

东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关 钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列

李厚民¹⁾, 陈毓川²⁾, 叶会寿¹⁾, 王登红¹⁾, 郭保健³⁾, 李永峰³⁾

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) 中国地质科学院, 北京, 100037; 3) 河南省有色金属地质矿产局, 郑州, 450052

内容提要:根据矿床与有关岩浆岩的时间、空间和成因关系, 东秦岭—大别地区的钼(钨)、金、银、铅锌等金属矿床构成一个与中生代岩浆活动有关的矿床成矿系列, 并划分出4个矿床成矿亚系列: 中晚三叠世与碱性岩有关的钼稀土等矿床成矿亚系列、晚侏罗世—早白垩世与I型花岗斑岩有关的钼(钨)银铅锌(金)成矿亚系列、早白垩世与S型花岗岩有关的以金为主的矿床成矿亚系列和早白垩世晚期与铝质A型花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列。4个成矿亚系列的形成构造环境、成矿有关的岩浆岩、成矿的矿产组合及其时空分布具有一定的演化规律。

关键词: 钼; 金; 银多金属; 矿床成矿系列; 成矿演化; 东秦岭—大别

矿床成矿系列是指具有时间、空间和成因联系的一系列矿床的组合(陈毓川等, 2006)。东秦岭—大别地区横跨华北克拉通南缘和北秦岭—大别造山带等地质构造单元, 中生代以来处于相同的克拉通活化构造旋回, 形成了一系列与岩浆活动有关的金属矿床。虽然对这些矿床的成矿系列前人已有研究(吴新国, 1993; 陈毓川等, 1994; 徐孟罗等, 1997; 王靖华等, 2002; 张毅星等, 2006; 李靖辉, 2008), 但是随着近年来找矿工作的进展和矿床成因研究的深入, 尤其是成矿时代研究成果的大量积累, 有必要对该区成矿规律进行深入总结, 以便及时指导找矿预测。本文以矿床成矿系列理论为指导, 对东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关的、以钼金多金属矿产为特色的矿床成矿系列进行了研究总结。

华北克拉通和扬子克拉通在三叠纪中晚期结束板块构造体制的全面碰撞并最终闭合后, 中国东部全面转入陆内构造演化阶段。秦岭—大别地区具典型的克拉通双层结构的华北陆块南缘随秦岭碰撞造山卷入秦岭造山带, 转入陆内地质演化过程, 大致经历了晚三叠世—早中侏罗世后碰撞伸展阶段, 晚侏罗世构造体制大转换阶段、早白垩世岩石圈大减薄过程和早白垩世晚期—新生代裂陷阶段, 发生的一

系列构造-岩浆-流体成矿事件构成了东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关的钼金多金属矿床成矿系列, 包括中晚三叠世与碱性岩有关的钼成矿亚系列、晚侏罗世—早白垩世与I型花岗斑岩有关的钼(钨)银铅锌金成矿亚系列、早白垩世与S型花岗岩有关的以金为主的矿床成矿亚系列和早白垩世晚期与铝质A型花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列4个矿床成矿亚系列(图1)。

1 中晚三叠世与碱性岩有关的钼稀土等矿床成矿亚系列

主要分布于陕西省东部地区的华北克拉通南缘地带。在中生代秦岭地区大规模陆内造山作用末期的碰撞造山后期松弛(伸展)阶段, 伴随有深断裂活动和地壳拉张深源碱性岩浆活动, 形成了一系列与碱性岩浆热液有关的矿床, 包括洛南黄龙铺与二长花岗斑岩和碳酸岩有关的钼(铀)铅稀土铀矿床、华阴铁岔沟与碳酸岩有关的铀钍铀钼稀土钼铁(钒钛)矿床、华阳川与花岗斑岩、花岗伟晶岩及碱性岩脉有关的铀钼稀土铅银矿床, 矿床类型多为热液脉状。

黄龙铺钼(铀)铅稀土铀矿床产于元古宙熊耳群变细碧岩中, 受北西向深断裂带控制。矿体由粗大

注: 本文是自然科学基金项目“滇东北峨眉山玄武岩铜矿中有机质对铜富集成矿的作用”(编号 40572060)、地质大调查项目《我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估》(编号 1212010535804)、《中国成矿体系综合研究》(编号 1212010634002)、《我国重要矿产和区域成矿规律研究》(编号 1212010633903)资助的成果。

收稿日期: 2008-07-12; 改回日期: 2008-09-03; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 李厚民, 男, 1962年生。博士。中国地质科学院矿产资源研究所研究员, 主要从事矿床学研究及成矿区划工作。电话: 010-68999510; Email: lihoumin2002@163.com。

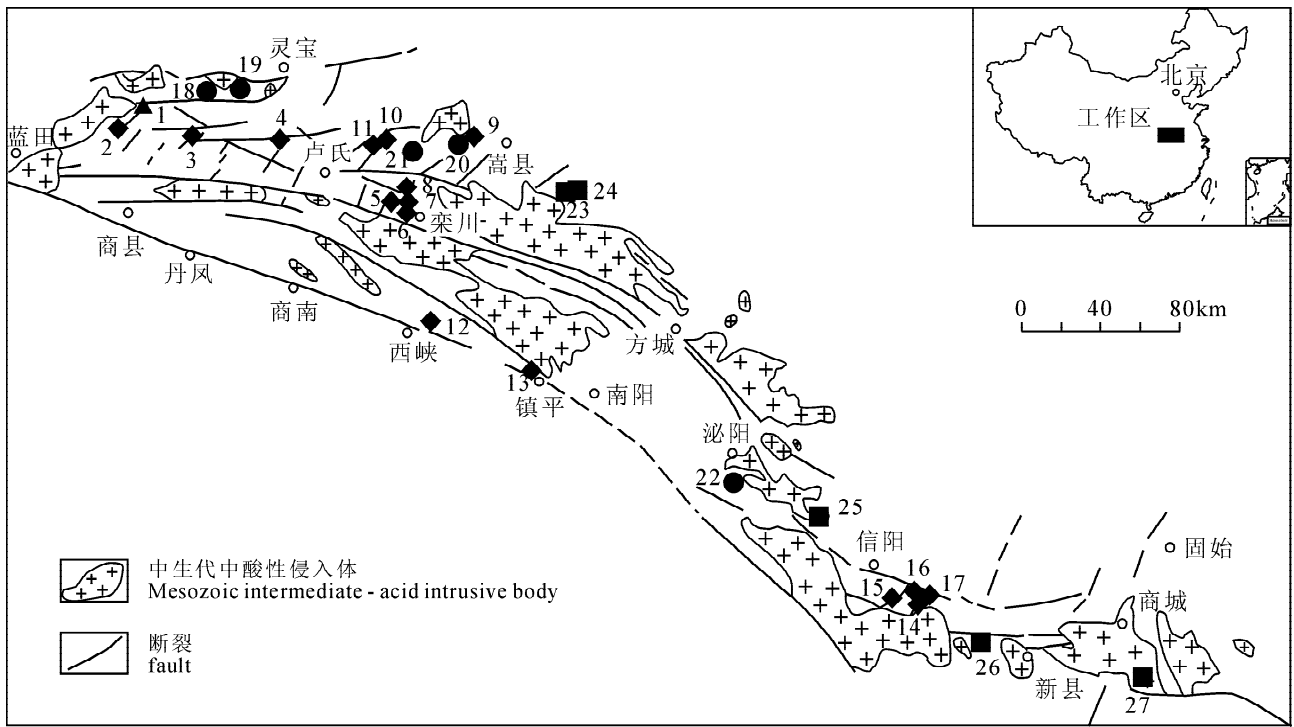


图 1 东秦岭—大别地区与中生代岩浆活动有关的矿床成矿系列

Fig. 1 Minerogenetic series related to the Mesozoic magmatic activities in Qinling-Dabie area

▲—中晚三叠世与碳酸岩有关铅钼稀土矿床成矿亚系列。典型矿床:1—黄龙铺;◆—晚侏罗世—早白垩世与 I 型花岗斑岩株有关的钼银铅锌矿床成矿亚系列。典型矿床:2—金堆城;3—木龙沟;4—银家沟;5—南泥湖;6—上房;7—三道庄;8—冷水北沟;9—雷门沟;10—蒿坪沟;11—沙沟;12—板厂;13—秋树湾;14—母山;15—肖畷;16—白石坡;17—皇城山;●—早白垩世与 S 型花岗岩基有关金矿床成矿亚系列。典型矿床:18—文峪;19—大湖;20—祈雨沟;21—上官;22—老湾;■—早白垩世晚期与 A 型花岗斑岩株有关钼铅锌矿床成矿亚系列。典型矿床:23—东沟;24—三元沟;25—天目沟;26—大银尖;27—汤家坪

▲—Carbonatite-related Mo, Pb, REE minerogenetic sub-series in Middle-Late Triassic. Typic deposit: 1—Huanglongpu; ◆—I-type granitic porphyry stock-related Mo, Ag, Pb, Zn minerogenetic sub-series in Late Jurassic-Early Cretaceous. Typic deposits: 2—Jinduicheng; 3—Mulonggou; 4—Yinjiagou; 5—Nannihu; 6—Shangfang; 7—Sandaozhuang; 8—Lengshuibegou; 9—Leimengou; 10—Haopingou; 11—Shagou; 12—Banchang; 13—Qiushuwan; 14—Mushan; 15—Xiaofan; 16—Baishipo; 17—Huangchengshan; ●—S-type granitic batholith-related Au minerogenetic sub-series in Early Cretaceous. Typic deposits: 18—Wenyu; 19—Dahu; 20—Qiyugou; 21—Shanggong; 22—Laowan; ■—A-type granitic porphyry stock-related Mo, Pb, Zn minerogenetic sub-series in the late stage of Early Cretaceous. Typic deposits: 23—Donggou; 24—Sanyuangou; 25—Tianmugou; 26—Dayinjian; 27—Tangjiaping

矿脉群组成,在剖面上呈似层状或透镜状。围岩蚀变主要是碳酸盐化。辉钼矿在矿石中呈浸染状或浸染条带状产出,并充填-交代方解石和方铅矿等。黄典豪等(1985)基于成矿地质条件、方解石的稀土元素特征、以及矿床硫、碳、氧、锶、铅等同位素组成、流体包裹体特征和稀土元素地球化学的研究结果,认为该矿床是碳酸岩脉型中高温热液充填-交代钼(铅)矿床,其 Re-Os 年龄 221Ma(黄典豪等,1994)。

区域上,北秦岭造山带沙河湾似环斑状碱性花岗岩的成岩年龄为 213Ma(张宗清等,1999),嵩县磨沟地区正长岩类岩石年龄为 216Ma(曾广策,1990),与黄龙铺矿床成矿时代一致,表明黄龙铺等矿床与碱性岩有密切的时空和成因联系,构成中晚

三叠世与碱性岩有关的钼等矿床成矿亚系列。

2 晚侏罗世—早白垩世与 I 型花岗斑岩有关的钼(钨)银铅锌(金)成矿亚系列

东秦岭—大别地区晚侏罗世—早白垩世中酸性斑岩类小岩体主要分布于陕西洛南、豫西卢氏—灵宝以及栾川一带,区域上构成一个近东西向的斑岩带。在每一具体地区,斑岩体则沿北北东向的断裂带呈列分布。单个岩体受北北东向断裂带与近东西向构造带联合控制,常产于两者交汇处附近,出露面积较小,一般小于 1km²,空间形态复杂,多呈小岩株、岩瘤、岩筒或岩枝状,与围岩具有明显侵入接触

关系,并且多为浅成一超浅成的复式岩体,常伴有爆破角砾岩。多数岩体从早期到晚期的岩石类型由石英二长闪长斑岩、二长花岗斑岩或花岗闪长斑岩过渡到钾长花岗斑岩。秦岭地区大部分大型一超大型钼多金属矿床,如南泥湖、上房、金堆城矿床的形成与此类斑岩有关。前人通过 Rb、Sr、Sm、Nd 同位素研究,推测花岗-绿岩应为此类斑岩岩浆的一种主要源岩,此类斑岩岩体的岩浆应属于壳幔同熔型(I型),也称深源浅成型酸性斑岩(罗铭玖等,1993;卢欣祥等,2002),岩浆形成深度大于 30km。

晚侏罗世是区域上由东西向古特提斯构造域向北东向环太平洋构造域的构造体制大转换阶段,在地壳深部由于俯冲的扬子板片发生断离(叶会寿等,2006b),岩石圈地幔发生部分熔融形成基性岩浆。该基性岩浆上升至壳-幔边界发生底侵作用,部分上侵至中下地壳形成基性岩脉,同时诱发碰撞加厚的下地壳部分熔融形成含矿的中酸性岩浆,沿北北东向断层与北西向断层交汇处上升并在较高的构造层次上侵,形成洛南-栾川地区同熔型(I型)中酸性小斑岩体以及钼多金属矿床。与成矿有关的中酸性小斑岩体多呈岩株状,矿床成因类型以斑岩-矽卡岩型和爆破角砾岩型为主。有关的岩体(脉)及矿床受 NWW 向和 NE 向深断裂的联合控制。重要的矿田有金堆城、南泥湖、木龙沟、银家沟-夜长坪、雷门沟、秋树湾、板厂、母山-皇城山。

(1)金堆城钼矿化发育于斑岩体及其接触带内,矿体由含钼石英细网脉组成,围岩蚀变自斑岩体向外为:钾化、绢(云)英岩化、硅化、青磐岩化,其中以硅化最为强烈且与钼矿化关系最密切;金堆城钼矿床 Re-Os 年龄为 138.4 Ma、141Ma、139Ma 和 135Ma(Stein et al., 1997;杜安道 1994),金堆城含矿斑岩 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 年龄为 140.95 ± 0.45 Ma(朱赖民等,2008);黄典豪等(1987)和徐兆文等(1998)通过对流体包裹体及硫、氧和碳同位素的研究,认为主要成矿阶段的成矿流体是以岩浆水为主的混合热液,硫、钼主要来源于花岗岩浆。因此,金堆城钼矿床与岩体有密切的时空及成因联系,属斑岩型中高温热液钼矿床。

(2)豫西南南泥湖钼钨铅锌银矿田内除了早期探明的南泥湖、上房、三道庄、骆驼山斑岩-矽卡岩型钼钨矿床和矽卡岩型多金属硫铁矿床外,最近几年又在其外围发现了冷水北沟、银和沟、杨树凹、核桃岔、银洞沟、百炉沟等热液脉型铅锌银矿床,它们在空间上呈规律性分布:以花岗岩为中心向外,矿种分

布和成矿元素组合依次为以钼-钨为主、铁-铜-铅-锌、铅-锌-银-金(图 2)。南泥湖、上房含矿小斑岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 157.6Ma、158.2Ma,五丈山岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 156.8Ma、158.2Ma(毛景文等,2005);Re-Os 年龄上房钼矿床为 144.8Ma,南泥湖钼矿床为 141.8 Ma、148 Ma,三道庄钼矿床为 145.0 Ma(李永峰等,2003);冷水北沟银铅锌矿床 Ar-Ar 年龄为 159.0Ma(燕长海等,2004),表明成岩成矿属同一构造-热事件。叶会寿等(2006b)、张毅星等(2006)和王长明等(2006)通过成矿流体及 S、H、O、Pb 同位素研究表明:钼钨及多金属硫铁矿床与铅锌银矿床为同一成矿系统的产物,成矿流体主要来源于岩浆水,晚期有大气水加入,成矿物质和花岗岩一起源于下地壳。

(3)木龙沟与花岗闪长斑岩有关的钼(铼)铜锌铁矿区出露地层为蓟县系巡检司组中上部中厚层灰质白云岩、凝灰质板岩、硅质板岩;矿化发生于燕山期花岗岩岩外接触带中,主要蚀变岩有透辉石矽卡岩、镁杆栏石矽卡岩、硅镁石矽卡岩等,后者与成矿关系密切;矿石矿物以磁铁矿为主,次为辉钼矿、黄铜矿、闪锌矿等。

(4)银家沟矿床产于岩体与中元古界官道口群龙家园组和巡检司组白云岩接触带及断裂带中,包括以硫铁矿、铜、金、银、铁、锌矿为主的接触交代型(镁质矽卡岩型)、产于岩体中部的斑岩型钼矿和产于距岩体 200 m 范围内围岩中与断裂构造、层间裂隙有关的热液脉状铅锌矿三大部分,原生矿石主要金属矿物有黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、磁黄铁矿、辉铜矿、斑铜矿、自然金、银金矿、自然铜等。陈衍景等(1993)和颜正信等(2007)通过地质地球化学研究,认为该矿床与岩体有密切的时空及成因联系,属于斑岩-矽卡岩型矿床。

(5)雷门沟钼矿床为与燕山期浅成一超浅成相酸性小斑岩体有关的大型钼矿床,围岩地层为太古宙太华群深变质岩,钼矿体主要集中于岩体内接触带 0~600m 和外接触带 0~300m 范围内,向内外两侧矿化减弱;矿石中金属矿物主要为辉钼矿、黄铁矿,含少量黄铜矿、自然金、方铅矿等。雷门沟花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 136.2Ma,钼矿床 Re-Os 年龄为 132.4Ma(李永峰等,2006)。黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 1.72‰~3.36‰,平均 2.59‰;辉钼矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 2.71‰~3.72‰,平均为 3.22‰;反映以深源硫为主(李永峰等,2006)。区域上有与雷门沟钼矿床同时代、围岩

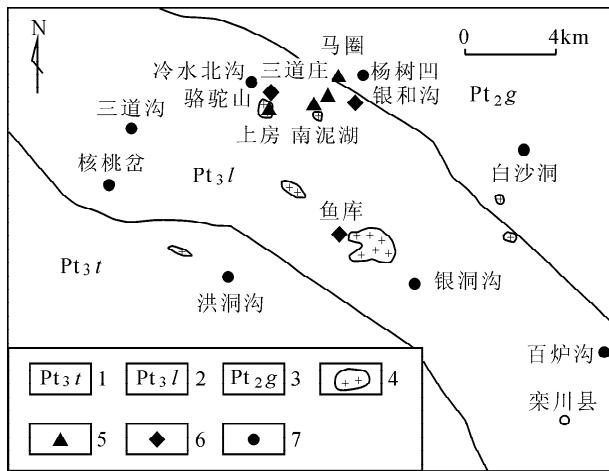


图 2 河南栾川南泥湖矿田地质矿产简图
(转引自叶会寿等, 2006b)

Fig. 2 Geological sketch map of the Nannihu ore field in Luanchuan county, Henan province
(after Ye Huishou et al., 2006b)

1—新元古界陶湾群碳酸盐岩、碎屑岩; 2—新元古界栾川群碎屑岩、碳酸盐岩; 3—中元古界官道口群含燧石大理岩; 4—中生代花岗(斑)岩; 5—斑岩-矽卡岩型钼(钨)矿床; 6—矽卡岩型多金属硫铁矿床; 7—热液脉型银多金属矿床

1—Carbonate rocks and clastic rocks of Neoproterozoic Taowan group; 2—clastic rocks and carbonate rocks of Neoproterozoic Luanchuan group; 3—chert marble of Mesoproterozoic Guandaokou group; 4—Mesozoic granite (porphyry); 5—Mo (W) deposits of porphyry- or skarn-type; 6—Pb, Zn, S deposits of skarn-type; 7—Ag, Pb, Zn deposits of vein-type

地层同为太华群的蒿坪沟花岗斑岩和蒿坪沟、沙沟、铁炉坪等银铅锌矿床。蒿坪沟花岗斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 133.5Ma, 有关的蒿坪沟银铅锌矿床的 Ar-Ar 年龄为 134.9Ma(叶会寿面告), 沙沟银铅锌矿床 Ar-Ar 年龄 145.2Ma、147.6Ma(毛景文等, 2006)。

(6)秋树湾矿床主要由两部分组成, 即产于南部秋树湾花岗闪长斑岩及其外接触带中的斑岩-矽卡岩型钼矿和产于北部爆破角砾岩中的角砾岩型铜(钼)矿。铜矿化主要赋存于爆破角砾岩中, 而钼矿化主要赋存于矽卡岩中, 矿化分带性明显, 西南部以钼矿化为主, 北东部以铜矿化为主; 近斑岩体以钼矿化为主, 远斑岩体以铜矿化为主; 上部以钼矿化为主, 下部以铜矿化为主。整个矿区发育热液蚀变, 以岩体为中心有明显的水平分带, 从岩体向外为石英核、石英钾长石化、石英绢云母化、矽卡岩化、青盘岩化。石英钾长石化带即是钼矿化的部位, 铜矿化与石英绢云母化、矽卡岩化有关, 青盘岩化地段则有

铅、锌、银的矿化和化探异常。矿化具有组分简单的特点, 矿石中金属矿物主要有黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿等。秋树湾与花岗斑岩有关的铜钼矿床 Re-Os 年龄为 147Ma(郭保健等, 2006)。

(7)板厂铜多金属矿床位于中元古界秦岭群雁岭沟组白云石大理岩、含石墨大理岩夹黑云斜长片麻岩与花岗斑岩体的内外接触带中, 目前发现最好的矿体为矿化花岗闪长斑岩脉, 主要蚀变有硅化、钾长石化等。金属矿化有黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化、方铅矿化、闪锌矿化等, 以 Cu、Mo 为主, 伴生 Ag、Zn。矿体在空间分布上具有明显的水平或垂直分带现象: 铅锌银矿体分布于顶部隐爆角砾岩或顶板大理岩中, 铅锌铜矿体分布于中部花岗质隐爆角砾岩或花岗斑岩与大理岩接触带中, 铜钼矿体分布于花岗质隐爆角砾岩或花岗斑岩脉内。通过钾长石 Ar-Ar 年龄测定, 板厂花岗斑岩的成岩年龄为 159.0 Ma, 有关的银铅锌铜钼矿床成矿年龄为 145.3Ma(李厚民等, 2008)。

(8)母山斑岩型钼矿床与花岗斑岩岩株有密切的时空和成因联系, 其外围有皇城山银(金)矿床和白石坡银矿床。皇城山银(金)矿床产于白垩系下统陈棚组以流纹质为主的钙碱性火山岩系中, 矿化发生于皇城山段流纹质火山喷发活动行将结束的阶段; 白石坡银矿床产于陈棚组白石坡段的潜火山相花岗斑岩、角砾花岗斑岩及角砾状变质岩中。两个银(金)矿床的金属硫化物以立方体自形一半自形晶黄铁矿为主, 有少量方铅矿及闪锌矿; 矿床受火山岩、火山机构、次火山岩控制, 成矿物质主要来自火山岩浆热液和火山岩, 矿液主要由岩浆水和大气降水组成, 矿床成因类型属与陆相火山作用有关的中(低)温热液充填型(肖从辉, 1991)。白石坡花岗斑岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 140.6Ma(李厚民等, 2007a), 区域上肖碾斑岩型钼(铜)矿床成矿年龄为 142Ma。李厚民等(2007a)通过研究, 将浅成火山热液型的皇城山银(金)矿床和白石坡银矿床及斑岩型的母山钼矿床同归于一个矿床成矿亚系列。

3 早白垩世与 S 型花岗岩有关的以金为主的矿床成矿亚系列

东秦岭一大别地区早白垩世与金矿有关的花岗岩大岩基以小秦岭地区的文峪和娘娘山岩体、熊耳山地区的花山岩体、桐柏地区的老湾岩体为代表, 岩性以黑云母二长花岗岩为主。张正伟等(1989,

1992)总结了这类花岗岩的岩石化学和稀土元素特征,认为其来源于浅部(8~12km),是由壳源物质重熔—交代形成的S型花岗岩;后人的微量元素、O、Sr同位素等研究也支持这种认识。卢欣祥(1994)称这种花岗岩为浅源深成型花岗岩。

早白垩世处于构造体制大转换晚期与岩石圈减薄早期的过渡阶段,在小秦岭和桐柏地区伴随陆壳重熔型S型花岗岩浆形成与侵位,形成老牛山、文峪、娘娘山、合峪、花山、老湾等中深成花岗岩岩基或大岩体以及与重熔花岗岩有关的以金为主的矿床成矿亚系列,矿床类型包括石英脉型和构造蚀变岩型,个别为隐爆角砾岩型,如小秦岭矿田中的文峪、大湖等矿床,熊耳山地区的祈雨沟、上宫、前河及康山—星星阴金(多金属)矿床,桐柏地区老湾金矿床和银洞坡金矿床等。小秦岭地区在印支期即华北板块与扬子板块碰撞初期即有金矿形成,并伴生钼,如大湖金(钼)矿床;而在桐柏地区老湾金矿床亦有早、晚两期成矿的信息。因此,此成矿亚系列形成的时段较长,但以早白垩世为主期。

(1)小秦岭地区的金矿床在空间上围绕文峪和娘娘山岩体分布,产于岩体外围一定距离的太华群变质岩中(图3)。时间上岩体成岩和金成矿也基本同期,文峪岩体SHRIMP锆石U-Pb年龄为138.4Ma,娘娘山岩体SHRIMP锆石U-Pb年龄为141.7Ma(毛景文等,2005);Q875脉金矿Ar-Ar年龄为126.9~132.2Ma(王义天等,2002),东闯507脉金矿Ar-Ar年龄为132.16Ma(徐启东等,1998),泉家峪金(钼)矿Re-Os年龄129.1~130.8Ma(李厚民等,2007b)。

大湖金(钼)矿床位于小秦岭北侧的山前地带,属小秦岭金矿带北部。矿体赋存地层为太古宙太华群混合片麻岩、黑云斜长片麻岩、条带状混合岩、斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩。矿体以含金石英脉为主,走向近东西,倾向北,厚度数米,金平均品位6g/t左右。围岩蚀变主要有:钾长石化、钠长石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化等,其中黄铁矿化、绢云母化、硅化与金的关系密切。矿床中辉钼矿呈浸染状、团块状产于含金石英脉及钾长石化蚀变岩中。大湖金(钼)矿床Re-Os年龄为223.0Ma、223.7Ma和232.9Ma(李厚民等,2007b)。

(2)熊耳山地区的中生代花岗岩基有花山岩体、合峪岩体和五丈山岩体;除祈雨沟隐爆角砾岩型金矿床围岩地层为太古宙太华群外,公峪、青岗坪、上

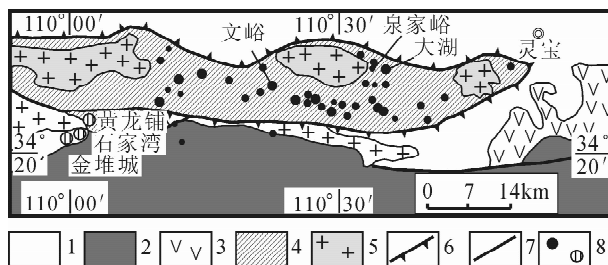


图3 小秦岭金矿及钼矿分布图(据晁援等,1994)

Fig. 3 Distribution map of Au and Mo deposits in Xiaolinling area(after Chao et al., 1994)

- 1—新生界盆地;2—中元古界官道口群;3—中元古界熊耳群;
4—太古宙太华群;5—花岗岩;6—拆离断层;7—区域性断裂;
8—金矿床和钼矿床

- 1—Cenozoic basin; 2—Mesoproterozoic Guandaokou Group;
3—Mesoproterozoic Xiong'er Group; 4—Archean Taihua Group; 5—granite; 6—detaching fault; 7—regional fault; 8—gold deposit and molybdenum deposit

宫、康山、星星印、前河等构造蚀变岩型金矿床和石英脉型的瑶沟金矿床多赋存于中元古代熊耳群火山岩中,其次赋存于太华群中,它们均分布于花山、合峪等花岗岩基外围,受断裂破碎带控制(图4)。花山花岗岩基SHRIMP锆石U-Pb年龄为130.7Ma,合峪花岗岩体SHRIMP锆石U-Pb年龄为127.2Ma(毛景文等,2005);祈雨沟隐爆角砾岩型金矿床Ar-Ar年龄为114.3~125.1Ma(王义天等,2001)。吴新国(1993)认为熊耳山地区的金矿床是同一地质作用的结果,属同一矿床成矿亚系列,构造—岩浆活动为该地区金的活化、富集提供了极为重要的条件。

(3)谢巧勤等(2001,2003)通过老湾金矿床氢氧同位素、流体包裹体、稀土元素地球化学研究,认为成矿与老湾花岗岩有密切成因联系。张冠等(2008)通过老湾金矿床矿石中白云母的Ar-Ar同位素定年,获得138Ma的成矿年龄;老湾花岗岩及附近梁湾岩体花岗闪长岩和二长花岗岩的SHRIMP锆石U-Pb年龄分别为132.5Ma和137.0Ma(江思宏面告),表明成岩成矿时代一致;谢巧勤等(2000)通过对老湾金矿床矿石中石英和花岗岩中的主要造岩矿物石英、钾长石的⁴⁰Ar/³⁹Ar定年,获得成矿年龄为91.5±1.0Ma,成岩期高温坪年龄为104.1±1.0Ma~108.9±0.3Ma,等时线年龄为102.8±0.1Ma~108.7±0.1Ma,表明桐柏—大别地区金成矿具有多期性,但以130~140Ma期间为主。

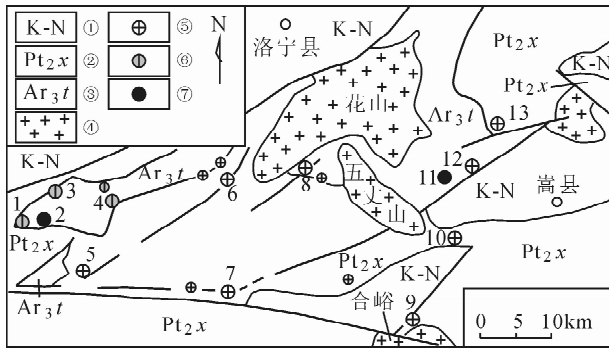


图 4 河南熊耳山矿田地质矿产简图
(据郭保健等, 2006)

Fig. 4 Geological sketch map of the Xiong'er shan ore field, Henan province (after Guo et al., 2006)

①—白垩系—第三系红层; ②—中元古界熊耳群火山岩; ③—太古宙太华群变质基底; ④—中生代花岗岩类; ⑤—金矿; ⑥—银铅锌矿; ⑦—钼矿; 1—沙沟, 2—寨凹, 3—蒿坪沟, 4—铁炉坪, 5—康山, 6—上官, 7—红庄, 8—青岗坪, 9—前河, 10—瑶沟, 11—雷门沟, 12—祁雨沟, 13—公峪

①—Red beds from Cretaceous to Paleogene; ②—volcanic rocks of Mesoproterozoic Xiong'er group; ③—metamorphic base of Archean Taihua group; ④—Mesozoic granitoid; ⑤—gold deposits; ⑥—Ag, Pb, Zn deposits; ⑦—Mo deposits; 1—Shagou, 2—Zhaiwa, 3—Haopinggou, 4—Tieluping, 5—Kangshan, 6—Shanggong, 7—Hongzhuang, 8—Qinggangping, 9—Qainhe, 10—Yaogou, 11—Leimengou, 12—Qiyugou, 13—Gongyu

4 早白垩世晚期与铝质 A 型花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列

东秦岭—大别地区早白垩世晚期与钼铅锌成矿有关的岩体在东沟钼矿区为太山庙岩体的岩脉; 在汤家坪钼矿则为汤家坪岩体。东沟含矿花岗岩的岩石地球化学特征为高 SiO_2 、富 K_2O 、贫 $\langle \text{FeO} \rangle$ 、 MgO 、 CaO 、 A/CNK 为 1.04~1.11, 类似于 A 型花岗岩, 稀土元素和微量元素也显示 A 型花岗岩的特征(叶会寿等, 2006a)。汤家坪钼矿的成矿母岩为花岗斑岩小岩株, 岩石化学成分具超酸 [w(SiO_2) 为 76.33%]、富碱 [w($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) 为 9.11%]、高钾 [w(K_2O)/w(Na_2O) 为 1.81] 等特点(杨泽强, 2007)。

早白垩世晚期—新生代, 东秦岭地区处于裂陷阶段, 形成以太山庙岩基为代表的 A 型花岗岩基及东沟含矿斑岩, 有关的成矿作用为与 A 型花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列。以东沟斑岩型钼矿床为中心, 三元沟、裂子山等铅锌矿床分布于其四周(图 5)。天目沟、大银尖、汤家坪钼矿床可能也属此系

列。太山庙 A 型花岗岩基及东沟斑岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 112~115Ma, 东沟钼矿床的 Re-Os 年龄为 115Ma, 三元沟铅锌矿的 Ar-Ar 年龄为 110.1Ma(叶会寿等, 2006a); 杨泽强(2007)测得汤家坪钼矿床辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 113.1 ± 7.9 Ma, 天目沟钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄为 121.6 ± 2.1 Ma, 大银尖钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄为 122.1 ± 2.4 Ma。

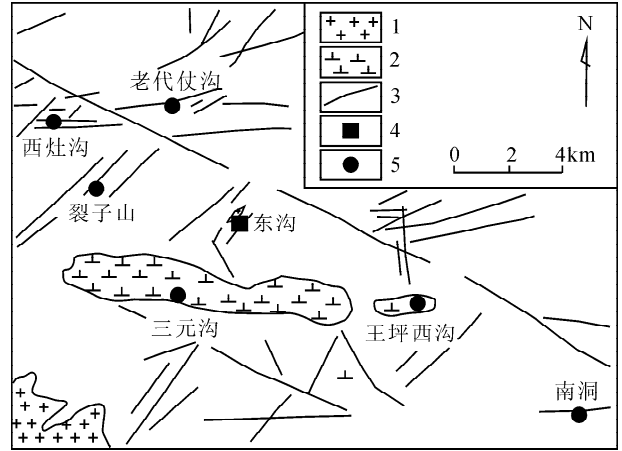


图 5 汝阳县付店矿田地质矿产略图
(转引自叶会寿等, 2006a)

Fig. 5 Geological sketch map of the Fudian ore field in Ruyang county, Henan province (after Ye et al., 2006a)

1—中生代花岗岩; 2—中元古界闪长岩、二长岩; 3—断裂; 4—钼矿床; 5—铅锌矿
1—Mesozoic granite; 2—Mesoproterozoic diorite and monzonite; 3—fault; 4—Mo deposit; 5—Pb, Zn deposits

5 讨论及结论

东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列各亚系列随大地构造演化的成矿模式如图 6 所示:

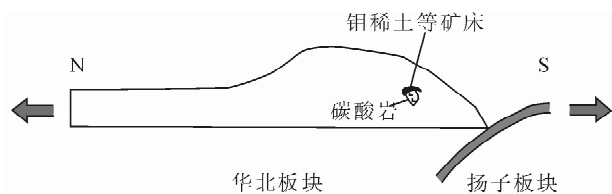
(1) 中晚三叠世, 发生了扬子板块与华北板块碰撞造山后的南北向构造伸展。这时来自地幔的碳酸岩流体和钼、铅稀土等成矿物质上升, 就位, 形成黄龙铺等碳酸岩脉型钼(铅)稀土矿床。

(2) 晚侏罗世—早白垩世, 随着库拉板块向西北俯冲于中国古大陆板块之下, 东秦岭—大别地区的构造体制由近东西向转换为北北东向, 构造环境由近南北向的伸展转换为北西—南东向的挤压。这时, 地幔流体同熔下地壳物质, 形成深源的 I 型花岗岩浆, 并上升到地壳浅部就位形成小斑岩体并成矿, 形成斑岩型钼(钨)矿床、矽卡岩型铅锌硫铁矿矿床

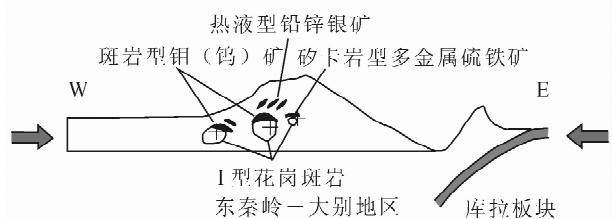
及热液脉型铅锌银矿床。如金堆城、南泥湖矿田。

(3)早白垩世,随着库拉板块的持续挤压,较浅部的下地壳变质基底发生重熔产生花岗质岩浆,并在原地、半原地就位形成浅源深成的S型花岗岩大岩基。受花岗岩大岩基热力的影响,地层中的金成矿物质集中于岩基外一定距离范围内,形成石英脉型及少量构造蚀变岩型金矿床,如小秦岭金矿田。

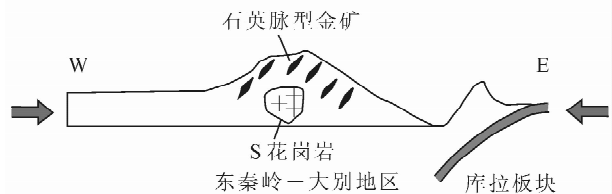
(4)早白垩世晚期,该区发生了类似于中晚三叠世的碰撞后构造伸展。这时有A型花岗岩浆活动,形成斑岩型钼矿床,在外围有热液脉型铅锌矿化发生,如东沟矿田。



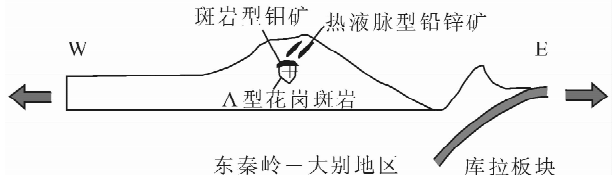
(1) 中晚三叠世(造山后伸展环境)



(2) 晚侏罗世—早白垩世(构造转换—挤压环境)



(3) 早白垩世(挤压环境)



(4) 早白垩世晚期(伸展环境)

图6 东秦岭—大别区域构造演化成矿模式图

Fig. 6 Metallogenetic models in different stages of the Mesozoic tectonic evolution in Qinling-Dabie area

上述矿床成矿系列各亚系列特征总结于图7。可以看出这些亚系列具有如下规律:

(1)从印支期、燕山早期、燕山晚期,东秦岭—大别地区的构造环境、岩浆性质、主要成矿元素组合具有规律的演化:构造环境从碰撞后伸展、构造转换—

挤压、挤压,到裂陷(伸展);伴随构造演化的侵入岩从碱性岩(碳酸岩)、同熔型花岗岩(I型)、重熔型花岗岩(S型),到偏碱性花岗岩(A型);与岩浆岩有关的成矿作用也发生规律性演化,从钼、铅、稀土(金),到钼、银多金属,到金,到钼多金属,形成4个不同的矿床成矿亚系列。

(2)各矿床成矿亚系列分别形成矿带(或成矿亚带),在空间分布上,第一亚系列分布于西北部,第二亚系列分布于中南部,第三亚系列分布于北部,第四亚系列分布于北—东部。每个矿带内均有若干个矿化中心形成的矿集区。

(3)成矿时代总体上也有向北、向东变新的趋势:中南部金堆城—南泥湖一带和板厂—秋树湾一带的钼、银、铅锌成矿作用主要发生于印支期和燕山早期;北部小秦岭地区和熊耳山地区及中东部桐柏地区的金成矿作用主要发生于燕山晚期,东部信阳—商城一带的钼成矿作用时代最新。

(4)主要矿种的成矿作用受区域性壳幔作用的共性所控制,具有明显的多期性和继承性。钼、铅成矿作用在4个矿床成矿亚系列中均有发生:如印支期与碳酸岩有关的黄龙铺钼铅稀土锶矿床、燕山早期与I型花岗岩有关的南泥湖钼(钨)矿床及冷水北沟银铅锌矿床、燕山晚期与S型花岗岩有关的东沟金矿床及泉家峪金(钼)矿点、燕山晚期与A型花岗岩有关的东沟钼矿床及三元沟铅锌矿点均有钼铅。金成矿作用也具有多期性:如印支期的大湖金(钼)矿床、燕山早期的老湾金矿床、燕山晚期的小秦岭地区金矿床和更晚的祁雨沟金矿床。

(5)早白垩世晚期与A型花岗岩有关的钼铅锌矿床成矿亚系列与晚侏罗世—早白垩世与I型花岗岩有关的钼(钨)银铅锌(金)成矿亚系列明显不同的是,前者含银很低。

矿床成矿系列和成矿亚系列的建立丰富了矿床成因理论并具有重要的实用价值。如建立于华北克拉通南缘及相邻地区的东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列可以对比到华北克拉通北缘及其相邻地区,指导找矿实践。在东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列内部,可以根据各矿床成矿亚系列的特点指导找矿实践,如晚侏罗世—早白垩世与I型花岗岩有关的钼(钨)银铅锌(金)成矿亚系列具有中心为Mo、外围为Ag, Pb, Zn的空间分带规律,因此可以在金堆城钼矿床、雷门沟钼矿床、秋树湾钼铜矿床等的外围注意寻找银多金属矿;又

典型实例	黄龙铺	金堆城, 南泥湖、上房、三道庄、冷水北沟, 雷门沟、蒿坪沟、沙沟, 母山、肖畷、皇城山、白石坡, 木龙沟, 银家沟, 板厂, 秋树湾	文峪、大湖, 祁雨沟、上宫, 老湾	东沟, 汤家坪
主要成矿元素组合	Zn			
	Pb			
	Ag			
	W			
	Au			
	Sr			
	REE			
	Mo			
地区	陕西华阴	陕西华阴—豫西栾川—信阳	小秦岭—桐柏	豫西汝阳—商城
构造环境	伸展	构造转换—挤压	挤压	伸展
成矿时代	燕山晚期			
	燕山早期			
	印支期			
亚系列	与碱性岩有关钼稀土矿床成矿亚系列	与 I 型花岗斑岩有关钼(钨)银铅锌(金)矿床成矿亚系列	与 S 型花岗岩有关的以金为主的矿床成矿亚系列	与铝质 A 型花岗斑岩有关的钼铅锌矿床成矿亚系列
矿床成矿系列	东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列			

图 7 东秦岭—大别地区与中生代岩浆活动有关矿床成矿系列的特征

Fig. 7 Characteristics of the minerogenetic series related to the Mesozoic magmatic activities in Qinling-Dabie area

如早白垩世晚期与铝质 A 型花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列具有中心为 Mo、外围为 Pb, Zn 的空间分带规律, 因此在汤家坪等钼矿床的外围, 也应关注铅锌多金属矿的找矿问题。

综上所述可以总结出如下几点结论:

(1) 东秦岭—大别地区中生代与岩浆岩有关的金属矿床可以划分为 4 个矿床成矿亚系列: 中晚三叠世与碱性岩有关的钼稀土等矿床成矿亚系列、晚侏罗世—早白垩世与 I 型花岗斑岩有关的钼(钨)银铅锌(金)成矿亚系列、早白垩世与 S 型花岗岩有关的以金为主的矿床成矿亚系列和早白垩世晚期与铝质 A 型花岗岩有关的钼铅锌成矿亚系列, 它们共同组成东秦岭—大别地区中生代与岩浆活动有关的钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列。

(2) 4 个矿床成矿亚系列与成矿有关的构造环

境、岩浆岩、矿产组合及其时空分布具有一定的演化规律。

(3) 根据各矿床成矿亚系列的空间分布规律, 可以指导找矿预测。

参 考 文 献

晁援, 朱文怀. 1994. 对小秦岭金矿田含脉断裂构造带的几何形态及控矿规律的认识. 陕西地质, 12(2): 1~13.

陈衍景, 郭抗衡. 1993. 河南银家沟矽卡岩型金矿的地质地球化学特征及成因. 矿床地质, 12(3): 265~272.

陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题. 地质学报, 80(10): 1051~1058.

陈毓川, 王平安, 秦克令, 赵东宏, 毛景文. 1994. 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. 矿床地质, 13(4): 289~298.

杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 邹晓秋, 孙亚莉, 孙德忠, 陈少珍, 屈文俊. 1994. 辉钼矿的铼—钨同位素地质年龄测定方法研究. 地

- 质学报, 68(4): 339~347.
- 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. 岩石学报, 22(9): 2341~2348.
- 黄典豪, 王义昌, 聂风军, 江秀杰. 1985. 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. 地质学报, (3): 241~257.
- 黄典豪, 吴澄宇, 杜安道, 何红蓼. 1994. 东秦岭地区钼矿床的铼—钨同位素年龄及其意义. 矿床地质, 13(3): 221~229.
- 黄典豪, 吴澄宇, 聂风军. 1987. 陕西金堆城斑岩钼矿床地质特征及成因探讨. 矿床地质, 6(3): 22~34.
- 李厚民, 王登红, 张冠, 陈毓川, 王彦斌, 张长青, 代军治. 2007a. 河南白石坡银矿区花岗斑岩中锆石的 SHRIMP U—Pb 年龄及其地质意义. 地质学报, 81(6): 808~813.
- 李厚民, 叶会寿, 毛景文, 王登红, 陈毓川, 屈文俊, 杜安道. 2007b. 小秦岭金(钼)矿床辉钼矿铼—钨定年及其地质意义. 矿床地质, 26(4): 417~424.
- 李厚民, 王登红, 郭保健, 陈毓川, 白凤军, 仇建军. 2008. 河南板厂银多金属矿床钾长石氩—氩年龄及其地质意义. 地球学报, 29(2): 154~160.
- 张冠, 李厚民, 王成辉, 王登红, 李立兴, 张建. 2008. 河南桐柏老湾金矿床白云母氩—氩年龄及其地质意义. 地球学报, 29(1): 45~50.
- 李靖辉. 2008. 大别山(北麓)斑岩型钼矿床成矿系列及成矿规律. 东华理工大学学报(自然科学版), 31(1): 25~30.
- 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. 地质论评, 52(1): 122~131.
- 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. 地质论评, 49(6): 652~659.
- 卢欣祥, 于在平, 冯有利, 王义天, 马维峰, 崔海峰. 2002. 东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景. 矿床地质, 21(2): 168~178.
- 卢欣祥. 1994. 东秦岭两类花岗岩与两个金矿系列. 地质论评, 40(5): 418~428.
- 罗铭玖, 林潜龙, 卢欣祥, 陈铁华. 1993. 东秦岭含钼花岗岩的地质特征. 河南地质, 11(1): 2~8.
- 毛景文, 郑榕芬, 叶会寿, 高建京, 陈文. 2006. 豫西熊耳山地区沙沟银铅锌矿床成矿的⁴⁰Ar—³⁹Ar 年龄及其地质意义. 矿床地质, 25(4): 359~368.
- 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. 岩石学报, 21(1): 169~188.
- 王长明, 邓军, 张寿庭, 叶会寿. 2006. 河南南泥湖 Mo—W—Cu—Pb—Zn—Ag—Au 成矿区内生成矿系统. 地质科技情报, 25(6): 47~52.
- 王靖华, 张复新, 于在平, 于岚. 2002. 秦岭金属矿床成矿系列与大陆造山带构造动力学背景. 中国地质, 29(2): 192~196.
- 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⁴⁰Ar—³⁹Ar 年龄及其意义. 科学通报, 47(18): 1427~1431.
- 王义天, 毛景文, 卢欣祥. 2001. 嵩县祁雨沟金矿成矿时代的⁴⁰Ar—³⁹Ar 年代学证据. 地质论评, 47(5): 551~555.
- 吴新国. 1993. 论熊耳山地区金矿床成矿系列和成矿模型. 地质科技情报, 12(1): 64~68.
- 肖从辉. 1991. 皇城山银矿床成因探讨. 河南地质, 9(3): 6~9.
- 谢巧勤, 潘成荣, 徐晓春, 岳书仓. 2003. 河南老湾金矿床流体包裹体及稀土元素地球化学研究. 合肥工业大学学报(自然科学版), 26(1): 47~52.
- 谢巧勤, 徐晓春, 岳书仓. 2000. 河南桐柏老湾金矿床和花岗岩的年龄及其意义. 高校地质学报, 6(4): 546~553.
- 谢巧勤, 徐晓春, 岳书仓. 2001. 河南桐柏老湾金矿床氢氧氮同位素地球化学及成矿流体来源. 地质科学, 36(1): 36~42.
- 徐孟罗, 李红超, 王志光, 郭保健, 程广国, 王玉玲. 1997. 豫西金银多金属矿床成矿系列及其共生组合规律. 矿产与地质, 11(2): 73~78.
- 徐启东, 钟增禄, 周汉文, 杨发成, 唐学超. 1998. 豫西小秦岭金矿区⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年数据. 地质论评, 44(3): 323~327.
- 徐兆文, 杨荣勇, 陆现彩, 任启江. 1998. 金堆城斑岩钼矿床地质地球化学特征及成因. 地质找矿论丛, 13(4): 18~27.
- 颜正信, 孙卫志, 张年成, 周梅, 黄智华. 2007. 河南灵宝银家沟硫铁多金属矿床成矿地质条件及找矿方向. 地质调查与研究, 30(2): 149~157.
- 燕长海. 2004. 东秦岭铅锌银成矿系统内部结构. 北京: 地质出版社, 46~96.
- 杨泽强. 2007. 河南商城县汤家坪钼矿辉钼矿铼—钨同位素年龄及其地质意义. 矿床地质, 26(3): 289~295.
- 叶会寿, 毛景文, 李永峰, 郭保健, 张长青, 刘珺, 闫全人, 刘国印. 2006a. 东秦岭东沟超大型斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U—Pb 和辉钼矿 Re—Os 年龄及其地质意义. 地质学报, 80(7): 1078~1088.
- 叶会寿, 毛景文, 李永峰, 燕长海, 郭保健, 赵财胜, 何春芬, 郑榕芬, 陈莉. 2006b. 豫西南泥湖矿田钼钨及铅锌银矿床地质特征及其成矿机理探讨. 现代地质, 20(1): 165~174.
- 曾广策. 1990. 河南省嵩县南部碱性正长岩类的岩石特征及构造环境. 地球科学, 15(6): 635~641.
- 张毅星, 刘传权, 杨瑞西, 彭松民. 2006. 河南栾川冷水地区钼钨铅锌矿田成矿系列及找矿方向. 华南地质与矿产, (4): 26~32.
- 张正伟, 卢欣祥. 1992. 东秦岭花岗岩类稀土元素统计分析及地球化学意义. 河南地质, 10(1): 47~55.
- 张正伟, 卢欣祥, 董有, 刘长命. 1989. 东秦岭花岗岩类岩石化学的统计特征. 河南地质, 10(1): 44~54.
- 张宗清, 张国伟, 唐素寒, 卢欣祥. 1999. 秦岭沙河湾奥长环斑花岗岩的年龄及其对秦岭造山带主造山期结束时间的限制. 科学通报, 44(9): 981~984.
- 朱赖民, 张国伟, 郭波, 李彝. 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. 地质学报, 82(2): 204~220.
- Stein H J, Markey R J, Morgan J W, Du A and Sun Y. 1997. Highly precise and accurate Re—Os ages for molybdenum from the East Qinling molybdenum belt, Shaanxi Province, China. Economic Geology, 98: 175~180.

Mo, (W), Au, Ag, Pb, Zn Minerogenetic Series Related to Mesozoic Magmatic Activities in the East Qinling-Dabie Mountains

LI Houmin¹⁾, CHEN Yuchuan²⁾, YE Huishou¹⁾, WANG Denghong¹⁾,
GUO Baojian³⁾, LI Yongfeng³⁾

1) MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037; 2) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037; 3) Henan Provincial Bureau for Nonferrous Metals Mineral Resources, Zhengzhou, 450052

Abstract

According to the spatio-temporal and genetic relationships between the Mo, (W), Au, Ag, Pb, Zn deposits and related magmatic intrusive bodies in the East Qinling-Dabie mountains, four metallogenic sub-series related to Mesozoic magmatic activities can be classified as follows: the Mo, REE minerogenic sub-series related to middle-late Triassic alkaline magmatic rocks, the Mo (W), Ag, Pb, Zn, (Au) minerogenic sub-series related to late Jurassic-early Cretaceous I-type granitic porphyry, the Au minerogenic sub-series related to early Cretaceous S-type granitic batholith, and the Mo, Pb, Zn minerogenic series related to the late stage of early Cretaceous A-type granitic porphyry. The four minerogenic sub-series exhibits regular spatio-temporal evolution in tectonic setting, related magmatic activities and mineral associations.

Key words: molybdenum; gold; silver; lead; zinc; minerogenic series; metallogenic evolution; east Qinling-Dabie mountains

