

贵州凯里叶巴铜铅锌矿床闪锌矿的元素地球化学特征及其指示意义

杨 尉, 李明琴*

(贵州大学资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550025)

[摘要]对凯里叶巴铜铅锌矿床中闪锌矿的肉眼和显微镜下物理性质观察和鉴定,运用高精度等离子体质谱与等离子体发射光谱综合方法,对闪锌矿单矿物进行测试分析。研究结果指示矿床形成于中低温、浅成环境;矿床为后期热液微弱改造层控矿床,其后期热液来源可能为盆地流体的活动。

[关键词]闪锌矿;元素地球化学特征;铅锌矿床;凯里叶巴铜;贵州

[中图分类号]P618.42;P618.43 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2017)04-0285-05

0 引言

贵州铅锌矿床分布较广,但相对集中。按前人的划分,凯里叶巴铜铅锌矿属于黔东铅锌成矿带中的凯里—都匀铅锌矿带(王华云,1993)。从已查阅到的叶巴铜铅锌矿床相关地质文献资料看,前人只对叶巴铜铅锌矿床的地层、构造和找矿前景开展过地质研究工作(吴江林,2016)。此外,部分地质工作者(王华云等,1993、1996)在对贵州铅锌矿的地质和地球化学特征研究时,对叶巴铜铅锌矿的地质特征作过简要概述,并对矿床矿石的铅、硫同位素以及闪锌矿的微量元素做过测试分析,认为区域上的乌训组和杷榔组的细碎屑岩是黔东铅锌成矿带的主要铅源层之一,矿铅从矿源铀铅体系分离出去的时间是在加里东晚期的广西运动时期;黔东铅锌成矿带的硫源主要来自于含矿层序中的硫酸盐;黔东铅锌成矿带中某些微量元素的含量变化与含矿层序的背景含量有关等的观点。纵观上述研究成果,前人虽在叶巴铜铅锌矿床开展过一定程度的地质研究工作,但具体针对该矿床的系统性研究工作未见过多文献

报道,研究内容有待加强和完善。为此,本论文拟通过对凯里叶巴铜铅锌矿床闪锌矿的物化特征开展研究,为矿床的形成机制及其成矿环境提供一些指示信息。

1 矿床地质特征

矿床位于江南造山带与扬子陆块之过渡带靠扬子陆块一侧,脚里向斜东南翼。区内经历过多次构造运动,断裂构造非常发育,构造线方向主要为北东向,其次为近南北向,极少为北西向等(吴江林,2016)(图1)。矿床及其附近出露地层为寒武系清虚洞组(E_q)至娄山关组(E_{ls}),其中铅锌矿体赋存于中、下寒武统石冷水组第一段与清虚洞组第三段的白云岩、泥质白云岩中。矿体呈层状、似层状、透镜状、囊状和脉状等产出。矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿,次为菱锌矿、水锌矿、铅矾和白铅矿等;脉石矿物为白云石、黄铁矿、石英和褐铁矿等。矿石具有粒状、交代残余、假象和揉皱等结构;浸染状、脉状、角砾状、团块状及块状等构造;围岩蚀变微弱,多为白云石化,少见黄铁矿化,偶见弱硅化。

[收稿日期]2017-07-27

[基金项目]贵州省公益性、基础性地质勘查项目资助(黔财建[2011]114号)。

[作者简介]杨 尉(1987—),男,在读硕士,主要从事矿床成因研究。

[通讯作者]李明琴(1964—),女,教授,主要从事地质学的教学和科研工作。

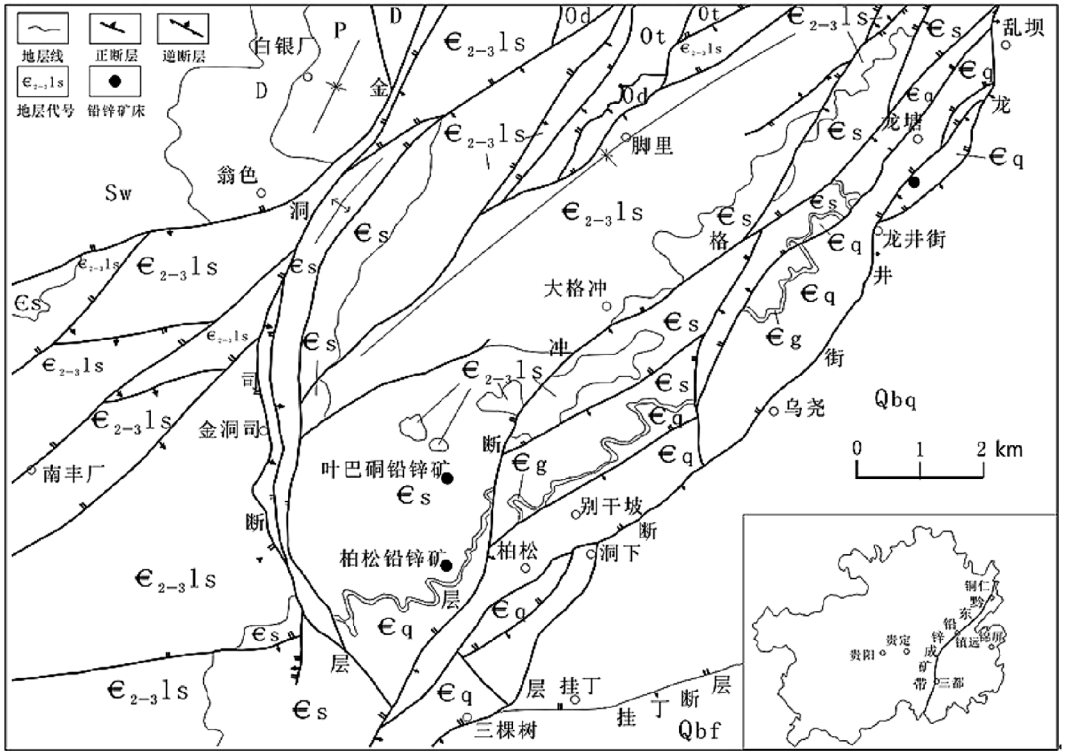


图1 叶巴洞铅锌矿床区域地质简图(据吴江林,2016)

Fig. 1 Geological sketch map for Yebadong Pb-Zn deposit

2 闪锌矿的物理特征

矿床闪锌矿呈浅黄色,条痕为淡黄白色,透明一半透明,金刚光泽,具有{110}完全解理。显微镜下呈自形—它形粒状晶体分布于其它矿物

中,粒度在0.1~3mm之间。矿床闪锌矿为同一成矿阶段形成。依据闪锌矿的物化特征与形成环境关系(表1),对照上述闪锌矿的物理特征及其闪锌矿中FeS的含量在1.0%~1.2%之间(见表3)来看,叶巴洞铅锌矿床形成于低温、浅成环境。

表1 闪锌矿的物化特征与形成环境关系

Table 1 The relationship between physicochemical characteristics of sphalerites and the formed environment

项目	高温热液	中温热液	低温热液
矿物名称	黑色闪锌矿	褐色闪锌矿	黄色闪锌矿
颜色	黑褐色—黑色	红褐色—褐色	淡黄色—黄色
条痕	深褐	黄	白—浅黄
FeS(%)	12.24~15.90	4.63~7.74	1.07~1.52
形成温度	300℃~500℃	200℃~300℃	100℃~200℃
成矿条件	深成—中深成	中深成—浅成	浅成

注:据曹新南,2015

3 闪锌矿的元素地球化学特征

3.1 闪锌矿的化学成分分析及结果

在采自叶巴洞铅锌矿床的样品中,挑选出2

件新鲜原生的闪锌矿矿石样,经破碎至60—80目,先粗选再在双目显微镜下,挑选出纯净的闪锌矿单矿物后,送至澳实分析检测(广州)有限公司测试分析。测试前先利用硝酸、盐酸、高氯酸和氢氟酸等四酸将待测样品消解后,用稀盐酸定容,然后用等离子体质谱与等离子体发射光谱综合方法分析,标样采用AMIS0078,方法代码为ME-

MS61c。测试结果(表 2)显示,闪锌矿中 Zn 含量在 65.3% ~ 66.1% 之间, S 含量为 31.6% ~ 32.8%。Ag 含量为 $1.9 \times 10^{-6} \sim 4.0 \times 10^{-6}$, As 含量为 $6.7 \times 10^{-6} \sim 7.2 \times 10^{-6}$ 。Cd 较为富集,在 $2\ 300 \times 10^{-6} \sim 27\ 000 \times 10^{-6}$ 之间, 贫 Fe, 含量为 0.61% ~ 0.73%, Ga 含量在 $9.6 \times 10^{-6} \sim 12.6 \times 10^{-6}$ 之间, Ge 含量为 $6.7 \times 10^{-6} \sim 7.2 \times 10^{-6}$, Mn 的含量为 $10.0 \times 10^{-6} \sim 15.0 \times 10^{-6}$, In 含量在 $0.06 \times 10^{-6} \sim 0.08 \times 10^{-6}$ 之间, Tl 含量为 $7.6 \times 10^{-6} \sim 9.2 \times 10^{-6}$ 。Cd、

Fe、Ga、Ge、Mn、In、Tl 等元素的含量变化范围较窄, 尚未发现其相关独立矿物的存在, 暗示这些元素以类质同象形式赋存于闪锌矿中。Pb 的含量为 $361 \times 10^{-6} \sim 513 \times 10^{-6}$, 变化范围较宽, 暗示 Pb 元素可能以显微包体(如方铅矿)赋存于闪锌矿中, 这与显微镜下观察发现闪锌矿中包裹有少量微细粒方铅矿的现象一致。Se 含量为 $55.0 \times 10^{-6} \sim 70.0 \times 10^{-6}$, 未发现其相关独立矿物的存在, 暗示 Se 以类质同象形式替代 S 而赋存于闪锌矿中。

表 2 叶巴铜铅锌矿床闪锌矿化学成分 ($\times 10^{-6}$)

Table 2 The Chemical composition of sphalerites from Yebadong Pb-Zn deposit

样号	Zn	S	Ag	As	Cd	Fe	Ga	Ge	Mn	In	Tl	Pb	Se	Co	Ni
YS01	66.1	32.8	2.3	12.0	2300	0.61	9.6	7.2	15.0	0.08	9.2	361	55.0	0.8	0.6
YS03	65.3	31.6	4.0	17.0	2700	0.73	12.6	6.7	10.0	0.06	7.6	513	70.0	3.0	3.0
KMC-6	/	/	1.9	/	2500	/	/	/	12.0	<0.1	14.0	/	/	/	/

Zn、S、Fe 含量:%; 测试单位: 澳实分析检测(广州)有限公司, 2017; KMC-6 据王华云, 1993

3.2 Fe、Mn、Cd、In、Ag、Tl、Ga、Ge 元素地球化学特征及其指示意义

前人研究(朱赖民等, 1995、陈翠华等, 2013)认为: 沉积改造层控矿床闪锌矿中 Fe < 6%, Mn < 0.15%, 上述表 2 中闪锌矿 Fe 含量为 0.61% ~ 0.73%, Mn 含量为 $10.0 \times 10^{-6} \sim 15.0 \times 10^{-6}$ 。据此认为叶巴铜铅锌矿床具有沉积改造层控矿床的特点; 据资料(朱赖民等, 1995), 沉积改造层控矿床之闪锌矿富 Cd 贫 In, Cd 变化范围较大 $0 \sim 30\ 000 \times 10^{-6}$, In 变化范围较小 $0 \sim 20 \times 10^{-6}$ 。Ag 含量变化范围小 $0 \sim 200 \times 10^{-6}$ 。叶巴铜铅锌矿床之闪锌矿中 Cd、In、Ag 含量符合沉积改造层控矿床特征, 即富 Cd 贫 In, Ag 含量变化范围小(表 2)。闪锌矿中 Tl 的含量是甄别矿床类型的一项重要地球化学信息, 当 Tl 含量小于 0.6×10^{-6} 时, 为岩浆热液型矿床, 当 Tl 含量大于 0.6×10^{-6} (一般为 28×10^{-6}) 时, 为层控矿床(张伟, 2016)。叶巴铜铅锌矿床闪锌矿中 Tl 含量介于 $7.6 \times 10^{-6} \sim 14.0 \times 10^{-6}$ 之间, 显示为层控矿床。此外, 在 Cd—In 关系图(图 2)中, 叶巴铜铅锌矿床之闪锌矿中 Cd、In 含量值投点落入沉积改造层控矿床区。已有研究(张茂富等, 2016)表明: 与岩浆—火山—热液作用有关的铅锌矿床闪锌矿具有高 In 或低 In, 低 Ge 的特征, 而与盆地流体活动有关的铅锌矿床闪锌矿则富 Ge 贫 In, 在 In—Ge 特征图(图 3)中, 叶巴铜铅锌矿床闪锌矿 In、Ge 值落入与盆地

流体有关的铅锌矿床范围内, 表明叶巴铜铅锌矿床的形成可能与盆地流体活动有关。一般而言, 同生沉积闪锌矿以低 Ag、Se、In, 高 Ga、Ge 为特征, 火山热液型和矽卡岩—热液型多金属矿床中闪锌矿以低 Ga、Ge, 高 Ag、Se、In 为特征(邱文龙等, 2013), 将本矿床闪锌矿的 Ag、Ga、Ge 值投入图 4 中, 可见叶巴铜铅锌矿床是受后期热液微弱改造的同生沉积闪锌矿和碳酸盐岩容矿岩中铅锌矿床。总之, 上述 Fe、Mn、Cd、In、Ag、Tl、Ga、Ge 等元素特征, 均指示叶巴铜铅锌矿床为后期热液微弱改造的层控矿床, 其后期热液来源可能为盆地流体的活动。

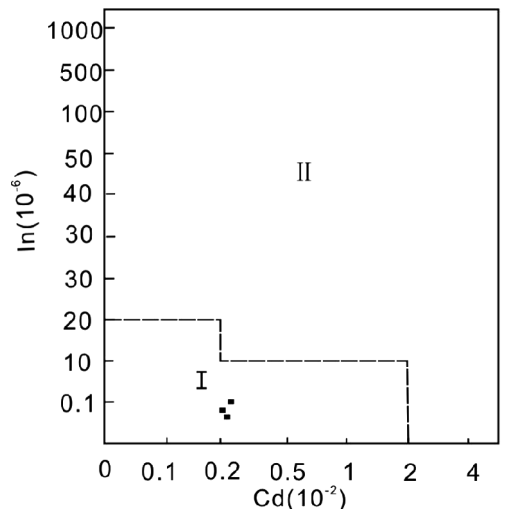


图 2 Cd—In 关系图解(底图据朱赖民等, 1995)

Fig. 2 Relationship between Cd and In

I—沉积改造层控矿床; II—岩浆热液型、火山型、斑岩型矿床

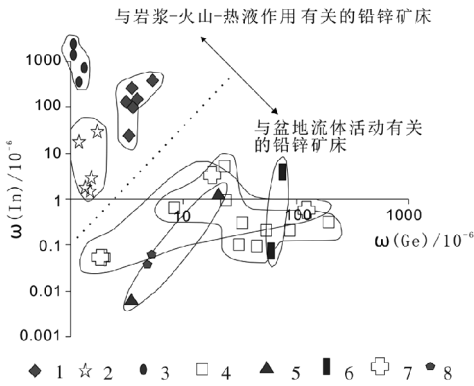


图3 叶巴铜铅锌矿和不同成因类型铅锌矿床中闪锌矿 In-Ge 特征判别图(底图据张茂富等,2016)

Fig. 3 Characteristic of In and Ge elements in sphalerites from Yebadong and other different genetic type Pb-Zn deposit

1—华南与岩浆有关的铅锌矿床;2—VMS 型铅锌矿床;3—日本 Toyoha Cu-Zn-In 矿;4—川滇黔地区 MVT 型铅锌矿床;5—金顶铅锌矿;6—马元铅锌矿床;7—会泽铅锌矿床;8—贵州叶巴铜铅锌矿床

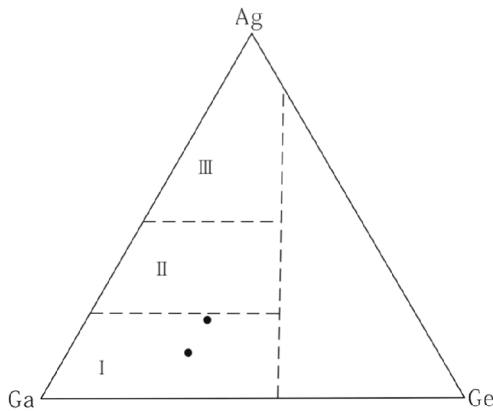


图4 叶巴铜铅锌矿床的闪锌矿 Ag-Ga-Ge 原子比三角图(底图据邱文龙等,2013)

Fig. 4 Ternary diagram of Ag-Ga-Ge atomic ratios for sphalerites from Yebadong Pb-Zn deposit

I—受后期热液微弱改造的同生沉积闪锌矿和碳酸盐岩容矿岩中铅锌矿床;II—受后期热液强烈改造的碳酸盐岩容矿岩中铅锌矿床;III—火山热液型和矽卡岩—热液多金属矿床

3.3 Co/Ni 比值特征及其指示意义

据前人研究(曹华文,2013),岩浆热液型铅锌矿床闪锌矿 Co/Ni 比值较大,为 11.2,层控型铅锌矿床闪锌矿 Co/Ni 比值较小为 0.41。叶巴铜铅锌矿床闪锌矿的 Co/Ni 比值在 1.0~1.3 之间(表 3),与层控型铅锌矿床闪锌矿 Co/Ni 比值较接近,指示叶巴铜铅锌矿床具有层控型矿床特征。

表 3 叶巴铜铅锌矿床闪锌矿中元素比值特征表

Table 3 The characteristics of elemental ratios for sphalerites from Yebadong Pb-Zn deposit

样号	FeS(%)	Co/Ni	Zn/Cd	Zn/Fe	Ga/In	Ge/In	Ga/Ge
YS01	1.0	1.3	287	108	120	90	1.3
YS03	1.2	1.0	242	89	210	112	1.9

3.4 Zn/Cd 比值特征及其指示意义

闪锌矿中 Zn/Cd 比值可作为地质温度计, Zn/Cd>600, 指示高温; 100<Zn/Cd<600, 指示中温; Zn/Cd<100, 指示低温(刘英俊等,1984)。叶巴铜铅锌矿床闪锌矿的 Zn/Cd 比值在 242~287 之间(表 3), 指示叶巴铜铅锌矿床闪锌矿形成于中温环境。

3.5 Zn/Fe、Ga/In、Ge/In 比值特征及其指示意义

闪锌矿中 Zn/Fe 比值大于 20, Ga/In、Ge/In 比值均大于 1, 为碳酸盐岩层中的沉积—改造铅锌矿床的特点(张裴培,2009)。叶巴铜铅锌矿床闪锌矿的 Zn/Cd 比值在 242~287 之间, Ga/In 比值在 120~210 之间, Ge/In 比值为 90~112(表 3)。指示叶巴铜铅锌矿床为沉积—改造铅锌矿床。此外, 在 lnGa-lnIn 关系图(图 5)中, 叶巴铜铅锌矿床之闪锌矿中 Ga、In 含量值投点落入沉积改造层控矿床区。

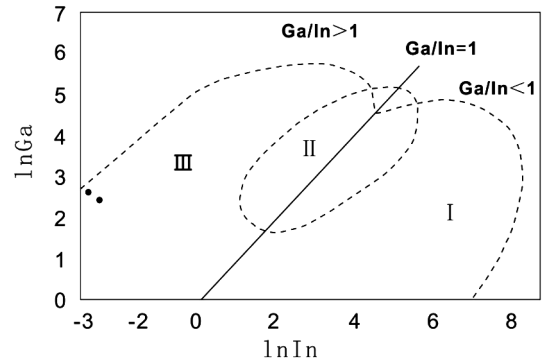


图5 lnGa-lnIn 关系图解(底图据张乾,1987)

Fig. 5 Relationship between lnGa and lnIn

I—岩浆热液矿床; II—火山热液矿床; III—沉积改造层控矿床

3.6 Ga/Ge 比值特征及其指示意义

叶巴铜铅锌矿床闪锌矿的 Ga/Ge 值为 1.3~1.9, 将其比值投点于图 6 中, 可获得其形成温度在 170℃~200℃ 之间。

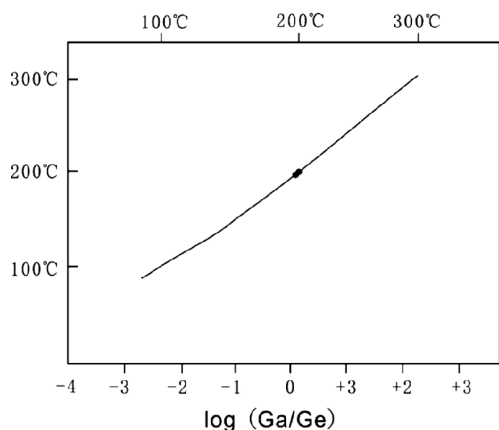


图6 闪锌矿 Ga/Ge 比值与形成温度关系图
(底图据朱赖民等,1995)

Fig. 6 Relationship between mineralization temperature and Ga/Ge ratios in sphalerite

4 结论

(1) 闪锌矿的物理性质及其 Zn/Cd、Ga/Ge 比值等特征指示,叶巴铜铅锌矿床形成于中低温、浅成环境;

(2) 闪锌矿中 Fe、Mn、Cd、In、Ag、Tl、Ga、Ge 等元素地球化学特征,以及其 Co/Ni、Zn/Fe、Ga/In、Ge/In 比值特征等指示,叶巴铜铅锌矿床为后期热液微弱改造层控矿床,其后期热液来源可能为盆地流体活动。

Elementary Geochemical Characteristics of Sphalerites from Yebadong Lead-Zinc deposit in Kaili, Guizhou

YANG Wei, LI Ming-qin

(College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

[Abstract] In this paper, the authors tested and analysed sphalerites, were observed by megascopic determination and identified under microscope, from Kaili Yebadong Lead-Zinc deposit by using Inductively coupled plasma mass spectrometry and Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. The results show that the deposit formed in the low temperature and a shallow-seated environment. It belongs to stratabound deposit which slightly reformed by later hydrothermal solution, and the solution may come from activities of basin fluid.

[Key words] Sphalerite; Elements geochemical; Lead-Zinc deposit; Kaili Yebadong; Guizhou

[参考文献]

- 陈翠华,张燕,程文斌. 贵州谢家坝铅锌矿床微量元素地球化学特征浅析[J]. 矿物学报,2013,增刊:150-151.
- 曹新南. 从闪锌矿标型特征论温泉哈尔达板铅锌矿成因[J]. 新疆有色金属. 2015,3:47-49.
- 曹华文,张寿庭,唐利. 栾川矿集区中鱼库铅锌矿床闪锌矿微量元素地球化学特征[J]. 矿物学报,2013,增刊:1-2.
- 刘英俊,等. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,1984:1-548.
- 邱文龙,李波,申屠良义. 昭通铅锌矿床闪锌矿微量元素地球化学特征[J]. 科学技术与工程,2013,13(18):5282-5286.
- 王华云. 贵州铅锌矿的地球化学特征[J]. 贵州地质,1993,10(4):272-289.
- 王华云,梁福谏,曾鼎权,等. 贵州铅锌矿地质[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1-167.
- 吴江林. 凯里叶巴铜铅锌矿床地质特征及找矿前景[J]. 西部探矿工程,2016,(4):111-113.
- 朱赖民,袁海华,栾世伟. 金阳底苏会东大梁子铅锌矿床内闪锌矿微量元素标型特征及其研究意义[J]. 四川地质学报,1995,15(1):49-55.
- 张茂富,周宗桂,熊索菲,等. 云南会泽铅锌矿闪锌矿化学成分特征及其指示意义[J]. 岩石矿物学杂志,2016,35(1):111-123.
- 张裴培. 康滇地轴超大型铅锌矿床微量元素地球化学特征对比[J]. 湖南有色金属,2009,25(2):4-7.
- 张伟,蔡伊,张乾,等. 广西三黎 Pb-Zn 矿床闪锌矿元素地球化学研究[J]. 铜业工程,2016(3):37-43.