

海兰谷斑岩铜矿床中常量元素与挥发性元素的原生分散晕

海兰谷斑岩铜矿床是加拿大的大型斑岩铜矿之一，包括JA、峡谷、洛内克思、海蒙特等四个较大的矿床。矿石总储量在18亿吨以上，Cu品位约为0.4%，MoS₂在0.015~0.051%之间。

该区的地质—地球化学资料较多，本文主要依据欧拉得的报道，就“常量元素与挥发性元素的原生分散晕”问题，综述如下。

一 矿区地质—地球化学特征简述

1. 地质特征 海兰谷斑岩铜矿床产于圭春溪岩基中，岩基为一同心带状深成花岗岩体，侵入于二迭系和三迭系沉积岩与火山岩内，岩基面积约1300平方公里。它可分为4个单元、9个岩相，其中与成矿关系最密切的是（按从早到晚的顺序排列）：G相石英

闪长岩、B相和BK相花岗闪长岩、BS相花岗闪长岩-石英二长岩及斑岩脉。

JA矿床 矿石储量3亿吨，铜品位为0.45%，MoS₂品位0.0017%。矿床产于G相石英闪长岩与B相花岗闪长岩接触带中（图1），矿床中部有一东西向的石英安粗斑岩脉。蚀变分带（自内而外）为：钾化核（绢云母+钾长石±绿泥石+黑云母）、泥化带（绢云母±高岭土±蒙脱石）、青盘岩化带（绿泥石±绿帘石±碳酸盐±沸石）。矿体跨上述三个带。主要矿石矿物为黄铜矿、斑铜矿，次为辉钼矿和黄铁矿。

峡谷铜矿 矿石储量10亿吨，铜品位0.48%，铜矿赋存于BS相花岗闪长岩中，泥化带（绢云母+高岭土）广泛发育，并有晚期石英脉叠加。矿体中部叠加了石英绢云

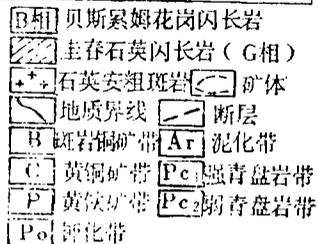
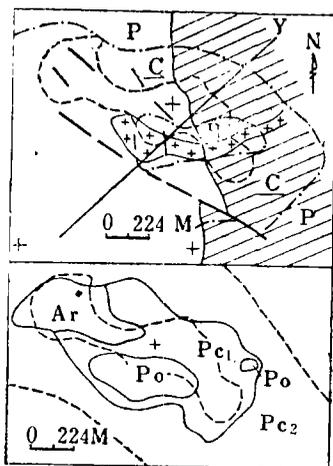


图1

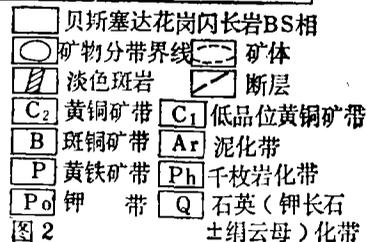
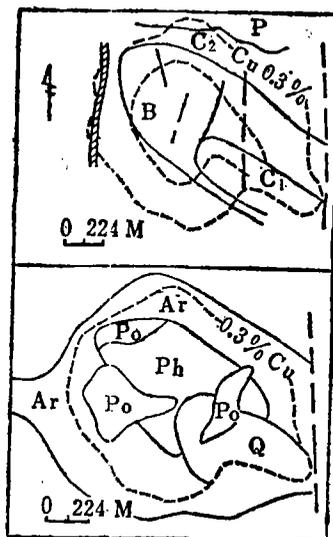


图2

母(千枚岩)化和钾长石蚀变。工业矿体与石英绢云母化关系密切。主要矿石矿物为斑铜矿、黄铜矿,此外还有黄铁矿、闪锌矿、辉钼矿、磁铁矿、镜铁矿等。金属矿物和蚀变分带见图2。

2.地球化学特征 表1为各岩相主要元素含量。①由表1可见,随着岩浆分异程度的增加, SiO_2 和 Na_2O 含量升高, Fe 、 Ca 、 Mg 含量降低,而 K_2O 含量变化不大。②蚀变作用过程中元素的变化见图3与表2。对峡谷

铜矿而言,泥化带中 Si 、 Mg 、 Ca 、 Na 都有不同程度的带出, K 、 S (Ca)带入;在千枚岩化和钾化带中, Mg 、 Ca 、 Na 、 Al 带出, Si 、 K 带入, Fe 的带出带入似乎是平衡的。对JA矿床而言, K_2O 在钾化带带入、在千枚岩化和青盘岩化带带出; Na_2O 、 CaO 、 SiO_2 在所有蚀变带均带出; MgO 、 Fe_2O_3 在青盘岩化带带入,在其他两个带带出; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 在钾化带最高。

各岩相主要元素含量(%)

表1

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3^*	SiO_2
G相	1.99	4.06	5.15	2.31	5.04	62.24
B相	1.83	4.52	4.05	1.31	3.35	66.04
BS相	1.96	4.83	2.83	0.54	1.91	69.79
石英粗安斑岩脉	2.08	4.74	2.12	0.34	1.17	73.14

*由全铁换算为 Fe_2O_3 。

JA各蚀变带常量元素含量(%)

表2

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3^*	SiO_2	$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$
青盘岩化	1.77	4.42	3.17	1.97	4.09	61.05	0.41
泥化	1.62	3.92	2.83	1.19	2.90	62.17	0.41
钾化	3.84	2.91	1.48	0.74	1.86	65.08	1.32
总样	1.91	4.27	2.82	1.41	3.31	62.34	0.49

*由全铁换算为 Fe_2O_3 。

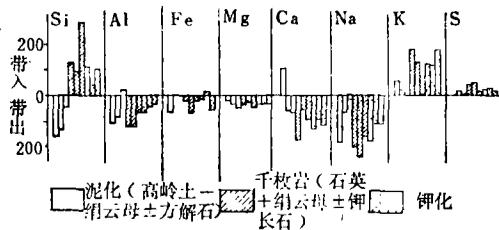


图3 峡谷铜矿各蚀变带主要元素的带出、带出图

二 常量和挥发性元素的原生分散晕特征

1.常量元素 常量元素的原生分散明显受热液蚀变-矿化作用的控制。由图4、图5可见, K_2O 含量从矿体外围向强蚀变的矿化中心逐渐升高。峡谷铜矿 $\text{K}_2\text{O} > 3.1\%$ 的

范围和JA矿床 $\text{K}_2\text{O} > 2.1\%$ 的范围包括了矿床的大部分。

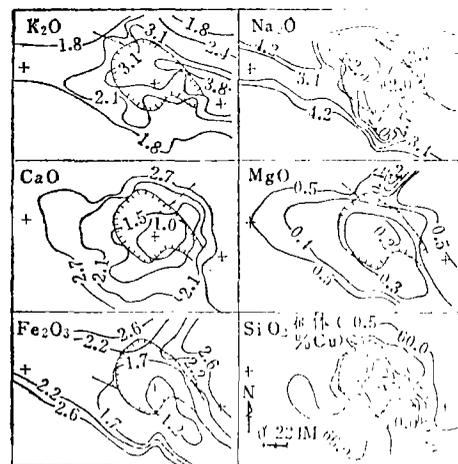


图4 峡谷铜矿3600米中段中常量元素异常分布图

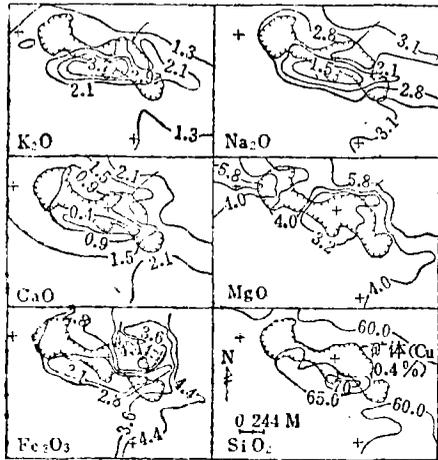


图5 JA 2800水平中段中常量元素异常分布图

JA矿床 K_2O 最大含量范围($>2.1\%$)似乎与斑岩体的分布一致。Cu与 K_2O 存在明显地正相关,峡谷铜矿 $Cu-K_2O$: $\gamma = 0.52$, JA矿床 $\gamma = 0.43$ 。 Na_2O 和CaO在矿带中心低,外围高。蚀变越强, Na_2O 带出越多。峡谷铜矿 $Na_2O < 2.7\%$ 和JA矿床 $Na_2O < 2.8\%$ 的范围均很好地反映了强蚀变带及矿化带的范围。JA矿床尽管晚期含Na的沸石脉之存在对异常形态有一定影响,但总的趋势不变。 K_2O/Na_2O 比值从矿带外围向中心逐渐增高。Ca、Mg在蚀变过程中被带出,在矿带中心形成低值异常,即从矿带(或强蚀变中心)向外围含量逐渐升高。峡谷铜矿在 $CaO < 2.1\%$ 、 $MgO < 0.4\%$ 和JA矿床 $CaO < 0.9\%$ 、 $MgO < 3.2\%$ 的范围均能反映矿带。虽然 Fe_2O_3 受岩石中原始Mg、Fe含量影响较大,但从宏观上看, Fe_2O_3 的低值区仍可反映出矿带所在的部位。 SiO_2 的分布,在峡谷铜矿从矿带外围至中心,明显地由60%增至72%;而在JA矿床不甚明显,尽管亦有增高。 SiO_2 的最高含量带出现在斑岩脉上。

讨论 上述常量元素分带模式表明,海兰谷斑岩铜矿床中常量元素的原生晕主要受热液蚀变—矿化作用的控制。岩石在蚀变交代作用过程中,矿物与化学成分都不同程度地发生了变化。随着蚀变强度的增加, K_2O 含量增加而 Na_2O 、CaO逐渐降低,主要表

现是:斜长石被绢云母、含钾粘土和钾长石交代, K_2O 带人, Na_2O 、CaO带出。镁铁矿物,特别是黑云母被绿泥石交代及绿泥石进一步绢云母化, Mg、Fe带出,活化转移,淋滤出来的Fe可能进入伴生的硫化物。

2.挥发性元素的原生分散模式 JA矿床Hg、全Cl、F、S、水提取Cl、B在矿带上均有明显异常(图6),一般从矿带外围向中心逐渐增高,异常走向与矿带走向一致。Hg >30 ppb、全Cl >300 ppm、水提取Cl >12 ppm、S $>0.4\%$ 的范围均可包围矿带的大部分。F异常分布于矿带北部东和部G—B相接触带的强矿化带上。F的高含量可能与富Mg、Fe的G相花岗闪长岩及晚期磷灰石、磷灰石有关。B >19 ppm的范围亦可包括矿带的大部分,岩石成分可能对B异常有影响。

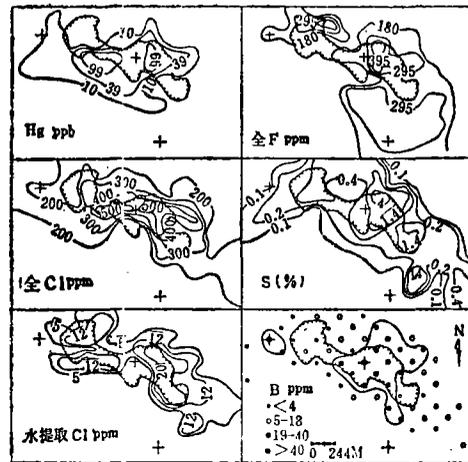


图6 JA矿床挥发元素分布图

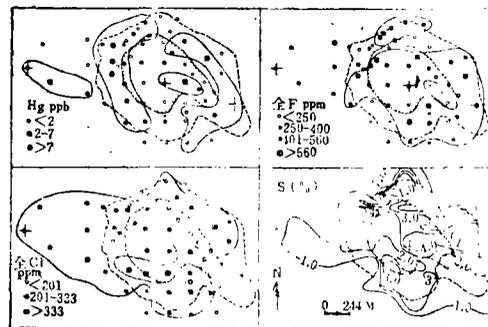


图7 挥发元素分布图

在峡谷铜矿只有S有明显异常，与JA矿床特点一样。而Hg、Cl、F、B异常不太明显（图7）。Hg在峡谷铜矿含量低、异常不太明显的原因可能是：①其形成温度高（液包裹体测温 $>350^{\circ}\text{C}$ ）、Hg大量挥发，故在矿体上异常不太明显，而在矿体外围构成呈断续环状的弱异常（见图7右上角）。JA矿床形成温度低（有大量沸石出现），所以有Hg异常出现。②蚀变矿物为细粒粘土和绢云母，不易保存Hg。而JA矿床蚀变矿物为粗粒钾长石和绿泥石，有利于Hg的保存。JA矿床K与Hg呈正相关（ $\gamma=0.6$ ）。

峡谷铜矿全Cl虽高，但变化规律不明显，可能与强化化—千枚岩化蚀变或Cl的挥发、液包裹体盐度低等有关。

B在海蒙特和洛内克思矿带出现明显异常（图8）。这两个矿区都存在与矿化有关的含黑电气石角砾岩筒。怀特认为，这种角砾岩筒是次火山爆发造成的，近地表出现斑岩也与此有关。因此，B异常可能是在浅成火山环境下由围岩的晚期矿化引起的。

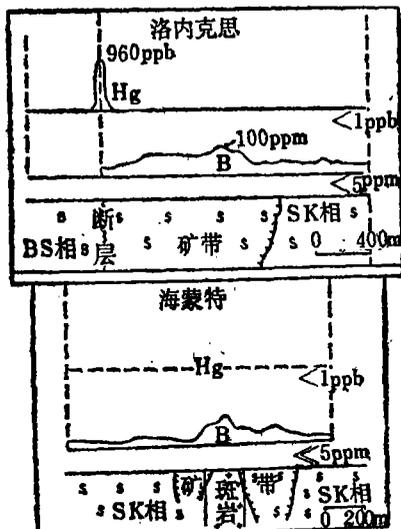


图8 洛内克思和海蒙特矿床B、Hg异常剖面图

结 论

常量元素的地球化学分散模式适用于产生在花岗状岩石、蚀变矿物以钾长石和绢云母占优势的类似矿床。以安山岩为围岩的斑岩铜矿蚀变矿化带一般是钠长石占优

势，故很可能富 Na_2O 而 K_2O 含量相对较低。

对斑岩铜矿进行地球化学详查时，应用常量元素晕和 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值是可行的，在许多方面比定量矿物学方法优越。如以原子吸收或X射线荧光光谱测定常量元素，方法简便、迅速，数据也易于定量化和快速处理。但是，博伊尔强调指出：常量元素晕实际上仅指示矿化或热液活动，而不指示矿体；常量元素晕的应用，最有利的是可对矿化带周围蚀变序列进行定向（位）的研究。

2. 挥发性元素 S异常是在所研究的矿床里之挥发性元素中具有明显的、一致的、宽阔的原生晕。因此，对斑岩铜矿床进行详细地球化学勘探时，S可以广泛应用。

B异常可指示临近斑岩的、与角砾岩筒有关的矿床。由此可进一步推知，因为热液角砾岩与某些次火山岩斑岩铜矿有关，挥发性元素向外释放到斑岩系顶部引起B的渗滤异常可能提供找盲矿的信息。

斑岩铜矿成矿环境中Hg的分散晕看来受成矿温度和特定围岩蚀变的影响。在寻找JA型低温斑岩铜矿时，Hg的渗滤晕将是有益的。但需研究确定斑岩铜矿矿石中Hg的含量及其化合物的特点。

最后，编译者就Cl讨论如下：Cl在JA矿带上有较好的异常，原作者认为在峡谷铜矿上没有规律。但就我们所获资料分析，Cl在矿化带上亦有增高的趋势，尽管不如JA矿床上明显。F在峡谷铜矿上也有类似的分布。鉴于已有人通过试验研究认为，斑岩铜矿中Cu是以 CuCl 形式迁移的，据F的地球化学性质推测，Cu也可能以F的络合物形式迁移。因此，必须进一步研究F、Cl在成矿作用过程中的行为及其形成异常的条件，以便确定其在找矿中的作用。

〔李惠据国外有关文献编译，

欧阳宗圻校阅〕

