

华北古大陆南缘构造格架与成矿

张正伟¹, 张中山^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049

摘要: 东秦岭地区在前海西期表现为大陆边缘的构造活动, 到海西期后特别是燕山期已属于陆内造山作用, 因此称之为古大陆边缘。在对前海西期构造格架重塑的基础上, 以不同建造、岩浆活动和分隔构造单元断裂资料分析为依据, 以控制不同构造单元的断裂为界, 自北而南将构造单元划分为: 华山-熊耳山陆缘带、宽坪陆缘增生带、二郎坪弧后断陷带、秦岭古岛弧带和南秦岭泥盆纪断陷海盆。据陆缘构造发展阶段的沉积建造和岩石组合特点分为: 华北陆块南缘太古宙古陆核边缘活动性沉积、早元古代华北陆块南缘古陆核边缘活动性缓慢沉积、中-新元古代华北陆块南缘拉张构造体制下的被动陆缘、加里东早期华北古陆南缘活动陆缘、早古生代华北陆块南缘太平洋型活动大陆边缘; 中生代扬子与华北板块已经拼接, 进一步发生陆内 A 型俯冲, 构造型式为近南北向的深部构造作用。根据区域成矿的物质组成以及空间和时间上的分布特点, 划分为 5 个成矿系统: 前长城纪陆核活动性边缘沉积成矿系统、中-新元古代被动大陆边缘成矿系统、早加里东期构造体制转换期成矿系统、古生代活动大陆边缘成矿系统和中生代陆内碰撞造山成矿系统。

关键词: 古大陆边缘; 构造格架; 成矿系统; 东秦岭

中图分类号: P617.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2008)03-0276-13

Geotectonic Framework and Metallogenic System in the South Margin of North China Palecontinent

ZHANG Zheng-wei¹, ZHANG Zhong-shan^{1,2}

1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: According to the tectonic characteristics of the research area in the south margin of North China paleocontinent, the geotectonic framework of the area could be divided into the Huashan-Xong'er mountains continental margin belt, the Kuanping Late Proterozoic accretion belt, the Erlangping margin basins zone, the Qinling dispersion type island arc terrain, and the sedimentary basins of Nanqinling zone. In the light of sediment build evolution stage and metallogenesis, these could be classified as follows: the sediment build in the active south margin of North China Palecontinent in the pro-Mesoproterozoic, the sediment build in the passive continent margin in the Middle-Late Proterozoic, the sediment build in the coveres type continent margin in the early Paleozoic, the sediment build in the active margin in the Paleozoic and the phase of collision in the Mesozoic. According to the characteristics of tectonic evolution stage and metallogenesis with the research area in the eastern Qinling, these meallogenic system could be classified as follows: 1) the metallogenic system in the active south margin of North China Palecontinent in the pro-Mesoproterozoic; 2) the metallohenic system in the anactive continent margin in the Middle-Late proterozoic; 3) the metallogenic system in the coverse type continent margin in the early Paleozoic; 4) the metallogenic system in the active margin in the Paleozoic; 5) the metallogenic system in the collision margin in the Mesozoic.

Key words: metallogenic system; tectonic evolvement; paleocotinental margin; East Qinling mountain

收稿日期: 2008-05-20 收到

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2007CB411401); 国家自然科学基金项目(40072033)

第一作者简介: 张正伟(1959—), 男, 博士, 研究员, 主要从事矿床学研究. E-mail: zhangzweigcas@hotmail.com.

世界上大多数内生金属矿床都沿大陆边缘分布^[1~4]，“边缘成矿”现象不仅表现为地球块体不均一性的边界控矿，也包含控制成矿物理化学条件的转换边界^[5]。因为大陆边缘与陆缘区及相关海盆是沉积幅度和化学条件的急剧变化带，有利于沉积矿床的形成^[6]，活动大陆边缘岛弧火山-热液作用产生别子型块状硫化物矿床和浅成低温热液金矿床^[7]，陆内碰撞造山作用引起岩浆热液成矿作用，孕育出斑岩型铜、钼、钨、锡、金矿床^[8]，形成于洋中脊的豆荚状铬矿及塞浦路斯型块状硫化物矿床也随洋壳的消减移至大陆边缘^[9]。东秦岭北部是比较典型的古大陆边缘，最近 10 年来代表性的新资料有：用板块构造区域成矿学观点系统总结了华北与华南古板块的地质和成矿^[10]；以陆内碰撞成矿模式系统研究了豫西金矿成矿规律^[11]；从推覆构造、变质核杂岩和绿岩带等新观点系统研究华北地块南缘地质构造演化与成矿^[12]；从构造与成矿角度总结了华北地台南缘金、钼矿床成因与成矿规律^[13]；初步提出了沉积建造演化和成矿的时空同一性问题^[14~18]，指出时空和物质运动的整体性联系方面还需要进一步研究。本文在上述研究成果基础上，从成矿系统的学术思想^[19]出发，以古大陆边缘构造体制演化与转换为主线，以构造体制划分成矿系统，研究不同沉积建造和岩石组合对矿床成矿组合的控制作用，探索构造演化过程与成矿系统。

1 华北古陆块南缘构造格架

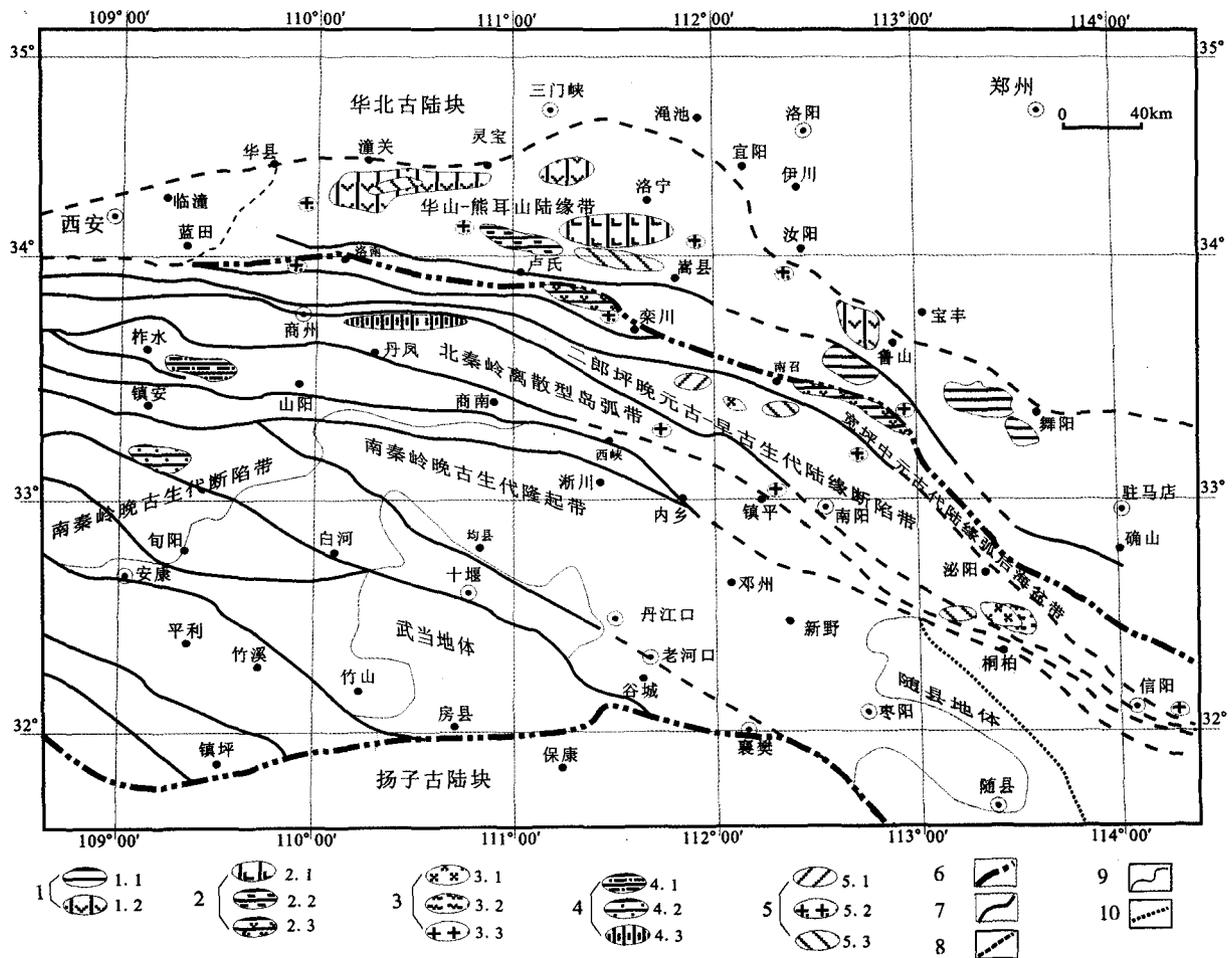
本文研究的华北古陆块南缘(图 1)指东秦岭和桐柏山地区，涉及传统意义上的华北陆块南缘的华熊地体和北秦岭逆冲推覆构造带^[20]，略微涉足南秦岭地区。这是因为，在中元古代前华北地台与西南地台之间隔着古大洋^[21]，前者属劳亚联合古陆，后者属冈瓦纳古大陆，二者的基底和盖层沉积都有各自独立的演化系统。只是到了晚古生代，由于华北地台与扬子地台的对接，在拼合部位互相影响。华北陆块一侧表现为仰冲叠置的构造层和岩浆活动，北秦岭构造带的基底实质上就是华北地块南缘的大陆边缘，直接受控于华北地块前寒武纪的演化；扬子陆块一侧则表现为俯冲消减和隆升与断陷作用。因此，本文主要讨论华北古陆南缘的华熊地体和北秦岭逆冲推覆系统(基底属于华北陆块南缘不同时代的增生带产物)，一般不涉及扬子陆块北缘的基底、盖层和增生带，仅讨论在南北两大古陆对接过程中受华北陆块影响的南秦岭晚古生代的隆生和凹陷带

成矿作用。

1.1 华山-熊耳山陆缘带

华山-熊耳山陆缘带北邻嵩箕地块^[22]，北以三门峡-宝丰断裂为界，南接黑沟-栾川断裂带，西起陕西华县，东经河南小秦岭、崤山、熊耳山、鲁山至舞阳，总体上自西而东呈狭长弧形延伸，长约 300 km，宽约 20 km。构造层由太古宙和早元古代的结晶基底和中、晚元古代的盖层组成。华北陆块南缘的结晶基底长期被认为由太古界的太华群、登封群、林山群等构成，华山-熊耳山陆缘带，主要由太华群所组成。小秦岭地区太华群为一套中深区域变质的中基性-中酸性火山-沉积变质岩系，主要为各类片麻岩、变粒岩、浅粒岩，以及长石石英岩、石英岩和大理岩等；源岩恢复分别为拉斑玄武岩，中酸性火山岩、火山凝灰岩，以及长石石英砂岩、杂砂岩，泥灰岩和白云质灰岩等。自下而上可划分为焕池峪组、间家峪组、观音堂组和枪马峪组，其上被中元古界官道口群(蓟县群)高山河组以角度不整合超覆。崤山地区太华群(有人称崤山群)是一套变质较浅、保存较好的火山碎屑结构的绿片岩带，下部为中基性火山-沉积岩系夹大理岩透镜体，上部为火山碎屑岩沉积-粘土沉积岩系间夹中酸性火山凝灰岩。熊耳山地区太华群主要为混合岩-花岗岩穹窿，由变质岩、混合花岗岩和花岗岩所组成，四周覆盖中元古界熊耳群火山岩。鲁山地区自下而上为条带状混合岩(源岩为大洋型拉斑基性火山岩)、黑云角闪斜长片麻岩(源岩为深海拉斑玄武岩)、长石石英砂岩、大理岩和浅粒岩。舞阳地区自下而上划分拉斑玄武岩为主的基性火山岩和火山沉积岩建造、基性-中基性火山沉积-硅铁建造、海相碎屑岩-硅质-碳酸盐岩建造和浅海相碎屑-粘土沉积岩建造。总体上太华群建造特征表现为太古宙古陆核边缘洋壳转变为陆壳的增生过程。演化过程中形成了舞阳铁矿和小秦岭金矿初始矿源层。

覆于基底太华群之上的盖层由中元古界的熊耳群火山岩和中、新元古代沉积岩系组成^[23]。华山-熊耳山边缘带主要由熊耳群、官道口群、汝阳群、洛峪群、栾川群和陶湾群和少量震旦系地层组成。中新元古界地层发育特点表现为下部陆源碎屑(熊耳群大古石组)-火山岩建造(许山组，鸡蛋坪组，马家河组)到中、上部的碎屑岩、碳酸盐岩建造(官道口群，栾川群，陶湾群等)。熊耳群火山岩系岩石 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 的投影关系为碱性火山岩区，富钾质的碱性火山岩系主体是钾玄岩系，相当于大陆裂谷早期



1. 华北古陆太古宙-元古代裂解前成矿系统;1.1 陆核边缘海盆沉积成矿组合(舞阳铁成矿组合);1.2 陆核边缘海槽沉积成矿组合(小秦岭原始矿源层)。2. 华北古大陆边缘中-新元古代裂解成矿系统;2.1 熊耳裂谷火山岩铜,铅,锌,金成矿组合;2.2 大陆边缘浅-滨海相锰,铅锌成矿组合;2.3 栾川陆缘裂谷铁,铅锌,仅成矿组合。3. 加里东早期构造体制转换成矿系统;3.1 陆缘断陷细碧角斑岩系铜锌银成矿组合;3.2 陆缘断陷碳质岩系金银成组合;3.3 陆缘岛弧带花岗岩斑岩铜钨成矿组合。4. 活动大陆边缘成矿系统;4.1 复理石沉积铅锌银金成矿组合;4.2 热水沉积盆地汞锡成矿组合;4.3 弧后沉积低温汞锡成矿组合。5. 陆内碰撞成矿系统;5.1 构造蚀变岩型金银成矿组合;5.2 燕山期中小型花岗岩斑岩铜钨铅锌金银成矿组合;5.3 改造型热液金银铜铅锌成矿组合。6. 古板块缝合带;7. 分割构造带断裂;8. 推断断裂;9. 地质体界线;10. 地块或主要构造带边界断裂。

图1 华北古大陆南缘构造格架及成矿系统

Fig. 1 Geotectonic framework and metallogenic system in the South margin of North China paleocontinent

的拉斑玄武岩系。官道口群是一套正常海相沉积,主要为浅海相硅质碳酸盐岩建造夹滨海相碎屑岩(1350~1000 Ma)^[24]。汝阳群为一套滨海相碎屑岩为主的陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造,二者呈角度不整合覆于熊耳群之上。栾川群和洛峪群则分别覆于官道口群和汝阳群之上。栾川群为一套浅海陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造,呈线状分布于陕西洛南到河南栾川、方城,与其共生的基性-碱性岩带顺层分布,由正长斑岩、粗面岩、碱性花岗岩碱性流纹岩和辉长岩组成。辉长岩及其围岩的同位素年龄为700 Ma左右^[25]。洛峪群为一套浅海陆棚碎屑岩-碳酸盐岩建造,分布于黑沟-栾川-方城断裂北侧的陶湾群和

震旦系由低级变质的泥砂质碎屑岩、钙镁质碳酸盐岩和碳酸岩组成,是一套大陆斜坡拉张海盆环境的砂泥质-钙镁质碳酸盐岩建造。

盖层构造演化的过程是在被动大陆边缘拉张构造体制下进行的^[25]。除了熊耳群火山岩喷发沉积过程中形成岩浆型的Cu、Pb、Zn、Au矿床外,官道口群、汝阳群、栾川群、陶湾群和震旦系属于古大陆边缘的滨海、浅海或陆棚海相的正常稳定沉积演化过程中,主要形成了与沉积有关的神洞沟喷流沉积型锰矿、赤土店和维摩寺铅-锌成矿组合。

1.2 宽坪中元古代陆缘弧后海盆

分布于华-熊陆缘南侧的宽坪弧后海盆,北面以

黑沟-栾川-维摩寺断裂为界,南面以瓦穴子-乔端断裂为界,沉积了三套不同的岩组(总称为宽坪群):绿片岩-斜长角闪岩组(广东坪组)、云母石英片岩-片麻岩(四岔口组)和大理岩组(谢湾组)。现在的宽坪地体实质上是中元古代形成的岩石组合被大量的碰撞(燕山期)消减后的残留部分,本身由强应变带和弱应变域组成^[26]。它们形成时的建造序列为:大陆下地幔或地壳深部热流局部增高时,产于地壳扩张,达到一定深度时出现大洋拉斑玄武岩成分的火山岩;之后在深海、半深海沉积与浊流沉积环境下堆积了类复理石的陆源碎屑岩;最后在弧后盆地消减时,海水变浅沉积碳酸盐岩。它标志着从深海至浅海的演化过程,也表明从拉张向挤压体制的转换过程,晋宁期造山作用开始于这个时期。宽坪地体形成时的环境也得到地球化学的证据,即其中的变质玄武岩的源岩具拉斑玄武岩的成分特征,形成于亏损的地幔源区,未遭受陆源物质的同化混染,形成于低压条件下的构造环境^[24]。对其中泥砂质岩石的研究^[27]表明,源区分别属海盆北侧的太华群和南侧的秦岭群,古构造环境是华北陆块南缘活动大陆边缘海盆,沉积了一套火山-复理石-碳酸盐岩建造。林德超等^[28]认为这套建造是在中元古界熊耳三叉裂谷活动支的基础上发展起来的边缘海沉积。最近在宽坪地体中获得一批可靠的同位素年龄数据^[24],绿片岩中一组 Sm-Nd 等时年龄为 1000 Ma 左右,结合 K-Ar 和 Rb-Sr 年龄^[29,30]分析,表明宽坪地体作为陆缘弧后海盆的形成时间应为中元古代晚期(1000~1400 Ma)。在此基础上,经历了从低绿片岩相到低角闪岩相的区域动力热流变质作用(900~1000 Ma)、晚加里东-早海西构造热事件(420~320 Ma)和印支-燕山构造热事件^[26]。演化过程中主要形成了沉积建造上部谢湾组大理岩中的维摩寺、银洞沟等铅-锌矿床组合。

1.3 二郎坪早古生代陆缘断陷带

分布于中(晚)元古代宽坪陆缘海盆沉积带南侧的二郎坪早古生代陆缘断陷沉积建造的范围,包括瓦穴子-乔端以南和朱阳关-夏馆断裂以北的夹持地带,主要由复理石和细碧角斑岩建造(二郎坪群^[31])组成。复理石沉积主要包括前人划分的小寨组(云母石英片岩-斜长角闪岩组合,原岩为钙质砂岩)和抱树坪组(云母石英片岩、富铝云母片岩组合,原岩为半深水相的富铝砂泥质沉积)。王润三等^[32]将其称为石界河群,以富铝的云母片岩为主,反映陆缘的半深水环境,岩石中富含长石及其他不稳定组分,相当于活动

陆缘的复理石建造。细碧角斑岩岩石组合主要包括前人划分的火神庙组(以细碧岩为主体的细碧-角斑岩系夹硅质岩)和大庙组(火山-沉积岩系,火山岩以酸性岩为主体,基性火山岩次之,夹有变质砂岩及厚度不一的大理岩)。研究区东部桐柏一带细碧角斑岩系上部是刘山崖铜矿的赋矿层位,其上覆的炭质片岩(歪头山组)是围山城金、银矿的控矿层。

二郎坪群作为受两侧分隔构造单元断裂控制的地体,其中的微藻古植物化石属于震旦-晚古生代^[28],放射虫及海绵骨针和单射、三射硅质骨针时代为寒武纪之后,四射珊瑚为晚奥陶世-二叠纪^[31]。时限跨度较大。侵位于秦岭地体中的灰池子花岗岩基、二郎坪群中的五朵山和漂池花岗岩等均属加里东期,岩体时代大多数为加里东晚期(380~420 Ma)^[33,34],代表挤压构造环境的花岗岩浆活动限定了二郎坪地体从拉张构造背景转换为挤压构造背景上限。因此,从晋宁期末(700 Ma 左右)的栾川陆缘裂谷的拉张作用开始到 400 Ma 代表挤压环境的花岗岩浆活动期间是华北古陆南缘从拉张体制到挤压体制转换的过程。桐柏刘山崖细碧角斑岩的 Rb-Sr 年龄为 518 Ma,黄铁矿型铜矿床的方铅矿年龄为 510~537 Ma^[21],炭质片岩中方铅矿 U-Pb 年龄为 686~987 Ma,火山岩系 Rb-Sr 等时线年龄为 681±39 Ma^[28],由此认为陆缘断陷的时代应为早古生代。

1.4 北秦岭离散型岛弧

现存秦岭群的范围被限定于商丹断裂与朱夏断裂之间,古构造环境为大陆地壳碎片为基底的离散型岛弧^[35]。岛弧带的主要标志是:其上有岛弧型蛇绿岩产出,广泛发育岛弧型中酸性侵入岩,出现高温变质带。从岛弧基底岩系特征看,可能是从华北古陆南缘早元古代陆缘增生带分离出去的部分(可能属中元古代熊耳山三叉裂谷南侧的陆缘碎片由于地幔上涌的扩张作用推向南部的古秦岭洋)。秦岭群由郭庄组斜长角闪片麻岩和黑云斜长片麻岩夹少量大理岩(原岩为中基性火山岩夹碎屑岩)、雁岭沟组石墨大理岩夹薄层黑云斜长片麻岩(以石墨大理岩为主)和石槽沟组(原岩以陆源碎屑岩为主)组成。大量的同位素年龄和古生物化石时代^[35]表明,作为岛弧地体既有早元古代华北古陆缘增生的组成部分,中-晚元古代地层也有早古生代地层,还有两个蛇绿岩带^[35]。秦岭群的形成时代研究近年取得了重要进展,其中黑云斜长片麻岩中锆石 U-Pb 等时年龄为 2226 ± 173 Ma,斜长角闪岩的 Sm-Nd 年龄为 1982 Ma^[36,37]。表明秦岭离散型岛弧在华北古陆南

缘演化进程中占据重要位置,记录了从中元古代张性构造体制下的被动大陆边缘经加里东早期的构造转化到挤压体制下的主动大陆边缘的过程,在中生代碰撞造山过程中破坏了原貌,只能通过岩石组合、变质和构造变形分析来探索古构造演化过程。秦岭群代表岛弧地体,与陆缘断陷海盆沉积的二郎坪群和蛇绿岩带(位置相当于西官庄-镇平断裂,代表古俯冲带)^[35]构成早古生代时期的一个弧-沟-盆体系。北秦岭离散型岛弧带上同熔型花岗岩年龄(550 Ma左右)证据^[21],表明板块俯冲消减时的壳幔物质同熔上升侵位的过程,这时古大陆边缘构造环境已转换进入挤压构造体制下的活动大陆边缘阶段,产生的板厂、秋树湾花岗斑岩形成了斑岩型铜钼成矿组合。

1.5 南秦岭古生代断陷带

在商丹断裂与木家垭-内乡断裂之间发育一套上古生界中浅区域变质岩系,原岩属海相沉积(在陕西称刘岭群^[38],河南省称信阳群^[28])。中晚泥盆世的复理石沉积主要为一套逾万米的砂板岩、泥灰岩组成的韵律沉积。从交错层倾向和长石含量的变化分析,物源来自北侧的古秦岭岛弧^[39]。北部刘岭群的砾岩中有橄榄岩、辉长岩、角闪岩等砾石,显然来自北侧的秦岭岛弧带蛇绿岩。沉积厚度自北向南,由厚变薄,长石和岩屑组分逐渐被成熟度较高的石英砂岩代替,表明断陷海盆由北向南逐渐变浅。东部信阳群属中基性火山碎屑-泥砂质-泥钙质复理石沉积建造,伴有少量熔岩,表明形成过程中伴有海底火山喷发活动,相当于海槽型深水环境沉积。刘岭群和信阳群的沉积建造特征对比表明,信阳群的形成时代很可能相当于泥盆纪,空间上沿断陷海盆的走向分布。由西向东火山岩活动增强,变质程度加深,表明断陷程度逐渐加深^[40]。成矿方面,西段刘岭群形成期岩浆活动微弱,普遍为中低温热液活动,形成黑沟-银洞子铅-锌-银多金属成矿组合和公馆汞-锑成矿组合,东段信阳群火山活动增强,形成老湾金、铅-锌成矿组合的初始矿源层。

2 华北古大陆南缘的构造演化

在重塑华北古大陆南缘前海西期构造格架的基础上,通过不同建造、岩浆活动和分隔构造单元断裂的地质学和地球化学资料分析,表明沉积建造的发育是地壳伸张或断陷过程的结果,沉积间断面及与之同构造发育的岩浆岩侵位是确定张性构造体制转换为挤压构造体制的标志。对每一次构造-岩浆热事件(或造山过程)而言,通常从造山前一造山期一造

山后分别发育小型的花岗斑岩、花岗岩基和碱性(花岗岩)岩。华北陆块南缘在太古宙以来的地质演化历史有明显的多期次性,张性和挤压性质的构造背景多次转换(图2),总体上表现为:前长城纪为古陆核边缘活性沉积;中新元古代以被动大陆边缘拉张构造体制的古陆缘增生过程;加里东期早期是构造体制转换的重要时期;晚加里东期以后到早二叠世,表现为主动大陆边缘挤压构造体制下的消减过程;晚二叠世一早白垩世,华北古陆与扬子古陆在秦岭拼合,开始了A型俯冲的演化过程;晚白垩(100 Ma),秦岭伸展抬升,表现为受太平洋板块影响的构造格局。

2.1 华北陆块南缘太古宙为古陆核边缘活动性沉积

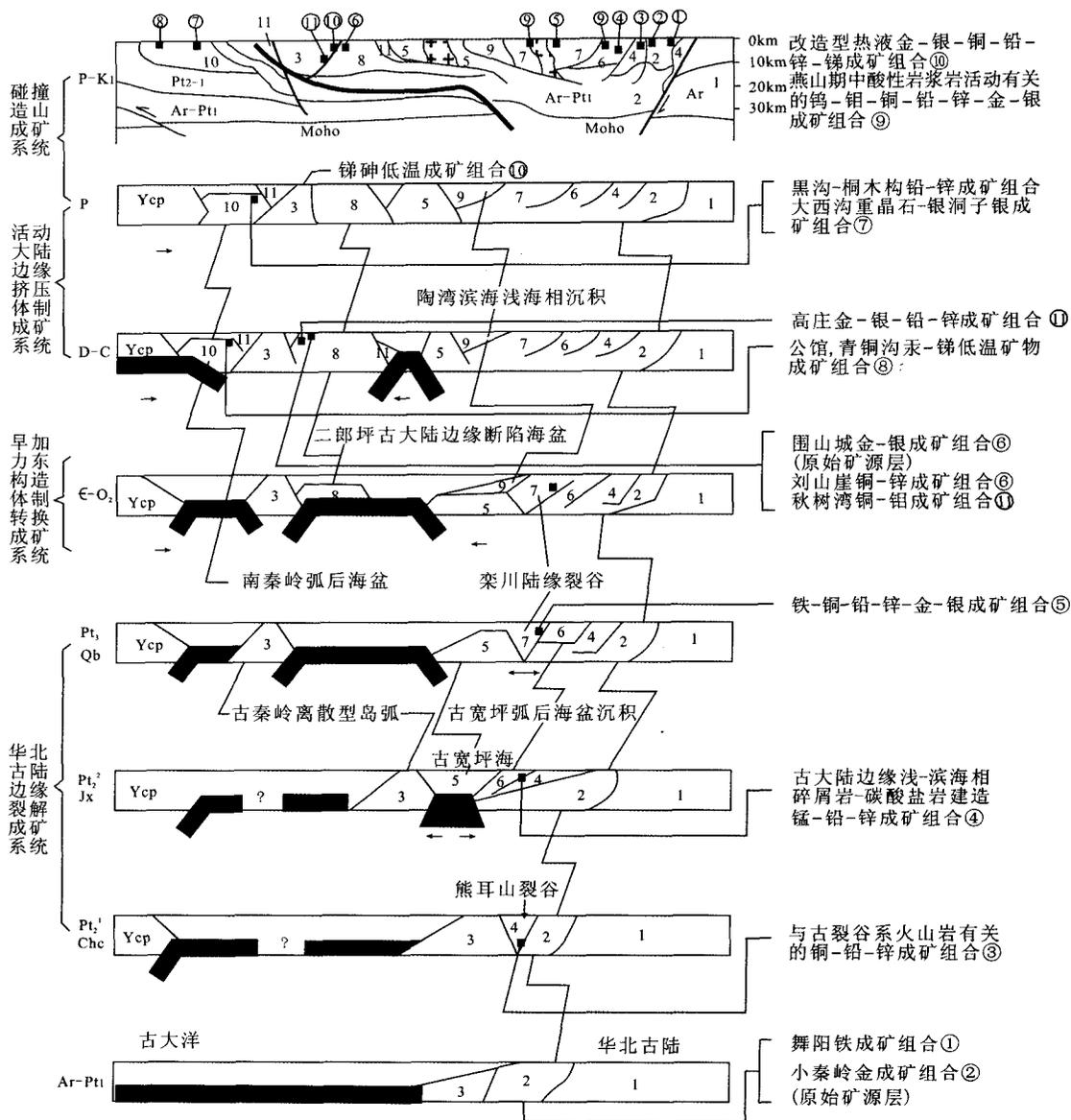
岩石组合主要为黑云斜长片麻岩,其次为角闪斜长片麻岩夹超镁铁质岩,源岩为中基性-中酸性火山岩夹少量沉积岩,在顶部出现磷灰石-蛇纹岩-磁铁矿,形成舞阳赵案庄型铁矿。用U-Pb法测定铁矿石中的磷灰石,获得2580 Ma的变质年龄,测定黑云角闪斜长片麻岩中锆石获得2620 Ma的年龄^[21]。

2.2 早元古代华北陆块南缘为古陆核边缘活动性缓慢沉积

岩石组合除了变薄(与太古宙相比较)的基性-中基性火山岩、火山沉积岩-硅铁建造外,出现碳酸盐岩-海相碎屑岩-硅质泥岩沉积(秦岭群中的碳酸盐岩基底物质很可能属于此种沉积建造),标志着火山活动的减弱和海相化学沉积的开始,大量的石墨-大理岩及厚层状大理岩的出现标志着生物活动的增强。舞阳地区普遍发育铁山庙式铁矿(鞍山式铁矿)。在小秦岭地区,闫家峪组基性火山岩建造是小秦岭石英脉型金矿的主要赋矿围岩,上覆观音堂组的泥质碎屑岩建造显示了以陆缘滨海相为主的沉积特点。

2.3 中-新元古代华北陆块南缘为拉张构造体制下的被动陆缘

吕梁运动(18亿年)以后,以黑沟-栾川断裂作为南部边界的华北古陆以内硅铝造山作用结束了活动陆缘沉积,在稳定陆壳上出现了大陆裂谷,堆积了熊耳群为代表的陆相为主火山岩系,由钾质细碧岩、钾质石英角斑岩和钾质角斑岩组成,主体由中基性、中酸性熔岩构成,富含碱质和REE,具明显的双峰模式,属碱性到钙碱性玄武岩序列。秦岭古岛弧基底的海相碎屑岩-碳酸盐岩建造特征,可与华-熊陆缘带的早元古代的沉积建造对比(相当于舞阳地区下元古界铁山庙组,鲁山地区水滴沟组,小秦岭地区闫家峪组等),同位素年龄数据有相同的频率范围。因此可以推测崤熊运动(1400Ma)结束了熊耳裂谷



1. 登封群; 2. 太华群; 3. 古秦岭群; 4. 熊耳群; 5. 宽坪群; 6. 官道口群; 7. 栾川群; 8. 二郎坪群; 9. 陶湾群; 10. 刘岭群; 11. 蛇绿岩带; Ycp 扬子陆块

1. Dengfeng Group; 2. Taihua Group; 3. Paleo-Qinling Group; 4. Xionger Group; 5. Kuanping Group; 6. Guandaokou Group; 7. Luan-chuan Group; 8. Erlangping Group; 9. Taowan Group; 10. Liuling Group; 11. Ophiolite belt; Ycp-Yangtze Block

图 2 华北古大陆南缘构造演化与成矿系统时空关系

Fig. 2 Geotectonic evolution and its coupling to metallogenic system in the south margin of North China paleocontinent

的发育,在其南侧发生新的地幔热流上涌作用,使南侧的古秦岭群向南部的古秦岭洋迁移,形成离散型岛弧。

在弧后的扩张带形成边缘海盆古构造环境的拉斑玄武岩-复理石-碳酸盐岩建造——宽坪群的同时,熊耳群火山岩南侧的大陆缘斜坡上形成了中元古代晚期的浅—滨海相陆源碎屑-碳酸盐岩建造——官道口群,它们的形成时间大约为 1000~1400 Ma。与此同时,与华北陆块隔古秦岭洋相望的扬子陆块围绕川中古陆核,中、晚元古代的优、冒

地槽沉积物拼贴在古陆核的边缘固结成陆,使扬子古大陆的范围进一步扩大,正式形成结晶基底。

新元古代拉张构造环境发生在晋宁运动(1050 Ma)之后,贵家峪和龙王童(1035 Ma)^[21]花岗岩体都表现为 A 型特征,反映造山期后的松弛环境,以此为开端,在官道口群之上发生了稳定大陆边缘凹陷的栾川群碎屑岩-碳酸盐岩沉积建造。华-熊陆缘带中、新元古代的熊耳群火山岩和栾川群碎屑岩-碳酸盐岩建造的组合特征表明,它经历了初始发生裂谷系到边缘裂陷构造的发展过程^[12]。

2.4 加里东早期华北古陆南缘由被动陆缘转化为活动陆缘

本区在晚晋宁运动后,开始进入加里东旋回(750~400 Ma)^[22]。新元古代末期形成了一套拉张构造环境的富碱岩浆岩组合,由碱性岩、碱性花岗岩和高钾正长斑岩构成一条沿黑沟-栾川断裂带北侧分布的富碱岩浆岩带^[41],形成时代为700 Ma前后,标志着晚晋宁期华北古陆南缘构造热事件——叶舞运动(720 Ma,相当于澄江运动,造成了新元古代震旦系与下伏青白口群之间的平行不整合)的结束和加里东早期拉张构造作用的开始。

栾川新元古代裂谷南侧,继承性陆缘凹陷沿大陆斜坡沉积了陆棚相的陶湾群碎屑岩-碳酸盐岩建造。宽坪群南侧由于南秦岭已开始向北俯冲,古秦岭岛弧与宽坪群之间的弧后拉张作用形成以二坪群为代表的陆缘断陷海盆沉积,从二坪群细碧角斑岩-复理石建造特征和岩石类型分析,构造环境相当于陆缘裂陷向小洋盆的转化;成矿作用以形成细碧角斑岩型铜锌矿(刘山崖铜矿)和与碳质岩系有关的围山城金银矿床为特点。随着扬子板块继续向北俯冲,秦岭古岛弧与华北古陆碰撞,开始加里东褶皱造山作用,出现碰撞同熔型花岗岩(513 Ma)^[21]和大规模花岗岩浆活动(五朵山、漂池、灰池子花岗岩基分别定位于二郎坪群和秦岭群,频率年龄为410 Ma左右)^[42],作为挤压构造环境的时间性标志,华北古陆南缘的构造转换期应该为650~550 Ma。

2.5 早古生代华北陆块南缘转化为相当于太平洋型的活动大陆边缘

自古生代初陆缘构造体制转换以后,到早古生代末发生了加里东褶皱陆缘造山,二郎坪断陷海盆关闭,秦岭古岛弧与二郎坪群和宽坪群构成北秦岭造山带,形成华北古陆南缘的增生带。这个时期主要形成与中酸性岩浆活动和构造作用流体运移有关的矿床,如二郎群中的高庄金矿和许窑沟金矿床。这时扬子板块北缘晚元古代的毛堂群火山-碎屑岩建造与南侧的地层和北侧的“陡岭地块”拼贴为扬子陆块北缘。

2.6 晚古生代华北板块与扬子板块逐渐靠拢

泥盆纪时洋壳基本消减殆尽,在代表缝合带的商丹断裂和岩带南侧,发育大陆斜坡的海相复理石沉积,沉积深度自南向北变深,物源来自北侧的秦岭岛弧,反映当时扬子板块向北俯冲于华北板块南缘之下。巨厚的砂板岩、泥灰岩沉积和构造为热水沉积型矿床创造了良好条件,形成了银洞子银-铅、黑

沟铅-锌和公馆汞-锑等热水沉积型矿床。石炭纪初两板块开始碰撞,海水退出,大洋逐渐封闭,仅在大别山的杨山一带“残留”了石炭纪海相-陆相的杨山煤系地层。二叠纪时两板块最终缝合;缝合时间由东向西逐渐延至三叠纪,在东秦岭地区,已无海相地层沉积。

2.7 中生代扬子板块与华北板块的拼接

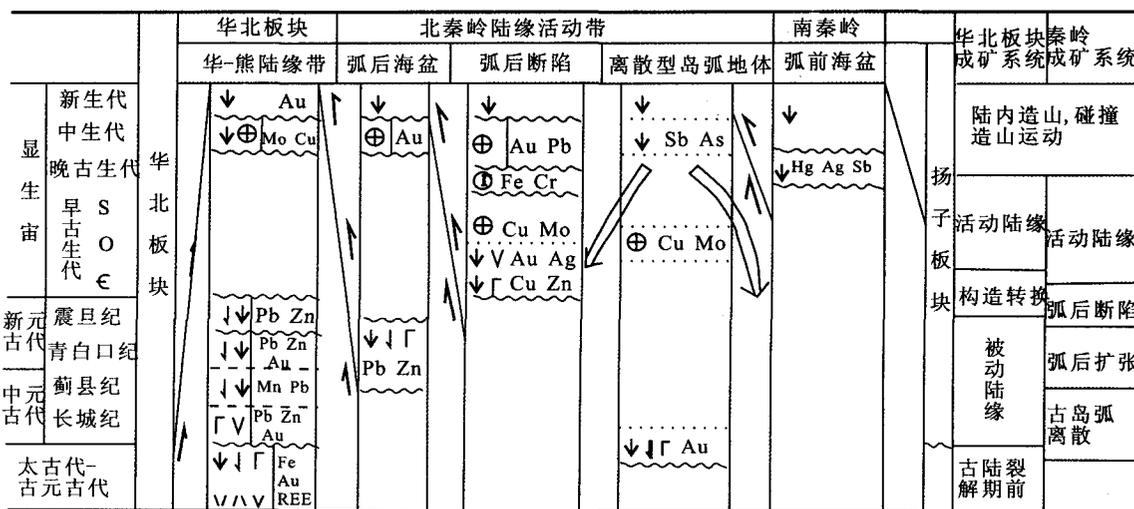
缝合线两侧地层发生褶皱和逆冲推覆,不同时代、不同岩性、不同建造的地质体紧密堆叠在一起,造成了秦岭-桐柏碰撞型造山带。A型俯冲产生的“对花岗岩带”^[43]形成重要的内生金属矿产,特别是华北陆块南缘华-熊陆缘带的中酸性花岗岩集中产出东秦岭地区最重要的铜、钨、铜、铅、锌和金-银矿床。小秦岭金矿田、桐柏金-银-铜矿集区和熊耳山金-银矿田虽然已发生初始成矿作用,但在中生代A型碰撞造山过程中,受构造-流体作用影响,成矿流体再迁移分配,对“原矿床”进行了改造、叠加成矿或者破坏,使这些矿田(或矿集区)的成矿系统复杂化。

3 华北陆块南缘成矿系统

按最近的定义^[19],成矿系统是指在一定时空域中控制矿床形成、变化、保存的全部地质要素和成矿作用动力过程,以及所形成的矿床系列、矿化异常系列构成的整体是具成矿功能的一个自然系统。因此,可以把矿床看作是地质作用整体的一部分,但又是特殊物质组成的矿化异常系列产物。东秦岭地区贵金属-有色多金属成矿带按全国成矿区划,可以划分为一个三级成矿带,按成矿系统的层次性,是一个古大陆边缘区域成矿系统,大部分矿床分布在华北陆块南缘的华熊陆缘带。因此,从成矿系统的结构角度分析,成矿的决定因素是古大陆边缘不同的构造体制形成的沉积建造和岩石组合,以及后期的构造-流体和岩浆-流体改造成矿作用。从华北古陆块南缘构造格架和演化分析,可以划分出五个不同构造体制的成矿系统:1)前长城纪活动古陆核边缘成矿系统;2)中、新元古代被动大陆边缘成矿系统;3)早加里东构造体制转换期成矿系统;4)古生代挤压体制下活动大陆边缘成矿系统;5)中生代陆内碰撞成矿系统。在不同构造体制成矿系统层次内,按不同沉积建造和岩石组合控矿环境,划分出次一级的成矿组合(图3)。

3.1 前长城纪华北古陆核活动边缘成矿系统

按沉积建造和岩石组合,划分出舞阳铁成矿组合和小秦岭-熊耳山金银成矿组合。



注:▽碎屑沉积;⊕碳酸盐沉积;Γ基性火山岩;∇中性火山岩;∨酸性火山岩;∧碱性火山岩;⊙成矿基性-超基性火山岩;⊕成矿中酸性火山岩;∕压性断层;∧张性断层;∨性质不明断裂;俯冲方向及始末时间;元素符号示成矿组合

图3 华北古大陆南缘成矿谱系

Fig. 3 The metallogenic pedigree in the south margin of the North China Paleocraton

赵案庄铁成矿组合:矿床形成于太古宙古陆核边缘海盆。矿区位于舞阳县南部地区,矿体赋存于晚太古界赵案庄群,源岩以拉斑玄武岩为主的基性火山岩和火山沉积岩建造,夹超镁铁质岩(部分为科马提岩)和少量泥灰岩。矿体通常呈透镜状,顶底板为铁蛇纹岩。金属矿物主要有磁铁矿,次要及微量矿物有钛铁矿、黄铁矿、镁铁尖晶石和白钛石等。矿石结构主要为自形一半自形粒状结构,其次有镶嵌结构、结晶结构、海绵陨铁结构和固溶体分离结构。矿石与顶底板磁铁矿蛇纹岩、角闪岩互层,指示基性、超基性岩浆型矿床特征。赵案庄群上部覆盖古元古代的铁山庙组浅粒岩、斜长角闪片麻岩、白云质大理岩、蛇纹岩、角闪岩及混合岩的源岩为中基性火山-沉积岩,并有碳酸盐岩和富铝粘土沉积。中段有条带状石英辉石磁铁矿(鞍山式铁矿层),金属矿物主要为磁铁矿、假象赤铁矿,矿石结构主要为细至中粒变晶结构,构造主要为块状和条带状构造,属典型的火山-沉积变质铁矿床。

小秦岭金银成矿组合:含金石英脉型金矿田位于小秦岭前长城纪太华群中深区域变质的中基性-中性火山-沉积变质岩系,原岩相当于深海拉斑玄武岩、泥质砂岩、石英砂岩和碳酸盐岩类,属于古陆活动性边缘海盆沉积。小秦岭太华群的南边界(小河断裂)被中元古界蓟县群高山河组以角度不整合超覆,从不同测试方法获得的17个同位素年龄数据^[21]来看,U-Pb年龄组为2411 Ma,Rb-Sr等时线年龄组中未混合岩化的角闪斜长片麻岩为2500~2217 Ma,已混合岩化的角闪斜长片岩为2020~

1935 Ma,K-Ar年龄为1957~191 Ma,表明太华群形成之后,长期经受多次构造热事件的影响,其中地层中的文峪花岗岩 Rb-Sr 等时年龄为 172~176 Ma。在燕山期陆内造山作用过程中^[44]形成推覆构造和变质核杂岩^[45]及一系列控制含金石英脉的韧性剪切带。

3.2 中、新元古代被动大陆边缘成矿系统

中、新元古代华北南块南缘主要的建造层有熊耳群裂谷型火山岩沉积建造^[23]、官道口群碎屑岩-碳酸盐岩建造和栾川群碎屑岩-碳酸盐岩-碱性岩建造,构成古大陆边缘“裂陷槽”^[24],分别形成外方山铜-铅-锌成矿组合、神洞沟锰-铅-锌成矿组合和维摩寺铅-锌-银成矿组合。

外方山铅-锌-铜成矿组合:矿区位于汝阳县靳村乡,矿床赋存于中元古界熊耳群鸡蛋坪组(岩性为安山玢岩、英安岩和流纹岩,局部夹薄层状泥灰岩、凝灰岩及砂砾岩),成矿元素丰度较高,Pb 76.84×10^{-6} ,Zn 125.93×10^{-6} 。断裂构造以破碎带、蚀变带及矿化带控制矿体的分布。矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿,次有磁黄铁矿、黄铜矿,微量矿物有磁铁矿、斑铜矿和自然金和自然铜等。矿体垂直分带明显,上部为铅-锌,下部黄铜矿含量增多。矿石具粒状和脉状结构,致密块状和浸染状构造。

神洞沟锰-银成矿组合:矿床形成于被动大陆边缘“裂陷槽”碎屑岩-碳酸盐相沉积的交变带,即中元古代晚期的官道口群高山河组石英砂岩与龙家园组白云质大理岩的过渡带。锰-银多金属矿床的形成与同生断层、海平面升降等沉积环境变化密切相关。

成矿分为两期:第一期由深部热流体沿同生断层喷溢与海水混合时发生变化而沉淀成矿,第二期为深部流体造成的隐蔽爆破角砾岩筒的岩筒和围岩裂隙中充填成矿。矿体呈层状,顶板为砾岩、燧石条带和条纹白云岩,底板为高山河组石英砂岩,水平分带自喷溢中心向外为角砾状—块状—结核状矿石,垂直方向自下而上为纹层状—结核状—豆鲕粒状矿石。矿石矿物为硬锰矿和软锰矿,并有自然银、辉银矿、锰钡矿、锰铅矿等。银的赋存状态主要为自然银、辉银矿,Pb、Zn则以吸附态存在。

太洞沟铅-锌成矿组合:矿床形成于中元古界官道口群龙家园组含硅质条带白云质大理岩。矿体呈豆荚状、透镜状和囊状,矿石矿物成分简单,以方铅矿为主,次为黄铁矿、黄铜矿和闪锌矿,微量磁铁矿,非金属矿物以石英为主,白云石、方解石、重晶石次之。矿石构造有块状细脉状和浸染状。层状矿化与浅海相沉积作用有关,但矿化较弱,呈星点状或浸染状,经后期构造活动的热液改造作用,沿构造裂隙充填脉状的富矿体,构成裂隙充填型铅-锌矿床。

赤土店铅-锌成矿组合:矿床形成于晚元古代栾川群煤窑沟组碳质片岩和白云质灰岩等层位。矿体受断裂控制,北东倾向断裂控制的矿体多呈透镜状和饼状,北西倾向者则控制脉状和囊状矿化。矿石金属矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、辉银矿和黄铜矿。非金属矿物有方解石、石英、白云母和绢云母。

维摩寺铅-锌成矿组合:矿床形成于晚元古代—早古生代陆棚-滨海相陶湾群碳酸盐岩-碳质泥岩建造,成矿岩石组合为大理岩、白云质大理岩、角砾状含硅质条带白云质大理岩和炭质绢云母片岩等构成。控矿断裂对后期矿化富集有明显影响。矿区铅同位素组成稳定,显示原始矿化与沉积作用有关。矿区北部以浸染状矿化为主的角砾状和条带状大理岩构成矿体,南部则以裂隙充填型矿化形成的与地下水循环溶解早期矿化岩层并沿裂隙充填及再沉淀的再生矿化。矿石中除方铅矿和闪锌矿外,还有少量黄铁矿和黄铜矿。

3.3 早加里东期构造体制转换期成矿系统

早加里东期是华北陆块南缘构造体制由张性向压性转化时期,由于张性构造体制的滞后作用,形成以二郎坪细碧角斑岩-类复理石建造为代表的断陷海盆沉积,下部细碧角斑岩喷发沉积形成刘山崖铜-锌成矿组合,上部的炭质岩系形成围山金-银成矿组合,代表压性构造体制开始的碰撞前同熔型花岗岩活动的秋树湾铜-钼成矿组合。

(1)刘山崖铜-锌成矿组合:矿床形成于早古生代二郎坪群细碧-角斑岩建造。岩石组合主要有熔岩相的基性变细碧岩、酸性变石英角斑岩和碱性变质角斑岩,次火山岩相的辉绿玢岩、次闪石岩和石英角斑岩,喷发相有火山碎屑岩和沉积相的凝灰质大理岩和中基性凝灰岩。与矿化关系密切的围岩蚀变有硅化、重晶石化、绢云母化和褐铁矿化。主要含矿围岩是变细碧角斑凝灰岩。矿体走向与区域构造线一致,走向和倾向上矿化连续性强。矿石矿物有绢云母、石英、重晶石、绿泥石、方解石和钠长石等。矿石类型以铜-锌矿石为主。矿石构造有块状、浸染状、条带状和细脉状等。

(2)围山城金-银成矿组合:矿田包括桐柏北部的银洞坡金矿和破山银矿,形成于早古生代二郎坪群细碧角斑岩-类复理石建造的上部地层歪头山组,岩石组合自下而上为变粒岩、大理岩、斜长角闪片岩、炭质绢云石英片岩、不等粒黑云变粒岩、炭质绢云石英片岩、二云变粒岩夹大理岩。其中两个炭质绢云石英片岩岩性段,下部炭质岩性段见于银洞坡金矿,上部岩性段则出露于破山银矿。区域构造控矿明显,整个矿田受河前庄倾伏背斜控制。

银洞坡金矿床的地层原岩为一套含有有机质粉砂岩及岩屑、晶屑中酸性火山碎屑沉积岩。矿石主要为含金属硫化物及金、银矿物的蚀变炭质绢云石英片岩。矿石结构为晶粒结构、固溶体分离结构、交代结构等,构造以浸染状、网脉状为主,其次有角砾状和块状构造。金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、银金矿和金银矿等,少量自然银、辉银矿、银黝铜矿和黄铜矿等,非金属主要有石英、绢云母,次有方解石、长石、白云石、重晶石等。矿石品位含金 $n \sim n \times 10$ g/t,平均品位 Au 9.95 g/t, Ag 40%~80 g/t, Pb 0.5%~6.3 g/t, Zn 0.1%~1.6%。矿石以自然金和银金硫化物为主,呈粒间、裂隙和包体金形态赋存硫化物中。围岩蚀变主要有硅化、绢云母化和碳酸盐化。

破山银矿赋存于歪头山组上部炭质含矿岩性段,按沉积层序覆于银洞坡金矿含矿岩性段之上。矿体沿层间断裂分布,与围岩无明显界线,呈不规则层状、脉状、透镜状等产出。主矿体 Ag 平均品位 244~301 g/t,伴有可综合利用的铅-锌、硫、镉、金等有用组分。矿石为含金属硫化物及金银矿物岩石(绢云石英片岩、变粒岩和斜长角闪片),银矿物主要为辉银矿和自然银,少量为深红银矿、淡红银矿、银黝铜矿和辉铋银矿等。金属硫化物主要有方铅矿、

闪锌矿和黄铁矿等。

(3)秋树湾斑岩型铜-钼成矿组合:矿床形成于华北陆块南缘加里东褶皱增生的前期壳幔同熔型花岗斑岩内。围岩为二郎坪群变质岩,侵入年龄 556 Ma(Rb-Sr 法)^[21]。岩体一侧发育爆发角砾岩筒,形成秋树湾铜矿的主矿体。热液蚀变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→青磐岩化。其中石英钾长石化是钼矿化部位,石英绢云母化及矽卡岩化与铜矿化有关。青磐岩化地段则与铅、锌、银矿化关系密切。铜矿体发育于爆发角砾岩筒中,呈层状和似层状。矿石金属矿物主要有黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和磁黄铁矿。

3.4 古生代活动大陆边缘成矿系统

古生代华北陆块南缘构造体制转换为活动大陆边缘,北秦岭经历了多次变质变形构造作用,沉积建造和岩石组合被移位和肢解,现存的成矿现象比较明显的是沟-弧-盆体系内与沉积盆地有关的热液沉积型矿床,弧前盆地南秦岭有公馆汞-锑成矿组合,大西沟重晶石-黄铁矿和银洞子银成矿组合。

(1)公馆汞-锑成矿组合:矿床形成于下泥盆统公馆组瀉湖相白云岩。公馆-回龙汞-锑矿田受近东西向背斜断裂控制,矿体大致等距充填于次级断裂与主干断裂的交汇处,呈不规则脉状、透镜状。公馆背斜北部为单汞矿石,南部以汞-锑矿石为主。矿体围岩有脉状硅化、碳酸盐化和重晶石化。矿石有浸染状、细脉状和块状构造。矿石矿物以辰砂、辉锑矿为主,少量黄锑矿、红锑矿和硫铜锑矿,共生矿物有黄铁矿和少量雌黄、雄黄、闪锌矿和方铅矿等,脉石矿物有石英、方解石和重晶石。

(2)大西沟重晶石、菱铁矿和银洞子银成矿组合:矿床形成于华北陆缘中泥盆世大西沟组泥砂质碎屑岩-碳酸盐岩建造。含矿层位为大西沟组下部绿泥绢云千枚岩与铁白云岩互层,其中有少量石英钠长岩。以榨水大西沟重晶石-菱铁矿矿床和银洞子银矿床为代表,共生(伴生)有铅、锌、铜、钴和硫。矿体呈层状,多层矿体平行分布,多金属硫化矿层位于含矿层下部,其上为菱铁矿层和重晶石矿层。菱铁矿体含 TFe 28.02%;重晶石矿体含 BaSO₄ 41.7%;银矿体含 Ag 107.03 g/t,伴生 Cu 0.56%, Pb 2.29%, Zn 0.81%。

3.5 中生代陆内碰撞成矿系统

中生代华北陆块与扬子陆块在商丹断裂带(缝合带)闭合,开始了陆内碰撞造山阶段。由于扬子陆

块北缘作为俯冲盘下伏于华北陆块,壳幔作用的活动带和构造作用矛盾集中带^[21]发生在商丹断裂北侧。矿化集中在华北陆块南缘华-熊陆缘带和北秦岭,成矿作用表现为构造-流体成矿和岩浆-流体成矿两大方式;前者以大河锑矿床、老湾金矿床等韧性剪切构造成矿作用为主导型式,形成大河沟锑砷成矿组合,老湾金矿成矿组合;后者以陕西金堆城—河南栾川燕山期中酸性小岩体钼-钨、铜、铅-锌、银、金矿床的岩浆-流体成矿作用为主导型式,形成著名的金堆城-南泥湖钼钨成矿组合。

(1)大河沟锑-砷成矿组合:矿田位于秦岭群与二郎坪群的构造接触边界南侧,为印支期的韧性剪切带,用薄板法(thin-slab)测得大河沟成矿围岩云英质糜棱岩的 Rb-Sr 全岩年龄为 198.6 ± 4.7 Ma^[46],代表韧性剪切构造的结束时间。矿体沿构造带断续形成多个矿床,构成卢氏官坡-朱阳关锑矿带。韧性剪切带与成矿关系密切,推测成矿作用发生于印支期,结束年龄可用韧性剪切构造活动关闭年龄为代表。矿带中段的大河沟锑矿具代表性,金属矿物主要为辉锑矿,其次为黄铁矿和辉银矿。脉石矿物主要为石英、方解石、白云石、重晶石,含少量砷矿物。辉锑矿组合类型有:辉锑矿-石英组合、辉锑矿-方解石、石英和辉锑矿-重晶石组合。矿石类型有脉状-网脉状、浸染状和角砾状。围岩蚀变主要为硅化,次为黄铁矿化、白云石化、绢云母化和方解石化。成矿分为四个阶段:1)黄铁矿-石英阶段,发生较大范围的硅化和黄铁矿化,形成少量辉锑矿;2)粗晶辉锑矿-石英阶段形成粗晶辉锑矿和玉髓状石英;3)碳酸盐-辉锑矿-石英阶段形成细粒方解石、白云石、石英和辉锑矿;4)重晶石-石英阶段。

(2)老湾韧性剪切带型金成矿组合:矿床形成于韧性剪切带中。矿区地层为古生代信阳群龟山组结晶变质岩系,原岩为一套滨海相沉积的泥硅质、泥砂质碎屑岩和火山碎屑岩建造。岩性变化大,且原始地层层序不清。围岩有角闪质糜棱岩、糜棱片岩和长英质变粒岩。其中角闪质糜棱岩代表较早的韧性变形带,随后由于矿区南北两个断裂长期右行扭动,在先期角闪质糜棱岩中再次韧性剪切或者韧性剪切分解作用形成糜棱构造片岩,呈斜列式平行展布,为矿床的主要赋矿构造,矿体呈顺层似层状。韧性剪切带南侧侵老湾花岗岩体中有大量围岩捕虏体,K-Ar 年龄为 100 Ma^[47]。成矿物质来源研究表明,矿石和围岩中硫同位素指示幔源硫特征,氢氧同位素指示成矿流体为变质水,矿石黄铁矿的 Co/Ni、Se/

Te 值均小于 1, 显然不属于岩浆热液金-多金属矿床中的黄铁矿特征。

(3) 燕山期中酸性小岩体岩浆活动钼-钨成矿组合: 华北陆块南部的华-熊陆缘带, 有数十个大中型的钼-钨矿, 形成东秦岭金堆城-栾川钼-钨多金属成矿带。大多数属于高一中温岩浆热液流体成矿, 矿床类型有斑岩型、斑岩-矽卡岩型、矽卡岩型、爆破角砾岩型和脉型。依矿物组合又可分为铜-钼矿床、铁-钼矿床、钼-钨矿床和钼-铼矿床; 另有铜、铅-锌矿床。根据矿带中 48 个含矿的中酸性小岩体形成时代统计^[48], 侵入时代为 69~194 Ma, 与钼-钨矿化有关的岩体同位素年龄为 130.9~164 Ma。成矿带内燕山早期成矿作用发生在卢氏、灵宝、栾川一带, 以铜、钼、铁、铅、锌矿化为主, 钼矿集中发生在 136~162 Ma。燕山晚期成矿作用发生在商县、洛南一带, 以钼、铅、铁及稀土矿化为主, 钼矿化集中形成于 114~128 Ma。著名的钼-钨矿床有金堆城、石家湾、南泥湖、夜长坪、雷门沟和南台等。

4 讨论与结论

华北古大陆南缘前长城纪为古陆核活动性边缘沉积。中、新元古代为被动大陆边缘拉张构造体制下的古陆缘增生过程, 早加里东期构造体制从张性转换为挤压性的过渡期, 古生代以挤压体制下的主动大陆边缘消减过程, 中生代华北古陆与扬子古陆在秦岭拼合, 是陆内碰撞(A型)造山期, 晚白垩世(100 Ma)开始, 秦岭伸展抬升, 秦岭-大别东西向裂解、扭切, 表现为受太平洋板块影响的深部构造格局。

在全国性成矿区划中可划为三级成矿带——东秦岭贵金属有色金属成矿带, 矿床集中分布华北陆块南部的华熊陆缘带, 按构造演化过程的沉积建造特征和成矿系统的层次性, 可划分为前长城纪古陆核活动性成矿系统、中新元古代被动大陆边缘成矿系统、早加里东期构造体制转换过渡期成矿系统、古生代主动大陆边缘成矿系统和中生代陆内碰撞成矿系统。

成矿组合有: 与早元古代绿岩建造有关的小秦岭金矿组合、与海底喷流沉积有关神洞沟锰成矿组合、与构造体制转换过程有关的围山城金银成矿组合、与热水沉积有关的银洞子银铅成矿组合和大河沟砷成矿组合, 以及与燕山期中酸性小岩体活动有关的钼钨成矿组合等。在古大陆边缘成矿系统中具有典型性。

参考文献 (References):

- [1] Kutina J. Ore deposit controls by fracture patterns of the crust and by mantle-rooted structural discontinuities[J]. *Earth Science Frontiers*, 1999, 6(1): 29-53.
- [2] 涂光炽. 超大型矿床的探寻与研究的若干进展[J]. *地学前缘*, 1994, 1(3): 45-53.
Tu Guangchi. Recent progresses on the studies and searches for superlarge mineral deposits[J]. *Earth Science Frontiers*, 1994, 1(3): 45-53.
- [3] Sankins F J. Anorogenic felsic magmatism, rift sedimentation, and giant Proterozoic Pb-Zn deposits [J]. *Geology*, 1989, (17): 657-660.
- [4] 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统[A]. 北京大学地质系. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集[C]. 北京: 地震出版社, 1998: 769-778.
Zhai Yusheng. Geotectonic evolution and metallogenic system in the Southern Margin of North China Paleocoastline [A]. The department of Geology, Beijing University. International geological science Conference [C]. Beijing: Earthquake Publishing House, 1998: 769-778.
- [5] 孙启祯. 边缘成矿与成矿边缘效应[J]. *地学前缘*, 1994, 1(4): 176-183.
Sun qizhen. Marginal mineralization and mineralization marginal effects [J]. *Earth Science Frontiers*, 1994, 1(4): 176-183.
- [6] 郑明华. 现代成矿学导论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998: 1-328.
Zheng Minghua. The introduction of modern metallogeny [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1998: 1-328.
- [7] 翟裕生. 大型构造与超大型矿床关系[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-180.
Zhai Yusheng. The relationship between macro structure and superlarge deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 1-180.
- [8] Mitchell A H G and Garrson 1981. *Mineral deposits and global tectonic setting*. Academic press Inc. (London) Ltd. 159-166.
- [9] 金性春. 板块构造学基础[M]. 上海: 上海科技出版社, 1984: 1-283.
Jin Xingchun. The foundation of plate tectonics [M]. Shanghai: Shanghai Science & technology press, 1984: 1-283.
- [10] 胡受奚, 赵懿英, 徐金方, 等. 华北地台金矿成矿地质[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 1-220.
Hu Shouxi, Zhao yiyong, Xu Jinfang, et al. Metallogenic geological of gold deposits in the north china platform [M]. Beijing: Beijing Science Press, 1997: 1-220.
- [11] 陈衍景, 富士谷. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京: 地震出版社, 1992, 1-234.
Chen Yanjing, Fu Shigu. Metallogenic regularity of gold deposits in western Henan [M]. Beijing: Earthquake Publishing House, 1992, 1-234.

- [12] 王志光,等. 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1997:1-310.
Wang Zhiguang, *et al.* Geotectonic evolution and metallogenic in the southern margin of the North China Block[M]. Beijing: Beijing: Publishing House of Metallurgical Industry, 1997:1-310.
- [13] 周作侠,李秉伦,郭抗衡. 华北地台南缘金(钼)矿床成因[M]. 北京:地震出版社,1993:1-300.
Zhou Zuoxia, Li Binglun, Guo Kangheng. The genesis of gold (molybdenum) deposits along the southern margin of north China Platform[M]. Beijing: Earthquake Publishing House,1993:1-300.
- [14] Zhang Zhengwei, Zhu Bingquan, Cai Keqin. The lead isotopic steep-dipping zone and mineralization: An example from the mineral deposits concentrated area in East Qinling, China. *Journal of China University of Geosciences*, 2000, 11(1): 287-294.
- [15] 张正伟,翟裕生,邓军,朱炳泉,林潜龙. 华北古大陆南缘的金属成矿作用[J]. 地球学报, 2001, 22(2): (129-134).
Zhang Zhengwei, Zhai Yusheng, Deng Jun, Zhu Bingquan, Lin Qianlong. Metallogenic Process in the Southern Margin of North China Palecontinent [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2001, 22(2): (129-134).
- [16] 张正伟,朱炳泉,常向阳,强立志,温明星. 东秦岭钼矿带成岩成矿背景及时空统一性[J]. 高校地质学报, 2001, 7(3): 307-315.
Zhang Zhengwei, Zhu Bingquan, Chang Xiangyang, Qiang lizhi, Wen mingxing. Petrogenetic metallogenetic background and time-space relationship of the East Qinling molybdenum ore belt, China[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2001, 7(3): 307-315.
- [17] 张正伟,杨怀洲,朱炳泉,邓军. 东秦岭内生金属成矿组合与成矿系统[J]. 地质通报, 2002, 21(7): 86-91.
Zhang Zhenwei, Yang Huaizhou, Zhu Bingquan, Dengjun. Endogenic metallogenetic system and assemblage in the East Qinling, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21(7): 86-91.
- [18] 张正伟,杨怀洲,朱炳泉. 东秦岭沉积建造演化与成矿[J]. 地球学报, 2003, 24(1): 29-34.
Zhang Zhenwei, Yang Huaizhou, Zhu Bingquan. The development of sedimentary buildups and mineralization in the Eastern Qinling mountain[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2003, 24(1): 29-34.
- [19] 翟裕生,邓军,李晓波. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社, 1999:1-286.
Zhai Yusheng, Deng Jun, Li Xiaobo. Regional metallogeny [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999:1-286.
- [20] 张国伟,等. 秦岭造山带大地构造图[M]. 北京:科学出版社, 1996.
Zhang Guowei, *et al.* The tectonic map of Qinling orogenic belt[M]. Beijing: Beijing Science Press, 1996.
- [21] 胡受奚,林潜龙,等. 华北与华南古板块地质和成矿[M]. 南京:南京大学出版社, 1988, 1-558.
Hu Shouxi, Lin Qianlong, *et al.* Geology and mineralization of north China plate and south plate[M]. Nanjing: Nanjing university press, 1988, 1-558.
- [22] 司马献章. 华熊地区金矿集中区成矿机理探讨[J]. 河南地质, 1997, 15(3): 167-173.
Sima Xianzhang. An approach to the metallogenic mechanism of the ore-forming concentrated province of gold deposits in huashan-xiong'ershanmassif [J]. *Henan Geology*, 1997, 15(3): 167-173.
- [23] 孙枢,从柏林,李继亮. 豫陕中一晚元古代沉积盆地[J]. 地质科学, 1981, 26(4): 314-322.
Sun Shu, Cong Bolin, Li Jiliang. Evolution of the henan-shanxi sedimentary basin of the middle and late Proterozoic age (part I) [J]. *Chinese Journal of Geology*, 1981, 26(4): 314-322.
- [24] 关保德,等. 河南华北地台南缘前寒武纪-早寒武世地质和成矿[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996:1-325.
Guan Baode, *et al.* Geology and mineralization of the southern margin of North China Platform during Precambrian-Early Cambrian[M]. Wuhan: China university of geosciences press, 1996:1-325.
- [25] 张正伟,朱炳泉,常向阳. 东秦岭富碱侵入岩 Nd, Sr, Pb 地球化学及地质意义[J]. 地球化学, 2000, 29(5): 455-461.
Zhang Zhengwei, Zhu Bingquan, Chang Xiangyang. Nd, Sr, Pb isotopic geochemistry of the alkali-rich intrusive rocks in East Qinling, central China and its tectonic significance[J]. *Geochimica*, 2000, 29(5): 455-461.
- [26] 张寿广,万渝生. 北秦岭宽坪群变质地质[M]. 北京:北京科技出版社, 1991:1-119.
Zhang Shouguang, Wan Yusheng. Metamorphic geology on Kuanping Group of the northern Qinling Mountains[M]. Beijing: Beijing Science & technology press, 1991:1-119.
- [27] 高山. 秦岭造山带及其邻区大陆地壳的结构与成分研究[A]. 张本仁,等. 秦巴区域地球化学文集[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1990:33-48.
Gao Shan. Studies on the structure and composition of continental crust in the qinling orogenic belt its adjacent area [A]. Zhang Benren, *et al.* Collected papers on geochemistry of Shaanxi-Sichuan Area[M]. Wuhan: China university of geosciences press, 1990:33-48.
- [28] 河南省地矿厅区调队. 河南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989:1-400.
Regional Geological Survey Party. Department of Geology and Mineral Resources. The geological history of Henan province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989:1-400.
- [29] 屠森. 栾川、卢氏、洛南一带震旦界地层的对比意见[J]. 河南地质, 1979, (2): 1-8.
Tu Sen. The comparison of sinian suberathem in Luan Chuan-Lushi-Luonan [J]. *Henan Land & Resources*, 1979, (2): 1-8.
- [30] 张维吉,宋子季. 北秦岭变质地层(下卷) [M]. 西安:西安交通大学出版社, 1988:1-210.
Zhang Weiji, Song Ziji. metamorphic strata of northern Qin-

- ling Vol. 2[M]. Xi'an: Xi'an Traffic University Press, 1988:1-210.
- [31] 符光宏,等. 河南省秦岭一大别造山带地质构造与成矿规律. 郑州:河南科学技术出版社,1994:1-300.
Fu Guanghong, *et al.* Geological structure and metallogenic regularity of Qin ling-Dabie Orogen[M]. Zhengzhou: Henan Science & technology press, 1994:1-300.
- [32] 王润三,刘文荣,等. 二郎坪群蛇绿岩的产出环境[A]. 刘国惠,张寿广. 秦岭一大巴山地质论文集(一) 变质地质[M]. 北京:北京科技出版社,1990.154-166.
Wang Runsan, Liu Wenrong, *et al.* Occurrence environment of ophiolite in erlangping group of east Qinling[A]. Liu Guohui, Zhang Shouguang. Collected papers of Qinling - Daba Mountain I: Metamorphic geology[M]. Beijing: Beijing Science & technology press, 1990.154-166.
- [33] 卢欣祥. 秦岭花岗岩揭示的造山过程——秦岭花岗岩研究进展[J]. 地球科学进展,1998,13(2):213-214.
Lu Xinxiang. The orogenic course revealed by the studies of granites in Eastern Qinling: The research progress of granites in Eastern Qinling[J]. Advances in Earth Science, 1998, 13 (2):213-214.
- [34] 严阵. 陕西省花岗岩[M]. 西安:西安交通大学出版社,1979:1-120.
Yan Zhen. The granite of Shaanxi Province[M]. Xi'an: Xi'an Traffic University Press, 1979:1-120.
- [35] 林潜龙. 河南省板块构造概述[J]. 河南地质,1989,7(4):21-27.
Lin Qianlong. Summary of plate tectonics of Henan province [J]. Henan Land & Resources, 1989, 7(4):21-27.
- [36] 张宗清,刘敦一,付国民. 北秦岭变质地层同位素研究[M]. 北京:地质出版社,1994.11-55.
Zhang Zongqing, Liu Dunyi, Fu Guomin. Isotope study of metamorphic strata in Northern Qinling[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 11-55.
- [37] 游振东,索书田,陈能松,钟增球,郝雅. 豫西秦岭群变质岩相学特征及早期地壳演化[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1987,12(3):321-328.
You Zhendong, Suo Shutian, Chen Nengsong, Zhong Zengqiu, Hao Ya. The metamorphic petrography and early crustal evolution of Qinling group in western Henan [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1987, 12(3):321-328.
- [38] 陕西省地质局. 陕西省地质志[M]. 北京:地质出版社,1989.
Geological Bureau of Shanxi Province. The geological history of Shanxi province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989.
- [39] 王鸿祺,徐成彦,周正国. 东秦岭古海两侧大陆边缘的构造发展[J]. 地质学报,1982,56(3):270-279.
Wang Hongzhen, Xu Chengyan, Zhou Zhengguo. Tectonic development on the both sides of paleo-ocean in East Qinling [J]. Acta Geologica Sinica, 1982, 56(3):270-279.
- [40] 张正伟,朱炳泉,蔡克勤,邓军,王卫,强立志. 大陆块体地球化学边界与成矿——兼论中国东秦岭金属矿集区的构造控制[J]. 地学前缘, 2000, 7(1):87-95.
Zhang Zhengwei, Zhu Bingquan, Cai Keqin, Deng Jun, Wang Wei, Qiang Lizhi. Blocks and mineralization — An example from the mineral deposits concentrated area in east Qinling, China [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(1):87-95.
- [41] 张正伟,朱炳泉,常向阳,谢静. 东秦岭富碱侵入岩岩石化学及分布特征. 岩石学报,2002,19(4):468-474.
Zhang Zhengwei, Zhu Bingquan, Chang Xiangyang, Xie Jing. Major element characteristics of the alkali-rich intrusive rocks zone and distribution of the subzones in the northern part of east Qinling, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 18 (4): 468-474.
- [42] 郭抗衡,宋大柯. 河南省小秦岭金矿研究中若干理论问题的讨论[J]. 河南地质, 1987,5(2):1-6.
Guo Kangheng, Song Dake. The discussion of some theoretical problems in Xiaoling gold district of Henan province [J]. Henan Land & Resources, 1987, 5(2):1-6.
- [43] 胡志宏,胡受奚,周顺之. 东秦岭北部燕山期陆挤压—俯冲背景的 A-型花岗岩带[J]. 岩石学报,1990. (1):1-12.
Hu Zhihong, Hu Shouxi, Zhou Shunzhi. The Yanshanian A-type twin granite belts of intracontinental compression—subduction environment in northern part of East Qinling area [J]. Acta Petrologica Sinica, 1990. (1):1-12.
- [44] 张国伟. 秦岭造山带的形成和演化[M]. 西安:西北大学出版社,1989.1-120.
Zhang Guowei, *et al.* Formation and evolution of Qinling orogeny[M]. Xi'an: Northwest University Press, 1989. 1-120.
- [45] 王志光,等. 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1997. 1-310.
Wang Zhiguang, *et al.* Geotectonic evolution and mineralization in the southern margin of the North China Block [M]. Beijing: Publishing House of Metallurgical Industry, 1997. 1-310.
- [46] Yang X Y, Yang X M, Zhang J J, *et al.* Metallogenic geochemistry of Sb mineralization in southern margin of North China platform [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 4 (sup.): 17-18.
- [47] 马振东. 东秦岭及邻区各矿带稳定同位素地球化学研究[J]. 矿床地质,1992,11(1):54-64.
Ma Zhendong. Stable isotope geochemical studies of various metallogenic belts in east Qinling and neighboring areas [J]. Mineral Deposits, 1992, 11(1):54-64.
- [48] 张正伟,张中山,董有,彭万夫,张建军. 东秦岭钼矿床及其深部构造制约[J]. 矿物学报, 2007, 27(3-4): 372-378.
Zhang Zhengwei, Zhang Zhongshan, Dong You, Peng Wanfu, Zhang Jianjun. Molybdenum deposits in eastern Qinling, central China: Deep structural constraints on their formation [J]. Acta Mineralogica Sinica, 27(3-4): 372-378.