

斑岩钼矿各蚀变带部分元素含量 表5

岩体	蚀变带		元素平均含量 (γ/g)							比值			
			Mo	Cu	Pb	W	Sn	As	Bi	Ag	K/Na	K/(Na+Ca)	Fe ₂ O ₃ /(FeO+Fe ₂ O ₃)
花岗岩 闪长岩 次英安岩 斑岩	绢英岩化带	绢云岩化带									32.5	3.82	0.65
		云英岩化带	16.0	57	23	1.00	31	33			35.0	21.0	0.91
	硅化绢云母化带	强硅化绢云母化带	35.7	74	12	15.2	55	45	15	<0.1	61.2	19.1	0.71
		硅化绢云母化带									58.1	32.3	0.83
		弱硅化绢云母化带 粘土化带	5.8	2.79	32	81	24	3.69	50		34.2	3.31	0.52
	绿泥石化带		5.1	77	44	75	16	38	33	0.1 ~0.6	21.7	16.0	0.41

Mo组合异常是矿床产出部位的良好标志,而Mo的强异常是指示钼工业矿体的标志。

3.大宝山斑岩钼矿具有一套完整的围岩蚀变,钼矿体主要赋存在硅化绢云母化带中。蚀变带中常量元素K/Na、K/(Na+Ca)、Fe₂O₃/(Fe₂O₃+FeO)的比值也相对增大。在原生晕Mo、W、Sn异常中若出现云英岩化,标志钼矿化减弱,是钼矿床内侧。当硅化绢云母化减弱、出现粘土化并有Cu、Pb、Bi、As等异常,指示钼矿化已近尖灭,是钼矿床的外侧,在绿泥石化带中伴有弱Cu、Pb、As、Bi弱异常,标志无钼矿化存在。因此研究围岩蚀变和各蚀变带出现

的原生晕异常以及常量元素的带出带入可以指导找矿评价。

4.无论在普查还是在详查评价阶段都可以进行岩体评价,寻找有利的成矿的岩体。大宝山花岗岩闪长岩平均含钼达427γ/g,含钨、锡也较高。因此,Mo、W、Sn元素在岩体中丰度高说明为含矿岩体。

5.大宝山斑岩钼矿床上各种元素由高温元素到中低温元素呈有规律的分带,它们反映着不同的地质条件。同时元素呈有规律的温度分带也是一个找矿标志。

本斑岩钼矿的评价勘探工作还未结束,许多资料尚待系统总结。

朱崖式铁矿化探地质译码*初步研究

李连泉

应用地球化学探矿数据进行异常评价,应当与地质条件相结合。先将已知的不同地质因素分别进行化探实验,以获得数据为码,并选择适当的鉴别标准进行数据处理。再结合地质因素进行解译,提供解决未知问题的依据,以有效地评价异常指导找矿。兹以朱崖式铁矿化探实验结果为例,讨论如下。

方法的选择及依据

朱崖式铁矿位于鲁西,属中温热液充填

交代并经表生富集的铁矿。主要原生矿石矿物为菱铁矿及部份赤铁矿,并有少量镜铁矿和硬锰矿、软锰矿,与微量黄铜矿、黄铁矿;表生富集后可见大量褐铁矿及部份针铁矿。脉石矿物以方解石为主,有时出现少量铁白云石、重晶石和石英等。测温结果,菱铁矿形成温度为330℃,表明是热液条件下形成。

*译码实际是在找出各种地质体的地球化学特征的基础上,对化探资料进行的地质解译。

矿床主要受断裂构造与岩性条件制约,尤以鲁西寒武—奥陶系地台型海相碳酸盐类沉积岩有利于成矿(如灰岩、白云质灰岩)。当有规模较大的先张后压扭的断裂通过时,附近层间裂隙发育有利于充填交代作用的进行。太古界泰山群变质岩的构造裂隙中也可形成规模不大的脉状矿体,有时在泰山群与寒武系不整合面或二者的断层接触带及其它岩层亦有该类矿床产出,说明这类矿床没有层位性。有些矿脉充填于中生代闪长岩内并有蚀变现象。在隐伏矿体附近常有菱形网格状、左列或右列多字型的铁白云石细脉和部份菱铁矿细脉,构成找矿的有利标志。上述地质特征表明,在成矿过程中不同阶段的与热液伴生的各种微量元素,有析出,并向围岩中扩散形成微量元素的晕。这就奠定了地球化学找矿的基础。通过实验可以查明指示元素及其在不同地质因素中的量变关系,结合成矿地质条件分析数据,即可做到化探数据与地质条件相结合——数据表达的是成矿地质条件的质与量。我们选择以下有关地质因素的样品做为化探实验的条件:

1.成矿有利的围岩——灰岩 采自远离矿化地区,表示未受热液影响的元素含量情况,以区分热液影响前后的各地质因素。

2.成矿断裂构造岩——断层角砾岩 采自远离矿体的同一构造带,做为远矿晕的特征。

3.矿化灰岩 灰岩矿化后带入了与成矿有关的元素,了解其含量与组合情况,作为成矿异常评价依据。

4.菱铁矿晶体 是成矿的矿物成份,也是指示成矿的矿物标志。其中伴生的微量元素是有利的找矿指示元素。

5.近矿的矿化灰岩 采自钻孔中地下300米近矿体处。有细脉状菱铁矿、赤铁矿等矿化。已有一定的氧化。了解地下近矿处元素特征。

6.矿石 由赤铁矿、菱铁矿、褐铁矿组成,了解其中微量元素及含量,做为矿异常指示元素的依据。

7.文石晶体 在成矿区灰岩的裂隙中常见,有时是脉石矿物之一,了解其与成矿的关系。

基于成矿条件分析,认为地球化学找矿,尤其对寻找隐伏矿体可能取得效果。使

用了冷提取与光谱两种分析方法进行试验。冷提取提取的是呈离子状态存在的元素(不包括呈类质同相混入晶格中的元素)。光谱分析用垂直撒样法。

数据统计处理原则及结果

为了适应数据与地质条件相结合的要求,采取了以下几种方法:

1.分别统计各地质因素中不同元素的算术平均值 等于0者不参加计算。朱崖式铁矿用冷提取法和光谱法测定各地质因素的某些微量元素算术平均值列于表1。

2.建立鉴别倍数 把远矿围岩看成是正常地质因素的代表,超过最大倍数者选做特征性指示元素。将围岩中不同元素数据各自化为1,用围岩中元素的算术平均含量与其它地质因素中同元素含量的比值,减去1即为

表1

实验方法	统计元素	地质因素及元素平均含量(ppm)						
		远矿围岩(灰岩)	断裂构造岩	矿化灰岩	矿石	菱铁矿晶体	地下300米处近矿处矿化灰岩	文石晶体
冷提取	HM	8	6	9	28	23	35	4
	Cu	3	8	9	25	42	43	0
	As	0.25	0.26	1.1	9.6	1.9	0.75	0
光谱	HM	15	312	250	705	550	1050	0
	Cu	40	58	485	1550	1000	1000	0
	Mo	2	16	14	17	11	7	0
	Ba	3000	1666	6900	7000	4000	10000	3000
谱	Mn	1250	2625	5250	7625	7625	3000	
	Ni	10	36	82	15	30		

超出围岩的倍数,公式为: $x = \frac{b}{a} - 1$ 。

式中x为超出围岩倍数;a为围岩中某元素的含量;b为其它地质因素中某元素的含量;1为围岩中某一元素统一化的数值;用这个公式把表1制成鉴别倍数表(表2)。

鉴别倍数实质是由围岩、断裂构造、矿化围岩至矿体各指示元素量的变化,在一定意义上可以起到把几种地质因素数字化的作用;当把地质因素及其相互之间的关系化为数值——译码——即为用数据表达地质条件与成矿的关系奠定了基础。有的元素,如光谱中的Ba含量高,但由于围岩中含量也高,

表 2

试验方法	元素	鉴别倍数及地质因素						文石晶体
		远矿围岩(灰岩)	断裂构造岩	矿化灰岩	矿石	菱铁矿晶体	地下300米近矿的矿化灰岩	
冷提取	HM	1	1	2	8.3	6.7	10.6	—
	Cu	1	1.7	2	7.3	13	13.3	0
	As	1	0.04	3.4	38.3	6.6	2	0
光谱	HM	1	19.8	15.9	46	35	69	0
	Cu	1	0.45	11.1	36.5	24	24	0
	Mo	1	7	6	7.5	4.5	2.5	0
	Ba	1	-0.56	1.3	1.3	0.3	2.3	0
谱	Mn	1	1.1	3.2	5.1	5.1	1.4	0
	Ni	1	2.6	7.2	0.5	2		0

因而其鉴别倍数却低于Cu、Mo等元素。这就排除了Ba的优势。从而可见，含量高的某些元素未必能起特征性指示元素的作用；有的元素含量低，但鉴别倍数高，却能起到良好的指示作用。

实 例

数据鉴别处理后，即可得到与地质因素互相联系的数据——码。查出各地质因素特征性指示元素，从而了解近矿晕、远矿晕，区分矿异常与非矿异常。从化探数据上研究元素与成矿的关系，进一步指导普查找矿工作。

现将所得成果解释如下：

1. 朱崖式铁矿用化探方法找矿的可能性从鉴别倍数表得知，与成矿有关的地质因素中，很多伴生的微量元素都比成矿前围岩增加若干倍。由非矿到矿石的各条件出现渐增趋势，是成矿时带入的伴生微量元素所致。化探实验证明朱崖式铁矿进行岩石地球化学找矿确实是可行的。通过这些伴生微量元素可以找到矿体。如冷提取中的As在矿石中比围岩增加38.4倍；重金属总量（代号HM，是Cu、Pb、Zn、Bi、Cd元素的总和）增加8.3倍，Cu增加7.3倍。反映了As在矿石中的浓集现象，说明As是特征性指示元素之一。成矿矿物也是指示成矿的矿物标志——菱铁矿晶体亦可为证；HM增加6.7倍；Cu增加13倍；As增加6.6倍，反映了Cu是最特征的指示元素，而HM和As也有显著的增

加。因此，As和Cu是特征性指示元素，其次是HM，若在成矿远景区内它们将同时出现冷提取法的“矿异常”。因为数据是从矿石与单矿物菱铁矿晶体中得来的，是矿异常的最直接信息。

光谱法分析也证明Cu和HM数值在矿石和菱铁矿晶体中最大，其中HM主要是Cu元素，与冷提取中Cu是特征性指示元素的结果一致。其次是Mo两种方法中数值分别达7.5倍与4.5倍。Mo在与矿有关的直接地质因素中也较其它因素显著增加，可做为特征性指示元素的一员。

为了找铁矿，对亲铁元素进行了统计，结果证明，Mn在矿石和菱铁矿晶体中均达5.1倍；Ni在矿化灰岩中达7.2倍，因此Mn和Ni可做矿异常的一部分。

从上述可知，朱崖式铁矿可以进行地球化学找矿，而且冷提取法与光谱法都可查出与成矿有关的伴生微量元素。两种方法特点不同。这次冷提取法未做Mo元素，光谱不能做As，但用冷提取法却快速查出了As。Mo用冷提取法通过试验也有明显的异常。

2. 对矿异常的解释 在一定地质条件下，不同地球化学阶段元素的析出、迁移和成矿作用，可通过化探试验并结合地质条件的综合分析，选出适当的元素组合。从前述结果得知，朱崖式铁矿的地球化学矿异常有两个组合系列同时出现：①亲硫元素：HM、Cu、As、Mo；②亲铁元素Mn与Ni。当Cu、As、Mn、Ni丰度高时，可能是矿异常，从矿石与菱铁矿单矿物晶体中的鉴别倍数可以证实。

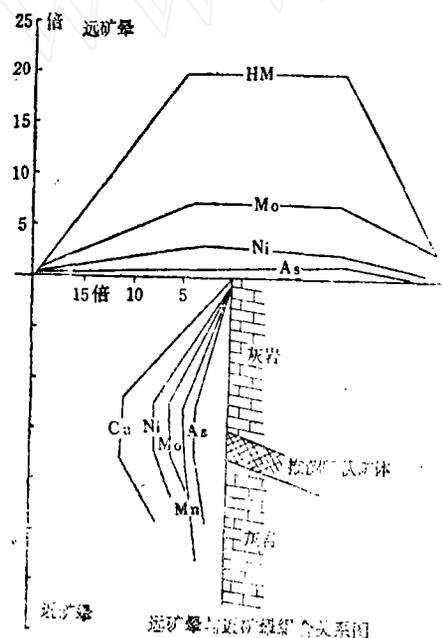
3. 关于远矿晕的解释 地球化学探矿中的远矿晕选择，仅依据成矿地质条件从距矿体的远近来选择是不够确切的。最好选择与成矿有关的远矿与近矿地质条件进行实验。用数据说明客观存在的事实。根据朱崖式铁矿成矿条件来看，远离矿体时，成矿热液沿断裂活动，成矿断裂中的构造岩，无论在垂直方向和水平方向上都易受影响，而且比其它坚硬致密的岩石更易于渗透，所以做为远矿晕的条件是有地质依据的。从这次实验断裂构造岩的鉴别倍数证明，光谱法中重金属总量19.8倍为最高值，反映了其浓集现象。其次，Mo达7倍，是主要的组成部份，再次为Ni达2.6倍。冷提取中的Cu，达1.7

倍, 并有As弱异常出现。矿化灰岩和矿石中As数值越高, Mn、Ni亦高(亲铁元素)更预示下部有矿体存在。远矿晕组合系列也可供构造地球化学测量应用。

4. 近矿晕的解译 矿化灰岩是做为地表距矿体稍远的因素实验的, 地下近矿的矿化灰岩可做为地下接近盲矿体的因素。

矿化灰岩中冷提取法As数值最高达3.4倍; 光谱法虽然HM达15.9倍, 但通过实验, 其中大部分是Cu; Cu的实验结果为11.1倍, 故应以Cu为主要的近矿元素。其次是Mo, 6倍; Ni7.2倍, Mn5.1倍。所以As 3.4+Cu11.1+Ni7.2为主, 并有Mo6倍; Mn5.1倍构成地表近矿异常组合系列; 但到地下近矿的矿化灰岩(矿体顶板)则为Cu 24倍, HM69倍, 比地表明显增强。其次是As与Mo。

上述远矿晕和近矿晕元素组合类似, 都是和矿伴生的微量元素; 但主、次和鉴别倍数差异明显。构成了远矿晕与近矿晕之分(见下图)。



5. 上述元素活动与成矿的关系 冷提取分析证明As、Cu有一部份呈离子状态存在, 而光谱分析结果高于冷提取若干倍; HM、Cu、Mo、Ni、Mn等大部分呈类质同相混入矿物晶格中。异常中出现亲硫与亲铁两组元素, 这与矿床类型, 矿物组合及其成矿的

地球化学演化有关, 所以亲硫与亲铁两族元素即可做为朱崖式铁矿的找矿指示元素。形成矿床的热液与区域内中生代闪长岩类侵入体有关, 其与灰岩接触带形成高温接触交代型磁铁—铜矿床; 远距岩体时形成中—低温充填、交代型的朱崖式铁矿, 因而构成了高温与中、低温铁矿复合成矿的特点。实验表明, 闪长岩类侵入岩与朱崖式铁矿指示元素相同, 亦含相当量的亲硫与亲铁元素。某些朱崖式铁矿脉切穿闪长岩类侵入体, 表明朱崖式铁矿成矿热液来源于闪长岩, 是岩浆期后产生的大量富含铁及伴生亲硫元素的热液物质形成的。成矿的地球化学演化阶段如下:

热液期: 中—低温热液。当温度尚高时, 富氧, 形成镜铁矿和赤铁矿, 构成赤铁矿矿石。这个阶段Ni首先析出、迁移, 成为化探的指示元素之一, 仅以类质同相状态混入其他矿物晶格, 未形成独立矿物; 温度下降, 碳酸根浓集, 进入还原阶段, 形成了大量碳酸盐矿物(如菱铁矿、铁白云石、含铁方解石以及方解石等), 是矿床形成的主要地球化学演化阶段。灰岩裂隙中的菱铁矿细脉、铁白云石细脉是找矿的有利标志, 尤其可作为找隐伏矿体的矿物指示标志。相继形成软锰矿、硬锰矿, Mn亦是找矿的有利指示元素之一。SiO₂的析出形成石英或使近矿围岩微弱硅化。硫化物的析出, 形成微量黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等。Cu、Pb和Bi、Cd元素的析出组成了重金属总量。远离矿体成为远矿晕, 其中有较多的铜留在近矿围岩中形成较特征的近矿指示元素。与Pb、Zn共生的Ag之作用今后亦应重视。硫酸盐的析出形成重晶石, 结束了热液成矿期。

此后, 矿床进入了表生富集期: 由于构造发育、围岩为碳酸盐类、地下水丰富, 促进了表生富集作用。这时, 由赤铁矿、菱铁矿氧化分解首先形成褐铁矿, 构成主要富矿类型, 并有针铁矿。菱铁矿分解时, 其中呈类质同相的Mn离子析出形成铁锰氧化物, Cu析出形成少量孔雀石。文石的实验数据表明, 它是表生作用的产物, 与成矿热液无关。

总之, 通过化探实验译码的研究认为, 这种方法可以为寻找隐伏矿床提供地球化学与地质依据。