

黔西北地区铅锌矿床成矿物质来源探讨

金中国¹, 张伦尉¹, 叶静²

(1. 贵州省有色地质勘查局, 贵阳 550005; 2. 中国铝业股份公司贵州分公司第二矿山, 贵阳 551400)

[摘要]黔西北铅锌成矿区 Pb、S、C、O、Sr 同位素组成特征显示, 成矿物质具多来源, 成矿作用具多阶段性。Pb、Zn 主要来源于下伏老地层, 与较高地球化学背景的前震旦系基底火山碎屑岩有关, 也与峨眉山玄武岩的喷发有成生联系; S 来源于海相硫酸盐还原, O、C 来源于海相碳酸盐, 成矿流体水主要来源于深部地层变质水, 后期有少量大气降水混合。

[关键词]同位素特征 成矿物质 铅锌矿 黔西北

[中图分类号]P618.42; P618.43 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2007)06-0032-04

黔西北铅锌成矿区位于扬子准地台西南缘, 康滇地轴东侧, 是川、滇、黔铅锌多金属矿集区的重要组成部分和我国“十·五”, “十一·五”16个加强地质工作的重点成矿区带之一, 区内矿床(点)分布密集, 已探明和发现铅锌矿床(点)96处。铅锌矿主要呈陡脉状产出, 常形成延深大于延长, 品位高, 厚度大的特富($Pb + Zn > 30 \times 10^{-2}$)硫化矿体。区内铅锌矿床成因众多, 学者、专家提出层控成因^[1-3], 并获得广大地质工作者的认可。随着找矿研究的深入, 特别是云南会泽铅锌矿床深部找矿的重大突破, 一些学者发现了新的成因证据, 对传统的层控成因产生质疑, 相继提出 MVT 成因^[4-6], 地幔柱热点成矿^[7-10], 使川、滇、黔铅锌多金属矿集区成为研究热点。作者在综合前人工作基础上, 通过与世界上典型 MVT 铅锌矿床进行对比认为, 黔西北铅锌矿床总体上与 MVT 铅锌矿床具相似性, 但浅部断裂控矿明显, 陡脉状产出特征突出, 属不典型的 MVT 矿床类型^①。与 Sangster^[11], Leach^[12] 研究结果相吻合, 即世界上 MVT 铅锌矿床之间其产出形态形成机理存在较大差异。

1 区域成矿地质背景

区域内出露地层主要为石炭系、二叠系和三叠系, 在各背斜轴部有零星的震旦系、寒武系、志留系、泥盆系地层分布。岩性以碳酸盐岩为主, 页岩、砂岩次之。含矿层位为志留系韩家店组一二叠系茅口

组, 生物碎屑灰岩、白云岩、白云质灰岩是铅锌矿的主要赋矿围岩。构造以 NW 向和 NE 向的紧密褶皱和逆冲断层发育为特征。背斜轴部的逆冲断层是区内铅锌矿的主要导控矿构造, 在纵横断层交切部位、背斜倾伏端及倒转地段往往是铅锌矿床产出部位和形成富铅锌矿体处。区内岩浆活动相对弱, 主要见峨眉山玄武岩组(P_{1-2em})和浅成相与铅锌矿产出呈若影若离现象的辉绿岩体。

2 成矿物质来源

2.1 铅同位素特征

据区内杉树林、青山等 15 个铅锌矿床的 71 件铅同位素数据统计结果, 各矿床铅同位素组成变化较大。 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 介于 18.276 ~ 19.030 之间, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 介于 15.357 ~ 15.990 之间, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 介于 38.225 ~ 39.614 之间, 组成变化分别为 $\alpha = 4.04\%$, $\beta = 4.03\%$, $\gamma = 3.57\%$, 根据卢武长^[13]、陈好寿^[14]等研究认为, 正常普通铅的变化率为 0.3% ~ 1%, 而本区均大于 3.5%, 表明成矿过程中应有异常铅加入。Zartman 图解^[15](图 1)也显示出, 本区矿石铅同位素组成变化大, 85% 以上的样品投点落于上地壳和造山带内, 有少量投点位于上地幔和下地壳附近。 $^{207}Pb/^{204}Pb$ 集中在 15.60 ~ 15.75, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 集中在 18.40 ~ 18.60, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 较分散。由此看来, 矿床铅主要来源于壳源铅, 其次为造山带铅和幔源铅, 具多源混合结构特点。矿石 Pb 模式年

[收稿日期]2006-09-04; [修订日期]2006-11-27。

[基金项目]中国地质调查局地质大调查项目资助(编号 200410200019)。

① 金中国, 黔西北地区铅锌矿控矿因素、成矿规律与找矿预测研究[博士学位论文], 长沙, 中南大学, 2006。

[第一作者简介]金中国(1965年—), 男, 2006年毕业于中南大学, 获博士学位, 研究员, 现主要从事地质找矿及研究工作。

龄测定主要成矿期为(389~261)Ma和(190~84)Ma^[16],显示为海西—燕山期产物,具多期多阶段性,与区内玄武岩的主喷发期(253.3~218.6)Ma和辉绿岩的侵入期(380~111.5)Ma部分重合,加之多数辉绿岩体Pb、Zn含量高,个别见矿化,暗示区内岩浆岩活动也可能为铅锌成矿提供了部分物源与热源。同时也指出,由于区域内主要含矿层位泥

盆系、石炭系地层中Pb、Zn有较高的地球化学背景^①,在二叠纪峨眉山玄武岩大面积溢流喷发及岩熔的烘烤作用和燕山期构造挤压趋动作用下,高背景地层中的Pb、Zn等成矿元素被激化随层间水迁移进入构造热(卤)水渗透对流循环系统,形成成矿流体,因此含矿围岩也可能提供了部分成矿物质。

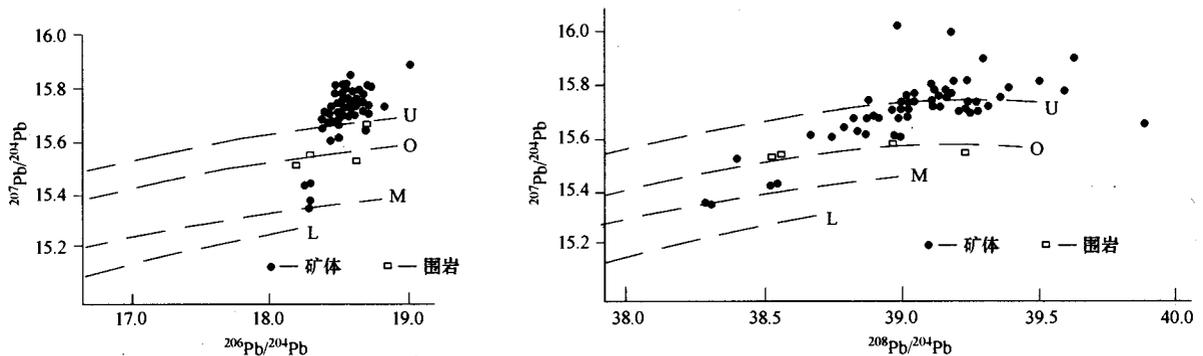


图1 黔西北铅锌矿床铅同位素组成图

(底图据毛健全1998修编)

U—上地壳铅;O—Z—造山带铅;M—上地幔铅;L—下地壳铅

2.2 硫同位素特征

研究区内铅锌矿床的硫同位素($\delta^{34}\text{S}$)组成如图2和表1(表1为主要矿床样品)所示,矿石的硫同位素组成均为正值,方铅矿7.80‰~20.29‰,闪锌矿10.10‰~22.92‰,黄铁矿7.57‰~22.67‰。92件样品中71%样品的硫同位素集中在11‰~14‰,塔式特征明显,显示硫来源单一,主要来源于海相硫酸盐还原。少量样品含量低,可能与局部区域有较强细菌还原作用有关^[17],从而导致 $\delta^{34}\text{S}$ 亏损,并与本区铅锌矿床多赋存于水下脊状隆起内侧,局限一半局限的泻湖沉积环境一致。前者在干旱的气候条件下形成蒸发沉积环境或还原盆地的富硫、富有机质环境,能促使硫酸盐还原形成 H_2S ,加速了白云质碳酸盐相中Pb、Zn、Ag的富集。后者水体浅,生物作用、蒸发泵及渗滤回流作用强烈,有利于Pb、Zn、Ag矿质浓集。故含矿的碳酸岩盐可能提供

了部分矿质。除银厂坡矿床外,青山、杉树林、蟒洞矿床矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值都满足 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{闪锌矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}}$,表明矿石是在平衡条件下沉淀。

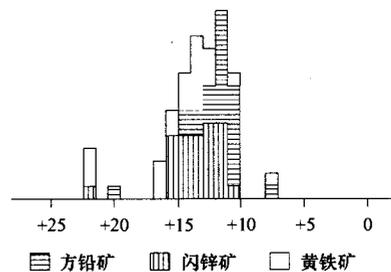


图2 黔西北地区铅锌矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 值分布特征

2.3 碳、氧同位素特征

区内典型矿床与闪锌矿—方铅矿共生且同期形成的脉石矿物方解石—白云石主要呈网脉状产于断裂构造带内,颜色常呈乳白色、褐红色,而早期或

表1 黔西北地区典型铅锌矿床矿石硫同位素组成

矿床	测试矿物	样品数	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	资料来源	矿床	测试矿物	样品数	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	资料来源
杉树林	方铅矿	4	12.21	①	蟒洞	方铅矿	3	11.255	②
	闪锌矿	6	15.81			闪锌矿	5	12.714	
	黄铁矿	4	15.86			黄铁矿	1	13.08	
青山	方铅矿	6	14.196	②③	银厂坡	方铅矿	11	10.40	④
	闪锌矿	6	17.477			闪锌矿	7	12.23	
	黄铁矿	2	17.642			黄铁矿	8	11.87	
天桥	方铅矿	9	13.360	②③	草子坪	闪锌矿	1	10.10	⑤
	闪锌矿	8	14.569			方铅矿	2	8.50	

①—贵州有色地勘局二总队(1984);②—毛健全(1998);③—王华云(1996);④—胡耀国(1999);⑤—桂林矿产地质研究院(1999)。

晚期脉石矿物主要呈大脉状分布于矿体旁侧或外侧,颜色纯而晶形粗大。成矿期方解石和白云石测定 $\delta^{18}\text{O}$ 均为正值(表 2),组成与围岩基本一致,变化范围 +15.62‰ ~ +25.55‰,平均 +22.21‰,属海相碳酸盐范围。青山矿床从围岩→蚀变围岩→脉石方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 值逐步增高,而杉树林、银厂坡矿床则呈逐步降低之趋势,表明成矿流体运移过程中发生了强烈的水岩交换反应,形成同位素相对富集与贫化的分馏效应。

$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值 -2.68‰ ~ +3.91‰,变化范围较大,但平均值 +0.15‰,接近于 0,与正常海相沉积的碳酸盐岩一致^[18]。

杉树林矿床与闪锌矿、方铅矿共生同期的方解石 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 13.70‰ ~ 23.11‰, δD 为 -46‰ ~ -55‰^[19]。 $\delta\text{D} - 18\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 图解(略)显示成矿流体水为变质水(或岩浆水)来源,但在成矿后期,有少量大气降水的参合。

2.4 锶同位素特征

青山铅锌矿床闪锌矿包裹体 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.71174 \sim 0.7135$, 平均 0.71255^[20]; 银厂坡矿石、脉石矿物 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.71084 \sim 0.72557$, 平均 0.71555^②, 均明显高于正常海相沉积碳酸盐岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值(0.7080)及海水的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值(0.7090), 锶同位素组成变化范围大,属酸性岩石的初始范围(0.700 ~ 0.737),特征显示有放射成因的矿源层存在。据研究^[21,22],区内下二叠统碳酸盐岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.7079,峨眉山玄武岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.7066 ~ 0.7082,显然,含矿层不可能提供富放射成因的锶。推测应与区域内基底中酸性火山岩中 Pb、Zn 具较高的地球化学背景($\text{Pb}450 \times 10^{-6} \sim 650 \times 10^{-6}$, $\text{Zn}100 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$),成矿物质可能来源于基底火山碎屑岩^①,或成矿流体曾流经富放射成因锶基底岩石有关^[23]。

2.5 主要地质条件与世界上典型 MVT 矿床对比

表 2 黔西北地区典型铅锌矿床碳氧同位素组成

矿床	样品名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	资料来源	矿床	样品名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	资料来源
青山	灰岩	22.91	2.27	①	天桥	白云石	20.68	-3.03	②
	蚀变灰岩	24.10	1.10			白云岩	23.13	-0.80	
	方解石	24.25	1.78			方解石(3)	20.18	-2.68	
	方解石	24.71	0.98			白云石(2)	19.56	-1.46	
银厂坡	方解石(7)	15.62	-1.96	③	杉树林	方解石	25.55	2.52	①
	粗晶白云岩(2)	20.99	0.78			蚀变灰岩	25.47	2.42	
	细中晶白云岩(4)	19.96	-0.38			灰岩	26.75	3.91	
	生物碎屑灰岩(4)	20.99	-1.30						

①—毛健全(1998);②—王华云(1996);③—胡耀国(1999);④—括号内为样品数。

表 3 黔西北铅锌矿床主要地质条件与典型 MVT 矿床对比表

地质条件	世界上典型 MVT 矿床	黔西北地区铅锌矿床
构造背景	沉积盆地边缘的抬升部位	扬子克拉通西缘,滇黔拉张裂谷东侧
矿化范围	数百平方千米至数千平方千米	1000km ² 以上
控矿因素	主要受构造、地层、岩性控制,以缓倾斜的层间断层为主,矿体多呈似层状产出	主要受构造、地层、岩性控制,构造是主要控矿因素,矿体多呈陡倾斜脉状产出
赋矿地层岩性	奥陶纪—石炭纪的碳酸盐岩,矿体多产于白云岩和交代灰岩中	早中志留世—早二叠世,岩性以粗晶白云岩、白云质灰岩为主
包裹体性质	盐度:10% ~ 30%,成分主要为 Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 和 Mg^{2+} ,均一温度 50℃ ~ 200℃	盐度:10% 左右,成分主要为 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 、 F^- ,均一温度 150℃ ~ 250℃
铅同位素	铅同位素组成比较高,多具分带性,表明铅为多来源,具有“J型异常 Pb”	主要来源于壳源铅,有少量造山带和基底放射成因铅加入,具多源性和“J型异常铅”特征
硫同位素	多在 +10‰ ~ +25‰ 之间,硫来源于海相硫酸盐	多在 +10‰ ~ +20‰,硫来源于海相硫酸盐
碳同位素	为正常海相碳酸盐岩值	来源于海相碳酸盐岩
氢、氧同位素	与沉积盆地孔隙水相似	主要为深部地层变质水,有少量大气降水加入
沉积相	多产于渗透性较好的白云岩中	多产于渗透性较好的白云岩中
成矿物质	Pb、Zn、Ag 等主要来源于下伏红色 Lamotte 砂岩,与基底碎屑岩有关	Pb、Zn、Ag 主要来源于下伏寒武系及前震旦系基底火山碎屑岩地层

② 胡耀国. 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[博士学位论文]. 贵阳:中国科学院地球化学所,1999.

3 结语

1) 黔西北铅锌矿床总体上与 MVT 铅锌矿床具相似性,但浅部断裂控矿因素明显,陡脉状产出特征突出,与典型的 MVT 铅锌矿床存在差异,属不典型的 MVT 矿床类型。

2) 典型矿床矿石铅同位素组成特征表明铅来源具多元混合结构,铅主要为壳源铅,其次来源于上地幔与造山带,含矿围岩也可能提供了部分铅。显示本区成矿物质是多源的,主要是深源,少量来源于含矿的碳酸盐岩。

3) 硫同位素组成塔式特征明显,显示硫来源单一,主要来源于海相硫酸盐。碳、氧同位素组成特征显示均来源于海相碳酸盐岩,成矿流体水为变质水来源,但在成矿后期,有大气降水的参合作用。S - C - O 同位素组成特征及区域内主要含矿层位下寒武统、泥盆系、石炭系中 Pb、Zn 有较高的地球化学背景显示,含矿围岩可能提供了 Pb、Zn 等矿质。

4) Sr 同位素组成变化范围大,特征显示有放射成因的矿源层存在,可能与早震旦纪火山岩系有关。

[参考文献]

- [1] 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.
- [2] 张位及. 试论滇东北铅锌矿床的沉积成因和成矿规律[J]. 地质与勘探, 1984, (7): 11 - 16.
- [3] 廖文. 滇东、黔西铅锌金属区硫、铅同位素特征与成矿模式探讨[J]. 地质与勘探, 1984, (1): 2 - 6.
- [4] 周朝宪. 滇东北麒麟厂铅锌矿床成矿金属来源、成矿流体特征和成矿机理研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17(1): 34 - 36.
- [5] 王爨臻, 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 - 137.
- [6] 张长青, 毛景文, 吴锁平, 等. 川滇黔地区 MVT 铅锌矿床分布、特征及成因[J]. 矿床地质, 2005, 24(3): 336 - 348.

- [7] 黄智龙, 陈进, 韩润生, 等. 云南会泽超大型铅锌矿床地球化学及成因—兼论峨眉山玄武岩与铅锌成矿的关系[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [8] 韩润生, 刘从强, 黄智龙, 等. 论云南会泽富铅锌矿床成矿模式[J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 674 - 680.
- [9] 王登红. 地幔柱及其成矿作用[M]. 北京: 地震出版社, 1998, 121 - 160.
- [10] 谢家荣. 中国矿床学总论[M]. 北京: 学术书刊出版社, 1963, P56 - 172.
- [11] Sangster D. F. Mississippi Valley - type deposit; In Kisvarsanyi G., Grant S. K., Pratt W. P. (eds) International conference on Mississippi Valley type Lead - Zinc deposit. University of Missouri Press, Rolla, Missouri. 7 - 19.
- [12] Leach D. L., Rowan E. L. Genetic link between Ouachite foldbelt tectonism and Mississippi valley - type Lead - Zinc deposit the Ozarks. *Geology*, 1986, 14: 931 - 935.
- [13] 卢武长. 稳定同位素地球化学[M]. 成都: 成都地质学院, 1986.
- [14] 陈好寿. 同位素地球化学研究[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1993, 10 - 40.
- [15] 毛健全, 张启厚, 顾尚义, 等. 水城断陷构造演化及铅锌矿研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1998, 104 - 129.
- [16] 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, 1 - 128.
- [17] Makhoukhi S., Schmitt J. M., Bouabdelli M., et al. Modelling of an MTV deposit; Touissit - Bou Bekker district (eastern Morocco). *Journal of Geochemical Exploration*, 2000, 69 - 70: 109 - 113.
- [18] Jochen Hoefs. 稳定同位素地球化学[M]. 刘季花, 石学法, 卜文瑞, 译. 北京: 海洋出版社, 2002, 55 - 80.
- [19] 钱建平. 黔西北威宁 - 水城铅锌成矿带动力成矿作用研究[J]. 地质地球化学, 2001, 29(3): 134 - 139.
- [20] 顾尚义, 张启厚, 毛健全. 青山铅锌矿床两种热液混合成矿的锶同位素证据[J]. 贵州工业大学学报, 1997, 26(2): 50 - 54.
- [21] 邓海琳, 李朝阳, 涂光炽, 等. 滇东北乐马厂 Sr 同位素地球化学. *中国科学*, 1999, 29(6): 496 - 503.
- [22] 汪云亮, Hughes, 董纯茵, 等. 峨眉山玄武岩地球化学和大陆地幔演化. *成都地质学院学报*, 1987, 14(3): 59 - 73.
- [23] 周朝宪, 魏春生, 李朝阳. 扬子地块西南缘下震旦系岩浆岩系研究[J]. 矿物学报, 1998, 18(4): 401 - 410.

ORE - FORMING MATERIALS SOURCE OF LEAD - ZINC DEPOSITS IN THE NORTHWEST GUIZHOU

JIN Zhong - guo¹, ZHANG Lun - wei¹, YE Jing²

(1. Guizhou Bureau of Geology and Nonferrous Metal Exploration, Guiyang 550005;

2. Second Mine Division, Guizhou Branch Office of China's Aluminum Industry Corp., Guiyang 551400)

Abstract: Pb, S, C, O and Sr isotopes in the Pb - Zn deposits in the northwest Guizhou show multi source ore - forming materials and multi stage mineralization. Pb and Zn mainly came from underlying old strata with higher geochemical background, and also had genetic relations with eruption of Emeishan basalt. Sulfur came from reduction of marine sulfate, and oxygen and carbon from marine carbonate. Ore - forming fluids are mainly came from metamorphic water of deep strata, and mixed with less meteoric water.

Key words: isotope characteristics, ore - forming materials, lead - zinc ore, northwest Guizhou