

滇西南澜沧老厂斑岩型钼矿的 初始岩浆-流体演化过程： 来自云母和榍石原位分析的制约

张迎迎^{1,2}, 罗泰义^{1*}, 范云飞³, 龙汉生⁴, 杨勇⁵, 杨金彪⁶, 蒙福清⁶

(1. 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, 贵州 贵阳 550081; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局 核资源地质调查院, 贵州 贵阳 550005; 4. 贵州理工学院 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003;
5. 贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550025; 6. 云南澜沧铅矿有限公司, 云南 澜沧 665601)

滇西南澜沧老厂 Pb-Zn-(Ag)-Mo-(Cu) 多金属矿床是东南亚古特提斯昌宁-孟连缝合带内唯一的大型火山岩块状硫化物-岩浆热液复合型矿床(杨帆等, 2019; 邓军等, 2020), 位于缝合带南部的澜沧裂谷北段。该矿床具有完整的垂向岩浆-热液成矿体系, 主要包括深部斑岩型 Mo-(Cu) 矿化和浅部的层状和脉状 Pb-Zn-(Ag) 矿化。矿区深部的隐伏斑岩型钼矿化带厚达 850 m, 工业矿体厚约 450 m, 预测钼资源储量 150 万吨(李宏坤等, 2014)。老厂斑岩型钼矿的成矿过程研究已经积累了丰富的资料, 如已确定了花岗斑岩的成岩年龄(44.4-44.6 Ma; 李峰等, 2009; Deng et al., 2015; 黄钰涵 2018; Sun et al., 2021) 和辉钼矿的矿化年龄(43.4-47.3 Ma; 李峰等, 2009; Deng et al., 2016; Meng et al., 2018), 但是从斑岩岩浆向初始成矿流体演化的精细过程和时间线依然比较模糊。

基于岩相学工作, 我们在老厂矿区深部的蚀变凝灰岩中识别出两期 A 脉(与早期钾硅酸盐化蚀变有关的岩浆热液脉), 其中的 A1 型钾长石脉中产出较多的粗晶半自形-自形热液榍石和金云母。本次研究聚焦于花岗斑岩中的新鲜黑云母、A 脉中的金云母和榍石的原位 U-Pb 同位素定年和地球化学研究, 精细厘定了岩浆到初始成矿流体出溶的时限, 解译了斑岩岩浆-热液演化过程的物理化学条件变化。

获得的主要认识如下:(1) 澜沧老厂花岗斑岩属于造山带钙碱性 I 型花岗岩, 花岗斑岩中的黑云母被划分为镁黑云母。黑云母地质温压计计算结果表明, 斑岩就位于中深成相(2.57-4.27 km) 环境, 压力平均值为 93 MPa, 温度平均值为 697 °C, 氧逸度 $\log f_{O_2}$ 平均值为-16.78。(2) 基于矿物学观察, 澜沧老厂斑岩型钼矿化的热液过程可以划分为早期岩浆未完全固结阶段的 A 脉、主成矿期的 B 脉和晚期含粘土矿物的 D 脉三个阶段。A 脉主要保留于斑岩顶部的蚀变凝灰岩中, 可进一步划分为两种类型: A1 脉为弯曲不规则状毫米级钾长石细脉, 矿物共生序列组合主要为金云母+钾长石-榍石+硬石膏+辉钼矿-石英+方解石; A2 脉为较为平直的黄铁矿化含钾长石毫米级石英脉。A1 脉中金云母的压力平均值为 98 MPa, 温度平均值为 681 °C, $\log f_{O_2}$ 平均值为-17.29, 表征了岩浆未完全固结到出初始成矿流体出溶过程中, 由于流体的加入, A1 脉的压力略大于围岩静压力, 温度和氧逸度则因为凝灰岩围岩的缓冲而略为降低。晚于金云母的榍石的 Zr 温度计平均值为 680 °C, 但榍石具有明显的两阶段生长特征, 第一阶段平均温度为 701 °C, 第二阶段平均温度为 653 °C。(3) 对 A1 脉中榍石开展原位 LA-ICP-MS U-Pb 测年获得的年龄为 44.4 ± 1.5 Ma(MSWD=1.8, n=48), 与花岗斑岩就位年龄(44.4-44.6 Ma) 相当, 略大于主成矿期辉钼矿的等时线年龄(43.78 Ma), 进一步厘定了澜沧老厂花岗斑岩成矿体系岩浆-成矿流体的演化时序。我们的研究表明, 榍石的原位分析是精细剖析岩浆后期熔(流)体演化过程的重要手段, 记录了相应的时间和温度信息, 特别是 I 型花岗质岩浆侵入于富钛围岩的情况下, 榍石可成为较为丰富的副矿物。

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41873058)

作者简介: 张迎迎, 女, 1996 年生, 博士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。

参考文献:

- Deng X D, Li J W, Zhao X F, et al. 2016. Re-Os and U-Pb geochronology of the Laochang Pb-Zn-Ag and concealed porphyry Mo mineralization along the Changning-Menglian suture, SW China: implications for ore genesis and porphyry Cu-Mo exploration. *Mineralium Deposita*, 51(2): 237-248.
- Deng X D, Li J W, Zhou M F, et al. 2015. In-situ LA-ICPMS trace elements and U-Pb analysis of titanite from the Mesozoic Ruanjiawan W-Cu-Mo skarn deposit, Daye district, China. *Ore Geology Reviews*, 65(SI): 990-1004.
- Meng Y M, Hu R Z, Huang X W, et al. 2018. The relationship between stratabound Pb-Zn-Ag and porphyry-skarn Mo mineralization in the Laochang deposit, southwestern China: Constraints from pyrite Re-Os isotope, sulfur isotope, and trace element data. *Journal of Geochemical Exploration*, 194: 218-238.
- Sun G T, Zhou J X, Long H S, et al. 2021. Vertical evolution of Ag-Pb-Zn-(Cu)-Mo in porphyry system: A case study from the Laochang deposit, SW China. *Ore Geology Reviews*, 139: 1-14.
- 邓军, 王庆飞, 陈福川, 等. 2020. 再论三江特提斯复合成矿系统. *地学前缘*, 27(02): 106-136.
- 黄钰涵. 2018. 昌宁—孟连构造带西南部始新世斑岩成矿作用. 博士学位论文. 北京: 中国地质大学(北京), 1-158.
- 李峰, 鲁文举, 杨映忠, 等. 2009. 云南澜沧老厂斑岩钼成岩成矿时代研究. *现代地质*, 23(06): 1049-1055.
- 李宏坤, 蒙光志, 肖述刚. 2014. 云南省澜沧老厂钼矿特征及资源前景. *矿物学报*, 34(02): 217-222.
- 杨帆, 李峰, 姚志华, 等. 2019. 云南澜沧老厂多金属矿床隐伏斑岩流体包裹体研究. *矿物岩石地球化学通报*, 38(01): 137-149.