

# 内生成矿中元素共生组合的物理因素

李金宝<sup>1</sup>, 杨江<sup>1</sup>, 高永宝<sup>2</sup>

(1 长安大学 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054;

2 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 对自然界 90 多种元素的单质密度、沸点与熔点温度进行了统计, 用元素的这些物理数据, 编制了一个“元素物理性质地球化学图”。图中把自然元素分为 5 个亚类, 用温度高低为纵坐标、单质密度大小为横坐标, 建立直角坐标系, 对每种元素进行了坐标定位, 可直观看出自然界中元素以物理性质接近而共生组合, 为矿物学、矿床学、地球化学研究提供了纲领性对比图。提出了“元素的液相温度范围”这一概念, 凡是液相温度范围大的元素在自然界比较分散, 成矿性比较差; 凡是液相温度范围小的元素在自然界比较集中, 成矿性较好。

**关键词:** 元素; 物理性质; 共生组合; 液相温度范围

中图分类号: P594<sup>+</sup>.1 文献标志码: A 文章编号: 1672-6561(2008)03-0260-05

## Physical Factors of Element Association During Process of Endogenetic Mineralization

LI Jin-bao<sup>1</sup>, YANG Jiang<sup>1</sup>, GAO Yong-bao<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Western Mineral Resources and Geological Engineering of the Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract** This paper compiled a geochemical map of physical properties of elements by using the density of elemental substance, boiling point temperature and melting point temperature of more than 90 kinds of elements in the nature. In the map, the natural elements were divided into 5 subclasses and coordinate positioning of each element were done in the rectangular coordinate system with the ordinate of temperature and abscissa of density of elemental substance. Thus the readers could easily understand that the close physical properties of elements lead to mineral association by reading the map. This paper proposed the concept of range of liquid-phase temperature of elements. The elements with large range of liquid-phase temperature were dispersed in the nature and the mineralization was poor. On the contrary, the elements with small range of liquid-phase temperature were concentrated and the mineralization was good.

**Key words:** elements; physical properties; association of elements in mineral; range of liquid-phase temperature

## 0 引言

在传统地球化学理论中, 自然界中元素共生组合主要以其化学性质为依据, 如元素的化合价、原子半径、离子半径以及原子的容积等特征来说明元素的分类及地球化学行为<sup>[1]</sup>。关于元素共生组合的物理因素只是在矿床学及地球化学教课书中简

略提到, 前人未作详细统计归类研究。笔者对自然界 90 多种元素的单质密度、熔点、沸点进行了统计分析研究, 发现在内生成矿作用过程中元素共生组合的物理因素极为重要, 前人在这方面有所忽略。

## 1 元素的分类

关于元素的地球化学分类, 戈尔德史密斯特

(Goldschmidt V M)、费尔斯曼(Ферсман А Ф)、查瓦里茨基<sup>[2]</sup> 等学者主要根据元素在地球中分布的经验总结, 再结合元素周期表进行分类。笔者分类的原则及方法是依据化学分类法把自然元素分为金属元素和非金属元素两大类(图 1)。

在金属元素中, 笔者经过研究认为<sup>[3]</sup>: 以电负性 1.8 为分界, 凡是电负性小于 1.8 的金属元素称为强金属元素亚类。凡是电负性大于 1.8 的金属元素称为弱金属元素亚类(钨、钼两元素电负性小于 1.8, 但是根据其地球化学行为也放在本类元素中)。

电负性等于 1.8 的金属元素介于强金属和弱金属之间, 属于两性元素(铁既是强金属, 又是弱金属)。

稀土放射性元素在地球中丰度值非常低, 这些元素的电负性在 1.1~1.4 之间, 亲氧性强, 其总是形成氧化物, 在花岗岩中质量分数最高, 呈分散状态, 所以单独分为一亚类。把非金属元素分为非气

体元素和气体元素两亚类(图 1)。

## 2 元素物理性质地球化学图编绘

图 1 中横坐标是元素的单质密度<sup>[4]</sup> 由大到小排列。在岩浆矿床中单质密度接近的元素经常一起共生。从表 1 中可以看出, 铜、镍、钴、铁 4 种元素单质密度非常接近, 所以形成与超基性岩有关的铜、镍、钴、铁(主要以磁黄铁矿存在)硫化物矿床。由于钨、钼、钽、钷、铀、钍这几种金属元素单质密度很大, 在重力分异中沉淀到密度大的超基性岩浆中, 所以在超基性岩中这类元素含量最高。图 1 还可看出, 铬的单质密度大于钒、钛, 所以在超基性岩中形成铬铁矿床; 而钒钛的单质密度小, 所以这两种元素形成了与基性辉长岩有关的钒钛磁铁矿床。铅和银的单质密度非常接近, 在自然界中这两种元素密切共生。

表 1 不同类型元素按单质密度大小排列

Tab. 1    Array of Different Elements by Density of Elemental Substance															$\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$		
重 金 属 和 弱 金 属 元 素																	
元素符号	Os	Ir	Pt	Re	W	Au	Ta	Hg	Ru	Rh	Pd	Tl	Tc	Hf	Pb	Ag	Mo
单质密度	23	23	21	21	19	19	17	14	13	12	12	12	11	11	11	11	10
重 金 属 和 弱 金 属 元 素															稀土放射性元素		
元素符号	Bi	Po	Cu	Ni	Co	Cd	Nb	Fe	In	Zn	Sb	Ga	Sn	Ge	Np	U	Am
单质密度	10	9	9	9	9	8.6	8.4	7.8	7	7	6	6	5	5	20	19	12
稀 土 放 射 性 元 素																	
元素符号	Th	Lu	Tm	Er	Ho	Dy	Tb	Gd	Sm	Yb	Ce	Pr	La	Ra	Eu	Pu	Nd
单质密度	12	10	9	9	9	9	8	8	7.5	7	7	6	6	6	?	?	?
强 金 属 元 素																	
元素符号	Fe	Mn	Cr	Zr	V	Ti	Y	Ba	Sc	Al	Sr	Cs	Be	M	Ca	Rb	Na
单质密度	7.8	7.4	7.2	6.5	6.1	4.5	4.5	3.5	3	2.7	2.6	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1
强金属元素						非 金 属 元 素								气体元素			
元素符号	K	Li	Fr	Te	As	I	Se	Br	B	Si	C	S	P	At	Cl	Xe	Kr
单质密度	0.9	0.5	?	6	5.7	5	4.7	3.7	2.3	2.3	2.3	2	1.8	?	3.1	3	2.6
气 体 元 素																	
元素符号	F	Ar	Ne	O	N	He	H	Rn									
单质密度	1.5	1.4	1.2	1.1	0.8	0.12	0.07	?									

图 1 中纵坐标显示温度数值由下高到上低排列。每类元素表的左侧把该类元素按其沸点<sup>[4]</sup> 由高到低从下向上排列。图 1 还可以看出, 自然界中许多元素以沸点接近而共生。如金、铁的沸点接近, 所以自然界主要载金矿物是黄铁矿; 钼、铌的沸点接近, 所以铌主要含在辉钼矿中; 铬与铁的沸点

接近, 所以在岩浆矿床中铬铁矿与磁铁矿共生; 锆、铪以沸点接近而共生; 铝、镓的沸点几乎相等, 世界镓矿主要来源于铝土矿的副产品。岩石圈中绝大部分镓都隐藏在各种不同成因的大量含铝的矿物中, 特别是硅酸盐及其他含铝的化合物中<sup>[5]</sup>。铷、铯由于沸点接近在自然界共生。

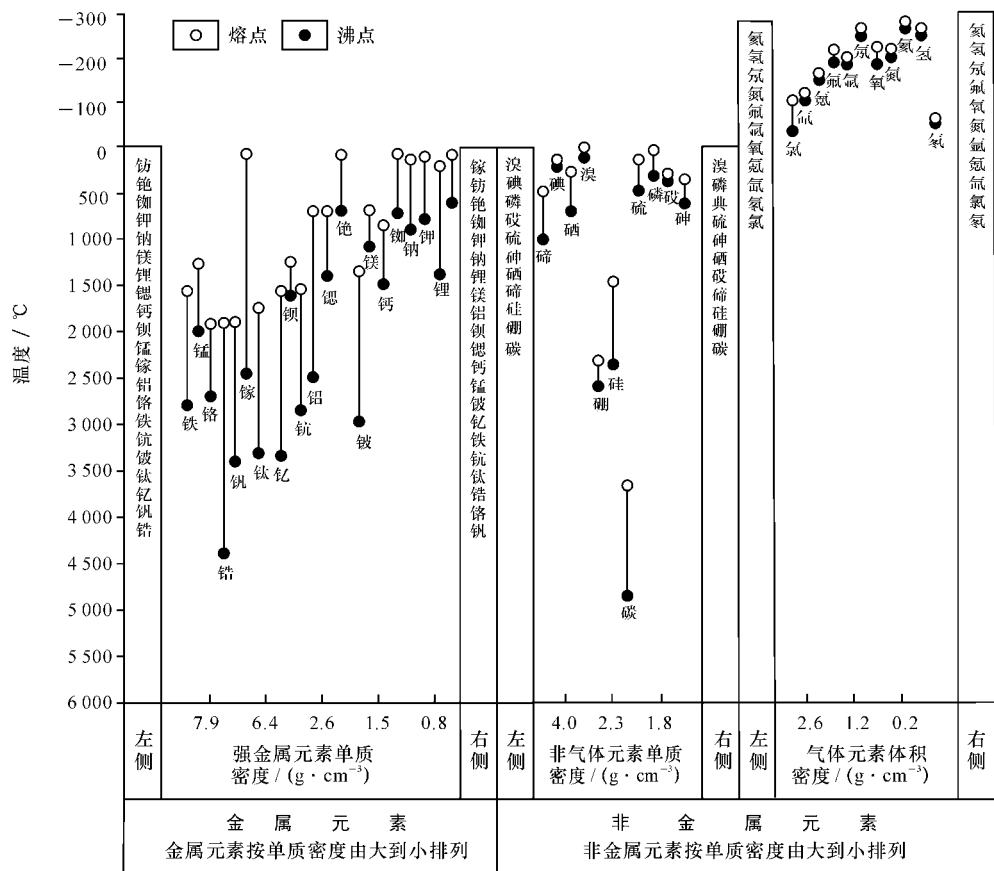
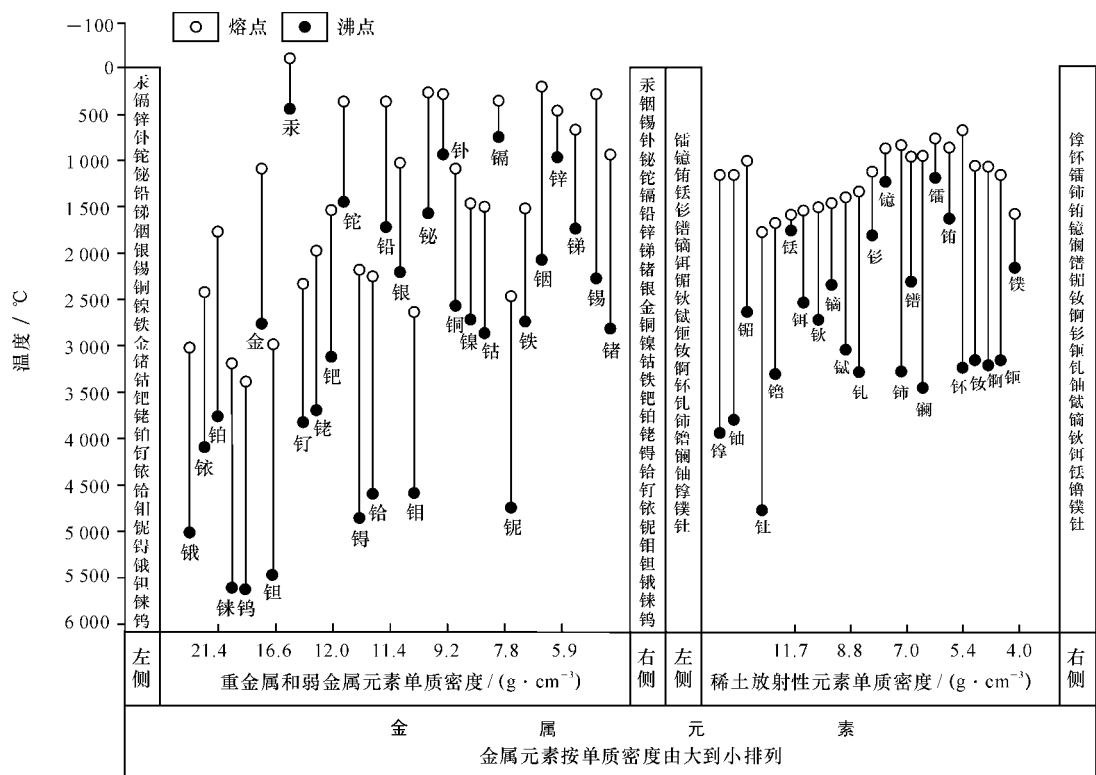


图 1 元素物理性质地球化学

Fig. 1 A Geochemistry Figure of Physical Properties of Elements

共生关系较密切, 这些元素有: 铷铯、铅铊、锑铋、 共生关系不密切。图 1 还可以看出, 铯和铷的熔

点、沸点、单质密度几乎相等, 由于铋的电负性是 1.9, 形成硫化物与辉钼矿共生; 钨的电负性是 1.7, 形成氧化物, 所以铋很少与钨一起共生。

3.5 矿物类质同象的判别

在闪锌矿中有各种类质同象混入物, 由于铁、锰的熔点高, 所以在高温条件下形成的闪锌矿含铁、锰高, 呈黑色; 镉、铊的熔点分别为 321℃、303℃, 远低于锌的熔点温度, 所以在低温条件下形成的浅色闪锌矿富含镉、铊元素(表 2)。由于银的沸点、熔点温度比铅高, 所以高温形成的方铅矿含银高, 低温形成的方铅矿含银低。

表 2 不同形成温度和不同颜色的闪锌矿中镉含量<sup>[5]</sup>

Tab. 2 Content of Cd of Sphalerites in Different Colors and Forming Temperatures			
形成温度	颜色	矿物	w(Cd)/10 <sup>-6</sup>
高温	黑色	富铁闪锌矿	900~1 700
中温	红褐色	闪锌矿	790~5 000
低温	黄白色	闪锌矿	1 500~7 600

3.6 利用熔点温度对深部矿体、矿石品位的判别

在地表矿石中汞、镓、铟、锡等这些低熔点的微量元素含量很高, 说明地表是矿体的顶部(因为这些熔点低的元素在热液成矿作用过程中总是迁移到低温区矿化), 深部矿体会更大, 矿石品位更富; 如果地表矿石中汞、镓、铟、锡等低熔点的元素含量小, 说明矿体剥蚀到中部或底部, 深部矿体、矿石品位会变差。如果是多期叠加矿化, 就不是这么简单的判别, 应灵活掌握应用。

4 结语

(1)在内生矿床中元素的单质密度、熔点、沸点接近者共生关系最密切; 热液矿床中元素以熔点接

近而共生组合。高温时熔点高的元素在矿物中形成类质同象; 低温时熔点低的元素在矿物中形成类质同象。

(3)内生成矿中元素分散富集的因素主要是由元素的液相温度范围所决定。凡是液相温度范围大的元素在自然界比较分散, 成矿性比较差; 凡是液相温度范围小的元素在自然界比较集中, 成矿性较好。

(4)元素的地球化学性质既有化学因素, 又有物理因素, 笔者提出的元素共生组合的物理因素仅是对传统地球化学的一种补充和完善。

参考文献:

[ 1 ] 武汉地质学院地球化学教研室. 地球化学[ M ]. 北京: 地质出版社, 1975.

[ 2 ] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[ M ]. 北京: 地质出版社, 1979.

[ 3 ] 李金宝. 地球形成过程中元素的化合规律[ J ]. 现代学术研究杂志, 2007(4): 10-11.

[ 4 ] 张向于. 实用化学手册[ M ]. 北京: 国防工业出版社, 1986.

[ 5 ] 刘英俊, 曹励明. 元素地球化学[ M ]. 北京: 科学出版社, 1986.

[ 6 ] 顾庆超, 楼书聪. 化学用表[ M ]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1979.

[ 7 ] 胡能高, 苏建平, 张海峰, 等. 金佛寺岩体地球化学特征及成因[ J ]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(1): 5-12.

[ 8 ] 刘新会, 刘 爽, 李 渊, 等. 丁家山古楼山金矿床成矿流体储运规律[ J ]. 地球科学与环境学报, 2006 28(1): 24-27.

[ 9 ] 高晓理, 彭明兴, 胡长安, 等. 新疆彩霞山铅锌矿床流体包裹体研究[ J ]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(2): 25-29.

[ 10 ] 朱广彬, 刘国范, 姚新年, 等. 东秦岭铅锌银金钼多金属成矿带成矿规律及找矿标志[ J ]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(1): 44-52.