

# 内蒙古东乌旗迪彦钦阿木钼矿成矿流体氧逸度特征及地质意义\*

孙海瑞<sup>1,2,3)</sup>, 黄智龙<sup>4)</sup>, 吕志成<sup>1,3)</sup>, 于晓飞<sup>1,3)</sup>, 李永胜<sup>1,3)</sup>, 公凡影<sup>1,3)</sup>, 杨松学<sup>5)</sup>

1) 中国地质调查局发展研究中心, 北京, 100037; 2) 中国地质大学, 北京, 100083;

3) 国土资源部矿产勘查技术指导中心, 北京, 100020;

4) 中国科学院地球化学研究所, 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550081;

5) 锡林郭勒盟金仓矿业有限责任公司, 内蒙古东乌珠穆沁旗, 026300

**关键词:** 高氧逸度; 迪彦钦阿木钼矿; 内蒙古

迪彦钦阿木钼多金属矿床位于内蒙古自治区锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗辖区内, 是最近发现的远景储量达大型的钼矿床, 其钼金属量 0.7923Mt (Mo 平均品位 0.099%)。目前, 关于该矿床的成矿地质特征、成矿年代、成矿物质来源、成因类型和成矿动力学背景等方面已有深入研究 (聂秀兰和侯万荣, 2010), 这些工作对认识该矿床成因及找矿预测起到很大帮助。但是, 作为岩浆热液矿床的重要成矿介质, 成矿流体的研究却显得较为薄弱, 其中, 成矿流体的氧逸度条件对于成矿作用起到至关重要的作用, 具有重要的研究意义。因此, 本次本文通过岩相学和矿相学研究, 深入剖析了成矿流体的氧化还原条件, 并对成矿流体的演化特征提出进一步的信息。

## 1 地质特征

内蒙古东乌珠穆沁旗 (以下简称东乌旗) 地区构造位置位于西伯利亚板块东南缘的查干敖包-奥尤特一朝不愣古生代构造岩浆带、大兴安岭北段晚古生代增生造山带, 古生代受华北地台、西伯利亚板块的多次俯冲、碰撞和对接作用影响, 研究区古生代火山-沉积岩分布比较广泛; 中生代时受到滨西太平洋板块和蒙古-鄂霍茨克洋板块的强烈影响, 区内构造演化复杂, 断裂发育, 岩浆活动类型多样, 具有良好的成矿地质条件 (贾斌等, 2012)。晚古生代花岗岩类侵入岩最为发育, 并且与金属矿

床(点)具有密切的时空分布关系 (聂凤军等 2007), 如阿尔哈达中温热液型铅锌银矿、查干敖包砂卡岩型铁锌矿, 此外还有众多铅锌银矿点的发育。

迪彦钦阿木钼矿区内出露的地层主要有中奥陶统多宝山组 and 上石炭统宝力格庙组以及上侏罗统查干诺尔组地层。晚侏罗世查干诺尔组为该区钼矿的主要赋矿围岩, 岩性主要为火山角砾岩、凝灰岩、安山岩、英安岩, 为中基性-酸性熔岩及火山碎屑岩组合, 形成了巨厚的火山沉积物, 仅在北部及南部见小面积出露, 主要分布于矿区南部洼地中, 在矿区呈 NNE 向带状分布。矿区东部约 10 km 处见有大面积花岗岩体, 矿区范围内并无侵入岩出露, 但钻探工程揭露深部可见隐伏斑状花岗岩体。地质特征、辉钼矿 Re-Os 年代学、矿区隐伏花岗岩锆石 U-Pb 年代学以及和矿床地球化学证据表明, 辉钼矿化与隐伏花岗岩侵位时间一致 (闫浩等, 2012), 建立了矿区岩浆活动与辉钼矿化的成因联系。

## 2 成矿流体氧逸度特征及地质意义

笔者在研究迪彦钦阿木钼矿时, 首次发现了可靠记录岩浆初始流体的单向固结结构 [Unidirectional Solidification Texture (UST)], 由梳状石英和细晶岩交替成层组成 (图 1a), 是迪彦钦阿木矿床岩浆热液流体出溶的标志。另外, 在细晶花岗岩中见到呈放射状的“蠕虫状石英”, 并且可见大量石英包围钾长石核心呈放射状分布。Candela

\*注: 本文为中国地质调查局项目 (编号: DD20160050) 资助的成果。

收稿日期: 2016-07-10; 改回日期: 2016-09-20; 责任编辑: 费红彩。 Doi: 10.16509/j.georeview.2016.s1.061

孙海瑞, 男, 1987 年生。博士后, 主要从事岩浆热液矿床研究。Email: hairuisun@126.com。

(1997) 指出, 这种骨骼(蠕虫)状石英, 是挥发分饱和条件形成的一种不平衡增长结构, 是挥发分饱和的重要证据。从而, 建立了岩浆演化到热液流体出溶的成因框架。据 Ishihara (1977) 对花岗岩的分类, 迪彦钦阿木矿区花岗岩为磁铁矿系列 I 型花岗岩, 与世界上典型斑岩型钼矿有关花岗岩相似 (Sinclair, 2007)。在矿区的热液矿物中, 磁铁矿分布广泛。在流体演化的早期阶段, 常可见到磁铁矿

与钾长石、石英紧密共生的现象, 局部可见磁铁矿与辉钼矿以及褐帘石共生。另外, 主成矿期石英流体包裹体中常可见到有金属氧化物的子矿物的晶出(图 1b)。随着流体的演化, 存在钛铁矿被黄铁矿包裹的现象(图 1c), 并且磁铁矿逐渐在热液矿物中消失。总体可以看出, 从岩浆到热液阶段的早期, 研究区岩浆—热液体系呈现较高的氧逸度特征, 到后期有降低的趋势。

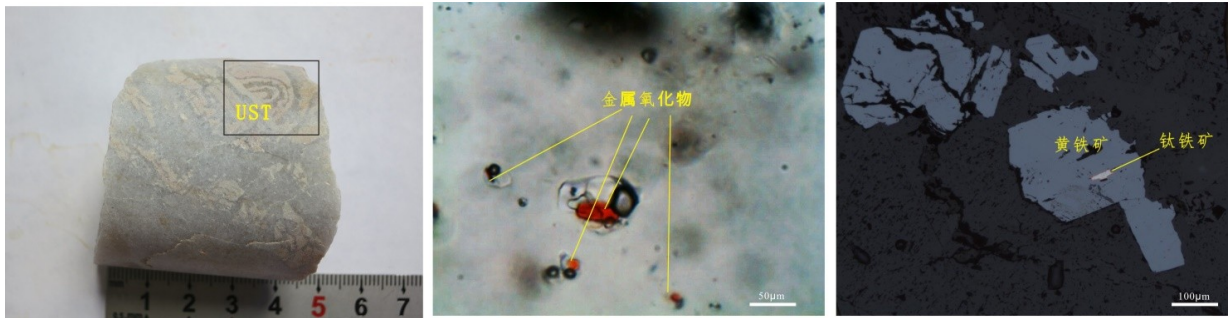


图 1 内蒙古迪彦钦阿木钼矿岩石及显微照片

已有研究表明, 高氧逸度特征是斑岩型矿床的重要特征之一, 其对于斑岩成矿体系非常重要。首先, 在低氧逸度条件下, S 在熔体中主要以硫化物形式存在, 其溶解度一般低于  $1000 \times 10^{-6}$ ; 而在高氧逸度条件下, S 在熔体中主要以硫酸盐的形式存在, 其在熔体中的溶解度可以达到  $\sim 9000 \times 10^{-6}$  或更高 (Zhang et al., 2013)。再者, 高的氧逸度条件可以降低源区硫化物的残留, 从而提高熔体在初始阶段的成矿潜力 (Sun et al., 2004, 2013); 此外, 高氧逸度条件下 S 在岩浆中主要以硫酸盐的形式存在, S 在岩浆中是不饱和的, 这有助于降低岩浆演化阶段 S 的损失 (Mungall, 2002; Jugo et al., 2010)。因此, 高氧逸度条件可以促进岩浆为岩浆热液成矿阶段提供充足的 S 源, 并对岩浆阶段成矿元素的分配行为有重要的制约作用, 特别是对提高岩浆中 Mo 的溶解度有促进作用 (Blevin, 2004)。斑岩型铜金矿床的研究表明, 成矿流体中氧逸度的变化是导致矿石沉淀的主要原因 (Sun et al., 2013), 迪彦钦阿木矿床成矿前以及成矿早期阶段发育金属氧化物和磁铁矿, 指示流体处于高氧逸度的氧化环境, 而后期矿物组合特征说明流体的氧逸度逐渐降低, 并出现了黄铁矿包裹钛铁矿的现象, 并最终出现了矿石矿物以硫化物为主的晚期热液阶段。可见, 流体的氧逸度变化是导致成矿物质沉淀的重要因素

之一。

### 3 结论

通过对迪彦钦阿木钼矿岩相学及矿相学的详细观察, 认为该矿床成矿流体与典型斑岩型矿床成矿流体氧逸度特征相近, 均具有较高氧逸度。随着流体的不断演化, 其氧逸度逐渐降低, 并导致大规模的辉钼矿矿化, 与此同时形成了一系列与之相伴的矿物共生组合。因此, 流体的氧逸度变化在迪彦钦阿木矿区存在逐渐降低的演化趋势, 并成为导致成矿物质沉淀不可忽视的重要因素。

SUN Hairui, HUANG Zhilong, LÜ Zhicheng, YU Xiaofei, LI Yongsheng, GONG Fanying, YANG Songxue: Oxygen Fugacity Characteristics of Ore-forming Fluid from the Diyanqinamu Mo Deposit in Inner Mongolia and Their Geological Significance

**Keywords:** High oxygen fugacity; Diyanqinamu Mo deposit; Inner Mongolia