

# 陕西青山金矿床成矿流体特征研究

周云<sup>1</sup>,汪雄武<sup>1</sup>,陈兵<sup>2</sup>,彭惠娟<sup>1</sup>,秦志鹏<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学地球科学学院; 2. 中铁二院成都地勘岩土工程有限责任公司)

**摘要:**陕西青山金矿床为赋存于石炭系沉积岩中的中—小微细浸染型金矿床。流体研究表明,矿石中方解石包裹体分为3种物理状态类型,均一温度为160~219℃;成矿流体盐度均值为7.88%(NaCl),密度均值为0.9305 g/cm<sup>-3</sup>;成矿流体呈酸性,弱还原性,为重碳酸钙亚型,可大致视为CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-NaCl体系,可能来源于大气降水,并且后期受到了大气降水的混合。主成矿期流体中金以硫络合物形式迁移,物理化学条件的变化是造成该矿床金沉淀的主要因素。

**关键词:**流体包裹体;成矿作用;青山金矿床

中图分类号:P 618.51

文献标识码:A

文章编号:1001-1277(2009)11-0008-05

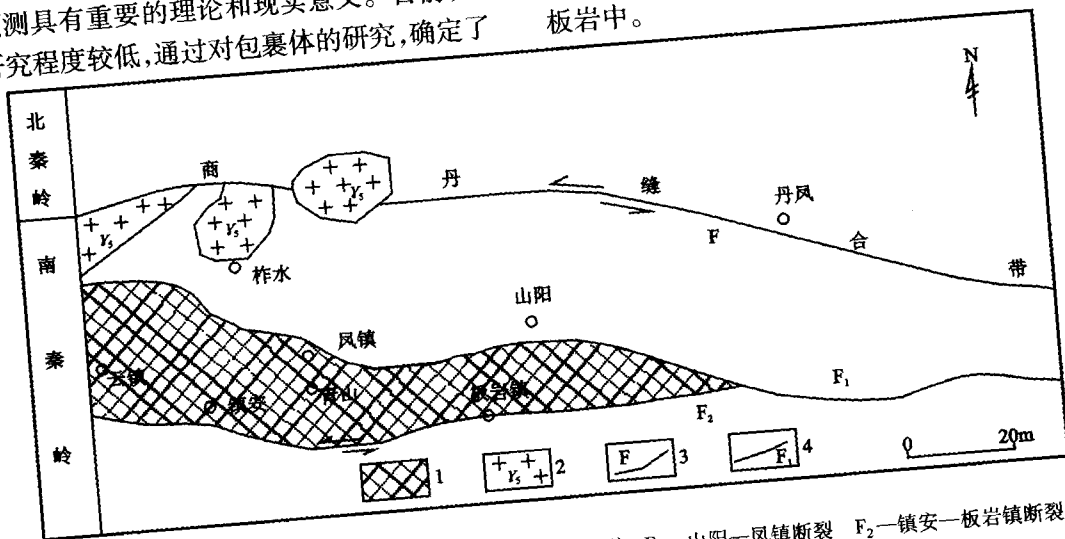
## 0 引言

秦岭造山带是中国最重要的巨型贵金属、有色金属成矿带,也是全球著名的成矿带。在秦岭地区古生界及中生界沉积岩中发现了大量的金矿床,不少矿床已达大型、特大型,还有大量的矿点和异常有待评价,其找金前景不可估量。青山金矿床位于镇(安)旬(阳)沉积盆地,该盆地处于秦岭板块东秦岭一带。镇旬盆地内,金矿床主要分布在金鸡岭复式向斜南北两侧构成南北矿带,附近区域内有相似的大型矿床产出,典型金矿床有金龙山—丘岭、煎茶岭、二台子、太白庙、牛家沟、双王、拉尔玛、李坝、八卦庙、腰俭、米粮等<sup>[1-4]</sup>,青山金矿床就是处于这样一个大型矿集区内。青山金矿区这种良好的区域成矿地质背景,对于深部找矿预测具有重要的理论和现实意义。目前,青山金矿床研究程度较低,通过对包裹体的研究,确定了

成矿流体性质,这将为研究矿床成因及指导找矿提供重要的依据。

## 1 矿床地质概况

青山金矿床处于陕西省镇安县北东方向约20 km处,区域构造上位于东秦岭的镇(安)旬(阳)盆地(见图1)。区内出露的地层有第四系、上石炭统盆地(见图1)。区内出露的地层有第四系、上石炭统武王沟组(C<sub>3w</sub>)、中石炭统铁厂铺组(C<sub>2tc</sub>)、下石炭统界河街组(C<sub>1j</sub>)上泥盆统九里坪组(D<sub>3j</sub>)。岩浆活动弱,仅在龙王沟矿段出露石英闪长岩体。构造活动强烈,主要表现为近东西轴向的大型斜歪背斜和一系列东西向与南北向的断裂构造。矿床类型为微细浸染型,主要受东西向与南北向的断裂构造控制,矿体呈脉状、透镜体状,主要赋存于下石炭统界河街组上泥盆统九里坪组的隐晶或微粒灰岩、砂钙质、碳酸岩中。



1—镇安盆地 2—花岗岩 3—商丹区域大断裂 4—一次级断裂 F<sub>1</sub>—山阳—凤镇断裂 F<sub>2</sub>—镇安—板岩镇断裂  
图1 青山金矿床区域地质略图(据屈红军,2002 修编)

收稿日期:2009-08-28

基金项目:成都理工大学地质勘查项目(HQ0013)资助

作者简介:周云(1984—),女,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向:成矿规律与成矿预测;成都理工大学榕树园12-2-2,地球科学学院研究生信箱,610059

成都理工大学榕树园12-2-2,地球科学学院

青山金矿床金矿石类型有铁帽型和菱铁矿-黄铁矿型。铁帽型矿石金属矿物主要为褐铁矿,次为赤铁矿、锰铁矿,少量的黄铁矿,非金属矿物主要为方解石、黏土;菱铁矿-黄铁矿型矿石金属矿物主要为菱铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿,其次为砷黄铁矿、镜铁矿、辉铋矿、钛铁矿、白铁矿、毒砂等,非金属矿物主要为方解石、石英。金以次一超显微粒状裂隙金、包体金形式存在,主要载金矿物有黄铁矿、褐铁矿、石英、毒砂、黏土矿物,具低温矿物组合与 Au、As、Sb、Hg、Ba 地球化学元素组合特征。矿床围岩蚀变发育,与成矿有关的蚀变作用主要有黄铁矿化、硅化、毒砂化、碳酸盐化和绢云母化。

2 流体包裹体研究

由于流体包裹体特征是厘定矿床成因类型的重

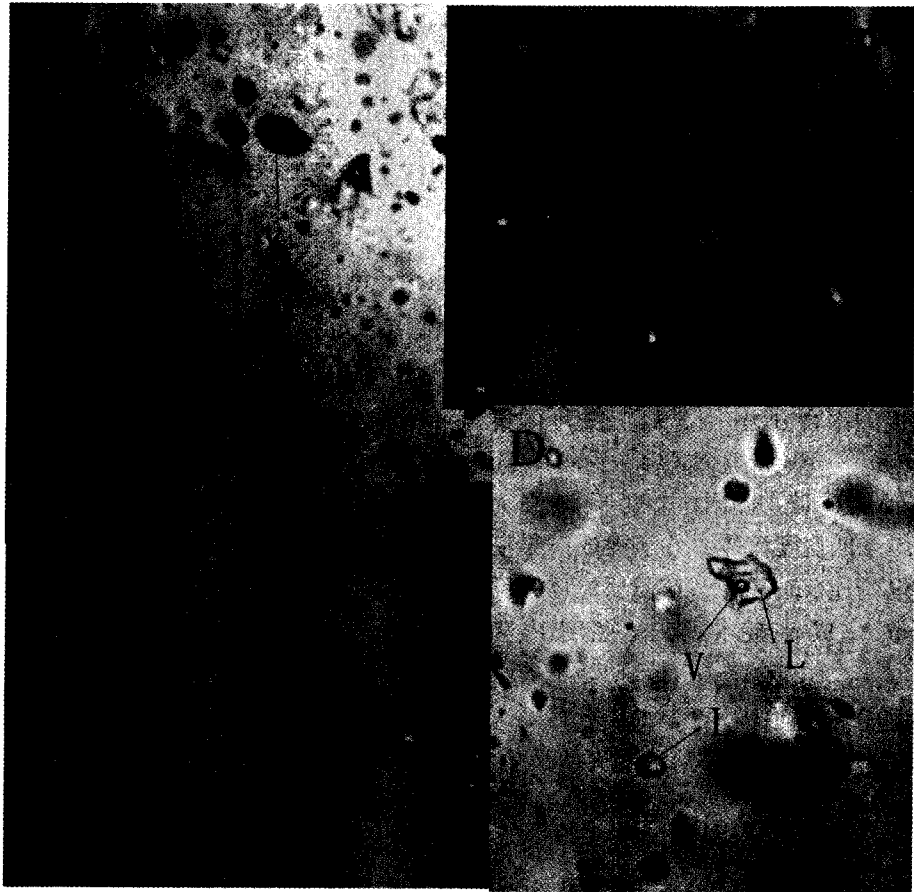
要标志,本文系统研究了青山金矿床的流体包裹体特征,为矿床的浅成低温热液成因提供了成矿流体方面的证据。流体包裹体的岩相学和显微测温研究实验在湖北宜昌地质矿产研究所中南实验检测中心进行,所使用的仪器包括:德国 ZEISS 公司生产的 Axioskop 40 型正交偏反光显微镜,放大倍数为 100~800 倍;英国 Linkam 公司生产的 THMSG 600 地质型显微冷热台(2002 年),0~600℃的精度为±2℃,0~-196℃的精度为±0.5℃。

2.1 流体包裹体类型及特征

青山金矿床流体包裹体主要见于碳酸盐化阶段,总体上数量少,以原生为主,包裹体类型较简单,为热水溶液包裹体。包裹体在方解石脉中均匀分布或沿结晶学方位定向排列。在室温下,根据包裹体的性状及产出特征,可区分出包裹体类型(见表1、图2)。

表 1 青山金矿床方解石中流体包裹体显微测温结果

成矿阶段	主矿物	包裹体类型	大小/ μm	测 次	充填度/ %	冰点温度/ ℃	均一温度 范围/℃	均一温度 均值/℃	平均盐度/ % (NaCl)
成矿早期	方解石	L+V	1~8	10	80~95	-4~-8	233~259.5	242	9.93
主成矿期	方解石	L+V	2~9	3	70~97	-2~-10	160~219	195	7.88
成矿晚期	方解石	L+V	2~6	9	90~95	-5.8~-2	100~158	148	6.45



A—纯气相包裹体 B—纯液相包裹体 C、D—气液二相盐水溶液包裹体

图 2 青山金矿床不同类型包裹体的显微镜下照片

**I 型——气液二相盐水溶液包裹体。**这类包裹体室温下为液 + 气二相(L + V)组成,在热台上加热均一至液相,包裹体大小为  $2 \sim 8 \mu\text{m}$ ,平均  $4 \mu\text{m}$ 。充填度一般为  $70\% \sim 95\%$ ,其中以  $80\% \sim 90\%$  居多,形态为椭圆形、次圆形、不规则多边形和长条形。这类包裹体在矿石中分布广泛,约占包裹体总数的  $30\% \sim 35\%$ 。

**II 型——纯液相包裹体。**室温下为单相液体包裹体,这类包裹体成分为  $\text{H}_2\text{O}$  或  $\text{CO}_2$ ,是在矿石中最为发育的类型,形态为次圆状、长条状、不规则状。大小  $2 \sim 10 \mu\text{m}$ ,约占包裹体总数的  $60\% \sim 65\%$ 。

**III 型——纯气相包裹体。**这类包裹体数量很少,大小为  $2 \sim 6 \mu\text{m}$ ,形态为负晶形、椭圆状、次圆状。在

富含金的样品中出现纯气相  $\text{CO}_2$  包裹体。

## 2.2 流体包裹体温度、盐度和密度

对青山金矿床热液成矿期的方解石包裹体均一温度进行测定,得到的成矿流体温度变化范围是  $153.6 \sim 335^\circ\text{C}$  (测次 35) (见表 1)。通过做均一温度频率直方图 (见图 3-a),存在 3 个温度峰值,代表热液成矿期的 3 个阶段,其中,成矿早阶段的温度为  $220 \sim 250^\circ\text{C}$ ,平均约  $242^\circ\text{C}$ ;主成矿阶段的温度集中在  $160 \sim 220^\circ\text{C}$ ,平均约  $195^\circ\text{C}$ ;成矿晚阶段的温度集中在  $130 \sim 160^\circ\text{C}$ 。平均约  $148^\circ\text{C}$  (未进行压力校正)。根据包裹体特征研究,说明青山金矿床主成矿阶段具有低温热液特点。

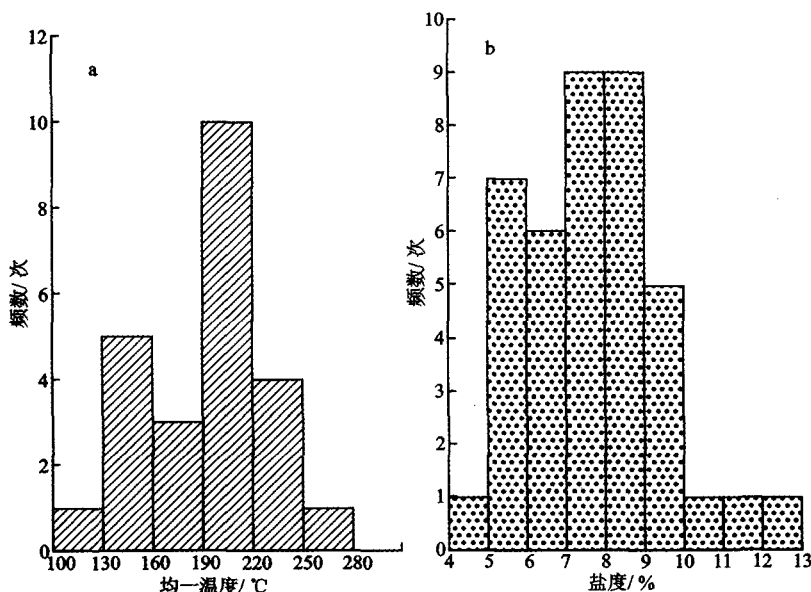


图3 青山金矿床流体包裹体均一温度(a)和盐度(b)直方图

利用冷冻法测定方解石包裹体的冰点温度,得出成矿早期流体盐度平均值为  $9.93\%$  (NaCl),对主成矿阶段盐度,做盐度频率直方图 (图 3-b),盐度的集中分布范围为  $5\% \sim 10\%$  (NaCl),平均值为  $7.88\%$  (NaCl),而成矿晚期流体盐度平均值为  $6.45\%$  (NaCl),属于低盐度流体。并求得成矿早期流体密度约为  $0.8927 \text{ g/cm}^3$ ,主成矿阶段流体密度约为  $0.9305 \text{ g/cm}^3$ ,成矿晚期流体密度约为  $0.9663 \text{ g/cm}^3$ 。

## 2.3 流体包裹体成分特征

气液包裹体是其所捕获的成矿溶液的天然样品,气液包裹体进行液相和气相成分分析,可以了解成矿流体的化学组成。笔者取本矿床中 3 个方解石脉样品,在双目镜下挑选,粒度为  $30 \sim 50$  目,质量为  $10 \sim 20 \text{ g}$ 。包裹体成分分析方法为热爆-超波提取法,测试仪器:液相成分  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  采用原子吸

收光谱法 (日立 180-80AAS),  $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  采用光度分析法 (日立 220A 紫外/可见分光光度计);气相成分分析采用气相色谱仪 (SP-3420 气相色谱仪)。仪器灵敏度:  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  ( $0.01 \text{ mg/L}$ );  $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  ( $0.01 \text{ mg/L}$ );以水的质量换算公式  $1 \text{ mL} = 1 \text{ g}$ ,将所测得的离子量 ( $10^{-6}$ ) 计算为  $\text{mg/L}$ 。pH 值测定用酸度计 (上海 25 型),通过超声波提取溶液的 pH 值。

根据分析结果 (见表 2),包裹体成分主要为  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ ,其中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{HCO}_3^-$  含量较高。液相组分阳离子除  $\text{Ca}^{2+}$ ,基本上是  $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ ,阴离子是  $\text{Cl}^-$ ,远大于  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{F}^-$ ,基本上  $\text{CO}_2 > \text{H}_2\text{O} > \text{CO} > \text{H}_2 > \text{CH}_4$ 。因此,气液包裹体成分反映热水成矿流体的组合类型为  $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$  型,多称为重碳酸钙亚型。可将青山金矿床成矿流体大致视为  $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{NaCl}$  体系。

表 2 青山金矿床方解石流体包裹体成分分析结果

成矿阶段	矿物名称	液相成分/(g·L <sup>-1</sup> )								
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Li <sup>+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
早期	方解石	0.38	7.55	120.07	3.51	0.02	0.35	10.08	0.25	174.50
主成矿期	方解石	0.48	0.59	151.54	17.79	0.01	0.05	1.25	0.00	174.50
晚期	方解石	5.23	1.26	189.92	4.42	0.01	0.05	3.05	0.00	188.50

成矿阶段	矿物名称	气相成分/10 <sup>-6</sup>						特征值		
		H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	w(K <sup>+</sup> )/w(Na <sup>+</sup> )	w(Cl <sup>-</sup> )/w(F <sup>-</sup> )	w(CO <sub>2</sub> )/w(H <sub>2</sub> O)	pH
早期	方解石	333.50	385.50	1.50	0.05	0.12	0.35	10.08	0.25	7.20
主成矿期	方解石	312.20	550.50	1.50	0.02	0.14	0.05	1.25	0.00	7.20
晚期	方解石	340.50	580.50	1.50	0.02	0.16	0.05	3.05	0.00	7.20

注:湖北由宜昌地质矿产研究所测试;测试者,李桃叶。

2.3.1 气相成分

一般认为氟是深源物质的指示剂。从表 2 可以看出,青山金矿床的方解石包裹体流体中 F<sup>-</sup> 含量甚微。表明成矿流体大多来自于地壳沉积盖层中。F/Cl 值很小,即成矿热液中氯为主要阴离子,反映了地下热卤水成因。在气体成分中,除了含量较高的 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O,还检测到少量 CO、H<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub>,还原参数(R)值介于 0.1~0.3,这些气体的含量虽然很少,但它们的存在反映了成矿环境为较强的还原条件,金的矿化是在还原条件下进行的。由于本区构造改造了石炭系的有机碳(因石炭系铁厂铺组上下岩性段富碳质板岩,含有较多的有机物质),所以,包裹体中的 CH<sub>4</sub> 可能是有机质分解时的化学作用形成的。

2.3.2 液相成分

Roedder 及许多地质学家经过多年研究认为, w(Na<sup>+</sup>)/w(K<sup>+</sup>) < 2, 且 w(Na<sup>+</sup>)/w(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) > 4 是典型的岩浆热液, w(Na<sup>+</sup>)/w(K<sup>+</sup>) > 10, 且 w(Na<sup>+</sup>)/w(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) < 1.5, 属热卤水<sup>[5]</sup>。经计算本矿床的成矿流体 w(Na<sup>+</sup>)/w(K<sup>+</sup>) = 0.24~19.87, w(Na<sup>+</sup>)/w(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) 远小于 1.5。由此可见,青山金矿床成矿流体反映出地下热卤水的性质。

2.4 成矿溶液的 pH、Eh、f<sub>O<sub>2</sub></sub>、f<sub>S<sub>2</sub></sub>

青山金矿床的成矿流体属于 CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O - NaCl 体系,成矿各阶段流体物理化学参数计算结果(见表 3)显示,成矿溶液为酸性,并且从早期阶段到晚期阶段 pH 值升高。成矿溶液体系中 Eh 从早期到晚期呈逐渐降低的趋势,Eh 值的这种变化与变价元素金属硫化物的沉淀及体系中还原性气体浓度的升高有关,也反映体系氧化-还原状态的变化是促进 Au 沉淀的因素之一。成矿溶液的 f<sub>O<sub>2</sub></sub> 随成矿作用的进行而下降,这与还原性气体的氧化作用消耗了体系中的游离氧直接有关,也说明体系的封闭程度较高,而 f<sub>O<sub>2</sub></sub> 的下降有利于金的沉淀。不同成矿阶段的 lg f<sub>S<sub>2</sub></sub> 表现出从早期到晚期有所下降的规律,反映了温度降低及硫化物沉淀引起溶液中 f<sub>S<sub>2</sub></sub> 降低是金发生沉淀的有利条件。

表 3 成矿各阶段流体物理化学参数

阶段	t/℃	pH	Eh/mV	lg f <sub>O<sub>2</sub></sub>	lg f <sub>S<sub>2</sub></sub>
早	242	5.65	-0.09	-14.02	-31.68
中	195	6.21	-0.19	-16.78	-32.29
晚	148	6.09	-0.25	-19.58	-31.79

2.5 氢、氧同位素特征

氢氧同位素研究是探讨成矿流体来源的一种有效方法。对矿区不同类型矿石方解石中包裹体样品进行氢氧同位素分析,计算流体包裹体水的氢氧同位素组成。矿石中 δ<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub> (‰) 值变化范围为 6.65~10.4, δD<sub>H<sub>2</sub>O</sub> (‰) 值变化范围为 -101.2~-120.9。氢氧同位素相关图上(见图 4)反映矿床成矿流体最初来源为大气降水,渗透成为地下热卤水,后期且与大气降水混合,与流体包裹体成分所表现的特征相一致。

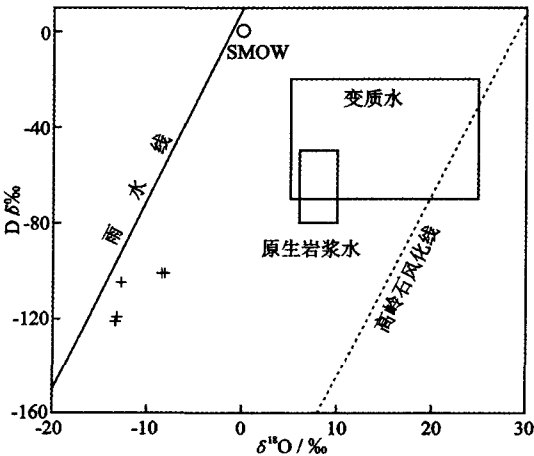


图 4 青山金矿床方解石流体包裹体 δ<sup>18</sup>O<sub>H<sub>2</sub>O</sub> - δD 图

3 金的迁移和沉淀

金属元素主要以何种络合物的形式进行迁移与成矿流体的物理化学环境密切相关<sup>[6-8]</sup>。根据矿区不同成矿阶段包裹体成分和物理化学参数,利用地球化学热力学理论和相关数据,对可能存在于流体中的各种金的络合物含量分别进行了计算。结果显示,青

山金矿床成矿早期流体中主要为氯金络合物,金的存在形式以 $[\text{Au}(\text{Cl})_4]^-$ 占绝对优势,金的硫络合物含量则较低。随着温度的降低及其它物理化学条件的变化,金的硫络合物含量逐渐降低,氯金络合物含量逐渐升高,到主成矿期与成矿晚期,金的主要迁移形式为硫金络合物,金的存在形式均以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 占绝对优势,氯金络合物含量则较低。说明在青山金矿床成矿早期,流体中的金主要以 $[\text{Au}(\text{Cl})_4]^-$ 形式迁移,成矿主—晚期以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 的形式迁移。

·青山金矿床流体包裹体的成分中挥发分以 $\text{CO}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 等含量较高为特征,因此,在成矿早期,在酸性热流体及弱还原性环境中,金主要以 $[\text{Au}(\text{Cl})_4]^-$ 配离子形式迁移,当流体经过断裂通道时,温度、压力和流体的酸度降低,导致金的初始沉淀;在主成矿期,在弱酸性热流体及相对还原的环境中,金主要以 $\text{Au}(\text{HS})_2$ 配离子形式运移,当成矿温度和压力继续下降,流体酸度减小,氧化还原电位与氧逸度降低时,会导致金的大量沉淀,并形成金与硫化物的共生;到了成矿晚期,流体酸度继续减小,在酸性和还原性环境中,金仍然主要以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 配离子形式运移,当温度和压力降低以及流体酸度进一步减少, $E_h$ 值降低,并发生强烈的风化淋滤作用时,导致了金的再次富集。引起金沉淀的地质作用还可能有冷却作用,流体沸腾作用及流体的混合作用,水—岩相互作用,硫酸盐还原菌成矿作用。引起成矿流体中金沉淀的主要物理化学条件为pH值的升高, $p$ 、 $T$ 、 $E_h$ 、 $f_{\text{O}_2}$ 的降低<sup>[9-12]</sup>。

上述几个控制金沉淀的因素在青山矿区的作用相辅相成,由于青山金矿床的矿体赋存在断裂体系中,裂隙构造极为发育,使得古地下水的渗入在整个矿区都有发生,当几个控制金沉淀的因素在某一地段作用都很强烈的话,将极大地造成金的沉淀,这可能就是部分矿段特别富金的原因。

#### 4 结 论

综上所述,青山金矿成矿床流体属重碳酸钙亚

型,来源于古大气降水。在成矿早期金的主要迁移形式为 $[\text{Au}(\text{Cl})_4]^-$ 氯络合物,随着温度的降低及其他物理化学条件的变化,在主要成矿阶段,硫金络合物含量逐渐升高,金以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 硫络合物为主,随着温度下降和成矿作用的发生,到成矿晚期,金在流体中仍主要为 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 硫金络合物迁移形式。引起金沉淀的主要地质作用有冷却作用,流体沸腾作用及流体的混合作用,水—岩相互作用,硫酸盐还原菌成矿作用。引起成矿流体中金沉淀的主要物理化学条件为pH值的升高, $p$ 、 $T$ 、 $E_h$ 、 $f_{\text{O}_2}$ 的降低。

本文的实验室工作是在湖北宜昌地质矿产研究所黄惠兰高工、李桃叶高工、李芳的指导与帮助下完成的,成文过程中得到李葆华教授的悉心指教,谨在此深表谢意。

#### 【参考文献】

- [1] 张作横,毛景文,李晓峰,等. 双王角砾岩型金矿床地质地球化学及成矿机制[J]. 矿床地质,2004,23(2):241-252.
- [2] 谢玉玲,钱大益,徐九华. 南秦岭泥盆系典型金矿床高盐度流体脑其深源特征[J]. 岩石学报,2000,16(4):655-660.
- [3] 马光,马继顺,宫丽. 秦岭地区卡林型金矿地质特征[J]. 黄金,2004,25(3):8-12.
- [4] 朱多录,张旺定,邓海军,等. 秦岭地区礼县—山阳断裂对金矿控制的初步探讨[J]. 黄金,2004,25(11):9-12.
- [5] Roedder E. Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado[J]. Economic Geology,1971,66:98-120.
- [6] Hemley J J, Cygan G L. Hydrothermal ore-forming processes in the light of studies in rock-buffered system: Iron-copper-zinc-lead sulfides solubility reactions[J]. Economic Geology,1992,87:1-22.
- [7] 张德会. 成矿流体中金的沉淀机理研究综述[J]. 矿物岩石,1997,73(3):45-50.
- [8] Gleb S, Pokrovski, Boris R et al. An in situ X-ray absorption spectroscopy study of gold-chloride complexing in hydrothermal fluids[J]. Chemical Geology,2009,259:17-29.
- [9] Seward T M. The complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solution[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta,1973,37:379-399.
- [10] 周涛发,刘晓东,袁峰,等. 安徽月山矿田成矿流体中铜、金的迁移形式和沉淀的物理化学条件[J]. 岩石学报,2000,16(4):551-558.
- [11] 李葆华,曹志敏,金景福,等. 大水沟砾岩成矿物理化学条件研究[J]. 地质科学,1999,34(4):463-472.
- [12] 潘海洋,陆元法,贝丰,等. 热泉热液金矿化中嗜热微生物—有机质的地球化学[J]. 矿物岩石,1998,73(3):45-50.

#### Study on the features of ore-forming fluids in Qingshan gold deposit, Shaanxi province

Zhou Yun<sup>1</sup>, Wang Xiongwu<sup>1</sup>, Chen Bing<sup>2</sup>, Peng Huijuan<sup>1</sup>, Qin Zhipeng<sup>1</sup>

(1. College of Earth Science, Chengdu University of Technology; 2. Chengdu Geological Exploration and Geotechnical Engineering Limited Liability Company of China Railway Eryuan Engineering Group)

**Abstract:** Qingshan gold deposit in Shaanxi is a middle-small Carboniferous sedimentary rock-hosted micro-grained and disseminated gold deposit. The studies on fluid show that there are three physical types of fluid inclusions in calcite, whose homogenization temperature range is 160 ~ 219 °C, salinity is 7.88 % and density is 0.930 5 g/cm<sup>-3</sup>. The metallogenic fluid is acid and weakly reduced, calcium bicarbonate type, generally regarded as  $\text{CO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{NaCl}$  system, mainly derived from ancient meteoric water, and mixed with meteoric water from later period. Gold in the metallogenic fluid transported as Au-S complex in main mineralization period. Changes of physical-chemical conditions were the main factors causing the gold to precipitate.

**Keywords:** fluid inclusion; metallogenesis; Qingshan gold deposit

(编辑:宿晓静)