

秦岭造山带构造-成矿旋回与演化

王平安

(中国地质科学院地质力学研究所)

陈毓川

(中国地质科学院)

摘要 构造与成矿活动是否具有旋回性是地质界长期争论的一个命题。本文根据矿床成矿系列理论和方法,论述了秦岭造山带构造-成矿活动,划分出新太古代-古元古代早期、古元古代晚期、中-新元古代、早古生代、晚古生代和中、新生代6个构造-成矿旋回,探讨了每个旋回的矿床成矿系列特征和成矿演化历史。指出该造山带的成矿作用既有长期性和连续性,也有间断性和旋回性;中、新元古代至早古生代和中、新生代两个时期是秦岭造山带中两个主要的成矿高峰期;构造-成矿作用可分为开裂、拼合及相对稳定三个阶段;成矿作用早期以幔源岩浆侵入及海相火山活动为主,晚期以壳幔混源-壳源的陆相中酸性岩浆侵入及火山活动为主;与火成活动及开裂作用有关的成矿活动在南、北两个成矿域之间具有振荡性演化的特征。

关键词 秦岭造山带 矿床成矿系列 构造-成矿旋回 成矿演化

地球各圈层在其发展过程中是否存在一定的周期性或旋回性,许多学者做了有益的探索^[1-5],造山带的构造演化乃至成矿作用过程是否也具有旋回性也是一个长期争议的命题。实际上,无论是槽台理论、多旋回理论还是板块构造理论,都涉及到了造山带的多旋回式发展演化^[6-11],而板块构造与金属矿床成矿旋回的关系也已有多人论述^[12-16]。秦岭造山带地质及成矿演化历史长达近30亿年,是我国乃至世界上为数不多的保留有长期地质演化信息的造山带之一。然而,不同学者对秦岭造山带构造演化历程有着不尽相同的认识。作者根据秦岭造山带的主要地质事实,结合区域成矿背景和矿床成矿系列的研究,认为该造山带构造-成矿旋回是存在的。

1 矿床成矿系列与构造-成矿旋回

矿床成矿系列是指在一定的地质发展阶段和在一定的地质构造单元中,与一定的地质作用有关的时、空及成因上相互联系的各种矿床的组合。这一概念具有一定的层次,分别为矿床成矿系列组合、矿床成矿系列类型、矿床成矿系列、矿床成矿亚系列和矿床类型式(即矿床式)。本文仅涉及矿床成矿系列和亚系列。矿床成矿亚系列只存在于某些特定的矿床成矿系列中。即,如果一个矿床成矿系列所在的地质构造单元较大,单元内有一些次一级的地质构造区,各区成矿特点又有某些区域性的特殊性时,则可在该成矿系列中划分出亚系列^[17-19]。

: 国家自然科学基金资助项目。

构造-成矿旋回是地壳中某一构造单元与构造发展旋回相对应、相联系的成矿作用的旋回性。一个完整的构造-成矿旋回应以地壳开裂事件为开端,以海(洋)盆闭合为结束。沈永和(1987)曾将与构造运动有内在联系的成矿作用称为构造-成矿作用,而将与构造旋回有内在联系的成矿旋回称为构造-成矿旋回^[1]。我们认为,成矿作用是一种特殊的地质作用,是构造活动过程中地球物质高度聚集和再分配的一种表现形式。因此,成矿作用与构造活动之间是密不可分的,一定的构造活动形式及其在时间和空间上的变化与发展,大致对应着一定的成矿作用并产生一定的矿化类型。实际工作中发现,利用矿床成矿系列的学术思想研究构造-成矿旋回具有独特的优越性。一个矿床成矿系列的形成及其特性,取决于该成矿系列形成时所在地质构造单元内构造环境的特殊性。在造山带的特定环境中,这种对应主要表现为各个造山旋回或造山期之间成矿作用特征的差异、联系以及因此而形成的矿床成矿系列的特定组合。

2 秦岭造山带构造-成矿旋回

李四光教授(1973)曾经指出,象秦岭这样复杂的造山褶皱带,不会是仅由某一场造山运动就能形成的,而是经历了反复活动之后才形成的^[20]。近年来的研究证明,秦岭造山带经历了近30亿年的长期复杂演化,经历了多个造山旋回^[21]。本文根据对秦岭造山带400多个金属、非金属(不包括建材和冶金辅助原料)矿床(点)的地质特征、成矿规律及矿床成矿系列的研究,参考近年来秦岭造山带基础地质特别是构造地质方面的研究成果,认为该造山带至少存在24个矿床成矿系列,即:新太古代—古元古代2个,中、新元古代5个,早古生代3个,晚古生代4个,中生代为主的7个,新生代3个。它们分别形成于6个构造-成矿旋回之中,图1表示出其中19个较重要的矿床成矿系列。兹对6个主要构造-成矿旋回及其矿床成矿系列探讨如下。

2.1 新太古代—古元古代早期构造-成矿旋回

此旋回是秦岭造山带中可辨识的最古老的构造-成矿旋回,特点是地壳薄、分异差、成熟度低,成矿作用比较简单。该旋回的演化过程可以概略地描述为两大阶段:

(1)早期阶段。薄弱硅铝壳开裂,伴随广泛的双峰式火山活动,来自地幔的物质大量进入地表形成绿岩。在绿岩组合下部发育深部熔离富铁超基性岩浆浅成侵入体,晚期岩浆和后期热液作用形成了赵寨庄式铁(磷、钒、钛、铀、钍、稀土)矿床;绿岩组合的上部,铁、硅质从海水中以化学方式相间沉积,形成条带状含铁建造(BIF)中的一组火山-沉积(变质)铁矿床。如鱼洞子、太要、许昌、马楼、铁山和周集等铁矿床,此外,还形成金等成矿元素的矿源层。上述开裂阶段形成了与超基性岩浆浅成侵入及火山-沉积活动有关的受变质铁矿床成矿系列。

(2)晚期阶段。停止扩张并隆升,逐渐演化为南北合一的统一克拉通陆块。新太古代晚期—古元古代早期经历了古风化—沉积阶段,后期变质作用形成孔兹岩系(如在崆岭群上部和太华群上亚群中),标志该旋回的结束和下一旋回的开始。此阶段形成矽线石、石墨等矿源岩(层),受后期区域及接触变质作用最终可形成矿床,如湖北宜昌市三岔垭崆岭群与晋宁期黄陵花岗岩体接触带中的石墨矿床。

2.2 古元古代早期构造-成矿旋回

该旋回发生于古元古代早期较晚阶段。此阶段地壳大致沿EW向发生张裂,统一克拉通裂解为南、北两个陆块,形成一个深度不很大的陆间槽,其内堆积了以秦岭群(包括陡岭群)、红安群和宿松群为代表的火山-沉积建造及大量陆源碎屑建造,并在东部(即大别地块)地区形成

一个与浅海相火山-沉积(变质)作用有关的磷(锰、钇)矿床成矿系列,同时还形成石墨、红柱石等矿源层,并经受多期变质作用的叠加和改造。古元古代末期发生褶皱造山作用,海槽封闭,隆升成陆。此旋回形成的矿床以湖北大悟县黄麦岭磷矿床和广济县松阳磷矿床以及安徽宿松县磷矿床为代表。

2.3 中、新元古代构造-成矿旋回

从中元古代开始,秦岭-大别隆起带南、北两侧陆壳分别开裂,逐渐发育成多个小洋盆(海盆)及陆缘活动带,并演变成多岛小洋盆的构造格局。

(1)北侧。华北地块南缘自北向南从熊耳裂谷发展到宽坪小洋盆。中元古代早期熊耳裂谷开始发育,形成以安山岩类为主的火山-沉积岩系及金的矿源层;中元古代晚期,该裂谷逐渐停止发展,经陆内海盆阶段后天亡,而此时在其南部则发生开裂,并进一步发育形成近EW向的宽坪裂陷海槽。在洋盆阶段形成与海相火山-沉积活动有关的硫、铜多金属矿床成矿系列,以陕西商州市龙庙铅锌矿床、东沟硫铁矿矿床和丹凤县皇台铜矿床等为代表。

(2)南侧。扬子地块北缘开裂,形成近EW向碧口-武当裂陷海槽,在陆缘部位形成神农架裂陷海盆,新元古代时期向北演化出耀岭河小洋盆。在张裂洋(海)盆中,形成与海相火山-沉积作用有关的铁、锰、铌、钒、银、金、钴多金属矿床成矿亚系列,包括甘肃文县筏子坝金铜矿床、陕西宁强县黎家营锰矿床、湖北竹山县银洞沟和郧县许家坡金银矿床及神农架铁矿床等;活动陆缘则形成与中酸性和基性岩浆侵入活动有关的铁、钴、铜、钒、钛(镍、磷及石墨)矿床成矿亚系列,以陕西略阳县铜厂铁-铜矿床、洋县毕机沟钒钛磁铁矿矿床和湖北宜昌市三岔垭接触变质型石墨矿床为代表。上述亚系列组成了中、新元古代扬子地块北缘及南秦岭地区与岩浆侵入及海相火山活动有关的铁、锰、铌、银、金、铜、钴(钒、钛)、石墨及硫多金属矿床成矿系列。

(3)新元古代。古秦岭洋壳沿商-丹带向北俯冲,并于晋宁期闭合,形成统一的古中国地台。在此过程中,扬子地块北缘形成与俯冲碰撞相应的区域动力及热流变质成因的钒、稀土、稀有金属、蓝石棉、虎睛石、白云母及金红石-磷矿床成矿系列。该成矿系列由两个亚系列组成,其一为低温高压亚系列,主要形成蓝石棉矿床,分布于鄂豫陕交界地带,如陕西商南县大苇园、河南淅川县马头山-张营和内乡县竹园-鸡笼山等地的蓝石棉矿床;另一个为高温低压亚系列,主要分布于豫南-鄂北一带,如河南方城县五间房金红石矿床、新县土门白云母矿床、湖北枣阳市大阜山金红石矿床和湖北广水稀有-稀土元素矿床等。

2.4 新元古代-早古生代构造-成矿旋回

(1)新元古代末至早古生代早期,在古秦岭隆起的北侧沿EW向发生较大规模的线性开裂,形成二郎坪裂陷海槽并局部形成小洋盆;至奥陶纪时,古秦岭隆起的南侧开始开裂,形成丹凤裂陷海槽及小洋盆,并使北侧之二郎坪小洋盆逐渐关闭抬升成陆。在两个裂陷海槽开裂阶段形成了与海相火山-沉积活动有关的铬、锌、铜、银、金矿床成矿系列,主要赋存在二郎坪群中,其次为斜峪关群、丹凤群、信阳群和秦岭群中。典型矿床如陕西周至县西骆峪锌铜矿床和商南县松树沟铬铁矿床、河南桐柏县大河铜锌矿床、破山银矿床、银洞坡金矿床和老湾金矿床等;而在其封闭过程中,由于洋壳向古秦岭隆起(岛弧)之下俯冲、挤压和碰撞,导致地温梯度急剧升高,秦岭群局部重熔、变质和混合岩化,形成晚加里东期灰池子混合花岗岩体及其周围的混合(伟晶)岩脉,以及与混合花岗(伟晶)岩化和区域变质作用有关的稀有金属、白云母、红柱石、石墨矿床成矿系列,如陕西丹凤县庾家河石墨矿床和栾庄白云母矿床、河南卢氏县蔡家沟稀有金属矿床、西峡县桑坪红柱石矿床、镇平县小岔沟石墨矿床和南阳市隐山蓝晶石矿床等。

此后,华北地块南缘长期遭受风化、剥蚀。至中石炭世,该区地壳随华北地台普遍下沉,遭

受海侵,并于高箕地块上形成地台型风化 滨海沉积铝土矿、耐火粘土及煤矿床成矿系列,主要分布于河南省滎池—临汝台拗及其边缘,少数位于桐柏—大别地块以北地区,有近 30 个大、中、小型矿床,均赋存在石炭—二叠系中,如新安县马行沟、巩县涉村及禹州市方山等铝土矿(伴生耐火粘土),洛阳市宜洛、登封县新建、登封县新登及平顶山市和禹州市等烟煤以及洛阳市龙门—偃师县偏桥、郑州市三李和信阳市商固等无烟煤矿床。

(2) 晋宁及澄江运动之后,扬子地块北缘于晚震旦世—早寒武世发生海侵,成为广阔稳定的陆表海,在还原环境中沉积了一套远火山源的含碳硅质建造及其中的磷、锰、钒、银、重晶石、毒重石矿床成矿亚系列,有甘肃文县黑风沟重晶石矿床(E_1)和文县沟岭子锰矿床($Z \in E_1$),陕西宁强县阳平磷矿床(E_1),汉中市天台山锰磷矿床(E_1)和山阳县中村钒矿床(E_1),四川城口县巴山毒重石矿床(E_1)和城口县高燕锰矿床(Z_2),湖北郧县杨家堡钒矿床(E_1),保康县峰山—白竹磷矿床(Z_2),兴山县白果园钒银矿床(Z_2),宜昌县磷矿床(Z_2),钟祥县胡集磷矿床(Z_2)和随州市柳林重晶石矿床(E_1)等。寒武—志留纪,在北大巴山、南秦岭和西秦岭等地区的裂陷海盆滞流环境中,发育了生物沉积的黑色碳硅质岩系,除形成西秦岭南亚带碳质硅灰泥岩中的金、铀矿源层外,主要在北大巴山及南秦岭地区形成沉积成因的磷、石煤、重晶石、毒重石及钒、钼矿床成矿亚系列,如陕西安康县石梯重晶石矿床(S_1),湖北竹山县四棵树钒矿床(S_1)和房县中坝石煤矿床(S_2)等。上述两个亚系列构成扬子地块北缘及南秦岭地区以沉积成矿作用为主的磷、锰、钒(钼)、银、石煤、重晶石、毒重石矿床成矿系列。

(3) 早古生代,北大巴山及邻区发生拉张裂陷,张裂范围逐渐向西发展,经略阳,至西秦岭若尔盖北部地区。在略阳及宁强地区有超基性岩浆上升侵位并形成镍(铁、钴、铜)、金及石棉矿床,如略阳县煎茶岭镍矿床、煎茶岭金矿床和宁强县黑木林石棉矿床等;在北大巴山裂陷海槽中有大量浅至超浅成碱性基性—超基性岩浆侵入,形成一些小型铜、镍、铁、钛、磷矿床或矿点,如陕西紫阳县铁佛寺铜镍和钛磁铁矿矿床及镇坪县妖魔崖磷矿床等。它们共同构成该区开裂阶段与幔源基性—超基性及少量碱性岩浆活动有关的镍(铁、钴、铜、钛)、金、磷和石棉矿床成矿系列。

2.5 晚古生代构造—成矿旋回

该区西部地壳自泥盆纪开始沿勉—略一带呈近 EW 向开裂;东部地区虽未开裂,但也有拉张活动。在拉张开裂和扩张阶段形成与幔源超基性、碱性岩浆侵入和海相火山活动有关的铜、铬、铁、铌、稀土矿床成矿系列,以青海玛沁县德尔尼铜(钴、金、银)矿床、陕西略阳县三岔子和勉县鞍子山铬铁矿矿床以及湖北竹山县庙垭稀土—铌矿床等为代表。在海盆南、北两侧的广大陆缘区,即扬子地块北缘及南秦岭地区,则形成与泥盆纪海相沉积作用有关的铁、硫、重晶石及银多金属矿床成矿系列,矿床赋存在泥盆纪浅海相细碎屑岩—碳酸盐岩中,如甘肃迭部县当多铁矿床、陕西柞水县大西沟重晶石—铁矿床、柞水县银洞子银矿床和湖北宜昌市官庄铁矿床等。此后,洋壳向南、北两侧俯冲,洋盆逐渐闭合。三叠纪—侏罗纪时期,扬子地块西北缘形成浅海—陆相及泻湖相沉积型铁、锰、石膏、煤矿床成矿系列,主要分布于川西北和陕、甘南部地区,矿床赋存在海相泥沙质、碳酸盐及石膏沉积建造以及陆相泥沙质含煤建造中,如四川平武县虎牙铁锰矿床、开县烟煤矿床和陕西西乡县瓦刀子石膏矿床等。

2.6 中、新生代构造—成矿旋回

(1) 随着古特提斯海的封闭,自三叠纪开始,整个秦岭地区海盆逐渐消亡,进入陆内俯冲构造活动阶段,表现为拉张、断陷、走滑、推覆和逆冲等构造形式的强烈发育。在秦岭中西部地区,大量的印支—燕山期中酸性陆壳深熔型陆内断陷盆地火山活动和岩浆侵入事件,导致了与中酸

性火成活动有关的金、银、铅、锌、铜、汞、铋、钨、砷、水晶、滑石及萤石矿床成矿系列和金、铀(钼、锡、镍、钨、铋)矿床成矿系列的形成。前者主要分布于南秦岭中、西部地区,少部分进入北秦岭地区,形成时代以印支期为主,部分延续至燕山期;成矿元素具有低温热液组合特征,尤以W-Sb-As-Hg-Au组合最典型;矿床形成深度不大,多为浅成和超浅成,有热液脉型、爆破角砾岩型、斑岩型和矽卡岩型,并明显地受各种形式的断裂和接触带控制。该系列共有大、中、小型矿床40多个,如青海同德县穆黑汞矿床和同仁县夏布楞铅锌矿床,甘肃徽县马家山汞矿床、夏河县德乌鲁-布拉沟砷矿床、年木耳-龙得岗砷金矿床、礼县李坝金矿床、西和县崖湾铋矿床和安家岔金矿床,陕西凤县庞家河及周至县马鞍桥等金矿床、旬阳县公馆和青铜沟铋汞矿床以及河南卢氏县大河沟铋矿床等。后者主要分布于西秦岭南亚热带和松潘-甘孜褶皱系东北段,大致相当于白龙江复背斜及以南地区;矿床受各种形式的断裂构造特别是弧形构造的控制,如大水弧、尕海弧、武都弧、文县弧、白马弧和黑水弧等。它们在一定程度上反映了阿坝地块和碧口地块的边界构造的控矿作用。成矿元素除金、铀外,还伴生有As、Sb、Hg、W、Sn、Mo、Ni、V、PGE(铂族元素)和银多金属等;赋矿地层以三叠系为主,次为古生界。金矿床多为微细浸染型,如甘肃玛曲县大水金矿床、舟曲县坪定砷金矿床、文县石鸡坝金矿床,四川南坪县马脑壳、松潘县东北寨和哲波山等金矿床,以及甘肃碌曲县—四川若尔盖县拉尔玛金矿床;铀矿床则为碳硅(灰)泥岩型,以四川若尔盖县若尔盖铀矿床为代表。

此外,在南秦岭中、西部地区的泥盆系碳酸盐岩中赋存一个铅锌矿床成矿系列,矿床分布受泥盆纪同沉积盆地控制,如甘肃西(和)成(县)盆地、成(县)徽(县)盆地和陕西凤(县)太(白)盆地等;容矿地层以中泥盆统为主,岩性主要为碳酸盐岩,其次为硅质岩、千枚岩、板岩和(重晶石)石英岩。典型矿床有甘肃西和县邓家山铅锌矿床、成县厂坝-李家沟和毕家山铅锌矿床、徽县洛坝铅锌矿床及陕西凤县银洞梁铅锌矿床等。这些矿床具有一定的同生喷流沉积特征,但成矿受到中生代大规模构造及中酸性岩浆活动的强烈影响。甘肃西和县邓家山-磨沟铅锌矿床流体包裹体铷锶等时线年龄测定为 $263 \pm 9 \text{ Ma}$ (图2),该年龄值对应于华力西晚期。根据该矿床地质环境和矿床地质特征分析,我们认为中生代构造-岩浆活动对泥盆纪形成的矿层或矿坯发生重要的改造作用。

(2)燕山期,华北地块南缘及北秦岭强烈拉张断陷,伴随较强烈的中酸性及碱性岩浆活动,在华北地块南缘区形成一个与陆壳深熔型花岗岩类有关的金、银、铀多金属及萤石矿床成矿亚系列,矿床分布于小秦岭、崆山、熊耳山和伏牛山西段等地,受太华群基底控制,有硫化物石英脉型和构造蚀变岩型。如陕西潼关县桐峪、河南灵宝县闵峪、洛宁县上宫等金矿床及嵩县陈楼萤石矿床等;而华北地块南缘及北秦岭地区,则形成与深源浅至超浅成中酸性、碱性岩浆活动有关的钼(钨)、钨、铋、铀、铁(钒、钛)、金、银、硫多金属矿床成矿亚系列,与之有关的中酸性小岩体和碱性岩脉受NW和NE-NEE向断裂构造的联合控制,矿床类型主要有斑岩-矽卡岩型、爆破角砾岩型和火山-次火山热液型;如陕西华阴县华阳川铀-钨-铅-稀土、华县金堆城钨钼、洛南县黄龙铺钼、河南灵宝县银家沟金、硫多金属、嵩县祁雨沟金、雷门沟钼、栾川县南泥湖、三道庄和上房沟钨钼等矿床。这两个亚系列都是在陆内大规模推覆、走滑作用下,由中酸性岩浆及陆相火山-次火山活动而形成的,只因断裂性质与作用深度的不同,才导致不同深度的中酸性岩浆活动及其不同的成矿作用。它们组成一个矿床成矿系列,反映陆内造山体制下断裂和岩浆活动的多样性。

在南秦岭泥盆系钠长角砾岩带中,形成与深源碱性岩浆活动有关的金矿床成矿系列,以陕西太白县双王金矿床为代表。此外,扬子地块北缘和南秦岭地区有与中酸性岩浆活动有关的

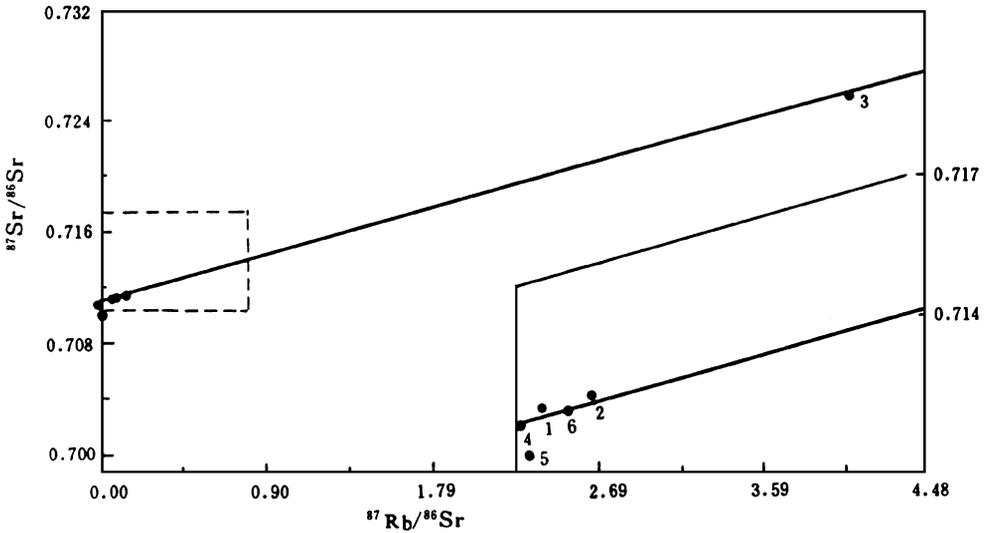


图 2 甘肃西和县邓家山—磨沟铅锌矿床流体包裹体铷-锶等时线

Fig. 2 Rb-Sr isochron of fluid-inclusions from the Dengjiashan-Mogou lead-zinc ore deposit, Xihe county, Gansu province

相关系数: 0.99766; 初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值: 0.7110 ± 0.0002 由地矿部宜昌地质矿产研究所测定

金、银、铜、锌和萤石矿床成矿系列,以湖北秭归县黑岸子—过河口和随州市黑龙潭等金矿床、远安县小汉口铜矿床、当阳县铜家湾锌银矿床及大悟县板仓和红安县华河萤石矿床等为代表,但矿化强度比同期造山带北部地区成矿系列弱,说明此时造山带南部与成矿有关的构造-岩浆活动不甚发育。

(3)新生代的成矿作用主要发生在陆内断陷盆地中,控矿断陷盆地形成于晚白垩世—第三纪,如南襄盆地、吴城盆地及江汉盆地北部地区。它们受李四光教授提出的新华夏系控制,华北地块南缘及北秦岭地区(以东秦岭—桐柏地区为主)形成化学及生物成因的膏盐-石油矿床成矿系列,如南阳油田和中原油田、河南桐柏县安棚和吴城等地的石膏和天然碱矿床。晚白垩世—老第三纪,在扬子地块北缘及南秦岭东部地区形成一个与陆相蒸发沉积作用有关的石膏、芒硝及钠盐矿床成矿系列,分布于江汉盆地北部至南襄盆地南部一带,矿床赋存在上白垩统—老第三系的河湖相沉积层中,如湖北荆门市麻城铺特大型石膏矿床、应城市云应大型芒硝—钠盐矿床等。

第四纪则形成冲积型金和金红石砂矿成矿系列,以金为主,受青藏高原隆升影响,在造山带中、西部的嘉陵江、岷江和汉水流域最为发育。如四川松潘县漳腊金矿床、广元市嘉陵江金矿床和陕西勉县汉江金矿床等。

3 秦岭造山带成矿历史及演化

3.1 秦岭造山带构造-成矿作用的长期性、连续性、间断性和旋回性

我们对秦岭造山带各地质时代或构造-成矿旋回中的矿床成矿系列数、矿床数和成矿矿种的统计发现(图 3),从太古宙至中-新生代,各旋回的矿床成矿系列数和矿床数大致呈逐渐增

加的趋势,但古元古代旋回具特殊性,此阶段秦岭造山带成矿强度很低;另外,还反映出秦岭造山带地质历史中成矿活动及其强度有两个大的活跃期,一个是中、新元古代至早古生代,另一个是中、新生代。前者有 7 个矿床成矿系列共 106 个矿床,其中特大型矿床 6 处、大型矿床 20 处、中型矿床 39 处和 51 个小型矿床,矿种达 30 余种;后者有 10 个矿床成矿系列 228 个矿床,其中特大型矿床 12 处、大型矿床 49 处、中型矿床 75 处、小型矿床 92 处,矿种 24 个以上,表明中—新生代构造—成矿旋回是秦岭造山带成矿活动的高峰期。但是,随着地壳的继续抬升,这些较浅成的热液矿床和沉积矿床绝大部分将被剥蚀破坏。这就是目前秦岭造山带,中、新生代矿床发现得最多的一个原因。另一方面,早期旋回以海相火山—沉积作用和幔源基性—超基性岩浆侵入活动为主,反映深层次构造—岩浆活动和成矿作用具有的强烈的幔源特征;晚期旋回虽然也具有深源特征,但壳源成矿作用特征表现得更加明显。

成矿矿种数目	6(3)	1(4)	19(2)	21(4)	14(3)	24(5)
所含小型矿床数	5	2	13	39	17	92
所含中型矿床数	5	3	19	20	26	75
所含大型矿床数	5	0	5	15	14	49
所含特大型矿床数	0	0	1	5	1	12
所含矿床数	15	5	38	68	58	228
所含矿床成矿系列数	1	1	3	4	4	10
	A13-Pt1	Pt1	Pt2-Pt3	Z2-Pz1	Pz2	Mz-Cz

图 3 秦岭造山带各地质时代或构造—成矿旋回成矿系列和矿床规模的分布

Fig. 3 Distribution of minerogenic series and scales of ore deposits in geologic ages or tectono-minerogenic cycles in the Qinling orogenic belt

:括弧内表示次要矿种数目,不包括在成矿矿种数目中

3.2 秦岭造山带区域构造—成矿作用过程

(1)陆块或板块开裂过程 该过程是地幔物质向地壳中转移的作用过程,与之相应的成矿作用主要与海相火山活动有关,其次为基性、超基性及碱性岩浆侵入活动。海相火山活动时期从新太古代开始,继续延至晚古生代,是秦岭地区最主要的成矿作用类型之一。秦岭造山带中从老至新的火山—沉积建造基本上都是重要的含矿层位,且矿种多、范围广、强度较大,成矿物质具强烈幔源特征,相应的矿床成矿系列显示地幔物质运动的信息。

(2)陆块或板块的拼合碰撞过程 该过程是壳—幔物质强烈相互作用的过程,但成矿物质和成矿作用反映地壳物质运动信息较多。与之有关的成矿活动以与中酸性地壳重熔(或同熔)型岩浆活动有关的成矿作用为主,其次为区域变质作用。秦岭地区主要经历了 3 次大规模的碰撞拼合过程,分别为晋宁期、晚加里东期和印支—燕山期。与该过程有关的岩浆活动和成矿作用于中生代达到极盛。

(3)张裂与拼合过程之间的相对稳定时期和相对稳定地区。成矿作用方式以沉积为主,如晚震旦世—早古生代(扬子地块北缘),晚古生代及新生代等时期。

由此可见,与前两种过程有关的火成活动在秦岭造山带的成矿演化历史中扮演了主要角色。图 4 显示明显的旋回性和一定的振荡性特征。

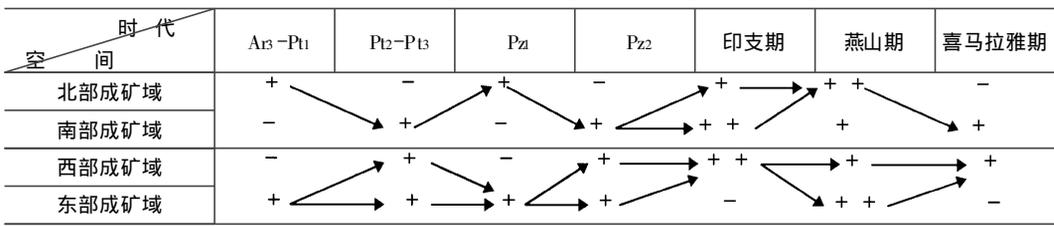


图 4 秦岭造山带与火成活动有关的成矿作用强度时—空分布及演化

Fig. 4 Space-time distribution and evolution of intensity of mineralization associated with pyrogenesis in the Qinling orogenic belt

北部成矿域指华北地块南缘及北秦岭地区;南部成矿域指扬子地块北缘及南秦岭地区;西部成矿域表示东经 106°以西地区;东部成矿域表示东经 106°以东地区

3.3 开裂过程相关的成矿作用

秦岭造山带曾经发生多次开裂事件,并对应着一定的构造-成矿旋回,形成具有不同规模和强度的成矿作用。例如,中-新元古代时期,与张裂过程之海相火山活动有关的成矿作用,在华北地块南缘区(宽坪小洋盆)与扬子地块北缘区(武当-碧口裂陷海槽)就有很大差异,后者在规模-强度-范围及矿种方面均明显大于(多于)前者。二者虽同处开裂过程,且开裂程度及岩石类型也很相近,但成矿特征却如此不同,其原因可能与地幔物质的分布和运动状态有关;同样是在华北地块南缘,早古生代时期张裂过程(二郎坪小洋盆)中,海相火山活动有关的成矿作用与中-新元古代宽坪小洋盆的开裂时期迥然不同,前者成矿作用与武当-碧口裂陷海槽开裂时期有一定的相似性。至晚古生代,张裂过程中的成矿作用又转移到扬子地块北缘的玛沁-略阳-北巴一线。秦岭地区主要开裂期次及有关成矿作用(图 5)

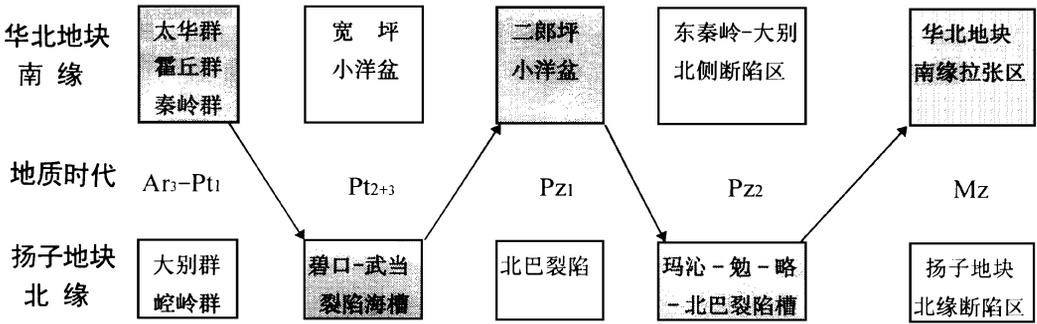


图 5 秦岭造山带地壳开裂—成矿的时—空迁移示意图

Fig. 5 Space-time migration correlogram of crust extension and mineralization in the Qinling orogenic belt

阴影框表示成矿或高强度成矿;无阴影框表示不成矿或低强度成矿

图 5 所示 5 个大的开裂—成矿时期成矿物质并无明显变化,均以幔源为主,若仅从地壳表层构造环境的演变是难以解释这一现象的。目前发现的许多证据使多数地质学家认为,地幔特别是上地幔的成矿物质空间分布是不均匀的,我们可将上地幔中富集成矿物质的区域或地段称为“富矿结点”,图 5 所反映的该区成矿活动中心的迁移,意味着地幔中的“富矿结点”随时间演化而发生的空间上的迁移。综合分析秦岭造山带构造-成矿作用的迁移规律,可知这种成矿

作用的时空不均匀性应是地幔中“富矿结点”的振荡(或旋转)而造成的

本文引用了大量前人研究成果和资料,限于篇幅不能一一列出,谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 沈永和,多旋回成矿论. 中国地质科学院院报, 1987, (16): 41- 54
- 2 G. E. Williams主编,马宗晋等译,大旋回(Megacycles) 北京:地震出版社, 1986
- 3 李四光,天文·地质·古生物(资料摘要) 北京:科学出版社, 1972
- 4 吴锡浩、蒋复初、肖华国,地球公转轨道偏心率变化的构造运动响应. 地质力学学报, 1995, 1(1): 8- 14
- 5 陈敏川、毛景文、王平安、李红艳,桂北地区矿床成矿系列和成矿多旋回性. 第五届全国矿床会议论文集: 91- 93 北京:地质出版社, 1993
- 6 Coney P J. The geotectonic cycle and the new globe tectonics. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1970, 81: 739- 748.
- 7 Miyashiro A, A. Keiiti and A. M. C. Senger. Orogeny. John Willey & Sons, 1982
- 8 Wilson J T. Static or mobile earth: the current scientific revolution. *Am. Phil. Soc. Proc.*, 1968, 112, 309- 320.
- 9 黄汲清、姜春发,从多旋回构造运动观点初步探讨地壳发展规律. 地质学报, 1962, 42(2)
- 10 任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余,中国大地构造及其演化. 北京:科学出版社, 1980
- 11 游振东、索书田、韩郁菁、钟增球、陈能松,秦岭造山带核部变质杂岩的基本特征与东秦岭大陆地壳的构成. 见:叶连俊、钱祥麟、张国伟主编,秦岭造山带学术讨论会论文集: 1- 14 西安:西北大学出版社, 1991
- 12 Sawkins F J. Metal deposits in relation to plate tectonics. Springer-Verlag, 1984.
- 13 Prajno F. Hydrothermal mineral deposits: principles and fundamental concepts for the explonation geologist. Springer-Verlag, 1992.
- 14 Safonov, Yuri. G. ,前寒武纪到新生代金矿床的构造演化. 见:林为源、虞哲蓉主编,矿床成因论(第八届国际矿床成因协会科学讨论会论文集): 328- 329 福州:福建科学技术出版社, 1991
- 15 郭令智、施央申、马瑞士,论板块构造与成矿作用. 地质与勘探, 1981, No. 9- 10
- 16 施央申、郭令智、马瑞士,成矿作用的板块构造类型. 见:李春昱、郭令智、朱夏等著,板块构造基本问题,第 392- 402页. 北京:地震出版社, 1986
- 17 程裕淇、陈毓川、赵一鸣,初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 1979, 1(1): 32- 58
- 18 程裕淇、陈毓川、赵一鸣、宋天锐,再论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 1983, (6): 1- 64
- 19 陈毓川、毛景文等,桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹. 南宁:广西科学技术出版社, 1995
- 20 李四光,地质力学概论. 北京:科学出版社, 1973
- 21 陈毓川、王平安、秦克令、赵东宏、毛景文,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, 1994, 12(4): 289- 298

TECTONO-MINEROGENIC CYCLES AND MINEROGENETIC EVOLUTION THROUGH GEOLOGICAL HISTORY IN THE QINLING OROGENIC BELT

Wang Pingan

(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

Chen Yuchuan

(*Chinese Academy of Geological Sciences*)

Abstract It has been disputed for a long time whether tectonic and minerogenic cycles did ever exist through geological history. On the basis of the theory and method of the minerogenic series of ore deposits, the authors advanced and discussed a concept of “ tectono-minerogenic cycle” . Cyclicity of tectono-minerogenic activities in the Qinling orogenic belt is systematically discussed in this paper, and six tectono-minerogenic cycles are drawn (1) from the Latest Archean to the initial Proterozoic; (2) the Early Proterozoic; (3) Middle Proterozoic and the Late Proterozoic; (4) the Early Paleozoic; (5) the Late Paleozoic and (6) Mesozoic to Cenozoic. Minerogenic evolution is discussed by a summarization of the characteristics of each of the six minerogenic cycles. The mineralization in the Qinling orogenic belt was either long and continuous or intermittent and cyclic. Many of the ore deposits are formed in two major peak mineralization periods, one is from the Middle Proterozoic to the Early Paleozoic, characterized by mantle-derived magmatic intrusions and marine volcanism; the other is from the Mesozoic to the Cenozoic, during which the intermediate and acid magmatic intrusions and continental volcanism are mainly derived from the crust or with a mantle-crust source. The 24 minerogenic series of ore deposits in this orogenic belt are considered to have formed in three major types of tectono-minerogenic processes, ie splitting, convergence, and a relatively stable stage. The mineralization associated with volcanism and splitting would have experienced a vibration between the north and south Qinling orogenic belt through out the geological history.

Key words Qinling orogenic belt, minerogenic series of ore deposits, tectono-minerogenic cycle, mineralization evolution

第一作者简介

王平安,男,1963年生,副研究员。1984年毕业于长春地质学院岩化系找矿地球化学专业,1991年获中国地质科学院矿床学硕士学位,主要从事地球化学、矿床学及区域成矿规律与区域构造演化等方面的研究工作。通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号地质力学研究所。邮政编码:100081