

# 湘南铅锌矿床成因类型划分的单矿物 微量元素地球化学标志

童 潜 明

湖南地质研究所

湘南铅锌矿床按传统分类, 统属岩浆热液矿床。近年来, 尹汉辉则将其分为两大类: 即“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和与上古生代碳酸盐沉积建造有关的沉积-改造矿床”<sup>[1]</sup>。笔者在本文中前者称 I 类, 后者称 II 类。

尹汉辉的分类除根据矿床的地质产状外, 还着重考虑了铅、硫同位素组成特征和矿物包体特征, 并从这些方面对成矿物质来源和成矿物理化学条件进行了探讨。因此, 笔者认为此分类更能反映成矿的本质。本文就是通过单矿物微量元素的研究, 对两类矿床的划分提供佐证, 并由此建立起单矿物微量元素的成因标志。

笔者在湘南采集的304个单矿物样品(方铅矿115个, 闪锌矿109个, 黄铁矿80个)分布在33个矿床(点), 其中 I 类22个, II 类11个。样品皆采自各矿床的主要矿体和主要成矿期。

单矿物样品提纯工序是: 破碎(60—100目)一淘选一电磁选一高倍体视镜下反复挑选, 纯度一般皆大于98%<sup>①</sup>。

样品全部作化学分析, Co、Ni、Se、Te、Cd用催化极谱法, Ga、In、Ge用比色法, Ag用水相原子吸收法和萃取原子吸收法, Tl用泡沫分离甲基紫比色法。所有分析

项目除Mn和方铅矿中的Ge、闪锌矿中的Se因单矿物样品量少、元素含量小于 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 者不甚准确外, 其余皆达精度要求。

## 单矿物微量元素含量特征

全区33个矿床(点)的单矿物微量元素平均含量综合列于表1。由表可知, 每一种单矿物都含有一些微量元素, 但在两类矿床的相同矿物中某些元素的对比值有显著差别, 现就最为特征者分述如下:

### 1. 方铅矿中的微量元素

**银** I类平均为1195ppm, II类平均仅56ppm, 相差两个数量级。这和国内、外相应矿床的方铅矿中银含量一致, 如表2所列。

两类矿床方铅矿中的Pb/Ag比值也相差两个数量级, I类平均为 $7 \times 10^2$ , II类平均达 $1.7 \times 10^4$ 。如果以Pb、Ag含量作图, 两类矿床各成独立区域, 如图1所示。

**铋和锑** I类方铅矿的Bi含量最高者可达2300ppm, 一般为几十ppm, 个别矿床未分析出Bi。全区平均为355ppm。II类方铅矿的Bi含量都很低, 高者不超过5ppm, 全区平均仅为1.3ppm。Sb在I类方铅矿中平均为695ppm, II类平均为370ppm。

① 我所测试室钟志诚、宋硕果协助完成。

方铅矿中的银含量(ppm) 表2

类型	矿床	最高	最低	平均	资料来源
I	湖南	1887	248	1195	本文
	湖南浏阳七宝山	1541	1459	1500	①
	广东大宝山	5000	500	2790	②
	江西瑞昌武山			2610	③
	黑龙江小西林			1034	④
	广东惠阳淡水	3968	200	1799	⑤
	阿尔泰Зыряновск	3500	30	1180	[2]
	东扎巴依卡尔 Покровск	3900	1000	2833	[2]
	中亚西亚Замбарак	5196	250	2238	[2]
	保加利亚赤卜洛夫卡			2919	[2]
加拿大Bathurst			850	[3]	
II	湘南	128	11.5	56	本文
	湖南花垣鱼塘			2.25	⑥
	上密西西比河谷			18	[3]
	云南兰坪金顶	134	28	77	⑦
	苏联雅库特温特	90	26	58	[2]
	保加利亚萨特莫契	80	60	72	[2]

①陆汝梅, 1983年, 第二届全国铅锌矿地质学术会议论文; ②广东706队, 大宝山矿床勘探报告; ③华东冶金地质, 1982年第一期; ④黑龙江冶金地质, 1982年第一期; ⑤冶金地质研究, 1982年第一期; ⑥湖南405队, 花垣鱼塘成矿地质研究报告; ⑦施加辛, 1983年, 第二届全国铅锌矿地质学术会议论文。

Bi在两类矿床中相差甚为悬殊, Sb则在一个数量级内变化。如以Bi、Sb含量作图, 两类矿床各成独立区域, 见图2。

### 2. 闪锌矿中的微量元素

**镓和铟** I类闪锌矿的Ga、In平均含量分别为65ppm和312.6ppm, Ga/In=0.02; II类Ga、In平均含量分别为130.1ppm和5.6ppm, Ga/In=23.2。显然, 两类矿床Ga、In的绝对含量相差很大, 比值明显地有小于1和大于1之分。按Ga、In含量作图, I类位于Ga/In比值小于1的区域, II类位于大于1的区域, 见图3。

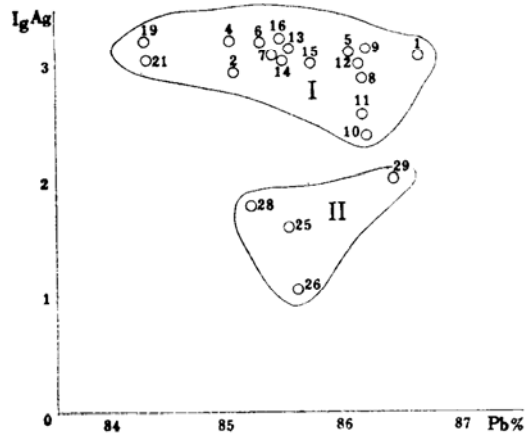


图1 方铅矿中Pb、Ag含量关系图

○ 矿区编号见表1; I 与岩浆岩有关的矿床, II 沉积改造矿床

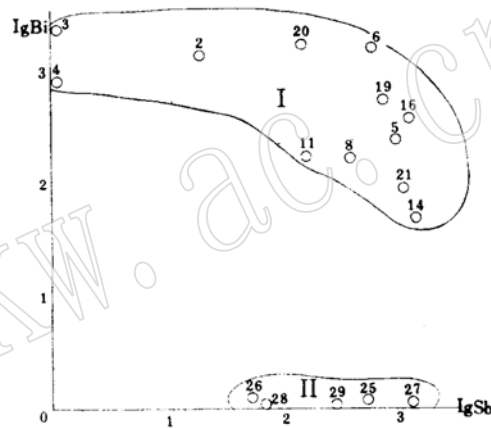


图2 方铅矿中Bi、Sb含量关系图

○ 矿区编号见表1; I 与岩浆岩有关的矿床 II 沉积改造矿床

国内、外有关闪锌矿中Ga、In含量资料列于表3, 其数据表明这种特点具普遍性。

**锗** I类闪锌矿中的Ge最高只有几ppm, 多数样品在分析灵敏度以下。II类则不同, 一般都有几十ppm, 甚至达数百ppm, 这与国内、外有关资料相一致, 如表4。

如果以样品中的Ge、Zn含量作图, 见

闪锌矿中的Ga、In含量及Ga/In比值

表3

类型	矿床	Ga (ppm)			In (ppm)			Ga/In	资料来源	
		最低	最高	平均	最低	最高	平均			
I	湘南	0.5	14	6.5	11	988	313	0.02	本文	
	广东大宝山			55			291	0.19	①	
	广西大厂	0	56	16	0	>1000	375	0.04	②	
	湖南东岗山			4			329	0.012	③	
	湖南浏阳七宝山	38	164	112	70	1461	701	0.16	④	
	黑龙江小西林	0.5	4.3	1.7	1	360	54.8	0.03	⑤	
	广东惠阳淡水	2.8	75	22	19	260	154	0.14	⑥	
	甘肃小铁山	20	38	20			38	0.53	⑦	
	长江中下游			38			88	0.43	⑦	
	苏联雅库特Эге-Хая	0	26	8	3	3200	898	0.01	[2]	
	Лифудэин	2.5	20	7	50	6100	625	0.01	[2]	
	哈萨克斯坦Кызыл-эспе	2	250	89	0	630	160	0.56	[2]	
	Чупинск	0	50	3	260	310	270	0.01	[2]	
Балагодатск	6	130	50	10	1700	365	0.14	[2]		
II	湘南	11	240	130	0	7	5.6	23.2	本文	
	河北高板河			48			2	24.0	⑦	
	高加索Айятзоск	3	110	40	0	0.5	0.2	200	[2]	
	广东凡口	浅色闪锌矿	340	540	430	0		<7	>1	⑦
		深色闪锌矿	70	540	260	0		<6	>1	⑦
	中亚西亚Такоб	0	900	140	0.3	8	2.0	70	[2]	
	尼日利亚阿巴卡里	150	200	170			0.0	>1	[2]	
	喀尔巴阡Рахово	0	120	50	0	46	17	2.9	[2]	
	爱尔兰Шропштар	70	300	170	0	300	20	8.5	[2]	
	密西西比上游			95			0	>1	⑦	
不列颠群岛(同生ZnS)			96			2	48	⑦		

①同表2-②地质与勘探, 1981年,第7期; ②湖南416队,1978年,东岗山地质报告; ③同表2-①; ④同表2-④; ⑤同表2-④; ⑥同表2-⑤; ⑦宋学信, 1983年,第二届全国铅锌矿地质学术会议论文。

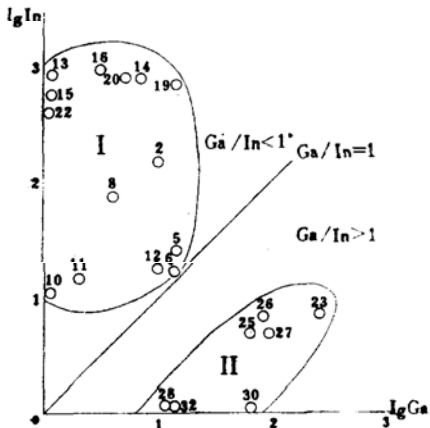


图 3 闪锌矿中 Ga、In 含量关系图

○ 矿区编号见表 1；I 与岩浆岩有关的矿床；II 沉积改造矿床

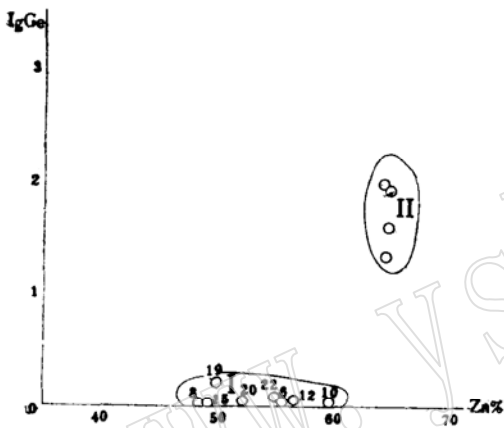


图 4 闪锌矿中 Zn、Ge 含量关系图

○ 矿区编号见表 1；I 与岩浆岩有关的矿床；II 沉积改造矿床

图 4，则两类矿床各成独立区域。

**铁** 按其在闪锌矿中的含量应不属微量元素，但在两类矿床中区别明显：I 类闪锌矿含铁 3-15%，平均为 9.13%，而典型的 II 类矿床只有千分之几，甚至万分之几。在 Fe、Zn 含量图上(图 5)两类矿床各成独立区域，并且 Fe 与 Zn 有大致的线性关系，成负相关。

闪锌矿中的锗含量 (ppm)

表 4

类型	矿床	最低	最高	平均	资料来源
I	湘南	0.0	3	0.5	本文
	湖南浏阳七宝山	0.0	10	5.0	①
	黑龙江小西林	0.6	4.4	1.8	②
	美国 Нью-джерск			1.4	[2]
	中亚西亚 Актюз	4	8	6	[2]
	哈萨克斯坦 Кызыл	痕	50	7	[2]
	东德 Святой	痕	50	10	[2]
	苏联一些矿床	0	20	5	[2]
	捷克 "	0	30	9	[2]
	日本 Ойцумм	0	10	1	[2]
II	湘南	22	95	50.2	本文
	云南兰坪金顶	3	82	21.7	③
	广东凡口	28	251	144.4	④
	上密西西比河谷			102	[3]
	伊利诺斯-肯塔基			290	[3]
	西加拿大			110	[3]
	苏联一些矿床	0	440	115	[2]
	欧洲 "	0	300	230	[2]
	英国 "	5	300	161	[2]
	美国 "	70	300	200	[2]
波兰 "	3	800	90	[2]	

①同表 2-①；②同表 2-④；③赵振华, 1981 年, 第一届层控矿床地球化学学术会议论文；④冶金地质研究, 1981 年第 1 期

### 3. 黄铁矿中的微量元素

**钴、镍及 Co/Ni 比值** 几乎所有的金属矿床均用矿石或黄铁矿中 Co/Ni 比值作为矿床分类的根据。这已为很多人的研究所证实并得出了一些公认的规律：即与岩浆作用有关的矿床 Co/Ni > 1, 与沉积作用有关的矿床 Co/Ni < 1。刘成湛引用了 A. 布雷利亚 (A. Bralialia) 根据大量数据统计得出的结论，即岩浆热液矿床黄铁矿 Co/Ni > 1 而小于 5，平

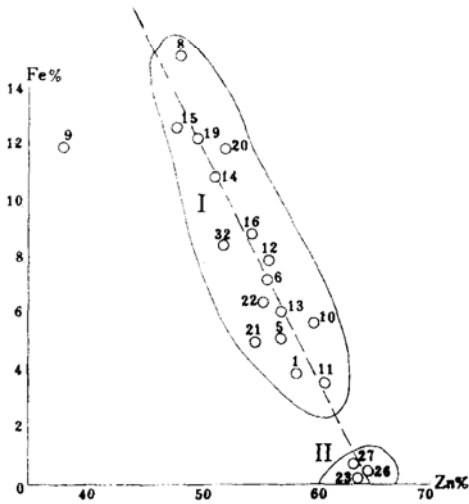


图5 闪锌矿中Fe、Zn含量关系图

○ 矿区编号见表1; I 与岩浆岩有关的矿床;  
II 沉积改造矿床

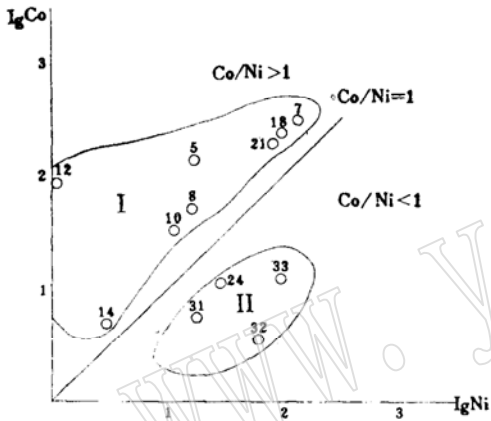


图6 黄铁矿中Co、Ni含量关系图

○ 矿区编号见表1; I 与岩浆岩有关的矿床;  
II 沉积改造矿床

均为1.17。沉积成因黄铁矿Co/Ni < 1, 平均为0.63。在这个基础上, 刘成湛又综合了许多矿床资料, 进一步将 Co/Ni > 5 者归之为火山沉积或火山喷发矿床<sup>①</sup>。

湘南 I 类矿床的黄铁矿Co/Ni 比值大于1 而小于3, 平均为2.6; II 类矿床则小于1, 平均为 0.29。按 Co、Ni 含量作图, 两类矿

床分别位于Co/Ni 比值大于1 和小于1 的区域, 见图6。

两类矿床钴、镍及Co/Ni 比值对比资料列于表5。

**硒及S/Se 比值** I 类矿床黄铁矿中 Se 含量高, 在10ppm以上; II 类低, 小于 1ppm 到几 ppm, 两者相差一个数量级。S/Se 比值可以作为矿床的成因标志, 一般认为在 3 万以内者为岩浆成因, 大于此值则为沉积成因。湘南两类矿床一般都分别符合上述特点, 并能与国内、外有关矿床相对比, 见表6。

### 矿床成因的单矿物微量元素标志及其讨论

由于某些微量元素的地球化学行为对成矿物理化学条件反应比较灵敏, 因此, 在两类矿床的矿物中只有这些微量元素的含量及比值能反映成矿物理化学条件<sup>②</sup>, 可以作为矿床的成因标志, 这些标志列于表7。但是由于地质作用的复杂性, 除了具有确定成因的典型矿床外, 还往往有过渡类型矿床, 例如康家湾矿床, 据现有的研究可知: 它和鸭公塘矿床在成因上有很多联系, 总的特征表现为岩浆热液成因。但它距岩体较远, 是受一定层位控制的似层状矿体, 并在早期的矿石矿物中有草莓状黄铁矿, 从这些方面看, 它又具有某些沉积—改造矿床特征。因此, 在单矿物微量元素方面就表现为: 闪锌矿的 Ga/In 比值虽然平均小于 1, 但单个样品中却出现了小于 1 和大于 1 的情况, 按其含量作图, 就出现跨越两个区域的现象, 见图7。

① 刘成湛等, 1982年, 甘肃白银厂黄铁矿中的Co/Ni比及矿床成因初探, 桂林冶金地质学院学报, 第1期。

② 童潜明, 1982年, “湘南以铅锌为主的多金属矿产成矿规律及预测”科研报告的附件。

黄铁矿中Co、Ni含量及Co/Ni

表5

类型	矿床	Co (ppm)			Ni (ppm)			Co/Ni	资料来源
		最高	最低	平均	最高	最低	平均		
I	湘南	317	5	143	154	0	55	2.6	本文
	湖南大义山			125			70	1.8	①
	湖南浏阳七宝山			15			4.8	2.13	②
	广东大宝山			30			10	3	③
	广东阳春SK黄铁矿	383	11	197	20	8	14	14	④
	河南某矿床			91			20	4.5	⑤
	广东惠阳淡水	560	100	188	70	4	35	5.4	⑥
	Красноярск	2800	50	1700	2500	300	1400	1.2	[4]
	Нерюндин	2100	30	900	2800	40	600	1.5	[4]
	Конаев	3300	10	1200	3000	10	700	1.6	[4]
	Юбилей	800	10	300	1000	10	300	1.0	[4]
II	湘南	13	2	7.5	96	19	25.7	0.29	本文
	湖南白云铺			560			760	0.44	⑥
	湖南禾青			340			1176	0.29	⑥
	广东红岩	70	50	57	90	50	71	0.8	⑦
	广东英德马口			0	40	30	35	<1	⑧
	河南某矿床			18			38	0.74	⑨
	广东凡口			08			11	<1	⑩
	广西北山	30	14	16.8	290	250	271	0.06	⑪
	上密西西比河谷	200	20		1000	300		<1	[3]

①湖南408队, 1978年, 大义山成矿地质研究报告; ②同表2-①③同表2-②; ③广东地质科技, 1981年第1期; ④同表2-⑤; ⑤本所湘中组, 1979年; ⑥广东706队, 1981年, 矿区勘探资料; ⑦广东化工地质队, 1980年, 矿区勘探资料; ⑧长春地质学院科研成果, 1981年; ⑨冶金地质研究, 1981年第1期; ⑩胡纯山, 1983年, 第二届全国铅锌矿地质学术会议论文。

黄铁矿的Co/Ni比值亦如此, 见图8。类似情况在湘南的清江、方元和广东凡口都有不同程度的存在。由此看来, 单矿物的某些微量元素含量及其比值是能够反映矿床成因特征的, 是可以作为矿床成因的一种可靠标志的, 但是单矿物微量元素含量研究是以类质同象置换主元素为前提的, 因此, 对单矿物

的纯度要求很高, 对分析的精度要求也很高。而这些在实际工作中都不容易达到, 因此, 就可能产生误差。这点在单矿物微量元素研究中必须予以注意。

本文曾得到了武汉地质学院张本仁老师的指教, 文中插图为我所绘图组曾力平同志清绘, 谨表谢意。

黄铁矿中的Se含量及S/Se 表6

类型	矿床	Se (ppm)			S/Se	资料来源
		最低	最高	平均		
I	湘南	0	70	22	$2.4 \times 10^4$	本文
	湘南大义山			84		①
	广东大宝山	2	48	17	$2.9 \times 10^4$	②
	广西大厂	0	240	22		③
	Сибай	5	88	34	$1.0 \times 10^4$	[5]
	Гай	5	550	70	$1.0 \times 10^4$	[5]
	“Имхипар-тсьед	8	150	58	$1.2 \times 10^4$	[6]
	Молодж	6	210	60		[6]
II	湘南	0	4	1.6	$32.7 \times 10^4$	本文
	湖南禾青	0	3	2		④
	湖南白云铺	0	0	0		④
	云南金顶			5.6	$31 \times 10^4$	⑤
	广西七宝坑	0	2	1.2		④
	广东凡口	0	2	1.5	$23.2 \times 10^4$	⑥
	广东梨树下	0.3	2	1.2	$24.7 \times 10^4$	⑦
	广东红岩	0	0.8	0.37		⑦

①同表5-①, ②同表2-②, ③同表3-②, ④同表5-⑥  
 ⑤云南11地质队, 1979年; ⑥广东706队, 1976年勘探资料;  
 ⑦广东706队, 1980年, 粤北远景规划书。

单矿物微量元素成因标志 表7

矿物	项目	矿床类型	
		I	II
方铅矿	Ag (ppm)	$n \cdot 10^3$	$n(10^0 - 10)$
	Bi (ppm)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^0$
	Pb/Ag	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^4$
闪锌矿	Bi/Sb	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^4$
	Fe (%)	$n(10 - 10^0)$	$n(10^{-1} - 10^{-2})$
闪锌矿	Mn (%)	$n \cdot 10^3$	$n \cdot 10^2$
	Ge (ppm)	$n \cdot 10^{-1}$	$n \cdot 10$
闪锌矿	Ga (ppm)	$n \cdot 10^0$	$n \cdot 10^2$
	In (ppm)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^0$
黄铁矿	Ga/In	<1	>1
	Se (ppm)	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^0$
黄铁矿	Co (ppm)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^0$
	Ni (ppm)	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^2$
黄铁矿	Co/Ni	>1	<1
	S/Se	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$

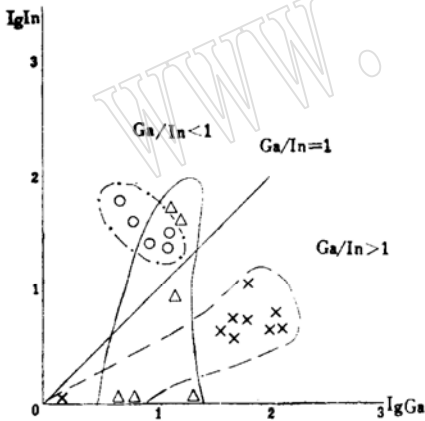


图7 闪锌矿中Ca, In含量关系图

○ 鸭公塘矿区样品, Δ 康家湾矿区样品,  
 × 后江桥矿区样品

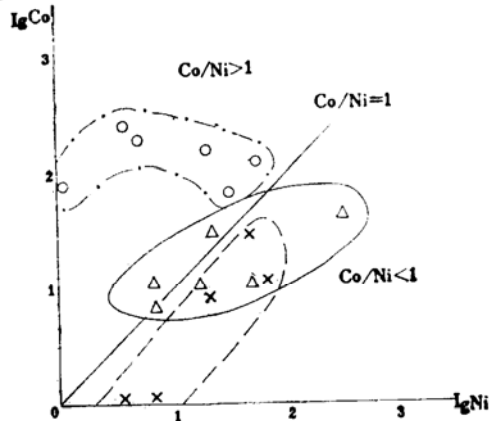


图8 黄铁矿中Co, Ni含量关系图

○ 鸭公塘矿区样品, Δ 康家湾矿区样品,  
 × 金狮岭矿区样品

## 参 考 文 献

- [1] 尹汉辉等, 1980年, 南方两类铅锌矿床的若干特征。地质与勘探, 第8期, 1—6页。
- [2] Иванов В. В., Белевитин В. В., 1972, Средние содержания элементов примесей в минералах. Издательство «Недра» Москва, 23—53.
- [3] К. Н. У尔夫主编, 1980年, 层控矿床和层状矿床, 第二卷, 第1—16页。地质出版社。
- [4] Вахрушев В. А., 1975, Кобальт и никель в пиритах железорудных месторождений юга Сибирской платформы. Геохимия, №5, 475—478.
- [5] Юшко-Захарова О. Е., 1978, Геохимия селена теллура висмута в медно-цинковоколчеданных месторождениях Урала и некоторые вопросы колчеданного рудообразования. Геохимия, №9, 1368—1377.
- [6] Муталов М. Г., 1977, О распределении селена и теллура в рудообразующих сульфидах некоторых месторождений узельтинского рудного поля. Геохимия, №5, 748—755.

**Trace Elements in Some Ore Minerals as Genetic Criteria  
for the Lead-Zinc-Pyrite Ore Deposits in  
the South of Hunan**

Tong Qianming

**Abstract**

Trace elements of 304 purified mineral samples collected from 33 lead-zinc-pyrite ore deposits in the south of Hunan were studied. The minerals includes galena (115 samples), sphalerite (109 samples) and pyrite (80 samples). The contents of trace elements were given by chemical analysis. It was found that the differences of the contents of some trace elements and the ratios of some element pairs are rather significant. Based on these differences these ore deposits can be classified into two types: the post magmatic hydrothermal deposits related to Yanshanian acid to intermediate-acid hypabyssal and ultrahypabyssal magmatic rocks (I) and the transformed sedimentary ore deposits related to late Palaeozoic formations of carbonate rocks (II). In the logarithmic coordinate diagrams the points representing the contents of some trace elements and the ratios of some element pairs in the minerals of these two types of deposits distribute independently in separated areas. And so the author considers that it is effective to differentiate metallogenic types of ore deposits according to these values.

Based on a great amount of analytical data the trace element metallogenic criteria for these two types of deposits have been summed up as follows,



Type of ore deposit		I	II
Galena	Ag (ppm)	$n \cdot 10^3$	$n (10^0 \sim 10)$
	Bi (ppm)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^0$
	Bi/Sb	$n \cdot 10^0$	$n \cdot 10^{-2}$
Sphalerite	Fe (%)	$n (10^0 \sim 10)$	$n (10^0 \sim 10^{-1})$
	Ge (ppm)	$n \cdot 10^{-1}$	$n \cdot 10$
	Ga (ppm)	$n \cdot 10^0$	$n \cdot 10$
	In (ppm)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^3$
	Ga/In	$< 1$	$> 1$
Pyrite	Se (ppm)	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^3$
	Co (ppm)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^0$
	Ni (ppm)	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^2$
	Co/Ni	$> 1$	$< 1$
	S/Se	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$

www.yskw.ac.cn