

秦岭造山带矿床成矿系列与演化^{*}

陈毓川¹ 王平安² 裴荣富³

(1 中国地质科学院, 北京 2 中国地质科学院地质力学研究所, 北京

3 中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 本文将矿床成矿系列的概念应用于秦岭造山带区域成矿规律研究。秦岭及邻区共有 21 个矿床成矿系列和 24 个亚系列, 经历过 6 个构造-成矿旋回。秦岭区域成矿系列与构造-成矿旋回之间具有内在成生联系, 其演化具旋回性和跨代现象: 中、新元古代至早古生代与中、新生代为两个成矿高峰期, 分别对应秦岭造山带由陆缘裂谷向板块构造和由板块构造向陆内造山两次最重要的构造体制转化期: 与火成活动及地壳开裂有关的成矿作用规模和强度在造山带的南、北成矿域及东、西成矿域之间具明显的旋回性和时-空振荡性演化特征。

关键词: 区域矿床成矿系列 成矿演化 造山带 秦岭

秦岭造山带是中国地质构造若干关键问题的交汇区, 各类矿床广泛分布, 矿床成矿系列齐全, 成矿学问题较为复杂。朱俊亭等^[1]、耿树方等^[2]、陈毓川^[3]和王平安等^[4]曾从整体上对该区成矿规律做了较系统的研究和阐述。本文从成矿系列和秦岭地质历史构造变迁与发展视角出发, 将秦岭各期造山活动、板块运动(包括拉张、裂陷活动和陆内碰撞等)与成矿旋回结合起来, 突出了各重要成矿区内沉积-火山-岩浆-变质成矿演化的时空联系和演化规律。

矿床成矿系列概念的提出是当代中国矿床学发展的一个重要标志^[5,6], 它是指区域成矿过程中由地质构造发展阶段的特殊性所决定的不同成矿作用类型之间具有内在联系的一组矿床的组合。本文针对秦岭造山带成矿地质演化的特殊情况, 在应用矿床成矿系列分析成矿规律时, 更加强调时间演化因素, 如将原来认为属于不同成因类型和不同成矿系列的一组矿床(如海相火山活动有关的矿床及与岩浆侵入活动有关的矿床)归入同一个在时间演化和构造发展阶段上具有内在联系(主要与火成活动有关)的成矿系列(如秦岭第 1、3、7 成矿系列, 表 1), 这就更加突出了一定的地质历史阶段及与成矿有关的大地构造背景。国际地学界也已将原来认为互不相干的斑岩型矿床与 VMS 型矿床(海底火山块状硫化物矿床)联系在一起, 并将其统一在同一演化阶段的板块构造体制之下。

特定区域内一个特定的矿床成矿系列, 是在充分尊重程裕淇等所定义的矿床成矿系列概念的原则下, 根据区域成矿规律研究的需要和一定研究区内区域地质演化和区域成矿特征而建立的。

^{*} 本文为国家自然科学基金“八五”重大项目、原地矿部“八五”重大基础项目和“九五”科技攻关项目资助成果
陈毓川, 男, 生于 1934 年, 研究员, 中国工程院院士, 长期从事矿床地质、地球化学和区域成矿规律及找矿
预测研究工作。邮政编码: 100037

表1 秦岭造山带矿床成矿系列及特征一览表

系列	时代	成矿地质作用	含矿建造	产出构造部位	亚系列	矿种	典型矿床实例
1	A ₃	岩浆与海相火山-沉积	太华群、霍丘群、鱼洞子群、太古宙超基性岩	华北、扬子两地块边缘	1-1, 1-2	Fe(V, Ti, U, REE)	鱼洞子、许昌、铁山岭、经山寺、赵岸庄
2	P ₁ ¹⁻¹	海相火山-沉积	红安群、宿松群、秦岭群	大别地块	—	P(Mn, Y)	黄麦岭、四方山、石门冲、松阳、宿松
3	P ₂ -3	岩浆侵入及海相火山	碧口群、武当群、神农架群、通木梁群、火地垭群、元古宙岩浆岩	扬子地块北缘及南秦岭	3-1, 3-2, 3-3, 3-4	Fe, Cr, Mn, Nb, Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Co, V(Ti), S, 石墨	筏子坝、铜矿坡、黎家营、神农架、银洞沟、许家坡、铜厂、三岔垭、毕机沟
4	P ₂ -3	海相火山	宽坪群	北秦岭地区	—	Cu, Pb, Zn, S	龙庙、东沟、皇台
5	P ₃	区域变质	马头山组、耀岭河群、陡山沱组、灯影组、随县群、红安群、赤溪河群、宽坪群	东秦岭一大别地区, 以南秦岭区为主	5-1, 5-2	稀土, 稀有金属, 蓝石棉, 虎睛石, 白云母, 金红石, P	冯家岭、大苇园、大阜山、五间房、杨冲、广水
6	Z ₂ -P ₂ ₁	海相沉积	陡山沱组、灯影组、寒武系、志留系	扬子地块北缘及南秦岭	6-1, 6-2	P, Mn, V, Mo, Ag(Co), Ba 等	沟岭子、白果园、高燕、中村、宜昌、钟祥
7	P ₂ ₁ -P ₂ ₂	超基性岩侵入与海相火山沉积	二郎坪群、丹凤群、斜峪关群、云架山群、丹凤群、信阳群、加里东期超基性岩	北秦岭—桐柏地区	7-1, 7-2	Cu, Zn(Pb), Au, Ag, P	九子沟、铜岭、西岭、金洞沟、东流水、大河、老湾、破山、银洞坡
8	P ₂ ₁	基性-超基性岩	蚀变超基性岩, 碱质浅成岩, 超基性岩	扬子地块北缘及南秦岭	8-1, 8-2	Ni, Au, Fe, Cu, Co, Ti, P, 石棉	煎茶岭、黑木林、铁佛寺、桃源、蛟麓屋
9	P ₂ ₁ -P ₂ ₂	区域变质及混合(伟晶)岩化	秦岭群、二郎坪群和下志留统, 中-基性岩	东秦岭北部, 北秦岭为主, 少数在南秦岭	9-1, 9-2	稀有金属, 蓝晶石, 红柱石, 石墨, 白云母, 金红石, 玉石	酒沟、唐河、秦坪、小岔沟、隐山、南阳山、蔡家沟、陈阳坪、大河坝、肖家河
10	P ₂ ₁	岩浆及海相火山	超基性岩、碱性岩、海相火山岩	南秦岭地区	10-1, 10-2	Cu, Nb, REE, Zn, (Co, Au, Ag)	德尔尼、三岔子、教子山、庙湾
11	D	海相沉积	泥盆系海相沉积碳酸盐岩及浅变质泥质岩和细碎屑岩等	扬子地块北、西缘及南秦岭南缘	—	Fe, As, S, 石膏、重晶石(Cu, Pb, Zn)	大西沟、银洞子、杨家院、当多、洛大、官庄
12	C-P	滨海沉积和地台型风化	石炭系海山群、本溪组、太原组、二叠系山西组、上石盒子组	华北地台北缘	—	铝土矿、石棉、耐火粘土、硫铁矿	沙村、竹林沟、马行沟、禹州、新郑、平顶山、宜洛
13	C-P	浅海相沉积和陆相风化	以二叠系为主, 包括桐柏组、长兴组、龙潭组、吴家坪组等, 次为上石炭统黄龙岗组	扬子地块北缘东段	—	铝土矿、铁、磷、硫、耐火粘土、蒙脱石粘土	报信坡、丽山、花萼、马尾山—马鞍山、蔡马坪、袁仓、牛角、杨梓
14	T-J	浅海相及陆相沉积	下三叠统一中侏罗统浅海相泥砂质、碳酸盐及膏盐建造和陆相泥砂质含煤建造	扬子地块北、西缘及南秦岭地区	—	Fe, Mn, 石膏、石棉	西沟、虎牙、瓦刀子、庙沟、镇巴县、开县
15	M ₂	海底喷气-热液改造	中泥盆统碳酸盐岩、硅质岩、板岩及千枚岩	南秦岭中、西部地区	—	Pb, Zn 为主	厂坝、邓家山、毕家山、银洞梁、八方山
16	M ₂ -K ₂	酸性岩侵入及陆相火山	秦岭群、震旦系—三叠系沉积岩, 酸性岩, 秦岭岩及火山岩	南秦岭中、西部地区	未分	Au, Ag, Sb, Hg, As, Pb, Zn, Fe, Cu, 水晶、滑石、萤石	魏家沟、马家山、李坝、唐河、崖湾、蔡凹、大河沟、公馆、青铜沟、夏布榜
17	M ₂ -K ₂	酸性岩侵入及陆相火山	古生界—三叠系沉积岩, 酸性岩, 秦岭岩及火山岩	西秦岭南缘及松潘-甘孜褶皱系北缘	未分	Au, U, As, Sb, Hg, W, Sn, Ag, Cu, Pb, Zn(Mo, Ni, V, PGE)	大水、宋山、拉尔夫、若尔盖、坪定、北东寨、新桥上、新渡山、马鬃壳、银厂、石鸡坝
18	燕山期	深源岩浆活动	泥盆系纳长角闪岩、硅质岩、碳酸盐岩等	南秦岭褶皱带	—	Au	双王、八卦庙、马鞍桥、二台子
19	燕山期	花岗岩和碱性岩侵入及陆相酸性火山-次火山	太华群、铁桐沟组、熊耳群、宽坪群、高山河组、巡检司组、龙家园组、梁川群、震旦系、寒武系、石炭系—白垩系, 中、酸性及碱性岩	华北地台北缘及北秦岭一大别地区	19-1, 19-2	Au, Ag, Mo(Re), W, U, Nb, REE, Cu, Pb, Zn, Fe(V, Ti), S, Sr, 石墨, 水晶、萤石、钾长石	华阴县、金堆城、黄龙铺、冈岭、木龙沟、银家沟、夜长坪、康山—一星屋阴、南泥湖、三道庄、上官、祁雨沟、陈楼、秋树湾
20	燕山期	中性岩侵入	崆岭群、桐柏群、红安群、大别群、宿松群, 三叠系, 白垩系及中碱性岩	扬子地块北缘—南秦岭	—	Au, Ag, Cu(Pb), Zn, 萤石	小汉口、铜家湾、黑龙潭、界岭、板仓、华河
21	新生代	陆相沉积与冲积	第三系、第四系	秦岭及邻区	21-1, 21-2, 21-3	石油、油页岩、石膏、芒硝、钠盐、天然碱, Au, 金红石、锆石、石榴石	南阳、中原、潭头、安棚、吴城、王城、麻城、云应、云步、黄陂、白水、嘉陵江、汉江、月河、星边、黄铺、大阜山

1 秦岭造山带矿床成矿系列

根据上述区域成矿系列的概念和划分原则, 本文将秦岭造山带及邻区在近30亿年的地质演化历史中所形成并保存至今的近500个矿床(点), 划分为21个区域矿床成矿系列、24个亚系列, 各系统名称、特征及代表性矿床列于表1中。不同地质时代中矿床成矿系列和亚系列数的分布为: 太古界—古元古代2个成矿系列、2个亚系列, 中、新元古代3个成矿系列、6个亚系列, 新元古代至加里东期(包括晚加里东—早华力西期)4个成矿系列、9个亚系列, 华力西期4个成矿系列、2个亚系列, 中生代为主的7个成矿系列、2个亚系列, 新生代1个成矿系列、3个亚系列。

2 秦岭造山带区域成矿系列的演化特征

矿床成矿系列概念强调同一成矿系列内部诸矿床之间的成因联系^[5,6], 近年来又提出“矿床成矿系列类型”及“时间维造就空间维”的概念^[7,8], 这是对矿床成矿系列之间演化关系的一种关注与思索。本文对秦岭造山带区域矿床成矿系列的成因与演化探讨, 特别注重时间因素所起的关键性作用, 强调造山带地质历史演化与成矿历史演化之间内在的必然联系。

2.1 构造-成矿旋回与成矿系列演化的跨代现象

按照构造-成矿旋回的分析^[4,9,10], 秦岭造山带经历了新太古代—古元古代早期较早阶段、古元古代早期较晚阶段、中-新元古代、新元古代—早古生代、晚古生代和中-新生代的6个构造-成矿旋回, 它们在时间演化上大多明显跨越地质时代的界线。如新太古代—古元古代早期较早阶段、中-新元古代、新元古代—早古生代和中-新生代构造-成矿旋回, 这种特性既表现在不同构造单元之间随地质发展其构造-成矿作用发生此消彼长而从整体上显示出跨地质时代的现象, 还表现在同一个构造单元内部相对连续的构造-成矿作用跨越通常公认的地质时代界线。其中最典型的是中-新元古代和新元古代—早古生代两个构造-成矿旋回: 前者跨越了中元古代与新元古代界线, 其同位素年龄在 $1400 \times 10^6 \sim 965 \times 10^6$ a之间, 形成第3(Pt_{2-3})、4(Pt_{2-3})、5(Pt_3)3个区域矿床成矿系列; 后者不仅跨越了元古宙与古生代(实际上为前寒武纪与显生宙)界线, 同时也跨越了早、晚古生代之间的界线, 其同位素年龄为 $1000 \times 10^6 \sim 319 \times 10^6$ a, 形成第6(Z_2-Pz_1)、7(Z_2-Pz_1)、8(Pz_1)、9($Pz_1^2-Pz_2^1$)4个区域成矿系列。每个成矿系列都是在其所属构造-成矿旋回中, 在相似的构造环境中之下由特定成矿地质作用近似连续发展所形成的, 这一现象反映秦岭地质构造既具有与全球造山旋回相似的一面, 又有自身发展演化的特殊性。

2.2 各时代矿床及其成矿系列的数量上的演化

通过对秦岭造山带各地质时代或构造-成矿旋回所形成的矿床成矿系列、矿床数目的统计发现, 从太古宙至中-新生代的6个构造-成矿旋回中, 各旋回的矿床成矿系列数和矿床数大致上均呈逐渐增加趋势, 其中成矿系列数变化分别为: 1(新太古代—古元古代早期较早阶段)→1(古元古代早期较晚阶段)→3(中-新元古代)→4(新元古代—早古生代)→2

(晚古生代)→7(中-新生代), 相应矿床数变化分别为 15→5→38→68→69→218 (图 1)。

成矿矿种数	1(8)	1(4)	19(5)	21(5)	14(3)	29(6)
小型矿床数	5	2	13	38	18	90
中型矿床数	5	3	19	20	28	74
大型矿床数	5	0	5	15	20	43
特大型矿床数	0	0	1	5	3	11
矿床数	15	5	38	68	69	218
矿床成矿系列数	1	1	3	4	2	7
	Ar ₃ —Pt ₁	Pt ₁	Pt ₂ —Pt ₃	Z ₂ —Pz ₁	Pz ₂	Mz—Kz

图 1 秦岭造山带构造-成矿旋回成矿系列和矿床规模的时间分布
(括弧前为主要矿种数, 括弧内为次要或伴生矿种数)

2.3 各时代成矿矿种的演化

矿种演化的总趋势是由少到多、由简至繁, 其主要矿种+次要矿种数分别为 1+8、1+4、19+5、21+5、14+3 和 29+6。最老的两个旋回各有 1 个主矿种 (分别为 Fe 和 P), 均为丰度高且具强烈幔源特色的元素, 反映太古宙和古元古代早期地球物质分异程度很低; 伴生和次要矿种较多, 在一定程度上可反映早期旋回为以后的地质历史时期奠定了成矿的物质基础。秦岭从中元古代开始进入成矿活动的活跃期, 矿种渐趋繁多, 在 Pt₂—Pt₃、Z₂—Pz₁ 和 Mz—Kz 3 个构造-成矿旋回表现突出。金属矿种最突出的有 Au、Ag、Pb、Zn、Mo、U、Hg、Sb、Fe、V、Ti、Al、Mn、REE 和稀有金属等, 非金属矿种主要为磷、石墨、水晶、萤石、石棉、蓝晶石、红柱石、滑石、重晶石、毒重石、白云母、石膏、芒硝、天然碱、石油和石煤等。但古元古代旋回却具特殊性, 此阶段秦岭造山带成矿强度很低。

秦岭早期阶段矿种以海相火山-沉积作用和幔源基性-超基性岩浆侵入活动方式为主形成, 这反映深层次构造-岩浆活动和成矿作用所具有的强烈的幔源特征。晚期矿种虽然也具深源特征, 但壳源特征更加明显。

2.4 成矿高峰期与构造体制转化时期的对应

在近 30 亿年的地质演化过程中, 秦岭造山带成矿活动强度和规模存在中-新元古代至早古生代和中-新生代两大活跃期 (成矿高峰期)。前一高峰期形成 7 个成矿系列、15 个亚系列、108 个矿床 (其中特大型 6 处、大型 20 处、中型 39 处、小型 43 处), 矿种达 30 余种; 后一高峰期形成 8 个成矿系列、5 个亚系、239 个矿床 (包括特大型 12 处、大型 50 处、中型 79 处、小型 98 处), 矿种达 29 种以上。这两个成矿高峰期分别对应秦岭造山带由陆缘裂谷→板块构造和由板块构造→陆内造山体制的转化时期, 为秦岭地质演化历史过程中两次最重要的构造体制转化时期。

2.5 成矿作用的时-空振荡性 (不同步性) 演化

与火成活动及地壳开裂有关的成矿作用规模和强度在秦岭演化史中具有明显的旋回性和时-空振荡性 (或不同步性), 它不仅存在于造山事的南、北成矿域之间, 也存在于东、西成矿域之间 (图 2, 图 3)。秦岭地区 5 个大的开裂-成矿期中成矿强度呈不对称交替式发展演化, 可能意味着地幔中的“富矿结点”随时间演化而发生了空间的振荡性迁移。不过, 这种

间隔交替式的成矿演化也可能仅反映深部物质运动的某种规律，是构造活动强度交替式发展在成矿方面的一种表现。后一种解释更能体现构造与成矿之间的普遍联系。此种特征在更深层次上可反映秦岭造山带地质发展过程中深部构造的振荡式演化，应与地幔物质的振荡性活动有一定关联。由其所反映的秦岭地壳演化的大地构造意义及是否具有某种普遍性，值得引起大地构造学家们的重视。

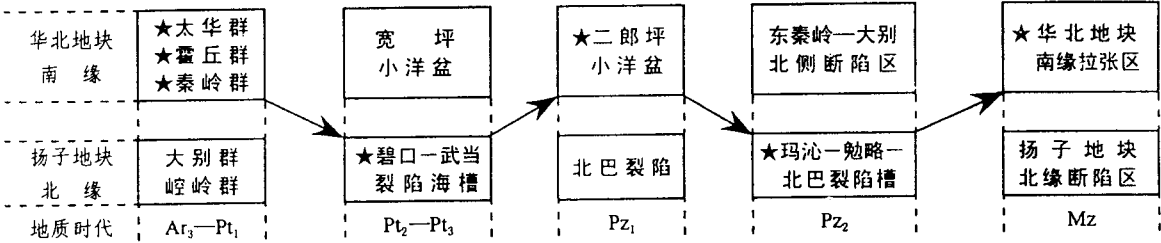


图 2 秦岭造山带与地壳开裂事件有关的成矿作用的振荡性地-空演化示意图
★—表示高强度成矿时-区

时代	Ar ₃ —Pt ₁	Pt ₂ —Pt ₃	Pz ₁	Pz ₂	印支期	燕山期	喜山期
空间							
北部成矿域	+	—	+	—	+	++	—
南部成矿域	—	+	—	+	++	+	+
西部成矿域	—	+	—	+	++	+	+
东部成矿域	+	+	+	+	—	++	—

图 3 秦岭造山带与火山活动有关的成矿作用强度的时-空分布及演化
北部成矿域—指华北地块南缘及北秦岭地区；南部成矿域—扬子地块北缘及南秦岭地区；西部成矿域—东经 106°以西地区；东部成矿域—东经 106°以东地区；++、+、—分别表示成矿强度由高到低

2.6 与构造发展演化相关的成矿作用过程（型式）

开裂、碰撞拼合及碰撞拼合后陆内滑脱、推覆、拉分、断陷和相对稳定环境是秦岭 4 种主要的构造-成矿作用过程（型式）。与前 3 种过程有关的火成（包括海相火山）活动在秦岭造山带的成矿演化历史中占有突出重要的位置。

陆块或板块的开裂过程伴随地幔物质向地壳中转移，其成矿作用主要与海相火山活动有关，其次为受深断裂控制的基性、超基性及碱性岩浆侵入活动。海相火山活动（从新太古代断续延至晚古生代）是秦岭最重要成矿作用类型之一，形成的矿种多、范围广、强度较大。秦岭曾发生多次开裂并伴随不同规模和强度的成矿作用，其从老至新的所有火山-沉积建造基本都是重要的含矿层位。

秦岭大规模碰撞拼合过程主要有晋宁期、晚加里东—早华力西期和华力西—印支期。成矿地质作用有陆壳花岗质岩浆活动、区域变质和“冒地槽”型陆源碎屑-碳酸盐岩沉积作用。前两种在一定时期具密切成因联系和空间一致性。它们共同作用可造就同一成矿系列,如晚加里东—早华力西期秦岭北部和区域变质及混合(伟晶)岩化作用有关的稀有金属及非金属矿床成矿系列(系列9)。这是秦岭地壳演化与成矿作用的一个特殊产物。

与碰撞拼合过程相关的区域变质作用有多期,如新太古代、古元古代、新元古代、加里东期、华力西期和印支期;变质成矿作用以新元古代以来的为主(形成系列5和系列9),印支期区域变质作用又对它们发生重要改造。这些都反映随着造山带地质演化,板块碰撞拼合强度及携带能量越来越大。与碰撞拼合作用过程相关的沉积成矿作用突出表现在南秦岭中、晚泥盆世时期,在海相陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造中形成了Fe、Ag多金属矿床和Pb、Zn等的矿胚或矿源层,反映海槽或海盆地逐渐收缩过程中成矿元素不断得到浓集的特点。

在张裂与拼合过程之间的相对稳定时期或地区,构造-岩浆和火山活动都很微弱,成矿作用以沉积为主。如晚震旦世—早古生代扬子地块北缘为大范围相对稳定的陆表海环境,在上震旦统一寒武系远火山-沉积碳硅泥质(含磷)建造中形成磷、锰、钒、银矿床,在下古生界生物-化学沉积黑色岩系中形成钒-钼、重晶石、毒重石和石煤矿床,它们构成此阶段的沉积成因成矿系列;晚古生代特点是石炭-二叠纪,在扬子地块北缘和华北地块南缘,由滨-浅海沉积和陆相风化作用各自形成一个以铝土矿和煤矿为主的成矿系列。

碰撞造山使地壳或岩石圈大幅挤压收缩,此过程完成后即进入陆内构造演化期,多跟着陆壳松弧阶段,并酝酿着新的开裂过程,形成大规模滑脱、推覆和拉分、断陷。秦岭地区虽经历多次碰撞拼合,但大规模陆内造山及成矿作用仅发生在中、新生代。与此过程相关的成矿活动主要表现为构造-岩浆-热事件的联合作用和拉分盆地内的沉积成矿作用。

参 考 文 献

- 1 朱俊亭等. 秦岭大巴山地区矿产资源和成矿规律——百万分之一秦岭大巴地区矿产图说明书. 西安: 西安地图出版社, 1992, 1~188.
- 2 耿树方, 严克明, 周伟勤等. 秦巴金属矿产成矿概论. 北京: 地质出版社, 1994, 1~175.
- 3 陈毓川, 王平安等. 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, 13 (4): 289~298.
- 4 王平安, 陈毓川, 裴荣富等. 秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化. 北京: 地质出版社, 1998, 1~161.
- 5 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.
- 6 程裕淇, 陈毓川等. 再论矿床的成矿系列问题——兼论中生代某些矿床的成矿系列. 地质论评, 1983, 29 (2): 127~139.
- 7 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, 128~135.
- 8 裴荣富. 金属成矿省等级体制成矿. 见: 陈毓川主编: 现代矿产勘查评价的理论与方法. 北京: 地震出版社, 1998.
- 9 王平安, 陈毓川. 秦岭造山带构造-成矿旋回与演化. 地质力学学报, 1997, 3 (1): 10~20.
- 10 沈永和. 多旋回成矿论. 中国地质科学院院报, 1987, (16): 41~54.