

# 小秦岭地区车仓峪钼矿中黄铁矿微量元素原位 LA-ICP-MS 分析及其对矿床成因的指示意义

赵海香<sup>1,2</sup>, 蒋少涌<sup>1</sup>, Frimmel H E<sup>2</sup>, 戴宝章<sup>1</sup>

(1 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093; 2 Geodynamics & Geomaterials Research Division, University of Wuerzburg, Am Hubland, D-97074, Wuerzburg, Germany)

位于河南和陕西交界的小秦岭金矿集区是我国仅次于胶东金矿的第二大黄金产地, 大地构造位置上位于华北地台的南部边缘, 属于秦岭造山带的边缘组成部分, 近东西向展布。该地区金矿类型主要是石英脉型, 少量蚀变岩型。已发现 1200 多条石英脉, 据估计金储量达 800 t, 目前探明储量 390 吨。受中生代秦岭 (T<sub>1-2</sub> 全面碰撞, 据张国伟等, 1996; 或主碰撞发生于晚三叠世, 据 Meng et al., 2000) 碰撞造山的影响, 小秦岭地区受到强烈挤压, 其南北边界断裂分别为太要断裂与小河断裂。在碰撞造山及随后的陆内造山过程中, 伸展体制导致小秦岭地区最终演化为一变质核杂岩, 主要发生于早-中白垩世 (张进江等, 1998, 2003)。该变质核杂岩主要包括作为本区刚性基底的太华群深变质岩系和中生代燕山期的花岗岩, 而浅变质的盖层在该区缺失, 出露于小河断裂以南。太古代的结晶变质基底是含金石英脉的围岩。燕山期花岗岩呈巨大岩基产出, 代表性岩体有华山岩体、文峪岩体和娘娘山岩体, 岩性以黑云二长花岗岩和黑云母花岗岩为主。本区基性岩脉主要有辉绿岩、辉长辉绿岩、辉长辉绿玢岩、辉长玢岩及煌斑岩脉等。小秦岭基底内部断裂构造非常发育, 断裂走向以 EW 为主, 规模最大, 其次为 NW 向、NE 向和近 SN 向。正是这些断裂控制了小秦岭金矿床的产出和分布, 同时也控制了本区岩脉的产出。

小秦岭地区还存在两期钼矿化作用, 一期为与金共生的钼, 产在含金-钼石英脉中, 围岩为太古代地层, 李诺等 (2008) 对大湖 Au-Mo 共生矿床中辉钼矿的 Re-Os 定年得到等时线年龄为 (218±41) Ma, 加权平均年龄为 (234±18) Ma, 表明钼矿化发生在印支期。另外一期为产在岩体与太古代地层接触带中的 Mo 矿, 李厚民等 (2007) 对产在文峪花岗岩体接触带中的泉家峪 Mo 矿的两件辉钼矿进行 Re-Os 定年结果表明其形成年代为 (129.1±1.6) Ma 和 (130.8±1.5) Ma, 成矿略晚于燕山期花岗岩基的侵位年代。车仓峪钼矿属于第二期, 产在娘娘山花岗岩体与太古代围岩接触带内带, 为一个民采的小型石英脉型钼矿。含钼石英脉由两组 X 节理控制。民采矿洞深仅几米, 石英脉有膨大到变细并逐渐消失的趋势, 石英脉中局部含结晶片状的辉钼矿, 黄铁矿呈不规则细脉, 团斑状等。石英脉中还含有钾长石, 黄铜矿, 磁铁矿, 赤铁矿等。石英脉旁钾化的花岗岩中也可见粗晶鳞片状辉钼矿。太古代围岩内也有少许钼矿化, 辉钼矿呈放射状集合体或者与以辉钼矿石英脉形式分布在太古代片麻岩的裂隙中。围岩蚀变有绿帘石化, 黄铁矿化, 钾化, 辉钼矿化。

我们应用 LA-ICP-MS 对车仓峪钼矿中与辉钼矿共生的黄铁矿进行了原位微量元素分析, 以了解成矿流体的来源和组成, 从而进一步限制矿床成因。同时与小秦岭地区大湖, 文峪和崆鑫金矿的黄铁矿中微量元素成分进行了对比, 为小秦岭金矿的成因提供一个侧面的证据。分析元素包括 Au、Te、Ag、Pb、Bi、Cu、Co、Ni、Zn、Mo、Hg、As、Sb 和 Si, 以 10<sup>-6</sup> 形式给出绝对含量。分析结果表明, 车仓峪钼矿黄铁

矿中 Au 的含量都低于或者略高于检测限 ( $0.01 \times 10^{-6}$ ), 这与矿石中基本不含金的检测结果是一致的。尽管黄铁矿与辉钼矿密切共生, 黄铁矿中 Mo 含量并没有升高,  $w(\text{Mo})$  均小于  $0.03 \times 10^{-6}$ , 表明 Mo 并不容易进入黄铁矿的晶格, 且不以微小的包裹体形式存在于黄铁矿中。 $w(\text{Co})$  范围  $0.12 \times 10^{-6} \sim 73.1 \times 10^{-6}$ , 平均  $13.3 \times 10^{-6}$ 。 $w(\text{Ni})$  范围  $4.5 \times 10^{-6} \sim 76.1 \times 10^{-6}$ , 平均  $17.4 \times 10^{-6}$ 。Co/Ni 值变化较大, 为 0.008~8 之间。 $w(\text{As})$  范围  $0.43 \times 10^{-6} \sim 3.38 \times 10^{-6}$ , 平均  $1.05 \times 10^{-6}$ 。Co 与 Ni 之间, Co 与 As 之间并没有相关性, 而 Ni 与 As 之间有弱的正相关关系。Sb 和 Hg 含量在检测限左右, 分别为  $w(\text{Sb}) \leq 0.05 \times 10^{-6}$  和  $w(\text{Hg}) \leq 0.16 \times 10^{-6}$ 。Pb、Ag、Bi、Te、Zn 和 Cu 的含量都很低, 只有一个分析点处由于黄铁矿含有一些细小的包裹体而使这些元素含量明显升高。从而可知这些元素只是以微小的包裹体的形式存在于受应变的局部黄铁矿中, 而不是存在于其晶格中。

由于 Ni 的沉淀速率小于 Fe, Ni 容易进入黄铁矿的晶格, 并且在还原环境下活动性差, 因此黄铁矿中 Ni 的含量可以提供成矿流体的信息。基性超基性岩石通常富含 Ni 而酸性岩 Ni 含量通常偏低。本实验中与辉钼矿共生的黄铁矿的 Ni 含量均较低 ( $w(\text{Ni})$   $4.5 \times 10^{-6} \sim 76.1 \times 10^{-6}$ , 平均  $17.4 \times 10^{-6}$ ), 表明酸性的成矿流体来源。这说明辉钼矿成矿与燕山期的娘娘山花岗岩基有关。小秦岭其他金矿区金主成矿阶段的黄铁矿  $w(\text{Ni})$  可以高达  $>8\,000 \times 10^{-6}$ , 表明基性的成矿流体来源。两者形成鲜明对比。文峪岩体接触带附近也发现有与车仓峪钼矿同类型的石英脉型钼矿——泉家峪钼矿, 李厚民等 (2007) 对其中的两件辉钼矿进行 Re-Os 定年结果表明其形成年代为  $(129.1 \pm 1.6) \text{ Ma}$  和  $(130.8 \pm 1.5) \text{ Ma}$ , 成矿略晚于燕山期的文峪花岗岩基的侵位年代。由此推断车仓峪钼矿的成矿年代应该也是大约 130 Ma, 成矿略晚于燕山期的娘娘山花岗岩基的侵位年代。同时我们可以看到小秦岭地区被证实与花岗岩有关的矿床为钼矿而基本不含金, 因此金的大规模爆发不是在燕山期而是在印支期, 燕山期可能只是对金成矿有一定的叠加改造作用。黄铁矿中 Ni 的含量也从一个侧面证实了我们的论点。

综上所述, 小秦岭地区产于花岗岩体接触带中的车仓峪钼矿是略晚于岩体侵位年龄的, 黄铁矿微量元素分析亦表明 Mo 成矿与岩体有着密切的关系, 但该期成矿并没有或者很少金的叠加成矿, 也从一个侧面证明小秦岭大规模的金矿爆发应是在印支期陆陆 (华北与扬子) 碰撞造山过程中形成的, 而与区域内燕山期大型花岗岩岩基没有直接联系。

#### 参考文献

- 李厚民, 叶会寿, 毛景文, 王登红, 陈毓川, 屈文俊, 杜安道. 2007. 小秦岭金(钼)矿床辉钼矿铼-钨定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 26(04): 417-424.
- 李 诺, 孙亚莉, 李 晶, 等. 2008. 小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼同位素年龄及印支期成矿事件[J]. 岩石学报, 24(04): 810-816.
- 张国伟, 孟庆任, 于在平, 等. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J]. 中国科学 (D), 26 (3): 193-200.
- 张进江, 郑亚东, 刘树文. 1998. 小秦岭变质核杂岩的构造特征、形成机制构造演化[M]. 北京: 海洋出版社. 17-63.
- 张进江, 郑亚东, 刘树文. 2003. 小秦岭金矿田中生代构造演化与矿床形成[J]. 地质科学, 38(1): 74-84.
- Meng Q R and Zhang G W, 2000. Geologic framework and tectonic evolution of Qinling [J]. Tectonophysics, 323: 183-196.