

大鲍庄和罗河铁矿区硫同位素特征 及其成因的探讨

巫全淮 王华田 章纯荪 贺菊瑞

(南京地质矿产研究所)

一、硫同位素特征

大鲍庄和罗河两矿区,共分析了79个硫的同位素样品,其中黄铁矿52个、硬石膏20个、水石膏4个、其它样品3个。在79个样品中,大鲍庄矿区为57个,罗河矿区为22个。样品分别采自含矿次火山岩(或经蚀变形成的蚀变岩)、黄铁矿体、硬石膏层、黄铁矿硅化岩及凝灰岩中。有关硫同位素资料见表1、表2和图1。从表1、表2和图1中可以看出大鲍庄和罗河两矿区 δS^{34} 值具有如下一些特征:

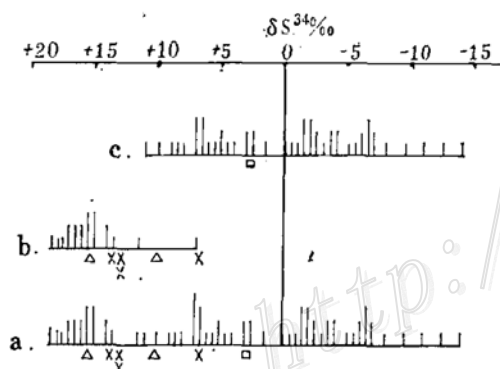


图1 罗河一大鲍庄地区硫同位素比值

a—含硫矿物; b—硫酸盐; c—硫化物; x—含水石膏; Δ—重晶石; □—方铅矿 垂线长度表示样品数,最短垂线表示单个样品

Fig. 1. Sulfur isotope ratios of the Luohe-Dabaozhuang area

(一) 总的来看,该区的含硫矿物的 δS^{34} 值的变化范围比较宽广(图1-a),变动于+18.3—-14‰,极差达32.3‰。其中,产于各种岩石中的黄铁矿的 δS^{34} 值比较分散,没有形成峰值(见图1-c),一般变动在+11—-14‰,平均值为-0.2‰,极差为25‰。而硬石膏的 δS^{34} 值变动于+18.3—6.9‰,平均值为+15.0‰(图1-b),其中90%以上的样品值大于+13‰,显示数值较为集中,极差为11.4‰。可见硬石膏的 δS^{34} 值比黄铁矿的高,但数值变动范围没有黄铁矿的大,这反映黄铁矿的成因比硬石膏要复杂些。

(二) 黄铁矿按产出的地质特征,可以划分为产于含矿次火山岩中的、黄铁矿体中的、层状硬石膏中的、黄铁矿硅化岩中和凝灰岩或沉凝灰岩中的。有关

各种类型的黄铁矿的 δS^{34} 值如表1和图2。其特点是:

1. 含矿次火山岩(或蚀变岩)中黄铁矿多数呈脉状产出,少数交代磁铁矿呈浸染状产出。我们仅分析了9个样品,但中国科学院地质所进行了大量分析工作,两单位共分析了90个样品。其 δS^{34} 值除个别样品为靠近零值的负值外,绝大部分样品值为正值,变动于+11—-0.4‰之间,一般为+4—+8‰,平均为+6.3‰。

2. 块状黄铁矿体中的黄铁矿,共分析了12个样品, δS^{34} 值变动于+6.7—-3.5‰,数值比较分散,平均值为+2.0‰。

3. 层状硬石膏中的黄铁矿,分析了6个样品,其 δS^{34} 值均为正值,大部分大于+5.6‰,

黄铁矿的硫同位素值(CDT)

表 1

地质 层位	标本号及深 度 (米)	产 出 状 况	δS^{34} ‰	地质 层位	标本号及深 度 (米)	产 出 状 况	δS^{34} ‰
含 矿 次 火 山 岩 体	罗04-463	黄铁矿交代赤铁矿、磁铁矿	+2.3	层状	大5116-543	硬石膏黄铁矿硅质岩	+8.1
	罗04-485	团块状黄铁矿	+0.1	硬石	大576-357	硬石膏晶状黄铁矿	+9.2
	大574-452	硬石膏辉石岩中的黄铁矿	+8.5	膏岩	平均 (6)		+5.9
	大514-527	黄铁矿化水云母化辉石岩	+7.2	黄 铁 矿 硅 化 岩	罗77-314	灰色微细粒浸染状条带状黄铁矿 硅化碎屑岩	-4.2
	大514-570	含辉石更长石岩中脉状黄铁矿	+11.0		大541-432	含硅质条带的黄铁矿化火山碎屑 岩	-1.9
	大514-636	辉石更长石岩中细脉状黄铁矿	+6.8		大544-432	条带状黄铁矿硅化火山碎屑岩	-5.1
	大514-752	辉石更长石岩中细脉状黄铁矿	-0.4		大544-464	硅化黄铁矿化火山碎屑岩	-1.4
	大574-374	硅化岩中的硬石膏黄铁矿细脉	+6.9*		火544-485	硅化火山碎屑岩中的脉状黄铁矿	-6.9
	大574-408	黄铁矿硅化岩	+9.9*		大526-400	灰白色黄铁矿化硅化岩	-1.8
	罗河平均值	(中国科学院地质所81个黄铁 矿)	+6.4		大508-503	条带状硅质黄铁矿	+3.9
	总平均(90)		+6.3		平均 (7)		-2.5
				凝 灰 岩 (或 沉 凝 灰 岩	罗04-368	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-6.0
					罗04-377	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-6.6
黄 铁 矿 体	罗72-403	角砾状黄铁矿	-1.7		罗72-272	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-14.0
	大576-530	粗晶块状硅质黄铁矿	+6.2		罗72-283	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-12.6
	大576-544	粗晶块状硅质黄铁矿	+4.8		罗72-288	含砾沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-9.5
	大5116-521	含硅质团块黄铁矿	+3.1		罗72-325	凝灰岩中的星散状黄铁矿	-3.7
	大5116-522	块状黄铁矿	+5.1		罗72-329	凝灰岩中的星散状黄铁矿	-2.4
	大5116-526	结晶状黄铁矿	+6.6		大576-269	黄铁矿硅化凝灰岩	-3.8
	大5116-530	胶状黄铁矿	+6.7		大574-287	硅化黄铁矿化凝灰岩	-6.5
	大5116-536	块状黄铁矿	+2.6		大544-302	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-5.7
	大506-334.5	块状黄铁矿	-2.9		大544-327	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-10.8
	大506-362	含残留菱铁矿的块状黄铁矿	-2.6		大544-350	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-6.0
层 状 硬 石 膏 岩	大533-365	条带状黄铁矿	-0.8	岩 (或 沉 凝 灰 岩	大564-344	沉凝灰岩中的星散状黄铁矿	-7.0
	大541-419	含黄铁矿硅质角砾的细晶状黄 铁矿	-3.5		大541-397	凝灰岩中微细粒浸染状黄铁矿	-1.4
	平均(12)		+2.0		大548-385	碳质泥岩中的结核状黄铁矿	-1.8
	罗91-395	硬石膏岩中的团脉状黄铁矿	+5.6		大533-231	晶屑凝灰岩中极细小星散状黄铁 矿	+2.9
	大576-434	硬石膏岩中的黄铁矿夹层	+1.5		(平均16)		-5.9

* 样品为黄铁矿硅化岩,但原岩为岩体,所以放入含矿岩体一栏,它是在火山气液作用下形成的,故在图3示意剖面中也标出二样值

其中最大值为+9.2‰,数值变动范围比较狭窄,平均值为+5.9‰。

4. 黄铁矿化硅化岩中的黄铁矿,分析了7个样品, δS^{34} 值变动于+3.9—-6.9‰之间,极差值10.8‰,平均值为-2.5‰。

5. 凝灰岩或沉凝灰岩中分散状黄铁矿,分析了16个样品,除1个样品的 δS^{34} 值为较低的正值外,其余样品值全部为负值,其中最低值为-14.0‰,极差值为16.9‰,平均值为-5.9‰,显然比上述各种类型的黄铁矿的硫同位素 δS^{34} 值都要低。

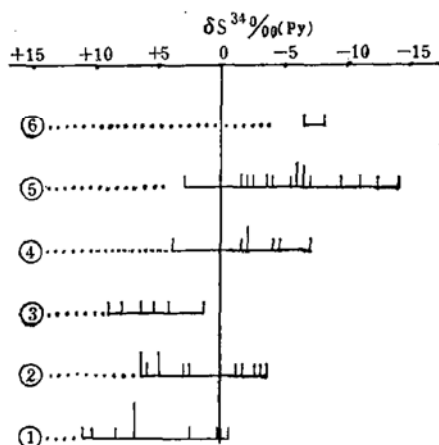
以上各种类型的黄铁矿的 δS^{34} 值,除层状硬石膏中的黄铁矿外,在空间上表现出明显的有规律的变化:自下而上黄铁矿的 δS^{34} 值呈现逐渐减小的趋势。

(三) 硬石膏的硫同位素共测定了20个样品,样品采于含矿岩体、层状硬石膏及其它岩

硬石膏的硫同位素值 (CDT)

表 2

地质 层位	标本号及深 度（米）	产 出 状 况	δS^{34} (‰)	地质 层位	标本号及深 度（米）	产 出 状 况	δS^{34} (‰)	
含 矿 岩 体	罗04-598	黄铁矿硬石膏脉	+15.4	层 状 硬 石 膏 岩	大574-330	糖粒状硬石膏	+18.3	
	罗04-687	黄铁矿紫色硬石膏脉	+13.6		大574-344	粗—巨晶状硬石膏	+17.4	
	罗91-685	辉石长石岩中肉红色硬石膏脉	+15.5		大576-407	糖粒状硬石膏	+16.3	
	大574-489	硬石膏辉石岩中伟晶状硬石膏脉	+15.8		大576-433	白色糖粒状硬石膏	+17.0	
					大576-448	含紫色巨晶状硬石膏的硬石膏	+13.9	
	平均（4）	+15.1	大5116-469		白色糖粒状硬石膏	+16.8		
层 状 硬 石 膏 岩	罗34-441	糖粒状硬石膏	+15.0		大5116-472	含水石膏脉的糖粒状硬石膏	+15.2	
	罗91-353	粗中粒硬石膏	+14.0		大5116-484	含水石膏斑点的巨晶状硬石膏	+16.0	
	罗91-390	巨晶状硬石膏	+15.4		大5116-512	粗晶为主的块状硬石膏	+17.9	
	罗91-395	含网脉状黄铁矿的硬石膏	+16.2		平均（14）		+16.0	
	大574-312	水石膏化糖粒状硬石膏	+14.9		块状黄铁矿体	大5116-538	糖粒状硬石膏脉	+11.7
					黄铁矿硅化岩	大576-527	伟晶状硬石膏脉	+6.9

图 2 罗河、大鲍庄两矿区黄铁矿 δS^{34} 值

① 含矿岩体；② 块状黄铁矿；③ 层状硬石膏；④ 黄铁矿硅化岩；⑤ 凝灰岩层；⑥ 上部粗安岩

Fig. 2. δS^{34} values of pyrite from the Luohe and Dabaozhuang mining areas.

石中，其中以层状硬石膏中的样品最多（表2）。其特点可以归纳如下：

1. 蚀变含矿岩体中硬石膏以脉状产出为主，其 δS^{34} 值均为较高的正值，极差很小，平均值为 +15.1‰。

2. 层状硬石膏按其结构构造可以分为致密块状、糖粒状、粗晶状及巨晶状等，但它们的 δS^{34} 值全部为较高的正值，极差仅为 4.4‰，变动范围较小，其平均值为 +16.0‰。

3. 硬石膏水化后形成的石膏其 δS^{34} 值往往低于原来的硬石膏。如大鲍庄矿区574孔312米处的同一标本中，硬石膏的 δS^{34} 值为 +14.9‰，而石膏的 δS^{34} 值为 +13.1‰，差值为 1.8‰。区内另外三个水石膏的 δS^{34} 值分别为 +13.7‰、+13.1‰、+6.5‰，平均值为 +12.1‰，明显低于相应地质条件中的硬石膏的 δS^{34} 值。

（四）大鲍庄和罗河两矿区的黄铁矿和硬石膏的 δS^{34} 值随深度的变化而有规律地演化：

1. 黄铁矿的 δS^{34} 值非常明显地随深度的加深而增加。这不仅表现在各种不同类型岩石（矿石）中黄铁矿的 δS^{34} 值的平均值上，而且表现在火山碎屑岩（凝灰岩或沉凝灰岩）和含矿岩体中黄铁矿的 δS^{34} 值上。①如前所述，黄铁矿在各种不同类型岩石中的 δS^{34} 值，表现为自下而上递减：含矿岩体中为 +6.3‰，块状黄铁矿中为 +2.0‰，黄铁矿硅化岩中为 -2.5‰，凝灰岩层或沉凝灰岩中为 -5.9‰。②产于罗河矿区72孔凝灰岩中的星散状细粒黄铁矿，其 δS^{34} 值随深度的增加而有显著的增大（表1）。③罗河矿区含矿次火山岩体内的黄铁矿的 δS^{34} 值，一般随深度的增加而增高（表3）。

2. 硬石膏的 δS^{34} 值自下而上有增高的趋势：①在钻孔中下部含矿岩体内硬石膏的 δS^{34} 值的平均值为 +15.1‰，而上部的层状硬石膏为 +16.0‰。②罗河04孔 687 米处的含矿岩体中

罗河25孔硫同位素值(‰) 表3

孔深 (米)	标本号	δS^{34} 值	孔深 (米)	标本号	δS^{34} 值
<550	S-105	+4.3	651	S-130	+5.7
	S-106	+1.8		S-131	+6.2
	S-107	+4.8		S-133	+8.6
	S-108	+3.4		S-134	+9.0
	平均值(4)	+3.6		S-135	+9.5
551 650	S-109	+7.4	750	S-136	+7.7
	S-110	+7.4		S-137	+4.3
	S-111	+3.9		S-138	+5.3
	S-112	+2.1		S-139	+9.3
	S-113	+2.6		平均值(12)	+7.1
	S-114	+5.6	751 850	S-142	+9.5
	S-115	+4.5		S-143	+9.6
	S-116	+5.1		S-144	+8.4
	S-117	+6.8		S-145	+8.4
	S-118	+5.6		S-146	+8.6
	S-119	+4.2		S-147	+8.6
	S-120	+10.1		S-148	+8.4
	S-121	+5.5		S-149	+8.6
	S-122	+10.0		S-150	+8.1
	S-123	+10.2		S-152	+7.3
	S-124	+9.7		S-154	+9.0
	S-126	+7.9		平均值(11)	+8.6
	平均值(17)	+7.0	>851	S-155	+9.4
				S-156	+9.4
				S-157	+8.9
				平均值(3)	+9.2
651 750	S-127	+7.5			
	S-128	+4.8			
	S-129	+7.4			

(引中国科学院地质所资料)

评。

(一) 两矿区含硫化合物的 δS^{34} 值在深部含矿次火山岩体中均具有较高的正值。这一特征很难用硫的单一来源加以说明,只能用硫的多种来源来解释。庐枞火山岩盆地位于庐深大断裂附近,火山岩大部分属碱性玄武岩系列,存在有一定量含橄榄石的粗面玄武岩。整个火山岩化学成分中氧化钾的含量比较高。因此火山熔浆的物质来源是比较深的,存在陨硫硫的可能性。另外,火山岩盆地的南、北两端的边缘——北部杨桥和南部花山地区的钻孔中,见到三叠纪(相当于南京附近周冲村组)的硬石膏层或硬石膏经溶蚀所形成的盐溶角砾岩层。长江下游三叠纪周冲村组的硬石膏 δS^{34} 值为+27.8‰。据报道,苏联境内该时代海相硬石膏的 δS^{34} 值统计数值大都为+20—+24‰。从两矿区所处的地质背景来看,要形成次火山岩体内的黄铁矿 δS^{34} 值(+6.3‰)和硬石膏的 δS^{34} 值(+15.1‰),硫的来源应属于混合硫,即来自深源的陨硫硫和来自地壳中硫酸盐等的硫。这种不同来源的硫在火山作用过程中发生混溶和溶合,成为区内的原始混合硫。根据黄铁矿和硬石膏的 δS^{34} 数值大小,以及两矿物在形成过程中的硫同位素分馏效应来看,原始混合硫的 δS^{34} 值应在两矿物的 δS^{34} 值之间。原始混合硫由于

的硬石膏 δS^{34} 值为+13.6‰,而在598米处则为+15.1‰。

3. 硬石膏与黄铁矿共生时,硬石膏的 δS^{34} 值都大于黄铁矿的 δS^{34} 值。而在不同深度和不同地质部位,相类似的矿物共生组合中的硬石膏和黄铁矿之间的 δS^{34} 值的平均差值随深度的增加而减小。如两矿区下部含矿岩体中其差值为8.7‰,而上部的层状硬石膏中的差值为10.1‰。

(五) 大鲍庄矿区的块状黄铁矿和黄铁矿硅化岩内的19个黄铁矿的 δS^{34} 值,具有一定的变化规律。在有层状硬石膏矿体分布的东北部,黄铁矿的 δS^{34} 值都为正值;层状硬石膏矿体分布区以外,黄铁矿的 δS^{34} 值均为负值,并随距层状硬石膏矿体愈远,其负值愈大。因而由矿区北部、东北部向南、西南方向,黄铁矿的 δS^{34} 值呈现由正值向零值,进而向负值演化的趋势(图3)。

二、成因探讨

上述黄铁矿和硬石膏的 δS^{34} 值的特点和分布特征,说明大鲍庄和罗河两矿区内含硫化合物的硫同位素的成因是比较复杂的,这里就其中的几个问题作初步探讨,错误之处请提出批评。

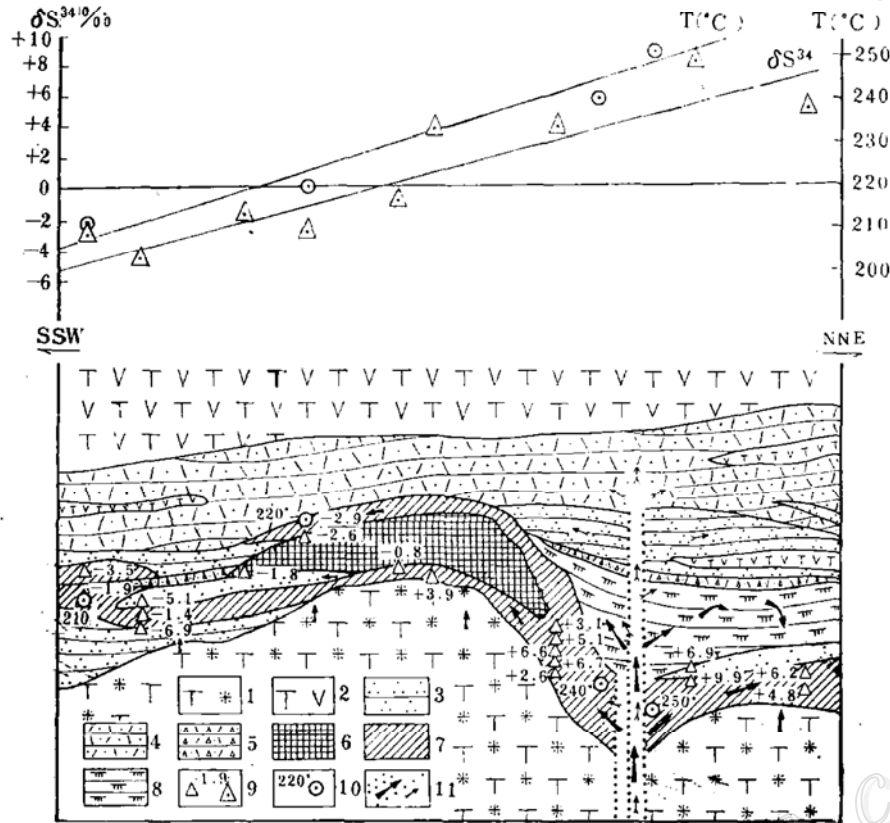


图 3 大鲍庄矿区黄铁矿体和黄铁矿硅化岩中的黄铁矿 δS^{34} 值剖面示意图

1—玄武粗安岩；2—粗安岩；3—黄铁矿硅化岩；4—凝灰岩或沉凝灰岩；5—含铁碎屑岩或沉积铁矿层；6—块状铁矿；7—块状黄铁矿；8—层状硬石膏；9—黄铁矿样品 δS^{34} 值（平均值）；10—黄铁矿爆裂温度；11—火山气液主要通道及气液运移方向

Fig. 3. Diagrammatic geological section denoting δS^{34} values of pyrite from pyritic ore bodies and pyrite-bearing silicified rocks in the Dabaozhuang mining area.

受成矿过程中温度、氧逸度、酸碱度等的影响，产生同位素的交换反应，形成同位素的分馏作用，从而造成不同深度、不同地质条件下的含硫化合物中的硫同位素值。

(二) 大鲍庄和罗河两矿区硬石膏的 δS^{34} 值远远大于黄铁矿的 δS^{34} 值，而且两者的 δS^{34} 值自下而上呈现有规律的变化。造成这种情况的根本原因是硫同位素分馏时的热力学效应。

1. 日本酒井 (Sakai, 1957) 曾作过不同含硫化合物对同位素分馏时的热力学效应与温度关系的理论曲线，说明在热力学平衡条件下，硫的氧化性强的化合物比其还原性强的化合物要富含重硫 (S^{34}) 同位素。由于化合键能的差异，硫的化学价态差别越大，介质温度越低时，硫同位素组成的差别也就越大。区内岩体中脉状硬石膏（与黄铁矿共生）的测温资料表明，气液包体的均一化温度为 $340-400^{\circ}\text{C}$ ，因而硫同位素分馏系数可能小于 $1.021-1.025$ ，这样就造成了两矿区在岩体深处的硬石膏的 δS^{34} 值远远大于那里的黄铁矿的 δS^{34} 值。

据塔德奇和索德 (Tudge, Thode, 1950) 的研究，硫同位素平衡交换反应中，在 25°C 时硫化氢中富集 73% 的 S^{32} ；而在温度为 1000°C 时硫化氢富集的 S^{32} 减少到 6% 。这说明温度升高，硫同位素分馏作用减弱；温度降低，硫同位素分馏作用就增强。在含矿岩体中，由于初始混合硫较富含 S^{34} ，深部的温度又相对较高，因此形成的黄铁矿的硫同位素值在深部就较

高。随着岩体由深到浅,成矿溶液温度下降,加之氧分压相对增大,出现了黄铁矿 δS^{34} 值由深到浅逐渐减小。罗河矿区25孔(表3)黄铁矿的 δS^{34} 值有规律的变化,就是与此效应有关。此外,在成矿溶液进入围岩后,随距地表愈来愈近,氧分压继续加大,pH值减小(这从蚀变岩中出现有部分硬石膏和大量二氧化硅沉淀获得证实),因而在自下而上的不同层位中,黄铁矿的 δS^{34} 值亦出现降低的趋势。

2. 从硫酸盐形成的条件上看,氧化条件是有利的。大本(Ohmoto)等人的研究资料表明,在 $fO_2 > 10^{-32}$ 时,溶液所形成的含硫化合物几乎全部为硫酸盐,而小于此值,则可以形成部分硫化物,甚至全部为硫化物。罗河矿区04孔岩体内硬石膏的 δS^{34} 值,由下而上增高,也是由上述原因造成的。

层状硬石膏由于是在地表火山-沉积条件下形成的,成矿作用中有大量氧参与,氧分压很高,溶液的pH值变小,温度相对较低,因而促使硫同位素分馏作用的强烈进行,使硫酸根中富含 S^{34} ,而 H_2S 中富含 S^{32} ,所以层状硬石膏形成的 δS^{34} 值较岩体中硬石膏 δS^{34} 值要高。相反,层状硬石膏中黄铁矿 δS^{34} 值要比岩体中黄铁矿 δS^{34} 值低。此外,层状硬石膏中的黄铁矿和硬石膏的硫同位素值变化范围较狭窄,说明它们共同形成时的环境相对较稳定。

3. 受上述两点制约,硬石膏和黄铁矿共生时,两矿物的 δS^{34} 值的差值也由下而上逐渐增大。

(三) 第二旋回下段凝灰岩或沉凝灰岩中,存在有较多星散状、浸染状黄铁矿,其 δS^{34} 值几乎均为负值,且绝对值较高。这种黄铁矿显然与产在岩体内的含 S^{34} 较高的黄铁矿不同,它的硫同位素组成的形成是复杂的(与此种黄铁矿的多成因有关)。形成这一特征的硫同位素组成,除了主要受同位素分馏的热力学效应控制外,硫同位素分馏的动力学效应也起着重要的影响。同位素分馏的热力学效应,前已叙述,下面仅就硫同位素分馏的动力学效应作一点讨论。

第二旋回下段的含黄铁矿的凝灰岩或沉凝灰岩,具有明显的层理,韵律性比较强,不少黄铁矿沿层理分布。这种特点说明凝灰岩或沉凝灰岩是在火山条件下的地表大气圈和水盆地环境中沉积形成的。凝灰岩中尚有灰黑色和黑色泥岩夹层,并见有大量孢粉、植物碎片和瓣鳃类动物化石,表明岩石在形成过程中存在有生物和细菌的活动。另外,区内在火山活动中有大量硫酸盐参与,如火山气液成因硫酸盐和火山喷气-沉积成因的硬石膏层。因此,生物细菌的分馏作用,对于凝灰岩中部分黄铁矿的硫同位素组成,也起了比较重要作用。

生物细菌作用,主要是厌氧细菌还原硫酸盐的离子团而产生硫化氢;或植物以新陈代谢的方式使硫酸根离子团中的硫变成有机硫,然后分解形成硫化氢,在其过程中产生分馏作用。人工细菌实验表明,31℃时所形成的生物成因的 H_2S 和 SO_4^{2-} 的硫同位素组成比较, H_2S 中富集的 S^{32} 达到62%。因此, H_2S 与铁相互作用生成的黄铁矿,其 δS^{34} 值就呈现负值。由于细菌分馏作用是不平衡的单向反应,加之分馏强度不一,分布的不均匀性等,从而造成了这种成因的黄铁矿的 δS^{34} 值有一个宽广的分布范围。

此外,区内黄铁矿体和黄铁矿硅化岩层中的黄铁矿 δS^{34} 值,也出现不少负值,除前述的热力学效应是造成负值的主要原因外,也可能存在有生物细菌的分馏作用影响。因为部分黄铁矿体和硅化岩的原岩为火山碎屑岩或沉火山碎屑岩,存在有生物细菌作用成因的黄铁矿,只是受到后来的火山气液成因的黄铁矿对其大量叠置和剧烈改造而已。

(四) 大鲍庄矿区块状黄铁矿和黄铁矿硅化岩层位中的黄铁矿 δS^{34} 值, 在水平方向上呈现有规律的变化, 应该是在火山喷气-热液作用的影响下, 受硫同位素分馏的热力学效应控制的结果。

大鲍庄矿区是火山活动的中心地带, 火山作用十分强烈。第二旋回火山喷口位于铁矿体的东北部, 在火山口附近的火山岩层强烈而广泛地发育有各种类型的火山蚀变, 如黄铁矿化、硅化、明矾石化、硬石膏化及泥化等, 并且形成一东西向展布的火山洼地, 在这里堆积了规模巨大的火山喷气-沉积成因的硬石膏矿床。黄铁矿的爆裂温度表明, 在火山洼地范围内, 黄铁矿爆裂温度较高, 为240—250℃。随着远离火山洼地向西南方向距离的变大, 黄铁矿爆裂温度也相对变低, 为210—220℃。上述情况说明, 矿区的东北部为火山喷气喷硫的主要源地, 由于温度较高, 相对抑制硫的同位素分馏作用, 随着由东北向西南方向距离的加大, 即距火山喷气口的距离加大, 火山气液温度逐渐下降, 受同位素分馏的热力学效应的影响, 轻硫(S^{32})逐渐富集; 同时, 由于轻硫较重硫(S^{34})的质量小, 受同位素分馏的动力学效应的影响, 其运动的速度较快, 易于扩散渗透。结果造成了大鲍庄矿区由东北向西南方向, 黄铁矿的 δS^{34} 由正值变为负值, 且随距离的加大, 其负值数有增大的趋势。

结 论

(一) 大鲍庄和罗河两矿区的黄铁矿和硬石膏中硫的来源主要有两种: 一是来自地壳深部(可能为上地幔)的深源硫; 二是来自三叠纪海相沉积硬石膏的硫, 即壳源硫。它们在火山作用过程中发生相互混合, 形成两矿区的原始混合硫。

(二) 由于受同位素分馏的热力学效应的影响, 原始混合硫经分馏作用所形成的黄铁矿和硬石膏, 其硫同位素演化规律是: 黄铁矿的 δS^{34} 值自下而上变小, 由正值变为负值; 硬石膏的 δS^{34} 值(全部为较高的正值)自下而上逐渐增大; 两矿物之间的 δS^{34} 值的差值, 自下而上亦增大。

(三) 层状硬石膏形成于火山作用的地表环境, 与产于岩体中脉状硬石膏相比, 形成温度较低, 氧分压较大, pH值较小。受同位素分馏的热力学效应影响, 所形成的硬石膏 δS^{34} 值较岩体中硬石膏的 δS^{34} 要高。

(四) 第二旋回下段的凝灰岩(或沉凝灰岩)中的黄铁矿是多成因的, 其硫同位素值除主要受热力学效应的控制外, 还受动力学效应的影响, 即受生物细菌分馏作用的影响。

(五) 大鲍庄矿区的黄铁矿体和黄铁矿硅化岩中的黄铁矿, 其 δS^{34} 值在水平方向上从东北向西南逐渐变低, 与火山气液通道的位置有关, 主要受同位素分馏的热力学效应控制, 其次受动力学效应的影响。

参 考 文 献

- [1] 张荣华 1974 一个铁矿床的围岩蚀变和成因探讨 地质学报 第1期
- [2] 华东地质科学研究所 1978 庐枞地区某铁矿几个地质问题的初步认识 铁矿专辑(二) 地质出版社
- [3] 依尔·英格松等著 1958 同位素地质论文集 科学出版社
- [4] B.A.格里年科, Л.Н.格里年科 1980 硫同位素地球化学 科学出版社
- [5] 24th International Geological Congress-Section 10, 1972, pp. 291—295.
- [6] Виноградов В. Н., 1967, Изотопы серы и вопросы рудообразования. Изд-во "НАУКА".

SULFUR ISOTOPE STUDIES OF THE DABAOZHUANG AND LUOHUO IRON DEPOSITS WITH AN APPROACH TO THEIR GENESIS

Wu Quanhui, Wang Huatian, Zhang Chunsun and He Jürui

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources,
Chinese Academy of Geological Sciences*)

Abstract

Some knowledge has been acquired concerning the δS^{34} values of the sulfur-bearing minerals from Dabaozhuang and Luohuo deposits and the genesis of these two deposits:

1. The δS^{34} values of sulfur-bearing minerals from both deposits spread within relatively wide limits, varying from +18.3‰ to -14‰ with a total range up to 32.3‰. In consideration of the geological setting, the initial sulfur is supposed to be a mixture derived from both the deep-seated source and sulfates in the crust.

2. The δS^{34} values of pyrite are also dispersed within a comparatively broad range of 25‰ (from +11‰ to -14‰). In cross section, they decrease gradually in the upward direction: +6.3‰ in subvolcanic rocks, +2.0‰ in massive pyrite ores, -2.5‰ in silicified rocks and -5.9‰ in tuff. In contrast, the δS^{34} values of anhydrite tend to increase in the same direction: +15.1‰ in the intrusive bodies and +16.1‰ in the bedded anhydrite. Such a systematic variation in the δS^{34} values might be primarily attributed to the thermodynamic effects of the sulfur isotopic fractionation.

3. Tuff in the lower part of the second cycle shows microlamination structure characterized by relatively clear rhythm with fossil plant observed as intercalations in it. The δS^{34} values of pyrite occurring in it are also rather scattered, mostly negative, the lowest being -14‰ and the average -5.9‰. This might be referable to the important role the kinetic effects (bacteriobiotic fraction action) played as well as the thermodynamic effects of the isotopic fractionation mentioned above.

4. Decrepitation temperature measurements of pyrite from massive sulfide ore bodies or silicified rocks of Dabaozhuang indicate that temperatures reached as high as 240—250°C near the center of the pneumato-hydrothermal

activity where the δS^{34} values vary from +3.9 to 8.4‰. Away from the center, the formation temperatures of pyrite gradually decrease to 210—220℃ and its δS^{34} values change to -1.8—4.5‰ accordingly. All this suggests that the volcanic pneumato-hydrothermal activity might have had an important bearing on the formation of pyrite.

以锡为主的钨锡钼铋矿床学术讨论会在锡都——一个旧召开

A SYMPOSIUM ON W, Sn, Mo, Bi (MAINLY Sn) DEPOSITS HELD IN GEJIU, THE WORLD-FAMOUS “CAPITAL OF TIN”

自九月一日至七日历时七天的以锡为主的钨锡钼铋矿床学术讨论会于闻名世界的锡都——一个旧市召开。这次会议是建国以来的第一次全国性的以锡为主的矿床学术讨论会，是对钨锡钼铋矿床找矿勘探和科研成果的一次检阅。

来自云南、广东、广西、湖南等十几个省的地质矿产局系统和冶金地质勘探公司系统的，云南锡业公司以及生产矿山、科研院所、大专院校的 112 个单位的 180 名代表（正式代表 126 名，列席代表 54 名）出席了会议。南京大学徐克勤教授、中国地质科学院地质所郭文魁教授、地质矿产部科技司张炳熹总工程师、南海地调指挥部刘锦新副总工程师、昆明工学院黄佑文教授等年愈花甲的老专家出席了会议，并作了学术报告。

会议共收到学术论文或摘要共 132 篇（82 篇全文）。这些论文或摘要涉及到锡钨钼铋矿床的成因分类、成岩成矿系列、成矿机理与模式、区域成矿规律和找矿方向，典型矿床的地球化学、矿物学，同位素地质学，包裹体研究以及岩石的熔化试验等各个方面。

会议期间，大会宣读论文五篇。之后，代表们分四个小组，分别就（1）矿床成因、分类，成矿系列及岩石、矿物、地球化学；（2）区域成矿规律与预测；（3）锡矿矿床地质；（4）钨钼矿床成矿特征等进行了论文宣读和讨论。在小组会上宣读的论文共七十一篇。

为了进一步发展我国锡钨钼铋矿种的优势，开创锡钨钼铋矿床找矿勘探和科学研究的新局面，会议建议：①要适应当前科学技术总体化、综合化的发展趋势；②正确处理野外基础地质观察研究和实验室岩矿测试工作的关系；③在工作程度高的地区要适应已进入“第二轮找矿阶段”的新形势；④开拓新的找矿领域扩大找矿视野；⑤建立反映我国特点的成岩成矿系列、成矿模式和矿床成因分类；⑥注意矿床的综合利用和综合评价；⑦加强难选锡矿石选炼的研究，充分利用锡矿潜在资源。

（姚金炎）