

doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.2018.0522

周栋,赵太平,赵鹏彬,等.豫西瑶沟金矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J].地质科技情报,2018,37(5):162-167.

豫西瑶沟金矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义

周 栋¹, 赵太平², 赵鹏彬³, 张晓团¹

(1. 陕西省地质调查院, 西安 710054; 2. 中国科学院广州地球化学研究所矿物学与成矿学
重点实验室, 广州 510640; 3. 陕西省地质调查中心, 西安 710016)

摘 要:瑶沟金矿床位于河南熊耳山地区,属构造蚀变岩型和石英脉型共生的金矿床。利用辉钼矿 Re-Os 同位素定年方法对瑶沟金矿床 4 件辉钼矿样品进行了成矿年代学测定,获得的模式年龄为 255.69~249.05 Ma,加权平均值为(253.0±4.5) Ma,对应的等时线年龄为(255.3±2.8)Ma,模式年龄和等时线年龄在误差范围内基本一致,指示瑶沟金矿床的成矿时限为早三叠世。辉钼矿的 $w(\text{Re})$ 为 $2.988 \times 10^{-6} \sim 47.086 \times 10^{-6}$,指示成矿物质可能主要来源于地壳并有地幔物质的贡献。该矿床是在挤压环境中形成的,在此环境下,携带金等成矿物质的深源流体沿深大断裂即马超营断裂上移,并萃取围岩中的物质,在北东向及近东西向断裂或构造破碎带中沉淀富集成矿。

关键词:辉钼矿;Re-Os 同位素定年;瑶沟金矿;豫西;熊耳山地区

中图分类号:P618.51;P597

文献标志码:A

文章编号:1000-7849(2018)05-0162-06

华北克拉通南缘的小秦岭—熊耳山金矿集区是我国仅次于胶东半岛的第二大金矿集区。熊耳山地区总的黄金资源量 $> 200 \text{ t}^{[1]}$ 。研究区金成矿时代主要分布在燕山期,集中在 133~125 Ma^[2],印支期的金成矿事件以上官金矿为代表(242±11)Ma^[3]。近年来,尽管众多地质工作者进行了大量研究,但熊耳山金矿集区矿床的成因类型争议仍然较大^[1,4],其争论的焦点主要有 3 个方面:①燕山期的岩浆作用导致了熊耳山金矿集区矿床的形成,其属于与岩浆有关的金矿床^[5-7];②成矿物质来源于太古界太华群变质岩系或中元古界火山岩系,且成矿流体主要表现为变质水与雨水的混合^[8],应归于与造山作用有关的金矿床^[8];③由于矿石中高 Te、低 Se,任富根等^[9]认为熊耳山地区的一些矿床属于低硫的浅成低温矿床^[10]。关于成矿的构造背景主要有 3 种观点:①熊耳山地区的金矿床形成于华北克拉通与华南克拉通碰撞后的区域伸展和基性岩浆底侵环境,伴随有同时期的燕山期花岗岩为其提供热和物质来源^[1];②晚中生代华北克拉通破坏和岩石圈减薄是熊耳山地区发生大规模岩浆活动及相关成矿作用的深部地球动力学背景^[4];③沿马超营断裂倾向北的 A 型俯冲过程中,依次形成了康山—上官金银矿带、

花山花岗岩基带和祈雨沟—雷门沟斑岩—爆破角砾岩及其矿床带^[8,11-13]。

金属矿床的成矿时代,对于正确认识矿床成因和控矿因素、总结成矿规律并指导找矿勘探工作都具有极为重要的意义^[14-17]。因此,产生上述争议的主要原因还是成岩成矿时代缺乏精确的厘定,成矿规律不清晰。笔者在详细研究熊耳山金矿集区最重要的一类矿床——瑶沟金矿床地质特征的基础上,通过对该矿床辉钼矿单矿物的 Re-Os 同位素测年,试图精确厘定其成矿年龄,为矿床成矿作用研究提供年代学证据,同时对瑶沟金矿床形成的大地构造背景、成矿物质来源及成矿模式作一简要探讨。

1 区域地质及矿床地质特征

瑶沟金矿位于河南省嵩县境内,地理坐标为东经 111°54′36″~111°55′38″,北纬 34°05′51″~34°06′99″。金储量为 3 920.4 kg,金平均品位 4.88×10^{-6} ,矿区出露的地层为熊耳群鸡蛋坪组英安岩、安山岩^[18]。矿区构造以断裂为主,规模较大的有 22 条,最长的横贯全区,按其走向分为:北东向、东西向、北西向、近南北向(图 1)。主要控矿断裂为北东

收稿日期:2018-01-09

编辑:杨 勇

基金项目:国家自然科学基金项目(41402047);陕西省公益性地质调查项目(20170102;20180310)

作者简介:周 栋(1989—),男,工程师,主要从事矿产地质勘查及研究工作。E-mail:781821834@qq.com

通信作者:赵太平(1963—),男,研究员,主要从事矿床学研究工作。E-mail:tpzhao@gig.ac.cn

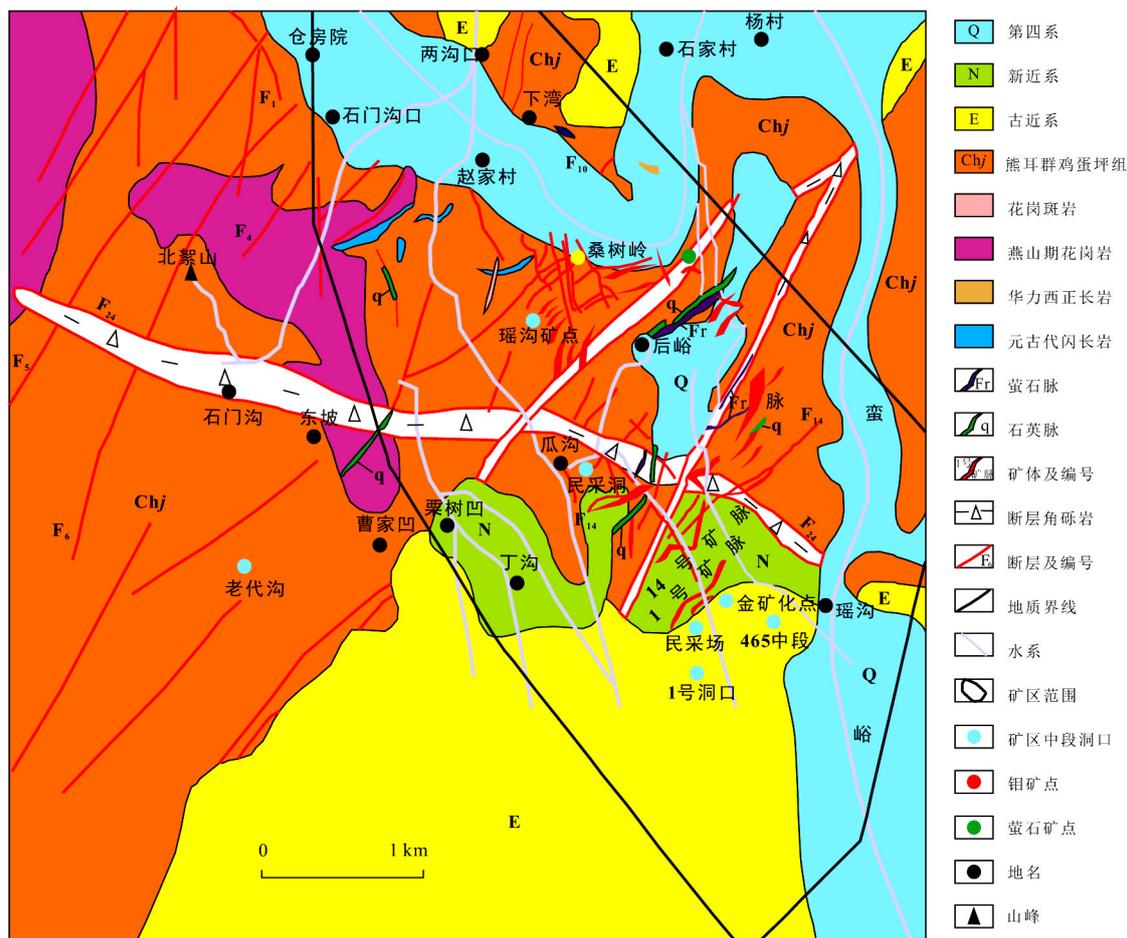


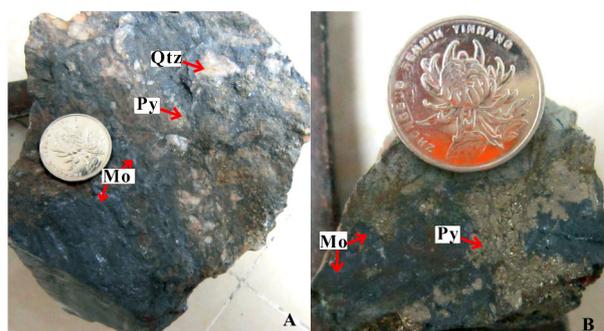
图 1 瑶沟矿区地质图(改自文献[18])
Fig.1 Geological map of Yaogou gold deposit

向及东西向。

瑶沟矿区出露的喷出岩主要为中元古界熊耳群陆相火山岩。区域内大规模侵入岩不太发育,仅在矿区以北有五丈山岩体出露,该岩体为燕山中期侵入的正长花岗岩。区内出露较多的是沿早期裂隙充填的脉岩,如辉绿岩、闪长玢岩、云煌岩及正长斑岩脉等(图 1)。

瑶沟金矿床内有 17 条金矿脉(图 1),2 种金矿类型,即构造蚀变岩型和石英脉型。其中,1 号矿脉、14 号矿脉为主矿脉,规模较大。14 号矿脉为构造蚀变岩型金矿,矿脉受近东西压扭性构造蚀变带控制,矿体的分布、产状、形态与构造带一致。1 号矿脉为石英脉型金矿,含金石英脉受北东向张扭性断裂控制,矿脉沿断裂构造充填。

瑶沟金矿床金矿石主要伴生金属矿物有赤铁矿、镜铁矿、黄铁矿、褐铁矿,其次为黄铜矿、方铅矿、辉钼矿等,手标本下可见黄铁矿与辉钼矿伴生(图 2)有用矿物为自然金。脉石矿物有石英(图 2-A)、高岭土、绢云母、方解石等。



Mo. 辉钼矿;Py. 黄铁矿;Qtz. 石英
图 2 瑶沟金矿床的矿石手标本照片

Fig.2 Hand specimen pictures of Yaogou gold deposit

2 样品采集及位置

为了进行对比研究和精确确定瑶沟金矿床的成矿年龄,笔者对该矿床进行了 Re-Os 同位素测年。用于 Re-Os 测年的 4 件辉钼矿样品均产自 1 号矿脉的矿石中。辉钼矿主要以薄膜状形式产出(图 2)。

样品经粉碎、分离、粗选和精选,在双目镜下挑选出辉钼矿矿物碎片,辉钼矿单矿物纯度 $>99\%$,最后用玛瑙钵碾细。

3 分析方法

Re、Os 纯化分离等前处理工作以及仪器分析在中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学国家重点实验室完成,所用仪器为 Thermo Scientific X-Series 2 ICP-MS。分析方法及流程见文献 [19-21],实验采用国家标准物质 GBW04435 和 GBW04436 检测化学流程和分析数

据的可靠性。

4 分析结果

瑶沟金矿床 4 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测试结果如表 1 所示。可以看出,辉钼矿中 $w(^{187}\text{Re})$ 和 $w(^{187}\text{Os})$ 变化较大, $w(^{187}\text{Re})$ 为 $1.878 \times 10^{-6} \sim 29.596 \times 10^{-6}$, $w(^{187}\text{Os})$ 为 $7.882 \times 10^{-9} \sim 126.339 \times 10^{-9}$ 。 $w(^{187}\text{Re})$ 与 $w(^{187}\text{Os})$ 成正相关(图 3),这就验证了辉钼矿中的 ^{187}Os 基本上都是由 ^{187}Re 经 β 衰变而来的结论,说明用辉钼矿 Re-Os 定年是可行的。

表 1 瑶沟金矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测年数据

Table 1 Molybdenite Re-Os isotopic data for the Yaogou gold deposit

样品号	样品质量/g	$w(\text{Re})/10^{-6}$	2σ	$w(^{187}\text{Re})/10^{-6}$	2σ	$w(^{187}\text{Os})/10^{-9}$	2σ	模式年龄/Ma	2σ
YG-4	0.072 6	2.988	0.011	1.878	0.007	7.882	0.059	251.40	2.09
YG-7	0.201 2	3.479	0.017	2.187	0.011	9.091	0.056	249.05	1.97
YG-8	0.025 7	34.487	0.127	21.676	0.08	92.126	0.338	254.57	1.32
YG-20	0.018 0	47.086	0.376	29.596	0.236	126.339	0.509	255.69	2.28

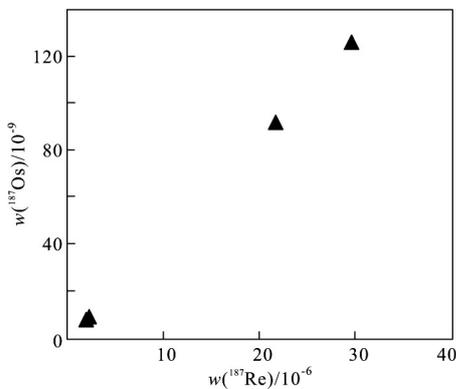


图 3 瑶沟金矿床辉钼矿 $w(^{187}\text{Os})-w(^{187}\text{Re})$ 关系图

Fig. 3 Diagrams of ^{187}Os vs. ^{187}Re of molybdenites from the Yaogou Au deposit

利用 Isoplot 软件对 4 个数据进行 $^{187}\text{Re}-^{187}\text{Os}$ 等时线拟和,构成一条良好的 $^{187}\text{Re}-^{187}\text{Os}$ 等时线,等时线年龄为 $(255.3 \pm 2.8) \text{ Ma}$ (图 4-A)。4 个辉钼矿样品的 Re-Os 模式年龄介于 $249.05 \sim 255.69 \text{ Ma}$ 之间,加权平均年龄为 $(253.0 \pm 4.5) \text{ Ma}$ ($MSWD = 1.6$) (图 4-B)。

5 讨论

5.1 成矿时代与构造背景

小秦岭、崤山、熊耳山—外方山是华北克拉通南缘重要的金矿集区。近年来对一些重要的金矿床开展了同位素的精确测年。如小秦岭金矿田内东闯金

矿石英及绢云母 Ar-Ar 年龄为 $143 \sim 128 \text{ Ma}$ [22], 秦岭(杨砦峪)金矿绢云母 Ar-Ar 年龄为 $(125.1 \pm 1.2) \text{ Ma}$ [23], 红土岭金矿黑云母 Ar-Ar 年龄为 $(128.5 \pm 0.2) \sim (126.7 \pm 0.2) \text{ Ma}$ [24], 大湖金钼矿 Re-Os 模式年龄为 $255.6 \sim 215.4 \text{ Ma}$ [25-26], 马家洼金矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 $(232 \pm 11) \text{ Ma}$ [27]; 崤山地区的崤山金矿绢云母 Ar-Ar 坪年龄为 $(156.1 \pm 1.0) \text{ Ma}$ [28], 熊耳山—外方山祁雨沟金矿钾长石 Ar-Ar 等时线年龄为 $(125.11 \pm 1.59) \sim (115.11 \pm 1.5) \text{ Ma}$ [29], 7 号角砾岩筒中的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 $(135.6 \pm 5.6) \text{ Ma}$ [13], 庙岭金矿钾长石 Ar-Ar 年龄为 $(121.6 \pm 1.2) \text{ Ma}$ [23], 店房金矿石榴石 Sm-Nd 年龄为 $(206 \pm 34) \sim (202 \pm 18) \text{ Ma}$ [28], 上官金矿绢云母 Ar-Ar 年龄为 $(236.5 \pm 2.5) \sim (227.7 \pm 1.4) \text{ Ma}$ [28]。由此可知,华北克拉通南缘金矿成矿作用可划分出 2 期,即印支期三叠纪 ($250 \sim 208 \text{ Ma}$) 和晚燕山期早白垩世 ($130 \sim 115 \text{ Ma}$)。但与晚燕山期早白垩世的成矿作用相比,印支期三叠纪的成矿作用多以脉状钼(金)矿床为主,成矿强度和矿床规模不大,空间分布范围有限 [30]。可能是燕山期成矿事件的强烈改造导致印支期的成矿信息多被掩盖而不易识别,甚至被破坏消失 [25]。本次测定的瑶沟金矿辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 $(255.3 \pm 2.8) \text{ Ma}$, 加权平均年龄为 $(253.0 \pm 4.5) \text{ Ma}$, 属于区域上印支期早三叠世金矿成矿期的产物。

自加里东运动开始,直到三叠纪早期,华北克拉通一直处于稳定发展阶段,同位素测年及其他资料

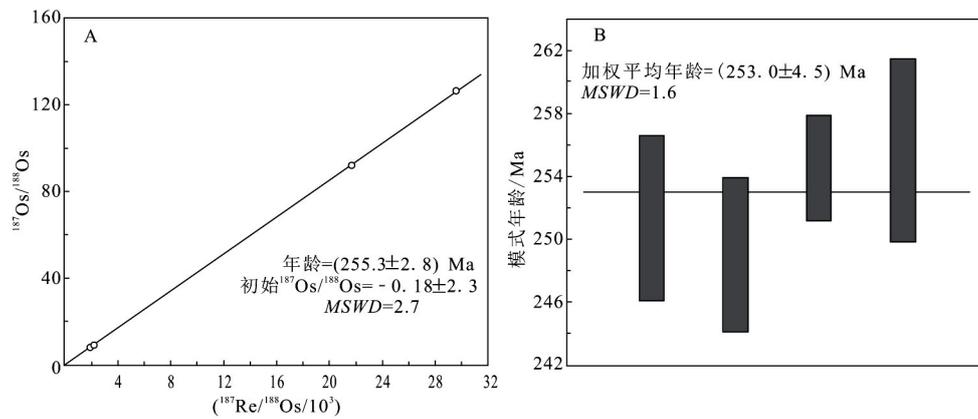


图 4 瑶沟金矿床辉钼矿 Re-Os 等时线年龄和加权平均图

Fig. 4 Re-Os isochron and weighted model age of molybdenites from the Yaogou gold deposit

表明:扬子克拉通与华北克拉通在 238~218 Ma 之间实现碰撞对接^[31-34]。大别超高压变质带的深入研究初步证明三叠纪碰撞造山的峰期大致在 242~227 Ma 之间^[35-37],并在 220 Ma 后进入后碰撞伸展阶段。陈衍景等^[8]提出陆陆碰撞导致秦岭造山带内部发育一系列东西走向陆内俯冲带,熊耳地体南部的马超营大断裂就属于这组 A 型俯冲带,即马超营断裂倾向北的 A 型俯冲是熊耳山地区金矿形成的构造背景。由上可知,对熊耳山地区印支期早三叠世成岩成矿的地球动力学背景目前仍然存在一定的争议,但均认为研究区矿床的形成与俯冲碰撞有密切的关系,因此,瑶沟金矿床形成于早三叠世的挤压环境已得到普遍认同。

5.2 成矿物质来源

近年来,众多学者利用 Re-Os 同位素体系进行内生金属矿床成矿物质来源及成矿机理等方面研究,已取得理想的效果^[38-39]。一般认为,从地幔来源到壳幔混源再到地壳来源,辉钼矿的 $w(\text{Re})$ 呈数量级递减,从 $n \times 10^{-6}$ 、 $n \times 10^{-5}$ 变化到 $n \times 10^{-4}$ ^[40-41],因此,Re-Os 同位素体系不仅可以精确确定矿床形成的时间,而且还可以示踪成矿物质来源以及指示成矿过程中不同来源的物质混入的程度。前人对瑶沟地区矿床的研究表明,成矿物质来源于地壳的深部^[42-44],并与花岗岩同源^[1],成矿流体来源于区域韧性剪切活动及相关的岩浆活动^[45-46]。瑶沟金矿床主成矿阶段 4 件辉钼矿的 $w(\text{Re})$ 介于 $2.988 \times 10^{-6} \sim 47.086 \times 10^{-6}$,表明其成矿物质主要来源于地壳并有幔源物质的贡献。

5.3 成矿模式

通过对瑶沟金矿床的成矿地质条件、矿床地质特征、构造背景以及成矿物质来源等方面的研究,笔者初步认为瑶沟金矿床属于韧性剪切带控矿模式^[18,45,47-48],金矿床的形成主要受区域韧性剪切带

控制。区内马超营断裂总长约 200 km,宽数十至数百米,延深 34~38 km,是深切地壳硅铝层的区域大断裂^[49]。

综合前人研究成果,笔者提出瑶沟金矿床的成矿模式,即:晚二叠世末至早三叠世初(250 Ma),熊耳山地区处于秦岭造山带陆内造山阶段;在强烈的挤压作用下,携带金等成矿物质的深源流体沿深大断裂即马超营断裂上移,并萃取围岩中的物质,流体体系的物理、化学条件失去平衡,金及其他金属硫化物在北东向及近东西向断裂或构造裂隙处沉淀、富集,在熊耳山地区形成以瑶沟金矿床为代表的蚀变岩型和石英脉型金矿床。

6 结 论

(1)对瑶沟金矿床的 4 件辉钼矿样品进行了 Re-Os 同位素精确定年,获得模式年龄的变化范围为(255.69~249.05)Ma,加权平均年龄为(253.0±4.5)Ma,等时线年龄为(255.3±2.8)Ma,表明成矿作用发生于早三叠世。

(2)瑶沟金矿床辉钼矿的 $w(\text{Re})$ 为 $2.988 \times 10^{-6} \sim 47.086 \times 10^{-6}$,通过综合分析前人的研究成果,初步认为该矿床的成矿物质可能主要来自于地壳并伴有地幔物质的贡献。

(3)熊耳山地区印支早期的成矿作用可能形成于挤压的构造背景。

野外工作得到河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院汪江河教授级高级工程师的帮助,特此致谢!

参考文献:

- [1] Mao J W, Goldfarb R J, Zhang Z W, et al. Gold deposits in the Xiaolinling-Xiong'er shan region, Qinling Mountains, central China[J]. Mineralium Deposita, 2002, 37(3/4): 306-325.

- [2] Han Y G, Zhang S H, Pirajno F, et al. U-Pb and Re-Os isotopic systematics and zircon Ce^{4+}/Ce^{3+} ratios in the Shiyagou Mo deposit in eastern Qinling, central China: Insights into the oxidation state of granitoids and Mo(Au) mineralization[J]. *Ore Geology Reviews*, 2013, 55: 29-47.
- [3] 黎世美, 瞿伦全, 李新民. 熊耳山地区蚀变构造岩型金矿成矿地质条件、富集规律及远景预测[C]//秦巴金矿论文集. 北京: 地质出版社, 1993: 119.
- [4] Li Z K, Li J W, Zhao X F, et al. Crustal-extension Ag-Pb-Zn veins in the Xiong'er shan district, southern North China Craton; Constraints from the Shagou deposit[J]. *Economic Geology*, 2013, 108: 1703-1729.
- [5] 李永峰. 豫西熊耳山地区中生代花岗岩类时空演化与钼(金)成矿作用[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2005.
- [6] 王长明, 邓军, 张寿庭. 河南熊耳山地区花山花岗岩与金矿化的关系[J]. *现代地质*, 2006, 20(2): 315-321.
- [7] 王卫星, 邓军, 龚庆杰, 等. 豫西熊耳山五丈山、花山、合峪花岗岩体与金成矿关系[J]. *黄金*, 2010, 31(4): 12-17.
- [8] 陈衍景, 富士谷. 豫西金成矿规律[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [9] 任富根, 李维明, 李增惠, 等. 熊耳山—崮山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [10] Bonham H F. Models for volcanic hosted epithermal precious metal deposits: A review[C]. *International Volcanological Congress, Hamilton, New Zealand, Symposium 5, Proceedings*, 1986: 13-17.
- [11] Chen Y J, Pirajno F, Qi J P. The Shangong gold deposit, eastern Qinling orogen, China: Isotope geochemistry and implications for ore genesis[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, 33: 252-266.
- [12] Pirajno F. *Hydrothermal processes and mineral systems*[M]. [S. l.]: Springer, 2008: 1250.
- [13] 姚军明, 赵太平, 李晶, 等. 河南祁雨沟金成矿系统辉钼矿 Re-Os 年龄和锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素地球化学[J]. *岩石学报*, 2009, 25(2): 374-384.
- [14] 翟裕生, 姚书振, 林新多, 等. 长江中下游地区铁、铜等成矿规律研究[J]. *矿床地质*, 1992, 11(1): 1-12.
- [15] 陈毓川, 王平安, 秦克令, 等. 秦岭地区主要金属矿床成矿系列的划分及区域成矿规律探讨[J]. *矿床地质*, 1994, 13(4): 289-298.
- [16] Yuan S D, Peng J T, Hu R Z, et al. A precise U-Pb age on cassiterite from the Xianghualing tin-polymetallic deposit (Hunan, South China)[J]. *Mineralium Deposita*, 2008, 43(4): 375-382.
- [17] Yuan S D, Peng J T, Hao S, et al. In-situ LA-MC-ICP-MS and ID-TIMS U-Pb geochronology of cassiterite in the giant Furong tin deposit, Hunan Province, South China: New constraints on the timing of tin-polymetallic mineralization[J]. *Ore Geology Reviews*, 2011, 43(1): 235-242.
- [18] 王中亮. 河南嵩县瑶沟金矿床地质特征及控矿构造解析[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009: 1-52.
- [19] Sun Y L, Zhou M F, Sun M. Routine Os analysis by isotope dilution-inductively coupled plasma mass spectrometry: OsO_4 in water solution gives high sensitivity[J]. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2001, 16: 345-349.
- [20] 李诺, 孙亚莉, 李晶, 等. 内蒙古乌努格吐山斑岩铜钼矿床辉钼矿铼钨等时线年龄及其成矿地球动力学背景[J]. *岩石学报*, 2007, 23(11): 2881-2888.
- [21] Ludwig K R. User's manual for Isoplot 3. 00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel[J]. *Berkeley Geochronology Center Special Publication*, 2003, 4: 1-70.
- [22] Li Q Z, Chen Y J, Zhong Z Q, et al. Ar-Ar dating on the metallogensis of the Dongchuang gold deposit in the Xiaoqiling area[J]. *Acta Geological Sinica*, 2002, 76(4): 488-493.
- [23] 翟雷, 叶会寿, 周珂, 等. 河南嵩县庙岭金矿地质特征与钾长石 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 定年[J]. *地质通报*, 2012, 31(4): 569-576.
- [24] 王义天, 毛景文, 卢欣祥, 等. 河南小秦岭金矿区 Q875 脉中深部矿化蚀变岩的 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 年龄及其意义[J]. *科学通报*, 2002, 47(18): 1427-1431.
- [25] 李厚民, 叶会寿, 毛景文, 等. 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*, 2007, 26(4): 417-422.
- [26] 李诺, Sun Y L, 李晶, 等. 小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼钨同位素年龄及印支期成矿事件[J]. *岩石学报*, 2008, 24(4): 810-816.
- [27] 王义天, 叶会寿, 叶安旺, 等. 小秦岭北缘马家洼石英脉型金钼矿床的辉钼矿 Re-Os 年龄及其意义[J]. *地学前缘*, 2010, 17(2): 140-145.
- [28] 唐克菲. 华北克拉通南缘熊耳山地区金矿床时空演化、矿床成因及成矿构造背景[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2014.
- [29] 王义天, 毛景文, 卢欣祥. 嵩县祁雨沟金成矿时代的 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 年代学证据[J]. *地质论评*, 2001, 47(5): 551-555.
- [30] 李占柯. 华北克拉通南缘中生代银—铅—锌矿床成矿作用研究[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2013.
- [31] Ames L, Tilton G R, Zhou G. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons: U-Pb zircon dating of coesite-bearing eclogites[J]. *Geology*, 1993, 21: 339-343.
- [32] 李曙光, Hart S R, 郑双根. 中国华北、华南陆块碰撞时代的 Sm-Nd 同位素年龄证据[J]. *中国科学: 化学*, 1989, 19(3): 312-319.
- [33] Meng Q R, Zhang G W. Timing of collision of the North and South China blocks: Controversy and reconciliation[J]. *Geology*, 1999, 27: 123-126.
- [34] 李锦轶. 中朝地块与扬子地块碰撞的时限与方式: 长江中下游地区震旦纪—侏罗纪沉积环境的演变[J]. *地质学报*, 2001, 75(1): 25-34.
- [35] Zheng Y F, Fu B, Li Y, et al. Oxygen and hydrogen isotope geochemistry of ultrahigh-pressure eclogites from the Dabie Mountains and the Sulu terrane[J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 1998, 155(1/2): 113-129.
- [36] Zheng Y F, Gao T S, Wu Y B, et al. Fluid flow during exhumation of deeply subducted continental crust: Zircon U-Pb age and O-isotope studies of a quartz vein within ultrahigh-pressure eclogite[J]. *Journal of Metamorphic Geology*, 2007, 25(2): 267-283.
- [37] 李曙光. 大别山超高压变质岩折返机制与华北—华南陆块碰撞过程[J]. *地学前缘*, 2004, 11(3): 63-70.
- [38] Berzina A N, Sotnikov V I, Economou-Eliopoulos M, et al. Distribution of rhenium in molybdenite from porphyry Cu-Mo and Mo-Cu deposits of Russia (Siberia) and Mongolia[J]. *Ore Geology Reviews*, 2005, 26(1/2): 91-113.
- [39] Zheng W, Mao J W, Zhao C S, et al. Re-Os geochronology of molybdenite from Yinyan porphyry Sn deposit in South China[J]. *Resource Geology*, 2016, 66(1): 63-70.
- [40] Mao J W, Zhang Z C, Zhang Z H, et al. 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*, 1999, 63(11/12): 1815-1818.
- [41] Stein H J, Markey R J, Morgan J W, et al. The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: How and why it works[J]. *Terra Nova*, 2001, 13(6): 479-486.
- [42] 陈衍景, 李欣, 秦善, 等. 河南上宫金矿成矿流体研究及其对碰撞造山体制流体作用指示意义[J]. *自然科学进展*, 1998, 8(1): 73-76.
- [43] 罗铭玖, 王亨治. 河南金矿概论[R]. 郑州: 河南地质矿产厅, 1991.
- [44] 罗铭玖, 黎世美, 卢欣祥, 等. 河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [45] 胡受奚, 赵懿英, 徐金方, 等. 华北地台金成矿地质[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [46] 邓军, 翟裕生, 杨立强, 等. 构造演化与成矿系统动力学[J]. *地学前缘*, 1999, 6(2): 315-323.
- [47] 邓军, 翟裕生, 杨立强, 等. 论剪切带构造成矿系统[J]. *现代地质*, 1998, 12(4): 493-500.
- [48] 胡受奚, 叶瑛, 刘红樱. 地体构造对金区域成矿的重要意义[J]. *黄金地质*, 2001, 7(4): 1-8.
- [49] 胡受奚, 林潜龙, 陈泽铭. 华北板块与华南板块拼合带地质与成矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 1988.

Re-Os Dating for the Molybdenite from the Yaogou Gold Deposit West of Henan Province and Its Geological Significance

Zhou Dong¹, Zhao Taiping², Zhao Pengbin³, Zhang Xiaotuan¹

(1. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, China;

2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

3. Shaanxi Geological Survey Center, Xi'an 710016, China)

Abstract: Being composed of typical quartz vein orebodies and structural altered rock-host orebodies, Yaogou gold deposit is located at Xiong'ershan region Henan Province. Four molybdenite samples from the Yaogou gold deposit were collected to perform the Re-Os dating. The Re-Os dating yield model ages ranging from 255.69 Ma to 249.05 Ma with a weighted mean age of (253.0 ± 4.5) Ma, and obtain an isochron age of (255.3 ± 2.8) Ma. Evidently, model ages are consistent with isochron age within the error ranges, so we can constrain the ore-forming age of Yaogou gold deposit at the early Triassic. The molybdenites from the Yaogou deposit have a low content of Re, $2.988 \times 10^{-6} \sim 47.086 \times 10^{-6}$, probably showing the ore-forming materials were mainly from crust but mixed with mantle. The deep source fluids carrying gold and other metallogenic materials moved up along the Machaoying fault and extracted the materials from the surrounding rocks under extrusion setting. Finally, the precipitation of materials in NE, near EW faults or structural fracture zone formed the Yaogou gold deposit.

Key words: molybdenite; Re-Os isotopic ages; Yaogou gold deposit; west of Henan Province; Xiong'ershan region