

南秦岭凤太盆地金矿与铅锌矿的成矿模式

李 强¹, 王兵岐², 马治国³, 王晓虎¹

(1. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054;

2. 宝鸡市八方山铅锌矿, 陕西 凤县 721703; 3. 陕西八卦庙金矿, 陕西 凤县 721705)

摘要: 通过对凤太盆地八卦庙金矿和八方山-二里河铅锌矿的矿床地质、矿床地球化学、流体地球化学的研究, 发现两类矿床 $\delta^{30}\text{Si}$ 分布范围与海底喷流沉积成因硅质岩的硅同位素接近, 表明其属热水沉积成因。矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 比较接近, 但铅锌矿矿石中硫源来源更广。碳酸盐的碳、氧同位素特征显示两类矿床均具有热水沉积特点, 金矿的样品更趋向于火成岩, 表明受后期岩浆热液影响更大。经过流体包裹体测温, 金矿床均一温度变化范围大, 具有多期次多阶段的特征。矿床同位素和流体包裹体特征表明, 金矿床与铅锌矿床在成矿物源、成矿流体特征等方面都存在很多相似性, 反映出热水喷流作用与两类矿床成因有密切的关系, 但二者又存在差异。结合成矿地质背景, 认为铅锌矿的形成与定位受区域热变质改造和动力作用控制, 而金矿的形成主要受晚期岩浆热液活动控制, 由此建立了金矿与铅锌矿的成矿模式。

关键词: 凤太盆地; 金矿; 铅锌矿; 流体特征; 成矿模式; 南秦岭

中图分类号: P618.51; P618.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672 6561(2007)01 0015 07

Space time Relationship of Gold Deposit to Lead Zinc Deposit in Fengtai Ore Field in South Qinling

LI Qiang¹, WANG Bing qi², MA Zhi guo³, WANG Xiao hu¹

(1. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Bafangshan Lead Zinc Mine of Baoji City, Feng County 721703, Shaanxi, China;

3. Baguamiao Gold Mine of Shaanxi, Feng County 721705, Shaanxi, China)

Abstract Geological and geochemical fluid geochemistry study of Baguamiao Gold deposit and Bafangshan Erlihe Lead Zinc deposit in Fengtai basin show that the range of $\delta^{30}\text{Si}$ values of Gold deposits and Lead Zinc deposit are close to the values of submarine exhalation, indicating its hydrothermal sedimentary origin. The value of $\delta^{34}\text{S}$ are also close to each other, but the Sulphur source of Lead Zinc deposit is more complicated and broadly. Carbon and Oxygen isotope of carbonate have the characteristic of the hydrothermal sedimentary while that of Gold deposit are more close to igneous rock, which indicates that deuterism have more effect. The study of fluid inclusions shows that the range of homogenizations temperatures of Gold deposit are more widely and have the characteristic of polyphase. All evidence indicates that Gold deposit and Lead Zinc deposit are similarity in mineralization resource, fluid isotope, which reflect that there is a certain genetic relation between the hydrothermal exhalation and Gold, Lead Zinc mineralization. At the same time Gold mineralization are different from Lead Zinc mineralization. Considering the metallogenic environment, it is pointed that the Zinc mineralization and location is controlled by the thermal altered metamorphism and dynamometamorphism and the Gold deposit is controlled by the late magmatic hydrothermalism. A minerogenetic model of Gold and Lead Zinc deposit in Fengtai basin is set up.

收稿日期: 2006 04 02

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(200313000063)

作者简介: 李 强(1972), 男, 新疆昌吉人, 博士研究生, 从事矿产资源与预测研究。E-mail: liq2000@163.com

Key words: Fengtai basin; Gold deposit; Lead Zinc deposit; fluid characteristic; minerogenetic model; South Qinling

0 引言

凤太盆地位于秦岭泥盆系铅锌、金、银、汞、锑多金属成矿带中段,是中国重要的多金属矿化集中区之一。20 世纪 60 年代以来,随着对本区铅锌矿床的深入研究^[1-4],相继发现了铅硐山、八方山-二里河、银母寺、银洞梁等大中型铅锌矿。80 年代起,随着双王和八卦庙等大型、超大型金矿的发现,对金矿床研究才有了突破性的进展^[5-10],已找到大型、特大型金矿 2 处,中型矿 2 处,小型矿及矿化点多处。目前对铅锌矿的成因已有了比较统一的认识,认为铅锌矿床是由海底喷气-喷流热水沉积作用形成^[11-13]。对凤太盆地金矿床的成因争议较大,主要有卡林型、沉积剪切变质热液改造型、含金脆韧性剪切型等^[14-16]。近年来一些学者提出矿床具有热水沉积作用的特点。目前对矿产研究多集中在热水沉积成矿作用,晚期改造成矿作用以及热液成矿作用等方面,而对两类矿床的内在成因联系则很少涉及。从凤太矿田八卦庙金矿和八方山-二里河铅锌矿的矿床地质特征、流体特征的研究入手,从流体、构造、成矿的角度

研究和探讨这两类矿床的成因和本区铅锌矿与金矿的成矿模式。

1 矿床地质特征

1.1 八卦庙金矿

八卦庙金矿床位于秦岭造山带中部凤太盆地西北缘。矿区出露地层主要为泥盆系,由老到新依次为中泥盆统古道岭组(D_2g^2)上岩段,上泥盆统星红铺组(D_3x)下岩段和九里坪组(D_3j)。古道岭组上岩段为中厚层灰岩、含碳灰岩夹少量铁白云石千枚岩。星红铺组下岩段为一套浅变质细碎屑岩,岩性为斑点状铁白云质粉砂质千枚岩、条带状铁白云质千枚岩等。九里坪组岩性为中薄层状钙质砂岩夹砂质千枚岩。矿区内古道岭组与星红铺组呈断层接触。矿区构造主体表现为褶皱和断裂,矿体产在北西西向苏家沟-空棺沟复式向斜西端北翼的次级倒转复式向斜的倒转翼。区内断裂主要为北西向和北东向(图 1)。区内岩浆岩不发育,仅东南部有西坝中酸性岩体和其他几个小岩体,但普遍发育花岗斑岩、闪长玢岩、辉绿岩和煌斑岩等岩脉。

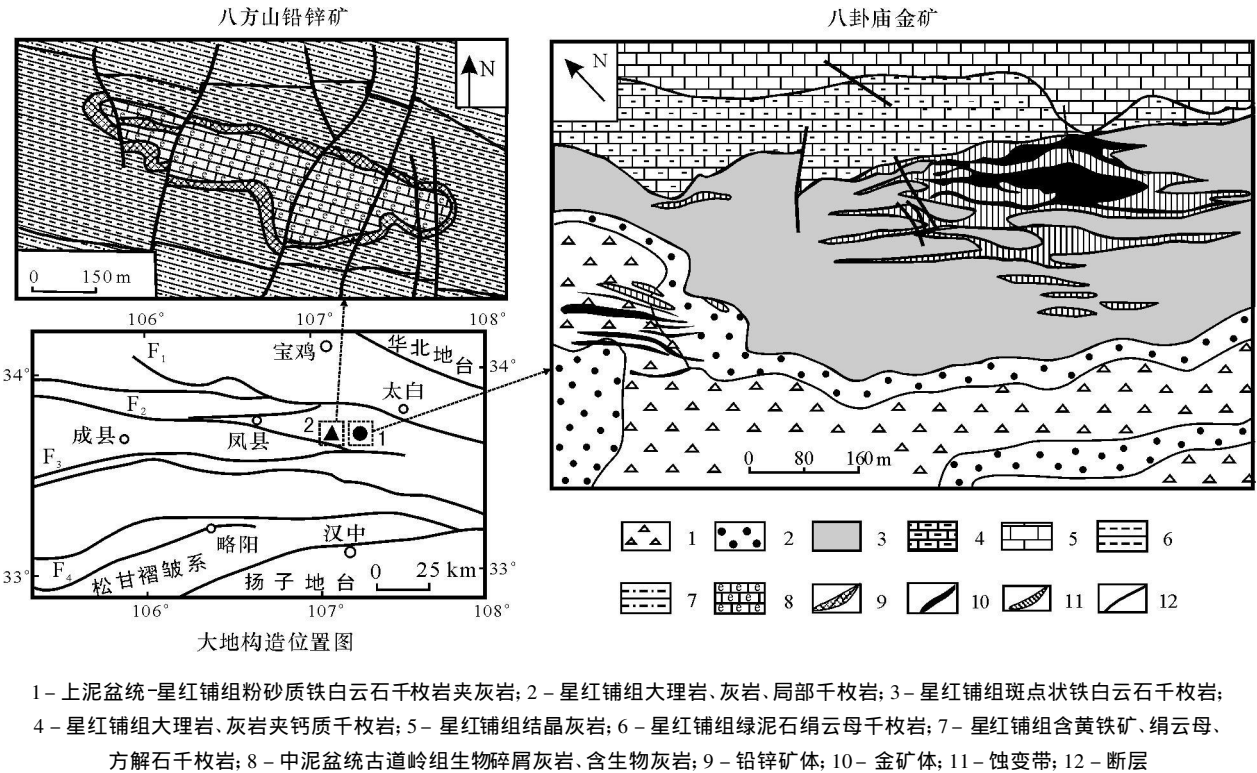


图 1 凤太盆地金矿与铅锌矿矿区地质略图及大地构造位置图

Fig. 1 Geological and Tectonic Position Map of Gold Deposit and Lead Zinc in Fengtai Basin

八卦庙金矿的容矿岩石主要有斑点状铁白云质粉砂质绢云千枚岩、粉砂质绢云千枚岩、含钙质铁白云质粉砂质千枚岩、条带状大理岩(图 2)。另外,局部还发现含黄铁矿、磁黄铁矿千枚岩、黑云母钠长石岩。

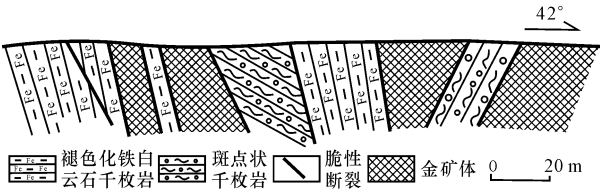


图 2 八卦庙金矿体素描

Fig. 2 Sketch Map of the Baguamiao Gold Orebody

矿石类型主要为石英脉型和蚀变碎裂岩型。金矿物种类以自然金为主,自然金的嵌布形态主要为晶间金,其次为裂隙金和包体金。矿石中主要金属矿物为黄铁矿、磁黄铁矿、少量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和褐铁矿等。脉石矿物为石英、绢云母、方解石、铁白云石和少量钠长石、电气石。

八卦庙矿区石英脉与金矿化关系最密切,石英脉按产状分顺层脉和节理脉(裂隙脉)。顺层脉走向与地层走向大体一致,为北西西向。脉体呈白色、灰白色,脉体相对较粗大,厚度在 5 ~ 30 cm。在走向上厚度、形态、产状变化大,并与地层同步褶皱,局部呈不规则团块状、囊状产出。而节理石英脉主要沿北东向裂隙充填,与地层走向近于直交,脉体宽度多在 1 ~ 3 cm,沿走向延伸较短。

1.2 八方山-二里河铅锌矿床

八方山-二里河铅锌矿位于凤太盆地西部偏北侧。矿区出露地层主要为中泥盆统古道岭组 and 上泥盆统星红铺组,呈整合接触。矿区构造主要表现为褶皱和断裂,矿体产在古岔河-殷家坝复式向斜带北翼的次级褶皱即尖端山-八方山背斜中。区内岩浆活动弱,仅见一些石英斑岩和石英闪长玢岩脉顺层或裂隙带充填。

含矿带分布于古道岭组灰岩与星红铺组千枚岩间的硅质岩层中,矿体与顶底板岩层整合接触,主要矿体均产在硅岩中。硅岩层厚 1 ~ 30 m,延伸约 7 km。矿体形态主要为似层状、透镜状。

矿石成分较简单,主要金属矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铜矿,其次有黄铁矿,少量毒砂、黝铜矿等,非金属矿物主要是石英、铁白云石、方解石、绢云母和少量绿泥石等。

2 矿床流体地球化学

矿床流体地球化学是流体成矿的客观物质记录通过对矿床流体地球化学的研究,不仅可以揭示成矿流体的物质组成、来源、特征,而且可以再现流体成矿的作用过程。

2.1 硅同位素组成

八卦庙金矿钠长石岩和顺层石英脉中的³⁰Si 与八方山-二里河铅锌矿硅质岩的³⁰Si 组成比较接近(表 1)。 $\delta^{30}\text{Si}$ 分布在热水来源和生物成因硅质岩石英范围内,接近火山喷发-化学沉积硅质岩,与正常海相沉积的硅质岩相差较大,同本区海底热水沉积成因硅质岩的硅同位素接近($\delta^{30}\text{Si}$)变化在 $(-0.3 \sim +0.6) \times 10^{-3}$ [11]。成因上属热水来源 SiO₂ 经化学沉积作用形成。说明含矿顺层石英脉中的 SiO₂ 与硅质岩中的 SiO₂ 同源。硅质岩以热水沉积为主,而顺层石英脉是由富含 SiO₂ 的围岩活化而来。含矿裂隙石英脉与顺层石英脉的硅同位素差别较大(图 3),反映出两种不同产状石英的 SiO₂ 来源的不一致性和成因差异。

表 1 八卦庙金矿与八方山-二里河铅锌矿硅同位素
Tab. 1 Si Isotope Component of Baguamiao Gold Deposit and Bafangshan Erlihe Lead Zinc Deposit

矿 区	样品名称(件数)	$\delta^{30}\text{Si} / 10^{-3}$	$\delta^{30}\text{Si} / 10^{-3}$
八卦庙金矿	顺层石英脉(3)	-0.4 ~ -0.3	-0.33
	裂隙石英脉(5)	-0.1 ~ 0.1	-0.06
	钠长石岩	-0.5 ~ 0.2	-0.32
八方山-二里河铅锌矿	硅质岩及石英(10)	-0.5 ~ 0.6	-0.38

注: 八卦庙金矿据文献[18]; 八方山-二里河铅锌矿据文献[18]

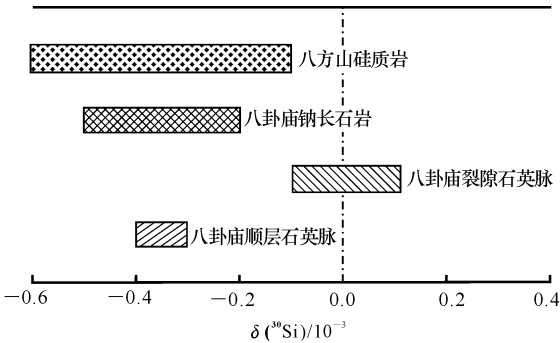


图 3 八卦庙金矿与八方山铅锌矿硅同位素成分分布

Fig. 3 Diagram Showing Silicon Isotope Composition of the Baguamiao Gold Deposit and the Bafangshan Lead Zinc Deposit

(1)从宏观地质特征分析:顺层石英脉与围岩整合接触或呈小角度相交,脉体宽度小,延伸不远。裂隙石英脉则呈大角度切割围岩,脉体厚大,延伸较远。

(2)从成因上分析:顺层石英脉可能是由富含硅质的围岩在区域变质过程中,受热和动力作用“活化”而来。裂隙石英脉是伴随晚期岩浆活动、构造运动的产物,岩浆活动可能为其提供了大量的外来SiO₂。

(3)从形成时代分析:顺层石英脉形成时代较早,接近或稍晚于热水喷流沉积期。裂隙石英脉形成则更晚,时间应滞后于区域岩浆活动。据实测地质年龄,顺层石英脉Ar/Ar法年龄为(232.58±1.59)Ma(坪年龄)和(222.14±3.45)Ma(等时线年龄)^[19]。裂隙石英脉Ar/Ar法年龄为(131.91±0.89)Ma(坪年龄)和(129.45±0.35)Ma(等时线年龄)^[20],说明两者是在不同时代,不同构造背景下的不同产物。

2.2 矿床硫同位素组成对比

无论是八方山铅锌矿床还是八卦庙金矿床,硫都与成矿有密切关系(八卦庙石英脉型金矿石中的金属硫化物含量较高,蚀变千枚岩中含大量的黄铁矿)。因此,对两类矿床硫同位素的研究有重要意义。对比其硫同位素组成,八卦庙金矿矿石($\delta^{34}\text{S}$)为(5.0~14.6)×10⁻³,八方山铅锌矿床($\delta^{34}\text{S}$)平均值为8.4×10⁻³,两者比较接近。此外,八卦庙金矿围岩($\delta^{34}\text{S}$)的极差比矿石中的变化范围大,表明矿石中硫同位素在继承了围岩中硫的同时,由于受后期构造岩浆热液的影响而发生了均一化。八方山-二里河铅锌矿矿石与含矿围岩中同一种硫化物的($\delta^{34}\text{S}$)有明显差异,反映了矿石中硫来源更广,一部分为硫酸盐海水的还原硫,另一部分则是地壳深部的硫。

2.3 碳酸盐的碳、氧同位素特征

八卦庙金矿碳酸盐铁白云石($\delta^{13}\text{C}$)为(-1.91~-4.89)×10⁻³,平均为-2.43×10⁻³,($\delta^{18}\text{O}$)为(16.64~19.73)×10⁻³,平均为19.45×10⁻³^[21]。八方山-二里河铅锌矿区碳酸盐白云石($\delta^{13}\text{C}$)为(0.04~0.79)×10⁻³,平均为0.28×10⁻³,($\delta^{18}\text{O}$)为17.17~18.95,平均为18.06×10⁻³^[23]。将9件样品测试值投影在($\delta^{18}\text{O}$)-($\delta^{13}\text{C}$)坐标上,其投影值均位于海相碳酸盐左侧附近,具有热水沉积特征,而且八卦庙金矿的样品更趋向于

火成岩,表明受后期岩浆热液影响更大。

表 2 八卦庙金矿床铁碳酸盐矿物氧、碳同位素组成

Tab. 2 O and C Isotope Component of Iron Carbonate Rock in Baguamiao Gold Deposit				
样号	岩性及产状	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}/10^{-3}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/10^{-3}$	$\delta^{13}\text{C}/10^{-3}$
B 5	含矿围岩(浸染状)	-11.98	18.51	-3.04
B 16A	含矿围岩(斑点状)	-10.86	19.66	-1.91
B27 16	矿石(浸染状)	-11.12	19.40	-2.31
B 23	矿石(脉状)	-10.80	19.73	-1.85
B 14	矿石(脉状)	-11.80	19.43	-2.14
B 12	矿石(脉状)	-10.88	19.64	-1.93
B 32	矿石(脉状)	-10.96	19.56	-2.01
B 39	矿石(脉状)	-11.19	19.32	-2.24
B 45	矿石(脉状)	-11.17	19.34	-2.22

注:数据引自郑作平等(1996);测试矿物为铁白云石

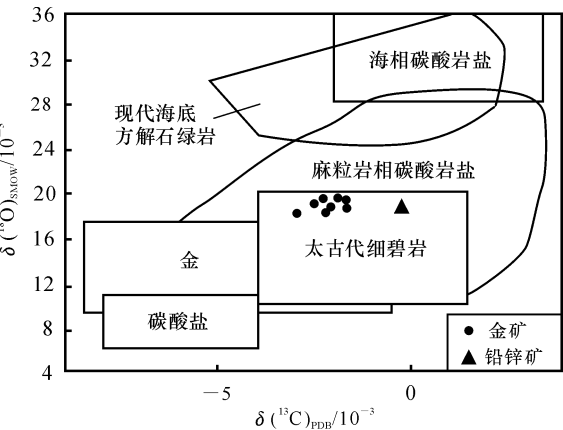


图 4 八卦庙金矿和八方山铅锌矿碳氧同位素投影
Fig. 4 Projection of C and O Isotope in the Baguamiao Gold Deposit and the Bafangshan Lead Zinc Deposit

2.4 流体包裹体特征

流体包裹体测温结果(表 3)显示:铅锌矿床均一温度为 210℃~310℃,成矿温度属于中温。而八卦庙金矿的包裹体温度变化较大,温度为 140℃~415℃,反映了成矿流体多期次活动的特点。八方山铅锌矿床中石英包裹体大小为 2~10 μm,数量较少,气液比小于 15%,包裹体形态以椭圆、似椭圆和近圆形为主。八卦庙金矿床石英包裹体为 4~20 μm,数量多,气液比大于 10%,包裹体形态以椭圆形、不规则状为主。

通过对矿床同位素地球化学特征分析可以看出,八卦庙金矿与八方山-二里河铅锌矿在成矿物质、物源,成矿流体特征等方面都存在很多相似性,反映了在同一(相似)地质背景(条件)下,应该有相似的矿床或成矿系列产出的理论^[23]。但两者又有

表 3 凤太盆地金矿与铅锌矿矿物流体包裹体测温

Tab. 3 Date of Inclusion Temperature of Gold Deposit and Lead Zinc Deposit in Fengtai Basin

样号	矿床	测试矿物	产状	包体形态	包体 / μm	气液比 /%	均一温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均温度 / $^{\circ}\text{C}$
八卦庙金矿	B69 3	石 英	金矿石	气液两相包裹体	4~20	10~25	145~232	217
	B69 1	石 英	金矿石	气液两相包裹体	10~25	5~30	330~415	380
	B74 3	石 英	顺层脉	气液两相包裹体	2~8	10~20	184~265	233
	B74 3	白云石	围 岩	气液两相包裹体	2~5	20~30	230~310	265
	B72 3	石 英	金矿石	气液两相包裹体	4~15	10~20	320~416	370
					5~20	60~80	187~244	240
八方山铅锌矿	BBF 4	石 英	顺层脉	气液两相包裹体	2~10	10~15	217~310	254
	BBF 5	石 英	裂隙脉	气液两相包裹体	2~10	5~15	240~295	275

注: 包裹体 2005 年 7 月在长安大学流体包裹体实验室用均一法测定

区别, 八方山-二里河铅锌矿具有南秦岭热水沉积型铅锌矿床的一般特征, 表明矿床形成与热水沉积作用有直接联系, 后期区域热变质改造和动力作用使矿床最终形成定位。而八卦庙金矿的形成具有明显的多期多阶段性, 早期海底喷流热水沉积作用对成矿有一定的贡献, 是导致初始金富集的主导因素, 晚期岩浆热液活动和构造活动控制了矿床的最终形成与定位。

3 金与铅锌矿床成矿模式

3.1 金沉淀的物理化学条件

目前, 金从热液中沉淀的机理研究者普遍认为在自然界低温系统中, 金主要以金硫络合物 ($\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 、 $\text{Au}_2(\text{HS})\text{S}^{-2}$)^[24 25] 和金氯络合物 (AuCl_2^- 、 AuCl_4^-)^[26] 形式存在, 且两种配合物占绝对优势。无论是 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 还是 AuCl_2^- 在热液中的稳定性是与溶液的温度、压力、pH 值、Eh 值、氧逸度值和总硫活度等物理化学条件密切相关。而且通过实验室模拟试验, 已经发现 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 在相对还原、高温和中等 pH 值条件下的稳定性最强; AuCl_2^- 在相对氧化、高温和偏碱性的条件下稳定^[26]。对于 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$, 当溶液氧逸度下降以及总硫活度减小时, 将导致溶液中 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 不稳定而发生金的沉淀。造成总硫活度减小的主要地质作用是: 贫硫流体混合于含金溶液中、水岩反应或含铁矿化发生硫化作用, 硫化物从热液中析出沉淀、温度降低等。对于 AuCl_2^- 溶液, 热液中氯离子和氧逸度的降低以及 pH 值升高, 有利于金从热液中析出沉淀^[27]。

3.2 铅锌沉淀的机理

气成热液是铅锌重要的析出阶段, 铅锌的主要

矿化与这些作用密切相关。铅、锌都具有亲硫性的特点, 所以铅锌主要是以硫化物即方铅矿和闪锌矿形式出现。J B 贝利在研究了英国北彭奈恩矿田后指出铅的氯化物络合物可能是铅在热液中的主要搬运形式。J B 拜莱认为热液中锌主要以氯化物形式搬运, 只有当溶液硫离子浓度发生变化时, 才可以导致铅、锌的溶解或沉淀。影响铅、锌沉淀的主要机制有温度下降、pH 值变化、硫浓度的增加。

3.3 凤太盆地金矿与铅锌矿时空演化模式

泥盆纪时扬子板块与华北板块开始靠近, 区域应力表现为南北向主压应力和东西向主张应力, 形成了秦岭泥盆纪的两个主要二级断陷盆地即凤太海盆形成。同时应力作用造成海盆内同沉积断裂活动强烈, 促使海水沿断裂系统向深部下渗, 途中可能汇集了沉积层中封存的各种流体。下渗混合流体受地温梯度和压力的作用, 温度升高, 当到达一定深度时, 折返上升形成对流循环。下渗流体在向地壳深部运移过程中, 沿途萃取了地层中的金、银、铅、锌、铜、铁、钡等组分, 并与地壳深部流体(下地壳或上地幔流体)混合组成混合热液流体。在沿高渗透性通道即断裂带和一些岩石(如砂岩、碎屑岩等), 向上运移到达海底前, 这种混合流体的物理化学性质应作为一种高温($T > 400\text{ }^{\circ}\text{C}$)、高压、弱酸性-弱碱性、高氧逸度、总硫活度较高的流体。当这种富含矿质元素的流体喷出海底时, 所携带的矿质元素必因物理化学条件的骤变而发生析出沉淀。热液流体所携带的金(主要以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 形式)同银、铅、锌、铜(主要以氯络合物形式存在)等元素一起迁移到海底沉淀下来。铅、锌、铜等元素的沉淀是由于热液温度降低, 大量还原硫的参与而造成。金沉淀主要由于热液与海水混合后, 热液温度和压力下降, 溶液的氧逸度下降, 以及其他金属硫

化物沉淀后,造成溶液总硫活度急剧下降,促使金在铅、锌、铜远端沉淀下来。所以,在喷流沉积的初始阶段,金与铅、锌是分别沉淀的且已经形成了初步的分离。而大部分的金则在铅锌沉淀层位之上(或远端)沉淀下来。

在泥盆纪尽管凤太海盆未完全封闭,其海水的补给是很有限的。随着海底喷流活动的继续,大量的海底喷流热液不断被带到海盆内部,发生物质、能量的交换,所以,盆地内海水处于一种不断升温阶段。同时随着深部物质和能量的不断补给,海水总硫活度增加,温度升高,直接导致早期初始沉淀下来的金再度活化,迁移至更远离铅、锌矿层的位置沉淀下来。形成了金矿的初始矿源层。

铅锌矿床的就位。海西晚期—印支期,华北、秦岭及扬子板块完成了俯冲碰撞,隆升造山的过程,并引发了一系列构造岩浆变质作用。俯冲碰撞具有东西向左旋剪切的特点。剪切作用使处于剪切带中的成矿物质再次活化迁移,富集于有利的构造部位。在八方山—二里河等矿区形成一系列的紧闭褶皱。而在八卦庙矿区则形成一系列北西西向透镜状,似层状等较为厚大的石英脉。碰撞作用引发了一系列中酸性岩浆侵位,形成一系列的中酸性岩体。岩浆作用将深部含矿热液沿断裂运移,并将前期形成的铅锌初始矿源层的成矿元素重新活化,迁移至某些有利地段(如褶皱转折端)富集沉淀下来,形成矿体。

金矿床的就位。燕山期,秦岭造山带进入陆内造山演化阶段。右旋剪切作用使凤太地区北东向基底构造发生活动,并伴随着岩浆热液上侵。此期的断裂多为脆性和张性。在八方山—二里河矿区表现为闪长玢岩脉沿北东向切穿矿体,而在八卦庙矿区,北东向的脆性断裂伴随着由东向西大规模的中酸性岩浆侵入,不仅为初始矿源层成矿元素的进一步活化、迁移、富集提供了热动力,同时也带来了大量的深部成矿物质,而且还为矿床就位提供了良好的空间即金矿体多富集于北东向节理以及北东向与北西西向构造交汇处(图 5)。

4 结语

(1) 凤太矿田中的八方山—二里河铅锌矿与八卦庙金矿都与海底热水沉积作用直接相关。泥盆纪时的海盆内活动的同生断裂为海底热水喷流沉积提供了有利条件,热水沉积作用造成铅、锌和金

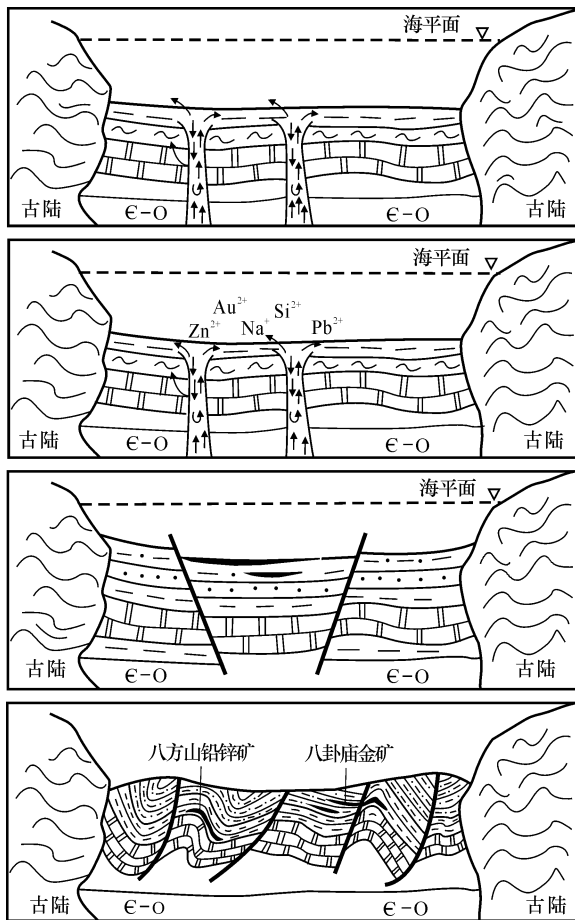


图 5 凤太盆地金矿与铅锌矿演化模式示意图

Fig. 5 Evolution Mold of Gold and Lead Zinc Deposit in Fengtai Basin

的初步富集,形成初始矿源层,同时由于元素物化性质的差异,铅锌与金已发生了初始的分离。

(2) 后期造山运动和岩浆活动使铅、锌和金各自分别于有利的构造部位就位。八方山—二里河铅锌矿受构造挤压应力作用控制,在挤压作用形成的褶皱转折端矿体就位。八卦庙金矿则受韧性剪切作用的控制,初始富集的矿源层在韧性剪切作用下活化、迁移至脆性叠加部位而最终定位。

参考文献:

- [1] 祁思敬,李英.秦岭泥盆纪铅锌成矿带[M].北京:地质出版社,1991.
- [2] 王俊发,张复新,炎金才,等.秦岭泥盆系层控金属矿床[M].西安:陕西科学技术出版社,1991.
- [3] 王集磊,何伯堰,李健中,等.中国秦岭型铅锌矿床[M].北京:地质出版社,1996.
- [4] 方维萱.陕西铅铜山大型铅锌矿床热水沉积岩相特征[J].沉积学报,1999,17(1):44-50.
- [5] 刘方杰,贾润率,郭健.陕西八卦庙特大型金矿床成矿机理

[J] . 西北地质科学, 2000, 21(1): 27 36.

[6] 张复新. 陕西双王金矿成矿作用及金的赋存状态研究[J] . 西北地质, 1997, 18(2): 28 32.

[7] 方维萱, 黄转莹, 刘方杰. 八卦庙超大型金矿床构造-矿物-地球化学[J] . 矿物学报, 2000, 20(2): 121 127.

[8] 李文亢, 方永安, 石准立, 等. 秦岭东部微细金矿成矿条件[M] . 北京: 地质出版社, 1993.

[9] 王学明, 汪东波, 邵世才, 等. 陕西八卦庙金矿钠长石的成因[J] . 矿床地质, 2001, 20(3): 223 228.

[10] 吴烈善, 韦龙明. 八卦庙超大型金矿地球化学特征及物源[J] . 地质找矿论丛, 1999, 14(4): 62 68.

[11] 薛春纪. 秦岭泥盆纪热水沉积[M] . 西安: 西安地图出版社, 1997.

[12] 王 涛, 刘淑文, 隗合明, 等. 热水沉积矿床研究的现状与趋势[J] . 长安大学学报: 地球科学版, 2004, 26(4): 6 9.

[13] 刘方杰, 方维萱, 赫 英, 等. 秦岭造山带热水沉积矿石建造特征及意义[J] . 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 343 347.

[14] 张复新, 宗静婷, 马建秦. 秦岭卡林型金矿及相关问题探讨[J] . 矿床地质, 1998, 17(2): 172 184.

[15] 刘方杰, 孙 勇, 裴先治. 八卦庙金矿床脆-韧性剪切构造及其控矿特征[J] . 西北大学学报: 自然科学版, 1999, 29(6): 569 574.

[16] 韦龙明. 陕西八卦庙金矿床地质特征及其成因分析[C] //刘东升. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京: 南京大学出版社, 1994.

[17] 朱宏州, 郭 健, 安峥嵘. 陕西八卦庙金矿床硅同位素组成及地质意义[J] . 有色金属矿产与勘查, 1998, 7(6): 326 329.

[18] 丁悌平, 蒋少涌, 万德芳, 等. 硅同位素地球化学[M] . 北京: 地质出版社, 1994.

[19] 冯建忠, 汪东坡, 王学明 等. 陕西八卦庙金矿脆-韧性剪切带控矿特征及成矿构造动力学机制[J] . 中国地质, 2002, 29(1): 58 66.

[20] 邵世才, 汪东坡. 南秦岭三个典型金矿床的 Ar -Ar 年代及其地质意义[J] . 地质学报, 2001, 75(1): 106 110.

[21] 郑作平. 八卦庙金矿地质及稳定同位素研究[J] . 陕西地质, 1994, 12(2): 22 30.

[22] 祁思敬, 李 英. 秦岭热水沉积型铅锌(铜)矿床[M] . 北京: 地质出版社, 1993.

[23] 赵鹏大, 陈永清. 地质异常矿体定位的基本途径[J] . 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(2): 111 114.

[24] Seward T M. 金的热液地球化学[J] . 地质地球化学, 1993, 21(1): 37 47.

[25] Shenberger D M, Bames H L. Solubility of Gold in Aqueous Sulfide Solutions from 150 to 350 °C[J] . Geochimica et Cosmochimica Acta, 1989, 53: 269 278.

[26] Gammons C H, Williams Jones A E. The Solubility of Au Ag alloy + AgCl in HCl/NaCl solution at 300 °C: New Data on the Stability of Au(I) Chloride Complexes in Hydrothermal fluids[J] . Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(17): 3 453 3 468.

[27] 吴厚泽, 苏惠娴. 高温高压气液相中金迁移形式的实验研究[J] . 矿产与地质, 1997, 11(5): 330 335.

(上接第 5 页)

参考文献:

[1] Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic[J] . Sciences, 1987, 235: 1 156 1 167.

[2] Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea Level Change[J] . SEPM Special Publication, 1988, 42: 74 108.

[3] Bosilika G, Kenneth R W. Late Cambrian Positive Carbon Isotope Excursion in the Southern Appalachians: Relation to Biostratigraphy, Sequence Stratigraphy, Environments of Deposition and Diagenesis[J] . Journal of Sedimentary Research, 1998, 68(6): 1 212 1 222.

[4] William D F. Evidence for and against Sea Level Changes from the Stable Isotopic Record of the Cenozoic[J] . Soc Econ Palaeotol, Mineral Spec Publ, 1988, 42: 34 36.

[5] Wei Jiayong, Lao Nengmao, Yu Youyi. Triassic Transgressive Regressive Sequences in Guizhou, Guangxi Region, South China[J] . Journal of China University of Geosciences, 1996, 7(1): 112 121.

[6] 殷鸿福, 童金南, 丁梅华, 等. 扬子区晚二叠世—中三叠世海平面变化[J] . 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19(5): 628 632.

[7] 李荣西, 魏家庸, 肖家飞, 等. 黔西南地区早—中三叠世沉积岩相与 Ladinian Carnian 期大海侵[J] . 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25(3): 1 6.

[8] 殷鸿福, 童金南, 丁梅华, 等. 扬子区晚二叠世—中三叠世海平面变化[J] . 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19(5): 628 632.

[9] Karlis M. The Oxygen Isotopic Composition of the Oceans, Sediments and the Seafloor[J] . Chemical Geology, 1998, 145: 263 273.

[10] 于炳松. 密集段的地球化学标志[J] . 矿物学报, 1995, 15(2): 205 209.

[11] 陈锦石, 陈文正. 碳同位素地质学概论[M] . 北京: 地质出版社, 1983.