

## 车户沟斑岩钼（铜）矿成矿流体特征

段晓侠，曾庆栋，褚少雄

（中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029）

车户沟斑岩型钼（铜）矿床位于华北克拉通北缘，赤峰-朝阳断裂南侧边部，是近年来发现的西拉沐伦多金属成矿带中的一个典型矿床（曾庆栋等，2009）。矿化类型包括：细脉浸染状、隐爆角砾岩状、热液脉状钼（铜）矿化。矿化分布受花岗斑岩体和隐爆角砾岩发育控制。矿石中主要金属矿物为辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿等；脉石矿物有石英、长石、绿泥石和萤石等。围岩蚀变比较普遍，矿体中心向外依次减弱。矿体附近，主要为硅化、钾长石化、绢云母化、粘土化，向外变弱为绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化，萤石化等。矿化和硅化，绢云母化关系密切。

根据矿物共生组合及其生成顺序、矿石组构和脉体穿插关系，成矿作用从早到晚分为 4 个阶段：① 辉钼矿+黄铁矿+石英阶段；② 黄铜矿+黄铁矿±辉钼矿+石英；③ 黄铁矿+石英阶段；④ 石英+萤石+碳酸盐阶段。本次测试样品属于阶段一和阶段三，分别代表成矿早期和晚期。

测试各期石英脉 O 同位素组成并根据同位素平衡公式  $1000\ln\alpha_{\text{石英-水}}=3.38\times10^6/T^2-3.40$ （Clayton et al., 1972）以及各阶段包裹体均一温度平均值计算获得流体 O 同位素，直接测试包裹体得到流体 H 同位素组成。早期流体  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}=-3.157\text{‰}\sim1.494\text{‰}$ ， $\delta\text{D}=-101.917\text{‰}\sim-76.28\text{‰}$ ；晚期流体  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}=-5.756\text{‰}\sim-2.930\text{‰}$ ， $\delta\text{D}=-95.349\text{‰}\sim-83.09\text{‰}$ ；投到  $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$  判别图上（图 1）发现成矿流体投影点均落入大气水与岩浆水混合区域。早期阶段更靠近岩浆水，而晚期向大气水区域偏移，这可能是隐爆角砾岩构造等导致后期成矿体系开放，大气水混入并发生水-岩交换反应，导致成矿流体氧同位素降低。另外从图 2 可以看出，车户沟氧同位素相对富 F 型钼矿（Climax, Questa 等）而言， $\delta^{18}\text{O}$  明显偏小， $\delta\text{D}$  偏大，可能的解释是，随着岩浆降温结晶作用的进行，岩浆水和岩浆岩间不断进行同位素交换，长石等富  $^{18}\text{O}$  的架状，层状硅酸盐矿物晶出会使得岩浆水  $^{18}\text{O}$  逐渐降低。车户沟钼矿可能是成矿温度偏低，热液出溶较晚，同位素交换比较彻底，所以  $\delta^{18}\text{O}$  较低。

主成矿期（早期阶段）包裹体类型多样，发育含  $\text{CO}_2$  三相（ $\text{LCO}_2+\text{VCO}_2+\text{LH}_2\text{O}$ ）包裹体、含子晶三相包裹体（ $\text{V}+\text{L}+\text{S}$ ）、富气水溶液包裹体（ $\text{V-L}$ ）和富液相水溶液包裹体（ $\text{L-V}$ ），均一温度峰值为  $230\sim400^\circ\text{C}$ ，盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  分布明显分为两端员： $1.23\%\sim12.85\%$  和  $31.14\%\sim64.33\%$ （褚少雄，2010）。小视域范围内可观察到气相包裹体与气液两相、含子矿物三相（ $\text{V}+\text{L}+\text{S}$ ）包裹体共存的现象，不同类型的包裹体具有相近的均一温度说明流体经历了沸腾现象（卢焕章等，2004），流体不混溶使均匀的热液分异为不同盐度、不同类型的包裹体，其中含石盐子晶包裹体代表高温高盐度流体，而含  $\text{CO}_2$  包裹体代表低盐度流体。早期阶段成矿流体具有高温，高盐度、含  $\text{CO}_2$  的特点，成矿流体属于  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$  体系，发育钾化，绢云母化等高温蚀变带，流体沸腾（不混溶）对成矿物质沉淀起重要作用。

成矿晚期包裹体类型只存在富气水溶液包裹体（ $\text{V-L}$ ）型和富液相水溶液包裹体（ $\text{L-V}$ ），不发育含

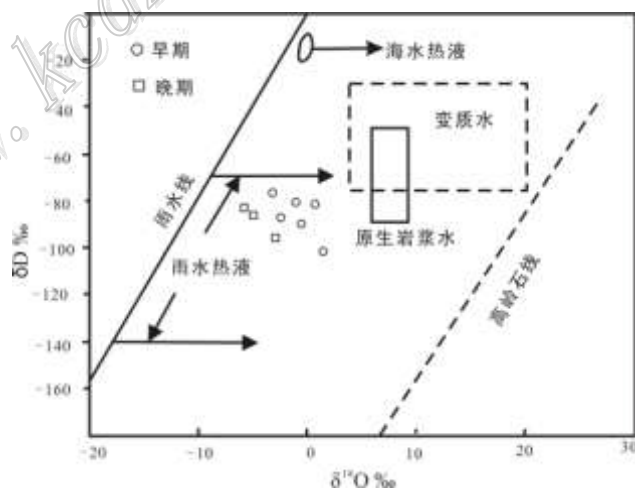


图 1 成矿流体 H-O 同位素判别图解（据 Taylor, 1974）

CO<sub>2</sub> 包裹体, 均一温度为 120~230℃, 盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  介于 1.05%~21.47% (褚少雄, 2010)。由于晚期大气水的混入, 流体显示出低温, 低盐度, 贫 CO<sub>2</sub> 气相包裹体特征, 属于 H<sub>2</sub>O-NaCl 体系, 主成矿期的减压沸腾导致挥发份 (CO<sub>2</sub> 等) 逸散, 所以晚期不发育含 CO<sub>2</sub> 包裹体。也正是由于大气水的混入, 围岩蚀变表现出低温的青磐岩化, 粘土化叠加到早期蚀变带。大气水和岩浆水的混合和冷却作用是晚期金属沉淀的主要机制。

车户沟钼矿与其他钼矿床对比可以看出其主成矿期的 H, O 分布与产于大陆内部碰撞带的金堆城钼矿有重叠, 有一定可比性, 与产于俯冲带的 Climax 钼矿有明显差异。另外包裹体证据显示的早期高温高盐度富 CO<sub>2</sub> 的流体特征, 这些也符合大陆碰撞体制下的高温浆控热液矿床特点 (陈衍景等, 2009)。据此推测车户沟形成于印支早期 (256 Ma, Wang, 2009) 华北与西伯利亚陆陆碰撞的大环境, 而非典型的岩浆弧环境。

车户沟成矿流体演化可分为早晚两个阶段, 早阶段高温高盐度富 CO<sub>2</sub> 流体, 经过流体不混溶沉淀大量成矿物质, 热液交代产生高温蚀变带, 并导致挥发份如 CO<sub>2</sub> 等散逸, 晚期阶段由于大气水的加入和岩浆上升冷却过程, 流体向低温低盐度, 贫 CO<sub>2</sub> 方向演化, 并通过水岩反应反映到蚀变带和氧同位素的迁移上。

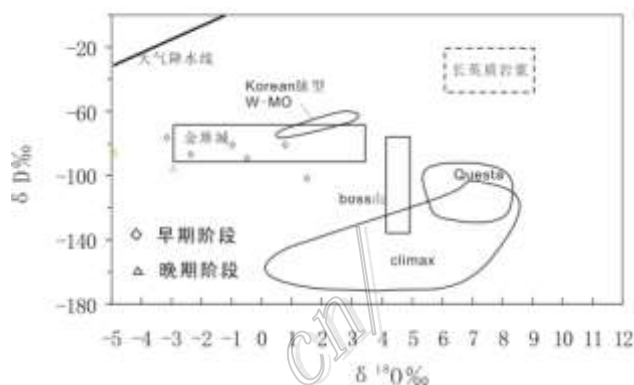


图 2 各钼矿成矿流体 H-O 分布对比  
(据 Ross et al., 2002 修改)

## 参考文献

- 陈衍景, 李 诺. 2009. 大陆内部浆控高温热液矿床成矿流体性质及其与岛弧区同类矿床的差异[J]. 岩石学报, 25 (10): 2477-2508.
- 卢焕章, 范宏瑞, 倪 培, 等. 2004. 流体包裹体[M]. 北京: 科学出版社. 1-487.
- 曾庆栋, 刘建明, 张作伦, 等. 2009. 华北克拉通北缘西拉沐沦钼多金属成矿带钼矿化类型、特征及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 25(5): 1225-1238.
- Bo W and Ernst H. 2009. Rb-Sr Geochronology of Chalcopyrite from the Chehugou Porphyry Mo-Cu Deposit (Northeast China) and Geochemical Constraints on the Origin of Hosting Granites[J]. Econ. Geol., 104: 351-363.