

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

南秦岭卡林型—似卡林型金矿床 综合地质地球化学特征

张复新 季军良 龙灵利 范春花

西北大学大陆动力学教育部重点实验室;西北大学地质系,西安,710069

内容提要 笔者将南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与与其共生的热水沉积成因铅锌矿床、中国滇黔桂卡林型金矿床、卡林型金矿床命名地美国西部卡林金矿床、乌兹别克斯坦穆龙套型金矿床等进行了地质地球化学综合对比研究,可以发现,这些矿床的形成均与现代板块构造活动机制具有密切耦合关系,属于造山期成矿矿床。它们既具有相似特点:容矿建造属沉积岩型,沉积构造环境具有拉张裂陷性质,均显示同生—叠加改造两次成矿作用的特征;它们又具明显差别:所属大地构造背景不同,造山带组成及结构存在明显差别,叠加改造成矿作用表现的复杂和强烈程度差别较大。造山带区域构造演化与大规模成矿作用是同一大陆动力学过程的不同表现。

关键词 卡林型 似卡林型 浸染型 金矿床 成矿规律 南秦岭

众所周知,南秦岭卡林型—似卡林型金矿聚集区是秦岭成矿带重要组成部分,夹持于商(县)—丹(凤)断裂带与勉(县)—略(阳)断裂带之间,已成为继美国西部卡林型巨型成矿带发现之后,世界上另一卡林型—似卡林型金矿的集中区。目前,对产于显生宙沉积岩中的金矿床称谓较多,诸如卡林型,是以首例作为经典矿床的发现地命名的;微细粒浸染型,是出于矿化作用形式与组构考虑的;热水溶滤型,是根据成矿作用机制而命名的;沉积岩型,突出了容矿建造及未经变质和浅变质岩系的成矿特征;似卡林型是矿床地质与卡林型十分相似,矿床地球化学与卡林型明显有别的一类矿床(陈柏林,2001)。尽管目前还没有适合该类矿床的一般成矿模式,然而对这类矿床地质特征的认识趋于一致(张复新等,1998):①以沉积岩为容矿的微细粒浸染型金矿床,大多数产于被动大陆(中国)或活动大陆(美国)边缘断陷活动带;②该类金矿床矿化围岩蚀变较弱,矿化与围岩渐变过渡;③矿床中成矿元素组合较复杂,Au-As-Hg-Sb-Tl-Ba, Au-As-Cu-Pb-Zn-Te-Bi, Au-As-Cu-Co-Ni-Ba, Au-As-U 等组成卡林型—似卡林型一系列浸染状金矿床类型,显示出成矿的继承和叠加改造过程及中—低温热液成矿特征;④因矿床地球化学的差异和成矿作用发育程度不同,原生矿石中金可呈次显微、显微和明金等不同存在形式;⑤该类型矿

床均成群成带分布,显示出有利的岩相古地理环境对成矿的控制;⑥矿床中工业矿体受韧—脆性剪切构造带直接控制,韧—脆性剪切作用不仅是金成矿作用的动力来源,而且为矿体就位准备了空间。

本文将在进一步阐述该类型金矿床成矿作用一般规律特点的基础上,进行矿床地质综合对比,以便提高对该类型金矿床及其矿床系列共生组合的认识,同时为指导找矿勘探提供参考。

1 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床成矿作用特征

1.1 容矿地层的宽时性

南秦岭卡林型—似卡林型金矿床广泛产于显生宙地层层位中,容矿地层从上震旦统一—中三叠统(表1),金矿床主要成群出现在泥盆系、三叠系,个别产于震旦系—寒武系、志留系、石炭系中;金矿床规模为特大型、大型及中—小型。容矿地层赋存金矿床的能力完全受秦岭造山带演化和盆地发育程度(殷鸿福等,1995;刘少峰等,1999)及盆山转化耦合关系决定。

1.2 岩相的同一性与岩性的复杂性

南秦岭卡林型—似卡林型金矿含矿建造具有复理石建造及浊积岩系的性质,各盆地中容矿岩相的同一性是指被动陆缘伸展构造机制下岩相的同一

注:本文为陕西省教育厅专项科学研究基金项目(编号 99JK132)的成果。

收稿日期:2000-12-25;改回日期:2001-04-15;责任编辑:章雨旭。

作者简介:张复新,男,1945年生。1968年于北京大学地球化学专业本科毕业,1982年于西北大学矿床学专业获硕士学位。现为西北大学地质系教授(博导),主要从事矿床地质地球化学教学和研究。通讯地址:710069,西安市西北大学地质系;电话:029—8499100。

表1 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与容矿地层

Table 1 Carlin and para-Carlin type gold deposits and their hosted formation in south Qinling

容矿地层	地层岩性	矿床规模	代表性矿床	参考文献
中一下三叠统	碳质千枚岩、钙质、粉砂质千枚岩、白云质灰岩、白云岩	大型、中—小型	岷县鹿儿坝、大水、忠曲、辛曲	司国强等,2000
上泥盆统一下石炭统	钙质—粉砂质页岩、碳质泥灰岩、白云质—粉砂质千枚岩、粉砂—细砂岩、钠长板岩	特大型、大型、中型	凤县八卦庙、双王、庞家河、镇安金龙岗—丘岭	钟建华等,1997;韦龙明,1999
中泥盆统舒家坝组、李坝群、安家岔组、下吾那组	粉砂质千枚岩、粉砂—细砂岩、钙质—粉砂质千枚岩、碳质千枚岩、凝灰质板岩、泥质灰岩、含碳硅质岩	大型、中型、中—小型	礼县李坝、金山—马泉、成县安家岔—小沟里、武都坪定	李通国等,2000;卢家柳等,2000
中一下泥盆统三河口群	细碧岩、凝灰质千枚岩、白云质千枚岩、碳质千枚岩	大一中型、中、小型	略阳铔厂沟、干河坝、康县尚家沟	邵世才等,2001
中一下志留统大贵平组、梅子垭组	碳质千枚岩、含碳硅质岩、变质细砂岩、薄层灰岩	中—小型	汉阴黄龙、鹿鸣、洛大	
上震旦统太阳顶群—下寒武统俄都组	碳质板岩、含碳硅质岩、粉砂质板岩	大型、中—小型	迭部拉尔玛、邛莫	郑明华等,1994;林丽等,1998

性,即在裂隙环境形成的较深水沉积岩相(张旺定等,2000)。该环境提供了地壳深部物质上涌的条件,使局部岩相带中发育少量火山、热水沉积,并在较强的水动力条件下形成有利的含矿和容矿岩相。

上述构造环境下,形成一系列复杂的岩性组合(表1),它们经后期地质作用叠加改造可形成工业矿床。有利的含矿岩性由微细粒状岩石组成:含碳质—粉砂质页岩、粉砂质板岩、钙质细砂—粉砂岩、砂质千枚岩、含碳质硅质板岩、铁白云质硅质板岩、铁白云石钠长板岩、石英钠长板岩、碳质泥灰岩、铁白云质泥质灰岩、泥质—粉砂质薄层灰岩。含矿岩石普遍含有碳质、铁质、钙质、白云质、硅质、泥质。含矿岩石经后期动热变质变形形成角岩化、斑点状角岩化、碎裂—角砾岩化、片理化、糜棱岩化。

1.3 容矿岩石沉积环境的多样性

以陆棚浅海和浅海斜坡碳酸盐岩夹陆源细碎屑岩岩系和以形成韵律明显的复理石或浊积岩系为特

征。两类沉积岩系均形成于引张—挤压构造背景,随着区域性地壳演化和局部地壳构造作用的调整,致使沉积建造分异复杂多变,稳定型、次稳定型、非稳定型沉积类型随构造强度变化而相应出现。在本区形成的东西展布的海盆沉积,南北成带的岩相变化,直接控制着卡林型—似卡林型金矿床类型及其与铅锌矿床的共生与分带。

1.4 成矿作用的层控性

南秦岭古生代海盆沉积建造金等成矿元素区域背景接近或低于地壳丰度,而特定容矿岩层含金丰度较高(表2),引起局部金异常,然后在后期地质动热作用下,形成层控型金矿床。

1.5 构造控矿的定位性

1.5.1 南秦岭边界断裂控制区域成矿带

该断裂是造山带应力状态会聚、调整的边界,控制了区内建造、构造—岩浆带、矿带和矿床系列的生成与展布,奠定并制约着构造体系的形式。南秦岭边

表2 南秦岭金矿床容矿地层含金性对比

Table 2 Comparison of the gold content in the gold-ore-hosting strata in south Qinlin area

地 区		容矿地层与含 Au 背景值($\times 10^{-9}$)	地区或矿段含 Au 丰度($\times 10^{-9}$)
西秦岭降扎 ^①		震旦系—寒武系太阳顶群 5.1	拉尔玛—邛莫地段(迭部)7.5~14.7
东秦岭洋县东侧 ^②		志留系梅子垭组 1.45~1.53	黄龙—鹿鸣地区(汉阴)3.24~13.12
西秦岭礼县—西和县 ^③		中带泥盆系安家岔组、西汉水组2.5~3.7	安家岔—小沟里地区(成县)5.0
		北带泥盆系舒家坝组 4.9	李坝—金山地区(礼县)3.0~5.5
东秦岭	凤县—太白地区 ^④	星红铺组 3.22~3.33	八卦庙—太白河地区(凤县)14.61~29.62
	凤县—两当地区 ^④	北带上泥盆统下东沟组 1.93	庞家河—左家庄地段(两当)4.4~10.2
	镇安地区 ^⑤	中带中泥盆统二台子组 0.55~1.57	二台子—西桥沟地区(镇安)13.0~43.3
	宁陕地区 ^③	中带上泥盆统星红铺组 1.2~1.9	正河地段(宁陕县)>5.0
	镇安—旬阳地区 ^⑤	南带上泥盆统南羊山组 2.19	金龙山—丘岭地区(镇安)8.6~23.0
西秦岭西倾山—地区 ^⑥		中带三叠系 1.26	大水—鹿儿坝地区(岷县)10.3~30.0

资料来源:① 郑明华等,1994;② 冶金地质勘探局6队(内部),2001;③ 王相等,1996;④ 核工业部地质局203所(内部),1994;⑤ 张复新等,1997;⑥ 司国强等,2000。

界断裂为商-丹带和勉-略带延绵数千千米,控制着“西北金三角”和有色多金属巨型成矿带。

1.5.2 南秦岭逆冲推覆断裂控制次级区域成矿带

南秦岭随边界断裂伴生出现的逆冲推覆断裂属于同生长断裂,如礼县—山阳断裂、临潭—镇安—桐柏断裂、朵海—迭部断裂等是南秦岭沉积岩区带与盆地类型及沉积地层组合的控制与制约构造,本区卡林型—似卡林型金矿大多沿该断裂附近分布,东西向展布的逆冲推覆断裂是南秦岭二级控矿断裂。

1.5.3 南秦岭韧性变形与脆性断裂直接控矿

南秦岭韧性与脆性断裂是本区二级断裂派生的次级构造,它们作为金矿床形成的导矿通道与容矿空间是直接控制矿床产生和矿体定位的控矿构造。该韧性与脆性断裂平行或斜交于逆冲推覆构造,东西向平行断裂多为韧性,是区域褶皱进一步发育派生的构造。它们是在区域成矿构造应力作用下应力会聚消减转换处;是形成含矿流体迁移途径中物理化学条件、温压梯度带;也是矿质卸载沉淀成矿的有利部位。

1.6 岩浆活动的间接成矿

南秦岭沉积岩区岩浆活动一般不发育,矿区内未见岩浆岩或仅发育中酸性小岩株、岩脉。对成矿有明显控制的岩株,具有多期与复杂岩相分异,以及热接触变质作用,与成矿有关的岩脉多发生退化变质及破碎蚀变。本区岩浆岩成岩年龄经 Rb-Sr、Ar-Ar、锆石 U-Pb 测年统计为(108~220)Ma(郑明华等,1994;王相等,1996;李曙光,1998)。

分析认为,一方面岩浆侵入带来的动热,可驱动地下流体并活化成矿物质,具有积极或间接的成矿作用;另外,脉岩的矿物分解与破坏,无疑与成矿体系发生成分的交换与混合,使部分组分直接参与成矿作用。由于岩浆活动是造山带演化过程的一幕,对成矿的控制作用不容忽视。

1.7 成矿时代的趋同性

南秦岭容矿地层时限较宽,含矿建造多样,成矿地质背景存在明显差别,然而,卡林型—似卡林型金矿床成矿时代具有趋同一致的特点。对诸多矿床的 Ar-Ar、Rb-Sr 法等时线成矿测年统计为(117~197)Ma(柳森,1996;王世忠等,1997;张复新等,2000;邵世才等,2001)成矿时代集中于印支晚期—燕山

表3 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床类型划分

Table 3 Subdivision of the Carlin and para-Carlin type gold deposits in south Qinling

矿床类型	细碎屑岩系改造型		细碎屑岩—碳酸盐岩系改造型			热水沉积岩系改造型		火山沉积岩系改造型
矿床亚类	李坝式	马鞍桥式	八卦庙式	金龙山式	大水式	拉尔玛式	双王式	铍厂沟式
含矿地层	上泥盆统桐岭寺组,中泥盆统舒家坝组—西汉水组,下志留统梅子垭组		中一下三叠统,上泥盆统星红铺组、南羊山组、安家岔组			震旦系—寒武系太阳顶群,上泥盆统星红铺组		中一下泥盆统三河口群
容矿岩石组合	含碳质—钙质板岩,钙质粉砂—细砂岩夹薄层灰岩		含碳质钙质页岩,钙质粉砂质页岩,钙质粉砂—细砂岩,含碳质粉砂质泥灰岩			碳质板岩—碳质硅板岩,铁白云石—石英—钠长板岩		细碧岩—凝灰岩,千枚岩
成矿作用演化和成矿时代	沉积—接触变质—剪切变形与构造破碎—热液富集 171.6Ma ^①	沉积—中浅变质—韧性剪切变形—热液富集	沉积—轻微变质—剪切递进变形—热液富集 131.9Ma ^②	沉积—变质重结晶—褶皱式剪切—热液富集 190.6~174.3Ma ^③	沉积—岩浆侵入—断裂构造—热液富集	热水沉积—中浅变质—断裂构造—热液富集 117.6Ma ^④	热水沉积—褶皱变形—构造角砾岩化—热液富集	火山喷溢—沉积—区域变质变形—韧性剪切变形构造—热液富集 161 Ma ^②
与岩浆作用关系及岩浆侵入时代	矿床沿岩体热晕分布;193~212 Ma ^①	外围岩体提供部分动热;200 Ma	矿区内岩脉轻度蚀变;148~204 Ma	无岩浆岩或岩浆岩破碎蚀变	岩株岩脉发育出现破碎蚀变	矿区出现岩浆岩脉;204 Ma ^④	外围岩浆侵入提供部分动热	矿区出现岩浆岩脉
空间分布	南秦岭泥盆纪沉积北带、南带		南秦岭泥盆纪—三叠纪沉积中带			南秦岭泥盆纪沉积中带、南带		南秦岭南缘泥盆纪沉积区
成矿元素组合	(1) Au-U-As-Pb-Zn; (2) Au-As-Sb-Pb-Zn-Bi-Te		(1) Au-As-Sb-Hg-Ba; (2) Au-Pb-Zn-Cu-Bi-Te; (3) Au-As-Cu-Co-Ni-Ba			(1) Au-As-U-Se-Pt-Ba; (2) Au-Pb-Zn-Bi-Te		Au-Cu-Pb-Zn-Co-Ni
矿床实例	李坝,马泉—金山,三人沟	马鞍桥,黄龙—鹿鸣	八卦庙,安家岔—小沟里,坪定	金龙山—丘岭,鹿儿坝	大水,贡北,忠曲,	拉尔玛,邛莫,俄都,牙相	双王	铍厂沟,干河坝,尚家沟

资料来源:①王相等,1994;②邵世才等,2001;③张复新等,1998;④郑明华等,1994。

期,这与扬子—华北大陆碰撞造山、陆内逆冲推覆和岩浆活动时期相一致,矿床具有造山带叠加改造型成矿特点。

1.8 卡林型—似卡林型金矿床属于后生中—低温热液矿床

该类型金矿床具有明显的中—低温热液成矿特征,成矿元素组合以 Au、Ag、As、Sb、Hg、Pb、Zn、Ba、U 为主,表现出成矿元素来自容矿地层,通过流体循环系统萃取、活化、迁移、沉淀而成矿。因而,这一矿床类型在区域上相伴共生产出。

1.9 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床类型划分

由于南秦岭卡林型—似卡林型金矿床产出与形成均与盆地中沉积岩系组合存在密切关系,整体显示出矿床的层控特征。因此,可以将直接反映成矿地质背景的容矿岩石作为划分矿床类型的一级准则,再根据后期地质作用改造的差别,依照矿床地质地球化学特征作为划分的二级准则。本区金矿床类型划分如表3。

2 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床综合对比研究

2.1 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与热水沉积改造型铅锌矿床地质地球化学对比

众所周知,南秦岭泥盆纪沉积建造中有大量热水沉积改造型铅锌矿(隗合明,1990;李健中等,1992,1993;杨志华等,1997;张传林等,1998),它们与卡林型—似卡林型金矿床组成密切的成矿系列,两者产于同一构造地质背景中,往往形成“我中有你,你中含我,独立成矿,共生分带”的成矿格局,构成南秦岭成矿带的特色。两类矿床既有相同之处,又有较大差别(表4)。

2.2 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床各亚类地质地球化学对比

已知南秦岭区产有与经典卡林金矿特征近同和差别较大的一系列浸染状金矿,可称之为卡林型与似卡林型,将其地质地球化学特征对比如表3。按照盆地类型和容矿岩系特征进一步又可划分为南、北、中三个带。其中北带的细碎屑岩系改造型金矿床紧邻商—丹俯冲碰撞缝合带南侧前陆盆地分布,陆缘碎屑物质供应充分,由于受到较强烈的挤压动热构造的影响,矿床形成多受到中—浅变质、岩浆侵入活动的叠加和构造—热液活动系统改造较复杂的成矿作

表4 南秦岭沉积岩系中金矿床与铅锌矿床地质地球化学对比

Table 4 Geological-geochemical comparison between sediment-hosted gold deposits and lead-zinc deposits in south Qinling

地质地球化学特征		卡林型—似卡林型金矿床	热水沉积改造型铅锌矿床
构造地质背景		两类矿床均产于由扬子大陆北缘扩张游离出的南秦岭海陆混杂的古生代海槽中,其南北分别处于扩张与俯冲共存的构造格局下,海槽内部发育局限裂谷、断陷与前陆盆地,局部古地理环境形成有利含矿岩层和容矿岩相。三叠纪南北大陆碰撞成陆并转入陆内造山,进而发生叠加与改造成矿作用	
含矿与容矿岩系时代		寒武纪、志留纪、泥盆纪、三叠纪	泥盆纪
含矿与容矿岩系岩石组合		细碎屑岩—碳酸盐岩交互,细碎屑岩系,热水沉积岩系,火山—沉积岩系	细碎屑岩系中发育热水沉积岩,碳酸盐岩向碳质板岩过渡层位上发育热水沉积岩
岩相古地理环境		断陷、局限裂谷与前陆盆地中受同生断裂控制的台盆、台沟深水—半深水沉积环境,水下隆起生物礁相及其一侧的潟湖相环境	
成矿演化作用	沉积成矿作用	含轻度海底火山喷发和热水喷流沉积成矿作用,致使成矿物质初始富集或具易释放形式	强烈的海底热水沉积岩系中含多种金属硫化物毒球或层纹—条带状铅锌矿层
	改造成矿作用	中—浅变质、岩浆动热、构造破碎与变形改造作用导致成矿物质在热液循环系统中活化—迁移—富集与沉淀	褶皱变形、层间断裂与热液活动进一步使铅锌成矿物质聚集为块状及脉状矿石
主要成矿元素组合		Au-Ag-Pb-Zn-Bi-Te, Au-As-Sb-Hg-Ba	Pb-Zn-Cu-As-Au-Ag-Ba
含矿流体离子组合类型		$\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{HS}^- \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{F}^-$, 显示陆壳化特征	$\text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$, 与海水接近
成矿流体盐度(wt% NaCl)		低盐度,一般小于10%	高盐度,一般大于12%
沉积—改造成矿温度(℃)		370~150	300~150
硫同位素组成(‰)		+1.6~+19.8,显示后期改造中大量地壳硫加入	1.0~+24.1,显示来自海水硫酸盐还原特征
成矿流体来源		氢氧同位素组成显示大气降水向变质水与岩浆水漂移	氢氧同位素组成显示海水与变质水、岩浆水的混合
两类矿化作用内在联系及其空间分布关系		金矿化中出现微弱铅锌矿化,部分金矿容矿层位下部铅锌含矿地层出现不同强度的铅锌矿化	部分铅锌矿床中出现伴生金或共生金,或在铅锌矿化减弱尖灭处出现独立金矿体

表5 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与国内外同类金矿床地质地球化学对比
Table 5 Geologic-geochemical comparison of the Carlin and para-Carlin type gold deposits
in south Qinling with the same types gold deposits in other places home and abroad

	美国内华达州卡林金矿带	南秦岭卡林型—似卡林型金矿带	黔桂滇金三角卡林型金矿带
大地构造背景与盆地类型	北美科迪勒拉造山带活动大陆盆岭构造带,陆内裂谷式盆地	秦岭造山带扬子被动大陆南秦岭陆缘海槽沉积区,前陆盆地、断陷盆地及裂谷式盆地	扬子大陆西南缘与华南褶皱带之间的右江裂谷带,陆内裂谷式盆地
容矿地层时代	志留纪—泥盆纪	寒武纪、泥盆纪—三叠纪	二叠纪—三叠纪
容矿地层岩性组合	不纯碳酸盐岩、细碎屑岩、硅质岩、凝灰岩	细碎屑岩、不纯碳酸盐岩、泥灰岩、硅质岩、钠长板岩	不纯碳酸盐岩、泥灰岩、细碎屑岩、玄武质火山碎屑岩
成矿条件与控矿因素	古生代弧后拉张断陷盆地,局限环境的浊积岩相与复理石建造,第三纪岩浆侵入与火山喷发活动叠加,韧性剪切构造与热液循环改造	古生代被动陆缘伸展—挤压构造背景下的断陷、前陆、局限裂谷盆地,盆地内同生断裂控制的含矿浊积岩系和复理石容矿建造,印支—燕山期岩浆—构造叠加与热液循环改造	晚古生代—早中生代大陆边缘拉张裂谷带,裂谷盆地内发育含矿火山—沉积浊积岩系,燕山期构造—热液循环改造
成矿时代	第三纪	印支期—燕山期	燕山期
矿床规模	超大型、大型、中—小型	特大型、大型、中—小型	大型、中型、中—小型
矿石金属矿物共生组合	自然金、含砷黄铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、白铁矿、毒砂、辉锑矿、辰砂、雄黄、雌黄、自然砷、红铌矿、卡林矿	自然金、含砷黄铁矿、毒砂、黄铁矿、砷黝铜矿、辉锑矿、黄铜矿、辉砷钴镍矿、碲铋矿、方铅矿、闪锌矿	自然金、含砷黄铁矿、毒砂、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、辉锑矿、雄黄、雌黄、辰砂
矿石脉石矿物共生组合	石英、铁白云石、方解石、重晶石、萤石、石膏、迪开石	石英、铁白云石、方解石、重晶石、钠长石、绢云母、迪开石	石英、铁白云石、方解石、水白云母、高岭石
金赋存状态	原生矿石中金以次显微金赋存于含砷矿物、碳质、粘土矿物中,显微金呈包体金、裂隙金、粒间金	原生矿石中金以次显微金赋存于含砷矿物中,显微金和可见金呈包体金、裂隙金、粒间金	原生矿石中金以次显微金赋存于含砷矿物中,部分显微金呈包体金、显微裂隙金、粒间金
成矿元素共生组合	Au-As-Sb-Hg-Tl-Ba; Au-As-Cu-Co-Ni-Ba	Au-As-Sb-Hg-Ba; Au-As-Cu-Co-Ni-Ba; Au-Ag-Pb-Zn-Cu-As-Sb-Bi-Te	Au-As-Sb-Hg-Tl
矿床成矿系列	金矿床—汞锑矿床	金矿床—汞锑矿床,金矿床—铅锌矿床	金矿床—汞锑矿床
矿床实例	卡林、科特兹、科特切尔、金田	金龙山、二台子、八卦庙、李坝、大水	烂泥沟、丫他、戈塘、紫木幽、板其

用。南带位于勉—略局限裂谷盆地区域,似卡林型金矿床产于火山—沉积岩系中,矿床形成同样受到中—浅变质和构造—热液的叠加与改造作用。中带卡林型—似卡林型金矿床广泛分布于南秦岭中部断陷盆地沉积岩区广大地区,以细碎屑岩—碳酸盐岩系、热水沉积岩系为容矿建造构造—热液活动系统成为控矿的关键因素。

2.3 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与国内外同类金矿床地质地球化学对比

将南秦岭沉积岩系容矿的卡林型—似卡林型金矿床与美国卡林金矿带(Emsbo et al., 1999; Hofstra et al., 1999; Simon et al., 1999)、我国黔桂滇地区(夏文臣等, 1995; 韦龙明等, 1997; 刘显凡等, 1999)对比如表5,虽然它们所处大地构造背景不同,我国卡林型金矿聚集地处于被动大陆边缘断陷与裂谷盆地中,美国卡林金矿带产于活动大陆盆岭沉积环境中(Groves et al., 1998)。然而,它们之间却具

有及其相似的地质地球化学特征和规律。综合对比表明,该类型金矿床在全球具有较广泛的分布,其矿床地质地球化学特征、成矿条件具有较好的稳定性和再现性。

2.4 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与穆龙套金矿床地质地球化学对比

已知南秦岭卡林型—似卡林型金矿床是70年代末期至80年代中后期发现并勘查成功的,它处于我国大陆中心腹地中央造山带东部秦岭段,由华北、扬子陆块陆—陆碰撞作用形成的大陆造山带,其长期复杂的地质演化、异常活跃的转换作用和壳幔物质的相互作用,构建了有利的区域成矿条件,导致形成具有特色的金—多金属巨型成矿带。80年代中期以来,中亚造山带的地质与找矿取得了举世闻名的成就。与我国相邻的一些中亚国家探明一系列超大型矿床为世界罕见(Маракушев и др., 1992; 涂光炽, 1999; 陈衍景, 2000)。天山西段乌兹别克斯坦

表6 南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与乌兹别克穆龙套金矿床地质地球化学对比
Table 6 Geologic-geochemical comparison of the Carlin and para-Carlin types of gold deposits
in south Qinling with Muruntau gold deposits in Uzbekistan

	南秦岭卡林型—似卡林型金矿床	乌兹别克穆龙套金矿床
大地构造背景	秦岭造山带中扬子被动陆缘晚古生代盆地的形成发展,印支期南北板块俯冲碰撞成陆,燕山—喜马拉雅期陆内造山	中亚造山带南天山段以古生代小型陆块和增生过渡带与缝合带相嵌,新生代山盆耦合的构造格局
容矿地层时代	早古生代—三叠纪,以泥盆纪为主	新元古代—早古生代
容矿岩石组合	轻微或未变质的细碎屑岩、不纯碳酸盐岩、火山—沉积岩、热水沉积岩	中浅变质碎屑岩、火山凝灰质碎屑岩及相应的片岩
成矿作用演化	沉积—轻微变质—韧—脆性剪切构造叠加—热液循环改造	沉积—岩浆交代作用—中浅变质—剪切构造叠加—热液循环改造
成矿时代	印支期—燕山期	海西期—印支期
矿体与矿石特征	含金硫化物呈浸染状,部分呈细脉状形成细脉—浸染型矿石,矿体多呈构造透镜体或脉状体	以含金硫化物矿物—正长石—石英—碳酸盐组成脉状矿体为主,其次为含金硫化物浸染体组成构造透镜体矿体
成矿元素组合	Au-As-Sb-Hg-Ba; Au-Ag-Pb-Zn-Bi-Te	Au-Ag-As-Hg-Sb-W

境内的穆龙套金矿床储量达6000t,此外,克可帕托斯金矿床储量620t,达乌吉斯套金矿储量540t,穆腾巴伊金矿储量620t,扎尔米丹金矿储量250t,上库玛金矿储量300t。与我国西部接壤的吉尔吉斯、塔吉克斯坦金矿储量均有大量发现。我国境域的中亚造山带地区找矿实践取得了惊人的成绩,然而,同上述比较仍然存在较大的差距。因此,开发大西北是地质找矿的机遇,具有重要的战略意义。

中亚造山带作为欧洲与亚洲、西伯利亚—蒙古大陆与中国大陆的构造结合带,既不同于洋—陆俯冲作用形成的环太平洋型造山带,也不同于陆—陆碰撞形成的阿尔卑斯—喜马拉雅型造山带,而以古生代小型陆块与缝合构造带相嵌,新生代山盆耦合构成独特的地质构造格局(陈衍景,2000)。作为中亚造山带内著名的穆龙套金矿床(Маракущев,1992)与南秦岭卡林型—似卡林型金矿床具有许多可类比之处(表6),通过综合对比,探讨其造山机制和过程,查明中亚型造山带优势矿床类型和特色矿产的成矿机制和过程,揭示矿床分布规律,是促进矿床学理论发展和解决日趋严峻的资源补偿问题的关键。

3 讨论

通过上述相关矿床类型的地质地球化学综合对比研究,不难看出南秦岭卡林型—似卡林型金矿床与上述各类型矿床,在成矿地质构造环境、容矿建造、沉积—改造成矿作用机制与物理化学条件,以及某些矿床地质特征方面具有一定的相似性,是与各矿床类型产出和形成的基本成矿条件趋同一致有关;而在所属大地构造单元及所处单元位置、区域性地质地球化学特征、成矿作用叠加改造强烈与复杂

程度,以及成矿作用演化与矿床时空分布规律方面存在某些差异,是受它们产出和形成的独特地质条件及控矿因素所决定。综合对比还可以看出,上述造山带型各类金矿床均经历了两次成矿作用:同生成矿作用是在造山带总体挤压局部伸展扩张调整中,盆地发生发展过程中形成含金容矿岩系;叠加—改造成矿作用使造山带逆冲推覆—剪切构造—岩浆活动与含金容矿岩系配套构成统一体系,含金岩系中成矿物质即被活化、迁移与富集形成工业矿体,具备造山带型矿床特征(陈衍景,2000)。因此,造山带型金矿床成矿作用与造山构造事件具有密切的耦合关系,造山带重要的构造变革时期即是大规模成矿作用时期,区域构造演化活动与大规模成矿作用是同一大陆动力学过程的不同表现。

参 考 文 献

- 陈衍景. 2000. 中国西北地区中亚型造山—成矿作用的研究意义和进展. 高校地质学报, 6(1): 17~22.
陈柏林. 2001. 金矿床和金成矿作用研究进展. 地质论评, 47(1): 111~112.
李健中, 何典仁, 吴健民. 1992. 秦岭型铅—锌矿床. 地质学报, 66(3): 257~268.
李健中, 高兆奎. 1993. 西秦岭中泥盆世沉积环境及其与铅—锌矿的关系. 地质论评, 39(2): 156~164.
李曙光. 1998. 大陆俯冲化学地球动力学. 地学前缘, 5(4): 211~234.
李通国, 司国强, 盖艾鸿. 2000. 西秦岭金矿类型及成矿区带划分. 甘肃地质学报, 9(1): 51~58.
林丽, 朱利东. 1998. 西秦岭拉尔玛金矿中的生物成矿作用. 地质学报(英文版), 72(1): 65~76.
刘少锋, 张国伟. 1999. 秦岭造山带板缘裂解与拼合过程及动力学分析. 地质学报(英文版), 73(3): 275~288.
刘显凡, 倪师军, 卢秋霞, 金景福, 朱赖民. 1999. 滇黔桂微细浸染型金矿成矿物质来源的地球化学示踪. 地质学报(英文版), 73

(1):30~39.

- 柳森. 1996. 李坝金矿床地质. 见:刘东生主编. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京大学出版社, 160~202.
- 卢家柳, 周奇明, 胡云沪. 2000. 甘肃李坝金矿床的地球化学特征. 矿产与地质, 14(5):321~324.
- 司国强, 李通国. 2000. 鹿儿坝金矿床地质特征及控矿因素分析. 甘肃地质学报, 9(1):59~65.
- 邵世才, 汪东波. 2001. 南秦岭三个典型金矿床的 Ar-Ar 年代及其地质意义. 地质学报, 75(1):106~110.
- 涂光炽. 1999. 初议中亚成矿带. 地质科学, 34(4):397~404.
- 王相, 唐荣扬, 李实. 1996. 秦岭造山与金属成矿. 北京:冶金工业出版社, 243~248.
- 王世忠, 张复新, 赵利青. 1997. 陕西省金龙山微细浸染型金矿床地质. 北京:地震出版社, 148~153.
- 韦龙明, 谭远金. 1997. 秦岭地区与滇黔桂接壤区微细浸染型金矿差异性研究. 地质论评, 43(4):420.
- 韦龙明. 1999. 八卦庙金矿研究新进展——热水沉积岩的确认. 地质论评, 1999, 45(2):201.
- 阚合明. 1990. 秦岭凤太铅—锌矿田的海底喷气成矿类型及其空间分布规律. 地质论评, 36(5):394~403.
- 夏文臣, 周杰, 雷建喜, 张年茂, 彭阳. 1995. 滇黔桂晚海西—中印支伸展裂谷海盆地的演化. 地质学报, 69(2):97.
- 杨志华, 张传林, 李勇. 1997. 论西成铅锌矿床的后生成因. 地质学报, 71(4):360~366.
- 殷鸿福, 黄定华. 1995. 早古生代浙浙地块与秦岭多岛小洋盆的演化. 地质学报, 69(3):193.
- 张传林, 李勇, 杨志华. 1998. 论西秦岭西和—成县矿田铅锌矿床的非同沉积成因. 地质学报(英文版), 72(2):230~236.
- 张传林, 董永观, 杨志华. 2000. 秦岭晋宁期的两条蛇绿岩带及其对秦岭—大别构造演化的制约. 地质学报, 74(4):313~324.
- 张复新, 宗静婷, 马建秦. 1998. 秦岭卡林型金矿床及其相关问题探讨. 矿床地质, 17(2):172~184.
- 张复新, 陈衍景, 李超. 2000. 秦岭造山带金龙山—丘岭金矿床地质地球化学特征及成因:秦岭式卡林型金矿成矿动力学机制. 中国科学, (增刊):73~81.
- 张旺定, 龙小平, 张复新. 2000. 南秦岭构造背景与金矿类型. 西北地质科学, 21(2):28~36.
- 钟建华, 张国伟. 1997. 陕西凤县八卦庙特大型金矿的成因研究. 地质学报, 71(2):150~160.
- 郑明华, 周渝峰, 刘建明. 1994. 喷流型与浊积型层控金矿床. 成都:四川科技出版社, 145~148.

References

- Chen Yanjing. 2000. Progress in the study of Central-Asia-type orogenesis—Metallogenesis in Northwest China. Geological Journal of China Universities, 6(1):17~22(in Chinese with English abstract).
- Chen Bolin. 2001. Progress of study gold deposits and gold mineralization. Geological Review, 47(1):111~112(in Chinese).
- Emsbo P, Hutchinson R W, Hofstra A H, et al. 1999. Syngenetic Au on the Carlin trend: implications for Carlin-type deposits. Geology, 27(1):59~62.
- Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam S G, et al. 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Reviews, 13:7~27.
- Hofstra A H, Snee L W, Rye R O, Folger H W, Phinisey J D, Loranger R J, Dahl A R, Naeser C W, Stein H J, Lewchuk M. 1999. Age constraints on Jerritt Canyon and other Carlin-type gold deposits in the western United States—relationship to mid-Tertiary extension and magmatism. Economic Geology, 94(6):769~802.
- Li Jianzhong, He Dianren, Wu Jianmin. 1992. The Qinling-type lead and zinc ore deposit. Acta Geologica Sinica, 66(3):257~268(in Chinese with English abstract).
- Li Jianzhong, Gao Zhaokui. 1993. The Middle Devonian sedimentary environment of the west Qinling Mountains and its relationship with lead and zinc deposits. Geological Review, 39(2):156~164(in Chinese with English abstract).
- Li Shuguang. 1998. Chemical geodynamics of continental subduction. Earth Science Frontiers, 5(4):211~234(in Chinese with English abstract).
- Li Tongguo, Si Guoqiang, Gai Aihong. 2000. Gold deposit types and metallogenic belts of West Qinling area. Acta Geologica Gansu, 9(1):51~58(in Chinese).
- Lin Li, Zhu Lidong. 1998. Biomineralization in the La'erma gold deposit of the western Qinling Mountains. Acta Geologica Sinica (English edition), 72(1):65~76.
- Liu Miao. 1996. Geology of the Liba gold deposit. In: Carlin type (fine-grained disseminated) gold deposits in China. Publishing House of Nanjing University, 160~202(in Chinese).
- Liu Shaofeng, Zhang Guowei. 1999. Process of rifting and collision along plate margins in the Qinling orogenic belt and its geodynamics. Acta Geologica Sinica (English edition), 73(3):275~288.
- Liu Xianfan, Ni Shijun, Lu Qiuxia, Jin Jingfu, Zhu Laimin. 1999. Geochemical tracing of ore-forming material sources of Carlin-type gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi triangle area—A case study of the application of the combined silicon isotope geochemistry and siliceous cathodoluminescence analysis. Acta Geologica Sinica (English edition), 73(1):30~39.
- Lu Jialiu, Zhou Qiming, Hu Yunhu. 2000. Geochemistry character of gold deposit at Liba Gansu. Mineral Resources and Geology, 14(5):321~324(in Chinese with English abstract).
- Si guoqiang, Li Tongguo. 2000. Geological features and ore-controlling factors of Luerba gold deposit, Acta Geologica Gansu, 9(1):59~65(in Chinese).
- Shao Shicai, Wang Dongbo. 2001. ^{39}Ar - ^{40}Ar dating of the three typical gold deposits and its geological significance in Southern Qinling region. Acta Geologica Sinica, 75(1):106~110(in Chinese with English abstract).
- Simon G, Kesler S E, et al. 1999. Geochemistry and textures of gold-bearing arsenian pyrite Twin Creeks, Nevada: implications for deposition of gold in Carlin type deposits. Economic Geology, 94:405~422.
- Tu Guangchi. 1999. On the Central Asia metallogenic province. Scientia Geologica Sinica, 34(4):397~404.
- Wang Shizhong, Zhang Fuxin, Zhao Liqing, et al. 1997. Geology of Jinlongshan microscopic disseminated gold deposit in Shaanxi Province. Beijing: Publishing House of Earthquake, 148~154(in Chinese).
- Wang Xiang, Tang Rongyang, Li Shi, et al. 1996. Qinling orogeny and metallogenesis. Beijing: Metallurgical Industry Press, 243~272(in Chinese).
- Wei Heming. 1990. The submarine exhalative mineralization types and their spatial distribution in the Fengxian—Taibai Pb-Zn ore field in the Qinling Mountains. Geological Review, 36(5):394~403

- (in Chinese with English abstract).
- Wei Longming, Tan Yunjin. 1997. Differences of micro- and fine-grained disseminated gold deposits between the Qinling area and the Yunnan—Guizhou—Guangxi contiguous area. *Geological Review*, 43(4): 420~427(in Chinese with English abstract).
- Wei Longming. 1999. New progresses in the study of the Baguamiao gold deposit—Confirmation of hydrothermal sedimentary rocks. *Geological Review*, 45(2): 201(in Chinese with English abstract).
- Xia Wenchen, Zhou Jie, Lei Jianxi, Zhang Nianmao, Peng Yang. 1995. The evolution of the rifted oceanic basin due to lithospheric stretching in Yunnan, Guizhou and Guangxi Provinces during the late Hercynian to middle Indosinian stage. *Acta Geologica Sinica*, 69(2): 97~112(in Chinese with English abstract).
- Yang Zhihua, Zhang Chuanlin, Li Yong. 1997. A discussion on epigenesis of the Pb-Zn deposits in the Xicheng ore field, western Qinling. *Acta Geologica Sinica*, 71(4): 360~366(in Chinese with English abstract).
- Yin Hongfu, Huang Dinghua. 1995. The Early Paleozoic Zhen'an—Xichuan block and the evolution of the small Qinling archipelagic ocean basin. *Acta Geologica Sinica*, 69(3): 193~204(in Chinese with English abstract).
- Zhang Chuanlin, Yang Zhihua, Li Yong. 1998. A discussion on epigenesis of the Pb-Zn deposits in the Xicheng ore field, western Qinling. *Acta Geologica Sinica(English Edition)*, 72(2): 230~236.
- Zhang Chuanlin, Dong Yongguan, Yang Zhihua. 2000. Two ophiolite belts in the Qinling orogen and their constraints on the tectonic evolution of the Qinling-Dabie orogen. *Acta Geologica Sinica*, 74(4): 313~324(in Chinese with English abstract).
- Zhang Fuxin, Zong Jingting, Ma Jianqing. 1998. A tentative discussion on the Carlin-type gold deposits in Qinling and related problems. *Mineral Deposits*, 17(2): 172~184(in Chinese with English abstract).
- Zhang Fuxin, Chen Yanjing, Li Chao. 2000. Features of geologic-geochemistry of Jinlongshan-Qiuling gold deposit and its genesis in Qinling belt; Dynamics on mineralizing process of Carlin type gold deposits of Qinling type. *Science in China(Series D)*, 30: 73~81(in Chinese).
- Zhang Wangding, Long Xiaoping, Zhang Fuxin. 2000. The structure-geological setting and the micro-disseminated gold deposit types in South Qinling block. *Northwest Geoscience*, 21(2): 28~36(in Chinese).
- Zheng Minghua, Zhou Yufeng, Liu Jianming, et al. 1994. Stratabound gold deposits of exhalation type and turbidity type. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 65~79(in Chinese).
- Zhong Jianhua, Zhang Guowei. 1997. On the genesis of the super-large Baguamiao gold deposit in Fengxian County, Shaanxi Province. *Acta Geologica Sinica*, 71(2): 150~160(in Chinese with English abstract).
- Маракушев А.А., Хохлов В.А. 1992. петрологическая модель формирования золоторудного месторождения Мурунтау Западный Узбекистан. *Геология Рудных Месторождений*, 34(1): 38~57.

Comparative Features of Carlin—Para-Carlin Type Gold Deposits in the South Qinling and Gold Deposits in Other Areas

ZHANG Fuxin, JI Junliang, LONG Lingli, FAN Chunhua

*Key Laboratory of Continental Dynamics of the Ministry of Education;
Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069*

Abstract

In this paper an integrated geological and geochemical comparison is made of Carlin—para-Carlin type gold deposits in the South Qinling with their associated hydrothermal sedimentary lead-zinc deposits, the Carlin type gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi gold triangle, China, the Carlin gold deposit, Carlin, western United States, and the Muruntau type gold deposit in Uzbekistan. The comparative study indicates that the formation of these deposits has an intimate coupling relation with the mechanism of the tectonic movement of modern plates. Therefore, these deposits belong to those that were formed in the orogenic stage. They have the following similar features: they are all sediment-hosted, occur in a tectonic environment of extensional rifting nature and show the features of syngenetic-modified mineralizations. On the other hand, they also have noticeable differences: they are different in respect to their tectonic settings, association and structure of orogenic belts and complexity and strength of the modified mineralization. The regional tectonic evolution and extensive mineralization in orogenic belts are different expressions of the same continental dynamic process.

Key words: Carlin type; para-Carlin type; disseminated type; gold deposit; metallogeny; South Qinling