

第五章 自然元素矿物大类

一、概述

- × **自然元素矿物：**
- × 在自然界以**一种元素构成的单质**和**以两种或两种以上金属元素构成的以类质同像混晶形式存在的矿物。**
- × 已知的**自然元素矿物种 > 50种**，**约占地壳总重量的 1%**，**分布极不均匀**。其中有些可**显著富集**，甚至**形成矿床**。

× 1、化学组成

× (1) 金属元素：主要包括

部分铜族元素：Cu、Ag、Au

铂族元素：Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt

· (2) 半金属元素：As、Sb、Bi

· (3) 非金属元素：C、S

金属元素：贵金属8元素和Cu，铁陨石中常见Fe、Co、Ni。

金属元素间的类质同象十分普遍，形成金属混晶矿物如银金矿 (Au, Ag)；也可形成互化物如铁镍矿 (Ni_3Fe)。

半金属元素有As、Sb、Bi (Se、Te)。

As与Sb在高温下形成类质同象混晶，低温时分解成自然砷和自然锑或砷锑互化物AsSb；Sb与Bi可形成连续类质同象系列，而As与Bi即使在熔融态下也不混合。

非金属元素主要有C和S。Si可呈微粒包体产于地幔岩中。C、Si、N、P形成碳化物、硅化物、氮化物和磷化物。

2. 晶体化学

结构型：

1) **配位型**：金属元素及其互化物矿物具立方面心式紧密堆积的铜型（配位数为12）、六方最紧密堆积的**镍型**（配位数为12）和立方体心式紧密堆积的**铁（ α -Fe）型**（配位数为8），金刚石和 β -碳硅石SiC具四面体配位型；

2) **环状**（自然硫）、**链状**（自然碲）、**层状**（石墨、自然砷）、**架状**（陨碳铁矿 Fe_3C ）。

化学键：

- 1) 金属元素及其互化物矿物具特征的金属键；
- 2) 半金属元素矿物按元素的金属性递增而从金属键+共价键的多键型向金属键转变。
- 3) 非金属元素和类似物矿物变化很大。

同质多象：

本大类非金属元素矿物的同质多象较常见，如C的同质二象、S的同质三象。

对称程度：

金属元素及其互化物矿物多为等轴晶系，少数为六方晶系；半金属元素矿物为三方晶系。

非金属元素和类似物矿物变化很大。

3 形态与物理性质

具配位型、架状和环状结构的矿物自形晶主要为粒状，其中金属元素矿物少见自形而多为它形不规则状；

具层状结构的半金属元素矿物和石墨主要为片状。

3 形态与物理性质

金属元素及其互化物矿物在物理性质上呈现典型的金属特性

——金属色、金属光泽、不透明、低硬度（钨、铍为例外）、无解理、大比重、强延展性、强导电性和强导热性。

3 形态与物理性质

半金属元素矿物从自然砷、自然锑到自然铋，金属特性逐渐增强，颜色从锡白色变化为银白色，条痕灰色，金属光泽增强，低硬度变得更小，由于其层状结构而发育的{0001}完全解理，晶体完好程度下降，相对密度增大，从无延展性变为弱延展性，从无导电性变为具导电性。

3 形态与物理性质

非金属元素和类似物矿物的晶体

化学特点不同而使不同矿物在物性上

变化甚大。

(二) 晶格类型及其形态和物性

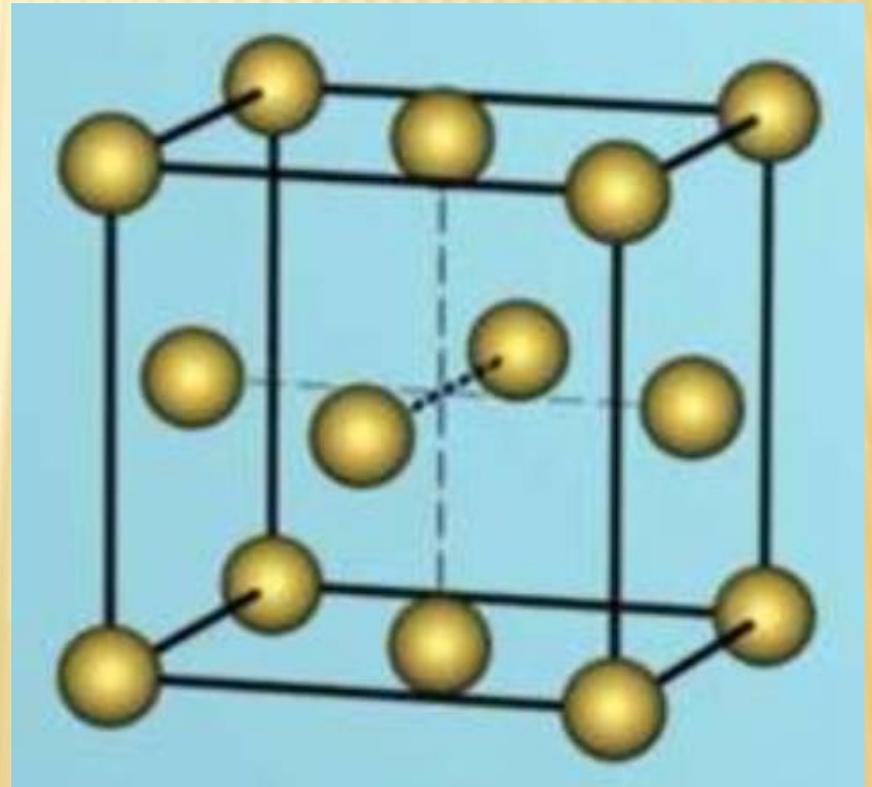
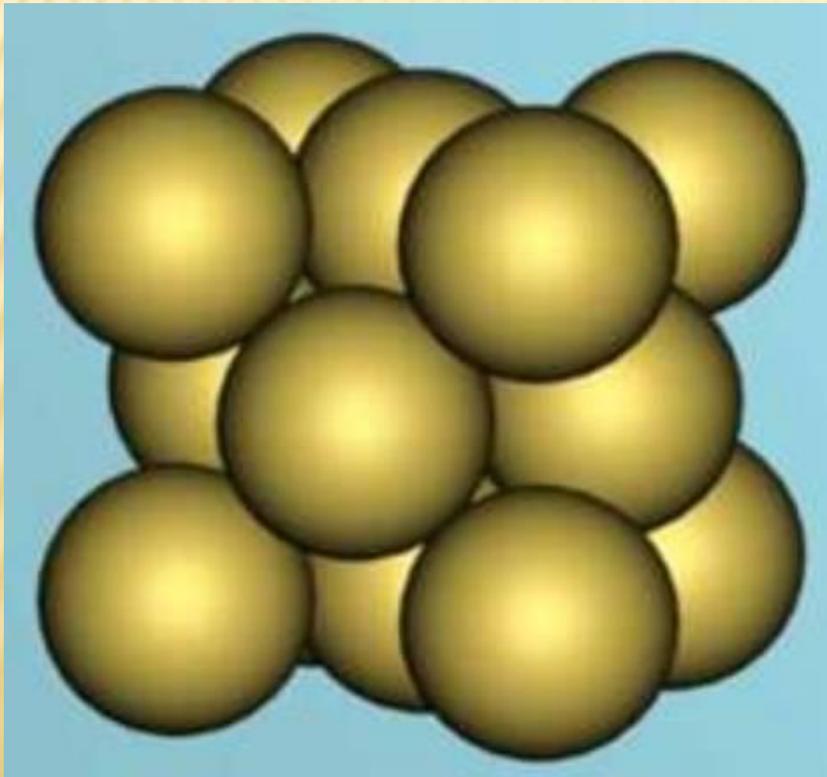
× 据键性，大致分 3 种晶格类型：

1. 金属晶格

× 典型金属键

× 大多数矿物的原子呈最紧密堆积，
结构型较简单，对称性较高。

- × (1) 多数呈立方最紧密堆积，具立方面心格子的铜型结构，如自然铜、自然金、自然铂、自然钯.....



- × (2) 少数呈**六方最紧密堆积**,
具**六方格子**, 如**自然钨**等。

× 形态：

晶体呈**等轴粒状或六方板状**，集合体为**树枝状、片状、块状**等。

物理性质： 具典型的**金属特性**：**金属色，金属光泽，不透明。硬度低（Os、Ir 例外），解理不发育强延展性。比重大。电和热的良导体。**



× 2. 原子晶格

晶格中质点以**共价键**联结，

如**金刚石**（C）。

· **物理性质：**

× **硬度高，光泽强，具脆性，不导电。**

× 3. 分子晶格

× 1) 如**石墨** (C) :

× **层状结构**，层内具共价键—
金属键，层间为分子键，表现在
物理性质上具明显的**异向性**，
具{0001}极完全**解理**，**硬度低**，
金属**光泽**，电的**良导体**。

× 2) 如**自然硫** (α -S) :

× 8个S原子以**共价键**联结 S_8 环状分子，环分子间为**分子键**，故其**硬度低**，**熔点低**，**导电导热性差**。

× (三) 成因

不同的矿物各有其特点：

- 1) ΣPt ：产于与**超基性岩、基性岩**有关的**岩浆矿床**中。
- 2) **Au**：多为**热液成因**。
- 3) **Cu、Ag**：除**热液成因**外，更多见于**硫化物矿床**的**氧化带**中。
- 4) **金刚石**：岩浆作用的产物，与**超基性岩**有关。
- 5) **石墨、自然硫**：成因类型**多样**。

地壳：自然金、自然银、自然铜、自然铂、自然硫、金刚石和石墨；

地幔和核-幔边界：金刚石、石墨、自然铁、自然硅和自然镍；

陨石：铁纹石、镍纹石、亮石墨、自然铂、金刚石、陨磷铁矿和陨碳铁矿等。

× (四) 分类

× 据元素的属性和元素间的结合方式，将该大类矿物分三类：

× 1) 自然金属类：

× 主要是铜族： Au、Ag、Cu

× 铂族： Ru、Rh、Pd、Os、

× Ir、Pt

× 2) 自然非金属类： S、C

× 3) 自然半金属类： As、Sb、Bi，很少见。

二、主要矿物

× (一) 自然铜族

包括自然铜、自然银、自然金等矿物。

自然铜： Cu

【化学组成】 原生自然铜往往含有少量或微量**Fe、Ag、Au、Hg、Bi、Sb、V、Ge**(**Fe**在**2.5%**以下，**Ag**往往呈自然银包裹物，**Au**固熔体可达**2—3%**)等混入物。次生自然铜较为纯净。

【晶体结构】 等轴晶系， $O_h^5\text{-Fm}3m$ ， $a_0=0.361\text{nm}$ ； $Z=4$ ，原子呈立方最紧密堆积，铜型结构。

【形态】 六八面体晶类， $O_h\text{---}m3m$ ，晶形完好，主要单形**{100}**、**{110}**、**{111}**，双晶面依**{111}**。集合体常呈不规则的树枝状、片状或扭曲的铜丝状、纤维状。



【物理性质】 铜黄色，表面因氧化而成棕色薄膜；条痕铜黄色，金属光泽、不透明，锯齿状断口，硬度2.5—3，相对密度8.4-8.95g/cm³，具有延展性，良好的导电导热性。

【晶体结构】 等轴晶系， O_h^5 -Fm3m, $a_0=0.361\text{nm}$; Z=4, 原子呈立方最紧密堆积，铜型结构。

【形态】 六八面体晶类， O_h —-m3m,晶形完好，主要单形{100}、{110}、{111}，双晶面依{111}。集合体常呈不规则的树枝状、片状或扭曲的铜丝状、纤维状。

【成因和产状】 自然铜产出较少，是各种地质作用中还原条件下的产物。主要形成于原生热液矿床中。自然铜在氧化条件下不稳定，经常转变成铜的氧化物和碳酸盐，如赤铜矿、黑铜矿孔雀石、蓝铜矿。这些次生矿物为寻找各原生矿床的重要找矿标志。

【鉴定特征】 铜红色，表面氧化膜呈棕黑色，相对密度大，延展性强。经常与孔雀石、蓝铜矿相伴生。

【用途】 产量多时可作铜矿石开采。

× **自然金**： Au (Au,Ag)

× **化学组成**： 纯金极少见，常有一定数量的类质同像混入物 Ag。 (Au,Ag)完全类质同像。

自然金—自然银完全类质同像系列

Ag含量 (%)	0~5	5~15	15~50	50~85	85~95	95~100
矿物名称	自然金	含银自然金	银金矿	金银矿	含金自然银	自然银

此外，尚可**含少量** Cu、Pd、Bi、Pt、Te、Ir等。含Cu20%者称**铜金矿**；含Pd5~11%者称**钯金矿**；含Bi 4%者称**铋金矿**。

自然金的纯度以成色来表示，用**千分数**示之。

$$\text{金成色} = \frac{\text{Au}}{\text{Au} + \text{Ag} + \text{其他金属组分}} \times 1000$$

× 内生成因自然金的成色标型

成色	>850	850~750	750~660
形成深度	深	中等	浅

晶体结构：等轴晶系， $Fm\bar{3}m$ 。

Au 原子呈立方最紧密堆积，具立方面心格子的铜型结构。

形态：常见单形{100}，{110}，{111}等，有平行连生和双晶。

粒度大小不一，一般呈分散粒状、不规则粒状、树枝状等集合体。

× 物理化学性质 鉴定特征：

- 金黄色颜色及条痕，强金属光泽。硬度低(2~3)，无解理，强延展性，比重大(15.6~19.3)，纯金为19.3。熔点高(1062°C)。良导体，导热体。
- × 化学性质稳定，在空气中不氧化，只溶于王水。

成因产状：

- × 主要产于高、中温热液型含金石英脉中； 蚀变岩中；
- × 火山岩系与火山热液作用有关的中、低温热液矿床中；
- × 砂矿床中。

(二) 自然铂族

分为具铜型结构的自然铂和铁型结构的自然铁两个亚族。

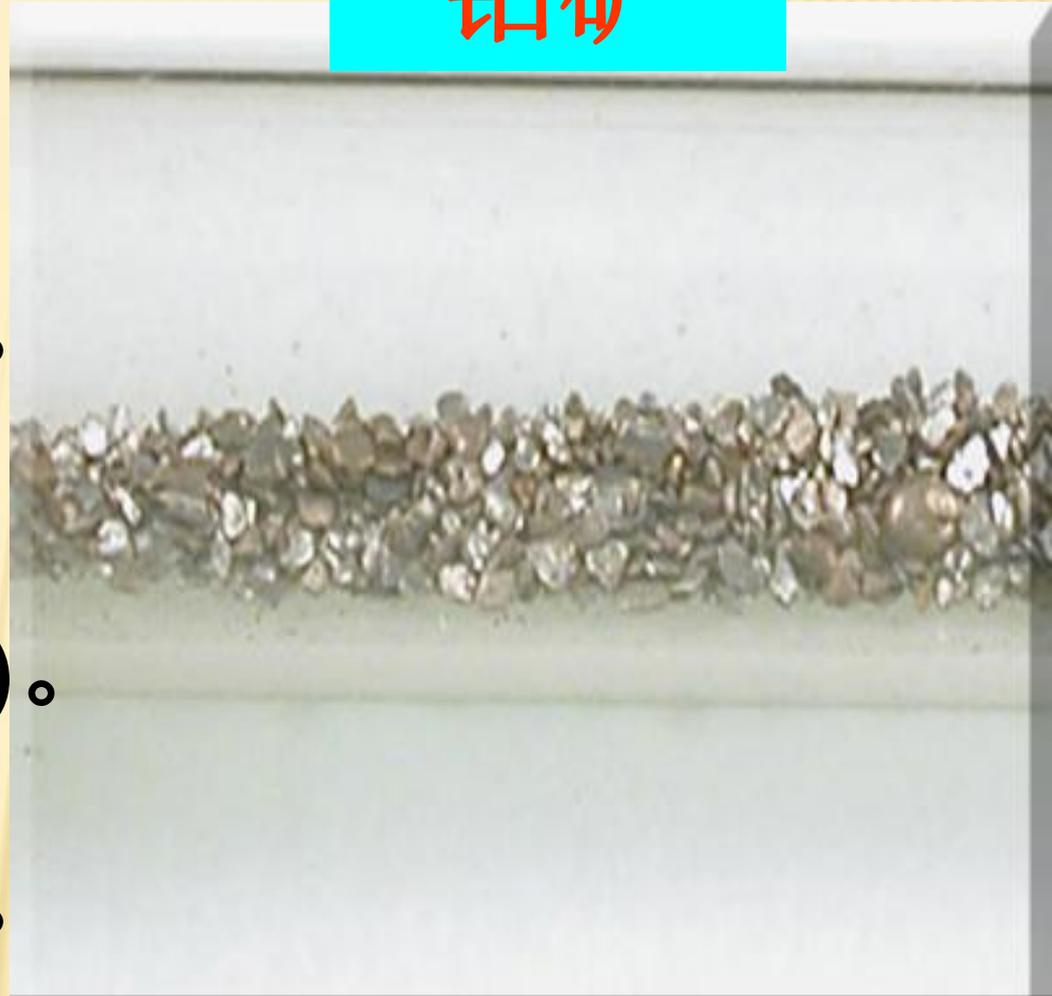
前者包括自然铂、自然钯、自然铑和自然铈，为等轴晶系，可见八面体或立方体晶形。

后者包括自然铁、自然钨等，为六方晶系，呈六方板状晶形，硬度（约为6）明显高于前者（约为4）。

本族矿物一般为银白色和钢灰色，硬度比自然金族高，也具有与自然金族类似的其他金属特性。

铂矿

【物理性质】 锡白色，含铁高时呈钢灰色；条痕钢灰色；金属光泽；不透明。无解理；断口锯齿状。硬度4~4.5。相对密度21.5(纯铂)。熔点1774°C。强延展性。微具磁性。电和热的良导体。



自然铂（含金）

(三) 半金属元素矿物类

- (1) 主要有自然砷、自然锑、自然铋等。
- (2) 均具砷型结构：即可视为由NaCl型结构沿 L^3 发生畸变而呈略显层状的菱面体格子结构。
- (3) 具 $\{0001\}$ 完全解理。
- (4) 粒状或片状集合体。
- (5) 新鲜断面呈锡白色或银白色，金属光泽，具抗磁性。随元素的金属性增强，矿物则更多地显现金属矿物的性质。

× (四) 非金属元素矿物类

× 1、金刚石族：

× 金刚石：C

× 化学组成：C

× 带色和不透明者常含 Si、Al、Ca、Mg、B、N、Fe、Ti 等杂质及石墨、橄榄石、磁铁矿、金红石等包裹体。

× 杂质N和B的含量和存在形式直接影响着金刚石的光、电、热等物理性能，成为金刚石分类的基本依据。

× 金 刚 石 分 类

类 型		杂 质 元 素		物 理 性 能	备 注
		<i>N</i>	<i>B</i>		
I 型	Ia 型	含量 > 0.1% , 以聚集体形式, 呈极细小片状		导电、 导热性 较差机械强 度高	在天然金刚石中 占 98%
	Ib 型	含量 较低, 主要以 分散的顺磁性 N 形式		导热性 较差	在天然金刚石中 约 占 1% ; 绝大多数 合成金刚石为 Ib 型
II 型	II a 型	不含 N 或含 N < 0.001%	不含 B	良好的 导热性	在金刚石矿床中的 含量一般 < 2 ~ 3%
	II b 型		含 B	天蓝色, 具半导体性 能	罕 见
混合型		在同一颗粒中 N 的分布不均匀			

× **晶体结构：** $Fd\bar{3}m$

× **等轴晶系，对称型 $m\bar{3}m$ ，具立方面心格子。C原子位于立方晶胞的8个角顶和6个面中心，以及相间地分布于半数的 $1/8$ 小立方晶胞的中心， $Z=8$ 。**

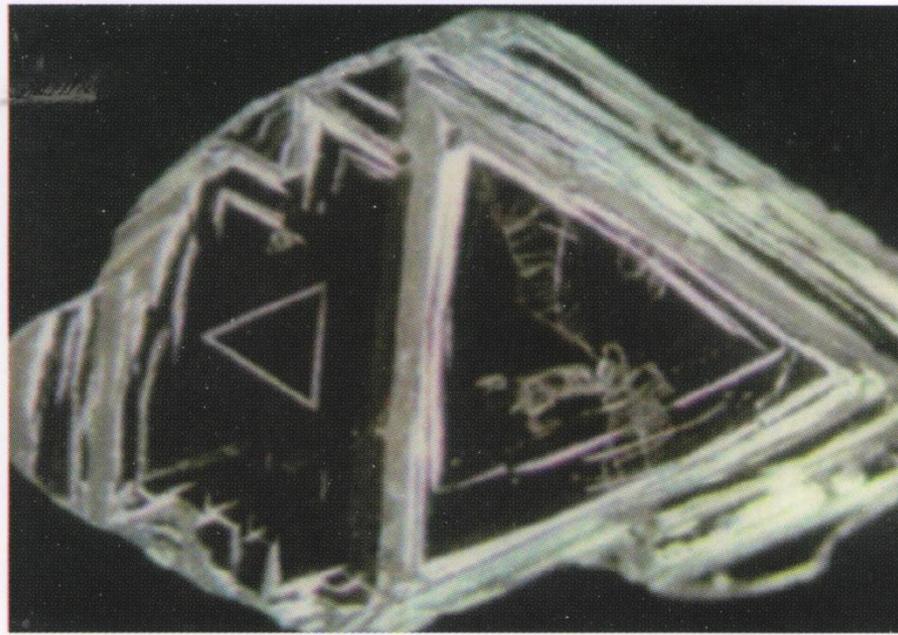
$CN = 4$ 。结构

× **形态：**

× 多呈{111}、{110}，常呈浑圆粒状。

× **鉴定特征**

× 浑圆粒状。金刚光泽。极高的硬度（ $H=10$ ），解理{111}中等。日光曝晒后，在暗处发淡青蓝色磷光。



金刚石突晶

× 用途：

× 名贵宝石、切削工具、研磨材料、精密仪器的零件、钻头、尖端技术材料等。

· 成因产状：

× 产于金伯利岩、橄榄岩、钾镁煌斑岩和榴辉岩中。

× 主要产地有澳大利亚、南非、俄罗斯、扎伊尔、巴西、美国及我国山东、辽宁、贵州、江苏、湖南等。

×2、石墨族：

×石墨： C

×鉴定特征：

× 鳞片状、致密块状、土状。铁黑色—钢灰色，条痕亮黑色，半金属光泽。{0001}极完全解理，硬度小(1-2)。比重小，性软，有滑感，易污手，可书写。

如果将硫酸铜溶液润湿的锌粒放在石墨上，则可析出金属铜的斑点。

石墨的层状结构

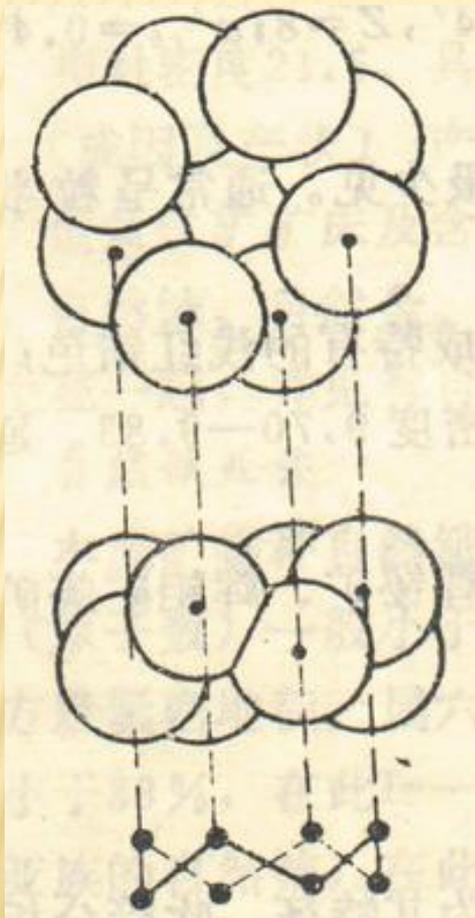
碳原子成层排列，每个碳原子与同一层相邻的三个碳原子以等距相连，每层碳原子构成一个六方环网，上下相邻层的碳原子间距比同一层内的碳原子间距大得多(层内 0.142nm ，层间 0.340nm)。石墨层内为共价键和部分金属键，而层间则为分子键。

用途：

- × 冶金工业：作高温坩埚铸件
- × 机械工业：润滑剂
- × 电池工业：电极
- × 原子能工业：中子减速剂
- × 用于制造铅笔芯、涂料、染料等。
- × 石墨-3R可作合成金刚石的原料。

3、自然硫族

自然硫： αS



硫的八原子

环型分子：

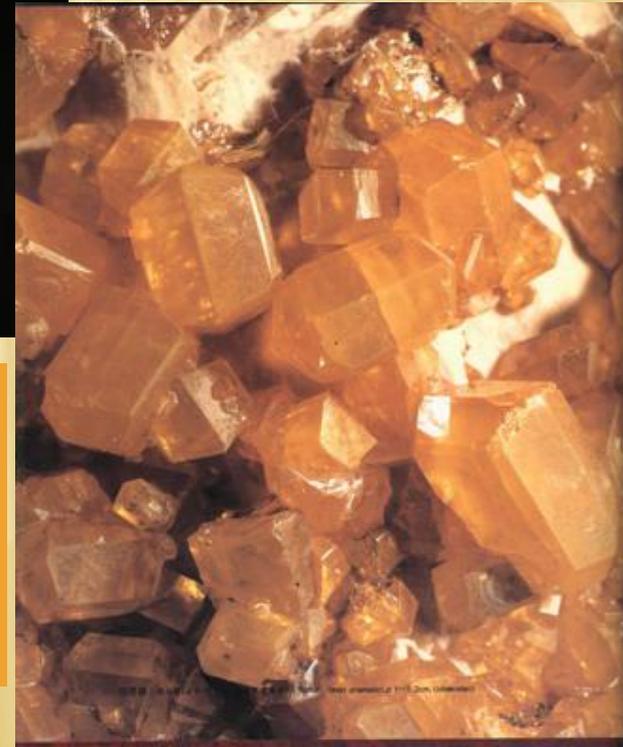
8个硫原子以共价键联系，上下两个四方环交错排列，构成环状分子。环状

自然硫



【鉴定特征】

黄色、油脂光泽、低硬度、性脆、硫臭味、易熔。



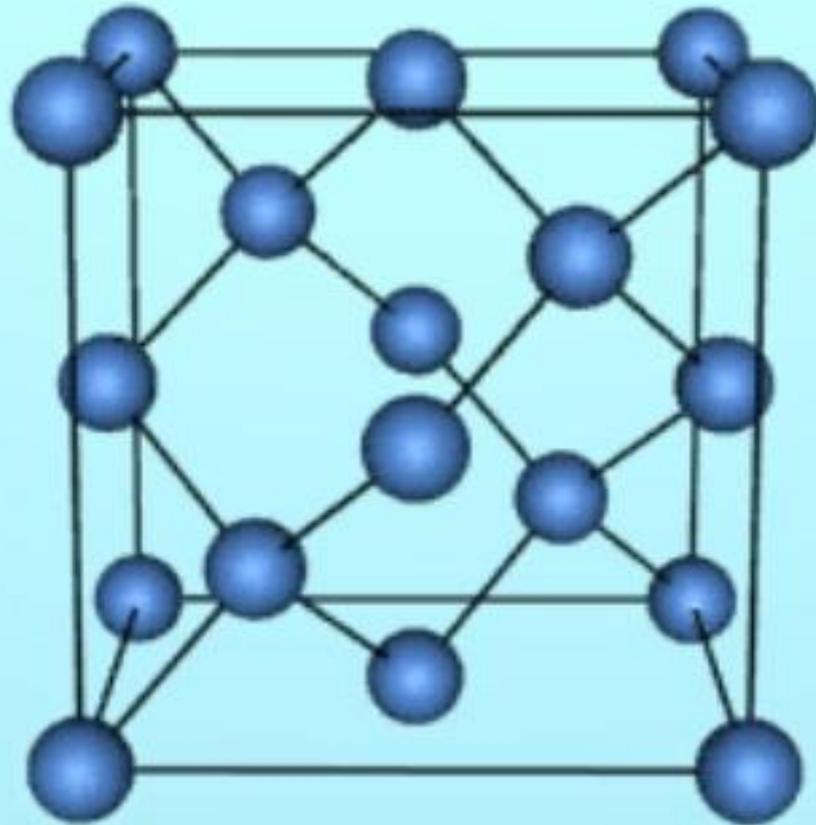
【物理性质】不同色调的黄色；晶面金刚光泽,断面油脂光泽。不完全解理；贝壳状断口。硬度1~2。相对密度2.05~2.08。性脆。不导电,摩擦带负电。

化学元素周期表

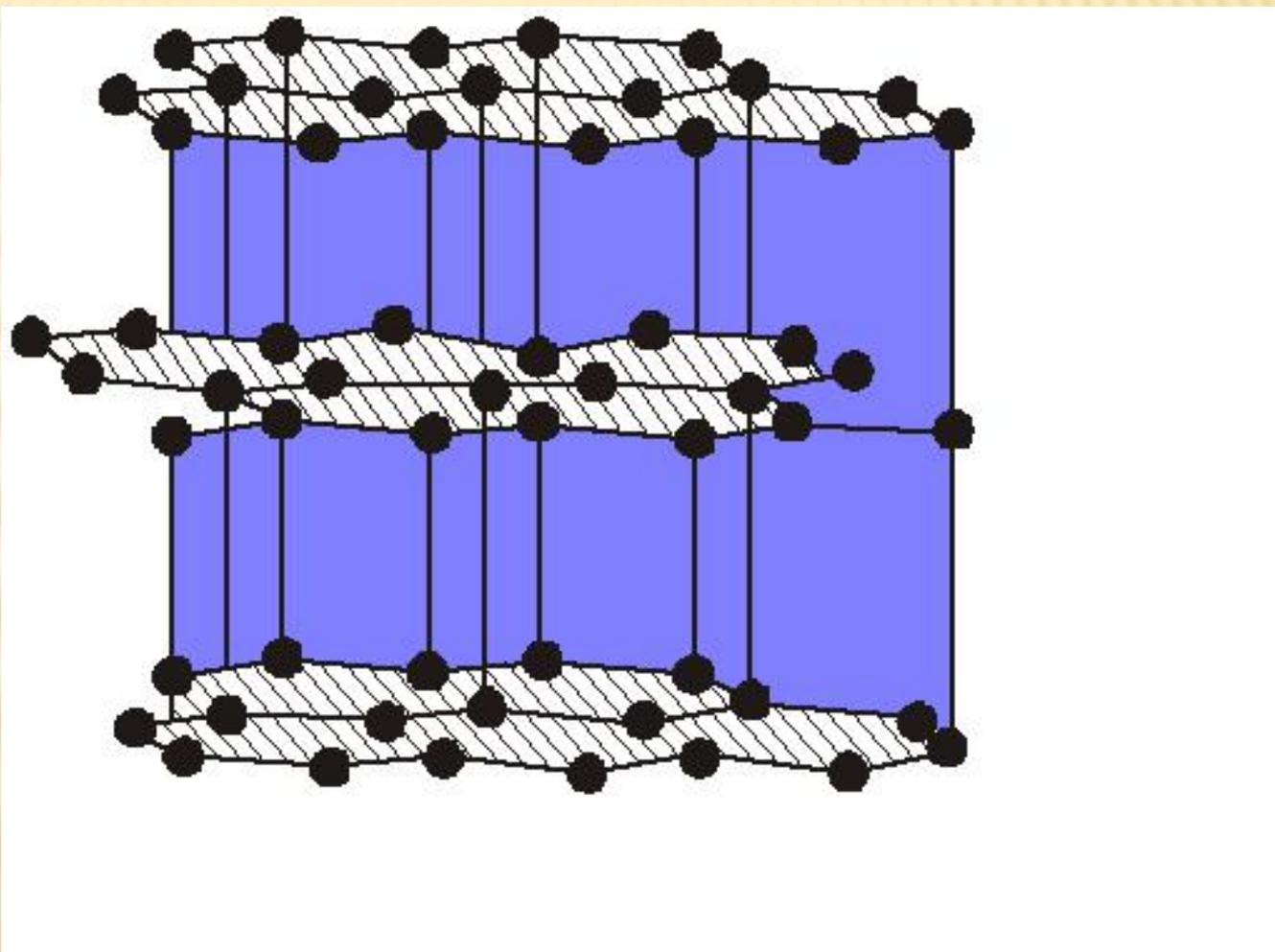
1 H 氢 1.007 9	化学元素周期表																2 He 氦 4.002 6				
3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.012 2	<table border="1"> <tr> <td>固态</td> <td>液态</td> <td>气态</td> <td>人造元素</td> </tr> </table>										固态	液态	气态	人造元素	5 B 硼 10.81 1	6 C 碳 12.01 1	7 N 氮 14.00 7	8 O 氧 15.99 9	9 F 氟 18.99 8	10 Ne 氖 20.17
固态	液态	气态	人造元素																		
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 𨭇 (261)	105 Db 𨭅 (262)	106 Sg 𨭆 (263)	107 Bh 𨭇 (262)	108 Hs 𨭈 (265)	109 Mt 𨭉 (266)	110 Uun 𨭊 (269)	111 Uuu 𨭋 (272)	112 Uub 𨭌 (277)	113 Uut 𨭍	114 Uuq 𨭎								

[返回](#)

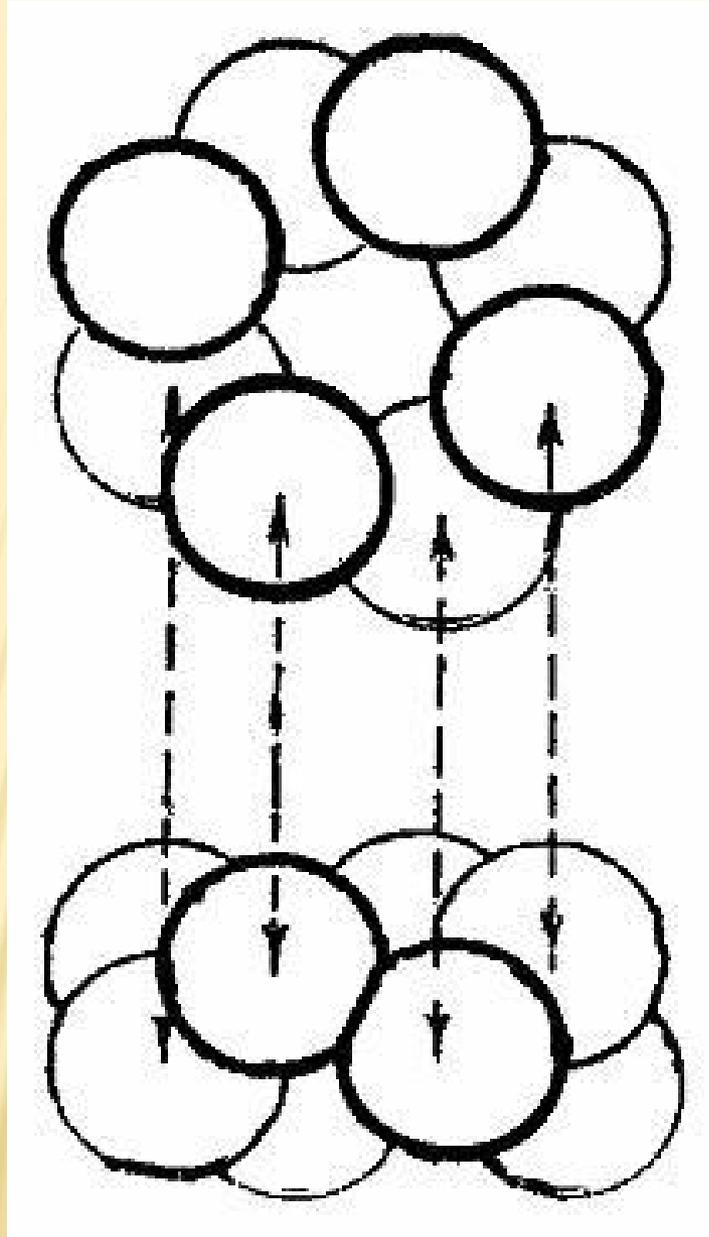
金刚石 (C)



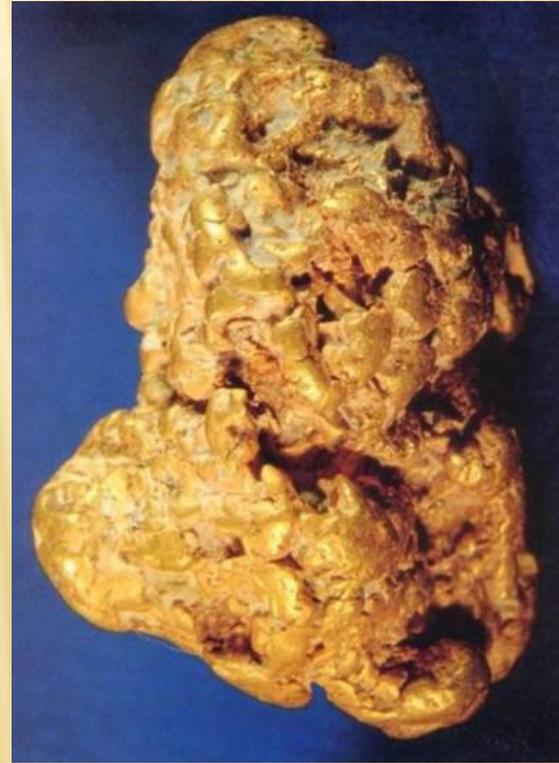
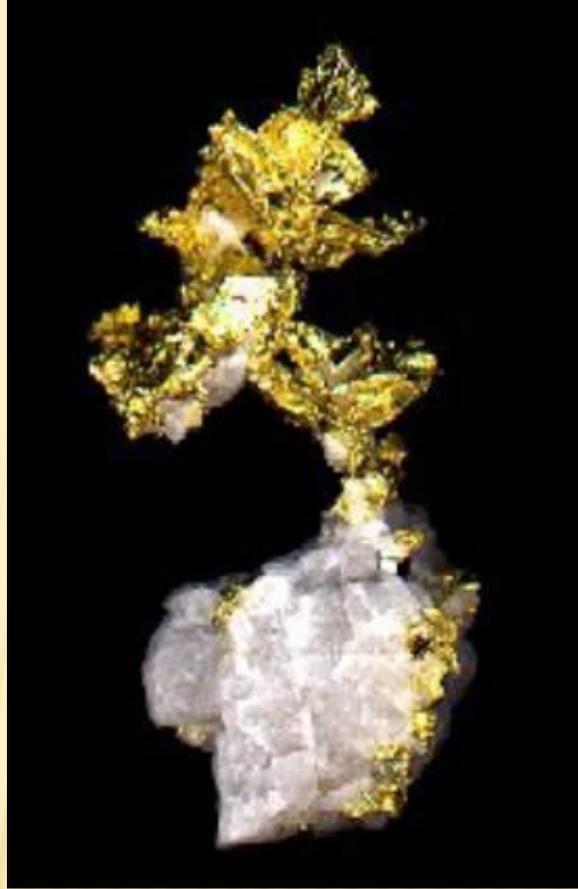
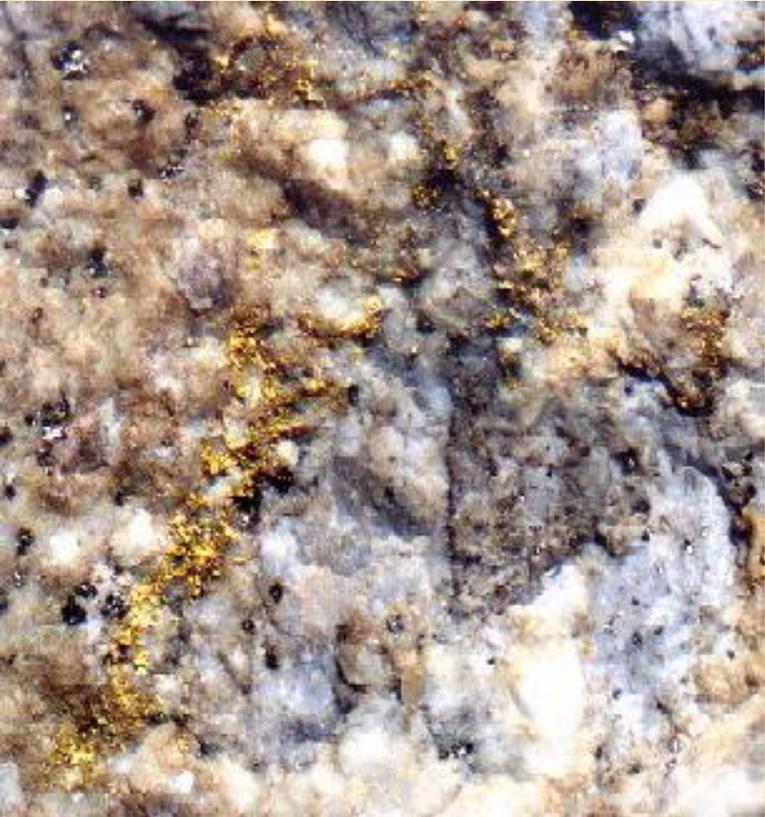
石墨结构



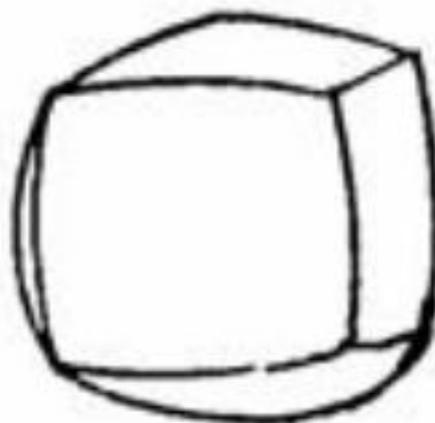
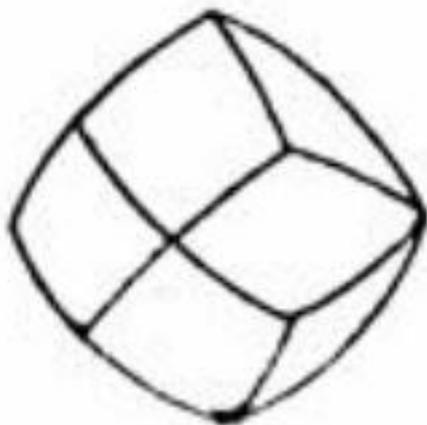
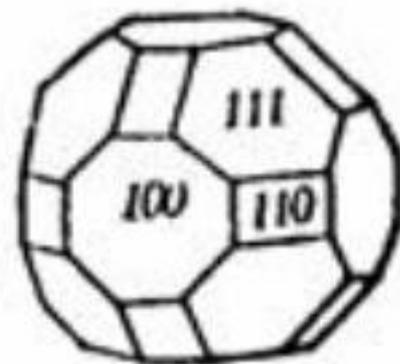
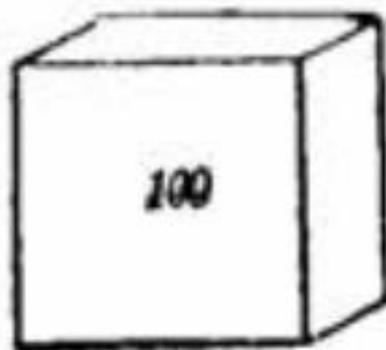
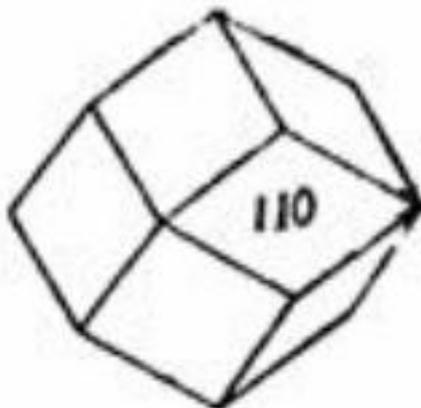
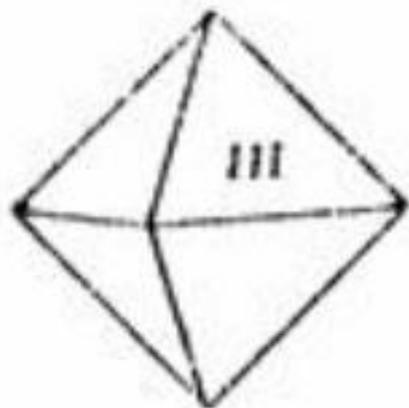
自然硫



矿物鉴定特征



金刚石晶体形态



金刚石鉴定特征



石墨鉴定特征





常林钻石