

湘南两类铅锌矿床的矿物包裹体研究

谢文安*

(湖南地质研究所)

本文根据矿物中原生包裹体的特征、均一温度、冷冻盐度、气相液相化学成分、pH、Eh值和电导率等的测定结果,对湘南两类铅锌矿床的成矿流体特征、成矿物理化学条件和矿床成因等重大矿床地质问题,进行了初步探索和讨论。认为它们属于同一成矿系列。

关键词: 铅锌矿床; 包裹体

前言

矿物包裹体的研究,已成为地质科学一个新的生长点,特别是在矿床学方面,由于它能通过原生包裹体的研究,直接提供有关成矿溶液性质、成分、各种物理化学参数等数据,为解决矿床成因、成矿条件和成矿规律,以及找矿预测等若干重大地质矿产问题提供有力的证据,因而它已成为矿床学研究中不可缺少的手段和内容。

矿物包裹体研究的内容很广,限于条件,本文仅涉及包裹体特征观察,均一温度、冷冻盐度的测定和包裹体的气、液相成分分析,以及pH、Eh值、电导率的测定等。进而讨论有关矿床地质问题。

湘南两类铅锌矿床的含义

湘南两类铅锌矿床,主要指的是东坡、香花岭矿田的铅锌、锡铅锌矿床和赋存在泥盆纪碳酸盐岩中的层控铅锌矿床。

(一) 层控铅锌矿床

系指那些受中、上泥盆统棋梓桥组和余田桥组特定层位控制、有一定时间和空间分布特征的矿床。它们的形成,常常与沉积作用密切相关,而最终富集成矿,主要发生在成岩一后生作用阶段。所谓与沉积作用密切相关,是指矿床的主要物质来源,既有与储矿层同期的沉积矿源或硫源,也可以有与储

矿层非同期的沉积矿源,它们在沉积或早期成岩作用过程中,初步富集成矿源层或矿坯层。在成岩后生阶段,再发生迁移富集、改造或再造成矿。因此,层控矿床是在一定地质构造条件下,多重因素影响和作用的产物,其形成与控矿层位的岩相古地理条件、岩性组合条件和后期构造条件等密切相关。由于矿质来源的非同一性,成矿作用的多期性和多样性,必然导致层控铅锌矿床的多来源、多阶段和多成因复成性。

(二) 过渡型铅锌矿床

系指那些成因上与岩浆成矿作用关系密切、空间分布上又受一定层位和岩相古地理条件制约、物质组份上与沉积地层有一定联系,而在矿床特征上,形成岩控型—层控型铅锌矿床系列变化特点的矿床。以湘南东坡、香花岭两矿田的横山岭、蛇形坪和泡金山、新风等铅锌矿床为典型代表。它们在空间上与燕山期含矿花岗岩类小岩体关系密切,多种成矿元素围绕岩体存在水平或垂直分带现象。因而在本世纪60~70年代;不少地质工作者都认为它们是高—中温岩浆热液充填、交代矿床。

近年来,随着矿床地质研究的不断深入,不仅进一步肯定和完善了燕山期含矿酸性小岩体与矿床之间在时间、空间和成因上

* 参加研究的还有刘文均等同志。

的密切联系,而且进一步指出了泥盆纪地层对矿床的控制作用。一些研究者指出:东坡矿田的矿石铅中,有一部分异常铅,可能来自含矿围岩^①。王昌烈等同志的研究,还揭示了震旦一寒武纪黑色岩层,也是重要的矿源层之一。千里山花岗岩体可能就是震旦一寒武纪地层,经燕山期构造重熔作用的产物^②。而成矿流体也不是单一的岩浆水, δD 、 $\delta^{18}O$ 的研究肯定有大气水加入。对于香花岭矿田,也有人根据地层对矿床的控制性,认为它们应隶属于层控矿床。从而打破了岩浆一元成矿论的传统认识。根据我们的研究,香花岭矿田的铅锌矿床不仅与岩浆成矿作用有关,而且在空间分布和物质组份上,与泥盆纪地层及岩相古地理条件等皆有一定的联系。这些矿床,一方面显示了岩浆热液矿床的特点,另一方面,有遭受岩浆热液成矿作用强烈改造了的层控矿床特征,愈来愈被更多的工作者所认识。

综上所述,以东坡、香花岭两矿田铅锌矿床为代表的这类矿床,笔者认为,它们可能属于层控矿床与岩控矿床之间的一类“过渡型”矿床。其成因类型主要是沉积一岩浆热液叠加富集型矿床。

随着矿床地质研究的不断深入,各大类矿床之间固有的界线已不复存在。实际上,在不同类型矿床之间,绝没有不可逾越的界线,在矿床特征上常呈现出“你中有我、我中有你”的交融状况,反映出同一成矿系列中不同阶段产物的本质。笔者以为,本文对湘南东坡、香花岭两矿田铅锌矿床的认识,可能更符合客观地质事件。不妥之处,欢迎批评讨论。

矿物包裹体的研究

(一) 原生包裹体特征

湘南两类铅锌矿床,不同成矿阶段浅色闪锌矿和脉石矿物中原生包裹体的特征列入

表1。从表1不难看出:

①湘南两类铅锌矿中都是液相包裹体。

②一般来说,包裹体的大小与气液比呈异步消长关系,即包裹体小,气液比大,包裹体大,则气液比小。

③总的看来,包裹体的数量都不多,个体小,无一定分布规律。层控铅锌矿床的包裹体显得更少、更小一些。

④两类铅锌矿床中都未发现子晶矿物,说明成矿流体的盐度都不高。

(二) 成矿温度

湘南两类铅锌矿床的均化法测温资料(见表1,未经压力校正)表明:

①层控铅锌矿床,以 $50^{\circ}\sim 220^{\circ}\text{C}$ 中低温阶段成矿为主。

②过渡型铅锌矿床主要是 $180\sim 269^{\circ}\text{C}$ 中温,包括部分 $104\sim 135^{\circ}\text{C}$ 低温阶段成矿。

③东坡矿田的横山岭与蛇形坪矿区,香花岭矿田的新风和太平工区,闪锌矿和脉石矿物都有中温和低温两个成矿阶段,这与计算的 $\delta^{34}\text{S}$ 平衡温度基本一致。

④横山岭和蛇形坪矿区不同中段的矿物中,出现了成矿温度的逆向分带现象(图1),可能揭示了两个矿床倒贯式的成矿方式与途径。

(三) 包裹体的化学成分

本文除采用真空爆破法进行液相多项化学分析和气相简项化学分析外,还用冷冻法间接测定了包裹体的含盐度(表2)。表2中的数据,除闪锌矿的Zn可能偏高外,其他阳离子数据比较可靠。阴离子可信度略差一些, SO_4^{2-} 在提取硫化物试液时,也可能有少部分转入溶液,所测结果可能略微偏高。

1. 过渡型铅锌矿床 根据表2中阴、阳离子浓度及总浓度编绘的图2说明:东

① 陈好寿等:同位素地质学资料,1980年。

② 王昌烈等:柿竹园多金属矿床地质,1983年。

湘南两类铅锌矿床中矿物包裹体特征

表 1

矿 区	矿 物	包裹体特征			气液百分比	均一温度, ℃		资料来源	
		类 型	大小 (μ)	形 态		范 围	均 值 (最佳值)		
过 液 型 铅 锌 矿 床	郴县东坡	石 英	液 相	2~5		10~18	180~375	(215)	本文 1982年
		闪 锌 矿	液 相	3		10~15	220~310	(220)	
	郴县柿竹园 (石英硫化物)	石 英	气液相	4×5	不规则	30~50	(爆裂温度)		
		"	液 相	~10×20	"	0~30	230~260)		
	野鸡尾 (萤石碳酸盐脉矿)	"	多 相		"	15~20			
		白 云 石	液 相	4~13	不规则	10~20	135~225	163.7	
		萤 石	液 相	6~30	方 形	10	180~192	185.4	
	郴县柴山	白 云 石	液 相	3~17	不规则	10~25	130~197	147.7	
	郴县横山岭	浅 黄 棕 色 闪 锌 矿	液 相	3~10	较规则 多边形	20~25	140~234	①223.8 ②146.7	
郴县蛇形坪	浅棕色 闪 锌 矿	液 相	9~24	等轴状条状	15~20	104~105	105	本文, 本 所测温组 1983年	
	方解石	液 相	6~18	菱形、不 规则	20	205~283	267		
临武县泡金山	方解石	液 相	6~30	菱形、不 规则	20	230~255	247	本 文 1982年	
	白 云 石		1~8		10~20	180~187	(180)		
	橙黄色 闪 锌 矿		1~12		10±	130~135	(132)		
临武县新风工区	方解石		1~18		3~10±	82~209	101~180		
	铁闪 锌 矿		3~5		12~20	254~269	262		
临武县太平工区	萤 石		2~45		2~20	82~247	108~178		
	白 云 石		1~7		5~15	210~248	233		
	石 英		1~20		5~<50	140~263	154~222		
汝城清江	方解石	液 相	6~12	菱 形	15~20	127~151	143.9		
层 控 型 铅 锌 矿 床	宜章县铁坑	浅黄色 闪 锌 矿	液 相	3~14	不规则	<10	128~135	132	本 文 1983年
	汝城县珠目	浅紫色 萤 石	液 相	6~9	不规则 菱 形	15	122~153	138.8	本 文 1983年
	道县后江桥	闪 锌 矿	液 相	5~7		5~15	120~160 150~180	(140) (165)	
	宁远县清水桥	方解石		4~9		20~25	167~220	(194)	
	桂阳县黄毛江	方解石		4		20	185	(185)	
	道县响鼓石	褐色闪 锌 矿	液 相	6~14			50	(50)	409队

坡、香花岭两矿田铅锌矿床成矿流体的化学组份存在明显差异, 阴、阳离子浓度和总浓度, 从主要成矿阶段早期到晚期, 以至后期成矿阶段, 显示出明显降低的趋势。

各种离子浓度在成矿早、晚期的变化,

从图 3 中可以得到以下认识:

(1) 东坡矿田成矿流体中的K、Na、Ca、Mg及Si的含量, 在主要成矿阶段早、晚期的变化, 都具有较好的相关性, 反映出清楚同步消长关系。

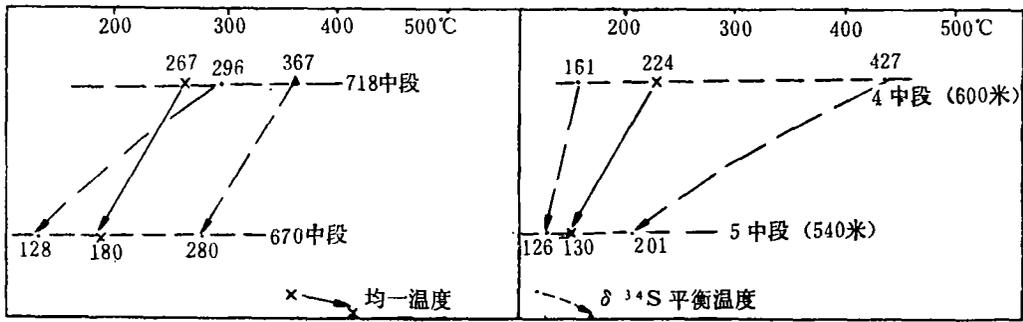


图 1 东坡矿田蛇形坪(左)、横山岭(右)矿区成矿温度逆向变化

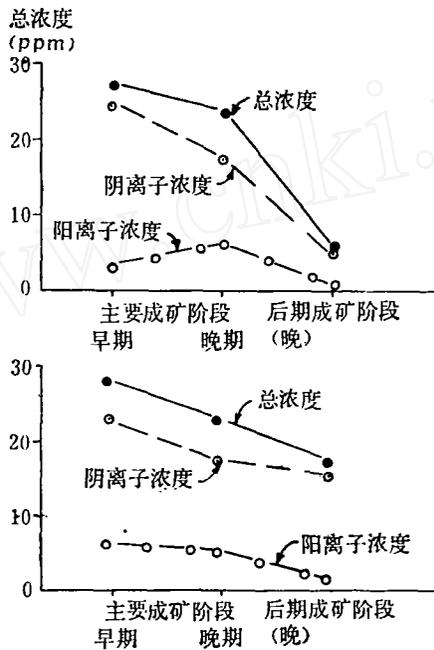


图 2 东坡矿田铅锌矿床(上)和香花岭矿田铅锌矿床(下)包裹体离子浓度变化

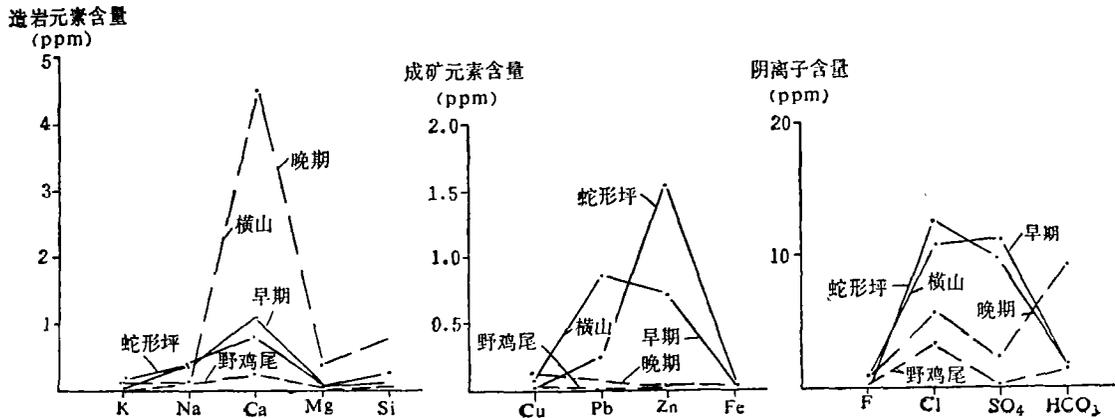


图 3 东坡矿田包裹体液相成分变化特征

湘南两类铅矿床部分矿区矿物包裹体成分及比值特征

表 2

		过渡型铅锌矿床					层控型铅锌矿床					
		横山岭 方解石	横山岭 闪锌矿 (2)*	蛇形坪 闪锌矿	野鸡尾 石英	泡金山 铁闪锌矿 (2)	新风工区 铁闪锌矿	门头岭 方解石	清水桥 闪锌矿	清水桥 白云石	后江桥 色闪锌矿	后江桥 白云石
液相成分 (ppm)	K	0.12	0.0405	0.141	0.058	0.021	0.046	0.04	0.06	0.04	0.071	0.03
	Na	0.178	0.342	0.386	0.16	0.627	0.326	0.29	0.504	0.36	0.193	0.20
	Ca	4.50	1.0795	0.843	0.28	1.626	0.936	3.75	0.722	1.30	1.329	1.04
	Mg	0.38	0.039	0.09	0.08	0.651	0.048	0.48	0.488	3.11	0.314	3.33
	Si	0.757	0.159		0.065	0.187	0.178	0.491	0.056	0.304	0.20	0.35
	Zn	0.015	0.72	1.55	0.01	1.805	0.20	0.002	1.28		0.29	0.003
	Pb	0.011	0.8815	0.24		1.205	0.04	0.025	0.013		0.05	0.02
	Cu	0.015	0.0115	0.012	0.006	0.0125	0.01	0.007	0.01		0.013	0.002
	Fe	0.03	0.0245	0.014	0.02	0.061	0.084	0.035	0.014	0.01	0.014	0.01
	Σ	6.01	3.295	3.276	0.679	6.196	1.868	5.12	3.147	5.124	2.474	5.585
	F	0.39	0.245	0.18	0.19	0.515	0.11	0.67	0.15	0.10	0.14	0.20
	Cl	5.87	10.79	12.61	3.20	3.56	5.10	3.36	2.94	7.88	8.11	9.46
	SO ₄	2.12	11.135	9.86	0.15	17.395	9.23	1.75	8.68	4.28	6.22	3.25
	CO ₃									2.91		1.42
HCO ₃	9.38	1.905	1.53	1.24	0.77	1.14	11.36	3.24	28.41	7.58	22.14	
Σ	17.76	24.075	24.18	4.78	22.24	15.58	17.14	15.01	43.58	22.05	36.47	
以上总量	23.77	27.37	27.456	5.459	28.436	17.448	22.26	18.157	48.70	24.524	42.055	
气相成分 (ppm)	CH ₄	4.34			2.93			2.53		3.38		1.28
	CO ₂	22.10			14.64			20.20		60.96		34.45
	H ₂ O	0.13			1.64			0.75		0.82		0.38
液相物理参数	pH	7.61	6.61	6.63	6.42	6.235	6.41	7.80	6.69	9.14	7.15	8.85
	Eh (mV)	4.80	61	62.77	75.20	86.145	75.78	-6.44	59.22	-85.72	32.01	-70.34
	电导率	0.50 × 10 ²	0.41 × 10 ²	0.50 × 10 ²	0.04 × 10 ²	1.625 × 10 ²	0.27 × 10 ²	0.47 × 10 ²	0.27 × 10 ²	1.25 × 10 ²	0.23 × 10 ²	0.96 × 10 ²
部分成分比值	(ml/100g)											
	Ca/Na	25.28	3.16	2.18	1.75	2.59	2.87	12.93	1.433	3.61	6.89	8.20
	K/Na	0.674	0.118	0.365	0.363	0.033	0.141	0.138	0.119	0.1	0.37	0.15
	Mg/Ca	0.084	0.036	0.107	0.286	0.400	0.051	0.128	0.676	2.392	0.24	2.03
	Na/Cl	0.030	0.032	0.031	0.05	0.176	0.064	0.086	0.171	0.046	0.024	0.021
	SO ₄ /Cl	0.361	1.032	0.782	0.047	4.886	1.809	0.521	2.95	0.543	0.77	0.34
	HCO ₃ /Cl	1.598	0.177	0.121	0.388	0.216	0.224	3.381	1.102	3.605	0.93	2.34
HCO ₃ /SO ₄	4.425	0.171	0.155	8.26	0.044	0.124	6.491	0.373	6.638	1.22	6.81	

* (2) 件样品平均值。

表中数据为本文资料，由南京大学地质系赵梅芳分析。

表 3

比值	过渡型铅锌矿床					层控型铅锌矿床			
	横山岭	蛇形坪	泡金山	新风	野鸡尾	后江桥		清水桥	门头岭
	闪锌矿	闪锌矿	铁闪锌矿	铁闪锌矿	石英	闪锌矿	白云石	白云石	方解石
logHCO ₃ /Cl	-0.75	-0.92	-0.67	-0.65	-0.41	0.41	0.37	0.56	0.53
logHCO ₃ /SO ₄	-0.77	-0.81	-1.36	-0.91	0.92	-0.06	0.83	0.82	0.81

(2) 成矿元素Cu、Pb、Zn、Fe离子在不同成矿阶段的变化,以Pb、Zn离子的变化最显著。

(3) 本类矿床以富含 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 为特点,向成矿晚期演化, Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 离子明显降低,而 HCO_3^{-} 离子则有明显增高的趋势。

(4) 东坡、香花岭两矿田,成矿流体的成分及其变化特点十分类似,但在早期成矿流体中,水质类型基本上同属 $SO_4-Cl/Ca-Na$ 型。

总的说来,过渡型铅锌矿床成矿流体从早到晚期的演化特点是:金属离子的浓度明显降低;成矿流体由东坡矿田的 $Cl-SO_4/Ca-Na$ 型水和香花岭矿田的 $SO_4-Cl/Ca-Na$ 型水,演变成 $Cl-HCO_3/Ca$ 型水。

2. 层控铅锌矿床 成矿流体中各种离子的含量及其演化趋势,与过渡型铅锌矿床基本类似,但阳离子中Mg的含量有较大增加,然而成矿流体在成分上的差异却是很明显的,主要表现在Pb、Zn、Cu离子的浓度较低,成矿流体以富含 HCO_3^{-} 的 $Cl-SO_4-HCO_3/Ca$ 型水为特点。

湘南两类铅锌矿床成分上的上述差异,显然反映了它们之间在成矿作用和矿床成因上的差别。

为了深化认识,本文对部分成分的比值(表3)做了数理统计研究。从图4中容易看出:湘南两类铅锌矿床成矿流体的 HCO_3/Cl 与 HCO_3/SO_4 比值对,具有很好的成因标型意义。图中它们各自聚集成清晰可分的两群。此外,我们还引进多类逐步判别的方法,对部分成分比值的成因对比意义进行了探索。多类逐步判别结果表明,湘南两类铅锌矿床的成矿流体不仅互不相同,自成体系,而且与红海地热系统Discovery海渊(5)、伊利诺斯油田卤水和上密西西比河谷闪锌矿沉淀时的成矿流体不能对比^[1],它们具有各自独有的特征数据。

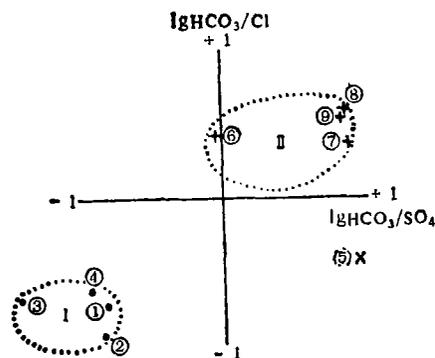


图4 湘南两类铅锌矿床包裹体 HCO_3/Cl 与 HCO_3/SO_4 关系图

I—沉积-岩浆热液叠加富集型铅锌矿床; II—沉积-改造型铅锌矿床,样品编号(①~⑨)同表3

E. Roedder (1979) 曾用包裹体中K/Na、Mg/Ca和 SO_4/Cl 三对比值,作为划分热液矿床和密西西比河谷型矿床的标志^[2]。前者以富含K、Mg、 SO_4 为特点,后者富含Na、Ca、Cl。与湘南的实际情况比较,Cl的浓度在两类铅锌矿床中无显著差异,仅 SO_4 和 HCO_3 差别较大,这也表明湘南的过渡型铅锌矿床,并非典型的岩浆热液矿床。

3. 包裹体气相化学成分 湘南两类铅锌矿床,仅测定了脉石矿物包裹体的部分气相成分,从表2所列结果可以说明:

(1) 烷烃类有机化合物 CH_4 主要出现在层控铅锌矿床与离千里山花岗岩体较远的横山岭等矿床中,而与岩浆岩关系密切的香花岭矿田泡金山、新风等矿区,没有或很少有 CH_4 存在。同行皆知, CH_4 与沉积岩的关系是比较密切的,不难理解,富含 CH_4 的铅锌矿床,其成矿流体必定与沉积地层密切相关。

(2) 在两类铅锌矿床中, CO_2 的含量都比较高,一般的规律是,层控矿床高于过渡型铅锌矿床。而 CO_2 气体在溶液中的含量,有与其温度成反比的关系。因此,湘南

湘南两类铅锌矿床矿物包裹体冷冻盐度

表 4

矿 区	样 号	矿 物	测量次数	冷冻盐度 (%)			
				平均盐度	最佳盐度	盐度范围	
过渡型铅锌矿床	临武县泡金山	泡	无色萤石	6	1.40	1.30~1.80	0.55~1.95
	郴县蛇形坪	蛇-3 蛇718	方解石	3	1.80		1.5~2.10
			浅棕色闪锌矿	10	4.645	4.25~4.95	3.40~7.85
	郴县横山岭	横429	浅黄色闪锌矿	2	7.125		5.40~8.85
	郴县柴山	柴-1	无色萤石	3	2.933	2.60~2.80	2.60~3.40
郴县野鸡尾	野-20	浅绿、无色萤石	6	2.192	1.65~2.80	1.65~3.00	
		浅紫色萤石	7	5.664	5.70~5.80	5.25~5.80	
层控型	宜章县铁坑	坑口	浅黄色闪锌矿	3	4.833		4.60~5.10

两类铅锌矿床包裹体中CO₂含量的不同，反映了它们成矿温度的差别。

(四) 成矿流体的盐度和总浓度

湘南两类铅锌矿床成矿流体的盐度用冷冻法间接测定(表4)。由表4中所列结果可知:

1. 湘南两类铅锌矿床成矿流体的盐度都不太高，一般都在10% (重量) 以下。
2. 一般说来，闪锌矿等金属矿物沉淀时的含盐度高于脉石矿物的含盐度，说明主要成矿期的含盐度比成矿晚期的含盐度高。
3. 在两类矿床各矿区中，以东坡矿田

横山岭矿区闪锌矿包裹体中的含盐度最高(7.125%)，香花岭矿田泡金山矿区成矿晚期萤石包裹体中的含盐度最低(1.40%)。

众所周知，根据冷冻法测定的盐度，只是相当于纯NaCl的浓度，是一种间接测定成矿流体盐度的方法。因此，R.O.Rye和J.Haffty(1966)提出了用矿物包裹体的离子总浓度来表示成矿流体浓度的见解。

湘南两类铅锌矿床包裹体的总浓度，已计算并列在表2内。在我们首次测得矿物包裹体液相试液的电导率，并编绘出成矿流体的总浓度与电导率曲线图5后发现，两者呈

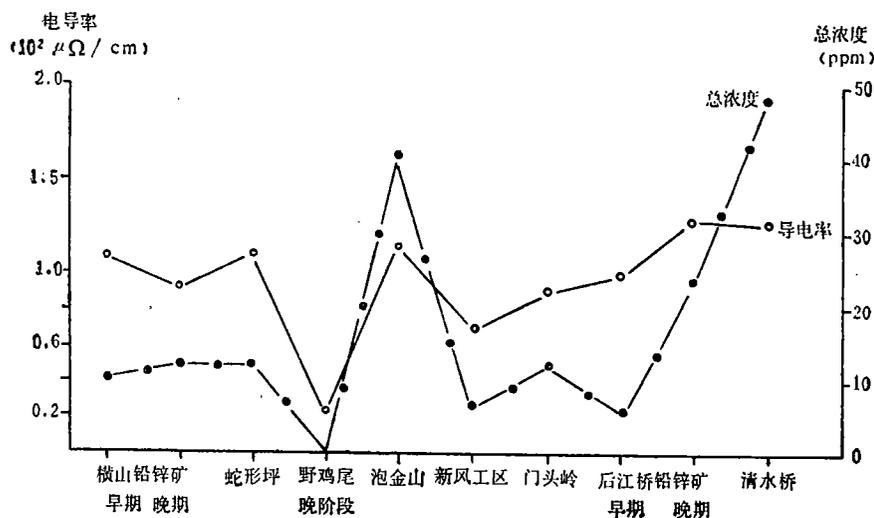


图 5 湘南两类铅锌矿床包裹体液相总浓度与电导率曲线

现出很明显的同步消长关系。由此可见, 我们有理由用成矿流体的电导率来定性地表示成矿溶液的总浓度, 得出的电导率高, 成矿溶液的总浓度就高, 电导率低, 成矿溶液的总浓度则低的定性结论。

(五) 成矿流体的pH、Eh值特征

研究表2中pH、Eh数据可知:

1. 湘南两类铅锌矿床的pH值有明显差异, 过渡型铅锌矿床基本上是弱酸性的, 闪锌矿沉淀时的pH值都 <7 。层控铅锌矿床, 无论是闪锌矿或方解石、白云石的液相包裹体, pH值皆 >7 , 表明三个层控铅锌矿床的成矿流体是弱碱性—碱性的。

2. 湘南两类铅锌矿床成矿流体的Eh值, 也存在明显差别, 过渡型铅锌矿床Eh值 >0 (mV), 层控铅锌矿床的Eh <0 (mV)。两类铅锌矿床, 从成矿早期到晚期, Eh值有由高向低的方向变化的趋势, 表明成矿流体在成矿早期沉淀闪锌矿时, 可能处于Eh >0 (mV)的氧化介质条件, 而到了成矿晚期, 成矿流体变为Eh <0 (mV)的还原条件。

结 语

综上所述, 湘南两类铅锌矿床矿物中包裹体少而且小, 无一定分布规律, 皆为原生

液相包裹体, 它们的大小与气液比似有反消长关系。包裹体中未见子晶矿物, 冷冻盐度都 $<10\%$, 成矿流体为中低盐度体系。均化温度数据表明, 过渡型铅锌矿床的形成经历了中温到低温的宽广温度区域, 但矿化高潮期主要发生在中温成矿阶段。层控铅锌矿床主要是在低温阶段成矿。

两类矿床的pH、Eh值特征是, 矿化早期闪锌矿等硫化矿物成矿阶段, 成矿流体为处于氧化条件下的弱酸性溶液, 成矿晚期白云石、方解石、萤石等脉石矿物成矿时, 成矿流体演化成弱还原条件的弱碱性—碱性溶液。

湘南两类铅锌矿床成矿流体的类型差异较大。过渡型铅锌矿床为富含Pb、Zn等成矿物质的Na、Ca—Cl、 SO_4 型卤水。层控铅锌矿床则是Ca、Mg—Cl、 SO_4 、 HCO_3 型卤水, 这与湘中层控铅锌矿床的成矿流体同属一类。矿液的总浓度有与其电导率同步消长的变化趋势。成矿流体中的 SO_4 、 HCO_3 、Cl的含量比值, 以及气相成份 CH_4 的存在, 都具有成因分类意义与地质找矿意义。

参 考 文 献

- [1] G. M. 安德森: 国外地质科技, 1982, 第5期.
- [2] Roedder, E.: Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 1977, pp. 709—717.

Fluid Inclusion Studies of Minerals from Two Types

Pb-Zn Deposits in Southern Hunan

Xie Wenan

Based upon the measuring results of primary fluid inclusion, homogenization temperature, freezing salinity, gas-liquid chemical composition, pH, Eh and electric conductivity, some important problems concerning mineralizing fluid features, mineralogical physical and chemical conditions and origins of the two different types Pb-Zn deposits in Southern Hunan are discussed in the present paper.

