

滇东南白牛厂银多金属矿床成矿元素特征

祝朝辉^{1,2}, 张 乾¹, 何玉良^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学重点实验室, 贵阳 550002;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039

摘 要:成矿物质来源是研究矿床成因的关键问题之一,而地质体(地层和岩浆岩)成矿元素的含量高低是探讨成矿物质来源的基础。为了研究白牛厂超大型银多金属矿床主要成矿元素特征,本文系统测定了外围赋矿地层以及矿区花岗岩和花岗斑岩的成矿元素(Ag、Pb、Zn、Sn)含量,结果表明,Pb、Zn主要来源于矿区花岗岩,寒武系及下伏基底地层可能也提供了部分成矿物质,特别是Zn;由于矿区外围赋矿地层的Sn含量远低于Pb、Zn的含量,也远远低于地壳克拉克值,因此推测,Sn主要来源于花岗岩浆;Ag则主要来源于赋矿地层,花岗岩对其进行了后期的改造作用。

关 键 词:滇东南;白牛厂;银多金属矿床;成矿物质

中图分类号: P618.520.174 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2005)04-0327-06

滇东南地区不大的范围内有个旧、都龙、白牛厂等一系列世界级的锡多金属矿床,虽然前人已经对个旧和都龙两个矿床做了大量的研究,认为矿区花岗岩是地壳物质重熔型花岗岩,矿床是燕山晚期花岗岩浆携带成矿溶液进入围岩沉淀成矿的^[1~5]。但是近几年随着个旧原生硫化物矿体及矿体与围岩关系的揭露,一些学者对此提出质疑^[6~9],认为个旧矿床可能是一个海底喷流沉积的矿源层,在岩浆热液作用下,活化转移沉淀形成的。可见在滇东南地区,即使是个旧这种研究程度很高的矿床,其成因尚有疑问,由于滇东南有广阔的成矿远景,对这一系列超大型矿床成因的研究有重大意义。云南白牛厂银多金属矿床经过十余年研究,由于对成矿物质及成矿流体来源的不同认识,先后提出了“岩浆热液成因”^[10]、“沉积初步富集岩浆热液叠加改造成因”^[11]、“海底喷流沉积成因”^[12]和“充填-交代叠生成因”^[13]等多种观点,迄今没有统一的认识。本文通过矿区各种岩石的成矿元素含量及其变化关系的研究,提供了成矿物质来源的元素地球化学证据。

1 矿床地质特征

1.1 矿床地质概况

白牛厂矿床赋存于华南加里东褶皱系滇东南褶皱带西北缘的中寒武统细碎屑岩系之中。整个滇东

南褶皱带在加里东期为一伸展背景下的裂陷海槽。矿区地处滇东南个旧和都龙多金属矿田之间。北西面以弥勒断裂与扬子地台分界,西南面以红河断裂为界与哀牢山断块毗邻,南连越北古陆,东部文麻断裂与南岭褶皱系相连。各单元的构造演化对白牛厂矿床均有不同程度的影响,区内地质构造、岩浆活动和矿化作用均较复杂。

矿区及其外围出露的最老地层为下寒武统冲庄组和大寨组。其上整合接触中寒武统大丫口组、田蓬组和龙哈组。龙哈组分布广泛,次为田蓬组和大丫口组,冲庄组和大寨组呈局部分布。由于本区隆升较早,使泥盆系低角度直接超覆于龙哈组及田蓬组之上,缺失上寒武统、奥陶系及志留系(图1)。

1.2 矿体特征

白牛厂矿区面积约25 km²,共圈出70多个矿体。按产状可分为与沉积岩层产状基本一致的整合矿体(如层状、似层状、透镜状等矿体)及与地层不整合的矿体(如脉状、网脉状和其他不规则状矿体等)。

成矿元素在矿体中的分布特征既不同于沉积矿体呈均匀分布,也有别于内生矿体呈局部富集,在各元素分布总体比较均匀的背景上,出现跳跃式高峰区。成矿元素主要是沉积作用富集成矿,叠加作用使元素进一步富集。Pb在矿区中部和西北部出现

表 1。为了便于对比,表 1 中还列出了成矿元素的地壳克拉克值^[14],中国东部碳酸盐岩、泥质岩、硅质岩^[15]及世界花岗岩、矿区花岗岩、花岗斑岩^[16]成矿

元素平均含量。图 3 是矿区外围各时代地层和矿区花岗岩、花岗斑岩成矿元素平均含量对比直方图。

表 1 白牛厂矿区外围中寒世地层成矿元素含量

Table 1 Ore-forming element contents of middle-cambrian in the region of Bainiuchang ore field

层位	采样位置	Pb($\times 10^{-6}$)	Zn($\times 10^{-6}$)	Ag($\times 10^{-9}$)	Sn($\times 10^{-6}$)
龙哈组(植塘子剖面)	上段	0.03~10/5.02(2)	66~82/74.00(2)	23~24/23.50(2)	2.14~2.33/2.24(2)
	中段	31~61/50.67(3)	16~94/60.00(4)	46~116/66.25(4)	0.33~1.68/0.67(4)
	下段	0.01~62/27.67(12)	33~193/97.50(12)	23~3817/890.33(12)	0.33~4.51/1.71(12)
田蓬组(芦搓冲剖面)	上段	10~74/43.83(6)	33~126/87.86(7)	50~467/281.83(6)	0.33~6.12/2.35(7)
	下段	0.02~63/27.21(10)	12~201/80.70(10)	51~306/118.20(10)	0.33~3.87/0.71(10)
田蓬组(颇者剖面)	上段	10~53/31.00(5)	50~230/161.80(5)	9~120/45.00(5)	0.51~9.42/4.71(5)
	中段	0.02~21/10.41(5)	99~172/144.60(5)	5~46/13.80(5)	6.45~8.19/7.01(5)
	下段	0.01~0.05/0.03(3)	23~86/52.00(3)	47~71/55.67(3)	0.56~1.58/1.24(3)
大丫口组(箐脚剖面)	全部	11~85/33.00(17)	20~188/84.55(20)	23~370/109.06(16)	0.33~6.73/2.80(20)
矿区花岗岩 ^[16]		37	119	0.2	30
矿区花岗斑岩 ^[16]		150~375/262.5	330~500/415	1.9~8.4/3.35	67~150/108.5
世界花岗岩 ^[16]		20	48		3
中国东部碳酸盐岩 ^[15]		8	18	0.056	
中国东部泥质岩 ^[15]		23	80	0.05	
中国东部硅质岩 ^[15]		14	36	0.27	
地壳克拉克值 ^[14]		12	94	0.07	40

注:元素含量栏斜线前为含量范围,斜线后为均值,括号中的数据为统计样品数

3 讨论和结论

云南白牛厂超大型银多金属矿床成矿物质来源很早就受到关注。高子英^[13]认为成矿物质主要来源于震旦系、寒武系及下泥盆统地层,花岗岩也提供了部分成矿物质;陈学明等^[17]认为成矿物质可能与燕山期岩浆岩和早寒武世黑色页岩有亲缘关系。根据矿区外围地层和矿区隐伏花岗岩及花岗斑岩成矿元素含量分析结果,作者认为白牛厂超大型银多金属矿床成矿物质具有“多来源”特征。

从表 1 和图 3 可以看出:1)不同剖面,不同岩性地层的 Pb、Zn、Sn 含量相近,其中 Pb、Zn 均高于或相当于地壳克拉克值和中国东部上述成矿元素含量;Sn 的含量仅为克拉克值的几十分之一。2)不同剖面,不同岩性地层的 Ag 含量变化较大,特别是龙哈组下段和芦搓冲剖面田蓬组上段,远远高于地壳克

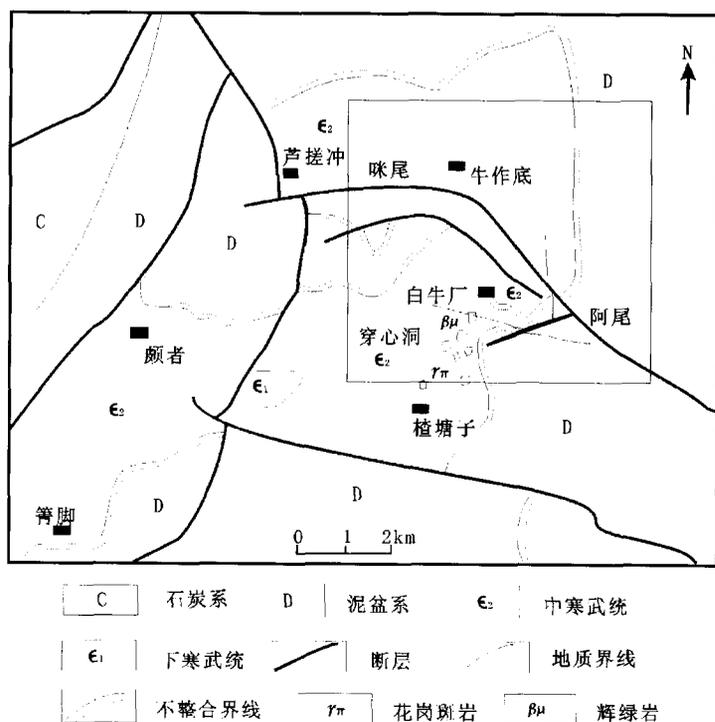


图 2 云南省白牛厂矿区外围地层采样位置图
(据云南省地质矿产局二大队,1990)

Fig. 2 The sketch map of sampling position in the region of Bainiuchang in Yunnan

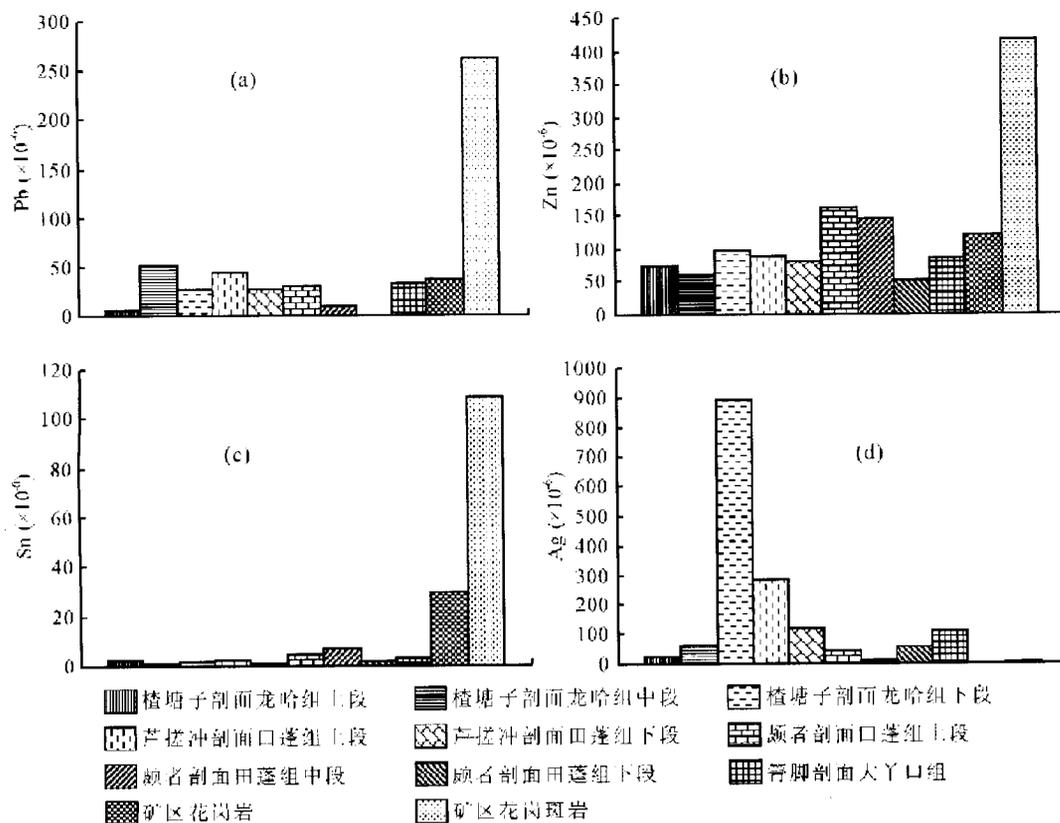


图3 矿区外围成矿元素平均含量对比直方图

Fig. 3 Average contents of mineralizing elements at the Bainiuchang region, eastern Yunnan

拉克值和中国东部 Ag 的含量。3) 矿区花岗岩特别是花岗斑岩的 Pb、Zn、Sn 含量远远高于各地层和世界花岗岩相应元素的平均含量, 而 Ag 的含量则远低于各时代地层的平均含量。

由于白牛厂矿区在阿尾矿段已查明有隐伏花岗岩体, 而且矿区的东南方向出露有薄竹山花岗岩体, 所以矿区花岗岩对矿床的影响是显而易见的。据云南省地矿局二大队资料, 矿床铅同位素组成较均匀, 变化范围窄, 属正常铅范围, 模式年龄以 122~199 Ma 为主, 与燕山期花岗岩时代相当, 表明 Pb 主要来源于花岗岩^[11]。从图 3a、3b 可以看出, 白牛厂地区地层 Pb、Zn 含量都很高, 地层可能也提供了部分成矿物质, 周建平等^[8]在研究白牛厂矿床中大量沉积形成的胶黄铁矿时发现, 胶黄铁矿中有大量粒径为几微米或更小的矿物相, 包括闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、锡石及各种含银矿物等。电子探针分析发现, 胶黄铁矿中闪锌矿的 Fe 含量较高 (12%~22%), 认为这种闪锌矿一方面与海底的喷流沉积物的低矿逸度有关, 另一方面由于胶黄铁矿中 Zn 在

重结晶过程中与硫化物开始形成闪锌矿时 Zn^{2+} 不足, 其中的 Fe^{2+} 进入闪锌矿晶格所致。这说明白牛厂矿床在同生沉积时期, 可能在寒武纪时 Zn 与 Pb 发生过相当程度的富集, 燕山期花岗岩对上述矿源层进行了叠加改造。因此, 笔者认为白牛厂 Zn 与 Pb 主要来源于矿区花岗岩, 寒武系及下伏老地层可能也提供了部分成矿物质, 特别是 Zn。

关于 Sn 的来源可能要比 Zn 与 Pb 的来源复杂得多。虽然胶黄铁矿中也发现了锡石微粒, 但从表 1 及图 3c 可以看出, 矿区外围赋矿地层 Sn 的含量远低于 Pb、Zn 的含量, 也远低于地壳克拉克值, 提供大量成矿物质的可能性很小。相反, 矿区岩浆岩 Sn 的含量很高, 特别是花岗斑岩 Sn 的平均含量高出世界花岗岩三十多倍, 高出地壳克拉克值二十多倍, 具有提供大量成矿物质的潜力, 这可能与矿区花岗岩体有内在联系。矿区隐伏花岗岩及花岗斑岩特征与个旧岩体及老君山岩体相似, 都是黑云母二长花岗岩, 在形成整个滇东南锡矿化带中起着与个旧岩体及老君山岩体相同的作用。关于滇东南岩浆岩

的研究资料非常丰富,大多数观点认为花岗岩是地壳物质重熔作用的产物,其 Sn 含量普遍高于世界花岗岩的平均丰度。这表明它们与滇东南老地层中 Sn 含量普遍较高有关,岩浆形成时就具有较高的 Sn 含量,为含锡花岗岩,矿区花岗斑岩则由于分异作用和侵入过程中围岩成分的混入,成矿元素平均含量增加了数倍。在白牛厂矿区阿尾矿段发生于晚白垩世的酸性岩浆侵入活动,形成了锡石-铁闪锌矿-石英组合,为 Sn、Zn 成矿阶段。研究表明^[13],白牛厂矿区阿尾矿段下部隐伏岩体含 Sn 10.7~12.4 $\mu\text{g/g}$, Pb 25.18~34.48 $\mu\text{g/g}$, Zn 47.94~63.12 $\mu\text{g/g}$, Ag 0.082 $\mu\text{g/g}$,除 Sn 较高外(为酸性岩克拉克值的 4 倍),其余均不算高,矿区地层成矿元素含量研究发现 Sn 含量更高,为地壳克拉克值和区域内同时代地层含量的数十倍甚至百倍,可能在热液上涌的过程中,还萃取了矿区外围大面积地层中的成矿元素。因此,花岗岩浆是白牛厂矿床 Sn 元素的主要提供者。

从上述 Pb、Zn、Sn 的来源探讨及图 3d 可以看出,白牛厂多金属矿床 Ag 的来源可能比较单一,主要来源于矿区赋矿地层,中寒武世伴随有同生构造活动,热卤水沿构造通道上涌,喷流进入海底局部凹陷内与海水混合,形成了 Ag 的初步富集,即在矿区区域地层 Ag 含量普遍较高的基础上,赋矿层位 Ag 特别的富集。从图 3d 可看出,矿区花岗岩与花岗斑岩 Ag 含量极低,它们为成矿带来大量 Ag 的可能性很小,但江鑫培^[18]在研究 Ag 的赋存状态及矿物特征时发现,80%的 Ag 以独立矿物出现,银黝铜矿是矿床中最常见且含量最多的银矿物,呈半自形—他形粒状、乳滴状或细脉状、网脉状、环边状,主要与方铅矿共生,常与黄铜矿连生,与黄锡矿、硫锑铜矿、硫铜银矿等交生,这可能表明在燕山期热液上涌过程中,对初步富集的 Ag 进行了改造,并从下伏地层中带上来一部分成矿物质,可能主要是中寒武统大丫口组,叠加后形成了大规模的银矿床。

通过上述分析,可以初步推断,沉积喷流阶段在中寒武统田蓬组 and 龙哈组中形成了 Pb、Zn、Sn、Ag 的初步富集,成矿物质以 Ag 的富集为主,Pb、Zn 次之,Sn 最少;热液上涌阶段热液可能还萃取了下伏地层甚至老基底的成矿元素,形成了富含 Pb、Zn、Sn 的成矿热液,其中以 Sn 最多,Pb、Zn 次之,并改造了沉积喷流阶段初步富集的成矿物质,最终形成了白牛厂超大型银多金属矿床,但在已知的两期成矿作用中,哪一期成矿作用占主导地位还有待研究。

参考文献 (References):

- [1] 李家和. 个旧花岗岩特征及成因研究[J]. 云南地质, 1985, 4(4): 327-352.
Li Jiaye. The characteristics and genesis of Gejiu granite[J]. Yunnan Geology, 1985, 4(4): 327-352. (in Chinese)
- [2] 伍勤生, 许俊珍, 杨志. 个旧含锡花岗岩的锶同位素特征及找矿标志的研究[J]. 地球化学, 1984, (4): 293-302.
Wu Qinsheng, Xu Junzhen, Yang Zhi. Sr isotope characteristics of Gejiu Sn-bearing granites and a study of ore-search indicators[J]. Geochemica, 1984, (4): 293-302. (in Chinese with English abstract)
- [3] 戴福盛. 个旧矿区壳源重熔岩浆岩系系列特征、演化及成岩成矿作用[J]. 云南地质, 1996, 15(4): 330-344.
Dai Fusheng. Characteristics and evolution of rock series, lithogenesis, metallogenesis of crust-derived anatectic magma in Gejiu ore field[J]. Yunnan Geology, 1996, 15(4): 330-344. (in Chinese with English abstract)
- [4] 郑庆鳌, 杨涤生. 云南个旧锡多金属成矿演化与成矿模式[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(2): 82-87.
Zheng Qingao, Yang Disheng. The mineralization evolution and metallogenic model of the Gejiu tin-polymetallic deposit in Yunnan Province[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1997, 6(2): 82-87. (in Chinese with English abstract)
- [5] 卢耀. 云南个旧矿区西区成矿条件及找矿远景探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2004, 23(1): 57-61.
Lu Yao. Study on the metallogenic conditions and the ore-hunting prospect for the western district of Gejiu tin mine, Yunnan Province[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2004, 23(1): 57-61. (in Chinese with English abstract)
- [6] 周怀阳. 论个旧-大厂地区火山喷气沉积-花岗岩浆热液叠加改造锡石硫化物矿床的地质特征及其成矿地质条件[D]. 南京: 南京大学地球科学系, 1988.
Zhou Huaiyang. The geology characteristics and metallic setting of volcanic exhalative sedimentary and magmatic hydrothermal rebuilding tin massive sulfide deposit in the Gejiu-Dachang region[D]. Nanjing: Department of Geological Sciences, Nanjing University, 1988. (in Chinese)
- [7] 彭张翔. 个旧锡矿成矿模式商榷[J]. 云南地质, 1992, 11(4): 362-368.
Peng Zhangxiang. The mineralizing mode of Gejiu tin deposit[J]. Yunnan Geology, 1992, 11(4): 362-368. (in Chinese)
- [8] 周建平, 徐克勤, 华仁民, 赵懿英. 滇东南锡多金属矿床成因商榷[J]. 云南地质, 1997, 16(4): 309-349.
Zhou Jianping, Xu Keqin, Hua Renmin, Zhao Yiyong. A discussion on genesis of the tin polymetallic sulfide deposit of southeastern Yunnan[J]. Yunnan Geology, 1997, 16(4): 309-349. (in Chinese with English abstract)
- [9] 周建平, 徐克勤, 华仁民, 赵懿英, 朱金初. 滇东南喷流沉积

- 块状硫化物特征与矿床成因[J]. 矿物学报, 1998, 18(2): 158—168.
- Zhou Jianping, Xu Keqin, Hua Renmin, Zhao Yiyang, Zhu Jinchu. Characteristics and genesis of exhalative sedimentary massive sulfides in southeastern Yunnan Province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1998, 18(2): 158—168. (in Chinese with English abstract)
- [10] 江鑫培. 蒙自白牛厂银多金属矿床特征和成矿作用探讨[J]. 云南地质, 1990, 9(4): 291—307.
- Jiang Xinpei. The discussion of deposit characteristics and mineralizing process of Bainiuchang silver polymetallic deposit in Mengzi[J]. Yunnan Geology, 1990, 9(4): 291—307. (in Chinese)
- [11] 云南省地矿局第二地质大队. 云南省蒙自县白牛厂地区大比例尺成矿预测报告[R]. 云南省地矿局, 1994.
- The 2th Geological Team of Yunnan Geological and Mineral Bureau. The report of large scale mineralizing forecasting at the region of Bainiuchang in Mengzi county, Yunnan Province [R]. Yunnan Geological and Mineral Bureau, 1994. (in Chinese)
- [12] 白金刚, 池三川, 梅建明. 云南白牛厂超大型银多金属矿床黄铁矿的标型特征及其成因意义[J]. 贵金属地质, 1995, 4(4): 302—306.
- Bai Jingang, Chi Sanchuan, Mei Jianming. The typomorphic characteristics of pyrites and its genetic meaning in Bainiuchang silver-poly-metallic deposit, Yunnan Province [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1995, 4(4): 302—306. (in Chinese with English abstract)
- [13] 高子英. 蒙自白牛厂银多金属矿床的成因研究[J]. 云南地质, 1996, 15(1): 91—102.
- Gao Ziyang. On the genesis of the Bainiuchang silver-poly-metallic deposit in Mengzi [J]. Yunnan Geology, 1996, 15(1): 91—102. (in Chinese with English abstract)
- [14] 黎彤, 倪守斌. 地球和地壳的化学元素丰度[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- Li Tong, Ni Shoubin. Chemical elements contents of earth and crust[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990. (in Chinese)
- [15] 鄯明才, 迟清华. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- Yan Mingcai, Chi Qinghua. The composition of crust and rock east ern China[M]. Beijing: Science Press, 1997. (in Chinese)
- [16] 云南省地矿局第二地质大队. 云南省蒙自县白牛厂勘探报告[R]. 云南省地矿局, 1990.
- The 2th Geological Team of Yunnan Geological and Mineral Bureau. The report of prospecting at the region of Bainiuchang in Mengzi county, Yunnan Province[R]. Yunnan Geological and Mineral Bureau, 1990. (in Chinese)
- [17] 陈学明, 邓军, 白金刚, 沈崇辉. 云南白牛厂矿区古生代沉积盆地的成矿流体系统[J]. 现代地质, 2000, 14(2): 173—178.
- Chen Xueming, Deng Jun, Bai Jingang, Shen Chonghui. Mineralization fluid system of palaeozoic sedimentary basin at Bainiuchang, Yunnan Province [J]. Geoscience, 2000, 14(2): 173—178. (in Chinese with English abstract)
- [18] 江鑫培. 白牛厂银多金属矿床银的赋存形式及银矿物特征[J]. 岩石矿物学杂志, 1994, 13(3): 278—284.
- Jiang Xinpei. Modes of occurrence of silver and characteristics of silver minerals in the Bainiuchang silver-polymetallic deposit[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1994, 13(3): 278—284. (in Chinese with English abstract)

The Characteristics of Mineralizing Elements of the Bainiuchang Silver Polymetallic Ore Deposit in Southeastern Yunnan

ZHU Chao-hui^{1,2}, ZHANG Qian¹, HE Yu-liang^{1,2}

1. Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract: Source of mineralizing materials is one of the key questions for genetic study of ore deposit. Content of mineralizing elements in geologic body (stratum and granite) is the base to discuss the source of mineralizing materials. In order to study the characteristics of mineralizing elements in Bainiuchang ore deposit, we systematically measured the abundances of mineralizing elements (Ag, Pb, Zn and Sn) in the external stratum, internal granite, and granite-porphry respectively in the Bainiuchang region. The results indicate that Pb, Zn derive mainly from the granite. Cambrian and substratum also provided some mineralizing materials, especially Zn. The content of Sn of the external stratum is far less than the content Pb, Zn of external stratum and crust Clarke value. Thus, it is implied that Sn derive mainly from granite, and Ag derive mainly from stratum and been modified by late granitic magmatism.

Key words: southeastern Yunnan; Bainiuchang; Ag polymetallic ore deposits; mineralizing material