九嶷山—姑婆山地区铅锌矿成矿环境分析及找矿思路

李惠纯，刘和生，陈洋罗，刘铁生
(湖南省地质矿产勘查开发局 四队八队，湖南 娄底 417000)

摘　要：　通过对九嶷山—姑婆山地区铅锌矿床成矿环境分析，认为加里东运动形成的 EW 向构造及 NE，NW 向基底断裂控制着该区的沉积相变化。地层中铅锌物质主要来源于古隆起的蚀源区，中泥盆统棋子桥组为该区铅锌矿最重要的矿源层，加里东期岩体呈面状侵入，印支期岩体呈岩株状侵入，而燕山期岩体一般呈岩株或岩脉状沿 NNE 向断裂带或构造交汇部位产出，在岩体接触带或距岩体 1～2 km 处形成岩浆热液型铅锌矿，在远离岩体的有利地层(岩性)部位形成沉积改造型铅锌矿。总结了两类铅锌矿的找矿标志，提出了“三带一点”的找矿远景区，强调运用综合方法找矿。

关键词：　沉积改造型；岩浆热液型；铅锌矿；成矿环境；九嶷山—姑婆山地区；湖南省
中图分类号：　P612；P618.4　　文献标识码：　A　　文章编号：1001-1412(2003)01-0013-08

九嶷山-姑婆山地区(以下简称九姑地区)位于南岭纬向构造带中段北缘，处于湘、粤、桂三省交界处，主体属湖南省永州市。历年来，虽有多家地勘单位在九姑地区进行地质勘查，然而铅锌矿的找矿工作一直没有重大的突破，可见找矿难度是比较大的。随着新一轮国土资源大调查的开展，湖南省地质调查局在九嶷山、姑婆山地区相继发现了一批大中型锡矿床，铅锌矿找矿亦列为工作重点。

1　九姑地区铅锌成矿环境分析

1.1　矿质来源

A·П·维诺格拉多夫、K Turkian 和 k wedepohl 等的研究阐述了铅锌元素在岩石圈中的分布规律，主要以中、酸性岩和沉积岩的平均含量较高，其中碎屑岩以细碎屑岩含量较高，且以煤灰中含量最高，而碳酸盐岩介于粗、细碎屑岩之间，且铅锌元素在某些海生有机体中会显著富集[1]。

1.1.1　地层来源

九姑地区加里东运动形成的 EW 向构造及 NE，NW 向基底断裂活动，控制着本区沉积相的分布和展布。该区中-上元古界为活动区的边缘海盆火山-杂陆屑复理石建造、复理石-类复理石建造及陆棚碳质硅质岩建造、冰碛建造，夹含铁、含锰建造。主要分布在九嶷山岩体的周边，其他地段仅小片出露。加里东运动后，转化为稳定区。上古生界及下、中三叠统以浅海台地碳酸盐岩建造为主，滨岸含铁单陆屑建造、单陆屑含煤建造次之，夹含锰硅质岩建造和膏盐建造等。印支期安源运动后，海水基本退出。白垩系—上第三系为陆相盆地沉积，仅见于测区北部，呈 NNE 向展布，第四系主要沿河谷两侧分布。因本区地壳活动性较强，沉降幅度大，沉积地层厚度较大。

该区上古生界碳酸盐岩建造与铅锌矿成矿关系最密切，铅锌矿较集中地分布于泥盆系棋子桥组和石炭系石磴子组中，前者代表一种大规模的海侵旋回的沉积，而后者代表一次较大的海退旋回的沉积，区域测量证明棋子桥组中 Pb，Zn 的质量分数平均值多高于其他地层(表 1)。

由表 1 可见，各个单位所获得的不同地层的铅锌质量分数中，以棋子桥组为最高，仅郴州幅稍有例外。如果考虑到岩性对元素含量的影响，那末，棋子桥组中的碳酸盐岩与其他碳酸盐岩层位比较，它无疑是最高的。碳酸盐岩是浓集元素最高的岩性，且

收稿日期：2002-06-03；　　修订日期：2002-11-01
作者简介：李惠纯(1964-)，男，湖南双峰人，学士，高级工程师，1987 年毕业于中南工业大学地质系，主要从事地质矿产勘查工作。

表1 湘南各地层铅锌质量分数($w_B/10^{-6}$) 统计

Table 1 Statisitics table of Pb-Zn average content in Xiangnan area

地层单位	白果山—风几村		1/5万白沙镇幅		周家帮—油田		东江		洪水冲		1/5万五盖山幅		1/5万郴县幅	
	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn
龙潭组(P_2l)											10	67		
当冲组(P_2d)			16								7	112		
栖霞组(P_2q)			5								7			
壶天群($C_{2+3}ht$)			5								6		8.1	< 30
梓门桥组(C_1z)			5	50							7		9	< 30
测水组(C_1c)			6	49							6	55	18	40
石磴子组(C_1sh)			5								7	144	10.7	< 30
岩关阶(C_1y)			6	90							5	60	15.2	20.7
锡矿山组(D_3x)	6	51	6	138	8.6	55					10	113	23.6	< 30
佘田桥组(D_3s)	6	50	6	269	12	64	9.5	57			10	100	18.3	< 30
棋子桥组(D_2q)	47	68	73	530	11	56	11	59	22.4	50	31	107	16.2	16.9
跳马涧组(D_2t)	20	50	9	48					10.3	50	34	50	41.6	30.9
寒武系(∈)			8	65										
震旦系(Z)	5	50	12	50							6	63	43.4	70.3
资料来源	研究所		区测队		研究所		研究所		409队		区测队		物探队	

沉积地层厚度巨大, 而元素含量与其接近或超过者则是细碎屑岩占优势的地层。如跳马涧组、锡矿山组。这是因为细碎屑岩的克拉克值本来就高, 几乎2倍于碳酸盐岩, 并非浓集元素最高的岩性, 且沉积地层厚度远不及碳酸盐岩。

1.1.2 岩浆来源

区内中酸性岩浆岩十分发育, 以燕山早期岩浆侵入为主, 次为加里东期和印支期。各岩体微量元素质量分数差别较大, 由表2可知, 岩体中铅一般高于克拉克值, 仅姑婆山岩体铅的质量分数稍低于克拉克值, 金鸡岭、铜山岭岩体及祥霖铺岩脉群相对含铅较富, 达克拉克值的2倍左右, 除祥霖铺岩脉群锌的质量分数高于克拉克值外, 其他岩体低于或接近克拉克值。所以对铅锌成矿有利的岩浆岩首推祥霖铺岩脉群, 次为金鸡岭岩体和铜山岭岩体。

1.2 区域构造及热液通道

区内两类铅锌矿床均与热液作用密切相关, 热液通道主要发育于构造岩浆岩带和褶断带。EW向构造体系在本区成生时间较早, 活动时间较长, 加里东运动即已基本定型, 此后仍有活动。SN向构造体系成生也较早, 发展历史也较长。卷入的地层主要为古生界和下三叠统。定型的时期为印支期, 但在印支期之后仍有活动。

表2 九姑地区岩体铅锌质量分数

Table 2 Trace elements content table of magma bodies in Jiuyishan-Guposhan area

时代	岩体名称	样品个数	含量及出谱个数	$w_B/10^{-6}$) Pb	Zn
加里东期	九嶷山西体	29	含量	33	45
			出谱个数	29	22
	都庞岭西体	13	含量	30	54
			出谱个数	11	7
燕山早期	都庞岭东体	58	含量	30	36
			出谱个数	57	10
	姑婆山岩体	72	含量	18	56
			出谱个数	70	70
	金鸡岭岩体	42	含量	44	20
			出谱个数	42	38
	铜山岭岩体	88	含量	44	50
			出谱个数	88	88
燕山中晚期	祥霖铺花岗斑岩脉	98	含量	37	92
			出谱个数	96	98
维诺格拉多夫酸性岩平均含量				20	60

资料来源: 1/20万道县、江永、桂阳幅区域地质矿产报告。

测试单位: 湖南省地质局区测队。

华夏系构造呈NE向展布, 由前泥盆系组成的串珠状隆起带和由上古生界—下三叠统组成的大型拗陷构成华夏系构造的主体, 江华一带前泥盆系中

成带分布的褶皱断裂依然清晰可辨。加里东期为主要活动期, 印支期仍有活动。加里东期岩体呈面状侵入, 印支期岩体一般呈岩株状侵入。

新华夏构造体系: 新田—江华断褶带活动起始于印支晚期, 但大量 NNE 向断裂切割上三叠统、白垩系及第三系, 并控制中新生代盆地的发展和近代地震, 其主要活动时间为燕山期, 并延续至今。燕山期岩体一般呈岩株状或岩脉状, 沿 NNE 向断裂带或构造交汇部位产出, 部分呈隐伏、半隐伏状态, 且沿断裂带有多期次的热液活动。因此新华夏系构造体系对区内燕山期岩体及其有关矿产的分布具有十分重要的控制作用。已知主要矿床即分布在新田—江华大断裂的两侧。

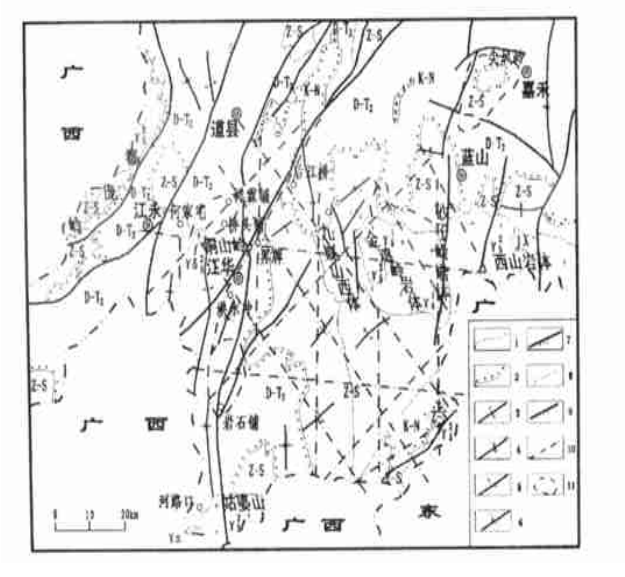

图 1　九嶷山—姑婆山地区地质构造简图

Fig. 1　The simple geological and structural sketch map in Jiuyishan-Guposhan area

K-N. 白垩系—上第三系　D-T_2. 泥盆系—中三叠统　Z—S. 震旦系—志留系　γ_5^2. 燕山早期花岗岩　$\gamma\delta_5^2$. 燕山早期花岗闪长岩　γ_3^1. 印支期花岗岩　γ_3. 加里东期花岗岩　JX. 侏罗纪流纹岩　$\lambda\pi$. 花岗斑岩　1. 侵入岩体接触界线　2. 不整合岩层界线　3. 背斜　4. 向斜　5. 倒转背斜　6. 倒转向斜　7. 压扭性断层　8. 性质不明断层　9. 区域性大断裂(壳断裂)　10. 隐伏或物探推测断层　11. 物探推测隐伏岩体界线

1.3　矿质沉淀场所

九姑地区铅锌矿可以分为两大类: 一类为沉积改造型, 另一类是岩浆热液型。

1.3.1　沉积改造型铅锌矿沉淀场所

以后江桥的铁锰铅锌矿为代表, 矿区位于新田—江华大断裂的南东侧、呈 SN 向展布的四马桥向斜的西翼, 次级 SN 向断裂较发育, 矿区北部见少量石英斑岩脉。铅锌明显富集于棋子桥组下部的细粒碎屑岩、灰岩、白云岩夹白云质灰岩、生物屑泥晶灰岩中, 棋子桥组中铅锌主要来源于古隆起的前泥盆纪地层, 次为加里东期花岗岩, 含 Pb、Zn 等较高, 在棋子桥期为该区海盆提供了丰富的蚀源物质。

棋子桥期为海侵初始旋回, 区内处于局限-半局限台地或海盆环境(图 2), 盐度高, 溶液偏碱性, 有利于铅锌发生沉淀而形成"胚胎矿", 为有利的初始矿源层[2]。之后又经过热液叠加改造再富集, 才形成有具工业价值的矿体。通过对其矿床地质特征、同位素地质学、矿床成因等方面研究, 认为成矿物质来源具双重性, 既有来源于地层, 又有来自壳幔源岩浆。具有多源、多阶段成矿特点, 成矿主要与棋子桥组地层及热液作用有关, 明显受层位控制。

图 2　九姑地区中泥盆世棋子桥期岩相古地理略图

Fig. 2　The lithofacies and paleogeographic sketch map of Qiziqiao formation of middle Devonian epoch in Jiuyishan-Guposhan area

1. 江永局限海台地 2. 道县—江华半局限海台地 3. 湖坪泻湖白云岩 4. 生物滩　5. 棋子桥组沉积等厚线(m)　6. 岛　7. 海侵方向

1.3.2　岩浆热液型铅锌矿沉淀场所

产于岩体接触带或距岩体 1~ 2 km 的范围内。根据岩体的化学成分、微量元素等的不同, 又可细分为含锡系列和含铜系列岩体, 前者如姑婆山花岗岩, 具高硅高碱低铁, $w(K_2O) > w(Na_2O)$, δ(Eu) 明显亏损; 富含 W, Sn, Pb, Zn, F 及重稀土。后者如铜山岭花岗闪长岩, 具高硅高碱低铁, $w(K_2O) > w(Na_2O)$, Fe, Mg, Ca; 富 Sr 贫 Rb; δ(Eu) 无明显亏损现象; 富含 Cu, Mo, Pb, Zn 等元素为特征。岩浆热液矿床中, 产于接触带的岩浆热液矿床, 围岩为碳泥质灰岩、灰岩, 多生成钙质夕卡岩, 而白云质灰岩、白云岩多生成镁质夕卡岩。形态受接触面的形态控制:

①参差不平的接触带,对成矿有利; ②侵入体在平面上的内弯和在剖面上的凹陷有利于形成夕卡岩和矿化富集; ③岩体产状平缓有利于夕卡岩的形成; ④岩体与岩层呈角度相交时,有利于渗滤交代作用,因而夕卡岩较为发育; ⑤产于外接触带的热液矿床受低序次断裂或层间裂隙控制,含杂质较高的碳酸盐岩性脆,有利于交代成矿,有碳泥质岩石作屏蔽层更有利于成矿。铜山岭铅锌银矿物的含量变化较明显的反映出矿物的垂直分带和水平分带性。在深部矿体或花岗闪长岩与其围岩接触处的矿体以磁黄铁矿、闪锌矿为主,方铅矿甚少,尚有少量的毒砂、黄铜矿。从岩体接触面向上逐渐变化至铅锌相等,然后铅高于锌,远离接触带则几乎为粒状方铅矿而闪锌矿很少。外接触带似脉状铅锌银矿体品位垂直和水平变化曲线图,也明显地反映出了垂直和水平分带现象。

1.4 成矿环境指示

1.4.1 花岗岩中矿物含量特征

中酸性岩体中铅锌等成矿元素主要赋存于黑云母中,其次为长石(表3)。岩浆活动是铅锌矿的主要控制因素,是与岩浆的分异、演化分不开的。如金鸡岭岩体分异、演化较完全,从大坳到癞子山由南往北呈现以钨锡—钨锡铅锌—铅锌银的水平分带现象,富铅锌的花岗岩较富锡花岗岩相对偏中性,含黑云母等暗色矿物相对较多,由于自变质或交代作用的缘故,黑云母发生白云母化或绿泥石化,长石则产生绢云母化、白云母化、高岭土化,黑云母及长石的晶格遭到破坏,部分成矿元素析出进入热液系统。因此,富含黑云母的相对偏中性的花岗岩能为岩浆期后热液提供更多的成矿元素。已知矿床主要矿物组合与相邻岩体的黑云母中成矿元素组合很相似,说明岩浆岩为热液矿床提供了热源和物源。

1.4.2 同位素特征

(1) 硫同位素组成特征: 从表4看,岩浆热液铅锌矿床各硫化物 $\delta(^{34}S)$ 离差小,在零值线附近集中,如做成直方图,呈现塔式正态分布,塔基较窄,塔峰高耸。

表3 铜山岭花岗闪长岩中长石、黑云母的元素对比

Table 3 Contrast table of elements in feldspar biotite from granodiorite in Tongshanling

岩石名称	矿物名称	样品数	$w_B/10^{-6}$					
			Pb	Zn	W	Sn	Cu	Be
花岗闪长岩	长石	1	500	200	0	0	10	0
	黑云母	1	2000	200	0	5	30	3

注: 资料来源及测试单位均为湖南省地质研究所。

沉积改造型铅锌矿床各硫化物 $\delta(^{34}S)$ 离差大,变化范围较宽,不在零值线附近集中,在直方图中呈现断垣式波浪状图形。除个别样品尚保留了其沉积硫的特点之外,绝大部分反映了强烈改造过程中,硫同位素趋于均一化的特点。

(2) 铅同位素组成特征: 据后江桥铅锌矿区铅同位素样品测试结果(表5)可知,沉积改造型铅锌矿铅同位素组成较不稳定,变化较大。模式年龄可分为①大于500 Ma; ②370 Ma左右; ③240 Ma左右; ④小于140 Ma等4组数据。由此推断,本区铅来源复杂,具异常铅特征,既有地层岩石中的铅,又有岩浆铅的混合,导致晚期富集放射成因铅的多源、多次叠加影响[2]。

据铜山岭铅锌铜矿6件铅同位素样品测试结果可知,岩浆热液型铅锌矿铅同位素组成较稳定,变化较小。反映在直方图上具有塔基窄、峰值高的塔形分布特征。采用斯塔西两阶段模型分别计算获得铅同位素年龄为125171 Ma,说明这些矿床的形成与燕山期的成矿作用有密切的关系。上述两组比值分布集中,反映了矿床成矿时代的集中性。

表4 九姑地区铅锌矿硫同位素测试结果

Table 4 S-isotope composition analysis of Pb-Zn deposit in Jiuyishan-Guposhan area

矿床类型	矿区	矿物	样品个数	$\delta(^{34}S)/10^{-3}$			全矿区 $\delta(^{34}S)/10^{-3}$		
				变化范围	离差	平均	变化范围	离差	平均
岩浆热液型	铜山岭	黄铁矿	1			2.4	1.003.80	2.8	2.91
		闪锌矿	5	2.293.75	0.89	3.39			
		方铅矿	3	1.002.60	1.6	1.94			
		黄铜矿	5	2.603.80	1.2	3.13			
沉积改造型	后江桥	黄铁矿	2	0.233.60	3.37	1.92	11.6910.1	21.79	2.03
		闪锌矿	20	-11.695.11	16.8	1.42			

注: 资料来源及测试单位均为湖南省地质研究所

表 5　九姑地区铅锌矿床铅同位素测试结果

Table 5　Pb-isotope composition analysis of Pb-Zn deposits in Jiuyishan-Guposhan area

采样号	测试矿物	采样位置	$w(^{206}Pb)/w(^{204}Pb)$	$w(^{207}Pb)/w(^{204}Pb)$	$w(^{208}Pb)/w(^{204}Pb)$
1	方铅矿	ZK177 矿体Ⅰ	18.59	15.59	38.45
2	方铅矿	ZK173 矿体Ⅰ	17.99	15.59	38.07
3	方铅矿	TC90 矿体Ⅱ	18.48	15.47	38.15
4	闪锌矿	ZK7 矿体Ⅴ	18.15	15.28	38.57
5	闪锌矿	ZK71 矿体Ⅲ	18.63	15.61	39.19
6	方铅矿	ZK86 矿体Ⅱ	18.38	15.25	38.37
7	方铅矿	TC90 矿体Ⅱ	18.37	15.02	38.07
8	闪锌矿	TC90 矿体Ⅱ	18.40	15.35	39.94
9	方铅矿	TC91 矿体Ⅲ	18.57	15.49	39.58
10	闪锌矿	TC126 矿体Ⅰ	17.76	14.80	37.36
11		铜山岭	18.98	15.97	40.39
12		铜山岭	18.55	15.46	39.07
13		铜山岭	18.69	15.54	39.31
14		铜 山 岭	18.27	15.16	38.55
15		铜 山 岭	18.77	15.81	40.17
16		铜 山 岭	18.12	15.00	40.17

注: 数据来自湖南省地质研究所及宜昌所测试结果。

(3) 碳、氧同位素组成特征: 19791982 年, 湖南地质研究所科研组在测区对后江桥与铅锌共生的方解石进行了碳、氧同位素分析, 测得: $\delta(^{13}C) = -4.38\times10^{-3}$, $\delta(^{18}O) = -17.59\times10^{-3}$。

经大量统计资料表明, 不同时期海相沉积碳酸盐岩平均 $\delta(^{13}C)$ 为 $0.56(\pm1.55)\times10^{-3}$(据 M. L. Keith 和 Weber 1964)。富碱的火成岩结晶出来的碳酸盐矿物其 $\delta(^{13}C)$ 的范围为 $-2.0\times10^{-3}-8.0\times10^{-3}$。后江桥铅锌矿的 $\delta(^{13}C)$ 组成可能是海相碳酸盐物质经受强烈改造的结果。

海相碳酸盐的 $\delta(^{18}O)$ 值随时间的增加而逐步降低。据韦泽和霍夫斯(1976)统计, 泥盆系 $\delta(^{18}O)$ 值在 $-1\times10^{-3}-15\times10^{-3}$ 之间, 峰值在 -10×10^{-3}。后江桥的 $\delta(^{18}O)$ 组成表明碳酸盐岩矿物的碳氧主要来自围岩。

1.4.3　*矿物中气液包裹体及温度特征:*

(1) 中酸性岩体及有关矿床, 成矿温度区间较宽, 包裹体均一温度自 380℃至 100℃都有出现, 但总的趋势是从蚀变岩体、接触带矿床至铅锌矿床成矿温度逐渐降低, 铅锌成矿温度主要为 200~240℃, 晚期阶段仍有铅锌矿床形成, 一般都呈脉状, 规模较小。

(2) 近岩体的铅锌矿、黄铁矿矿床中矿物包裹体一般较大, 形态多样, 而远离岩体的铅锌矿床中矿物包裹体都很小, 多数无法测定温度, 个别测得均一温度均小于 200℃, 属于低温阶段的产物。

1.4.4　*成矿溶液的其他性质*

(1) 盐度: 湘南地区区域研究资料表明: 在矿物包裹体中有 NaCl 子晶, 气液包裹体的盐度较高, 反映出岩浆期后残余溶液中有较高的盐度, 随着成矿溶液的运移, 以及大气水的加入, 盐度逐渐降低。

(2) 岩体及铅锌矿石的氯、氟含量: 矿石的化学成分及蚀变岩石的成分可反映出成矿溶液的部分特点。据湘南区域研究资料, 可分为富含氟氯和氟低氯高两种类型, 反映出 Pb, Zn, Sn 可以 F, Cl 的络合物形式迁移, 铅锌等元素主要以氯络合物的形式迁移。

石原舜三在研究日本花岗岩类岩石中氯氟的含量后指出[1]: F 和 Cl 含量高的岩体含有更多的盐浓度很高的多相包裹体, 岩体中氟的含量高, 可能是原花岗质岩浆和蒸发岩发生反应等原因形成的。并认为岩体中 F 高, 与锡矿化之间有联系, 而 Cl 高则与铜、铅、锌矿化有联系。这一认识与本区研究结果具有相似之处。

(3) 铅锌矿床单矿物微量元素特征: 从铅锌矿床中单矿物微量元素特征反映出两大类矿床成矿时大

致的物理化学条件(表6)。

表6 成矿物理化学特征表

Table 6 The characteristic table of minerogenetic physiochemistry condition

成矿物理化学条件	岩浆热液矿床		沉积改造矿床
	产于岩体接触带	距岩体1~2 km	
t / ℃	300±	260±	220±
P / 10^5Pa	5000~7000	1000~4000	< 1000
$\log f(S_2)$	-6~-9	-8~-11	-11±
pH	碱性程度降低→		碱性程度增高→
Eh	氧化程度增高→		

注:资料来源及测试单位均为湖南省地质研究所。

表中的温度是根据微量元素分配系数地质温度计计算的。与矿物包裹体均一温度相比,偏高一些。

综合上述,结合矿床主要围岩蚀变分析。岩浆热液型矿床的成矿溶液富 Na^+, Cl^-,溶液具碱性,铅锌可能呈 $PbCl^+$, $ZnCl^+$ 和 $PbHS^+$, $ZnHS^+$ 等形式搬运,随着热液的温度逐渐降低、外压力下降,以及与围岩的相互作用等物化条件的改变,成矿元素发生沉淀,其搬运沉淀的方式一般为:

$$4PbCl^+ + 4HS^- + O_2 + H_2O \rightarrow 4PbS\downarrow + 4Cl^- + 3H_2O$$

$$4ZnCl^+ + 4HS^- + O_2 + H_2O \rightarrow 4ZnS\downarrow + 4Cl^- + 3H_2O$$

$$4Pb(HS)^+ + H_2O + O_2 \rightarrow 4PbS\downarrow + 3H_2O$$

$$4Zn(HS)^+ + H_2O + O_2 \rightarrow 4ZnS\downarrow + 3H_2O$$

沉积改造型矿床,在弱碱性的饱和着 CO_2 的成矿溶液中铅锌可以呈各种不同络合物形式搬运,其沉淀方式一般为:

$$[ZnCO_3]^- + 2HS^- \rightarrow ZnS\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$[PbCO_3]^- + 2HS^- \rightarrow PbS\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

2 找矿标志

2.1 层位、岩性标志

区内中泥盆统棋子桥组的白云岩及白云质灰岩是寻找沉积改造型铅锌矿的有利地层(岩性)。当有测水组的碳泥质页岩作屏蔽层时,石磴子组含碳泥质的不纯碳酸盐岩是形成岩浆热液型铅锌矿的有利地层(岩性)。

2.2 构造标志

区域性基底断裂为导岩导矿构造,新华夏系构造对成矿起主导控制作用,成矿构造为新华夏系主干断裂旁侧的低序次构造。多组构造的交汇部位有利于多期次矿化的叠加。两类铅锌矿的成矿物质都有向断裂带集中的趋势。宽缓的褶皱及单斜构造对沉积改造型铅锌矿的形成有利。

2.3 物化探标志

壳源型花岗岩常形成重力负异常,因此重力负异常对应于花岗岩的隆起区,是推断隐伏岩体的重要依据;在花岗岩(或花岗闪长岩)与围岩接触部位分布的磁性体和沿构造带展布的磁异常都应作为找矿的重要标志。元素的原生晕、次生晕异常是确定矿化区、圈定矿化体的最直接的依据,如棋子桥组高含量区位于台盆地边缘泻湖白云岩相。高含量比较稳定的地区矿化普遍,但没有矿床。铅锌含量变化大的地区对成矿有利,根据元素的带出和带入可以推断能否形成矿床,推测隐伏矿体的可能部位(图3)。图3显示:桥头铺与洪水冲、毛俊和老凉亭之间相距很近,但元素含量相差很大,在小范围内分异强烈,预示着在这些小范围内有铅锌矿床存在。

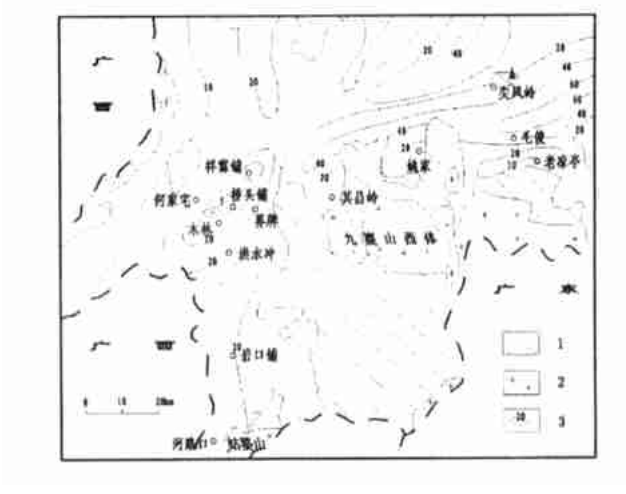

图3 九姑地区棋子桥组 Pb 的质量分数等值图

Fig. 3 The Pb-element comtent isotimic map of Qiziqiao formation in Jiuyishan-Guposhan area

1. 前泥盆系 2. 岩体 3. Pb 等值线($w(Pb)/10^{-6}$)

2.4 铁锰帽地球化学标志

铅锌元素易被铁锰氢氧化物强烈吸收,形成铁帽。铁帽分为岩浆热液型铅锌矿床铁帽与沉积改造型黄铁铅锌矿床铁帽。Pb, Zn, Ag 等元素组合与 W, Sn, Bi 等元素组合各据一方。Pb, Zn, Ag 等成矿元素组合同步消长,关系密切,是直接指示铅锌原生矿床

存在的重要标志, 并在分类中起重要作用。W, Sn, Bi 等元素组合在研究铅锌矿床成因方面是最主要的判别元素组合。Ti, Cr, Ni 等元素组合, 则可能与铁锰褐铁矿形成的围岩性质有关。

2.5　蚀变分带标志

沉积改造型铅锌矿分带不明显, 而岩浆热液矿床矿体上下盘常发育有铁方解石化、白云石化、硅化及黄铁矿化, 为直接找矿标志, 有二个较明显的蚀变分带序列。

2.5.1　*含锡花岗岩类及与 Sn, Pb, Zn 矿化有关的蚀变分带序列*

(1) 岩体内部发育较强的钾化、云英岩化带, 云英岩化主要分布于岩体上部及接触带附近。

(2) 岩体与碳酸盐岩接触带发育较好的夕卡岩化、萤石化蚀变带。

(3) 近矿围岩形成硅化、绿泥石化、绢云母化、萤石化带。

(4) 外围为大理岩化、碳酸盐化、结晶灰岩带。

2.5.2　*含铜花岗岩及与 Cu, Pb, Zn 矿化有关的蚀变分带序列*

(1) 岩体内部发育绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化。

(2) 在岩体与碳酸岩类接触带部位形成夕卡岩, 如铜山岭矿区在简单夕卡岩的基础上又叠加了成矿温度稍低的以阳起石为代表的含水夕卡岩带, 部分硫化矿床分布在夕卡岩带内。

(3) 外接触带近矿围岩主要为硅化、绿泥石化带。

(4) 外围有碳酸盐化、大理岩化带。大理岩化带自岩体向外 500 余米范围内都较发育, 近岩体为白色粗晶大理岩, 远离岩体则呈灰色较细的结晶大理岩。

3　九姑地区铅锌矿找矿靶区

九姑地区目前已发现的中型铅锌矿有铜山岭、后江桥两处, 小型铅锌矿有祥霖铺一处, 矿化点多处, 物化探异常发育, 两类铅锌矿均有较好的找矿前景。本文在综合分析前人资料的基础上提出"三带一点"的找矿思路。

3.1　铜山岭—祥霖铺异常带

(1) 桥头铺异常: 棋子桥组沉积地层厚度大于 400 m, 位于不同方向断裂构成的三角形地块中, 重磁异常反映在铜山岭与祥霖铺之间有隐伏岩体, 磁异常反映出深、浅两磁源, 浅部磁源与构造蚀变带磁黄铁矿有关, 深部磁源与隐伏岩体有关。异常等值线在小范围内由 $w(\mathrm{Pb}) = 5\times10^{-6}$ 变为 20×10^{-6}。地表见破碎角砾和辉锑矿转石, 据垂直分带规律, 应注意在浅部寻找辉锑矿, 在深部接触带附近寻找铜铅锌和钨钼矿。

(2) 何家宅异常: 深部有棋子桥组存在, 棋子桥组沉积厚度大于 400 m, 处于 NW 向和 SN 向基底断裂交汇部位。推断浅部磁源与构造蚀变带有关, 深部磁源与隐伏岩体有关。棋子桥组中异常等值线在小范围内由 $w(\mathrm{Pb}) = 5\times10^{-6}$ 变为 20×10^{-6}。有望找到沉积改造型铅锌矿。

3.2　后江桥—江华 NE 向断裂多金属成矿带

(1) 界牌: 地处凹陷区边缘泥盆系地层中, 处多组构造交汇部位, 有隐伏的磁性岩体, 且在地表见锑矿点 1 个, 铅矿点 3 个。曾施工 6 个浅钻, 累计进尺 945.9 m, 仅 1 孔见铅矿化, 究其原因可能是控制深度不够。

(2) 洪水冲: 地处凹陷区边缘泥盆系形成的向斜中, 处构造交汇部位, 有隐伏的磁性岩体。地表见黄铁矿和微弱的铅锌矿化, 矿体产于棋子桥组中下部白云岩中, 矿体呈层状, 矿物组成简单, 以黄铁矿为主, 偶见有少量闪锌矿, 脉石为白云石。黄铁矿主要呈细小立方体(小于 20 μm), 常包于白云石或充填于其晶间孔隙中。在白云岩中分散的黄铁矿有一部分为草莓状黄铁矿。

3.3　九嶷山岩体北侧 NEE 向成矿带

由 NEE 向展布的后江桥、姚家、毛俊等 3 处拗陷组成, 棋子桥组沉积地层厚度大, 以局限海台地潮坪白云岩相为主, 局部为生物滩相, 以姚家厚度为最大, 厚度大于 900 m;

NE, NW, SN, EW 向断裂发育;

九嶷山岩体 Pb, Zn 等成矿元素丰度较高;

九嶷山伴有向北西凸现的负值重力低异常, 显示九嶷山北西侧有隐伏岩体存在。

九嶷山岩体北侧发育磁异常, 分别对应岩体与围岩接触带, 异常多具浅源特征, 磁异常少而规则。

水系沉积物异常往往出现由岩体中心向接触带的 W-Sn-Mo-Bi → Pb-Zn-Cu → Sb-Hg-Au-Ag 的异常元素组合由高温向低温的分带现象。

棋子桥组铅元素异常呈 NEE 走向, 异常中心异常 $w(\mathrm{Pb}) > 40\times10^{-6}$, 具有由西向东递增趋势, 往南北两侧异常含量显著降低, 分异强烈,

棋子桥组有较多的铁锰铅锌锑矿点分布, 往东不远处即为著名的香花岭矿区。

据此推断姚家、毛俊等地段有找到比后江桥更大更好的铅锌矿的可能。

3.4 江华岩口铺异常点

为棋子桥组白云岩沉积, 地层厚度大于 200 m; 处于 NE 向、近 EW 向和近 SN 向断裂交汇部位; 岩浆沿着构造交汇部位上升, 于深部生成磁性岩体, 异常主要由隐伏的含磁黄铁矿花岗二长岩引起; 棋子桥组铅异常值 $w(Pb) > 20 \times 10^{-6}$。

4 结论

该区的铅锌矿找矿应围绕岩浆热液型和沉积改造型两个类型来开展。矿区有利的矿源层首推棋子桥组, 次为石磴子组; 要重视新华夏系构造的导岩、导矿作用, 关注配、容矿构造; 筛选有效的找矿标志; 按照"富、大、浅、易"的原则缩小找矿靶区; 运用综合手段找矿, 以提高工作的针对性、有效性。

本文所谓"棋子桥组"相当于岩石地层单位的"易家湾组、黄公塘组及棋子桥组的统称"。该区地处三省交界处, 粤、桂部分地质资料缺乏, 加上作者对该区的成矿地质环境的认识尚待进一步深化, 文中不足之处敬请地质同仁们赐教。

参考文献:

[1] 王育民, 欧阳昌泰, 陈遇灏. 中国铅锌矿地质勘探问题研究报告[R]. 长沙: 湖南省地质矿产局, 湖南省矿产储量委员会, 1984. 2-3.

[2] 李祥能. 后江桥铅锌矿床地质特征及矿床成因[J]. 地质找矿论丛, 2002, 17: 41-46.

[3] 湖南省地质局区测队. 1∶20 万桂阳幅区域地质、矿产调查报告[R]. 长沙: 湖南省地质矿产局, 1966.

[4] 湖南省地质局. 1∶20 万道县幅区域地质、矿产调查报告[R]. 长沙: 湖南省地质矿产局, 1976.

[5] 湖南省地质局. 1∶20 万江永幅区域地质、矿产调查报告[R]. 长沙: 湖南省地质矿产局, 1976.

[6] 湖南省地质矿产局物探队四分队. 1∶20 万江永幅区域化探报告[R]. 长沙: 湖南省地质矿产局, 1985.

[7] 湖南省地质学校. 1∶50 万湖南省区域重磁成果研究报告[R]. 长沙: 湖南省地质矿产局, 1989.

[8] 胡永嘉, 韩雄刚, 郑瑞凡, 等. 湘南以铅锌为主多金属成矿规律及预测专题研究报告[R]. 长沙: 湖南省地质研究所, 1982.

THE METALLOGENIC ENVIRONMENTS ANALYSIS AND PROSPECTING IDEA OF THE Pb-Zn DEPOSIT IN JIUYISHAN-GUPOSHAN AREA

LI Hui-chun, LIU He-sheng, CHEN Yang-luo, LIU Tie-sheng

(418 Brigade of Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Developement, Loudi 417000, China)

Abstract: According to analysis for metallogenic environment in Jiuyishan-Guposhan it is thought that the distribution of sedimentary facies in the area has been controlled by the EW-trending structure formed in Caledonian movement and the NE-NW-trending foundational fracture activity. Pb-Zn in the strata mainly derived from the old up-lifted terrigenous area. Qiziqiao formation of middle Devonian epoch is the most important layer of source bed. The magma body in Cabedonian period occur in areal intrusion, and the magma body in IndoChina period in apophysis, stock, the magma body in Yanshanian period in apophysis stock-dike along NNE-trending fracture zones or structure intersections. Magma hydrothermal Pb-Zn deposit was formed in contact zone or 12 km away from rock body . Sedimentary-modification type Pb-Zn deposit was formed further away from rock body. The paper summarizes the effective prospecting marks of two type Pb-Zn deposits, and puts out minergenic prospect of "three zone-one point", and emphsizes that synthetical prospecting must be used , and there is definite guide significance to the area Pb-Zn deposit prospecting.

Key words: sedimentary modification deposit; magmatic hydrothermal deposit; Pb-Zn ore; ore-forming setting; Jiugu area; Hunan province