西秦岭金矿成矿系列*

Study on Gold Metallogenic Series in Western Qinling

李永军[1] 李 英[1] 刘志武[1] 赵仁夫[2] 金治鹏[3] 董俊刚[1]

（1 长安大学地球科学与国土资源学院，陕西 西安 710054；2 西安地质矿产研究所，陕西 西安 710054；
3 甘肃省地勘局，甘肃 兰州 730000）

Li Yongjun[1], Li Ying[1], Liu Zhiwu[1], Zhao Renfu[2], Jin Zhipeng[3], Dong Jungang[1]

(1 School of Earth Science and Land Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi China; 2 Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3 Bureau of Mineral Exploration and Development, Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

摘 要 西秦岭是我国西北地区主要的金矿床集中区，矿床类型多样，资源潜力巨大，是进行金矿成矿系列研究的理想地区。该文依照矿床成矿系列研究的理论与方法，将该区金矿成矿系列划分为变质作用金矿床成矿系列、沉积作用金矿床成矿系列和岩浆作用金矿床成矿系列 3 个系列 9 个亚系列，并从区域地质背景、地质作用演化过程入手，讨论了各系列、亚系列含金建造的地层分区归属、大地构造单元属性以及与区域地质构造演化的时空联系，并总结了各成矿系列、亚系列的成矿作用的时空演化规律。

关键词 金矿床 成矿系列 成矿作用 时空演化规律 西秦岭

西秦岭位于我国中央造山带的中部（姜春发等，2000；张国伟等，1996），构成的地质体类型多样，岩浆作用、火山作用及变质作用齐全，构造叠置强烈而复杂，从而形成了我国西北地区主要的金矿集中区，资源潜力巨大。探索该区金矿床成矿作用在四维空间的分布规律，研究成矿与岩石圈地质历史演化阶段的内在联系，从区域地质背景、地质作用演化过程入手，分析成矿系列和分析成矿规律，具有重要的理论研究与指导找矿意义。

成矿作用和成矿过程是地质构造发展过程中的重要组成部分。因此，成矿系列研究必须遵循成矿作用分布与大地构造单元相一致性原则（程裕淇等，1983；翟裕生，1992；陈毓川等，2000）。笔者曾就西秦岭地区的建造、地层分区、大地构造单元及成矿区带划分作过专文讨论（李永军，1990；李永军等，1996；霍福臣等，1996；1995），本文在此基础上进一步分析本区成矿系列的划分，希望同仁批评指正。

1 区域成矿地质背景分析

1.1 构造

西秦岭地区是一个长期活动、多期演化、类型多样、作用强烈的复合造山带（姜春发等，2000；张国伟等，1996；霍福臣等，1996；1995）。其构造演化经历了从陆核到洋盆、从大陆盆到造山带，并有几个不同类型造山与开合构造的发展历程。密集于造山带两侧大陆边缘沉积区的韧性剪切、逆冲推覆、伸展滑脱等区域性构造和造山带中间地带的复杂褶皱、断裂系，提供了良好的构造成矿背景，构造的多期活动还为岩浆活动和热液的形成和演化创造了必要条件，在此基础上形成了多种类型和众多产地的金矿（张维吉等，1994；朱俊亭等，1982）。在已知金矿中，北秦岭金矿大多数与韧性剪切作用有关，中秦岭金矿大多为构造蚀变岩型，而南秦岭金矿大多具有构造热液交代特征（卢纪英等，2001）。

* 本文受中国地质调查局地质调查项目（编号：20001300010171）和地质矿产部重要基础性研究项目（编号：85-02-214）资助
第一作者简介 李永军，男，1961 年生，博士，副教授，主要从事构造地质学、矿床学、区域地质调查及地球探测信息研究。

1.2　地层

新元古－早古生代早期沉积岩系以中基性火山岩建造（绿岩建造）为主（安三元等，1992），见于造山带南北两侧。南侧出露于碧口地体（SOB）及其北缘，由碧口岩群[（Jx-Qn）B] 中上部和震旦-奥陶系构成，其中震旦-寒武系（Z-∈）白依沟群炭质板岩、炭硅质岩是拉尔码金矿的含矿地层和含矿岩石（朱俊亭等，1982），大堡群（OD）火山岩中也有金矿显示。北侧出露于北秦岭加里东碰撞造山带天水-张川小区（NQ_1），为平行于区域构造线呈反 S 形自南而北分布的李子园群（Z-S）L、葫芦河群（Z-O）H、陈家河群（OCH），基底为秦岭岩群（张维吉等，1994）。各群间以韧性剪切带分割，Au 本底显著高于克拉克值，且偏在性显著，为 Au 的容矿岩石或矿源（霍福臣等，1995；张维吉等，1994；杜玉良等，1999）。古生代沉积分带性更为显著，北秦岭以大陆边缘碎屑流（李子园群中上部）和大草滩群磨拉石建造（D_3d）为特色；中秦岭以拉分盆地细碎屑流为主，礼县－舒家坝小区（MQ_1）由泥盆系舒家坝群(DSH)和石炭系界河街组（C*j*）、月亮寨组（C*y*）、铁厂铺组（C*t*）细碎屑流组成（霍福臣等，1995），其中月亮寨组 Au 丰度最高，偏在性好❶，是构造蚀变岩型金矿的主要含矿层（李实，1998；孙明，2000；李健忠，1999；高珍权，1999）；桌尼小区（MQ_2）由石炭系巴都组（C*b*）、下加岭组（C*x*）和二叠系石关组（P*sh*）、大关山组（P*d*）组成，以细碎屑流为主，化探 Au 异常数量较多（李通国等，2000；郑人后，1998）。南秦岭早古生代沉积主要见于迭部－武都一线的白龙江背斜核部，地层为志留系白龙江群（SB）、舟曲群（SD）、迭部群（SD），岩性以炭质板岩、硅泥质板岩为主，具有很高的 U、Au、Co、Ni、Mo 本底（霍福臣等，1995；李通国等，2000）。晚古生代沉积（D-C-P）在 $SQ_{1\text{-}3}3$ 个小区均有出露，以碎屑岩、碳酸盐岩的旋回式沉积为主，于浊积碎屑流中见有金矿化（谭光裕，1992）。三叠纪以陆内裂陷建造为主，其中岷江流域三叠系统称官亭群（TG），由仇家山组（T*ch*）、郭家山组（T*g*）和滑石关组（T*h*）深水碳酸盐岩、大河坝组（T*d*）和下马龙组（T*x*）碎屑岩组成（霍福臣等，1995），若尔盖一带与之相似。碳酸盐岩是大水等构造热液、岩浆热液交代型金矿含矿层（朱俊亭等，1982），碎屑岩则是鹿尔坝等构造蚀变岩型金矿的含矿层位（朱俊亭等，1982；司过强等，2000）。总之，早古生代及更老的火山-沉积岩系和绿岩建造，是区域金矿化的原始矿源层，而早中古生代褐色岩系的形成可能发生了一次 Au 的次生富集作用形成了又一个矿源层，晚古生代沉积喷气同生作用又形成了 Au 的富集层，从而产生了一个新的矿源层。各构造单元及主要金矿床分布见图 1。

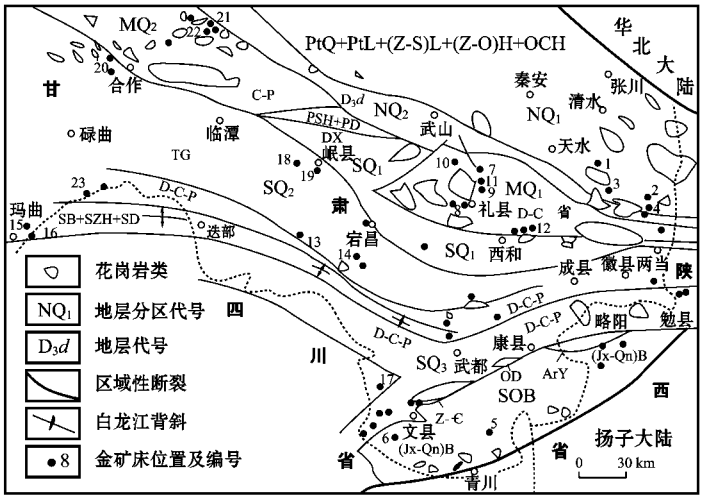


图 1　西秦岭地质构造单元及金矿分布示意图

NQ－北秦岭加里东碰撞造山带：NQ_1－天水－张川小区；NQ_2－大草滩小区。MQ－中秦岭华力西陆褶带：MQ_1－礼县－舒家坝小区；MQ_2－桌尼小区。SQ－南秦岭印支陆隆带：SQ_1－西汉水小区；SQ_2－迭部－武都小区；SQ_3－文县-康县小区。SDB－南秦岭碧口地体。金矿床编号见表 1

1.3　火山、岩浆活动

火山作用主要形成了早古生代及更老的火山-沉积岩系和绿岩建造（霍福臣等，1995；朱俊亭等，1982；卢纪英等，2001），是区域含 Au 本底最高的建造之一。区内岩浆活动频繁，以花岗岩类为主，自晋宁期至燕山期均有产出，且以印支期最为发育，金矿床分布与岩体在空间上十分密切（霍福臣等，1995）。燕山早期岩浆岩不发育，但所出露的花岗岩类含金普遍高，形成少量矿床，其它各时期侵入岩中 Au 丰度普遍较低，富集系数小，暂未发现典型矿床❷。区内大多数金矿床分布和产出与火山岩、岩浆岩密切有关，火山作用和岩浆作用是金矿床形成的主要成矿作用之一。

1.4　变质作用

变质作用主要发育于区内早古生代及更老地层中。绿岩等中基性火山岩建造普遍经历了中—浅变质（绿片岩相为主，部

❶ 冯益民等.1995.北秦岭西段宕昌教场坝地区中生代构造岩浆岩带与金铀多金属矿产的控矿因素成矿规律及找矿方向.研究报告.
❷ 汤中立，李永军等. 1995. 甘肃省祁连山、西秦岭及周边地区矿床系列成矿模式. 研究报告.

分达低角闪岩相)。变质热液为 Au 的萃取、活化、迁移和富集创造了良好条件，并形成了柴家庄、吊坝子等金矿床。变质作用是区内金矿床形成的另一重要因素。

1.5 地球化学特征

1：20～1：50 万区域化探扫面成果显示，西秦岭 Au 异常分布受区域构造、含矿地层分布、变质作用的分带等控制，异常在花岗岩类周围再度集中。已有较多资料介绍了本区典型矿床区赋矿地层、岩体的元素地球化学参数，其特征与区域化探异常相映证❶。

2 成矿系列划分

2.1 成矿系列划分及成矿作用特征

西秦岭金矿床分布受区域大地构造单元和不同地质演化阶段的控制，其间成矿作用类型、强度均有显著差异。主要矿床成矿系列可分为与火山作用有关的成矿系列、与岩浆作用有关的成矿系列、与沉积作用有关的成矿系列、与变质作用有关的成矿系列 4 个系列，但考虑西秦岭地区火山作用的金矿床均已经历了变质作用及改造作用，可将此纳入变质作用成矿系列。主要成矿系列划分特征见表 1。

表 **1** 西秦岭金矿床成矿系列及主要特征表

成矿系列	亚系列	构造单元及代号	含矿地层(岩体)及时代	赋矿岩性	成矿作用及成矿时代	伴生元素	矿床类型	代表矿床及编号*
变质作用（元古宙—早古生代）金矿成矿系列（Ⅰ）	火山岩变质作用 Au(Ag)-Pb-Zn 亚系列（Ⅰ-1）	NQ_1 北秦岭（华北大陆南缘）加里东碰撞造山带	李子园群、葫芦河群、陈家河群。时代为新元古—早古生代早期	绿泥阳起片岩、斜长角闪片岩、绿泥石英片岩、安山玄武岩等	加里东区域变质作用成矿，后加里东岩浆热液叠加再富集	Ag、Pb、Zn	含硫化物石英脉型	柴家庄 1 吊坝子 2 望天沟 3 东峪 4
	火山岩-沉积岩变质作用 Au-Cu-Fe 亚系利（Ⅰ-2）	SOB 南秦岭（华南大陆北缘）晋宁期俯冲造山带	碧口岩群阳坝岩组、秧田坝岩组、白杨岩组	变质中基性火山岩（绿泥片岩，变英安岩，阳起片岩）夹石英片岩	晋宁期火山喷发-沉积成矿，加里东期变质热液改造富矿。	Cu、Fe	石英脉型，热液交代型	才马地 5 大坪上 6
	沉积岩（浅）变质作用 Au-As-Hg-Sb 亚系列（Ⅰ-3）	SQ_3 南秦岭（华南大陆边缘）大陆边缘	震旦纪—早寒武世白依沟群奥陶系大堡群下部、志留系白龙江群	黑色炭质板岩，碳硅质岩，铁质条纹硅质岩	加里东中低温（变质）热液成矿，加里东构造热液，岩浆热液再造	U、Hg、Ag、Sb、Cu、Mo、Ni、Ca、As、C	胶环状、浸染状硅灰泥岩型	拉尔玛 23
沉积作用（晚古生代—中生代）金矿成矿系列（Ⅱ）	碎屑岩容矿 Au-Ag-As 亚系列（Ⅱ-1）	MQ 中秦岭（拉分盆地）华力西陆褶带	泥盆系舒家坝群、石炭系界河街组、月亮寨组、巴都组	石英砂岩、细砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩	华力西-印支期构造热液成矿，印支期岩浆（期后）热液改造	Ag、As、Fe	微细粒浸染型（构造蚀变岩型）	李坝 7，金山 8，马泉 9，锁龙 10，火吉坪 11，胡麻地 12
	泥质岩容矿 As-Au 亚系列（Ⅱ-2）	SQ_2 南秦岭印支开合构造带	迭部—武都小区泥盆系蒲莱组、鲁热组等及石炭系岷河组、略阳组等	板岩、灰色板岩，炭质板岩	华力西构造热液成矿，后华力西期岩浆热液及构造热液改造	Hg、Sb、As、Fe	构造蚀变岩型 次生石英岩型	九原 13 坪定 14
	碳酸盐容矿 Au-Ag-As 亚系列（Ⅱ-3）	SQ_2 南秦岭印支开合构造带	南秦岭三叠系马热松多组，郭家山组	白云岩、白云质灰岩、硅质角砾岩	印支中期—印支晚期构造热液、岩浆热液成矿，燕山中晚期改造	Sb、As、Cu、Hg、Fe	热液蚀变岩型	大水 15 忠曲 16 石鸡坝 17
	碎屑岩容矿 Au-As-Sb-Hg 亚系列（Ⅱ-4）	SQ_2 南秦岭印支开合构造带	南秦岭三叠系大河坝组	浊流相碎屑岩（石英杂砂岩、粉砂岩）	印支中期—印支晚期构造热液、岩浆热液成矿，燕山中晚期改造	As、Sb、Hg、S、C	构造蚀变岩型	鹿尔坝 18 甘寨 19
岩浆作用金矿成矿系列(Ⅲ)	花岗岩成矿 Au-Cu-Fe 亚系列（Ⅲ-1）	燕山花岗岩	燕山早期花岗岩类	二长花岗岩，酸性脉岩	燕山早期中高温岩浆作用成矿		岩浆热液型	卡玛 20 左仁多 21
	花岗闪长岩成矿 Au-As-Sb-Ag 亚系列（Ⅲ-2）	燕山花岗闪长岩	燕山早期花岗闪长岩类	花岗闪长岩	燕山早期中低温岩浆作用成矿	As、Sb、Pb、Ag	岩浆热液型	老豆村 22

* 表中金矿床位置见图 1。

❶ 甘肃省地质矿产局化探队. 1985. 甘肃省东部 1：50 万地球化学图及说明书. 甘肃省.

2.2　成矿系列时空分布规律

概括西秦岭地区的矿床成矿系列时空分布，具有如下特征：

（1）成矿系列、亚系列的空间展布方向与区域主构造线方向一致。变质作用成矿系列主要分布于造山带外缘（大陆边缘），并严格受区域性变质变形带的控制，北带与北秦岭加里东造山带相伴，南带与碧口地体相随；沉积作用成矿系列的分布受陆间—陆缘盆地系统的控制，主要形成于变质变形带二者间的中间带。

（2）成矿系列、成矿的时空分布和演化与大地构造演化密切有关，成矿事件与火山事件、沉积事件、岩浆事件、变质事件具有一致性。加里东及前加里东期，西秦岭在边缘带火山作用强烈，以大量带状分布的火山喷发为特色，形成中基性火山岩（绿岩带），具有较高 Au 本底，局部地段形成火山作用金矿系列，裂隙喷发之间的盆地带火山作用微弱、沉积地层发育，尤以黑色岩系、炭泥质-硅泥质岩系为主，炭质吸附作用使 Au 富集，因而形成黑色岩系成矿系列。加里东末期碰撞造山强烈，李子园岩群、陇山岩群等地层普遍经受了绿片岩相-低角闪岩相区域变质作用，因而此前形成的火山作用成矿系列、沉积作用成矿系列矿床均经受了变质成矿作用的改造和二次富集。石炭纪—二叠纪以陆内较稳定沉积作用为主，火山作用、变质作用微弱，大陆边缘早期富 Au 地层的造山、剥蚀为陆内沉积过程提供了丰富成矿元素，因而晚古生代碎屑岩中 Au 本底较高，中秦岭拉分盆地的泥盆系、石炭系，南秦岭的泥盆系—石炭系碎屑岩及三叠系碎屑浊积岩中均有 Au 高背景和矿化分布。华力西—印支晚期区内经历了强烈的岩浆事件，大多数花岗岩类均形成于这一时期的晚期，岩浆作用不仅驱动了地层水，热水萃取了地层中的 Au，并在一定构造环境下迁移、富集，形成中间带蚀变岩型金矿床，更可观的是在造山带边缘带，岩浆期后热液的成矿作用形成含硫化物石英脉型金矿床。燕山期区内岩浆活动减弱，仅在中间带形成几个规模较小的板内浅熔型酸性岩体、岩株，当岩浆的源岩中或同化的围岩中具有较高 Au 时，就形成少量岩浆作用矿床。总之，区内金矿成矿系列前期以变质热液成矿为主，后期以岩浆（期后）热液、构造热液成矿作用为主，多数矿床显示复合成矿作用特征。

（3）成矿作用与成矿的物质建造息息相关。造山带外缘（大陆边缘）构造运动、火山作用强烈，变质程度高，因而形成火山作用、变质作用矿床系列。中间带构造活动相对较弱，变质作用程度低，形成沉积作用矿床系列；就中间带而言，成矿作用与沉积建造也呈现规律性分布，中间带向大陆边缘—侧以碎屑流沉积为主，因而碎屑岩容矿（构造蚀变型）金矿亚系列占主导地位；远离大陆边缘区碎屑岩相对减少，碳酸盐岩发育，在岩浆（期后）热液、构造热液的共同作用下，形成了碳酸岩容矿的夕卡岩型、热液蚀变岩型金矿系列。

参　考　文　献

安三元，胡能高，主编. 1992. 北秦岭裂陷的形成及变质作用. 西安：西北大学出版社. 1～50.

陈毓川，赵逊，张之一，等. 2000. 世纪之交的地球科学——重大地学领域进展. 北京：地质出版社. 26～45.

程裕淇，陈毓川，赵一鸣，等. 1983. 再论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报，第 6 号.

杜玉良，李林科. 1999. 西秦岭北带丹凤群育特征及找矿方向. 甘肃地质学报，8（1）：1～5.

高珍权. 1999. 李坝金矿床地球化学特征及成因探讨. 甘肃地质学报，8（增刊）：49～53.

霍福臣，李永军. 1996. 西秦岭造山带的演化. 甘肃地质学报，5（1）：1～15.

霍福臣，李永军.1995. 西秦岭造山带的建造与地质演化. 西安：西北大学出版社.

姜春发，王宗起，李锦铁，等. 2000. 中央造山带开合构造. 北京：地质出版社.

李实. 1998. 西秦岭金矿床成因类型及地质特征. 甘肃地质学报，7（2）：72～80.

李健忠. 1999. 西秦岭碎屑岩型金矿成矿地质特征. 甘肃地质学报，8（增刊）：41～47.

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.

李永军，霍福臣. 1996. 西秦岭东段侵入岩的构造成因类型. 甘肃地质学报，5（1）：30～44.

李永军. 1990. 西秦岭岷江流域三叠系的划分.中国区域地质，（2）.

卢纪英，李作华，张复新，等. 2001. 秦岭板块金矿床. 西安：陕西科学技术出版社.

司国强，李通国. 2000. 鹿尔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.

孙明. 2000. 甘肃礼县马泉金矿床地质特征及成因探讨. 甘肃地质学报，9（2）：28～36.

谭光裕. 1992. 坪定钾金矿床地质特征及成矿机制探讨. 甘肃地质学报，1（1）：48～54.

翟裕生. 1992. 成矿系列研究问题. 现代地质，6（3）：301～308.

张国伟，孟庆仁，于在平，等. 1996. 秦岭造山带造山过程及其动力学特征. 中国科学[D]辑，（3）.

张维吉，孟宽恂，胡建民，等. 1994. 祁连—北秦岭造山带结合部位构造特征与造山过程. 西安：西北大学出版社.

郑仁厚. 1998. 甘南西部金矿床成矿地质特征. 西北地质，19（1）：27～34.

朱俊亭，王忠福，刘建德，等. 1982. 秦巴地区矿产资源和成矿分布规律. 西北地质科学，53～64.