

文章编号: 1009-6248(2008)01-0067-07

甘肃武山温泉辉钼矿 Re-Os 同位素 定年及其成矿意义

宋史刚^{1,2}, 丁振举¹, 姚书振¹, 周宗桂¹, 张世新^{1,2}, 杜安道³(1. 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074; 2. 甘肃省有色金属地质勘查局,
甘肃 兰州 73000; 3. 国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘要: 温泉钼矿是与印支期花岗岩有关的斑岩型钼矿床。5 件辉钼矿的 Re-Os 同位素定年结果显示, 辉钼矿 Os 模式年龄在 $212.7 \pm 2.6 \sim 215.1 \pm 2.6$ Ma, 其加权平均值为 214.1 ± 1.1 Ma, 由 ISOPLOT 程序获得的等时线年龄为 214.4 ± 7.1 Ma。该年龄与温泉岩体的 K-Ar 年龄 223~226 Ma 和 SHRIMP U-Pb 锆石年龄 223 ± 7 Ma 在误差范围内类似, 但偏晚, 反映 Mo 矿化主要发生在岩浆侵入-成岩的晚期阶段。西秦岭富 Mo 的背景的基底岩石重熔和岩浆的分异演化对 Mo 的矿化具有重要意义。温泉型钼矿的发现对西秦岭印支期花岗岩成矿潜力评价具有重要的启示和指导作用。

关键词: 温泉钼矿; Re-Os 同位素定年; 印支期花岗岩

中图分类号: P597 **文献标识码:** A

秦岭花岗岩大体以商州为界, 以西主要为印支期花岗岩, 以东则主要为燕山期花岗岩。商州以东的燕山期花岗岩呈北东向分布, 穿越不同的古板块构造带, 是中国东部环太平洋花岗岩带的一部分。岩浆岩的是伴随燕山期欧亚板块内部大规模的伸展、地壳减薄与地幔物质上涌过程形成的, 因此在成分上以幔源型或混溶型为主。而商州以西花岗岩主要呈近东西向展布, 平行于主要构造带方向, 沿勉略板块缝合带两侧分布, 是在扬子板块沿勉略带俯冲消减、地壳收缩加厚过程中产生的, 因而花岗岩以壳源物质重熔方式为主。因此秦岭印支与燕山期花岗岩在成岩动力学环境上及组成上存在较大的差异。

秦岭地区已发现的钼矿主要集中于华北克拉通南缘的小秦岭地区和北秦岭构造带, 形成了包括金

堆城、南泥湖、三道庄、上房沟等在内的数十个钼或钼多金属矿床集中产出的华北陆块南缘钼矿化集中区。已有的矿床同位素定年结果显示, 该区钼矿化年龄主要集中于 132~145Ma (黄典豪等, 1985, 1994; 杜安道等, 1994; Stein et al, 1997; 李永峰等, 2003, 2005), 与斑岩成岩年龄 135~152Ma (张国伟等, 2001) 基本一致, 于燕山中期成矿。同时本区也有少量印支期成矿的年龄数据, 如黄龙铺碳酸岩型钼矿的辉钼矿 Re-Os 定年给出 206~222Ma 成矿年龄 (黄典豪等, 1985, 1994; 杜安道等, 1995; Stein et al, 1997)。因此, 印支期是否构成秦岭钼的另一主要成矿期一直未有定论。

近年来, 随着甘肃武山温泉斑岩型钼矿床的发现, 与印支期花岗岩有关的 Mo 多金属矿化问题再度引起重视。温泉岩体是西秦岭印支期花岗岩带中

收稿日期: 2007-06-25; 修回日期: 2007-11-08

基金项目: 国家大调查项目 (1212010631007) 资助

作者简介: 宋史刚 (1962-), 男, 在职博士研究生, 高级工程师, 主要从事与矿产勘查和开发有关的科研与管理工作。通讯地址: 430074, 湖北武汉武昌鲁磨路 388 号, 中国地质大学资源学院; 电话: 027-67883059 或 0931-8760061。

的一个含钼岩体，处于商丹缝合带西延部分（武山鸳鸯镇）的南侧，侵位于西秦岭华力西褶皱带中。该构造带与东秦岭的中秦岭地块具有统一的显生宙沉积盖层，二者在构造单元上可以相互对应。东秦岭地球化学分区研究指示，Mo 主要在华北地块南缘相对富集（张本仁等，1994），而南秦岭并不具富 Mo 特征。据张宏飞等（2005）研究，温泉岩体岩浆源区物质主要为高钾玄武质岩石，所揭示的基底组成与东秦岭花岗岩所揭示的南秦岭构造带（中秦岭地块）基底组成并不一致，即西秦岭华力西褶皱带的基底与东部的南秦岭构造带的基底在组成上存在明显差异。温泉钼矿的发现也从一个侧面反映出西秦

岭构造带并不等同于东部的南秦岭构造带。不同构造带岩浆源区组成上的差异，可能决定了二者在花岗岩成矿方面的差别。为了确定钼矿化与花岗岩的关系，笔者根据温泉钼矿辉钼矿的 Re-Os 同位素定年结果，讨论钼矿化的时代及其成矿意义。

1 温泉含钼岩体岩石类型与地球化学特征

温泉岩体地表形态似圆形，出露面积约 253 km²，为一个多期侵位的复式岩体（图 1）。根据岩性及侵入体之间相互接触关系，温泉岩体由早到晚可

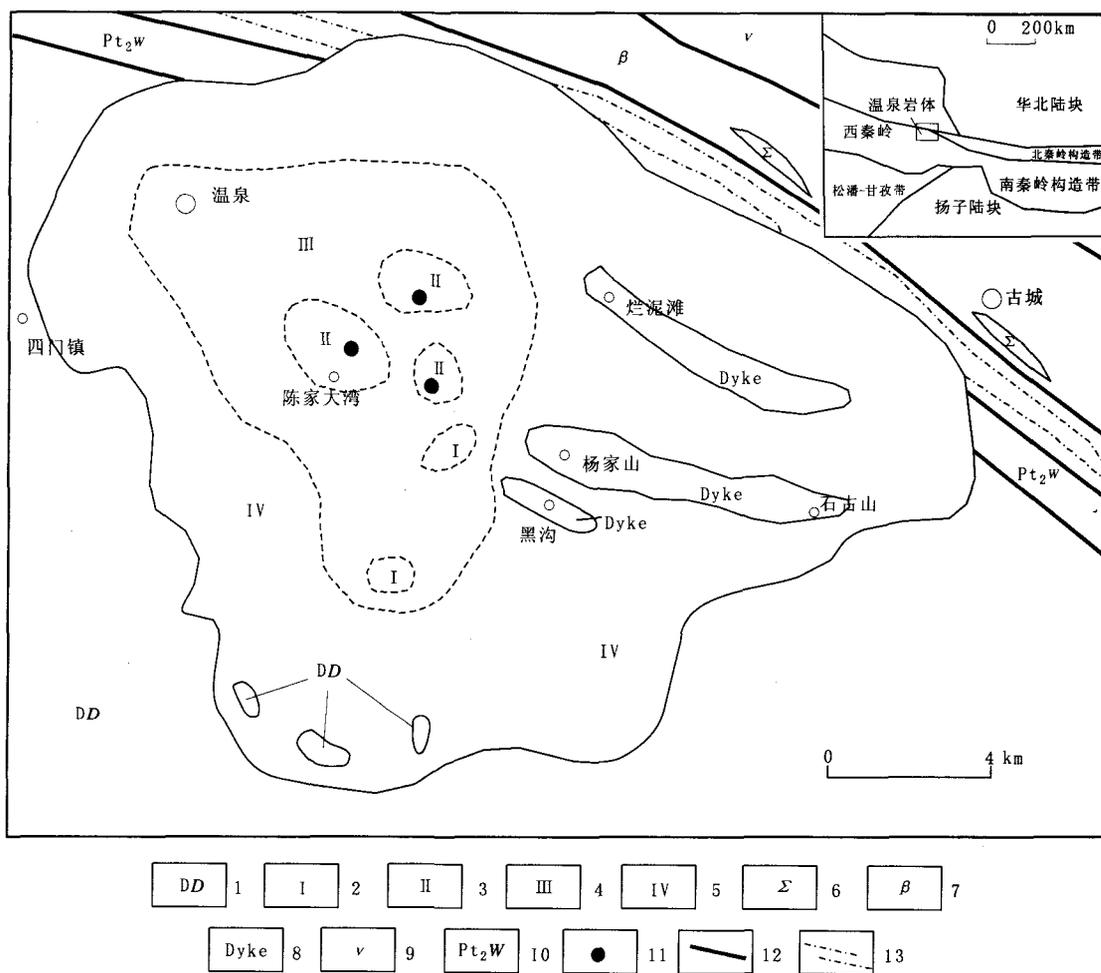


图 1 温泉岩体示意图

(据李永军, 2003 修改)

Fig. 1 Drawing showing Wenquan rock body

- 1. 泥盆纪大草滩群; 2~5. 岩体侵入序列 (自早到晚); 6. 超镁铁岩; 7. 变枕状玄武岩; 8. 基性岩墙;
- 9. 变辉长岩岩体; 10. 中元古代武关岩群; 11. 钼矿床或矿化; 12. 区域断裂; 13. 长英质糜棱岩

划分为 5 个不同序次。I、II 序次侵入的岩体主要见于岩体中部, 以小侵人体形式出现, 以细粒花岗岩结构为特征; 不含或偶见斑晶, 岩石类型分别为肉红色中-细粒黑云花岗岩和灰白色细粒含斑黑云二长花岗岩为主; III 序次侵入体岩石以含角闪石矿物为特征, 出露面积占整个岩体的 20%~25%, 环状分布于岩体次外圈, 其岩石类型以似斑状黑云母二长花岗岩为主; IV 序次侵入体分布于岩体最外围, 以巨斑晶发育且自形程度完好为特征, 岩石以肉红色似斑状粗斑-巨斑状中-粗粒黑云二长花岗岩为主, 出露面积占总岩体面积的 40%~45%; V 序次侵入的岩石呈脉状、条带状, 散见于早期侵人体中, 岩石以肉红-鲜肉红色似斑状正长花岗岩为主, 属岩浆晚期产物。不同序次侵入体之间均以侵入接触为主, 关系清晰。

张宏飞等 (2005) 研究结果表明, 温泉岩体的岩石化学组成 SiO_2 : 66.74%~67.34%, Al_2O_3 : 14.73%~15.02%, CaO : 2.79%~2.75%, MgO : 1.52%~1.72%, K_2O : 4.4%~4.89%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$: 1.29~1.57, A/CNK : 0.94~0.97, A/KN : 1.41~1.45, 为准铝质的钾玄质花岗岩。岩体的 I_{Sr} : 0.706 432~0.707 653, $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$: -5.56~-5.03, $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$, $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$, $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$ 值分别为 18.166~18.282, 15.572~15.584, 38.112~38.222, 源区类似于扬子地块基底的地壳岩石。综合其黑云母 K-Ar 年龄为 223~226 Ma (卢欣祥等, 1998)、SHRIMP U-Pb 锆石年龄为 223 ± 7 Ma (张宏飞等, 2005), 表明岩体侵位于印支晚期。

2 温泉钼矿矿化特征

温泉钼矿化主要发育于岩体内部黑云二长花岗岩中, 已控制的矿带南北长 800 m, 东西宽 200 m, 厚度为 37.5~445 m。矿化由地表分散、不连续矿化到深部变为连续面型矿化。根据钻探资料, 深部矿体连成一体, 面积 0.3 km^2 (图 2)。矿化产出严格受岩体原生节理控制, 含钼石英细脉充填其内, 矿化极不均匀, 金属硫化物局限于石英脉两壁或内部, 呈薄膜状、星点状产出, 围岩中有微量金属矿物。含辉钼矿石英细脉呈烟灰色, 宽 1~5 mm, 个别达 1 cm, 每米范围内有 8~25 条。矿石类型以细脉状、浸

染状为主, 脉越多越细, 钼含量越高。矿石以钼为主, 含钼: 0.01%~0.48%, 伴生铜: 0.01%~0.05%, 铼: 0.001%~0.0001%, 钨: 0.01%~0.03%, 铍: 0.001%。矿石矿物组合简单, 主要为鳞片状辉钼矿和黄铜矿, 有少量黄铁矿、白钨矿等; 脉石矿物主要为石英、钾长石、黑云母等。围岩蚀变较发育, 主要为钾化、硅化、高岭石化、黑云母化, 少量黄铁矿化和孔雀石化。钼矿化与钾化和硅化关系密切。

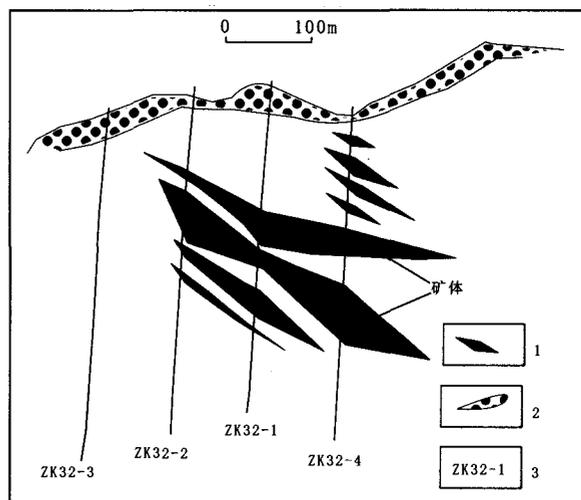


图 2 32 线勘探剖面图

(据甘肃有色地勘局天水总队资料)

Fig. 2 Profile for No. 32 exploration line

1. 矿体; 2. 第四系; 3. 钻孔

3 温泉钼矿辉钼矿样品及 Re-Os 同位素分析

5 件辉钼矿样品均采自含辉钼矿石英脉, 辉钼矿单矿物经样品粉碎、粗选和双目镜下仔细挑选。所选的辉钼矿供实验室进行 Os 同位素分析。

辉钼矿中的铼、钨化学分离步骤和质谱测定在国家测试中心完成。分析流程和方法参照有关文献 (杜安道等, 1994, 2001, 2004; 屈文俊和杜安道, 2003, 2004), 简述如下: 准确称取待分析样品, 通过长细颈漏斗加入到 Carius 管 (一种高硼厚壁大玻璃安瓿瓶) 底部, 缓慢加液氮到有半杯乙醇的保温杯中, 调节温度到摄氏 -50~-80 $^{\circ}\text{C}$ 。放装好样品

的 Carius 管到该保温杯中,通过长细颈漏斗把准确称取的¹⁸⁵Re 和¹⁹⁰Os 混合稀释剂加入到 Carius 管底部,再加入 2 ml, 10 mol/l HCl, 6 ml, 16 mol/l HNO₃。当管底溶液冰冻后,用丙烷氧气火焰加热封好 carius 管的细颈部分。放入不锈钢套管内,轻轻放套管入鼓风烘箱内,待回到室温后,逐渐升温到 230 °C,保温 12 小时。在底部冷冻的情况下,打开 Carius 管,并用 40 ml 水将管中溶液转入蒸馏瓶中。于 105~110 °C 蒸馏 50 分,用 10 ml 水吸收蒸出的 OsO₄。用于等离子体质谱仪 (ICPMS) 测定 Os 同位素比值。将蒸馏残液倒入 150 ml Teflon 烧杯中待分离铼。将第一次蒸馏残液置于电热板上,加热近干。加少量水,加热近干。重复两次以降低酸度。加入 10 ml, 5 mol/l NaOH, 稍微加热,转为碱性介质。转入 50 ml 聚丙烯离心管中,离心,取上清液转入 120 ml, Teflon 分液漏斗中。加入 10 ml 丙酮,振荡 5 分。萃取铼。静止分相,弃去水相。加 2 ml, 5 mol/l NaOH 溶液到分液漏斗中,振荡 2 分,洗去丙酮相中的杂质。弃去水相,排丙酮到 150 ml 已加

有 2 ml 水的 Teflon 烧杯中。在电热板上 50 °C 加热以蒸发丙酮。加热溶液至干。加数滴浓硝酸和 30% 过氧化氢,加热蒸干以除去残存的铼。用数毫升稀 HNO₃ 溶解残渣,稀释到硝酸浓度为 2%。备 ICPMS 测定 Re 同位素比值。若含铼溶液中盐量超过 1 mg/ml,需采用阳离子交换柱除去钠。采用美国 TJA 公司生产的 TJA X-series ICPMS 测定同位素比值。对于 Re 选择质量数 185、187、190。用 190 监测 Os。对于 Os 选择质量数为 185、187、190、192,用 185 监测 Re。模式年龄 t 按下式计算:

$$t = \frac{1}{\lambda} \left[\ln \left(1 + \frac{{}^{187}\text{Os}}{{}^{187}\text{Re}} \right) \right]$$

其中 λ (¹⁸⁷Re 衰变常数) = $1.666 \times 10^{-11} \text{yr}^{-1}$ 。测试结果见表 1。

5 件辉钼矿给出的模式年龄在 212.7~215.1, 在误差范围内完全一致,其加权平均值为 214.1 ± 1.1Ma,应用 ISOPLOT 程序 (Ludwig K, 1999) 求得的等时线年龄为 214.4 ± 7.1Ma (图 3, 图 4),反映温泉钼矿矿化发生在印支晚期。

表 1 甘肃武山温泉斑岩型钼矿中辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Tab.1 Re-Os isotopic dating of molybdenites from Wenquan Mo deposit

| 样号 | 样重 (g) | Re (μg/g) | 普 Os (ng/g) | ¹⁸⁷ Re (μg/g) | ¹⁸⁷ Os (ng/g) | 模式年龄 (Ma) |
|---------|----------|------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| | | 测定值 ± 不确定度 | 测定值 ± 不确定度 | 测定值 ± 不确定度 | 测定值 ± 不确定度 | 测定值 ± 不确定度 |
| Ws-zk-1 | 0.010 10 | 33.52 ± 30 | 0.000 1 ± 0.031 3 | 21.07 ± 19 | 75.38 ± 0.57 | 214.3 ± 2.7 |
| Ws-zk-2 | 0.010 55 | 24.06 ± 19 | 0.000 0 ± 0.014 8 | 15.12 ± 12 | 53.68 ± 0.43 | 212.7 ± 2.6 |
| Ws-5 | 0.011 48 | 27.96 ± 22 | 0.005 4 ± 0.019 4 | 17.57 ± 14 | 62.71 ± 0.48 | 213.8 ± 2.5 |
| Ws-3 | 0.010 38 | 25.12 ± 20 | 0.000 0 ± 0.022 0 | 15.79 ± 13 | 56.70 ± 0.44 | 215.1 ± 2.6 |
| Ws-1 | 0.010 55 | 20.47 ± 17 | 0.000 0 ± 0.043 4 | 12.87 ± 11 | 46.05 ± 0.45 | 214.4 ± 2.9 |

注:普通 Os 是根据 Nier 值的 Os 同位素丰度,通过¹⁹²Os/¹⁹⁰Os 测量比计算得出,¹⁸⁷Os 是 Os 同位素总量。Re、Os 含量的不确定度包括样品和稀释剂的称量误差、稀释剂的标定误差、质谱测量的分馏校正误差、待分析样品同位素比值测量误差。置信水平 95%。模式年龄的不确定度还包括衰变常数的不确定度 (1.02%)。置信水平 95%。实验空白值 Re 0.0035ng、¹⁸⁷Os 0.00001ng。普通 Os 0.0000;分析者:屈文俊·曾法刚。

4 结果讨论

辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 212.7~215.1 Ma (加权平均值 214 ± 1.1 Ma),等时线年龄为 214.4 ± 7.1 Ma,表明武山温泉钼矿化发生于印支末期 (晚三叠世)。该年龄值上限值在误差范围内与温泉岩体黑云母 K-Ar 年龄 223~226Ma 近似,与 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 223 ± 7 Ma 值存在较大的重叠但偏晚,说明钼矿化主要发生于岩浆侵位晚期的冷却成岩阶段。这与野外露头所观察到的钼矿

化主要沿节理或裂隙充填-交代为主的现象是一致的。

根据张宏飞等 (2005) 对西秦岭花岗岩类地球化学和 Pb-Sr-Nd 同位素组成特征研究,西秦岭花岗岩岩浆来自地壳物质的部分熔融,源区物质为地壳中的基性火成岩类 (斜长角闪岩)。因此西秦岭与花岗岩有关的 Mo 矿化不仅需要考虑花岗岩本身的 Mo 丰度情况,而且也要考虑花岗岩源区岩石 Mo 含量的高低。因为 Mo 在岩浆结晶分异过程中具有不相容元素行为,因此结晶分异过程将使 Mo 优先进入熔体,而倾向于在岩浆的晚期阶段富集。同时

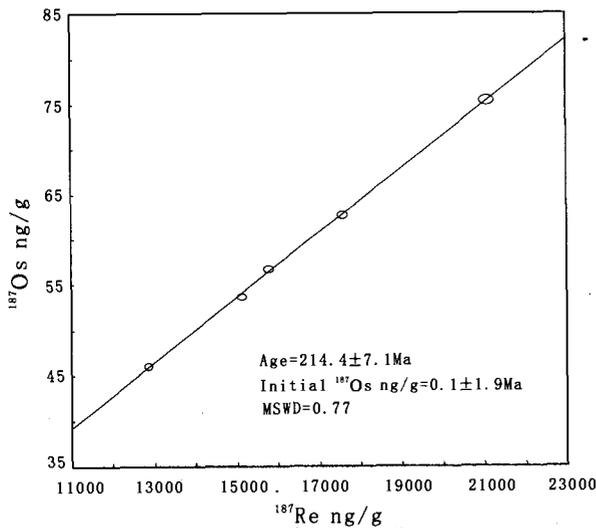


图 3 温泉钼矿辉钼矿 Re-Os 同位素等时线

Fig. 3 Re-Os isotopic isochrone of molybdenite from Wenquan Mo deposit

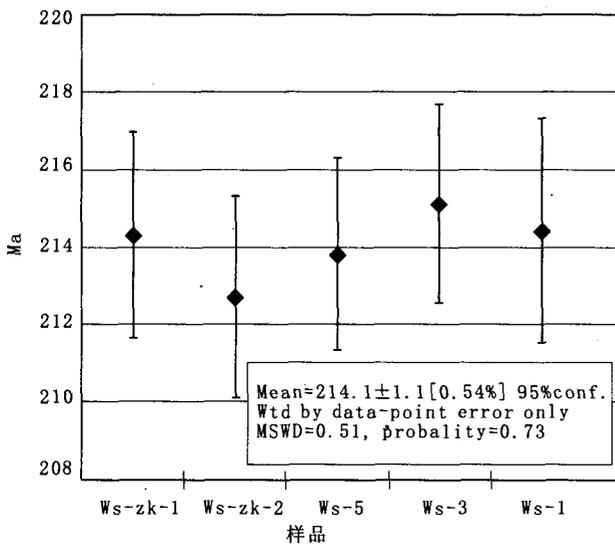


图 4 温泉钼矿辉钼矿 Re-Os 模式年龄加权平均值

Fig. 4 Weighted average of Re-Os model age data of molybdenite from Wenquan Mo deposit

Mo 在岩浆冷凝阶段，流体（水）饱和的情况下，更倾向于进入流体相。因此 Mo 矿化与岩浆结晶晚期形成热液交代关系密切，并交代充填于岩体原生节理系统中。花岗岩源区物质 Mo 富集是含钼岩体形成的基础，而岩浆分异结晶则是 Mo 进一步富集成矿的关键。印支期秦岭碰撞造山作用诱发的西秦岭大规模岩浆侵入活动，为地壳物质的分异和不相容元素富集成矿提供了热动力条件，因此对西秦岭花

岗岩的含矿性评价需要引起进一步的重视。

5 结论

温泉岩体辉钼矿 Re-Os 同位素定年表明，Mo 矿化主要发生于 214 Ma，相当于印支晚期。该时间不仅与秦岭完成全面造山时间相吻合，也与西秦岭印支期岩浆岩带侵位时间相当，反映出 Mo 矿化与造山过程所诱发的构造-岩浆作用存在密切的关系。温泉岩体 Mo 矿化的发现进一步表明西秦岭构造岩浆岩带是秦岭又一重要的 Mo 矿化有利地带，印支期是西秦岭 Mo 成矿的重要成矿期。

参考文献 (References):

- 杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 等. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究 [J]. 地质学报, 1994, 68 (4): 339-347.
- 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 等. Carius 管溶样和负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄 [J]. 岩矿测试, 2001, 20 (4): 247-252.
- 黄典豪, 王义昌, 聂风军, 等. 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, 1985, 59 (3): 241-257.
- 黄典豪, 吴澄宇, 杜安道, 等. 东秦岭地区钼矿床的铼-钨同位素年龄及其意义 [J]. 矿床地质, 1994, 13 (3): 221-300.
- 黄典豪, 吴澄宇, 聂风军. 陕西金堆城斑岩钼矿床地质特征及成因探讨 [J]. 矿床地质, 1987, 6 (3): 22-34.
- 李永峰, 毛景文, 白凤军, 等. 东秦岭南泥湖钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义 [J]. 地质论评, 2003, 49 (6): 652-659.
- 李永峰, 毛景文, 刘敦一, 等. 豫西雷门沟斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 及辉钼矿 Re-Os 测年及其地质意义 [J]. 地质论评, 2005, 52 (1): 122-131.
- 李永军, 丁仁平, 陈永彬, 等. 西秦岭温泉花岗岩体的新认识 [J]. 华南地质与矿产, 2003, (3): 9-11.
- 卢欣祥, 肖庆辉, 董有, 等. 秦岭花岗岩大地构造图 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- 屈文俊 杜安道. 电感耦合等离子体质谱测定辉钼矿中 Re、Os 含量时的质量分馏效应的校正 [J]. 质谱学报, 2004, 25 (S): 181-182.
- 屈文俊, 杜安道. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钼矿铼-钨地质年龄 [J]. 岩矿测试, 2003, 22

- (4): 254-257.
- 张本仁, 骆庭川, 高山, 等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 肖庆辉, 等. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社, 2001.
- 张宏飞, 靳兰兰, 张利, 等. 西秦岭花岗岩类地球化学和 Pb-Sr-Nd 同位素组成对基底性质及其构造属性的限制 [J]. 中国科学 (D), 2005, 35 (10): 914-926.
- DU Andao, WU Shuqi, SUN Dezhong, et al. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: molybdenite HLP and JDC [J]. *Geostandard and Geoanalytical Research*, 2004, 28 (1): 41-52.
- DU Andao, ZHAO Dunmin, WANG Shuxian, et al. Precise Re-Os dating for molybdenite by ID-NTIMS with carius tube sample preparation [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2001, 20 (4): 247-252 (in Chinese with English abstract).
- DU Andao, HE Hongliao, YIN Ningwan, et al. A study on the Rhenium-Osmium geochronometry of molybdenites [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1994, 68 (4): 339-347 (in Chinese with English abstract).
- HUANG D H, WANG Y C, NIE F J, et al. A new type of molybdenum deposit—geological characteristics and metal-logenic mechanism of the Huanglongpu carbonate vein-type of molybdenum (lead) deposit, Shaanxi [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1985, 59 (3): 241-257 (in Chinese with English abstract).
- HUANG D H, WU C Y, NIE F J. Geological features and origin of the Jinduicheng porphyry molybdenum deposit, Shaanxi province [J]. *Mineral Deposits*, 1987, 6 (3): 22-34 (in Chinese with English abstract).
- HUANG D H, WU C Y, DU A D, et al. Re-Os isotope age of molybdenum deposits in East Qinling and their significance [J]. *Mineral Deposits*, 1994, 13 (3): 221-300 (in Chinese with English abstract).
- LI Y F, MAO J W, BAI F J, et al. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Nannihu Mo (W) orefield in the eastern Qinling and its geological significance [J]. *Geological Review*, 2003, 49 (6): 652-659 (in Chinese with English abstract).
- LI Y F, MAO J W, LIU D Y, et al. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os datings for the Leimengou porphyry Mo deposit, in western Henan Province, China and its geological implication [J]. *Geological Review*, 2005, 52 (1): 122-131 (in Chinese with English abstract).
- LI Yongjun, DING Sanping, CHEN Yongbin, et al. New knowledge on the Wenquan granite in western Qinling [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2003, (3): 9-11 (in Chinese with English abstract).
- LU Xinxiang, XIAO Qinghui, DONG You, et al. Tectonic map of Qinling Granite [M]. Geological Publish House, Beijing, 1998.
- Ludwig K. Isoplot/Ex, Verison 2.0: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. *Geochronology Center*, 1999.
- QU Wenjun, DU Andao. Highly precise Re-Os dating of molybdenite by ICP-MS with carius tube sample digestion [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2003, 22 (4): 254-257 (in Chinese with English abstract).
- Smoliar M I, Walker R J, Morgan J W. Re-Os ages of group IIA, IIIA, IVA and VIB iron meteorites [J]. *Science*, 1996, 271: 1099-1102.
- Stein H J, Markey R J, W Morgan J, et al. Highly precise and accurate Re-Os ages for molybdenite from the East Qinling molybdenum belt, Shaanxi Province, China [J]. *Econ. Geol*, 1997, 92: 827-835.
- QU Wenjun, DU Andao. The correction of mass fractionation in the measurement of Rhenium and Osmium content by ICP-MS [J]. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 2004, 25 (S): 181-182 (in Chinese with English abstract).
- ZHANG Guowei, ZHANG Benren, YUAN Xuecheng, et al. Qinling orogenic belt and continental dynamics [M]. Science Press, Beijing, 2001.
- ZHANG H F, JIN L L, ZHANG L, et al. Geochemistry and Pb, Sr, and Nd isotopic compositions of granites in West Qinling: Constrains on basement nature and its tectonic attribute [J]. *Science in China (D)*, 2005, 35 (10): 914-926.
- ZHANG Benren, LUO Tingchuan, GAO Shan, et al. Geochemical study of the lithosphere, tectonism and metallogenesis in the Qinling-Dabashan region [M]. Press of China University of Geosciences, Wuhan, 1994.

Re-Os Isotopic Dating of Molybdenite and Its Implication for Molybdenum Mineralization of Wenquan Porphyry, Wushan, Gansu Province

SONG Shi-gang^{1,2}, DING Zhen-ju¹, YAO Shu-zhen¹, ZHOU Zong-gui¹,
ZHANG Shi-xin^{1,2}, DU An-dao³

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Gansu Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metal, Lanzhou 730000, Gansu, China; 3. National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China)

Abstract: Wenquan molybdenum deposit is a porphyry type mineral deposit related with Indosinian granite. The Re-Os isotope dating by five samples of molybdenite separate shows that the Os model ages ranging from 212.7 ± 2.6 Ma to 215.1 ± 2.6 Ma with weighted average 214.1 ± 1.1 Ma. The isochron age of 214.4 ± 7.1 Ma calculated by ISOPLOT program is consistent with granite ages of 223 to 226 Ma and 223 ± 7 Ma for K-Ar and SHRIMP U-Pb respectively. The isochron age is within limits of error, and slightly later than the granite age. The facts indicate that Mo mineralization generation was in the later stage of the magma ascending and cooling in crust. The indosinian granite distributed in west Qinling was generated by way of remelting of the basement matter of basaltic rocks with high K content induced by Qinling orogenic process and resulted in element redistribution in crust. This is very important to Mo mineralization generation for granite fractional crystallization. The discovery of Wenquan molybdenum mineral deposit plays a revealing and directing role to evaluate the metallogenetic potential of the Indosinian granite in west Qinling.

Key words: Wenquan Mo deposit; Re-Os isotopic dating; Indosinian granite