

# 高压下金属硫化物载 Re 能力的实验研究初探

刘莹莹<sup>1</sup>, 黄智龙<sup>1</sup>, 朱成明<sup>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, 贵州 贵阳 550002

2.中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压实验室, 贵州 贵阳 550002

越来越多的研究表明, Re 在不同硫化物间存在一定的分配规律。例如: 辉钼矿的 Re 含量往往比共生的黄铁矿 (Li et al., 2011) 或黄铜矿 (Zhu and Sun, 2013) 高 3~5 个数量级; 黄铁矿的 Re 含量普遍比闪锌矿 (Morelli et al., 2004) 和方铅矿 (Stein et al., 2000) 高 3~30 倍; 铅锌矿床中闪锌矿的 Re 含量又明显高于方铅矿 (Liu et al., 2015)。这些很可能与 Re 在硫化物中分配系数的差异, 即各硫化物载 Re 能力的差别有关。但在有些矿床中, Re 在共生的黄铁矿、闪锌矿和方铅矿间并未显示明显的分配规律 (Levresse et al., 2004; Spry et al., 2014)。因此, 我们无法准确区分共生硫化物间 Re 含量存在差异的原因是 Re 在成矿流体中分布不均一, 还是不同硫化物中 Re 的分配系数存在差异。确定不同硫化物载 Re 能力的差别是解决这一问题的关键, 亟需探讨。该研究对 Re 在不同硫化物中分配系数的差异及其 Re-Os 同位素体系的应用都具有重要的指导意义, 也能为自然界共生硫化物间 Re 的分配规律提供基础的理论依据。

前人对 Re、Os 溶解度的研究主要集中于硅酸盐熔体 (Bennett and Brenan, 2013)、FeS 硫化物熔体 (Fonseca et al., 2011) 和热液流体 (Xiong et al., 2006)。Re、Os 在硅酸盐/硫化物间分配系数的研究 (Buono et al., 2013) 也从未间断。但是, Re、Os 在不同硫化物间的分配系数的研究 (Brenan et al., 2000) 还不多见。

黄铁矿、方铅矿和闪锌矿作为铅锌矿床中最主要的硫化物矿石, 常常紧密共生, 这三者 Re-Os 同位素体系间的差异和相互关系可为铅锌矿床成因的认识提供重要的依据。因此, 本研究首先选择典型铅锌矿床的黄铁矿、方铅矿和闪锌矿, 进行高温 (1 270~1 550℃) 高压 (1.0 GPa) 实验的研究, 实验在六面顶压机上开展。通过扫描电子显微镜观察淬火产物结构和构造, 了解金属 Re 在各硫化物熔体中的溶解情况; 使用电子探针分析确定淬火基质中各硫化物相的物质成分及 Re 含量, 初步探讨各金属硫化物载 Re 能力的差别。

实验结果显示: 硫化物在设定的高温高压条件下均能达到熔融状态, 并具有溶解金属 Re 的能力; 黄铁矿淬火基质的成分由  $\text{FeS}_2$  转变为  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , 其中几乎不见金属 Re 残留, 但散乱分布有针状的  $\text{ReS}_2$ , 显示该熔体对金属 Re 的溶解力较强; 方铅矿和闪锌矿的淬火基质成分仍为  $\text{PbS}$  和  $\text{ZnS}$ , 其中可见大量金属 Re 的残留; 硫逸度 ( $f_{\text{S}_2}$ ) 高的硫化物熔体具有相对较强的载 Re 能力; 淬火基质中各硫化物相的 Re 含量均不到 1.0%, 由高到低大致为  $\text{Fe}_{1-x}\text{S} > \text{PbS} > \text{ZnS}$ ; Re 在淬火的硫化物基体中分布极不均匀, 因此本研究未能估算其不同硫化物相间的分配系数。

本实验方法对其他硫化物的载 Re 能力和其他金属元素在硫化物熔体中溶解能力的研究提供了可借鉴的途径。

## 参考文献:

- Bennett, N. R., Brenan, J. M., 2013. Controls on the solubility of rhenium in silicate melt: implications for the osmium isotopic composition of Earth's mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 361: 320–332.
- Brenan, J. M., Cherniak, D. J., Rose, L. A., 2000. Diffusion of osmium in pyrrhotite and pyrite: implications for closure of the Re-Os isotopic system. *Earth and Planetary Science Letters*, 180: 399–413.

基金项目: 受矿床地球化学国家重点实验室“十二五”项目群 (SKLOGD-ZY125-02) 资助。

作者简介: 刘莹莹 (1987—), 女, 博士后, 从事矿床地球化学研究。E-mail: liuyingyingecho@hotmail.com。

通信作者: 黄智龙 (1964—), 男, 研究员, 从事矿床地球化学研究。E-mail: huangzhilong@vip.gyig.ac.cn。

- Buono, S. S., Dasgupta, R., Lee, C. A., et al., 2013. Siderophile element partitioning between cohenite and liquid in the Fe-Ni-S-C system and implications for geochemistry of planetary cores and mantles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 120: 239–250.
- Fonseca, O. C., Mallman, G., O'Neill, S. C., 2011. Solubility of Os and Ir in sulfide melt: Implications for Re/Os fractionation during mantle melting. *Earth and Planetary Science Letters*, 311: 339–350.
- Levrès, G., Cheilletz, D., Gasquet, L., 2004. Osmium, sulphur, and helium isotopic results from the giant Neoproterozoic epithermal Imiter silver deposit, Morocco: evidence for a mantle source. *Chemical Geology*, 207: 59–79.
- Li, N., Chen, Y., Santosh, M., et al., 2011. The 1.85 Ga Mo mineralization in the Xiong'er Terrane, China: Implications for metallogeny associated with assembly of the Columbia supercontinent. *Precambrian Research*, 186: 220–232.
- Liu, Y. Y., Qi, L., Gao, J. F., et al., 2015. Re-Os dating of galena and sphalerite from lead-zinc sulfide deposits in Yunnan Province, SW China. *Journal of Earth Science*, in press.
- Morelli, R. M., Creaser, R. A., Selby, D., et al., 2004. Re-Os sulfide geochronology of the Red Dog sediment-hosted Zn-Pb-Ag deposit, Brooks Range, Alaska. *Economic Geology*, 99: 1569–1576.
- Spry, P. G., Mathur, R. D., Bonsall, T. A., 2014. Re-Os isotope evidence for mixed source components in carbonate-replacement Pb-Zn-Ag deposits in the Lavrion district, Attica, Greece. *Mineralium Deposita*, 108: 503–513.
- Stein, H. J., Morgan, J. W., and Schersten, A., 2000. Re-Os dating of low-level highly radiogenic (LLHR) sulfides: The Harnas gold deposit, southwest Sweden, records continental-scale tectonic events. *Economic Geology*, 95: 1657–1671.
- Xiong, Y. L., Wood, S., Kruszewski, J., 2006. Hydrothermal transport and deposition of rhenium under subcritical conditions revisited. *Economic Geology*, 101: 471–478.
- Zhu, Z. M., Sun, Y. L., 2013. Direct Re-Os dating of chalcopyrite from the Lala IOCG deposit in the Kangdian copper belt, China. *Economic Geology*, 108: 871–882.