

# 西秦岭寨上金矿地质-地球 化学特征及成因探讨

胡建民, 刘光智, 刘新会, 徐述平

(武警黄金第二总队, 河北 廊坊 065000)

**摘 要:** 西秦岭寨上金矿床分为南北两个矿带, 受控于背斜构造的两翼, 矿体呈板状、透镜状; 主要的金属矿物有黄铁矿、毒砂、黝铜矿、辉锑矿、方铅矿。成矿期分沉积-成岩期、构造作用-热液叠加成矿期和表生氧化期; 成矿流体属于中-低温、低盐度、低密度流体, 压力集中在 40~70 MPa, 成矿平均深度为 5.73 km。流体包裹体气相成分以 H<sub>2</sub>O 和 CO<sub>2</sub> 为主, 含 N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO 等; 流体液相成分中, 阳离子以 Na<sup>+</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 为主, 阴离子以 Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 为主, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 F<sup>-</sup> 次之。流体体系属 Ca<sup>2+</sup>-Na<sup>+</sup>-Cl<sup>-</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 型。印支-燕山期花岗岩岩浆上升侵位, 深部流体沿深大断裂上移, 与围岩发生物质交换, 萃取了泥盆系、二叠系中的成矿元素, 形成含矿流体, 并在构造动力和热动力的驱动下, 运移到构造有利部位, 由于物理化学条件的变化使流体沸腾, 金矿物沉淀成矿。

**关键词:** 西秦岭; 寨上金矿; 成矿流体; 稳定同位素; 微量元素; 稀土元素

**中图分类号:** P611; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1412(2008)04-0298-07

## 0 引言

西秦岭是我国微细浸染型(卡林型)金矿找矿的热点地区之一<sup>[1,2]</sup>。上世纪 80 年代, 卡林型金矿概念引入该区找矿实践, 相继发现了九源、拉尔玛、李坝、鹿儿坝、大水、阳山等多处大型-超大型金矿及众多中小型金矿, 显示了良好的金矿找矿前景。寨上金矿经过 7 年勘查, 资源量规模已超过 70 t, 随着勘探工作的进一步展开, 矿床资源量仍在继续扩大。研究该矿床地质-地球化学特征及成因, 对推进卡林型金矿在西秦岭地区的找矿和科学研究十分重要。

## 1 地质背景

寨上金矿处于西秦岭褶皱带的中带, 临潭-天

水褶皱带中新寺-大草滩复背斜的西部, 属于礼岷成矿带的西端<sup>[3-9]</sup>。

区域地层以中上泥盆统、中下石炭统、二叠系为主, 主要为滨海-浅海相碎屑岩、碳酸盐岩建造。矿区内地层简单, 主要为中泥盆统 e 组、上泥盆统大草滩群 a、b 组、下二叠统 b、c 组地层。其中中上泥盆统分布于矿区南部, 岩性为粉砂质板岩、石英砂岩及少量泥灰岩, 产大量腕足类化石; 下二叠统 b 组分布于矿区北部, 岩性为砾岩、砂岩、粉砂质板岩、含碳板岩、泥质板岩及少量灰岩, 灰岩中产出大量的蜓类化石。金矿化发育在以上各组地层中。

区内褶皱构造主要为新寺-大草滩复背斜, 核部为泥盆系, 两翼为二叠系, 寨上金矿位于该背斜中。

高桥-礼县大断裂是一条重要的区域性断裂。在礼县以西, 这条断裂分成南北两支, 北支为礼县罗坝-锁龙口断裂, 南支为礼县-洮坪断裂。该断裂规模大, 多次活动, 控制本区金矿的分布; 寨上金

收稿日期: 2008-08-19

基金项目: 武警黄金指挥部黄金专项项目(2000-2008)资助。

作者简介: 胡建民(1962), 男, 河南新郑人, 高级工程师, 硕士, 从事金矿地质勘查、技术管理和科学研究工作。通信地址: 河北省廊坊市广阳道 93 号, 邮政编码: 065000。



### 2.3 围岩蚀变

矿床的围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化, 次为绢云母化。

### 2.4 成矿期、成矿阶段划分

金矿形成总体上经历了沉积-成岩期、构造作用-热液叠加成矿期和表生氧化期等3期。其中沉积-成岩期为成矿物质的初步富集奠定了物质基础; 构造作用-热液叠加成矿期是成矿作用最重要的时期; 表生氧化期是以褐铁矿化为标志的矿床氧化-改造期。

构造作用-热液叠加成矿期可划分为4个阶段: (I) 少硫化物-石英阶段: 以形成中细粒自形-半自形的黄铁矿和脉石英为特征; 黄铁矿粒径在0.01~1 mm之间; 矿石 $w(\text{Au})$ 一般较低( $0.01 \times 10^{-6} \sim 0.1 \times 10^{-6}$ ); (II) 含砷黄铁矿-毒砂-石英阶段: 以发育细脉状的石英或强硅化带, 矿石普遍发育细脉状、浸染状的微细粒黄铁矿、毒砂为特征; 黄铁矿颗粒一般 $< 0.01 \text{ mm}$ ; 针状毒砂呈浸染状产出, 颗粒 $< 0.05 \text{ mm}$ ; 矿化强度较高, 矿石 $w(\text{Au})$ 多为 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ , 部分地段 $w(\text{Au}) > 10 \times 10^{-6}$ ; ( ) 多金属硫化物-石英-碳酸盐阶段: 以发育多金属硫化物为特征, 常见的有黄铁矿、辉锑矿、黝铜矿、方铅矿、黄铜矿等; 矿化强烈, 矿石 $w(\text{Au})$ 多高于 $10 \times 10^{-6}$ ; ( ) 碳酸盐阶段: 以大量发育碳酸盐脉为特征, 同时见石英细脉和弱金属矿化; 该阶段的 $w(\text{Au})$ 较低, 多数达不到工业品位。

## 3 矿床地球化学特征

### 3.1 微量元素地球化学

通过对寨上金矿50件矿石、蚀变岩石、围岩的16种微量元素数据的聚类分析、因子分析, 以及对样品元素的组合特征分析得到以下认识<sup>[3]</sup>:

(1) 各矿化脉体的 $w(\text{Au})$ 一般在 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ , 个别在 $10 \times 10^{-6}$ 以上,  $w(\text{As})$ 一般较高, Au与As, Sb, Pb, Zn等存在相关性。

(2) 断裂构造样、矿化样、矿石样微量元素的R型聚类分析表明: 当 $r = 0.4$ 左右时, Au与As, Sb, Hg, Cu, Zn, Co, Bi, Pb, Ni, Mn, Ba等元素相关, 说明成矿物质来源具有多源性。

### 3.2 稀土元素地球化学

矿区矿石、蚀变岩和围岩的稀土元素地球化学特征为<sup>[5]</sup>:

(1) 矿区各类岩石的稀土总量(REE)变化较大, 最高为 $286.29 \times 10^{-6}$ , 最低为 $9.85 \times 10^{-6}$ 。

(2) 稀土元素均属于轻稀土富集型, LREE/HREE比值多 $> 5$ , 在稀土配分图上, 亦反映出右倾斜的配分型式。各种岩石均属于Eu负异常, 但矿石、蚀变岩石与围岩有差别, (Eu)平均值分别为0.73, 0.65, 0.67。矿石的(Eu)平均值介于地壳值(0.60)和上地幔值(0.79)之间, 更接近上地幔值, 说明矿区的成矿物质有可能有深源物质的加入。

(3) 矿区地层和蚀变岩石的 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 范围分别为8.80~10.53和5.21~9.76,  $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 范围分别为2.90~4.16和2.98~4.21, 变化范围较小; 而矿石的 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 范围为7.91~134,  $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 范围为2.57~40.15, 变化范围大, 与矿区地层和蚀变岩石有一定的差异。

从以上分析反映出金矿成矿物质来源的复杂性, 矿石稀土元素并没有完全继承围岩的特征。寨上金矿表现出轻稀土富集型, Eu负异常, 稀土配分曲线为右倾斜(图2), 这与岷礼矿带东部的李坝等金矿的稀土组成相类似, 可能有深源物质的参与<sup>[11-15]</sup>。

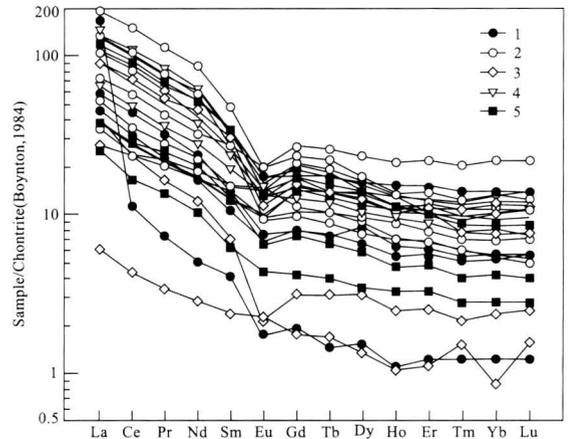


图2 寨上金矿岩、矿石稀土配分模式

(据路彦明, 2006)

Fig. 2 REE patterns of rock and ore of

Zhanishang gold deposit

1. 矿石 2. 蚀变岩 3. 无矿石英脉 4. 李坝矿石 5. 矿区地层

### 3.3 同位素地球化学

(1) 硫同位素。寨上金矿硫化物的 $(^{34}\text{S}) = 0.2 \times 10^{-3} \sim 32.37 \times 10^{-3}$ , 极差为 $32.17 \times 10^{-3}$ , 平均值 $7.87 \times 10^{-3}$ 。硫同位素变化幅度大, 但主要集中于 $1.35 \times 10^{-3} \sim 10.32 \times 10^{-3}$ 之间。这种变化特点难以用单一硫源来解释。综合该区的地质背景和矿

床产出的地质条件, 张作衡(2002)、冯建忠(2004)通过李坝金矿床硫同位素数据 ( $^{34}\text{S}$ ) 分析表明, 其热液硫化物 ( $^{34}\text{S}$ ) =  $4.7 \times 10^{-3} \sim 10.5 \times 10^{-3}$ , 由此认为李坝金矿硫源为岩浆硫和壳源硫的混合。寨上金矿硫化物中 ( $^{34}\text{S}$ ) 的组成特点一方面反映了硫源可能为岩浆硫和地层硫的混合, 另一方面也可能与这些矿物的形成温度有密切关系。

(2) 氢氧同位素。对矿区内含金脉体及矿化岩石中的石英和方解石的流体包裹体氢氧同位素分析, 石英氢、氧同位素组成为: ( $\text{D}_{\text{水-SMOW}}$ ) =  $-82 \times 10^{-3} \sim -95 \times 10^{-3}$ , 均值为  $-89.83 \times 10^{-3}$ ; ( $^{18}\text{O}_{\text{水-SMOW}}$ ) =  $7.43 \times 10^{-3} \sim 13.64 \times 10^{-3}$ , 均值  $10.01 \times 10^{-3}$ 。方解石氢、氧同位素组成为: ( $\text{D}_{\text{水-SMOW}}$ ) =  $-73 \times 10^{-3} \sim -81 \times 10^{-3}$ , 均值  $-75.75 \times 10^{-3}$ ; ( $^{18}\text{O}_{\text{水-SMOW}}$ ) =  $7.16 \times 10^{-3} \sim 12.81 \times 10^{-3}$ , 均值为  $9.81 \times 10^{-3}$ 。将本区石英和方解石样品的 ( $^{18}\text{O}_{\text{水-SMOW}}$ ) 和 ( $\text{D}_{\text{水-SMOW}}$ ) 值投影于图 3, 氢氧同位素数据投点集中, 部分落于岩浆水区域内, 但大部分样品向岩浆水区域的右下方漂移。

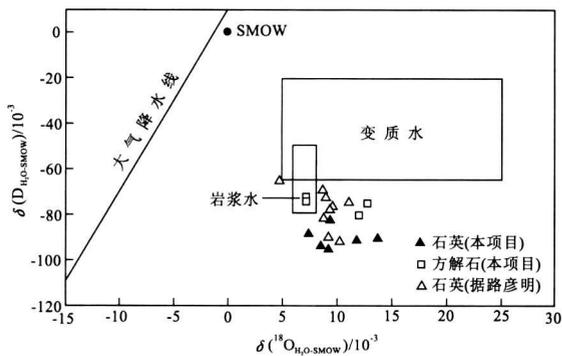


图 3 寨上及外围金矿氢、氧同位素组成投影图 (底图据 Taylor, 1974)

Fig. 3 Plot showing projection of H, O isotopic composition of Zhaishang gold deposit and the surroundings

寨上金矿氢氧同位素组成与美国及我国滇黔桂地区的卡林型金矿具有明显不同的特征, 而与川西北的东北寨金矿、八卦庙金矿和礼岷金矿带的李坝金矿、鹿儿坝金矿、金山金矿相似<sup>[16, 17]</sup>。寨上金矿氢氧同位素组成反映成矿流体水的来源与李坝金矿类似, 成矿流体亦与大气降水紧密相关, 并与围岩发生了充分的氢氧同位素交换。因此推断本区成矿流体水具有多来源特征, 深部岩浆水和浅部大气降水发生了混合, 并且与围岩发生了充分的交换, 使得 ( $^{18}\text{O}$ ) 发生明显的漂移。

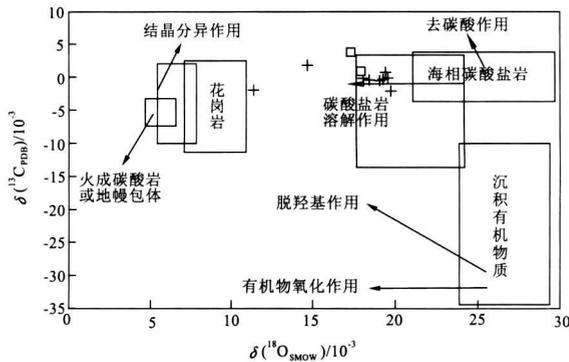


图 4 寨上、鹿儿坝金矿碳、氧同位素组成投影图  
Fig. 4 Plot showing projection of C, O isotopic composition of Zhaishang and Luerba gold deposits  
+ . 寨上方解石 . 鹿儿坝方解石

(3) 碳、氧同位素。寨上金矿热液方解石的碳、氧同位素组成特征显示, ( $^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ) =  $-2.08 \times 10^{-3} \sim 0.85 \times 10^{-3}$ , 平均值  $-0.51 \times 10^{-3}$ , 数据集中, 碳同位素组成变化范围窄, 说明碳的来源一致; ( $^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ) =  $11.40 \times 10^{-3} \sim 19.84 \times 10^{-3}$ , 平均值  $18.32 \times 10^{-3}$ 。将热液方解石样品的 ( $^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ) 和 ( $^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ) 值投影于 ( $^{18}\text{O}$ ) - ( $^{13}\text{C}$ ) 图(图 4), 投影点大部分集中于海相碳酸盐岩区域左侧, 个别投在花岗岩区域右侧。样品投影点清晰地表明, 寨上金矿的  $\text{CO}_2$  主要是由海相碳酸盐岩经溶解作用产生的, 并有花岗岩岩浆热液的混入, 即寨上金矿的碳具有多来源的特征。从图中可以看出, 寨上金矿与鹿儿坝金矿投影点相近。与李坝金矿床相比, 寨上金矿床 ( $^{13}\text{C}$ ) 变化范围窄, 且负值更小, 而 ( $^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ) 变化范围大, 也说明了寨上金矿方解石受水-岩反应和温度降低耦合作用明显<sup>[18]</sup>。因此, 可以推断寨上金矿碳的来源主要由海相碳酸盐岩经溶解作用和花岗岩岩浆热液提供的, 且受低温蚀变作用和大气降水的影响相当明显。

### 3.4 流体包裹体地球化学

寨上金矿床流体包裹体岩相学特征表明, 石英为理想的包裹体寄主矿物研究对象, 同时测试了部分方解石样品。常见的包裹体形状有椭圆形、圆形、浑圆形、负晶形, 此外还有弯月形、菱形、三角形、长条形和不规则形状等(图 5)。包裹体的大小从 2 m 到 25 m 不等, 大多数为 3~10 m。

从表 2 可以看出, 两相包裹体的充填度 ( $V_L / (V_L + V_V)$ ) = 60% ~ 95% 不等, 绝大部分为 80% ~ 90%。区内包裹体以原生成因类型为主, 也含一些

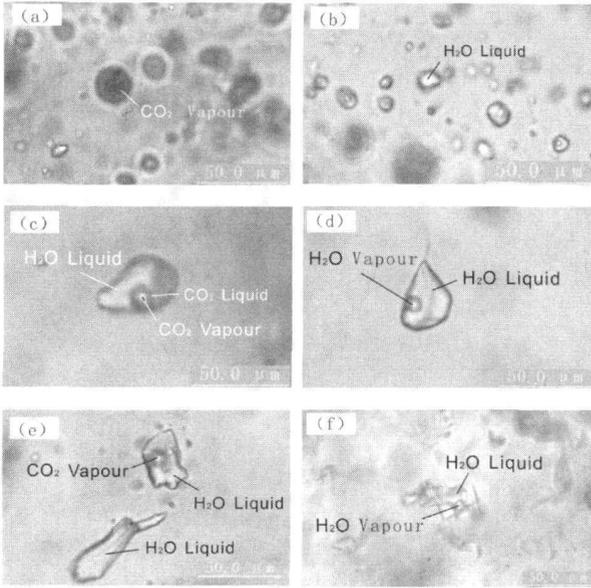


图5 寨上金矿床主要的包裹体类型照片

Fig. 5 Photos showing the main fluid inclusion types of Zhaishang gold deposit

- a. 样品 06ZS-59 b. 样品 06ZS-48(10) c. 样品 06ZS-48(9)  
 d. 样品 06ZS-48(10) e. 样品 06ZS-48(5.6.)  
 f. 样品 06ZS-48, (11) (方解石)

次生包裹体和假次生包裹体。测定均一温度( $T_h$ )变化范围为 103.2~371.8, 具有两个集中范围: 140~190 和 220~300。包裹体冰点温度集中在两个范围: -1~-5 和 -7.5~-8.5。寨上金矿主成矿阶段( , )各自的均一温度大致在相同范围内变化, 而冰点温度明显分成两个集中区, 说明, 含砷黄铁矿-毒砂-石英阶段(II)以及多金属硫化物-石英-碳酸盐阶段( )都存在流体的沸腾

作用, 而碳酸盐阶段( )则不明显, 这与较晚阶段的流体温度下降有关。

从表3可见, 流体盐度为 1.29%~18.13%, 平均 7.18%; 流体密度变化于 0.71~1.06 g/cm<sup>3</sup>, 以 0.8~1.0 g/cm<sup>3</sup> 最为集中, 总体上表现为低密度流体特点。流体压力为 27.48~83.03 MPa, 平均 54.63 MPa。寨上金矿床成矿深度为 2.75~7.49 km, 平均成矿深度为 5.73 km。

从表4、表5可以看出, 包裹体液相组分中金属阳离子以 Na<sup>+</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 为主, 含量较高, K<sup>+</sup> 次之, 基本不含其他阳离子; 阴离子有 Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>3-</sup> 和 F<sup>-</sup> 等, 其中 Cl<sup>-</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 离子含量远高于其他阴离子, 该流体体系为 Ca<sup>2+</sup>-Na<sup>+</sup>-Cl<sup>-</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>。气体成分以 H<sub>2</sub>O 和 CO<sub>2</sub> 为主, 其次为 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, 另含有少量的 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 等烃类有机物, 个别样品中含少量的 CO。

### 3.5 金矿的成矿时代

<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 快中子活化法年龄测定含金石英的形成年龄为(130.62 ± 1.38)~(129.24 ± 1.23) Ma, 可代表寨上金矿床主成矿阶段的形成时代。绢云母的形成年龄为(125.56 ± 1.20)~(125.28 ± 1.26) Ma。分析表明, 所测绢云母在 125 Ma 左右形成之后未受到高于其封闭温度的热扰动, 数据可信。因此, 绢云母作为与矿化同期的热液蚀变产物, 其形成时间可表征金矿化的时间。上述两种矿物的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar定年实验所得出的成矿时间基本吻合, 表明寨上金矿床形成于燕山晚期, 可能历经了约 5 Ma 的形成时段<sup>[19,20]</sup>。

表2 寨上金矿床流体包裹体特征

Table 2 Characteristics of fluid inclusion from Zhaishang gold deposit

| 样号        | 主矿物 | 包裹体成因 | 大小/ μm | 充填度/ % | 均一温度/       | 冰点温度/        |
|-----------|-----|-------|--------|--------|-------------|--------------|
| 06ZS-24   | 石英  | 原生    | 2~24   | 75~95  | 216.0~371.8 | -1.23~-2.96  |
| 06ZS-28   | 石英  | 原生    | 2~25   | 70~95  | 103.2~248.9 | -2.79~-13.75 |
| 06ZS-25-1 | 石英  | 原生    | 4~22   | 75~90  | 184.3~293.8 | -10.54~-1.56 |
| 06ZS-25-2 | 石英  | 原生    | 3~20   | 70~95  | 192.7~285.6 | -0.74~-2.55  |
| 06ZS-48   | 石英  | 原生    | 3~20   | 75~90  | 245.3~316.5 | -0.99~-6.99  |
| 06ZS-59   | 石英  | 原生    | 2~20   | 70~85  | 113.9~352.6 | -14.4~-1.39  |
| 06ZS-54   | 石英  | 原生    | 4~18   | 70~95  | 117.1~253.3 | -0.82~-8.56  |
| 06ZS-9    | 方解石 | 原生    | 3~22   | 65~90  | 160.4~305.9 | -0.95~-7.98  |
| 06ZS-44   | 方解石 | 原生    | 4~20   | 70~90  | 131.7~265.1 | -1.56~-10.28 |
| 06ZS-49   | 方解石 | 原生    | 2~18   | 75~90  | 147.5~272.1 | -1.97~-12.18 |
| 06ZS-8    | 方解石 | 原生    | 4~22   | 65~95  | 140.7~288.7 | -3.70~-4.52  |

表 3 寨上金矿床流体盐度、密度、压力、深度数据表

Table 3 Salinity, density of fluid inclusion and ore-forming pressure and depth of Zhaishang gold deposit

| 样号        | 盐度/ %      | 密度/ g (cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> | 压力/ MPa     | 深度/ km    |
|-----------|------------|--|-------------|-----------|
| 06ZS-24   | 2.13~4.90  | 0.80~1.03                              | 62.20~83.73 | 6.35~7.49 |
| 06ZS-28   | 1.85~14.50 | 0.74~1.09                              | 47.20~76.92 | 5.46~7.14 |
| 06ZS-25-1 | 1.29~4.26  | -                                      | 46.50~70.52 | 5.42~6.81 |
| 06ZS-25-2 | 1.72~10.48 | 0.82~1.08                              | 63.92~76.09 | 6.45~7.10 |
| 06ZS-48   | 2.41~18.13 | 0.78~1.06                              | 31.64~77.58 | 4.45~7.18 |
| 06ZS-59   | 4.65~17.56 | 0.91~1.09                              | 32.78~68.88 | 4.52~6.72 |
| 06ZS-54   | 1.44~12.35 | 0.81~0.99                              | 27.48~52.71 | 4.16~5.80 |
| 06ZS-9    | 1.72~11.68 | 0.85~1.06                              | 52.75~80.71 | 5.80~7.33 |
| 06ZS-44   | 2.68~14.24 | 0.71~0.93                              | 39.63~80.50 | 4.98~7.32 |
| 06ZS-49   | 3.35~16.13 | 0.79~1.00                              | 34.24~73.16 | 4.62~6.95 |
| 06ZS-8    | 6.01~7.20  | 0.86~0.97                              | 45.81~78.72 | 5.38~7.23 |

注: - 为未测。

表 4 流体包裹体液相成分

Table 4 Composition of fluid phase of the fluid inclusion

 $w_B/10^{-6}$ 

| 分析号       | 原编号       | 矿物 | Li <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | F <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Br <sup>-</sup> |
|-----------|-----------|----|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 2006(089) | 06zs-68   | 石英 | 0               | 4.316           | 2.790          | 0                | 4.158            | 0.040          | 3.691           | 0.419                        | 9.026                         | 0                            | 0               |
| 2006(093) | 06zs-81-2 | 石英 | 0               | 16.725          | 0              | 0                | 8.960            | 0.037          | 23.422          | 0.736                        | 1.877                         | 0                            | 0               |
| 2006(096) | 06zs-31   | 石英 | 0               | 2.867           | 0              | 0                | 5.985            | 0.137          | 7.515           | 0.548                        | 1.199                         | 0                            | 0               |
| 2006(097) | 06zs-24   | 石英 | 0               | 0               | 0              | 0                | 3.214            | 0.059          | 3.348           | 0.474                        | 2.266                         | 0                            | 0               |
| 2006(098) | 06zs-15   | 石英 | 0               | 3.168           | 3.278          | 0                | 2.683            | 0.119          | 2.253           | 0.476                        | 4.111                         | 0                            | 0               |
| 2006(102) | 06zs-39   | 石英 | 0               | 2.787           | 0              | 0                | 2.990            | 0.038          | 3.177           | 0.278                        | 7.527                         | 0                            | 0               |

表 5 流体包裹体气相成分

Table 5 Composition of gas phase of the fluid inclusion

 $w_B/10^{-6}$ 

| 分析号      | 原编号       | 矿物 | 取样温度/   | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CO     |
|----------|-----------|----|---------|-----------------|---|-------------------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|--------|
| 2007-031 | 06zs-68   | 石英 | 100~500 | 6.344           | 0.135   | 0.054                         | 140.880         | 498.016          | 10.988         | 114.001        | 0      |
| 2007-041 | 06zs-81-2 | 石英 | 100~500 | 0.385           | 0.168   | 0.017                         | 124.280         | 775.100          | 12.194         | 89.757         | 0      |
| 2007-023 | 06zs-31   | 石英 | 100~500 | 2.079           | 0.121   | 0.024                         | 106.958         | 367.279          | 5.527          | 79.024         | 0      |
| 2007-024 | 06zs-24   | 石英 | 100~500 | 5.452           | 0.312   | 0.051                         | 152.630         | 330.223          | 17.197         | 143.261        | 11.688 |
| 2007-028 | 06zs-15   | 石英 | 100~500 | 0.518           | 0.419   | 0.111                         | 99.667          | 177.748          | 0              | 57.625         | 0      |
| 2007-032 | 06zs-39   | 石英 | 100~500 | 0.838           | 0.218   | 0.034                         | 117.864         | 233.894          | 7.228          | 87.253         | 0      |

注: 以上结果中 H<sub>2</sub>O 为通常状况下液体, 其余均为通常状况下气体。

## 4 成因探讨

寨上金矿床稳定同位素特征表明成矿热液流体具有大气降水和深源流体混合的特征。构造热效应和地热梯度是驱动流体活化迁移的主要因素。可以认为, 在三叠纪前, 西秦岭地区处于拉张裂隙环境, 泥盆纪和二叠纪沉积了一套含金量较高的热水沉积地层, 为金的预富集和成矿期流体与围岩的物质交换奠定了基础, 印支-燕山期的多次构造活动导致礼岷地区强烈的碰撞造山作用, 伴随深断裂的多次活动, 大量花岗岩浆经过同熔(重熔)作用上升就位。

在这样的构造环境中, 深部流体向上运移, 与近地表下渗的大气降水等流体汇合, 于地下较深部位形成了含金成矿流体, 然后在构造运动等条件的相互作用下上升到浅部, 并和围岩发生充分的物质交换。携带大量成矿物质的流体进入有利的成矿构造部位, 并因为流体的混合和围压突然降低, 成矿流体产生强烈的沸腾作用, 因含矿流体在循环迁移中温度、压力等条件的改变导致金的沉淀, 最终形成了一个规模达到特大型的金矿床。

## 参考文献:

- [1] 于岚. 甘肃岷县寨上金矿床地质地球化学特征与成因探讨(硕士学位论文)[D]. 西安:西北大学, 2004.
- [2] 郭红乐, 陆志平, 刘爽, 等. 甘肃寨上卡林型金矿床地质特征与控矿因素[J]. 黄金地质, 2003, 9(3): 21-26.
- [3] 陈勇敢, 赵玉锁, 张国立, 等. 甘肃寨上金矿床构造地球化学特征[J]. 黄金地质, 2004, 10(4): 61-65.
- [4] 司国强, 李通国. 鹿儿坝金矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 甘肃地质学报, 2000, 9(1): 59-65.
- [5] 刘新会, 于岚, 张复新, 等. 甘肃岷县寨上金矿床地质特征及成因初探[J]. 西北地质, 2005, 38(4): 45-53.
- [6] 杨恒书, 张凤岭, 殷鸿福, 等. 西秦岭造山带演化与成矿[J]. 四川地质学报, 1996, 16(1): 73-79.
- [7] 刘家军. 西秦岭北北西向构造带中的金矿床[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1994, (2): 82-83.
- [8] 杨恒书, 张凤岭, 殷鸿福, 等. 西秦岭造山带演化与成矿[J]. 四川地质学报, 1996, 16(1): 73-79.
- [9] 张作衡. 西秦岭地区造山型金矿床成矿作用和成矿过程(博士学位论文)[D]. 北京:中国地质科学院, 2002.
- [10] 路彦明, 李汉光, 陈勇敢, 等. 甘肃岷县寨上金矿地质地球化学特征及成因[J]. 地质与勘探, 2006, 42(4): 25-31.
- [11] 刘英俊, 曹励明. 元素地球化学导论[M]. 北京:地质出版社, 1987: 9-25.
- [12] 刘伟, 李新俊. 内蒙古大井铜-锡-银-铅-锌矿床的流体混合作用——流体包裹体和稳定同位素证据[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(5): 405-414.
- [13] 刘建明, 刘家军, 郑明华, 等. 微细浸染型金矿的稳定同位素特征与成因探讨[J]. 地球化学, 1998, 27(6): 589-595.
- [14] 郑永飞, 徐宝龙, 周根陶. 稳定同位素地球化学研究[J]. 地学前缘, 2000, 7(2): 299-314.
- [15] 刘家军, 李朝阳, 潘家永, 等. 兰坪 思茅盆地砂页岩中铜矿床同位素地球化学[J]. 矿床地质, 2000, 19(3): 223-232.
- [16] 刘建明, 刘家军. 滇黔桂金三角区微细浸染型金矿床的盆地流体成因模式[J]. 矿物学报, 1997, 17(4): 448-450.
- [17] 刘家军, 郑明华, 周德安, 等. 拉耳玛金成矿带成矿流体氢氧同位素组成及其演化[J]. 长春科技大学学报, 1998, 28(1): 43-49.
- [18] 刘家军, 何明勤, 李志明, 等. 云南白秧坪银铜多金属矿集区碳氧同位素组成及其意义[J]. 矿床地质, 2004, 23(1): 1-8.
- [19] 李文良, 陈勇敢, 赵玉锁, 等. 甘肃寨上金矿床含金石英脉中锆石 SHRIMP 法 U-Pb 同位素测定及地质意义[J]. 黄金, 2006, 27(7): 4-6.
- [20] 路彦明, 李汉光, 陈勇敢, 等. 西秦岭寨上金矿床中石英和绢云母  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  定年[J]. 矿床地质, 2006, 25(5): 590-597.

## GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND GENETIC DISCUSSION OF ZHAISHANG GOLD DEPOSIT IN THE WEST QINLING AREA

HU Jian-min, LIU Guang-zhi, LIU Xin-hui, XU Shu-ping

(The 2nd Team of the Gold Forced Police Army, Langfang 065000, Hebei, China)

**Abstract:** Zhaishang gold deposit in the west Qinling area is divided into the south and north ore zones and controlled by the limbs of an anticline. Ore occurs in tabular and lens bodies. Pyrite, arsenopyrite, tetrahydrite, stibnite and galena are the main metal minerals. The mineralization includes sedimentary diagenesis, tectonic hydrothermal fluid overprint and supergene ore-forming epochs. The ore fluid is in low temperature, low salinity and density with the ore-forming pressure concentrated in the range of 40-70 MPa and average ore-forming depth to 5.73 km. The gas phase of fluid inclusion is dominated by  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$ , then by  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{CO}$  etc. In the fluid phase  $\text{Na}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$  are the dominant cations and  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  the dominant negative ions then  $\text{NO}_3^{3-}$  and  $\text{F}^-$  thus the fluid belongs to  $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Na}^+$ - $\text{Cl}^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$  system. Indo-Chinese-Yanshanian magma emplaced to upper level with deep fluid moving up along the deep-seated fracture and materials exchange between the fluid and wall-rocks taking place and extracting ore elements from Devonian and Permian strata and the ore fluid formed. The ore-fluid is motivated by tectonic and thermal dynamics to favorable tectonic position and boiled due to change of physiochemical condition with gold minerals precipitated to form gold ore.

**Key Words:** the west Qinling; Zhaishang gold deposit; ore fluid; stable isotope; micro-element; rare earth element