

矿物学

矿物通论部分

绪论

第一章矿物的化学成分

第二章矿物的形态

第三章矿物的物理性质

第四章矿物的命名与分类

矿物通论部分

第五章 自然元素大类

第六章 硫化物及其类似化合物

第七章 氧化物和氢氧化物大类

第八章 含氧盐大类

第九章 卤化物矿物大类

第一章 绪论

一、矿物和矿物学的概念

1、矿物的概念

矿物(mineral)是由地质作用或宇宙作用所形成的天然单质或化合物；具有一定的化学成分和内部结构，从而具有一定的形态、物理性质和化学性质；在一定的地质和物理化学条件下稳定；是岩石和矿石的基本组成单位。

思考：在实验室或工厂里用人工方法制造出来的、与相应的天然矿物的异同。

如：人造矿物或合成矿物：

2) 矿物**具有一定的成分、结构、形态和物理、化学性质。**

由于形成环境的复杂性，矿物的这些特征可在一定范围内变化，具有一定鉴定及成因标志。

3) 任何一种矿物均只是**在一定的物理化学条件下相对稳定。**

当外界条件改变至超出矿物的稳定范围时，矿物即会变成在新的条件下稳定的其他矿物。

4) 矿物的**集合体即组成岩石或矿石。**

2) 准矿物 (mineraloid)：极少数天然形成的、具有一定的化学成分的非晶态的单质或化合物，如蛋白石和水锆石等。（回忆准晶体的定义）经过漫长的地质时代，准矿物有自发地向结晶态的矿物转变的必然趋势。

2、矿物学的概念

矿物学 (mineralogy)：是一门研究地球及其他天体的物质组成及演化规律的地质基础学科。是研究矿物(包括准矿物)的成分、结构、形态、性质、成因、产状、用途及其相互间的内在联系，以及矿物的时空分布规律及其形成和变化的历史的科学。它为地质学的其他分支学科及材料科学等应用科学在理论上和应用上提供了必要的基础和依据。

二、矿物学发展简况

第一阶段：萌芽阶段（19世纪中叶以前）

- 石器时代—青铜器时代—铁器时代
- 古籍的记载：《山海经》、《梦溪笔谈》、《本草纲目》、《天工开物》、《管子·地数》、《淮南子》、《抱朴子》；西方的《似金属论》、《石头论》。
- 德国人阿格里科拉(**Georgius Agricola**)《论矿物的起源》(1556年) 首先将矿物与岩石分开，提出“矿物”概念。
- **特点：**对矿物的记载和表面宏观特征的描述。

第二阶段：描述矿物学（19世纪中叶—20世纪初）

技术与方法：

偏光显微镜（1857）

化学分析

晶体测角

研究内容：

化学成分，几何形态、物理和化学性质、产状。

化学成分分类 → 形成独立的学科。

代表作：

美国J.D.Dana 《描述矿物学》（1837~1892）。

特点：

能够利用显微镜，结合化学分析、晶体测量、简单物性分析，对矿物进行系统描述性研究。

第三阶段：现代矿物学阶段（20世纪初以来）

技术与方法：

X射线晶体结构分析（1912年劳埃）；

各种微束分析：

高温高压实验（1930年以来……）；

现代测试技术、高温超高压实验技术
(1960 年以来)

新理论： 物理化学； 晶体化学……

特点： 微区、微量、动态、相互联系。

三、矿物学与宝石学的关系

- 宝石学属于矿物学的一部分。
- 相对完美的矿物晶体可作为宝石。

第一章 矿物的化学成分

- 研究意义

- ★ 矿物化学成分是区别不同矿物的重要依据；

- ★ 矿物化学成分的变化特点常作为反映矿物形成条件的标志；

- ★ 矿物化学成分是人类利用矿物资源的一个重要方面。

一、元素的离子类型

1. 惰性气体型离子

最外层具有 8 个电子 (ns^2np^6) 或 2 (ns^2) 个电子的离子。主要是碱金属和碱土金属的原子，易与氧元素结合形成氧化物和含氧盐等造岩矿物，也叫亲石或亲氧元素。

2. 铜型离子

外层具有 18 个电子 ($ns^2np^6nd^{10}$) 或 $(18+2)$ 个电子 ($ns^2np^6nd^{10}(n+1)s^2$) 的离子 (有色金属和重金属原子)。易与硫元素形成金属硫化物矿物，也称造矿元素、亲硫或亲铜元素。

3. 过渡型离子

指外层具有 9-17 电子 ($ns^2np^6nd^{1-9}$) 的不稳定电子构型的离子。

表 II-2-2 元素的离子类型

He	Li	Be								B	C	N	O	F			
Ne	Na	Mg								Al	Si	P	S	Cl			
			3a			3b											
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pa	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
Xe	Cs	Ba	TR ①	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At
Rn	Fr	Ra	Ac ①														
				3a			3b						4				

① TR与Ac分别为稀土族及锕族元素

1—惰性气体原子；2—惰性气体型离子；3—过渡型的离子；3a—亲氧性强，3b—亲硫性强；4—铜型离子

元素的离子类型

化学元素周期表

1 H 氢 1.007 9	过渡型离子																2 He 氦 4.002 6
3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.012 2											5 B 硼 10.81 1	6 C 碳 12.01 1	7 N 氮 14.00 7	8 O 氧 15.99 9	9 F 氟 18.99 8	10 Ne 氖 20.17
11 Na 钠 22.98 98	12 Mg 镁 24.30 5											13 Al 铝 26.98 2	14 Si 硅 28.08 5	15 P 磷 30.97 4	16 S 硫 32.06	17 Cl 氯 35.45 3	18 Ar 氩 39.94
19 K 钾 39.09 8	20 Ca 钙 40.08	21 Sc 钪 44.95 6	22 Ti 钛 47.9	23 V 钒 50.94 15	24 Cr 铬 51.99 6	25 Mn 锰 54.93	26 Fe 铁 55.84	27 Co 钴 58.93	28 Ni 镍 58.69	29 Cu 铜 63.54	30 Zn 锌 65.38	31 Ga 镓 69.72	32 Ge 锗 72.5	33 As 砷 74.92	34 Se 硒 78.9	35 Br 溴 79.90 4	36 Kr 氪 83.8
37 Rb 铷 85.46 7	38 Sr 锶 87.62	39 Y 钇 88.90 6	40 Zr 锆 91.22	41 Nb 铌 92.90 64	42 Mo 钼 95.94	43 Tc 锝 99	44 Ru 钌 161.0	45 Rh 铑 102.9	46 Pd 钯 106.4	47 Ag 银 107.8	48 Cd 镉 112.4	49 In 铟 114.8	50 Sn 锡 118.6	51 Sb 锑 121.7	52 Te 碲 127.6	53 I 碘 126.9 05	54 Xe 氙 131.3
55 Cs 铯 132.9 05	56 Ba 钡 137.3 3	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪 178.4	73 Ta 钽 180.9	74 W 钨 183.8	75 Re 铼 186.2	76 Os 锇 190.2	77 Ir 铱 192.2	78 Pt 铂 195.0	79 Au 金 196.9	80 Hg 汞 200.5	81 Tl 铊 204.3	82 Pb 铅 207.2	83 Bi 铋 208.9	84 Po 钋 (209)	85 At 砹 (201)	86 Rn 氡 (222)
87 Fr 钫 (223)	88 Ra 镭 226.0 3	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 Uut	114 Uuq				

子 惰性气体原

素 亲氧元

素 亲硫元

子 铜型离

子 惰性气体原

二、矿物的化学成分变化

1、矿物的化学成分类型

单质：由同一种元素的原子自相结合而成的矿物。如自然元素矿物。

化合物：由两种或两种以上元素组成的矿物。如含氧盐、氧化物和氢氧化物、卤化物、硫化物及其类似化合物矿物。

2、矿物的化学成分变化

1) 化学计量矿物：在各晶格位置上的组分之间遵守定比定律、具严格化合比的矿物。

例：水晶 SiO_2 、铁闪锌矿 $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$ 、橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$ 。

■ **2) 非化学计量矿物：**化学组成偏离理想化合比，不再遵循定比定律的矿物。—— 矿物标型

例：磁黄铁矿 Fe_{1-x}S （有部分 Fe^{3+} 存在）。

含金石英脉中黄铁矿 (FeS_2)， $\text{Fe}/(\text{S}+\text{As}) > 0.500$ ，—形成深度小；
 $\text{Fe}/(\text{S}+\text{As}) < 0.500$ ，—成矿深度大

三、矿物中水的赋存状态

1、水的存在形式： H_2O 、 $(\text{OH})^-$ 、 H^+ 和 $(\text{H}_3\text{O})^+$

2、“水”的类型：据“水”在矿物中的存在形式及其在晶体结构中的作用，主要分为**吸附水**、**结晶水**和**结构水**三种基本类型，以及**层间水**和**沸石水**两种过渡类型。

3、矿物中水的赋存状态

水类型	带电性	晶格占位	逸出温度	逸出结果	化学式表达	举例
吸附水	H_2O					
结晶水	H_2O	占	100-200 °C	晶体破坏 新物相	写入	石膏 $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$
结构水	$(OH)^-$ 、 H^+ $(H_3O)^+$	占	600-1000°C	晶体破坏 新物相	写入	云母 $K\{Al_2[AlSi_3O_{10}]$ $(OH)_2\}$
沸石水	H_2O	自由出入 但有限	80-400 °C	不破坏 可再吸附	写入	沸石
层间水	H_2O	层间域	110 °C	层间域缩 小、 再吸附	写入	蛭石 $(Mg,Ca)_{0.3-4.5}(H_2O)_n$ $(\{Mg_3(SiO_{10})$ $(OH)_2\}$

胶体水为特殊的吸附水，需写入化学式。

1) 吸附水

被机械地吸附于矿物颗粒的表面和裂隙中，或渗入矿物集合体中的中性水分子(H_2O)。它不参加晶格，不属于矿物的化学组成。

注意：

A、 吸附水含量不定，随温度和湿度而异。常压下，温度增至 $100\sim 110^\circ\text{C}$ 时，矿物中吸附水即全部失去而不破坏晶格。

B、 吸附水的一种特殊类型——胶体水，是胶体矿物本身的固有特征，应列入矿物的化学式，如蛋白石：

$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。胶体水的失水温度一般 $100\sim 250^\circ\text{C}$ 。

2) 结晶水

以**中性H₂O分子**形成存在于矿物晶格中一定位置上的水，是矿物固有组分之一，水含量一定，其数目与其他组分的含量成简单的比例关系。

注意：

A、 结晶水出现于大半径络阴离子的含氧盐矿物中。

B、 结晶水的作用： 通过以一定的配位形式环绕小半径的阳离子形成水化阳离子，以增大阳离子的体积而不改变其电价，从而与大的络阴离子组成稳定的化合物，如**石膏**：

Ca[SO₄]·**2H₂O** 。

C、 结晶水的失水温度一般均在**100~200℃**，个别可高达**600℃**。

D、 失水后，矿物晶格即完全被破坏、改造而成新的结构。

3) 结构水（化合水）

以 $(\text{OH})^-$ 、 H^+ 或 $(\text{H}_3\text{O})^+$ 离子形式存在于矿物晶格中一定位置上、并有确定的含量比的“水”，又称化合水。

注意：

A、 尤以 $(\text{OH})^-$ 最常见，主要存在于氢氧化物和层状硅酸盐等矿物中。如：

水镁石 水镁石 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，

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

天然碱 $\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，

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

B、 结构水的失水温度一般约在 $600 \sim 1000^\circ\text{C}$ 。失水后结构完全被破坏。

4) 层间水

存在于某些层状结构硅酸盐（如粘土矿物）晶格中结构层之间结构的**中性 H_2O 分子**，其主要与层间阳离子结合成水合离子。

A、结构层表面存在过剩的负电荷，可吸附其他金属阳离子，后者再吸附 H_2O ，从而在相邻结构层之间形成水分子层，即层间水。其含量随所吸附的阳离子的种类、环境的温度和湿度而异，可在相当大的范围内变化，并可有确定的上限值。如多水高岭石 **$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$** 等。

- B、** 失水温度一般 $100\sim 250^{\circ}\text{C}\pm$ 。通常加热至几十度即开始脱水，常压下至 $110^{\circ}\text{C}\pm$ 则大量失水。
- C、** 失水后，晶格并不被破坏，仅结构层之间距离缩短，晶胞参数 c_0 减小，矿物的比重和折射率增大；且在潮湿的环境中又可重新吸水。

如蒙脱石 蒙脱石



具明显的吸水膨胀的特性；

而蛭石 蛭石 $(\text{Mg}, \text{Ca})_{0.5}(\text{Mg}, \text{Fe}^+, \text{Al})_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

则表示出显著的热膨胀性。

5) 沸石水

主要存在于沸石族矿物晶格中宽大的空腔和通道中的中性 H_2O 分子，与其中的阳离子结合成水合离子。

注意：

A、水的含量随温度和湿度而异，上限值与其他组分含量具简单比例关系。

B、失水一般从 80°C 开始，至 400°C 时沸石水可全部失去。

C、沸石水易失去也易复得，其得失不会破坏晶格，只是矿物的晶格常数和某些物理性质稍有变化。失水后的沸石可重新吸水，并恢复到原来的含水限度，再现其原来的物理性质。

如钠沸石 $\text{Na}_2[(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 。

需说明:

单矿物的化学全分析数据中,

A、 H_2O —称负水, 通常意指不参加晶格的吸附水, 当样品烘干到 **110°C** 之前即全部逸去; 而正水 **H_2O^+** 系指参加晶格的结构水或结晶水, 其失水温度通常高于 **110°C** 。

B、有些参加晶格的层间水、沸石水及部分结晶水在低于 **110°C** 也可逸出晶格, 故分析时应以特殊方法处理 样品中的水。

晶体化学式的书写规则

(1) 阳离子在前，阴离子或络阴离子在后。络阴离子需用方括号括起来。

如石英 SiO_2 、方解石 $\text{Ca} [\text{CO}_3]$ 、白云母 $\checkmark \text{K} [\text{Al}_2 [(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10} (\text{OH})_2]$ 。

(2) 对复化合物，阳离子按碱性由强 \rightarrow 弱、价态从低 \rightarrow 高的顺序排列。

如白云石 $\text{CaMg} [\text{CO}_3]_2$ 、磁铁矿 FeFe_2O_4 。

(3) 附加阴离子通常写在阴离子或络阴离子之后。

如白云母 $\text{K} [\text{Al}_2 [(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10} (\text{OH})_2]$

$\text{KAl}_2 [(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10} (\text{OH})_2]$

氟磷灰石 $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3\text{F}$ 。

晶体化学式的书写规则

(4) 水分子写在化学式的最末尾，并用圆点将其与其他组分隔开。

如石膏 $\text{Ca}[\text{SiO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、蛋白石 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

(5) 类质同像替代的离子，用圆括号括起来，并按含量由多到少的顺序排列，其具体数值分别写在各元素符号之右下角，并在小括号之后下角列出小括号内各元素离子数之总和。

如铁闪锌矿 $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$ 、黄玉 $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] (\text{F}, \text{OH})_2$ 。

某单斜辉石： $(\text{Ca}_{0.960}\text{Na}_{0.040})_{1.000}(\text{Mg}_{0.820}\text{Fe}^{2+}_{0.060}\text{Fe}^{3+}_{0.050}$

$\text{Al}_{0.030}\text{Mn}_{0.020}\text{Ti}_{0.020})_{1.000} [(\text{Si}_{1.920}\text{Al}_{0.080})_{2.000}\text{O}_6]$

3、矿物晶体化学式的计算

(1) 依据

- ① 单矿物的化学全分析数据；
- ② 晶体化学理论及晶体结构知识，对矿物中各元素的存在形式作出合理的判断，并按照电价平衡原则，将其分配到适当的晶格位置上；
- ③ x射线结构分析资料。

注意：单矿物的化学全分析的结果，其一般允许误差 $\leq 1\%$ ，即矿物中的各元素或氧化物的质量百分含量（WB%）之总和应在 $99\% \sim 101\%$ 。

(2) 方法

- ① 成分较简单的矿物化学式计算

- 步骤：

- A、检查矿物化学分析结果是否符合精度要求。

- B、组分的摩尔数 =
$$\frac{\text{组分的质量百分含量}(\omega B\%)}{\text{组分的原子量或分子量}}$$

- C、将各组分的摩尔数化为简单的整数。

- D、写出矿物的化学式。



水晶



石膏



自然金

[返回](#)



自然银

[返回](#)



自然銅

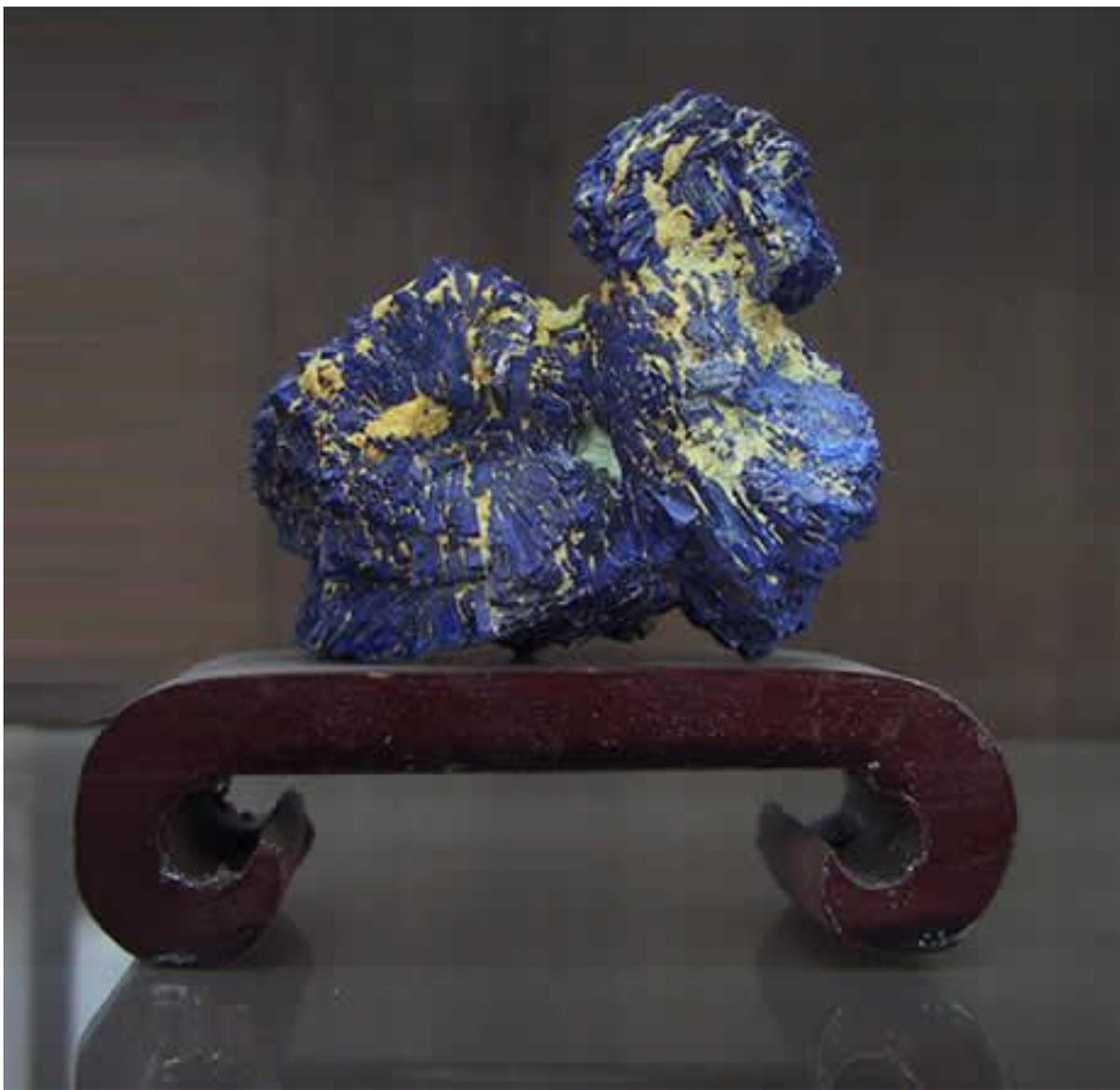


黄铁矿集合体



菱锰矿集合体

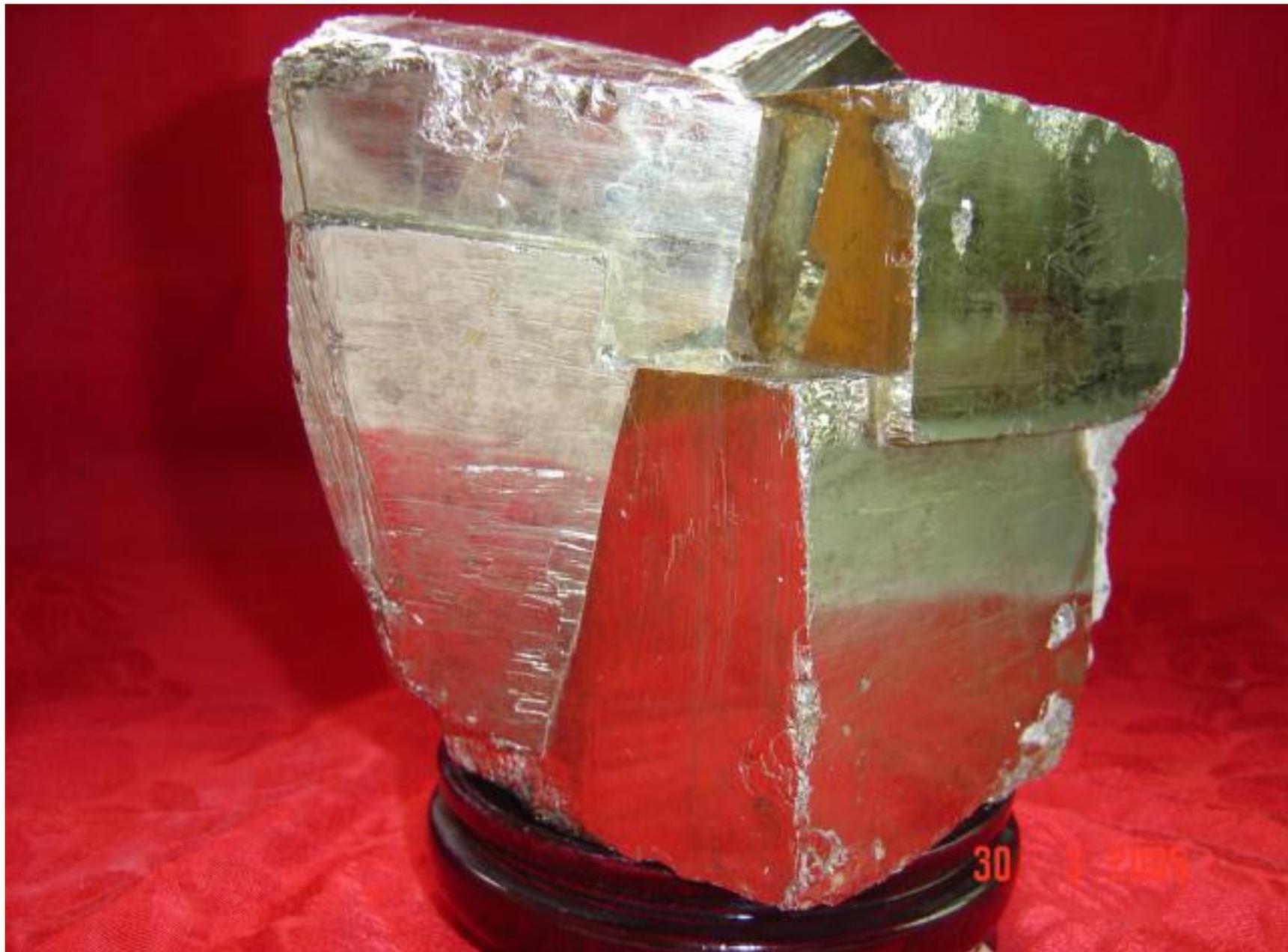
[返回](#)



蓝铜矿集合体



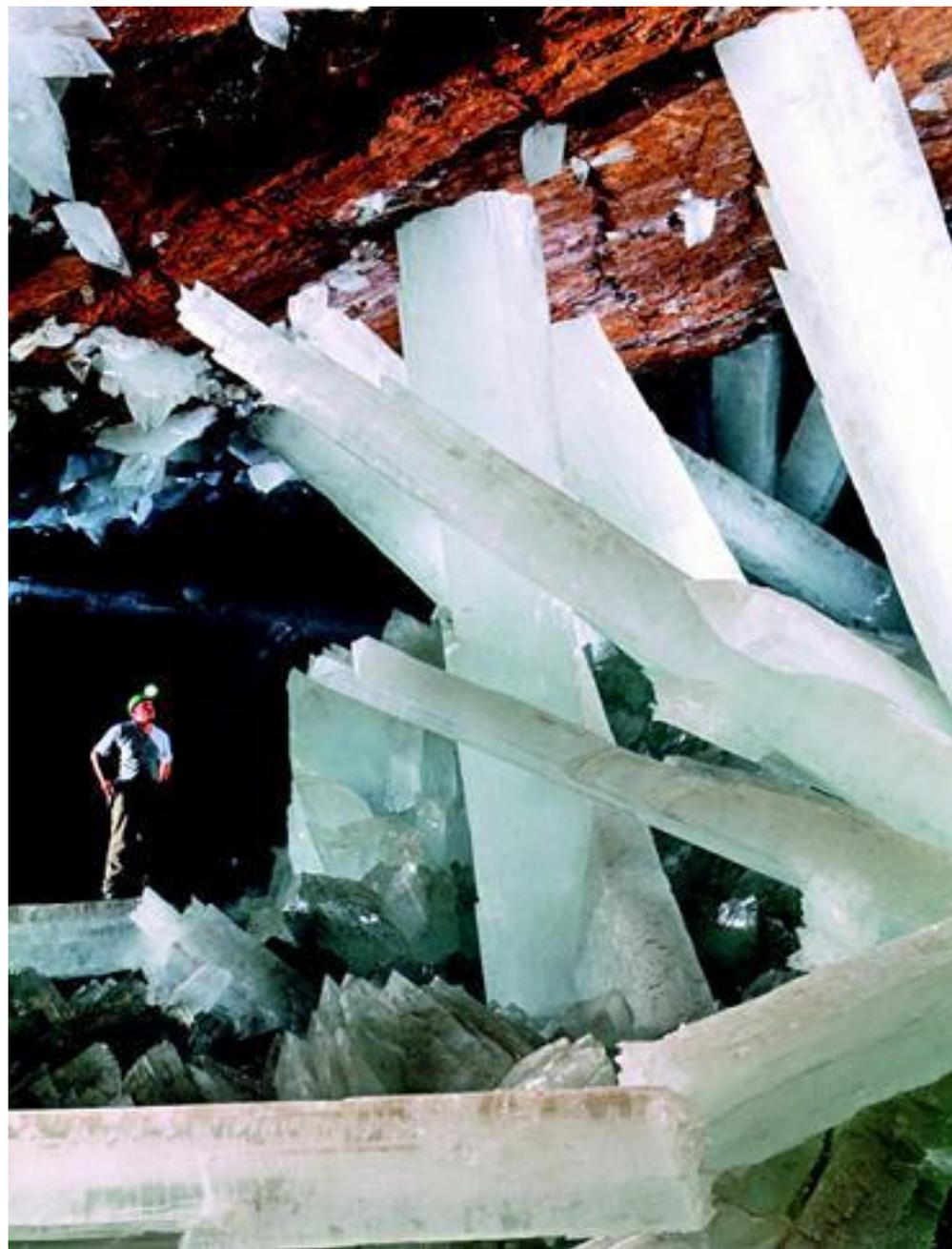
辰砂





辰 砂

[返回](#)



巨晶洞



巨晶洞

[返回](#)

自然硫晶体





雌黄集合体



雄黄集合体

[返回](#)

蔷薇石英

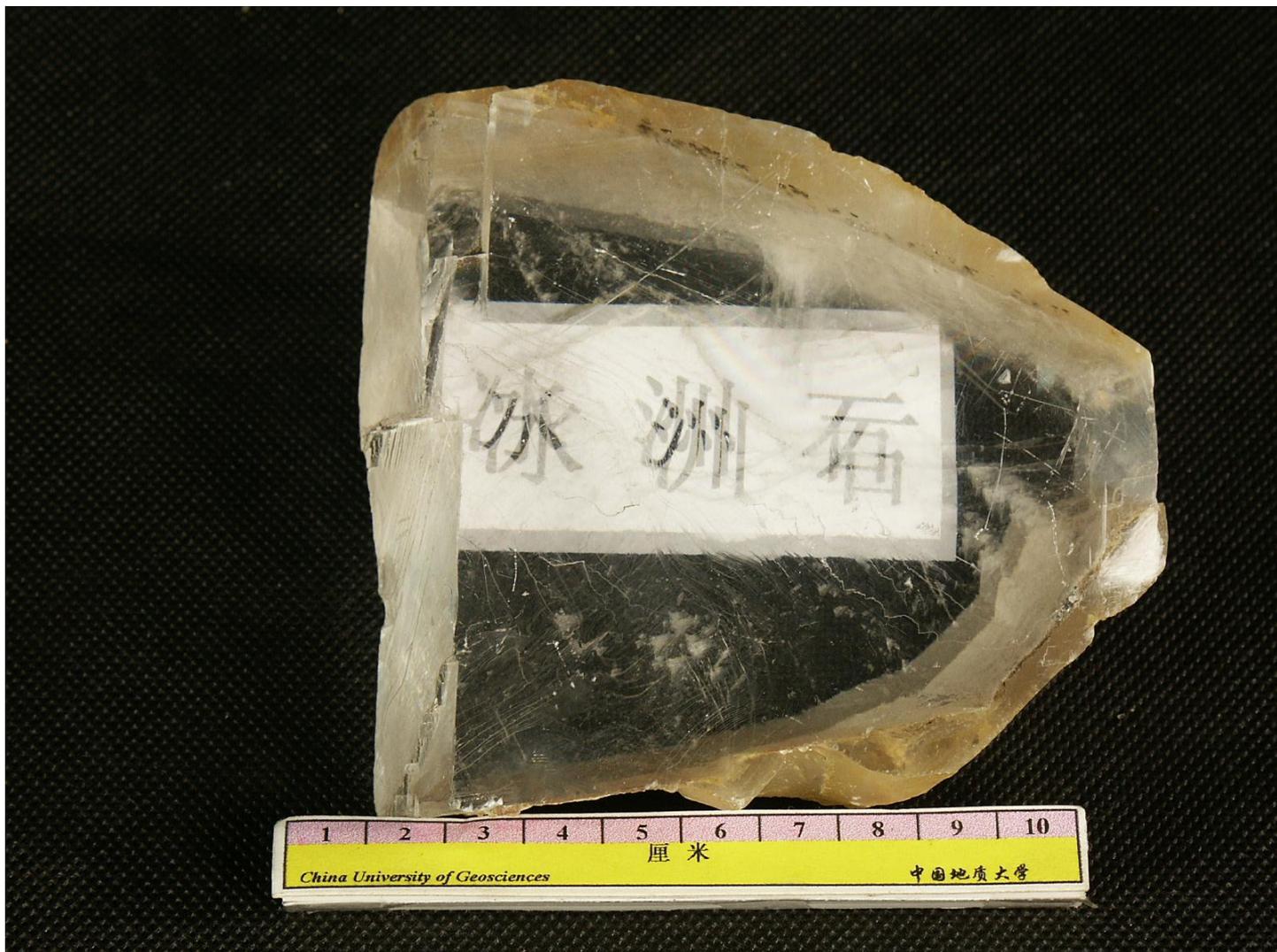


绿柱石晶体

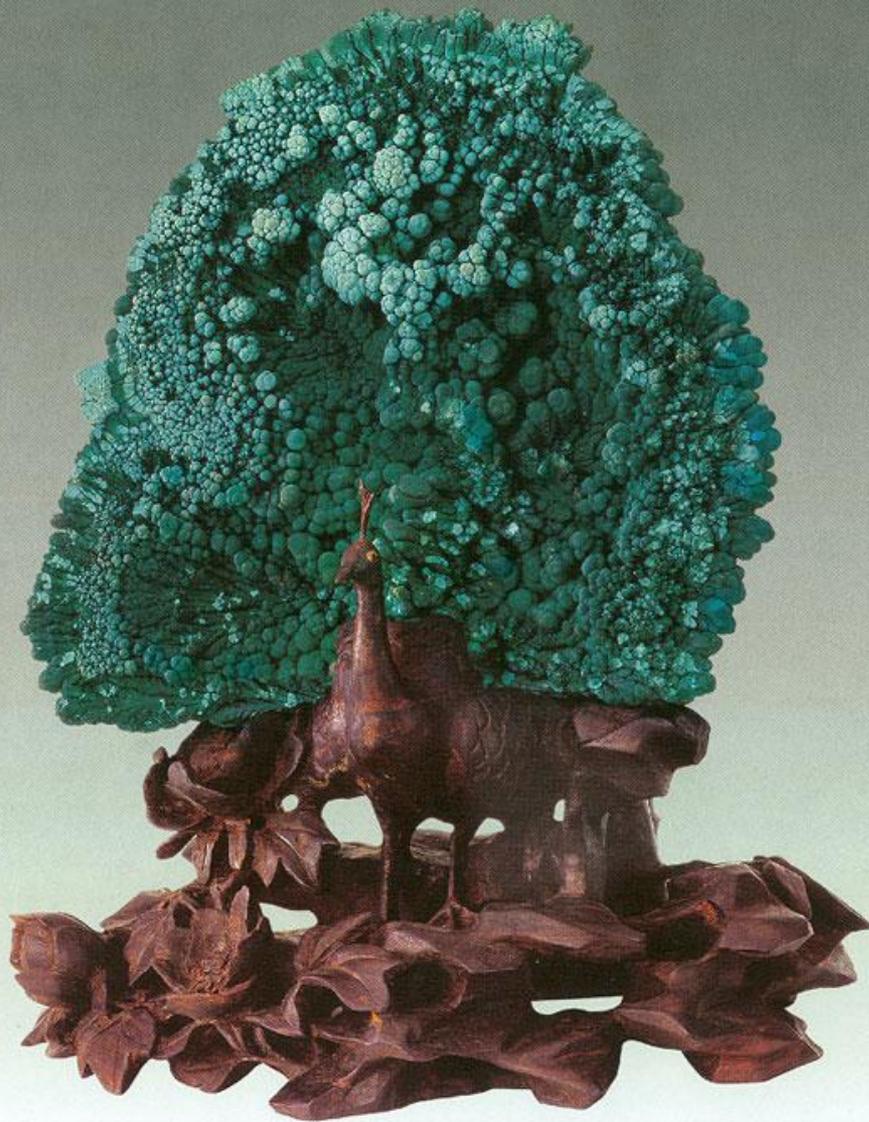


层解石集合体





冰洲石



孔雀石

[返回](#)









[返回](#)



變銅鈾雲母



翠銅矿



红色锰铝榴石--烟石英--白色钠长石



电气石



红水晶与紫色萤石共生



磷灰石



绿色闪锌矿

[返回](#)



银铜氯铅矿



葉硫砷銅石

正长石晶体



卡斯巴双晶



文象结构



方解石集合体

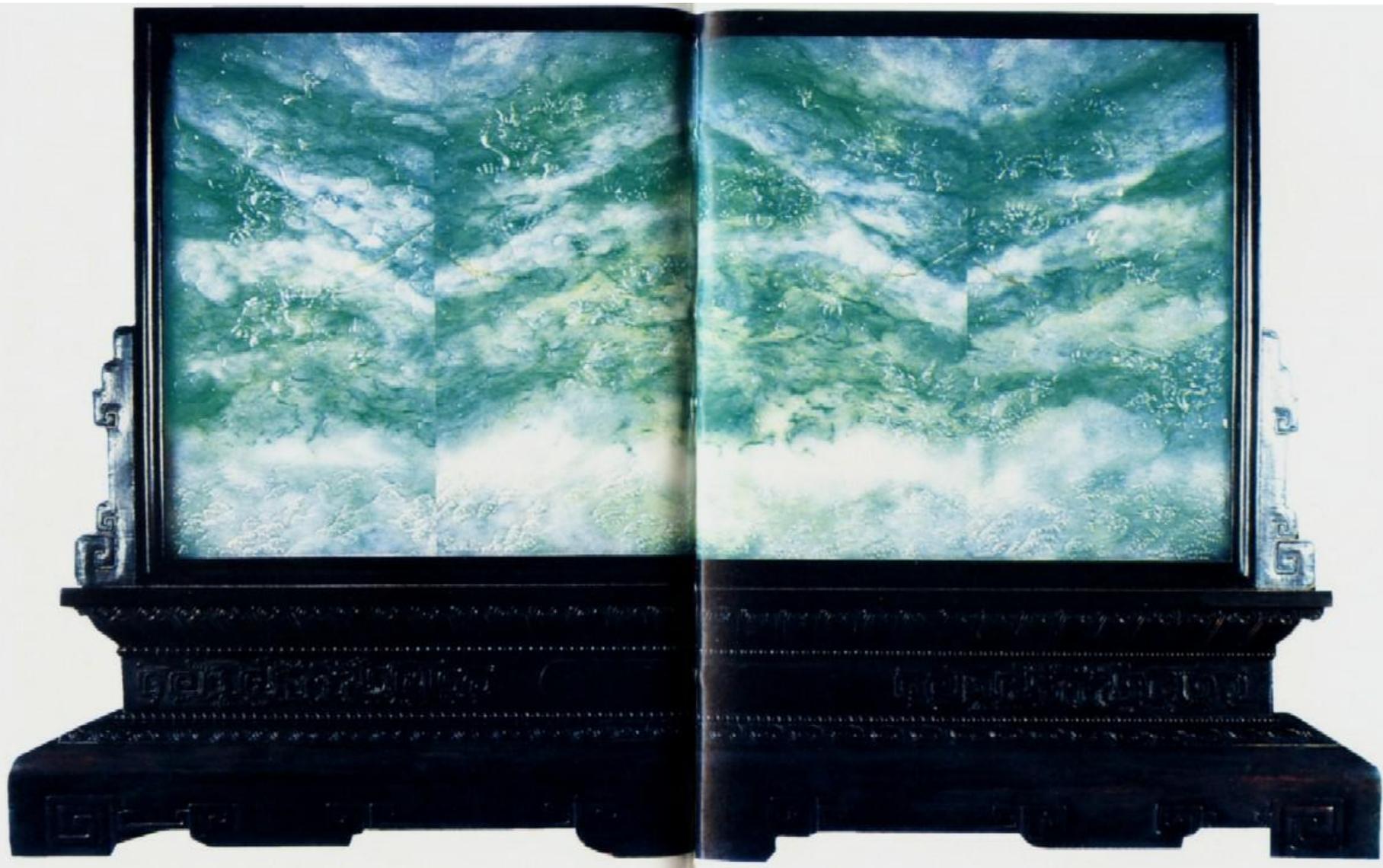


文石集合体





萤石集合体



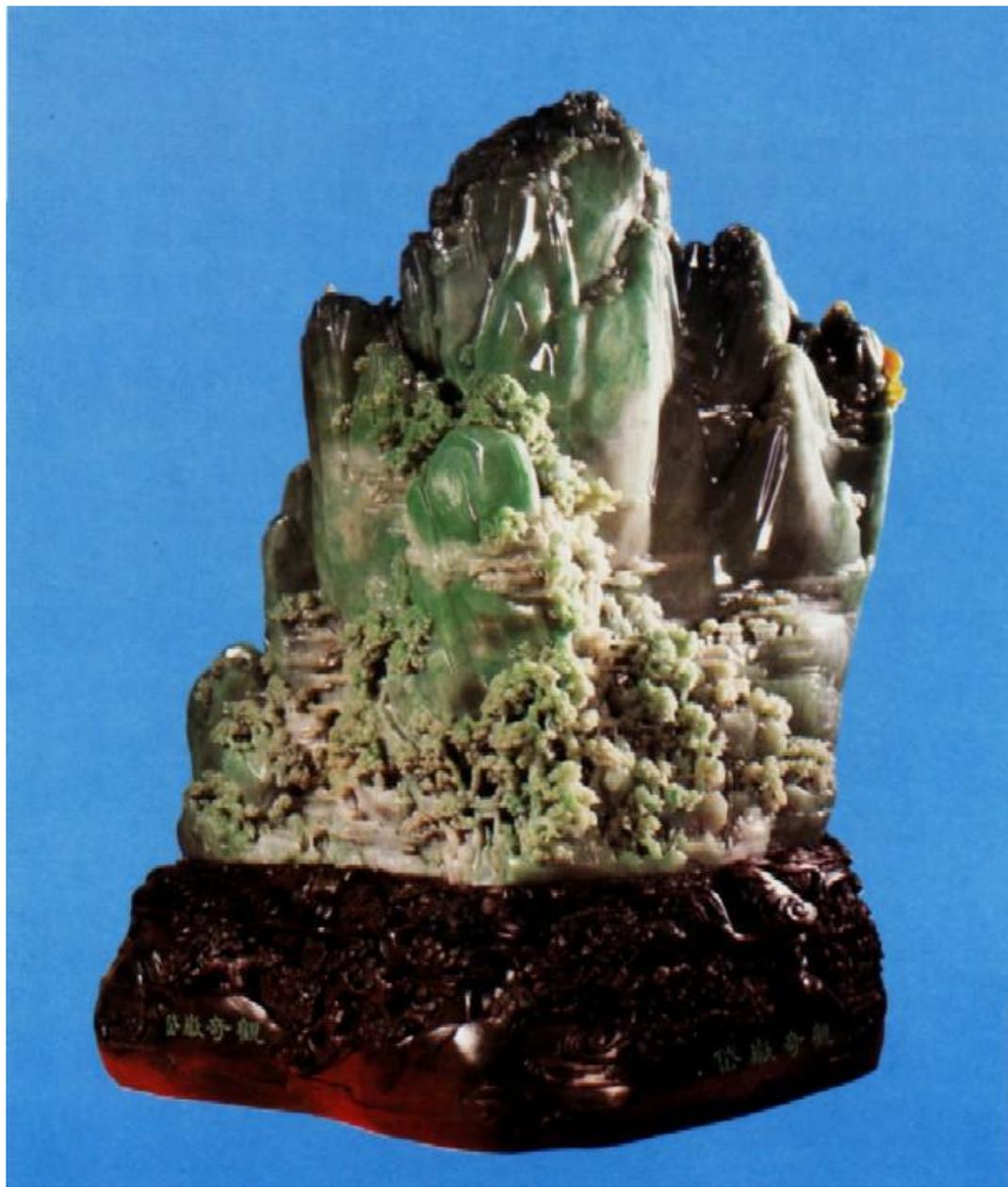
四大国宝之四海腾欢

萤石集合体



[返回](#)

四大国宝之岱岳奇观



橄欖石晶体



[返回](#)



金绿石猫眼——在1991年拍卖会中以六万五千美元成交。



常林钻石是由山东省临沭县岌山镇常林村农民魏振芳于**1977年12月21**日在田间松散的沙土中翻地时发现的，重**157.77**克拉，呈八面体，质地洁净、透明，淡黄色。现收藏于中国人民银行。



翡翠珍品

清朝宫中御用“嘉庆年制”款、“咸丰御用”刻字翡翠碗——海外回流的中国古代艺术珍品。

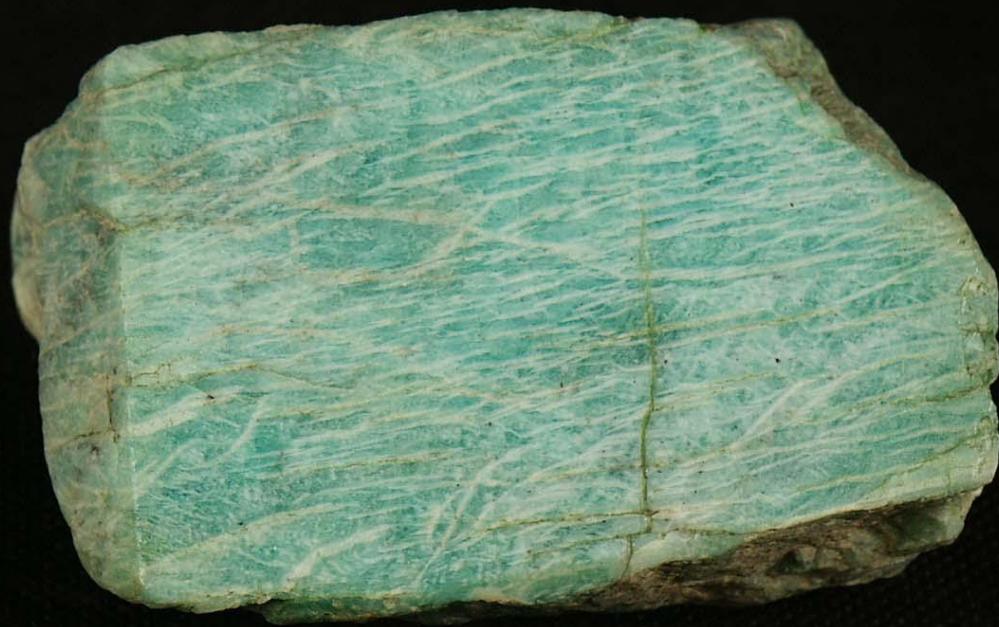
紫水晶洞



石榴石晶体

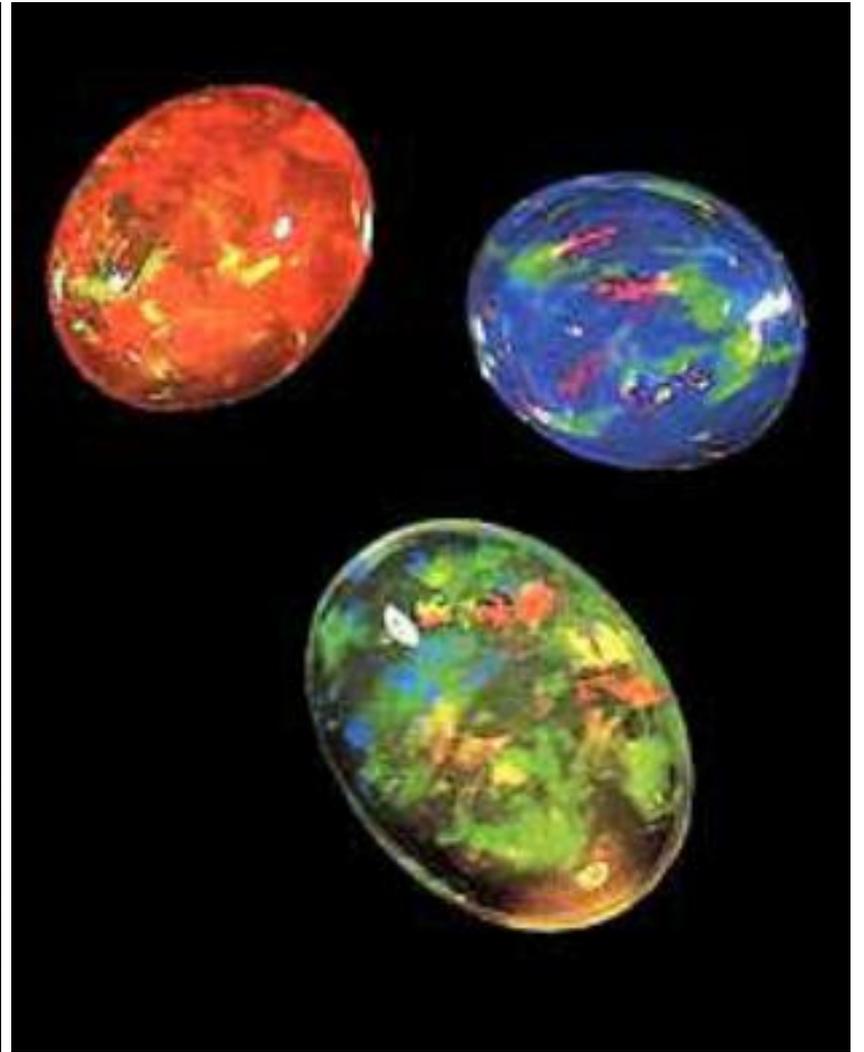


天河石晶体





(玛瑙)



(欧泊)

蛋白石

[返回](#)



刚玉晶体

思考题

矿物与岩石、矿石的区别？

为什么要学习矿物学？

矿物中水的类型有哪些？

小结

一、重点

了解地壳化学成分特点、离子类型；
了解胶体矿物的含义；
掌握矿物中水的类型及其性质、矿物晶体化学式书写规则。

二、难点

矿物中的水