甘肃西成盆地金-铅锌矿床共生关系与时空分布*

Paragenesis Association of Gold Deposits and Lead-Zinc Deposits and Their Time-space Distribution Rule in Xicheng Basin, Gansu Province

赵新苗 张复新 张旺定

（西北大学地质系，陕西 西安 710069）

Zhao Xinmiao, Zhang Fuxin, Zhang Wangding

（Department of Geology, Northwest University, Xi'An 710069, Shaanxi, China）

摘 要 甘肃西成盆地西部产出以小沟里、安家岔、三华咀为代表的类卡林型金矿床和邓家山、页水河、尖崖沟为代表的热水沉积改造型铅锌矿床。两类矿床空间展布具分带性规律，矿床内部显示"你中有我，我中含你"独立出现"的成生关系。本文以区域地质背景、盆地形成演化与矿床特征，分析两者密切共生的内部联系，及其时空分布规律。

关键词 类卡林型金矿床 热水沉积改造铅锌矿床 成盆地 矿床成矿系列 甘肃

西成盆地是西秦岭的主要组成部分，与东秦岭共同构成秦岭贵金属多金属成矿带。它不但是秦岭造山带的重要组成部分，还是衔接古特提斯北部分支裂谷带的关键部位，使秦岭带与川西北三叠纪形成统一海槽，构成著名的"西北金三角"。

1 两类金属矿床地质特征概述

对西成盆地中产出的热水沉积改造矿床和类卡林型金矿床的研究，已有相当多的成果，本文吸收了其中研究资料，在此不多赘述，仅对两类矿床的总体特征概括如下：

1.1 类卡林型金矿床特征概述

研究区该类型矿床以小沟里、安家岔、三华咀、三羊坝等为代表，与热水沉积铅锌矿床产于同一构造体制下控制的上古生代断陷盆地中，含矿与容矿岩系层位位于热水沉积铅锌矿源层位上部，共同组成中泥盆统西汉水组和安家岔组。含矿与容矿岩系主要由粉砂细砂岩、粉砂质千枚岩，钙质铁白云质千枚岩夹互薄层，灰岩-泥灰岩及碳质千枚岩组成。该岩性组合岩相分布于西成海盆生物建隆南北两侧的局限台地断陷洼地中。

成矿作用演化与矿体就位主要受韧—脆性剪切构造控制，剪切变形带是在区域褶皱变形基础上，在进一步强烈挤压构造环境下，递进叠加逆冲推覆与走滑构造。该构造变形活动带动部分流体参与，不但是金成矿作用发生的主要动力学机制，也是控制金矿床形成，工业矿体就位的控矿因素。

岩浆作用与矿床形成不具直接的成因联系，一些钙碱性花岗岩株分布矿区外围，个别花岗岩脉在剪切构造作用先期侵入容矿地层中，随后期剪切构造活动被变形，呈扁豆体-透镜体分布韧性剪切构造带中。

研究区诸多类卡林型金矿床矿石矿化特征趋一致，主要金属矿物为黄铁矿、毒砂、次为闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、脉石矿物由石英、铁白云石、绢云母、绿泥石、方解石组成。自然金多呈显微状或肉眼可见的自然金、银金矿、碲金矿组成、矿床具有 Au-Cu-Pb-Zn-Te-Bi 元素组合。该类卡林型金矿层位之下，往往出现轻度矿化的铅锌矿化层，构成特征的垂向分布。矿床成矿元素、稀土元素地球化学及同位素地球化学研究表明：矿床形成与含矿岩系存在明显的继承关系，矿石中硫有大量地层硫的加入，成矿流体以大气降水为主。

上述类卡林型金矿地质特征，控矿盆地性质与经典卡林型金矿（美国）特征十分相似，而矿床地球化学与大地构造背景存在明显差别，属于广义的卡林型金矿床。

* 本文为陕西省自然科学基金资助

http://www.kcdz.ac.cn/

1.2 热水沉积改造铅锌矿床概述

研究区以邓家山、页水河、尖崖沟矿床为代表，与类卡林型金矿床成带相间分布，垂向上显示有下部铅锌矿化，上部金矿化的分带。金与铅锌多金属矿床产于同一构造体制下形成的上古生代断陷盆地中。

容矿地层为中泥盆统西汉水组，下部碳质硅质岩、碳质生物碎屑灰岩夹碳质千枚岩。含碳硅质岩属热水沉积岩系，其中发现方铅矿、闪锌矿、黄铁矿硫化物莓球群，集中分布碳质纹层中。含矿硅质岩层具固定层位，与上下地层整合接触。

该铅锌成矿作用具有明显的同生矿化期和后生热液改造期的演化过程。前者发育在盆地生物建隆边缘台地断陷洼地中，产有多金属硫化物莓球群及铅锌矿化层纹，与热水沉积硅质岩系具直接的成因关系。后生热液改造矿化与区域褶皱及强烈挤压构造环境有关。含矿生物碎屑灰岩与含碳硅质灰岩，在持续挤压和剪切作用下，一方面与上部非能干泥岩岩层发生层间走滑，另一方面从紧闭褶皱核部强烈穿刺，形成两类岩系在该构造作用下的“核幔”结构层。在此构造活动带下，较活泼的铅锌矿化沿穿刺褶皱核心营造出的空间或两翼走滑断裂迁移富集，形成“鞍状”或似层状铅锌矿体。

热水沉积改造铅锌矿床主要由闪锌矿、方铅矿、黄铁矿少量黄铜矿组成，偶尔还可见到白铁矿、黝铜矿、毒砂等。在遭受剪切构造强烈作用地段，铅锌矿层中可出现轻度金的矿化，如自然金、银金矿、汞银矿等。这是铅锌与金矿化在同一构造地质背景下的重要沟通。

铅锌矿床矿石硫化物以富集重硫为特征，硫主要来自海水硫酸盐。成矿流体中氢氧同位素组成显示大气降水特点，与吸收大量地层下渗水有密切关系。矿石稀土配分模式曲线与热水沉积硅质岩平行一致，间接证明矿床属热水沉积成因。

2 两类金属矿床空间分布格局

研究区类卡林型金矿床和热水沉积改造铅锌矿床尽管各自独立形成，然而两者并非孤立存在，他们共同产于统一的大地构造背景下，在同一盆地内，近同的沉积岩相古地理环境下产出，在各自独特且具某些联系的成矿作用系统控制下形成矿体。在现今地质构造格局下，在空间上构建形成东西延伸，南北成带的 3 个矿化复合带。

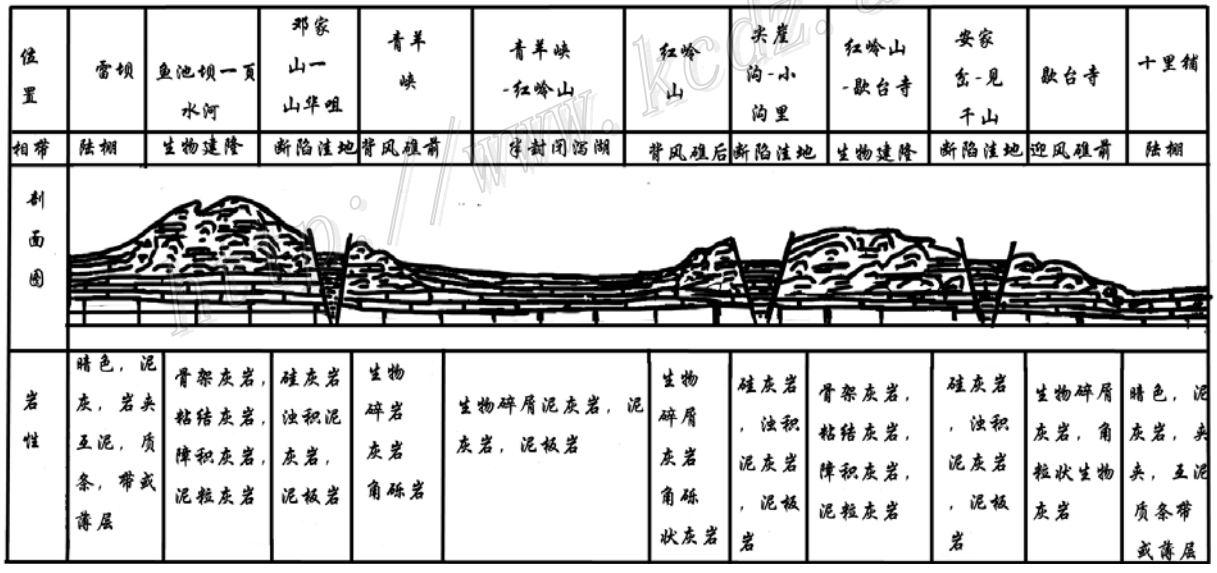

图 1 研究区岩相古地理略图

2.1 见千山—安家岔铅锌矿化复合带

分布于研究区北部，有中泥盆统安家岔组和西汉水组地层组成，矿化复合带由见千山、常大林铅锌矿点和安家岔、东沟金矿床（点）组成共生系列，且有东西矿化作用以金矿化为主过渡为铅锌矿化为主。

2.2 尖崖沟—小沟里金铅锌矿化复合带

分布于研究区中部，由中泥盆统西汉水组地层组成，该矿化带由小沟里、三羊坝金矿床和尖崖沟、焦沟、庙沟铅锌矿组成共生系列，其中小沟里—三羊坝金矿床产出在构造岩浆岩带强烈叠加地段。

2.3 邓家山—三华咀金—铅锌矿化复合带

分布于研究区南部，含矿岩系由中泥盆西汉水组地层组成，该矿化复合带金矿床以三华咀矿点为代表，铅锌矿床为邓家山、磨沟、贡水河等组成共生系列。

区内两类典型矿床具有“横向矿化分带”,“垂向矿化分层”,“共生一起、独立产出”的分布规律，在相当程度上反映了两者的形成演化与成因的联系。

3　两类金属矿床时空分布关系

3.1　两类矿床形成时间的密切关系

研究区两类金属矿床形成均经历了沉积作用成矿物质的初始富集和构造热液改造近同期的工业富集演化过程。

3.1.1　两类矿床矿源层形成的同期性

岩相古地理研究可知，两类矿床的形成均产出于断陷盆地中生物建隆前缘局部断陷洼地环境，含矿与容矿岩系均为中泥盆西汉水组和安家岔组。其中铅锌矿床含矿与容矿地层位于中泥盆统下段，为较典型的碳-硅-泥岩岩系，热水沉积硅质岩为直接的含矿层。类卡林型金矿床含矿与容矿地层位于中泥盆统上段，微细碎屑岩夹碳酸盐岩薄层、钙质、含碳泥质与粉砂-细砂岩性层韵律发育，各岩性层中普遍含少量黄铁矿莓球群，含碳纹层中含显量散染状黄铁矿。岩石中较丰富的钙质、泥质、碳质、硫铁质对含矿岩系丰度较高金的固定，起到至关重要作用，使该岩性组合成为金的矿源层。两类矿源层是在相同沉积环境下同期相继形成的。

3.1.2　两类矿床改造作用下的工业富集的递进性

两类矿床的工业富集均在盆地成陆、陆内造山作用下，经区域变质和构造热液改造下形成的。然而由于两类矿床主成矿元素较为活泼，在矿源层中已形成相当的矿化程度，在区域褶皱与轻度变质过程向进一步挤压逆冲及剪切构造作用递进时期，铅锌矿化可先期在褶皱核部及两翼构造富集沉淀，形成工业矿体的就位。

而类卡林型金矿床的形成过程和动力学机制相对复杂，地层丰度较高的金在区域变形与变质金的预富集基础上，进而受到剪切构造叠加改造，使地层中的金在热水溶液参与下，向韧-脆与脆性递进变形构造空间迁移并集中沉淀成矿。

从区域地质和大地构造作用分析， 两类沉积改造矿床的工业富集均与盆地闭合，隆生成陆， 陆内造山运动的长期演化过程有关，由于金与铅锌成矿地球化学行为的较大差异，导致两者形成物理化学环境和控制因素的较大差别，造成两者同期相继成矿，出现分层，分带共生关系。

3.2　两类矿床产出空间的共生关系

3.2.1　两类矿床产出沉积环境的共生关系

两类矿床所在西成盆地具拉张断陷性质，盆地内生物建隆前缘局限洼地岩相环境，是构建铅锌与金的含矿岩系的沉积场所，尽管两类含矿岩系岩性组合不同，但均应为拉张断陷成因的滞流洼地相沉积。两类岩系时空上整合连续，属同一环境下持续发育的不同阶段产物。两类矿床矿体产生均受岩性层位控制，铅铅矿床受含矿岩系下部发育的热水沉积岩控制，金矿床受其上部细碎屑岩控制。两类矿床形成继承了含矿岩系的含矿组分，从而为本区"上金下铅锌"的矿床空间组合奠定了基础。

3.2.2　两类矿床矿体赋存空间的共生关系

两类矿床均具沉积改造成因特征，构造作用对工业矿体的形成不仅提供了成矿物质活化的动力，更重要的是形成成矿流体的集中，运移通道和成矿物质卸载富集的空间。

两类矿床成矿作用统一控制在陆内造山活动的区域褶皱变形，进一步的挤压形成紧闭褶皱，穿刺褶皱，继而产生褶皱带两翼逆冲剪切构造带与褶皱相间分布。上述构造作用显示多阶段的递进变形序列。由于两类矿床含矿岩系岩石物理性质的不同，成矿元素组合的地球化学行为存在较大的差异。两类矿床所需要的成矿作用的物理化学条件要求不一，导致铅锌矿化发育在早期区域褶皱变形阶段，铅锌化集中富集于褶皱核部虚脱部位，或在两翼滑动构造空间。金的矿化经历了较长时间的剪切变形的改造，多定位在后期剪切作用中-晚阶段的韧-脆性与脆性断裂构造空间。空间上两类矿床随褶皱带与剪切带的相间复合成带，而相间交替发育。

4　两类矿床共生关系及分布规律分析

4.1　大地构造背景及盆地环境是两类矿床共生关系与分布规律的基础.

西成地区在泥盆纪初，随勉略洋盆打开，分离出相对独立的秦岭微板块向北俯冲，并在南北大陆俯冲逼近引起反弹，造成山阳-礼县东西一线的隆升，线状古隆起南部广大范围处于拉张断陷环境，形成一系列东西展布的断陷盆地，西成盆地是其中之一。

由于海槽内部构造发育，导致盆地内古地理环境复杂， 形成多样岩相环境，而局限碳酸盐台地前缘的断陷洼地相对封

http://www.kcdz.ac.cn/

闭，处于海水滞流的还原沉积环境。因拉张作用产生的同生断裂控制着断陷洼地，沿同生断裂上涌的热水沉积和持续的微弱间歇火山活动， 将深部带来的成矿物质封闭聚集在洼地中，使含矿岩系形成。上述构造沉积环境控制了金与铅锌矿床共生，伴生的空间分布规律。

4.2 陆内造山构造活动是金、铅锌活化，迁移富集的动力学机制

中-晚三叠世实现了南北大陆的统一，进入陆内造山活动时期。大型推覆、逆冲构造、走滑平移断裂与碰撞花岗岩侵入发育。含矿岩系在上述构造活动叠加时，直接导致金与铅锌的活化，迁移和富集作用发生，同时为成矿物质的沉淀准备了赋矿空间。

如上，铅锌矿化富集于陆内造山活动期，在褶皱转折端的虚脱部位，两翼的层间破碎带等有利空间，形成鞍状、似层状改造型矿体。金等的矿化富集主要受稍后期递进发生的韧-脆型剪切构造控制。在能干性碳酸盐岩组成的褶皱核部，由非能干细碎屑岩类组成褶皱两翼，并被强烈挤压剪切变形。金的活化与富集与递进构造变形同步发生，最终在较浅部破裂构造带了内沉淀，形成似层状，扁豆状，透镜状及脉状矿体。

可见，陆内造山作用和建造本身的特征， 规定了金与铅锌矿床既分层，又分带的空间分布规律。

4.3 两类矿床成矿物质的同源性

由于铅锌与金的含矿建造产出同一盆地内的沉积体系中，含矿热水沉积岩系-碳酸盐岩系属于该盆地沉积系统的下岩段，各含矿岩性层中部分组成的来源与同生断裂和海底地壳深部物质相沟通。硫、铅同位素与稀土元素、微量元素地球化学也间接证实，成矿物质具有深源特征。

4.4 控矿因素导致两类矿床分层矿化，复合成带

前已述及，热水沉积铅锌矿床和类卡林型金矿床工业矿体的富集，均发生在印支晚期-燕山期陆内造山活动期，工业矿体的矿化作用与该时期产生的构造热液活动密切相关。铅锌矿床含矿岩系产于中泥盆统下岩段，由相对能干性的热水沉积硅质岩和生物碎屑碳酸盐岩组成，区域构造变形期前发生褶皱，进一步的挤压褶皱紧闭、穿刺，两翼层间滑动，铅锌成矿物质沿层间和碳酸盐岩一侧的背斜构造空间交代充填，在两翼层间形成鞍状矿体。

金矿床含矿岩系产于中泥盆统上岩段，由相对非能干性细碎屑岩夹互泥灰岩组成。区域构造作用已使含矿岩系中金等元素预富集，多集中于黄铁矿、碳酸盐矿物、石英等组成的斑点状构造中，或预富集于黄铁矿、毒砂变晶中。而工业矿化富集发生在韧性剪切构造期，随剪切构造脉动和由深部向浅部、由韧性向脆性的递进变形，地下渗流水多次反复对构造通道中含矿岩系中金等成矿物质萃取，并向浅部脆性、韧—脆性构造带迁移富集，直至沉淀，在剪切构造带中形成透镜状、扁豆状、囊状、脉状改造型矿体。

铅锌与金地球化学行为差异导致两类矿床独立出现。铅锌与金的元素地球化学性质存在明显的差别，研究区典型矿床地球化学研究亦证实了这一点。

邓家山铅锌矿床成矿流体包裹体研究，成矿溶液离子类型具有Ca^{2+}-Na^{+}-K^{+}-Cl^{-}-F^{-}组合特征；F^{-}/Cl^{-}值为 0.172~0.192，远小于 1；盐度$w(NaCl_{eq})$为 3.5%~8.6%。含矿流体一旦有大量HS^{-}离子的加入，铅锌有敏感反应而沉淀富集，形成闪锌矿、方铅矿、黄铁矿。

金的成矿作用主要与引起还原硫浓度变化的物理化学条件至关重要。金的成矿流体中，金多以硫化络合物形式溶解迁移，小沟里金矿流体包裹体液相成分显示K^{+}-Na^{+}- Ca^{2+}（Mg^{2+}）-HCO_3^{-}-S^{2-}组合特征；F^{-}/Cl^{-}值为 0.02~0.03；流体盐度$w(NaCl_{eq})$为 7.2%~11.5%。另外，流体包裹体富含CO_2出现液相CO_2和气相CO_2包体。成矿作用中强烈的去CO_2和酸碱度的变化，是金的硫化络合物破坏的敏感物化条件，随着大量硫化物的晶出，金从硫化络合物中解离，并以自然金、银金矿等独立矿物结晶。

至此，金、铅锌矿床系列共生关系形成，“分层矿化、各自独立”、“你中有我，我中有你”、“复合成带”空间展布规律出现。

综上认为，两类矿床时空共生关系的大地构造背景，断陷盆地成为其前提和基础；局限洼地环境形成的热水沉积岩系和细碎屑岩-碳酸盐岩复理石建造是两类矿床共生的物质基础；沉积期后变质、剪切构造与热液作用是形成两类矿床共生关系和外在动力学机制；而金、铅锌的元素地球化学行为及其差异是两类矿床时空共生关系的内在动力学原因。

参 考 文 献

祁思敬, 李 英, 等. 1993. 秦岭泥盆系铅锌成矿带. 北京: 地质出版社. 91~96.

张复新, 季军良, 龙灵利. 2001. 南秦岭卡林型-类卡林型金矿床地质地球化学综合特征. 地质论评, 47(5): 492~499.

卢纪英, 李作华, 张复新, 等. 2001. 秦岭板块金矿床. 西安: 陕西科技出版社. 375~378.

张复新, 陈衍景, 李 超, 等. 2000. 金龙山-丘岭金矿床地质地球化学特征及成因: 秦岭式卡林型金矿床成矿动力学机制. 中国科学, 30(增刊): 73~81.