

秦岭造山带金属成矿系统

姚书振, 振举, 周宗桂, 陈守余

(中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 秦岭造山带是一个多旋回复合大陆碰撞造山带, 是我国重要的多金属成矿带之一。自太古代以来秦岭经历了四大构造演化阶段及多种构造体制的转化, 导致了多期构造热事件和成矿作用的发生, 形成了多个构造成矿旋回, 为秦岭金属元素的大规模富集成矿创造了条件。根据构造、建造、成矿作用及矿床组合特征, 从早到晚可将秦岭区域成矿划分为六大成矿系统。其中, 中晚元古代与海相火山岩及岛弧岩浆活动有关的成矿系统、早古生代与海相火山热液有关的成矿系统、海西期与海底热液及岩浆作用有关的成矿系统及中生代与陆内造山体制构造—岩浆活动有关的成矿系统对成矿的贡献最大。成矿系统的叠加是区内大多数大型、超大型矿床形成的前提。

关键词: 成矿系统; 金属矿床; 造山带; 秦岭。

中图分类号: P611; P618.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)05-0599-06

作者简介: 姚书振(1947—), 男, 教授, 博士生导师, 1970 年毕业于北京地质学院勘探系, 现从事矿床学、矿田构造学、矿产经济学的教学与研究工作。

0 引言

秦岭造山带是我国金属矿产资源的重要基地之一。现已发现金属矿床 400 多处, 在已探明的矿床中, 金、铅、锌、银、铜、汞、锑等矿种具有比较明显的优势。近年来, 随着区域基础地质与区域成矿学研究的日益深入, 大型—超大型金矿、独立银矿床的相继发现, 一些新的含矿层位及新矿床类型的确定, 显示秦岭仍具有相当可观的找矿潜力, 也使我们从新的角度重新审视秦岭造山带金属矿床的成矿特点及其规律性成为可能。本文从成矿系统与造山作用相耦合的角度出发, 研究秦岭造山带成矿系统的时空演化, 探讨区域金属成矿规律, 为秦岭的下一步找矿战略提供依据。

1 区域成矿背景及重大地质事件

秦岭横亘于华北、扬子两大陆块之间, 具有复杂的地壳组成与结构, 是经历了不同构造体制演化的

多旋回复合大陆碰撞造山带。最新的研究认为秦岭造山带由 2 条主缝合带和由其分划的 3 个地块组成, 即由商丹、勉略蛇绿构造混杂岩带和华北地块南缘、秦岭微地块、扬子地块北缘组成^[1]。前中生代秦岭经历了新太古代—古元古代、中—新元古代、新元古代—早古生代和晚古生代—晚三叠世 4 个构造旋回, 多次盆山转换过程, 奠定了秦岭造山带构造的基础。中新生代开始, 秦岭受陆内俯冲构造动力学体制控制, 在原有构造活化基础上, 叠加了新的构造, 东西分异渐趋明显。秦岭多旋回、多体制造山过程为秦岭多期多阶段成矿奠定了重要基础。

其中广泛分布在造山带内部的基底块体, 如太古宇太华群、鱼洞子群, 古元古界秦岭群、佛坪杂岩、小磨岭杂岩、陡岭群等和中新元古界碧口群、西乡群、武当群、耀岭河群、熊耳群、宽坪群等, 分别构成了秦岭的结晶基底和过渡基底, 记录了秦岭造山带前寒武基底形成、演化的重要信息。中元古代是秦岭的重要裂陷期, 而新元古代则是汇聚与裂解兼杂^[2~5]。南秦岭继续发育白依沟群和耀岭河群火山岩, 而北秦岭开始发育具蛇绿岩特征的丹凤岛弧型、二郎坪弧后盆地型火山岩。

震旦纪是南、北秦岭逐渐分离和微陆块群相对

收稿日期: 2002-07-29

基金项目: 国土资源部“九五”科技攻关项目(No. 9502002); 中国地质调查局大调查项目(Nos. 200110200015, 20001020039003)。

汇聚的时期,也是秦岭转入现代板块体制的重要转折时期.商丹以南的南秦岭与扬子地块内部广泛分布灯影组台地碳酸盐岩,而在北秦岭同期的地层是以震旦系碎屑岩相为特征.早古生代是北秦岭活动陆缘形成演化和南秦岭被动陆缘构造演化期,北秦岭发育了与俯冲消减有关的岛弧型(丹凤群)和弧后(二郎坪群)火山—沉积岩系及深成侵入杂岩带.而南秦岭一直处于被动大陆边缘环境,晚奥陶世—志留纪在其南带继续发育以细粒硅质碎屑岩相为主的沉积体系,并沿紫阳—岚皋—镇坪一带发育陆内裂谷环境的碱性杂岩带^[6],说明南秦岭在早古生代晚期已开始了陆内扩张.

从泥盆纪晚期开始,南、北秦岭发生初始点接触碰撞,南秦岭逐渐与扬子地块分离.碰撞作用导致北秦岭弧后盆地闭合,沿商丹带形成少量碰撞型花岗岩和高压变质岩组合.沿勉略带发生的裂解逐渐导致勉略古洋盆的形成和秦岭微地块的独立,因而在秦岭微地块的南北两缘分别发育了新生的勉略洋盆和残留的商丹洋盆.纵观秦岭微地块晚古生代期间的沉积组合特征,除最北缘由于受俯冲作用的影响发育由隆升诱发形成的断陷盆地沉积和残余盆地沉积,具残余洋盆到残余海盆沉积外,整体仍处于伸展构造环境之中,其内部扩张裂陷,产生垒堑组合,形成晚古生代彼此分割又相互沟通的断陷盆地,如镇安、旬阳、凤太、西成等盆地.而南秦岭南缘沿勉略一带新生洋盆的强烈扩张,导致发育多类型火山岩、基性—超基性杂岩带和复杂的沉积体系.

早中三叠世为勉略洋盆向秦岭微板块俯冲及随后秦岭与扬子两陆块的碰撞,秦岭海相沉积在中生代早期退缩到南秦岭,主要集中在西秦岭一带,在西秦岭地区南秦岭北部的尖扎隆务河—凤县核桃坝和合作—留凤关次级构造岩相带,以发育下中三叠统、缺失上三叠统为特征,而南部上、中、下三统发育完整.而北秦岭带仅零星残存上三叠统陆相碎屑岩沉积地层.同时,在南秦岭广泛发育了印支期碰撞型花岗岩(206~245 Ma)^[2,7],标志勉略洋盆在印支期的消亡,秦岭转入陆内构造演化阶段.三叠纪后,由于陆内俯冲造山持续作用,形成了与造山带平行或垂直的中新生代断陷盆地及中生代陆相火山岩,发育了以燕山期(190~90 Ma)为主体的浅成斑岩体群和以深成的花岗岩基为代表的岩浆活动,这些事实说明秦岭在陆内造山阶段构造活动依然很活跃.

秦岭自太古宙以来经历了多种构造体制的转化

及多阶段演化的历史,造就了秦岭多期构造—热事件和大规模成矿作用的发生.

2 秦岭主要金属成矿系统

2.1 主要矿床类型

对秦岭造山带矿床的研究已积累了较为丰富的资料,在已发现的秦岭金属矿床中,绝大多数与内生地质作用有关.按照目前已探明的金属储量,秦岭铅锌多金属矿床以泥盆系热水喷流沉积型最为重要,大型、超大型矿床多属此类,火山—次火山热液型铅锌矿床在秦岭也占据一定的地位.金矿床的产出主要受构造—岩浆带控制,优势的金矿类型主要是微细浸染型与石英脉—构造蚀变岩型.汞矿与锑矿多共生,以低温热液型为主,矿床分布明显受地层—构造控制.铜矿主要矿床类型为火山喷流沉积岩型、次火山热液型. Ag 多与 Cu、Pb、Zn、Au、As 等伴(共)生,独立银矿主要集中于东秦岭,以斑岩型或火山热液型为主.此外,还有少量岩浆型铜镍硫化物矿床、铬铁矿矿床及 BIF 型铁矿床等.

2.2 重要的金属成矿系统

秦岭金属成矿经历了多期、多阶段演化,形成了多区域成矿系统(表 1).根据构造、建造、成矿作用及矿床组合特征分析,秦岭造山带内生金属矿床主要受如下几个主要的成矿系统控制:(1)太古代海底火山—沉积成矿系统;(2)中新元古代与海底、岛弧火山及岩浆侵入活动有关的成矿系统;(3)早古生代与海相火山热液作用有关的成矿系统;(4)海西期与海底热液及岩浆作用有关的成矿系统;(5)印支期与浊积岩系有关的成矿系统;(6)中生代与碰撞造山及陆内构造—岩浆活动有关的热液成矿系统等.这些不同的成矿系统对矿床类型有选择,在成矿时间和作用强度上有变化,空间上有重叠,显示复合成矿的特点.其中(2)、(3)、(4)、(6)成矿系统最重要,秦岭绝大多数大型—超大型矿床的形成与此有关.

2.2.1 中新元古代与海底、岛弧火山及岩浆侵入活动有关的成矿系统 秦岭元古宙以伸展体制为主,局部发育块体会聚、板块裂解与拼合并存,既发育与裂谷—洋盆扩张有关的成矿亚系统,又发育块体会聚过程产生的成矿亚系统.其中,前者主要产于裂谷—小洋盆环境的海相火山岩地层中,发育了与海底火山活动相关的热热水喷流沉积成矿作用,形成以 Cu、Pb、Zn 等多金属为主的喷流沉积矿床系列.如

表 1 秦岭造山带区域金属成矿系统

Table 1 Regional metallogenic systems of Qinling orogen

成矿系统类型	构造环境	容矿岩石	矿床类型	成矿元素	典型矿床	
太古宙海底火山—沉积成矿系统	华北、扬子地块边缘	太华群、鱼洞子群变质岩	BIF 型铁矿	Fe、Ti、V 等	鱼洞子铁矿、经山寺铁矿、铁山铁矿等	
中新生代与海底、岛弧火山及岩浆侵入活动有关的成矿系统	与海底火山喷流沉积作用有关的成矿亚系统	北秦岭中晚元古代裂陷槽、南秦岭裂谷—有限洋盆	碧口群、武当群、宽坪群等裂谷型变质火山岩	VMS 型铜及多金属矿床、银多金属矿床	Cu、Zn、Pb、Au、Ag 等	筏子坝铜矿、铜矿坡铜(钴)、银洞沟银矿、商州龙庙铜矿等
	与海底基性—超基性岩浆作用有关的成矿亚系统	蛇绿构造混杂岩带	蚀变超基性—基性岩	岩浆型镍矿、铬矿	Ni、Cr、Cu、Fe 等	松树沟铬铁矿、煎茶岭镍矿等
	与岛弧火山喷流沉积及岩浆侵入作用有关的成矿亚系统	碧口地块内部东沟坝岛弧带	石英闪长岩与围岩的接触带豆坝群酸性火山岩	岩浆热液铁—铜矿 黑矿型	Cu—Fe Pb—Zn—Au—Ag—Cu—Ba	铜厂铜铁矿 东沟坝多金属矿、二里坝硫铁矿等
早古生代与海相火山热液作用有关的成矿系统	与弧后海底火山喷流沉积作用有关的成矿亚系统	北秦岭二郎坪弧后盆地	二郎坪群、斜峪关群火山—沉积岩系	VMS 铜锌多金属矿、夕卡岩型铁矿、层控型金银矿	Cu、Zn、Pb、Au、Ag、Fe	刘山岩铅锌矿、破山银矿、老湾金矿等
	与海底热水—沉积作用有关的成矿亚系统	南秦岭早古生代被动陆缘裂陷槽	含碳硅泥岩建造	主要金、铀等元素的富集	Au、U、钍族元素	拉儿玛、邛崃金矿等
海西期与海底热液及岩浆作用有关的成矿系统	与海底热水喷流沉积有关的成矿亚系统	秦岭微板块克拉通内断陷盆地	泥盆系细碎屑岩、碳酸盐岩和热水沉积岩	SEDEX 型铅(铜)矿、沉积—改造型多金属矿、金预富集	Pb、Zn、Cu、Fe、(Au、Ag、Hg、Sb)	大西沟铁矿、厂坝—李家沟铅锌矿、八卦庙金矿
	与海底基性—超基性岩浆作用有关的成矿亚系统	勉略古生代裂谷—洋盆	蚀变的基性超基性岩、蚀变的超基性火成岩	岩浆型铬铁矿、岩浆熔离—火山热液过液型铜矿	Cu、Co、Cr、Zn	三岔子铬铁矿、勉县鞍子山铬铁矿和青海玛沁县德尔尼铜矿
印支期与浊积岩系有关的成矿系统	南秦岭三叠纪裂陷盆地	细碎屑岩、碳酸盐岩	主要金等元素的预富集	Au、Ag、Hg、Sb	东北寨金矿、马脑壳金矿等	
中生代与碰撞造山及陆内构造—岩浆活动有关的热液成矿系统	陆内构造—岩浆活动带	碎屑岩、碳酸盐岩、岩浆岩、变质岩	微细浸染型金矿、石英脉—蚀变岩型、热液型汞矿、斑岩型铜钼矿、Ag 多金属矿等	Au、Ag、Pb、Zn、Hg、Sb、W、Mo、Cu 等	马鞍桥金矿、公馆汞矿、卢氏大河沟汞矿、老湾金矿、上官金矿、东北寨金矿、大水金矿、南泥湖钼矿、板厂银矿等	

南秦岭碧口群海相细碧—角斑岩系筏子坝铜矿、阳坝铜矿坡铜(钴)矿床、大茅坪铜矿和银厂沟铅锌矿, 武当山群变火山岩中的银洞沟 Pb—Zn—Au—Ag 矿床, 北秦岭宽坪群火山岩中的商州龙庙 Pb—Zn 矿床等。同时发育了海底扩张过程中形成的与超基性岩有关的铬、镍等岩浆矿床系列, 如发育在北秦岭商丹蛇绿混杂构造带中的松树沟铬铁矿和南秦岭煎茶岭超基性岩体中的镍矿、峡口驿—黑木林超基性岩带的小型铬铁矿点等。除此之外, 元古宙还发育与岛弧构造岩浆作用有关的成矿亚系统, 所形成的矿床按照主要的成矿作用特点, 可分为与岛弧火山热液活动有关的成矿系列和与侵入岩浆热液有关的成矿系列。前者以发育在碧口变安山岩—流纹岩(豆坝群)中的黑矿型矿床系列为代表, 如略阳东沟坝 Pb—Zn—Ag—Au—重晶石矿床、二里坝硫铁矿床等,

后者以铜厂岩浆热液 Cu—Fe 矿床系列为代表, 成矿分别受与岛弧火山作用有关的喷流沉积过程和与侵入岩浆活动有关的热液成矿过程控制^①。构成了从裂谷—洋盆到岛弧带比较完整的盆—弧成矿系统。

2.2.2 早古生代与海相火山热液作用有关的成矿系统 早古生代是在秦岭新元古代古洋盆向华北陆缘俯冲消减过程中, 形成于岛弧或弧后洋盆环境的海底热水喷流成矿系统。属于该系统的矿床, 自西向东有产于斜峪关群安山质火山岩的陕西眉县的铜峪铜矿、斜峪关群下部斜长角闪岩层中的周至西骆峪锌铜矿、丹凤群斜长角闪岩的户县东流水铜矿、二郎坪群石英角斑质岩石的桐柏刘山岩铜锌矿等, 它们具有相似的构造环境, 形成于同一时代, 都呈似层

①姚书振, 王方正, 周宗桂, 等. 陕甘川邻接区金属成矿条件、成矿规律与靶区优选(科研报告). 武汉: 中国地质大学, 2001.

状、透镜状,与火山岩关系密切,普遍具有富银的特征,根据对二郎坪硫化物矿床的研究⁹,矿区内一般广泛发育指示火山喷流沉积的富铁硅岩,表明它们是海底火山热水喷流系统的产物.该类矿床无论从赋矿岩石组合还是从热水沉积岩特征等方面,都与碧口群内的硫化物矿床相似.由于二郎坪群有元古宙同位素年龄的报道,碧口群也有从中元古代一新元古代的同位素年龄甚至泥盆系化石证据,因此二者之间时间关系有待进一步研究.另外在桐柏二郎坪群上部层位的歪头山组浅变质火山—沉积岩系中(也有将其放在火山岩之下的),产有破山特大型银矿和银洞坡金矿,其主要含金层位为富碱的绢云石英片岩、黑云片岩等碎屑岩系,早期可能经历了海底喷流作用,形成富集地化异常和初始矿化体,后期变质变形及岩浆活动使矿床进一步富集和定位.因此二郎坪群是北秦岭金、银、铅、锌矿床的重要产出层位.目前在南阳盆地以西所划的二郎坪小寨组地层与歪头山组有类似的地方,但二者之间的层位关系一直存在争论,有必要进一步进行对比.

2.2.3 海西期与海底热液及岩浆作用有关的成矿系统 海西期是秦岭构造体制发生重要转折的时期.商丹洋盆向华北板块之下继续斜向俯冲,扬子与华北板块开始点式碰撞,早古生代洋盆逐渐消减,仅以残留洋盆或海盆存在的同时,在扬子被动陆缘勉略一带开始新的开裂,初始的勉略洋盆发育,秦岭微板块逐渐从扬子被动陆缘裂离出而形成独立块体.在秦岭微板块总体处于挤压收缩的构造背景下,受北部俯冲及块内深部地幔上隆作用的影响,块内发育一系列堑垒式断陷盆地,发育了受地热异常控制的南秦岭海底大规模热水喷流成矿系统,沿同生断裂形成了以铅、锌为主的多种元素富集的大型多金属矿床系列¹¹.该系统成矿最早时间可追溯至晚志留世,由众多的大型矿床组成,并分段集中于西成、凤太和山柞 3 个地区.以成县厂坝—李家沟铅锌矿、凤县铅硐山、八方山大型特大型铅锌矿为代表,同时还有一些小型铜矿床产出.除此之外,该成矿系统也使金预富集,为泥盆系微细浸染型矿床的形成奠定了重要的物质基础.初步研究显示,微细浸染型金矿与多金属矿床具有共同的赋矿岩系,具有同位而不同时的特点,金矿赋矿层位一般较铅锌矿偏上,成矿具有明显的后生改造特征.以往对泥盆系矿床的研究,从宏观角度比较多地关注了盆地同生断裂对成矿的贡献以及有关同生喷流沉积的厘定,对改

造型矿床也较多地注意了后生构造对矿床改造的影响,而对成岩期流体产生的水力破裂以及不同类型岩石组合对矿床改造、定位的影响考虑不多.如对双王钠长角砾岩最近提出了水压破裂的认识¹⁰.秦岭微细浸染型矿床赋矿层位,多是富钙质岩石与细碎屑岩石互层的位置,反映出岩性组合对成矿的控制.另外从一些矿床沿沉积厚度变化的梯度带分布看,不排除一些矿床是由盆地流体从内部压实区向边部欠压实区运移成矿的可能性.对该问题的重视和研究有助于拓宽找矿思路.另外沿勉略一带随海底扩张的进一步加剧,在勉略洋盆形成过程中,发育了与洋壳增生相伴的超基性岩有关的矿床系列,如略阳三岔子铬铁矿、勉县鞍子山铬铁矿等小型矿床,与海底火山岩有关的青海玛沁县德尔尼大型铜矿,该带东段是否有类似的矿床出现值得注意.

2.2.4 中生代与碰撞造山及陆内构造—岩浆活动有关的成矿系统 中生代是秦岭造山带完成板块拼合,发生陆—陆碰撞和陆内构造活动的时期,也是秦岭主要的构造变形变质和岩浆活动期.伴随扬子板块沿勉略带向南秦岭板块之下的俯冲和勉略洋盆闭合,秦岭转入陆内构造演化阶段.由于扬子与华北陆块继续向秦岭造山带之下俯冲,原有的断裂构造进一步复活,与陆内俯冲有关的花岗岩和逆冲推覆构造广泛发育.而中生代中晚期开始的造山带伸展垮塌过程,激发了主造山期后的深源岩浆活动,发育了以深源浅成富碱的斑岩体.与该构造—岩浆体系相伴,秦岭许多矿床在该阶段形成或在先期预富集基础上进一步工业富集和定位,造就了秦岭成矿范围最广、矿种类型最多、成矿作用最为复杂的大规模热液成矿系统.该成矿系统主要表现在成矿受造山及造山期后构造—岩浆活动带的控制,在空间上矿床多沿构造带或岩浆岩体展布,在时间上表现为成矿与碰撞造山或陆内构造岩浆活动近于同时或略滞后.例如,秦岭控制金矿成矿的断裂、岩浆活动年代主要为 230~131.7 Ma,秦岭大型金矿成矿主要集中于 210~120 Ma^[11~14];与秦岭造山带由主造山到后造山伸展垮塌转化阶段地壳增温、构造性质由挤压向伸展转化有利于不同来源流体活动的演化阶段相耦合.成矿流体在不同部位可以以岩浆热液为主,也可以以天水为主,部分矿床可能有幔源组分的加入.秦岭属于该系统的矿床有北秦岭斑岩—爆破角砾岩型铜、钼多金属矿床系列、南秦岭低温热液汞锑矿床系列、秦岭微细浸染型金矿系列及韧性剪切带

—蚀变型金矿系列等, 也造就了多个矿化集中区, 如小秦岭的金矿集中区、华北地块南缘与中生代斑岩有关的钼矿集中区、秦岭微细浸染型金矿带等, 这些矿床集中区同样也是大型—特大型矿床集中产出的地方。

3 结论

(1) 秦岭自太古宙以来经历了多阶段演化的历史及多种构造体制的转化, 造就了秦岭多期构造—热事件和成矿作用的发生, 秦岭多金属成矿带的形成是多个成矿系统作用的产物。大规模成矿作用多与突发性构造—热事件的诱发有关, 如前中生代裂陷期大规模热流体作用、中生代浅成岩浆活动等。

(2) 大型或超大型矿床的形成大多经历了2个以上成矿系统的叠加或多阶段的成矿过程, 在时间与空间分布上有选择性。如大型—超大型的铅锌矿主要出现于南秦岭泥盆系; 微细浸染型金矿主要出现于南秦岭寒武系、泥盆系和三叠系; 大型层控型银矿主要出现在东秦岭桐柏一带的古元古界—下古生界中, 它们具有“叠加成矿”与“双源复控成矿”特征。

(3) 中生代是秦岭与构造—岩浆活动有关的热液矿床的重要成矿期, 斑岩型钼多金属矿、微细浸染型金矿、低温热液汞锑矿的矿化集中区(带)及大型—特大型矿床一般与构造—岩浆活动带关系密切, 因此继续加强沿商丹断裂带、勉略断裂带等附近分布的构造—岩浆活动的找矿评价工作, 可能发现新的矿化富集区(带)。

参考文献:

- [1] 张国伟, 张宗清, 董云鹏. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 1995, 11(2): 101—114.
ZHANG G W, ZHANG Z Q, DONG Y P. Nature of main tectonics lithostratigraphical units of Qinling orogen; implication for Qinling tectonics evolution [J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(2): 101—114.
- [2] 张国伟, 孟庆任, 于在平, 等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(3): 193—200.
ZHANG G W, MENG Q R, YU Z P, et al. Orogenesis and dynamic of Qinling orogen [J]. Science in China (Series D), 1996, 26(3): 193—200.
- [3] 周鼎武, 刘良, 华红, 等. 北秦岭中晚元古代地质演化特征及其相关问题讨论[J]. 高校地质学报, 1996, 2(2): 166—175.
ZHOU D W, LIU L, HUA H, et al. The Middle and Late Proterozoic geological evolution of North Qinling with discussion on some related problems [J]. Geological Journal of China Universities, 1996, 2(2): 166—175.
- [4] 丁振举, 姚书振, 周宗桂, 等. 碧口地体中元古代构造属性[J]. 大地构造与成矿学, 1998, 22(3): 219—226.
DING Z J, YAO S Z, ZHOU Z G, et al. Tectonic attribute of the Mid-Proterozoic Bikou terrane [J]. Geotectonica et Metallogenia, 1998, 22(3): 219—226.
- [5] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 南秦岭中新元古代火山岩性质与前寒武纪大陆裂解[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(3): 237—243.
XIA L Q, XIA Z C, XU X Y. Mid-Proterozoic volcanic attribute of South Qinling and Precambrian continent cracking [J]. Science in China (series D), 1996, 26(3): 237—243.
- [6] 周鼎武, 张成立, 韩松, 等. 东秦岭早古生代两条不同构造—岩浆杂岩带的形成构造环境[J]. 岩石学报, 1995, 11(2): 115—126.
ZHOU D W, ZHANG C L, HAN S, et al. Tectonic settings on two different tectono-magma complex of eastern Qinling in Early Paleozoic [J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(2): 115—126.
- [7] 孙卫东, 李曙光, Yadong Chen, 等. 南秦岭花岗岩锆石 U—Pb 定年及其地质意义[J]. 地球化学, 2000, 29(3): 209—216.
SUN W D, LI S G, Chen Y D, et al. Zircon U—Pb dating of granitoids from South Qinling, Central China [J]. Geochimica, 2000, 29(3): 209—216.
- [8] 宋峰, 刘铁, 王铭生, 等. 东秦岭二郎坪群蛇绿岩中的火山成因硫化物矿床[J]. 中国区域地质, 1999, 18(1): 80—85.
SONG F, LIU T, WANG M S, et al. Volcanogenic massive sulfide deposits in the ophiolite of the Erlangping Group in the eastern Qinling [J]. Regional Geology of China, 1999, 18(1): 80—85.
- [9] 祁思敬, 李英. 南秦岭泥盆系成矿带热水沉积成矿系列[J]. 西安地质学院学报, 1997, 19(3): 19—26.
QI S J, LI Y. The metallogenic series related to exhalative sedimentation in Devonian metallogenic belt, South Qinling [J]. Journal of Xi'an College of Geology, 1997, 19(3): 19—26.
- [10] 汪劲草, 汤静如, 王富国, 等. 太白双王含金水压角砾岩体形成过程和金矿体预测[J]. 地质论评, 2001, 47(5): 449—454.

- WANG J C, TANG J R, WANG F G, et al. Formation of gold-bearing hydrofracturing breccia body and prognosis of gold ore body in the Shuangwang gold deposit, Shaanxi Province [J]. *Geological Review*, 2001, 47(5): 449–454.
- [11] 毛景文. 西秦岭地区造山型与卡林型金矿 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2001, 20(1): 11–13.
- MAO J W. Geology, distribution and classification of gold deposits in the western Qinling belt, central China [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2001, 20(1): 11–13.
- [12] 邵世才, 汪东波. 南秦岭三个典型金矿床的⁴⁰Ar–³⁹Ar 年代及其地质意义 [J]. *地质学报*, 2001, 75(1): 106–110.
- SHAO S C, WANG D B. Dating of ⁴⁰Ar–³⁹Ar of three typical gold deposits in South Qinling region and its geological significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2001, 75(1): 106–110.
- [13] 张复新, 张旺定, 张正兵. 秦岭造山带金矿类型与构造背景 [J]. *黄金地质*, 2000, 6(4): 59–65.
- ZHANG F X, ZHANG W D, ZHANG Z B. Type and structural setting of gold deposit in Qinling orogenic belt [J]. *Gold Geology*, 2000, 6(4): 59–65.
- [14] 谢巧勤, 徐晓春, 岳书仓. 河南桐柏老湾金矿床和花岗岩的年龄及其意义 [J]. *高校地质学报*, 2000, 6(4): 546–553.
- XIE Q Q, XU X C, YUE S C. Isochron age of the Laowan gold deposit and Laowan granite, Tongbai region, Henan Province, and its implication [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2000, 6(4): 546–553.

Metallogenic Systems of Qinling Orogen

YAO Shu-zhen, DING Zhen-ju, ZHOU Zong-gui, CHEN Shou-yu

(*Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*)

Abstract: Qinling is an intracontinental polycyclic complex collision orogen, and also is one of the most important polymetallic ore-forming belts. Qinling had undergone four tectonic stages and many times tectonic system changes and resulted in the multi-period structure-thermal events and ore-forming processes since Archeozoic, the ore-forming course underwent multicyclic tectonometallogenic evolution also. These created the conditions of the metal elements enrichment and to ore content in large scale. The six regional metallogenic systems have been recognized from early to late in Qinling orogen, in which the Meso-Late Proterozoic metallogenic system related to seafloor volcanic and island arc magmatic activity, Early Paleozoic metallogenic system related to seafloor volcanic hydrothermal fluid, the Hercynian period metallogenic system related to hydrothermal fluid and magmatic processes and Mesozoic metallogenic system related to tectonic-magma activity in intracontinental orogenic system, etc, have more contribution. The superposition of different metallogenic systems is the precondition to most large and super-large type deposits.

Key words: metallogenic system; metallic deposit; orogen; Qinling.