

# 河南银洞沟银金钼矿床铼-钨同位素定年和加里东期造山-成矿事件\*

李晶<sup>1</sup> 仇建军<sup>2,3</sup> 孙亚莉<sup>1</sup>

LI Jing<sup>1</sup>, QIU JianJun<sup>3</sup> and SUN YaLi<sup>1</sup>

1. 中国科学院广州地球化学研究所 成矿动力学重点实验室, 广州 510640

2. 中国地质大学(北京), 北京 100083

3. 河南省有色金属地质矿产局第三地质大队, 郑州 450016

1. Key Laboratory for Metallogenic Dynamics, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China

3. Team 3 of Henan Bureau of Geology and Nonferrous Metal Resources, Zhengzhou 450016, China

2009-08-10 收稿, 2009-10-25 改回。

Li J, Qiu JJ and Sun YL. 2009. Re-Os isotope dating of the Yindonggou Ag-Au-Mo deposit, Henan province and its implication for Caledonian orogenic-metallogenic event. *Acta Petrologica Sinica*, 25 (11): 2763–2768

**Abstract** The Yindonggou Ag-Au-Mo deposit, located in Neixiang County, Henan Province, is a recently discovered orogenic-type ore deposit in the Xiaguan Ag-dominant poly-metal ore-field. The deposit is hosted in the Erlangping volcanic-sedimentary sequence which was deposited in a Neoproterozoic-Early Paleozoic back-arc basin and regionally deformed and metamorphosed in Caledonian Movement or Silurian period. Five molybdenite samples from the deposit yield Re-Os isotope model ages of  $423.4 \pm 4.4 \sim 432.2 \pm 3.4$  Ma, with an average of  $429.3 \pm 3.9$  Ma (MSWD = 0.73). This implies that the Caledonian orogenic-metallogenic event has notably occurred in the Qinling Orogen.

**Key words** Molybdenite Re-Os isotope age; Yindonggou Ag-Au-Mo deposit; Xiaguan Ag-dominant poly-metal ore-field; Qinling Orogen; Caledonian Movement

**摘要** 河南内乡银洞沟银金钼矿床是夏馆银多金属矿田新发现的造山型矿床, 赋矿地层为新元古代-早古生代弧后盆地堆积的二郎坪群火山-沉积岩系, 二郎坪群在志留纪或加里东运动中遭受区域变形和变质。矿床5件辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄介于  $423.4 \pm 4.4 \sim 432.2 \pm 3.4$  Ma, 加权平均年龄为  $429.3 \pm 3.9$  Ma (MSWD = 0.73), 指示秦岭地区存在显著的加里东期造山-成矿事件。

**关键词** 辉钼矿铼-钨同位素年龄, 银洞沟银金钼矿床, 夏馆银多金属矿田, 秦岭造山带, 加里东运动

**中图法分类号** P597.3; P618.51; P618.65

秦岭造山带经历了长期而复杂的地壳演化, 包括大陆裂解、增生、碰撞和陆内构造作用(胡受奚, 1988; 陈衍景和富士谷, 1992; 张国伟等, 2001)。按照已有成矿理论(Pirajno, 2009; 陈衍景等, 2007, 2008), 应有不同时期的多种类型的成矿系统发育。然而, 秦岭虽是我国最重要的金属成矿省之一, 但绝大多数矿床被共识形成于中生代(李诺等, 2007; Chen *et al.*, 2007, 2009), 只有极少数被报道为前中生代矿床。那么, 秦岭在中生代之前的漫长地质演化过程中是否有

重要成矿事件? 如果有, 为何迄今较少发现前中生代的矿床, 它们到哪里去了? 如果它们经历了活化、改造, 它们是否有残留, 又被改造为何种形式? 显然, 这是富有挑战性而迟早需要回答的兼有理论和勘查意义的疑难科学问题。

带着这一问题, 我们研究了东秦岭二郎坪地体内新发现的银洞沟 Ag-Au-Mo 矿床, 获得其辉钼矿 Re-Os 年龄为  $429.3 \pm 3.9$  Ma (MSWD = 0.73), 初步厘定其代表加里东期的造山-成矿作用。

\* 本研究得到了国家 973 项目(2006CB403506 和 08 课题), 国家自然科学基金项目(40730421, 40702013, 40425006, 40502012)资助。

第一作者简介: 李晶, 女, 1981 年生, 博士, 矿床学专业, E-mail: crystalheibao@gmail.com

## 1 区域地质

银洞沟银金钼多金属矿床(点)位于河南省内乡县夏馆镇境内,地理坐标为 $33^{\circ}27'54''N$ ,  $111^{\circ}50'04''E$ ,大地构造上位于秦岭构造带二郎坪地体东段(图1)。二郎坪地体以大面积发育二郎坪群中低级变质岩系为特征,南界为朱阳关-夏馆断裂(即朱夏断裂),北界为瓦穴子断裂。其南为中秦岭岛弧地体,发育中高级变质的秦岭群片麻岩和大理岩;其北为宽坪地体,发育宽坪群蛇绿岩套和陶湾群碳酸盐-碎屑岩系(胡受奚等,1988;陈衍景和富士谷,1992;张静等,2004,2005,2009)。二郎坪群被共识为加里东期构造层,遭受了加里东期变形和变质,主要由中低级变质的角闪岩、斜长角闪岩、绿泥片岩、黑云片岩、大理岩等组成,局部可见含十字石、蓝晶石、红柱石和矽线石或石墨的片岩;原岩沉积于新元古代-早古生代发育的弧后盆地(胡受奚,1988;陈衍景和富士谷,1992;徐勇航等,2009),为海相火山岩-沉积岩系,其火山岩以中基性-酸性火山岩建造为主,以含枕状构造的细碧角斑岩为特征,被习称为二郎坪蛇绿岩套;沉积岩以碎屑岩为主,并以富铝和富碳质沉积物为特征,被习称为小寨复理石

建造。

早古生代末期,中秦岭岛弧地体与华北古陆块碰撞(胡受奚,1988;Chen *et al.*, 2004; 向华等, 2009),二郎坪弧后盆地闭合,二郎坪群普遍遭受变形和变质,并被加里东晚期花岗岩侵入(如五朵山岩基)。晚古生代,古商丹洋和勉略洋向北俯冲,二郎坪地体沦为岩浆弧区,发育晚古生代花岗岩类。中生代(印支-燕山期),华北与华南古板块碰撞,二郎坪地体再度变形和变质,被大量花岗质岩浆侵入破坏,金、银、铅、锌、汞、锑等元素矿化强烈,形成夏馆银金铅锌矿田,包括银洞沟、板厂和东洼等银多金属矿床以及许窑沟金矿床等(陈衍景和富士谷,1992;张静等, 2004, 2005, 2009; Zhang *et al.*, 2009)。

## 2 矿床地质和样品

1999年以来,夏馆银多金属矿田发现了3个大型银多金属矿床和一系列矿点或小型矿床(图1),银洞沟银金钼多金属矿床(点)位于银洞沟大型银铅锌矿床(张静等, 2004, 2005, 2009)的北西约1.5km处。矿体呈脉状受控于NW向断裂构造,赋矿围岩是二郎坪群小寨组变质碎屑岩,主要岩

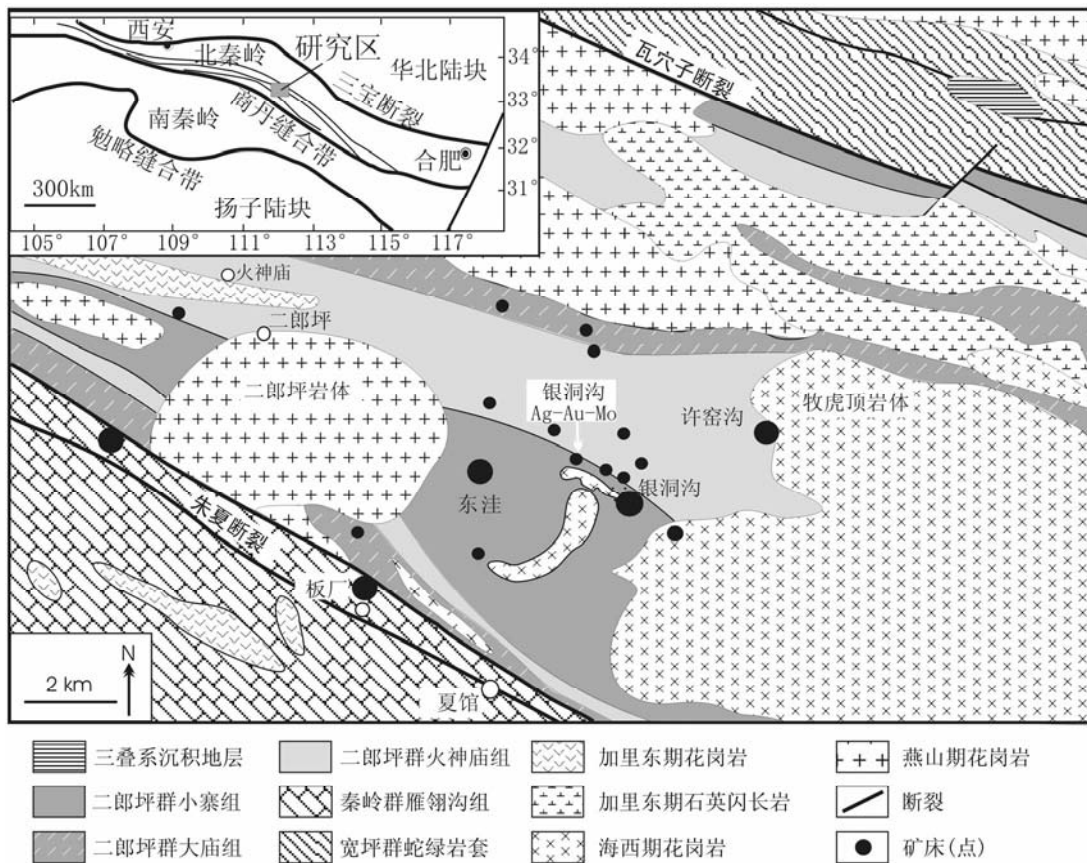


图1 银洞沟矿区地质

Fig.1 Sketch map showing the geology of the Xiaguan Ag-dominant poly-metal ore-field and the location of the Yindonggou Ag-Au-Mo deposit (modified after Zhang *et al.*, 2005)

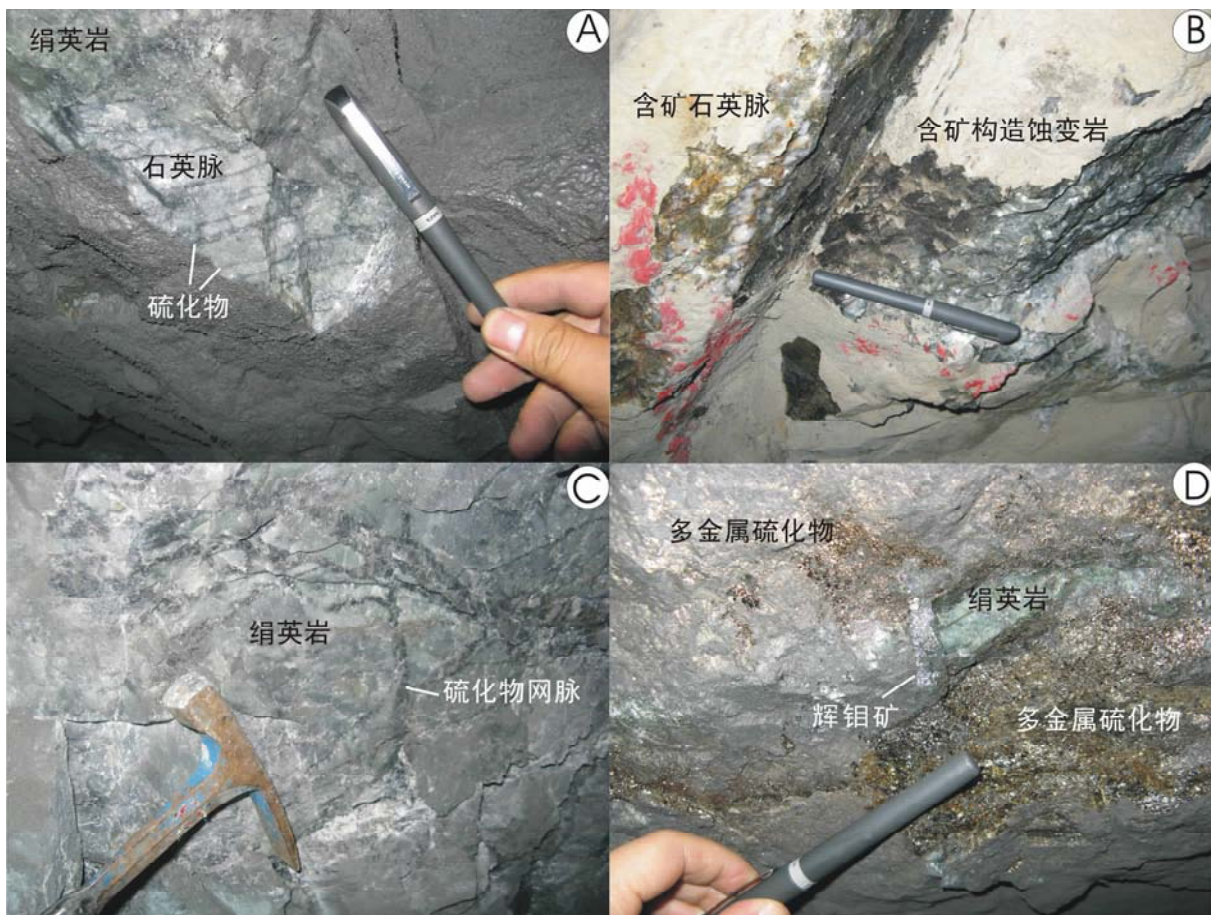


图2 银洞沟银金钼矿床地质特征

(A) 石英脉与绢英岩的原始过渡和后期破碎；(B) 石英脉型和构造蚀变岩型矿石的接触关系；(C) 硫化物充填于破碎绢英岩的裂隙；(D) 含辉钼矿的多金属硫化物包裹绢英岩角砾

Fig. 2 Ore geology of the Yindonggou Ag-Au-Mo deposit

(A) Showing original transition from quartz vein to sericite quartzite and their late structural brecciation; (B) contact of metallic quartz vein and ore-bearing altered tectonite; (C) brecciated sericite quartzite infilled by sulfides; and (D) sericite quartzite breccia enveloped by poly-metallic sulfides including molybdenite.

性为黑云母石英片岩、二云母石英片岩、绢云母片岩等。主要矿石类型包括石英脉型、构造蚀变岩型以及二者过渡相的交代石英岩型，它们沿断裂构造带发育。石英脉、交代石英岩或构造蚀变岩均发生构造破碎，发育定向破裂构造，并被后期硫化物呈网脉状或填隙状充填（图2）。围岩蚀变以硅化、绿泥石化、绢云母化为主，主要金属矿物为黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等，次为辉钼矿、黄铜矿等，铜钼矿化呈浸染状产于破碎蚀变岩中，或呈薄膜或细脉状浸染于蚀变岩的裂隙中。上述矿床地质特征显示成矿过程至少包括了石英脉-蚀变岩形成和硫化物形成两个阶段，两阶段之间曾有构造破碎事件，具有造山过程中形成的造山型矿床地质特征（陈衍景，2006）。

本次研究样品采自坑道内的矿体，样品新鲜。样品经破碎、筛分后，使用双目镜挑纯辉钼矿单矿物样品，纯度 > 99%。

### 3 测试方法和结果

本研究采用 Carius 管密封溶样技术、同位素稀释、等离子质谱测试方法进行辉钼矿 Re-Os 同位素分析。首先，用浓  $\text{HNO}_3$  代替逆王水分解样品，在样品溶解的同时，使 Mo 转换成  $\text{MoO}_3$  不溶物，从而达到了分析物与基体元素的分离，简化了 Re 化学分离过程。其次，采用蒸馏法进行 Os 分离。全流程只使用硝酸一种试剂，使流程空白控制在更低水平，即：正常 Os 为 3.5~4.7pg， $^{187}\text{Os}$  为 0.5~0.9pg，Re 为 20pg。质谱分析仪器是美国热电公司生产的 X7 型 ICPMS，采用 Ir、Os 天然丰度进行在线监测和校正仪器测试过程中的 Re、Os 同位素质量分馏。

表 1 列出了 5 件辉钼矿样品的测试结果，可见 5 件样品的 Re 含量以及  $^{187}\text{Re}$  和  $^{187}\text{Os}$  同位素丰度相当接近，反映了测

表1 银洞沟银金钼多金属矿床辉钼矿 Re-Os 同位素定年结果

Table 1 Re and Os isotope analyses for molybdenite of the Yindonggou Ag-Au-Mo deposit

样号	称样量(g)	Re $\pm \sigma$ ( $\mu\text{g/g}$ )	$^{187}\text{Re} \pm \sigma$ ( $\mu\text{g/g}$ )	$^{187}\text{Os} \pm \sigma$ ( $\text{ng/g}$ )	模式年龄(Ma)
YDG-1	0.03437	25.85 $\pm$ 0.21	16.24 $\pm$ 0.13	116.54 $\pm$ 0.20	429.1 $\pm$ 3.8
YDG-2	0.03558	25.09 $\pm$ 0.24	15.77 $\pm$ 0.15	111.62 $\pm$ 0.25	423.4 $\pm$ 4.4
YDG-3	0.03502	24.25 $\pm$ 0.28	15.24 $\pm$ 0.18	110.12 $\pm$ 0.20	432.0 $\pm$ 5.2
YDG-3	0.03538	24.88 $\pm$ 0.49	15.64 $\pm$ 0.31	111.47 $\pm$ 0.20	426.3 $\pm$ 8.5
YDG-4	0.03541	24.89 $\pm$ 0.14	15.65 $\pm$ 0.09	113.07 $\pm$ 0.31	432.2 $\pm$ 3.4

注: 年龄计算公式:  $t = 1/\lambda \ln(1 + ^{187}\text{Os}/^{187}\text{Re})$ , 其中  $\lambda(^{187}\text{Re}) = 1.666 \times 10^{-11} \text{yr}^{-1}$  (Smoliar *et al.*, 1996)。模式年龄误差用  $\sigma$  表示。

试数据的可靠性。5 件样品给出的模式年龄介于 423.4  $\pm$  4.4Ma 和 432.2  $\pm$  3.4Ma 之间, 变化范围不足 10Ma, 表明数据可信度高。5 件样品给出加权平均年龄为 429.3  $\pm$  3.9Ma (MSWD = 0.73) (图 3), 代表成矿作用发生在 430Ma 左右, 属于加里东造山运动的产物。

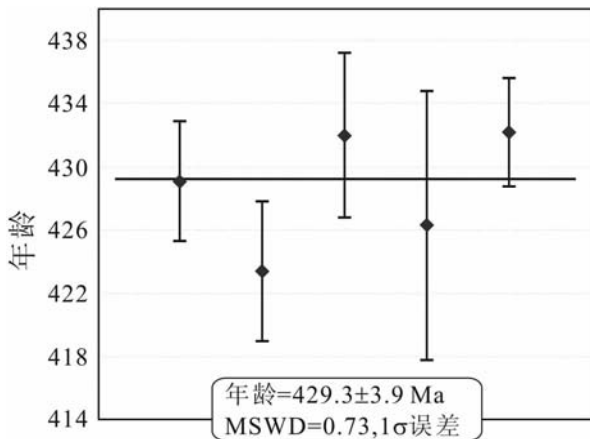


图3 银洞沟银金钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄加权平均

Fig. 3 Weighted average of molybdenite Re-Os isotope model ages for the Yindonggou deposit

## 4 地质-成矿意义

秦岭造山带虽然发育多种类型的热液成矿系统, 但大量矿床被认为形成于中生代, 尤其是燕山期, 如浆控高温热液型钼、金矿床(李诺等, 2007; 陈衍景和李诺, 2009; Chen *et al.*, 2009), 造山型或变质热液型金矿(陈衍景和富士谷, 1992; Chen *et al.*, 2008; 祁进平等, 2005, 2006)、银或铅锌矿床(Chen *et al.*, 2004; 祁进平等, 2007, 2009; 姚军明等, 2008)和钼矿床(邓小华等, 2009; 倪智勇等, 2008, 2009), 沉积岩容矿的卡林型-类卡林型金矿床和汞锑矿床等(陈衍景等, 2004)。

应当指出, 秦岭造山带经历了多期次、多样式的构造演化, 应该发育多期成矿事件, 最新研究也显示了这一特征(陈

衍景等, 2009)。例如, 熊耳群被解释为 1850 ~ 1450Ma 期间的陆缘岩浆弧, 邓小华等(2008, 2009)和魏庆国等(2009)发现熊耳山区存在熊耳期的浆控高温热液型钼矿床; 扬子板块北缘在 1050Ma 左右的晋宁运动之后发生裂解, 期间形成了与基性-超基性岩有关的陕西煎茶岭铜镍矿床(糜梅, 2008)和河南周庵铜镍铂族元素矿床(王建明等, 2006; 糜梅等, 2009); 二郎坪群是新元古代-早古生代的弧后盆地火山-沉积岩系, 其中发育早古生代的大河和水洞岭 VMS 型铜锌矿床(Zhang *et al.*, 2009; 徐勇航等, 2009)。

二郎坪弧后盆地在秦岭地体与华北克拉通碰撞过程中闭合, 闭合、造山时间为志留纪。据向华等(2009)研究, 本次弧-陆碰撞事件导致的区域变质作用的峰期年龄为 430 ~ 445Ma, 418.7Ma 已经进入退变质作用阶段, 退变质作用至少持续到 404.7  $\pm$  6.5Ma。如此以来, 本文测得银洞沟造山型银金钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 429.3  $\pm$  3.9Ma (MSWD = 0.73), 应代表成矿年龄, 指示硫化物沉淀作用同步或尾随峰期变质作用而发生, 属于典型的同碰撞体制的成矿事件(陈衍景, 2006); 而且, 考虑到矿床是地球动力学的探针(陈衍景等, 2008), 429.3  $\pm$  3.9Ma 造山型成矿系统的发育又反证志留纪晚期确有挤压造山事件。

总之, 本文和其他学者最新研究成果确证了秦岭地区存在加里东期的(碰撞)造山-成矿事件。

**致谢** 研究工作得到陈衍景教授指导, 成文过程中曾与李诺博士讨论, 特致谢意!

## References

- Chen YJ and Fu SG. 1992. Gold mineralization in West Henan. Beijing: Seismological Press, 1 - 234 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, 2006. Orogenic-type deposits and their metallogenic model and exploration potential. *Geology in China*, 33, 1181 - 1196 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Chen HY, Zaw K, Pirajno F, Zhang ZJ. 2007. Geodynamic settings and tectonic model of skarn gold deposits in China: an overview. *Ore Geology Review*, 31: 139 - 169
- Chen YJ, Li N. 2009. Nature of ore-fluids of intracontinental intrusion-related hypothermal deposits and its difference from those in island arcs. *Acta Petrologica Sinica*, 25 (10): 2477 - 2508 (in Chinese

- with English abstract)
- Chen YJ, Ni P, Fan HR, Pirajno F, Lai Y, Su WC, Zhang H. 2007. Diagnostic fluid inclusions of different types hydrothermal gold deposits. *Acta Petrologica Sinica*, 23(9): 2085–2108 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Pirajno F, Li N, Guo DS, and Lai Y. 2009. Isotope systematics and fluid inclusion studies of the Qiyugou breccia pipe-hosted gold deposit, Qinling orogen, Henan province, China: implications for ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 35: 245–261
- Chen YJ, Pirajno F, Qi JP, 2008. The Shangong gold deposit, eastern Qinling Orogen, China: Isotope geochemistry and implications for ore genesis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33: 252–266
- Chen YJ, Pirajno F, Sui YH, 2004. Isotope geochemistry of the Tieluping silver deposit, Henan, China: A case study of orogenic silver deposits and related tectonic setting. *Mineralium Deposita*, 39: 560–575
- Chen YJ, Xiao WJ, Zhang JJ. 2008. Ore-system as a geodynamic probe. *Geology in China*, 35(6): 1059–1073 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Zhai MG and Jiang SY. 2009. Significant achievements and open issues in study of orogenesis and metallogenesis surrounding the North China continent. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2695–2726 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Zhang J, Zhang FX, Pirajno F, Li C. 2004. Carlin and Carlin-Like gold deposits in Western Qinling Mountains and their metallogenic time, tectonic setting and model. *Geological Reviews*, 50(2): 134–152. (in Chinese with English abstract)
- Deng XH, Chen YJ, Yao JM, Li WB, Li N, Wang Y, Mei M, Zhang Y. 2008. Fluid inclusion constraints on the origin of the Zhaiwa Mo deposit, Luoning county, Henan province. *Geology in China*, 35(6): 1250–1266 (in Chinese with English abstract)
- Deng XH, Yao JM, Li J and Sun YL. 2009. Molybdenite Re-Os isotope age of the Zhaiwa Mo deposit and implications for Xiongerian mineralization in eastern Qinling Orogen. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2739–2746 (in Chinese with English abstract)
- Hu SX (ed). 1988. *Geology and metallogeny of the collision belt between the South China and North China plates*. Nanjing: Nanjing University Press, 558. (in Chinese)
- Li N, Chen YJ, Zhang H, Zhao TP, Deng XH, Wang Y, Ni ZY, 2007. Molybdenum deposits in East Qinling. *Earth Science Frontiers*, 14: 186–198. (in Chinese with English abstract)
- Mi M, Chen YJ, Sun YL, Wang Y and Jiang HZ. 2009. Rare earth element and platinum-group element geochemistry of the Zhou'an Ni-Cu-PGE deposit in Henan province: Implications for hydrothermal origin. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2769–2775 (in Chinese with English abstract)
- Mi M. 2008. The geological and geochemical characteristics of Zhou'an Cu-Ni-PGE sulfide deposit, Henan. Ph. D. thesis, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 1–94 (in Chinese with English abstract)
- Ni ZY, Li N, Guan SJ, Zhang H, Xue LW. 2008. Characteristics of fluid inclusions and ore genesis of the Dahu Au-Mo deposit in the Xiaoqinling gold field, Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 24(9): 2058–2068
- Ni ZY, Li N, Zhang H and Xue LW. 2009. Pb-Sr-Nd isotope constraints on the source of ore-forming elements of the Dahu Au-Mo deposit, Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2823–2832
- Pirajno F. 2009. *Hydrothermal processes and mineral systems*. Geological Survey of Western Australia: Springer, 1250
- Qi JP, Chen YJ, Ni P, Lai Y, Ding JY, Song YW and Tang GJ. 2007. Fluid inclusion constraints on the origin of the Lengshuibeiou Pb-Zn-Ag deposit, Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 23(9): 2119–2130. (in Chinese with English abstract)
- Qi JP, Lai Y, Ren KX and Tang GJ. 2006. The Sr-isotope constraint on the origin of the Xiaoqinling gold field. *Acta Petrologica Sinica*, 22: 2543–2550 (in Chinese with English abstract)
- Qi JP, Song YW, Li SQ, Chen FK. 2009. Single-grain Rb-Sr isotopic composition of the Xigou Pb-Zn-Ag deposit, Luanchuan, Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2843–2854 (in Chinese with English abstract)
- Qi JP, Zhang J, Tang GJ, 2005. Carbon and oxygen isotope composition of the Meso-Neoproterozoic strata south of the Xiong'er Terrane: Evidences of the CMF model. *Acta Petrologica Sinica*, 21(5): 1365–1372 (in Chinese with English abstract)
- Smoliar ML, Walker RJ and Morgan JW. 1996. ReOs ages of group IA, IIA, IVA and IVB iron meteorites. *Science*, 271: 1099–1102
- Wang JM, Chen YJ, Li SL, Wang GM, Mi M. 2006. Geological feature and cause of formation of Zhou'an PGE-Cu-Ni deposit. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 26(3): 31–37 (in Chinese with English abstract)
- Wei QG, Yao JM, Zhao TP, Sun YL, Li J, Yuan ZL, Qiao B. 2009. Discovery of a ~1.9 Ga Mo deposit in the eastern Qinling orogen: Molybdenite Re-Os ages of the Longmudian Mo deposit in Henan Province. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2747–2751 (in Chinese with English abstract)
- Xiang H, Zhang L, Zhong ZQ, Zhang HF, Zheng JP, Liu L. 2009. Zircon U-Pb geochronology and metamorphism of mafic granulite from north Tongbai, central China. *Acta Petrologica Sinica*, 25(2): 348–358 (in Chinese with English abstract)
- Xu YH, Zhao TP and Chen W. 2009. Origin of felsic volcanic rocks associated with VMS-type deposits in the Er'langping Group, East Qinling: Implications for ore-forming setting. *Acta Petrologica Sinica*, 25(2): 399–412 (in Chinese with English abstract)
- Yao JM, Zhao TP, Wei QG, Yuan ZL. 2008. Fluid inclusion features and genetic type of the Wangpingxigou Pb-Zn deposit, Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 24(9): 2113–2123 (in Chinese with English abstract)
- Zhang GW, Zhang BR, Yuan XC and Xiao QH. 2001. *Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics*. Beijing: Science Press, 855 (in Chinese)
- Zhang J, Chen YJ, Li GP, Li ZL, Wang ZG. 2004. Characteristics of ore geology and fluid inclusion of the Yindonggou silver deposit, Neixiang county, Henan province: implication for metallogenic type. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 24(3): 55–64 (in Chinese with English abstract)
- Zhang J, Chen YJ, Qi JP, and Ge J. 2009. Comparison of the typical metallogenic systems in the north slope of the Tongbai-East Qinling Mountains and its geologic implications. *Acta Geologica Sinica* (English edition), 83(2): 396–410
- Zhang J, Yan GP, Ye L, Li GP, Li ZL and Wang ZG. 2005. The C-H-O isotope systematics of the Yindonggou Ag-dominated poly-metals deposit in the Neixiang county, Henan Province. *Acta Petrologica Sinica*, 21(5): 1359–1364 (in Chinese with English abstract)
- Zhang J, Yang Y, Hu HZ, Wang ZG, Li GP and Li ZL. 2009. C-S-Pb isotope geochemistry of the Yindonggou orogenic-type silver deposit in Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11): 2833–2842 (in Chinese with English abstract)

#### 附中文参考文献

- 陈衍景, 富士谷. 1992. 豫西金矿成矿规律. 北京: 地震出版社, 234 页
- 陈衍景, 李诺. 2009. 大陆内部浆控高温热液矿床成矿流体性质及其与岛弧区同类矿床的差异. *岩石学报*, 25(10): 2477–2508
- 陈衍景, 倪培, 范洪瑞, F Pirajno, 赖勇, 苏文超, 张辉, 2007. 不同类型热液金矿床的流体包裹体特征. *岩石学报*, 23(9): 2085–



2108

- 陈衍景, 肖文交, 张进江. 2008. 成矿系统: 地球动力学的有效探针. 中国地质, 35(6): 1059-1073
- 陈衍景, 翟明国, 蒋少涌. 2009. 华北大陆边缘造山过程与成矿研究的重要进展和问题. 岩石学报, 25(11): 2695-2726
- 陈衍景, 张静, 张复新, F. PIRAJNO, 李超. 2004. 西秦岭地区卡林一类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式. 地质论评, 50: 134-152
- 陈衍景. 2006. 造山型矿床、成矿模式及找矿潜力. 中国地质, 33: 1181-1196
- 邓小华, 陈衍景, 姚军明, 李文博, 李诺, 王运, 糜梅, 张颖. 2008. 河南省洛宁县寨凹钼矿床流体包裹体研究及矿床成因. 中国地质, 35(6): 1250-1266
- 邓小华, 姚军明, 李晶, 孙亚莉. 2009. 东秦岭寨凹钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及熊耳期成矿事件. 岩石学报, 25(11): 2739-2746
- 胡受奚(主编). 1988. 华北与华南古板块拼合带地质和成矿. 南京: 南京大学出版社, 558
- 李晶, 孙亚莉, 何克, 洗伟胜. 2009. 辉钼矿 Re-Os 同位素定年方法的改进与应用. 岩石学报, 25: 待刊
- 李诺, 陈衍景, 张辉, 赵太平, 邓小华, 王运, 倪智勇. 2007. 东秦岭斑岩钼矿带的地质特征和成矿构造背景. 地学前缘, 14: 186-198
- 糜梅, 陈衍景, 孙亚莉, 王焰, 江合中. 2009. 河南周庵钨族-铜镍矿床的稀土和钨族元素地球化学特征: 热液成矿的证据. 岩石学报, 25(11): 2769-2775
- 糜梅. 2008. 河南周庵铜镍钨族矿床地质地球化学研究. 中国科学院广州地球化学研究所博士学位论文: 1-94
- 倪智勇, 李诺, 管申进, 张辉, 薛良伟. 2008. 河南小秦岭金矿田大湖金-钼矿床流体包裹体特征及矿床成因. 岩石学报, 24(9): 2058-2068.
- 倪智勇, 李诺, 张辉, 薛良伟. 2009. 河南大湖金钼矿床成矿物质来源的锶钨铅同位素约束. 岩石学报, 25(11): 2823-2832
- 祁进平, 陈衍景, 倪培, 赖勇, 丁俊英, 宋要武, 唐国军. 2007. 河南冷水北沟铅锌银矿床流体包裹体研究及矿床成因. 岩石学报, 23(9): 2119-2130
- 祁进平, 赖勇, 任康绪, 唐国军. 2006. 小秦岭金矿田成因的锶同位素约束. 岩石学报, 22: 2543-2550
- 祁进平, 宋要武, 李双庆, 陈福坤. 2009. 河南省栾川县西沟铅锌银矿床单矿物钨-锶同位素组成特征. 岩石学报, 25(11): 2843-2854
- 祁进平, 张静, 唐国军. 2005. 熊耳地体南侧中晚元古代地层碳氧同位素组成: CMF 模式的证据. 岩石学报, 21(5): 1365-1372
- 王建明, 陈衍景, 李胜利, 王国敏, 糜梅. 2006. 河南周庵钨族-铜镍矿床的地质特征及成因分析. 矿物岩石, 26(3): 31-37
- 魏庆国, 姚军明, 赵太平, 孙亚莉, 李晶, 原振雷, 乔波. 2009. 东秦岭发现 ~1.9Ga 钼矿床-河南龙门店钼矿床 Re-Os 定年. 岩石学报, 25(11): 2747-2751
- 向华, 张利, 钟增球, 张宏飞, 郑建平, 刘理. 2009. 北桐柏地区镁铁质麻粒岩锆石 U-Pb 年代学及变质作用. 岩石学报, 25(2): 348-358
- 徐勇航, 赵太平, 陈伟. 2009. 东秦岭二郎坪群长英质火山岩成因及其对 VMS 型矿床成矿环境的制约. 岩石学报, 25(2): 399-412
- 姚军明, 赵太平, 魏庆国, 原振雷. 2008. 河南王坪西沟铅锌矿床流体包裹体特征和矿床成因类型. 岩石学报, 24(9): 2113-2123.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 肖庆辉. 2001. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 北京: 科学出版社. 1-855
- 张静, 陈衍景, 李国平, 李忠烈, 王志光. 2004. 河南内乡县银洞沟银矿地质和流体包裹体特征及成因类型. 矿物岩石, 24(3): 55-64
- 张静, 燕光谱, 叶霖, 李国平, 李忠烈, 王志光. 2005. 河南内乡县银洞沟银多金属矿床碳-氢-氧同位素地球化学. 岩石学报, 21(5): 1359-1364
- 张静, 杨艳, 胡海珠, 王志光, 李国平, 李忠烈. 2009. 河南银洞沟造山型银矿床碳硫钨同位素地球化学. 岩石学报, 25(11): 2833-2842