

秦岭金属矿床成矿系列 与大陆造山带构造动力学背景

王靖华 张复新 于在平 于 岚

(西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 陕西 西安 710069)

提要 根据构造单元、构造演化及其矿床组合, 将秦岭造山带划分为4个成矿集中区: 小秦岭古陆活化区、熊耳山裂谷增生区、南秦岭被动陆缘断陷区和碧口地体古拼合带。分别构成4个成矿系列: 花岗-绿岩带型金-铁矿床系列、陆相火山岩型金-钼矿床系列、沉积岩型金-铅锌-汞锑矿床系列、海相火山岩型金-银-多金属矿床系列与超基性岩型镍-金矿床系列。矿床系列表现出同生成矿作用和后生叠加改造成矿作用的演化, 同生成矿作用与造山带形成早期(古生代及其以前)广泛的地幔羽或热点活动有关, 后生成矿作用是在盆山转化和陆内构造-岩浆活动时期(120~340 Ma)完成的。

关键词 金属矿床 成矿系列 矿化集中区 秦岭造山带 大陆动力学

中国分类号 P619.281 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3657(2002)02-0192-05

1 大地构造格局

秦岭造山带最终隆起于中生代, 是华北与华南古大陆碰撞作用的结果, 其发生发展经历了3个巨大旋回: (1) 早前寒武纪华北克拉通和扬子古大陆的增生; (2) 晚前寒武纪和古生代华北与扬子古大陆的增生; (3) 早中生代碰撞造山作用和中、新生代陆内造山演化^[1]。由此, 秦岭造山带可划分为华北克拉通南缘、北秦岭造山带、南秦岭造山带和扬子克拉通北缘4个构造单元(图1)。在特定的地质背景下, 通过建造形成、变质、构造、岩浆、热液成矿作用的演化, 各断裂带围限的构造单元中形成各具特色的金属矿床和成矿系列。

2 金属矿床成矿系列及其分布

2.1 花岗-绿岩带容矿的金、铁矿床成矿系列

在秦岭造山带分别发育小秦岭太古宙太华群结晶基底变质岩系和碧口地体鱼洞子群花岗-绿岩带^[2]组成的残留地块。由于容矿岩系含矿性好, 在鱼洞子群上段火山-沉积岩系中发育同生成矿作用产出的条带状硅铁贫矿建造。两古老结晶基底

下部变质基性火山岩含金性好, 并随后期变质混合岩化、岩浆与构造作用发生非均一化, 在鱼洞子地区形成沉积-变质铁矿床和蚀变构造岩型金矿床; 在小秦岭地区产出规模不一的东桐峪、文峪、东闯、金铜岔等石英脉型金矿床, 构成古陆活动边缘的金、铁矿床成矿系列。

2.2 陆相-海相火山-沉积岩容矿的金、钼矿床成矿系列

该容矿岩系和矿床系列产于秦岭古陆边缘大陆型裂谷增生带, 发育元古宙熊耳群陆相中酸性-基性喷发岩和栾川群海相火山碎屑-沉积岩系, 在后期构造岩浆叠加改造作用下, 产出大型金矿床(上宫、康山、潭头、瑶沟等)与斑岩型超大型钼矿床(金堆城)和斑岩型-夕卡岩破碎蚀变岩型超大型钼矿床(南泥湖-三道庄)成矿系列。

2.3 海相火山岩容矿的金-银多金属、铁-铜、超基性岩容矿的镍-金矿床成矿系列

集中分布于勉略宁-碧口地体内, 发育中-新元古界碧口群细碧-角斑质火山-沉积岩系, 与冷侵入其中的蛇绿岩套共同组成沿黑木林-峡口驿一线

收稿日期 2001-03-28 改回日期 2002-01-16

基金项目 国家973项目(G1999043207-5)和陕西省教育厅专项科学研究基金项目(99JK132)联合资助。

作者简介 王靖华, 男, 1979年生, 主要从事矿床地球化学方面的研究工作。

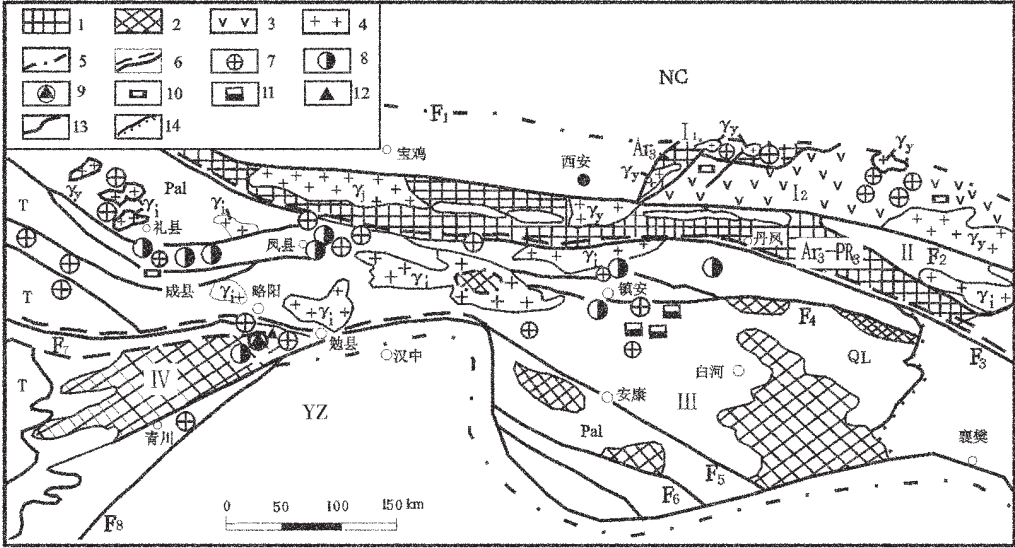


图1 秦岭造山带地质构造格局及金属矿产分布略图

Fig. 1 Tectonic framework and distribution of metallic mineral resources in the Qinling orogenic belt

NC—华北陆块；QL—秦岭造山带；YZ—扬子陆块；I₁—小秦岭构造带；I₂—熊耳构造带；II—北秦岭构造带；III—南秦岭构造带；IV—勉略宁构造带；Ar₃—PR₃—新太古界—新元古界；Pal—古生界；T—三叠系；F₁—潼关—宝丰断裂；F₂—栾川断裂；F₃—商丹缝合带；F₄—成县—镇安断裂；F₅—石泉—安康断裂；F₆—平利断裂；F₇—勉略缝合带；F₈—龙门山断裂；1—新太古—古元古界；2—中—新元古界；3—熊耳群火山岩；4—岩浆岩；γ₁—印支期；γ₂—燕山期；5—秦岭造山带边界；6—缝合构造带；7—金矿床；8—铅锌矿床；9—铜—铁矿床；10—钼矿床；11—汞锑矿床；12—鱼洞子铁矿床；13—地质界线；14—不整合界线

的古拼合带。碧口群下段细碧—角斑岩系的含金铁铜成矿物质,经海西期岩浆作用叠加,印支—燕山期构造、热液改造形成铜厂铜—铁岩浆热液型矿床。碧口群上段火山—沉积岩系发育同生多金属硫化物矿化作用,伴生大量重晶石岩和赤铁碧玉热水沉积岩,经后期构造—热液改造形成东沟坝、东皇沟金—银多金属块状硫化物矿床。源自927 Ma^[5]成岩年龄的煎茶岭超基性岩为容矿的镍、金矿床,除表现出岩浆熔离矿化成因的镍矿形成之外,主要镍、金矿化是后期退化变质—构造—岩浆—热液叠加改造下的工业富集,共同构成上述矿床成矿系列。

2.4 沉积岩容矿的菱铁—多金属、汞锑、卡林型—类卡林型金矿床成矿系列

矿床系列产生于南秦岭古生代沉积构造带中,该区域早古生代仍属于扬子大陆被动陆缘,而于晚古生代泥盆纪,由于勉略—石泉一线局限洋壳出露的裂谷作用,使南秦岭相对独立,且处于伸展裂陷环境。酿造的复理石建造中热水沉积岩系和细碎屑浊积岩系中含金丰度较高,而碳酸盐岩台地边缘或生

物建隆边缘是汞锑与铅锌初始富集地段。印支期南北大陆的斜向碰撞,南秦岭海盆萎缩,碰撞型花岗岩较发育,燕山期进入陆内构造—岩浆活跃发展的新阶段,印支—燕山期构造活动为南秦岭金、铅锌、汞锑沉积改造成因矿床系列提供了成矿动力学机制。据此,大致可划分为4个矿化集中区,即小秦岭古陆边缘活化区(石英脉型金矿);熊耳山古陆增生带破碎蚀变岩型金矿与斑岩型钼矿集中区;南秦岭被动陆缘褶皱构造带卡林型—类卡林型金矿^[4]、热水沉积—改造型铅锌^[5]—汞锑多金属矿床集中区;勉略宁三角区基底拼贴构造带^[6]块状硫化物矿床、岩浆热液型镍—金矿床、铁—铜矿床集中区。

3 成矿系列中典型矿床特征

3.1 小秦岭矿化集中区东闯式石英脉型金矿床
东闯金矿位于小秦岭古陆腹地,是华北大陆南缘特大型石英脉型金矿床类型。金矿形成共经历了3个大的成矿演化阶段^[7]：①原始矿源层形成阶段,为成矿奠定了物质基础。②衍生矿源体形成阶段,元

古宙至中生代早期多期构造变动、区域变质及混合岩化、岩浆侵入多次动热事件使原始矿源层中金活化、迁移、聚集于变质岩组成的衍生矿源体中。赋存的金包括易释放金和难释放金两部分,前者主要赋存于金属硫化物(含金 30×10^{-9})、磁铁矿中。③含金石英脉形成阶段,燕山期古陆活化引起地壳重熔与强烈变形,其后的拉张构造沟通了深部与浅部物质的交换,沿断裂构造在广泛交代—充填蚀变作用下形成金矿脉。对东闯含金石英脉石英流体包裹体Ar-Ar法测年,不同成矿阶段含金石英脉成矿年龄为 $145 \sim (120 \pm 9.1) \text{ Ma}$ 左右^[7]。

3.2 熊耳山矿化集中区上宫式破碎蚀变岩型金矿床

分布于华北南缘熊耳山增生隆断区元古宙熊耳群火山岩系中的金矿床,成矿背景为 ①容矿岩石为熊耳群玄武—安山岩质陆相火山岩系,其下伏岩系和矿区北部为太古宙含金绿色岩系,它们形成于活动大陆边缘增生裂陷环境,火山活动和海湾盆地环境为深部带来的成矿物质的初步富集和沉淀提供了良好的条件。②矿床严格受含金蚀变构造带控制。③矿区附近发育燕山期重熔型花岗岩,上宫矿区北东出露的花岗岩Rb-Sr等时线年龄为 125.4 Ma ^[8],岩浆热液沿剪切断裂活动,使淋滤与活化的矿质在构造空间沉淀,形成有工业价值的破碎蚀变岩型金矿床。

3.3 熊耳山矿化集中区金堆城式斑岩型钼矿床

矿床产于华北大陆南缘太华隆起南侧熊耳增生断陷内,是我国超大型钼矿床集中分布区。①熊耳群容矿地层含钼丰度为 $2 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$,高于上陆壳平均丰度(1.5×10^{-6} , Taylor, 1985) 1倍,在金堆城花岗斑岩上侵影响下,普遍发生热接触变质,使钼等成矿元素随后期亲石组分转移。②以金堆城花岗斑岩为中心,出现钾长石化—绢英岩化—硅化—青磐岩化面型蚀变。岩体Ar-Ar全岩等时年龄为 124 Ma ^[9],根据矿化与花岗斑岩的时空关系,成矿时代为燕山期。

3.4 勉略宁三角区铜厂式海相火山岩容矿的

岩浆—热液改造型铁—铜矿床

勉略宁地区新厘定的鱼洞子群具有花岗—绿岩带性质^[2],可作为统一古大陆早期解体的残块,中—新元古代与大安岩群过渡性基底拼合。在古拼合带上产出多种成因类型的矿床成矿系列。铜厂式岩浆—热液改造型铁、铜矿床是其中的主要代表。

①铜厂矿床赋存的中—新元古代碧口群细碧—

角斑岩质火山熔岩含Cu丰度较高^[6],杏仁体内偶见黄铜矿,成为矿质主要来源。②海西早期铜厂石英闪长岩^[10]沿古拼合带侵入,导致围岩广泛发生热接触变质作用,岩体南带细碧—角斑岩形成透辉钠长岩、钠长岩^[10]等‘净化’蚀变岩,活化出的成矿组分随闪长岩的北侵同步迁移;北带碳酸盐岩接触交代形成透闪透辉岩、绿帘石岩、蛇纹岩等有利矿质沉淀。铁、铜矿化与蚀变作用主要在岩体北部内外构造—蚀变接触带发育。

3.5 勉略宁三角区煎茶岭式超基性岩镍—金矿床

①产于该区古拼合带超基性岩含有岩浆熔离成因镍矿化,退变蛇纹岩中发现次生球粒金,为含矿性较佳的矿源岩。岩体Sm-Nd全岩等时年龄为 $(927.4 \pm 49) \text{ Ma}$ ^[3],代表其成岩时代。②该矿源岩发生强烈退变及成分分异,由蛇纹岩、滑石菱镁岩、菱镁岩及石英菱镁岩组成,被限定在南北深断裂之间。蛇纹岩全岩K-Ar法测年为 388.7 Ma ^[3],略低于超基性岩内后期侵入的花岗岩株年龄^[3],表明超基性岩的退变受到加里东期岩浆侵入的影响。而产于超基性岩体南带的镍矿,在花岗岩株北侧发育热液型含镍矿脉。③对含金蚀变岩中铬水云母K-Ar法测年为 144.2 Ma ^[3],由于金矿化与铬水云母为共生的矿化蚀变产物,该年龄可代表矿床成矿时代,与秦岭造山带整体燕山期陆内构造活动是一致的。

3.6 南秦岭金龙山式卡林型金矿床

①该金矿床是在原汞锑矿带延长方向上发现的,由上泥盆统细砂—粉砂岩、粉砂质页岩及泥晶灰岩组成的复理石建造,普遍含有少量生物莓球结构的成岩黄铁矿及凝灰物质,岩系中Au、As、Sb、Hg丰度高于上地壳平均值1~2个数量级^[12],为金矿床形成准备了物质基础。②矿田内未见任何岩浆活动,矿床严格受特定岩相带和脆性剪切构造控制。多期构造叠加和不同方位构造交会部位成为矿体就位空间。③主要载金矿物为含砷黄铁矿及毒砂;金在原生矿石中呈“不可见”次显微状;金的矿化与构造、热液蚀变带中的As-Sb-Hg-Ba矿化事件密切相关,作为工业上难选矿而闻名。可与美国卡林型金矿床类比^[13]。④金矿床具有沉积成矿初始富集、构造—热液强烈改造金等成矿物质再次富集形成工业矿体的成矿演化过程。

3.7 南秦岭八卦庙式卡林型金矿床

①该矿床产于与热水沉积铅锌矿共生的拉张的

局限洼地环境,横向上,金矿化往往发生在铅锌矿化的减弱带处,纵向上,金矿化出现在铅锌矿层的上部。②金的含矿与容矿地层由细碎屑岩和碳酸盐岩组成的复理石建造,岩相带内普遍含有微弱的多金属矿化和金的异常丰度,为金矿床形成奠定了物质基础。③金矿化作用是与韧性剪切构造活动同步发生,金属硫化物浸染状分布于片理化钙质千枚岩中,晚期矿化产物是以分异较彻底的石英脉形式产于韧性带中的脆性断裂内。④金的成矿作用伴随明显的铅锌矿化,并具有垂直分带规律。自然金多呈显微明金和可见金,成为工业易选金矿。⑤成矿元素Au-Ag-Pb-Zn-Cu-Bi-Te组合稳定。⑥对含金石英脉中石英流体包裹体Ar-Ar等时年龄测定为 (131.9 ± 0.89) Ma,与华北、扬子大陆于印支晚期至燕山期碰撞造山和陆内造山活动时期一致。

3.8 南秦岭铅铜山式热水沉积-改造型铅锌矿床

①铅锌矿床的含矿岩系为发育热水沉积岩的半深水碳-硅-泥岩系,含碳硅质热水沉积岩具有固定的地层层位,其中含有同生期多种金属(Fe、Cu、Pb、Zn)形成的硫化物莓球群。硅岩中偶见残留的含碳硅质鲕粒^[13],证明了它的沉积成因和矿源层的意义。②三叠纪盆山转化之后,强烈的陆内挤压构造变形,使原始沉积的铅锌热水沉积产物近距离迁移富集,在复式紧闭褶皱与穿刺褶皱鞍部及两翼层间滑动构造空间形成工业矿体。

3.9 南秦岭公馆式沉积-改造型汞锑矿床

①公馆汞锑矿床产于中下泥盆统白云岩中,区域地层中229件样品含 $\text{Hg} 0.3 \times 10^{-6}$ 、含 $\text{Sb} 1.4 \times 10^{-6}$,高于上地壳平均丰度一个数量级^[14],表明容矿地层沉积时期已有成矿物质的初步富集。②矿床地球化学研究矿化蚀变组分来自地层,热水溶液来自大气降水,通过多期构造作用改造使地层汞锑活化迁移,经改造的大气降水在断裂带内富集成矿。

4 秦岭造山带金属矿床系列成矿特点

金属矿床系列成矿的时空分布显示较强的规律。不同成因类型的金属矿床及其矿床系列形成依存于一定的构造背景和相应的容矿建造,构成其产出的基本条件和矿源,孕育出‘土生土长’的特色矿床及其矿床系列,在很大程度上制约着它们在空间上的展布。另外,导致不同特色矿床形成的成矿作用表现有多期、多阶段、继承、新生、叠加与改造等特

点,这些特点与特定时期的大地构造演化和由其制约的成矿作用密切相关,致使土生土长的‘矿胚’脱胎换骨,形成严格时空控制的特色矿床及其矿床组合。表现的特点和规律如下:

(1)秦岭造山带金属矿床类型组合较为丰富且具特色,其中古老结晶基底中花岗-绿岩带容矿的石英脉型金矿床和显生宙沉积岩容矿的卡林型-类卡林型金矿床与热水沉积-改造铅锌矿床,以及斑岩型-夕卡岩型钼矿床,无论在储量和规模上均占有重要地位,构成秦岭造山带成矿作用的特色,以及独特的矿床系列组合。

(2)秦岭造山带金属矿床在时空分布上呈现明显的不均一性,并在区域上集中分布,不同构造单元出现特定的矿床类型和矿床组合。

(3)秦岭造山带金属矿床成矿作用表现为多期性和中生代-新生代集中成矿的特点。早期成矿作用多呈同生沉积和岩浆熔离形成的硅铁、铅锌、镍贫矿,以及含金建造。晚期成矿作用多表现出强烈的后生构造-岩浆的叠加改造,并成为秦岭造山带最重要的成矿时期。

5 秦岭造山带金属矿床成矿的大陆动力学背景讨论

成矿作用按形成演化过程和性质可表现出同生成矿作用和叠加改造成矿作用两种类型。

5.1 同生成矿作用大陆动力学背景

同生成矿作用多发生于秦岭造山带演化早期、早-中期,即晚太古代-古元古代结晶基底与过渡性基底形成,中-新元古代拉张裂解和古生代局限伸展裂陷盆地发育时期。前寒武纪同生成矿作用频繁而强烈,包括晚太古代硅铁建造、中-新元古代岩浆熔离型硫化镍矿和结晶分异型铬铁矿矿床。显生宙以来,造山带内地幔热羽活动虽不及前寒武纪频繁与广泛,但局部活动规模和强度仍然不减,在南秦岭古生代海盆中形成一系列热水沉积型大、中、小规模铅锌矿床和丰度较高的含金建造。

5.2 叠加-改造成矿作用大陆动力学背景

叠加-改造成矿作用是秦岭造山带转入现代板块构造活动机制下的成矿特点。该大陆动力学背景是以造山带内完成了盆山的转化和来自陆内构造与岩浆活动为特征,特别是中、新生代大陆壳减薄过程中,通过深断裂和岩浆活动伴随地幔与地壳物质成

分交换,实现了将不同时代的含矿岩系:主要为花岗-绿岩带岩系、海相与陆相火山岩系、海相浊积岩系等中的成矿元素活化、迁移与富集的二次叠加与改造成矿作用。

总之,秦岭造山带成矿作用与大陆动力构造动力事件的耦合关系,一方面反映了造山带形成与演化的构造变革特点,另一方面也体现出成矿元素浓集过程。区域构造-岩浆演化与多期成矿作用是大陆动力学发生发展的不同表现。

参考文献:

- [1] 张国伟.秦岭造山带三维结构及其动力学分析[J].中国科学(D辑),1996,26(增刊):1~6.
- [2] 秦克令,何世平,宋述光.碧口地体同位素地质年代学及其意义[J].西北地质科学,1992,13(2):97~110.
- [3] 庞春勇,陈民杨.煎茶岭地区同位素地质年龄数据及其地质意义[J].矿产与地质,1993,7(5):354~360.
- [4] 张复新,季军良,龙灵利,等.南秦岭卡林型-似卡林型金矿床综合地质地球化学特征[J].地质论评,2001,47(5):492~499.
- [5] 张复新.秦岭泥盆系中与铅锌矿化有关喷流岩的识别与找矿[J].地质与勘探,1989,25(5):11~18.
- [6] 王根宝.陕西省勉略宁地区碧口岩群基底构造碰合带的发现及其地质意义[J].陕西地质科技情报,1995,20(1):13~26.
- [7] 祝延修,白万成,李强之.河南省东阾前寒武系中石英脉金矿地质[M].北京:地震出版社,1997.15~26,176~183.
- [8] 陈衍景,富士谷.豫西金矿成矿规律[M].北京:地震出版社,1992.166~170.
- [9] 卢欣祥.秦岭花岗岩及其对秦岭造山带构造演化的揭示与反演(秦岭花岗岩大地构造图说明书)[M].西安:西安地图出版社,2000.1~3.
- [10] 王相,唐荣杨,李实,等.秦岭造山与金属成矿[M].北京:冶金工业出版社,1996.280~287.
- [11] 叶霖,刘铁庚.陕南勉略宁地区铜厂矿区的钠长石[J].矿物岩石,1997,17(4):9~14.
- [12] 张复新,马建秦.陕西镇安-山阳南羊山组重力流沉积作用及其意义[J].沉积学报,1997,15(3):48~55.
- [13] 张复新,宗静婷,马建秦.秦岭卡林型金矿床及相关问题探讨[J].矿床地质,1998,17(2):172~184.
- [14] 杨志华,等.边缘转化盆地的构造岩相与成矿[M].北京:科学出版社,1991.126~131.

Minerogenetic series of metallic ore deposits in the Qinling Mountains and tectonodynamic background of the continental orogenic belts

WANG Jing-hua, ZHANG Fu-xin, YU Zai-ping, YU Lan

(Key Laboratory of Continental Dynamics of the Ministry of Education, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

Abstract: On the basis of the tectonic units, tectonic evolution and deposit association, the Qinling orogenic belt is divided into four mineralization concentration areas: the Xiao Qinling craton activation area, Xiong'er shan rift accretion area, South Qinling passive continental-margin down-faulted area and Bikou terrane paleo-assemblage zone, which separately form four minerogenetic series: the granite-greenstone belt-type gold-iron minerogenetic series, continental volcanic-hosted gold-molybdenum minerogenetic series, sedimentary-hosted gold-lead-zinc-mercury-antimony minerogenetic series and marine volcanic-hosted gold-silver polymetallic and ultrabasic-hosted nickel-gold minerogenetic series. Syngenetic mineralization is related to extensive mantle or hot spot activities in the early stage (Paleozoic and its preceding stage) of format of the orogenic belt; post-genetic mineralization was accomplished during the basin-range transformation and intracontinental tectono-magmatic activities (at 120~340 Ma).

Key words: metallic ore deposit; minerogenetic series; mineralization concentration area; Qinling orogenic belt, continental dynamics