

金属成矿的封闭开放条件及识别标志

赫 英* 王 新

(西北大学地质系, 西安)

提 要: 本文主要根据 作者的研究成果, 结合国内外有关资料讨论了金属成矿的封闭开放条件、类型及其地质与地球化学判别标志。

关键词: 金属成矿 封闭开放条件

尽管林格仑热液矿床分类的浅成和深成之说似乎对金属成矿的封闭开放条件已有所考虑。很多矿床学家在实际工作中也意识到这个问题。但长期以来这个虽老但很重要的科学问题毕竟未引起足够的重视和研究。部分原因可能是它的定量比较困难。人们在研究一个矿床时, 常常把比较多的精力放到温压条件的确定上, 这无疑是很必要的。但是, 这些温压条件是成矿系统处于平衡状态下的条件, 并不反映伴随封闭开放条件的变化含矿流体的动力学。

成矿的封闭开放条件, 主要受压差以及压差变化的时间来控制。压力的降低会引起运移流体中矿质的分异、矿质溶解度的降低和含矿络合物的分解而导致矿质的沉淀。矿质的沉淀大致有 2 种情况: ① 矿质在静止的介质中沉淀; ② 矿质在运动的介质中沉淀。

(1) 矿质在静止的介质中沉淀, 压差可以有 3 种情形:

① 流体运移后成矿时流体的压力和上覆岩层压力是平衡的, 此时测得的压力可以代表上覆岩层的压力。

② 流体运移后成矿时流体的压力大于上覆岩层压力, 但尚不能使岩层破裂, 此时测得的压力不能代表上覆岩层压力, 实际的上覆岩层压力可能要小得多。

③ 流体运移后成矿时流体的压力等于大气压或海(湖)底的水压。

(2) 矿质在运动的介质中沉淀的压差, 一般是由于有稳定的热源驱动, 在连通裂隙的系统中形成含矿流体环流, 当矿质聚集到一定程度时从系统中溢出而沉淀, 过程类似于流态化工艺中的溢流管。压差变化的时间是成矿的封闭开放条件另一重要控制因素。与侵入岩有关的矿床和与火山岩有关的矿床在许多特征上的差异性众所周知。前者的成矿时间可达几百万年至几十百万年, 而后者就要少得多了。再如含矿的地幔流体, 可以直接喷出至地表, 形成金伯利岩和金刚石, 也可以通过纳米成矿作用, 在长期的地幔去气过程中形成微细浸染型金矿床, 等等。

压力梯度的大小决定了矿石的粒度和矿石矿物沉淀的范围以及矿石的其他构造、结构特点。在压力梯度较小的情况下可形成粗粒—巨粒的矿石矿物组合; 而在压力梯度较大的情况下则形成细粒矿物组合。如在俄罗斯乌拉尔新发现的托明铜矿中。铜的硫化物矿石就呈极细的肉眼看不见的微细浸染网脉出现^[14,15]。

现以西华山一大龙山钨矿田为例说明一些可以反映金属成矿的封闭开放条件及其程度的

* 赫英, 男, 54 岁, 教授, 从事矿床与地球化学的教学与研究。邮政编码: 710069

特征。

(1) 西华山、木梓园和大龙山由 SW 向 NE 分别是与一个 NE 向延展的燕山期花岗岩基 3 个突起有关的钨矿床^[1]。由 SW 向 NE 随花岗岩顶板标高的渐次降低, 与成矿有关的渗浸花岗岩逐渐向花岗岩顶部推进, 而矿化亦由内接触带型(如两层矿化^[9])向外接触带型演化(如五层楼^[8]), 矿化的顶端大致在同一标高上。这种情况应是封闭成矿作用的反映, 其原理可用 U 型管来解释。成矿时含矿流体浸泡于渗浸花岗岩^[4,13]粒间, 整个西华山—大龙山构成一 U 型管。由于西华山液柱高而大龙山液柱低形成压差, 导致大龙山花岗岩中的含矿流体向上进入围岩的裂隙中直至与西华山达同一水平。

(2) 西华山钨矿有矿脉 600 余条, 其走向主要有 NEE 向和 NW 向—近 EW 向两种, 后者的数量较少, 但其 10 余条富矿脉, 却集中了全矿储量的一半。结构面力学性质的研究表明, NEE 向主要是压扭性的, 而 NW 向矿脉主要是张扭性的。这可以认为是成矿时开放程度不同导致矿化贫富不同的结果。

(3) 不同元素在压差驱动下运移的时间和距离是不同的。如与岩浆有关的矿床中, 基性、超基性岩岩浆 Si 质少而薄, 派生出以 Na 质为主的成矿流体运移距离较远(10 km 乃至数十公里), 成矿作用可滞后于岩浆结晶期数亿年。酸性岩浆含 Si 多而较为浓厚, 派生出碱质(K、Na、Rb)流体运移距离较近(不超过 10 km), 成矿作用滞后于岩浆结晶期多在 1 亿年以内^[2]。西华山与成矿有关的渗浸花岗岩(中粒浅色花岗岩)的 Rb-Sr 年龄为 $(142.2 \pm 3) \times 10^6$ a。矿化的 Rb-Sr 年龄为 $(139.8 \pm 4.5) \times 10^6$ a^[5]。在误差范围内基本一致。尽管后者略显年轻, 亦可说明西华山是在封闭条件下成矿。

(4) 西华山的脉旁蚀变主要有红长石化、云英岩化及硅化等, 它们明显受裂隙控制, 是岩浆演化一定阶段封闭开放条件发生变化的产物。其中, 红长石化和云英岩化总是形影相随, 二者的形态和分离程度, 可作为封闭开放程度的标志, 如在 632 中段, 可见到一些矿脉穿切似斑状中粒黑云母花岗岩(岩浆花岗岩)和中粒浅色花岗岩(渗浸花岗岩)的界面。当矿脉的脉幅较小时, 脉旁蚀变呈现对称的形状, 即界面上方为开口向上的抛物线型并出现显示水分不足的内钾化带, 而界面下方为开口向下的抛物线型且云英岩集中于蚀变带之内; 当矿脉的脉幅较大时, 脉旁蚀变呈现高脚杯的形状, 即云英岩聚集于上部, 下部出现内钾化带并有少量云英岩见于外带^[3]。

(5) 逆向分带、正向分带和对称分带可以反映封闭开放的程度。一般说来, 在一些相互间有联系的矿床中, 逆向分带和其中逆向分带比较发育的对称分带, 代表较封闭的成矿环境。如西华山 299 号矿脉以似斑状中粒黑云母花岗岩(岩浆花岗岩)和中粒浅色花岗岩(渗浸花岗岩)的界面为准, 向上和向下分别出现黑钨矿(硅铍石、石榴石、绿柱石)-黑钨矿(辉钼矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉铋矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂等)和黑钨矿(绿柱石)-黑钨矿(辉钼矿、辉铋矿)-黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等的对称分带(逆向分带比较发育); 而正向分带和其中正向分带比较发育的对称分带, 代表较开放的成矿环境。如大龙山以花岗岩和浅变质围岩间的界面为准, 向上和向下分别出现黑钨矿(锡石)-黑钨矿(辉钼矿、磁黄铁矿)-黑钨矿(黄铁矿、辉铋矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、辉铋矿)的对称分带(正向分带比较发育)^[12,16]。

(6) 岩浆花岗岩和渗浸花岗岩的界面作为隔挡层对于封闭、聚集成矿物质有重要作用。

在西华山矿脉的展布明显受似斑状中粒黑云母花岗岩（岩浆花岗岩）和中粒浅色花岗岩（渗浸花岗岩）的界面控制，而富矿亦聚集于这个界面附近。品位达2%左右。而由此向上或向下，矿石品位则明显降低。

(7) 近来国内外的研究表明^[10,11]，氢、碳等稳定同位素是研究系统封闭性的有效手段。与成矿有关的岩浆去气作用可分为两种模式：其一为封闭体系岩浆去气，水由岩浆中分离出来成为自由水。由于体系封闭，水没有逸出，与岩浆达到同位素平衡。其特征是同位素比值变化较小并只受岩浆残余水控制；其二为开放体系岩浆去气，压力骤降水由岩浆中分离出来成为自由水由体系逸出，与岩浆达到同位素平衡。其特征是同位素比值变化较大并不受岩浆残余水控制。在西华山，似斑状中粒黑云母花岗岩（岩浆花岗岩）石英中包裹体氢同位素和水含量^[6,7]分别为-59‰和0.450%，中粒浅色花岗岩（渗浸花岗岩）石英中包裹体氢同位素和水含量分别为-72‰~-64‰和0.361%，显示氢同位素比值变化较小并受岩浆残余水控制，应是封闭体系岩浆去气的特征。而NWW-近EW向矿脉与NEE向矿脉相比，其氢同位素变化范围较大（分别为-14‰~-108‰和-49‰~-67‰），反映前者有相对更高的开放度，与上述两类矿脉的结构面力学性质一致。

研究金属成矿的封闭开放条件时，对地质环境进行综合分析是非常重要的。对一些开放型矿床，如汞、锑和一些金矿床，它们大多受深大断裂控制，除基性、超基性岩外，难以见到其他岩浆岩（与火山岩有关的矿床除外）。对于半开放一半封闭矿床，如一些斑岩、夕卡岩型铜、锌矿床，它们也常受深断裂控制并与中性、中酸性岩有密切联系；对于半封闭一半开放型矿床，如一些与类花岗岩有关的锡、铅、锌矿床，则与酸性岩有空间关系，但岩体较小；而封闭型矿床，如伟晶岩矿床和一些与花岗岩有关的钨、钼矿床，多与稍大一些的小岩体如岩株有关。

在实际找矿中，成矿封闭开放条件及其程度的研究是很重要的。例如，在什么条件下矿化（如石英脉矿床、夕卡岩矿床等）赋存于岩体内，什么条件下在岩体外？哪些元素在哪些地段可以达到最大的富集？以及矿化头尾的确定等等。当然，这些问题目前研究得还远远不够，进一步详细研究其细节，例如成矿时的古构造应力场、流体运移的动力学系统以及矿质沉淀时流体压力的不均一性及其引起的复杂分带现象等等，确是很有必要的。

参 考 文 献

- 1 郭文魁. 西华山钨矿床的金属矿化作用. 矿床地质, 1983, 2 (2): 1~11.
- 2 郭文魁. 论成矿作用在构造-岩浆活动中的地球化学演化特征. 地学研究, 1997, (29~30): 5~42.
- 3 赫英. 西华山钨矿红长石化蚀变主要特征. 矿床地质, 1985, 4 (1): 39~46.
- 4 赫英. 渗浸花岗岩及其找矿意义. 中国地质科学院地质研究所所刊, 1997, (29~30): 96~102.
- 5 李华芹, 刘家齐, 魏林. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用. 北京: 地质出版社, 1993, 31~46.
- 6 李兆麟, 赵梅芳, 蒋浩深等. 某些稀有、有色金属矿床及花岗岩中包裹体微量气体色谱分析研究. 地质与勘探, 1980, 16 (9): 9~13.
- 7 穆治国, 黄复生. 漂塘—西华山石英脉型钨矿床碳、氢和氧稳定同位素研究. 见书刊编辑室编: 国际钨矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 1983, 153~169.
- 8 山峰. 某石英细脉带型钨锡矿床地质特征. 地质学报, 1976, 51 (1): 1~16.
- 9 王泽华, 周玉振. 西华山矿床两层矿化特征及成矿模式. 见: 书刊编辑室编: 国际钨矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 1983, 197~205.

- 10 Zheng Y F. Mantle degassing and diamond genesis: a carbon isotope perspective. *Chinese J. Geochem.*, 1994, 13: 305~36.
- 11 Blank J G, Delaney R N, Des Marais D J. The concentration and isotopic composition of carbon in basaltic glasses from the Juan de Fuca Ridge, Pacific Ocean. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1993, 57: 875~887.
- 12 He Ying. The zoning of the Xihuashan tungsten deposits, *Journal of Northwest University*, 1994, 24 (Special): 326~330.
- 13 He Ying. Medium-grained granite and its relationship to mineralization in Xihuashan, 1996, *Scientia Geologia Sinica*, 5 (1): 25~39.
- 14 Овчинников Л Н. Прогноз Рудных Месторождений. Москва: Недра, 1992, 151~156.
- 15 Хэ Ин. Два типа гранитов в гранитном массиве Сихуашань. *Геология и разведка*, 1995, 2: 145~146.
- 16 Хэ Ин. Региональная, промежуточная и локальная зональности Au, Mo, W, Sn-оруденений на примере рудных районов России и Китая, *Геология и Разведка*, 1998, 1: 154~156.

<http://www.kcdz.ac.cn/>