

文章编号: 1009-3850(2003)04-0103-05

# 云南白秧坪银多金属矿床微量元素地球化学特征

王 峰, 何明友

(成都理工大学, 四川 成都 610059)

**摘要:** 云南白秧坪银多金属矿床是滇西兰坪盆地内新发现的矿床, 属东特提斯-喜马拉雅成矿域的一部分。矿床主要产于下白垩统景星组石英砂岩、粉砂岩中。本文从微量元素地球化学研究入手, 与滇西喜马拉雅期富碱岩体相比较, 它们具有相同的物质来源区, 这种源区被认为是壳-幔物质混合的一种“EM II型”富集地幔源。

**关键词:** 微量元素; 地球化学; 银多金属矿床; 白秧坪; 云南

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

滇西兰坪盆地蕴藏有丰富的铜、银、铅、锌、锑等矿产资源, 尤以金顶超大型铅锌矿床闻名于国内外。国内许多学者对盆地的地质、构造和一些主要矿床, 特别是金顶铅锌矿床的地质地球化学特征及其成因等方面作了大量研究工作, 但是盆地中铜银矿床的找矿和研究工作尚较薄弱。近几年在该区陆续发现了一些新的前景可观的铜银矿床, 具有大型矿床前景的白秧坪银多金属矿床就是其中之一<sup>[1]</sup>。笔者通过微量元素地球化学研究, 对白秧坪银多金属矿床的成矿物质来源进行了初步的探讨。

## 1 矿床地质特征

滇西兰坪盆地位于兰坪-思茅中、新生代盆地北端, 是在古特提斯基础上发展起来的一个拉分盆地。沉积建造包括海相—陆相的碳酸盐岩、火山岩和红色碎屑岩建造等。地层中发育了多个沉积间断, 记录了兰坪盆地复杂的地质演化历史。地质和地球物理资料显示, 盆地东侧的金沙江断裂和西部的澜沧江断裂, 连同盆地内部的中轴断裂和不同方向的次级断裂, 构成了盆地的断裂系统。该断裂系统不仅控制了盆地的发生演化和盆地边缘喜马拉雅期幔源

火成岩的空间分布, 而且也是成矿流体的输导和循环系统, 对银、铜多金属矿床的形成具有重要意义<sup>[1~4]</sup>。

白秧坪银多金属矿床位于兰坪盆地的北端, 南距金顶超大型铅锌矿30km。矿区内出露地层为一套中、新生代陆相碎屑沉积岩。古近系云龙组为砖红色钙质泥岩、粉砂岩、砂岩夹细砂岩、泥砾岩; 上白垩统南新组为岩屑砂岩、粉砂岩夹石英质砾岩及泥质白云岩; 下白垩统景星组为岩屑石英砂岩、粉砂岩、泥岩; 侏罗系中统花开佐组为紫红色岩屑砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、石英细砂岩夹钙质砾岩。景星组岩石破碎, 小构造发育, 是矿区的主要含矿层位。由于古新世以来的喜马拉雅造山运动, 区内构造活动强烈, 断裂、推覆构造十分发育, 在矿区形成了近南北走向的逆冲推覆断裂和与其派生的北东-南西向压扭性断裂组成的断裂体系。南北向的主干逆冲断裂为导矿构造, 次一级的北东-南西向断裂为容矿构造, 控制着银多金属矿的分布。

矿体严格受断裂控制, 矿体呈似层状、大脉状产于断裂破碎带和裂隙中, 矿体产状随断层产状的变化而变化。围岩蚀变为以碳酸盐化、弱硅化、褐铁矿

化为主,且与矿化关系密切;主要金属矿物为黝铜矿、黄铜矿、辉砷钴矿、含钴毒砂、钴华、孔雀石、蓝铜矿;脉石矿物以碳酸盐(方解石、白云石、菱铁矿)、石英为主。

## 2 微量元素地球化学特征

微量元素的研究,可以提供有关成矿物质来源、矿液性质、矿床成因、矿体剥蚀深度等等许多重要的地球化学信息<sup>[5]</sup>,分析数据列于表1。

从表1中可以看出,白秧坪银多金属矿床矿石中Cu、Ag、Zn、Co、As、Sb元素的含量很高,Fe、Ca元素也很高,说明它们与矿化的关系密切。前者代表了矿化元素组合,后者可能代表了与矿化关系密切的碳酸盐化。部分样品的Sr、Ba含量也很高,可能代表了这部分样品中含有天青石、重晶石等矿物的原因。由于不是所有样品Sr、Ba含量都高,说明它们与矿化的关系不密切。虽然中子活化分析法无法测量S元素,但从矿石的矿物组成可知,矿石矿物主要为含硫盐,其化学通式为 $(\text{Cu}, \text{Ag})_{10}(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Cu})_2(\text{Sb}, \text{As})_4\text{S}_{13}$ 。因此白秧坪银多金属的矿化元素组合为Cu-Ag-Zn-Co-Fe-Ca-As-Sb-S。

对上述微量元素进行相关分析可知,微量元素常服从于对数正态分布。将表1中的微量元素取对数后再进行相关分析。由于部分测试值低于检测下限,因此这部分值取检测下限的一半。计算后的相关系数矩阵见表2。在样品数 $n=8$ ,95%的置信度下, $r=\pm 0.632$ ,为显著相关。由表2中可以看出,Cu、Zn、As、Ag元素相互之间均为显著的正相关关系,代表了矿化元素组合;Fe元素与As、Ag、Ca、Na、Cu、Sb元素为显著正相关关系,Ca元素与Na、As、Fe、Cu元素为正显著相关关系,代表了与矿化关系密切的碳酸盐化(方解石、菱铁矿);Na元素与As、Cu、Ca、Zn、Th、Fe、Pb元素为显著正相关关系,与Ag元素为正相关关系,但并不显著,可能代表了成矿热液的性质,即成矿热液中阳离子以 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 为主,并与矿化关系密切。Co元素与Sb元素为显著正相关关系,与As、Cu、Zn、Ag、Fe、Na、Ca元素为正相关关系,但不显著,可能与Co元素存在于辉砷钴矿(呈含钴毒砂)有关。

R型聚类分析将关系密切的元素聚为一类,可以清晰地显示相关元素的组合,不同物质来源样品的聚类结果也将不同,故可用来判别成矿物质的来

源。根据各微量元素间的相关系数矩阵进行R型聚类分析,采用一次形成法进行各等级成群,做出二维成群谱系图(图1)。

由图1可以看出,在R大于0.64的显著相关水平下,白秧坪银多金属矿床矿石的微量元素分为Na-As-Cu-Zn-Ag-Fe-Ca、Co-Sb、Zr-Ta、Pb-Th-U-Rb、Sr-Ba、K、Hf共7个元素组合,前二者代表了矿化组合,Zr-Ta、Pb-Th-U-Rb反映了大离子亲石元素的组合;在R大于0.51的水平下,Na-As-Cu-Zn-Ag-Fe-Ca、Co-Sb合并为一个元素组合,更清楚地显示了矿化元素组合;在矿化组合中有Na、Fe、Ca元素,一是反映了碳酸盐化与矿化关系密切,二是反映了成矿热液中阳离子可能以 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 为主,而 $\text{K}^+$ 与矿化关系不密切。换句话说,成矿热液可能为NaCl-Ca-Cl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O体系,成矿元素是以氯络合剂的形式进行迁移的。

兰坪盆地两侧的金沙江断裂和澜沧江断裂控制了盆地边缘喜马拉雅期幔源火成岩的空间分布。笔者选择与兰坪相邻的剑川—北衙附近的喜马拉雅期富碱岩体的常量元素和微量元素数据<sup>[6]</sup>同样进行相关分析。在样品数 $n=8$ ,95%的置信度下, $r=\pm 0.632$ ,是显著相关。从相关系数矩阵可以知道,Cr、Co、Cu、Ni、Zn元素相互之间均为显著的正相关关系,与FeO、MnO、MgO与Cu、Ni元素为显著的正相关关系,CaO与Cu、Ni、Co元素为显著的正相关关系,K<sub>2</sub>O与上述元素均为正相关关系;SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O相互之间为显著的正相关关系,且与Cr、Co、Cu、Ni、Zn、FeO、MnO、MgO、CaO、K<sub>2</sub>O均为负相关关系。根据相关系数矩阵进行R型聚类分析,做出二维成群谱系图(图2)。

由图2可以看出,在R大于0.64的显著相关水平下,呈显著相关关系的共有Cr-Co-Ni-Cu-Zn、Hf-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>-MnO-FeO-MgO-CaO、Rb-K<sub>2</sub>O、Sr-Ta-Th-U-Pb、Zr-Nb、SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>七个组合群,Ba独立成群,与任何元素相关性都不显著。SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>组合与其它元素均为负相关。Rb-K<sub>2</sub>O、Sr-Ta-Th-U-Pb反映了富碱岩体富集大离子亲石元素的组合。Cr-Co-Ni-Cu-Zn反映了地幔岩石的元素组合,在R大于0.50的相关水平下,它与Hf-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>-MnO-FeO-MgO-CaO合为一个组合群,更清晰地反映了地幔铁镁质岩石的元素组合。上述分析表明,本区富碱岩体兼有幔源岩石、壳源岩石的

表1 白秧坪银多金属矿床矿石微量元素表 ( $w_B/10^{-6}$ )  
Table 1 Trace element analyses of the ores from the Baiyangping silver polymetallic deposit ( $w_B/10^{-6}$ )

样号	岩(矿)石	Fe	Na	K	Ca	Cu	Pb	Zn	Co	Rb	Sr	Ba	Zr	Hf	Ta	Th	U	As	Sb	Ag
B2-1	矿化角砾岩	1.328	0.001	0.01	1.33	1330	<30	3185	201.9	<5	588953	47497	<10	1.3	0.05	0.10	0.1	1082.2	1076.6	59.0
B2-2	孔雀石	0.532	0.006	0.12	1.44	5269	45	5194	25.4	11	636194	59853	80	1.9	0.03	0.17	0.1	4921.1	612.8	69.1
B2-3	孔雀石	1.449	0.042	1.42	4.35	21487	144	3790	17.8	68	6577	1687	272	6.5	0.50	6.19	3.0	4866.1	50.5	54.7
B4-2	黝细矿	2.347	0.142	0.07	2.73	37025	60	10819	2561.8	144	<40	400	<10	2.08	0.94	1.81	0.5	67304	7120.8	165.7
B4-3	黝细矿	2.623	0.179	0.11	34.42	29219	65	13254	2211.4	30	47	747	<10	2.8	0.01	0.97	0.4	74232	8679.5	190.9
B4-4	黝细矿	3.51	0.072	0.09	10.60	19684	53	4679	1621.5	<5	7637	1532	535	3.4	0.41	1.03	0.6	36498	2877.2	82.0
B4-5	黝细矿	5.51	0.107	0.13	11.62	46144	74	8797	178.5	40	40	6944	855	0.2	1.84	1.79	0.5	83361	9457.9	927.9
B4-6	黝细矿	1.113	0.007	0.07	3.01	949	66	2420	350.5	56	600519	55479	<10	0.1	<0.01	0.77	1.5	1892.2	560.4	19.4

注:  $w(Fe, Na, K, Ca)/\%$ ; 由成都理工大学核分析实验室用中子活化分析法测定。

表2 白秧坪银多金属矿床矿石微量元素的相关矩阵  
Table 2 The correlation matrix of the trace elements in the ores from the Baiyangping silver polymetallic deposit

	Na	K	Ca	Cu	Pb	Zn	Co	Rb	Sr	Ba	Zr	Hf	Ta	Th	U	As	Sb	Ag
Na	0.704																	
K	-0.099	0.110																
Ca	0.727	0.774	0.018															
Cu	0.673	0.910	0.270	0.634														
Pb	0.206	0.652	0.555	0.433	0.513													
Zn	0.525	0.769	-0.159	0.588	0.804	0.172	0.485											
Co	0.561	0.471	-0.654	0.479	0.251	-0.157	0.485											
Rb	0.084	0.498	0.253	0.120	0.355	0.710	0.344	0.010										
Sr	-0.773	-0.902	-0.021	-0.673	-0.888	-0.403	-0.882	-0.519	-0.509									
Ba	-0.612	-0.872	-0.211	-0.606	-0.834	-0.454	-0.683	-0.539	0.835									
Zr	0.353	0.293	0.431	0.243	0.470	0.393	-0.013	-0.399	-0.167	-0.115	-0.087							
Hf	-0.084	0.220	0.485	0.084	0.405	0.046	0.231	-0.043	-0.197	-0.142	-0.543	0.126						
Ta	0.589	0.471	0.315	0.084	0.691	0.242	0.311	-0.022	0.152	-0.542	-0.490	0.632	0.223					
Th	0.506	0.763	0.561	0.494	0.672	0.892	0.274	0.057	0.669	-0.621	-0.699	0.385	0.154	0.524				
U	0.262	0.443	0.521	0.325	0.236	0.843	-0.164	-0.027	0.577	-0.230	-0.395	0.227	-0.047	0.191	0.870			
As	0.762	0.925	-0.157	0.735	0.897	0.360	0.888	0.570	0.301	-0.916	-0.768	0.276	0.143	0.497	0.496	0.101		
Sb	0.646	0.483	-0.708	0.493	0.424	-0.248	0.773	-0.013	-0.645	-0.351	-0.135	-0.224	0.162	-0.094	-0.094	-0.368	0.744	
Ag	0.728	0.615	-0.07	0.525	0.765	0.100	0.795	0.224	0.174	-0.796	-0.422	0.378	-0.048	0.600	0.262	-0.172	0.797	0.698

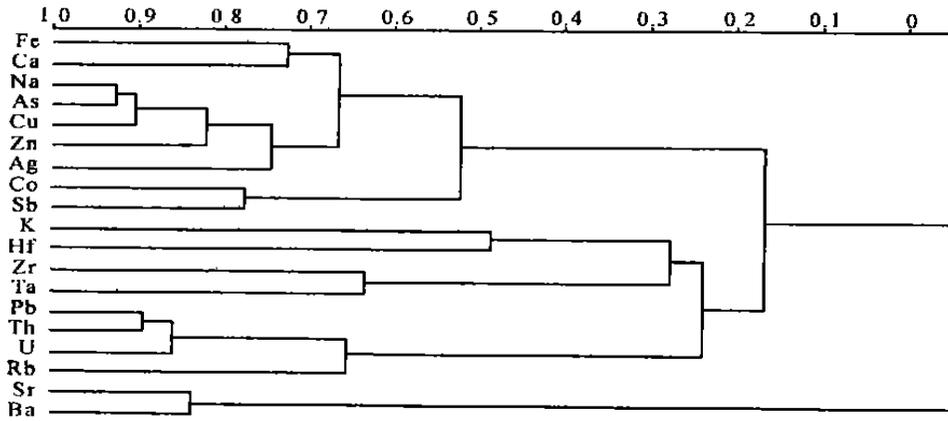


图1 白秧坪银多金属矿床矿石微量元素聚法分析图

Fig. 1 The cluster analyses of the trace elements in the ores from the Baiyangping silver polymetallic deposit

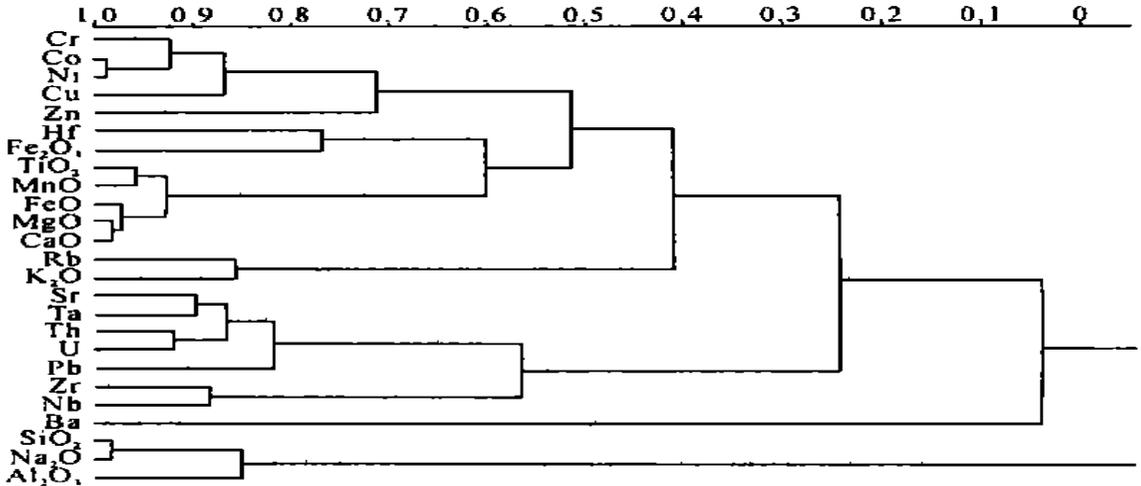


图2 剑川—北衙富碱岩体常量、微量元素聚法分析图

Fig. 2 The cluster analyses of the major and trace elements from the Jianchuan-Beiya alkaline rock masses

元素组合,反映了它们的壳幔混合特征。将白秧坪银多金属矿床矿石与剑川—北衙的富碱岩体相比较,二者具有相似的元素组合 Cu-Zn-Co-Fe-Ca,表明白秧坪矿床的成矿物质与喜山期的富碱岩体具有同源性。

### 3 结论

白秧坪银多金属矿床矿石的微量元素研究结果反映了成矿物质与喜马拉雅期的富碱岩体具有相同的物质来源区,这种源区被认为是壳-幔物质混合的一种“EM II型”富集地幔源<sup>[7~8]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 李峰,黄敦义,甫为民. 兰坪思茅盆地红层铜矿成矿规律[J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19(4): 322-335.
- [2] 田洪亮. 兰坪白秧坪铜银多金属矿床地质特征[J]. 云南地质, 1997, 16(1): 105-108.
- [3] 田洪亮. 兰坪三山多金属矿床地质特征[J]. 云南地质, 1998, 17(2): 199-206.
- [4] 阙梅英,程敦模,张立生,等. 兰坪思茅盆地铜矿床[M]. 北京:地质出版社, 1998. 1-27.
- [5] 赵振华. 微量元素地球化学原理[M]. 北京:科学出版社, 1997. 1-238.

- [6] 邓万明, 黄萱, 钟大赉. 滇西新生代富碱斑岩的岩石特征与成因[M]. 地质科学, 1998, 33(4): 412-425.
- [7] 周新华, 朱炳泉. 中国东部新生代玄武岩同位素体系和地幔化学区划分[A]. 刘若新, 等. 中国新生代火山岩年代学与地球化学[C]. 北京: 地震出版社, 1998. 366-391.
- [8] HART S R. A large-scale isotope anomaly in the southern hemisphere mantle [J]. Nature, 1984, 312(5994): 753-757.

## Geochemistry of the trace elements from the Baiyangping silver polymetallic deposit in Lanping, Yunnan

WANG Feng, HE Ming-you

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**Abstract:** The Baiyangping silver polymetallic deposit as a newly discovered deposit in the Lanping Basin, western Yunnan is assigned to part of the eastern Tethys-Himalayas metallogenic domain, and hosted in the quartz sandstone and siltstone of the Lower Cretaceous Jingxing Formation. The comparison of the geochemical signatures of the trace elements from the above-mentioned ore deposit and other Himalayan alkaline rock masses in western Yunnan shows a similar provenance of the ore-forming material, i.e. the mixed crust-mantled "EM-II" type enriched mantle origin.

**Key words:** trace element; geochemistry; silver polymetallic deposit; Baiyangping; Yunnan

资料简介

### 全国(西南地区)水文地质环境地质调查战略研究报告

完成单位: 成都地质矿产研究所

内容简介: 西南地区约占全国国土面积 24%, 人口占全国 15%, 但国民经济发展水平都相对落后。合理的开发和利用自然资源, 保护生态环境, 实现可持续发展, 都要求进一步加强西南地区水文地质、环境地质调查工作。报告分析了西南地区水文地质、环境地质调查工作现状, 指出了存在的问主要水文地质、环境地质问题, 并根据西南地区国民经济发展的需求, 讨论了西南地区水文地质、环境地质工作的发展战略并提出了建议。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)