文章编号:0258-7106(2002)01-0074-09

广西佛子冲铅锌(银)成矿带多元素 富集特征及矿床成因

雷良奇 宋慈安 冯佐海 (桂林工学院资源与环境工程系,广西桂林 541004)

摘 要 文章运用元素地球化学研究方法,分析了研究区内岩浆岩、含矿岩系、硫化物矿物中元素的分布特征,研究认为:佛子冲铅锌矿床中 Ag,Se(富集于方铅矿中)和 Cd(富集于闪锌矿中)具有较大的综合利用价值;矿床的形成与燕山期火山活动有关,不同类型矿床的成矿物质均为岩浆来源;在矿带东南部火山岩覆盖区有进一步找矿的潜力,花岗斑岩与炭质灰岩或英安质凝灰熔岩的交切处是找矿靶区。

关键词 铅锌矿床 伴生银矿床 矿床成因 元素分布 佛子冲 中图分类号: P618.4 文献标识码: A

佛子冲铅锌(银)成矿带位于广西岑溪市与广西 苍梧县的交界部位,已探明的铅锌储量可构成中-大型矿床规模。关于该矿床的成因,无论是早期的 "夕卡岩型矿床"观点[•],还是近年来的"多因复成矿 床"(夕卡岩-热液充填型矿床)观点(张乾,1993;李 玉平等,1993;徐海,1995;1996),都认为矿床的形成 主要与花岗闪长岩(即大冲岩体)有关。因此,以往 的找矿工作大多局限于矿带的中北部花岗闪长岩接 触带及附近地区,难以满足矿山持续发展的需要(矿 山己面临可采矿产资源枯竭的严峻形势)。因此深 入进行成矿规律(成矿元素富集规律)研究和矿床成 因的再认识,对于佛子冲铅锌矿石的综合利用及矿 区外围找矿具有实际意义。

1 矿床地质简介

佛子冲矿带位手云开隆起北西缘钦州-玉林拗 陷带博白-岑溪断裂(罗璋,1990)的北东端,面积约 100 km²(图1)。志留系是主要的含矿层位,厚度大 于 2 500 m,属于半深海、深海笔石相-滨浅海腕足 相、碎屑岩相沉积序列(陆济璞等,1999),矿体主要 赋存在 S₁ d²(下志留统大岗顶组上段)下部深灰色含 泥炭质-白云质灰岩层中。

矿带内发育两种类型的矿床(徐海,1995),即佛 子冲式夕卡岩型矿床(如佛子冲矿床,包括石门矿 段、刀支口矿段和大罗坪矿段,六塘、龙湾、凤凰冲、 火分等矿点)和牛卫式充填交代型矿床(牛卫123、 4号矿体,勒寨矿床、舞龙岗矿床以及水滴矿点)。佛 子冲式矿床是矿带内主要的矿床(化)类型,矿体呈 层状、似层状和筒状产出,矿物成分复杂,围岩蚀变 强烈(夕卡岩化、透辉石化、角闪石化、硅化、绿泥石 化和绿帘石化等),矿体受佛子冲背斜控制。由于 NE走向的牛卫断裂活动破坏了佛子冲背斜向南延 伸的连续性,使其在矿带南部呈隐伏状产出(冯佐海 等,1999;雷良奇等,2001),并被英安质凝灰熔岩所 覆盖(图1)。佛子冲式矿床(化)在空间关系上与花 岗斑岩和花岗闪长岩关系密切,矿床和矿点大多分 布在岩体的接触带附近(图1、2)。与佛子冲式矿床 (化)不同,牛卫式矿床产于牛卫断裂的下盘及其次 级构造旁侧,呈囊状、布袋状、不规则状产出(图3), 矿物成分比较简单,围岩蚀变较弱(透辉石化、绿泥 石化、绿帘石化、硅化和大理岩化)。

^{*} 本文得到广西自然科学基金(桂科自0135045)及广西"十百千人才工程"专项基金(编号:99225)的联合资助 第一作者简介 雷良奇,男,1957年生,理学博士,教授,从事有色及贵金属矿床成因研究。e-mail:LLQ927@hotmail.com 收稿日期 2001-05-08;改回日期 2001-09-17。李 岩编辑。

[●] 广西地勘局 204 队.1971.广西岑溪佛子冲铅锌铜夕卡岩多金属矿区储量总结报告书.



图 1 佛子冲铅锌成矿带示意图(根据 204 队 1982 年资料改编) Fig. 1 The geological schetch map of Fuzichong Pb-Zn belt



5一花岗闪长岩;6一破碎带;7一推测破碎带;8一矿体及编号



6-断裂及破碎带;7-矿体及编号 Fig. 3 No.5 exploration profile of Niuwei

2 岩浆岩及含矿岩系中的元素分布

2.1 岩浆岩

佛子冲矿带内岩浆活动强烈,岩浆岩分布约占整个矿带面积的二分之一(图1)。岩体规模不等,产状形态各异,如岩基、岩株、岩脉、岩被等;深成岩、喷出岩、浅成岩均有发育,以酸性-中酸性岩为主,如 广平岩体(黑云母花岗岩)、大冲岩体(花岗闪长岩)、 英安熔岩(英安质角砾凝灰熔岩)和花岗斑岩。根据 岩浆岩年代及碱度率值,可将佛子冲矿带内的主要 岩浆岩划分为2个系列,即海西期弱碱性岩系—— 广平岩体和燕山期钙碱性火山岩系——早期大冲岩 体、中期英安熔岩和晚期花岗斑岩(雷良奇,1995)。 由佛子冲矿带各类岩浆岩的微量元素分析结果 (表1)可见:广平岩体中大多数微量元素的丰度与世 界酸性岩(据维诺格拉多夫,1962,转引自武汉地质 学院,1979)相近(广平岩体中仅 Ag,Bi,In 明显较 高;Sr,Cr较低),成矿元素无明显富集。火山岩系中 成矿元素 Pb,Zn,Cu,Ag,As,Sb,W,Bi,S以及部分 微量元素 Ba,Mn,Co,Ni,In,Cd 明显较世界酸性岩 为高,并且由早到晚(即由早期大冲岩体至中期英安 熔岩到晚期花岗斑岩)成矿元素 Pb,Zn,Cu,Ag,As, Sb含量逐渐增高。显示出佛子冲矿带内燕山期钙 碱性火山岩系,尤其是晚期花岗斑岩与成矿作用有 关。花岗斑岩中 Pb,Zn,As,Sb等成矿元素,以及 Co,In,Cd等微量元素的质量分数比世界酸性岩高 约1个数量级以上。

表 1 佛子冲矿带岩浆岩中微量元素丰度

Table 1	Trace element abundances of	magmatic rocks from	Fuzichong Pb Zn (Ag)	metallogenic belt
1000-0 1		magnatic rooms rrom	renoing room (ing)	motherogenac ser

- +	$w_{\rm B}/10^{-6}$								
兀紊 —	广平岩体	大冲岩体	英安熔岩	花岗斑岩	世界酸性岩。				
РЬ	34.1(7)	36.3(6)	170.0(37)	238.4(38)	20				
Zn	36.1(7)	61.3(6)	189.0(38)	216.4(38)	60				
Cu	9.7(7)	24.6(6)	25.6(38)	63.1(40)	20				
Ag	0.276(7)	0.240(6)	0.535(37)	0.866(38)	0.05				
Au	0.005(7)	0.004(4)	0.004(10)	0.10(10)	0.0045				
As	—	4.75(2)	29.30(28)	61.98(28)	1.5				
Sb	<1(4)	0.94(5)	1.18(33)	3.60(31)	0.26				
W	1.86(7)	3.78(5)	181(37)	155(30)	1.5				
Sn	5.29(7)	2.85(6)	4.44(38)	4.14(40)	3				
Bi	1.11(7)	2.42(6)	2.39(36)	0.60(35)	0.01				
Мо	<1.00(7)	1.05(6)	1.10(36)	1.00(33)	1.0				
Be	3.5(7)	3(4)	3.8(8)	2.00(5)	5.5				
Ba	427(7)	1120(5)	2318(36)	1343(33)	830				
Rb	260(3)	160(1)	217(3)	220(4)	200				
Sr	50(7)	370(5)	373(36)	298(33)	300				
В	23.6(7)	17.6(6)	15.4(36)	13.6(35)	15				
Cl	129(7)	113(4)	124(8)	162(5)	240				
F	554(7)	545(6)	801(37)	700(38)	800				
Ti	—	2827(2)	3455(28)	2977(30)	2300				
V	9(7)	42(6)	79(36)	74(35)	—				
Cr	4(7)	16(6)	25(36)	28(35)	25				
Mn	432(7)	762(6)	1089(36)	867(35)	600				
Со	4.3(7)	13.8(6)	19.2(38)	19.5(40)	5				
Ni	7.1(7)	24.9(6)	14.9(38)	13.2(40)	8				
Ga	17.3(7)	38.8(4)	29.1(8)	21 .6(5)	20				
In	1.4(7)	<1(4)	1.4(10)	1.5(10)	0.26				
Cd	<1(7)	2(4)	3(10)	5(10)	0.1				
S	500(4)	2300(3)	1500(7)	1400(7)	400				

* 据维诺格拉多夫,1962,转引自武汉地质学院,1979。括号内数据为样品数;"一":未测。分析单位:桂林矿产地质研究院;直读光谱定 量分析。 佛子冲矿带含矿地层($S_1 d^2$)砂岩(板岩)中成矿 元素 Pb,As,Sb以及微量元素 Co,In,Cd 的质量分数 明显比世界砂岩值(Turekian et al.,1961)高出两个 数量级(表 2)。与砂岩(板岩)相似,含矿地层灰岩中 $w_{Pb}, w_{As}, w_{Co}, w_{In}, w_{Cd}$ 比世界碳酸盐岩 (Turekianet al.,1961)高约两个数量级以上, w_{Cu} , w_{W}, w_{Ba}, w_{Rb} 等含量也明显较高。

综上所述,佛子冲矿带含矿岩系与花岗斑岩相 似,都显示出 Pb,As,Sb 以及 Co,In,Cd 明显富集的 特征,这表明成矿物质来源与花岗斑岩密切相关。 在富集元素组合中,Cd 与成矿元素密切相关(Cd 主 要赋存在闪锌矿中),由地壳经地幔向地核方向含量 有增高趋势;Co也为典型的深源(地幔)元素(刘英 俊等,1984),显示研究区成矿物质可能主要为深源。 刘英俊等(1984)曾指出闪锌矿中的 In 含量与成矿 温度呈正相关,含矿岩系中 In 的明显富集,表明研 究区成矿温度较高——这与根据矿物地质温度计和 包裹体测温所得结论(雷良奇,1996)一致。

3 矿床中元素富集规律

3.1 铅,锌富集与围岩岩性

根据牛卫、勒寨矿床中矿石及近矿围岩的 42 个

 $\overline{w}_{\rm B}/10^{-6}$ 元素 佛子冲砂岩(板岩) 世界砂岩* 佛子冲灰岩 世界碳酸盐岩* 9 226(42) 7 136(10)Рb 20 Zn 208(42) 15 51(9) 4 Cu 23(42) n 116(12)Ag 0.65(42)0.0n 0.74(10)0.0n As 366(14)1 1576(2)1 0.2 2.57(14)0.0n 8.37(4) Sb W 1.6 41.7(12) 0.6 19.7(42) 3.48(42) 2.96(12) 0.n Sn 0 . n Bi 1.17(42) ? 0.98(12) ? Мо 2.73(14) 0.2 4.26(4)0.4 1.7(8) Be 2.5(28) 0 . n 0.n $n \times 10$ 297(12)Ba 602(42) 10Rb 204(28) 60 103(8) 3 74(42) 20 19(12)610 Sr В 62.1(42) 35 0 48.9(12) 20 C1 183(28) 10 209(8) 150 270 F 867(42) 698(12)330 3030(14)1500 Ti 3627(4) 400 V 116(42)20 125(12)20 Cr 81(42) 35 53(12)11 1028(42) $n \times 10$ 923(12)1100 Mn Co 15.8(42)0.3 14.2(12)0.1 Ni 33.2(42)2 27(12)20 22.6(28) 12 10.9(8)4 Ga 1.4(42) 0.0n 2.2(8)0.0n In Cd 3(42) 0.0n 6(8) 0.035 S 0.5(42) 0.024 0.76(8) 0.12 $\overline{w}_{\rm B}/10^{-2}$ С 0.29(42) 2.41(8) Mg O 1.85(42) 1.75(8) 0.22(42)Na 0.27(8)K 3.77(42) 1.98(8)CaO 1.37(42) 8.4(8)

表 2 佛子冲含矿地层元素丰度对比表

Table 2	Element abundances of	ore bearing strate	from Fuzichong	metallogenic be	elt
Table 2	Lacine in anumances of	ore bearing strate		metanogenie be	

* 据 Turekian K和 Wedepohl K,1961;表中括号内数据为样品数;n 为自然数;"一":未知。分析单位:桂林矿产地质研究院;C, MgO, Na, K, CaO为化学分析,其余元素为直读光谱定量分析。

样品的分析结果(表 3)进行元素及氧化物最小误差 聚类分析(有关计算程序根据王学仁,1982):在 Δ 值 小于 3.8 的水平上,可分为 3 类,第一类为 Pb-Zn-Cu-S 元素组合,表明金属硫化物矿物的密切共生关 系;第二类为 C-CaO MgO Na 组合,代表 S₁ d^2 含泥 炭质白云质灰岩(经受了一定程度的 Na 化蚀变作 用);第三类为 K-Rb WO₃,K 和 Rb 代表 S₁ d^2 砂岩 (板岩)中的泥质/粘土质组分,与上述两类的相关性 较小(Δ 值大于 15)。在 Δ 值大于 3.8 的水平上,第 二类与第一类相关。这表明 Pb、Zn、Cu 硫化物富集 与 S₁ d^2 含泥炭质白云质灰岩层密切相关。

表 3 牛卫-勒寨矿床围岩及矿石 42 个样品 分析结果统计表

Table 3Element abundances of 42 wall rock and ore samplesfrom the Niuwei-Lezhai deposits

二主		$w_{ m B}/10^{-6}$	
儿系	平均值	变化范围	样本标准差
Cu	25.9	3 ~ 245	40.9
РЬ	222	10 ~ 3 000	674
Zn	176	10 ~ 4 300	660
WO3	3.55	1 ~ 9	1.47
S	6 31 6	$100 \sim 50100$	11140
С	13 255	330 ~198 200	34712
Rb	180	1 ~ 370	84
Mg O	19017	2 .5 ~ 95 900	15962
Na	3 204	100 ~ 24 500	5255
Ca O	37 388	2 000 ~ 297 300	67765
K	31 924	1 .64 ~ 63 100	16521

分析单位:桂林矿产地质研究院;Cu,Pb,Zn为直读光谱定量分析, 其余为化学分析。

3.2 铅、锌、银、铜空间分布规律

铅、锌、银含量在地质剖面上的变化呈正相关, 并且 Pb,Zn,Ag的富集受花岗斑岩脉(断裂破碎带) 和泥炭质灰岩的联合控制,单独灰岩层难以见矿(图 4)。这显示成矿热液沿断裂活动,并选择交代灰岩 层成矿。

在垂向上,佛子冲矿带150 m高程以上 Pb,Zn, Cu矿化较强,而向下矿化有变弱的趋势(表4)。在 佛子冲矿床石门矿段,至50 m高程处矿体已近尖 灭,矿体向 NE 方向侧伏;刀支口矿段0 m高程处, 花岗闪长岩大量出现,矿体逐渐消失(局部地段至 - 40 m高程可见弱矿化)。

3.3 矿石中主要成矿元素分布及相关关系

牛卫和勒寨矿床中 Pb,Zn,Cd 变化系数分别比

较接近,表明矿床中 Pb,Zn,Cd 含量变化范围比较稳 定(表 5)。矿床中 w_{Ag} 平均值(约 100 × 10⁻⁶)高于 银矿床的边界品位(50 × 10⁻⁶),具有较大的综合利 用价值。Ag 的变化系数 V较大(表 5),表明矿床中 Ag 分布不均匀,局部富集特征明显(在勒寨 250 中 段 15 号勘探线西侧断裂破碎带中,一个断层泥样品 的 w_{Ag} 值高达 2 150 × 10⁻⁶,这可能与断裂破碎中 Ag 的次生富集有关,值得关注)。

根据表 5 中牛卫、勒寨矿床中 13 个矿石样品的 Pb,Zn,Cu,Cd,Ag 的分析数据进行 R 型聚类分析 (有关计算程序根据王学仁,1982):在相关系数(*r*) 0.5 水平上,上述元素可明显分为 2 类,即 Cd,Zn, Ag,Pb 组合及 Cu。在前一组合中 Cd 与 Zn 表现出 密切的相关关系(回归方程式为:Cd = - 0.0112 + 0.0109 Zn, *r* = 0.9918),表明 Cd 主要赋存在闪锌矿中。

3.4 单矿物中的元素分布特征

银主要分布在方铅矿中,其次为黄铜矿、磁黄铁 矿、闪锌矿、黄铁矿、毒砂(表 6),这与 Ag 在硫化物 矿物中的一般富集规律(刘英俊等,1984)一致。杨 树德等(1995)认为佛子冲矿床中 80%以上的 Ag 以 分散状态赋存于方铅矿中,少量以显微独立银矿物 ——硫铋铅银矿的形式存在。Cd 主要分布在闪锌 矿中,其次分布在黄铜矿、磁黄铁矿、方铅矿、黄铁 矿。此外,闪锌矿中的 Mn 含量明显比方铅矿中高; Co 主要在闪锌矿、磁黄铁矿和毒砂中富集;Se 主要 富集于方铅矿中。早期(第1世代)细晶方铅矿较晚 期(第2世代)块状方铅矿 Ag,Cd,Se,Te,TI 等含量 高;早期闪锌 矿中 Co,In 也明显较晚期闪锌矿为高 (表 6)。

在硫化物矿物中,Se,In为成矿温度的指示元素 (刘英俊等,1984)。高温条件能扩大S和Se的类质 同象置换范围,因此早期高温形成的方铅矿中较富 含Se,相反,在晚期中低温条件下形成的方铅矿中 Se含量较低。一般情况下,闪锌矿中的 win与成矿 温度呈正相关(刘英俊等,1984)。佛子冲矿带矿石 中Se,In分别富集于早期方铅矿和闪锌矿中,反映 早期成矿温度较晚期高,成矿作用经历了一个降温 的过程。这一结论也与有关矿物流体包裹体及矿物 对地质温度计测温结果(雷良奇,1996)一致。

与湘南 I 型矿床(与燕山期中酸性、酸性浅成-超浅成岩浆岩有关的岩浆期后热液矿床)及 II 型矿 床(与上古生界碳酸盐沉积建造有关的沉积-改造型

	Table 4 Ve	ertical variation o	f ore grade in Sh	imen-Daozhikou o	ore block	
青田 (石门矿段 w _B /%			刀支口矿段 w _B /%)
向作:/m	РЬ	Zn	Cu	РЬ	Zn	Cu
400 ~ 450	1.46	0.47	0.13	1.87	0.11	0.03
350 ~ 400	4.12	4.32	0.57	0.58	1.21	0.08
300 ~ 350	3.54	3.23	0.47	1.77	2.86	0.4
250 ~ 300	2.56	2.37	0.12	2.82	4.15	0.48
200 ~ 250	3.36	2.96	0.21	2.29	3.47	0.07
150 ~ 200	3.43	3.72	0.44	1.75	3.54	0.16
100 ~ 150	1.47	1.90	0.16	1.22	1.68	0.07
50~100	1.41	2.20	0.05	_	—	_
$0 \sim 50$	_	_	_	1 47	2 02	0.02

	表 4	石门-刀支口矿段垂向品位变化表
able 4	Vertical va	riation of ore grade in Shimen Deozhikou ore l

注:数据取自佛子冲矿地测科资料,1986。"一":未测。



图 4 勒寨 250 中段第 5 号勘探线地球化学剖面图

1 一灰岩; 2 一板岩; 3 一粉砂岩; 4 一钙质砂岩; 5 一花岗斑岩; 6 一矿体及编号; 7 一断层

Fig. 4 The geochemistry profile along the exploratory line 5 at Lezhai deposits

Table 5 Statistics of ore analyses												
二主		牛卫矿床				勒寨矿床			午龙岗矿床			
儿系	w	S	V	n/ 个	ww	S	V	n/ 个	w_B/ %	S	V	n/个
Pb	6.17	4.87	0.75	28	6.71	2.95	0.71	28	2.26	1.69	0.51	4
Zn	5.21	4.22	0.79	28	7.69	5.14	0.73	28	8.22	2.68	0.69	4
Mn	0.29	_	—	2	0.80	_	-	1	_	_	-	—
Cu	0.22	0.10	0.45	7	0.06	0.08	1.22	6	_	_	-	—
Cd	0.09	0.05	0.54	7	0.19	0.12	0.61	6	—	_	_	—
Ag *	1 01	113	1.11	28	104	102	0.97	28	53	49	0.93	4
Au *	0.02	—	—	2	0.02	_	—	2	—	_	_	—
Sn*	28	—	—	2	10	_	—	2	—	_	_	—
W	523		_	2	79		_	2	_			

表 5 矿石分析结果统计表

注:*单位为10⁻⁶。分析单位:桂林矿产地质研究院;测试方法:原子吸收光谱。S-均方差;V-变化系数(S/w_B),n-样品个数,"-":未计算或未测。

			Та	able 6 Ana	lyses of indi	ividual mine	rals			
二志		Gn		Spl	S	p2	Ср	Ро	Py	Ar
儿系	N W (1)(9)	FZC (1)(7)	FZC @(6)	FZC ①(6)	N W (1)(5)	FZC @(6)	FZC @(3)	FZC 2(3)	FZC @(3)	FZC 2(3)
				Ξ	主要元素 w _B /	%				
Pb	83.33	84.07	84.44	_	_	_	_	_	_	_
Zn	_	_	_	60.83	42.37	45.47	_	_	_	_
Cu	-	_	-	-	-	-	26.60	-	_	-
As	-	_	_	_	_	_	_	_	_	43.22
Fe	0.42	0.15	0.42	2.71	11.25	10.81	28.22	48.73	45.05	33.16
S	13.06	13.08	13.44	32.30	27.90	29.69	32.80	35.00	50.37	19.80
				次	要元素 w _B /1	0 - 6				
Ag	1959	2048	293	59	97	113	1086	164	47	20
Au	1.58	0.48	0.62	0.42	0.66	0.49	0.96	0.32	0.70	0.36
Cd	130	1 2 0	60	6740	3 900	5 380	580	250	39.3	0
Se	218	238	71	18	11	20	< 1	0	8	0
Te	16	11	8	2	1	1	1	3	1	5
In	4	1	1	3	4	1	5	1	1	1
Ga	< 1	< 1	< 1	1	5	2	1	2	< 1	0
Ge	< 1	2	< 1	1	1	1	0	3	3	1
Tl	4	7	2	< 1	3	1	0	< 1	< 1	0
Co	-	10	10	360	1 40	50	60	170	20	110
Ni	-	_	_	_	< 50	—	< 50	_	_	-
Mn	76	_	-	-	5 400	-	-	-	-	-
Cu	-	_	_	-	5 970	-	_	_	<u> </u>	-
Sb	230	—	—	_	_	—	—	—	-//	—
D;	41.9.4	_	_	_	_	_	_	_		_

表 6 单矿物化学成分分析结果

注:阳码数字为形成世代;括号内为样品数。Gn-方铅矿;Spl-浅色闪锌矿;Sp2-铁闪锌矿;Cp-黄铜矿;Po-磁黄铁矿;Py-黄铁矿;Ar-毒砂;FZC-佛子冲式矿床;NW-牛卫式矿床。"一":未测。分析单位:桂林矿产地质研究院;分析方法:主要元素为原子吸收光谱,次要元素为直读光谱定量分析。

层控矿床)中相应矿物的元素含量(童潜明,1986)相比,佛子冲矿带内闪锌矿中的 w_{Fe}, w_{Cd}, w_{Mn}, w_{Ge}, w_{Ga}/w_{In}值,方铅矿中的 w_{Mn}, w_{Ag}, w_{Pb}/w_{Ag}值,以及黄铁矿中的 w_{Se}, w_S/w_{Se}值与1型矿床相近,明显有别于II型矿床。佛子冲矿带内的铅锌矿床显示出岩浆期后热液矿床的特征。与湘南地区I、II型铅锌矿床相比较,佛子冲矿带闪锌矿中的 Se,方铅矿中的 Se,Cd,Bi,以及黄铁矿中的 Ag 均明显偏高;闪锌矿中的 Ga,In,Ge,方铅矿中的 Sb 则较低,表现出区域成矿作用的差异性。

4 矿床成因及找矿远景

综上所述,由岩浆岩、含矿岩系及单矿物中的元素分布特征等研究揭示出佛子冲矿带铅锌成矿作用

与燕山期岩浆活动有关。硫化物矿物的硫、铅同位 素研究也表明成矿物质以岩浆来源为主(张乾, 1993;雷良奇,2001)。燕山期岩浆活动主要表现为 钙碱性火山岩浆活动,即早期花岗闪长岩(中深成 相)、中期英安质凝灰熔岩(喷出相)和晚期花岗斑岩 (浅成相或次火山岩相)的侵入(雷良奇,1995),随着 火山岩系的演化,成矿元素逐步富集,在晚期花岗斑 岩中达到最大值。在火山岩覆盖区,矿点大多分布 于花岗斑岩的接触带中或其附近(图1),并且在火山 熔岩中也发现了矿化现象(如在牛卫30号勘探线 ZK566钻孔所见英安熔岩中铅锌矿化夕卡岩的厚度 约0.33 m,Pb+Zn 品位达5.33%[•]。因此,笔者认 为:佛子矿带铅锌矿床可能属于燕山期火山(次火 山)活动期后的热液矿床,成矿作用不单与早期中深 成相花岗闪长岩(大冲岩体)有关,而且还与中期喷

[●] 广西地勘局 204 队.1982. 广西岑溪县河三矿田水滴、牛卫铅锌矿床地质找矿评价报告.

出相英安熔岩,尤其是晚期浅成相(次火山岩相)花 岗斑岩有关。根据这一新认识,矿带东南部花岗斑 岩发育的英安熔岩覆盖区(包括矿带外围,整个英安 熔岩覆盖面积大于 200 km²),应具有较大的找矿潜 力。

5 结 论

(1) 佛子冲矿带矿石中除 Pb,Zn之外,还伴生有 Cu,Ag,Cd,Se,以及 Ga,In,Au等,具有多元素富集特征,综合利用价值很大。矿床 Ag 分布不均匀 [各矿床中 w_{Ag} 平均值变化范围:(53~104) × 10⁻⁶],局部富集明显。Ag,Cd,Se 分布与 Pb,Zn 关系十分密切。Ag,Se 主要以分散状态分布于方铅矿中[w_{Ag}为(293~2048)×10⁻⁶; w_{Se}为(71~238)× 10⁻⁶];Cd 则主要分布在闪锌矿中[w_{Cd}变化范围(3900~6740)×10⁻⁶]。

(2) 铅、锌富集与下志留统大岗顶组上段 (S₁ d²)下部含泥炭质灰岩密切相关,断裂和(或)花 岗斑岩与炭质灰岩层的交汇部位是 Pb,Zn 成矿的有 利部位,可作为找矿的靶区。

(3)佛子冲矿带铅锌矿床可能属于燕山期火山 活动期后的热液矿床,火山活动的各个时期(早期中 深成相花岗闪长岩,中期喷出相英安质角砾凝灰熔 岩和晚期浅成相或次火山岩相花岗斑岩)都具备成 矿的条件。晚期花岗斑岩中成矿元素的最大富集, 显示在花岗斑岩最发育的矿带东南部厚层火山岩覆 盖区仍有较大的找矿潜力。除了接触交代型铅锌矿 床外,在火山岩区还可能出现"斑岩型铅锌矿床"、 "浅成低温热液型贵金属(Au,Ag)矿床"等。"找矿 重点南移"可能是佛子冲矿带今后进一步找矿的指 导思想。

致 谢 野外工作期间得到广西地质勘查总院 204 分院的大力支持,特此致谢!

References

- Feng Z H, Lei L Q, Zhang Q Z, et al. 1999. The ore-controlling structures in the volcanics-covered area, Fuzichong area, Pb-Zn ore field, Guangxi[J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 8(6):
 423 ~ 426 (in Chinese with English abstract).
- Wuhan College of Geology. 1979. Geochemistry [M]. Beijing: Geol. Pub. House. $39 \sim 43$ (in Chinese).
- Lei L Q. 1995. Dating and geochemistry of the magmatic rocks in the

Fuzichong Pb-Zn(Ag) Mining Field, Guangxi, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 11(1): 77 ~ 82(in Chinese with English abstract).

- Lei L Q. 1996. The mineralization physicochemical condition of Pb-Zn (Ag) deposits in Hesan, Guangxi[J]. J. of Guilin Institute of Technology, 16(3): 272 ~ 276 (in Chinese with English abstract).
- Lei L Q, Feng Z H and Cheng Z P. 2001. Guangxi Fuzichong Pb-Zn (Ag) deposits[M]. Chengdu: Tiandi Press. 59, 76 (in Chinese).
- Li Y P, Cheng S Y and Peng B X. 1993. The character of REE element geochemistry and the discussion of origin in Fuzichong Pb-Zn field, Guangxi[J]. Guangxi Geol., $6(4): 53 \sim 61$ (in Chinese with English abstract).
- Liu Y J, Chao L M, Li Z L, et al. 1984. Element geochemistry[M]. Beijing: Sci. Press. 104, 322, 389, 410 (in Chinese).
- Lu J P and Kang Y J. 1999. The geological character and meaning of Devonian, Silurian system in Chengxi area, Guangxi [J]. Guangxi Geol., 12(1): 9~14 (in Chinese with English abstract).
- Luo Z. 1990. The geological character and structure evolution of Bobei-Chengxi fault zone, Guangxi J]. Guangxi Geol., 3(1): 25 ~ 34 (in Chinese with English abstract).
- Stacey J S and Kramers J D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage mold[J]. Earth Planet Sci. Lett., 26 (2): 207 ~ 221.
- Tong Q M. 1986. The geoche mistry index in minerals of different origin mineral deposits, Hunan[J]. Rock and Mineral Test, 3(4): 20 ~ 29 (in Chinese with English abstract).
- Turekian K K and Wedepohl K H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust[J]. Geol. Soc. Amer. Bull., 72:178.
- Wang X R. 1982. Multivariable statistical analysis of geological data [M]. Beijing: Sci. Press, 207 ~ 215 (in Chinese).
- Xu H. 1995. The study of mineralization model and exploration model in Fuzichong area, Guangxi[J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 4(6): 341 ~ 345 (in Chinese with English abstract).
- Xu H. 1996. The geological character and exploration expectation of Fuzichong Pb-Zn ore field, Guangxi[J]. Guangxi Geol., 9(4): 43 ~ 51 (in Chinese with English abstract).
- Yang S D and Deng G A. 1995. The study of the occurrence pattern and distribution regularity of Ag in Fuzichong Pb-Zn (Ag) ore field, Guangxi[J]. Mineral and Geol., 9(1): 28 ~ 32 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Q. 1993. The character of isotope and minor element and the origin in Heshan Pb-Zn field, Guangxi[J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 2(4): 247 ~ 253 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 冯佐海, 雷良奇, 张起钻, 等.1999. 佛子冲铅锌矿田火山岩覆盖区 隐伏构造控矿特征[J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6):423~426.
- 雷良奇.1995.广西佛子冲铅锌银矿田岩浆岩的时代及地球化学特征[J].岩石学报,11(1):75~82.
- 雷良奇.1996. 广西河三铅锌(银) 矿床的成矿物理化学条件[J]. 桂

82	矿 床	地 质	2002 年
林工学院学报,16(3):272~275.		化学标志[[J]. 岩石及矿物测试, 3(4): 20~29.
雷良奇,冯佐海,程志平.2001.广西佛子冲铅锌(都:天地出版社.59,76.	银)矿床[M].成	王学仁 . 198 社 . 207~	82.地质数据的多变量统计分析[M].北京:科学出版 · 215.
李玉平,陈世益,彭柏兴.1993.广西佛子冲铅锌砂 元素地球化学特征与矿床成因探讨[J].广西地	^亡 田含矿围岩稀土 2.质,6(4):53~	武汉地质学 版社.39	院地球化学教研室.1979.地球化学[M].北京:地质出~43.
61.		徐 海.199	95. 广西佛子冲地区成矿模式与找矿模式研究[J]. 有色
刘英俊,曹励明,李兆麟,等.1984. 元素地球化学 出版社.104,322,389,410.	[M]. 北京: 科学	金属矿产 徐 海.199	与勘查,4(6):341~345. 96.广西佛子冲铅锌矿田地质特征及找矿前景[J].广西
陆济璞,康云壤.1999.厂西岑溪地区泥盆系志留系 义[J].广西地质,12(1):9~14.	送地质特征及其意	地质,9(4 杨树德,邓封	4):43~51. 贵安.1995.佛子冲含银铅锌矿床银的赋存状态及分布规
罗 璋.1990.广西博白-岑溪断裂带地质特征与构 地质,3(1):25~34.	'造演化[J]. 广西	律的研究 张 乾.199	[J]. 矿产与地质, 9(1): 28~32. 93. 广西河三铅锌矿田同位素和微量元素特征及矿床成
童潜明.1986.湘南铅锌矿床成因类型划分的单矿	物微量元素地球	因[J]. 有	「色金属矿产与勘查,2(4):247~253.

Discussion on Multi-element Enrichment Characteristics and Genesis of Fuzichong Pb-Zn (Ag) Metallogenic Belt, Guangxi

Lei Liangqi, Song Cian, Feng Zuohai

(Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China)

Abstract

The Fuzichong Pb-Zn (Ag) Metallogenic belt is a medium-large Pb-Zn (Ag) concentrated area. In addition to Pb and Zn, there are many other elements concentrated in the orebodies, such as Cu, Ag, Cd, Se, Ga, In and Au. The multi-element enrichment makes Fuzichong a very valuable metallogenic belt with the function of comprehensive utilization. Silver is not uniformly distributed, varying in the range of $(53 \sim 104) \times 10^{-6}$, with local enrichment. Ag, Cd, Se are very closely related to Pb, Zn in distribution. Ag and Se are mainly dispersed in galena [Ag (293 ~ 2048) × 10⁻⁶; Se (71 ~ 238) × 10⁻⁶], whereas Cd is mainly hosted by sphalerite [Cd (3 900 ~ 6740) × 10⁻⁶]. Lead and zinc enrichment is intimately associated with the carbon-bearing mudstone, and mineralization is controlled by both the granite-porphyry (fractures) and the mudstone. The Pb-Zn deposits in the Fuzichong belt may be of volcanogenic genesis. All the active stages of Yanshanian (J₁₋₃) volcanomag ma (early stage middle-abyssal granodiorite, middle stage extrusive dacitic tuff lava and late stage hypabyssal or subvolcanic granite-porphyry) possess the ore-forming conditions. The maximum enrichment of ore-forming elements in the late stage granite-porphyry suggests that there remains a great potential for exploration in the eastern-southern part of the Fuzichong belt, where there occur extensive cover of dacitic tufflava and widely exposed granite-porphyry.

Key words: Lead-zinc deposits, associated Ag deposits, genesis, element distribution, Fuzichong belt of Guangxi