

云南会泽超大型铅锌矿床成矿物质来源

——来自矿区外围地层及玄武岩成矿元素含量的证据*

Sources of Ore-forming Materials in Huize Superlarge Zinc-Lead Deposit, Yunnan Province: Evidence from Contents of Ore-forming Element in Strata and Basalts from Margin of Ore District

李文博^{1,2} 黄智龙¹ 陈进³ 韩润生¹
管涛^{1,2} 许成^{1,2} 高德荣³ 赵德顺³

(1 中国科学院地球化学研究所矿床地化开放室, 贵州 贵阳 550002; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3 云南会泽铅锌矿, 云南 会泽 654211)

Li Wenbo^{1,2}, Huang Zhilong¹, Chen Jin³, Han Runsheng¹, Guan Tao^{1,2}, Xu Cheng^{1,2}, Gao Derong³, Zhao Deshun³
(1 Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China; 2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3 Zinc-lead Mine of Huize, Huize 654211, Yunnan, China)

摘要 本文测定了两条离会泽超大型铅锌矿床矿体 1~3 km、出露较全的地层剖面及西南大面积峨眉山玄武岩部分剖面成矿元素 (Pb、Zn、Ag、Ge、Ga、Cd 和 In) 的含量。结果表明, 不同时代碳酸盐地层的各成矿元素含量范围相近, 其中 Pb、Zn、Ge、Ga 和 In 均明显低于克拉克值和中国东部碳酸盐岩上述成矿元素的含量, 成矿元素之间具有一定的相关性; 峨眉山玄武岩 Pb、Zn、Ge、Ga 和 In 的含量相对稳定, 明显高于矿区外围碳酸盐地层, 但与克拉克值和中国东部玄武岩相似。结合矿床 Pb 同位素地球化学分析资料, 本文认为会泽超大型铅锌矿床成矿物质具有“多来源”特征。

关键词 地层 玄武岩 成矿元素 成矿物质来源 会泽超大型铅锌矿床

会泽铅锌矿床是川滇黔铅锌银多金属成矿域中较具代表性的超大型矿床, 该矿床以其铅锌品位特高 (Pb+Zn 多在 25~35%, 部分矿石 Pb+Zn 含量超过 60%)、伴生有用元素多 (Ag、Ge、Cd、In、Ga 等)、近年在找矿方面取得重大突破而引起国内外地学界的极大关注。虽然许多学者对其矿床地质、地球化学进行过研究 (张位及, 1984; 陈士杰, 1986; 廖文, 1984; 赵准, 1995; 陈进, 1993; Zhou et al., 2001; 柳贺昌等, 1999; 韩润生等, 2001; 黄智龙等, 2001a,b), 但有关矿床成矿物质来源还有很多争论。众所周知, 成矿物质来源是研究矿床成因的关键, 而地质体 (地层和岩浆岩) 成矿元素的含量高低是探讨矿床成矿物质来源的基础。本文系统测定了会泽超大型铅锌矿床外围各时代地层以及二叠系峨眉山玄武岩的成矿元素 (Pb、Zn、Ag、Ge、Ga、Cd 和 In) 的含量, 初步探讨了矿床成矿物质的来源。

1 矿区地层概况及分析样品

黄智龙等 (黄智龙等, 2001a, b) 已介绍了会泽超大型铅锌矿床的区域地质、矿区地质和矿床地质特征。

矿区除寒武系筇竹寺组 (ϵ_{1q})、泥盆系海口组 (D_2h) 和二叠系梁山组 (P_1l) 分别为泥质页岩、砂岩和炭质页岩外, 震旦系灯影组 (Z_2d)、泥盆系宰格组 (D_3zg) 以及石炭系大塘组 (C_1d)、摆佐组 (C_1b)、

* 国家自然科学基金项目 (40172038) 和云南省省院省校科技合作项目 (2000YK-04) 资助
第一作者简介 李文博, 男, 1976 年生, 硕士研究生, 矿床地球化学专业。

威宁组 (C_2w)、马平组 (C_3m) 和二叠系栖霞—茅口组 (P_1q+m) 地层均为碳酸盐岩, 其中 C_1b 是为会泽超大型铅锌矿床唯一赋矿地层。

地层、岩浆岩等地质体成矿元素的含量高低是探讨矿床成矿物质来源的基础。为防止矿化影响, 本文选择了两条离会泽超大型铅锌矿床矿区距矿体 1~3 km、出露较全的地层剖面进行成矿元素 (Pb、Zn、Ag、Ge、Ga、Cd 和 In) 含量分析: 一条是矿床西南边的孙家沟剖面, 该剖面缺失 ϵ_{1q} 地层; 另一条是矿床南边的小黑箐剖面, 该剖面缺失 P_1l 地层。矿区岩浆岩只有二叠系峨眉山玄武岩 ($P_2\beta$), 本文除分析了两条剖面出露 $P_2\beta$ 的成矿元素含量外, 还分析了区域了部分 $P_2\beta$ 剖面的成矿元素含量, 这些剖面有: 二顺剖面 (距矿床约 20 km)、毛家村剖面 (距矿床约 80 km)、威宁剖面 (距矿床约 100 km)、二滩剖面 (距矿床约 200 km) 和清音剖面 (距矿床约 400 km)。

2 分析结果

成矿元素含量由中国科学院地球化学研究所矿床地化开放室 ICP-MS 分析, 分析方法同文献 (Qi et al., 2000), 分析数据的统计结果见表 1, 为便于对比, 表中还列出了成矿元素的克拉克值 (黎彤等, 1990) 及中国东部碳酸盐岩、泥质岩、硅质岩和玄武岩成矿元素的平均含量 (鄢明才等, 1997), 图 1 为矿区外围碳酸盐地层和峨眉山玄武岩克拉克值标准化的成矿元素含量范围。

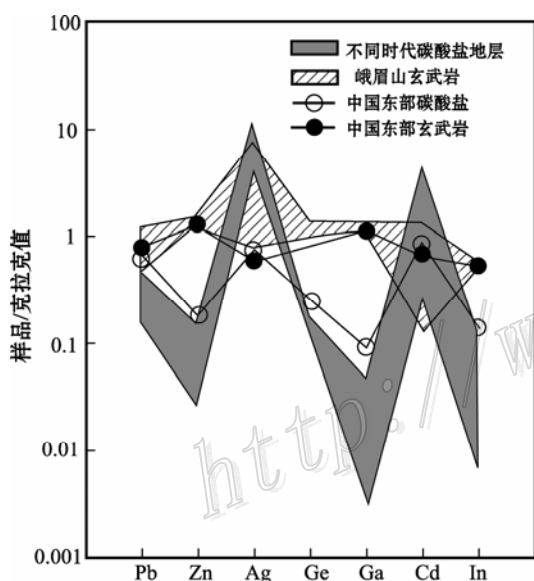


图 1 会泽超大型铅锌矿床成矿元素含量范围图

(克拉克值据黎彤等, 1990)

从图 1 和表 1 可见: ① 不同时代碳酸盐地层的各成矿元素含量范围相近, 其中 Pb、Zn、Ge、Ga 和 In 均明显低于克拉克值和中国东部碳酸盐岩上述成矿元素的含量; 而 Ag 相对高于克拉克值和中国东部碳酸盐 Ag 含量; Cd 的含量范围较宽, 均值与克拉克值和中国东部碳酸盐 Cd 含量相近; 在图 1 上为 Pb、Ag、Cd 相对富集和 Zn、Ga、In 相对亏损的“锯齿形”, 与中国东部碳酸盐相似。② 除 Ag 外, 矿区外围非碳酸盐地层 (ϵ_{1q} 、 D_2h 和 P_1l) 成矿元素含量均相对高于碳酸盐地层, 尤其是 ϵ_{1q} 更为突出, 但相对低于克拉克值和中国东部同类岩石成矿元素的含量。③ 峨眉山玄武岩的 Ag、Cd 含量变化较大, 其它成矿元素含量相对稳定; 除 Ag 相对较高外, 其它成矿元素的均值与克拉克值和中国东部玄武岩相似; 除 Ag、Cd 外, 其它成矿元素的含量明显高于矿区外围碳酸盐地层。④ R 型聚类分析结果表明, 矿区外围碳酸盐地层和峨眉山玄武岩中的成矿元素均具有不同的相关关系。

3 讨论

会泽超大型铅锌矿床成矿物质的来源一直是众多地质学家关注的问题。由于该矿床赋存于下 C_1b 白云岩中, 区域上有大面积峨眉山玄武岩分布, 较多学者认为成矿物质由碳酸盐地层和玄武岩提供 (廖文, 1984; 陈进, 1993; 柳贺昌等, 1999; 韩润生等, 2001)。但也有不同的认识, 如 Zhou 等 (2001) 根据铅锌等成矿物质的背景含量、Pb 和 Sr 同位素组成认为成矿物质主要由早震旦纪火山岩提供; 李连举等 (1999) 提出上震旦统、下寒武统、中上泥盆统和石炭系地层是矿区重要的矿源层; 胡耀国^①则认为成矿物质主要来源

① 胡耀国, 2000. 贵州银厂坡银多金属矿床银的赋存状态、成矿物质来源与成矿机制. 中国科学院地球化学研究所博士学位论文.

于区域前寒纪基底（如昆阳群等）。根据矿区外围地层和峨眉山玄武岩成矿元素含量分析结果，结合矿床同位素地球化学分析资料，本文认为会泽超大型铅锌矿床成矿物质具有“多来源”特征，

表 1 会泽铅锌矿床地层及玄武岩成矿元素含量统计结果 ($w_B/10^{-6}$)

统计对象		Pb	Zn	Ag	Ge	Ga	Cd	In
Z_2d	范围	1.8~4.4	3.2~5.8	0.41~0.45	0.14~0.23	0.09~0.41	0.04	0.003~0.011
	均值	3.1 (3)	4.5 (2)	0.43 (2)	0.19 (3)	0.17 (3)	0.04 (4)	0.007 (3)
ϵ_{1q}		21.4	62.9	0.57	1.66	22.13	0.09	0.065
D_2h		5.8	12.9	—	1.11	5.98	0.07	0.009
D_3zg	范围	1.2~5.8	1.8~3.3	0.08~0.75	0.15~0.37	0.17~2.13	0.17~0.25	0.002~0.047
	均值	3.5 (5)	2.4 (3)	0.32 (4)	0.25 (5)	0.86 (5)	0.21 (2)	0.015 (5)
C_1d	范围	2.1~7.4	5.3	—	0.17~0.23	0.17~0.46	0.16~0.37	0.005~0.006
	均值	4.8 (2)	5.3 (1)	—	0.20 (2)	0.32 (2)	0.27 (2)	0.006 (2)
C_1b	范围	0.7~12.3	3.0~5.5	0.18~0.59	0.15~0.22	0.02~0.26	0.06~0.23	0.002~0.006
	均值	3.6 (7)	4.3 (2)	0.31 (5)	0.19 (7)	0.09 (4)	0.12 (7)	0.004 (4)
C_2w	范围	2.1~11.4	13.5	0.37	0.20~0.29	0.16~1.25	0.66	0.005~0.006
	均值	5.7 (3)	13.5 (1)	0.37 (1)	0.24 (3)	0.53 (3)	0.66 (1)	0.006 (2)
C_3m	范围	2.0	14.8	0.85	0.17~0.21	0.02~0.08	0.20~0.40	0.006~0.008
	均值	2.0 (1)	14.8 (1)	0.85 (1)	0.19 (2)	0.05 (2)	0.30 (2)	0.007 (2)
P_1q-m	范围	1.5~2.3	1.9~16.4	0.37	0.15~0.29	0.01~0.12	0.28	0.001
	均值	1.9 (2)	9.5 (2)	0.37 (1)	0.23 (3)	0.07 (2)	0.28 (1)	0.001 (1)
P_1l		4.8	11.2	—	1.14	1.86	0.16	0.013
硅质岩	范围	1.7~2.7	—	0.14~0.41	0.21~0.43	0.28~0.50	—	0.002~0.005
	均值	2.2 (2)	—	0.30 (3)	0.33 (3)	0.39 (3)	—	0.004 (3)
二顺剖面	范围	6.1~9.6	123.5~148.6	0.03~0.18	1.43~1.95	22.54~28.94	0.08~0.30	0.056~0.083
	均值	7.8 (6)	134.8 (6)	0.10 (5)	1.63 (6)	25.23 (6)	0.20 (6)	0.070 (6)
毛家村剖面	范围	5.6~11.4	88.0~156.9	0.01~0.17	1.36~2.06	20.74~30.81	0.09~0.20	0.062~0.106
	均值	7.6 (8)	114.4 (8)	0.08 (7)	1.66 (8)	24.44 (8)	0.15 (8)	0.085 (8)
威宁剖面	范围	4.3~13.7	109.7~140.2	0.18~0.27	1.64~1.79	22.90~27.00	0.11~0.23	0.060~0.086
	均值	9.6 (4)	130.9 (4)	0.22 (3)	1.69 (4)	25.05 (4)	0.16 (4)	0.073 (4)
孙家沟剖面	范围	4.0~16.4	105.3~133.9	0.36~0.74	1.00~1.58	18.72~25.50	0.02~0.10	0.065~0.095
	均值	9.7 (4)	121.5 (4)	0.58 (3)	1.40 (4)	23.20 (4)	0.05 (4)	0.084 (4)
麒麟厂	范围	2.9~7.7	96.0~131.1	0.48~0.59	1.53~1.79	18.29~22.89	0.02	0.061~0.073
	均值	5.3 (2)	113.6 (2)	0.53 (2)	1.66 (2)	20.59 (2)	0.02 (1)	0.067 (2)
小黑箐		13.0	125.2	0.51	1.88	22.65	0.06	0.067
陈家村		7.3	126.3	20.72	1.78	25.23	0.05	0.076
清音剖面	范围	9.6~23.8	112.9~142.1	0.02~0.12	1.60~2.53	23.36~27.25	0.05~0.22	0.068~0.122
	均值	14.4 (8)	130.2 (8)	0.06 (6)	1.92 (8)	25.35 (8)	0.11 (8)	0.081 (8)
二滩剖面	范围	3.1~17.8	74.12~24.6	0.02~0.29	1.32~2.15	14.74~32.02	0.02~0.29	0.038~0.139
	均值	9.0 (6)	131.4 (6)	0.19 (4)	1.72 (6)	23.21 (6)	0.14 (6)	0.081 (6)
克拉克值*		12	94	0.075	1.4	18	0.15	0.14
中国东部碳酸岩**		8	18	0.056	0.35	1.7	0.13	0.02
中国东部泥质岩**		23	80	0.05	1.6	20.5	0.11	0.07
中国东部硅质岩**		14	36	0.27	1.3	6.0	0.20	0.02
中国东部玄武岩**		9.6	120	0.046	1.15	20.5	0.10	0.075

注：原始数据由中国科学院地球化学研究所 ICP-MS 分析，各元素的检出限分别为（单位 $\times 10^{-6}$ ）：Pb 0.5, Zn 0.5, Ag 0.01, Ge 0.01, Ga 0.01, Cd 0.01, In 0.001；未检出的样品未参加统计；地层代号同表 1，双线之间为峨眉山玄武岩；* 据黎彤等（1990），** 据鄯明才等（1997）。

主要证据如下。

(1) 矿区外围不同时代碳酸盐地层中 Pb、Zn、Ge、Ga 和 In 等成矿元素明显低于克拉克值和中国东部碳酸盐上述成矿元素的含量; 不同时代碳酸盐地层中各成矿元素含量范围相近, 在图 1 上表现出与中国东部碳酸盐相似的“锯齿形”; 各成矿元素之间具有一定的相关性; 加之各时代碳酸盐地层普遍有重结晶现象。这些特征均表明, 各时代碳酸盐地层中成矿元素有被迁移现象, 暗示各时代碳酸盐地层均可能提供了部分成矿物质。

(2) 与矿区外围碳酸盐地层相比, 峨眉山玄武岩具有相对较高的成矿元素含量 (Ag 除外), 且略高于克拉克值 (表 1、图 1), 在成矿过程中具有提供部分成矿物质的潜力, 但提供大量成矿物质的可能性较小。表现在: 矿区外围峨眉山玄武岩与西南其它地区峨眉山玄武岩成矿元素含量不具明显差异、且与中国东部以及国外玄武岩成矿元素含量相近; 加之岩石新鲜, 成矿元素没有被迁移的地质证据。致于峨眉山玄武岩在风化蚀变过程中成矿元素是否重新分配, 有待进一步工作。

(3) 与矿区外围碳酸盐地层相比, 非碳酸盐地层 (ϵ_{1q} 、 D_2h 和 P_1l) 的成矿元素含量也相对较高 (尤其是 ϵ_{1q} ; Ag 除外) (表 1)。由于这些地层成矿元素含量相对低于克拉克值和中国东部同类岩石; 加上这些地层在区域上分布较少, 岩性 (分别为泥质页岩、砂岩和炭质页岩) 相对稳定, 其中的成矿元素不易被迁移。因而在成矿过程中提供大量成矿物质的可能性不大。

(4) Zhou 等 (2001)、李连举等 (1999) 和胡耀国^①等已从多方面论证了区域上基底岩石提供部分成矿物质的可能性, 在此不再赘述。

(5) Pb 同位素研究结果表明 (黄智龙等, 2001b), 会泽超大型铅锌矿床矿石和矿石矿物 (方铅矿、闪锌矿、黄铁矿) 投入下地壳铅平均演化线与岛弧铅平均演化线之间的克拉通化地壳范围内, 且集中于一个狭小范围内, 部分碳酸盐地层和峨眉山玄武岩样品的铅同位素组成落入方铅矿范围之内, 同样表明碳酸盐地层和峨眉山玄武岩均可能提供成矿物质。

(6) 黄智龙等 (2001a, b) 已从多方面论证了会泽超大型铅锌矿床成矿流体具有“多源性”, 同样支持矿床成矿物质“多源性”的结论。

参 考 文 献

- 陈进. 1993. 麒麟厂铅锌硫化矿床成因及成矿模式探讨. 有色金属矿床与勘查, 2 (2): 85~89.
- 陈士杰. 1986. 黔西滇东北铅锌矿成因探讨. 贵州地质, 3(3): 211~222.
- 韩润生, 刘从强, 黄智龙, 等. 2001. 论云南会泽富铅锌矿床成矿模式. 矿物学报, 21: 674~680.
- 黄智龙, 陈进, 韩润生, 等. 2001. 峨眉山玄武岩与铅锌成矿——以云南会泽铅锌矿为例. 矿物学报, 31(4): 681~688.
- 黄智龙, 陈进, 韩润生, 等. 2001. 云南会泽铅锌矿脉石矿物方解石 REE 地球化学. 矿物学报, 31(4): 659~666.
- 黎彤, 倪守斌. 1990. 地球和地壳的化学元素丰度. 北京: 地质出版社.
- 李连举, 刘洪滔, 刘继顺. 1999. 滇东北铅、锌、银矿床矿源层问题探讨. 有色金属矿产与勘查, 8(6): 333~339.
- 廖文. 1984. 滇东、滇西 Pb-Zn 金属区 S、Pb 同位素组成特征与成矿模式探讨. 地质与勘探, (1): 1~6.
- 柳贺昌, 林文达. 1999. 滇东北铅锌银矿床规律研究. 昆明: 云南大学出版社.
- 鄯明才, 迟清华. 1997. 中国东部地壳与岩石的化学组成. 北京: 科学出版社.
- 张位及. 1984. 试论滇东北 Pb-Zn 矿床的沉积成因和成矿规律. 地质与勘探, (7): 11~16.
- 赵准. 1995. 滇东、滇东北地区铅锌矿床的成矿模式. 云南地质, 14 (4): 364~376.
- Qi L, Hu J, Gregoire D C. 2000. Determination of trace elements in granites by inductively coupled plasma mass spectrometry. Talanta, 51: 507~513.
- Zhou C X, Wei C S, Guo J Y, et al. 2001. The source of metals in the Qilingchang Zn-Pb deposit, Northeastern Yunnan, China: Pb-Sr isotope constraints. Econ Geol, 96: 583~598.

① 胡耀国. 2000. 贵州银厂坡银多金属矿床银的赋存状态、成矿物质来源与成矿机制. 中国科学院地球化学研究所博士学位论文.