编号:0258-7106(2011)06-1039-19

# 安徽省金寨县沙坪沟钼矿辉钼矿 Re-Os 年龄

——兼论东秦岭-大别山中生代钼成矿作用期次划分。

# 黄 凡<sup>1</sup>,王登红<sup>1</sup>,陆三明<sup>2</sup>,陈毓川<sup>3</sup>,王波华<sup>4</sup>,李 超<sup>5</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京 100037;2 安徽省公益性地质 调查管理中心,安徽 合肥 230001;3 中国地质科学院,北京 100037;4 安徽省地质矿产勘查局 313 地质队,安徽 六安 237010;5 中国地质科学院国家地质试验测试中心,北京 100037)

摘要 安徽省金寨县沙坪沟钼矿是新发现的超大型斑岩型钼矿床。文章介绍了该矿床的基本地质特征,并 对其进行了精确的辉钼矿 Re-Os 同位素年代学测定。结果表明,沙坪沟钼矿辉钼矿模式年龄为(112.2±1.7)~ (113.9±1.7) Ma,加权平均年龄为(113.18±0.54) Ma,MSWD=0.39;等时线年龄为(113.21±0.53) Ma,MSWD =0.64 表明沙坪沟钼矿形成于早白垩世晚期。结合区域上已有的岩体高精度年代学数据、矿床辉钼矿 Re-Os 年代 学数据和钼矿产出的大地构造位置,将东秦岭-大别山中生代钼成矿作用划分为2期4个阶段:印支期(260~205 Ma)和燕山期的晚侏罗世—早白垩世早期(148~138 Ma),早白垩世中期(135~119 Ma)和早白垩世晚期(116~105 Ma),其中,以燕山期钼成矿作用最为强烈。

# Molybdenite Re-Os isotopic age of Shapinggou Mo deposit in Anhui Province and Mesozoic Mo ore-forming stages in East Qinling-Dabie Mountain region

HUANG Fan<sup>1</sup>, WANG DengHong<sup>1</sup>, LU SanMing<sup>2</sup>, CHEN YuChuan<sup>3</sup>, WANG BoHua<sup>4</sup> and LI Chao<sup>5</sup>
(1 MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China;
2 Public Geological Survey Management Center of Anhui Province, Hefei 230001, Anhui, China; 3 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 4 No. 313 Geological Party of Anhui Bureau of Geology and Mineral Exploration, Lu'an 237010, Anhui, China; 5 National Research Center for Geoanalysis, CAGS, Beijing 100037, China)

#### Abstract

The Shapinggou Mo deposit, located in Jinzhai Country of Anhui Province, is a giant ore deposit discovered in recent years in the Dabie Mountain. This paper describes geological characteristics of the ore deposit. The authors chose nine molybdenite-bearing samples for Re-Os isotopic dating, and the dating results show that the Re-Os model ages of the ore deposit are between  $(112.2 \pm 1.7)$  Ma and  $(113.9 \pm 1.7)$  Ma, and the calculated isochron age is  $(113.21 \pm 0.53)$  Ma, suggesting that molybdenum mineralization occurred in the late period of early Cretaceous. High-precision chronologic data of regional intrusions, Re-Os dating data of molybdenites and geotectonic location of Mo deposits indicate that there occurred 2 epochs comprising 4 stages of Mo mineralization during the Mesozoic period in East Qinling-Dabie Mountain region. These Mo ore-forming stages include  $205 \sim$ 

 本文得到中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号:K1022)全国矿产资源潜力评价项目(编号:1212010633901)安徽省公益性地质科技项目秦岭-大别山造山带东段(安徽部分)相金多金属成矿规律与找矿方向研究(编号:2009-19)的联合资助 第一作者简介 黃 凡,男,1983年生,博士研究生,主要从事矿物、岩石、矿床学研究。Email:hflymn@163.com 收稿日期 2011-06-07;改回日期 2011-10-10。张琦玲编辑。 260 Ma of Indosinian period, and  $148 \sim 138$  Ma,  $135 \sim 119$  Ma and  $116 \sim 105$  Ma of Yanshanian period. The Mo mineralization during the late Yanshanian period is the strongest one and is also the major ore-forming period of Mo polymetallic ore deposits in East Qinling-Dabie Mountain region.

**Key words:** geochemistry, Re-Os isotopic dating of molybdenites, Mo mineralization, Shapinggou Mo deposit, East Qinling-Dabie Mountain region

大别造山带广泛发育钼、铅锌、银、金等多金属 矿化,但由于多年未发现大型、超大型矿床,国内外 地质学家的兴趣点主要集中在早中生代超高压变质 作用和深俯冲-碰撞以及超高压变质岩的折返机制 和动力学问题上( Okay et al. ,1989 ;Hacker et al. , 1995; Ames et al., 1996; Rowley et al., 1997; Li S G et al., 1993; Li S et al., 2000;马昌前等, 2003 浡 曙光,2004;李曙光等,2005;许志琴等,2006;袁学 诚等 2008 病经绥等 ,2009),使得对矿产资源问题 的关注相对薄弱 ,主要集中在铅锌、银、金等中小型 矿床的研究(陆三明等 ,2005 )。 近年来 ,随着钼找矿 勘查工作的深入,新的钼矿产地不断被发现(黄凡 等 2011 ;卢欣祥等 ,2011 ),在大别山地区相继发现 了汤家坪、沙坪沟、千鹅冲等大型、超大型钼矿床,结 束了大别山地区无大矿的历史。因此 ,对大别山地 区大型矿床的科学研究工作 ,具有重要的理论和现 实意义。

金寨县沙坪沟斑岩型钼矿床的发现是安徽省近 年来在大别山钼矿矿集区找矿的重大突破。20世纪 70~80年代 前人在该区开展了以寻找铅锌多金属 矿为主的普查工作,初步查明了地表和500 m以浅 的铅锌多金属矿化情况。2001年前后,通过对本区 进一步的调查研究,提出区内可能存在斑岩型多金 属矿● 随即展开了以寻找斑岩型钼矿床为主的找矿 工作 经过安徽省地勘局 313 队多年的勘查工作 ,截 止 2011 年,最终发现了东西控制长约1 200 m、南北 宽约 900 m ,单孔最大厚度 945 m ,平均厚度 738.91 m ,空间上呈穹窿状的钼矿体 ,钼的平均品位 0.15% 左右,初步探明钼金属资源量达220万吨,为超大型 斑岩钼矿床。沙坪均钼矿床的发现表明东秦岭钼矿 带东部已延至安徽省北淮阳地区。本文采用辉钼矿 Re-Os 同位素测年技术 对沙坪沟钼矿进行了精确的 年代学研究,并通过对区域上成岩成矿年龄的梳理, 讨论了东秦岭-大别山地区中生代钼成矿作用的期次, 以期为进一步的钼矿找矿工作提供年代学依据 ,为北 淮阳地区乃至大别山区下一步的找矿提供借鉴。

# 1 区域地质特征

大别造山带是印支期(240~210 Ma)扬子板块 向华北板块俯冲形成的陆-陆碰撞造山带(Hacker et al.,1995;Ames et al.,1996;李曙光等,1997;LiS G et al.,1993;LiS et al.,2000;Rowley et al., 1997),主体位于安徽省境内,其东段被郯庐断裂带 错断。大别造山带的岩石构造单元的划分虽然存在 争议(董树文等,1993;周存亭等,2004;徐树桐等, 2001 2002 Zheng et al.,2005;向必伟,2009),但近 年来研究显示,依据岩石学特征,由北向南可依次划 分为北淮阳构造带、北大别变质杂岩带、南大别高压 -超高压变质带和宿松-张八岭构造带(向必伟,2009; 王勇生等,2009)。

北淮阳构造带地跨皖豫两省,东起郯庐断裂,西 至南阳盆地,绵延500 km,桐柏-桐城断裂和明港-六 安断裂构成南北边界,宽约50 km(陆三明等, 2005),属秦祁昆成矿域秦岭-大别-苏鲁成矿省桐柏-大别多金属成矿带(徐志刚等,2008)。习惯上,以商 城-麻城断裂为界把北淮阳构造带分为东段(安徽境 内,和西段(河南境内)。沙坪沟钼矿区位于北淮阳 构造带东段(张怀东等,2010),桐柏-桐城断裂和商 城-麻城断裂的交汇处(图1)。

根据北淮阳地区岩石、地层、构造环境演化特征 自下而上划分为4个构造层,分别为中元古界庐镇 关岩群(苏家河群、红安群);新元古界佛子岭岩群 (信阳变质地体、东双河变质地体);晚古生界杨山群 以及中-新生界一套未经塑性变形和变质的陆相盆 地堆积(彭智等,2005)。

北淮阳中生代岩浆岩的分布与构造关系密切, 主要受北东向、北西向构造控制,总体呈北西向带状 分布(图1)。侵入岩多在深断裂的交汇部位形成规 模较大的复式岩体,主要有商城、河棚等岩体,以石



图 1 北淮阳东段地质构造略图(张怀东等 2010)

F1—明港-六安断裂;F2—信阳-舒城断裂;F3—桐柏-桐城晓天-磨子潭断裂;F4—商城-麻城断裂;F5—青山-熬药尖断裂;F6—郯庐断裂

Fig. 1 Geological and tectonic map of eastern North Huaiyang (after Zhang et al., 2010)

F1—Minggang-Liuan fault ; F2—Xinyang-Shucheng fault ; F3—Tongbai-Tongcheng ( Xiaotian-Mozitan ) fault ; F4—Shangcheng-Macheng fault ; F5—Qingshan-Aoyaojian fault ; F6—Tanlu fault

英闪长岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩、石英二长 岩、二长花岗岩、碱长花岗岩和石英正长斑岩等,主 要形成于晚侏罗世—早白垩世。火山岩以金寨、霍 山和晓天盆地为喷发中心,形成于晚侏罗世—早白 垩世(杜建国等,1999;王岳军等,2002),包括2个旋 回,第一旋回以安山岩-粗安岩、粗面岩组合为主,属 高钾钙碱性系列,形成于陆内挤压环境;第二旋回为 一套碱性玄武岩-碱性粗面岩-假白榴石响岩组合,碱 性程度较第一旋回增高(戴圣潜等,2003),属碱性系 列,形成于陆壳减薄的拉张环境(杜建国等,1999;吴 海权,2000)。

区内发育了东溪、南关岭、隆兴、戴家河等中小 型金矿,汞洞冲、银水寺、银山等铅锌钼矿和沙坪沟 钼矿等,形成了著名的北淮阳金-银-铅锌-钼多金属 矿带(陆三明等,2002;2005;彭智等,2005;徐晓春 等,2009)。

## 2 矿床地质特征

研究区内出露地层较简单,主要为新元古界庐

镇关岩群,向西与河南境内的苏家河岩群相对应。 根据1:5万区调工作成果,该岩群被解体为变形变 质侵入体和变质表壳岩两部分。受中生代燕山期岩 浆强烈活动影响,地层已被侵蚀、肢解,在地表零星 分布,岩性主要为黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩 和花岗片麻岩等(图2)。区内断裂构造较发育,多为 压性及压扭性,按走向分为3组,以北北东向张扭性 为主,次为北西向压扭性断裂和南北向断裂(图2)。

区内岩浆岩发育,分布广泛,岩石种类繁多,其 中尤以燕山期岩浆活动最为强烈。根据岩体相互关 系及岩性特征,区内岩浆岩被划分为4个独立单元, 即银沙畈独立单元、达权店超单元(主要为吴老湾单 元)金刚山单元和银山复式杂岩体,岩性分别为石 英二长闪长岩-花岗闪长岩、含斑中粒二长花岗岩、 细粒二长花岗岩及正长岩-石英(黑云母)正长岩,岩 浆岩的岩石化学成分显示出高钾富碱的特征,大多 数岩石属高钾钙碱性系列,部分属于橄榄玄粗岩系 列,反映出岩浆岩由钙碱性向碱性过渡的特征,成岩 年龄 145~121 Ma,主要集中在早白垩世(徐晓春 等,2009)。



图 2 沙坪沟钼矿区地质略图(张怀东等 2010) Fig. 2 Geological sketch map of the Shapinggou Mo ore district (after Zhang et al., 2010)

银山复式岩体是区内最主要的赋矿岩体,总体 走向呈北西向,出露面积约2.76 km<sup>2</sup>(图2)。岩石 类型有石英正长(斑)岩、黑云母正长岩、爆发角砾 岩、(角砾)正长斑岩、花岗斑岩、石英粗面岩等。银 山沟正长岩是银山复式岩体的主体,其出露范围北 西自银山顶,南东止于沙坪沟,北西向侵入于达权店 超单元的花岗岩中。爆发角砾岩是银山复式岩体的 重要组成单元,其位于复式岩体西部的盖井一带(图 2)地表呈3个面积近似的筒状小岩体,出露面积 0.4 km<sup>2</sup>,其内钼矿化较明显。

沙坪沟钼矿矿床类型属斑岩-爆破角砾岩亚型 钼矿床(卢欣祥等,2011),主要赋存于银山复式岩东 部(图2)。据现有工程控制,钼矿体位置在地表500 m以下,呈筒状产出,矿体厚度大、矿化连续,赋存于 深部隐伏的花岗斑岩体内、外接触带中(图3),矿化 类型主要有正长岩型和斑状花岗岩型,主矿体上部 和边部主要为正长岩型,中心部分主要为斑状花岗 岩型,矿体间无明显的界线或标志层。矿石矿物主 要为辉钼矿、黄铁矿,少量钛铁矿、磁铁矿,含微量的 方铅矿,脉石矿物主要是钾长石、石英、斜长石,次为 绢云母、黑云母,少量白云母、萤石、石膏、方解 石等。矿石结构为自形、半自形-他形粒状结构、交 代残余结构、显微鳞片变晶结构等,矿石构造以细脉 浸染状等为主。矿石中钼品位较高 $(w(M_0)0.1\%)$ ~0.3%,最高可达1%J,Mo/Cu比值高(>50),伴 生铌矿化,出现萤石、黄玉等矿物。银山复式岩体西 部盖井地区地表出露的爆发角砾岩筒内钼矿化最大 控制深度达600m,地表钼矿化较弱,向深部钼矿化 增强, $\alpha(M_0)$ 一般为0.02%~0.07%,单样最高品 位达0.19%,辉钼矿主要呈针点状或斑点状赋存于 爆发角砾岩的交结物中(徐晓春等,2009)。

沙坪沟钼矿矿石以细(网)脉浸染状矿石为主 (图 4a),辉钼矿绝大多数产于沿裂隙充填的石英脉 体中,或沿脉两壁,或产于脉中,或呈单一的纯辉钼 矿细脉(图 4b、e、f),脉宽一般为 1~2 mm,辉钼矿片 径一般为 0.02~1 mm。根据岩心观察,矿床中的石 英细脉大体上可分为 ① 黄铁矿-石英脉 ② 黄铁矿-钾长石-石英脉 ;③ 黄铁矿-辉钼矿-石英脉 ;④ 黄铁 矿-辉钼矿-钾长石-石英脉 ;⑤ 白云母-萤石-黄铁矿-辉钼矿-石英脉。上述 5 种石英脉彼此错乱穿插 ,很 难分辨各脉体形成的先后次序 ,矿化阶段不易划分 , 可能由于成矿时成矿流体快速上升 ,造成不同产状 的裂隙同时形成 ,亦反映出沙坪沟钼矿上述脉体形 成的近同时性和短时性。

矿床热液蚀变发育,即自斑岩体向外,呈现出钾

化、黄铁绢英岩化→硅化、绿泥石化的分带现象,与 典型斑岩型矿床蚀变特征相似。硅化广泛分布于斑 岩及其外接触带围岩中,与钼矿化关系密切,表现为 石英呈粒状、团块状分布或呈脉体相互切穿(图4e); 钾化主要分布在深部隐伏的二长花岗岩和斑状花岗 岩中(图3),有2期:一为成矿前的钾化(钾长石) 脉,被后期的网脉状含矿石英脉切穿(图4h);一为成 矿期间钾化,表现为岩体粒间交代(图4c)或呈石英-钾长石-辉钼矿细脉产出。黄铁绢英岩化分布于含



#### 图 3 金寨县沙坪沟钼矿床 0 号勘探线线示意剖面图

Fig. 3 Geological sketch section of No.0 exploration line in the the Shapinggou Mo ore district



图 4 沙坪沟钼矿矿石和蚀变照片 Fig. 4 Photos of Mo-bearing ore and alteration in the Shapinggou Mo deposit

矿岩体顶部,呈面状分布,绢云母以微鳞片状、细片 状集合体形式交代长石,矿化后期,局部形成条带状 绢英岩,当伴生黄铁矿时,形成黄铁绢英岩化,是钼 矿体的近矿围岩蚀变,是重要的找矿标志(图4g)。 绿泥石化主要分布于外接触带中,多呈条带状沿裂 隙分布,该蚀变与成矿关系不密切。蚀变强弱与钼 矿体的品位高低呈正相关,其中硅化、钾化、黄铁绢 英岩化与钼成矿关系密切,网脉状硅化和钾长石化 是主要的找矿标志。

3 辉钼矿 Re-Os 测年

#### 3.1 样品采集和分析方法

9件辉钼矿样品均采自沙坪沟钼矿钻孔岩芯 (ZK02和ZK92)。其中ZK02孔中4个样品均采自 花岗斑岩中,辉钼矿呈细脉浸染状产出;ZK92孔中 样品 ZK92-978 和 ZK92-1165 分别采自正长岩中的 薄膜状辉钼矿和近水平产状石英-辉钼矿细脉(脉宽 约0.3 cm) 其余3件样品均采自二长花岗岩中发育 的各种产状的辉钼矿细脉或石英辉钼矿脉(图 4a、 4f)。辉钼矿样品经无污染粉碎、重力分离、电磁分 离和双目镜下挑选,最终得到纯度大于 99% 的辉钼 矿粉末 粒度小于 0.1 mm。由于所取沙坪沟钼矿的 □ 辉钼矿粒度较小 粒径多为 0.01~0.05 mm 少数达 0.1 mm,并且经过样品的粉碎与分离,不会造成大 颗粒辉钼矿中 Re 和 Os 失耦而引起的测年误差 (Stein et al., 2003; Selby et al., 2004)。样品分析 和测试在国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素实验 室进行,分析仪器是 PQ Excel ICP-MS。辉钼矿的

Re, Os 分离步骤和质谱测定主要包括样品的分解, 蒸馏分离 Os 萃取分离 Re 和质谱测定等 4 个步骤, 详细技术流程参见相关文献(杜安道等,1994,2001; Du et al.,2004)。本次实验全流程空白水平远低于 所测样品中的 Re, Os 含量,因此,不会影响实验中 铼、锇含量的准确测定。

## 3.2 测试结果

9件样品辉钼矿 Re-Os 同位素测年结果列于表 1。由表看出,沙坪沟钼矿9件样品 w(Re)介于 358.1~14 720 ng/g,集中在2 538~5 121 ng/g。模 式年龄变化范围一致[(112.2±1.7)~(113.9± 1.7) Ma],加权平均年龄为(113.18±0.54) Ma, MSWD=0.39(图 5a)。用 Isoplot 软件(Ludwig, 2004)计算得到的等时线年龄为(113.21±0.53) Ma,MSWD=0.64(图 5b),样品 ZK92-694的<sup>187</sup> Re 含量高,其余样品<sup>187</sup> Re 含量较为集中,为避免两点 一线嫌疑,除去 ZK92-694 样品,其余 8 件样品做等 时线计算得到年龄为(113.37±0.57) Ma,MSWD= 0.37(图 5b),与全部样品参与计算所得年龄一致,可 代表沙坪沟钼矿辉钼矿的结晶年龄。

# 4 讨 论

### 4.1 沙坪沟钼矿成矿时代

沙坪沟钼矿主要赋存于银山复式杂岩体深部。 银山复式杂岩体为商城岩体的东南延部分,由多期 多相的复杂岩株、岩脉和角砾岩体组成。黄丹峰 (2010)运用 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年技术系统测定 了商城岩体花岗岩年龄为(130.2±1.7) Ma,金刚台

1. a.	表 1	沙坪沟钼矿辉钼矿 Re-Os 同位素测年结果
Table 1	Re-Os isot	topic data for molybdenite from the Shapinggou Mo deposit

百世夕	样重/g	τα( Re )∕ng/g		ư(普Os)/ng/g		τα <b>(</b> <sup>187</sup> Re <b>)</b> /ng/g		w( <sup>187</sup> Os)/ng/g		模式年龄/Ma	
1示1+14		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
ZK02-873.7	0.10066	3932	30	0.0013	0.0085	2471	19	4.662	0.044	113.1	1.7
ZK02-984	0.10112	4545	35	0.0081	0.0056	2857	22	5.392	0.044	113.2	1.6
ZK02-982	0.1009	4390	34	0.0025	0.0056	2759	21	5.220	0.051	113.4	1.7
ZK02-862.2	0.10076	5121	38	0.0025	0.0113	3219	24	6.108	0.050	113.8	1.6
ZK92-633	0.10006	4060	32	0.0059	0.0061	2552	20	4.794	0.046	112.7	1.7
ZK92-689	0.10422	2770	22	0.0013	0.0029	1741	14	3.288	0.028	113.2	1.6
ZK92-694	0.10158	14720	136	0.0019	0.0029	9252	85	17.31	0.15	112.2	1.7
ZK92-978	0.10038	358.1	2.9	0.0044	0.0015	225.1	1.8	0.4240	0.0044	113.0	1.8
ZK92-1165	0.10038	2538	22	0.0013	0.0075	1595	14	3.029	0.027	113.9	1.7

注:Re和 Os 含量的计算误差包括稀释剂标定误差、质谱测量误差及质量分馏校正误差等,置信度为 95%。模式年龄的计算误差不仅包括稀释剂标定误差、质谱测量误差及质量分馏校正误差等,另外还包括<sup>187</sup>Re衰变常数 $\lambda$ 的不确定度(1.02%)。模式年龄计算公式: $t = 1/\lambda$ [ln (1+<sup>187</sup>Os/<sup>187</sup>Re)]其中  $\lambda$ (<sup>187</sup>Re衰变常数)=1.666×10<sup>-11</sup>a<sup>-1</sup>。



图 5 沙坪沟钼矿辉钼矿加权平均年龄(a)和等时线年龄(b) Fig. 5 Molybdenite Re-Os weighted average age(a) and isochron age(b) of the Shapinggou Mo deposit

火山岩 3 个样品的年龄分别为(129.1 ± 2.2 ) Ma、 (129 ± 2 ) Ma 和(128.4 ± 3.6 ) Ma,火山岩中花岗岩 脉和流纹岩岩床年龄分别为(128.6 ± 1.9 ) Ma 和 (127.0 ± 3.6 ) Ma ;在商城岩体内的辉绿岩墙中获得 多个介于 137.1 ~ 117.8 Ma 年龄值(王团华等, 2008;黄丹峰 2010 ) 与商城岩体的侵位年龄基本-致 涂晓春等(2009)对银山地区(沙坪沟钼矿区的北 部和西北部)的中粒二长花岗岩、细粒二长花岗岩和 细晶闪长岩进行了黑云母和角闪石单矿物的<sup>40</sup> Ar-<sup>39</sup> Ar同位素地质年龄测定,年龄分别为(136.8 ± 1.6 ) Ma、(130.4 ± 1.2 ) Ma 和(125.4 ± 1.0 ) Ma。这些 年龄均显示为早白垩世,表明区域上岩浆活动以燕 山晚期早白垩世为主。

本次测试所获得的沙坪沟钼矿的等时线年龄为 (113.21±0.53) Ma,与徐晓春等(2009)获得的银山 钼矿(沙坪沟钼矿北部)两件辉钼矿的模式年龄 ((112.6±1.3)~(113.5±1.3) Ma)基本一致。这与 区域上的主要的侵入岩浆活动相差 17~24 Ma,表 明区内钼成矿作用与区域上岩浆活动(特别是矿区 内二长花岗岩)为不同时期的成岩成矿事件,推测可 能还存在一期与钼成矿关系更为密切的岩浆-流体 活动。

# 4.2 东秦岭-大别山地区中生代钼成矿作用期次划 分

虽然东秦岭和大别山 2 个地区的地质构造背景 有所不同,但中生代以来,特别是燕山期以来,两地 区几乎均经历了相同的构造演化阶段,具有富集钼 的地球化学背景(胡云中等,2006),分布着丰富的钼 矿资源(罗铭玖等,1991;黄凡等,2011),钼矿类型多 样,可划分为5个类型、7个亚型和10个矿床式(卢 欣祥等,2011)。总结划分东秦岭-大别山地区中生 代钼成矿作用的期次,对理解区域成矿规律有重要 意义,并有助于借鉴、指导该地区进一步的勘查找矿 工作。

4.2.1 钼成矿时代及矿床分布规律

秦岭-大别山地区现已发现钼矿床(点)达上百 个 前人已经有过较详细的汇总和讨论(毛景文等, 2005 ;Mao et al., 2008),近年又报道了一批辉钼矿 Re-Os 同位素年龄数据(表 2)。虽然最近有学者报 道了龙门店和寨凹中元古代早期的钼成矿作用(魏 庆国等,2009;李厚民等,2009)以及姚店〔(416.9± 13.7) Ma, 卢欣祥, 私人通讯] 和银洞沟〔(429.3 ± 3.9)Ma 李晶等,2009]的古生代钼成矿作用,但东 秦岭-大别山地区的钼成矿作用时代主要集中在三 叠纪到早白垩世(255~105 Ma),并且存在205~ 195 Ma 和 185~160 Ma 两个时间间断(图 6),而 195~185 Ma 期间钼成矿作用十分微弱,主要分布 在南秦岭(表2)。 矿床总体由西向东、由北向南,成 矿年龄有变小的趋势(图7)这与花岗质岩体的年龄 由西向东变小的分布规律类似(毛景文等 2005 ;Mao et al. 2008).

4.2.2 钼成矿作用期次划分

1046

## 表 2 秦岭-大别山地区钼矿床辉钼矿 Re-Os 测年结果汇总

 Table 2
 Re-Os isotopic data for molybdenite from the Mo deposits in east Qinling-Dabie Mountain region

编号	矿床名称	大地构造位置	成因类型	<b>储量/万</b> t	模式年龄/Ma	等时线年龄/Ma	参考文献
1	温泉	西秦岭	斑岩型	11	212.7~215.1	$214.1 \pm 1.1^*$	宋史刚等 ,2008
2	月河坪	南秦岭	矽卡岩型	中型	$189.8 \sim 192.7$	$193.6\pm3.5$	李双庆等 ,2010
3	白石尖	北秦岭		中型	$106.5 \sim 108.2$	$107.1\pm1.1$	杨晓勇等 ,2010
4	马脖壕	北秦岭		中型	106.3~107.6	$107.08\pm0.61$	杨晓勇等 ,2010
5	老界岭	北秦岭		小型	$109.8\pm1.6$		孟芳 2010
6	扫帚坡	北秦岭		小型	$111.5 \sim 114.5$	114 2 1 2 4	子苹 2010
7	东沟口	北秦岭		小型	113.1~113.6	$114.3 \pm 3.4$	<b>血方</b> 2010
8	板厂	北秦岭	斑岩-矽卡岩	小型	144.3~146.8	$145.6\pm1.3$	Mao et al. , 2008
0	秋林湾	北表岭	斑岩-矽卡岩-	5	$145.57 \sim 147.98$	$146.42 \pm 1.77$ *	郭保健等,2006
7	1/1/1/5	1075.04	爆破角砾岩	5	$145.6 \sim 148.0$	$147\pm4$	Mao et al. , 2008
10	车沟	华北板块南缘	斑岩型	70	$114.1 \sim 115.1$		Mao et al. , 2008
10	777-9		ᆻ깁포	70	$115.5 \sim 116.5$		叶会寿等 ,2006
11	竹园沟	华北板块南缘		10	119.6~122.2		黄凡等 ,2010
12	尚古寺	华北板块南缘	斑岩型	小型	122.5~124.4	$123.4 \pm 2.4$	杨宗锋 ,未刊资料
13	沙坡岭	华北板块南缘	斑岩型	小型	$126.8\pm1.7$	Col 14	苏捷等 2009
14	泉家峪	华北板块南缘	石英脉型		129.1~130.8	Que	李厚民等 ,2007
					$138.1 \pm 2.2$	R	周珂等 2009
15	鱼池岭	华北板块南缘	斑岩型	55	130.3~131.7	$131.2 \pm 1.4$	周珂等 ,2009
					133.7~141.8	$144.3 \pm 5.2$	李诺等 ,2009
16	雷门沟	华北板块南缘	斑岩型	40	131.6~133.1	GV	李永峰等 ,2006
10			****	10	129.5~131.4		Mao et al. , 2008
17	祁雨沟	华北板块南缘	斑岩-爆破角砾岩		131.6~139.6	$135.6\pm5.6$	姚军明等,2009
18	石窑沟	华北板块南缘	斑岩型	10	131.3-134.4	$135.2\pm1.8$	高亚龙等 ,2010
19	金堆城	华北板块南缘	斑岩型	98	138.3~138.4		Stein et al., 1997
20	三道庄	华北板块南缘	斑岩-矽卡岩	82	144.5~145.4		李永峰等 ,2003
				0	143.5~144.2		Mao et al. , 2008
21	南泥湖	华北板块南缘	斑岩-矽卡岩	66	$139.3 \pm 2.3$		Mao et al. , 2008
				Also.	$141.8 \pm 2.1$		学永峰等 2003
22	上房沟	华北板块南缘	斑岩-矽卡岩	94	143.8~145.8		学永峰寺 ,2003
					141.8~142.9		Mao et al. , 2008
23	大王沟	华北板块南缘	斑岩-矽卡岩		146.8~147.5		Mao et al. , 2008
24	··· 프 +뉵	化北长中丰坞		0.02	141.5~142.9	156 2 4 2 2	Mao et al., 2008
24	八里坡	毕北极 <b>伏</b> 用琢	斑石空	0.92	152.8~157.8	$156.3 \pm 2.2$	馬建刚寺 2009 芸典宣笑 2009
25	<b></b> 更 小 俺	毕北极块闺琢	♥恢酸益右脉型	甲型	206.3~212.8	$209.5 \pm 4.2^{\circ}$	奥典家寺 2009 本原兄竿 2007
26	大湖	华北板块南缘	石英脉型	中型	$223 \sim 232.9$	$219 \pm 41$	子序氏守 ,2007 本讲笔 2007
27	苦龙铺	化北板块南线	瑞齡扑屶時刑	12	$215.4 \sim 255.0$	$218\pm41$	子佑守 2007 Stain at al 1007
27	更 化 佣 口 宏 注	午 1 1 0 0 天 1 0 5	w 的 血 石 励 空	12	$221.1 \sim 222$	$222 \pm 11$	Stem et al., 1997 エッ王笙 2010-
20	<b>与</b> 家庄 前范岯	午 1 1 0 0 天 1 0 5	石英脉堂	ᆎᅖ	$232.3 \sim 208.4$	$232 \pm 11$ 220 $\pm 12$	工文入守 2010a 室阳笙 2010
29 30	前记候 龙门庄	平北	石英脉重	ΤΞ	$233.3^{-240.2}$	239 ± 13 1875	周阳寺 2010 魏庄国等 2000
30		十七级外围场	山天际主		$1600 \sim 1802$	1673	如(八国寺,2009
31	寨凹	华北板块南缘	石英脉型		$1080 \ 1802$ $1707 \sim 1831$	$1080 \pm 07$ $1804 \pm 12$	李厚民等 ,2009
32	汤家垭	大别山	斑岩型	23 5	1777 1051 113 5~118 5	1001 = 12 113 1 + 7 0	杨泽强 2007
33	沙坪沟	大别山	初岩型	220	112.2~113.0	$113.1 \pm 7.5$ $113.21 \pm 0.53$	本文
55	12 - 1 1-3	, ()) H		220	112.2 115.7	$115.21 \pm 0.55$	
34	天目沟	大别山	充填脉型	小型	$121.6 \pm 2.1$		杨泽强 ,2007
					122 1+2 4		杨泽强 2007
35	大银尖	大别山	斑岩-矽卡岩	中型	$122.1 \pm 2.7$ $121.5 \sim 123.9$	122 4+7 2	罗正传等 2010
36	千鹅冲	大别山	斑岩型	60	127.6~128	$127.82 \pm 0.87^*$	杨梅珍等 2010
* 加权	平均年龄			~~	10 100	121.02 - 0.01	



图 6 秦岭-大别山地区中生代钼矿床模式年龄分布直方图

Fig. 6 Model age histograms of Mesozoic Mo deposits in East Qinling-Dabie Mountain region

表 3	东秦岭-大别山地区中生代钼成矿	「作用阶段划分简表

Table 2	Stages of Me mineralization	during Macazaia in East Oinlin	a Dabia Mountain ragion
Table 5	stages of Mo infineralization	during Mesozoic in Last Qinnin	g-Dable Mountain region

构造期及成矿阶段     大地构造位置		分布区域	典型矿床
印支期			
<b>三叠纪(</b> 250∼205 Ma)	华北板块南缘	小秦岭-熊耳山地区	黄龙铺、黄水庵
燕山期			
晚侏罗世—早白垩世早	华北板块南缘	栾川地区、陕西华县、小秦岭地区	南泥湖-三道庄、金堆城
期(148~138 Ma)	北秦岭	商丹断裂附近	秋树湾、板厂
早白垩世中期(135~ 119 Ma)	华北板块南缘	合峪-伏牛山岩体北部、嵩县地区、方城 地区	雷门沟、祁雨沟、尚古寺、鱼池岭 大银尖、千鹅冲
	大别山(北淮阳构造带)	商城₋麻城断裂以西(北淮阳构造带西 段)	
早白垩世晩期(116~	华北板块南缘	汝阳地区	东沟
105 Ma )	北秦岭 大别山( 北淮阳构造带 )	老君山岩体内部或周边 商城-麻城断裂以东(北淮阳构造带东 段)	南沟( 白石尖和马脖壕 )、老君山 沙坪沟、汤家坪

毛景文等(2005; Mao et al, 2008; 2010)对秦岭 地区成岩成矿事件的详细总结和讨论为本次钼成矿 作用期次详细划分奠定了基础。根据统计的钼矿床 辉钼矿 Re-Os 同位素年龄,结合矿床(点)产出的大 地构造位置及已有的其他高精度年代学数据(主要 为 LA-ICP-MS 和 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄),本文 将东秦岭-大别山地区中生代钼矿床划分为 4 个成 矿阶段(表 3、图 7)。

Ⅰ 印支期 250~205 Ma) 相成矿作用

秦岭地区印支期成矿作用被地质学家长期忽 视,直到卢欣祥等(1998)在第六届全国矿床会议上 报道后才引起学者们的关注,随后依据大量年代学 资料,卢欣祥等(1999)正式成文提出印支期成矿作 用是秦岭地区一个重要的金钼多金属成矿期的新认 识,并发表了一系列文章或专著讨论秦岭印支期成 矿作用(卢欣祥,2002;2006;卢欣祥等,2008),引起 国内其他地质学家的跟踪研究(陈衍景,2010)。印 支期成矿作用是中国大陆构造转折期的一种地质效 应,是秦岭地区乃至中国东部及东亚中生代大规模 成矿作用的开始和先导,与燕山期成矿作用一起构 成了中国(东部)中生代成矿作用大爆发的完整旋回 (卢欣祥,2006;卢欣祥等,2004,2008)。

秦岭地区印支期成岩事件主要包括北秦岭西段的甘肃温泉岩体,SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄(后文中所引用岩体年龄均为 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和 LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄)为(223±7)Ma(张宏



![](_page_10_Figure_3.jpeg)

Fig. 7 Ages and metallogenic period of Mo mineralization in different tectonic units of East Qinling-Dabie Mountain region Deposit number as for Table 2, the gray arrow indicating the distribution of Mo deposits from west to east on the southern

margin of North China Block

飞等 2005),治力关和夏河岩体分别为(245±6)Ma 和(238±4)Ma(金维浚等,2005),翠华山岩体为 (227.3±3.6)Ma(Jiang et al.,2010),天水尹道寺 流纹岩为(211±2.6)Ma(徐学义等,2007),南秦岭 的碧口块体内阳坝岩体为(215.4±8.3)Ma和南一 里岩体为(224±5)Ma(张宏飞等,2007),沙河湾岩 体为(212.00±0.93)Ma、曹坪岩体为(224.1±1.1) Ma、柞水岩体为(224.8±1.1)Ma(弓虎军等, 2009a),老城岩体为(217.6±3.4)Ma、胭脂坝岩体 为(210.8±5.0)Ma(Jiang et al.,2010),五龙复式 岩体为(233±2)~(207±2)Ma(秦江锋,2010),东 江口花岗岩及其岩体中包体年龄分别为(222.6± 0.5)Ma和(221.6±0.6)~(222.0±0.5)Ma(弓虎 军等,2009b)。此外,秦江锋(2010)和Jiang 等 (2010)还分别测得了东江口各岩石单元成岩年龄为 (222±2)~(214±2)Ma和(218.7±2.4)Ma,曹坪 岩体为(220.0±2.0)Ma(Jiang et al.,2010)等。华 北板块南缘 250~205 Ma的金钼成矿作用主要包括 小秦岭地区的大湖金钼矿、马家洼石英脉型钼矿、栾 川地区的碳酸盐脉型钼矿——黄水庵钼矿和黄龙铺 钼矿、熊耳山地区的石英脉型钼矿和西秦岭的温泉 斑岩型钼矿等(表2)。

综上,秦岭地区的印支期成岩作用(200~245 Ma)主要集中在北秦岭和南秦岭的中西部(卢欣祥, 1999;秦江锋,2010),金成矿作用主要集中于在华 北板块南缘的小秦岭地区,而钼成矿作用主要集中 在东秦岭华北板块南缘。印支期成矿作用在秦岭地 区,特别是秦岭的中西部为一期独立的重要成岩成 矿期(卢欣祥等,1999)。当然,同一矿田中可能存在 后期成矿作用的叠加或改造,如李厚民等(2007)还 获得了大湖金钼矿附近泉家峪钼金矿的辉钼矿模式 年龄为(129.1±1.6)~(130.8±1.5) Ma,这暗示了 在小秦岭地区存在2期金钼成矿作用,这与多数学 者得到的小秦岭金矿区燕山晚期的成矿时代(130~ 110 Ma)-致(徐启东等,1998;王义天等,2002; 2010b),并且燕山期成矿作用可能对早期的印支期 成矿作用继承、叠加或改造(卢欣祥等,2004,2008)。

燕山期钼成矿作用

燕山期钼成矿作用主要集中晚侏罗世晚期—早 白垩世(148~105 Ma),为中国大陆成矿体系的重要 组成部分(王登红等,2005)。在东秦岭-大别山地区 燕山晚期大规模的花岗质岩浆活动时限有128~117 Ma(引自 Mao et al.,2008),135~116 Ma(童劲松, 2008,黄丹峰,2010)或112~136 Ma(峰期125~130 Ma,赵子福等,2009)几个时间段,东秦岭地区可分 为167~152 Ma、146~141 Ma、136~127 Ma和117 ~108 Ma(Mao et al.,2010;雷敏,2010),结合钼成 矿时代和钼矿产出的大地构造位置,可进一步将燕 山期钼成矿作用划分为3个成矿期次,即晚侏罗世 —早白垩世早期(148~138 Ma),早白垩世中期(135 ~119 Ma)和早白垩世晚期(116~105 Ma)。

Ⅱ 晩侏罗世—早白垩世早期(148~138 Ma) 钼成矿作用

本期钼成矿作用主要发生在华北板块南缘的栾 川、华县地区和北秦岭的秋树湾和板厂(表3),一般 钼成矿规模较大,如栾川三个超大型钼矿总储量达 242万(表2),并伴生有铼、钨、铜等多金属矿,故将 其单独划为一个独立的钼成矿阶段。矿床类型主要 包括斑岩型和斑岩-矽卡岩型,典型矿床有金堆城、 南泥湖、三道庄、上房沟、秋树湾和板厂等(表2)。其 中 黄典豪等(1994)报道的金堆城钼矿 3 个辉钼矿 模式年龄分别为(129±7)Ma、(131±4) Ma 和(139 ±3) Ma 而 Stein 等(1997)报道的金堆城钼矿 2个 辉钼矿的模式年龄分别为(138.3±0.8) Ma 和 (138.4±0.8) Ma,精度更高些,故采用后者作为金 堆城钼矿的年龄。同时,同一钼矿床可能存在有2 期钼成矿作用,如周珂等(2009)报道的鱼池岭钼矿 辉钼矿 Re-Os 成矿年龄为 131.7~130.3 Ma 属早白 垩世中期(135~119 Ma) 相成矿作用的产物,但也存 在(138.1 ± 2.2) Ma的年龄样品,这与李诺等 (2009)报道的该矿的年龄值(144.3±5.2) Ma 更为 接近。这种差异是说明鱼池岭钼矿可能存在2次钼 成矿作用,还是由于不同作者不同实验室测试的系 统误差导致,有待于进一步研究。

与本期钼成矿作用密切相关的岩体精确同位素 年龄数据还较少,如金堆城含矿斑岩 LA-ICP-MS 锆 石 U-Pb 年龄为(140.95 ± 0.45) Ma( 朱赖民等, 2008 )或 143.7±3) Ma( 焦建刚等 2010 ),南泥湖岩 体的年龄为(149.56±0.36) Ma(包志伟等,2009), 这些年龄与对应矿区的辉钼矿 Re-Os 年龄基本一 致 据此认为在金堆城钼矿和南泥湖钼矿田内 岩体 和钼矿为同一成岩成矿系统的产物(朱赖民等, 2008 包志伟等, 2009)。但 Mao 等(2010)报道的南 泥湖和上房沟岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 (157±3) Ma 和(158±3) Ma,明显早于矿床的成矿 年龄 13~18 Ma。在小秦岭金矿区内分布着 4 个花 岗岩基 :老牛山、华山、文峪和娘娘山 ,空间上与金钼 矿床密切共生 ,部分学者认为与小秦岭金钼成矿作 用成因上密切相关(栾世伟等,1990;周作侠等, 1993)。最新的年代学数据显示,老牛山黑云二长花 岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为(146.35±0.55) Ma(朱赖民等,2008),文峪黑云母二长花岗岩为 (138.4 ± 2.5) Ma, 娘娘山黑云母二长花岗岩为 (141.7±2.5) Ma(SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄,毛景 文等 ,2005 ;王义天等 ,2010b ) ,华山黑云母二长花岗 岩为(146±2) Ma(SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 Mao et al., 2010) 这些岩体成岩时代明显滞后于小秦岭金 矿区主体成矿期——印支期金钼成矿作用(208~ 250 Ma,卢欣祥等,1998;2004;卢欣祥,2002),早于 小秦岭地区燕山期的成矿作用(130~110 Ma),与金 钼成矿作用并无直接的成因联系( 卢欣祥等 ,1998 ; 卢欣祥 2002 汪义天等 2010b)。

此外,焦建刚等(2009)报道了华北板块南缘老 牛山岩体的东侧、金堆城钼矿西南的八里坡小型钼 矿的辉钼矿年龄为(156.3±2.2)Ma,矿区内花岗斑 岩的成岩年龄为(155.9±2.3)Ma,成岩成矿均属晚 侏罗世中期,与区域成岩成矿年龄的集中范围不一 致,其成岩成矿地球动力学背景还有待进一步讨论, 故本文成矿期次划分中未考虑此矿床。

Ⅲ 早白垩世中期(135~119 Ma) 相成矿作用

本期成矿作用分布较星散,在东秦岭华北板块 南缘中东段和大别山地区商城-麻城断裂以西地区 均有分布(表3),成矿作用连续性较好(图7,黄凡 等2010),典型矿床规模一般属大型-超大型,矿床 类型主要为斑岩型、斑岩-爆破角砾岩型或斑岩-矽卡 岩型,代表性矿床有华北板块南缘的鱼池岭、雷门 本期的钼成矿作用(135~119 Ma)被认为可能 与东秦岭-大别山地区 136~116 Ma 花岗质岩浆活 动密切相关(Mao et al. 2008)。

Ⅳ 早白垩世晚期(116~105 Ma) 相成矿作用

本期钼成矿作用是目前厘定的东秦岭-大别山 地区中生代构造-岩浆-流体演化最晚阶段的产物,虽 然矿床数量发现较少,但规模较大,以大型-超大型 矿床为主,总储量大于 323.5万(表2)。钼矿床主 要有东秦岭华北板块南缘东段的东沟钼矿、北秦岭 东段老君山岩体周边钼矿床和大别山商城-麻城断 裂以东的汤家坪钼矿、沙坪沟钼矿,成因类型较为单 一,以斑岩型为主。其中,东沟钼矿被认为与东沟花 岗斑岩((112.0±1.3)Ma,叶会寿等,2006)和其西 南相邻的太山庙铝质A型花岗岩((115±2)Ma,叶 会寿等,2008)在成因上密切相关,前者为后者分异 或派生的产物(叶会寿等,2006;2008;戴宝章等, 2009),但不同学者对此提出有异议,认为东沟钼矿、 东沟斑岩和太山庙岩体为3个独立的体系,不存在 演化关系(黄凡等,2009)。

# 5 结 论

(1)沙坪沟为新近发现的超大型斑岩-爆破角砾 岩型钼矿床,矿体赋存于隐伏花岗斑岩的内外接触 带中,9件辉钼矿的模式年龄为(112.2±1.7)~ (113.9±1.7)Ma,加权平均年龄为(113.18±0.54) Ma,等时线年龄为(113.21±0.53)Ma,表明沙坪沟 钼矿形成于早白垩世晚期。

(2)东秦岭-大别山中生代钼成矿作用主要发生 在燕山期和印支期,矿床总体由西向东,由北向南成 矿年龄有变小的趋势。依据成岩年龄、辉钼矿 Re-Os 年龄和钼矿产出的大地构造位置,将东秦岭-大别山 钼成矿作用划分为4个期次:印支期(260~205 Ma)晚侏罗世—早白垩世早期(148~138 Ma),早 白垩世中期(135~119 Ma)和早白垩世晚期(116~ 105 Ma)。

志 谢 野外工作得到常印佛院士、江来利教 授的指导和帮助,成文过程中得到河南省国土资源 科学研究院的卢欣祥教授的指导,评审员详细指出 了文稿中的错误和不足之处,并提出建设性修改意

### 见,在此一并表示感谢。

#### References

- Ames L , Zhou G Z and Xiong B C. 1996. Geochronology and isotopic character of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons, central China [J]. Tectonics, 15(2):472-489.
- Bao Z W, Zeng Q S, Zhao T P and Yuan Z L. 2009. Geochemistry and petrogenesis of the ore-related Nannihu and Shangfanggou granite porphyries from east Qinling belt and their constaints on the molybdenum mineralization [J]. Acta Petrologica Sinica, 25(10):2523-2536(in Chinese with English abstract).
- Chen Y J. 2010. Indosinian tectonic setting , magmatism and metallogenesis in Qinling orogen , central China[ J ]. Geology in China , 37 (4):854-865( in Chinese with English abstract ).
- Dai B Z , Jiang S Y and Wang X L. 2009. Petrogenesis of the granitic porphyry related to the giant molybdenum deposit in Donggou , Henan Province , China : Constraints from petrogeochemistry , zircon U-Pb chronology , and Sr-Nd-Hf isotope [J]. Acta Petrologica Sinica , 25(11): 2889-2901 (in Chinese with English abstract ).
- Dai S Q , Deng J F , Wu Z X , Zhai H L , Chen J F and Du J G. 2003. Evidence of magmatic petrology for the Yanshanian orogeny in the Dable orogeny[ J ]. Geology in China , 30(2):159-165( in Chinese with English abstract ).
- Dong S W , Sun X R , Zhang Y , Huang D Z , Wang G , Dai S K and Yu B C. 1993. The basic structure of Dabie orogenic belt J ]. Chinese Science Bulletin , 38 6 ): 542-545 ( in Chinese ).
- Du A D , He H L , Yin N W , Zou X Q , Sun Y L , Sun D Z , Chen S Z and Qu W J. 1994. A study on the rhenium-osmium geochronometry of molybdenites J ]. Acta Geologica Sinica , 68(4):339-347 ( in Chinese with English abstract ).
- Du A D , Zhao D M , Wang S X , Sun D Z and Liu D Y. 2001. Precise Re-Os dating for molybdenite by ID-NTIMS with Carius tube sample preparation J J. Rock and Mineral Analysis , 20(4): 247-252 ( in Chinese with English abstract ).
- Du A D , Wu S Q , Sun D Z , Wang S X , Qu W J , Richard M H S , John M and Dmitry M. 2004. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials : Molybdenite HLP and JDC[ J ]. Geostandard and Geoanalytical Research , 28 (1):41-52.
- Du J G and Zhang P. 1999. Mesozoic volcanic rocks in northern part of Dabie orogenic beht[J]. Geoscience, 13(1): 57-65( in Chinese with English abstract).
- Gao Y , Li Y F , Guo B J , Cheng G X and Liu Y W. 2010. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Qianfanling quartz-vein Mo deposit in Songxian county , western Henan Province J J. Acta Petrologica Sinica , 26(3):757-767( in Chinese with English abstract ).
- Gao Y L, Zhang J M, Ye H S, Meng F, Zhou K and Gao Y. 2010. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Shiyaogou porphyry molybdenum deposit in the east Qinling J ]. Acta Petrologica Sinica, 26(3):729-739(in Chinese with English abstract).

2011 年

- Gong H J , Zhu L M , Sun Y B , Li B and Guo B. 2009a. Zircon U-Pb ages and Hf isotope characteristics and their geological significance of the Shahewan , Caoping and Zhashui granitic plutons in the South Qinling orogen[ J ]. Acta Petrologica Sinica , 25( 2 ): 248-264( in Chinese with English abstract ).
- Gong H J , Zhu LM , Sun B Y , Li B , Guo B and Wang J Q. 2009b. Zircon U-Pb ages and Hf isotopic composition of the Dongjiangkou granitic pluton and its mafic enclaves in the South Qinling terrain [J]. Actor Petrologica Sinica , 25(11): 3029-3042( in Chinese with English abstract ).
- Guo B J , Mao J W , Li H M , Qu W J , Qiu J J , Ye H S , Li M W and Zhu X L. 2006. Re-Os dating of the molybdenite from the Qiushuwan Cu-Mo deposit in the east Qinling and its geological significance J J. Acta Petrologica Sinica , 22(9):2341-2348(in Chinese with English abstract ).
- Hacker B R and Wang Q C. 1995. <sup>40</sup> Ar/<sup>39</sup> Ar geochronology of ultrahigh-pressure metamorphism in central China[ J ]. Tectonics , 14 (4):994-1006.
- Hu Y Z , Ren T X , Ma Z D , Deng J , Wang M Q , et al. 2006. China regional geochemical field and its relationship with mineralization [ M ]. Beijing : Geological Publishing House. 1-212 ( in Chinese with English abstract ).
- Huang D F. 2010. Late mesozoic Magmatic records for transition of tectonic regimes of Dabie orogenic belt. A Dissertation Submitted to China University of Geosciences for Master Degree (in Chinese with English abstract ).
- Huang D H , Wu C Y , Du A D and He H L. 1994. Re-Os isotope ages of molybdenum deposits in east Qinling and their significance[1]. Mineral Deposits , 13( 3 ): 221-230( in Chinese with English abstract ).
- Huang D H, Hou Z Q, Yang Z M, Li Z Q and Xu D X. 2009. Geological and geochemical characteristics, metallogenetic mechanism and tectonic setting of carbonatie vein-type Mc(Pb) deposits in the east Qinling molybdenite ore bell J J. Acta Geologica Sinica, 83(12): 1968-1984( in Chinese with English abstract ).
- Huang F, Luo Z H, Lu X X, Gao F, Chen B H, Yang Z F, Pan Y and Li D D. 2009. Is the Donggou porphyry Mo deposit derived from the Taishanmiao batholith J ? Mineral Deposits , 28(5): 569-584 ( in Chinese with English abstract ).
- Huang F , Luo Z H , Lu X X , Chen B H and Yang Z F. 2010. Geological characteristics , metallogenic epoch of the zhuyuangou molybdenum deposit in Henan and its geological significance J J. Geological Bulletin of China , 29(11): 1704-1711 ( in Chinese with English abstract ).
- Huang F, Chen Y C, Wang D H, Yuan Z X and Chen Z H. 2011. The major molybdenum ore concentration areas in China and discussion on its resource potentia [ J ]. Geology in China , 38( 5):1111-1134 ( in Chinese with English abstract ).
- Jiang Y H, Jin G D, Liao S Y, Zhou Q and Zhao P. 2010. Geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints on the origin of Late Triassic granitoids from the Qinling orogen, central China : Implications for a continental arc to continent-continent collision [J]. Lithos, 117:

183-197.

- Jiao J G , Yuan H C , He K , Sun T , Xu G and Liu R P. 2009. Zircon U-Pb and olybdenite Re-Os dating for the Balipo porphyry Mo deposit in east Qinling , China , and its geological implication[J]. Acta Geologica Sinica , 83(8): 1159-1166( in Chinese with English abstract ).
- Jin W J , Zhang Q , He D F and Jia X Q. 2005. SHRIMP dating of adakites in western Qinling and their implications J ]. Acta Petrologica Sinica , 21(3):959-966 (in Chinese with English abstract ).
- Lei M. 2010. Petrogrnesis of granites and their relation to tectonic evolution of orogen in the east part of Qinling Orogenic Belt ( PhD Thesis I D ]. Beijing :Chinese Academy of Geological Sciences( in Chinese with English abstract ).
- Li H M , Ye H S , Mao J W , Wang D H , Chen Y C , Qu W J and Du A D. 2007. Re-Os dating of molybdenites from Au( -Mo ) deposits in Xiaoqingling gold ore district and its geological significance[ J ]. Mineral Deposits , 26( 4 ) : 417-424( in Chinese with English abstract ).
- Li H M , Ye H S , Wang D H , Chen Y C , Qu W J and Du A D. 2009. Re-Os dating of molybdenite from Zhaiwa Mo deposit in Xiong 'er mountain , western Henan Province , and its geological significance [J]. Mineral Deposits , 28(2):133-142( in Chinese with English abstract.).
- Li J, Qiu J J and Sun Y L. 2009. Re-Os isotope dating of the Yindonggou Ag-Au-Mo deposit, Hensn Province and its implication for Caledonian orogenic-metallogenic event[ J ]. Acta Petrologica Sinica, 25(11): 2763-2768( in Chinese with English abstract ).
- Li N, Sun Y L, Li J, Xue L W and Li W B. 2007. Molybdenite Re-Os isotope age of the Dahu Au-Mo deposit, Xiaoqinling and Indosinian mineralizatior[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(4): 810-816(in Chinese with English abstract).
- Li N, Chen Y J, Sun Y L, Hu H Z, Li J, Zhang H and Ni Z Y. 2009. Molybdenite Re-Os isochron age of the Yuchiling porphyry Mo deposit, Henen Province and its geological implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 25(2):413-421( in Chinese with English abstract).
- Li S, Jagoutz E, Chen Y and Li Q. 2000. Sm-Nd and Rb-Sr isotope chronology of ultrahigh-pressure metamorphic rocks and their country rocks at Shunghe in the Dabie Mountains ,central China [J]. Geochim. Cosmochim. Acta , 64(6):1077-1093.
- Li S G , Xiao Y and Liou D. 1993. Collision of the North China and Yangtze Blocks and formation of coesite-bearing eclogites : Timing and processes J J. Chemical Geology , 109(1/4):89-11.
- Li S G , Li H M , Chen Y Z , Xiao Y L and Liu D L. 1997. Chronology of metamorphism in Dabie-Sulu terrane II : Isotopic system of zircon U-PH J ]. Science in China (Series D), 27(3): 200-206 (in Chinese).
- Li S G. 2004. Exhumation mechanism of the ultrahigh-pressure metamorphicrocks in the Dabie mountains and continental collision processbetween the North and South China blocks[J]. Earth Science Frontiers , 11(3) 63-70( in Chinese with English abstract ).
- Li S G , Li Q Y , Hou Z H , Yang W and Wang Y. 2005. Cooling histo-

ry and exhumation mechanism of the ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabie mountains , central China[J]. Acta Petrologica Sinica , 21(4): 1117-1124( in Chinese with English abstract).

- Li S Q, Yang X Y, Qu W J, Chen F K and Sun W D. 2010. Molybdenite Re-Os age and metallogeny of the Yueheping skarn molybdenum deposit in Ningshan ,southern Qinling[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(05):1479-1486(in Chinese with English abstract).
- Li Y F, Mao J W, Bai F J, Li J P and He Z J. 2003. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Nannihu molybdenum ( tungsten ) orefield in the eastern Qinling and its geological significane[ J ]. Geological Review, 49( 6 ): 652-659( in Chinese with English abstract ).
- Li Y F, Mao J W, Liu D Y, Wang Y B, Wang Z L, Wang Y T, Li X F, Zhang Z H and Guo B J. 2006. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os datings for the Leimengou porphyry molybdenum deposit, western Henan and its geological implication[J]. Geological Review, 52(1):122-131( in Chinese with English abstract).
- Lu S M , Peng H H and Sheng Z L. 2002. Potential value of lead-zinc mineral ore resources in the east of north Huaiyang tectonic zone [J]. Geology of Anhui , 12(2):114-119( in Chinese with English abstract ).
- Lu S M, Xu X C and Peng Z. 2005. Geologic feature and genesis of crypto-explosion breccis in the east part of north Huaiyang tectonic & zon [J]. Geology and Prospecting, 41(3):7-11( in Chinese with English abstract).
- Lu X X, Wei X D, Dong Y, Xuan S M. 1998. The metallogenetic epoch of gold deposits in Xiaoqinling-Xiongershan region J. Mineral Deposits, 17 (Supp.):765-768 (in Chinese).
- Lu X X, Wei X D, Dong Y, Xuan S M. 1999. The metallogenetic epoch of gold deposits in Xiaoqinling-Xiongershan region[J]. Gold Geology, 5(1):11-16( in Chinese with English abstract ).
- Lu X X. 1999. Granitoid tectonic map of Qinling bell M ]. Xi 'an : Xi ' an cartographic Publishing House. 1-27('in Chinese with English abstract ).
- Lu X X. 2002. The granites and metallogenesis in Qinling orogenic belt [ A ]. In : Xiao Q H , Deng J F , Ma D Q , et al. ed. The way of investigation on granitoids [C]. Beijing : Geol. Pub. House. 192-214 ( in Chinese ).
- Lu X X, Wei X D, Yu Z P, Wang Y T, Xue L W, Ye A W, Suo T Y and Jin J P. 2004. Minerogenesis of gold and its coupling with tectonics in Xiaoqinling- Xiong 'ershan region[ J ]. Gold Geology, 10 (1):1-5( in Chinese with English abstract ).
- Lu X X. 2006. Indosinian minerogenesis in Qinling and its implications [J]. Mineral Deposits, 25( Supp. ): 179-181 ( in Chinese with English abstract ).
- Lu X X , Li M L , Wang W , Yu Z P and Shi Z Y. 2008. Indosinian movement and metallogenesis in Qinling orogenic bel [ J ]. Mineral Deposits , 27 (6):762-773 (in Chinese with English abstract ).
- Lu X X , Luo Z H , Huang F , Gu D M , Li M L , Yang Z F , Liang T , Liu C Q and Gao Y. 2011. The types of Mo deposits and its char-

acteristics of mineralization assemblage in Qinling-Dabie Mountains [J] Geology in China 38(6):1518-1535( in Chinese with English abstract).

- Luan S W and Chen S D. 1990. Main ore-controlling factors and metallogenic model of gold deposits in Xiaoqinling area J ]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research , 5(4):1-14( in Chinese with English abstract ).
- Ludwig K R. 2004. Isoplot/Ex, version 3.0 :a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Berkeley, CA.
- Luo M J , Zhang F M , Dong Q Y , et al. 1991. Molybdenum deposits of China M J. Zhengzhou : Henan Sci. & Techn. Press. 1-425( in Chinese ).
- Luo Z Z , Li Y F , Wang Y T and Wang X G. 2010. The molybdenite Re-Os age of Dayinjian molybdenum deposit in the northern margin of the Dabie Mountain , Xinxian area , Henan , China and its significance J J. Geological Bulletin of China , 29(9): 1349-1354( in Chinese with English abstract).
- Ma C Q , Yang K G , Ming H L and Lin G C. 2004. The timing of tectonic transition from compression to extension in Dabieshan : Evidence from Mesozoic granites J J. Science in China (Series D), 47 (5):453-462.
- Mao J W, Xie G Q, Zhang Z H, Li X F, Wang Y T, Zhang C Q and Li Y F, 2005. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings[J]. Acta Petrologica Sinica, 21(1):169-188( in Chinese with English abstract ).
- Mao J W , Xie G Q , Bierlein F , Qu W J , Du A D , Ye H S , Pirajno F , Li H M , Guo B J , Li Y F and Yang Z Q. 2008. Tectonic implications from Re-Os dating of Mesozoic molybdenum deposits in the East Qinling-Dabie orogenic belt J J. Geochim. Cosmochim. Acta , 72(18):4607-4626.
- Mao J W , Xie G Q , F. Pirajno , Ye H S , Wang Y T , Li Y F , Xiang J F and Zhao H L. 2010. Late Jurassic-Cretaceous granitoid magmatism in the Eastern Qinling , Central-eastern China : SHRIMP zircon U-Pb ages and tectonic implications J ]. Australian Journal of Earth Science , 57 : 51-78.
- Meng F. 2010. The Characteristics of the Laojunshan Intrusive and Mineralization, Western Henan Province( Master 's Thesis **I** D]. Beijing : China University of Geosciences ( in Chinese with English abstract ).
- Okay A L ,Xu S ,Snegor A M C. 1989. Coesite from the DabieShan eclogites, central China [J]. Eur. J. Mineral ,(1) 595-598.
- Peng Z , Lu S M and Xu X C. 2005. Regional metallogenetic regularity of gold-polymetallic deposits in the east of north Huaiyang tectonic bel[J] Journal of Hefei University of Technology( Natural Science ), 28(4):364-368( in Chinese with English abstract ).
- Qin J F. 2010. Petrogenesis and geodynamic implications of the late-Triassic granitoids from the Qinling Orogenic Bell PhD Thesis **J** D **]**. Northwest University in Chinese with English abstract ).
- Rowley D B, Xue F and Tucker R D. 1997. Ages of ultrahigh pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the Central Dabie Shan: U/Pb zircon geochronology[J]. Earth and Planetary Sci-

ence Letters, 151:191-203.

- Selby D and Creaser R A. 2004. Macroscale NTIMS and microscale LA-MC-ICP-MS Re-Os isotopic analysis of molybdenite : Testing spatial restrictions for reliable Re-Os age determinations , and implications for the decoupling of Re and Os within molybdenite[J]. Geochim. Cosmochim. Acta , 68 : 3897-3908.
- Song S G , Ding Z J , Yao S Z , Zhou Z G , Zhang S X and Du A D. 2008. Re-Os isotopic dating and its implication for molybdenum mineralization of Wenquan porphyry , Wushan , Gansu Province [ J ]. Northwestern Geology , 41(1):67-73 ( in Chinese with English abstract ).
- Stein H J , Markey R J , Morgan J W , Du A and Sun Y. 1997. Highly precise and accurate Re-Os ages for molybdenite from the east Qinling molybdenum belt , Shanxi Province , China J J. Econ. Geol. , 92 (7-8):827-835.
- Stein H J , Scherstén A. , Hannah J and Markey R. 2003. Subgrainscale decoupling of Re and 187Os and assessment of laser ablation ICP-MS spot dating in molybdenite[ J ]. Geochim. Cosmochim. Acta , 67 , 3673-3686.
- Su J, Zhang B L, Sun D H, Cui M L, Qu W J and Du A D. 2009. Geological features and Re-Os isotopic dating of newly discovered Shapoling veinlet-disseminated Mo deposit in the eastern section of east Qinling mountains and its geological significance[ J ]. Acta Geologica Sinica, 83(10):1490-1496( in Chinese with English abstract ).
- Tong J S. 2008. Magmatism and regional tectonic evolution of orogenic belt, on the example of Dabie orogenic belt and its neighbouring area (PhD Thesis J D ]. Beijing : China University of Geosciences (in Chinese with English abstract).
- Wang D H , Chen Y C , Xu Z G. 2005. Preliminary study on Cretaceous mineralization systems in China : Implications for future prospecting [J]. Earth Science Frontiers , 12(2): 231-239( in Chinese with English abstract ).
- Wang T H , Mao J W and Xie G Q. 2008. Zircon SHRIMP U-Pb dating and its geological significance of dikes in Shangcheng area , Henan Province , Central China J. P. Bulletin of Mineralogy , Petrology and Geochemistry , 27(4): 369-377( in Chinese with English abstract ).
- Wang Y J, Fan W M and Guo F. 2002. K-Ar dating of late Mesozoic volcanism and geochemistry of volcanic gravels in the North Huaiyang Belt, Dabei orogen : Constraints on the stratigraphic framework and exhumation of the northern Dabie orthogneiss comples J]. Chinese Science Bulletin , 47(20): 1528-1534 (in Chinese ).
- Wang Y S, Jiang L L, Zhu G and Song C Z. 2009. Formation of present tectonic framework in Dabie Mountains: Evidences from quartz C-axis fabrics J]. Acta Petrologica Sinica, 25(1):219-231 ( in Chinese with English abstract ).
- Wang Y T, Mao J W, Lu X X and Ye A W. 2002. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating and geological implication of auriferous altered rocks from the middle-deep section of Q875 gold-quartz vein in Xiaoqinling area, Henan, Ching J ]. Chinese Science Bulletin, 47(20):1750-1755

( in Chinese with English abstract ).

- Wang Y T, Ye H S, Ye A W, Li Y G, Shuai Y, Zhang C Q and Dai J Z. 2010a. Re-Os age of molybdenite from the Majiawa Au-Mo deposit of quartz vein type in the north margin of the Xiaoqinling gold area and its implication for metallogeny[J]. Earth Science Frontiers, 17(2):140-145( in Chinese with English abstract ).
- Wang Y T , Ye H S , Ye A W , Shuai Y and Zhang C Q. 2010b. Zircon SHRIM P U-Pb ages and their significances of the W enyu and Niangniangshan granitic plutons in the Xiaoqinling area , central China [ J ]. Chinese Journal of Geology , 45(1): 167-180( in Chinese with English abstract ).
- Wei Q G , Yao J M , Zhao T P , Sun Y L. Li J , Yuan Z L and Qiao B. 2009. Discovery of a ~1.9 Ga Mo deposit in the eastern Qinling orogen : Molybdenite Re-Os ages of the Longmendian Mo deposit in Henan Province[ J ]. Acta Petrologica sinica , 25(11): 2747-2751( in Chinese with English abstract ).
- Wu H Q. 2000. The Mesozoic volcanism in the Daijiah (of Huoshan). Maotanchang (of Lu 'an) area, Anhui J]. Geology of Anhui, 10 (4):252-260 (in Chinese with English abstract).
- Xiang B W. 2009. Research on the structural thermochronology and deformation modeling for post-orogenic dome structures of the north Dabie (PhD Thesis I D ]. Hefei University of Technology (in Chinese with English abstract ).
- Xu Q D, Zhong Z Q, Zhou H W, Yang F C and Tang X C. 1998. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of the Xiaoqinling gold area in Henan Province [J]. Geological Review, 44(3):323-327(in Chinese with English abstract).
- Xu S T , Liu Y C , Wu W P and Jiang L L. 2001. Study progress and existing problems on Dabie orogenic belt[ J ]. Progress in Natural Science , 11(8):796-803 (in Chinese).
- Xu S T , Liu Y C , Jiang L L , Wu W P and Chen G B. 2002. Tectonic geometry and kinematics Dabie orogenic bel [M]. Hefei : University of Science and Technology of China Press. 1-132( in Chinese with English abstract ).
- Xu X C , Lou J W , Lu S M , Xie Q Q , Chu P L and Yin T. 2009. Re-Os ages of molybdenum-lead-zinc polymetallic deposits and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar ages of related magmatic rocks in Yinshan area , Jinzhai , Anhui Province[ J ]. Mineral Deposits , 28( 5 ): 621-632( in Chinese with English abstract ).
- Xu X Y, Wang H L, Chen J L, Su X H, Wu P and Gao T. 2007. Zircon U-Pb age, element geochemistry of Mesozoic acid volcanic rocks at Yindaoshi area in western Qinling[ J]. Acta Petrologica Sinica, 23(11):2845-2856(in Chinese with English abstract).
- Xu Z G , Chen Y C , Wang D H , et al. 2008. The scheme of the classification of the minerogenetic units in China[ M ]. Beijing : Geol. Pub. House. 1-138( in Chinese with English abstract ).
- Xu Z Q, Yang J S, Li H B and Zhang J X. 2006. The early Palaeozoic terrene framework and the formation of the high-pressure ( HP ) and ultra-high Pressure ( UHP ) metamorphic belts at the Central Orogenic Belt ( COB )[ J ]. Acta Geologica Sinica , 80( 12 ):1793-1806( in Chinese with English abstract ).

Yang J S , Xu Z Q , Zhang J X , Zhang Z M , Liu F L and Wu C L.

2009. Tectonic setting of main high-and ultrahigh-pressure metamorphic belts in China and adjacent region and discussion on their subduction and exhumation mechanism[ J ]. Acta Petrologica Sinica , 25(7):1529-1560( in Chinese with English abstract ).

- Yang M Z, Zeng J N, Qin Y J, Li F L and Wan S Q. 2010. LA-ICP-MS zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating for Qian 'echong porphyry-type Mo deposit in Northern Dabie , China , and its geological significance [J]. Geological Science and Technology Information , 29(5): 35-45( in Chinese with English abstract ).
- Yang X Y , Lu X X , Du X W , Li W M , Zhang Z W and Qu W J. 2010. Ore geochemistry , petrogenesis and metallogenic dynamics of the Nangou molybdenum district in the East Qinling Orogenic bel[J]. Acta Geologica Sinica , 84(7): 1049-1079( in Chinese with English abstract ).
- Yang Z Q. 2007. Re-Os isotopic ages of Tangjiaping molybdenum deposit in Shangcheng County, Henan and their geological significance[ J ]. Mineral Deposits, 26( 3 ): 289-295( in Chinese with English abstract ).
- Yao J M, Zhao T P, Li J, Sun Y L, Yuan Z L, Chen W and Han J. 2009. Molybdenite Re-Os age and zircon U-Pb age and Hf isotope geochemistry of the Qiyugou gold system, Henan Province[J] Acta Petrologica Sinica, 25(2):374-384(in Chinese with English abstract).
- Ye H S, Mao J W, Li Y F, Guo B J, Zhang C Q, Liu J, Yan Q R and Liu G Y. 2006. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating for the superlarge Donggou porphyry Mo deposit in East Qinling, China, and its geological implication [J]. Acta Geologica Sinica, 80(7):1078-1088( in Chinese with English abstract).
- Ye H S , Mao J W , Xu L G , Gao J J , Xie G Q , Li X Q and He C F, 2008, SHRIMP zircon U-Pb dating and geochemistry of the taishanmiao aluminous A-type granite in western Henan Province J J. Geological Review , 54 (5):699-711 (in Chinese with English abstract).
- Yuan X C and Li S F. 2008. Lithospheric structure under the Dabie orogen and another model of exhumation of UHP rocks[J]. Geology in China , 35(4): 565-576( in Chinese with English abstract).
- Zhang H F , Jin L L , Zhang L , Harris N , Zhou L , Hu S H and Zhang B R. 2007. Geochemical and Pb-Sr-Nd isotopic compositions of granitoids from western Qinling belt : Constraints on basement nature and tectonic affinity[ J ]. Science in China (Series D), 50 (2):184-196.
- Zhang H F ; Xiao L , Zhang L , Yuan H L and Jin L L. 2007. Geochemical and Pb-Sr-Nd isotopic compositions of Indosinian granitoids from the Bikou block , northwest of the Yangtze plate : Constraints on petrogenesis , nature of deep crust and geodynamics [J]. Science in China (Series D), 50 (7):972-983.
- Zhang H D , Shi D F and Hao Y J. 2010. Geological features of the Shapinggou porphyry molybdenum ore deposit , Jinzhai country , Anhui Province J]. Geology of Anhui , 20(2): 104-108( in Chinese with English abstract ).
- Zhao Z F , Zheng Y F. 2009. Remelting of subducted continental lithosphere : Petrogenesis of Mesozoic magmatic rocks in the Dabie-Sulu orogenic belt [ J ]. Science in China (Series D), 52(9):1295-1318.
- Zheng Y F , Zhou J B , Wu Y B , et al. 2005. Low-grade metamorphic

rocks in the Dabie-Sulu orogenic belt : A passive-margin accretionary wedge deformed during continent subduction [J]. Int. Geol. Rev. , 47:851-871.

- Zhou C T , Zhou G Z , Hu Y Q. 2004. Geological map of Dabie-Sulu orogenic bel [M]. Beijing : Geol. Pub. House. 1-76 ( in Chinese with English abstract ).
- Zhou K , Ye H S , Mao J W , Qu W J , Zhou S F. Meng F and Gao Y L. 2009. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Yuchiling porphyry Mo deposit in western Henan Province[J]. Mineral Deposits , 28(2):170-184( in Chinese with English abstract ).
- Zhou Z X , Li B L , Guo F H , Zhao R and Xie Y H. 1993. Genesis of the gold molybdenum ) deposits in southern margin of the northern China platform contents M ]. Seismological Press. 1-269( in Chinese with English abstract ).
- Zhu L M, Zhang G W, Guo B and Li B. 2008. U-PH (LA-ICP-MS) zircon dating for the large Jinduicheng porphyry Mo deposit in the East Qinling, China, and its metallogenetic geodynamical setting [J]. Acta Geologica Sinica, 82(2): 204-220( in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 包志伟,曾乔松,赵太平,原振雷.2009.东秦岭钼矿带南泥湖-上房 沟花岗斑岩成因及其对钼成矿作用的制约[J].岩石学报,25 (10):2523-2536.
- 陈衍景. 2010. 秦岭印支期构造背景、岩浆活动及成矿作用[J]. 中国 地质,37(4):854-865.
- 戴圣潜,邓晋福,吴宗絮,赵海玲,陈江峰,杜建国.2003.大别造 山带燕山期造山作用的岩浆岩石学证据[J].中国地质,30(2): 159-165.
- 戴宝章,蒋少涌,王孝磊.2009.河南东沟钼矿花岗斑岩成因:岩石 地球化学、锆石 U-Pb 年代学及 Sr-Nd-Hf 同位素制约[J].岩石 学报,25(11):2889-2901.
- 董树文,孙先如,张 勇,黄德志,王 刚,戴世坤,于邦存.1993. 大别山碰撞造山带基本结构[J].科学通报,3&(6):542-545.
- 杜安道,何红蓼,殷宁万,邹晓秋,孙亚利,孙德忠,陈少珍,屈文 俊.1994.辉钼矿的铼-锇同位素地质年龄测定方法研究[J].地 质学报,6&(4):339-347.
- 杜安道,赵敦敏,王淑贤,孙德忠,刘敦一.2001. Carius 管溶样和 负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-锇同位素地质年龄 [J].岩矿测试,20(4):247-252.
- 杜建国,张 鹏. 1999. 大别造山带北部的中生代火山岩[J]. 现代 地质,13(1):57-65.
- 高 阳,李永峰,郭保健,程国祥,刘彦伟. 2010. 豫西嵩县前范岭 石英脉型钼矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 同位素年龄[J]. 26 (3):757-767.
- 高亚龙,张江明,叶会寿,孟 芳,周 柯,高 阳.2010.东秦岭 石窑沟斑岩钼矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 年龄[J].岩石学 报,26(3):729-739.
- 弓虎军,朱赖民,孙博亚,李 4年,郭 波,王建其. 2009b. 南秦 岭地体东江口花岗岩及其基性包体的锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位

素组成 J]. 岩石学报, 25(11): 3029-3042.

- 弓虎军,朱赖民,孙博亚,李 4年,郭 波. 2009a. 南秦岭沙河湾、 曹坪和柞水岩体锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其地质意义 [J]. 岩石学报,25(2):248-264.
- 郭保健,毛景文,李厚民,屈文俊,仇建军,叶会寿,李蒙文,竹学 丽. 2006. 秦岭造山带秋树湾铜钼矿床辉钼矿 Re-Os 定年及其 地质意义[J].岩石学报,22(9):2341-2348.
- 胡云中,任天祥,马振东,邓 坚,汪明启,等. 2006. 中国地球化 学场及其与成矿关系[M]. 北京:地质出版社. 1-212.
- 黄丹峰. 2010. 大别造山带晚中生代构造体制转换的火成岩记录 [D]. 北京:中国地质大学硕士论文.
- 黄典豪,吴澄宇,杜安道,何红蓼.1994.东秦岭地区钼矿床的铼-锇 同位素年龄及其意义[J].矿床地质,13(3):221-230.
- 黄典豪,侯增谦,杨志明,李振清,许道学.2009.东秦岭钼矿带内 碳酸岩脉型银(铅)矿床地质-地球化学特征、成矿机制及成矿构 造背景[J].地质学报,83(12):1968-1984.
- 黄 凡,罗照华,卢欣祥,高 飞,陈必河,杨宗峰,潘 颖,李德东. 2009. 东沟含钼斑岩由太山庙岩基派生[J]?矿床地质,28(5): 569-584.
- 黄 凡,罗照华,卢欣祥,陈必河,杨宗峰.2010.河南竹园沟钼矿
   地质特征、成矿时代及其地质意义[J].地质通报,29(11):
   1704-1711.
- 黄 凡,陈毓川,王登红,袁忠信,陈郑辉.2011.中国钼矿主要矿 集区及其资源潜力探讨[J].中国地质,38(5):1111-1134.
- 焦建刚,袁海潮,何克,孙 涛,徐 刚,刘瑞平.2009.陕西华 ペ 县八里坡钼矿床锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义 [J].地质学报,83(8):1159-1166.
- 金维浚,张 旗,何登发,贾秀勤. 2005. 西秦岭埃达克岩的 SHRIMP 定年及其构造意义[J] 岩石学报,21(3):959-966.
- 雷 敏. 2010. 秦岭造山带东部花岗岩成因及其与造山带构造演化
   的关系[D]. 中国地质科学院博士学位论文.
- 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-锇定年及其地质意义[J].矿床地 质,26(4):417-424.
- 李厚民,叶会寿,王登红,陈毓川,屈文俊,杜安道.2009.豫西熊 耳山寨凹钼矿床辉钼矿铼-锇年龄及其地质意义[J].矿床地质, 28(2):133-142.
- 李 晶,仇建军,孙亚莉.2009.河南银洞沟金钼矿铼-锇同位素定 年和加里东期造山-成矿事件[J].岩石学报,25(11):2763-2768.
- 李 诺,孙亚莉,李 晶,薛良伟,李文博.2007.小秦岭大湖金钼 矿床辉钼矿铼锇同位素年龄及印支期成矿事件[].岩石学报, 24(4):810-816.
- 李 诺,陈衍景,孙亚莉,胡海珠,李 晶,张 辉,倪智勇. 2009. 河南鱼池岭钼矿床辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J].岩 石学报,25(2):413-421.
- 李曙光,李惠民,陈移之,肖益林,刘德良.1997.大别山-苏鲁地体 超高压变质年代学Ⅱ.锆石 U-Pb 同位素体系[J].中国科学(D 辑),27(3):200-206.
- 李曙光. 2004. 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,11(3):63-70.
- 李曙光,李秋元,候振辉,杨 蔚,王 莹.2005.大别山超高压变

质岩的冷却及折返机制[J] 岩石学报,21(4):1117-1124.

- 李双庆,杨晓勇,屈文俊,陈福坤,孙卫东.2010. 南秦岭宁陕地区 月河坪夕卡岩型钼矿 Re-Os 年龄和矿床学特征[J]. 岩石学报, 26(05):1479-1486.
- 李永峰,毛景文,白凤军,李俊平,和志军.2003.东秦岭南泥湖钼 (钨)矿田 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J].地质论评,49 (6):652-659.
- 李永峰,毛景文,刘敦一,王彦斌,王志良,王义天,李晓峰,张作 衡,郭保健.2006.豫西雷门沟斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和 辉钼矿 Re-Os 测年及其地质意义[J].地质论评,52(1):122-131.
- 陆三明,彭海辉,盛中烈. 2002. 北淮阳构造带东段铅锌矿找矿前景 [J]. 安徽地质,12(2):114-119.
- 陆三明,徐晓春,彭智.2005.北淮阳构造带东段隐爆角砾岩型多金 属矿床的地质特征及成因[J].地质与勘探,41(3):7-11.
- 卢欣祥, 尉向东, 董有, 轩慎民. 1998. 小秦岭—熊耳山地区金矿 时代[J]. 矿床地质, 17(增刊):765-768.
- 卢欣祥, 尉向东, 董 有, 轩慎民, 1999. 小秦岭-熊耳山地区金矿时 代[J]. 黄金地质, 5(1):11-16.
- 卢欣祥. 1999. 秦岭花岗岩大地构造图[M]. 西安:西安地图出版 社. 1-27.
- 卢欣祥. 2002. 秦岭造山带花岗岩及其成矿作用[A]. 见:肖庆辉等 主编. 花岗岩研究思维与方法[C]. 北京:地质出版社. 192-214.
- 卢欣祥,尉向东,于在平,王义天,薛良伟,叶安旺,索天元,晋建 平.2004.小秦岭-熊耳山金成矿作用与区域构造的耦合[J].黄 金地质,10(1):1-5.
- 卢欣祥. 2006. 秦岭印支期成矿作用及其意义[J]. 矿床地质, 5(增刊):179-181.
- 卢欣祥,李明立,王 卫,于在平,时永志.2008.秦岭造山带的印 支运动及印支期成矿作用[J].矿床地质,27(6):762-773.
- 卢欣祥,罗照华,黄 凡,谷德敏,李明立,杨宗峰,黄丹峰,梁涛, 刘传权,张 震,高 源. 2011.秦岭-大别山地区钼矿类型与 矿化组合特征J].中国地质,38(6):1518-1535.
- 栾世伟,陈尚迪. 1990. 小秦岭金矿主要控矿因素及成矿模式[J]. 地质找矿论丛,5(4):1-14.
- 罗铭玖,张辅民,董群英,等. 1991. 中国钼矿府 M]. 郑州:河南科 学技术出版社. 1-452.
- 罗正传,李永峰,王义天,王小高.2010.大别山北麓河南新县地区 大银尖钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其意义[J].地质通报,29(9):1349-1354.
- 马昌前,杨坤光,明厚利,林广春.2003.大别山中生代地壳从挤压 转向伸展的时间:花岗岩的证据[J].中国科学(D辑),33(9): 817-827.
- 毛景文,谢桂青,张作衡,李晓峰,王义天,张长青,李永峰.2005. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景 [J].岩石学报,21(01):169-188.
- 孟 芳. 2010. 豫西老君山花岗岩体特征及其成矿作用. 中国地质大学(北京)硕士学位论文.
- 彭 智,陆三明,徐晓春.2005.北淮阳构造带东段金-多金属矿床 区域成矿规律[]].合肥工业大学学报(自然科学版),28(4): 364-368.
- 秦江锋. 2010. 秦岭造山带晚三叠世花岗岩类成因机制及深部动力

学背景[D]. 西北大学博士学位论文.

- 宋史刚,丁振举,姚书振,周宗桂,张世新,杜安道. 2008. 甘肃武 山温泉辉钼矿 Re-Os 同位素定年及其成矿意义[J]. 西北地质, 41(1):67-73.
- 苏 捷,张宝林,孙大亥,崔敏利,屈文俊,杜安道.2009.东秦岭 东段新发现的沙坡岭细脉浸染型钼矿地质特征、Re-Os同位素年 龄及其地质意义[J].地质学报,83(10):1490-1496.
- 童劲松. 2008. 造山带岩浆作用与区域构造演化——以大别造山带 及其邻区为例[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文.
- 王登红,陈毓川,徐志刚.2005.中国白垩纪大陆成矿体系的初步研 究及找矿前景浅杭J].地学前缘,12(02):231-239.
- 王团华,毛景文,谢桂青. 2008. 河南商城地区岩墙的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报,27(4): 369-377.
- 王岳军,范蔚茗,郭锋北.2002.淮阳晚中生代火山岩定年及火山砾 石地球化学:对大别灰色片麻岩隆升和中生代地层格架的约束 [J].科学通报,47(20):1528-1534.
- 王义天,毛景文,卢欣祥,叶安旺.2002.河南小秦岭金矿区 Q875 脉中深部矿化蚀变岩的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄及其意义[J].科学通报, 47(18):1427-1431.
- 王义天,叶会寿,叶安旺,李永革,帅 云,张长清,代军治. 2010a.
   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,17(2):140-145.
- 王义天,叶会寿,叶安旺,帅 云,李永革,张长青.2010b. 小秦岭 文峪和娘娘山花岗岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其意义[J]. 地质科学,45(1):167-180.
- 王勇生, 江来利, 朱光, 宋传中. 2009. 大别造山带现今构造格局的 形成——来自石英 C 轴组构的证据[J] 岩石学报, 25(01): 219-231.
- 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~1.9 Ga 钼矿床——河南龙门店钼矿床 Re-Os 定年 [J]. 岩石学报,25(11):2747-2751.
- 吴海权. 2000. 安徽霍山戴家河-六安毛坦厂地区中生代的火山作用 [J]. 安徽地质, 10(4):252-260.
- 向必伟. 2009. 北大别造山后伸展过程构造热年代学与变形模拟研 究[D]. 合肥工业大学博士学位论文.
- 徐启东,钟增球,周汉文,杨发城,唐学超.1998.豫西小秦岭金矿 区的一组<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 定年数据]].地质论评,44(3):323-327.
- 徐树桐,刘贻灿,吴维平,江来利.2001.大别山造山带研究的主要 进展及存在问题[J].自然科学进展,11(8):796-803.
- 徐树桐,刘贻灿,江来利,吴维平,陈冠宝.2002.大别造山带的构造几何学和运动学[M].合肥:中国科技大学出版社.1-132.
- 徐晓春,楼金伟,陆三明,谢巧勤,褚平利,尹 滔. 2009. 安徽金 寨银山钼-铅-锌多金属矿床 Re-Os 和有关岩浆岩<sup>40</sup> Ar-<sup>39</sup> Ar 年龄 测定 J] 矿床地质, 28(5):621-632.
- 徐学义,王洪亮,陈隽璐,宿晓红,武 鹏,高 婷. 2007.西秦岭天 水尹道寺中生代酸性火山岩锆石 U-Pb 定年和元素地球化学研 究[J].岩石学报,23(11):2845-2856.
- 徐志刚,陈毓川,王登红,等.2008.中国成矿区带划分方案[M].

北京:地质出版社.1-138.

- 许志琴,杨经绥,李海兵,张建新.2006.中央造山带早古生代地体 构架与高压/超高压变质带的形成[J].地质学报,80(12):1793-1806.
- 杨经绥,许志琴,张建新,张泽明,刘福来,吴才来.2009.中国主 要高压.超高压变质带的大地构造背景及俯冲/折返机制的探讨 []].岩石学报,25(7):1529-1560.
- 杨梅珍,曾键年,覃永军,李法岭,万守权.2010.大别山北缘千鹅 冲斑岩型钼矿床锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年代学及其地质意 义[J].地质科技情报,29(5):35-45.
- 杨晓勇,卢欣祥,杜小伟,李文明,张正伟,屈文俊.2010.河南南 沟钼矿矿床地球化学研究兼论东秦岭钼矿床成岩成矿动力学 []].地质学报,84(7):1049-1079.
- 杨泽强. 2007. 河南商城县汤家坪钼矿辉钼矿铼-锇同位素年龄及地 质意义[J]. 矿床地质, 26(3):289-295.
- 姚军明,赵太平,李晶,孙亚莉,原振雷,陈 伟,韩 军.2009.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,25(2):374-384.
- 叶会寿,毛景文,李永峰,郭保健,张长青,刘 珺,闫全人,刘国 印.2006.东秦岭东沟超大型斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和 辉钼矿 Re-05年龄及其地质意义[J].地质学报,80(7):1078-1088.
- 叶会寿,毛景文,徐林刚,高建京,谢桂清,李向前,何春芬.2008.
  豫西太山庙铝质 A 型花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地球
  化学特征 J]地质论评,54(5):699-711.
- 袁学诚,李善芳.2008.大别造山带岩石圈结构与超高压变质岩折返 的另类模型[J].中国地质.35(4):565-576.
- 张宏飞,靳兰兰,张 利,Nigel Harris,周 炼,胡圣虹,张本仁. 2005. 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辑),35(10):914-926.
- 张宏飞,肖 龙,张 利,袁洪林,靳兰兰. 2007. 扬子陆块西北缘 碧口块体印支期花岗岩类地球化学和 Pb-Sr-Nd 同位素组成:限 制岩石成因及其动力学背景[]] 中国科学(D辑),37(4):460-470.
- 张怀东,史东方,郝越进,王波华.2010. 安徽省金寨县沙坪沟斑岩 型钼矿成矿地质特征[J]. 安徽地质,20(2):104-108.
- 赵子福,郑永飞.2009. 俯冲大陆岩石圈重熔:大别-苏鲁造山带中生 代岩浆岩成因[J]. 中国科学(D辑),39(7):888-909.
- 周存亭,周高誌,胡云琴.2004.大别-苏鲁造山带地质图[M].北 京:地质出版社,1-76.
- 周 珂,叶会寿,毛景文,屈文俊,周树峰,孟 芳,高亚龙.2009.
   豫西鱼池岭斑岩型钼矿床地质特征及其辉钼矿铼-锇同位素年龄
   [J].矿床地质,28(2):170-184.
- 周作侠,李秉伦,郭抚衡,赵 瑞,谢奕汉. 1993. 华北地台南缘金 (钼)矿床成因[M]. 北京:地震出版社. 1-269.
- 朱赖民,张国伟,郭 波,李 4年.2008. 东秦岭金堆城大型斑岩 钼矿床 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及成矿动力学背景[J]. 地质 学报,82(2):204-220.