

内蒙古炭窑口、东升庙铜、铅、锌多金属

矿床硫同位素组成及其地质意义

冶金部第一冶金地质勘探公司 王可南



内蒙古狼山地区多金属成矿带位于中朝准地台的北缘——内蒙地轴的西段。矿床大都赋存于狼山群第二岩组中，其岩性主要为片岩、千枚岩、板

岩、大理岩和石英岩等。区内地层经历了多次构造变形^[1]，并受到不同程度的岩浆热液作用的影响。

本区矿床经许多单位的深入研究，取得了明显的成果，普遍认为这类矿床属沉积变质成因^[1,2,3]，其成矿基础是原沉积矿床或矿化地层。

本文是根据最近收集到的狼山地区一部分硫同位素资料进行解释的，由于霍各气矿床的硫同位素数据仅见到一小部分（12个），故仅能对炭窑口和东升庙两矿床，从硫同位素组成特征这一侧面进行探讨，以说明其地质意义，不当之处，请予批评指正。

硫同位素组成特征

1. 炭窑口矿床 根据47个硫同位素测定数据， δS^{34} 平均值为+29.4‰，变化范围为+17.3~+37.3‰，差值为20‰，其中：

石膏	1个	δS^{34} 值为+33.8‰
黄铁矿	38个	δS^{34} 平均值为+29.9‰
磁黄铁矿	6个	δS^{34} 平均值为+27.9‰
闪锌矿	2个	δS^{34} 平均值为+21.2‰

2. 东升庙矿床 根据18个硫同位素测定数据， δS^{34} 平均值为+19.5‰，变化范围为+5.7~+30.1‰，差值为24.4‰，其中：

方铅矿	1个	δS^{34} 值为+30.1‰
黄铁矿	4个	δS^{34} 平均值为+22.0‰
磁黄铁矿	8个	δS^{34} 平均值为+20.8‰
闪锌矿	3个	δS^{34} 平均值为+19.1‰
黄铜矿	2个	δS^{34} 平均值为+3.9‰

本区硫同位素组成的基本特征是：

（1）两矿区硫化物的 δS^{34} 大多数为高正值，且炭窑口区硫化物的 δS^{34} 平均值大于东升庙区。

（2）绝大部分黄铁矿和磁黄铁矿的 δS^{34} 值均在较窄的范围内变化，且小于石膏的 δS^{34} 值。

（3）在同一矿物对中的黄铁矿、磁黄铁矿和闪锌矿，其 δS^{34} 值相差尚不算大，而与之共生的黄铜矿和方铅矿的 δS^{34} 值却有显著差别。

硫同位素组成的地质意义

1. 炭窑口和东升庙两矿床，矿体呈层状、似层状，形态比较规则，与地层产状基本一致。矿体与围岩呈同步褶皱，并可见胶体环带状和球状黄铁矿，说明黄铁矿床具沉积（成岩）特征。从硫同位素组成资料看，两矿区铁的硫化物均为较大的正值，而且围岩中含碳量高（有机碳含量为0.1~0.39%，非碳酸盐类碳0.33~3.09%）^[1]。因此，有理由推测，这些黄铁矿是在沉积（成岩）阶段，在层间水（海水）硫酸盐被完全还原的状态下形成的。之后，虽然经受了变质作用，使部分黄铁矿（溶解再沉淀）转变为磁黄铁矿，但变质作用并未引起 δS^{34} 值的较大变化。故这些黄铁矿的 δS^{34} 值应大致接近于其沉积时海水硫酸盐的 δS^{34} 值。

2. 两矿区硫化物的硫同位素组成存在一定差异。有趣的是两区的黄铁矿（29.9-22.0=7.9）和磁黄铁矿（27.9-20.8=7.1）的 δS^{34} 平均值各相差约7‰。这种现象可能主要与两地的沉积环境或古地理环境存在着一定差异有关。

根据冶金部天津地质调查所的资料，炭窑口和东升庙两区虽同属一个沉积盆地，但地层厚度、

岩相变化和沉积建造存在着差异。西部(炭窑口)和东部(东升庙)间,在“乌兰沟处为一水下隆起,可能间歇性地将炭窑口和东升庙水域隔断”。这样,由于沉积环境不同,在同一海盆内的不同地段,海水硫酸盐的 δS^{34} 值可能是不同的。因而在海水(层间水)硫酸盐处于完全还原状态时,两矿区的硫铁矿也会出现不同的 δS^{34} 值和不同的 δS^{34} 平均值。但因两地黄铁矿与磁黄铁矿的形成过程是相类似的,故黄铁矿与磁黄铁矿的 δS^{34} 平均值的差值也是相近似的。

3. 磁黄铁矿的 δS^{34} 值围绕黄铁矿浮动,或高或低,但两者间的差值不大。从沉积条件来看,由于黄铁矿的形成一般要经过 FeS (水陨硫铁) $\rightarrow FeS_2$ (黄铁矿)的过程,在“硫不足”的情况下, FeS 不能全部变成 FeS_2 ,因而部分磁黄铁矿可以在沉积成岩期内形成。显然,这种磁黄铁矿的 δS^{34} 值应接近于与其大致同时生成的黄铁矿的 δS^{34} 值。

另据大本^[4]的资料,在热液系统中,“磁黄铁矿或其他与磁黄铁矿平衡的硫化物似乎有近于 $\delta S^{34}_{\text{黄铁矿}}$ 的 δS^{34} 值(如果 $T > 200^\circ C$,则偏离 $\delta S^{34}_{\text{黄铁矿}}$ 值在 $n\%$)”。所以,如果磁黄铁矿中的硫全部来源于沉积成岩期形成的黄铁矿,那么,在变质热液条件下,磁黄铁矿的 δS^{34} 值应接近于原来黄铁矿的 δS^{34} 值。这是因为:沉积(成岩)黄铁矿的 δS^{34} 值,即相当于磁黄铁矿沉淀时溶液中的全硫($\delta S^{34}_{\text{全硫}}$)值。

以上论述,与两矿区的实际情况基本一致。根据冶金部天津地质调查所的研究资料,狼山区多金属矿床中磁黄铁矿至少可分为两期,即沉积成岩期和热液变质期。

总之,从两矿区的具体条件出发,只要没有另外的、不同的硫源大量加入,无论是沉积成岩阶段形成的磁黄铁矿还是变质热液系统中沉淀形成的磁黄铁矿,都可能出现与沉积成岩期黄铁矿大致相近的 δS^{34} 值。换句话说,它们都大致接近于当时溶液中的 $\delta S^{34}_{\text{全硫}}$ 值。至于单个磁黄铁矿的 δS^{34} 值较黄铁矿或高或低,可能主要与溶液的pH值有关。

4. 根据岩矿鉴定资料,两矿床中最早形成的

硫化物为沿层分布的、沉积成因的黄铁矿。此外,还有多期或多世代的硫化物出现。从硫同位素组成资料看,同样反映了这种情况。例如:在炭窑口区1250中段,在众多的 δS^{34} 高值中(见下表)出现的一个相对低值(δS^{34} 为 $+19\%$)即可能为另一期黄铁矿的 δS^{34} 值。它与那些条带状矿石中的黄铁矿 δS^{34} 平均值($+30.7\%$)迥然不同。同样炭窑口的闪锌矿(δS^{34} 为 $+31\%$ 与 17.3%)至少也有两个矿化期或世代。

按照酒井和巴金斯的理论,在热液系统中,矿物的 δS^{34} 值将按下列次序减少,即黄铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿。而东升庙区的共生硫化物中, δS^{34} 的减少次序与此迥然不同。说明它们不是在同一溶液中平衡结晶的。反映它们不是同一矿化期或世代的产物。

5. 根据炭窑口区两个黄铁矿和磁黄铁矿矿物对同位素资料所计算的温度,分别为 $124^\circ C$ 与 $434^\circ C$ 。而矿物气液包裹体(爆裂法)测温资料为 $150^\circ \sim 500^\circ C$ ^[1],两组温度数据相似,说明两矿区硫铁矿床经历了由低温到中高温的变化过程。

综上所述,两矿区的硫同位素组成,基本上反映了沉积-变质矿床的一些特征。概括起来,可以归纳为以下两点:

(1) 与第一期黄铁矿大致同时形成的还有部分磁黄铁矿和闪锌矿,其 δS^{34} 均为较大的正值。从地质意义上说,此矿化期即相当于沉积成岩期。

(2) 第二期(后期)矿化具有多期性。各种硫化物的 δS^{34} 值变化较大,包括黄铜矿化、方铅矿化和后期的黄铁矿化、磁黄铁矿化、闪锌矿化。从地质意义上说,此矿化期相当于广义的变质热液期。

总之,炭窑口与东升庙两矿床的硫同位素资料,已明显反映出其成矿具有多期性,成矿物质为多源性和成矿作用为多因性的线索。

最后,应该说明:本文仅收集了1981年以前的硫同位素测定数据,属阶段性成果资料,在解释中可能有不够全面或不够准确的地方。希望今后能有更多的硫同位素数据予以补充和纠正。

炭窑口与东升庙矿床硫同位素测定结果表

样品编号	测定矿物	$\delta S^{34}\%$	备 注	
8100-28	黄铁矿	+28.2	样品采自炭窑口1250中段,下同。	
29	黄铁矿	+32.8		
30	磁黄铁矿	+31.7		
31	黄铁矿	+33.5		
32	黄铁矿	+30.3		
33	黄铁矿	+30.6		
34	黄铁矿	-32.3		
35	黄铁矿	+32.0		
36	黄铁矿	+30.7		
37	黄铁矿	+32.3		
38	黄铁矿	+32.4		
39	黄铁矿	+23.5		
40	黄铁矿	+33.7		
41	黄铁矿	+32.6		
42	黄铁矿	+31.6		
43	黄铁矿	+31.5		
44	黄铁矿	+33.2		
45	黄铁矿	+33.3		
46	黄铁矿	+19.0		
47	黄铁矿	+31.9		
48	黄铁矿	+30.3		
49	黄铁矿	+29.3		
50	黄铁矿	+37.3		
51	石膏	+33.8		
52	闪锌矿	+31.0		
炭一15	黄铁矿	+28.6		样品采自炭窑口地表,温度124℃ (假定 $\Delta \delta S^{34} = A \cdot t$ 时算得的温 度, A 值取 3.0×10^{-4})
—15	磁黄铁矿	+26.7		
—16	黄铁矿	+28.5	测温资料424(	
—16	磁黄铁矿	+22.5		
—30	黄铁矿	+26.3		
—30	磁黄铁矿	+27.6		
—32	黄铁矿	+30.6		
—32	磁黄铁矿	+30.0		
—33	黄铁矿	+27.1		样品采自炭窑口地表,下同
—34	黄铁矿	+30.4		
—36	黄铁矿	+30.1		样品采自炭窑口CK6—47,下同
—38	黄铁矿	+27.9		
—40	黄铁矿	+34.3		
—42	黄铁矿	+25.9		

续表

样品编号	测定矿物	$\delta S^{34}\%$	备 注
-43	黄铁矿	+25.5	样品采自CK2-23孔
-44	黄铁矿	+26.3	
-45	黄铁矿	+29.7	
-45	闪锌矿	+17.3	
-46	黄铁矿	+26.1	
-46	磁黄铁矿	+28.6	
-52	黄铁矿	+29.5	
-56	黄铁矿	+26.3	
升-19	黄铁矿	+22.9	
			样品采自东升庙CK11-23孔下同
-19	磁黄铁矿	+23.9	样品采自东升庙CK14-23孔,下同
-20	黄铁矿	+22.9	
升-20	磁黄铁矿	+24.3	
-20	闪锌矿	+19.2	
-21	方铅矿	+30.1	
-22	黄铁矿	+23.1	
-22	磁黄铁矿	-19.5	
-24	磁黄铁矿	+19.5	
-24	黄铜矿	+2.1	
-25	黄铁矿	+19.1	
-25	磁黄铁矿	+20.2	样品采自东升庙CK11-20孔,下同
-25	闪锌矿	+17.1	
-25	黄铜矿	+5.7	
-26	磁黄铁矿	-19.0	
-30	磁黄铁矿	+19.3	
-30	闪锌矿	+21.1	
-31	磁黄铁矿	+21.5	

注: 硫同位素测定数据已按C.D.T.标准进行了校正

参考文献

- [1] 李兆龙, 许文斗等, 冶金部天津地质调查所所报, 1981, 第一、二期
- [2] 董金水等, 冶金部天津地质调查所所报, 1981, 第一、二期
- [3] 桂林冶金地质研究所变质岩铜矿专题组, 内蒙狼山地区变质岩铜矿某些地质问题的讨论(科研报告), 1974
- [4] 大本, 稳定同位素地质论文集, 第219页, 地质出版社, 1972
- [5] 梶原, 伊达, 稳定同位素地质论文集, 第39~54页, 地质出版社, 1971
- [6] B. A. 科里年科等, 硫同位素地球化学, 第149页, 科学出版社, 1980