

· 专题 3: 花岗质岩浆过程的微区原位地球化学示踪 ·

## 云南中甸烂泥塘斑岩 Cu-Au 矿磁铁矿微量元素特征

郭剑衡<sup>1,2</sup>, 冷成彪<sup>1\*</sup>, 张兴春<sup>1</sup>, 张伟<sup>1,2</sup>, 田振东<sup>1,2</sup>

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, 贵阳 550082;

2. 中国科学院大学, 北京 100049

磁铁矿是自然界分布极广的矿物, 其可以作为副矿物广泛分布各种岩石(侵入岩、喷出岩、交代变质岩、区域变质岩等)之中, 也可以作为主矿物广泛分布于各种类型的矿床之中(斑岩型矿床、夕卡岩型矿床、沉积型矿床、铁氧化物铜金矿床等)。磁铁矿中的 Fe 可以被 Mg、Al、Si、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Ga、Sn、Pb、Th 和 U 等元素替代, 其元素组成与其形成时的物理化学条件密切相关, 如流体/熔体的化学成分、温度、压力、pH 值、氧逸度、硫逸度等。磁铁矿是斑岩型矿床钾化蚀变带中极其重要的矿物, 其微量元素组成对指示成矿流体的物理化学条件以及矿床的成因和演化提供了重要信息。

烂泥塘斑岩 Cu-Au 矿床产于滇西北义敦地体南段, 是勘探新发现的一个大型的富 Au 斑岩铜矿床。矿化主要产于石英二长斑岩岩体以及石英闪长玢岩中。区内围岩蚀变强烈, 沿垂直方向从下到上大致可分为 4 个蚀变带: 底部为钾化蚀变带, 主要由钾长石, 磁铁矿, 石英, 黄铜矿, 黄铁矿组成; 向上过渡为绿泥石-绢云母蚀变带, 主要蚀变矿物为绿泥石、和绢云母, 石英, 黄铁矿, 黄铜矿; 再向上为绢云母化蚀变带, 主要矿物为绢云母、石英、方解石和黄铁矿; 最上部为泥化蚀变带, 蚀变矿物组合为绢云母、石英、高岭石等黏土矿物。

磁铁矿在烂泥塘斑岩矿床中的大量发育并主要以 3 种形式产出: 浸染状磁铁矿(I 类), 单一的磁铁矿脉(II 类)以及石英-黄铜矿-磁铁矿脉(III 类)。

3 类磁铁矿都发育于钾化蚀变带中, I 类磁铁矿呈浸染状产出与钾化蚀变之中, 并且普遍叠加后期绿泥石蚀变, 此类磁铁矿的形成要早于 II, III 两类磁铁矿。在岩石手标本上 III 类磁铁矿脉明显切穿 II 类磁铁矿脉, 因此在时间上 II 类磁铁矿早于 III 类磁铁矿。

磁铁矿的 LA-ICP-MS 分析结果显示: I 类磁铁矿中的 V ( $1092 \times 10^{-6}$ )、Ca ( $995 \times 10^{-6}$ )、Na ( $237 \times 10^{-6}$ )、Mg ( $1102 \times 10^{-6}$ )、P ( $503 \times 10^{-6}$ )、Cr ( $143 \times 10^{-6}$ ) 的值相对较大, 其中 Cr、P 的含量明显大于 II 类和 III 类磁铁矿。II 类磁铁矿中 Co ( $30 \times 10^{-6}$ ) 含量最高, 而 P ( $38 \times 10^{-6}$ ), Na ( $72 \times 10^{-6}$ ) 含量较低。III 类磁铁矿中 Ti ( $7983 \times 10^{-6}$ )、Si ( $3690 \times 10^{-6}$ )、Al ( $2335 \times 10^{-6}$ )、Zn ( $79 \times 10^{-6}$ )、Mn ( $18 \times 10^{-6}$ )、Ga ( $6 \times 10^{-6}$ ) 含量较高而 Cr ( $20 \times 10^{-6}$ )、Rb ( $0.5 \times 10^{-6}$ ) 和 U ( $0.7 \times 10^{-6}$ ) 含量较低。在 Al+Mn vs. Ti+V 比值判别图解中, 烂泥塘磁铁矿大部分数据投入斑岩矿床区域之中, 有部分数据落入 Fe-Ti, V 和 Kiruna 型矿床的区域。通过相关系数分析和二元散点图分析, 发现烂泥塘磁铁矿中 Mg、Al、Mn、Pb、U 都与 FeO 呈明显的负相关关系, 说明这些元素可能都与 Fe 离子发生了类质同象替代。与 Fe 发生类质同象的元素大部分为亲石元素以及亲铁元素而非亲铜元素。这是由于在温度、熔流体组成、氧逸度都有利的条件下, 亲石元素和亲铁元素因为有更加相似的离子半径相比亲铜元素更加容易与 Fe 发生替代 (Nadoll, 2014)。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41373051)

\* 通讯作者简介: 冷成彪. E-mail: lengchengbiao@vip.gyig.ac.cn.