

关于辉钼矿中 Re 含量示踪来源的讨论*

杨宗锋¹, 罗照华¹, 卢欣祥², 程黎鹿¹, 黄凡¹

(1 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 河南省国土资源科学研究院, 河南 郑州 450053)

Re 是极度分散元素, 在自然界很少有独立矿物形成。Re 在宇宙地球化学分类中属难容的高度亲铁元素。Re 也具有中等的亲铜地球化学性质, 对于硫化物的相容性类似铜, 因此 Re 在硫化物中一般具有较高的丰度, 但是变异性也非常大 (涂光炽等, 2004)。Re 的地球化学性质与钼十分类似, 因此 Re 常常在钼的硫化物—辉钼矿中呈类质同象出现并与钼形成固溶体 (Terada et al., 1971)。Badalov 等 (1962) 研究了中亚钼矿中的 Re 含量认为钼矿的温度降低, Re 含量会升高, 与黄铜矿伴生的辉钼矿富 Re。Terada et al. (1971) 测定了 200 个辉钼矿中 Re 的含量, 含量变化范围在 10^{-8} 到 7×10^{-3} ; 在火山升华物, 斑岩铜矿, 接触变质矿床, 浸染状矿床和石英脉中辉钼矿的 Re 含量逐渐降低, 就侵入岩型中辉钼矿而言, Re 含量随着钼矿的温度降低而升高, 但是其中的 Daito 地区的辉钼矿 Re 含量与这两个规律相反。Ivanov 等 (1972) 通过对前苏联各种类型矿床中辉钼矿的系统研究, 发现在单个矿床和在同一类的不同矿床中, Re 的含量总是多变的; 在中温成矿阶段形成的辉钼矿或在中温矿床中的辉钼矿, 其 Re 的含量一般比高温阶段或高温矿床中的辉钼矿高; 辉钼矿中 Re 含量与硒的含量呈正相关。Ishihara (1988) 统计了 74 个花岗质岩石中辉钼矿 Re 的含量, 认为与磁铁矿系列有关的矿床高于与钛铁矿系列有关的矿床, 夕卡岩中辉钼矿通常含有较高的 Re。毛景文等 (1999) 和 Mao 等 (1999) 汇总了 8 个与磁铁矿系列 (I 型) 花岗岩有关的钼矿床和铜矿床, 1 个与钛铁矿系列花岗岩 (S 型) 有关的钨锡矿床, 1 个碳酸岩脉型钼 (铅) 矿床 (黄典豪等 (1985) 认为是幔源型矿床) 中辉钼矿的 Re 含量, 提出从幔源、壳幔混源到壳源, 辉钼矿 Re 含量可能递降一个数量级的结论。Stein 等 (2001) 同样认为地幔底侵或交代作用, 或者基性和超基性岩石的熔融, 形成的辉钼矿中 Re 含量要高于壳源矿床中的。Re 在辉钼矿中含量的高低与辉钼矿多型之间的转变没有明显的成因联系 (Selby et al., 2001; Peng et al., 2006)。Berzina 等 (2005) 研究了俄罗斯西伯利亚和蒙古的五个铜钼矿床中的 24 个辉钼矿样品, 认为斑岩型铜钼矿床中辉钼矿中 Re 的含量与原始岩浆的成分和/或分异, 源岩物质和结晶作用的物理化学条件变化有关。由以上可知, 辉钼矿中的 Re 含量变化的控制因素依然是复杂多样的, 但目前很多学者利用辉钼矿中的 Re 含量示踪成矿物质的来源, 主要依据是毛景文等 (1999) 总结提出的规律, 这篇文章的国内引用次数截至目前为 30 次 (2010 年 6 月中国引文数据库检索结果), 关于此结论可能存在以下值得探讨的问题: 首先, 文中默认了成岩和成矿物质具有同源性, 且碳酸岩脉、I 型花岗岩和 S 型花岗岩分别代表了幔源, 壳幔混源和壳源成因; 其次, 获得此统计规律的样本数不足。本文汇总了 1994~2010 年间国内发表的 744 个辉钼矿 Re-Os 同位素年龄资料, 对辉钼矿中的 Re 含量进行了统计分析, 探讨了 Re 含量变化的几个可能影响因素。

统计结果显示辉钼矿中 Re 含量与辉钼矿的寄主岩性和共生金属矿物组合存在较为明显的关系, 从岩性角度来说长英质脉和花岗岩中纯辉钼矿 Re 含量最低, 多在 $n \times 10^{-6} \sim n \times 10^{-5}$, 几何平均值分别为 7.41×10^{-6} 和 7.99×10^{-6} ; 夕卡岩中纯辉钼矿 Re 含量中等, 多在 $n \times 10^{-5} \sim n \times 10^{-4}$, 几何平均值为 58.1×10^{-6} ; 碳酸岩中最高, 多在 $n \times 10^{-4}$ 左右, 几何平均值为 249×10^{-6} 。不同岩性中辉钼矿伴生不同矿物时 Re 含量均出现明显的变化, 一个共同的特征是仅伴生钨和 (或) 铅锌金银时辉钼矿 Re 含量最低, 多在 $n \times 10^{-8} \sim n \times 10^{-6}$, 几何平

*基金项目: 河南省地质矿产重大科技攻关计划项目 (26417), 国家自然科学基金对外交流与合作项目 (40911120079, RFBR-GFEN08-05-92224)
第一作者简介 杨宗锋, 男, 1984 年生, 在读博士研究生, 矿物、岩石、矿床学专业, 岩浆活动与成矿作用研究方向。Email: yangzongfeng2008@163.com

均值为 $n \times 10^{-7}$ ；仅伴生铜和（或）铁时辉钼矿 Re 含量最高，多在 $n \times 10^{-5} \sim n \times 10^{-3}$ ，几何平均值为 $n \times 10^{-4}$ ；同时伴生铜（铁）和钨（铅锌金银）时辉钼矿 Re 含量处在前两者之间且峰值不是十分明显，多在 $n \times 10^{-7} \sim n \times 10^{-5}$ ，几何平均值为 $n \times 10^{-6}$ 。辉钼矿共生矿物中存在铁时会引起 Re 含量在原有基础上升高，例如：辉钼矿中伴生铜和钨（铅锌金银）时几何平均值为 2.99×10^{-6} ，而辉钼矿伴生铜铁和钨（铅锌金银）时几何平均值为 34.97×10^{-6} ；辉钼矿共生矿物含铜不含铁和钨（铅锌金银）时几何平均值为 145.9×10^{-6} ，辉钼矿共生矿物含铁和铜不含钨（铅锌金银）时几何平均值为 358×10^{-6} 。从共生矿物的角度来看辉钼矿中 Re 含量的变化，钨（铅锌金银）可能具有降低辉钼矿中 Re 含量的作用，铁和铜可能具有升高辉钼矿中 Re 含量的作用，后者可能是 Re 的亲铜亲铁特征的体现。因此辉钼矿 Re 含量的级数变化可能与其产出状态密切相关，可能不能有效的反应其成矿物质来源。

参考文献

- 黄典豪, 王义昌, 聂风军, 江秀杰.1985.一种新的钼矿床类型——陕西黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质特征及成矿机制[J]. 地质学报, 59: 241-257.
- 毛景文, 张作衡, 张招崇, 杨建民, 王志良, 杜安道.1999.北祁连山小柳沟钨矿床中辉钼矿 Re-Os 年龄测定及其意义[J]. 地质论评, 49(6): 652-659.
- 涂光炽, 高振敏, 胡瑞忠, 张干, 李朝阳, 赵振华, 张宝贵.2004.分散元素地球化学及其成矿机制[C]. 北京: 地质出版社. 1-424.
- Badalov S T, Basitova S M and Godunova L I.1962.Distribution of rhenium in central asia molybdenite[J]. Geokhimiya, 9: 813-817.
- Berzina A N, Sotnikov V I, Economou-Eliopoulos M, Eliopoulos D G.2005.Distribution of rhenium in molybdenite from porphyry Mo-Cu deposits of Russia (Siberia) and Mongolia[J]. Ore Geology Reviews, 26(1-2): 91-113.
- Ivanov V V, Poplavko E M and Corokhova V N.1972.The Geochemistry of Rhenium[J]. International Geology Review, 14: 1-105.
- Ishihara S.1988.Rhenium contents of molybdenites in granitoid-series rocks in Japan[J]. Economic Geology, 83: 1047-1051.
- Mao J W, Zhang Z C, Zhang Z H and Du A D.1999.Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Xiaoliugou W-(Mo) deposit in the northern Qilian mountains and its geological significance[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 63(11-12): 1815-1818.
- Peng J T, Zhou M F, Hu R Z, Shen N P, Yuan S D, Bi X W, Du A D and Qu W J.2006.Precise molybdenite Re-Os and mica Ar-Ar dating of the Mesozoic Yaogangxian tungsten deposit, central Nanling district, South China[J]. Mineralium Deposita, 41: 661~669.
- Selby D and Creaser R A.2001.Re-Os geochronology and systematics in molybdenite from the Endako Porphyry Molybdenum Deposit, British Columbia, Canada[J]. Economic Geology, 96(1): 197-204.
- Stein H J, Markey R J, Morgan J W, Hannah J L and Schersten A.2001.The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: how and why it works[J]. Terra Nova, 3: 479-486.
- Terada K, Osaki S, Ishihara S and Kiba T.1971.Distribution of rhenium in molybdenites from Japan[J]. Geochemical Journal, 4: 123-141.