

云南省富乐铅锌多金属矿床闪锌矿中分散元素地球化学特征

司荣军^{1,2}, 顾雪祥³, 庞绪成¹, 付绍洪²,
李发源², 章明², 李云洪², 李雄耀², 李键²

1. 河南理工大学资源环境学院, 河南 焦作 454000;
2. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002;
3. 中国地质大学, 北京 100083

【摘要】 分散元素广泛应用于高新技术领域,具有重要的经济价值,但因其在地壳中的低含量和其本身地球化学性质的分散性而不易富集成矿,但是富乐铅锌矿床中却有4种分散元素Cd,Se,Ge,Ga具有工业价值。该矿床位于我国重要的川滇黔多金属成矿带南东部,分散元素主要赋存在闪锌矿中,平均 $w(B)/10^{-6}$ 分别为Cd 16 183,Se 163,Ge 135,Ga 86,其中 $w(Cd)$ 是迄今国内最高。闪锌矿分棕黑色、红棕色和黄棕色3种颜色。Cd在深色闪锌矿中而Ge和Ga在浅色闪锌矿中相对富集,Se在不同颜色闪锌矿中含量几乎不变。Cd,Ge,Se主要呈类质同象形式存在,Cd,Ge占据Zn的位置,而Se占据S的位置。Ga主要以显微吸附形式存在,少量以类质同象形式存在。Zn与Cd负相关,而与Ge正相关,与Se不相关。分散元素地球化学特征指示矿床为沉积-改造成因。

【关键词】 富乐铅锌多金属矿床;分散元素;Cd;Se;Ge;Ga;地球化学

中图分类号:P618.7 文献标识码:A

文章编号:1001-6872(2006)01-0075-06

分散元素(dispersed elements)一般是指在地壳中丰度很低(质量分数一般为 $10^{-6} \sim 10^{-9}$ 数量级)、在岩石中极为分散的元素,包括Ga,Ge,Cd,In,Tl,Se,Te,Re 8个元素^[1]。分散元素在国民经济建设中有着广泛的用途,尤其是高新技术领域,位于扬子地块西南缘的川滇黔多金属成矿带是我国乃至世界上重要的分散元素成矿域,该区是我国重要的铅、锌、镉、硒、锗生产基地之一,目前已发现大、中、小型铅锌多金属矿床和矿点400多个^[2],富乐铅锌多金属

矿床位于该成矿域南东部,其铅锌储量规模属中型,但是伴生Cd,Se,Ge,Ga多种分散元素储量规模分别达到大型、大型、大型、小型,一个铅锌矿床同时伴生4种分散元素矿床,且3种达到大型规模,实不多见。另外该矿床Cd在闪锌矿中的质量分数平均 $16\ 183 \times 10^{-6}$,是国内迄今发现的闪锌矿中镉质量分数最高的矿床。该矿床是一个拥有三百余年采冶历史的老矿山,可是矿床研究程度很低。1949年前只有零星的地质调查史,1955年~1959年,云南

收稿日期:2005-10-10; 改回日期:2006-02-15

基金项目:国家自然科学基金(编号40573031,40372013);科技部《重大基础研究前期研究专项》(批准号2005CCA05000)

作者简介:司荣军,男,40岁,副教授(博士),矿物学、岩石学、矿床学专业,研究方向:矿床地球化学。

省地质局罗平地质队开展地质普查,提交了铅、锌、镉、锗、镓金属储量;1990年~1994年西南有色地质勘查局三一七队再次开展地质普查,提交部分铅锌和镉金属储量。1999年,柳贺昌等对东北几十个矿床开展了综合研究,但对富乐多金属矿床投入的工作量很少。该矿床4种分散元素主要赋存在闪锌矿中,研究闪锌矿中分散元素地球化学特征,具有重要的经济意义和理论意义。

1 地质概况

富乐多金属矿床位于川滇黔铅锌多金属成矿区南东部,行政区划隶属云南省罗平县富乐镇,大地构造位置处于扬子地台西南缘之滇东台褶皱带南东边缘,区域深大断裂-弥勒-师宗断裂从矿区通过(图1),矿床赋存于肚杂-托牛背斜核部下二叠统茅口组碳酸盐岩内的层间断裂和穹隆构造之中。矿床隐伏地表以下150m~200m,矿体为单层,呈透镜状、似层状、脉状脉状、条带状,具有舒缓波状弯曲、膨胀收

缩、沿层或层间裂隙平缓产出,矿体产状受地层产状控制,总体倾向SE,倾角10°左右。目前该矿床共发现矿体20个,矿体长1000m~n×10m,宽约500m~n×10m,厚0~20m。矿床为隐伏矿床,矿石主要为原生矿石,发育角砾状构造、粗粒结构。矿物成分十分简单,主要为闪锌矿、方铅矿、白云石、方解石。闪锌矿是最主要的金属矿物,多呈半自形粗粒结构,粒度一般2mm~3mm,闪锌矿颜色可分为黄棕色、红棕色、黑棕色3种,黑棕色闪锌矿结晶相对较早,红棕色次之,黄棕色最晚。

2 闪锌矿中分散元素分布特征

等离子质谱(ICP-MS)分析结果(表1)发现闪锌矿中的分散元素按照平均质量分数由高到低的顺序依次为Cd 7 658~30 610,平均16 183;Se 127~177,平均163;Ge 90~195,平均135;Ga 5~358,平均86。

闪锌矿内分散元素质量分数直方图(图2)显

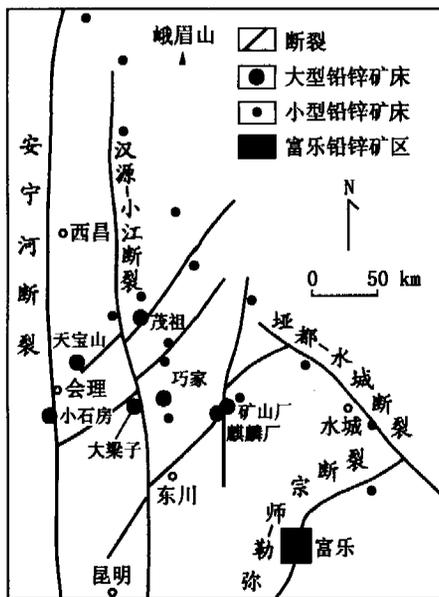


图1 川滇黔成矿区主要铅锌矿床分布图(据李文博,2004修改)

Fig. 1 The distribution of main Pb-Zn deposits in Sichuan-Yunnan-Guizhou metallogenic province

示,Cd近似正态分布,众数为1%~2%;Ge呈正偏态分布,众数为 $95 \times 10^{-6} \sim 120 \times 10^{-6}$ 。Se呈负偏态分布,众数为 $175 \times 10^{-6} \sim 180 \times 10^{-6}$ 。Ga具有高低两个峰,众数分别为 $4 \times 10^{-6} \sim 12 \times 10^{-6}$, $250 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$ 。Cd,Ge,Se的分布只有一个峰,反映它们在闪锌矿中只有一种赋存状态,而Ga的分布存

表1 分散元素 ICP-MS 分析结果表, $w(B)/10^{-6}$

Table 1 ICP-MS analytical result of dispersed elements in sphalerites (in $[\times 10^{-6}]$)

样品号	颜色	Cd	Ga	Ge	Se	In	Te	Tl	Zn ¹⁾
FL08	黑棕色	17 643	4.8					1.00	62.6
FL09	黑棕色	17 791	5.0					0.45	62.1
FL10	黑棕色	15 142	6.1					0.12	62.6
FL14	黑棕色	23 874	268.5					0.21	62.7
FL17	黑棕色	23 492	269.7					0.22	62.2
FL43	黑棕色	30 610	296.5	114.1	176.9	0.23	0.10	0.59	60.4
FL44	黑棕色	16 395	42.5	89.6	157.5	0.06	0.14	0.47	
FL46	黑棕色	14 690	7.6	90.4	170.7	0.06	0.12	0.48	60.9
FL67	黑棕色	21 760	119.3	119.1	162.0	0.14	0.13	0.36	
平均		20 155	113.3	103.3	166.8	0.12	0.12	0.43	61.9
FL07	红棕色	7 658	19.1					0.28	62.0
FL11	红棕色	14 129	9.3					0.08	62.1
FL13	红棕色	13 872	9.3					0.20	62.0
FL42	红棕色	10 000	17.8	186.4	154.0	0.24	0.16	0.14	62.0
FL48	红棕色	8 979	8.4	147.4	168.8	<0.05	0.08	0.08	61.9
FL86-1	红棕色	14 470	9.8	99.1	127.0	<0.05	<0.05	<0.05	
FL86-2	红棕色	10 170	9.6	169.9	176.3	0.29	1.39	0.11	61.5
平均		11 326	11.3	150.7	156.5	0.26	0.54	0.15	61.9
FL128	黄棕色	14 435	357.6	195.0	177.4	0.77	0.34	0.14	61.9
最大值		30 610	357.6	195.0	177.4	0.77	1.39	1.00	62.7
最小值		7 658	4.8	89.6	127.0				60.4
平均		16 183	85.7	134.6	163.4	0.25	0.31	0.31	61.9

分析者:由中国地质科学院邓月金,仪器灵敏度 50×10^{-9} ;1) $w(Zn)/\%$,中国科学院地球化学研究所李荪蓉用湿法化学分析

在两个峰,暗示Ga有两种赋存状态。

分散元素主要呈类质同象、显微吸附和独立矿物3种形式存在^[1]。在电子探针下做面扫描分析,没有发现上述4种元素的富集点,说明它们形成独立矿物的可能性很小。Cd,Ge,Se的分布直方图只有一个峰,暗示它们的存在形式只有类质同象一种。但是Ga的分布明显存在高低两个峰,暗示它可能有

两种赋存形式,即类质同象和显微吸附。

3 闪锌矿中分散元素的变化系数

变化系数是表示各个变量值之间差异程度的一种指标,反映数据的相对离散程度。闪锌矿中各种分散元素的变化系数能反映该元素在闪锌矿中的变化程度。闪锌矿中微量元素的变化系数=(均方差/均值)%。计算结果得到闪锌矿中微量元素的变化系数分别是:Se 35%,Cd 37%,Ge 47%,Ga 147%。

讨论:Se, Cd, Ge 的变化系数小于 50%,反映他们在闪锌矿中的分布比较均匀,暗示这些元素主要呈类质同象形式存在。Ga 的变化系数却达到 147%,反映 Ga 在闪锌矿中的分布很不均匀,可能主要以显微吸附的形式存在于闪锌矿的晶格缺陷中。

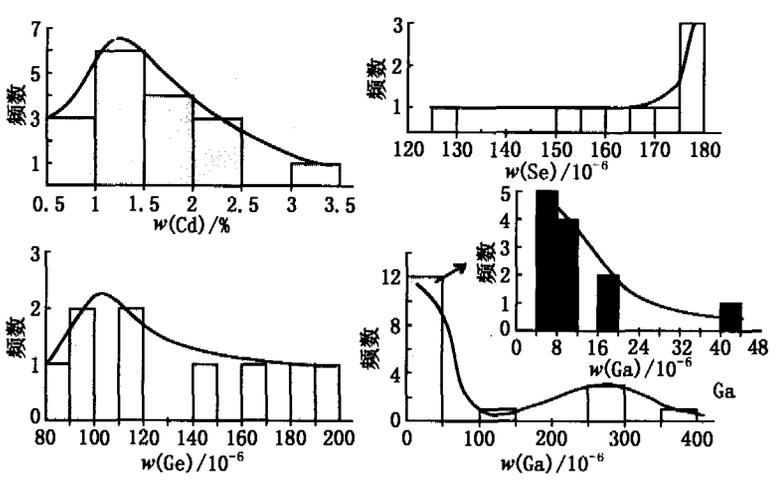


图 2 闪锌矿中分散元素质量分数直方图

Fig. 2 The histogram of dispersed elements content for sphalerites

5 分散元素与主量元素 Zn 之间的关系

选择 w(Cd)含量最高的样品 FL43,做电子探针分析(表 2)结果显示,闪锌矿中 Cd 与 Zn 负相关(图 4,5),相关系数 $R_{Cd-Zn} = -0.55$ 。由于 Cd 的地球

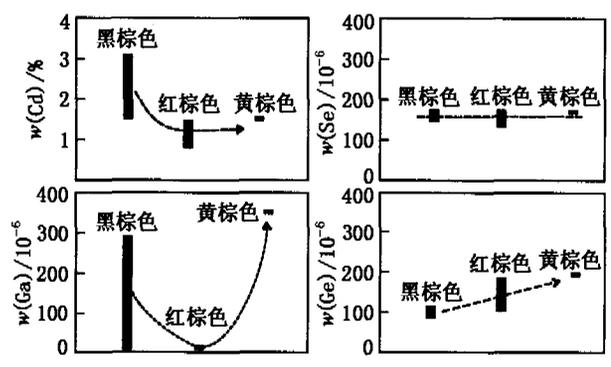


图 3 不同颜色闪锌矿分散元素质量分数对比图

Fig. 3 The comparison diagram of dispersed elements contents in sphalerites with different colour

4 不同颜色闪锌矿中分散元素分布特征

分析不同颜色闪锌矿中分散元素质量分数的变化趋势图(图 3)显示:Cd 富集在深色闪锌矿中,黑棕色闪锌矿中 $w(Cd)/10^{-6}$ (平均 20 155)明显高于红棕色(平均 11 326)和黄棕色闪锌矿(14 435);相反,Ge 富集在浅色闪锌矿中,黄棕色闪锌矿中最高(195),红棕色闪锌矿次之(平均 151),黑棕色闪锌矿最低(平均 103)。 $w(Ga)/10^{-6}$ 在黄棕色闪锌矿中最高(358),红棕色闪锌矿中最低(平均 11),黑棕色闪锌矿居中(平均 113),而 $w(Se)/10^{-6}$ 在不同颜色闪锌矿中的几乎不变(平均 157~177)。

表 2 电子探针分析结果 .w(B)/%

Table 2 The analytic consults of sphalerites by electron microprobe (in percentage)

测点号	S	Zn	Cd	备注
1	32.51	63.06	3.51	测试样品编号 FL43 使用仪器型号为日岛津公司生产的 EP-MA-1600, 移动距离 0.01 μm, 相对误差 < 5%
6	33.77	59.87	4.77	
7	29.23	64.97	4.39	
8	29.31	60.85	4.77	
9	29.41	64.10	4.46	
10	32.65	62.15	4.38	
11	31.10	63.08	4.27	
12	31.83	62.71	4.36	
13	29.73	65.14	3.03	
14	29.73	65.14	3.03	
15	32.84	61.92	3.28	
16	31.90	63.07	3.22	
17	30.63	64.14	3.18	
18	33.07	61.12	4.48	
21	32.39	62.98	3.95	
22	32.38	64.51	2.60	
23	33.01	63.24	3.00	
24	32.12	64.27	3.19	
25	32.86	63.79	2.73	
26	27.44	67.85	3.37	

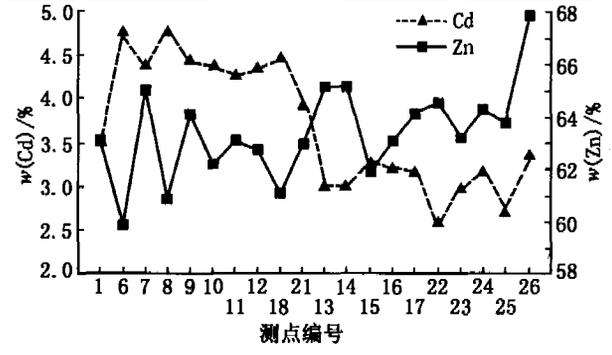


图 4 闪锌矿中 Zn, Cd 质量分数对比图

Fig. 4 The comparison diagram of Zn and Cd contents for sphalerites

化学性质在很多方面与 Zn 相似,在地质作用过程中,特别是内生地质作用过程中,二者有着共同的地球化学行为,但 Cd 具有高度的分散性,一般很难形成 CdS 等独立矿物,当 Zn^{2+} 从成矿热液中结晶沉淀时, Cd^{2+} 伴随 Zn^{2+} 同时与 S^{2-} 结合,以 CdS 的形式与 ZnS 形成类质同象。镉的四面体共价半径及构造类型与锌相似,二者形成类质同象的条件十分有利。大量的 Cd^{2+} 占据了 Zn^{2+} 的位置,所以二者负相关。

从闪锌矿中 Zn,Ge 含量对比图(图 6)和 Zn-Ge 关系图(图 7)可以看出,Ge 与 Zn 呈较好的正相关关系。计算的相关系数 $R_{Ge-Zn}=0.83$, 锗次外电子层有 18 个电子,有 4 个价电子,在还原条件下,锗易形成 +2 价离子。配位数为 6 的 Ge^{2+} 的离子半径为 0.08 nm,与 Zn^{2+} 的离子半径(0.083 nm)相似,锗很可能以 Ge^{2+} 的形式存在于闪锌矿晶格中。闪锌矿中 $w(Ge)$ 与形成温度和成矿有很大关系,研究证明随

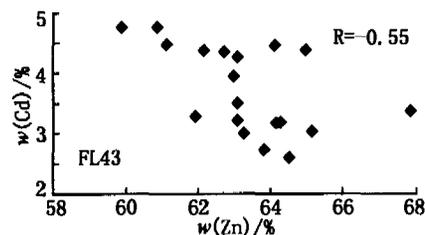


图 5 闪锌矿中 $w(Cd)-w(Zn)$ 关系
Fig. 5 The graph showing $w(Cd)-w(Zn)$ relation

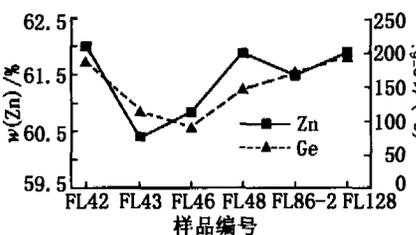


图 6 闪锌矿中 $w(Zn), w(Ge)$ 对比图
Fig. 6 The comparison diagram of $w(Ge)$ and $w(Zn)$ contents for sphalerites

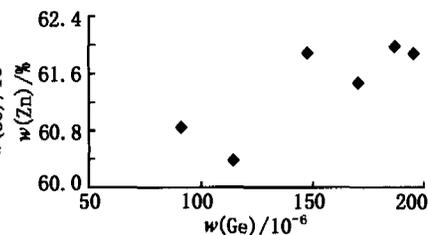


图 7 闪锌矿中 $w(Zn)-w(Ge)$ 关系图
Fig. 7 The graph of $w(Zn)-w(Ge)$ relation for sphalerite

温度降低(400 °C~100 °C),闪锌矿

中 $w(Ge)/10^{-6}$ 升高(5~170)(刘英俊等,1984)。富乐矿床中 Ge 富集在结晶相对较晚的浅色闪锌矿中,可能主要受结晶温度和流体中 Ge 的浓度控制。Zn,Ge 表现为正相关关系,是因为随着成矿作用的不断进行,进入闪锌矿晶格的其他元素(主要是 Cd)减少,而 Zn,Ge 却同步增多。

在 Zn,Ga 质量分数对比图(图 8)和 Zn-Ga 关系图(图 9)上,样品投影点落在两个明显不连续的区域,经电子探针面扫描分析(测试样品 FL43, FL126, FL128),没有发现 Ga 的独立矿物,推测投点位于 I 区的样品内 Ga 主要以显微吸附形式存在, I 区内的样品表示 Ga 可能主要以类质同象形式存在。

从图 8 和图 9 中无法看出 Ga 与 Zn 的关系。但是,将 Ga 与 Cd 比较(图 10),通过 Ga-Cd 关系可以

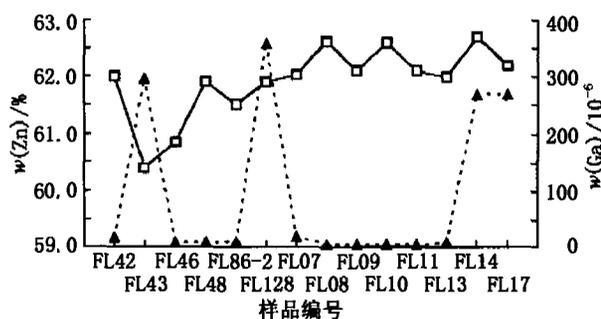


图 8 闪锌矿中 Zn,Ca 质量分数对比图
Fig. 8 The comparison diagram of Zn and Ga contents for sphalerites

推断 Ga-Zn 关系。在 Ga-Cd 关系图上(图 10), I 区样品中的 Ga 与 Cd 具明显的负相关关系, $R_{Cd-Ga}=-0.78$ 。因为 Cd 与 Zn 负相关,由此推断,类质同象形式赋存的 Ga 与 Zn 正相关。镓和锌在元素周期表

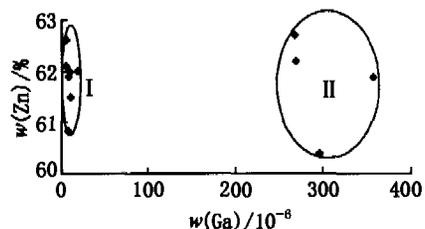


图 9 闪锌矿中 $w(Zn)-w(Ga)$ 关系图
I, Ga 主要以类质同象形式存在; II, Ga 主要以显微吸附形式存在
Fig. 9 The graph showing $w(Zn)-w(Ga)$ relation for sphalerite

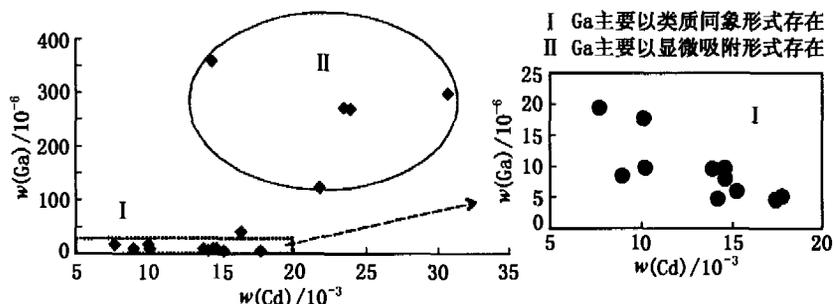


图 10 闪锌矿中 $w(Cd)-w(Ga)$ 关系图
Fig. 10 The graph showing $w(Cd)-w(Ga)$ relation for sphalerite

上相邻,镓位于锌的右侧,镓原子与锌具有类似的电子层结构。在还原环境中, Ga^{3+} 是最稳定状态, Ga^{3+} 与闪锌矿中的 Zn^{2+} 同属于 6 配位离子,容易进入闪锌矿晶格中^[1]。闪锌矿中的镓的含量与温度有一定关系,低温有利于镓的富集,温度由高到低(400 °C ~ 100 °C),闪锌矿中镓质量分数逐渐升高($10 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$)^[3]。 Zn, Ga 表现为正相关关系,是因为随着成矿作用的不断进行,进入闪锌矿晶格的其他元素(主要是 Cd)减少,而 Zn, Ga 却同步增多。

表 1 显示,17 件不同颜色的闪锌矿中 $w(Se)/10^{-6}$ 的变化范围很小(介于 127~177 之间),代表成矿作用早晚的不同颜色闪锌矿中 Se 的含量变化趋势呈水平状态(图 3),这说明进入到闪锌矿中的 Se 并没有随成矿流体中 Zn 的浓度的降低而变化,Se 与 Zn 没有相关性。Se 的电子构型为 $4s^2 4p^4$, 硒和硫的离子半径分别是 0.191 nm, 0.174 nm, 二者地球化学参数比较接近,可以形成广泛的类质同象关系^[3],在低至中等硫逸度时,Se 代替 S 进入闪锌矿晶格。Se 进入闪锌矿的多少可能受硫逸度的影响较大,但与 Zn 没有相关性。

6 分散元素对矿床成因的指示意义

6.1 Cd 质量分数对成因的指示意义

刘英俊认为闪锌矿中的 $w(Cd)$ 随温度的降低而富集^[4];而 Schwartz 认为闪锌矿中 $w(Cd)$ 决定于成矿流体中的 Cd/Zn 比值、离子的活度、成矿流体的温度,而温度、pH 值、S 逸度、 Cl^- 的活动性都不能单独对 Cd 的富集或贫化产生明显的影响。对 Cd 在闪锌矿中分布影响最大的因素是成矿流体中的 Cd/Zn 比值,不同类型矿床闪锌矿中成分不同的影响因素中,Cd/Zn 比值的影响大于流体的温度和离子的活度的影响^[5]。盆地卤水(被视为 MVT 型矿床的成矿流体)中 Cd/Zn 比值较高,而与喷流作用有关的成矿(SEDEX 型)流体 Cd/Zn 比值较低。Schwartz 对世界上 480 个矿床中的闪锌矿中 $w(Cd)$ 的按照矿床类型进行了统计(表 3)显示,MVT 和白云岩、灰岩中脉状矿床中闪锌矿的 $w(Cd)$ 较高,而 SEDEX 型、矽卡岩型及与火山有关的块状硫化物矿床闪锌矿中明显偏低。富乐矿床闪锌矿 $w(Cd)/10^{-6}$ 为 7 658~30 610,据此判断,该矿床明显不属于 SEDEX 矿床,而可能属于 MVT 型矿床或碳酸盐岩岩控脉状矿床。

6.2 Ge 质量分数对成因的指示意义

Ge^{4+} 与 S^{2-} 形成的四面体配位结构具有很大的稳定性,它能以类质同象形式进入闪锌矿晶格,并在

表 3 不同类型锌矿床闪锌矿中统计表^[5]. $w(Cd)/10^{-6}$

Table 3 The statistics of Cd contents in sphalerites from different Pb-Zn deposits (in $[\times 10^{-6}]$)^[5]

矿床类型	最小值	最大值	平均值	矿床个数
火山成因块状硫化物型	100	10 000	2 360	87
SEDEX 型矿床	50	6 250	2 560	19
矽卡岩型	300	9 900	3 540	54
低钙岩石中的脉状矿床	15	46 480	4 100	155
白云岩、灰岩岩控脉状矿床	1 000	20 000	7 260	31
MVT 型矿床	390	50 000	4 850	106
砂岩中的铅锌矿床	2 570			1

其中发生富集,成矿溶液中 Ge 的丰度是闪锌矿中 $w(Ge)$ 的主要影响因素。因此可以把闪锌矿中 $w(Ge)$ 作为判别成因的标志之一。与 Ga 相似, Ge^{4+} 在岩浆作用中与 Si^{4+} , Al^{3+} 等发生类质同象而趋向于分散在造岩矿物中,造成了与岩浆热液成因有关的闪锌矿 $w(Ge)$ 较低(一般小于 3×10^{-6}),相反,沉积-改造成因 Pb-Zn 矿床中闪锌矿 $w(Ge)$ 一般大于 100×10^{-6} ^[5]。富乐矿床闪锌矿 $w(Ge)/10^{-6}$ 为 114~195,暗示其沉积-改造成因。

6.3 Ga/In 比值对成因的指示意义

Ga/In 比值是区分闪锌矿成因类型的又一有效标志。由于 Ga 的地球化学行为与 Al 相似,在岩浆作用过程中,Ga 往往大量地分散在含 Al 的造岩矿物中(如黑云母、钾长石和斜长石等),造成了岩浆热液中 Ga 的贫化。由于 In^{3+} 的离子半径(0.080 nm)比 Al^{3+} 大得多(0.053 nm),在岩浆作用中 In^{3+} 不利于替代 Al^{3+} 进入造岩矿物晶格,趋向于进入残留相而在岩浆后期热液中富集。因此岩浆热液成因矿床中闪锌矿 $Ga/In < 1$,相反,沉积-改造成因矿床闪锌矿中 $Ga/In > 1$ ^[6]。根据计算富乐矿床闪锌矿中 Ga/In 比值为 33~1 300,平均 513^[7],远远大于 1,暗示其沉积-改造成因。

7 结 论

7.1 富乐矿床闪锌矿富含 4 种分散元素,其平均值 $w(B)/10^{-6}$ 分别为 Cd 16.183, Se 163, Ge 135, Ga 86。4 种元素的变化系数分别是 Se 35%, Cd 37%, Ge 47%, Ga 147%。

7.2 Cd 在深色闪锌矿中而 Ge 却在浅色闪锌矿中相对富集,Se 在不同颜色闪锌矿中的含量没有明显变化,Ga 含量与闪锌矿颜色相关性不明显。Cd, Ge, Se 主要呈类质同象形式存在,Cd, Ge 占据 Zn 的位置,而 Se 占据 S 的位置。Ga 主要以显微吸附形式存

在,少量以类质同象形式存在。

7.3 分散元素与主量元素 Zn 的相关性不同;Cd-Zn 负相关;Ge-Zn 正相关;类质同象形式赋存的 Ga

与 Zn 正相关;Se 与 Zn 没有相关性。

7.4 分散元素地球化学特征指示富乐铅锌多金属矿床为沉积-改造成因。

参考文献

- [1] 涂光焯,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.
- [2] 柳贺昌,林文达.滇东北铅锌银矿床规律研究[M].昆明:云南大学出版社,1999.
- [3] 李文博.会泽超大型铅锌矿床成矿时代及地球化学[D].中国科学院博士学位论文.贵阳:中国科学院地球化学研究所,2004.
- [4] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等.元素地球化学[M].北京:科学出版社,1984.
- [5] Schwartz M O. Cadmium in zinc deposits; Economicgeology of apolluting element[J]. *International Geology Review*, 2000, 42: 445-469.
- [6] 周卫宁,傅金宝.广西大厂矿田铜坑-长坡矿区闪锌矿的标型特征[J]. *矿物岩石*, 1989, 9(2): 66-72.
- [7] 司荣军.云南省富乐分散元素多金属矿床地球化学研究[D].中国科学院博士论文.贵阳:中国科学院地球化学研究所,2005.

GEOCHEMICAL CHARACTER OF DISPERSED ELEMENT IN SPHALERITE FROM FULE Pb-Zn POLYMETAL DEPOSIT, YUNNAN PROVINCE

SI Rong-jun^{1,2}, GU Xue-xiang³, PANG Xu-cheng¹, FU Shao-hong²,
LI Fa-yuan², ZHANG Ming², LI Yun-hong², LI Xiong-yao², LI Jian²

1. College of Resources and Environments, Henan
University of Technology, Jiaozuo 454000, China;
2. Institute Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;
3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract: The dispersed elements have great economic value, and are widely applied to high and new-technology industries. However it is difficult for them to accumulate and form ore deposits because of their low assay and dispersivity in the crust. Four dispersed elements Cd, Se, Ge and Ga have economic value in Fule Pb-Zn deposit which is located in the southeast part of Sichan-Yunnan-Guizhou polymetallogenic district. The dispersed elements mainly occurred in sphalerites with average content of $w(\text{Cd}) 16.183 \times 10^{-6}$, $w(\text{Se}) 163 \times 10^{-6}$, $w(\text{Ge}) 135 \times 10^{-6}$ and $w(\text{Ga}) 86 \times 10^{-6}$ respectively, and with the content of Cd being the highest in China. The colour of sphalerite can be divided into dark-brown, red-brown and yellow-brown. Cd occurs mostly in dark colour sphalerite, Ge and Ga in light colour one, the content of Se does not change in different colour sphalerite. Mainly occurred as allomerism form, Cd, Ge, and Se occur in crystal lattice of sphalerite, where Cd and Ge occupy the position of Zn and Se occupies the position of S. Ga usually are adsorbed in lattice defect as micro-adsorption form, and the other enter sphalerite crystal lattice in place of Zn in sphalerite Cd-Zn are negative correlation, Ge-Zn are positive correlations, but Se-Zn are independent. The geochemical characters of the dispersed elements indicate that the deposit belongs to sedimentation-reformation type.

Key words: Fule Pb-Zn polymetal deposit; dispersed elements; Cd; Se; Ge; Ga; geochemistry

ISSN 1001-6872(2006)01-0075-06; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author: Si Rongjun, male, 40 years old, a Ph D of mineralogy, petrology and ore deposit. Now he is engaged in the research of ore deposit geochemistry.