

分散元素成矿专属性探讨

张 乾,刘玉平,叶 霖,邵树勋

中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学重点实验室,贵阳,550002

摘 要: 主要介绍分散元素富集矿床类型的成矿专属性特点。研究发现,不同的分散元素与特定类型的金属矿床有着对应关系,相应类型的矿床也就是目前最常见和最主要的分散元素矿床类型。产生这种成矿专属性的原因之一是分散元素与对应的主成矿元素之间具有紧密的关系,它们可一同活化、迁移和沉淀成矿。分散元素成矿专属性提示其找矿的重点应该更多地关注与之对应矿床类型的发现和找寻。

关 键 词: 分散元素;分散元素矿床;矿床类型;成矿专属性

中图分类号: P618.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2008)03-0247-07

Study on Specialization of Dispersed Element Mineralization

ZHANG Qian, LIU Yu-ping, YE Lin, SHAO Shu-xun

State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences,
Guiyang 550002, China

Abstract: This paper mainly introduces the specialization characteristics of the dispersed element mineralization. The recent research results show that there exist the corresponding relationships between different dispersed elements and the specific metal deposit types. The mineralization specialization is caused by the close relations between the dispersed elements and the corresponding host ore-forming element. One of the dispersed elements with the corresponding host ore-forming element together activate, migrate and precipitate to form the dispersed element deposit. Existence of the mineralization specialization prompts us that prospecting emphasis of the dispersed element deposits should pay more attention to the corresponding ore deposit types.

Key words: dispersed elements; dispersed element deposit; type of ore deposits; specialization of Mineralization

近 20 年对分散元素成矿作用的研究,不但证实分散元素能够形成矿床,而且发现其具有成矿专属性,这种专属性主要表现在不同的分散元素通常在某一种类型的矿床中能够达到超常富集。本文介绍了分散元素成矿专属性的主要特点,并从分散元素与主成矿元素的关系方面探讨它们一起活化、迁移和富集成矿的机制。

1 分散元素成矿专属性

张乾^[1]认为,分散元素富集的矿床类型具有专属性特点,这种专属性可表述为,我们常说的 8 种分

散元素与其所富集的矿床类型具有对应关系,例如:

(1) Cd —— 铅-锌矿床。无论是哪种成因类型的铅-锌矿床,只要有大量闪锌矿存在, Cd 都能富集到一定规模,但能形成像牛角塘矿床那样真正富 Cd 的 Zn-Cd 矿床为数不多。

(2) In —— 锡石硫化物矿床和富锡的铅-锌矿床。尽管 In 不能成为独立矿床,但由于我国锡石硫化物矿床规模巨大,某些典型矿床中 In 的储量可达数千吨,如大厂、都龙、个旧、白牛厂等矿床。据张乾等^[2,3],全世界不含锡的铅-锌矿床矿石中 In 的含量都在 10 $\mu\text{g/g}$ 以下,而那些含锡且锡不是主要有用

组分的铅锌矿床中,In 能够得到超常富集,形成伴生铟矿床,典型实例有孟恩陶勒盖、锡铁山、银山等矿床。

(3) Ga ——铝土矿床和中-低温铅锌矿床。铝土矿中 Ga 的含量一般为 $20 \mu\text{g/g} \sim 250 \mu\text{g/g}$,且主要富集在一水铝石中。山西、贵州、河南、广西、山东、四川、云南、河北、陕西、湖北十个铝资源大省的 310 个铝土矿中一水铝石型占 306 个,都蕴藏着丰富的镓资源。许多中-低温热液型铅-锌矿床中都不同程度地含 Ga,但只有少数矿床如凡口、大宝山等 Ga 的富集程度才称得上超常富集。

(4) Ge ——中-低温铅锌矿床和煤矿床。川滇黔交界地区与岩浆活动无明显关系的铅-锌矿集区内,多数矿床都存在 Ge,其中一些矿床中 Ge 的含量高于综合利用指标 5~10 倍以上,锗的储量都在数百吨以上,可以称之为伴生锗矿床。与煤有关的锗矿床规模巨大,是真正意义上的独立锗矿床,如乌兰图嘎和临沧锗矿。据陈旺等^[4],在呼伦贝尔市伊敏煤田五牧场一区发现煤层中含 Ge,最高达 $400 \mu\text{g/g}$,推测储量为 2000 t。

(5) Re ——铜-钼矿床、砂岩型铀矿。铜-钼矿床中都或多或少地伴生有 Re。王正其等^[5,6]研究发现,新疆伊犁盆地砂岩型铀矿中 Re 富集体宽约 200~300 m,平均含量为 $0.28 \mu\text{g/g}$,最高达 $2.3 \mu\text{g/g}$,富集系数平均达 560 倍,最高 4600 倍。

(6) Tl ——低温砷-汞-锑矿床、低温黄铁矿床。与低温砷-汞-锑有关的铊矿床早已为大家所熟悉。安徽省地矿局于 1980 年在安徽和县西北约 20 km 的香泉地区发现的香泉铊矿床,Tl 主要存在于细粒黄铁矿中,发现有 3 种铊矿物,矿石含 Tl ($100 \sim 230 \mu\text{g/g}$),已经圈出多个铊矿体,铊的储量达 300 多吨^[7,8]。这是一例仅以 Tl 为可利用元素的分散元素矿床。

(7) Se ——黑色岩系中的硒矿床、个别铅-锌矿床、砂岩铀矿床。黑色岩系中的硒矿床能够成为独立硒矿床^[9]。新近的资料显示,伊犁盆地的砂岩型铀矿床也富集硒,并能够圈出独立硒矿体^[5,6]。而铅-锌矿床真正富硒能够达到伴生矿床者仅属个别现象如云南富乐矿床^[10]。

(8) Te ——碲-金矿床。某些金矿床中富含 Te,有些构成碲-金矿床^[9],但是并不是所有的金矿床都富碲。Te 主要富集在与碱性岩浆活动有关的金矿床中^[11]。Te 的富集与金矿床类型的关系尚不清

楚。海底多金属结核的 Te 含量为 $3.7 \mu\text{g/g} \sim 48.1 \mu\text{g/g}$,平均 $15.85 \mu\text{g/g}$,富钴结壳的 Te 含量为 $44.2 \mu\text{g/g} \sim 57.7 \mu\text{g/g}$,平均 $52.27 \mu\text{g/g}$ ^[12],太平洋、大西洋和印度洋等地区 245 件富钴结壳分析发现^[13],Te 含量为 $3 \mu\text{g/g} \sim 205 \mu\text{g/g}$,平均 $46 \mu\text{g/g}$ 。与金属矿床中的碲相比,海底结核中的 Te 达到了碲矿床的富集程度。可见,Te 的大规模成矿在现代海底。李傲仙等^[14]研究发现,现代海底结核中 Te 来源于宇宙尘。然而地质历史中有无这种成因的 Te 富集作用尚待研究。

近几年的调查研究证明,分散元素的成矿专属性是成立的,例外的情况也是存在的。据陈旺等^[4]资料,内蒙古牙克石 1227 铍矿为一独立铍矿床,伴生有 In、Re、Ge、Cd 四种分散元素,其保有储量为:Be 34.2 t、In 324 t、Re 99 t、Ge 534 t、Cd 3726 t。但目前仍不清楚这几种分散元素以何种状态存在。云南富乐中型规模的铅-锌矿床铋储量约为 35 万 t,矿石平均含 Ga $27 \mu\text{g/g}$,Ge $13 \mu\text{g/g}$,Se $63 \mu\text{g/g}$,Cd $3869 \mu\text{g/g}$;闪锌矿平均含 Ga $86 \mu\text{g/g}$,Ge $135 \mu\text{g/g}$,Se $163 \mu\text{g/g}$,Cd $16183 \mu\text{g/g}$,在闪锌矿中的金属量分别约为 120 t、220 t、750 t 和 7500 t^[10]。像这样多个分散元素同时在一个矿床富集并且都能达到相当规模的矿床并不多见。也正是分散元素富集的这种矿物专属性特点,使得多个元素同时富集于同一种矿石矿物中,因而具有更加重要的经济价值。

杨敏之^[15]将中国的分散元素划分为 5 个成矿域和 10 个成矿区,包括了 272 个伴生和独立分散元素矿床。从理论上讲,这些矿床可以称作伴生或独立分散元素矿床,但从价格、经济效益和可利用性等方面来看,许多矿床中的分散元素达不到矿床级规模。根据笔者的分析测试结果来看,很多金矿并不富集碲,很多铅-锌矿床除含有不同数量的 Cd 以外,Ga、Ge、In、Se、Tl 都没有达到超常富集的程度,矿石中这些分散元素含量都在可利用指标上下摆动。笔者认为,只有当矿床中共(伴)生分散元素具有较高的含量,并且赋存在可利用的主矿石矿物中,能够计算出较大的储量时,才能将其称作共(伴)生分散元素矿床。

2 共(伴)生矿床中分散元素与主金属元素的关系

2.1 共(伴)生矿床的含义

从现有的资料分析,有些分散元素可以形成独

立矿床,主要有 Tl、Se、Ge;其共同的特点是,每一种分散元素都可以形成共(伴)生矿床。

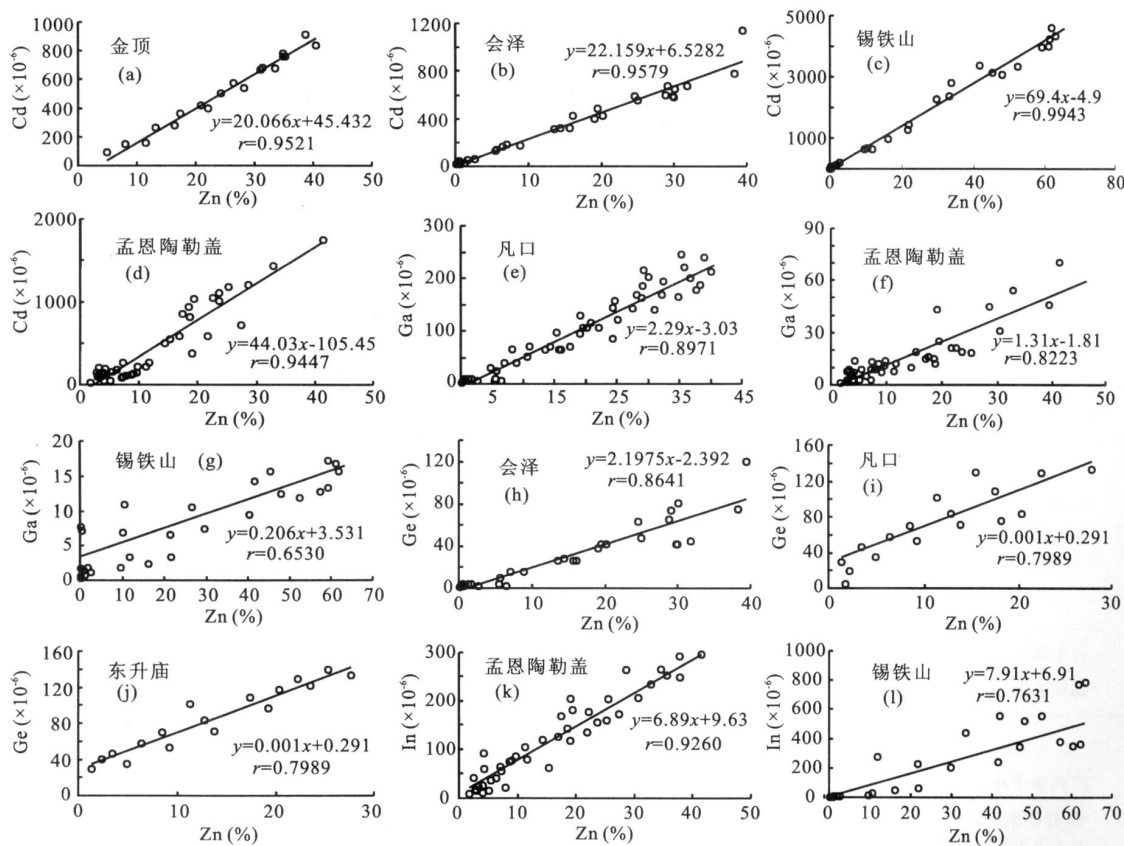
关于独立、共生、伴生分散元素矿床,除了分散元素在矿石中的含量和储量外,还可以这样来理解:独立分散元素矿床是指只有某种分散元素可以利用,其他非分散元素在当前的经济技术条件下不具利用价值。如煤型锗矿、以独立矿物为主的铊矿和黑色岩系中的硒矿等。共生分散元素矿床是指除某种分散元素可以利用外,还有其他可以利用的元素,且其他元素的矿物不是分散元素的主要载体矿物,分散元素不能在选冶过程中被同时选出;需要单独的选冶流程,如砂岩铀矿中的 Re 和 Se,Te-Au 矿床中的 Te 等。伴生分散元素矿床是指分散元素主要赋存在其他元素组成的矿石矿物中,只要将这种载体矿物选出,分散元素也一同随着被选出来,不需要单独的选矿流程,在冶炼过程中即可综合回收,伴生

分散元素矿床几乎可以包括所有的分散元素。因此,分散元素矿床的划分主要取决于分散元素在矿床中的存在形式。

2.2 共(伴)生矿床中分散元素与主金属元素的关系

最能说明问题的是铅-锌硫化物矿床中伴生的 Cd、Ga、Ge、In。一般来说,伴生矿床中的分散元素与有关的主金属元素之间具有密切关系。

在富含 Cd、Ga、Ge、In 的铅-锌硫化物矿床的矿石中,这几个分散元素的含量都与矿石中 Zn 的含量有很好的线性关系(图 1),Zn 在矿石中主要以闪锌矿存在。这说明铅-锌硫化物矿床中的 Cd、Ga、Ge、In 主要存在于闪锌矿中。此外,Se 取代 S 也可以进入闪锌矿,如云南富乐铅-锌矿床仅闪锌矿携带的硒储量就达 750 t^[10]。因此,闪锌矿对于分散元素的富集具有非常重要的作用。



a~d: Cd 与 Zn 的关系;e~g: Ga 与 Zn 的关系;h~j: Ge 与 Zn 的关系;k~l: In 与 Zn 的关系

a~d: relationship between Cd and Zn; e~g: relationship between Ga and Zn;

h~i: relationship between Ge and Zn; k~l: relationship between In and Zn

图 1 中国部分铅锌硫化物矿床矿石中 Cd、Ga、Ge、In 与 Zn 的关系

Fig. 1 Relationships between Cd, Ga, Ge, In and Zn of ores from some Pb-Zn sulfide deposits in China

与独立矿床不同的是,共伴生矿床中分散元素的携带矿物是矿床中最主要的工业矿物,即使不含分散元素,也是工业利用的主要矿物(如闪锌矿)。也就是说,伴生矿床中的分散元素,可以不用单独建矿开采,不必建立单独的分选流程,只要将载体矿物选出来就可以利用,省去了很多前期耗资巨大的投资过程,具有更大的经济价值。中国共伴生的分散元素矿床很多,但综合利用率还很低,这不仅会造成资源的巨大浪费,而且未能回收的分散元素还会破坏环境。在当前资源短缺的情况下,国家也非常重视共伴生矿床的综合利用。在这方面还有大量的工作要做,尤其是如何做到低成本、高效率的综合利用是当前应该解决的重大理论和技术问题。

3 分散元素成矿专属性及常形成伴生矿床的一种可能的原因

分散元素可以形成矿床的理论问题已经得到了解决^[9]。但是自然界形成的分散元素矿床还是以共

(伴)生矿床居多,过去常用分散元素在自然界含量极低及其分散属性来解释这一问题,然而,镓的丰度并不低,却很难形成独立矿床。

分散元素富集成矿的专属性是自然界存在的一种成矿属性,然而,除了分散元素与对应的主成矿元素之间有密切关系的解释外,还没有得到其他更具说服力的证据。许多伴生矿床中的分散元素的富集离不开与其具有紧密关系的主金属元素,如铅-锌矿床中的 Cd、Ga、Ge,只有当矿床以 Zn 为主时,Cd 才能富集成为大矿,以 Pb 为主时,Cd 的含量和总量并不高;铅-锌矿床中如果没有 Sn,In 的含量一般都很低,甚至不具利用价值,只有那些锡-铅-锌组合的矿床,In 才有可能在矿石中富集。这种现象可能预示着,Cd、Ga、Ge 的富集与 Zn 有关,In 的富集与 Sn 有关。那么,这种关系的实质是什么?

Zhang 等^[16]对富铟和贫铟矿床的对比研究结果对回答上述问题提供了有力证据,5 个矿床矿石与成矿流体中 In、Sn、Pb、Zn 含量的分析结果见表 1 所示。

表 1 中国某些富铟与贫铟矿床矿石及成矿流体中主要成矿元素含量
Table 1 Contents of the major metallic elements in ores and quartz fluid inclusions from some indium-rich and poor deposits in China

					μg/ g			
类型	矿 床	样品号	产状及矿石	矿石/ 矿物	In	Sn	Zn	Pb
富铟矿床	广西大厂	GD-10	92 号矿体	矿石/ 石英	132/ 3. 6	4600/ 37	148400/ 208	16600/ 35
		GD-14	91 号矿体	矿石/ 石英	185/ 3. 3	7400/ 39	162300/ 221	8200/ 33
		GD-21	91 号矿体	矿石/ 石英	192/ 2. 7	6700/ 19	159900/ 216	12000/ 48
		GD-31	91 号矿体	矿石/ 石英	236/ 4. 1	6300/ 55	210500/ 309	21100/ 52
	内蒙古孟恩陶勒盖	M-8	V1 矿体	矿石/ 石英	123/ 2. 8	3100/ 21	95400/ 195	44300/ 62
		M-20	V1 矿体	矿石/ 石英	179/ 3. 5	4200/ 36	176800/ 294	32900/ 58
		M-21	V1 矿体	矿石/ 石英	123/ 2. 4	3900/ 14	152200/ 268	31800/ 66
		M-25	V8 矿体	矿石/ 石英	149/ 2. 9	1800/ 15	110100/ 194	57900/ 73
		M-34	V11 矿体	矿石/ 石英	98/ 1. 9	1300/ 7	126000/ 211	38900/ 54
	云南都龙锡锌矿床	MJ-56	曼家寨	矿石/ 石英	138/ 2. 5	4800/ 17	146300/ 211	16800/ 43
		MJ-58	曼家寨	矿石/ 石英	147/ 3. 1	2900/ 28	151600/ 234	3700/ 22
贫铟矿床	广西佛子冲铅-锌矿床	F-9	牛卫矿段	矿石/ 石英	11/ 0. 03	60/ 2	173100/ 217	39400/ 49
		F-23	刀支口	矿石/ 石英	8/ 0. 03	20/ 0. 9	135600/ 188	32500/ 31
		F-26	刀支口	矿石/ 石英	12/ 0. 05	50/ 1. 1	210400/ 229	42200/ 58
		F-33	刀支口	矿石/ 石英	4/ 0. 08	10/ 1. 4	239700/ 257	30100/ 47
	辽宁桓仁铅-锌矿床	FC-12	主矿体	矿石/ 石英	5/ 0. 09	10/ 0. 4	85500/ 164	70900/ 74
		FC-24	主矿体	矿石/ 石英	3/ 0. 06	30/ 0. 6	69400/ 179	59600/ 81

注:所有样品都为各矿床相应矿体的石英-硫化物矿石;矿石中的 Pb 和 Zn 用湿化学法分析,单位为 mg/ kg,其余用 ICP-MS 分析;斜线前后分别表示矿石中含量/ 成矿流体中含量

从表 1 可以得到如下信息：

(1) 富铟矿床与贫铟矿床相比,矿石和成矿流体各自的铅、锌含量没有明显的差别,但是贫铟矿石和成矿流体中的 In、Sn 含量比富铟矿石低 1~2 个数

量级(图 2)。表明富铟矿床中 In 和 Sn 同时富集,即在 Sn 没有大量进入成矿流体时,In 也很难进入成矿流体。

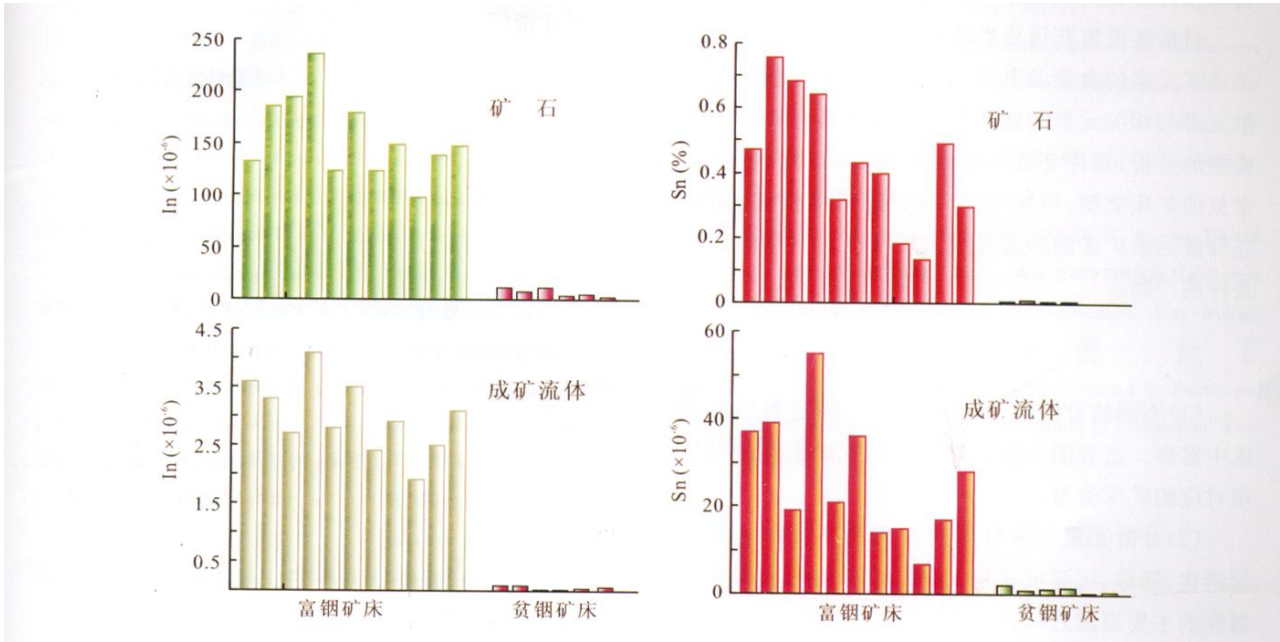
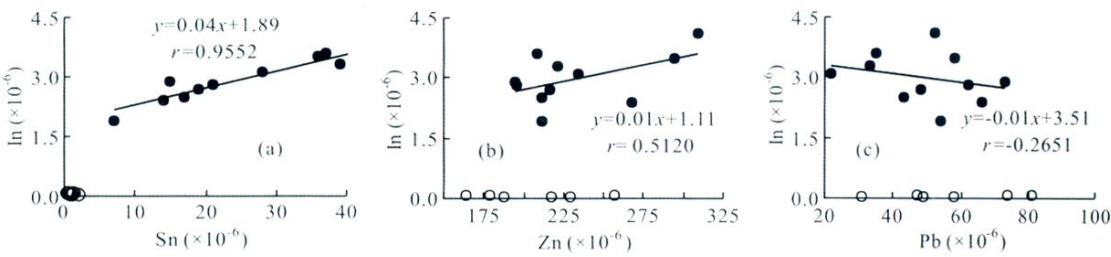


图 2 富铟与贫铟矿床矿石及成矿流体中铟和锡的含量对比

Fig. 2 Acomparison of indium with tin in ores and ore-forming fluids from some indium-rich and -poor deposits in China

(2) 矿石中 80 %的 In 都进入闪锌矿,In 与 Zn 有很好的正相关关系,少部分 In 进入锡矿物,导致 In 与 Sn 也有较好的正相关性,In 与 Pb 呈现负相关。而成矿流体中的 In 与 Sn 具很好的正相关性,

与 Zn 的相关性不明显,与 Pb 也呈负相关(图 3)。表明矿石中 In 与 Zn 关系最密切,而成矿流体中 In 与 Sn 关系最密切。



实心圆代表富铟矿床,空心圆代表贫铟矿床

Solid circles are the indium-rich deposits, and the open circles are the indium-poor deposits

图 3 富铟和贫铟矿床成矿流体中 In 与 Sn、Pb、Zn 的关系

Fig. 3 Relationships between In and Sn, Pb and Zn in ore-forming fluids from some indium-rich and -poor deposits in China

(3) 富含铟的成矿流体是富铟矿床形成的物质基础。在氧化条件下,In 似乎有亲铁性,在岩石中与 Sn 都富集于含铁造岩矿物中,有时能富集于褐铁矿中,这时,铟与锡有相似的地球化学性质,材料工业中利用这一性质将二者制成合金。地质过程中

的活化-迁移是在氧化条件下进行的。因此推测,当 Sn 存在时,In 与 Sn 很可能共同形成某种不可分割的络合物一起迁移,这种络合物对 In 的富集可能是不可或缺的。

(4) 热液体系中 In 是一种亲铜(硫)性很强的元

素,很少形成铟矿物,通常替换矿物中与其离子半径相近的其他元素^[17]。In³⁺ 六配位时的离子半径(0.081 nm)与 Zn²⁺ 的离子半径(0.071 nm)接近,沉淀时常富集在锌的硫化物中。这是矿石中铟与锌具有很好正相关性的原因。

目前还没有获得成矿流体中其他分散元素和相关成矿元素的含量及其关系的更多资料,但根据分散元素与相关元素的地球化学性质及其对应的矿床类型的分析,每种分散元素的富集成矿都有各自最常见的矿床类型,可能与 In 的上述情形类似,而独立分散元素矿床的形成在很大程度上是苛刻的成矿条件的产物。

4 结 论

(1)不同的分散元素通常在某一特定类型的矿床中富集。这表明分散元素矿床的找矿重点是与之相对应的矿床类型。

(2)分散元素与各自紧密相关的主成矿元素一起活化、迁移、沉淀成矿的过程,可能是产生成矿专属性的主要原因之一。

(3)随着研究的深入,新的分散元素矿床类型还将被发现。

参考文献 (References) :

[1] 张乾,朱笑青,高振敏,潘家永. 中国分散元素富集与成矿研究新进展[J]. 矿物岩石地球化学通报,2005,24(4):342-349.
Zhang Qian, Zhu Xiaqing, Gao Zhenmin, Pan Jiayong. A review of enrichment and mineralization of the dispersed elements in China [J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 2005, 24(4): 342-349. (in Chinese with English abstract)

[2] Zhang Q, Zhan X Z, Pan J Y, Shao S X. Geochemical enrichment and mineralization of indium [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1998, 17(3): 221-225.

[3] 张乾,刘志浩,成新志,邵树勋. 分散元素铟富集的矿床类型和矿物专属性[J]. 矿床地质,2003,22(1):309-316.
Zhang Qian, Liu Zhihao, Zhan Xinzh, Shao Shuxun. Specialization of ore deposit types and minerals for enrichment of indium [J]. Mineral Deposits, 2003, 22(1): 309-316. (in Chinese with English abstract).

[4] 陈旺,徐锡华,孙中庆,汪建宇. 重视内蒙古分散元素矿产资源的开发与利用[J]. 地质找矿论丛,2005,20(4):248-253.
Chen Wang, Xu Xihua, Sun Zhongqing, Wang Jianyu. Attention to development and utilization of the dispersed element

mineral resources in Inner Mongolia [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2005, 20(4): 248-253. (in Chinese with English abstract)

[5] 王正其,潘家永,曹双林,管太阳,张国玉. 层间氧化带分散元素铼与硒的超常富集机制探讨——以伊犁盆地扎吉斯坦层间氧化带砂岩型铀矿床为例[J]. 地质论评,2006,52(3):358-362.
Wang Zhengqi, Pan Jiayong, Cao Shuanglin, Guan Taiyang, Zhang Guoyu. Super-enriching mechanism of disperse elements Re and Se in interlayer oxidation —A case study of the Zhajistan interlayer oxidation zone sandstone-type uranium deposit, Ili Basin, Xinjiang [J]. Geological Review, 2006, 52(3):358-362. (in Chinese with English abstract)

[6] 王正其,管太阳,李子颖. 层间氧化作用下分散元素独立成矿的可能性[J]. 矿物岩石地球化学通报,2007,26(1):94-97.
Wang Zhengqi, Guan Taiyang, Li Ziyang. Possibility of the independent mineralization of the dispersed elements (e. g. Re, Se) under interlayer oxidation [J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 2007, 26(1): 94-97. (in Chinese with English abstract)

[7] 吴明安. 安徽香泉铊矿床的地质特征研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2006,29(12):1571-1576.
Wu Ming'an. Study of geologic characteristics of the Xiangquan thallium deposit, Anhui Province [J]. Journal of Hefei University of Technology, 2006, 29(12): 1571-1576. (in Chinese with English abstract)

[8] 范裕,周涛发,袁峰,张千明,吴明安,侯明金,胡清华. 安徽和县香泉独立铊矿床的地质地球化学特征及成因探讨[J]. 矿床地质,2007,26(6):597-608.
Fan Yu, Zhou Taofa, Yuan Feng, Zhang Qianming, Wu Ming'an, Hou Mingjin, Hu Qinghua. Geological-geochemical features and genesis of Xiangquan independent thallium deposit in Hexian County, Anhui Province [J]. Mineral Deposits, 2007, 26(6): 597-608. (in Chinese with English abstract)

[9] 涂光炽,等. 分散元素地球化学及成矿机制[M]. 北京:科学出版社,2003:1-407.
Tu Guangchi, et al. Geochemistry and mineralization of the dispersed elements [M]. Beijing: Science Press, 2003, 1-407. (in Chinese)

[10] 司荣军. 云南省富乐分散元素多金属矿床地球化学研究[D]. 贵阳:中国科学院地球化学研究所,2005.
Si Rongjun. Study on geochemistry of the Fule dispersed element poly-metallic deposit in Yunnan [D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2005. (in Chinese with English abstract)

[11] 司荣军,顾雪祥,周登诗,高鹏,杨升岐. 分散元素——金矿床中应引起注意的地球化学信息[J]. 地质与勘探,2006,42

(1) :68 - 71.

Si Rongjin , Gu Xuexiang , Zhou Dengshi , Gao Peng , Yang Shengqi. Dispersed elements: Geochemistry information in gold deposits should be paid attention [J]. Geology and Prospecting , 2006 , 42(1) : 68 - 71. (in Chinese with English abstract)

[12] 韩丽荣,李冰,马新荣. 乙醇增强-电感耦合等离子体质谱法直接测定地质样品中碲[J]. 岩矿测试,2003 , 22(2) :98 - 102.

Han Lirong , Li Bing , Ma Xinrong. Direct determination of tellurium by inductively coupled Plasma Mass Spectrometry with ethanol as a signal enhancer [J]. Rock and Mineral Analysis , 2003 , 22(2) :98 - 102. (in Chinese with English abstract)

[13] Hein J R , Koschinsky A , Halliday A N. Global occurrence of tellurium-rich ferromanganese crusts and a model for the enrichment of tellurium [J]. Geochim. Cosmochim. Acta , 2003 , 67(6) : 1117 - 1127.

[14] 李傲仙,李延河,乐国良. 深海沉积物中碲异常的成因[J]. 地球科学,2005 , 26(增刊) :186 - 189.

Li Aoxian , Li Yanhe , Yue Guoliang. The cause for tellurium enrichment in deep-sea sediments [J]. Acta Geoscientica Sinica , 2005 , 26(supp.) : 186 - 189. (in Chinese with English abstract)

[15] 杨敏之. 分散元素矿床成矿区划、分布规律、找矿-综合利用方向[J]. 地质找矿论丛,2008 , 23(1) :1 - 10.

Yang Minzhi. Division , distribution pattern of the disperse element ore deposits and the ore-searching and comprehensive utilization direction [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research , 2008 , 24(1) : 1 - 10. (in Chinese with English abstract)

[16] Zhang Q , Zhu X Q , He Yuliang , Zhu C H. In , Sn , Pb and Zn contents and their relationships in ore-forming fluids from some In-rich and In-poor deposits in China[J]. Acta Geologica Sinica , 2007 , 81(3) : 450 - 462.

[17] Yi W , Halliday A N , Lee D-C , Christensen J N , Indium and tin in basalts , sulfides , and the mantle [J]. Geochim. Cosmochim. Acta , 1995 , 59 : 5081 - 5090.

·学会之声·

全国第五次火山学术研讨会 纪 要

全国第五次火山学术研讨会于2008年6月10~12日在雁荡山世界地质公园召开。会议由我会岩浆岩专业委员会和IAVCEI中国委员会主办,中国灾害防御协会火山专业委员会、我会火山与地球内部化学专业委员会、南京地质矿产研究所承办,并得到雁荡山风景旅游管理局的大力支持。来自中国地震局、中国科学院、国家自然科学基金委员会、高等院校、国土资源部等三十多个单位的120余名代表出席了会议。我会火山与地球内部化学专业委员会主任、中国灾害防御协会火山专业委员会主任樊祺诚研究员致开幕词,南京地质矿产研究所,浙江雁荡山风景旅游管理局、国家自然科学基金委和中国灾害防御协会秘书处分别派出代表在开幕式上致词。

会议收到75篇论文摘要,学术报告45人,其中邀请报告7人。大会围绕火山物理、火山地球化学、火山年代学展开了热烈讨论,其中火山喷发与环境、火山岩油气资源前景等前沿问题的讨论显示了火山学发展的新方向。陶奎元研究员介绍了雁荡山地貌及其白垩纪流纹质火山地质的意义,并提出“雁荡山地貌”的新概念,与会专家提议适当时候召开火山与地貌学家参加的专题讨论会,论证“雁荡山地貌”,以求得共识和推广。

(隋建立 供稿)