

化探原生晕详查工作中常量元素比值的应用

在许多后成矿床的周围,钾的交代作用很普遍,其产物一般是绢云母、黑云母、钠明矾石、钾长石粘土矿物、钾长石等。在交代过程中,常有钾与钠的置换反应,前者常常向着矿体的方向均匀增多,而后者则相应减少。因此, K_2O/Na_2O 比值通常在接近矿体时增大。也有相反的情况,但很少。这种交代序列多出现在钠长石化显著的地方,因此,根据薄片的研究比较容易辨认。

研究矿床蚀变晕中 SiO_2 的分布发现有四种趋势:

1. 有一类矿床,主要是在基性和中性岩中(如辉长岩、安山岩、绿泥石片岩),带有石英脉石的矿脉,在蚀变晕中随着 CO_2 的增高而 SiO_2 显著降低。换言之,由于矿化

作用使 CO_2 进入围岩, CO_2 相应带出。因此,在趋近矿体时 SiO_2/CO_2 比值相应减小。其原因是:硅酸盐被 CO_2 置换形成碳酸盐,释出的 SiO_2 运移进入矿脉所在位置,在那里沉淀成石英。可用下面化学反应式来解释:
 $(Ca, Fe, Mn, Mg) \text{ 硅酸盐} + CO_2 \rightarrow (Ca, Fe, Mn, Mg) CaCO_3 + SiO_2$ 。

2. 在花岗状岩石和硅质沉积岩的蚀变过程中, SiO_2 和 CO_2 的特性与基性和中性岩石中不同,一般这些成分没有变化。但在有些矿床中,在高度蚀变的岩石中, SiO_2 减少,在另一些矿床中 SiO_2 增多,因此,在接近矿体时, SiO_2/CO_2 比值的变化常常是不稳定的。但在许多矿床中,在趋近矿体时, $SiO_2/(H_2O + CO_2 + S)$ 比值,一直

1. 测定灵敏度不高的元素,即在实验室内测定含量为“痕量”或“未发现”的一些元素;

2. 对比性差的元素,其含量在所研究的区间沿倾向的变化低于30~50%;

3. 系列中的不稳定元素,其重心位置对同一矿床的不同矿体在系列中变化太大。

矿上元素含矿程度与矿下元素含矿程度的比值是随所选剖面沿倾向向下而减小。如果取系列的中部元素作为分母,即其最大含量和含矿程度属于工业矿石层位的,这样的指示性比例式是十分不便于使用的。特别是Ⅰ号到Ⅳ号分带内的基本金属元素的含矿程度和含量急剧增高,在这种情况下,函数失去了单调性,在含矿层位的值显著变小,而在矿下带(V号带)又再次增高。

结 论

1. 把整个含矿构造在垂直方向上分为5个带,有助于综合整理若干剖面的资料,得出更加可信的地球化学分带的统计数据。

2. 这种按照元素储量重心确定地球化学分带的新方法,具有计算简便的特点,可以求出每一元素的储量重心位于地表以下深部若干米,从而根据这些数据客观地把元素划分为矿上的、中部的和矿下的。

3. 含矿层、矿上层和矿下层范围内的元素储量分布图是含矿程度沿矿体倾向变化图的一个补充,可以确定元素在系列中的顺序。

4. 测定灵敏度不高的元素,以及对比性差和不稳定的元素应排除在分带系列之外。

5. 计算指示性比值时,不宜采用分带系列的中部元素,尤其是主要的金属元素。对比性最好的应是在地球化学系列中相距最远的元素之比。

柴 昶 译自:《Геология рудных месторождений》,

1975, №. 4, 83~90

作者: Н. Н. Сочеванов,
Е. К. Горелова

夕卡岩型矿体周围蚀变晕中常量元素的比值

表 1

	花 岗 闪长岩	接触带中的 花岗闪长岩	夕卡岩	夕卡岩	夕卡岩	近 矿 夕卡岩	近矿灰岩	围岩灰岩
K_2O/Na_2O	0.42	0.28	0.33	0.5	24	74	1	1
SiO_2/CO_2	103.3	963.3	46.3	65	35.78	32.88	0.02	0.004
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S)$	26.1	60.2	24.0	33.0	26.6	19.2	0.02	0.004

明显地减小。

3. 在主要由强剪切和角砾岩的交代作用生成的块状硫化矿体的蚀变圈中, 往往有明显的硅化带, 此硅化带在许多情况下用氧化硅的增多是完全可以辨认的, 很明显的是在围岩中主要表现有细粒石英存在, 在另外一些情况下, 这个带的标志是在围岩中的断裂带和扭曲带中出现石英细脉、石香肠和小的透镜体。在若干矿床中, 对围岩的分析结果表明, 当趋近块状硫化矿体时, 硅含量一般是增大, 这是由于硫化物 (主要是黄铁矿) 交代硅酸盐, 释放了 SiO_2 , 并从交代部位 (即现在的块状硫化物透镜体所在处) 移到附近的围岩, 可用下面的反应式来说明:

$$(Fe) \text{ 硅酸盐} + 2S \rightarrow FeS_2 + SiO_2$$

4. 在夕卡岩矿体中以及与碳酸盐岩石的低温硅化作用伴生的矿体中与 SiO_2 有关的趋向是明显的。在这样的一些情况下, 当有 SiO_2 进入岩石, 则 CO_2 相应减少, 因此, SiO_2/CO_2 比值相应增大。在碳酸盐岩石硅化作用中固有的反应是复杂的。在高温时, 形成夕卡岩矿物, 在低温时, 石英 (经常是燧石) 是稳定矿物。高温时化学反应式如下: $CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2$ 。低温反应包括碳酸盐被二氧化硅交代沉淀为石英, $CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow SiO_2 + CaCO_3$ 。其他挥发物影响 SiO_2 和其他组分在矿体周围 (特别是那些带有石英和碳酸盐脉石的矿体周围) 围岩蚀变带中的最后分布。这样, 当把 SiO_2 /挥发物总量的比值绘成剖面图时, 即可看出明显的差别。本文所指的挥发物包括有混合物和元素: H_2O 、 CO_2 、 S 和 As , 在有电气石化和其他类型的硼交代作用出现时, 还应该将 B (硼) 包含进去。

实例:

1. 白马铜矿带: 矿床产在夕卡岩中, 为块状和浸染状的磁铁矿和赤铁矿, 并有含量不同的黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、黄铁矿和辉钼矿。夕卡岩由辉石、绿帘石、透闪石、硅灰石、石榴石和其他 $Ca-Mg$ 硅酸盐组成。多数铜矿体产在夕卡岩与灰岩的接触带及其附近。矿体周围围岩蚀变晕中的常量元素比值列于表 1 (剖面长约 1000 呎)。

表 1 说明, 虽然在部分剖面上最后两种比值很明显是不稳定的, 但从花岗闪长岩趋近矿体时, K_2O/Na_2O 的比值愈来愈大, SiO_2/CO_2 、 SiO_2 /挥发物总量比值则愈来愈小。从灰岩到矿体 K_2O/Na_2O 无变化, 但 SiO_2/CO_2 、 SiO_2 /挥发物总量比值增大。

2. 黄刀地区金矿: 该区金矿床有两种类型, 绿岩和石英长石斑岩的剪切带中的含金石英脉和硅化体; 变质沉积岩 (主要是杂砂岩和板岩) 拖曳褶皱和断层破碎带中的沿层理面的含金石英脉、网脉和不规则的矿体。前者其周围围岩中有广泛的蚀变带, 后者没有明显可见的蚀变反应。但有些矿脉有一个边缘带, 带中黑色电气石很发育。其比值结果列于表 2~6。

从表 2、3、4 看出, 在绿岩剪切带中接近含金石英脉矿体时比值变化显然一致。趋近矿体, K_2O/Na_2O 比值一直明显增大。而 SiO_2/CO_2 和 SiO_2 /挥发物总量比值则明显地减小。

表 5 所列出的在石英-长石斑岩中矿体的资料表明, 趋近矿化时, K_2O/Na_2O 比值一般明显地增大, 而 SiO_2 /挥发物总量比值一般都减小。这些比值的变化多少与在绿岩

某系统内含金石英脉周围蚀变晕中常量元素的比值

表 2

	绿 岩 (围岩)	绿 泥 石 片 岩 (宽 1~6 呎)	碳酸盐绢云母片岩 (宽 1~3 呎)
K_2O/Na_2O	0.21	2.04	2.23
SiO_2/CO_2	35.38	4.75	2.88
$SiO_2/(H_2O+CO_2+A+S)$	13.29	2.81	1.68

某剪切带中含金石英脉透镜体周围蚀变晕中常量元素的比值

表 8

	绿 岩 (围岩)	绿 泥 石 片 岩 (宽 10~70 呎)	碳酸盐绢云母片岩 (宽 1~10 呎)
K_2O/Na_2O	0.04	0.43	4.82
SiO_2/CO_2	93.69	4.57	4.70
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S+A+S)$	17.53	3.23	2.77

所有剪切带中含金石英脉矿体周围蚀变晕中常量元素的比值

表 4

	绿 岩 (围岩)	绿 泥 石 片 岩 (宽 1~70 呎)	碳酸盐绢云母片岩 (宽 0.5~10 呎)
K_2O/Na_2O	0.21	0.46	9.72
SiO_2/CO_2	74.19	5.03	2.45
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S+A+S)$	15.48	3.02	1.81

石英长石斑岩中含金石英脉周围蚀变晕中常量元素的比值

表 5

	石英长石斑岩	绢云母片岩 (近石英脉) (蚀变带宽 0.5~2 呎)
K_2O/Na_2O	0.39	6.25
SiO_2/CO_2	40.61	74.7
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S+A+S)$	22.02	17.38

杂砂岩、板岩和片岩中含金石英脉周围蚀变晕中常量元素的比值

表 6

	杂 砂 岩 (距脉 2~35 呎)	杂 砂 岩 (距脉 6~18 呎)	杂 砂 岩 (距脉 1~6 呎)	杂 砂 岩 (在脉接触带上)
K_2O/Na_2O	0.7	2.0	1.0	1.5
SiO_2/CO_2	2629	2624	531	513
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S+A+S)$	41.7	26.3	15.6	13.0

主岩体的矿体中所发现的情况类似。另一方面, SiO_2/CO_2 比值一般增大, 这种情况与在花岗状岩石中的多数矿床所得结果相似。

在黄刀杂砂岩、板岩和石英云母片岩中的矿床(表 6), 各种比值的变化与绿岩中的那些矿床变化相似。接近含金石英脉时, SiO_2/CO_2 和 SiO_2 /挥发物总量两种比值

都减小, K_2O/Na_2O 比值一般都增大。 SiO_2 /挥发物总量比值的减小更为重要, 不仅出现在沉积岩中的波特密干矿床, 也出现在其他试验的矿床中, SiO_2/CO_2 比值普遍不稳定, 在有些矿床中接近矿体时此比值减小, 而在另一些矿床中则明显地增大。这些比值在许多矿床中由于少量 CO_2 的存在(碳酸盐

化) 也有很大的波动。

上述三种比值的类似趋势在各种金矿床中都是显著的。最近, 在苏联乌拉尔某含金石英脉矿床上进行了类似的详细研究, 所得结果表明, 各种比值与在黄刀矿区及下面介绍的矿区有相似的变化趋势。

在绿岩和各种类型变质沉积岩中进行钻探时, 应用常量元素比值来判断是否接近含金石英脉将是有益的。在各种类型岩石中, K_2O/Na_2O 比值的增大是矿体的特征指示标志; SiO_2/CO_2 比值在基性和中性火山岩(绿岩)中, 接近矿体时减小; SiO_2 /挥发物总量比值在火山岩和沉积岩中接近含金石英脉矿体时减小。应当注意, 许多含金石英脉矿床周围的蚀变带是比较有限的, 在许多构造中一般都很狭窄。因此, 在打钻时比值的应用, 可能在基性和中性火山岩和侵入火成岩宽阔剪切带系统以及在变质沉积岩中的角砾岩带和拖曳褶皱等强烈构造中更有实效。

3. 阿纳康多金属硫化矿床: 结果列于表7和8。

从表中可看出, K_2O/Na_2O 向矿体两侧都增大。 SiO_2/CO_2 比值向着矿体方向随着硅化程度的增大也增大, 而 SiO_2 /挥发物总量比值不定。这种规律在其它硫化矿床中也存在。

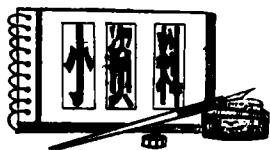
4. 科博尔特自然银矿区: 是产在太古代绿岩中休伦统的沉积岩系, 尼比星辉绿岩中的狭窄脉状的自然银—镍—钴硫化物矿床。多数矿脉有几时厚的蚀变带。矿脉附近有浅灰色、漂白的绢云母化和碳酸盐化带以及狭窄的暗色绿泥石化、碳酸盐化、钠长石化蚀变带。结果表明, 接近自然银矿脉时, 各种比值都有着相同的趋势。 K_2O/Na_2O 比值在辉绿岩中, 由于钠长石化为主, 稍有下降, 主要是在杂砂岩中, 由于钠长石化, 该比值均匀地增大, 或稍许增大。在各种岩石中, 在趋近矿体时, SO_2/CO_2 , SiO_2 /挥发物总量比值一般都降低, 有些部位反常。所有反应的距离都很小。

表7

	块状绿岩 (1~180呎)	黄铁矿化绢云母片岩 (180~200呎)	绢云母片岩 (200~225呎)	黄铁矿化绢云母片岩 (225~275呎)	棕色绢云母片岩 (275~300)	绢云母片岩 (300~325呎)	近绢云母片岩 (325~0025呎)
K_2O/Na_2O	0.17	14.2	12.0	14.9	13.5	19.0	27.0
SiO_2/CO_2	12.6	561	290	>615	>646	505	>581
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S+As)$	5.12	3.19	1.56	7.11	8.65	5.0	6.53

表8

	绿泥石和绿泥 磁片岩	绢云母片岩	黄铁矿化绢云母片岩	块状硫化 矿体	绢云母 片岩	绿泥石和绿泥磁 片岩
K_2O/Na_2O	0.17	20	19.0		16.5	0.16
SiO_2/Na_2O	6.86	6.06	17.5		10.3	5.53
$SiO_2/(H_2O+CO_2+S+As)$	3.81	2.96	3.22		3.39	3.36



含铁建造的沉积相

前寒武纪含铁建造的沉积, 根据其主要原生铁矿物可划分为四种相: 硫化物相、碳酸盐相、氧化物相和硅酸盐相。这些岩石作为化学沉积物, 反映了沉积环境化学方面的某些特征。至少对硫化物、碳酸盐和氧化物而言, 主要的控制因素, 是氧化还原电位(Eh)。沉积活动是在被拦坝隔开海洋、海水不能自由循环的封闭盆地中进行的。在此环境中, Eh在表层为正(氧化), 深部为负(还原), 氢离子浓度从表层的弱碱性变到深处的中性甚至弱酸性。所溶的盐类的浓度也差别很大。由于不断发生的变质作用, 以及后来的氧化作用, 可以根据未氧化的和没有变质的物质来研究其原来的岩相。因为有很多岩石是在海水升降频繁的环境中沉积, 并形成不同矿物的互层; 有些是在与它沉积时的化学环境很不相同的环境中形成的, 受成岩作用发生很大的变化; 有的与沉积时所加入的碎屑物有关。上述四种相中的前三种, 所含矿物在建造中各自成层, 化学环境短期内不发生根本性的变化, 所以即使成互层, 也只限于硫化物和碳酸盐, 或碳酸盐和氧化物, 很少有硫化物和氧化物成互层的情况。硅酸盐通常呈间质物或单独的层夹在硫

化物、碳酸盐或氧化物组成的岩石中, 而以夹在后两者中的最普遍。

1. 硫化物相 其岩性是纹层状至细条带状含黄铁矿的黑色碳质板岩, 没有燧石, 是在海底氧不足条件下由有机质的黑泥生成的。溶在海水中的铁受 H_2S 的影响, 沉淀成硫化物, 硫又主要由细菌将海水中的硫酸盐还原生成的。次要铁矿物为含铁碳酸盐。

2. 碳酸盐相 由薄层状灰色燧石和富铁质碳酸盐的互层组成, 是在还原环境中化学沉积作用形成的。这时氧化含量只能消除大部分有机物质, 但还不能使亚铁化合物氧化。次要矿物有黄铁矿、黑硬绿泥石、水硅铁矿、磁铁矿(赤铁矿很少)。

3. 氧化物相 分两类: 条带状赤铁矿和条带状磁铁矿。前者由赤铁矿与灰色燧石或红色碧玉互层组成; 后者由磁铁矿和不同比例的含铁硅酸盐、碳酸盐与暗色燧石的互层组成。前者是在含氧充足的浅水中成高价铁的含水氧化物沉积生成的, 鲕状构造很普遍; 后者是在轻微氧化到轻微还原环境中生成的。磁铁矿是由于上部氧气充足的带中形成的氧化铁下沉到海底, 因其氧化电位太低, 致使赤铁矿不稳定而变成磁铁矿。

4. 硅酸盐相 分粒状和非粒状两种。前者是纹层状浅绿色至深绿色的岩石, 燧石罕见; 后者为块状深绿色岩石, 夹有燧石和磁铁矿薄层。主要矿物为含铁硅酸盐(水硅铁、土状硅铁矿、黑硬绿泥石)。次要矿物为磁铁矿和碳酸盐, 但共生关系并不固定, 并且常有其它相的矿物(如黄铁矿和赤铁矿)共生。沉淀条件为弱氧化到弱还原的环境。

结论:

1. 对含金石英脉、多金属矿、块状硫化矿周围的原生蚀变晕中, 其 K_2O/Na_2O 比值向着矿体的方向逐渐增大。在有钠长石化时, 情况相反。

2. SiO_2/CO_2 比值, 主要适用于富含Ca—Fe—Mg—Mn的硅酸盐岩石中(超基性、基性和中性火山岩、绿泥石化了的沉积岩等)。当这些岩石有广泛的碳酸盐化时, 比值顺着趋近矿体方向减小。

在花岗状火成岩、硅化沉积岩、花岗岩片麻岩等岩石的蚀变带中, SiO_2/CO_2 比值是不稳定的, 主要是因为, 在这些岩石的围岩蚀变序列中碳酸盐化是次要的。在一些块状硫化矿体的蚀变晕中, 在接近矿体时, SiO_2

含量增加。由于碳酸盐化是次要的, 因此 SiO_2/CO_2 比值在趋近矿体时也增大。碳酸盐岩石的硅化, 如在夕卡岩形成期间或灰岩的低温燧石化, 因此, 在趋近矿体时, SiO_2/CO_2 比值也是增大的。

3. SiO_2 /挥发物总量比值, 在原生蚀变带中是不同的。在所有脉状矿床中趋近矿体时一直减小。在一些块状硫化矿体的蚀变晕中, 由于普遍的硅化, 比值常常增大。

4. 在蚀变带狭窄的矿床中, 在钻探工作中应用这些常量元素比值有困难, 用在蚀变广泛发育的矿床(如斑岩铜-钼矿床)中, 效果可能很好。

欧阳宗圻摘译自: 《Journal of Geochemical Exploration》
1974, No. 3, p. 345~370