

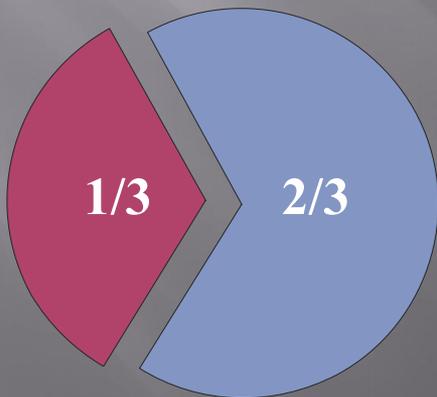
第八章 含氧盐矿物大类

第十一章 含氧盐矿物大类

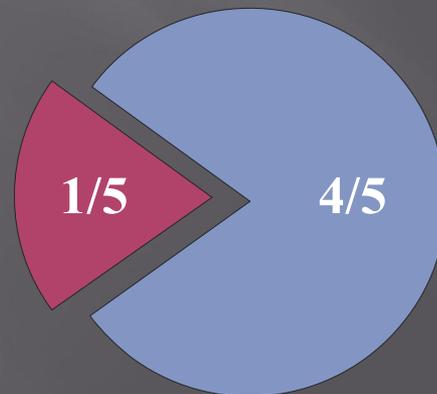
一、含氧盐矿物概述

金属阳离子与各种含氧酸根的络阴离子结合而成的盐类化合物。

本大类矿物种数约占已知矿物总数的 $\frac{2}{3}$ ，重量超过地壳总重量的 $\frac{4}{5}$ 。



矿物种比例



矿物质量比例

★ 化学组成

□ 阳离子:

主要为 惰性气体型离子；其次为部分过渡型离子。

□ 络阴离子:

□ $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 、 $[\text{SO}_4]^{2-}$ 、 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 、 $[\text{PO}_4]^{3-}$ ； $[\text{WO}_4]^{2-}$ 、 $[\text{BO}_4]^{3-}$ 、 $[\text{AsO}_4]^{3-}$ 、 $[\text{VO}_4]^{3-}$ 、 $[\text{MoO}_4]^{2-}$ 、 $[\text{NO}_3]^-$ 、 $[\text{CrO}_4]^{2-}$

络阴离子一般呈四面体、平面三角形等形状，半径大；中心阳离子半径小、电荷高，与 O^{2-} 的价键力(指中心阳离子电价/周围氧离子数) 远大于 O^{2-} 与外部阳离子的键力，成为独立的构造单位。络阴离子与外部阳离子之间以离子键为主因而含氧盐矿物具有离子晶格的性质，如通常为玻璃光泽，少数为金刚光泽、半金属光泽，不导电、导热性差等。

★ 分类

据络阴离子种类的不同，分为：

硅酸盐类

硫酸盐类

碳酸盐类

磷酸盐类

钨酸盐类

硼酸盐类

砷酸盐类

钒酸盐类

钼酸盐类

硝酸盐类

铬酸盐类

二 硅酸盐矿物类

(一) 概述

概念：硅酸根与金属阳离子组成的化合物。

矿物种数：>600，占已知矿物1/4。

地壳分布：85 $W_B\%$ ，三大类岩石(岩浆岩、变质岩、沉积岩)的主要造岩矿物。

资源属性：多种金属、非金属等的矿物资源。如Li、Be、Zr、B、Rb等元素；石棉、滑石、云母、高岭石、沸石非金属矿物；宝石矿物原料。

(二) 晶体化学

1. 化学组成

络阴离子—— $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 。

附加阴离子——少数有 $(\text{OH})^-$ 、 F^- 、 Cl^- 、 O^{2-} 、 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 、 $[\text{SO}_4]^{2-}$ 、 $[\text{PO}_4]^{3-}$

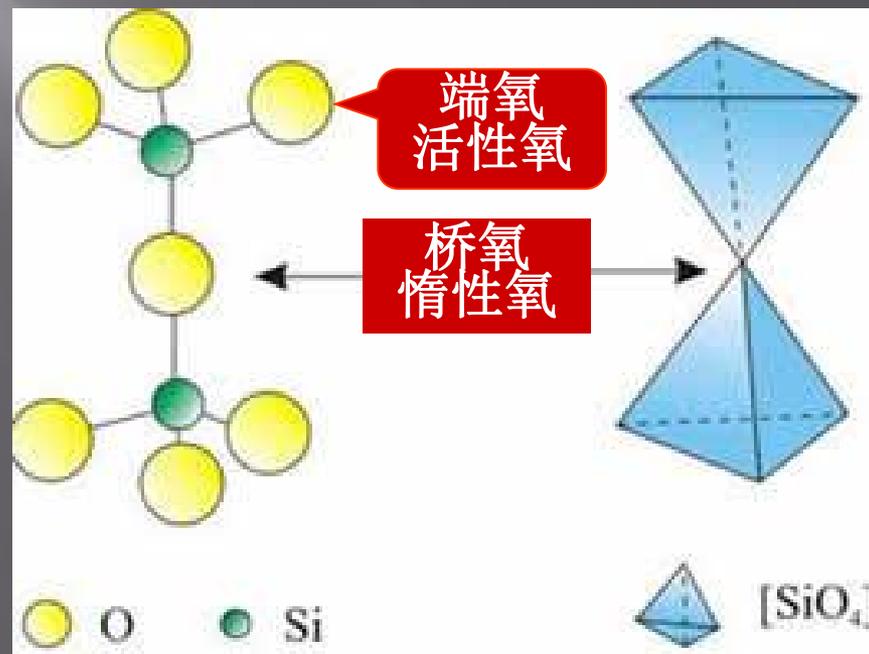
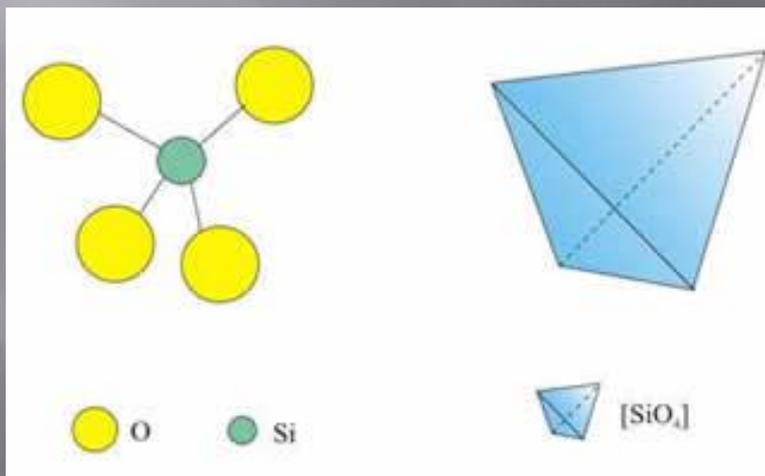
水分子： H_2O

阳离子——约40种，惰气型和过渡型，铜型离子少见。阳离子

水合氢离子： $(\text{H}_3\text{O})^+$ 只在某些层状硅酸盐中少量存在，且易于转变为 $\text{H}^++\text{H}_2\text{O}$ 。

2. 硅氧骨干

在硅酸盐结构中，每个 **Si** 一般为 **4 个 O** 所包围，构成 **[SiO₄]** 四面体，它是硅酸盐矿物晶体结构中最基本的单位，不同硅酸盐中，**[SiO₄]** 四面体基本保持不变；**[SiO₄]** 四面体共角顶相联形成的络阴离子团为**硅氧骨干**。



3. 硅氧骨干的主要类型

(1) 岛状硅氧骨干

硅氧骨干被其他阳离子隔开，彼此分离犹如孤岛。

① 孤立四面体 孤立四面体： $[\text{SiO}_4]^{4-}$ Si: O = 1: 4

$[\text{SiO}_4]^{4-}$ 间彼此互不连接，孤立地分布。

如橄榄石 $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$

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

② 双四面体 双四面体： $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ ， Si: O = 1: 3.5

2个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 共用1个角顶相互连接，有一个惰性氧，

如异极矿： $\text{Zn}_4 [\text{Si}_2\text{O}_7] (\text{OH})_2$ 。异极矿

(2) 环状硅氧骨干 环状硅氧骨干： $[\text{Si}_n\text{O}_{3n}]^{2n-}$



由n个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 彼此共用角顶相联形成**封闭的环**，
每个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 与相邻的 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 共用2个角顶。

最常见六环 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ ，如绿柱石 绿柱石 $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
 $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 等；

也有三环 $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ 、四环 $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ 。

3) 链状硅氧骨干

无数个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 间通过共用2或3个角顶，沿一个方向彼此相连，无限延伸成链。链间为其他金属阳离子联结。

常见单链和双链。

(1) 单链：每个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 以2个桥氧分别与相邻的2个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 联结。

- 按重复周期和联结方式分：

辉石_{辉石}型：二重单链 $[\text{Si}_2\text{O}_6]_n^{4n-}$

硅灰石_{硅灰石}型：三重单链 $[\text{Si}_3\text{O}_9]_n^{6n-}$

蔷薇辉石_{蔷薇辉石}型：五重单链 $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]_n^{10n-}$

Si: O = 1: 3

(2) 双链双链:

相当于2个单链联结而成。

角闪石型: $\text{Si} : \text{O} = 1 : 2.75$

由互成镜像关系的2个辉石型单链
并联而成, 每个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 中有2或3个
桥氧。

4) 层状硅氧骨干 层状硅氧骨干：

- **Si: O = 1: 2.5**

每个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 均以3个角顶分别与相邻的3个 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 相联结而形成向二维空间无限延展的硅氧四面体层。

- 5) 架状硅氧骨干 架状硅氧骨干：



所有 $[SiO_4]^{4-}$ 均以4个角顶分别与相邻的4个 $[SiO_4]^{4-}$ 共用相连形成三维空间无限扩展的架状结构。所有 O^{2-} 皆为桥氧，为电性中和的结构，不再是硅酸盐的络阴离子。

故在硅酸盐的架状骨干中，必须有部分的 $[SiO_4]^{4-}$ 为 $[AlO_4]^{5-}$ （个别情况下可被 $[BeO_4]^{6-}$ 或 $[BO_4]^{5-}$ 等）所替代，这样才能出现过剩的负电荷成为架状络阴离子，得以与骨干之外的一定的金属阳离子结合成铝硅酸盐。

例：钾长石 $K[AlSi_3O_8]$

钙长石 $Ca[Al_2Si_2O_8]$

白榴石 $K[AlSi_2O_6]$

方钠石 $Na_8[AlSi_3O_8]_6Cl_2$

霞石 $(Na,K)[AlSiO_4]$,

思考：

— 架状骨干中，必须有部分 Si^{4+} 为 Al^{3+} 所代替，但不能超过 Si^{4+} 的一半？

— 架状硅酸盐中的阳离子，都是低电价、大半径、高配位数的离子，有时含附加阴离子和水分子？

① 架状硅氧骨干内， O^{2-} -剩余电荷低，且空隙较大，要求低电价、大半径、高配位数的金属阳离子与之结合。有时并有附加阴离子和水分子存在。

② Al—O价键力（或键强）小于Si—O键键强， $[AlO_4]^{5-}$ 不稳定，在硅氧骨干结构中，2个 $[AlO_4]^{5-}$ 不能直接相连，而必需有 $[SiO_4]^{4-}$ 的支持，并由 $[SiO_4]^{4-}$ 将其分隔。故Al替代Si的数量不能超过Si总数的一半；孤立硅氧骨干中 $[AlO_4]^{5-}$ 四面体难以存在。

4. 化学键

硅氧骨干内部Si与O之间主要是共价键，硅氧骨干与金属阳离子间则以离子键为主。

Si—O键的性质与Si: O比值及其他金属阳离子存在的情况有关：随着Si: O比值由1: 4递增至1: 2，Si—O的作用递增，而O²⁻与金属阳离子作用递减，致使Si的离子化趋势逐渐增强。

5. Al 的作用 Al 的作用

Al在硅酸盐结构中起着特殊的双重作用。

1) Al^{3+} 呈六次配位，与 O^{2-} 结合成 $[\text{AlO}_6]$ 八面体，存在于硅氧骨干之外，起联结络阴离子的普通金属阳离子（如 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} ……）的作用，形成铝的硅酸盐。

如：高岭石 $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

黄玉 $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$ 。

□ 2) Al^{3+} 呈四次配位, 进入硅氧骨干, 替代部分的 Si^{4+} , 形成 $[AlO_4]$ 四面体, 构成铝硅酸盐, 如钾长石 $K[AlSi_3O_8]$

□ 钾长石 $K[AlSi_3O_8]$ 。

□ 3) 有时, Al 可在同一晶体结构中, 同时呈四次和六次配位, 形成铝的铝硅酸盐, 如白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$

□ 白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ 。

—— Al_{IV} →铝硅酸盐：钠长石

—— Al_{VI} →铝的硅酸盐：高岭石

—— $\text{Al}_{\text{VI}} + \text{Al}_{\text{IV}}$ →铝的铝硅酸盐：白云母

$r_{\text{Al}^{3+}} / r_{\text{O}^{2-}} = 0.419$ ，与四次配位与六次配位分界处的阴阳离子半径比值0.414相近，所以，Al既可以四次配位，也可以六次配位。

Al 的氧化物的两性：酸性条件下Al起阳离子的作用，CN=6；碱性条件下形成铝酸根，CN=4。

Al_{IV} 代替Si难易排序：单链、双链、层、架

$\text{Al}_{\text{IV}} / \text{Si} \leq 1: 1$

6. 类质同象

从岛状—环状—链状—层状—架状，不同大小的离子的代换范围依次减小。

几个完全类质同象系列：

橄榄石系列—— $\text{Mg}^{2+}_2 [\text{SiO}_4]$ — $\text{Fe}^{2+}_2 [\text{SiO}_4]$

石榴石系列—— $\text{A}_3\text{B}_2[\text{SiO}_4]_3$

镁铝榴石系列： $(\text{Mg,Fe,Mn})_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

钙铁榴石系列： $\text{Ca}_3 (\text{Al,Fe,Cr,V,Zr})_2[\text{SiO}_4]_3$

单斜辉石系列—— $\text{CaMg} [\text{Si}_2\text{O}_6]$ — $\text{CaFe} [\text{Si}_2\text{O}_6]$

斜长石系列—— $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Ca} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

▣ 小结：

具单四面体岛状结构的硅酸盐，晶体一般最紧密；具链状—层状—架状结构者，空隙度依次加大，结构的紧密度依次降低。

硅酸盐矿物因晶体结构和化学组成特点的不同，其形态和物理性质各具特征。

- 结构内键力的键强及强键的取向  晶体习性 & 力学性质。

结构的紧密程度和金属阳离子的性质  光学性质。

(三) 形态

与硅氧骨干形式密切相关。一般地：

1) 具孤立 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 四面体骨干的硅酸盐矿物，常表现为三向等长的形态，呈等轴状或粒状，如石榴子石，橄榄石。

若不同方向的键力有差异，则呈非三向等长的形态，如红柱石呈柱状，蓝晶石呈板条状。

2) 具环状硅氧骨干者，垂直环平面（沿c轴）的方向上环与环之间的联结力一般较强，晶体常呈柱状形态，往往属三方、六方晶系，如电气石，绿柱石。

3) 具链状硅氧骨干者，均 // 链的方向而成柱状、针状、纤维状，如 辉石，角闪石。

4) 具层状结构矿物晶体，// 结构层 的方向而成板状、片状、鳞片状，如滑石，云母。

5) 架状结构矿物形态主要与结构中键性有关。

- 如沸石族矿物因骨干内部有的沿一个方向联结力特强而似链状，有的在某一平面内联结力特强而似层状，有的则呈典型的架状，故钠沸石呈柱状、片沸石呈片状、方沸石呈三向等长形态。



▣ (四) 物理性质

硅氧骨干内部主要是**共价键**，硅氧骨干与金属阳离子之间主要以离子键结合。

硅酸盐矿物一般具**离子晶格**的性质，明显表现出**非金属性**：

大多为**透明或半透明**，**玻璃光泽或金刚光泽**，**条痕白色或近白色的浅色**等。

但**颜色、解理、硬度、比重**等性质变化很大，主要受**硅氧骨干形式及金属阳离子的种类**的影响。

1) 颜色：取决于金属阳离子的种类：

① 惰性气体型离子的硅酸盐矿物为无色或浅色；

② 含Fe、Mn、Ti等过渡型离子者，颜色较深。

2) 解理：明显受结构中强键的分布所控制：

① 具岛状结构之三向等长者，一般无完全解理；有的取决于阳离子的分布，如红柱石具 // c轴方向的柱状解理，蓝晶石具{100}的完全解理。

② 环状者，如有解理，则为柱状或 // 底轴面的解理。

③ 链状者具 // 链的方向的柱状完全解理。

④ 层状者，具 // 层的极完全解理。（完全的底面解理）

⑤ 架状者，视其晶体格架类型而有所不同，解理完善程度视键力情况而不同。如长石族矿物具{001}和{010}中等—完全解理。

3) 硬度:

一般均较高 (>小刀), 仅层状结构者例外。

- ① 岛状结构者, 结构紧密, H最高, 通常为6~8;
- ② 环状结构者, 与岛状结构者大体相似;
- ③ 链状结构者稍低, 为5~6;
- ④ 架状结构者, 虽结构疏松, 但 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 与 $[\text{AlO}_4]^{5-}$ 的联结均很牢固, 故H并不低(5~6), 仅沸石族矿物因含 H_2O , H降至3.5~5。
- ⑤ 层状结构者, 因层间的联结力(分子键或弱离子键)较弱, 故H很低, 近于指甲: 最低者(滑石、高岭石等)仅1±; 云母族矿物2.5±。

4) 相对密度:

① 岛状者G偏大，一般在 $3.5 \pm$ 或 >4 。∴ 大多结构紧密，阳离子多半径较小、原子量较大，如 Zr^{4+} 、 Ti^{4+} 、Fe等。

② 架状者G偏小，一般 <3 。∴ 结构疏松、空隙大，主要阳离子多为原子量小、半径大的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 等。

③ 链状、层状或环状者：G约 $3 \sim 3.5$ 。

（五）成因产状

内生、外生、变质作用均可形成。

大部分不含水的硅酸盐矿物主要形成于较高的温度、压力条件下；

含水（ OH^- 、 H_2O ）者形成的温度、压力较低，甚至在地表条件下也能大量形成。

(六) 分类：通常据硅氧骨干的形式分亚类

亚类	硅氧骨干形式	Si: O
岛状结构 硅酸盐	孤立四面体 $[\text{SiO}_4]^{4-}$	1: 4
	双四面体 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$	1: 3.5
环状结构 硅酸盐	六方环状硅氧骨干最重要 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$	1: 3
链状结构 硅酸盐	单链结构硅氧骨干 $[\text{Si}_2\text{O}_6]_n^{4n-}$	1: 3
	双链结构硅氧骨干 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_n^{6n-}$	1: 2.75
层状结构 硅酸盐	层状硅氧骨干 $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_n^{4n-}$	1: 2.5
架状结构 硅酸盐	架状硅氧骨干 $[(\text{Al}_x\text{Si}_{n-x})\text{O}_{2n}]^{x-}$	1: 2

三、分述

(一) 岛状结构硅酸盐亚类

包括：具单四面体 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 结构、
双四面体 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ 结构的矿物。

1. 晶体化学特点

络阴离子: 主要为 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 、 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

阳离子: 主要是电价高的 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Mn^{3+} 、 Ti^{4+} 、 Zr^{4+} 、 Hf^{4+} 等, 或电价不高但半径较小、CN较低的二价阳离子, 如: Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mn^{2+} 等。

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

孤立 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 三向等长，可交错排列；其间借助其他阳离子以联系。 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 一般不被或很少被 $[\text{AlO}_4]^{5-}$ 替代。

岛状结构的紧密度居硅酸盐之首，络阴离子及阳离子的电价高（或电价虽不高，但CN低），结合力强。

硅氧骨干内部以共价键为主，硅氧骨干与阳离子间以离子键为主。

2. 形态、物理性质

一般晶形完好。具孤立 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 者呈等轴粒状或短柱状；具 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ 者多呈柱状。

多呈无色或浅色，若含 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Cr^{3+} ，则常呈绿、褐、红等色。

透明—半透明，玻璃或金刚光泽，硬度高(6~8)，G较大，折射率很高。

3. 主要矿物

锆石: $Zr[SiO_4]$

晶体结构: $I4_1/amd$; 对称型 $4/mmm$.



变种：水锆石(含水3%~10%)、富铪锆石(HfO_2 达24%)。

结构： $[\text{SiO}_4]$ 四面体借助 Zr^{4+} 相联结；二者在C轴方向相间排列。整个结构也可视为由 $[\text{SiO}_4]$ 四面体和 $[\text{ZrO}_8]$ 多面体联结而成。

形态物性：四方双锥状，柱状，可依 $\{011\}$ 成膝状双晶。颜色多变，与其成分多变有关；玻璃至金刚光泽，断口油脂光泽；透明至半透明。解理不完全；断口不平坦或贝壳状。硬度7.5~8。相对密度4.4~4.8。性脆。

鉴定特征：以其晶形，大的硬度，金刚光泽为特征。与金红石的区别是硬度较大，无 $\{110\}$ 完全解理；与锡石的区别是相对密度较小。 ■

主要用途：提取锆和铪；宝石原料；测定成岩年龄。



成因产状：

锆石是酸性岩和碱性岩中广泛分布的副矿物，在碱性岩中可富集成矿，在中基性岩、伟晶岩、及一些热液脉中也有产出。

常作为碎屑物质见于碎屑岩及变质岩中。

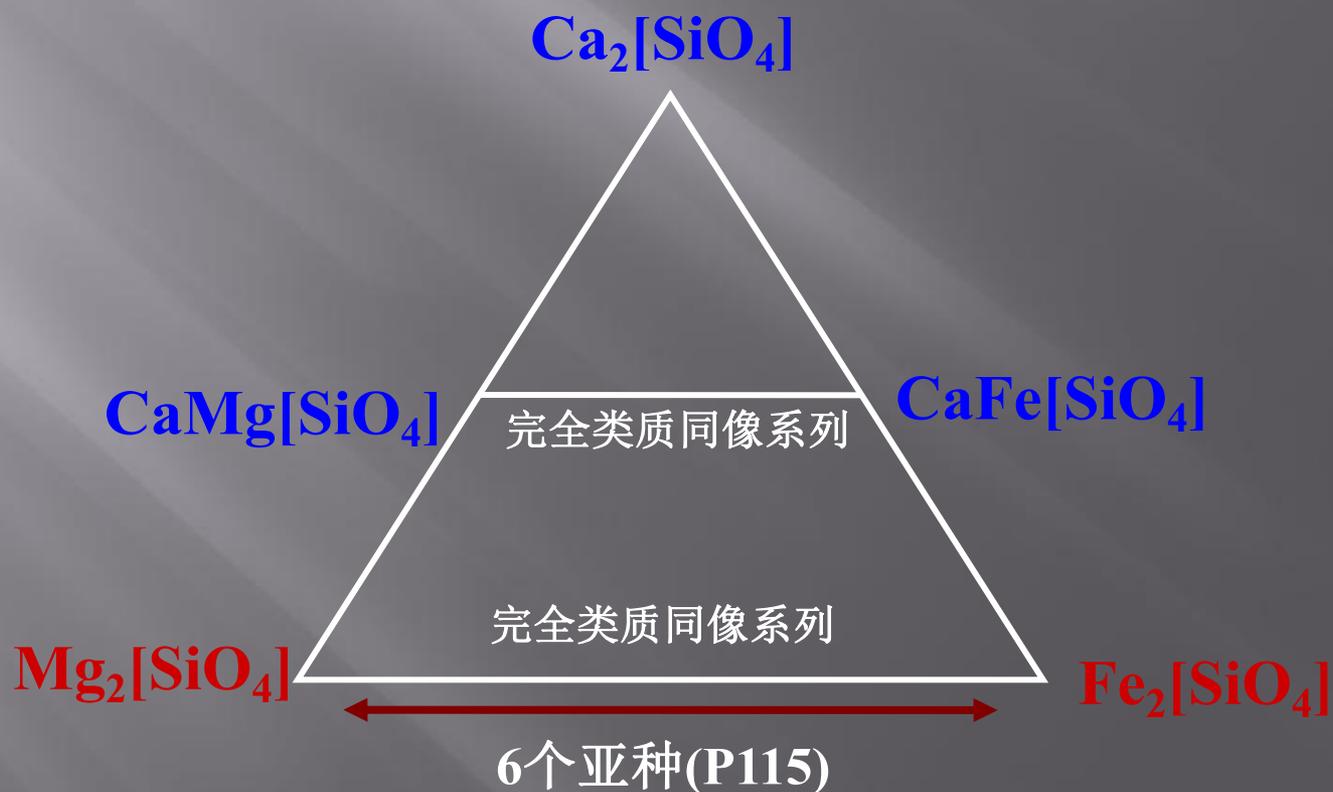
晶体形态**具标型性**：碱性岩中者，锥面发育，柱面不发育，晶体呈双锥状或短柱状；酸性岩中者，柱面锥面皆发育，晶体呈柱状。

橄榄石族

化学通式： $X_2[SiO_4]$

X—— Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 等。

通常所称之橄榄石 橄榄石： $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$



晶体结构：

斜方晶系，对称型 mmm 。孤立 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 由 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 联结。 $\text{O}^{2-} // (100)$ 近似六方最紧密堆积， Si^{4+} 充填 $1/8$ 四面体空隙， X^{2+} 充填 $1/2$ 八面体空隙。结构中各方向的键力近似。

鉴定特征 鉴定特征：

粒状。橄榄绿色，玻璃光泽。解理性差，贝壳状断口， $H6.5\sim 7$ 。

▣ **成因产状：**

- ▣ 形成与深部岩浆作用有关，是超基性岩及基性岩的主要造岩矿物。是地幔岩和石陨石的主要矿物之一。也有接触变质和区域变质成因。

用途：

- ▣ 富Mg的橄榄石可作镁质耐火材料；颗粒粗大 (>8mm)而透明者可作宝石。

石榴子石族

化学通式： $X_3Y_2[SiO_4]_3$

X^{2+} ： Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等

Y^{3+} ： Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 等

铝系： $(Mg,Fe,Mn)_3Al_2[SiO_4]_3$

钙系： $Ca_3(Al,Fe,Cr)_2[SiO_4]_3$

镁铝榴石系列: $(\text{Mg,Fe,Mn})_3\text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$

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 $\text{Mn}_3\text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$

钙铁榴石系列: $\text{Ca}_3(\text{Al,Fe,Cr,Ti,V,Zr})_2 [\text{SiO}_4]_3$

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

钙铁石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2 [\text{SiO}_4]_3$

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

钙钒石榴子石 $\text{Ca}_3\text{V}_2 [\text{SiO}_4]_3$

钙锆石榴子石 $\text{Ca}_3\text{Zr}_2 [\text{SiO}_4]_3$

晶体结构 晶体结构 :

等轴晶系，对称型 $m\bar{3}m$ 。

结构中孤立 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 四面体由 $\text{Y}^{3+}_{\text{VI}}$ 配位八面体 $[\text{YO}_6]$ 联结，其间为 $\text{X}^{2+}_{\text{VIII}}$ 形成畸变配位立方体 $[\text{XO}_8]$ 。

结构很紧密，各方向的键力很少有差异。

▣ 鉴定特征 鉴定特征：

- 常呈{110}、{211}或二者之聚形。通常富Ca岩石(如矽卡岩)中，多形成钙系石榴子石，以{110}为主，次为{211}；而在富Al岩石(尤其是花岗伟晶岩)中，多形成铝系石榴子石，往往呈{211}。
- ▣ 常呈深红、红褐—褐黑色，玻璃光泽，断口油脂光泽。无解理，H 6.5~7.5，性脆。G3.5~4.2。

▣ **成因产状：**

▣ 主要为变质作用产物。

▣ Ca系：主要为钙铁榴石或钙铝榴石，接触交代成因，产于矽卡岩中。

▣ Al系：主要是铁铝榴石，区域变质成因，普遍见于各种片岩及片麻岩中。

▣ 用途：

- ▣ 作研磨材料、钟表钻头。
- ▣ 色美、粒大（ $> 8\text{mm}$ ，绿色者 $> 3\text{mm}$ ）、透明而无杂质者可作宝石原料；最有意义的是**镁铝榴石**，可用于指导找金刚石。

□ Al_2SiO_5 同质三像变体 同质三像变体

□ 蓝晶石 $Al^{VI}_2[SiO_4]O$

□ 红柱石 $Al^{VI}Al^{IV}[SiO_4]O$

□ 矽线石 $Al^{VI}[Al^{IV}SiO_5]$

□ **蓝晶石** 蓝晶石: $\text{Al}^{\text{VI}}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$

□ **鉴定特征:**

□ // c轴的扁平柱状或板条状。

□ 常呈浅蓝色，也有蓝绿色、灰白色，
{100}一组完全解理，解理面上珍珠
光泽。H明显异向性。

蓝晶石晶体结构

□ **红柱石** 红柱石: $\text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{V}}[\text{SiO}_4]\text{O}$

□ **鉴定特征:**

□ 柱状晶体，横断面近正方形。有时含定向排列的碳质包裹体，横断面呈黑十字形（空晶石）。集合体常呈平行状或放射状（菊花石）菊花石。

□ 常呈灰白色，新鲜面呈肉红色。// {110} 中等解理（ $90^\circ 48'$ ）。H6.5~7.5。

红柱石晶体结构

▣ **矽线石**： $\text{Al}^{\text{VI}}[\text{Al}^{\text{IV}}\text{SiO}_5]$

▣ **鉴定特征**：

▣ **长针状或针状晶形，常呈纤维状或放射状集合体。**

▣ **白、灰或浅褐、浅绿色。{010}完全解理。H6.5~7.5。**

夕线石晶体结构

三种矿物结构上的差异导致了它们形态、物性的差异：

(1) 红柱石为柱状晶体， $\{110\}$ 解理发育，其柱体及解理都平行于 $[AlO_6]$ 八面体链；

(2) 蓝晶石为板状晶体，最发育的解理是 $\{100\}$ ，其板状晶形及解理都平行于 $[AlO_6]$ 八面体链相联所形成的层；

(3) 夕线石为针状、纤维状晶体，解理 $\{010\}$ 发育，其针状晶形及解理也都平行 $[AlO_6]$ 八面体链及 $[AlO_4]$ 、 $[SiO_4]$ 四面体双链，之所以发育成针状、纤维状晶形，是因为结构中存在一个 $[AlO_6]$ 八面体链和一个 $[AlO_4]$ 、 $[SiO_4]$ 四面体双链导致结构异向性十分强烈所致。

这三种矿物的相对密度差异也能很好地说明它们之间结构紧密度的差异及形成压力条件的差异：

(1) 红柱石相对密度小 (3.13~3.16)，结构最松，出现罕见的五次配位 Al_V ，形成于低压条件；

(2) 夕线石相对密度较大 (3.23~3.27)，结构较红柱石紧，可稳定于比红柱石较高的压力范围内；

(3) 蓝晶石相对密度最大 (3.53~3.65)，结构最紧密，其氧离子作近似的立方最紧密堆积，形成于高压环境。 ■

黄玉 (Tapaz) $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] (\text{F}, \text{OH})_2$

【化学组成】 从伟晶岩→云英岩→热液, 黄玉的F : OH从大→小 (3 : 1到1 : 1) 。

【晶体结构】 斜方晶系, 对称型 mmm 。 ■

【形态】 柱状晶形。柱面常有纵纹。 ■

【物理性质】 无色或微带蓝绿色, 黄色, 乳白色, 黄褐色或红黄色等; 透明; 玻璃光泽。解理平行{001}完全。硬度8。相对密度3.52~3.57。 ■

【成因及产状】 是典型的气成热液矿物。 ■

【鉴定特征】 柱状晶形, 横断面为菱形, 柱面有纵纹, 解理{001}完全, 高硬度、比重, 以此可与类似的石英区分。 ■

【主要用途】 宝石。研磨材料、精细仪表的轴承等。

□ **成因产状：**

- 典型气成热液矿物。主要见于花岗伟晶岩、云英岩、高温气成热液脉中。

□ **用途：**

- 可作研磨材料、精密仪表轴承等。
- 可作宝石原料,改色黄玉以其较大的密度与海蓝宝石区别。

• 榭石 (sphene) : $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$

【晶体结构】 单斜晶系。C2/C ■

【形态】 常见晶形为具有**楔形横截面**的扁平信封状晶体。

■
【物理性质】 蜜黄色、褐色、绿色、灰色、黑色，成分中含有较多量的MnO时，可呈红色或玫瑰色；条痕无色或白色；透明至半透明；金刚光泽，油脂光泽或树脂光泽。解理{110}中等；具{221}裂开。硬度5~6。相对密度3.29~3.60。 ■

【鉴定特征】 以其特有的**扁平信封状晶形和楔形的横截面**可与其他蜜黄色矿物相区别。

【主要用途】 大量时可作钛矿石，亦可作为**稀有元素矿床的找矿标志**。色泽美丽透明者也用作宝石原料。

▣ **绿帘石**绿帘石 (epidote) :



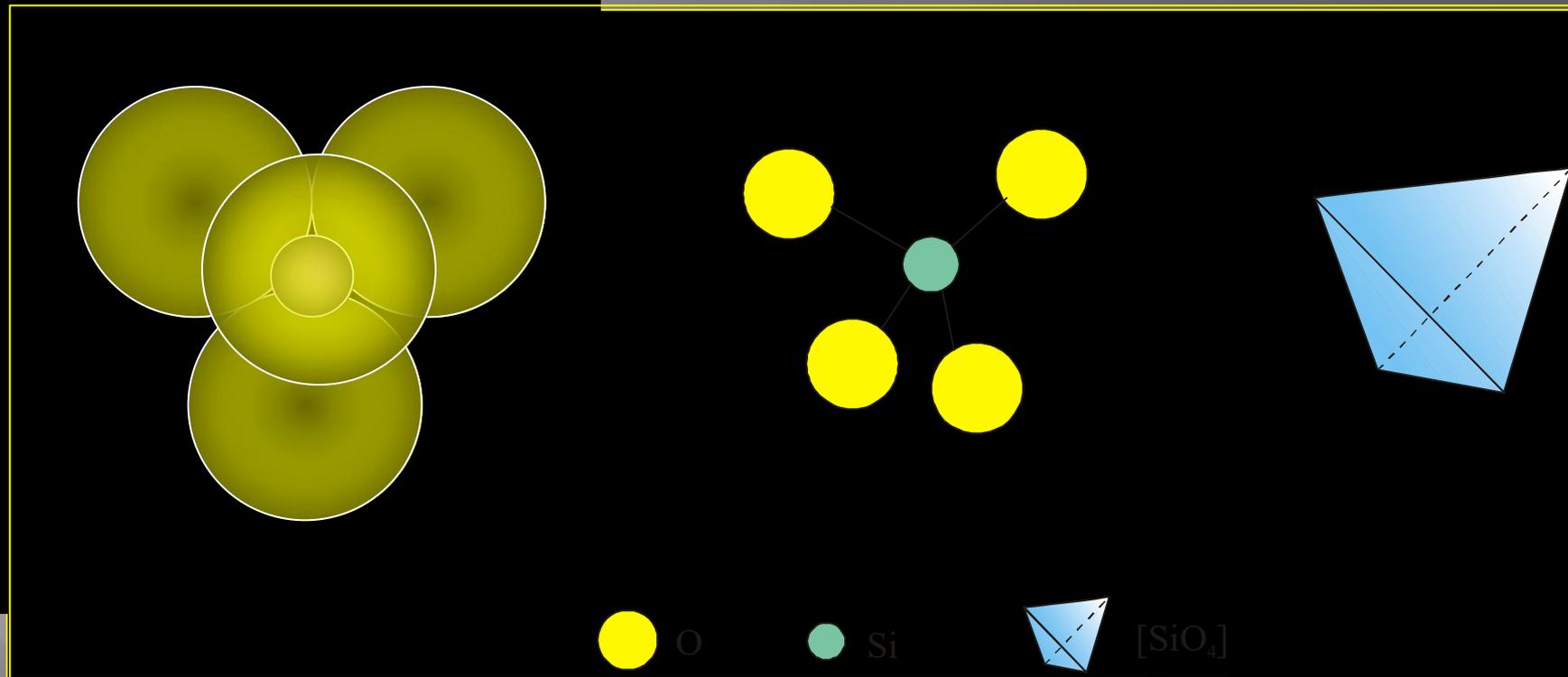
▣ 单斜晶系，对称型 $2/m$ 。

▣ 鉴定特征：

▣ 晶体大者呈b轴延长的柱状晶形和晶面条纹。

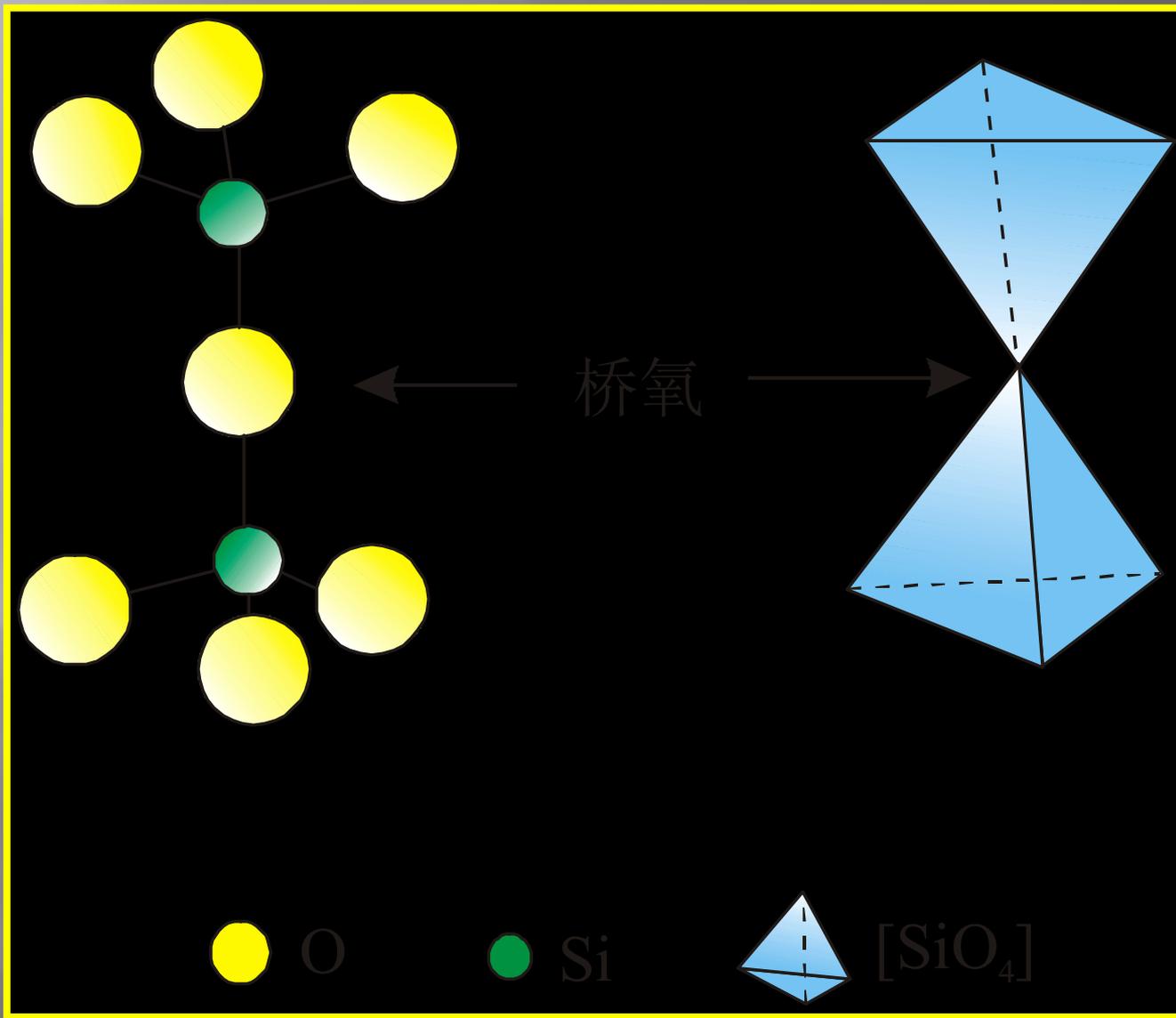
▣ 特征的黄绿色，含Fe多时呈绿黑色，玻璃光泽。{001}一组完全解理；H6~6.5。

孤立四面体



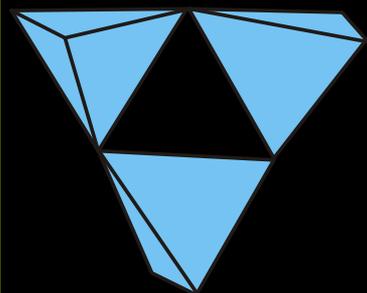
[返回](#)

双四面体

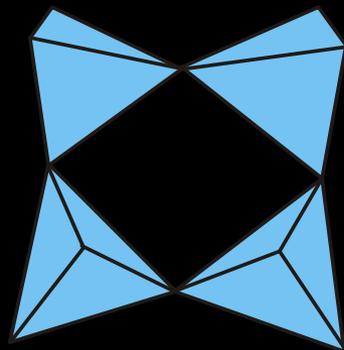


[返回](#)

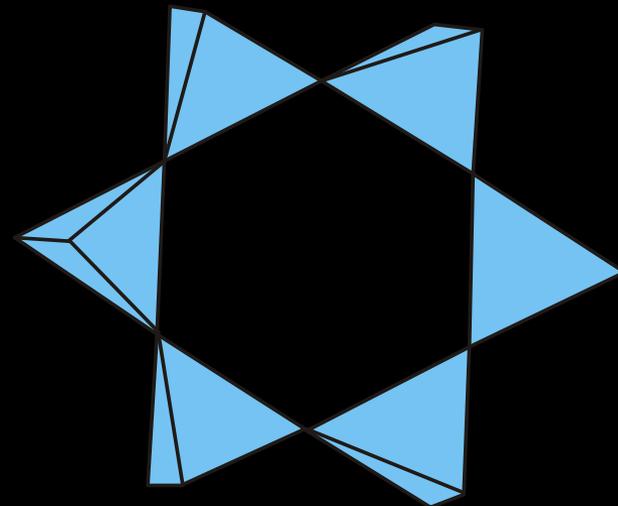
环状硅氧骨干



a



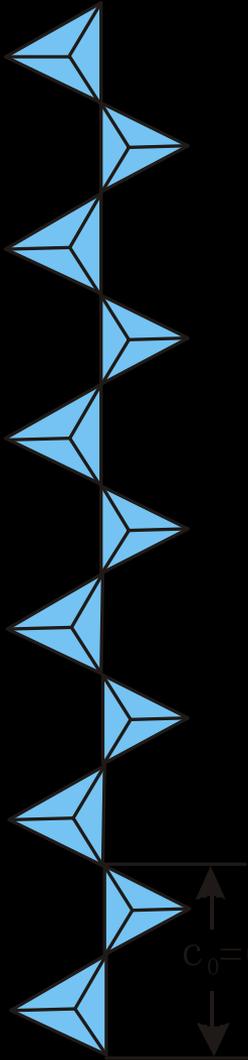
b



c

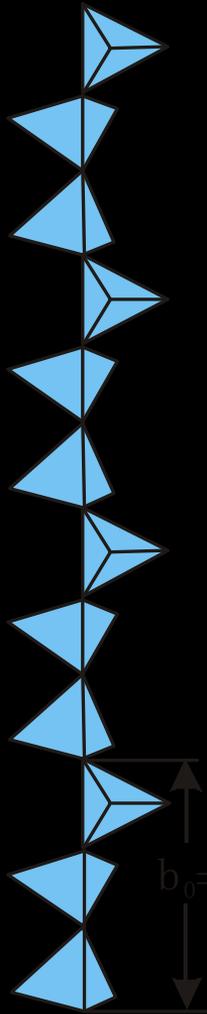


[返回](#)



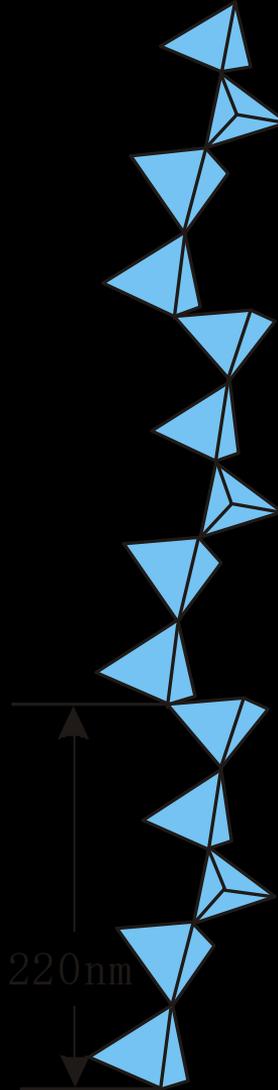
辉石

a



硅灰石

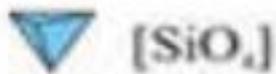
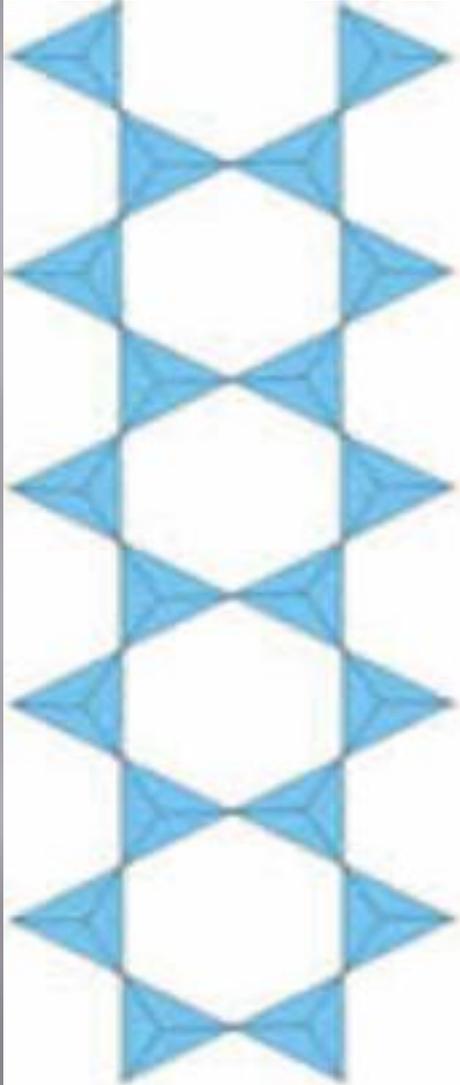
b



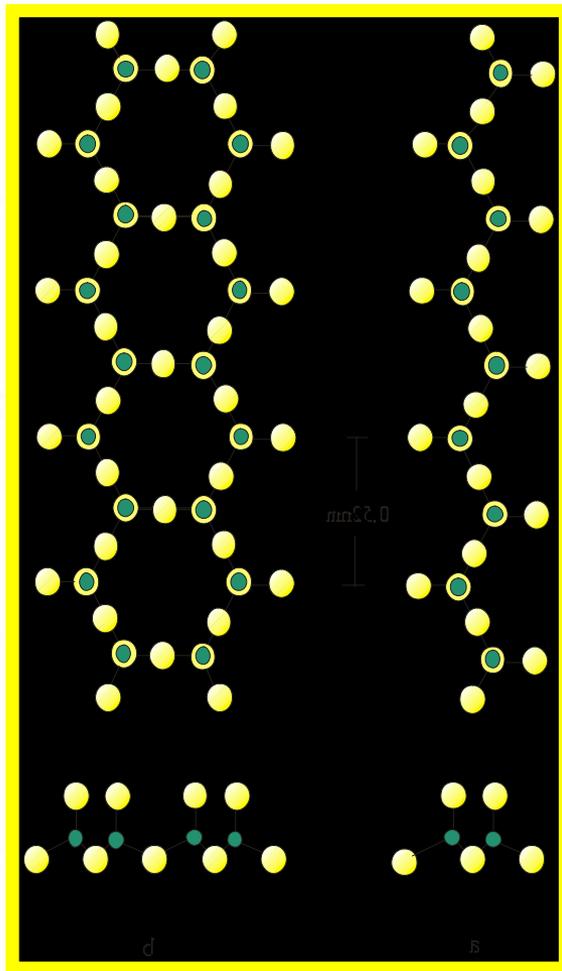
蔷薇辉

c



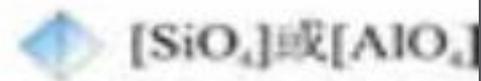


a



d

b

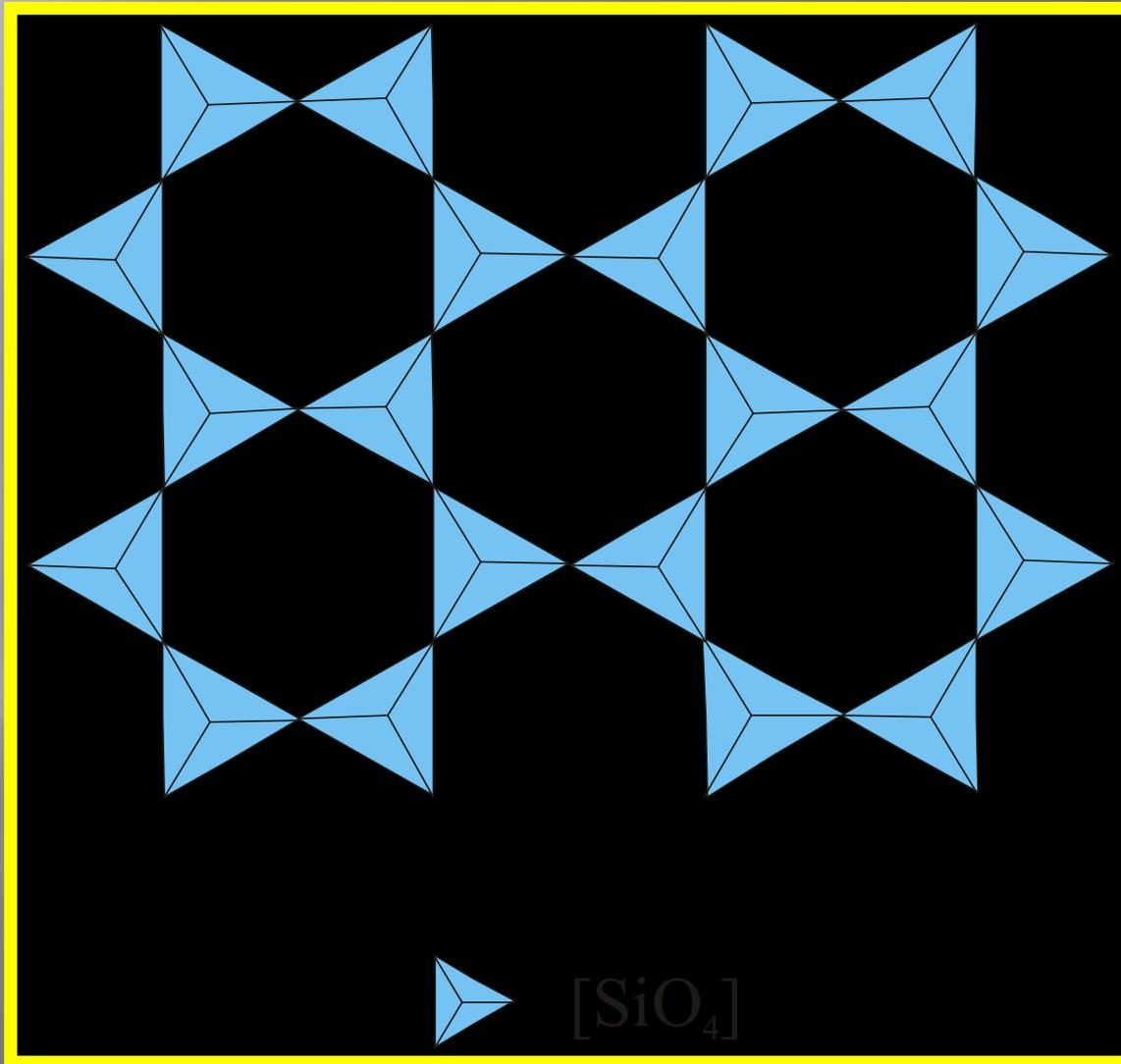


b

角闪石双链(a)与夕线石双链(b)硅氧骨干

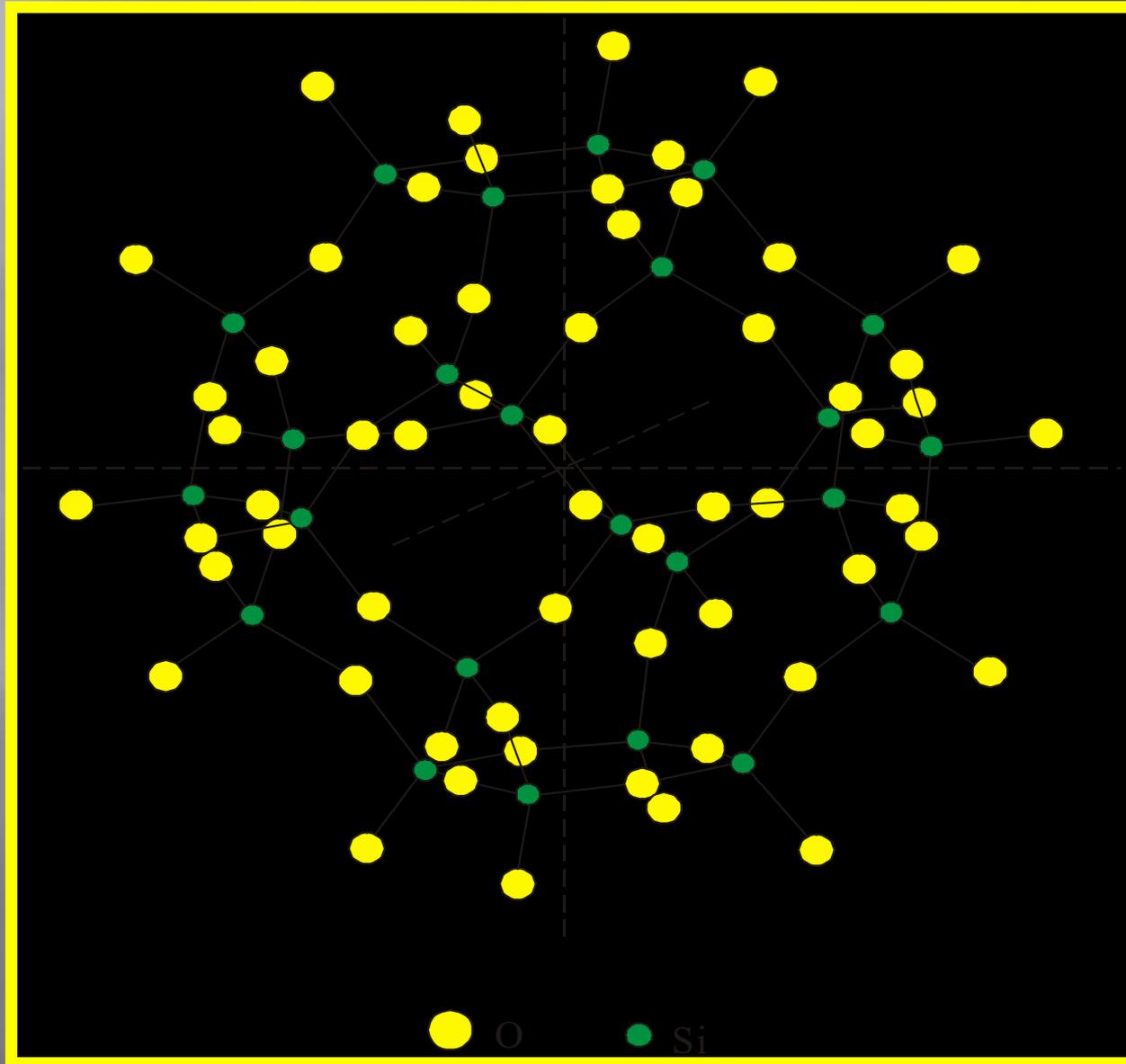
[返回](#)

层状硅氧骨干



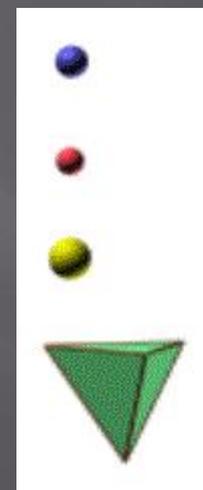
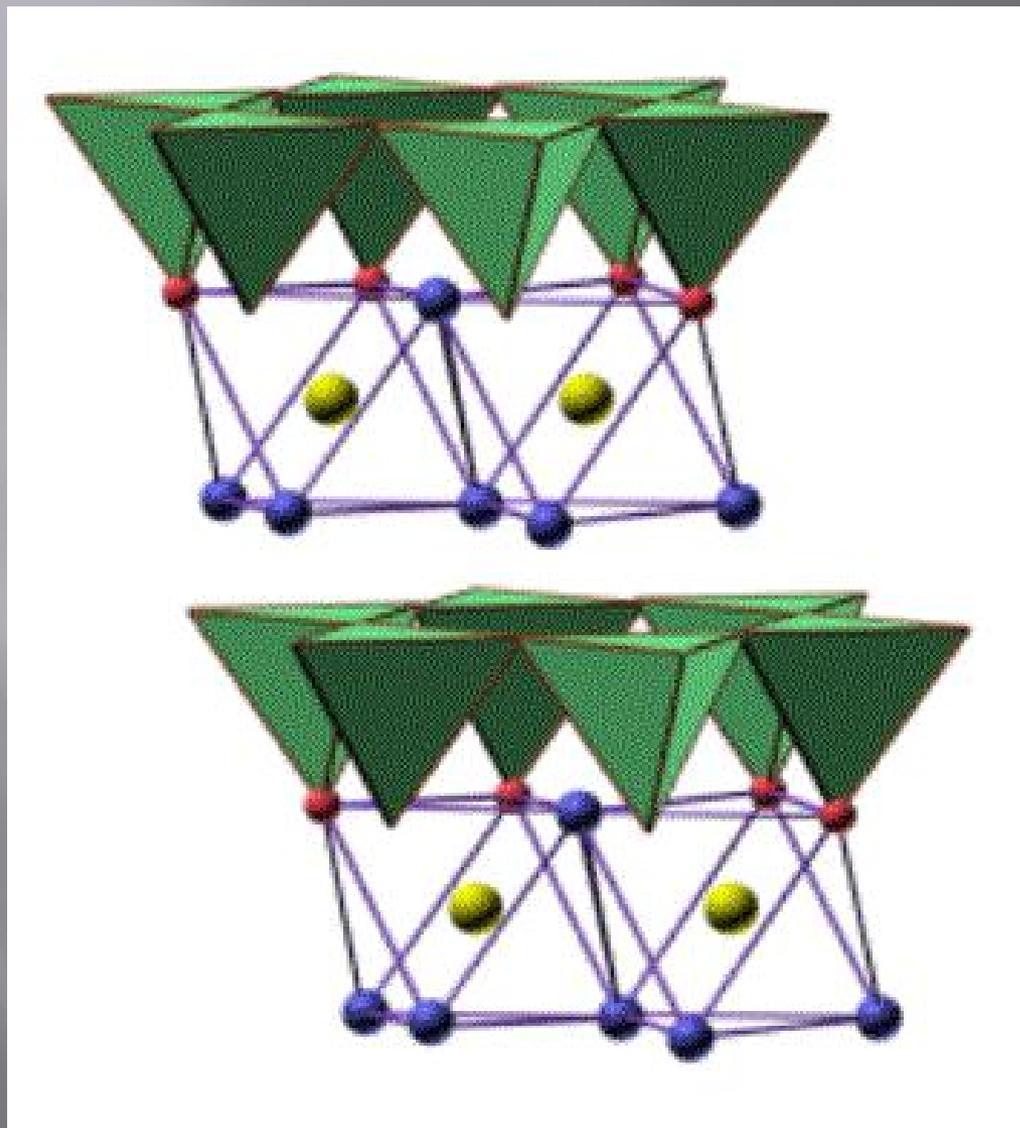
[返回](#)

架状硅氧骨干



[返回](#)

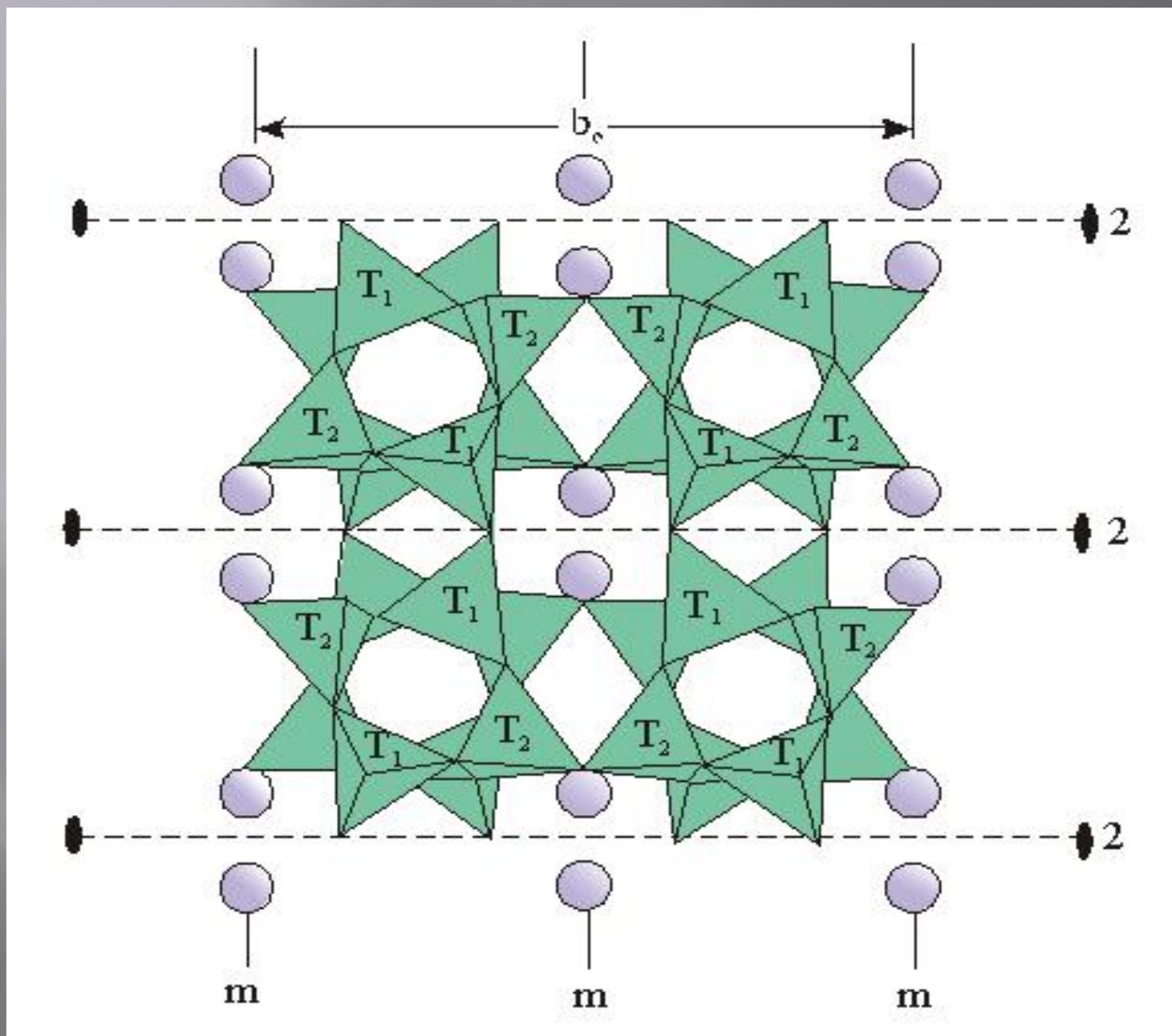
AI 的作用



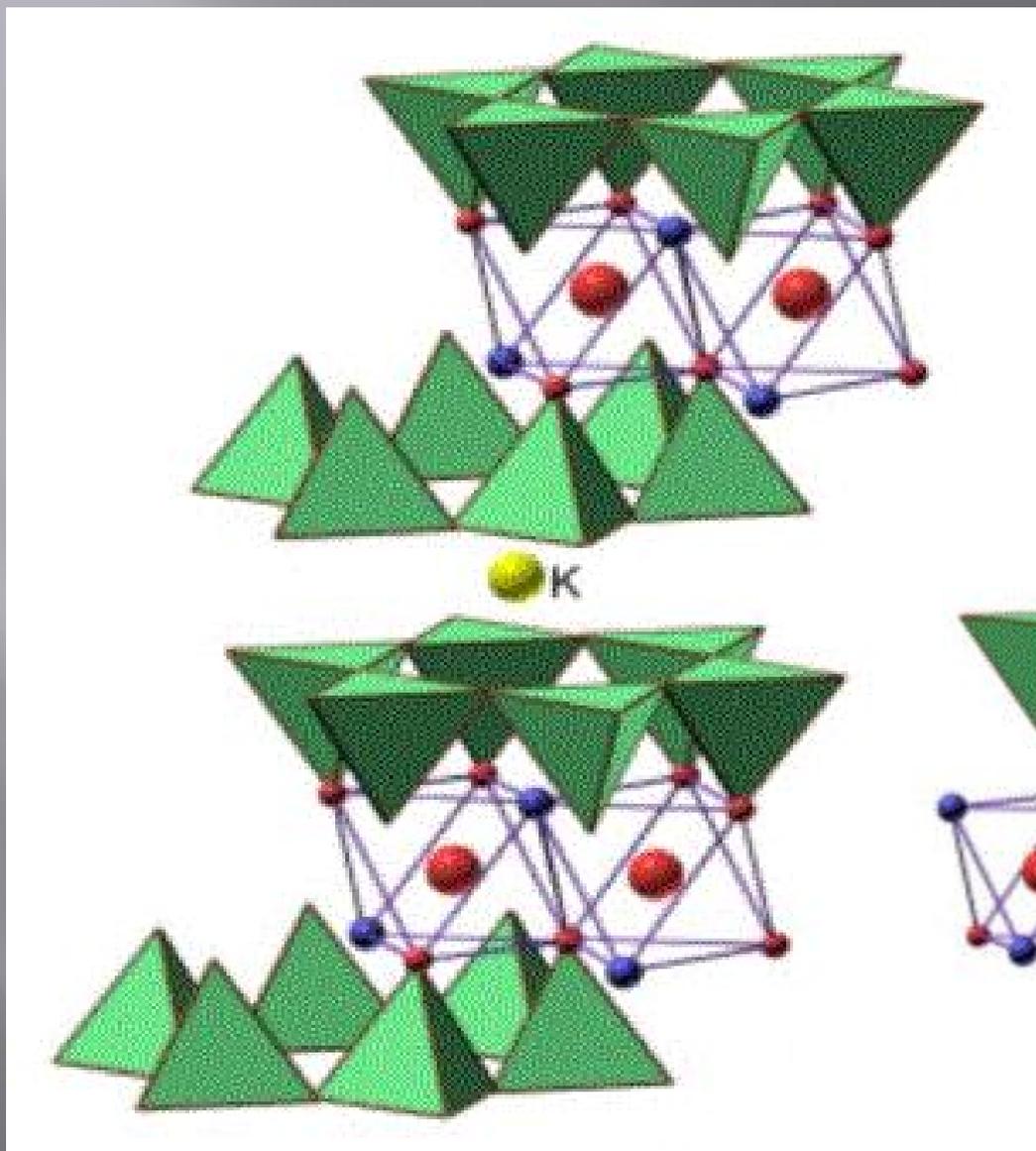
[SiO₄]

[返回](#)

钾长石 $K[AlSi_3O_8]$

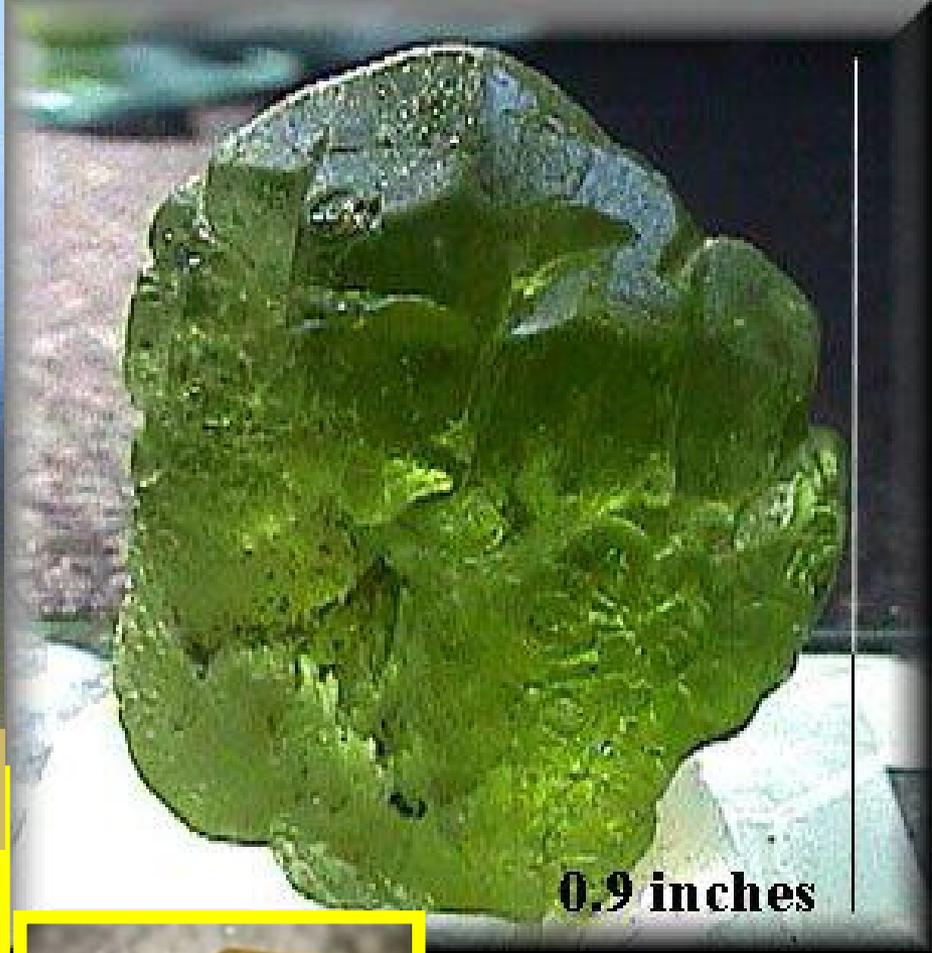


白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$





橄榄石

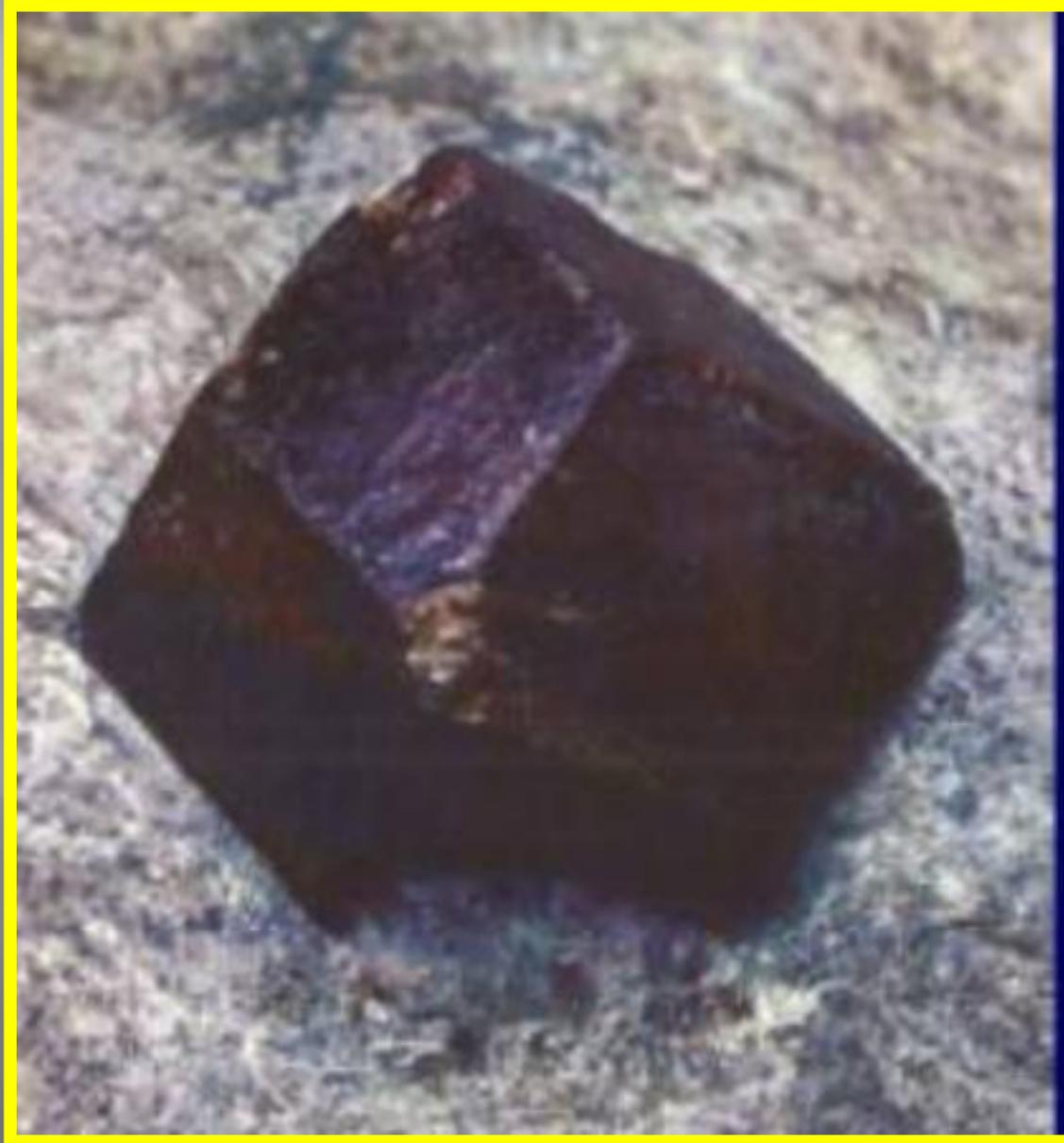


0.9 inches



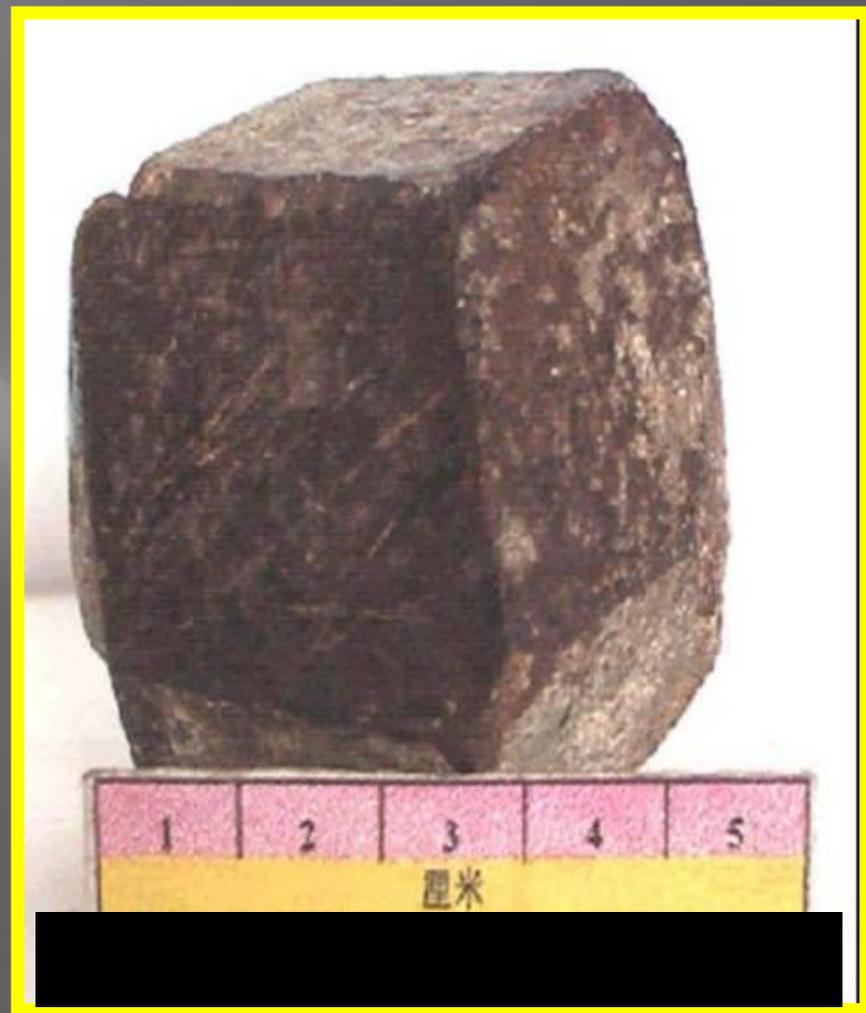
铁橄榄石

石榴子石



[下一页](#)

石榴子石



石榴子石



四角三八面体

石榴子石



石榴子石



石榴子石



钙铁榴石

石榴子石



橄榄石



石榴子石

[返回](#)

蓝晶石

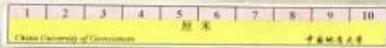


红柱石





[返回](#)



电气石

绿柱石



[返回](#)



绿柱石鉴定特征



祖母绿



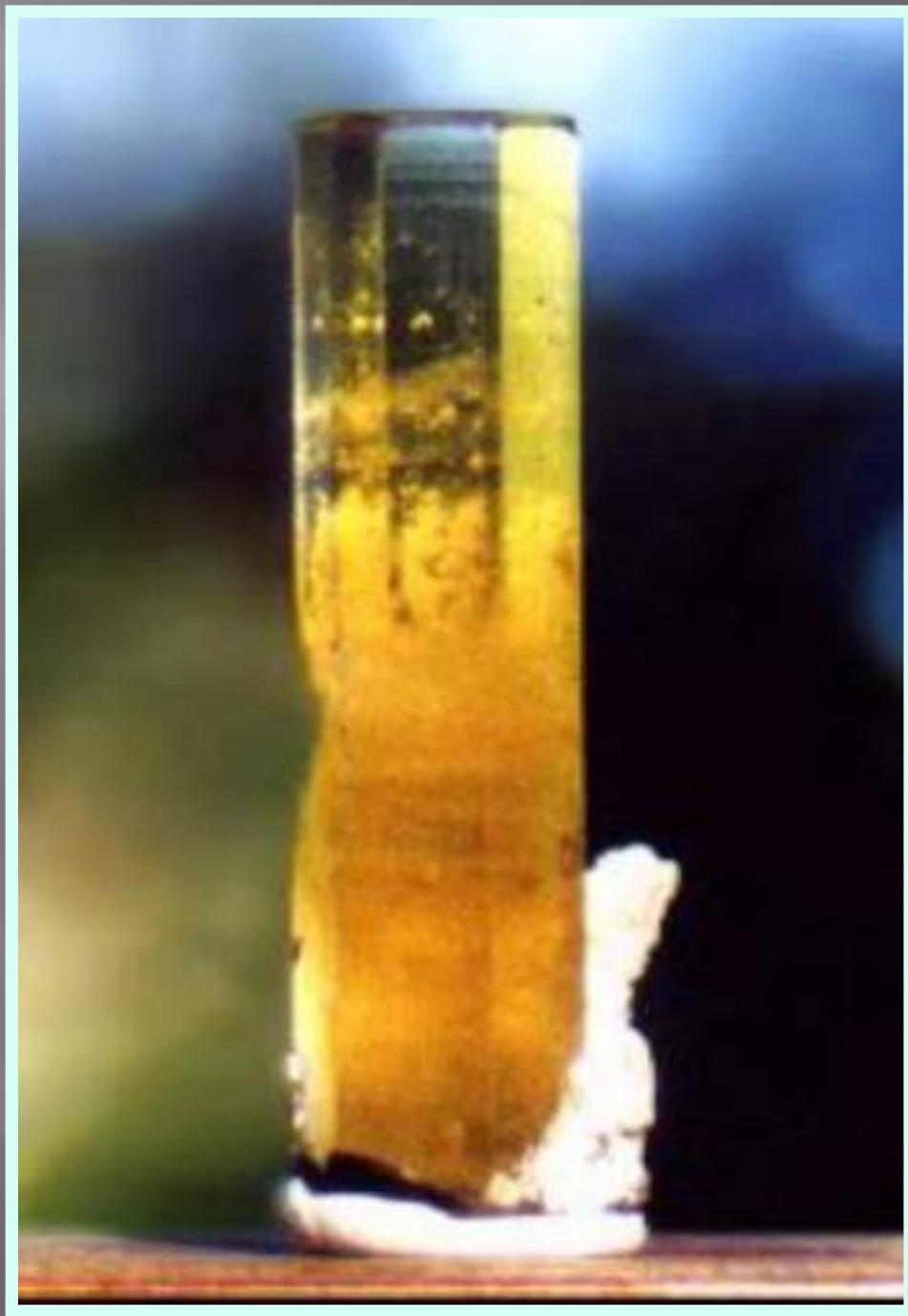
海蓝宝 石



海蓝宝石



金绿柱石



铯绿柱石



黑电气石



彩色电气石



彩色电气石

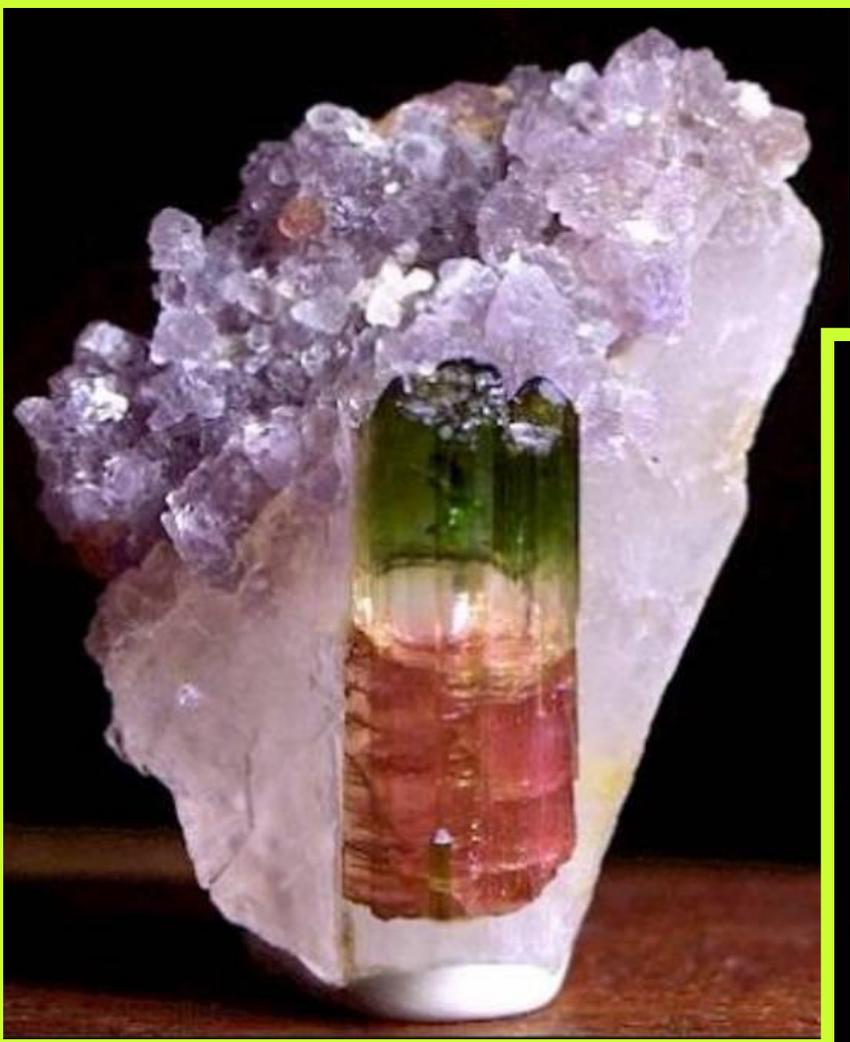
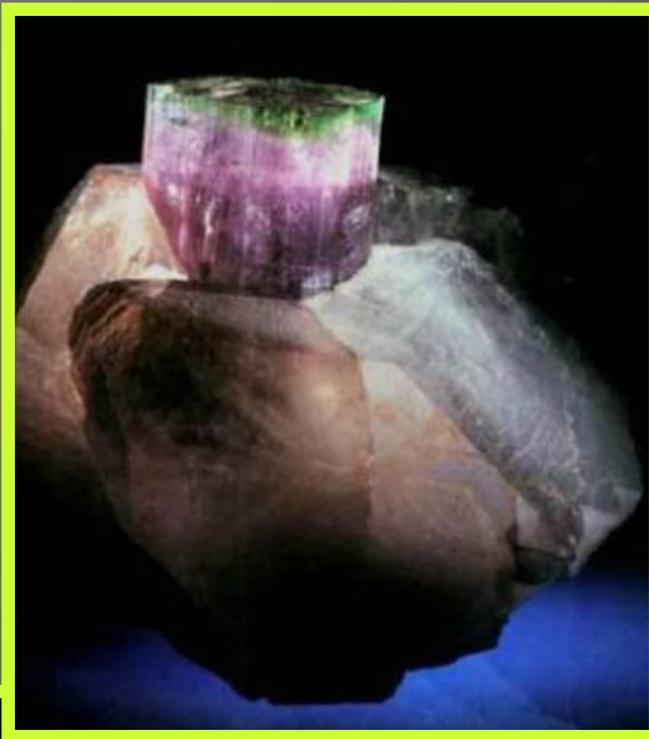


彩色电气石



彩色电气石

[返回](#)



[返回](#)



角闪石

辉石



[返回](#)



滑石

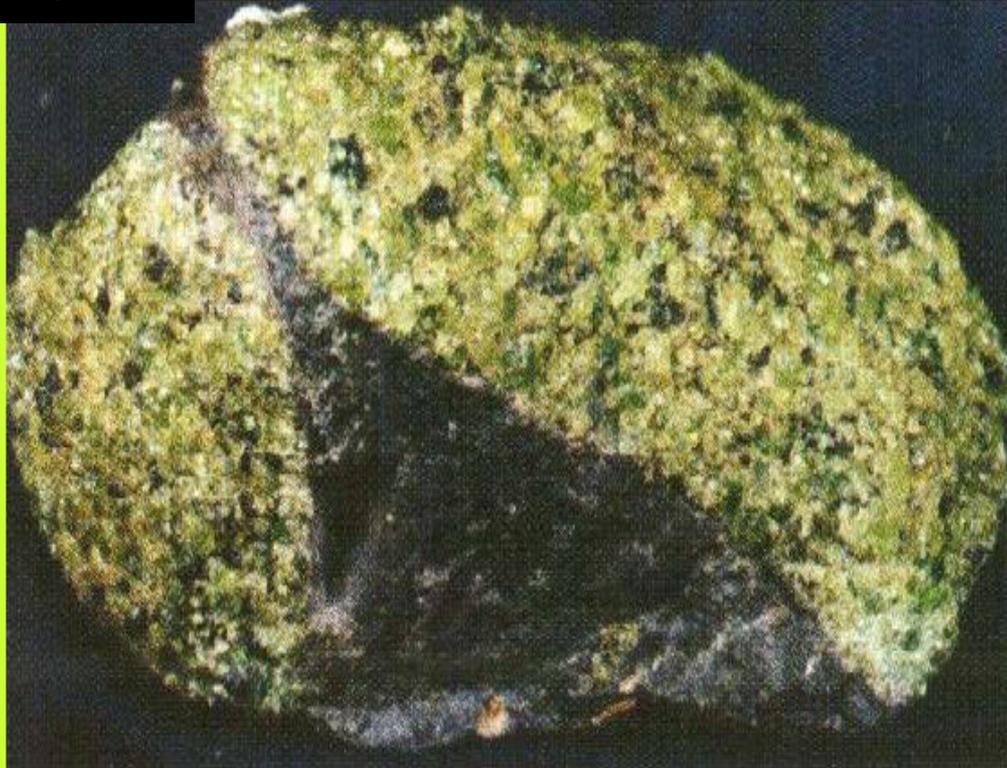
返回

云母

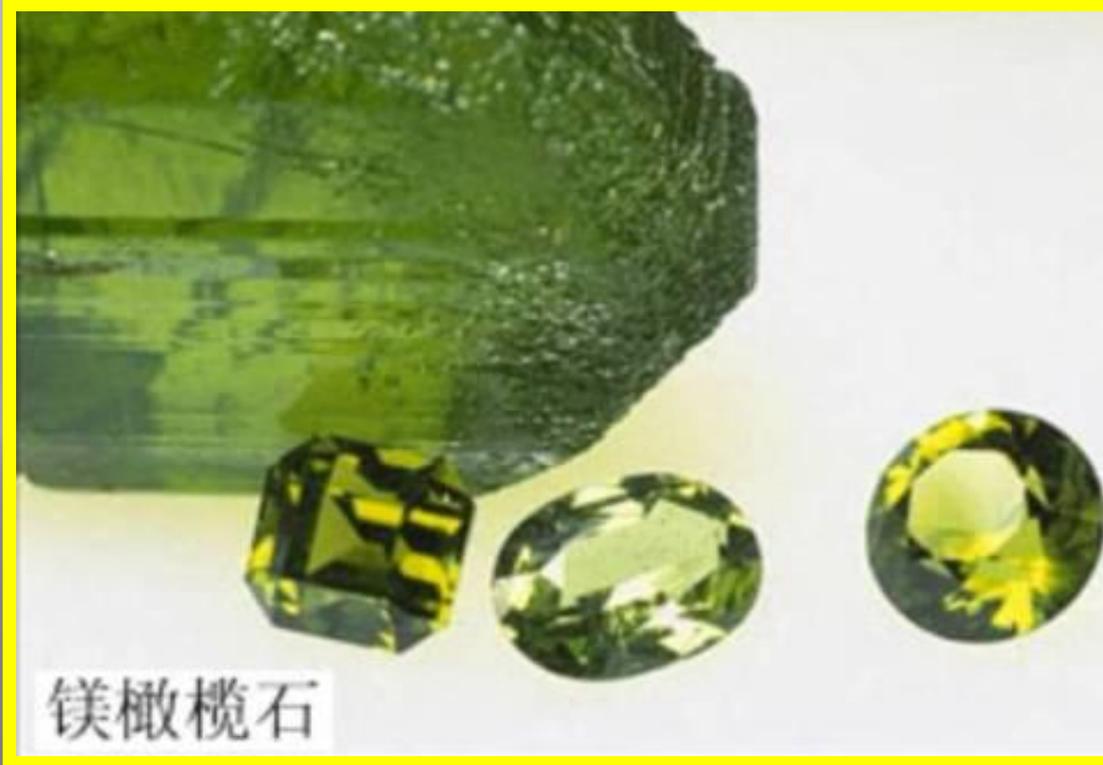




橄榄石鉴定特征



橄榄石鉴定特征

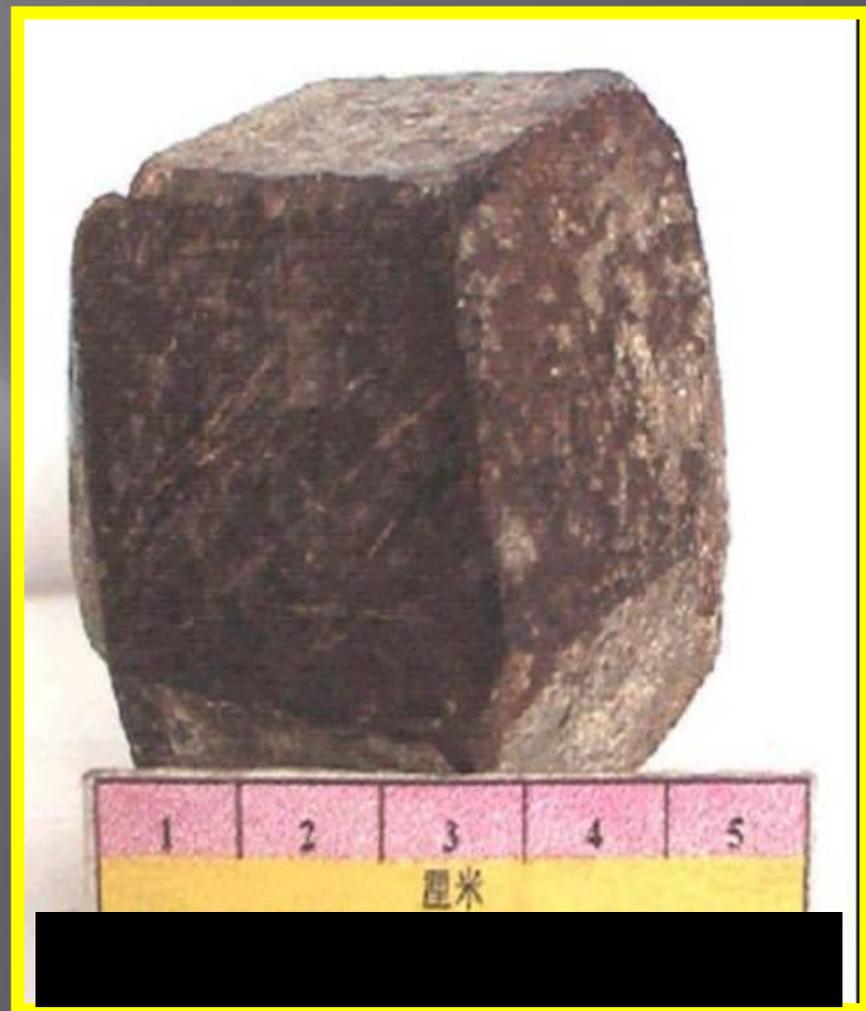


石榴子石鉴定特征



[下一页](#)

石榴子石鉴定特征



石榴子石鉴定特征



石榴子石鉴定特征



石榴子石鉴定特征



石榴子石鉴定特征



钙铁榴石

石榴子石鉴定特征



钙铁榴石



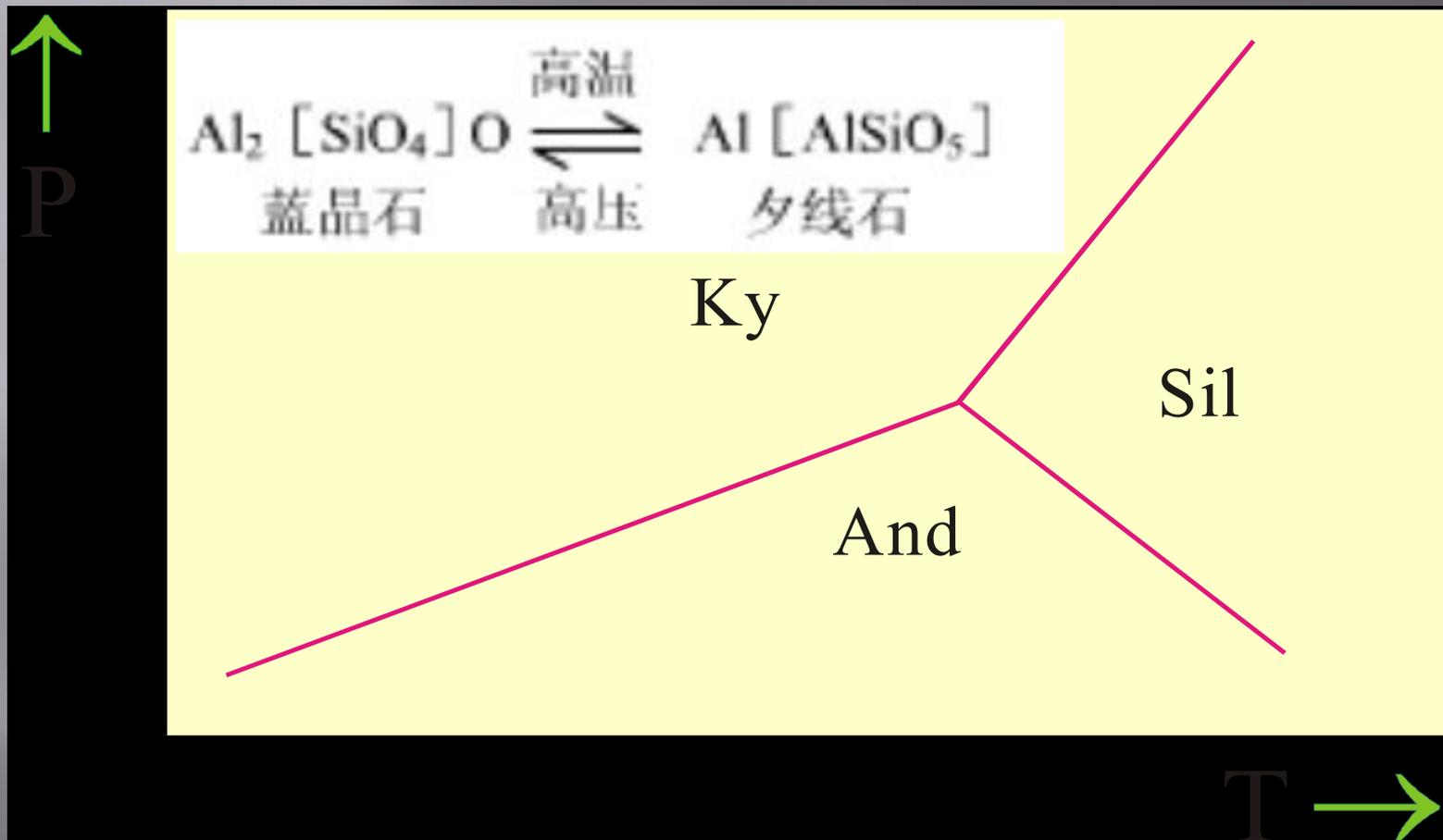
钙铬榴石

石榴子石鉴定特征



[返回](#)

Al_2SiO_5 同质三像变体

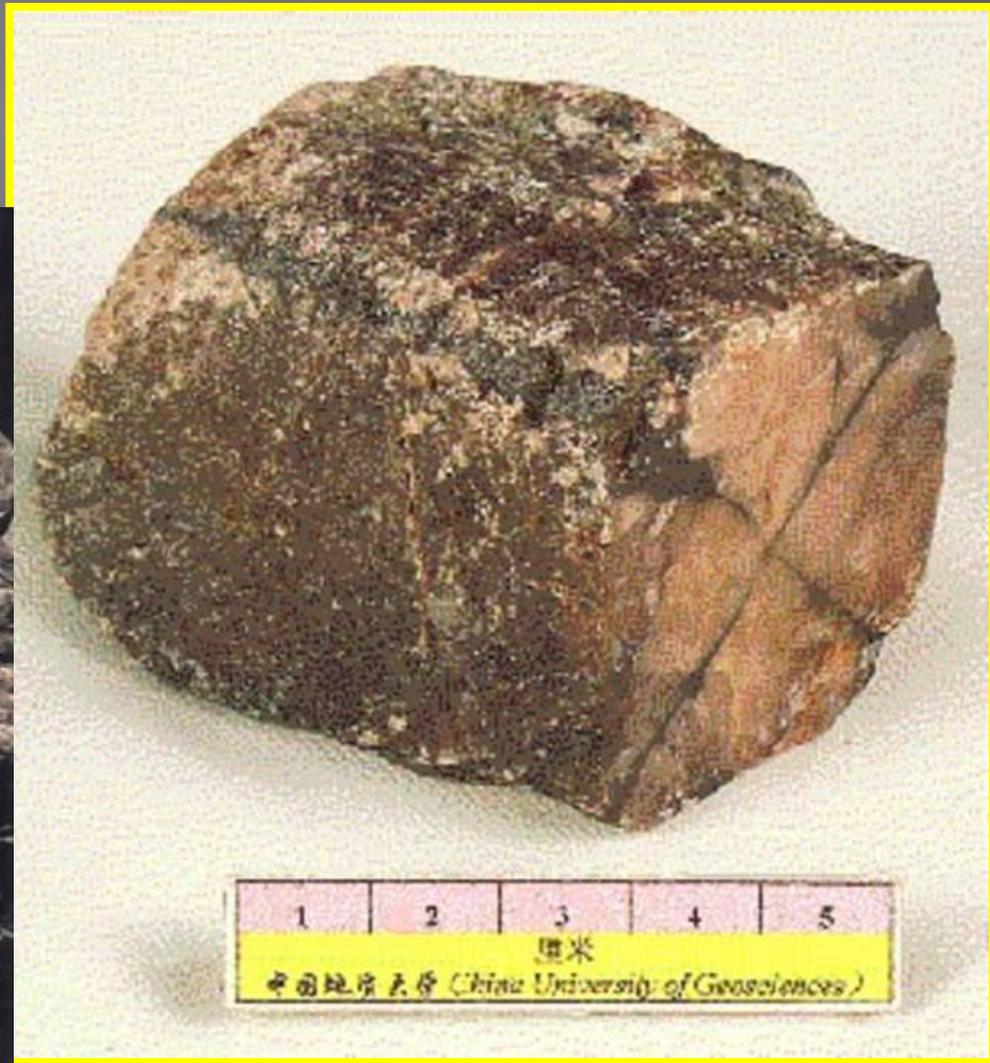


蓝晶石:



[返回](#)

红柱石:





[返回](#)



黄玉（黄晶）



形成硅酸盐矿物的元素

表 II-11-2 形成硅酸盐矿物的元素

	I a	II a	III b	IV b	V b	VI b	VII b	VIII		I b	II b	III a	IV a	V a	VI a	VII a	0
1																	H
2	Li	Be											B	C	N	O	F
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe		Ni	Cu	Zn			As		
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb									Sn	Sb		
6	Cs	Ba	La	Hf										Pb	Bi		
7				Th	U	Ce											

返回