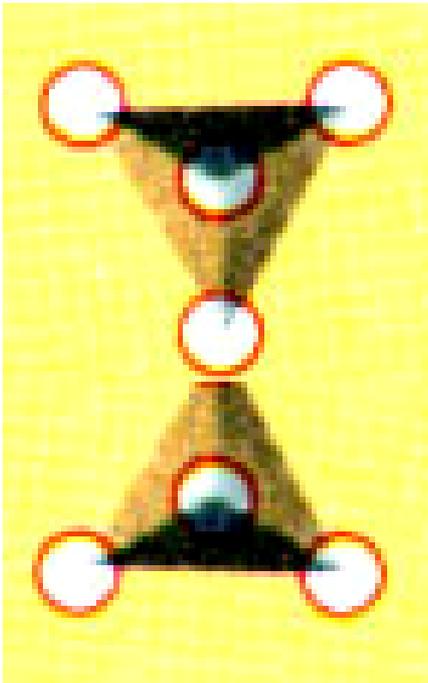


橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$

钙铝榴石 $\text{CaAl}_2[\text{SiO}_4]$

二、硅酸盐的构造特点

(2) 双四面体 化学式: $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

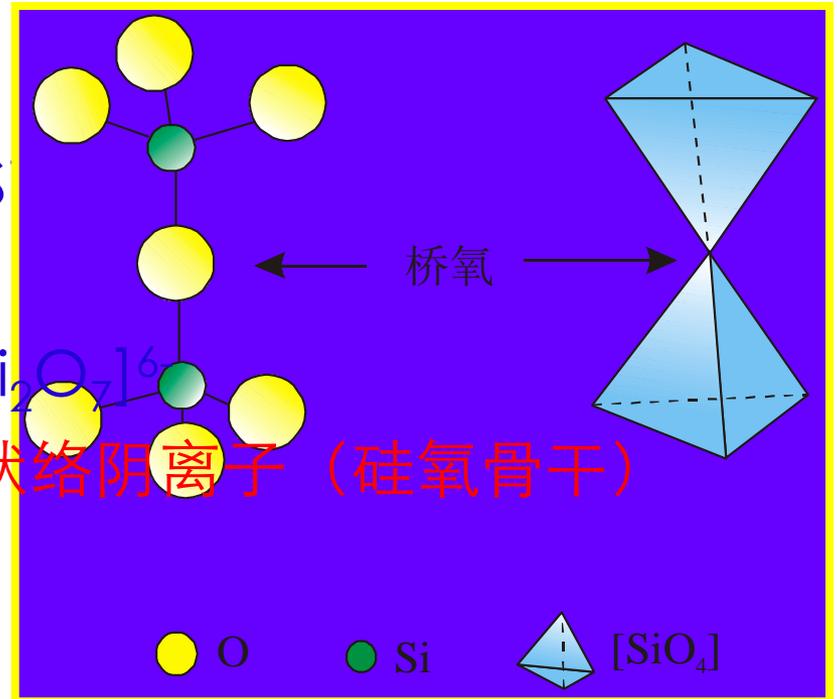


两个硅氧四面体共用一个角顶所形成的络阴离子。

异极矿 $\text{Zr}_4[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

$[\text{SiO}_4]^{4-}$ 、 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

——称为岛状络阴离子 (硅氧骨干)



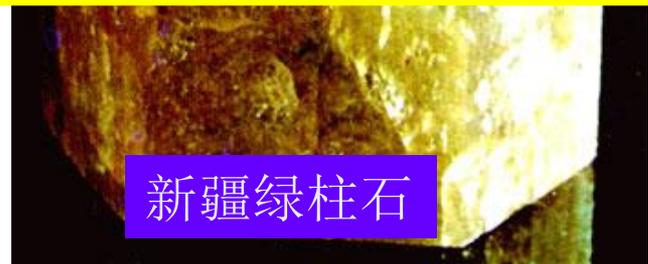
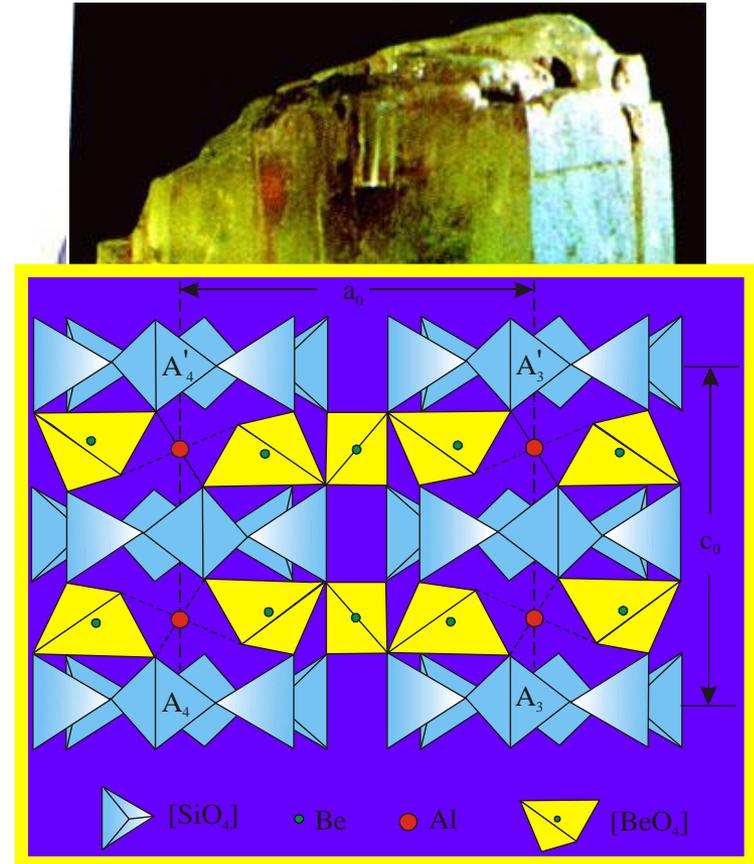
二、硅酸盐的构造特点

(3) 环状络阴离子（硅氧骨干）

硅氧四面体共用两个角顶的方式连接而成封闭的环状

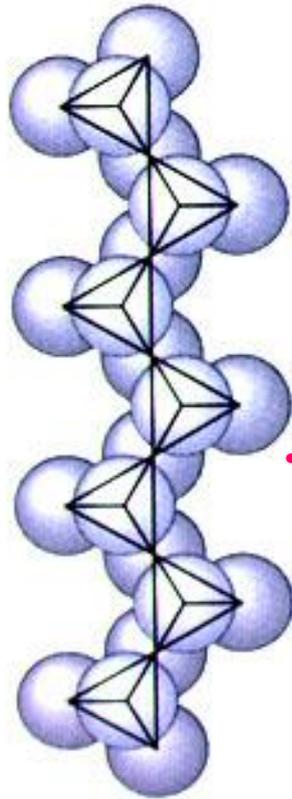
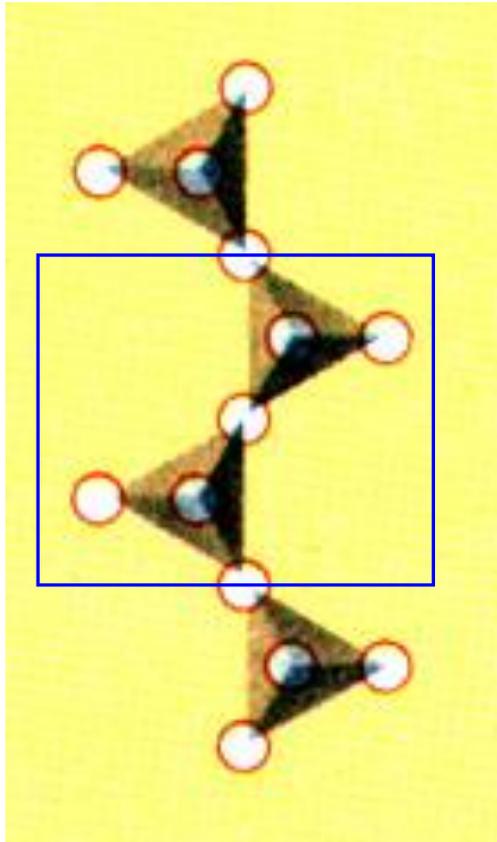
- | | | |
|---|----|------------------------------------|
| { | 三环 | $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ |
| | 四环 | $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ |
| | 六环 | $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ |

如 绿柱石 $\text{BeAl}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



二、硅酸盐的构造特点

(4) 链状络阴离子（硅氧骨干）



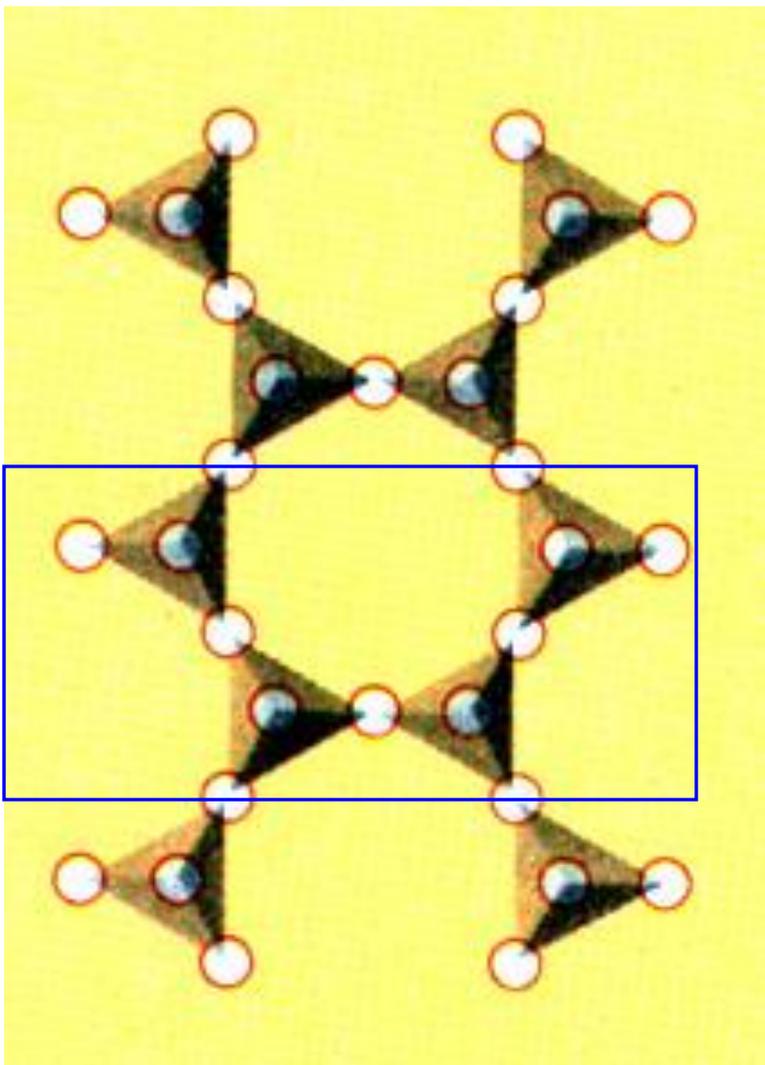
A. 单链（辉石式链） $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$

硅氧四面体以共用两个角顶的方式沿一个方向无限延伸的链状，链与链之间通过其它阳离子连接。

为辉石族
所特有

透辉石 $\text{CaMg} [\text{Si}_2\text{O}_6]$

二、硅酸盐的构造特点



B.双链（角闪石式链） $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$

两个单链平行连接而成。硅氧四面体有的共用两个角顶，有的共用三个角顶，双链与双链之间靠其它阳离子连接。

为角闪石族
矿物所特有



二、硅酸盐的构造特点

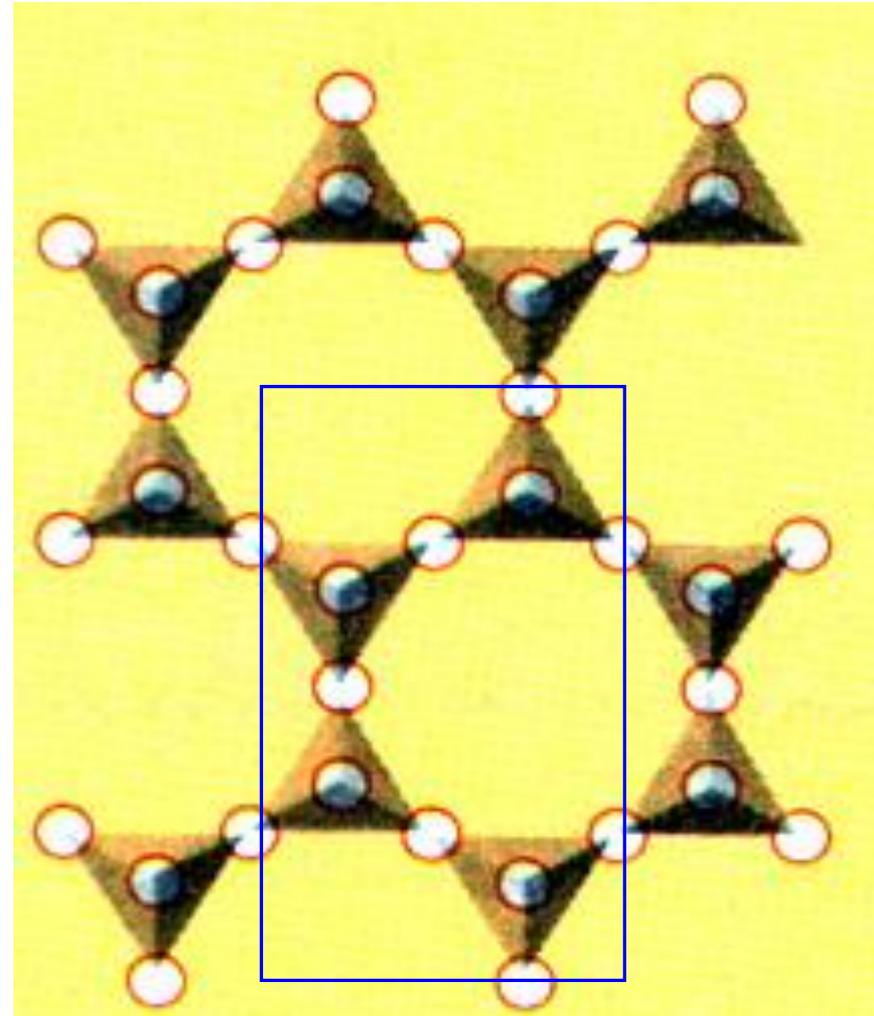
(5) 层状络阴离子（硅氧骨干）

硅氧四面体以共用三个角顶的方式相互连接，形成向两度空间无限延伸的六边形平面网。活性氧位于一侧

具有一组极完全解理

为片状硅酸盐
矿物所特有

滑石 $Mg_3 [Si_4O_{10}](OH)_2$



二、硅酸盐的构造特点

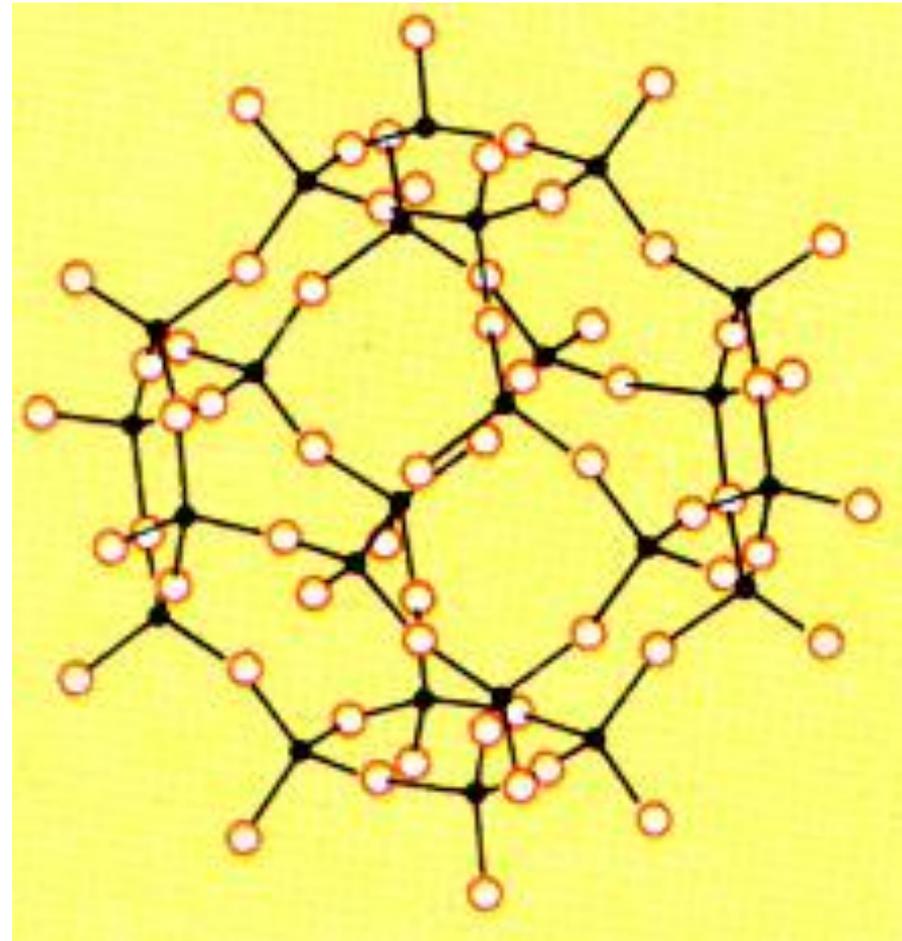
(6) 架状络阴离子 (硅氧骨干) $[\text{Si}_{n-x}\text{Al}_x\text{O}_{2n}]^{x-}$

硅氧四面体以共用四个角顶方式连接，在三维空间成无限延伸的架状

必须有铝或铍取代硅进入络阴离子，才能形成架状络阴离子

长石、沸石
矿物所具有

钠长石 $\text{Na}[\text{Si}_3\text{AlO}_8]$



三、铝的双重作用特点

绿柱石 $\text{BeAl}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 钠长石 $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

(1) Al离子以金属阳离子的身份与络阴离子结合形成

铝的硅酸盐。如 高岭石 $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

(2) Al离子取代部分Si而进入络阴离子，从而形成铝

硅酸盐，如钙长石 $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$

如白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

四、附加阴离子 O^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 、 $(\text{OH})^-$

五、硅酸盐矿物的外形和物理性质

1、晶体外形

晶体形态 → 晶体中格子构造

沿着键力最强方向生长

不同的络阴离子类型决定了不同的晶体形态

}	链、环状	一向延长
	层状	二向延长
	岛状	三向等长
	架状	和阳离子排列方式及化学键有关

五、硅酸盐矿物的外形和物理性质

2、硅酸盐矿物的物理性质 和络阴离子类型有关

(1) 解理

- 岛状 各方向键力相等，解理一般不发育
- 链状 链间结合力较弱，发育柱面解理
- 层状 层内结合牢固，层间接和弱，易发育平行层面方向的解理。
- 架状

(2) 颜色、透明度、光泽 一般具有离子晶体的特性

阳离子透明 ← 半透明 → 络阴离子 玻璃 金刚光泽，浅色或无色

颜色还受阳离子类型和含量的影响
Na⁺、K⁺、Ca²⁺ 无色

Fe³⁺、Cr: 红、褐

五、硅酸盐矿物的外形和物理性质

(3) 硬度

一般均较高，仅层状例外

岛状6—8

环状、链状5—6

架状5—6 如有水分子降低

层状最低，如滑石1±,云母2.5±

(4) 相对密度

结构紧密程度

岛状：最紧密堆积，较大

架状：疏松，空隙大，较小

锆石4

长石、沸石 < 2.8

(5) 不易挥发、难溶解

六、硅酸盐矿物亚类的划分 根据络阴离子类型分为五个亚类：

第一亚类 岛状构造硅酸盐 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 、 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

第二亚类 环状构造硅酸盐 $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$

第三亚类 链状构造硅酸盐

单链构造的硅酸盐 $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$

双链构造的硅酸盐 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$

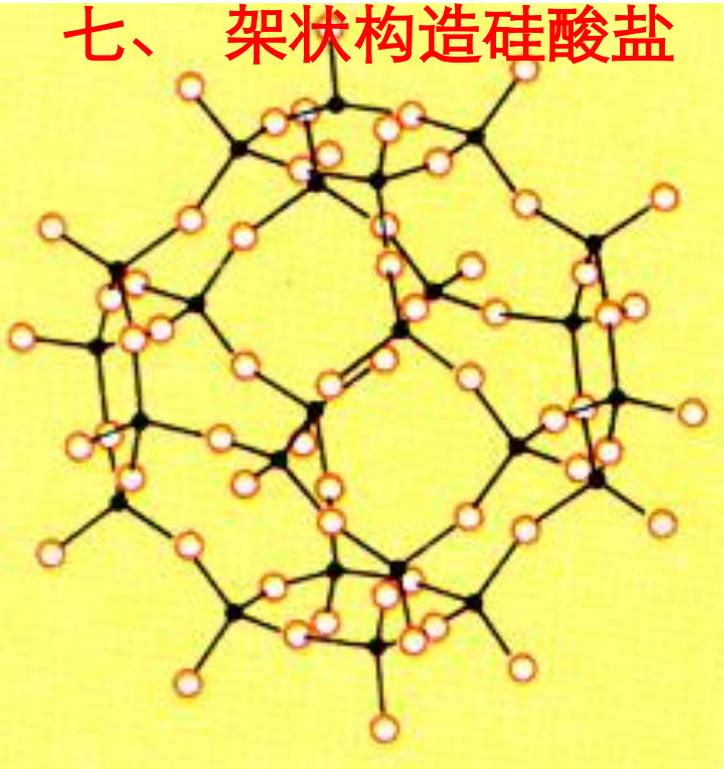
第四亚类 层状构造的硅酸盐 $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$

第五亚类 架状构造的硅酸盐 $[\text{Si}_{n-x}\text{Al}_x\text{O}_{2n}]^{x-}$

如白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

普通辉石属于 大类、 类、 亚类。

七、架状构造硅酸盐



Al替代部分Si

铝硅酸盐

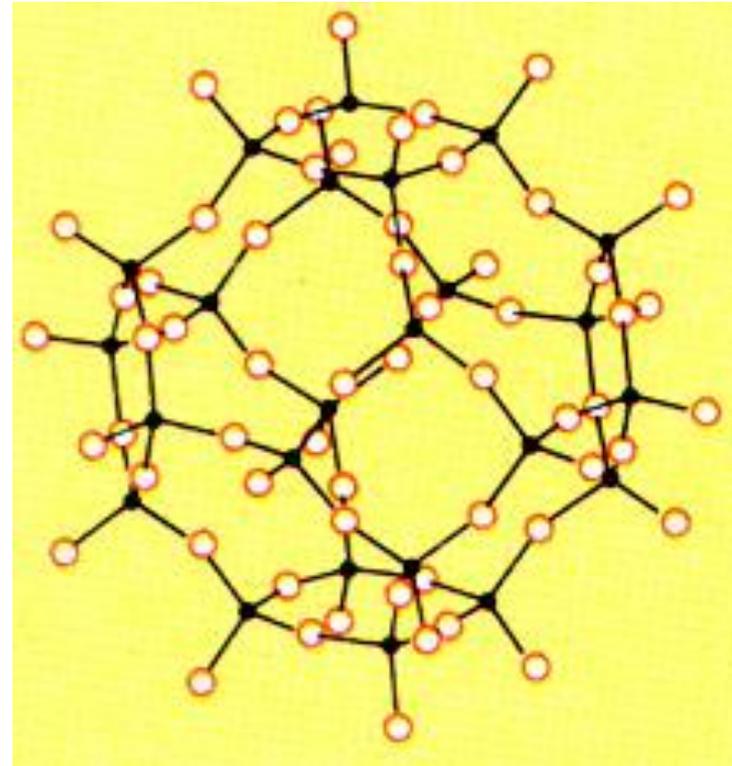
七、架状构造硅酸盐

(一) 概述 $[\text{Si}_{n-x}\text{Al}_x\text{O}_{2n}]^{x-}$

包括三个族

- 长石族
- 沸石族
- 似长石族

- (1) 负电荷少，空隙大， Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Rb^{2+} 、 Cs^{2+} 、 Ba^{2+}
- (2) 结合牢固，硬度较高，5—6
- (3) 相对密度在硅酸盐中最低
- (4) 除沸石族外，几乎都形成在高温条件下



(二) 长石族

1、长石的分布及研究意义

占地壳总重量55%

占大陆地壳总体积的69%

岩浆岩中占60%

变质岩中占30%

沉积岩中占10%

岩石的分类、命名依据长石的性质及数量

2、长石的化学组分

钠长石 $\text{Na}[\text{Si}_3\text{AlO}_8]$ (Ab)

钙长石 $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (An)

钾长石 $\text{K}[\text{Si}_3\text{AlO}_8]$ (Or)

钡长石 $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

3、长石的化学分类（三端元）

(1) 斜长石系列（钠长石—钙长石）系列：

完全类质同象系列：钠长石、更长石、中长石、拉长石、培长石、钙长石



(2) 碱性长石系列（钾—钠长石系列）：

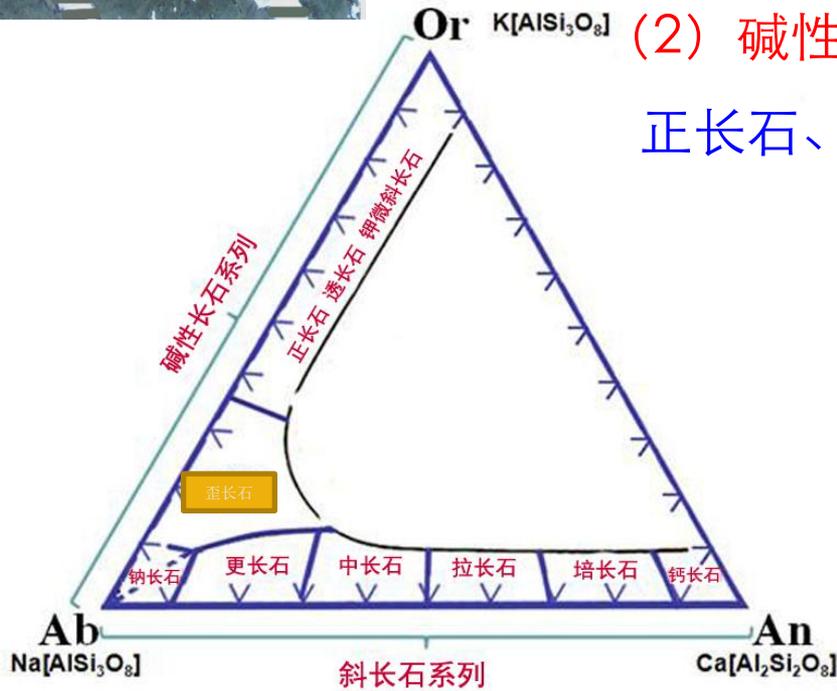
正长石、透长石、歪长石、微斜长石、钠长石

高温 → 完全类质同象系列

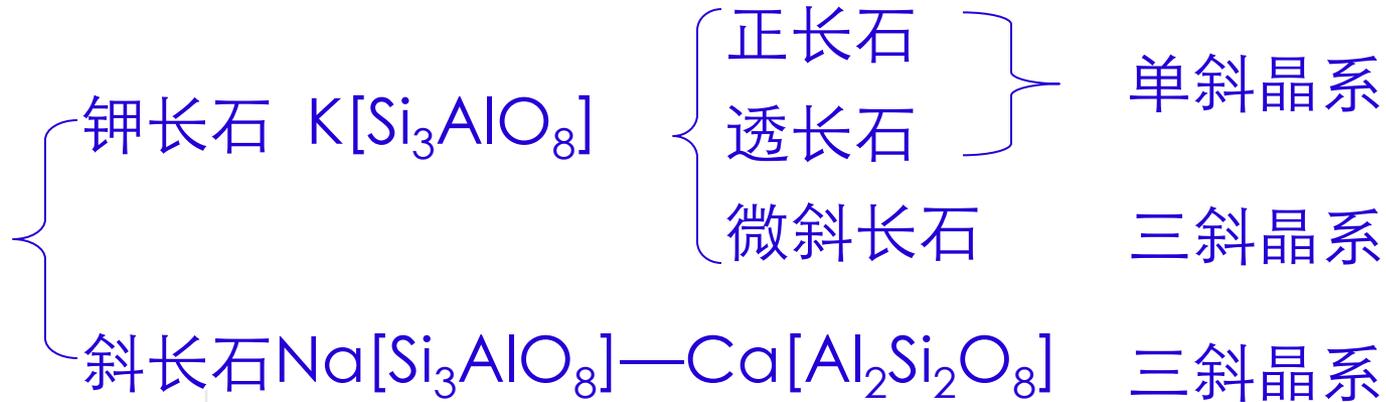
低温 → 不完全类质同象系列

固溶体分离

条纹长石



(3) 根据成分及对称特点，长石可分为：



钠长石、更长石、 中长石、 拉长石、 培长石、 钙长石

酸性斜长石

中性斜长石

基性斜长石

Ab	100—90	90—70	70—50	50—30	30—10	10—0
An	0—10	10—30	30—50	50—70	70—90	90—100

斜长石号码：斜长石中钙长石含量

4、长石的一般性质

(1) 单斜或三斜晶系，短柱状或板状

(2) 物理性质

色浅，多为白色或肉红色，玻璃光泽。两组解理平行
(100)和 (010) 完全，解理夹角：单斜— 90° ，

三斜晶系—近 90°

硬度6，相对密度小，2.5-2.8

4、长石的一般性质

(3) 光学性质

薄片无色，形态为板状，折光率与树胶接近，突起低，有正有负：

碱性长石系列： $N < N_{\text{胶}} 1.539$ ，低负突起

斜长石系列：钠—更长石 $N < N_{\text{胶}}$ ，低负突起；

中—钙长石 $N > N_{\text{胶}}$ ，低正突起

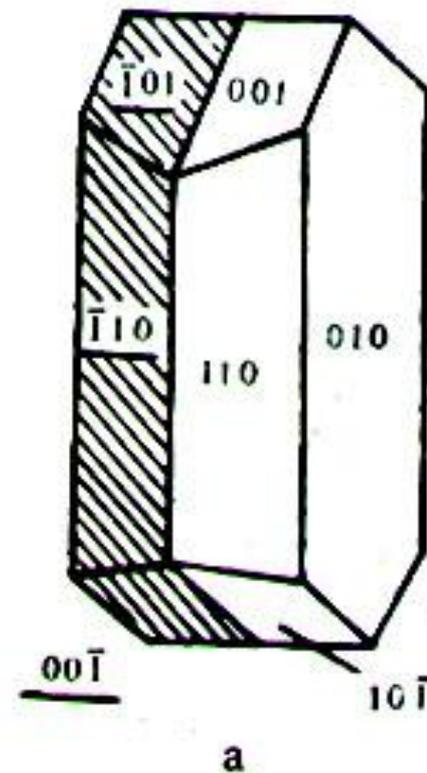
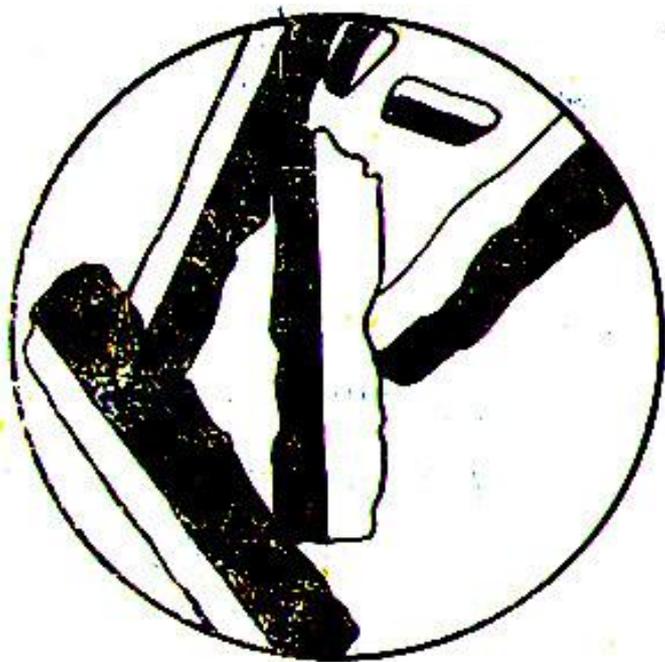
双折射率很低：最高干涉色一级灰

(4) 长石中常见双晶

A. 卡斯巴双晶 (简称卡氏双晶)

双晶轴//C轴, 双晶面// (010)。

在正交偏光镜下呈现一明一暗的现象。

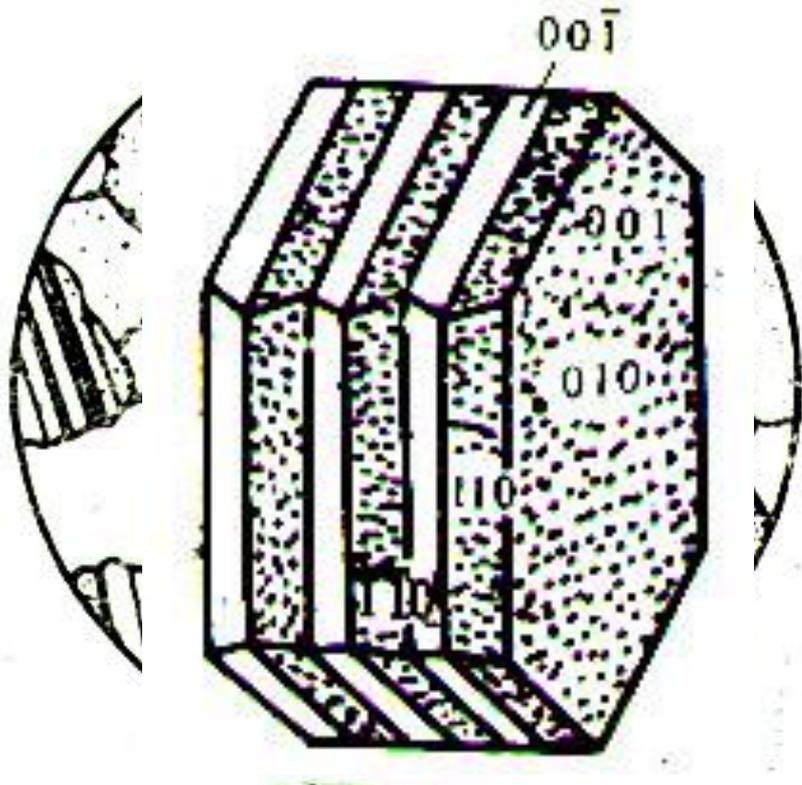


主要出现于碱性长石中的
正长石、透长石中

B. 钠长石双晶（聚片双晶）

构成双晶的单体有多个，双晶轴垂直 (010) 面，双晶面 $// (010)$ 相间单体光性方位一致。

正交偏光一组消光、一组明亮。

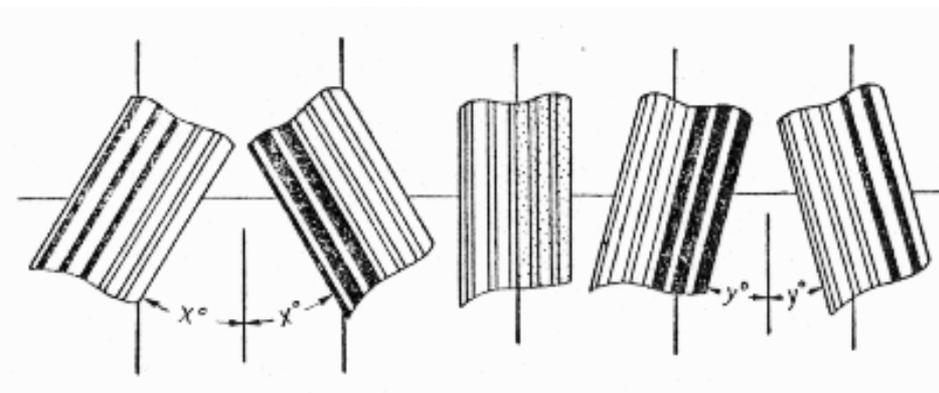
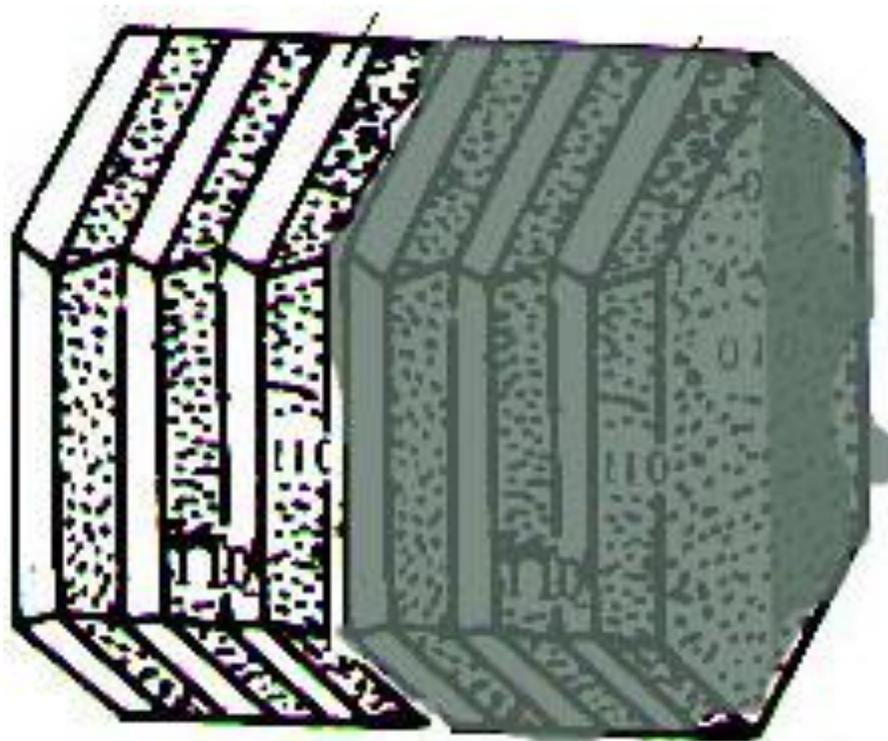


斜长石中常见

C.卡——钠复合双晶

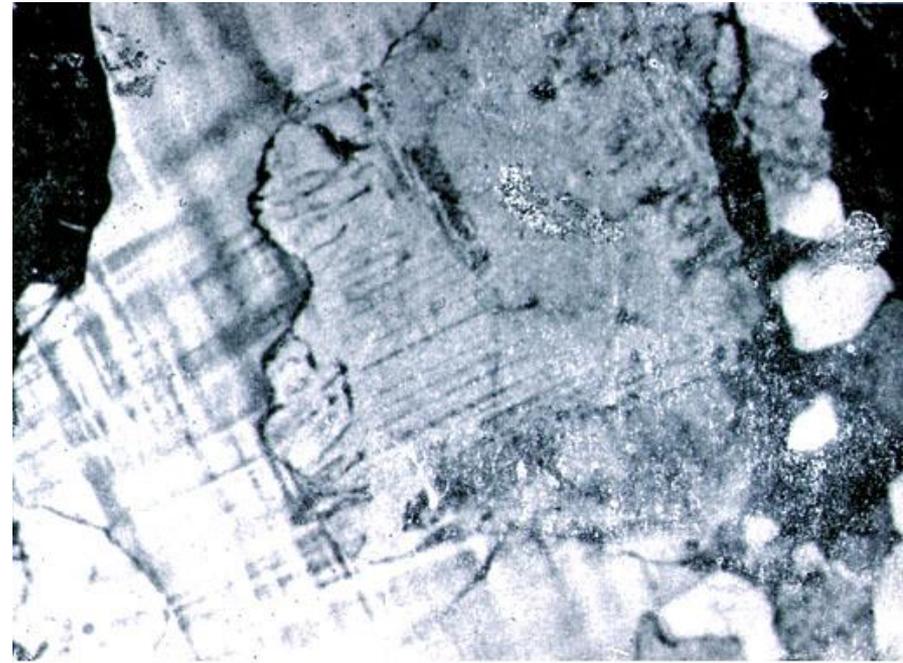
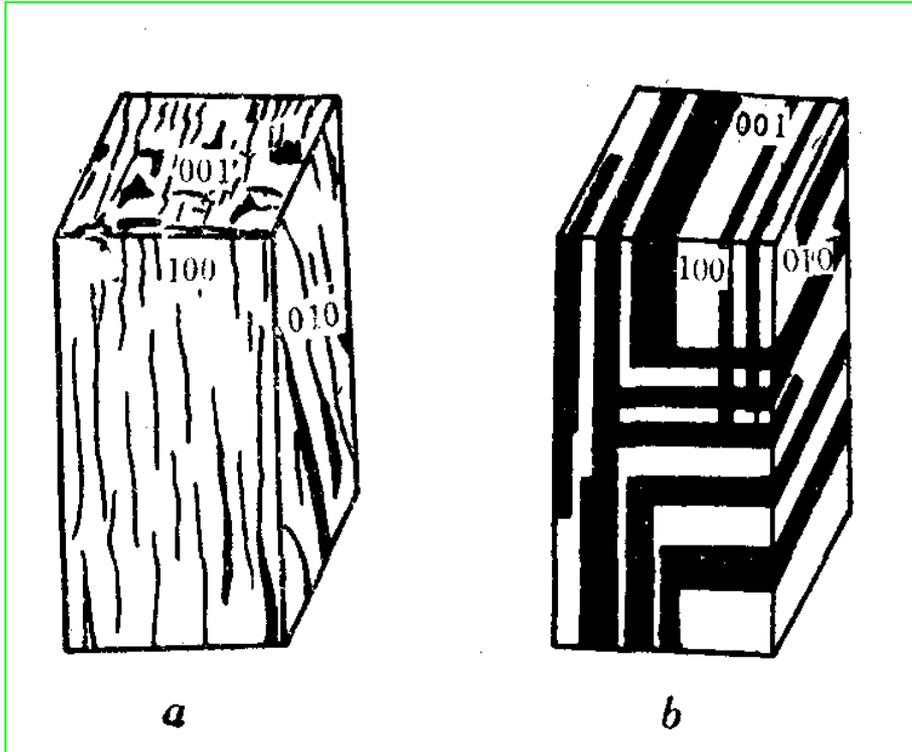
双晶轴//C轴，双晶面// (010)，由卡斯巴双晶和钠长石双晶组合而成。

特点：卡斯巴双晶的两部分各由钠长石的聚片双晶构成。



常见于斜长石中

D. 钠一肖钠长石双晶（格子状双晶）



常见于微斜长石中

5、正长石亚族（碱性长石亚族）

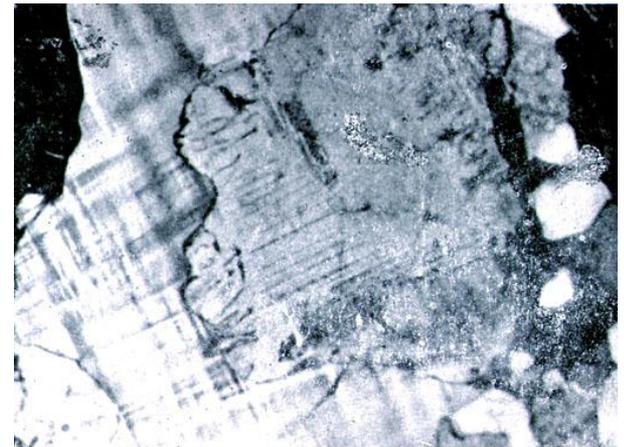
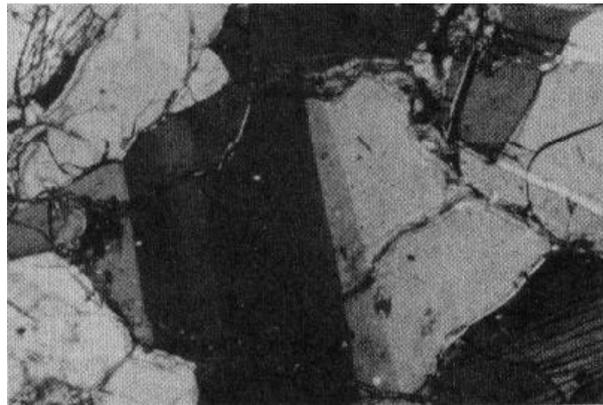
(1) 钾长石：包括富钾的碱性长石正长石、透长石、微斜长石

正长石：肉红色或浅黄色

透长石：无色透明主要出现于喷出岩中

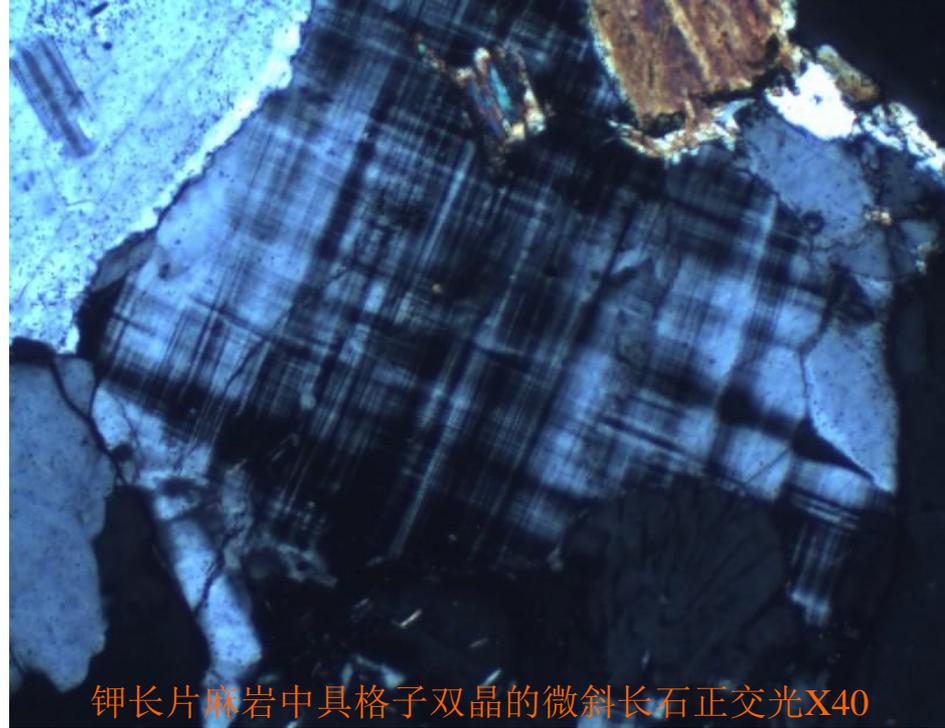
微斜长石：特征和正长石相似，两组解理夹角为 89° ，具格子状双晶。

板状，低负突起，
都具卡斯巴双晶，
两组解理夹角 90°

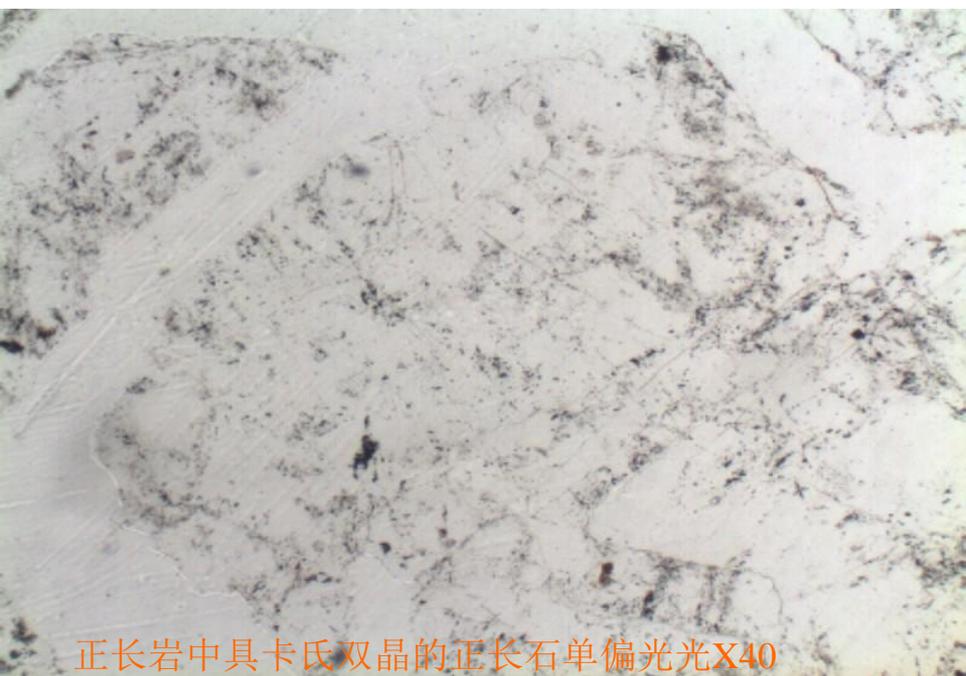




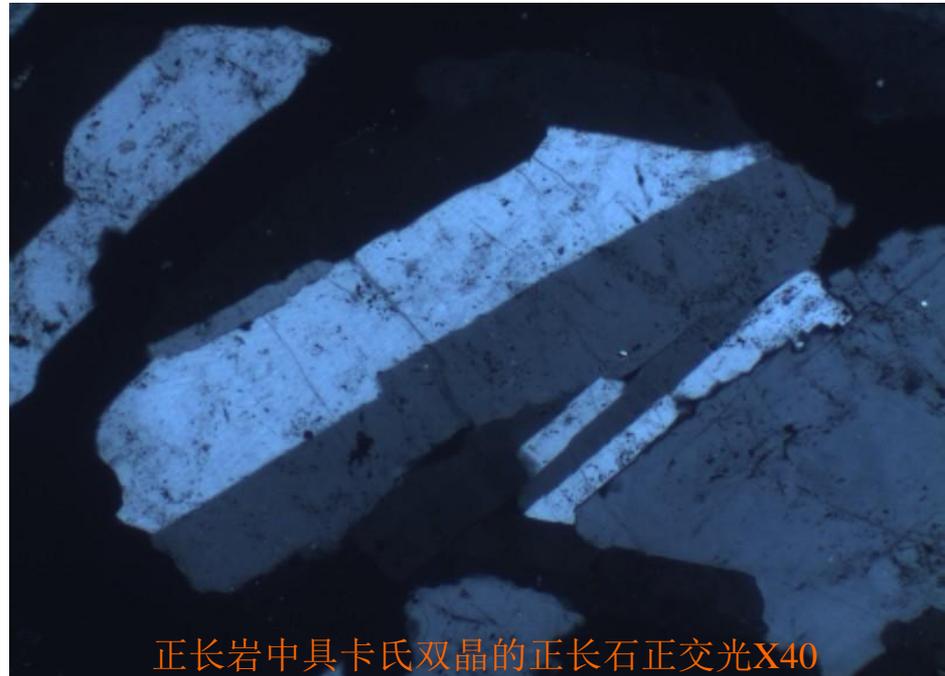
钾长片麻岩中具格子双晶的微斜长石单偏光X40



钾长片麻岩中具格子双晶的微斜长石正交光X40



正长岩中具卡氏双晶的正长石单偏光光X40



正长岩中具卡氏双晶的正长石正交光X40

(2) 钾钠长石（条纹长石）

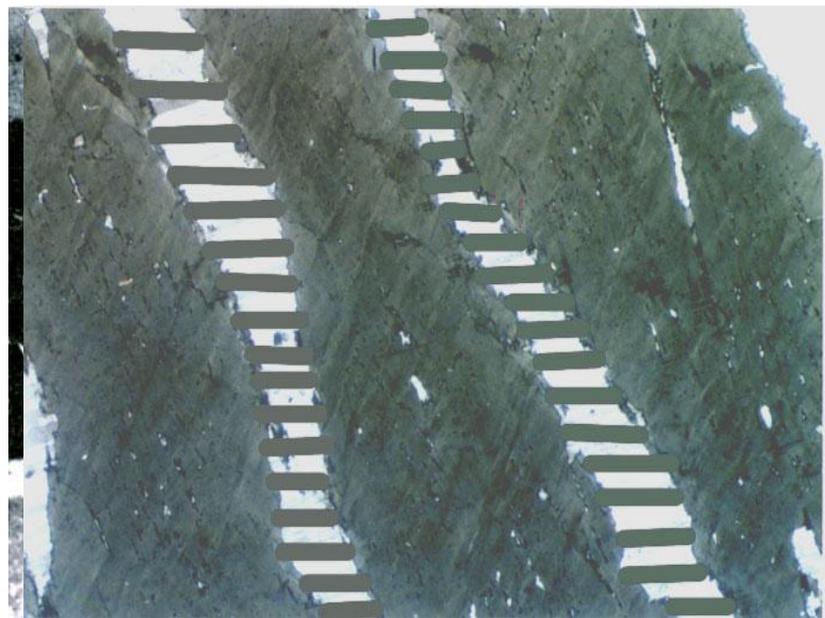
条纹长石：在钾长石中含有纳长石嵌晶。嵌晶呈条纹状、树杈状，嵌晶光性方位一致，正交光下同时消光同时明亮。为固溶体分解形成。

皱纹长石：又称隐晶条纹长石，仅能在镜下见到细小波纹状的纳长石嵌晶。

一般见于花岗岩、花岗伟晶岩、正长岩中。

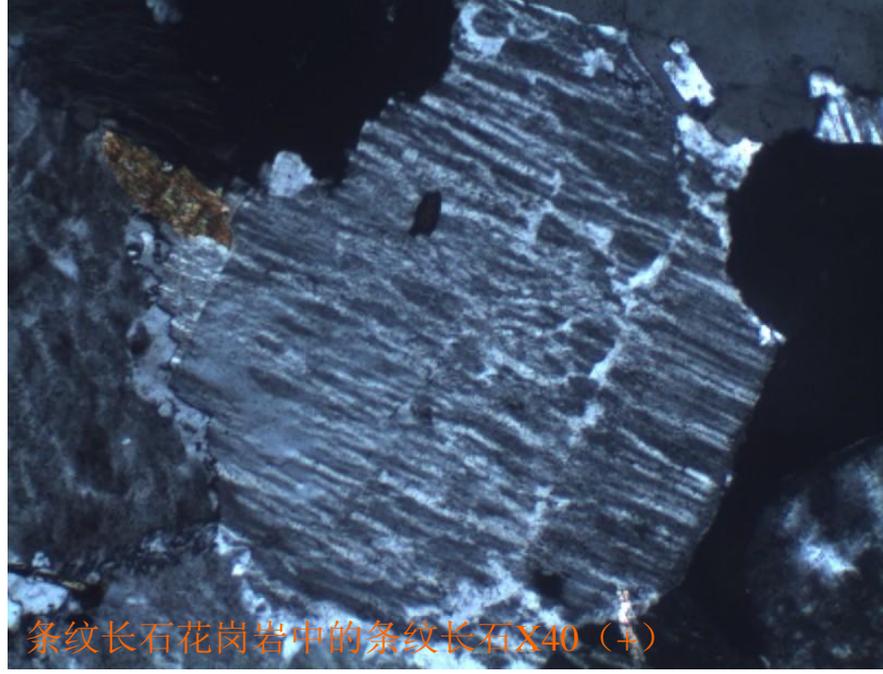
(3) 钠长石：

属碱性长石系列 ($An < 5$)
也属斜长石亚族 ($An > 5$)

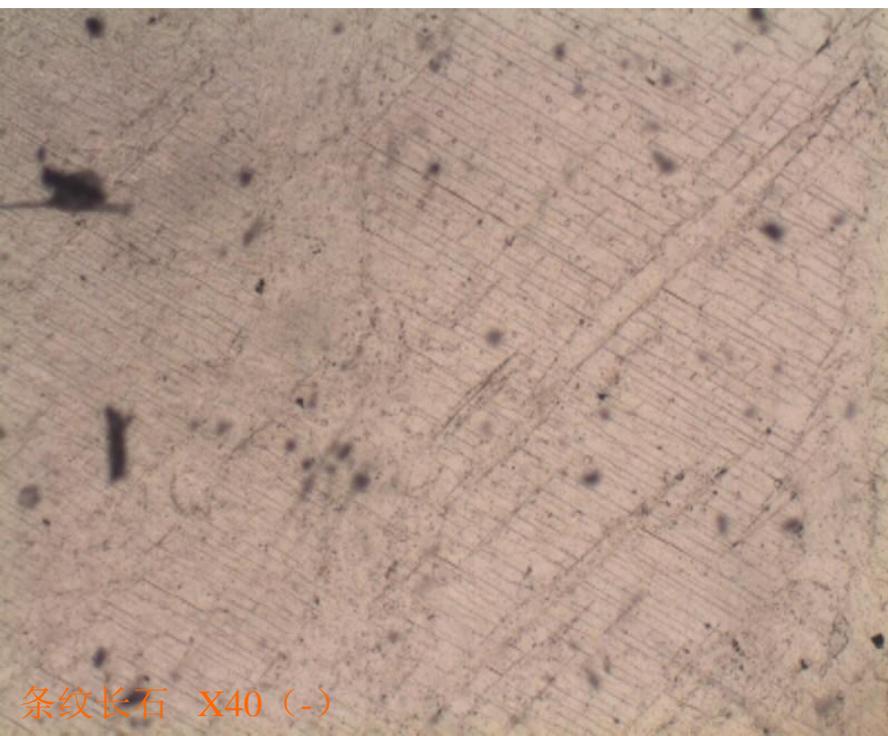




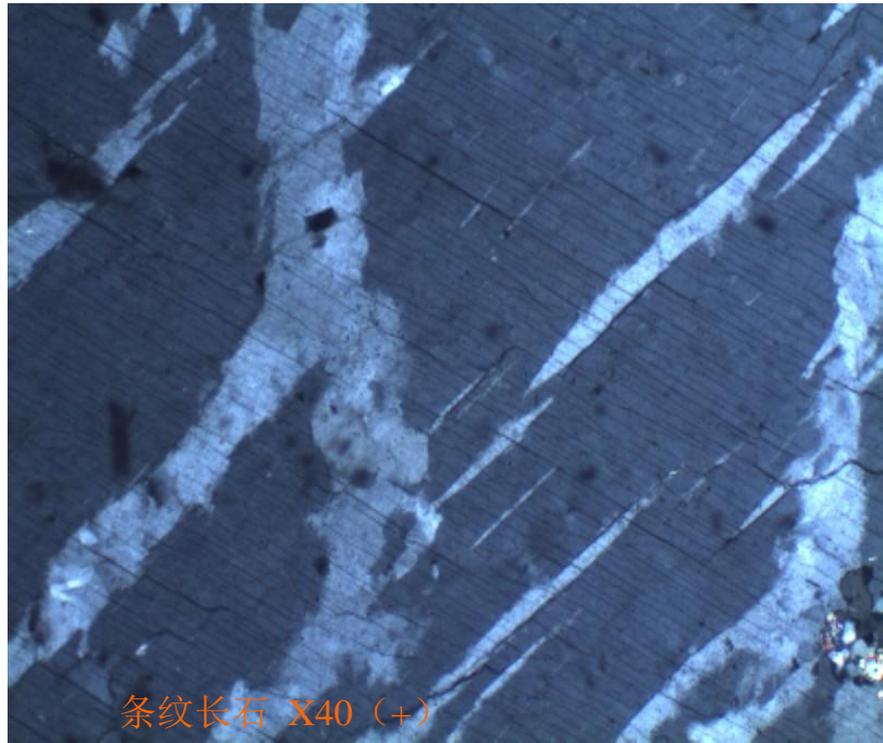
条纹长石花岗岩中的条纹长石X40 (-)



条纹长石花岗岩中的条纹长石X40 (+)



条纹长石 X40 (-)



条纹长石 X40 (+)

6、斜长石亚族

(1) 斜长石的分类

钠长石、更长石、

中长石、拉长石、培长石、钙长石



酸性斜长石



中性斜长石



基性斜长石

(2) 斜长石的鉴定

A. 晶体形态及物性

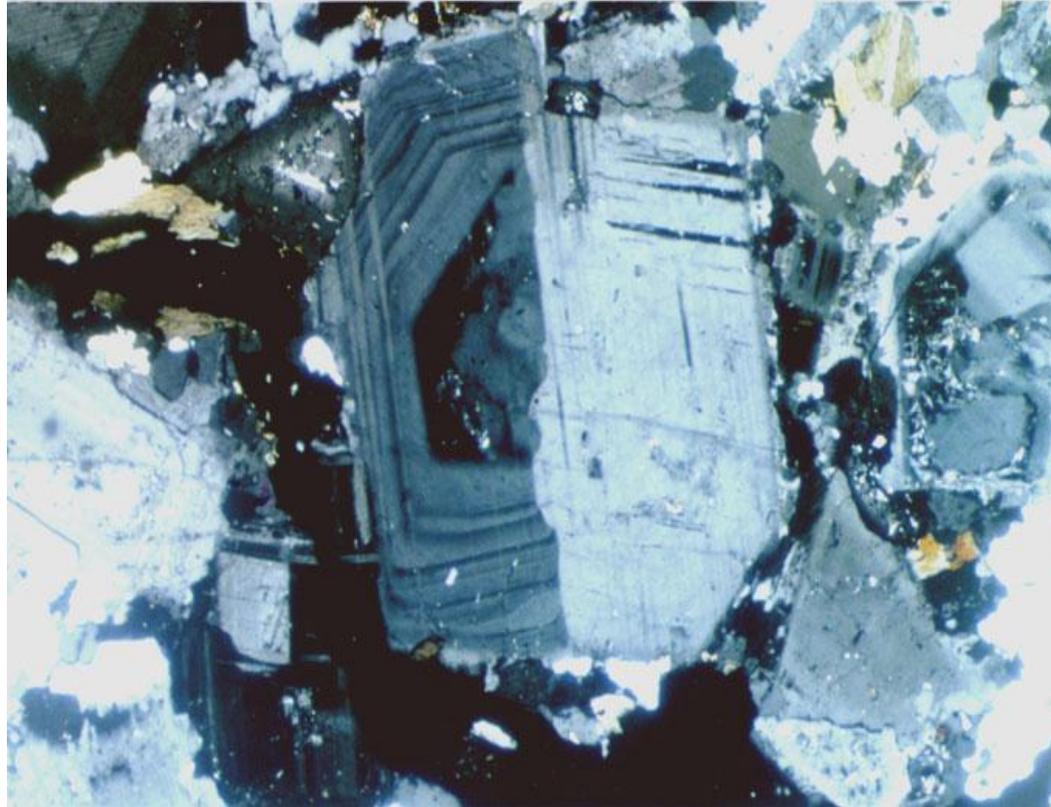
三斜晶系，单晶少，多为聚片双晶，板柱状，平行{010}解理完全，{001}解理中等，解理夹角为85.48—86.26°，硬度6—6.5

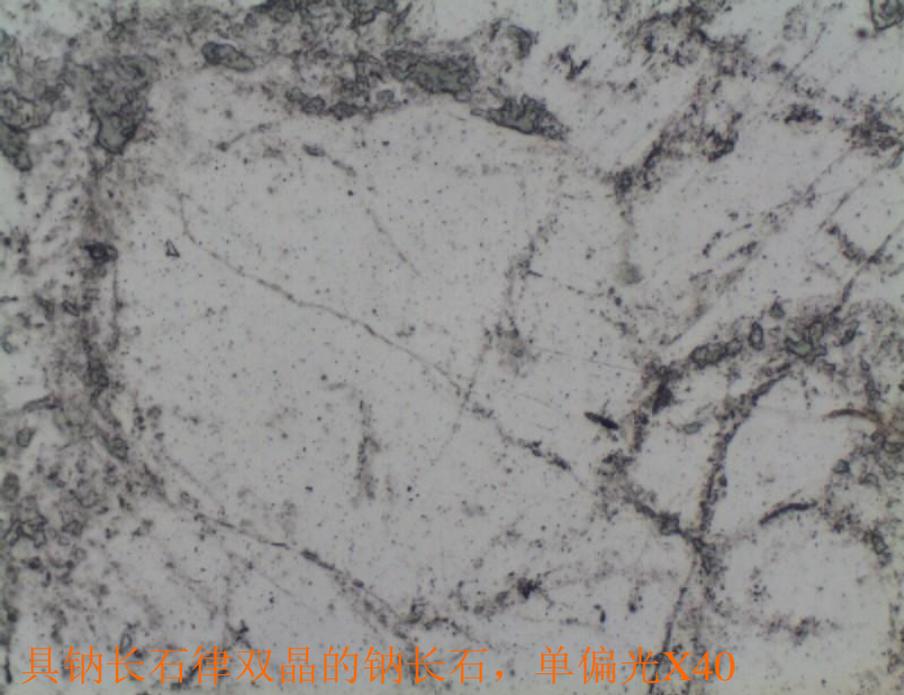
B.光性 无色透明，折光率、双折射率随Ca值增高而增高：

	密度	折射率	突起	干涉色	聚片双晶
钠长石	2.61	低	低负突起	兰灰	疏
更长石	↓	↓	低负突起	↓	密
中长石			低正突起		
拉长石			低正突起	↓	一级黄
培长石			低正突起		
钙长石			低正突起		
			2.76	高	

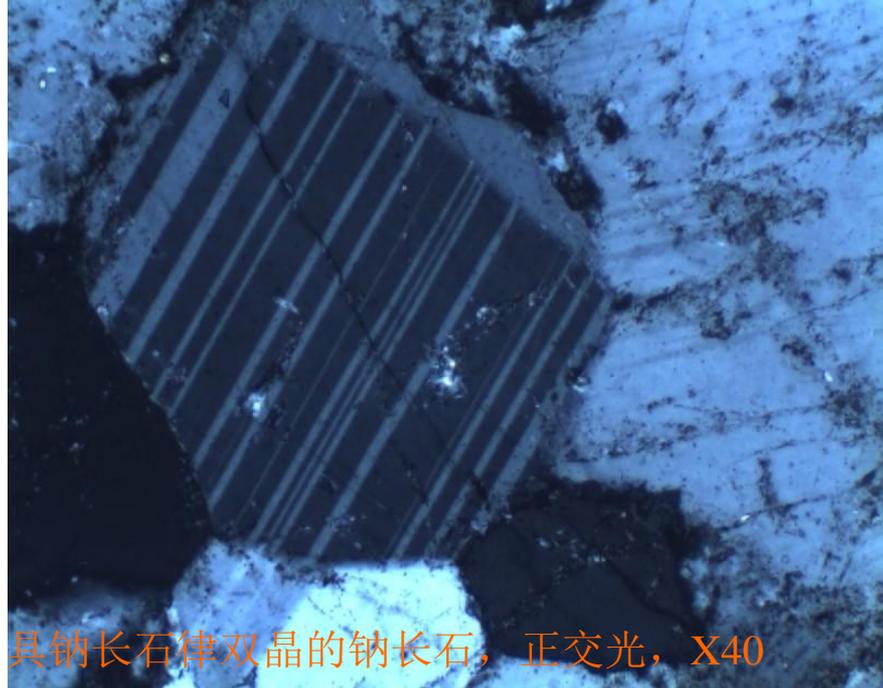
中性斜长石具环带构造。

易发生绢云母化、钠黝帘石化、碳酸盐化、绿帘石化、绿泥石化，表面较脏

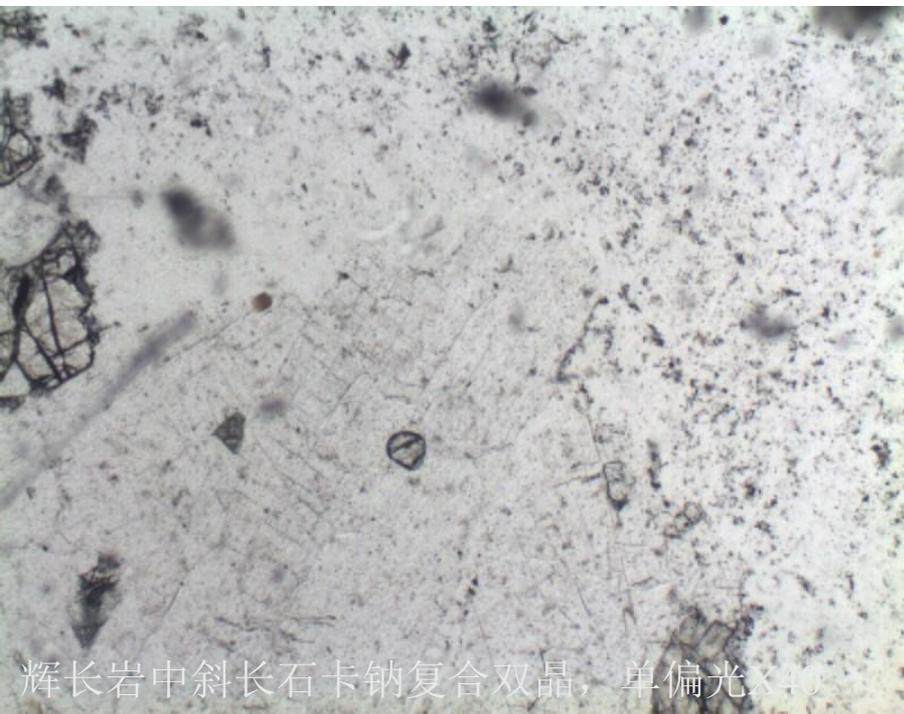




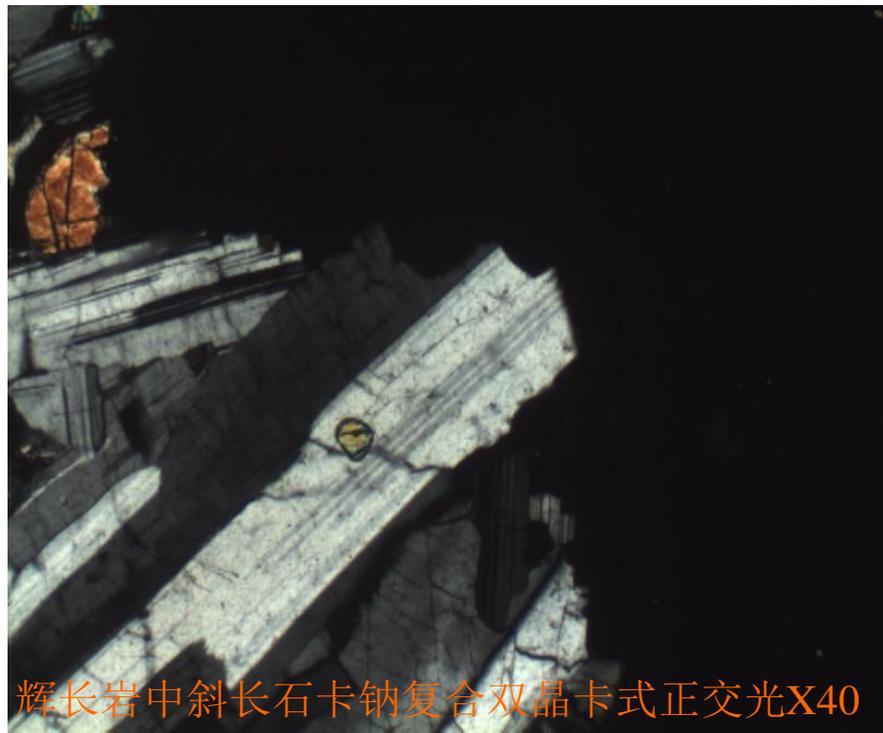
具钠长石律双晶的钠长石，单偏光X40



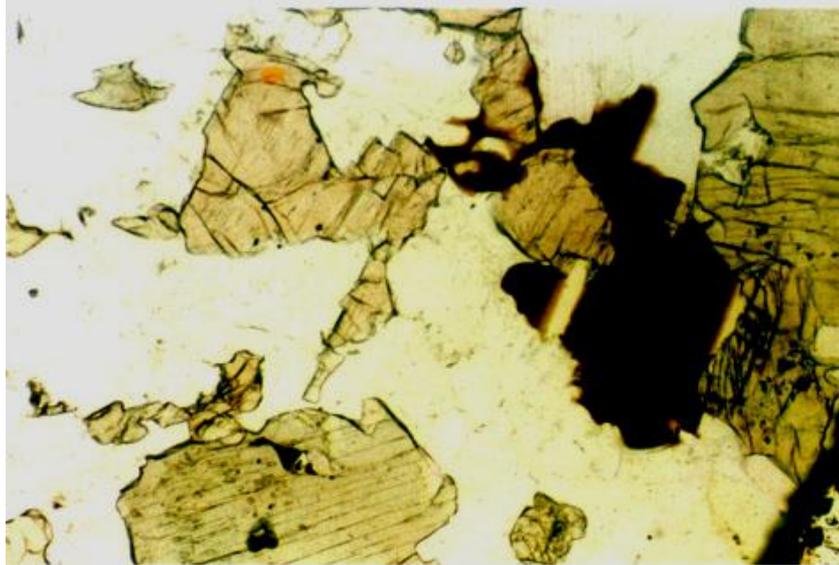
具钠长石律双晶的钠长石，正交光，X40



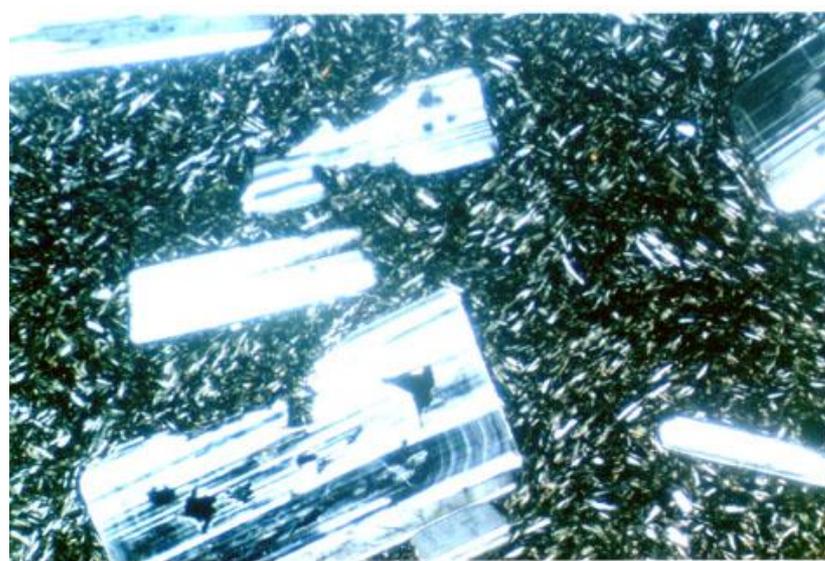
辉长岩中斜长石卡钠复合双晶，单偏光X40



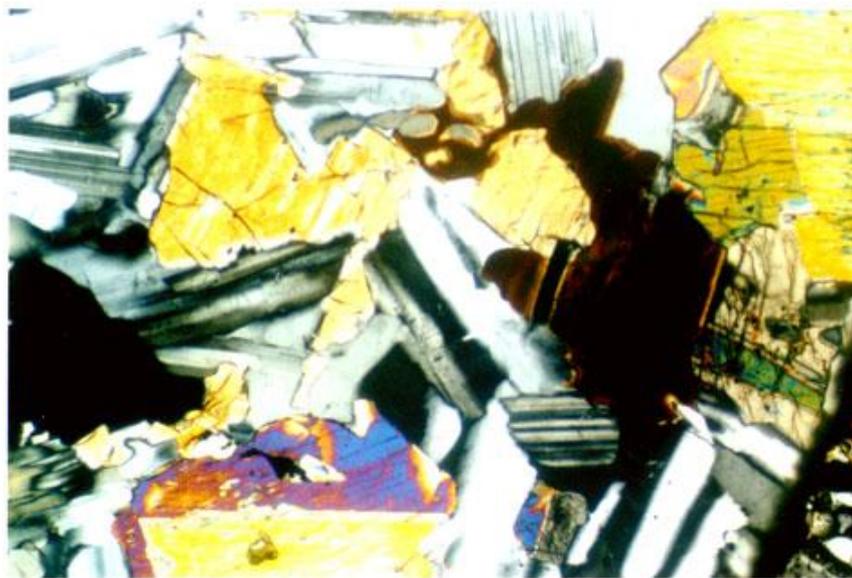
辉长岩中斜长石卡钠复合双晶卡式正交光X40



辉长岩中单偏光下斜长石



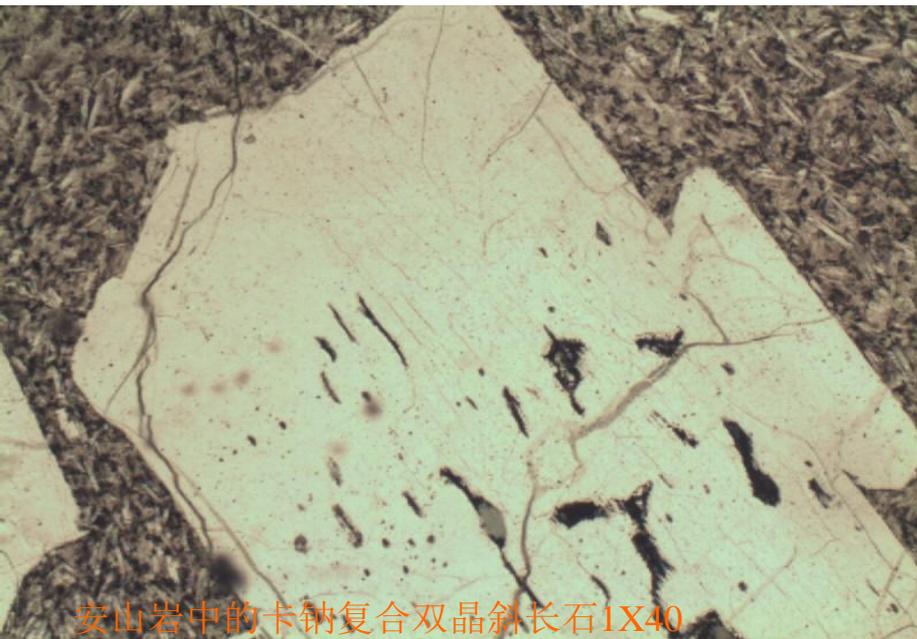
安山岩中正交光下斜长石



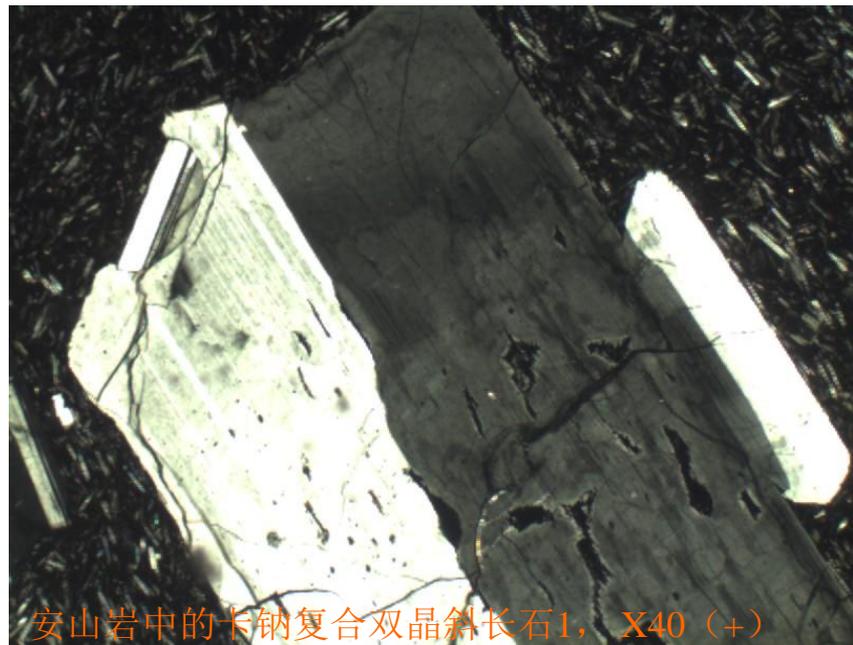
辉长岩中正交光下斜长石



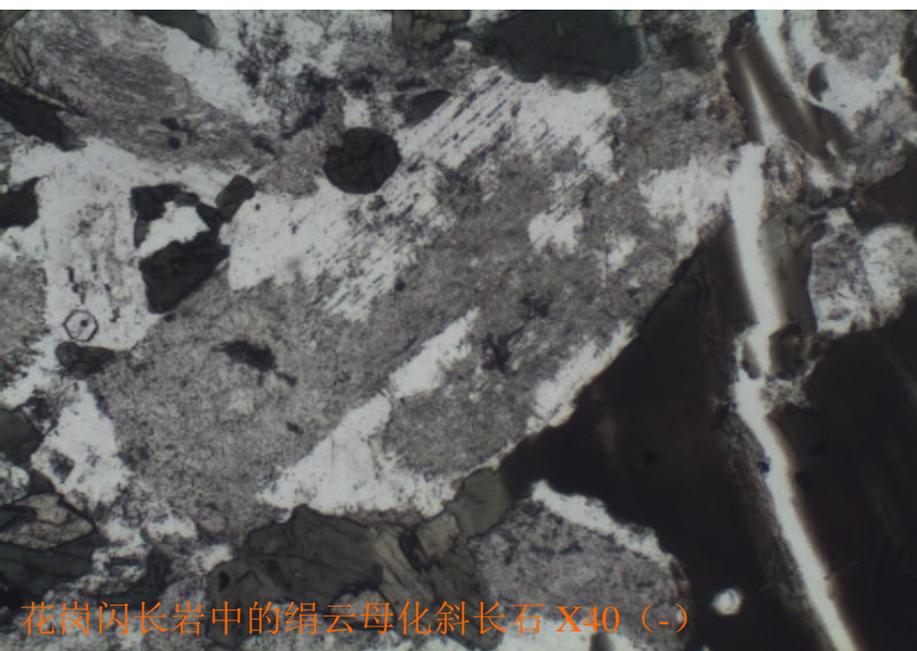
闪长岩中正交光下斜长石



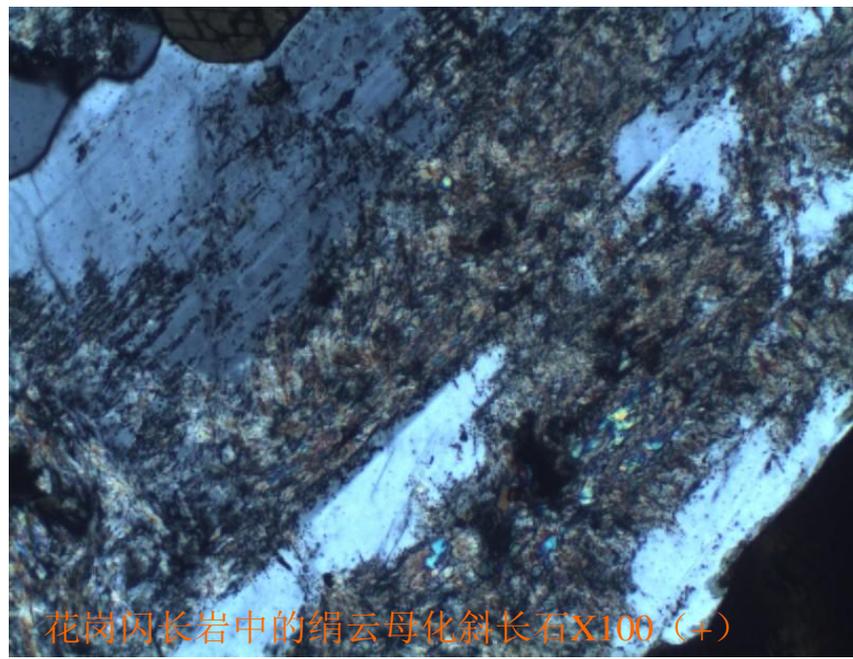
安山岩中的卡钠复合双晶斜长石1X40



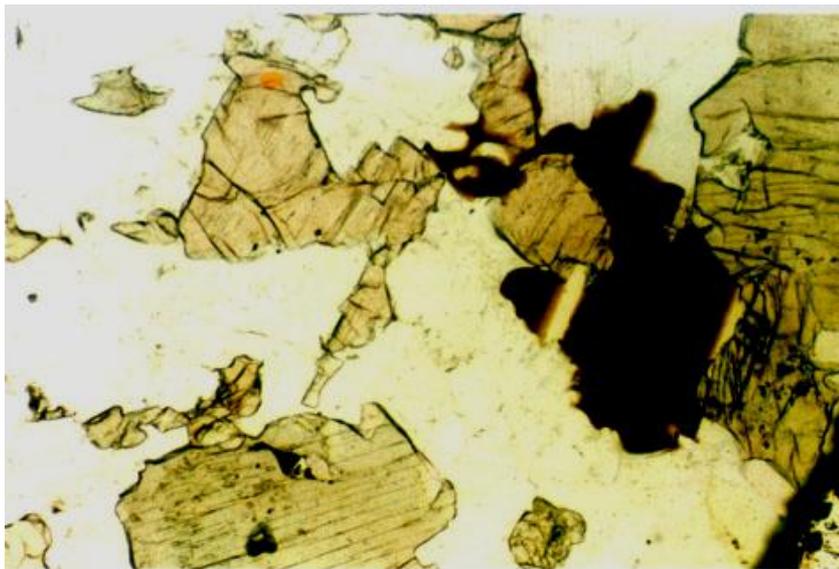
安山岩中的卡钠复合双晶斜长石1, X40 (+)



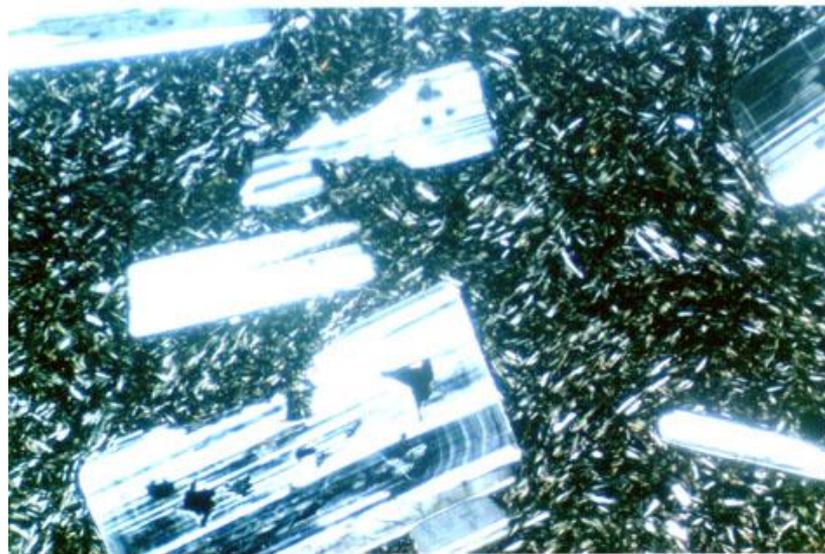
花岗闪长岩中的绢云母化斜长石 X40 (-)



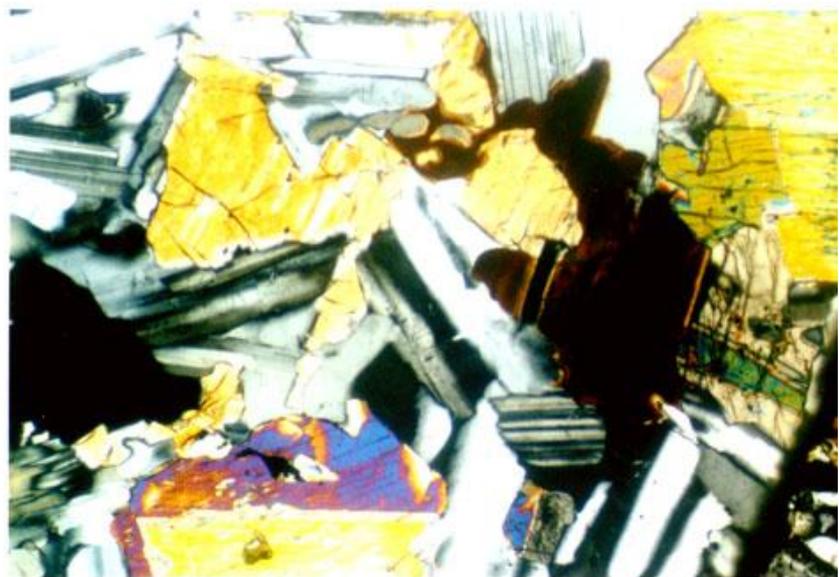
花岗闪长岩中的绢云母化斜长石X100 (+)



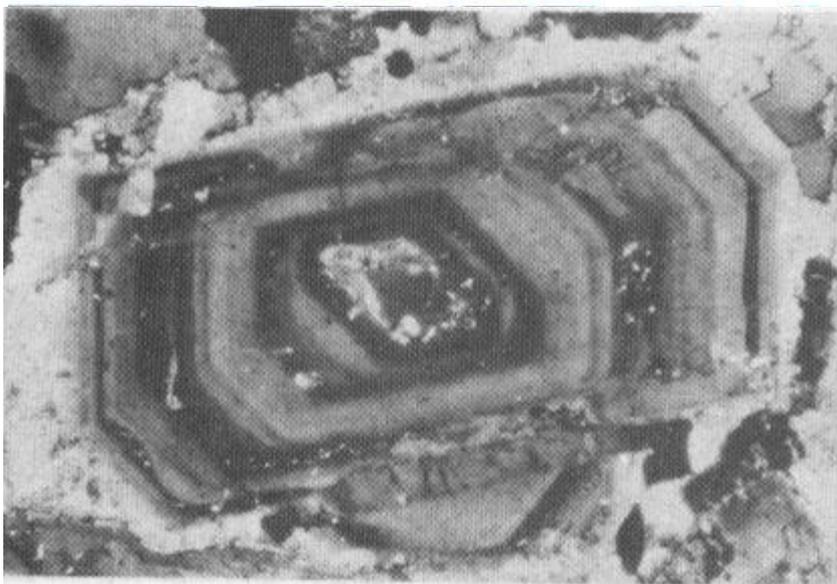
辉长岩中单偏光下斜长石



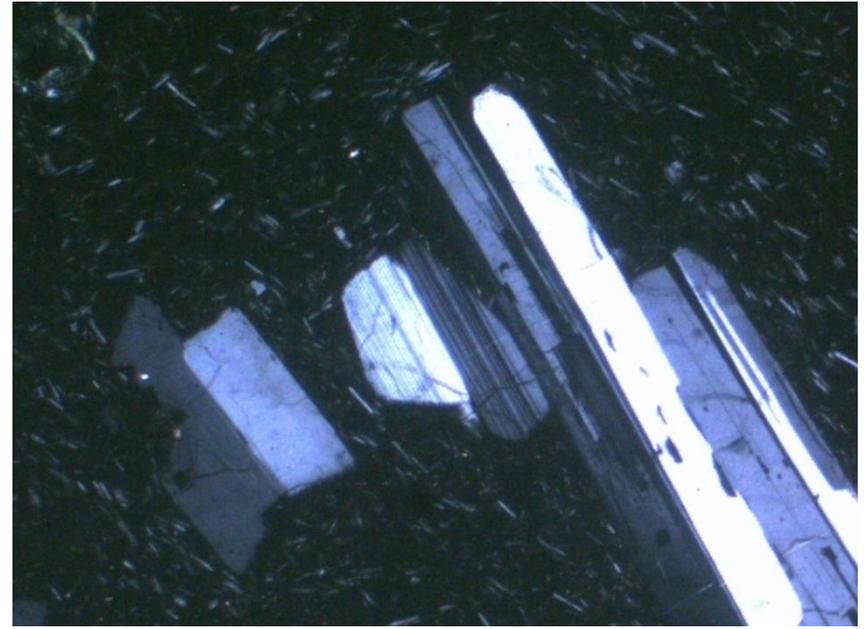
安山岩中正交光下斜长石



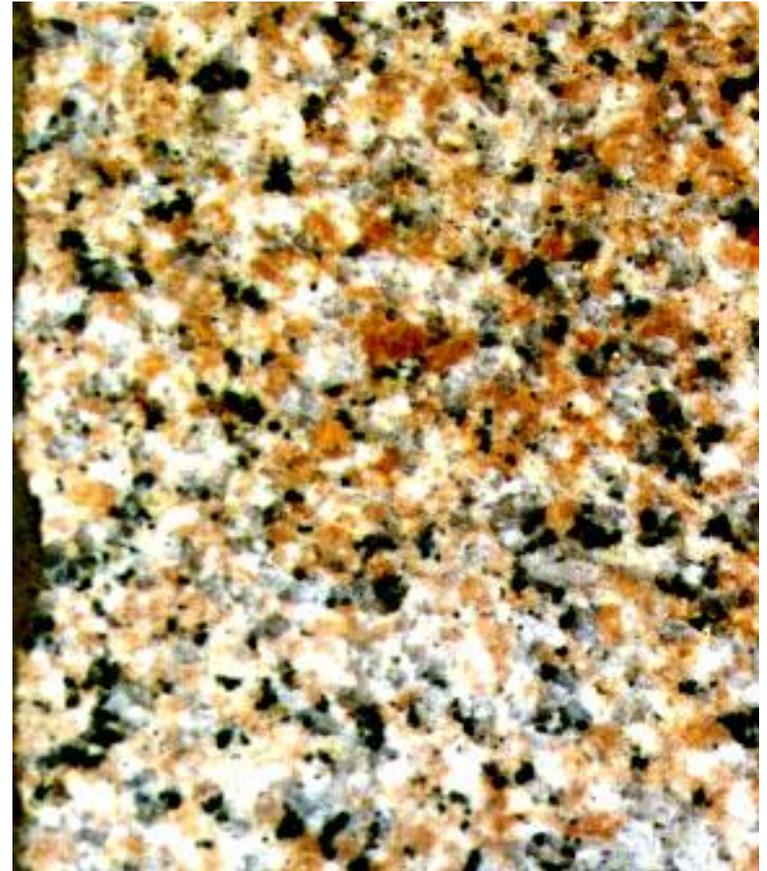
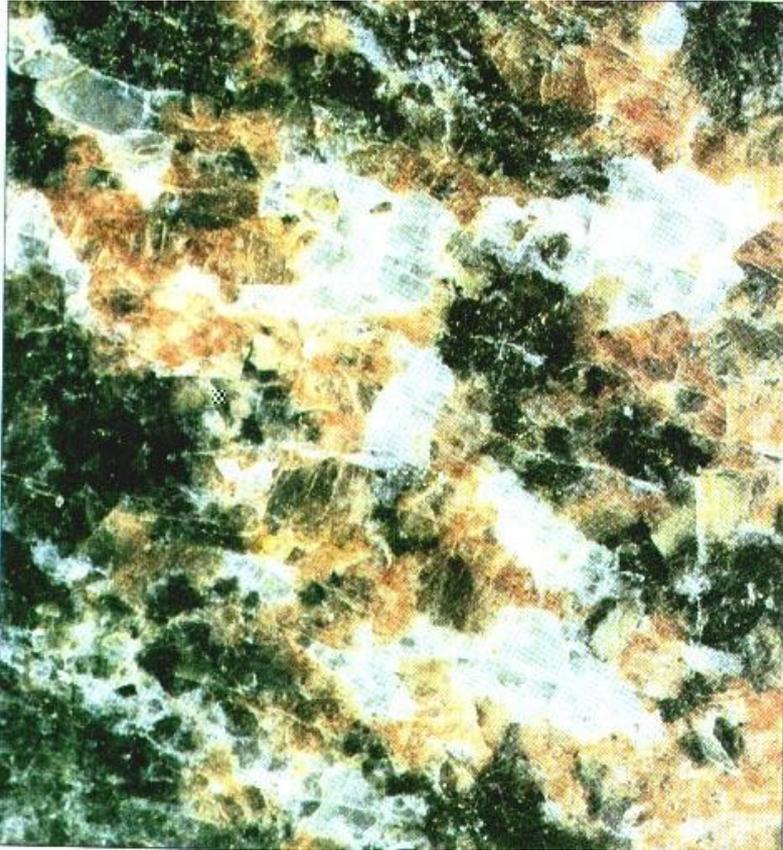
辉长岩中正交光下斜长石



闪长岩中正交光下斜长石



钾长石和斜长石的宏观特征

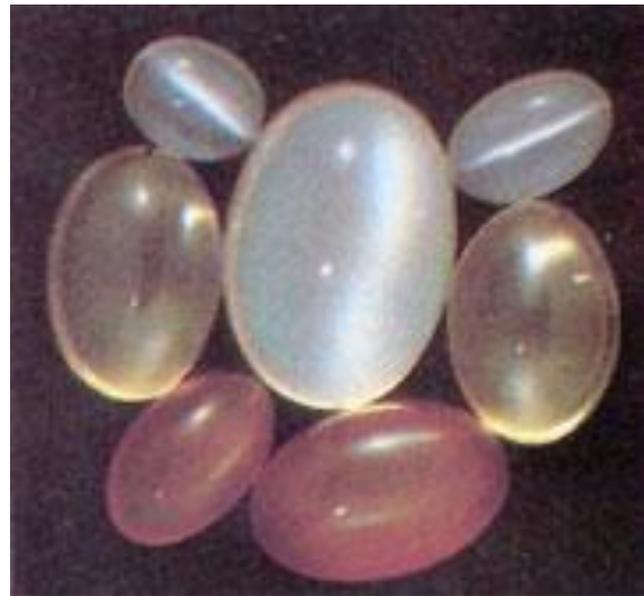


作业：正长石与斜长石的区别(肉眼及镜下)



缅甸月光石

月光石及其猫眼效应



各种月光石

月光石：条纹长石中的钾、钠长石两相形成显微层片状结构，会产生漂亮的“浮光”效应，叫月光石。



拉长石原石



拉长石：聚片双晶结构使光发生干涉产生彩虹效应。



日光石原石



含有分布不均、定向排列的微细包裹体：
赤铁矿、针铁矿、云母等。（透长石、
更长石）



(三) 似长石族 (霞石族与白榴石族)

成分与长石族相似, SiO_2 少



霞石 钠长石



白榴石 钾长石

富碱质, SiO_2 不饱和不与石英共生

风化条件下不稳定, 易分解为高岭石、沸石等其他矿物

注意霞石与长石的区别

(四) 沸石族 略

思考题：

1、试总结常见长石族矿物在突起、解理、双晶类型和分布特征方面的区别。

提示：将斜长石与碱性长石进行对比
钾长石与斜长石。

2、试总结常见长石族矿物与石英在镜下的主要区别。

提示：将长石族矿物作为一个整体与石英进行对比。可从晶形、解理、突起，干涉色、双晶，轴性，次生变化等方面进行比较。

八、层状构造硅酸盐亚类

(一) 概述

1、离子 $[Si_4O_{10}]^{4-}$ 或 $\{[Si_4O_{10}]^{4-} (OH)_2\}^{6-}$

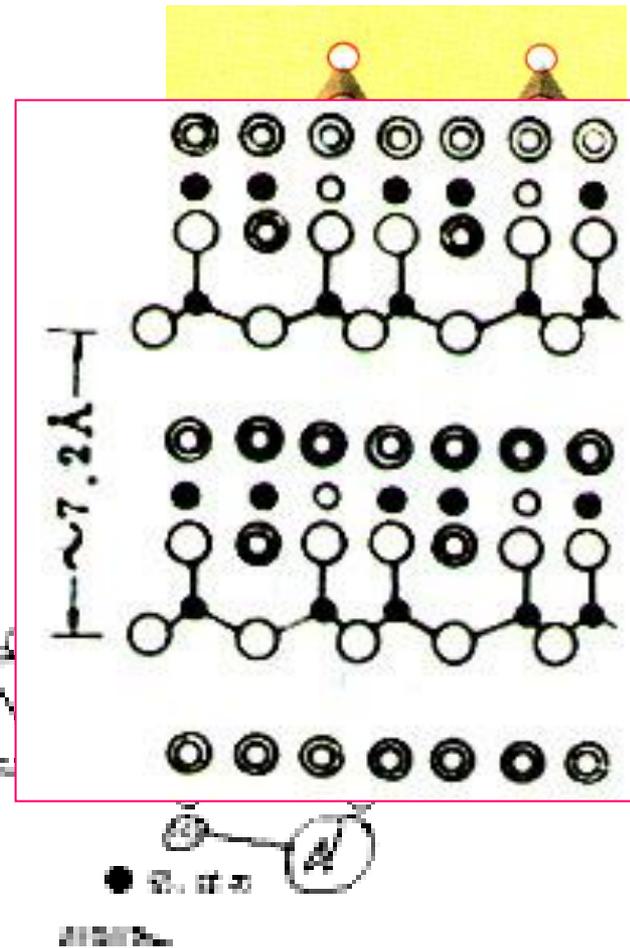
阳离子: Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、
 Fe^{3+} 、 Li^+ 、 Cr^{3+}

补偿离子: K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+}

2、晶体结构

(1) 基本结构层

- 四面体层 T 表示
- 八面体层 O 表示



硅氧四面体以外的金属阳离子呈六次配位，和活性氧、(OH) 及阳离子形成八面体层，以“O”表示

八、层状构造硅酸盐亚类

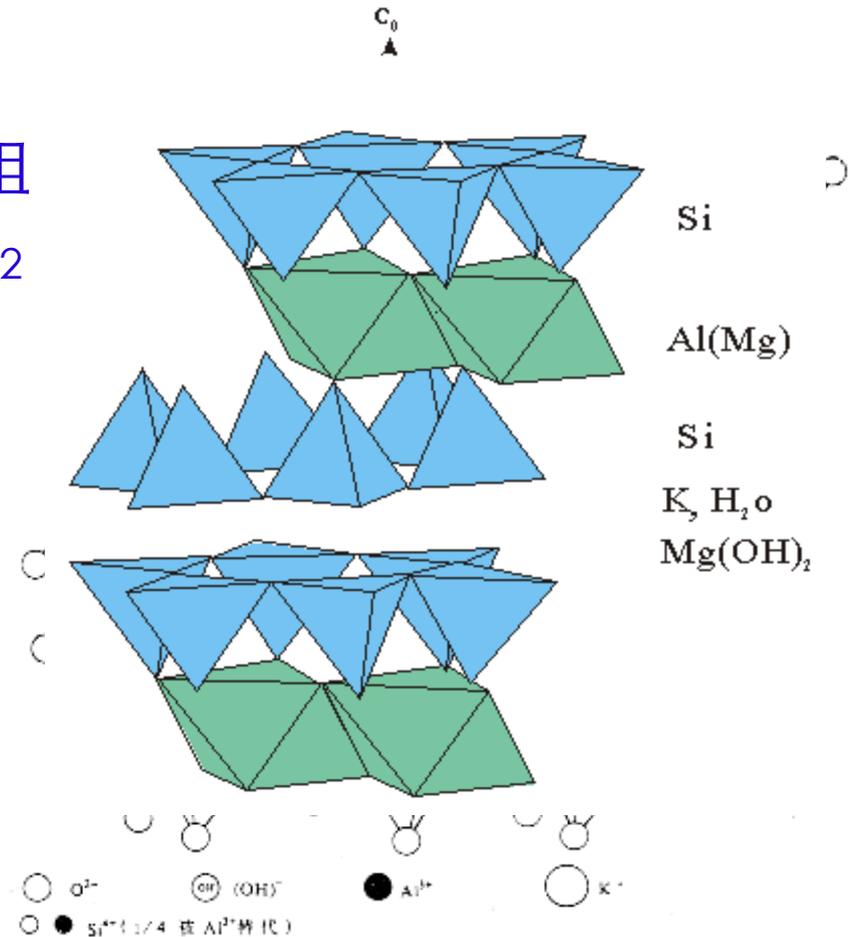
结构单元层有两种基本形式

(1) 1:1型 TO型

由一个四面体层和一个八面体层组成，如高岭石 $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$

(2) 2:1型 TOT型

两个四面体层夹一个八面体层组成，如滑石 $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$



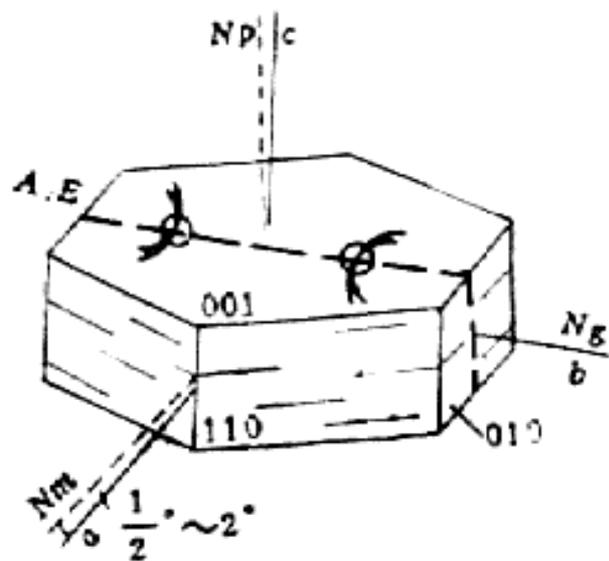
八、层状构造硅酸盐亚类

3、形态及物理性质

形态：假六方板状、片状为主

物理性质：

透明，玻璃光泽或珍珠光泽，
一组极完全解理，硬度较低，相对密度小，几乎都含水



八、层状构造硅酸盐亚类

(二) 层状构造硅酸盐亚类的矿物的特征



1、云母族 晶体构造TOT型

白云母



黑云母



金云母



云母族矿物的共性:

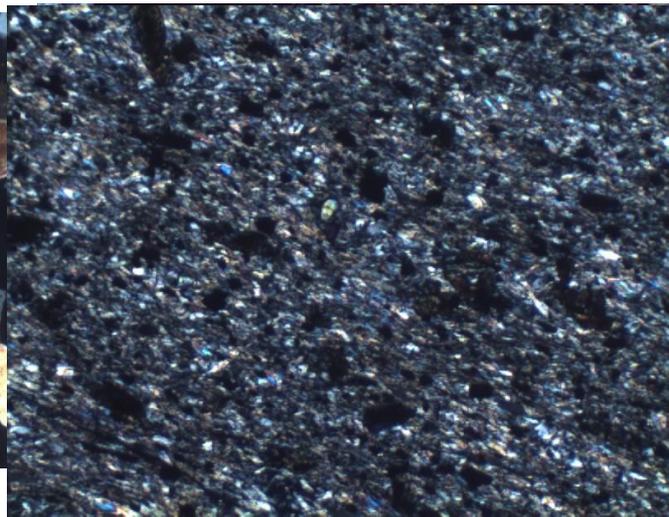
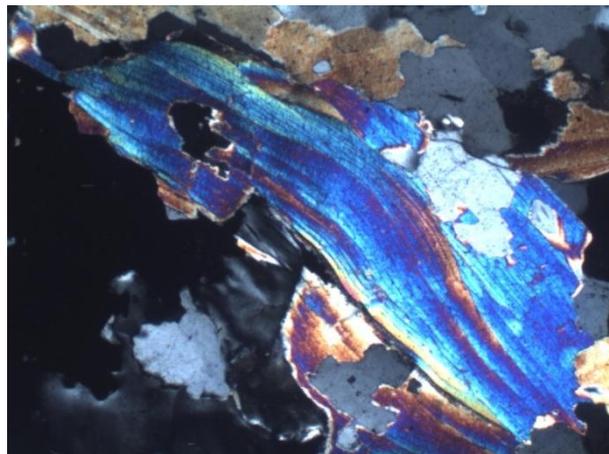
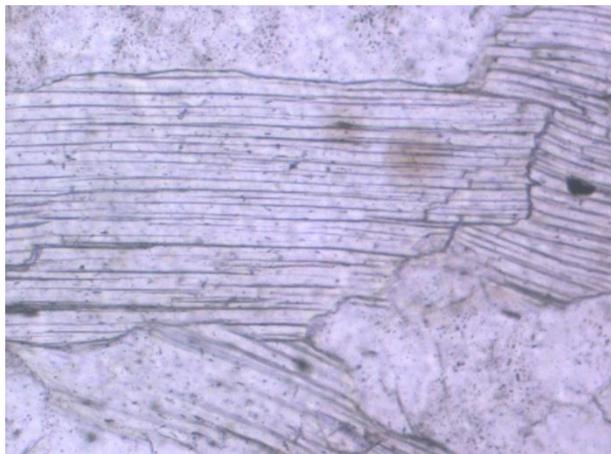
假六方板状，一组极完全解理，薄片具弹性，无色含铁多色深，色深者具强的多色性和吸收性，中正突起，干涉色可达三级顶部，二轴晶负光性。

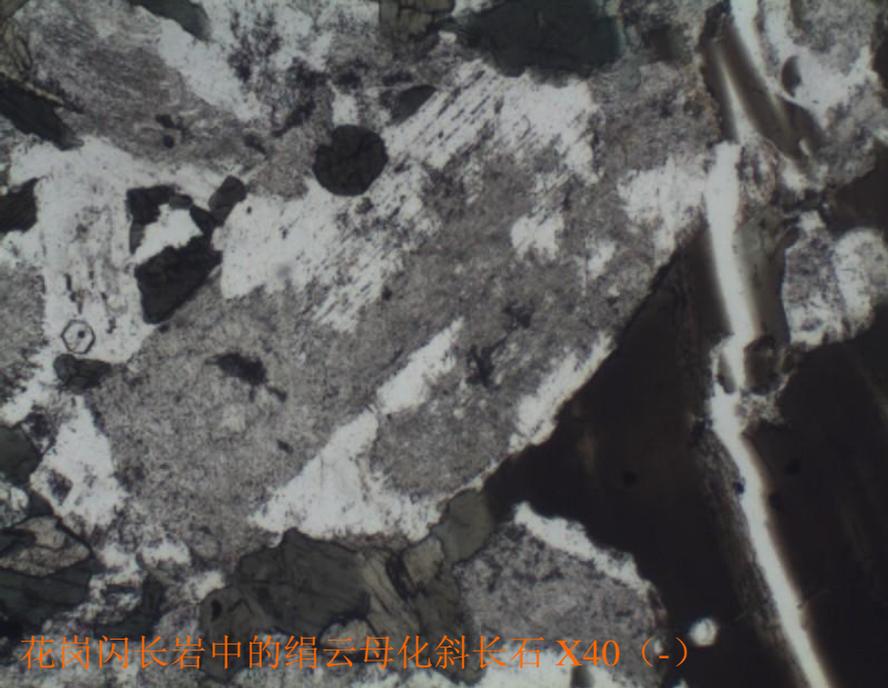
(1) 白云母

肉眼观察：无色、浅色、具有弹性，硬度2.5—3，比重2.76—3.1

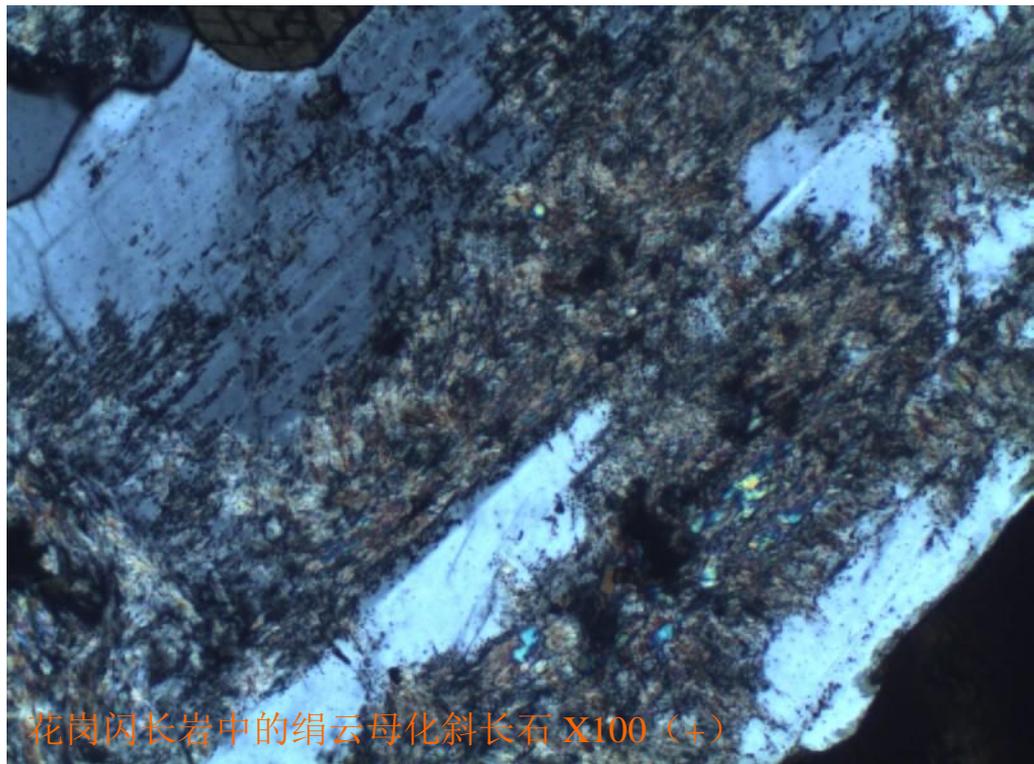
镜下：无色，片状、长条状，具闪突起，一组极完全解理。正交光下最高干涉色达三级顶，色彩鲜艳，近于平行消光

绢云母：细小鳞片状的含水的白云母，细小针状，一级黄干涉色

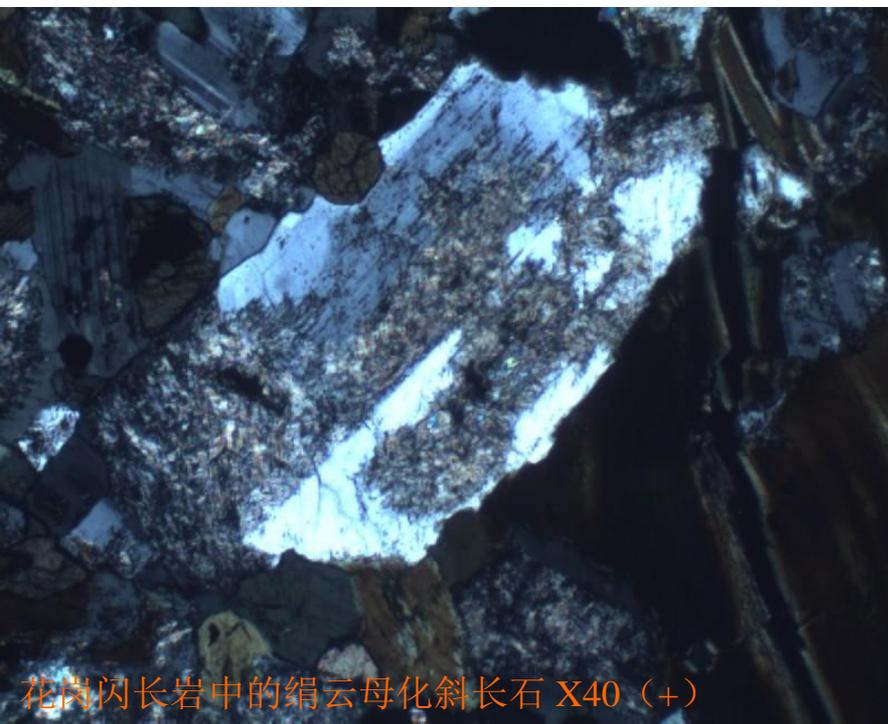




花岗闪长岩中的绢云母化斜长石 X40 (-)



花岗闪长岩中的绢云母化斜长石 X100 (+)



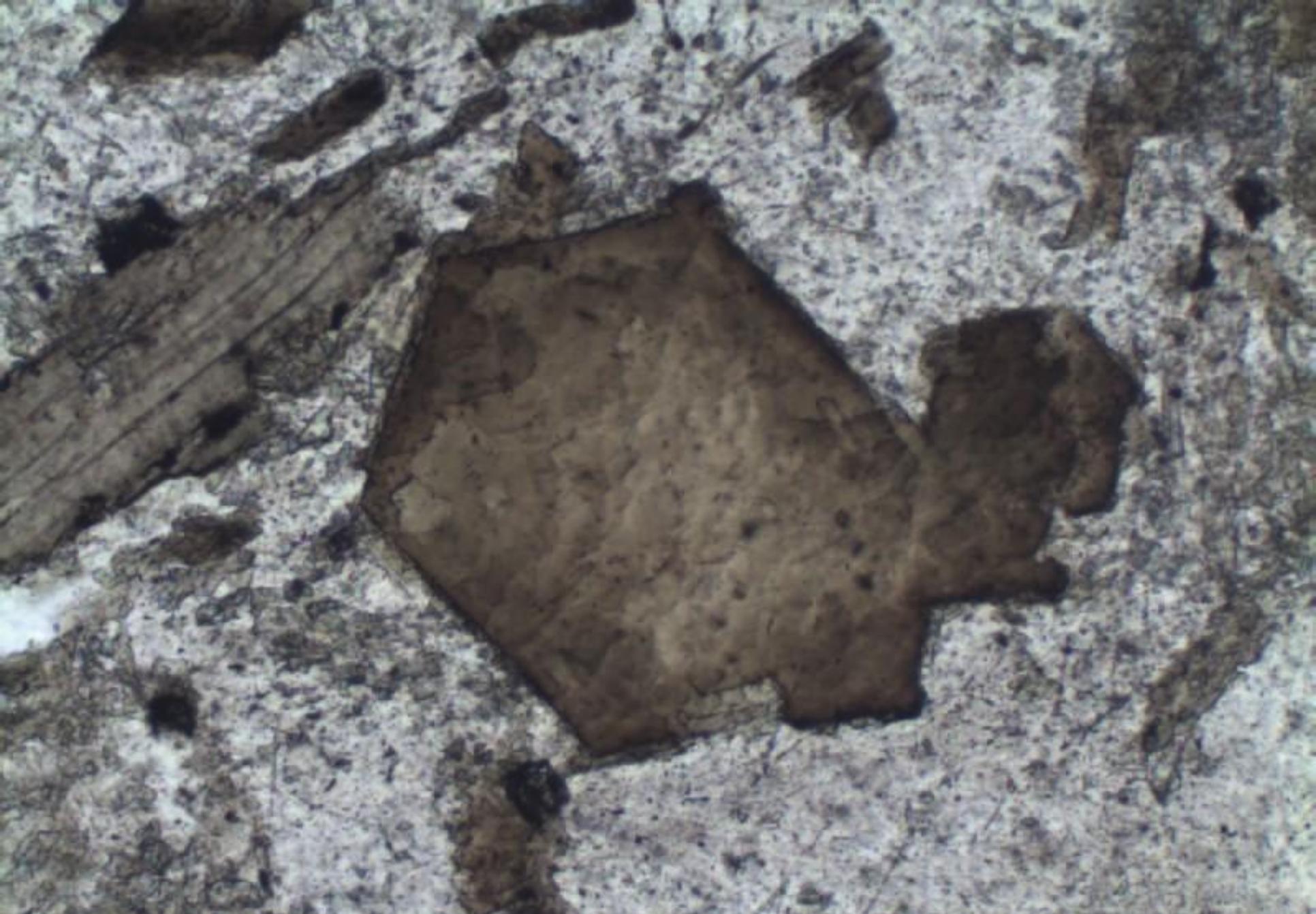
花岗闪长岩中的绢云母化斜长石 X40 (+)

(2) 黑云母

肉眼观察：黑色，其他同白云母

镜下：深棕—浅黄色多色性，一组极完全解理,中正突起，平行消光，最高干涉色可达三级以上，但多被自身颜色掩盖。





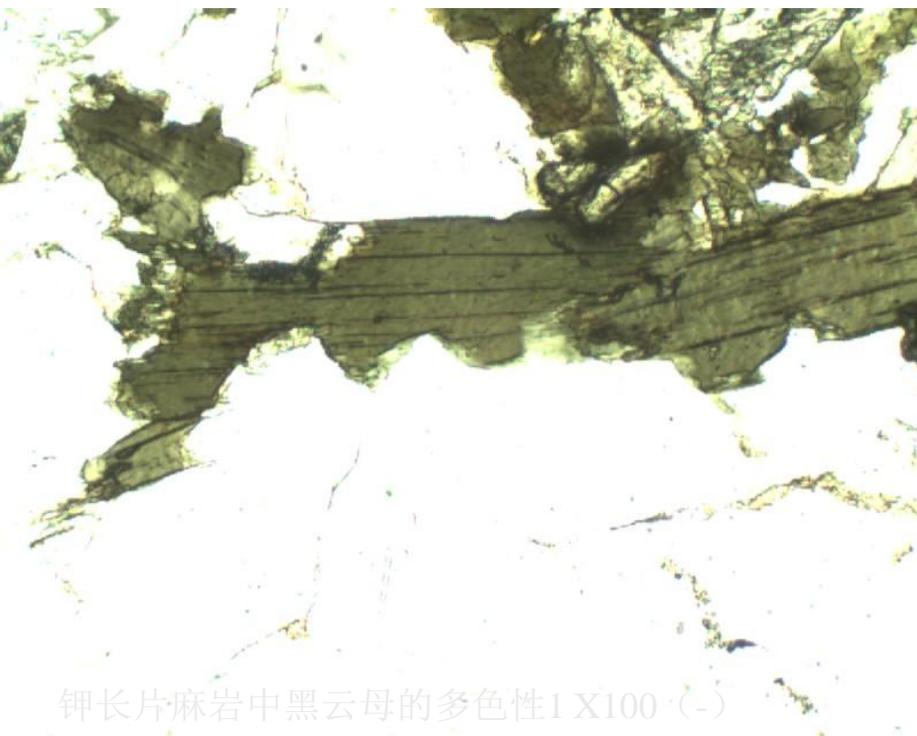
云煌岩中的自形黑云母 X100 (-)



云煌岩中黑云母的多色性1 X100 (-)



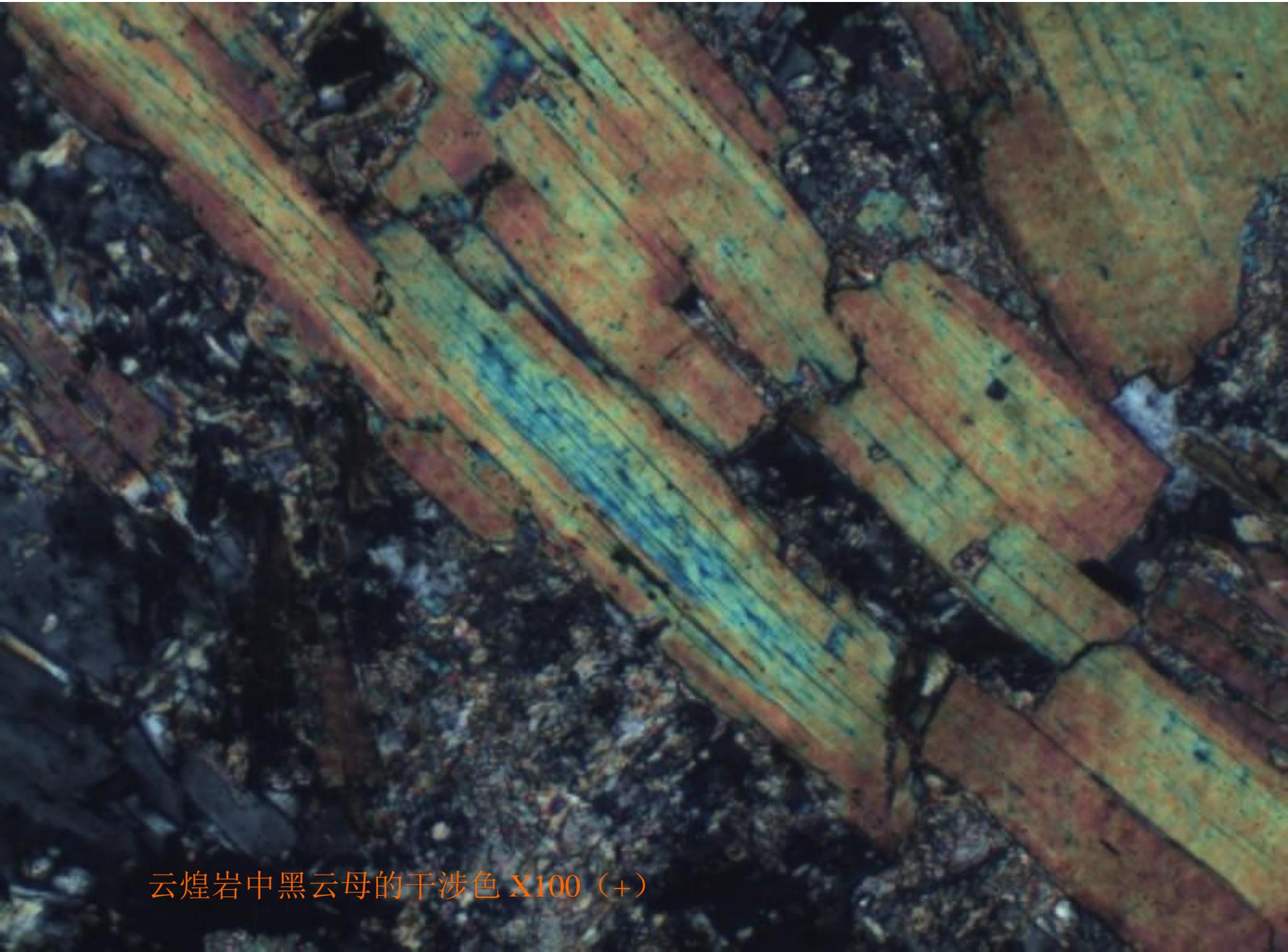
云煌岩中黑云母的多色性2 X100 (-)



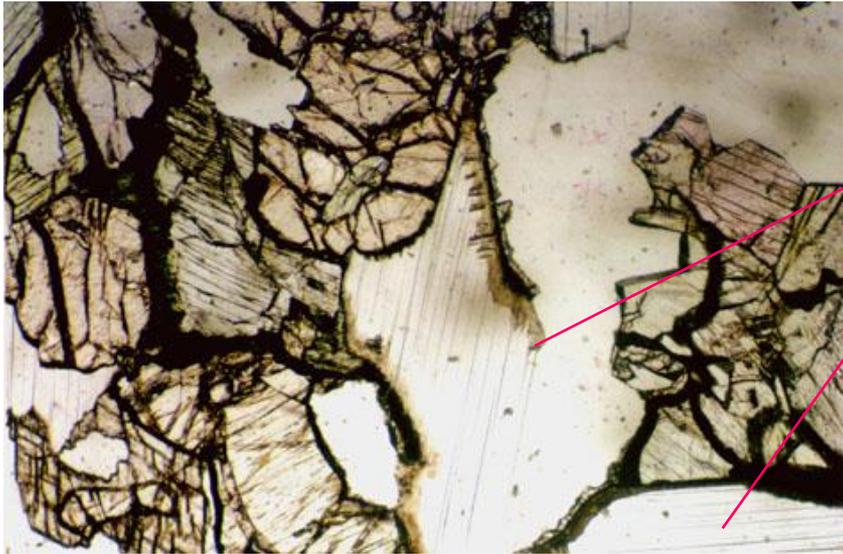
钾长片麻岩中黑云母的多色性1 X100 (-)



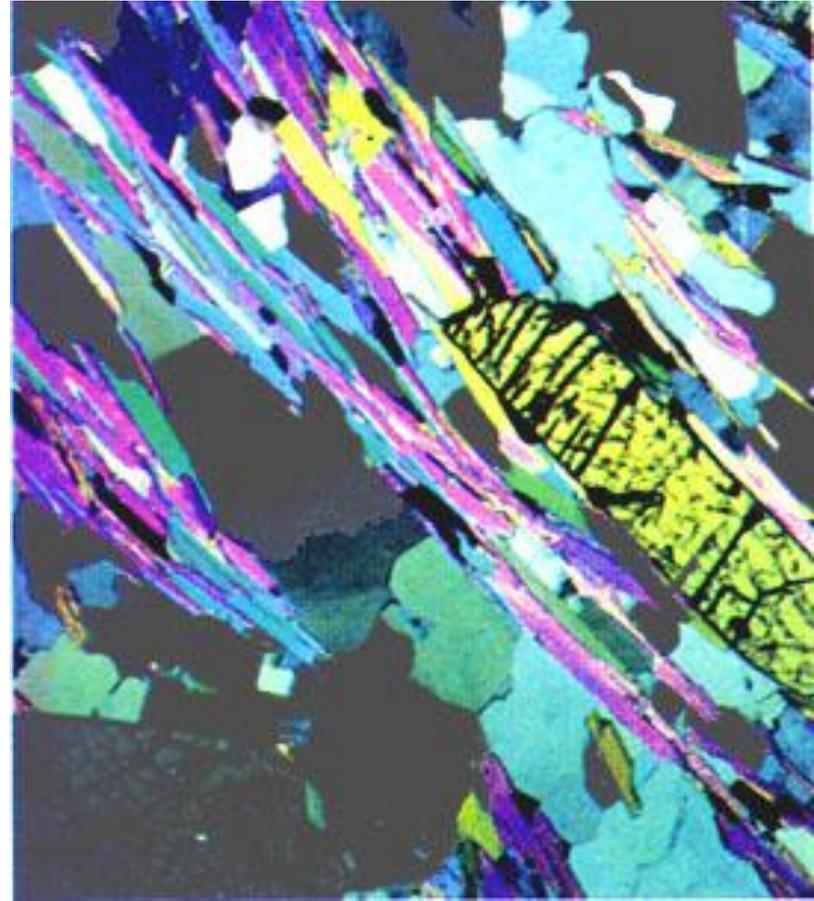
钾长片麻岩中黑云母的多色性2 X100 (-)



云煌岩中黑云母的干涉色 X100 (+)



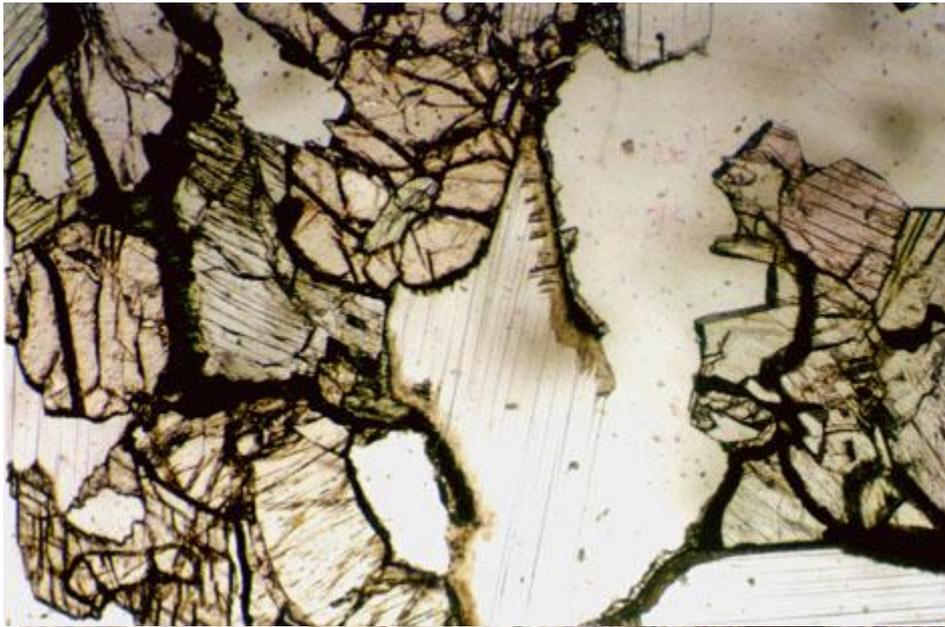
榴辉岩中白云母?
?



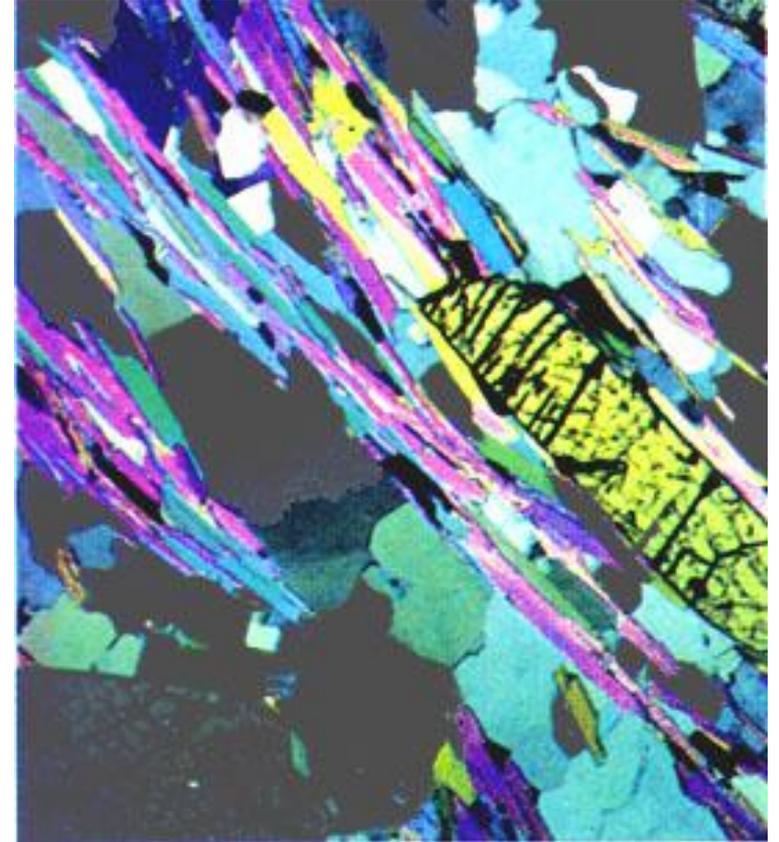
云母的正交光下特征



煌斑岩中黑云母



榴辉岩中白云母



白云母的正交光下特征



煌斑岩中黑云母

2、粘土矿物族

(1) 概念：粘土矿物是指非常细小（粘土级 <4 微米）含水、具层状构造硅酸盐矿物。包括高岭石、蒙脱石、伊利石、海绿石、鲕绿泥石等

(2) 晶体构造：TO型、TOT型

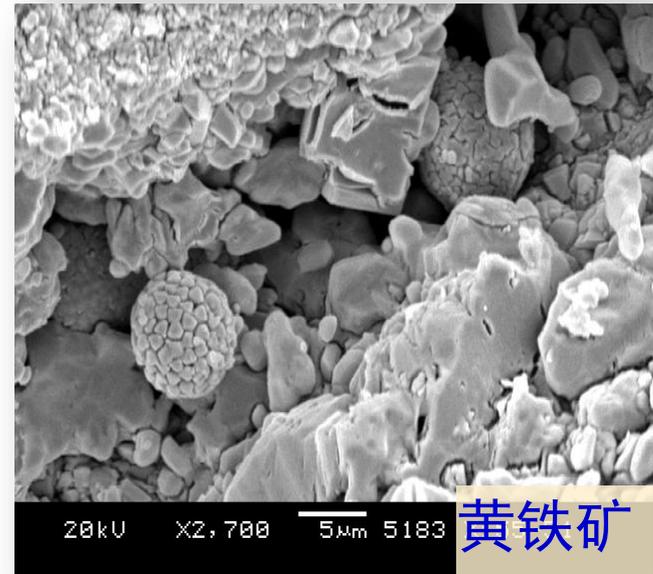
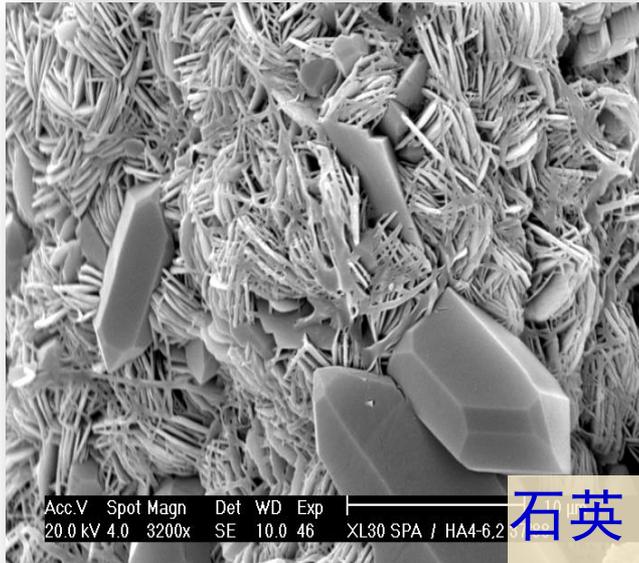
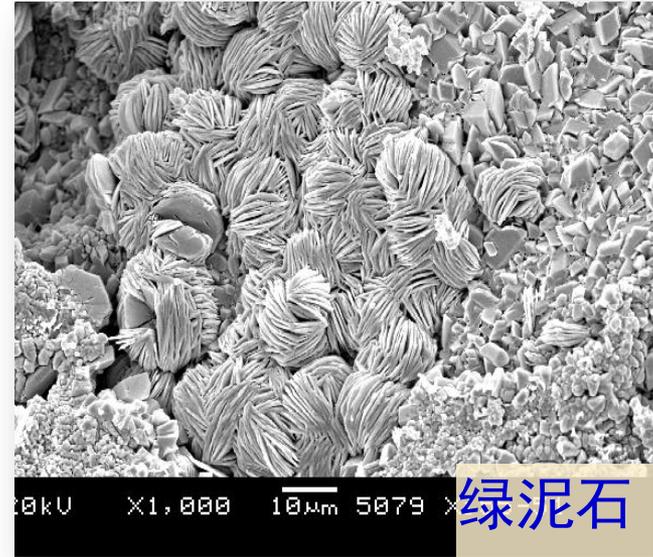
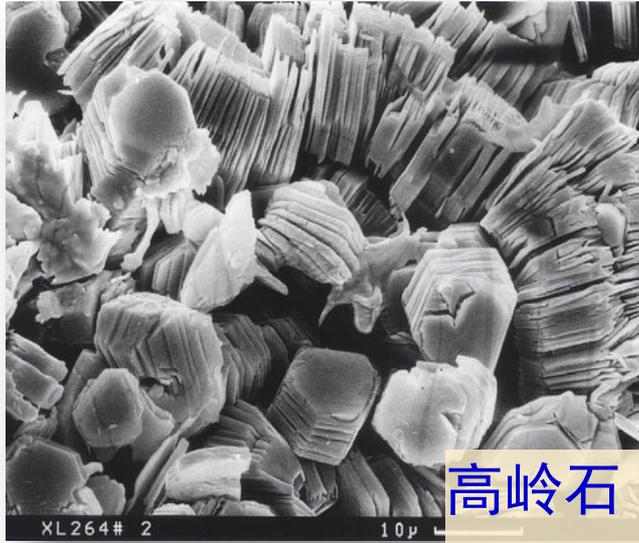
(3) 物理性质：

细小鳞片状，集合体常呈土状、块状，多为无色、淡黄、淡绿色，含水

必须借助偏光显微镜、电子显微镜、X-射线衍射、差热分析等方法来鉴定

吸水膨胀性、吸附性、离子交换性、催化性、可塑性等，主要分布于分布于沉积岩

绚丽的矿物——显微世界



(4) 各种粘土矿物的形貌特征

高岭石扫描电镜特征



蠕虫状

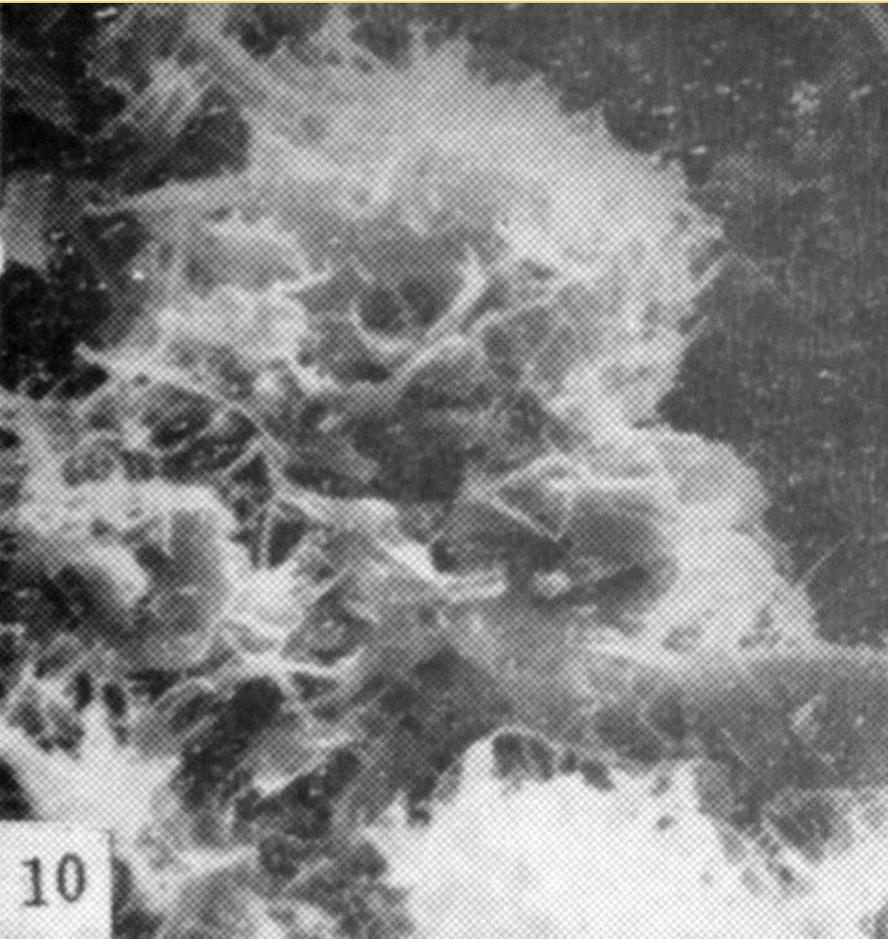


手风琴状

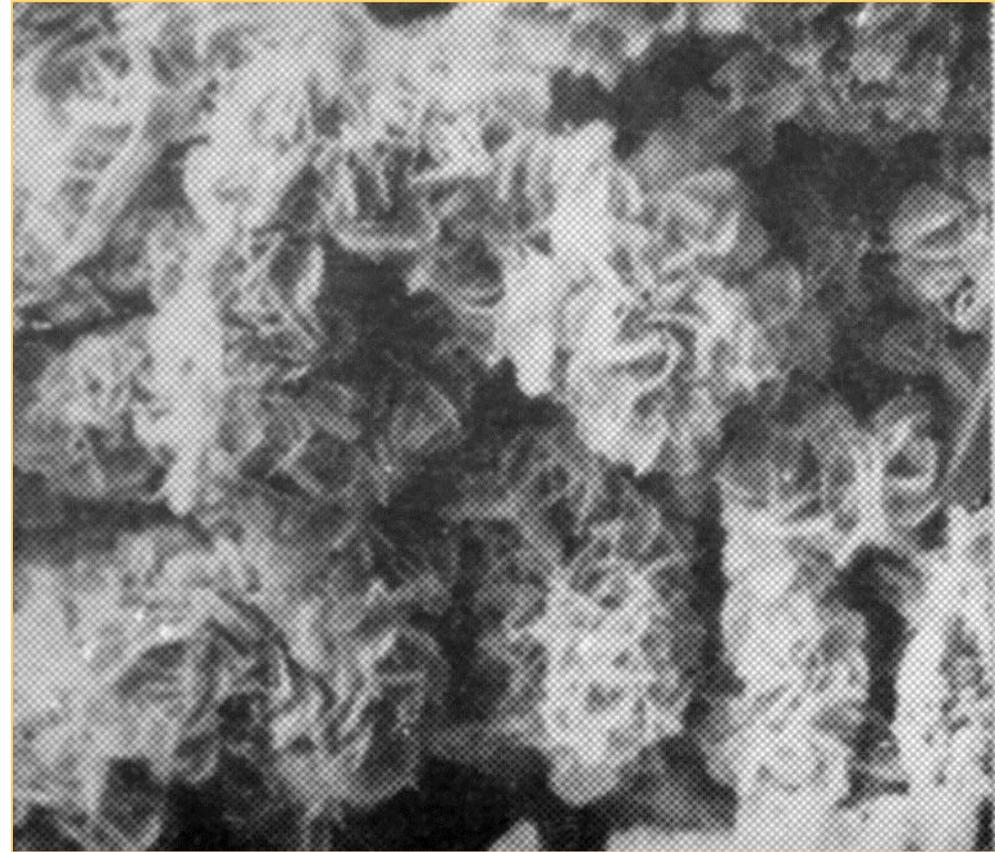
薄板状



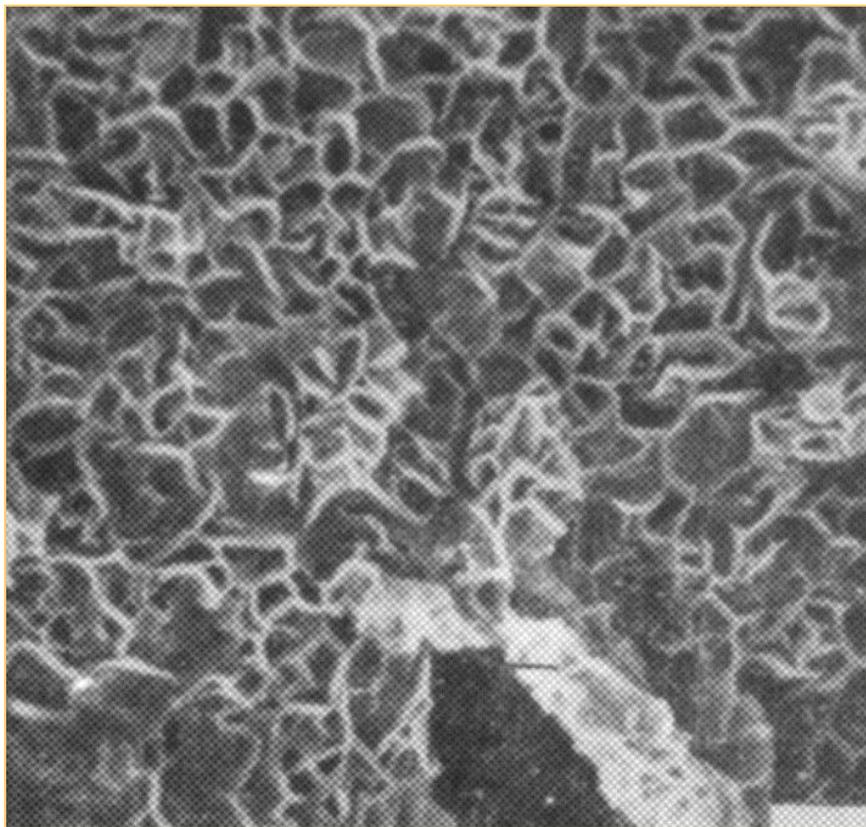
蒙脱石扫描电镜特征



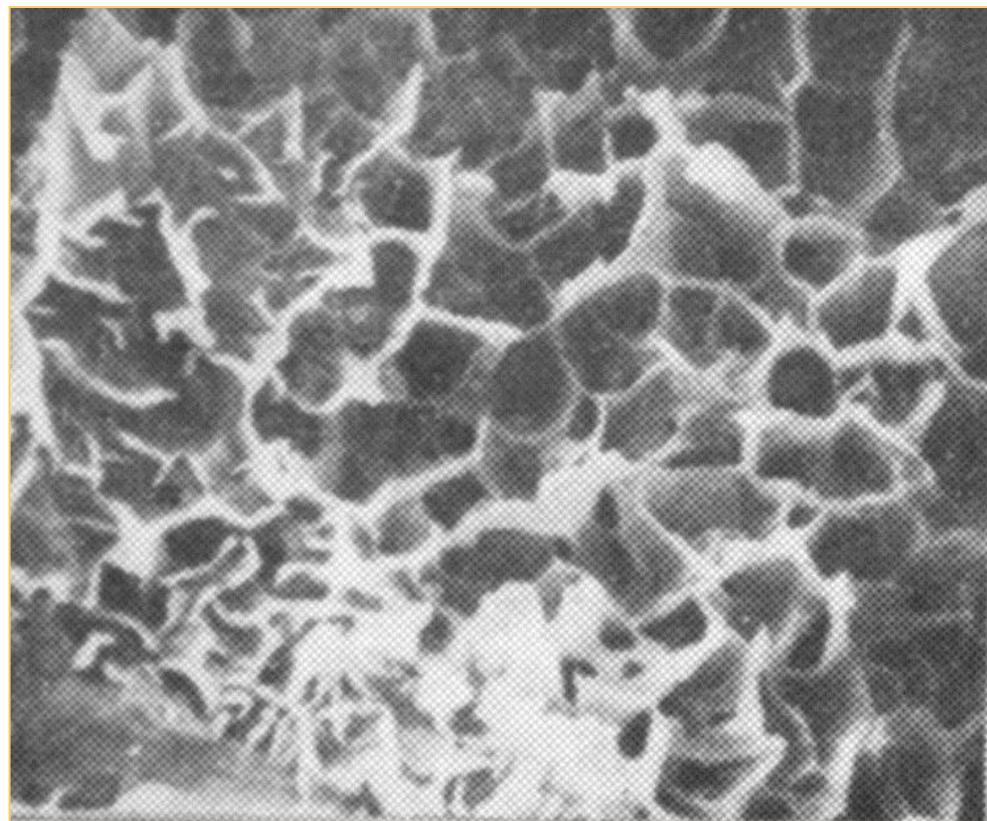
絮状蒙脱石



玫瑰花状

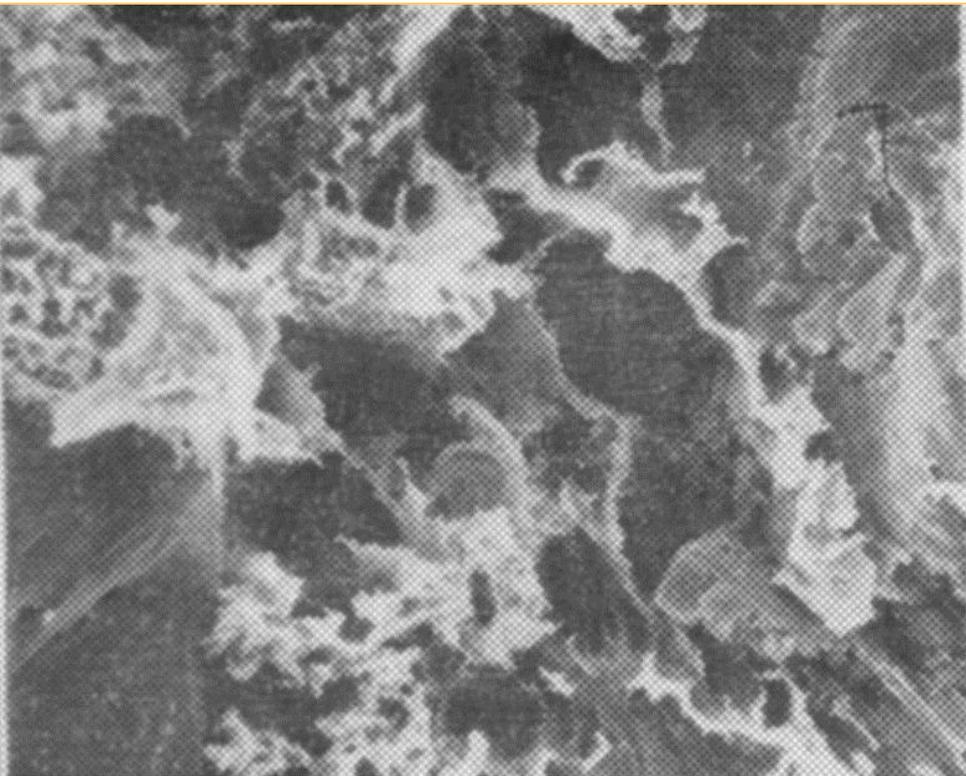


蜂窝状蒙脱石

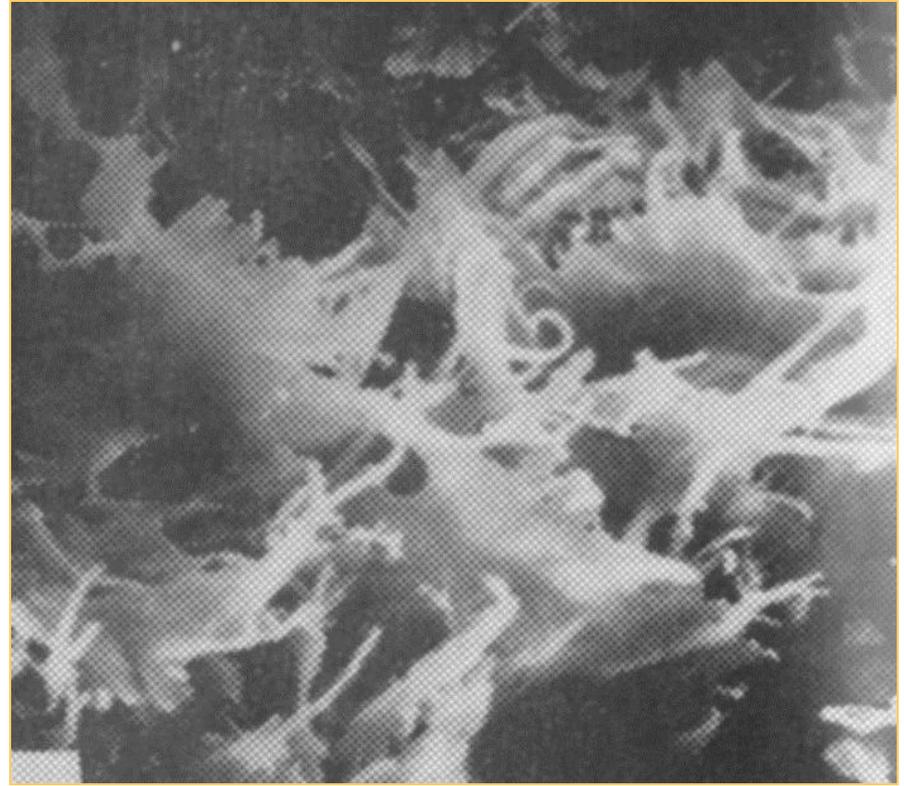


粒表蜂窝状蒙脱石

伊利石扫描电镜特征



丝缕状伊利石

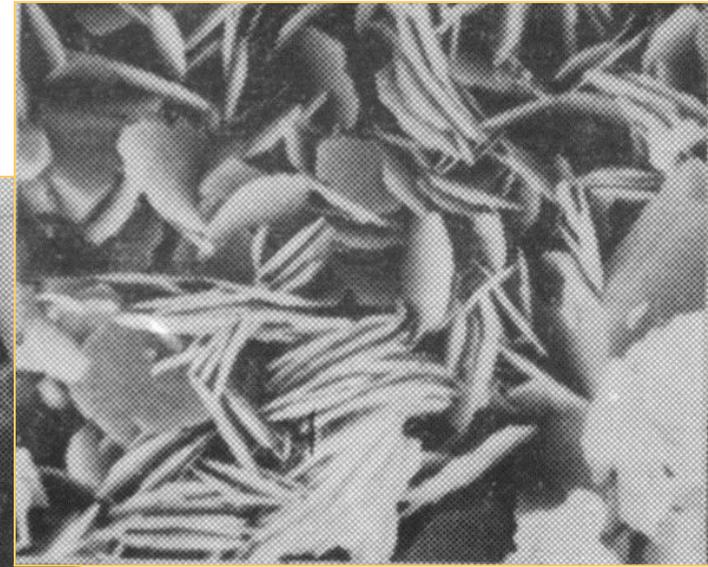
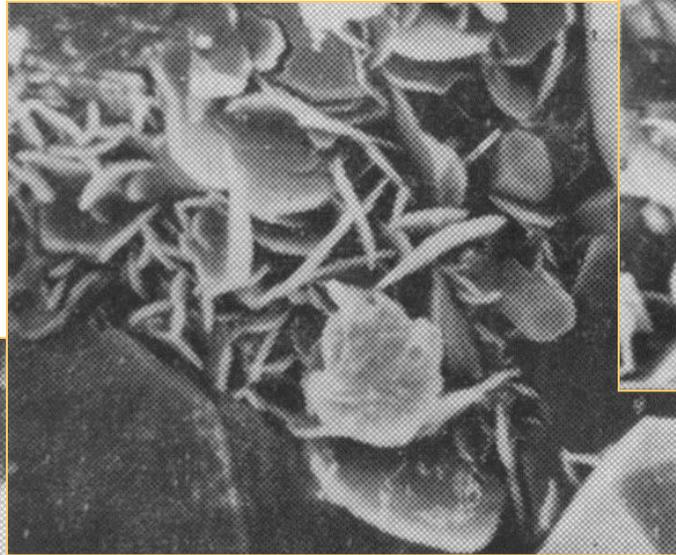


丝缕状伊利石

绿泥石扫描电镜特征



绒球状绿泥石



针叶状绿泥石

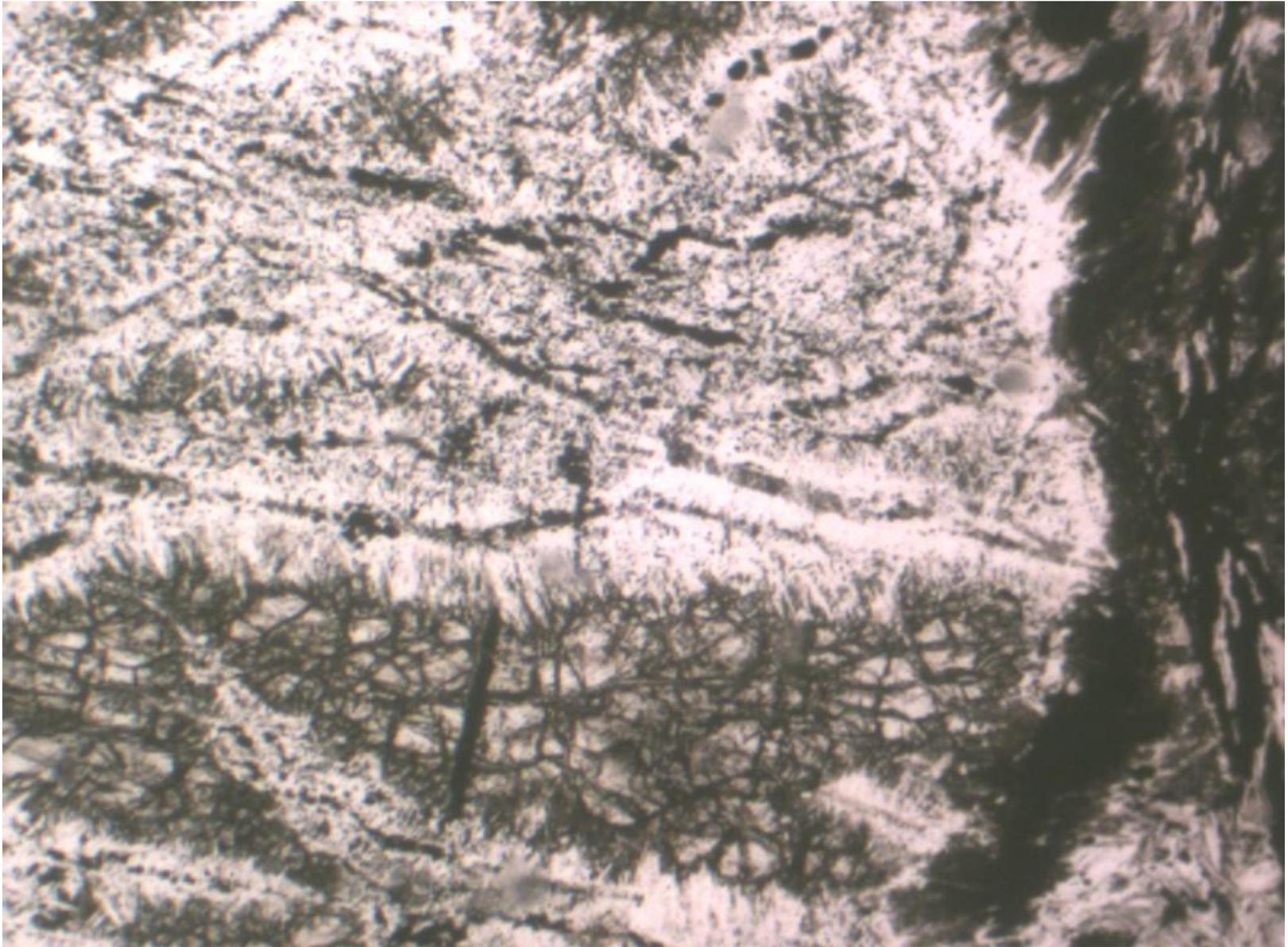
3、蛇纹石族、滑石族（略）

3、蛇纹石族、绿泥石族、滑石族

也是含水的层状硅酸盐矿物，其成分中Fe、Mg的含量较高，出现于变质岩中，由橄榄石、辉石等暗色矿物蚀变而来。

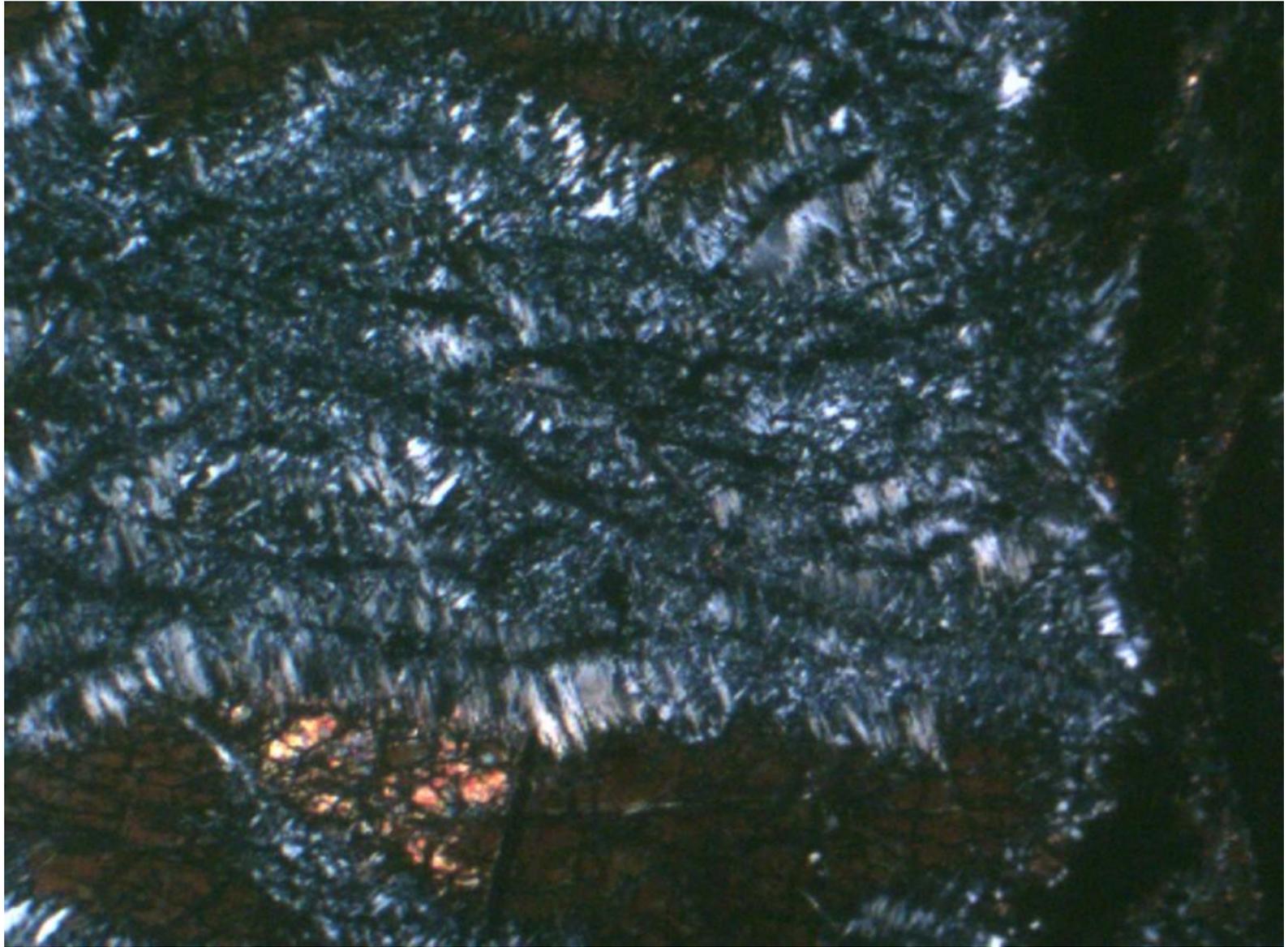
(1) 蛇纹石 形态多呈纤维状、具青、绿、褐等颜色的斑纹





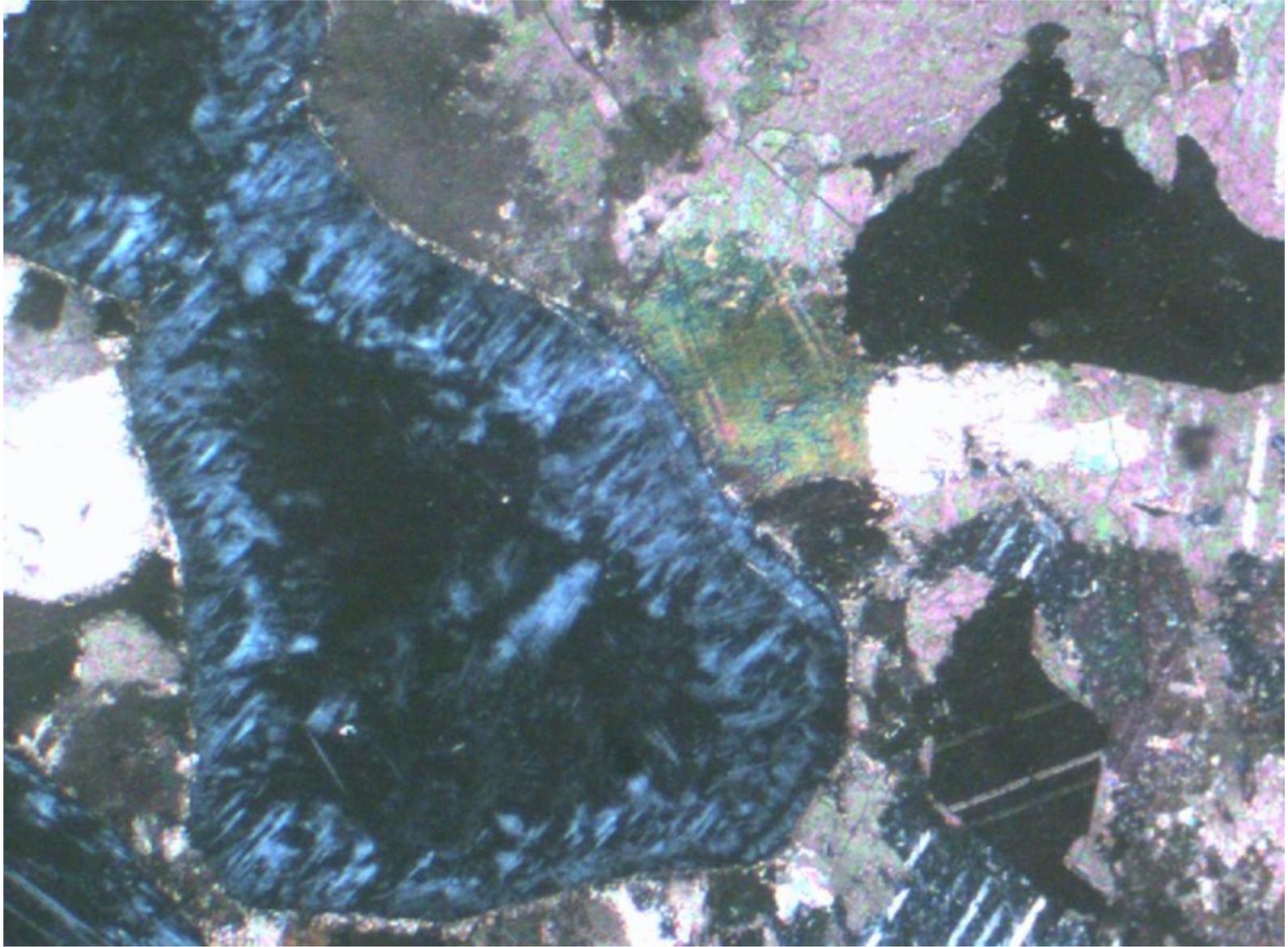
纤维状集合体

淡绿色，多色性不显著，低正突起，一级灰白干涉色，平行消光，正延性。



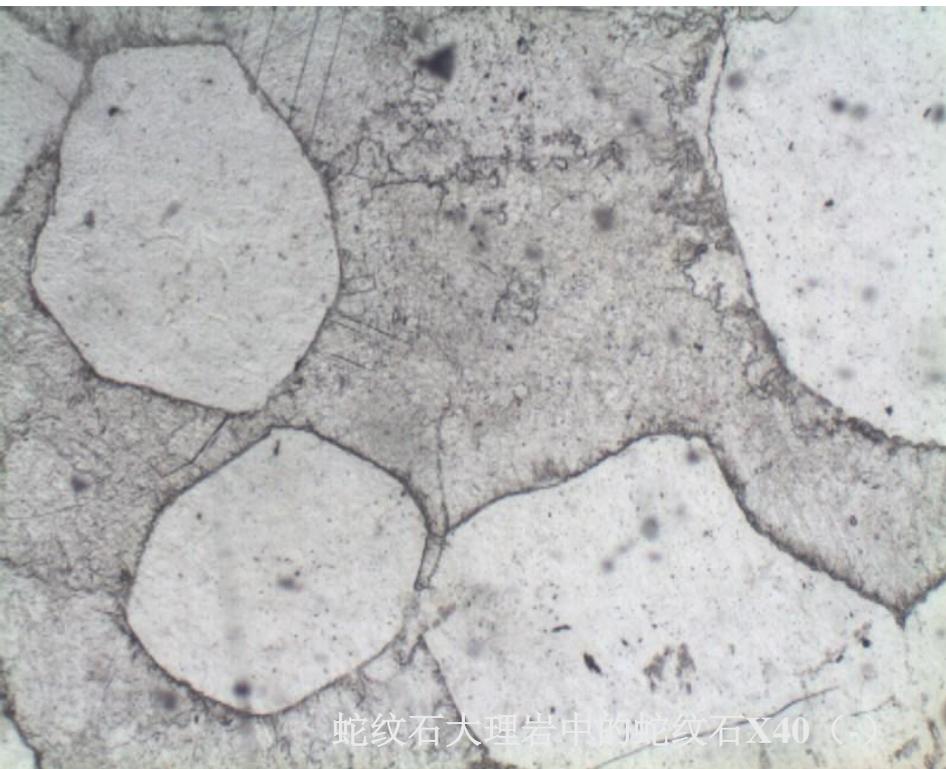
纤维状集合体

淡绿色，多色性不显著，低正突起，一级灰白干涉色，平行消光，正延性。

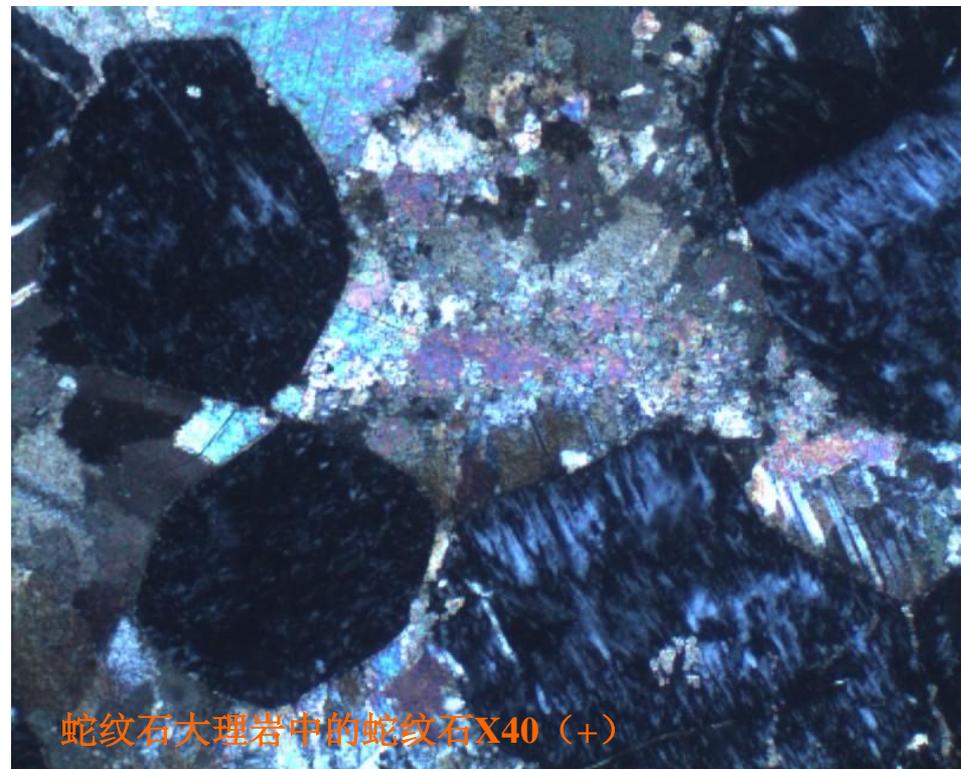


纤维状集合体

淡绿色，多色性不显著，低正突起，一级灰白干涉色，平行消光，正延性。



蛇纹石大理岩中的蛇纹石X40 (-)



蛇纹石大理岩中的蛇纹石X40 (+)

纤维状集合体

淡绿色，多色性不显著，低正突起，一级灰白干涉色，平行消光，正延性。

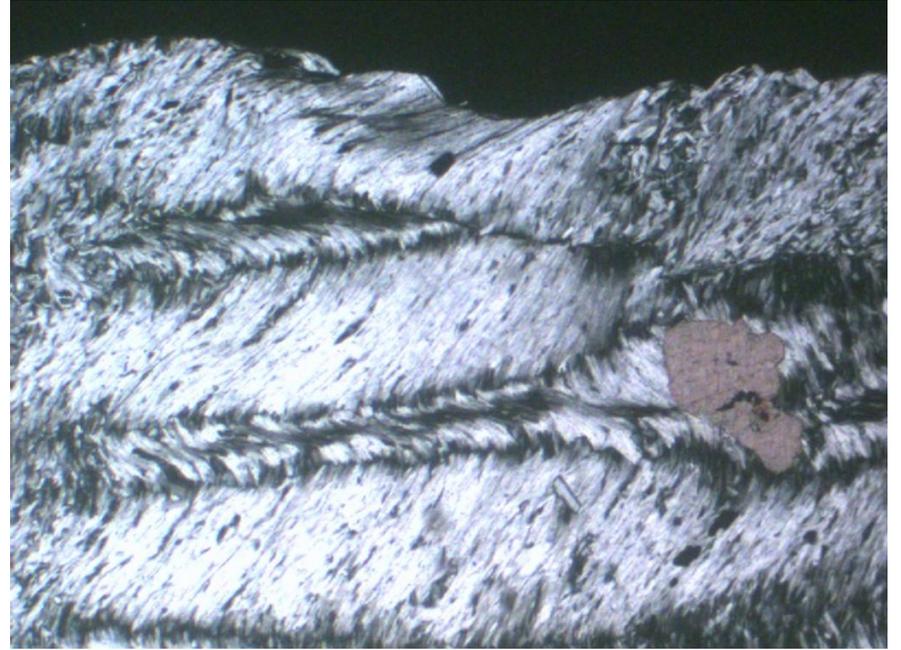
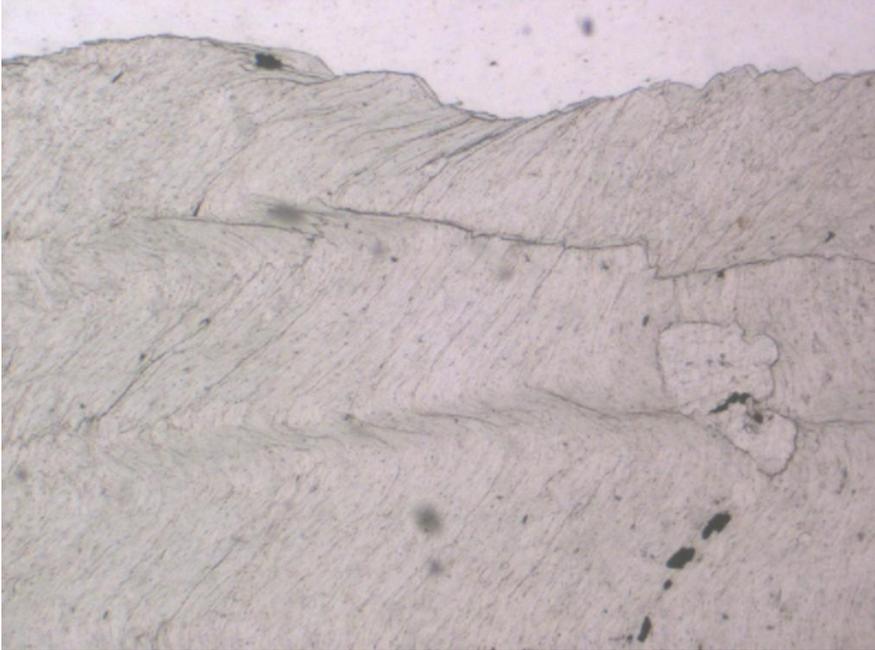
(2) 绿泥石 单斜晶系 $M_{5-6}[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_8$
 $M=Mg,Fe^{2+},Ni,Mn,Li,Al,Fe^{3+},Cr$

形态多呈纤维状、鳞片状集合体，具青、绿、褐等颜色的斑纹

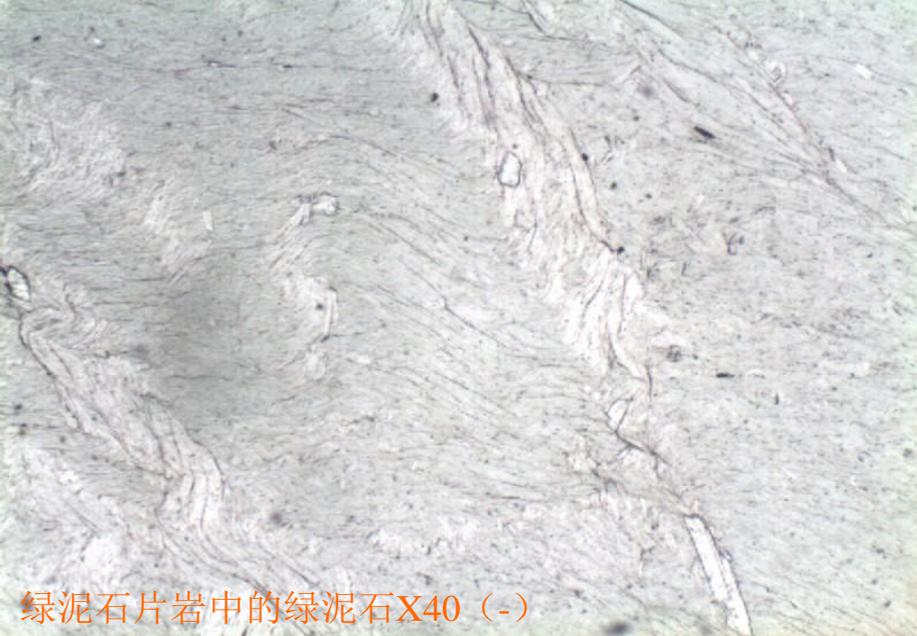
灰绿，一组极完全解理，解理面呈珍珠光泽，硬度5，相对密度（2.6-2.85）中等。

镜下特征：马尾状、毛发状，淡淡绿色，微弱多色性，低正突起，一级灰干涉色，近于平行消光。

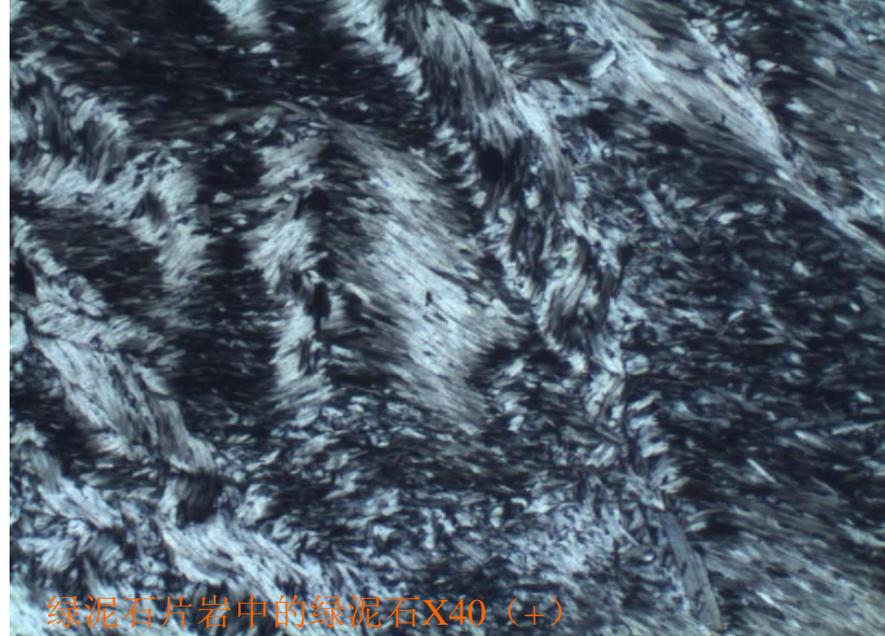
绿泥石



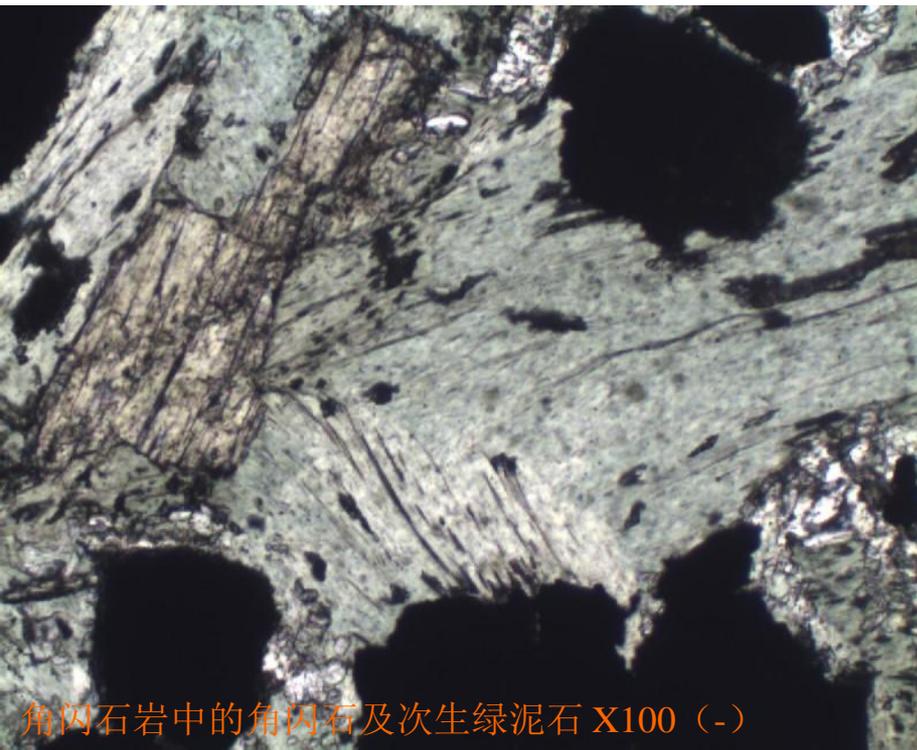
镜下特征：马尾状、毛发状，淡淡绿色，微弱多色性，低正突起，一级灰干涉色，近于平行消光。



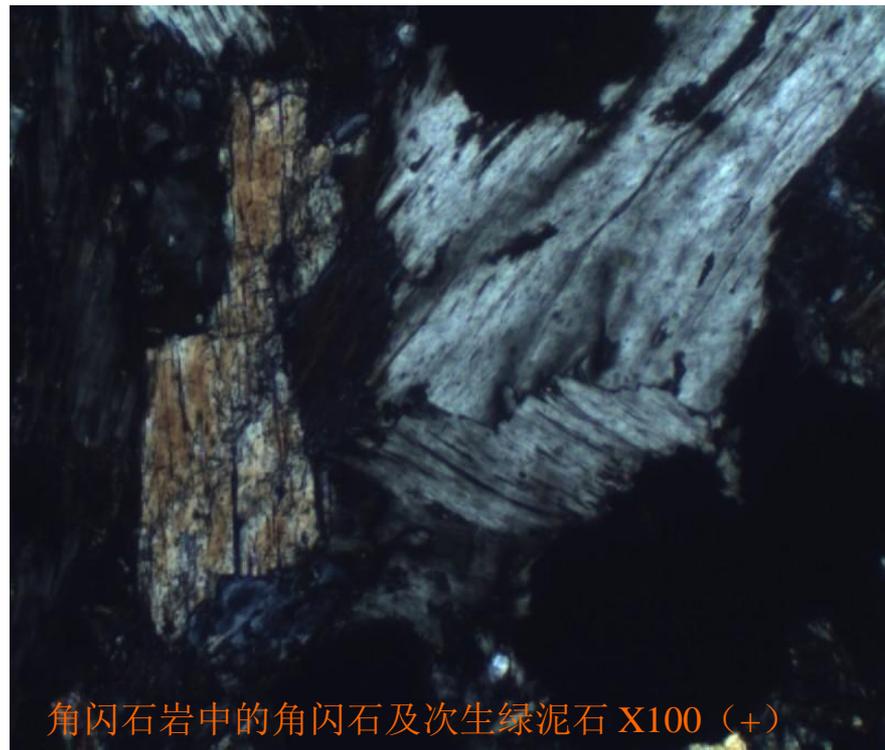
绿泥石片岩中的绿泥石X40 (-)



绿泥石片岩中的绿泥石X40 (+)



角闪石岩中的角闪石及次生绿泥石 X100 (-)



角闪石岩中的角闪石及次生绿泥石 X100 (+)

(3) 滑石

单斜晶系 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

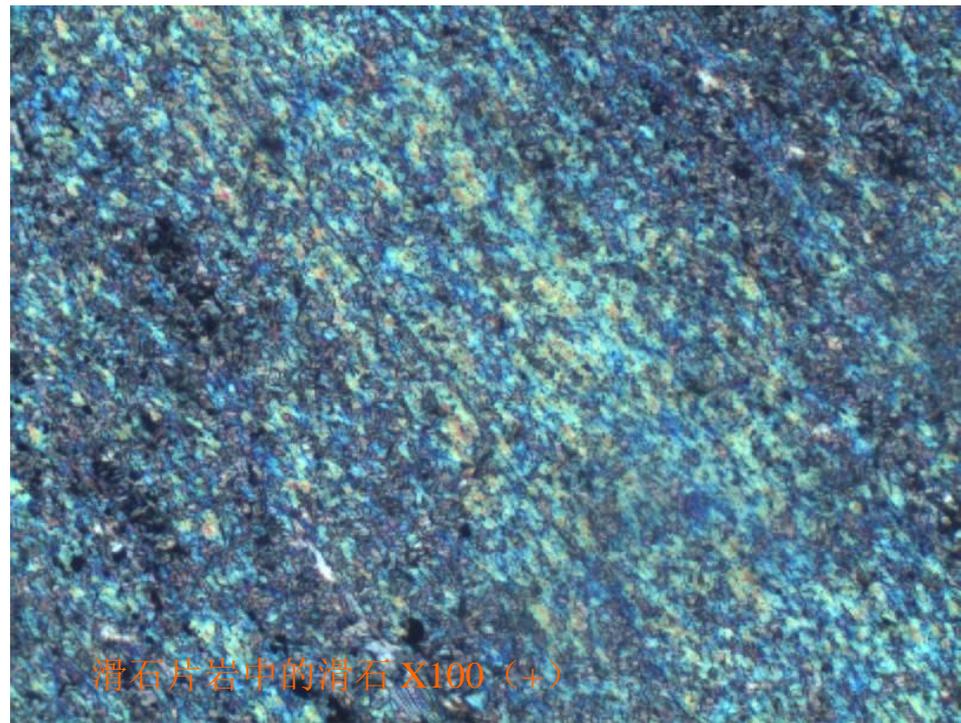
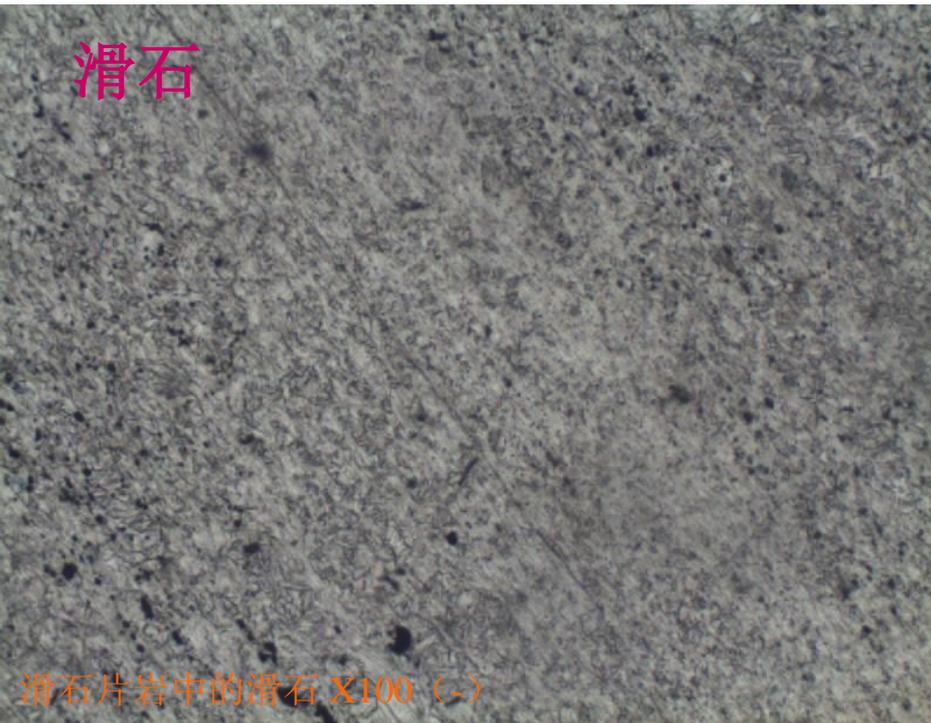
由微小的晶体组成的土块状或土状集合体，常呈带浅黄、浅绿、浅褐的白色，硬度为1，用手触摸有滑腻感。



*造纸中的添加剂——纸面光滑、质地细腻

*日用化工：洗面奶、化妆品（滑腻感）

滑石



镜下特征：细粒鳞片状，无色透明，正低突起，最高干涉色为II-III级，近于平行消光，正延性，二轴晶(-)， $2V=6^{\circ} \sim 30^{\circ}$

产状：主要见于滑石片岩和白云质大理岩中。在岩浆岩中，滑石为橄榄石、辉石的蚀变产物。

九、链状构造硅酸盐

(一)概述

单链 $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ 辉石族矿物

双链 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ 角闪石族矿物

阳离子 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} ， Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Ti^{4+} 等主要与 Na^+ 、 Li^+ 等一同进入晶格

共性：一向延伸，两组中等解理，硬度5—6

矿物类型：

角闪石族、辉石族、似辉石族（硅灰石）

九、链状构造硅酸盐

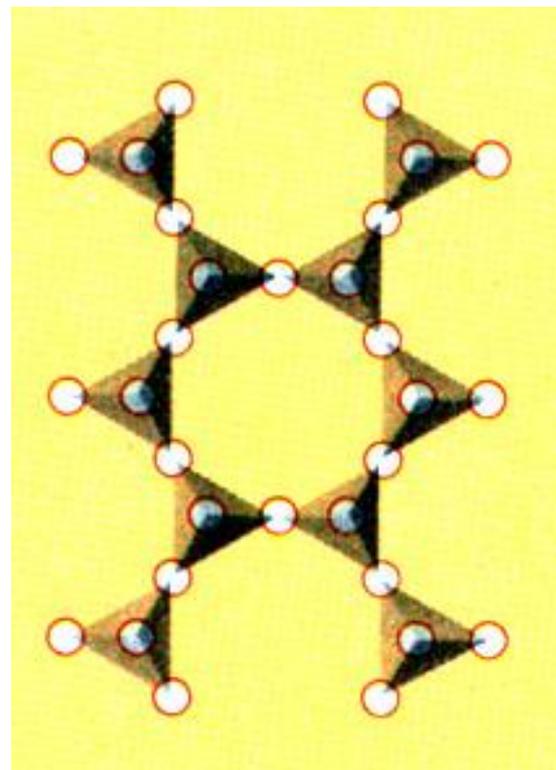
(二) 角闪石族

1、化学成分 $R_7[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 H_3O^+

Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+}

Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Ti^{4+} 、 Cr^{3+}



2、晶体构造 双链，比辉石族矿物空隙大

九、链状构造硅酸盐

(二) 角闪石族

3、主要亚族、种属

斜方闪石亚族

单斜闪石亚族

透闪石—阳起石★

普通角闪石★

钠闪石—兰闪石

钙碱系列

碱性系列

4、角闪石族矿物的形态、物理性质及光学特征

(1) 形态：常呈长柱状、针状，横切面呈菱形或六边形



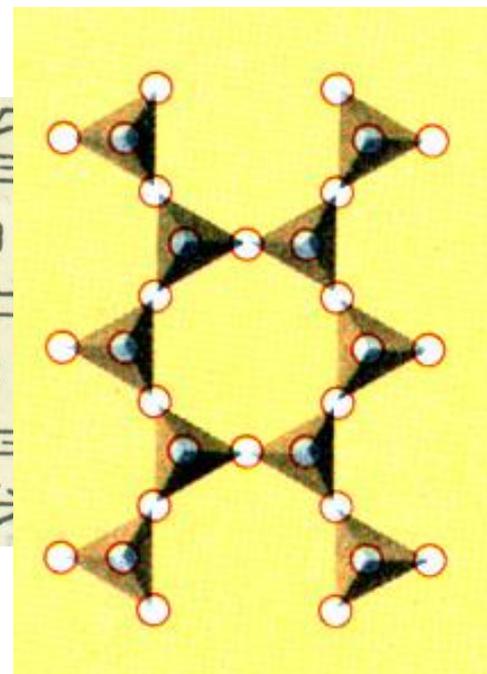
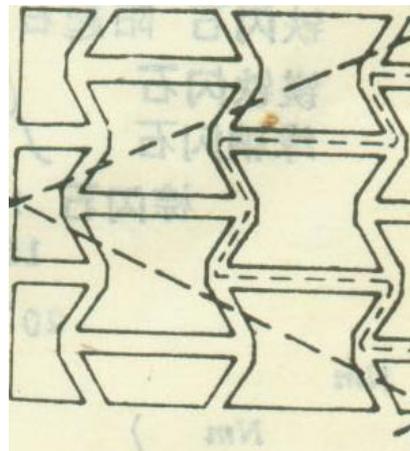
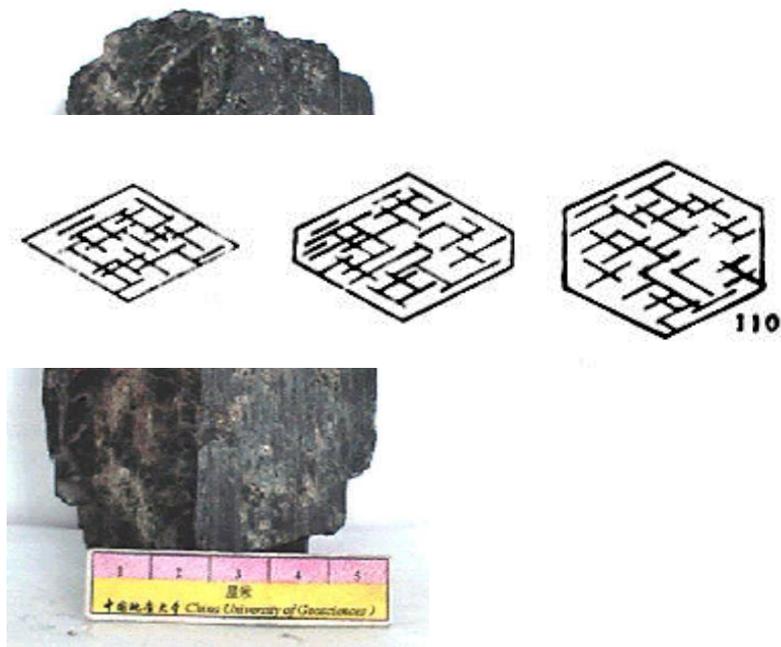
4、角闪石族矿物的形态、物理性质及光学特征

(2) 物理性质：

颜色可浅可深；玻璃光泽

解理：两组柱面完全解理，夹角为 56° 和 124°

硬度5—6，比重中等 (2.8-3.0)



4、角闪石族矿物的形态、物理性质及光学特征

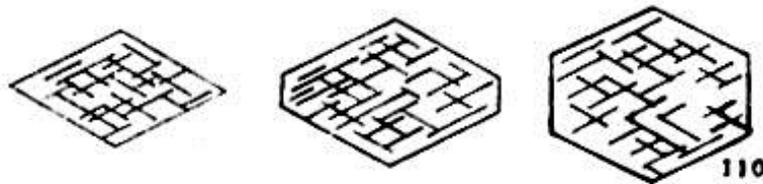
(3) 镜下特征：

长条状，横切面呈菱形或六边形。

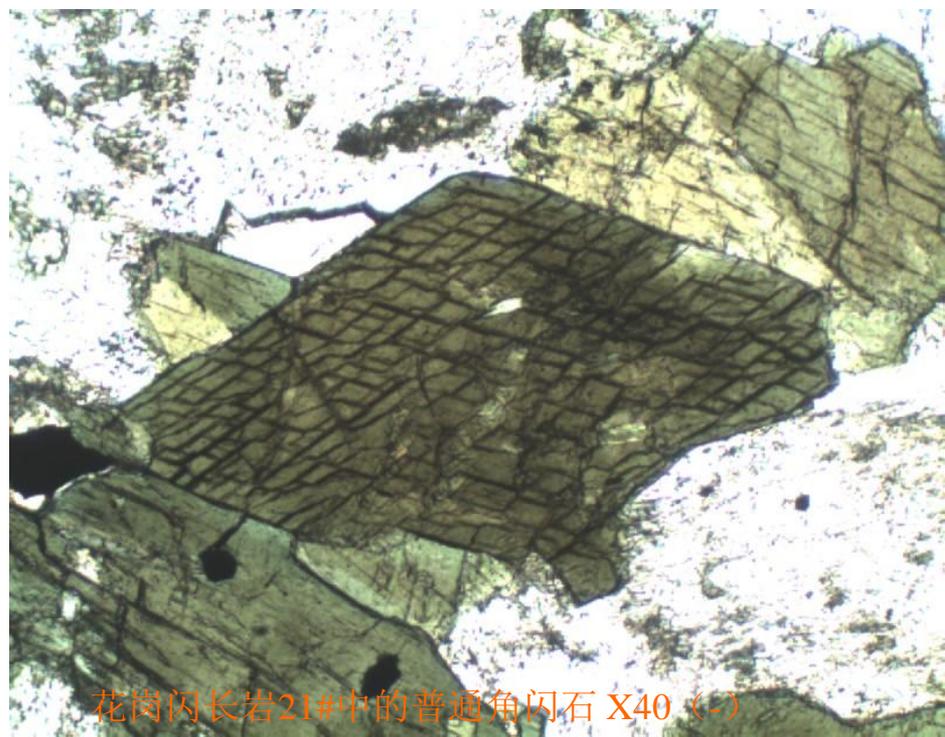
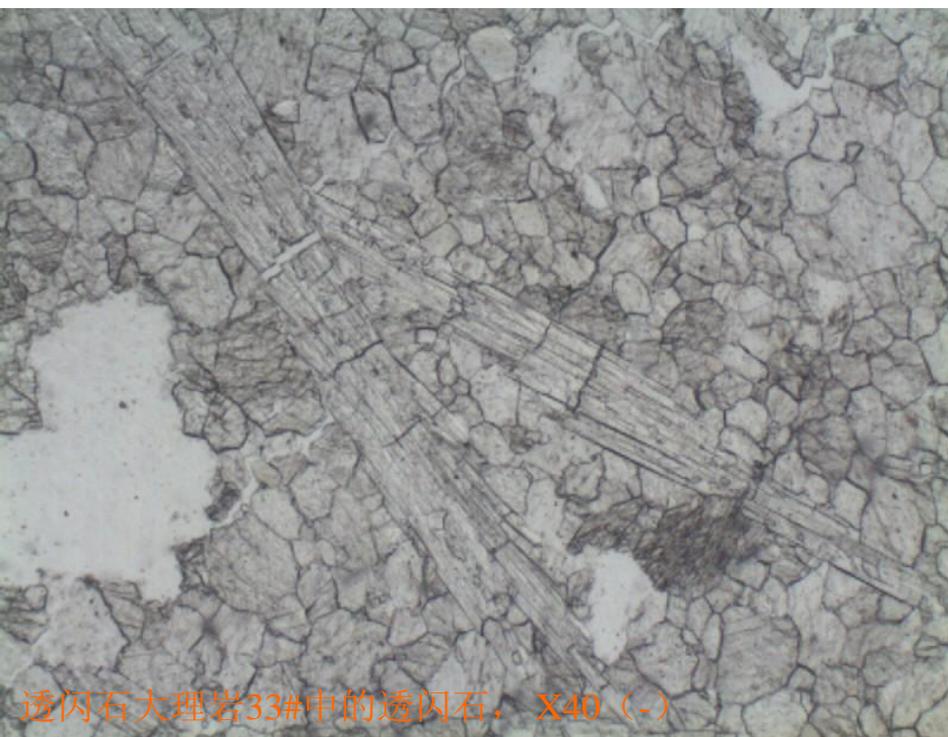
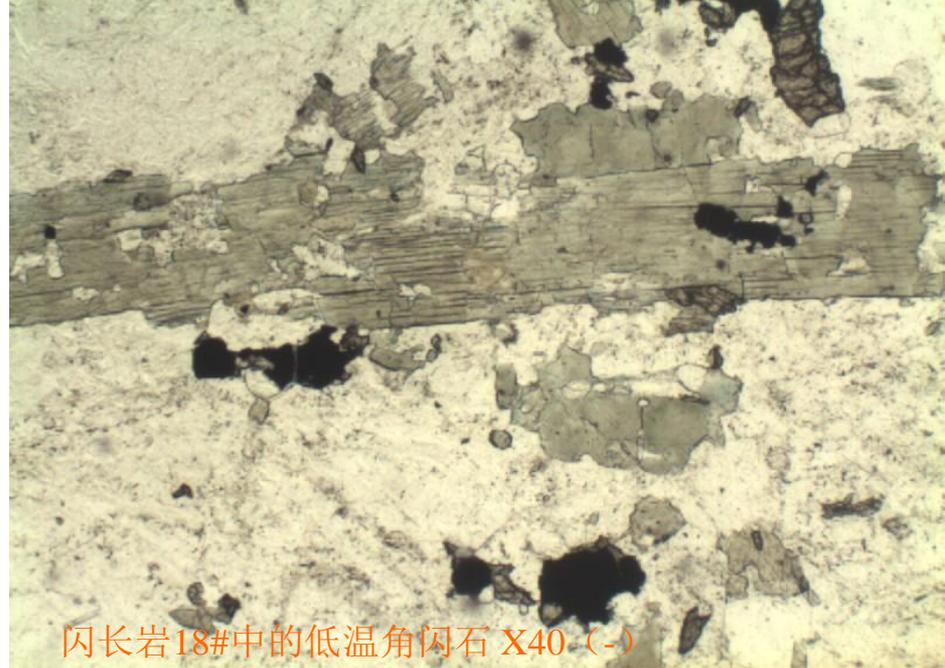
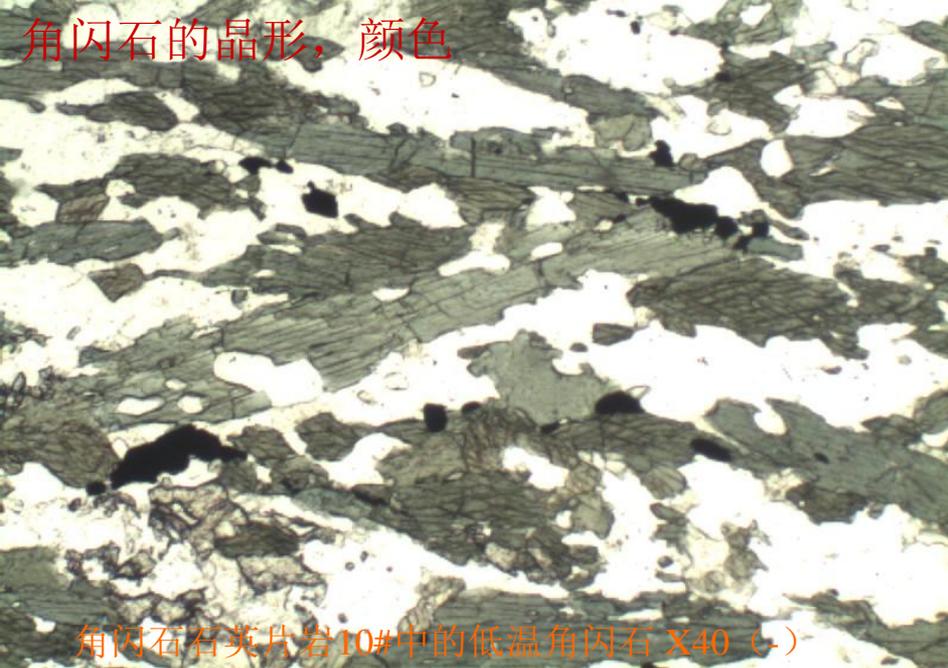
含铁者色深，具多色性；

两组中等解理，夹角 56° 和 124° ，中正突起，
二级干涉，正延性

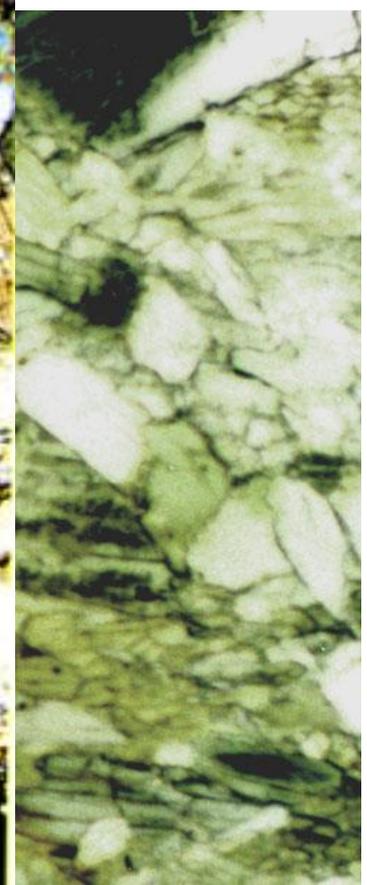
斜方闪石平行消光，单斜闪石斜消光 $Ng \wedge C 12-25^\circ$
二轴晶，多为负光性



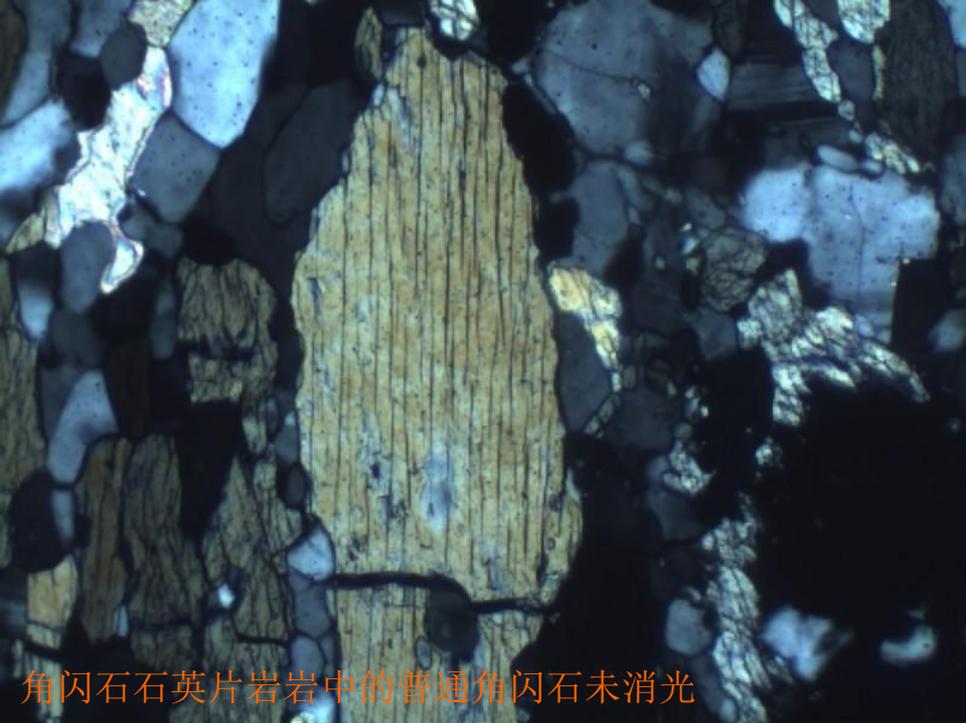
角闪石的晶形，颜色



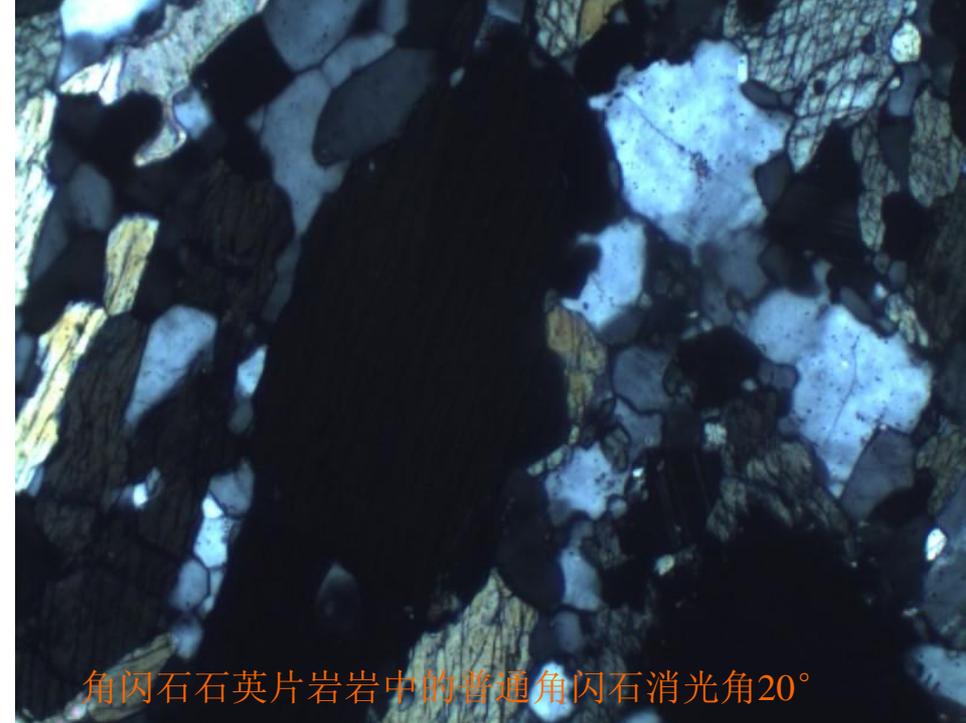
普通角闪石重偏光下特征



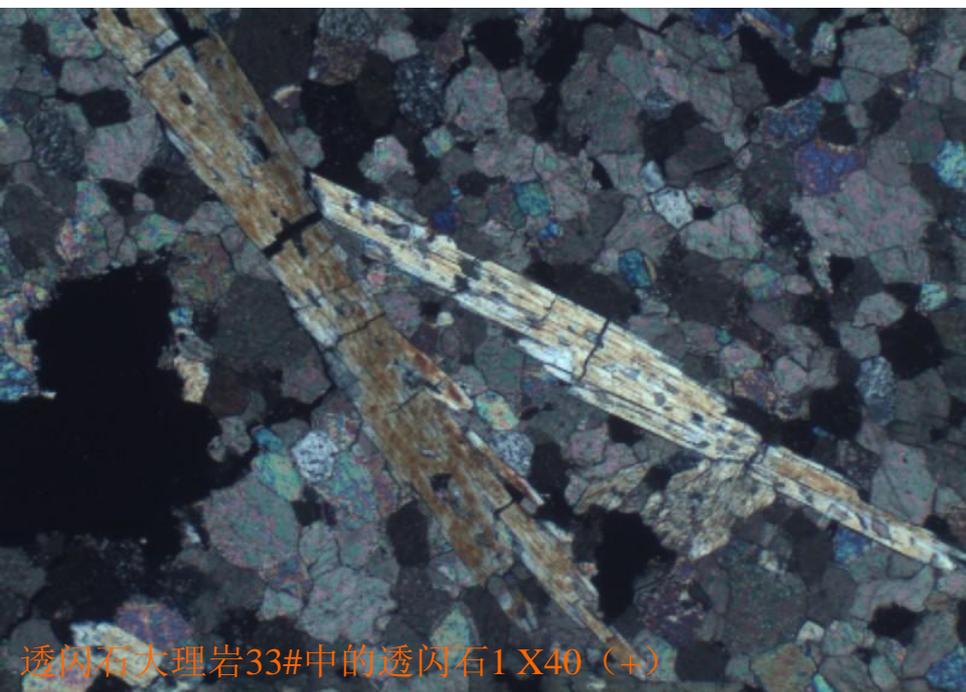
→ 正交光下



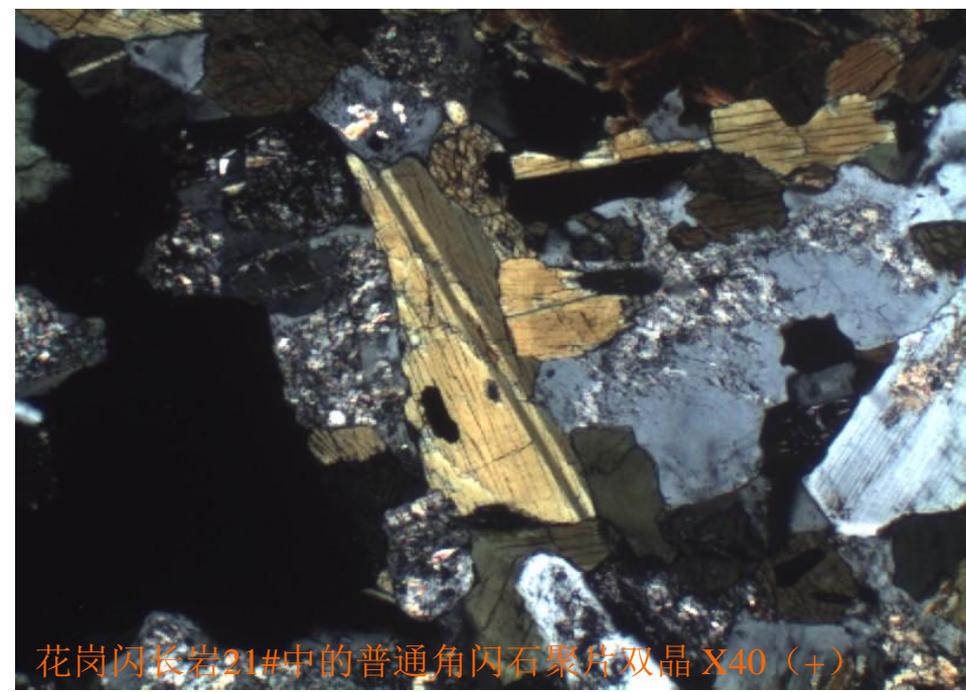
角闪石石英片岩岩中的普通角闪石未消光



角闪石石英片岩岩中的普通角闪石消光角 20°



透闪石大理岩33#中的透闪石1 X40 (+)



花岗闪长岩21#中的普通角闪石聚片双晶 X40 (+)

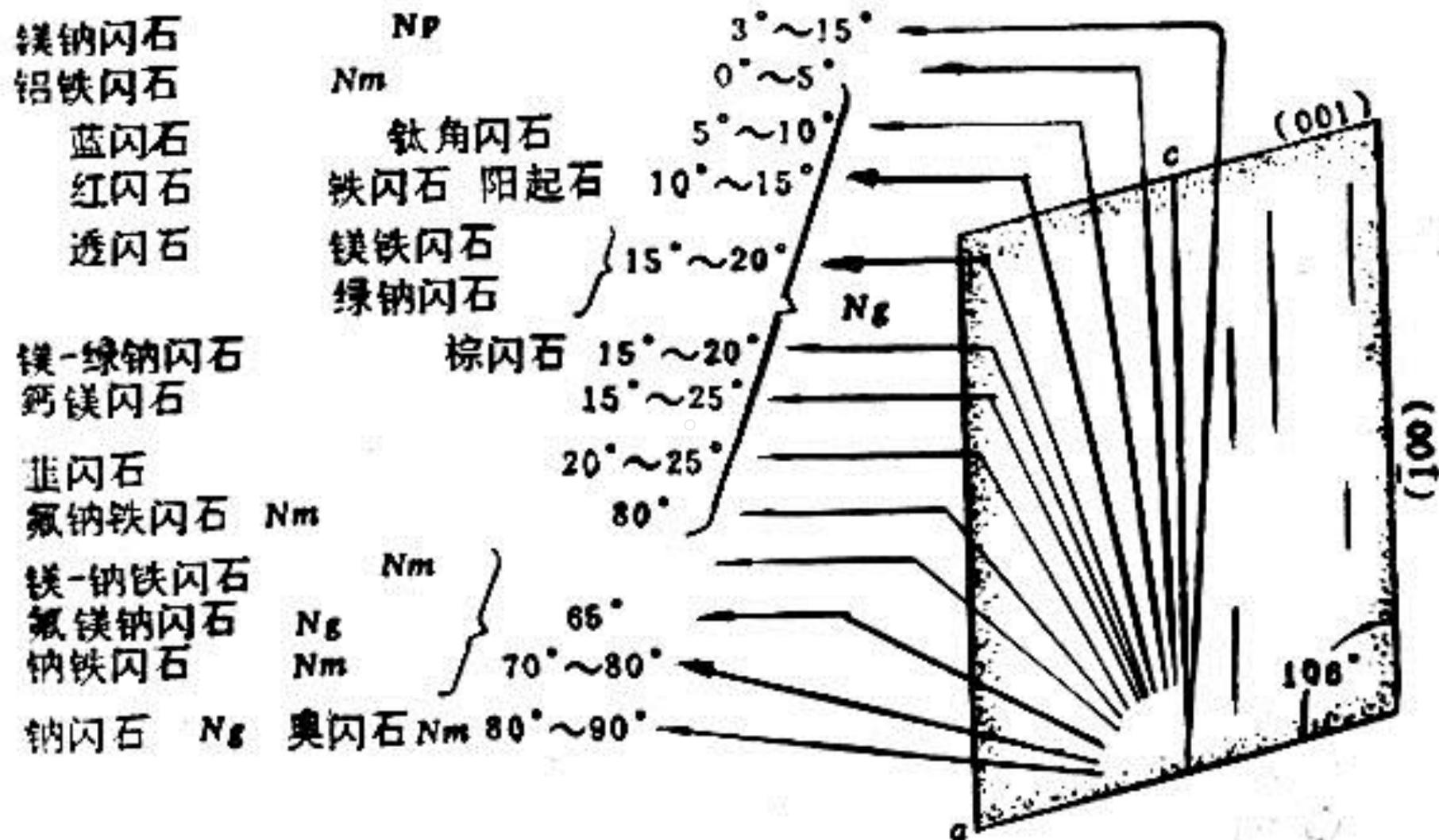


图4-97 单斜角闪石在(010)切面上的消光角

$c \wedge Ng, Nm$ 或 Np

九、链状构造硅酸盐

5、成因、产状及次生变化

岩浆作用、变质作用形成，中性岩浆岩、火山岩、变质岩中均产出易发生绿泥石化、绿帘石化、纤闪石化

6、应用

(1) 阳起石—软玉：装饰和雕刻材料

(2) 角闪石石棉：纺织、水泥、绝缘材料、过滤放射性尘埃、空气净化剂

(3) 蓝闪石：低温高压变质矿物“板块构造”俯冲带大洋一侧

软玉： 含水的钙镁硅酸盐矿物，透闪石和阳起石矿物集合体。



和田羊脂玉观音与善财童子



和田青玉大禹治水，
故宫博物院藏

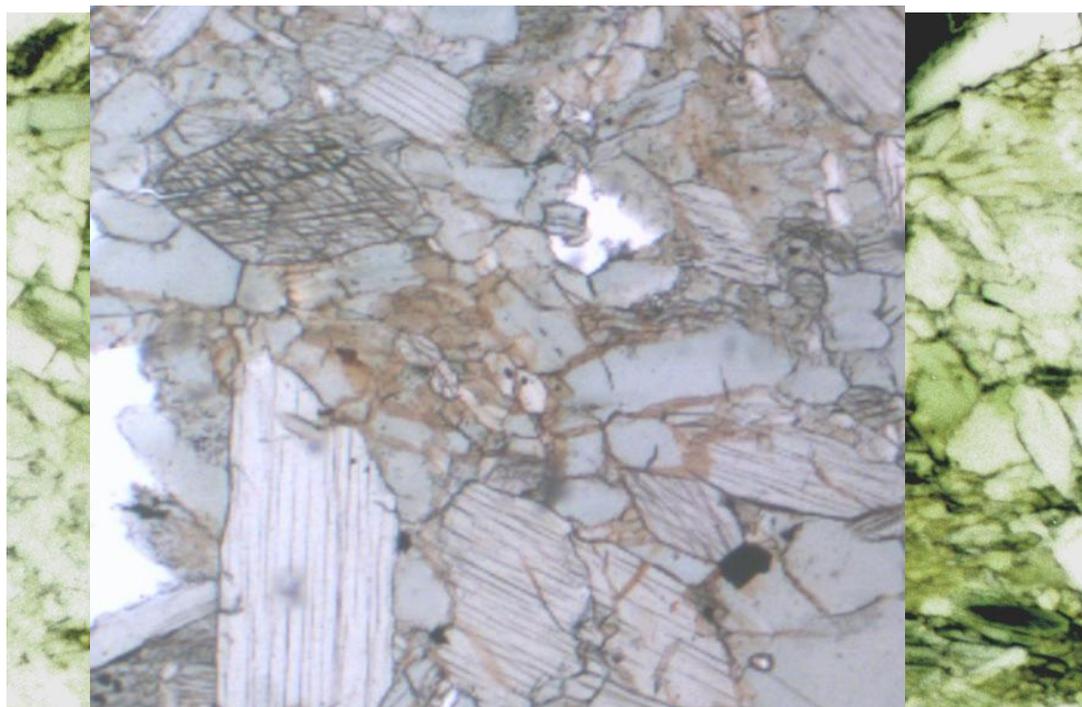


和田青玉会昌九老图，
故宫博物院藏

九、链状构造硅酸盐

7、普通角闪石镜下特征：

柱状、长条状、菱形切面，中正突起，深绿—淡黄色多色性，两组中等解理，夹角 56° ，最高干涉色二级蓝绿，斜消光为主，消光角 $12-25^\circ$



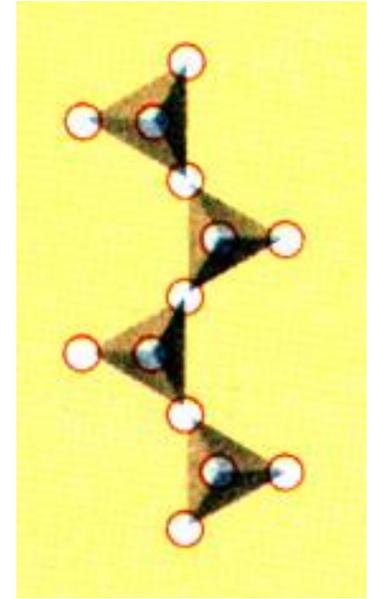
九、链状构造硅酸盐

(三) 辉石族

1、化学成分通式： $R_2[Si_2O_6]$

2、晶体构造：单链构造硅酸盐

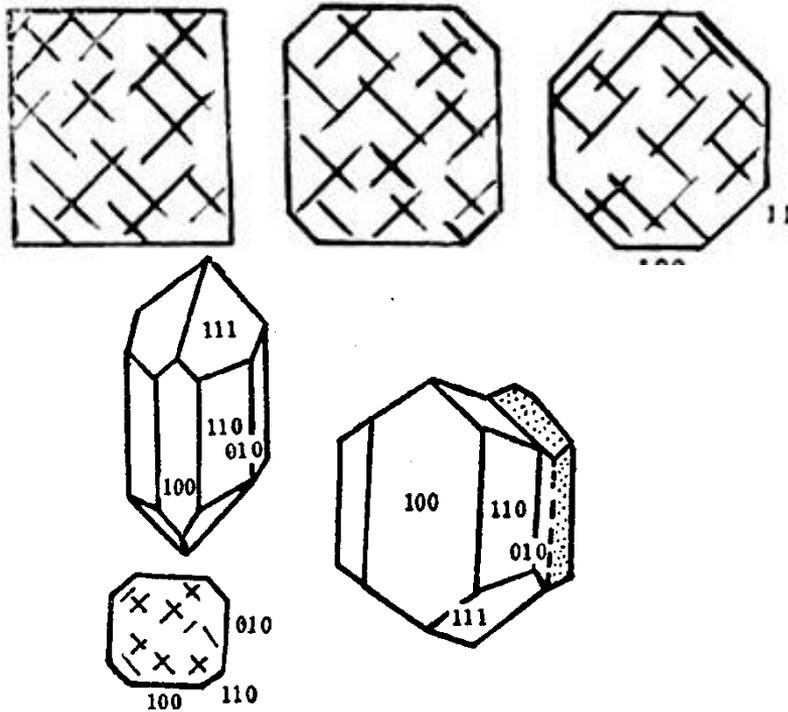
3、矿物种属



- | | | | | |
|---|---------|-----------------------|---|------|
| { | 斜方辉石亚族： | 紫苏辉石★ 顽火辉石、古铜辉石 | } | 钙碱系列 |
| | 单斜辉石亚族 | 透辉石：异剥辉石、绿辉石
普通辉石★ | | |
| | | 霓石★ 霓辉石 | | 碱性系列 |

4、形态、物理性质及镜下特征

(1) 晶形：短柱状，横切面成正方形或八边形

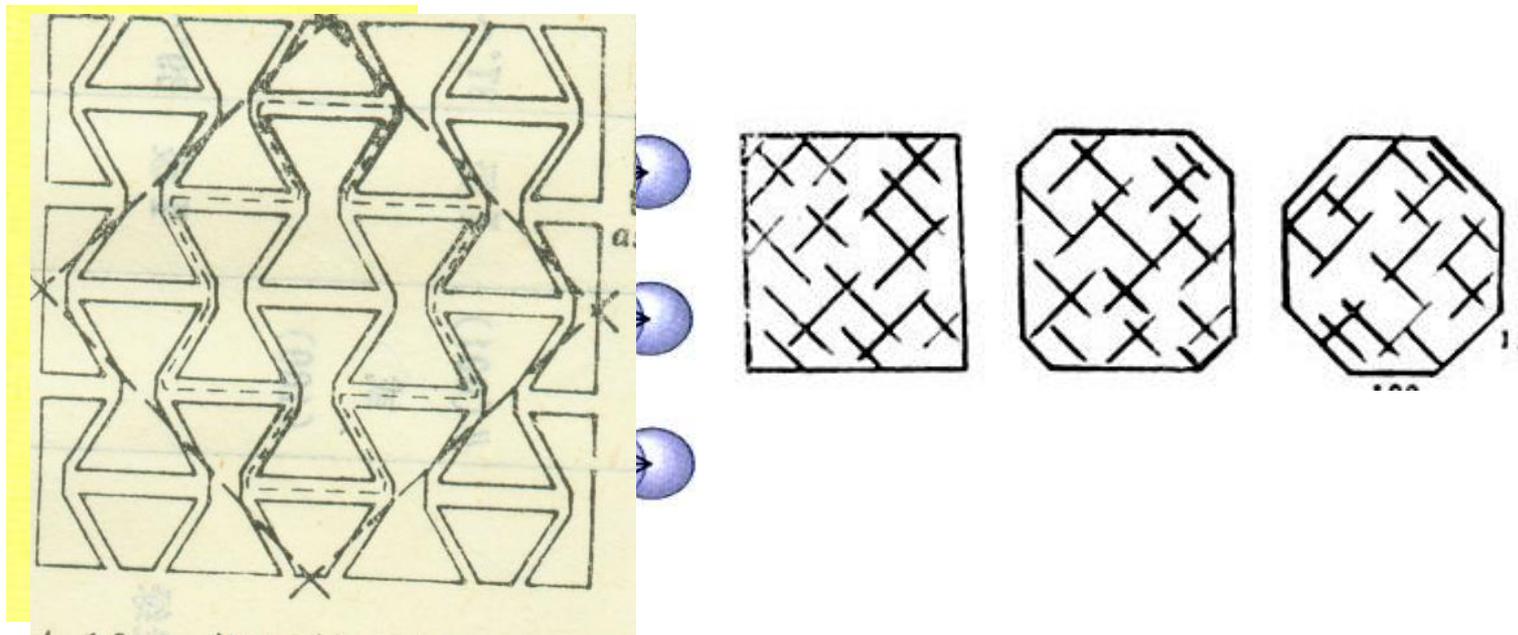


(2) 物理性质:

颜色及光泽: 颜色可浅可深, 玻璃光泽,

解理: 两组柱面完全解理, 解理夹角为 87° 和 93°

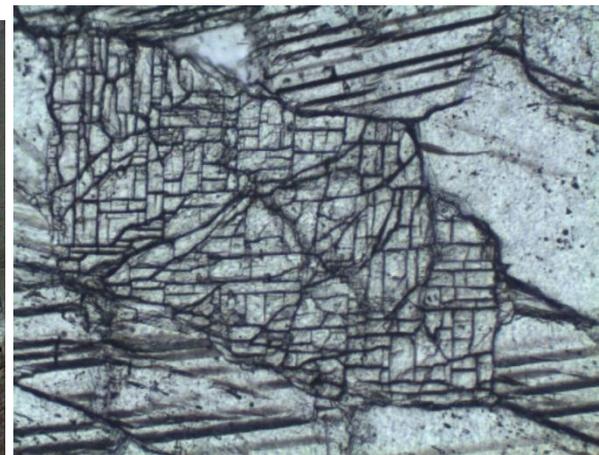
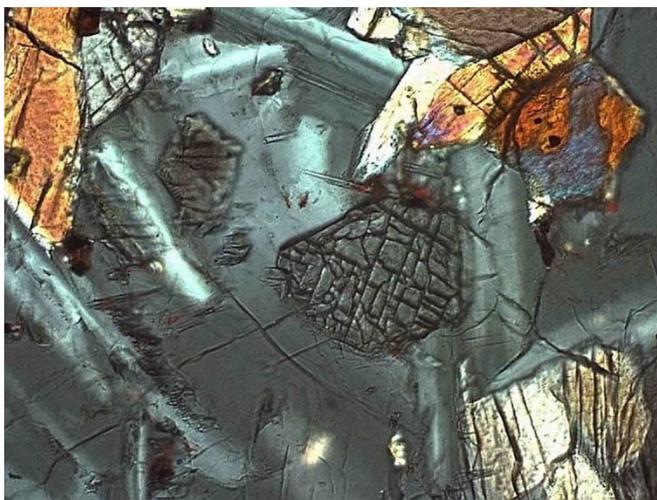
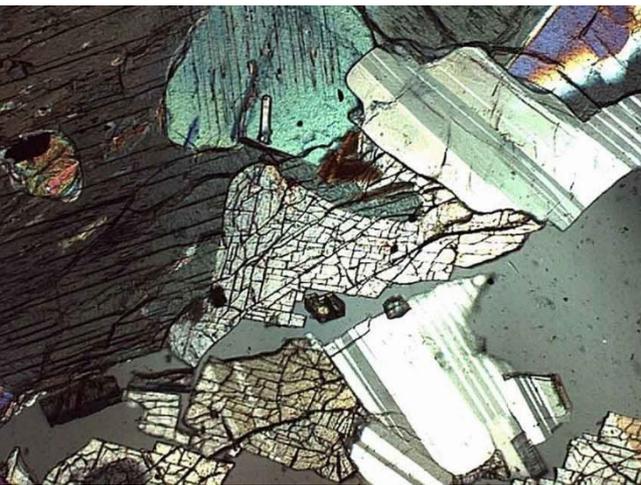
硬度5—6, 比重中等 (3.1-3.6)



(3) 镜下特征:

长条状、四边形或八边形，不含铁着无色，含铁质色深，多色性强，两组中等解理夹角为 87° 和 93° ，高正突起，干涉色普遍低于三级，正延性。

斜方辉石平行消光，单斜辉石斜消光， $N_g \wedge C = 45^\circ \pm$ ；二轴晶，正光性 $2V$ 角中等， $60^\circ \pm$ 。



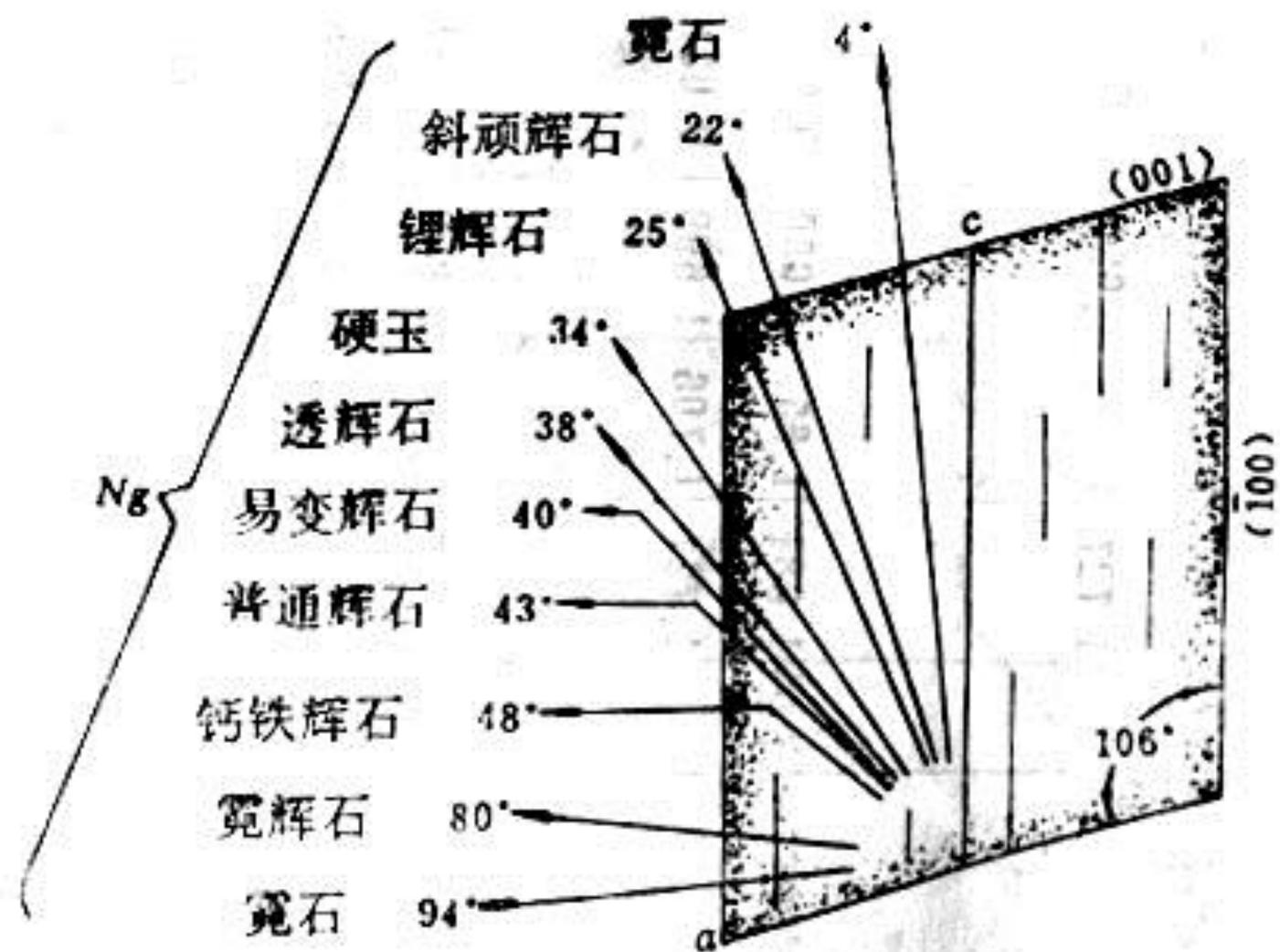
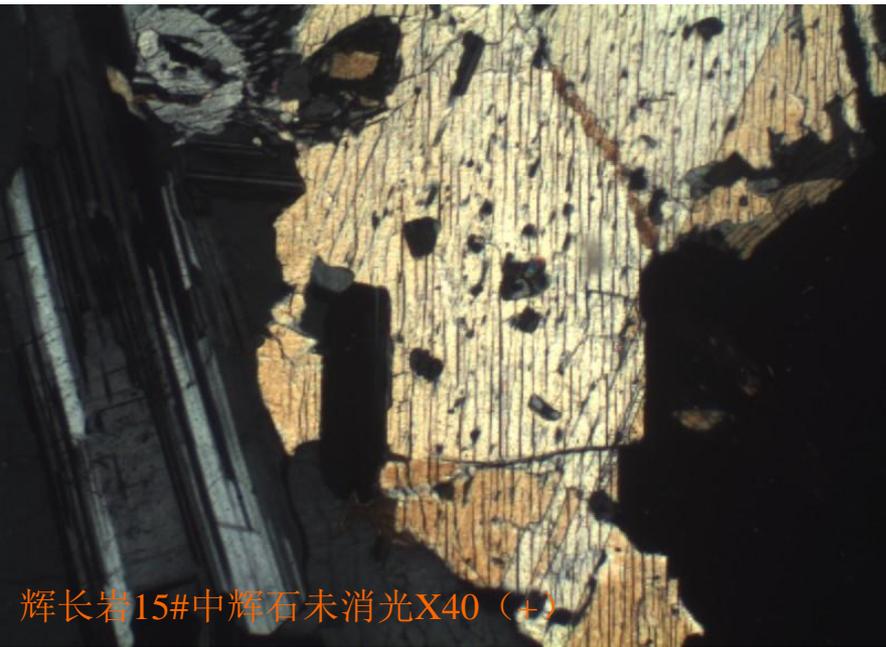
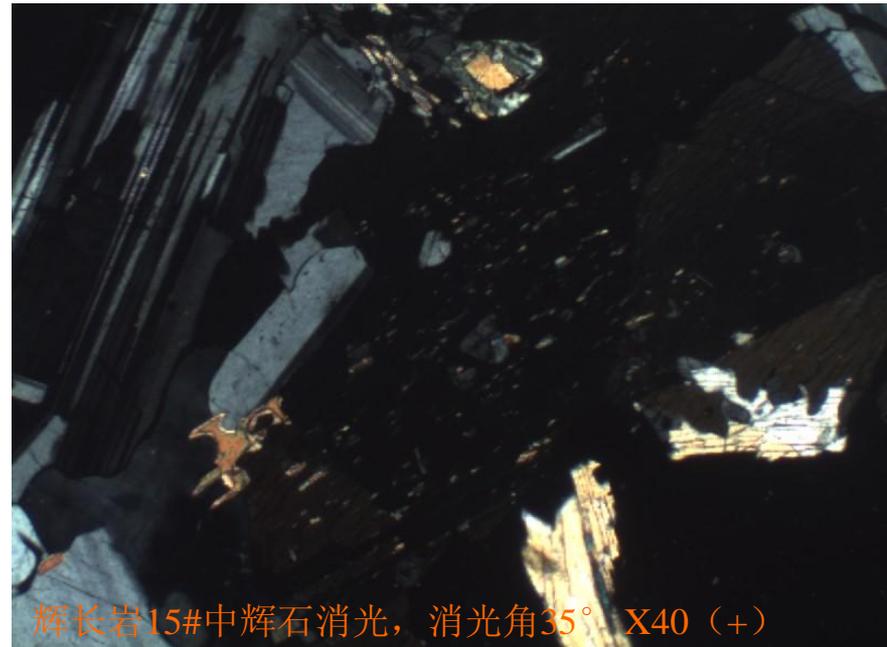


图4-108 单斜辉石在(010)切面上的消光角

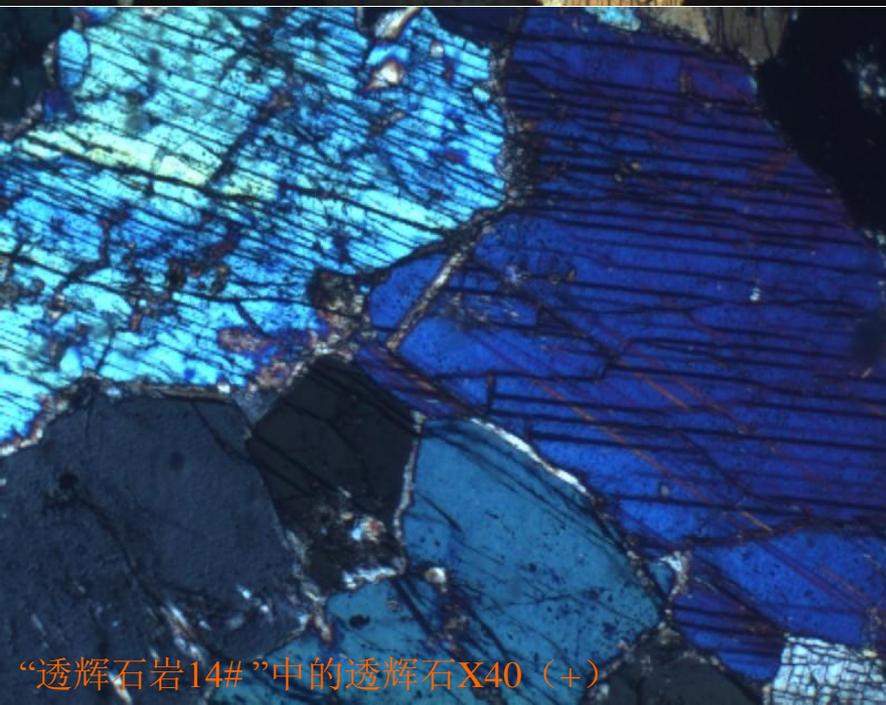
辉石的消光角，干涉色，双晶



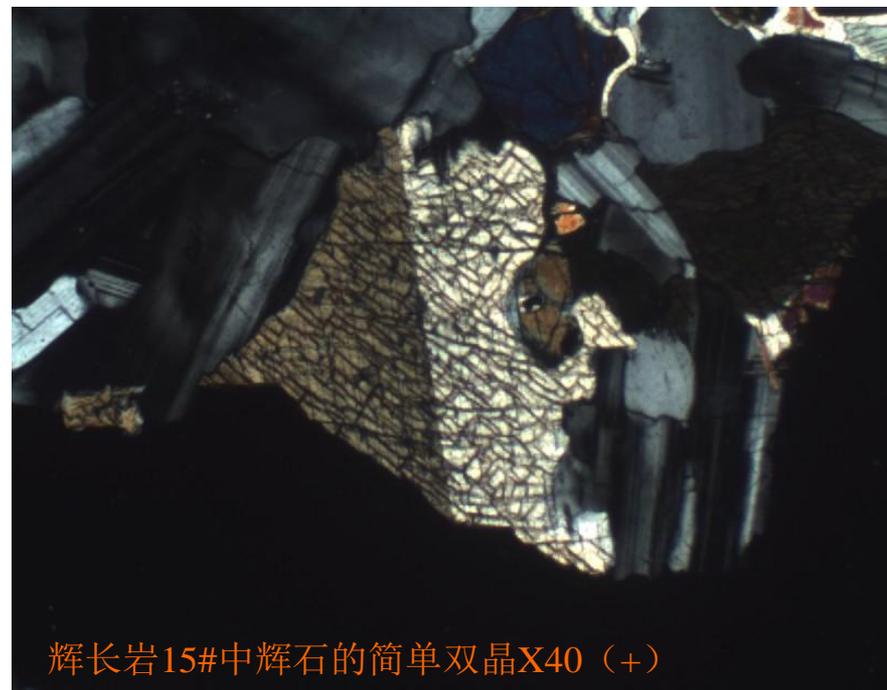
辉长岩15#中辉石未消光X40 (+)



辉长岩15#中辉石消光，消光角35° X40 (+)

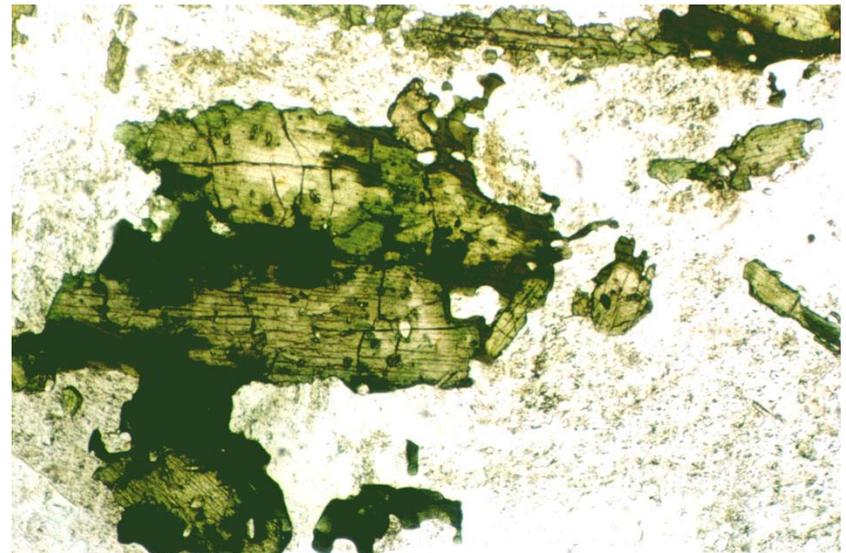
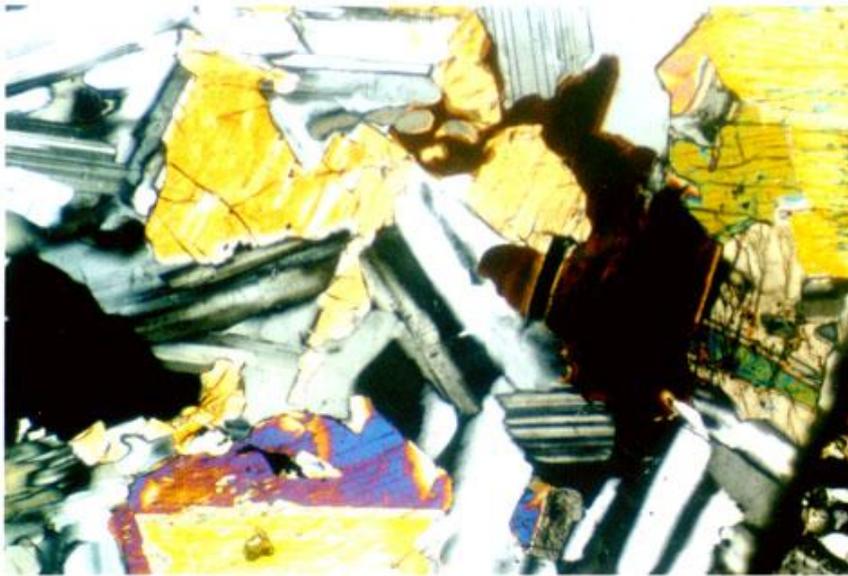
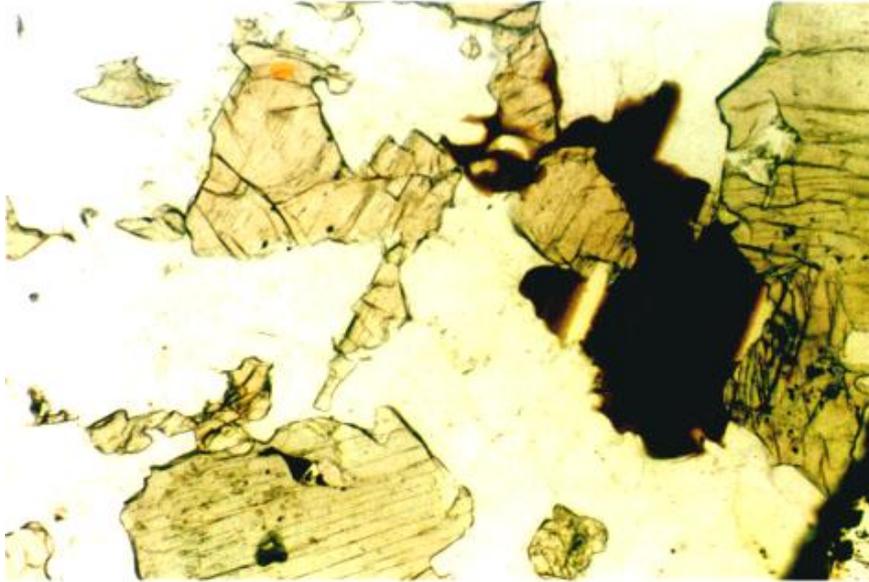


“透辉石岩14#”中的透辉石X40 (+)



辉长岩15#中辉石的简单双晶X40 (+)

普通辉石及紫苏辉石



霓石

6、成因、产状及其他

形成于岩浆作用、变质作用过程中

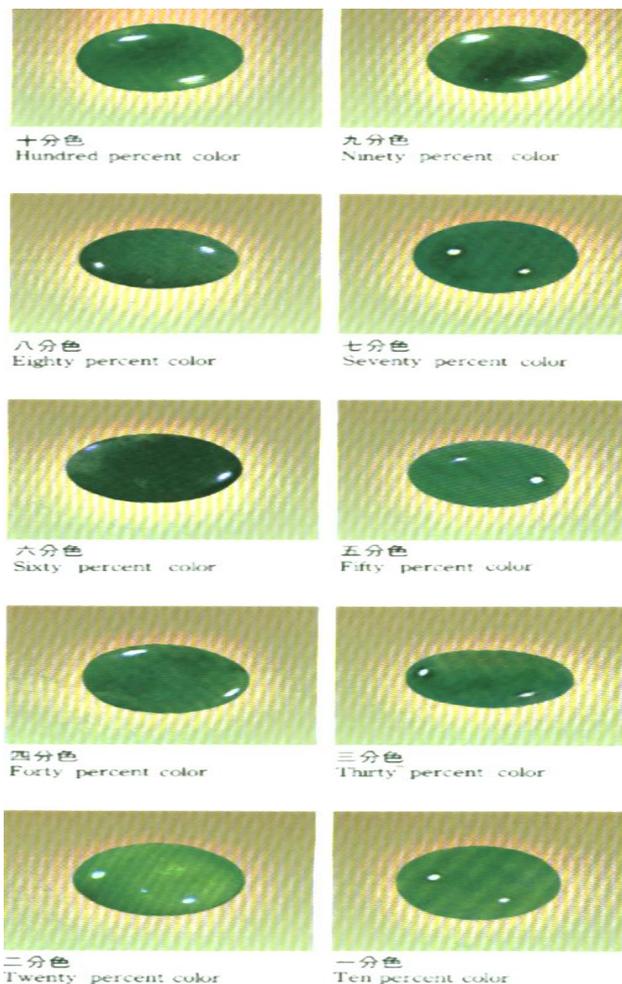
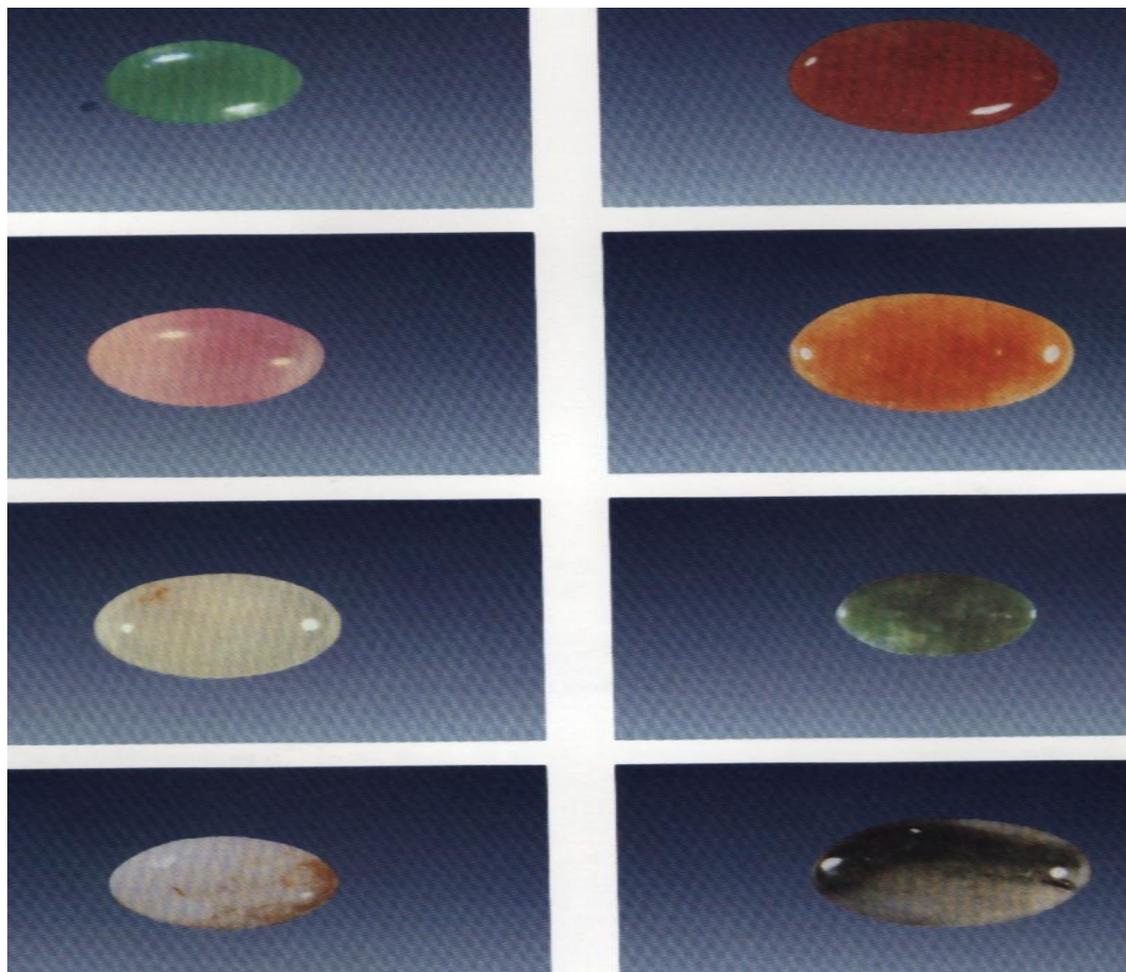
次生变化：纤闪石化、蛇纹石化、绿泥石化、滑石化、方解石化、黑云母化、绿帘石化。

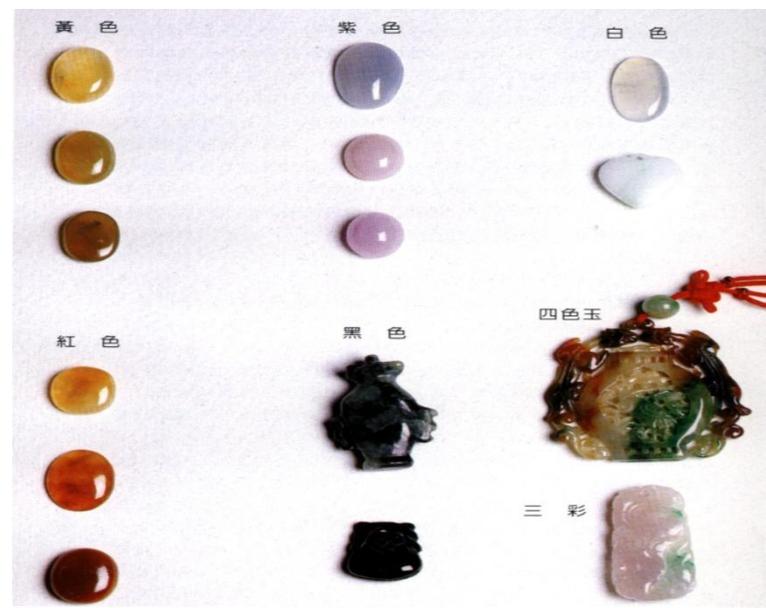
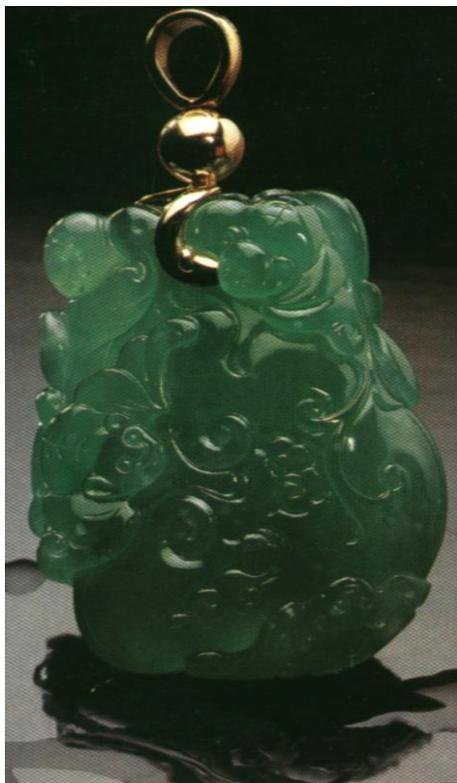
7、应用

(1) 斜方辉石中Ca、Al的含量与形成温度有关，可作为地质温度计

(2) 硬玉 ($\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$)，俗名翡翠，是一种昂贵的宝石和玉石材料

翡翠的定义：翡翠是在地质作用过程中形成的主要由硬玉、绿辉石和钠铬辉石组成的达到玉级的多晶集合体。





普通角闪石于普通辉石的区别

普通角闪石	普通辉石
长柱状、针状	短柱状
长柱状、横切面菱形、六边形	短柱状、横切面八边形或四边形
解理夹角 56° 、 124°	解理夹角 87° 、 93°
深绿—淡黄色多色性	多色性不明显
中正突起	高正突起
$Ng \wedge C$ $12—25^\circ$	$Ng \wedge C$ $35—54^\circ$
多为负光性	多为正光性
$2V$ 角 $> 70^\circ$	$2V$ 角中等 60° 左右

十、岛状构造硅酸盐

(一) 概述

1、成分及构造

络阴离子：孤立四面体和双四面体 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

离子半径较小、电价较高的阳离子：

Zr^{4+} 、 Ti^{4+} 、 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等。

2、特性

结构比较紧密，硬度大5—6，比重大 >3 ，晶形完整，解理不发育，相对密度和折射率也较大。

3、矿物类型

锆石族★ 橄榄石族★ 蓝晶石族★ 十字石族★ 黄玉族、榍石族★
绿帘石族★ 符山石族、石榴石族等 ★

4、物理性质的共同点

一般有完好的晶形

透明至半透明

具玻璃光泽或金刚光泽

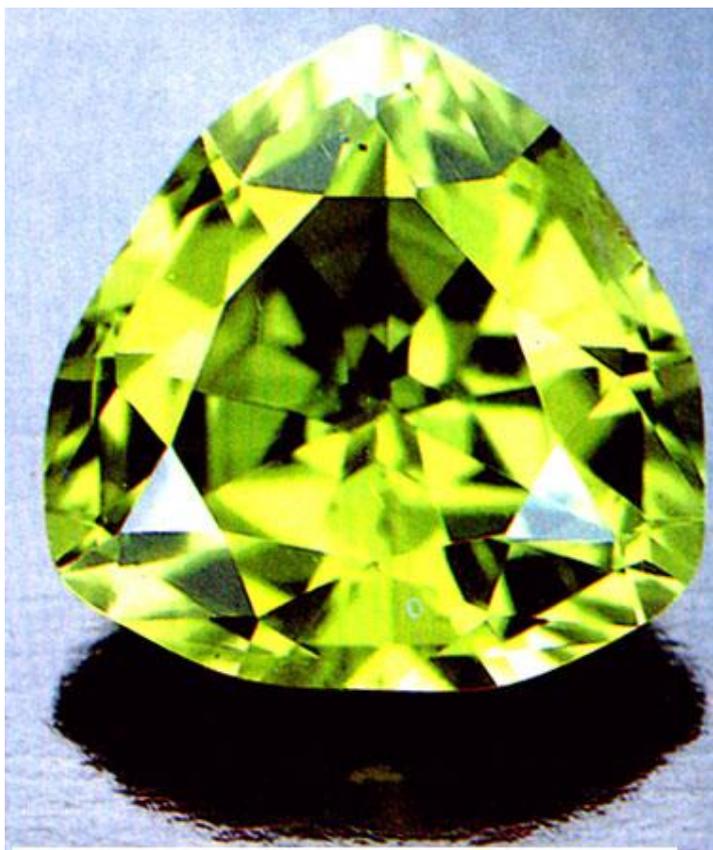
解理不发育

硬度较高（大于5.5）

相对密度和折射率也较大

(二) 主要矿物族

1、橄榄石族 (Mg, Fe) $[\text{SiO}_4]$ 斜方晶系



产于我国河北张家口的橄榄石质量较好，图为重2.87克拉的橄榄石戒面。

完全类质同象

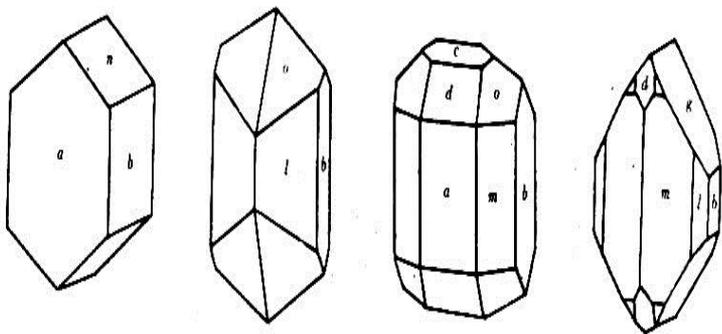
名称	镁橄榄石含量
镁橄榄石	>80
贵橄榄石	80—70
透铁橄榄石	70—50
镁铁橄榄石	50—10
铁橄榄石	<10

橄榄石

斜方晶系

晶体形态

晶体常呈厚板状或短柱状，晶体完好者少见，
多见粒状



物理性质及光学特征

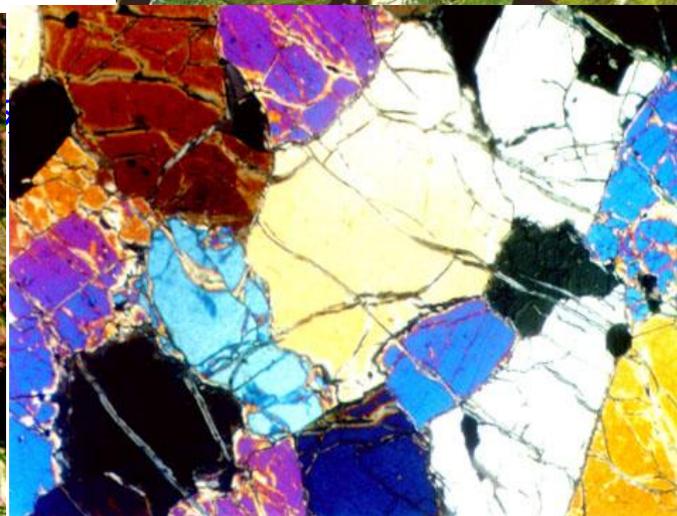
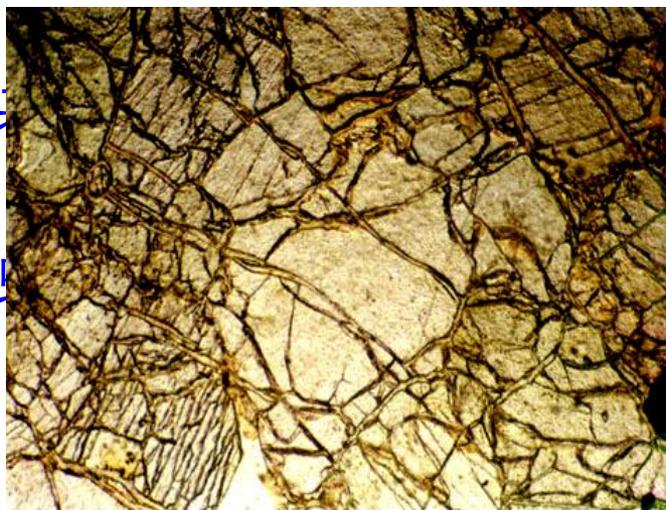
物理性质：橄榄绿色，粒状外形，具贝壳状断口，无解理，
硬度6.5—7，相对密度3.22-4.39

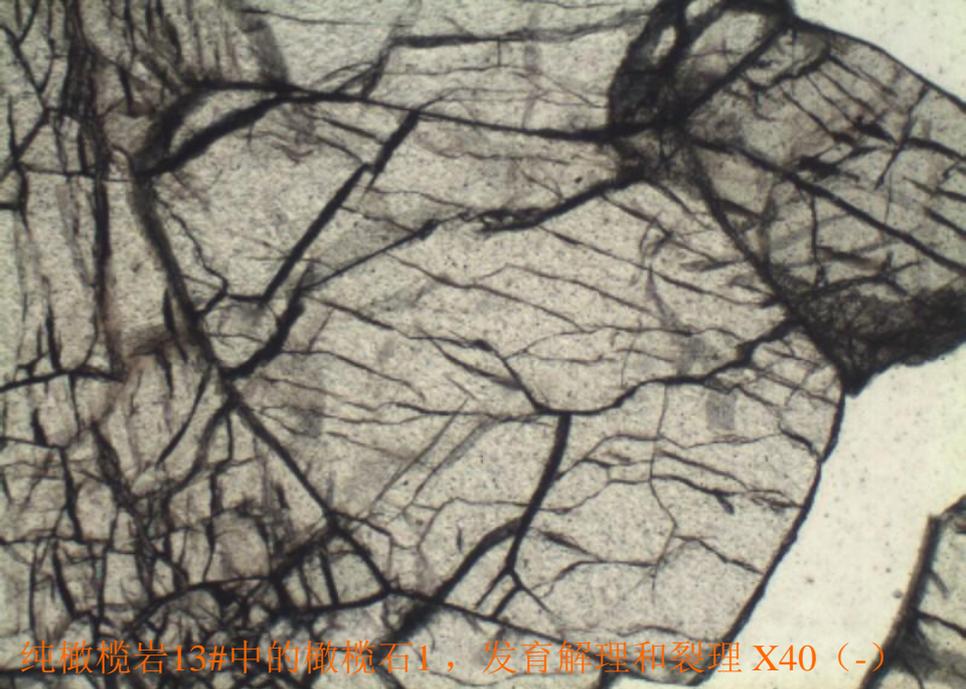
镜下特征：无色、不规则状，无解理、高
最高干涉色可达三级，光轴角近90°



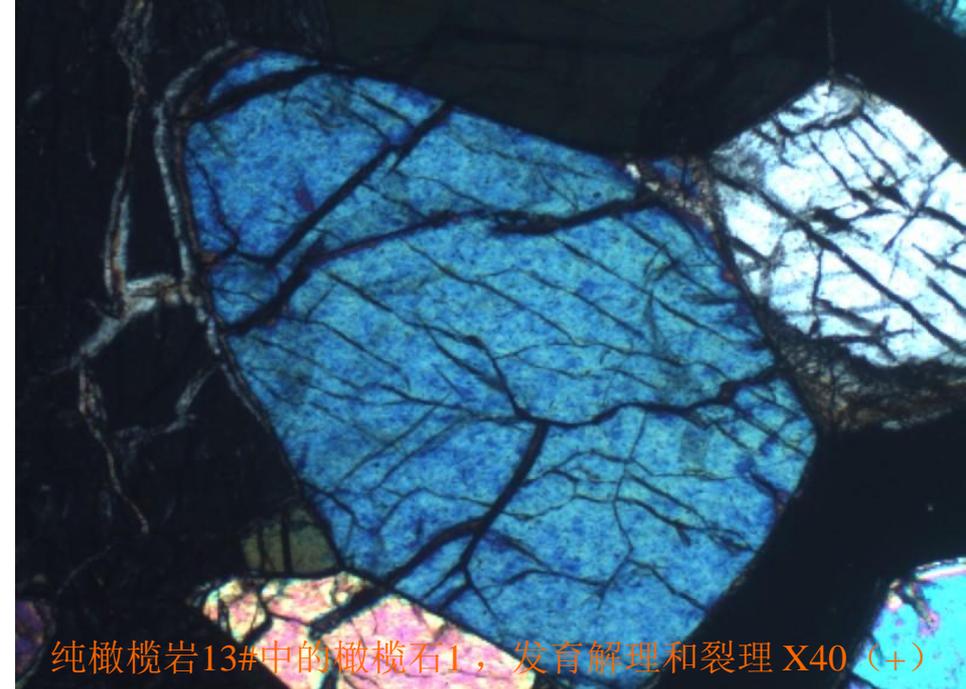
成因产状

次生变化

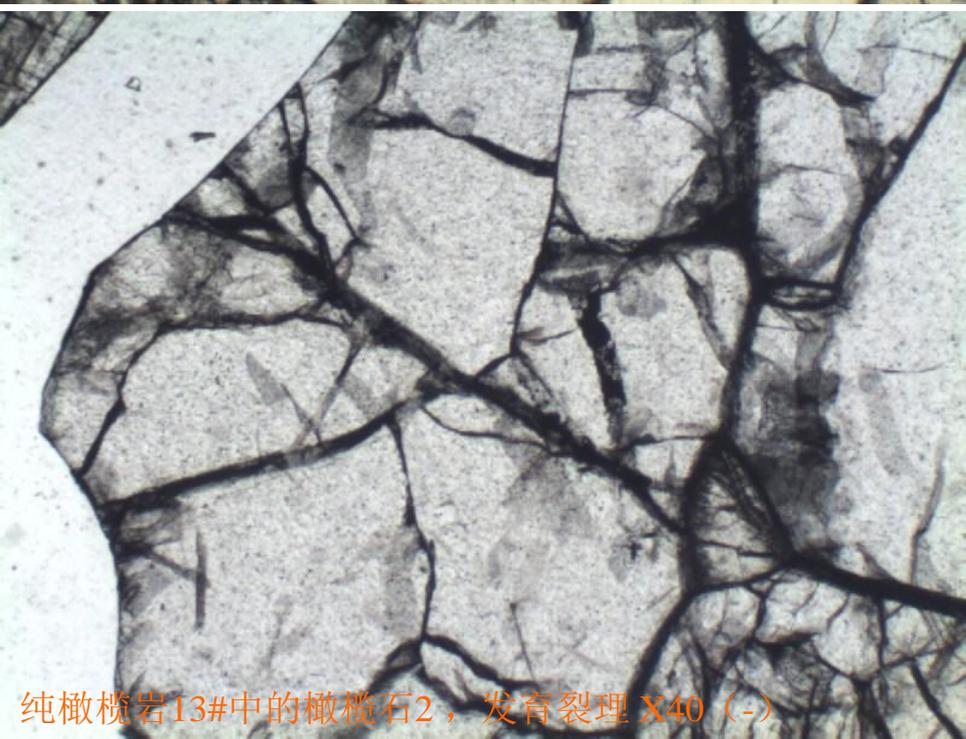




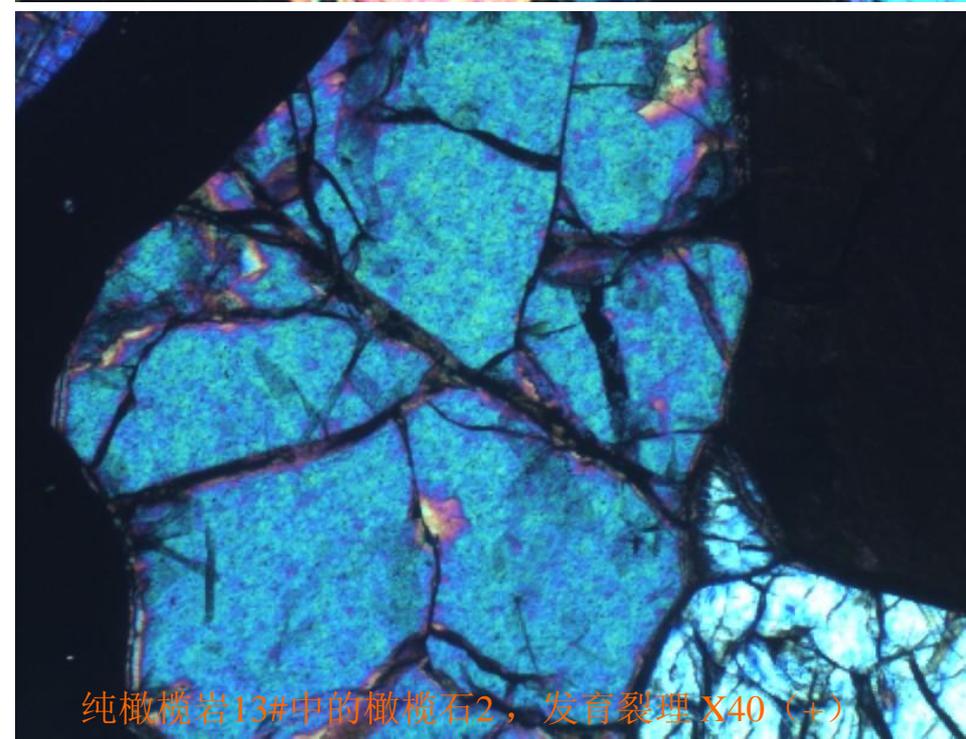
纯橄榄岩13#中的橄榄石1，发育解理和裂理 X40 (-)



纯橄榄岩13#中的橄榄石1，发育解理和裂理 X40 (+)



纯橄榄岩13#中的橄榄石2，发育裂理 X40 (-)

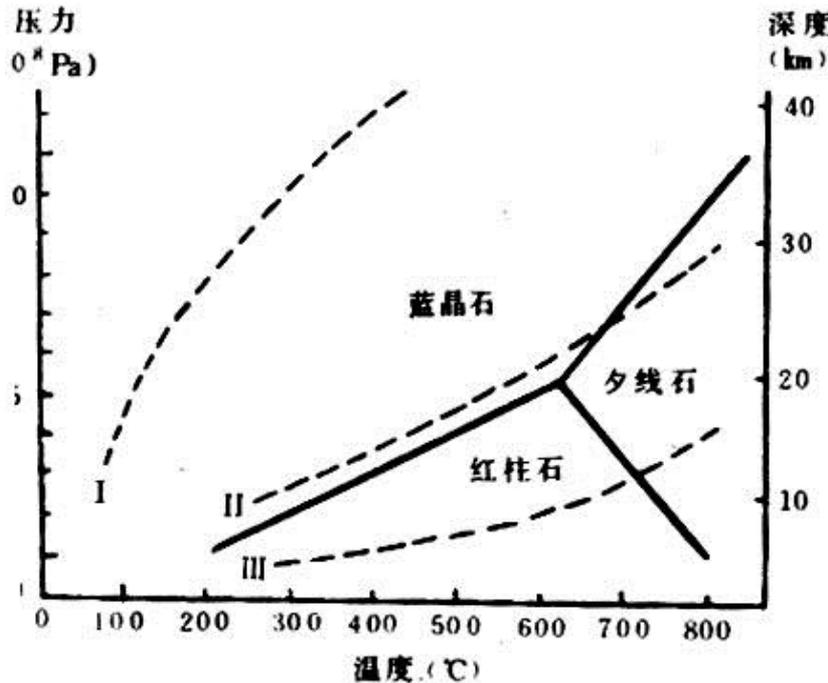


纯橄榄岩13#中的橄榄石2，发育裂理 X40 (+)

2、蓝晶石族 (Al_2SiO_5)

同质三象变体	{	蓝晶石 $Al_2[SiO_4]O$ 高压 Al配位数6
		红柱石 $AlAl[SiO_4]O$ 中温中压 Al配位数5、6
		夕线石 $Al[AlSiO_5]O$ 高温 Al配位数4、6

存在//C牢固的Al—O八面体骨干，//C长柱状、板状、针状



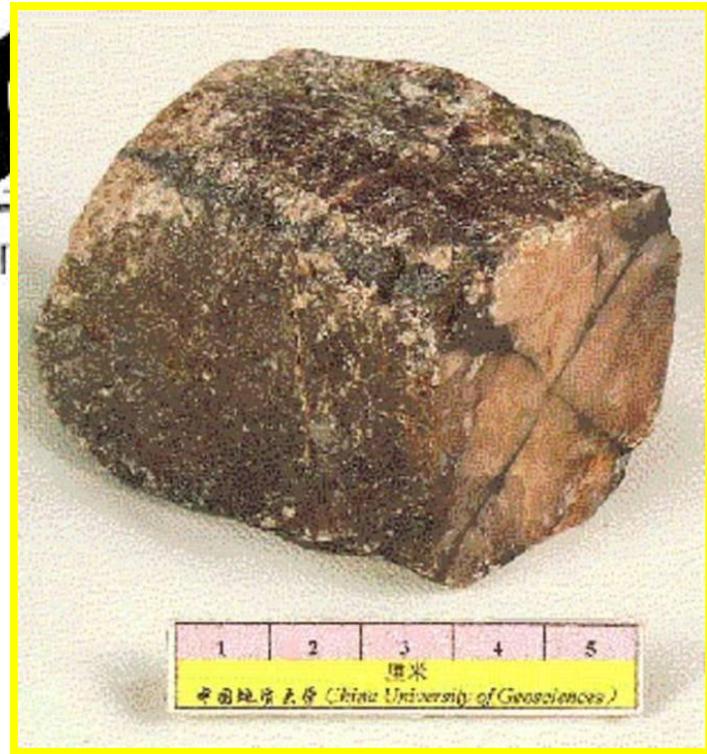
- I—高压变质带
- II—中压变质带
- III—低压变质带

(1) 红柱石（空晶石、菊花石） 斜方晶系

斜方晶系柱状晶体—碳质包裹体—空晶石，横切面呈正方形



菊花石



(1) 红柱石（空晶石、菊花石） 斜方晶系

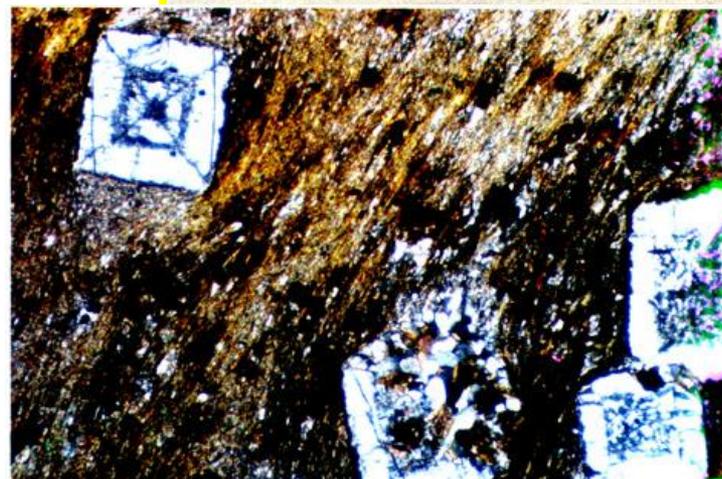
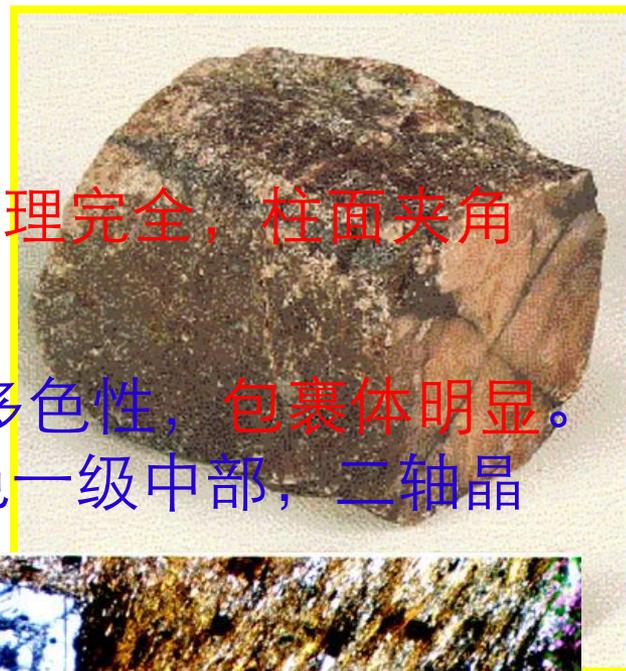
物理性质及光性特征：

浅玫瑰红色、灰色或褐色， $\{110\}$ 解理完全，柱面夹角 90° ，常含有碳质包裹体；

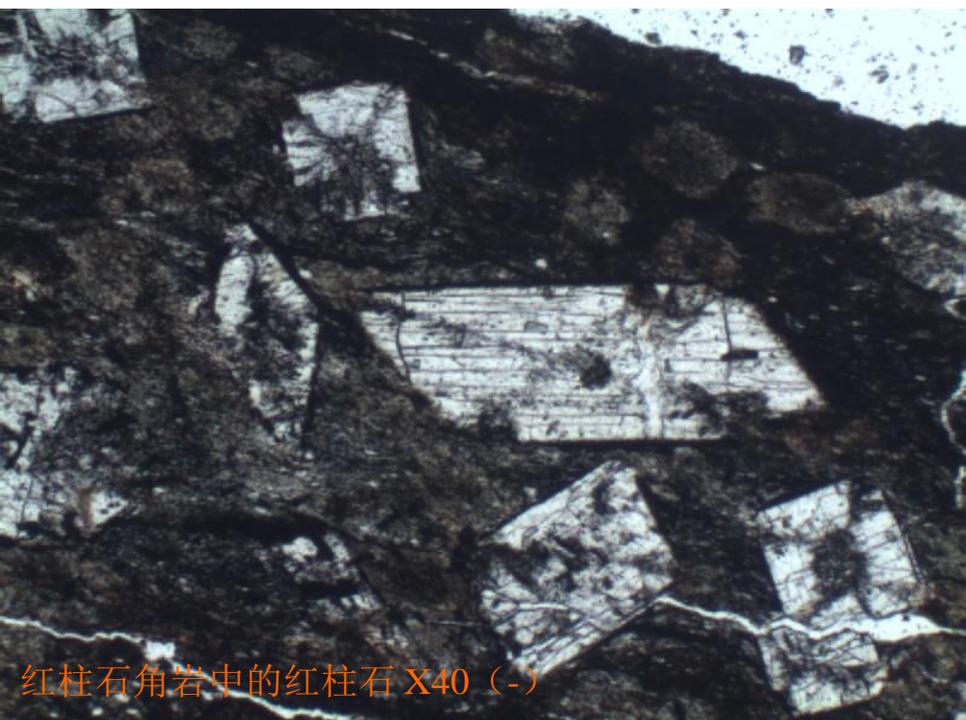
镜下无色或浅红、浅绿色，具微弱多色性，包裹体明显。中正突起，柱面平行消光，最高干涉色一级中部，二轴晶负光性

产状：产于接触变质岩中

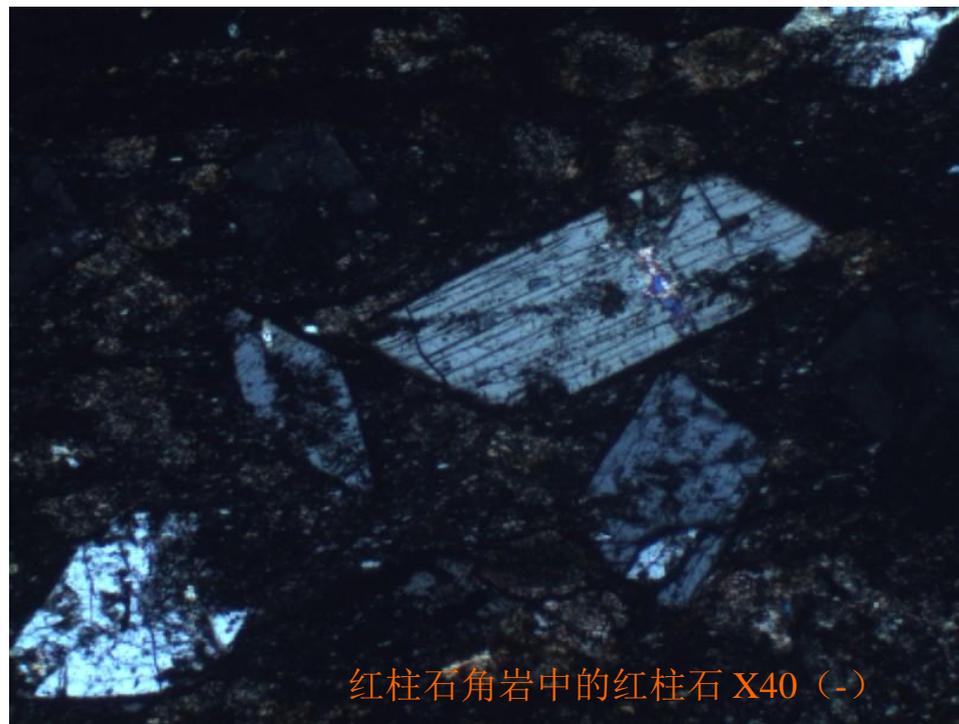
次生变化：易转化为绢云母、蓝晶石、硅线石



红柱石



红柱石角岩中的红柱石 X40 (-)



红柱石角岩中的红柱石 X40 (-)

(2) 蓝晶石 (二硬石) 三斜晶系

晶体形态

晶体呈沿C轴延伸的板状、柱状，集合体有时呈放射状

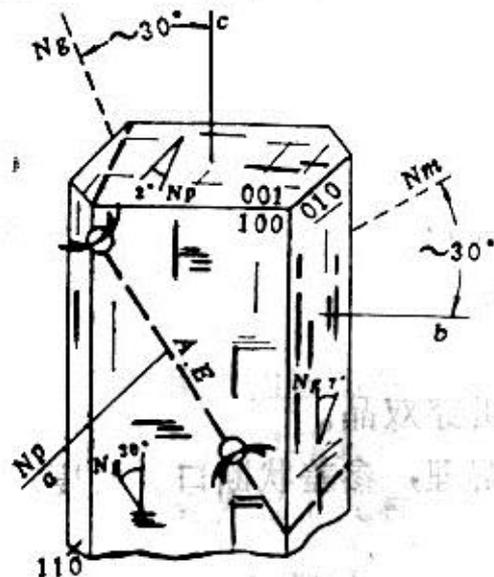


图4-130 蓝晶石光性方位图



蓝晶石

(2) 蓝晶石 (二硬石) 三斜晶系

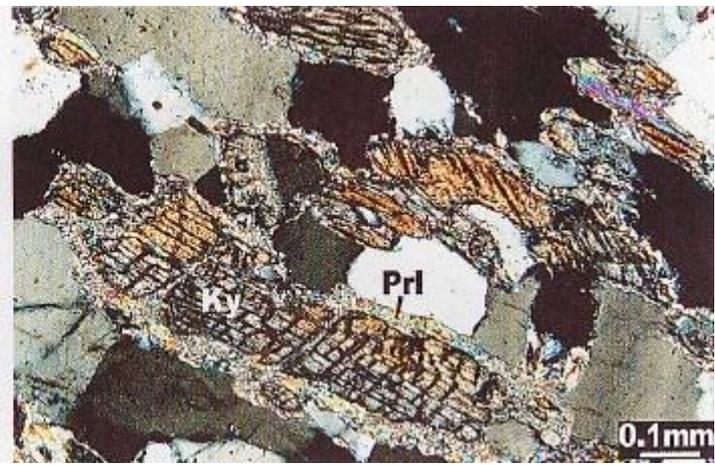
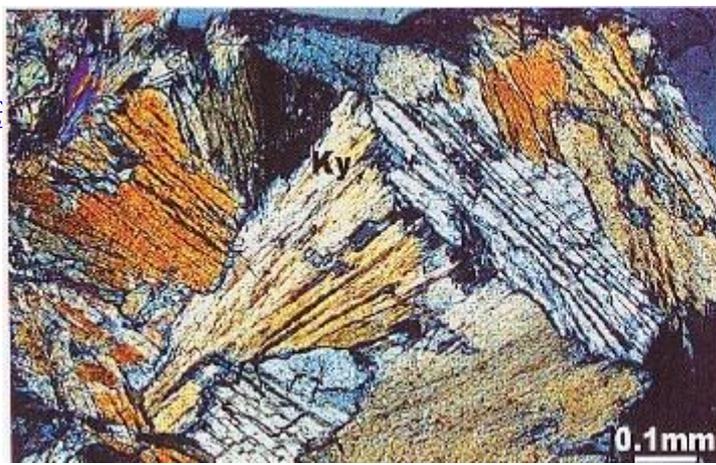
物理性质及镜下特征



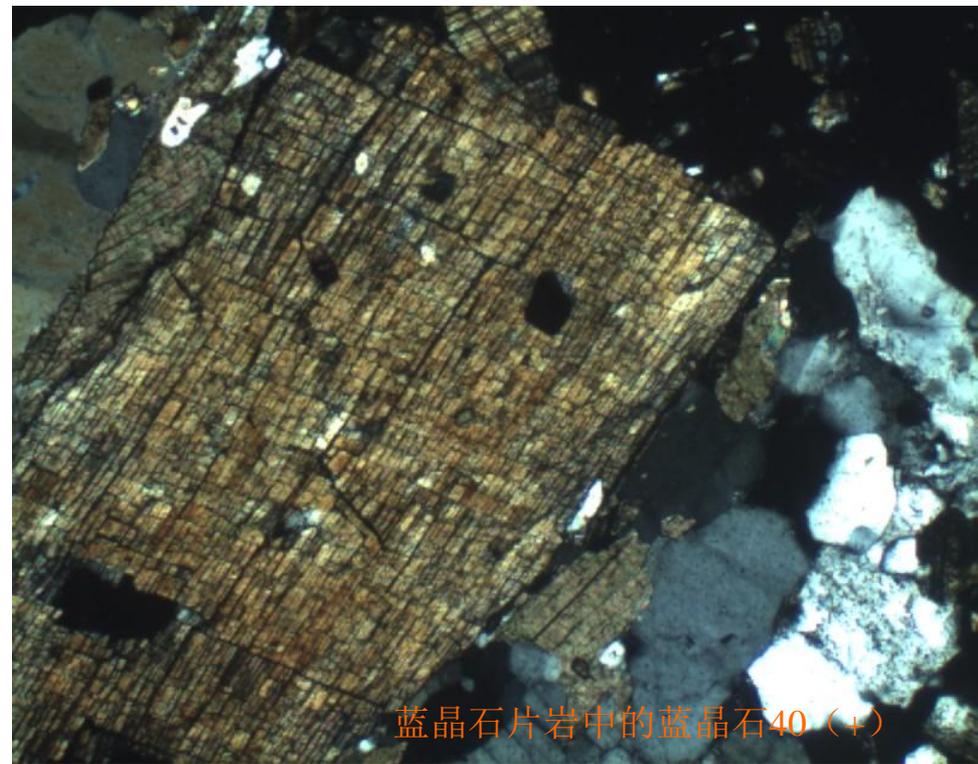
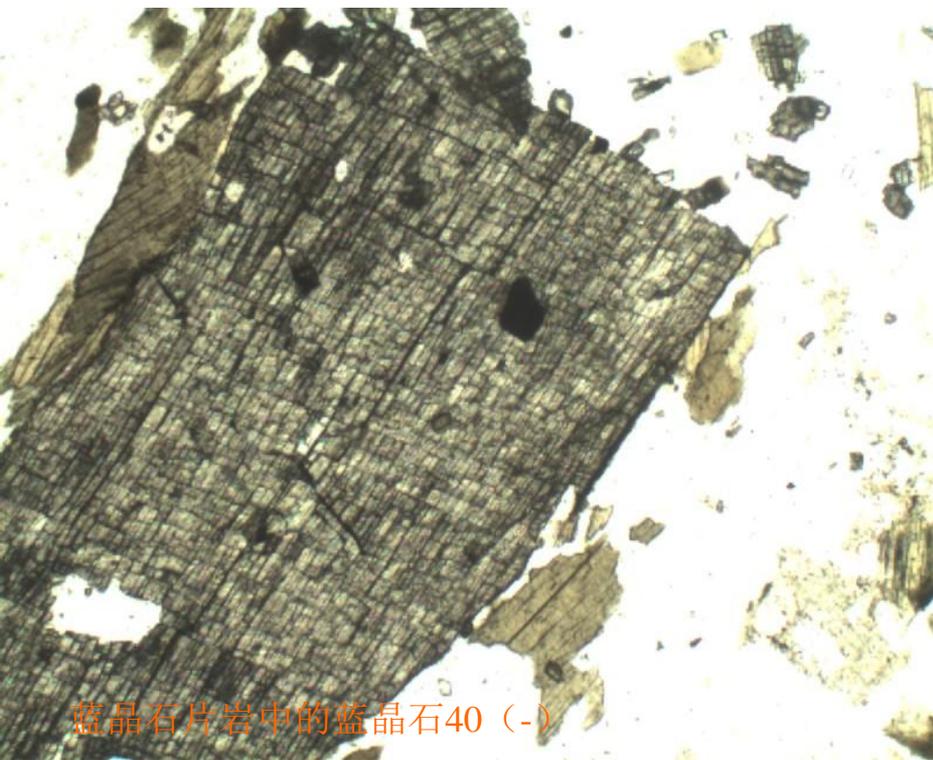
青、兰或白色。具 $\{100\}$ 完全解理及 $\{001\}$ 裂开。在(100)面上，沿C轴方向硬度为4.5、垂直C轴方向为6。

镜下无色，长条状，高正突起，斜消光，聚片双晶常见，最高干涉色可达一级顶部，二轴晶负光性

产状：产



蓝晶石

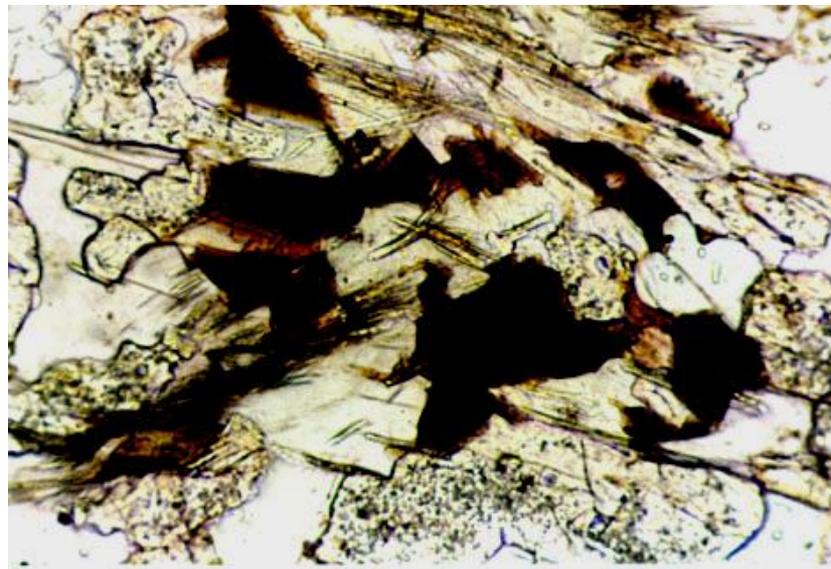


(3) 夕线石 $Al^{VI}[Al^{IV}SiO_5]$ 斜方晶系

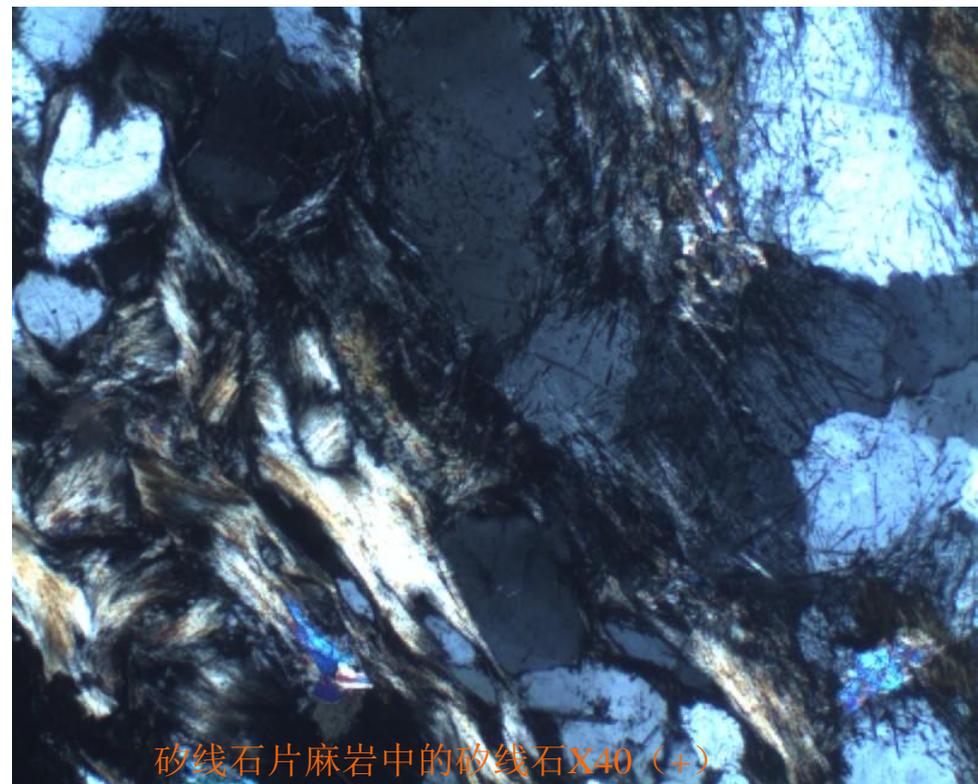
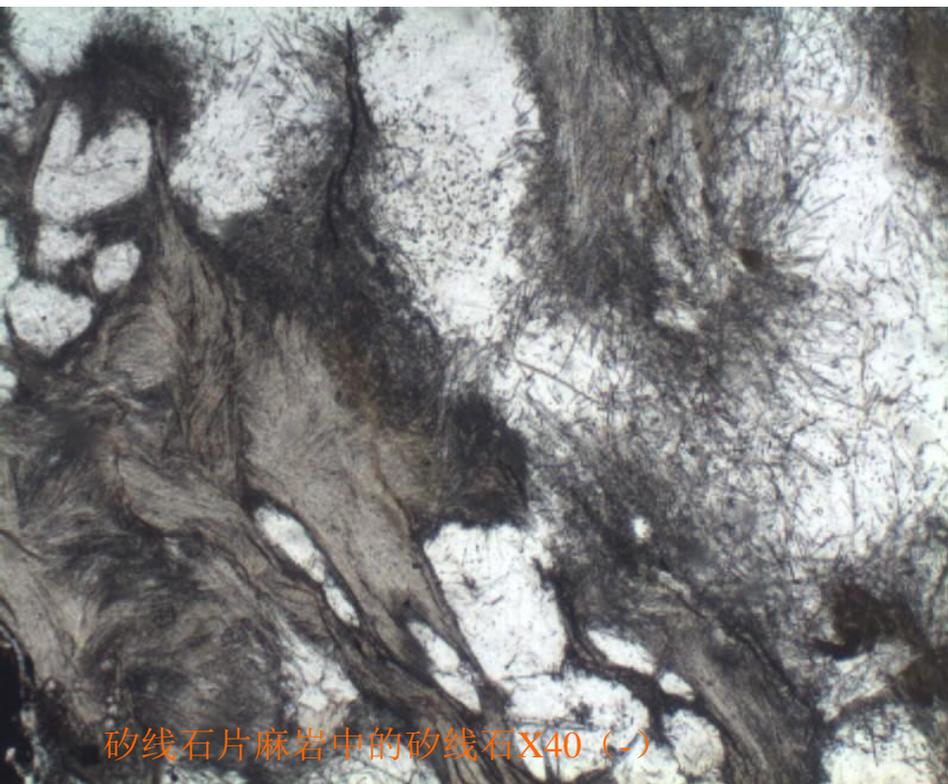
晶体形态：沿C轴长柱状、毛发状，集合体呈放射状、束状

物理性质：灰、黄、红、紫、绿色，{010}解理完全，硬度6.5~7.5

镜下：无色，毛发状，高正突起，假多色性



产状：产于高温条件，中、高级变质岩中



(3) 绿帘石 单斜晶系

化学式： $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})$

成份复杂，不固定，在一定范围变化

形态：晶体沿Y轴延伸，柱状、针状、放射状、粒状、块状

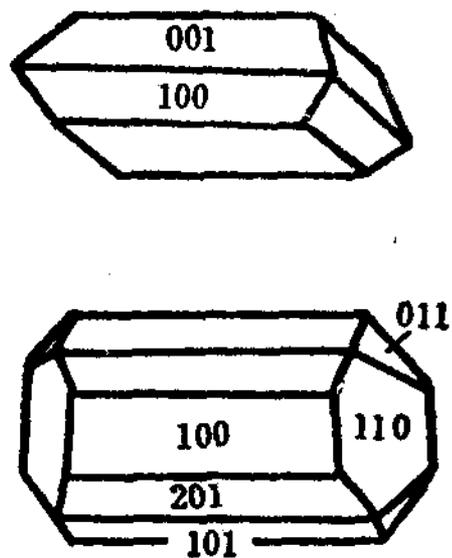


图 162 绿帘石的晶形



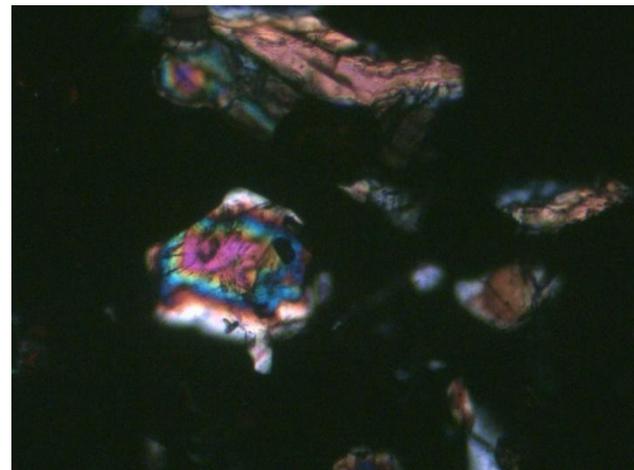
柱状绿帘石（河北，1.5cm）

(3) 绿帘石

物理性质：黄绿 - 黑绿，随Fe含量上升颜色加深，玻璃光泽，硬度6 - 6.5，解理// (001) 完全，密度3.37 - 3.50，

镜下：无色、淡黄、淡绿，柱状、粒状，颜色不均，具多色性，两组柱面解理钾角 65° ，高正突起。三级中干涉色，不均匀斑点状，斜消光为主，二轴负光性

产状：在岩浆岩、变质岩中常见，作为重矿物出现在沉积岩中



(4) 榍石族

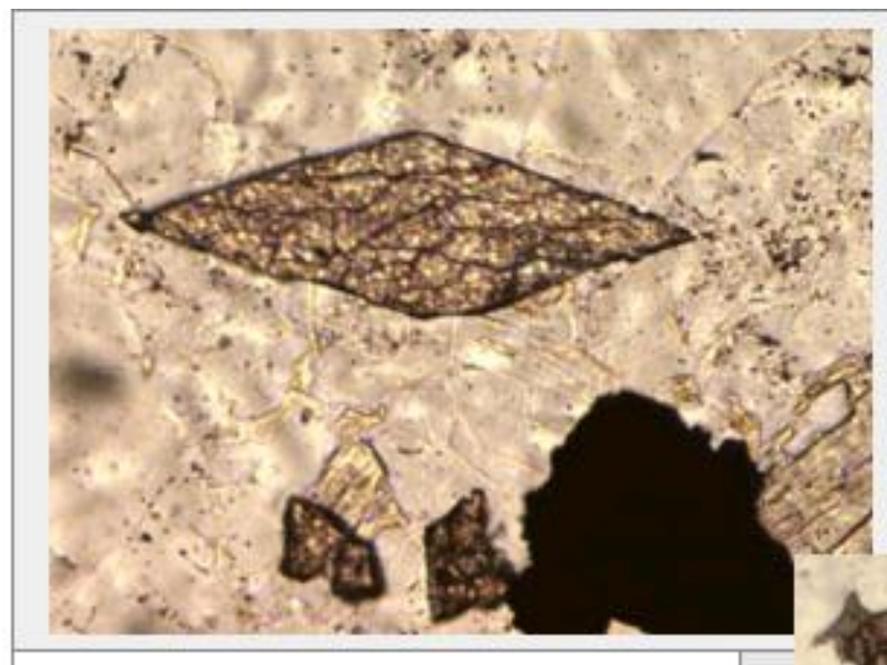
单斜晶系

化学组成 $\text{CaTi}[\text{SiO}_4](\text{O}, \text{OH}, \text{F})$

晶体形态：信封状、粒状，横切面呈菱形等

物理性质：黄褐色、灰绿色，玻璃光泽或金刚光泽，硬度5—5.5，相对密度3.4—3.55

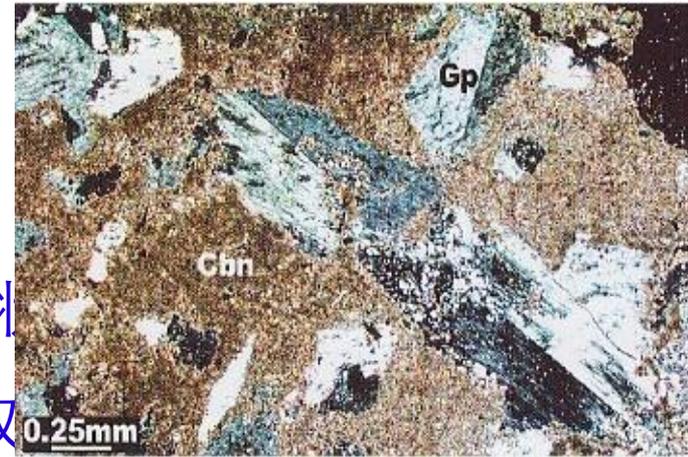
镜下特征：无色或浅褐色，信封状或菱形，高正突起，高级白干涉色



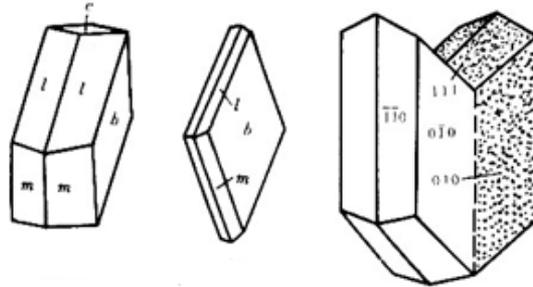
六、其它二轴晶矿物

1、石膏 $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 单斜晶系

晶体形态：晶体常呈平行 (010) 的板状，常沿 (100) 面结合成燕尾双



碳酸盐岩中的自形石膏



物理性质及光学性质：

白色或无色，玻璃光泽，解理面珍珠光泽。硬度1.5-2，{010}极完全解理。薄片无色透明，低负突起，最高干涉色一级灰白或稻草黄。

产状：作为沉积岩中胶结物或膏盐层存在，少见于热液矿脉中。

2、硬石膏 $\text{Ca}[\text{SO}_4]$ 斜方晶系

晶体形态：晶体呈厚板状或沿b轴延伸的柱状，集合体为致密块状。

物理性质：白色、浅灰、浅蓝或红色。三组互相垂直的解理，硬度为3-3.5。

光学性质：薄片无色透明，有时为紫色，后者具紫色-无色的多色性。中正突起，解理。平行消光，最高干涉色可达三级绿。聚片双晶常见。

成因及产状：胶结物石膏，盐岩矿层中生与石膏；少见与硫化物矿床氧化带。

与石膏的区别：硬度、解理

