

## 第三章

---

# 宝石矿物的化学成分

- 1 宝石与地壳中的化学元素
- 2 宝石化学成分的变化—类质同象
- 3 宝石矿物中的水
- 4 宝石矿物的化学式

# 1. 宝石与地壳中的化学元素

## 1.1 地壳中的化学元素

地壳中的化学元素与有100多种，O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg 8种元素占了地壳总质量的98.59%。

20种丰度最高的元素			
元素名称	元素符号	$w_B / \%$	$\varphi_B / \%$
oxygen (氧)	O	46.60	93.77
silicon (硅)	Si	27.72	0.86
aluminum (铝)	Al	8.13	0.47

iron (铁)	Fe	5.00	0.43
calcium (钙)	Ca	3.63	1.03
sodium (钠)	Na	2.83	1.32
potassium (钾)	K	2.59	1.83
magnesium (镁)	Mg	2.09	0.29
titanium (钛)	Ti	0.44	
hydrogen (氢)	H	0.14	
phosphorus (磷)	P	0.10	
manganese (锰)	Mn	0.09	

fluorine ( 氟 )	F	0.063	
barium ( 钡 )	Ba	0.040	
strontium ( 锶 )	Sr	0.038	
sulfur ( 硫 )	S	0.026	
carbon ( 碳 )	C	0.020	
zirconium ( 锆 )	Zr	0.017	
vanadium ( 钒 )	V	0.014	
chlorine ( 氯 )	Cl	0.013	

### 一些丰度较小的元素

元素名称	元素符号	$w_B / \%$
chromium ( 铬 )	Cr	0.010
nickel ( 镍 )	Ni	0.008
zinc ( 锌 )	Zn	0.0065
copper ( 铜 )	Cu	0.0055
cobalt ( 钴 )	Co	0.0025
lithium ( 锂 )	Li	0.0020
nitrogen ( 氮 )	N	0.0020
lead ( 铅 )	Pb	0.0013

boron (硼)	B	0.0010
thorium (钍)	Th	0.0007
cesium (铯)	Cs	0.0003
beryllium (铍)	Be	0.00028
tin (锡)	Sn	0.00020
uranium (铀)	U	0.00018
tungsten (钨)	W	0.00013
silver (银)	Ag	0.000007
platinum (铂)	Pt	0.000001
gold (金)	Au	0.0000004

## 1.2 元素的离子类型

I A		II A												III A				IV A		VA		VIA		VII A		0
Li	Be											B	C	N	O	F						He				
Na	Mg	III B	IV B	VB	VI B	VII B	VIII			IB	II B	Al	Si	P	S	Cl				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	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I				Xe						
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At				Rn						
Fr	Ra	Ac-Lr																								
1		2a					2b			3						4										

1—惰性气体型离子；2—过渡型离子（2a—亲氧性强；2b—亲硫性强）；3—铜型离子；4—惰性气体型原子；

## 1.3 宝石矿物的化学成分

### 1) 单质

组成元素只有一种

### 2) 化合物

由一种以上元素按一定比例组成

#### A. 简单氧化物

成分中阳离子为一种元素，阴离子为氧元素

#### B. 复杂氧化物

组成中阳离子为一种以上的元素

### C.单盐

阳离子为一种元素，但阴离子不是单一元素，而是由阴离子与阳离子组合的阴离子团，也称酸根。

### D.复盐

由一种以上的阳离子组成的盐类

### E.卤化物

组成中阳离子为一种或一种以上的元素，阴离子为F、Cl、Br、I的化合物。

## 2. 宝石化学成分的变化—类质同象

### 2.1 类质同象的概念

晶体结构中某种质点（原子、离子或分子）为他种类似的质点所代替，仅使晶格常数发生不大的变化，而结构形式并不改变。

- ① 按质点替代程度 { 完全类质同象  
不完全类质同象
  
- ② 按质点的电价是否相等 { 等价类质同象  
异价类质同象

## 2.2 形成类质同象的条件

### (1) 原子和离子半径

相互取代的原子或离子，其半径应当相近。在电价和离子类型相同的情况下，类质同象的代换能力随着离子半径差别的增大而减小。

### (2) 总电价平衡

在类质同象代替中，必须保持总电价的平衡。

### (3) 离子类型和化学键

离子类型不同，化学键不同，则它们之间的类质同象代替就不易实现。

#### (4) 温度和压力

温度增高有利于类质同象的发生，而温度降低则将限制类质同象的范围并促使其离溶。

压力的增大将限制类质同象代替的范围并促使其离溶。

#### (5) 组分浓度

一种宝石矿物晶体，其组成组分间有一定的量比。某种组分不足时，将有与之类似的组分以类质同象的方式混入晶格加以补偿。

## 2.3类质同象对宝石物理性质的影响

化学成分

物理性质：颜色、光泽、折射率、相对密度、熔点及硬度等方面。

- 刚玉  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- 绿柱石  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
- 橄榄石  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$
- 托帕石  $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$

### 3. 宝石矿物中的水

#### (1) 吸附水

以中性 $\text{H}_2\text{O}$ 分子的形式被机械吸附于宝石矿物集合体的颗粒表面或裂隙中的水，不写入化学式。

#### (2) 结晶水

以中性 $\text{H}_2\text{O}$ 分子的形式在晶格中占有固定的位置，是矿物化学组成的一部分。

#### (3) 结构水

又称化合水，是以 $(\text{OH})^-$ 、 $\text{H}^+$ 、 $(\text{H}_3\text{O})^+$ 离子形式参加矿物晶格的“水”，其中 $(\text{OH})^-$ 形式最为常见。

## 4. 宝石矿物中的化学式

### (1) 实验式

表示宝石矿物化学成分中各组分数量比的化学式

### (2) 结构式或晶体化学式

不但可以表示出元素的种类和比例，还能表达一定的结构特征。

书写规则：

- 1) 阳离子在前，阴离子在后。如果有一种以上的阳离子，则按碱性强弱的顺序排列。
- 2) 当存在阴离子团时，一定用方括号括起来。

3)当成分中有附加阴离子, 将其排在一般阴离子后面。

4) 当存在类质同象代换时, 应将相互代换的离子置圆括号中, 前后按多少顺序排列, 离子之间用逗号排列。

5) 如成分中含有水分子, 则排在最后, 中间以小圆点居中隔开, 如果水分子数不固定, 可以用n表示。