

硫同位素分析方法在矽卡岩铜矿 找矿工作中的意义

桂林冶金地质研究所矽卡岩铜矿专题组、同位素地质组

为了探索硫同位素组成变化的地质意义及其用于矽卡岩铜矿找矿工作的可能性,本所与中国科学院贵阳地球化学研究所合作,在最近两年中研究了二十多个矽卡岩矿床数目不等的标本。目前工作尚在继续进行,但已发现了一些有意义的线索。这里根据已有资料,就硫同位素组成变异的地质意义和找矿前景作一概论介绍。表1列举了21个矿区近400个硫同位素组成测定的整理结果,其分析误差为0.05%。

一、矽卡岩铜、铁矿床中硫同位素组成的基本情况

在所研究过的标本中,硫化物的硫同位素组成变化有一个极为显著的特点,即 S^{32}/S^{34} 与硫化物的生成时期有关。硫化物生成愈早,其成分中愈富集 S^{32} ,反之则愈富集 S^{34} 。

众多矿区的薄片和光薄片观察证明,矽卡岩矿床的形成是一个长期而复杂的过程。在早期不含水矽卡岩矿物和稍晚的透闪石、阳起石、绿帘石、葡萄石等含水矽卡岩矿物生成之后,常能见到晚期碱性长石、晚期金云母和黑云母,之后是绿泥石和绢云母,最后是碳酸盐等矿物依序形成。在含水矽卡岩矿物生成之前,没有发现过硫化物沉淀。与晚期碱性长石、晚期金云母和黑云母同期或稍晚的硫化物生成时期最早,其 S^{32}/S^{34} 常大于22.25,已知变化范围为22.63~22.26。与绿泥石或绢云母等矿物同时或稍早稍晚的硫化物,生成时期居中, S^{32}/S^{34} 多在22.25~22.14之间。与碳酸盐同时或稍早稍晚的硫化物,生成时期最晚, S^{32}/S^{34} 均小于

22.14,已知变化范围为22.13~21.90。

这里的硫化物生成时期是按硫化物与伴生非金属矿物的关系来确定的,和硫化物间的沉淀和交代顺序没有直接关系。例如,在手标本中见到黄铜矿细脉切过磁黄铁矿,如二者均与脉石矿物绿泥石形成同时,则实际上二者的硫同位素组成总是一致或相近的。但如同时形成的脉石矿物有重大差别,则硫同位素的组成往往也有显著不同。因此,硫化物生成时期的观察最好在光薄片下或薄片下进行,单独的光片观察通常是不能说明问题的。

在一个矿床的一定部位,常是以某一时期的硫化物占绝对压倒优势,其他时期的硫化物只在其中呈局部的脉或团块存在。因此,一个矿床内一定部位硫化物的硫同位素组成,往往是很稳定的。

一个矿床内,由内接触带向外接触带硫同位素组成的变化情况则是多样的。铜官山可以作为一个极端的例子,由内接触带向外接触带(松树山)硫化物的形成时期一致,硫同位素组成没有明显的变化, S^{32}/S^{34} 主要在22.15~22.19之间。月山侵入体的西马鞍山是另一个极端的例子,它的硫同位素组成有极为明显的变化。在内接触带和正接触带的内矽卡岩中,硫化物为长石-黑云母期的产物,在正接触带的外矽卡岩,特别是磁铁矿体中,硫化物主要是绿泥石期的产物。与此相应,由内向外,硫化物的 S^{32}/S^{34} 由22.63减至22.16。矾头山是介于二者之间的例子,这里由正接触带向外接触带的硫同位素组成存在着不大的然而很有规律的变化。硫化物都属于绿泥石-绢云母

砂卡岩矿床硫化物的硫同位素组成

表1

序号	矿区名称	样品地质产状	分析 数目	硫同位素组成的变化范围		算术平均值		矿区矿化特点
				$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	
1	个旧	硫化矿体多产在正接触带 (具体采样位置不详)	9	0.73~-8.90	22.204~22.420	-3.99	22.310	铜与高品位锡矿伴生, 极少见磁铁矿化。硫化物形成显然早于绿泥石、晚于金云母, 常伴随金云母。正接触带以磁黄铁矿为主。外接触带以黄铁矿为主。
2	龙箱盖	可能属外接触带矿化 (矿体沿层发育)	6	0.03~-1.26	22.22~22.25	-0.43	22.23	铜与低品位锡矿伴生, 与独立钨矿床相邻, 极少见磁铁矿化。硫化物形成略早于绿泥石云母。正接触带附近以磁黄铁矿为主, 更外以黄铁矿为主。
3	封三洞	1.北接触带岩体中的矿化	1	-0.33	22.227	-0.33	22.227	铜品位高, 常见磁铁矿化但不能圈出铁矿体。硫化物矿化与绿泥石同时, 以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩带中的矿化	3	-0.06~-0.86	22.221~22.239	-0.42	22.229	
4	武山	1.岩体内的硫化矿物	3	0.03~-0.86	22.219~22.239	-0.06	22.228	铜品位富, 常见磁铁矿化, 但不能圈出铁矿体。外带有大量黄铁矿体。
		2.正接触带外砂卡岩中的矿化(南矿带)	11	1.00~-1.26	22.198~22.248	-0.37	22.228	
		3.外接触带的矿化(北矿带)	9	2.98~0.74	22.160~22.204	1.58	22.186	
5	金口岭 (东南接触带)	1.接触带蚀变岩体中的硫化物	4	0.29~-0.24	22.214~22.225	-0.02	22.220	铜品位富, 常见磁铁矿化但不能圈出铁矿体。硫化物矿化与绿泥石同时, 以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩中的矿化	8	1.00~-0.59	22.198~22.233	0.305	22.212	
6	弓棚子	外接触带砂卡岩中的矿化	5	2.1~0.7	22.174~22.204	1.31	22.191	铜品位富与低品位钨矿伴生。常见磁铁矿化, 但不能圈出铁矿体。硫化物与绿泥石、绿泥石同时形成。
7	狮子山	1.角砾岩筒(代表正接触带)的矿化	3	2.16~-0.02	22.172~22.220	1.05	22.197	铜品位富, 常见磁铁矿化但不能圈出铁矿体。硫化物形成略早于绿泥石。浸染矿化以黄铁矿为主, 有少量以磁黄铁矿为主的块状矿石。
		2.外接触带层间矿体(近接触带)的矿化	2	2.60~1.63	22.162~22.184	2.11	22.173	
		外接触带层间矿体及附近矿化	20	3.23~-0.15	22.149~22.223	1.75	22.182	
8	沙滩角	正接触带外砂卡岩带中的矿化	4	0.56~0.12	22.208~22.217	0.405	22.211	常见磁铁矿化但圈不出矿体。正接触带以磁黄铁矿为主铜品位贫。
		1.正接触带外砂卡岩带中的矿化	3	0.56~0.64	22.208~22.234	-0.19	22.224	常见磁铁矿化, 但圈不出矿体。铜品位中等。
		2.切过砂卡岩的含铜石英脉矿化	1	-3.17	22.290	-3.17	22.290	
		1.近接触带岩体中的硫化物	4	1.98~1.00	22.176~22.198	1.51	22.186	已圈出少量磁铁矿体。正接触带以磁黄铁矿为主。铜品位贫。
		2.正接触带外砂卡岩带的矿化	12	3.85~0.03	22.135~22.219	2.32	22.173	
		1.接触带附近岩体中的硫化物	3	2.04~0.92	22.174~22.200	1.50	22.191	有磁铁矿体。铁矿石量: 铜量>10。硫化物矿化以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩带中的矿化	7	1.63~0.38	22.184~22.212	1.06	22.195	
9	城门山	1.火成岩中的硫化物	3	2.60~1.36	22.162~22.190	2.186	22.171	铜品位中等。已圈出磁铁矿体, 但磁铁矿矿石量少于铜金属量。含大量黄铁矿矿石。
		2.正接触带外砂卡岩带中及外接触带的矿化	11	3.05~1.00	22.152~22.198	2.448	22.165	

序号	矿区名称	样品产地地质状况	分析数目	硫同位素组成的变化范围		算术平均值		矿区矿化特点
				$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	
9	城 门 山	3.晚期黄铁矿—方解石脉中的硫化物	2	5.18~4.29	22.106~22.125	4.74	22.115	
10	吉 龙 山	1.接触带火成岩中的硫化物	1	2.91	22.155	2.91	22.155	铜品位富。已圈出磁铁矿体。磁铁矿石:铜=2.5。硫化物形成早于碳酸盐,以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩带中的矿化	2	2.25~1.80	22.170~22.180	2.02	22.175	
11	滁 县	1.接触带火成岩及砂卡岩化火成岩中硫化物	3	-0.51~-1.39	22.231~22.251	-1.03	22.243	铜品位富。已圈出磁铁矿体。磁铁矿石:铜=15。硫化物与绿泥石关系密切,以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩带中的矿化	11	-0.03~-1.39	22.219~22.251	-0.86	22.239	
12	矾 头 山	1.火成岩体中的硫化物	13	4.02~0.03	22.131~22.219	2.36	22.173	铜品位中等。已圈出磁铁矿体。磁铁矿石:铜=17。硫化物早于碳酸盐,与绢云母同时形成,以黄铁矿为主。
		2.外接触带的矿化	60	4.02~-0.50	22.131~22.231	1.62	22.170	
		3.远矿围岩中沉积成因的黄铁矿	4	-9.74~-15.42	22.439~22.568	-13.02	22.517	
13	铜 绿 山	1.蚀变火成岩中的硫化物	1	1.98	22.176	1.98	22.176	铜品位富,以圈出磁铁矿体。磁铁矿石:铜=40。硫化物晚于金云母,略早于绿泥石,以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩带中的矿化	2	1.45~0.56	22.188~22.208	1.00	22.198	
14	铜 官 山	1.岩体和内砂卡岩中的硫化物	13	3.23~1.36	22.149~22.190	2.08	22.174	铜品位富。已圈出磁铁矿体。磁铁矿石:铜=55。硫化物形成大致与绿泥石同时。磁黄铁矿可由正接触带延入外带达200米,更外便被黄铁矿代替。
		2.正接触带外砂卡岩带中之矿化	32	4.45~0.38	22.122~22.212	2.55	22.160	
		3.外接触带砂卡岩带中之矿化(松树山)	22	3.67~1.01	22.139~22.198	2.41	22.167	
		4.方解石脉中的硫化物	2	14.41;-18.27	21.904;22.633	-2.85	22.268	
15	西 马 鞍 山	1.岩体和内砂卡岩中的硫化物	12	-4.77~-18.18	22.326~22.631	9.971	22.448	铜品位富。磁铁矿石:铜=68;1,2类样品中的硫化物追随长石及黑云母细脉发育,生成较长石及黑云母稍晚。3类样品中硫化物早于碳酸盐,与绿泥石近于同时形成。以黄铁矿为主。
		2.正接触带外砂卡岩(偏内侧)中的矿化	2	-1.75;-3.16	22.259;22.290	-2.85	22.275	
		3.正接触带外砂卡岩偏外侧磁铁矿—硫化物矿石	5	2.69~1.54	22.160~22.186	2.176	22.172	
16	贵 池 铜 山	1.岩体中的硫化物	2	3.49;2.69	22.143;22.160	3.09	22.152	铜品位富。已圈出磁铁矿体。硫化物以黄铁矿为主。
		2.外接触带砂卡岩中的矿化	14	4.38~1.63	22.123~22.184	3.11	22.151	
		3.晚期黄铁矿—方解石脉中的黄铁矿	5	6.95~5.09	22.086~22.108	5.996	22.088	
		4.龙潭煤系中的硫化物结核	2	-16.40;-17.64	22.590;22.620	-17.02	22.605	铜品位富。以含铜黄铁矿、含铜磁铁矿等为主。硫化物与绿泥石或碳酸盐同时。
		1.外接触带砂卡岩中的矿化	16	6.51~0.38	22.076~22.212	4.026	22.129	
		2.外接触带与玉髓及隐晶绿泥石伴生的黄铁矿	4	10.06~13.03	21.934~21.999	11.16	21.975	

17	天鹅抱蛋山	1.岩体中的硫化物	8	5.00~2.87	22.109~22.156	3.99	22.133	磁黄铁矿矿床。矿石含铜量0.15~0.20%，磁黄铁矿体由接触带沿层延至矿床边部，距接触带400余米。硫化物与碳酸盐同时或稍早。有零星磁铁矿化。
		2.正接触带外砂卡岩中的硫化物	1	4.02	22.131	4.02	22.131	
		3.外接触带矿体中的硫化物	12	6.42~3.58	22.079~22.141	4.61	22.118	
18	刘家凹	1.正接触带外砂卡岩中的矿化	2	5.45~5.00	22.100~22.109	5.225	22.105	含大量磁铁矿。磁铁矿；铜=150。硫化物与碳酸盐同时形成，以黄铁矿为主，分布较零星。
		2.晚期含铜碳酸盐脉中的硫化物	1	8.95	22.020	8.95	22.020	
		3.外接触带角岩中的黄铁矿化	2	13.08;11.74	21.933;21.962	12.41	21.948	
19	大冶铁山	1.正接触带外砂卡岩带中的矿化	7	6.60~3.49	22.074~22.143	4.66	22.117	含大量磁铁矿。磁铁矿；铜=200。硫化物以黄铁矿为主，分布零星，与绿泥石或菱铁矿同时。
		2.晚期方解石脉中之黄铁矿晶簇	1	9.62	22.008	9.62	22.008	
20	李珍	接近岩体的外接触带磁铁矿石中的硫化物	2	14.44;14.41	21.897;21.904	14.42	21.90	磁铁矿矿床，黄铁矿零星分布。
21	东冶	正接触带外砂卡岩中磁铁矿石中的硫化物	1	14.90	21.937	14.90	21.937	磁铁矿矿床，黄铁矿零星分布。

期，但在正接触带附近， S^{32}/S^{34} 常为22.20~22.18±，沿岩层向外接触带， S^{32}/S^{34} 降为22.17~22.15±。

由于目前积累的资料不足，对上述三类例子各自出现的地质条件，它的意义，它与找矿的关系等均不甚清楚，有待进一步工作。

二、硫氧比的定量标尺

已知矿床硫同位素组成的另一重要特点是：如果以正接触带外砂卡岩中的硫化物作为比较基础，则它们的变化与矿床内铁矿物的存在形式有密切联系。而且，这个特点和前述硫同位素组成与硫化物的形成时期有关的事实相一致（表2）。

由表2可以看出：

1. S^{32}/S^{34} 的平均值 >22.25 （或外接触带中硫化物的 $S^{32}/S^{34} \geq 22.23$ ）：代表矿区为个旧及龙箱盖。其特点是磁铁矿化极为罕见，但在正接触带及其附近有大量磁黄铁矿，外接触带有大量黄铁矿发育，代表了强烈高硫低氧的成矿环境。

2. S^{32}/S^{34} 的平均值为22.20~22.24（或外接触带中硫化物的 S^{32}/S^{34} 为22.18~22.22）：代表矿区为封三洞、武山、金口岭、弓棚子、狮子山、沙滩角矿区中的沙滩角和破头山两个点。其特点是磁铁矿化普遍存在，但不能圈出磁铁矿矿体。铁的硫化物以黄铁矿为主，但在正接触带及其附近也可出现磁黄铁矿矿体，代表了高硫低氧的成矿环境。滁县是本组中的一个例外，在矿床中有少量磁铁矿矿体存在。

正接触带外矽卡岩中 S^{32}/S^{34} 与矿化特点的关系

表 2

组别	S^{32}/S^{34} 特征值	包括矿区	矿化特点	含铁金属矿物出现状况	主要硫化物 矿化期	代表的地质 条件
I	22.49~22.26	个 旧	矽卡岩铜锡矿。锡为富矿，铜>1%	极少磁铁矿，正接触带以磁黄铁矿为主，外接触带以黄铁矿为主。	金云母—黑云母	强烈高硫低氧环境
II	22.25~22.20	龙 箱 盖	矽卡岩锡铜矿。锡为贫矿，铜>1%	极少磁铁矿，正接触附近（50米内）以磁黄铁矿为主，外接触带以黄铁矿为主。东侧与独立钨矿床伴生，是与个旧不同之点。	绢云母—绿泥石	高硫低氧环境
		武 山 封 三 洞 滁 县 金 口 岭 狮 子 山	矽卡岩铜矿。铜>1%，伴生铜	常见磁铁矿化，但分布零星而不连续，无工业意义。硫化铁矿化以黄铁矿为主。仅在狮子山有少量以磁黄铁矿为主的块状硫化矿石。		
III	22.20~22.15	铜 绿 山 西马鞍山(月山)	矽卡岩铁铜矿床。铁矿量：铜金属量<100，Cu>1	磁铁矿化发育，可以圈出工业矿体。硫化铁矿化以黄铁矿为主，分布范围大于磁铁矿化。	绢云母—绿泥石	过渡环境
		贵 池 铜 山 吉 龙 山				
		铜 官 山 沙 滩 角	矽卡岩铁铜矿。铁矿量：铜金属量<100，Cu 1%±	同上，但硫化铁矿化以磁黄铁矿为主，分布于正接触带，或延入外接触带约200米，更外被黄铁矿化代迭。		
IV	22.14~22.07	城 门 山 矾 头 山	矽卡岩铁铜矿。铁矿量：铜金属量铜>100，Cu0.8~1%	同上，但硫化铁矿化以黄铁矿为主，特别发育，构成大型黄铁矿床。		
		铁 山 刘家凹(月山)	矽卡岩铜铁矿，铁矿量：矽卡岩铁铜<100，Cu0.6~1.1% (铁山，刘家凹)	磁铁矿化广泛而连续，硫化物矿化在总体上不超过磁铁矿化范围，分布较零星，以黄铁矿化为主。	碳酸盐，或碳酸盐及绢云母—绿泥石	高氧低硫环境
V	22.94~21.90	天 鹅 抱 蛋 山	矽卡岩磁黄铁矿。矿石普遍含铜0.15~0.2%左右	正接触带常见磁铁矿化，但分布零星，无工业意义。硫化铁矿化以磁黄铁矿为主，可延至矿床边部，距正接触带达400余米，黄铁矿化不超过磁黄铁矿范围。		
		李 珍 东 冶	矽卡岩铁矿。东冶含少量铜。	磁铁矿化广泛而连续，硫化物矿化在总体上不超过磁铁矿化范围，分布零星，以黄铁矿为主。磁铁矿体可见于外接触带，距岩体达140米。		强烈高氧低硫环境

3. S^{32}/S^{34} 的平均值为22.15~22.20 (或外接触带中硫化物的 S^{32}/S^{34} 为22.13~22.17): 代表矿区为沙滩角矿区中的代腰山和大公山两个点以及城门山、吉龙山、矾头山、铜绿山、铜官山、西马鞍山、贵池铜山。其特点是可以圈出磁铁矿矿体, 铁矿石量可有利用价值甚至利用价值较大。铁的硫化物以黄铁矿为主, 但在正接触带及其附近也可出现大量磁黄铁矿矿体, 代表了成矿时硫相对丰度的过渡环境。

4. S^{32}/S^{34} 的平均值为22.07~22.14 (或外接触带的硫化物 S^{32}/S^{34} 为22.07(?)~22.14): 代表矿区为天鹅抱蛋山、刘家凹、大冶铁山。天鹅抱蛋山的特点是磁铁矿化虽不发育, 但铁的硫化物以磁黄铁矿为主。以磁黄铁矿为主的矿体分布在外接触带, 距岩体主干可达400余米, 直至矿床边部。后两矿区的特点是磁铁矿化极为发育, 磁铁矿矿量与铜金属量之比达到150~200, 硫化物零星分布, 且在总体上不超出磁铁矿化的范围。两种情况都表示高氧低硫的成矿环境。

5. S^{32}/S^{34} 的平均值为21.90~21.94: 代表矿区是李珍和东冶。它们都是不含铜的矽卡岩铁矿。硫化铁零星分布, 总体上不超出磁铁矿化的范围, 代表了强烈的高氧低硫的成矿环境。

综上所述, 矽卡岩矿床中硫的同位素组成与硫化物的形成时期有关, 而硫化物的形成时期又决定于矿化所在部位硫和氧的相对丰度。这样, 在矽卡岩矿床中硫同位素组成的重要地质意义之一, 是它可以反映矿床所在地段硫和氧的相对丰度比例关系。

因此可以设想: 正接触带外矽卡岩中硫同位素组成的特征值, 可以作为所在地段总的硫氧丰度比的定量标尺。在不同的条件下, 可以分别采取硫同位素组成的众数、平均量或其变化范围来表示这个特征值。

三、硫氧比的找矿意义

众多迹象表明, 某一地段成矿时总的硫氧比对于成矿作用可能有重大影响。我们可

以从有用金属间的共生组合关系, 就几个例子来试图讨论这个问题。

铁 高氧低硫环境下有利于矽卡岩铁矿的形成, 这大约是十分肯定的。表2中列举的四个矽卡岩铁矿都属于高氧低硫的环境(李珍、东冶、铁山、刘家凹)。实际上, 在相反的条件下形成的将不会是矽卡岩铁矿, 而会是矽卡岩黄铁矿等硫矿床。

铜 从表2中可以看出, 矽卡岩铜矿的形成条件恰好与矽卡岩铁矿相反, 趋向于相对低氧高硫的环境。在高氧低硫的条件下, 铜可能易于分散。表2列举的天鹅抱蛋山磁黄铁矿床中, 侵入体的同位素年龄、同生含铜量、岩石化学成份、岩相特点等等均与已知含铜侵入体无差别, 实际上在矿床的矿石中也普遍含有0.15~0.20%的铜, 但不能形成工业富集, 可能即与高氧低硫的环境有关。

锡 在有用金属的共生关系上, 常可见到下述现象:

①锡的高品位矿石不与较发育的磁铁矿化伴生。据湘、桂、粤、闽四省的统计, 在磁铁矿化发育的条件下, 正接触带经常出现的只是低品位的锡矿石($<0.40\%$), 虽然锡的总金属量可以是很大的。但此时在某些矿区的外接触带(如香花岭)或内接触带(如锡山)仍可有高品位锡矿存在。

②高品位的锡矿石常与高品位的铜矿石共生。从表2列举的个例来看, 其形成在强烈高硫低氧的环境。

③但锡较矽卡岩铜矿可能更趋向于高硫低氧的条件。如在磁铁矿化较普遍、锡已趋于分散、形成大量贫锡矿石的条件下(钦甲), 仍可有铜的大量富集。

钨 钨和锡经常共生, 但它们的富集条件可能恰好是相反的。根据如下:

①高品位的锡矿石不与高品位的钨矿石共生, 高品位的锡矿床中含 WO_3 通常小于0.5%, 反之亦然。

②高品位的铜矿石也不与高品位钨矿石共生。含高品位铜矿石的矿床中, WO_3 多小
(下转第30页)

在这些矿床中开展硫同位素地质的研究,对于确定其成因问题,能够提供重要的依据。

2. 根据前述不同类型矿床中硫同位素组成的特征,分析对比所得硫同位素组成数据,可能对所研究矿床的矿液来源、矿化过程、矿化阶段的划分等一系列矿床地质问题提出一些有用的论据。在很多情况下硫的同位素成分,可以用来解释含矿溶液来源是一个还是多个的问题。对于含矿溶液可能从不同深度岩浆源的各个部分分离出来的假设,硫同位素地质研究也可以提供一些根据。

3. 成矿过程中的交代作用和岩石物质的攫取。

这个问题与前述两个问题紧密联系,因此可以应用同样的一些标志进行研究。如诺里耳斯克矿区矿石中硫同位素组成和其它类似成因的矿床相比,重同位素 S^{34} 含量过高,乃是由于含矿溶液在上升过程受到围岩物质混杂的结果。

4. 成矿作用的分期问题、划分成矿世代。

应用硫同位素比值的差异来判断矿石中不同时期的矿物组合。例如上面举出的大厂矿区几个矿物组合在硫同位素组成上的明显区别,表示它们在形成时间上有一定的间隔。

隔。

4. 地质测温计。

一些研究者应用硫化矿物和硫酸盐矿物进行同位素交换反应时,分离系数及平衡常数对温度的依赖关系这个特点,在一些硫化矿物和硫酸盐矿物共生的矿床,做了成矿温度测定的试验性研究,取得了一定的成绩。

5. 把硫同位素组成的变异用于地球化学找矿方面,在美国、加拿大、苏联等国都进行了一些试验,但从已发表的资料来看,效果并不理想,尚处于探索试验阶段。基于金属矿床与硫的密切关系和硫同位素分馏效应的广泛性,可以期望这一方面的研究工作,将会得到应有的重要结果。

总结来说,硫同位素分析方法在研究矿床地质方面正在起着愈来愈大的作用,并且展现出广阔的发展前景。当前,在应用硫同位素数据时最大的问题在于对同位素分馏效应的机理了解不够透彻,因而时常造成数据解释上的模棱两可的困难境地。因此,必须加强硫同位素地球化学特点的研究工作,为硫同位素在地质学上的应用提供可靠的理论依据。

(上接第13页)

几种矿床富集的硫氧比条件 表4

组 别	Sn	矽卡岩 Cu	S	Fe	W
I. 强烈高硫低氧环境	■	■	■		
II. 高硫低氧环境		■	■		
III. 过渡环境		■	■		
IV. 高氧低硫环境				■	■
V. 强烈高氧低硫环境				■	■

■ 大量的或高品位的工业富集
 少量的或低品位的工业富集

于0.5%,反之亦然。目前知道超出这个界线的只有枫林,铜大于1%, WO_3 含量为0.65%。

因此,钨的富集可能是趋于高氧低硫条件。

以上概略讨论可以归纳如表4。

总之,似乎可以认为,一定矿床的形成需要一定的硫氧比条件。对于矽卡岩铜矿而言,需要的是由强烈高硫低氧到过渡的环境。通过硫同位素组成和矿物共生组合关系的研究,寻找对矿床形成最有利的条件,可能是寻找和评价矽卡岩铜矿的重要途径之一。