

文章编号: 1009-3850(2010)01-0078-07

四川大梁子铅锌矿床分散元素镉、锗、镓的富集规律

王 乾¹, 安匀玲², 顾雪祥³, 付绍洪⁴, 李发源⁵, 杨红英¹

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 湖南地矿局 407 队, 湖南 怀化 418000; 3. 中国地质大学 (北京), 北京 100083; 4. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 5. 中国科学院成都山地研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 分散元素在地壳中的含量很低, 很难形成独立矿物和独立矿床, 因此对矿床中伴生的分散元素的研究有重要的理论和现实意义。本文利用常规显微镜、电子探针和等离子质谱分析等手段, 对大梁子铅锌矿床中的分散元素镉、锗、镓进行了研究。镉在闪锌矿中的含量随着闪锌矿颜色的变浅逐渐增加, 镓则相反。分散元素镉、锗、镓的赋存状态为类质同象形式; 矿床主要以富集镉为特征, 其中镉主要富集于闪锌矿中, 锗和镓主要富集于方铅矿中。

关键词: 大梁子; 铅锌矿床; 分散元素; 赋存状态; 富集规律

中图分类号: P618.7

文献标识码: A

1 前 言

“分散元素”的概念最早由地球化学家维尔纳茨基于 1922 年提出, 主要是指在自然界含量很低 (一般为 $10^{-9} \sim 10^{-6}$ 数量级)、通常呈分散状态存在、很少形成独立矿物的一组元素。包括 Cd Ga In Tl Ge Se Te Re Hf Rb S 等 11 种元素。传统观点认为: “分散元素不形成独立的矿床, 它们以伴生元素的方式赋存于其它元素矿床内”^[1]。

由于分散元素有着广泛的用途, 尤其是在高科技领域如高性能电池、集成电路、超导材料、光纤和半导体材料、特种玻璃、钢铁和橡胶工业等应用非常广泛。因此对分散元素独立矿床、伴生矿床以及独立矿物进行研究, 具有十分重要的理论意义和现实意义。

涂光炽院士于 1994 年提出“分散元素可以成矿, 甚至形成超大型矿床”的论断^[2]。张乾等^[3]总结前人^[2, 4-21]的研究后认为: ①分散元素可以成矿,

甚至可以形成超大型矿床; ②分散元素的富集成矿具有矿床类型和矿物类型的专属性; ③分散元素的成矿呈矿集区出现。顾雪祥等总结了分散元素富集的六个特点^[2]。

国外分散元素矿床的报道不多, 仅见有美国犹他州的阿佩克斯 GaG 矿床, 玻利维亚的帕卡哈卡 S 矿床, 纳米比亚楚梅布 Ge 矿床等^[2]。

近十多年来, 中国先后发现 10 余处分散元素的独立矿床或伴生矿床^[6-21]。“九五”期间, 由涂光炽院士主持的国家自然科学基金重点项目“分散元素成矿机制研究”的实施, 一些独立的分散元素矿床相继被发现 (如牛角塘独立镉矿床、濠木厂和南华独立铊矿床、拉尔玛和鱼塘坝独立硒矿床、大水沟独立锑矿床、临沧和乌兰图嘎独立锗矿床等)。突破了长期以来“分散元素不能形成独立矿床, 只能以伴生矿床共存于其他元素形成的矿床内”的观点, 丰富了矿床学理论。同时, 许多铅锌矿床, 尤其是康滇地轴东缘的铅锌矿床被发现伴生有丰富的分散元

收稿日期: 2009-02-15 改回日期: 2009-09-14

作者简介: 王乾 (1962—), 男, 博士, 主要从事矿床地球化学和资源评价研究。E-mail: qianw525@cdut.edu.cn

资助项目: 中国科学院“百人计划”项目、四川省重点学科 (SCZ) 项目

素,如会泽铅锌矿床、大梁子铅锌矿床、天宝山铅锌矿床、富乐多金属矿床等^[23,25]。

康滇地轴东缘分布着众多的铅锌矿床,前人对该区铅锌矿床的成矿物质来源、矿床成因等方面的研究程度较高^[24,26~37],但对铅锌矿床中伴生的分散元素研究较少^[6,23,25]。本文选择大梁子铅锌矿床,对其伴生分散元素镉、锗、镓的赋存状态和富集规律进行研究。

2 矿床地质概况

大梁子铅锌矿床位于四川省会东县小街乡境内,距离县城约77 km,为一大型露天开采矿床。矿区出露地层包括上震旦统灯影组(Zbd)白云岩,下寒武统筇竹寺组(ϵ_1)砂岩、粉砂岩和页岩(图1),少量第四系(Q)砂砾岩残坡积层。

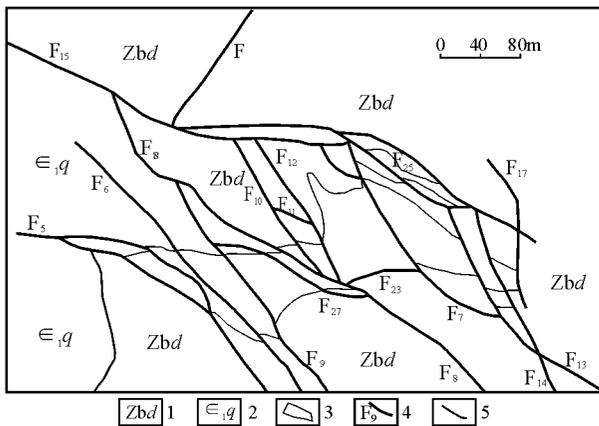


图1 大梁子铅锌矿床地质略图

1 上震旦统灯影组; 2 下寒武统筇竹寺组; 3 矿体; 4 断层及编号; 5 地质界线

Fig 1 Simplified geological map of the Dalangzi lead-zinc deposit

1 = Upper Sinian Dengying Formation 2 = Lower Cambrian Qiongzhusi Formation 3 = ore body 4 = fault 5 = geological boundary

矿床位于康滇地轴东缘南北向安宁河深大断裂和甘洛小江深大断裂之间的中南段。矿区构造主要由北东向的大桥向斜及南北向、北西向、北东向等断裂组成。区内为单斜构造,地层总体走向北东向,倾向北西,倾角 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。以 F_1 、 F_5 断裂为南北边界,宽约600~800m的北西西向构造破碎带内断裂裂隙异常发育,是主要的控矿构造系统。除 F_1 断裂之外,其余断裂均为成矿前断裂,可大致分为三组:①北西西向断裂(F_2 、 F_3 、 F_6 、 F_5 等),其中 F_{15} 、 F_6 为规模较大的主要控矿断裂, F_5 系区域性东西向小

街一金索桥断裂的组成部分;②北西向断裂(F_7 、 F_8 、 F_9 、 F_{10} 、 F_{12} 等);③北东向断裂(F_{32} 、 F_{33} 等),分布于矿区西部。矿体主要赋存在由 F_5 、 F_5 断裂之间的次级构造中,矿带宽约200m,长约500m。

矿区围岩蚀变见硅化、炭化、黄铁矿化和碳酸盐化。围岩蚀变与矿化关系密切,是矿区重要的找矿标志。

大梁子铅锌矿床产于灯影组顶部,并严格受断层控制。矿床由两个矿体组成,一号矿体规模最大,共分为九个矿段,其中I、II、III、IV、V五个矿段储量占矿床总储量的95%以上,其余矿段规模较小,工业意义不大;二号矿体规模小,呈脉状产出。一号矿体总体走向近东西,在平面上中部厚大,向东西两端变薄,在剖面上与围岩接触线呈折线状多边形,为一陡倾斜的(倾角 $65 \sim 90^{\circ}$)巨大透视镜体,矿体长630m,厚度变化大(1~163m),平均厚28m,延深超过400m。

大梁子铅锌矿床矿物组合较为简单,其中闪锌矿为矿床的主要矿石矿物,含量约占矿石矿物的80%~90%。闪锌矿粒径约为0.03~2.00mm,常与方铅矿密切共生。方铅矿为矿床的次要矿石矿物,呈细脉状产出,含量约占5%~15%,粒径一般介于0.1~0.3mm之间,最大可达3.0mm,伴生金属矿物包括黄铁矿、黄铜矿、银黝铜矿、深红银矿、白铅矿、菱锌矿、褐铁矿等,脉石矿物以方解石和石英为主,次为白云石。

矿石中常见闪锌矿、方铅矿和黄铁矿的自形、半自形和它形粒状结构。方铅矿的内部可见解理结构、纤维状结构、交代溶蚀结构等;矿石构造有块状构造、条带状构造、脉状、网脉状构造、浸染状构造、角砾状构造、柔皱构造等。

2 分散元素镉、锗、镓在矿物中的赋存状态

2.1 光学显微镜观察结果

本次工作采集了大梁子铅锌矿床的各类矿石样品,在光学显微镜下观察研究了数十个光片,显微镜的最大放大倍数达1000倍,结果镜下均未发现分散元素镉、锗、镓的独立矿物。由此可以推断,原生矿床中可能不含分散元素的独立矿物,Cd、Ge、Ga等元素在矿床中应主要以类质同象或机械混入物形式存在。由于普通显微镜放大倍数不足够大,难于观测鉴定超微米细小颗粒的矿物,故也不能完全排除分散元素呈超微米细小颗粒的独立矿物存在的可能

性。

2.2 电子显微镜观察结果

在光学显微镜鉴定的基础上,本次工作先后挑选具有代表性的闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和黄铜矿等矿物光片样品做电子探针微区成分分析。分析结果表明,分散元素 Cd、Ge、Ga 的含量均未出现异常高的现象。Cd 含量最高为 1.07%, Ge 最高含量为 0.35%, Ga 最高含量为 0.37%。

如果存在分散元素 Cd、Ge、Ga 的独立矿物,且其粒度达到微米级以上,那么分散元素 Cd、Ge、Ga 的含量应高于 0.1%~1%。但是,分散元素 Cd、Ge、Ga 如果以类质同象形式存在,由于它们在矿物中的分布相对较均匀,则进行电子探针扫描分析时,就不可能出现含量异常高的现象。由此推测,矿床中分散元素 Cd、Ge、Ga 在原生矿石矿物中应该是以类质同象的形式存在。

综上所述,分散元素 Cd、Ge、Ga 在原生矿石矿物中的赋存状态主要是以类质同象的形式存在。

3 镉、锗、镓的富集规律

3.1 镉、锗、镓与成矿元素的关系

大梁子铅锌矿床矿石矿物的电子探针分析数据见表 1。由表 1 可见,闪锌矿中镉的含量变化范围为 0.10%~1.07%;闪锌矿中没有检测出锗,而黄铁矿中锗含量较高,最大达到了 0.21%;方铅矿中锗、镓的含量分别为 0.08%~0.35%和 0.09~0.37%。

大梁子铅锌矿床完全不含 As,为了进一步查明大梁子铅锌矿床各成矿元素间的相互关系,剔除 As 后以 11 个成矿元素为变量计算它们之间的相关系数,获得其相关系数矩阵结果见表 2。由表 2 可见,大梁子矿床中各成矿元素之间的相关性具有如下规律:① Cd 与 Zn、Pb 与 Ge、Ga 呈明显的正相关关系(相关系数 R 分别是 0.65、0.58、0.70),说明 Cd 主要赋存在闪锌矿中,而 Ge、Ga 主要赋存在方铅矿中;② Fe 与 Cd、Ga 呈负相关(R 分别为 -0.38、-0.35),说明 Cd、Ga 分别以类质同象形式取代 Fe 进入闪锌矿中,由于 Fe 的减少,导致闪锌矿的颜色变浅;③ Zn 与 Ge、Ga 都呈负相关(R 分别为 -0.55、-0.23),说明 Ge 和 Ga 可能是以类质同象的形式进入闪锌矿晶格替换了 Zn,出现此消彼长现象。

分散元素 Cd 与 Ge、Ga 呈弱负相关(R 分别为 -0.37、-0.27),说明三者不一定完全共生;而 Ge、Ga 两者却呈正相关关系(R 为 0.60),可能是因为

两者地球化学性质相近,常密切共生的原因。

出现上述规律,与锌、铅、铁、镉、锗、镓成矿元素的地球化学特性有关(表 3)。由表 3 可见, Cd 与 Fe、Zn 的最外层电子都是 2 个,地球化学电价也同为 +2 价(铁还有 0 价和 +3 价),因此,在闪锌矿中,Fe 常常以类质同象形式取代 Zn 而进入闪锌矿晶格中,分散元素 Cd 则以类质同象形式替代 Fe 进入闪锌矿晶格中,导致闪锌矿中铁含量的减少,由于闪锌矿铁的减少,其颜色也逐渐变浅。这从等离子质谱分析结果可以得到充分证明(表 4),黑色闪锌矿中镉平均含量最低,米黄色闪锌矿中镉平均含量最高,因而可据闪锌矿的颜色肉眼大致判断分散元素镉含量的相对高低:闪锌矿颜色越深,镉的含量越低;闪锌矿颜色越浅,含镉越高。

而 Ge、Ga 和 Pb 的最外层电子构型相同,电子数也都是 4 个或 3 个,地球化学电价也相近,因此,分散元素 Ge、Ga 常常以类质同象形式替代 Pb 进入方铅矿晶格中,这也是方铅矿富集 Ge 和 Ga,且 Ge 和 Ga 呈正相关的原因所在。

3.2 不同闪锌矿中分散元素镉、镓的富集规律

大梁子铅锌矿床产出的闪锌矿呈现三种颜色:黑色、棕色和米黄色。为了进一步研究矿床中分散元素镉、镓的富集规律,本次工作挑选了不同颜色的闪锌矿和部分原生矿石进行等离子质谱(ICP-MS)分析(表 4)。由表 4 可见, Cd 在不同颜色的闪锌矿中的含量明显不同,黑色闪锌矿中 Cd 的变化范围为 0.2452%~0.4494%,平均为 0.3705%;棕色闪锌矿中 Cd 的变化范围为 0.2894%~0.8492%。平均为 0.4946%;米黄色闪锌矿中 Cd 的变化范围为 0.7296%~1.4131%,平均为 1.0714%。随着闪锌矿颜色由深变浅, Cd 的含量具有明显的递增趋势。这是因为闪锌矿的颜色与其所含铁的多少有关,含铁越多,颜色越深,镉以类质同象形式取代了闪锌矿中的铁,从而使闪锌矿的颜色逐渐变浅。

Ga 元素在不同颜色闪锌矿的含量变化出现与 Cd 元素相反的规律,黑色闪锌矿中 Ga 的变化范围为 0.0006%~0.0065%,平均为 0.0030%;棕色闪锌矿中 Ga 的变化范围为 0.0003%~0.0059%,平均为 0.0024%;米黄色闪锌矿中 Ga 的变化范围为 0.0008%~0.0011%,平均为 0.0009%,即随着闪锌矿颜色的变浅,镓的含量逐渐降低。这种现象的出现可能是 Cd 优先占据类质同象的位置,与 Ga 呈“此长彼消”的结果,故 Cd 与 Ga 呈负相关。

表 3 成矿元素地球化学参数
Table 3 Geochemical parameters of the ore-forming elements

元素	原子系数	原子半径 (A^0 , 12配位)	离子半径 (A^0 , 6配位)	电子构型	地球化学电价
Zn	30	1.333	0.74(2+), 0.88(1+)	$3d^0 4s^2$	2+
Pb	82	1.750	1.67(2+), 4.76(4+)	$6s^2 6p^2$	0, 2+, 4+
Fe	26	1.241	0.74(2+), 0.64(3+)	$3d^6 4s^2$	0, 2+, 3+
Cd	48	1.490	0.97(2+), 1.13(1+)	$4d^0 5s^2$	2+
Ge	32	1.225	0.73(2+), 0.53(4+)	$4s^2 4p^2$	2+, 4+
Ga	31	1.221	0.81(1+), 0.62(3+)	$4s^2 4p^1$	1+, 2+, 3+

据刘英俊等 (1984)、赵伦山等 (1988) 综合

表 4 大梁子矿床矿物和矿石中镉镓含量

Table 4 Cd and Ga contents in the ores and minerals from the Dalangzi lead-zinc deposit

样品编号	矿物(石)	Fe%	Cd/ 10^{-6}	Ga/ 10^{-6}
DL107-1	黑色闪锌矿		3935.77	60.04
DL108	黑色闪锌矿		4493.61	64.86
DL112	黑色闪锌矿		3244.05	8.34
DL118	黑色闪锌矿		2579.78	12.32
DL8	黑色闪锌矿	1.9	2451.99	5.62
DL107-2	棕色闪锌矿		4075.31	59.39
DL110	棕色闪锌矿		5152.14	5.59
DL6	棕色闪锌矿	1.54	4117.09	5.78
DL10	棕色闪锌矿	1.43	2893.93	2.79
DL19	棕色闪锌矿	1.12	8492.18	46.33
DL2	米黄色闪锌矿	0.81	7296.07	10.77
DL109	米黄色闪锌矿		14131.47	7.56
DL103	原生矿石		8.5	1.62
DL110	原生矿石		6169.35	2.39
DL118	原生矿石		689.83	6.05
DL20	原生矿石		2.39	9.55

测试单位: 中国科学院地质与地球物理研究所 (Fe为化学分析, Cd, Ga为等离子质谱分析)

4个原生矿石样品分析显示, Cd的分布极不均匀, Ga相对均匀, 其中 Cd含量变化范围为 0.0002% ~ 0.6169%, 平均为 0.1718%; Ga的含量变化范围为 0.0002% ~ 0.0010%, 平均为 0.0005%。两者都低于其在闪锌矿中的含量。

采用电子探针分析测试了大梁子矿床中闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和黄铜矿的 Cd、Ge和 Ga含量(表 1)。其中: 闪锌矿测点的 Cd含量范围为 0.1% ~ 1.07%, 平均为 0.365%; Ga含量范围为 0 ~ 0.16%, 平均 0.055%。由此可见, 闪锌矿中含量远高于 Ge含量。值得注意的是, 闪锌矿中完全不含

锗。

电子探针分析结果显示: 方铅矿测点的 Cd含量范围为 0% ~ 0.14%, 平均为 0.057%; Ge含量范围为 0% ~ 0.35%, 平均为 0.165%; Ga含量范围为 0.09% ~ 0.37%, 平均为 0.193%。显示出方铅矿中分散元素含量 $Ga > Ge > Cd$ 的变化规律。

电子探针分析黄铁矿测点的 Cd含量范围为 0% ~ 0.11%, 平均为 0.047%; Ge含量变化范围为 0% ~ 0.21%之间, 平均为 0.086%; Ga含量范围为 0% ~ 0.11%; 平均值 0.06%。显示出黄铁矿中分散元素含量 $Ge > Ga > Cd$ 的富集变化规律。

电子探针分析黄铜矿测点的 Cd的含量范围为 0% ~ 0.02%, 平均 0.013%; Ge含量范围为 0% ~ 0.08%, 平均为 0.043%; 没有测得 Ga的含量。

对比表 1和表 4可见, 电子探针分析和等离子质谱分析的闪锌矿中镉平均含量基本一致, 说明两种分析方法可靠。

由于矿床中矿物成分以闪锌矿为主(约占 90%左右), 方铅矿、黄铁矿和黄铜矿含量很小, 因此, 大梁子铅锌矿床分散元素以富镉为主, 锗和镓的富集程度低很多。

4 结 论

(1)大梁子矿床以富镉为主, 锗、镓的富集程度较镉元素低很多;

(2)镉主要赋存于闪锌矿中, 闪锌矿颜色越浅, 镉的含量越高;

(3)锗主要富集于方铅矿和黄铁矿中, 镓主要富集于方铅矿中;

(4)可工业利用的分散元素主要是闪锌矿中的镉和方铅矿中的镓, 黄铁矿和黄铜矿中的分散元素无工业意义。

参考文献:

- [1] 中国大百科全书编写组. 中国大百科全书 [M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1993.
- [2] 涂光炽, 高振敏. 分散元素成矿机制研究获重大进展 [J]. 中国科学院院刊, 2003(5): 358—361.
- [3] 张乾, 朱笑青, 高振敏, 等. 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(4): 342—349.
- [4] 涂光炽. 分散元素可以形成独立矿床——一个有待开拓深化的新领域 [A]. 欧阳自远. 中国矿物岩石学地球化学研究新进展 [C]. 兰州: 兰州大学出版社, 1994: 234.
- [5] 涂光炽, 高振敏, 胡瑞忠, 等. 分散元素地球化学及成矿机制 [M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [6] 谷团, 李朝阳. 分散元素镉的资源概况及其研究意义——来自牛角塘铅锌矿的线索 [J]. 地质地球化学, 1998, 26(4): 38—42.
- [7] 谷团, 刘玉平, 李朝阳. 分散元素的超常富集与共生 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(1): 60—63.
- [8] 叶霖, 刘铁庚. 都匀地区镉 (Cd) 资源及其远景初探 [J]. 贵州地质, 1997, 14(2): 160—163.
- [9] ZHANG QIAN, ZHAN XINZH, PAN JIAYONG. Geochemical enrichment and mineralization of indium [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1998, 17(3): 221—225.
- [10] 张忠, 周兴茂, 张宝贵. 南华砷铊矿床元素地球化学和成矿模式 [J]. 地球化学, 1998, 27(3): 269—275.
- [11] 胡瑞忠, 苏文超, 戚华文, 等. 锗的地球化学、赋存状态和成矿作用 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(4): 215—217.
- [12] 胡瑞忠, 毕献武, 苏文超等. 对煤中锗矿化若干问题的思考——以临沧锗矿为例 [J]. 矿物学报, 1997, 17(4): 364—368.
- [13] 曹志敏, 温春齐, 李保华. 首例独立砷矿床成因探讨 [J]. 中国科学 (B) 辑, 1995, 25(6): 647—654.
- [14] WEN HANJIE, QIU YUZHUO. Organic and inorganic occurrence of selenium in Laema Se-Au deposit, China [J]. Science in China (Series D), 1999, 42(6): 662—669.
- [15] 卢家烂, 庄汉平, 傅家漠, 等. 临沧超大型锗矿床的沉积环境、成岩过程和热液作用与锗的富集 [J]. 地球化学, 2000, 29(1): 36—42.
- [16] 刘家军, 郑明华. 首次发现锑的硒—硫化物系列 [J]. 科学通报, 1992, 37(9): 864.
- [17] 刘家军, 郑明华, 卢文全. 首次发现块硫锑铜矿的变种——硒硫锑铜矿 [J]. 科学通报, 1993, 38(18): 1726—1727.
- [18] 骆耀南, 曹志敏. 大水沟独立砷矿床——世界首例砷化物脉型矿床地质地球化学 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996.
- [19] 陈毓川, 毛景文, 骆耀南, 等. 四川大水沟砷金矿床地质和地球化学 [M]. 北京: 原子能出版社, 1996.
- [20] 张乾, 刘志浩, 战新志, 等. 分散元素镉富集的矿床类型和矿物专属性 [J]. 矿床地质, 2003, 22(3): 309—316.
- [21] 张乾, 刘志浩, 战新志, 等. 内蒙古孟恩陶勒盖银铅锌矿床的微量元素地球化学 [J]. 矿物学报, 2004, 24(1): 39—47.
- [22] 顾雪祥, 王乾, 付少洪, 等. 分散元素超常富集的资源与环境效应: 研究现状与发展趋势 [J]. 成都理工大学学报/自然科学版, 2004, 31(1): 15—21.
- [23] 王乾, 顾雪祥, 付少洪等. 云南会泽铅锌矿床分散元素镉锗镓的富集规律 [J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(4): 69—73.
- [24] 王乾, 顾雪祥, 付少洪, 等. 四川天宝山铅锌矿床硫同位素地球化学特征, 矿床学理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 237—241.
- [25] 王乾, 顾雪祥, 付少洪, 等. 四川大梁子铅锌矿床闪锌矿镉富集规律及其意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(3): 291—292.
- [26] 王小春. 天宝山铅锌矿床成因分析 [J]. 成都地质学院学报, 1992, 19(3): 10—20.
- [27] 王奖臻, 李朝阳, 李泽琴, 等. 川滇地区密西西比河谷型铅锌矿床成矿地质背景及成因探讨 [J]. 地质地球化学, 2001, 29(2): 41—45.
- [28] 管士平, 李忠雄. 康滇地轴东缘铅锌矿床岩石与矿石稀土元素地球化学研究 [J]. 地质地球化学, 1999, 27(3): 5—16.
- [29] 管士平, 李忠雄. 康滇地轴东缘铅锌矿床铅硫同位素地球化学研究 [J]. 地质地球化学, 1999, 27(4): 45—54.
- [30] 黄智龙, 陈进, 刘从强, 等. 峨眉山玄武岩与铅锌矿床成矿关系初探——以云南会泽铅锌矿床为例 [J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 681—688.
- [31] 廖文. 滇东黔西铅锌金属区硫、铅同位素组成特征与成矿模式探讨 [J]. 地质与勘探, 1984(1): 1—6.
- [32] 林方成. 四川会东大梁子铅锌矿床成因新探 [J]. 矿床地质, 1994, 13(2): 126—136.
- [33] 林方成. 康滇地轴东缘铅锌矿床铅同位素组成特征及其成因意义 [J]. 特提斯地质, 1995, (19): 131—139.
- [34] 柳贺昌. 滇川黔成矿区的铅锌矿源层 (岩) [J]. 地质与勘探, 1996, 32(2): 12—18.
- [35] 柳贺昌. 峨眉山玄武岩与铅锌成矿 [J]. 地质与勘探, 1995, 31(4): 1—6.
- [36] 柳贺昌. 滇川黔铅锌成矿区的成矿模式 [J]. 云南地质, 1996, 15(1): 41—51.
- [37] 王奖臻, 李朝阳, 李泽琴, 等. 川、滇、黔交界地区密西西比河谷型铅锌矿床与美国同类矿床对比 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2002, 21(2): 127—132.

Enrichment of the dispersed elements Cd, Ge and Ga in the Dalangzi lead-zinc deposit, Huidong, Sichuan

WANG Qian¹, AN Yun-jin², GU Xue-xiang³, FU Shao-hong⁴, LI Fa-yuan⁵, YANG Hong-yin⁶
(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. No. 407 Geological Prospecting Party, Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources, Huaihua 418000, Hunan, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Institute of Geochemistry, Guiyang 550002, Guizhou, China; 5. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Due to the contents of dispersed elements are very low in the Earth's crust, they are difficult to form independent minerals and ore deposits. Therefore, it is of theoretical and practical significance to study the dispersed elements associated in ore deposits. The present paper focuses on the dispersed elements Cd, Ge and Ga in the ores and minerals from the Dalangzi lead-zinc deposit, Huidong, Sichuan on the basis of microscope, electron microprobe and ICP-MS examination. Three colours are observed in the sphalerite from the ore deposits: black, brown and beige. The Cd contents increase with the lightening of the colours, while things are opposite for Ga. The dispersed elements Cd, Ge and Ga tend to occur in the form of isomorphs. The Dalangzi lead-zinc deposit is characterized by the enrichment of Cd in sphalerite and Ge and Ga in galena.

Key words: Dalangzi lead-zinc deposit; dispersed element; occurrence; enrichment