

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.02.012

陕西小秦岭金矿成矿流体特征及成矿过程研究

冯伟华^{1,2}, 余鹏涛^{1,2}, 彭海练¹, 王明志²

(1. 陕西省地质矿产调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省水工环地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要:对陕西小秦岭地区金矿体分布特征、成矿阶段进行了系统研究,对主要金矿体进行了显微测温、激光拉曼光谱分析,并结合已有的研究成果,总结了小秦岭金矿成矿流体物化特征,分析了成矿模式。认为贯通全区的大月坪-金罗斑复式背形是陕西小秦岭主要控矿构造格架,复背形所派生次级脆韧性断裂控制矿体的展布,其中平行于褶皱枢纽近东西向断裂带是区域主要含矿构造;构造带产状陡变形成的虚脱部位是含金石英脉产出部位;成矿过程划分为4个阶段,主成矿期(Ⅲ、Ⅳ阶段)形成脉束状、网状、浸染状含金多金属硫化物矿;成矿流体为低盐度富CO₂流体,发生于中温热液作用、中压环境;成矿流体的扩容减压和大气降水混染是矿质沉淀的原因之一。

关键词:小秦岭;物化特征;大月坪-金罗斑复式背形;含矿构造;成矿流体

中图分类号:P618.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-6248(2021)02-0149-08

Study on the Ore-forming Fluid Characteristics and Process in Xiaoqinling Gold Deposit, Shaanxi Province

FENG Weihua^{1,2}, SHE Pengtao^{1,2}, PENG Hailian¹, WANG Mingzhi²

(1. Shaanxi Mineral Resources and Geological Survey Center, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Hydrogeology Engineering Geology and Environment Geology Survey Center, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: This paper systematically studied the distribution characteristics and ore-forming stages of gold orebody in Xiaoqinling area of Shaanxi Province through microthermometry and Laser Raman spectroscopy. The physicochemical characteristics and ore-forming model of Xiaoqinling gold deposit were analyzed. Based on the previous analysis, the authors hold that the compound antiform of Dayueping-Jinluoban is the main ore-controlling structural framework. The distribution of orebody is controlled by the secondary embrittlement ductile faults derived from the compound antiform. The main ore-bearing structure is along the east-west fault zone parallel to the fold hinge. The ore-forming process is divided into four main stages. It is in the mineralization stage (phase Ⅲ) that formed gold-bearing polymetallic sulfide deposits. The ore-forming fluid is of low salinity and rich in CO₂, with the metallogenic condition being medium temperature and medium pressure. The decrease of pressure by the expansion of mineralization space and the mixing of meteoric precipitation caused gold deposit precipitation.

Keywords: Xiaoqinling; physicochemical characteristics; compound antiform of Dayueping-Jinluoban; ore-bearing structure; ore-forming fluid

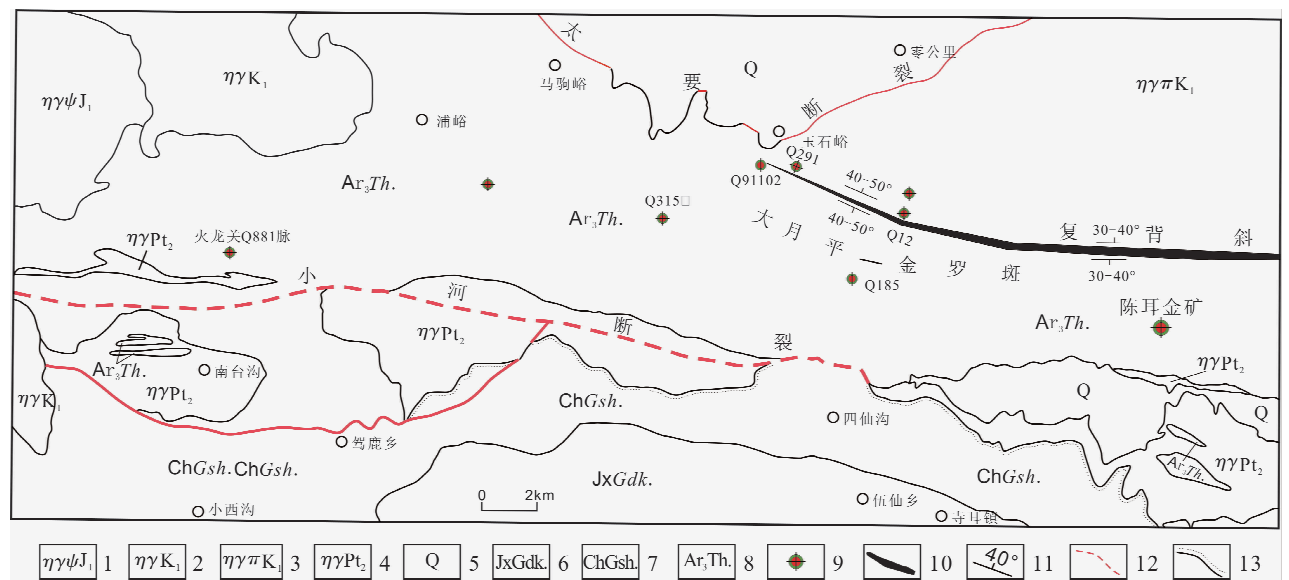
收稿日期:2020-01-17;修回日期:2020-11-23

基金项目:陕西省公益性地质工作项目“陕西小秦岭金矿田成矿规律与深部成矿预测研究”(公益[2013]03-02)。

作者简介:冯伟华(1979-),男,硕士学位、高级工程师,主要从事矿产勘查、矿床地质研究工作。E-mail:86300121@qq.com。

小秦岭金矿田位于华北地块南缘,东西长约 70 km,宽约 7~15 km,横跨陕西与河南两省,是中国著名的金成矿区带。北部太要断裂、中部大月坪-金罗斑复背斜、南部小河断裂组成了区域基本构造格局,太华岩群($Ar_3T.$)和太华花岗片麻岩组成区域结晶基底,中-浅变质海相火山-沉积岩熊耳群(ChX)、陆源碎屑岩高山河群(ChG)、官道口群

(JxG)形成过渡基底及沉积盖层,燕山期碰撞造山作用由西而东形成了华山、文峪、娘娘山等花岗岩基。广泛分布的太古宙变质基底和大量的岩浆构造-热事件构成区域良好的成矿环境,使小秦岭成为中国著名的金成矿区带。陕西小秦金矿主要赋存于太华岩群内,规模较大的矿脉有:Q8、Q315、Q886、Q505(陈耳金矿)、Q185(图 1)。



1. 华山岩基东石门岩体;2. 华山岩基大夫峪岩体;3. 文峪岩体;4. 小河岩体;5. 第四系;6. 官道口群;7. 高山河群;8. 太华群;9 金矿点;
10 背斜核部;11 产状;12 断层;13 不整合接触关系

图 1 区域地质图
Fig. 1 Regional geological map

本次研究工作依托陕西省地勘基金项目“陕西小秦岭金矿田成矿规律与深部成矿预测研究”展开。以陕西小秦岭地区 Q8、Q315、Q886、Q505(陈耳金矿)、Q185、Q154 等主要金矿床为研究对象,对控矿构造带、矿化体空间分布、不同成矿阶段矿体特征进行了较细致的研究;对主要矿脉分析测试了包裹体显微测温、氢氧同位素测试分析,结合前人(吴晓贵, 2012;范宏瑞, 2003;周振菊, 2011;高珍权, 2001;徐九华, 1993;王义天, 2005)对东桐峪、文峪、驾鹿、大湖等多个矿体研究数据,对陕西小秦岭金成矿流体物化特征进行了总结。

包裹体样品委托西安地质矿产研究所实验室完成,使用仪器为 Linkam THMS 600 型冷热台。 CO_2-H_2O 型包裹体盐度根据所测笼合物融化温度,利用 Collins(1979)提供的方法获得;水溶液包裹体盐度根据所测的冰点温度,利用 Bodnar

(1993)提供的方程计算得到。氢氧同位素样品委托中国地质科学院矿产资源研究所同位素地质开放实验室完成,使用仪器为 MAT_251EM 质谱计。

1 矿化体的展布

1.1 控矿断裂构造带空间展布

通过对东桐峪、玉石峪、陈耳和葫芦沟矿区的研究,结合以往资料,笔者认为纵贯全区的大月坪-金罗斑复式背形是陕西小秦岭主要控矿构造格架,复背形所派生次级脆韧性断裂(剪切带)控制区内金矿体的展布,其中平行于褶皱枢纽近东西向断裂带是区域主要含矿构造。

统计陕西小秦岭地区 431 条断裂构造带(表 1),东西向 211 条,占主体地位,控制区域主要金矿资源。规模最大的 Q8 矿脉走向近东西向,全长

4 430m,矿脉内共圈出 11 个矿体。河南文峪矿区 505 矿脉东西延长达到 4 200 m,提交黄金储量达 26.96 t,占全矿黄金储量的 51.4%(王杏村,2012)。

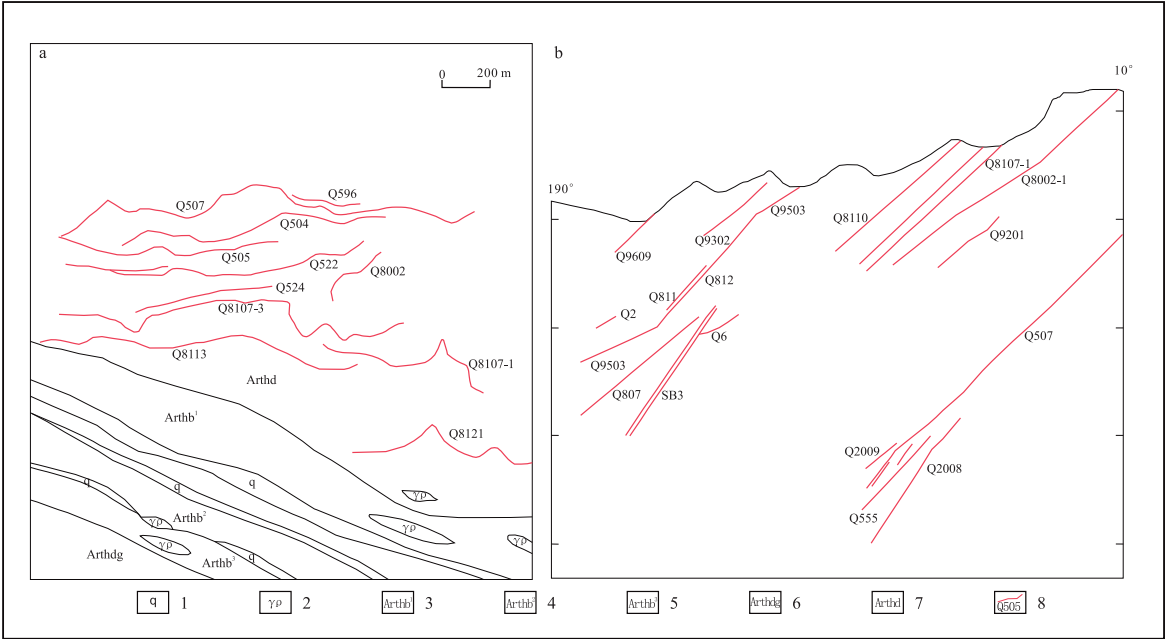
含矿断裂带在走向上大致呈东西向平行等间距排列(图 2a)。小秦岭南部地区陈耳矿区 Q507、

Q504、Q522 和 Q8107-3、Q8113 五条矿脉呈北西西向雁列式排列,脉距多在 250~350 m。倾向上呈上陡下缓、上发散、下收敛的倒扫把形断裂系统(图 2b),陈耳矿区 Q8110、Q8107-1、Q8002-1 三条矿脉向深部收敛特征明显。

表 1 小秦岭地区构造带含矿特征统计表

Tab. 1 Statistical table of gold deposits of tectonic zone in the Xiaoqinling area

走向(°)	矿体(个)	矿体脉号	探明矿床规模	力学性质
北东(40~55)	88	Q301、Q12、Q161、Q13	中型 2 个、小型 2 个	扭压
北西(310~330)	78	Q94、Q29、Q220、Q78	小型 1 个	扭张
东西(70~110)	211	Q8、Q10、Q01	中型 1 个、小型 5 个	压扭
南北(340~20)	54	Q3006、Q4010、Q3070	小型 1 个	张扭



1. 石英脉;2. 花岗伟晶岩;3. 板石山组上段;4. 板石山组中段;5. 板石山组下段;6. 洞沟组;7. 大月平组;8. 金矿体及编号

a. 平面地质简图;b. 矿脉垂向分布简图

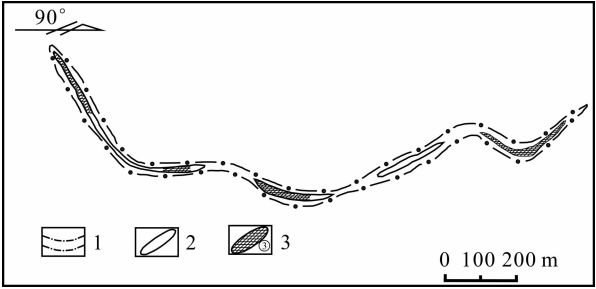
图 2 陈耳矿区矿脉分布简图

Fig. 2 Schematic diagram of lode distribution in the Chen'er ore zone

1.2 含金石英脉产出特征

陕西小秦岭金矿床主要类型为含金石英脉型,含金石英脉受断裂构造控制并赋存于断裂构造带中,含金石英脉在构造带内并非无序产出,而是有章可循,韧性剪切构造变形后期叠加的脆性变形形成张性构造空间是含金石英脉赋存的主要部位。通过野外观察,在波状构造带的波峰、波谷处,即构造带产状陡变形成的虚脱部位往往是含金石英脉产出部位。

图 3 为玉石峪矿集区 Q154 矿脉地质简图,走向呈蛇曲状延伸,在走向转折处均有石英脉产出,共产出 5 条矿体。区域内构造带内含金石英脉分布特征见图 4,含金石英脉基本产出于构造带走向转折处,特征鲜明。Q10 东段构造带呈紧闭波状展布,走向多变,该区间构造带内全部充填含金石英脉,全带矿化(图 4d);Q8 东段构造带呈近直角转弯,在该处有含金石英脉产出(图 4f)。



1. 构造带;2. 石英脉;3. 金矿体

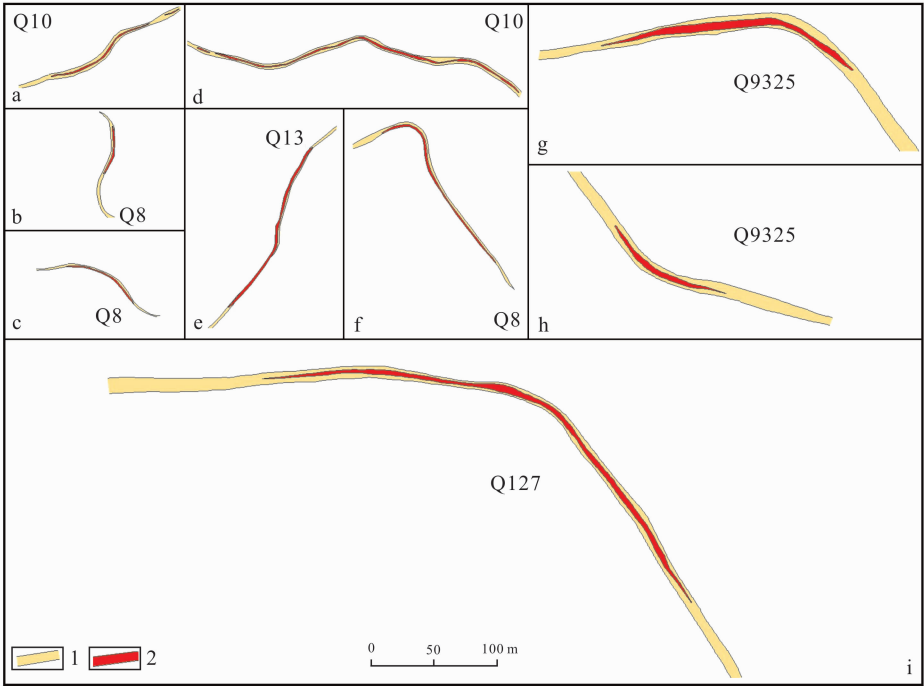
图 3 Q154 地质简图

Fig. 3 Geology sketch of Q154

2 成矿阶段划分

本次对 Q315、q8501、陈耳金矿 3 个矿区不同成矿阶段矿石结构、构造、矿化特征进行了系统研究,划分成矿阶段,总结各成矿阶段成矿特征如下。

(1) I 少量黄铁矿-石英阶段。此阶段的宏观特征是形成乳白色强油脂光泽石英大脉,构成矿体的基质;脉体宽 1 m 左右,石英呈他形粒状结构,致密块状,常含大量气液包裹体,镜下可见波状消光、细



1. 构造带;2. 含 Au 石英脉

图 4 构造带内含金石英脉产出特征图

Fig. 4 Characteristic of distribution of gold-quartz veins in structural zone

粒化、变形纹、微裂隙、强应变带等构造特征。与之共生的黄铁矿多呈自形-半自形立方体,星散状分布于石英脉中,粒径为 3~15 mm,含 Au 很低。此阶段石英脉构成矿体的基质,后期的矿化叠加其上,共同组成金矿体。陈耳金矿脉宽达 3m,脉体宽大、干净,II 阶段条带状黄铁矿叠加其上(图 5a)。

(2) II 石英-黄铁矿阶段。为金矿体的主要成矿阶段,主要形成粗-细粒黄铁矿脉和少量烟灰色石英脉,充填在 I 阶段石英的裂隙中,呈平行石英脉的条带状细脉,含 Au 普遍较高,矿化稳定、均匀,矿物共生组合:石英+黄铁矿+自然金+(黄铜矿)。石英呈灰白-烟灰

色,玻璃光泽,他形粒状;黄铁矿呈细粒(<2.5 mm)、半自形-他形立方体或五角十二面体(图 5b)。陈耳金矿 II 阶段条带状黄铁矿叠加在 I 阶段乳白色石英大脉内。

(3) III 多金属硫化物阶段。金在本阶段矿化最强,形成主要工业矿体,以形成烟灰色石英、大量方铅矿多金属硫化物为特征,以条带状、脉状、团块状、细(网)脉状叠加于先成石英脉中,黄铁矿含 Au 与 II 阶段相当(或稍弱些),矿化分布不均匀,矿物共生组合:石英+方铅矿+黄铁矿+黄铜矿+闪锌矿+铁白云石+自然金。黄铁矿呈半自形-他形粒状,石英为无色透明-半透明,自形-半自形(图 5b、图 5c)。

Ⅲ阶段形成侵染状、网脉状方铅矿。

(4)Ⅳ碳酸盐石英阶段。该阶段是成矿作用晚期,含 Au 性很差,主要形成方解石、白云石及少量

黄铁矿。多呈石英碳酸盐细脉产于脉体上下盘接触部位或呈斜切脉体产出(图 5f),斜切主矿体产于石英碳酸盐细脉中。

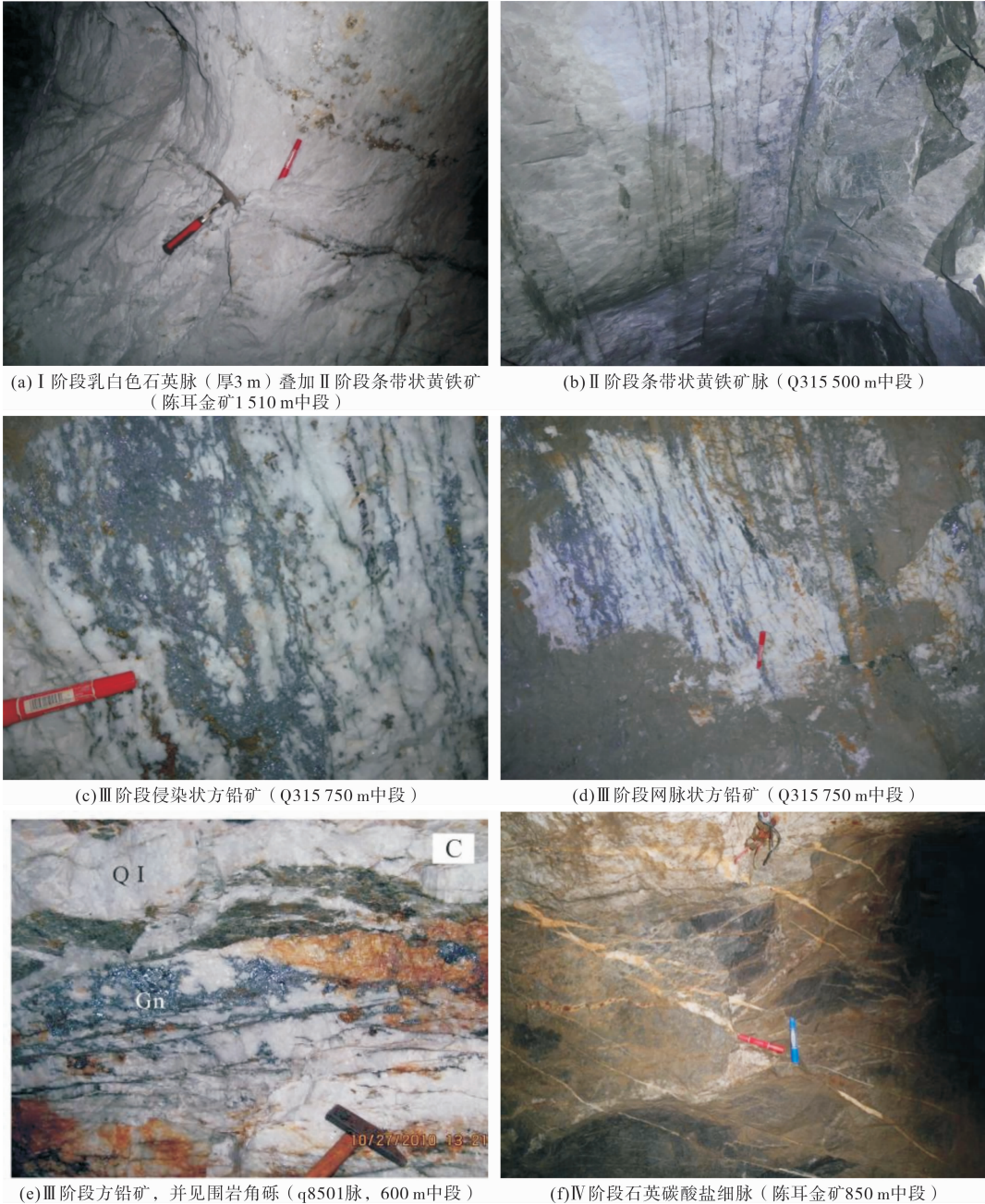


图 5 不同成矿阶段矿石特征图
Fig. 5 Ore characteristics of different forming process

3 成矿流体的物化特征

汇总不同研究者对东桐峪、文峪、葫芦沟、潼关

金矿等矿区研究成果(表 2),结合本次实验结果,总结小秦岭金矿成矿流体特征如下。

3.1 成矿温度及其变化规律

以往实验数据显示:1~4 阶段成矿温度为 350~

120 ℃,逐渐递减,成矿期温度集中于 180~280 ℃, 180~200 ℃,与以往研究数据相比较,温度偏低。属中低温矿床。

本次研究 8 个矿体主成矿阶段(Ⅱ、Ⅲ)温度(图 6)分布于 110~200 ℃,集中分布在 120~160 ℃和 对 Q886、Q315 矿脉在不同标高段测定了主成矿阶段包裹体的均一温度(表 3),可以看出同一矿脉随标高降低,成矿温度升高。

表 2 成矿流体物化特征汇总表
Tab. 2 The summary of physicochemical characteristics of ore-forming fluids

物化特征	成矿阶段			
	I 阶段	Ⅱ 阶段	Ⅲ 阶段	Ⅳ 阶段
成矿温度 ^{1、2} (℃)	350~260	280~240	260~180	200~120
盐度 (NaCleq) ^{1、2} (%)	5.5~7.9	6.5~13.9	4.7~11.1	2.6~6.6
成矿溶液 pH 值 ^{3、4}	5.83	5.53	5.57	
成矿深度 ^{1、4、5} (km)	3.1~6.5			

注:数据来源:1. 吴晓贵等,2012;2. 范宏瑞等,2003;3. 黄超永,2010;4. 李绍儒等,1997;5. 周振菊等,2011。

表 3 Q886、Q315 矿脉不同标高包裹体均一温度表
Tab. 3 Q886、Q315 homogenization temperature for fluid inclusions at different elevations

Q886			Q315		
样品分布标高(m)	样品数(个)	均一温度(℃)	样品分布标高(m)	样品数(个)	均一温度(℃)
1 820	3	141	650	1	126.7
1 690	1	132	600	2	144
1 650	2	168	500	1	145

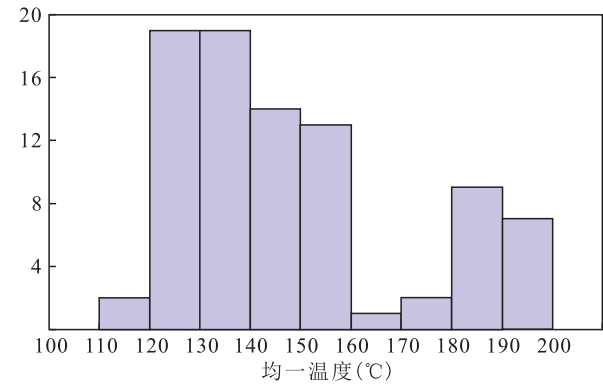


图 6 Ⅱ、Ⅲ 阶段石英脉中流体包裹体均一温度直方图
Fig. 6 Histograms of homogenization temperature for fluid inclusions in Ⅱ and Ⅲ stage quartz vein

3.2 成矿溶液盐度、pH 值和成矿深度

以往研究结果表明:成矿热液属低盐度流体,盐度%(NaCleq)变化于 3%~11%,矿液从Ⅱ阶段到Ⅵ阶段,盐度呈降低趋势;小秦岭金矿床成矿深度发生于 3.1~6.5 km;不同成矿阶段酸碱度差别不大,pH 值都是 6 左右。说明成矿溶液为中性偏酸,且在矿化过程中酸碱度控制成矿的作用不明显。

本研究次 8 个矿体主成矿阶段(Ⅱ、Ⅲ)成矿热液的盐度%(NaCleq)与以往研究结果一致。盐度%(NaCleq)变化于 0.2%~10%,变化幅度较大(图 7)。

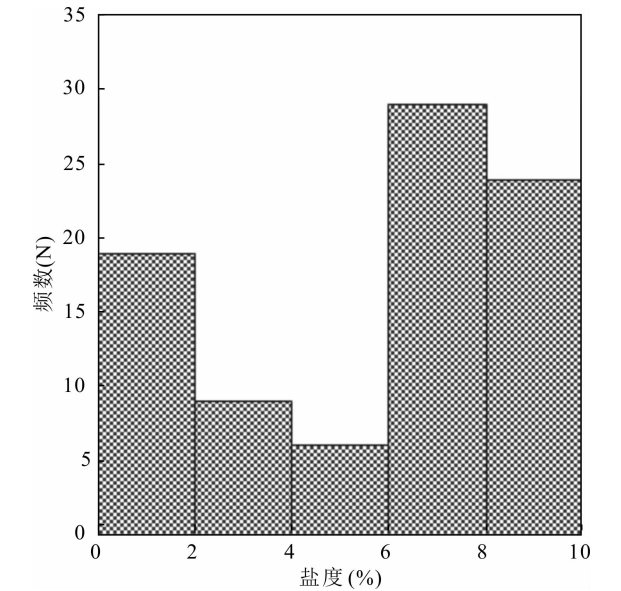


图 7 研究区矿液盐度直方图
Fig. 7 Histogram of salinity of ore fluid in researched area

3.3 成矿流体成分分析

本次工作对 32 个包裹体的气液成分进行了激光拉曼探针测试,结果显示:①包裹体气象成分主要以 CO_2 为主,气体含量由大到小依次为: CO_2 、 N_2 、 H_2 、 H_2S 。26 个包裹体气相成 CO_2 含量大于 90%,其余为少量 N_2 、 CH_4 、 H_2S 、 H_2 等气体;5 个包裹体 CO_2 含量小于 85%,1 个包裹体不含 CO_2 ,由 N_2 、 H_2 组成。②包裹体液相成分较单一,以 H_2O 为主,体积含量 $>99.00\%$,含极少量 CO_2 、 H_2S 。

4 氢氧同位素

汇总前人(姬金生,1988;徐九华,1993;王义天,2005;李绍儒,1998)对小秦岭金矿成矿流体氢氧同位素测试结果,分成矿阶段投图(图 8),结果显示:成矿早期到晚期 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 值有向大气降水靠近的趋势,揭示成矿过程中大气降水逐步混入的特征。

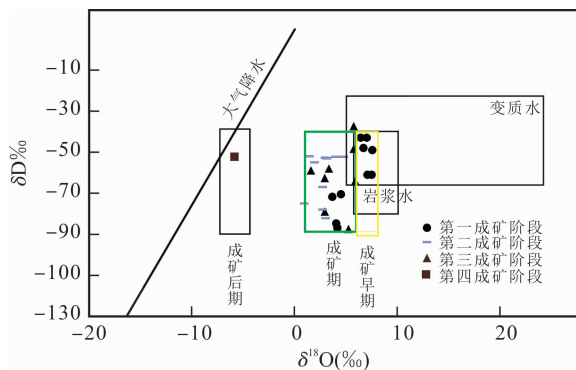


图 8 小秦岭金矿田 $\delta^{18}\text{O}$ - δD 图解

Fig. 8 Projection drawing of $\delta^{18}\text{O}$ - δD in Xiaoqinling gold deposit

I 阶段有 10 个值较集中,均投在岩浆水、变质水重叠范围($\delta^{18}\text{O} > 5.9$),成矿期明显向大气降水线靠近(向左偏移);18 个样品 $\delta^{18}\text{O}$ 值位于 $0.9 \sim 5.86$;成矿晚期一个样品投影在大气降水线附近($\delta^{18}\text{O}$ 值为 -5.89),虽然成矿晚期(IV 阶段)仅有一个数据,但 $\delta^{18}\text{O}$ 水值依次减小,向大气降水线靠近的趋势显而易见(图 8)。

综上所述,小秦岭金矿自成矿早期到成矿晚期氧同位素的规律性变化,反映出成矿受一定大气降水影响的特征;随成矿作用的进行,热液由深到浅运移,成矿流体中混入的大气降水逐渐增多,成矿应是深部成矿流体与大气水逐步混染的结果。

5 成矿特征总结

(1)纵贯全区的大月坪-金罗斑复式背形是陕西小秦岭主要控矿构造格架,复背形所派生次级脆韧性断裂(剪切带)控制区内金矿体的展布,其中平行于褶皱枢纽近东西向断裂带是区域主要含矿构造。构造带产状陡变形成的虚脱部位往往是含金石英脉产出部位。

(2)小秦岭金矿成矿过程划分为 4 个成矿阶段,成矿初期(I 阶段)形成规模不等的乳白色石英大脉,构成矿体的基质;主成矿期(II、III 阶段)形成细脉状、网格状、浸染状产出的含金铅铜多金属硫化物矿;成矿末期(IV 阶段)矿液活动已达其尾部,形成微弱的碳酸盐化。

(3)包裹体的均一温度主要集中于 $160 \sim 300\text{ }^\circ\text{C}$,属中低温矿床;从成矿早期到晚期,均一温度逐渐降低。

(4)成矿溶液为 $\text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2 - \text{NaCl}$ 体系。初始为中高温、富 CO_2 、低盐度流体,晚期演化为低温、低盐度水溶液流体;成矿流体从早到晚期, CO_2 逐步减少, H_2O 含量逐渐增加。成矿溶液 pH 值为 6 左右,为中性偏酸,不同矿化阶段成矿溶液的酸碱度相近,矿化过程中酸碱度控制成矿的作用不明显。

(5)估算小秦岭金矿成矿深度发生在 $3.5 \sim 6.5\text{ km}$,由早到晚,成矿深度呈降低趋势,指示成矿流体由深源向浅源方向的演化。

(6)氢氧同位素特征显示,成矿流体受一定大气降水影响。随成矿作用的进行,热液由深到浅运移,成矿流体中混入大气降水逐渐增多,成矿应是深部成矿流体与大气水逐步混染的结果。

(7)矿床成因类型为造山型金矿。陈衍景(2007)、涂光炽(1986)研究认为:低盐度、富 CO_2 流体包裹体是造山型金矿床的重要标志。区域内控矿构造带“平面上等间距排列、剖面上叠瓦状样式”是典型的推覆造山构造样式。王义天等(2002)、祁进平等(2002)、周振菊(2011)等研究者均认为小秦岭金矿属碰撞造山过程中形成的造山型金矿。

6 成矿过程分析

小秦岭金矿属造山型金矿,由南向北持续造山俯冲作用为成矿提供了热能及动力。在整个成矿作用过程中,成矿深度逐步抬伸,成矿压力、温度逐步减小,成矿空间由压性密闭空间向张性开放空间发展,成矿流体中大气降水含量逐步增多。

造山作用初期受高温高压作用,分泌大量的变质流体,成矿流体属中-低温、低盐度、富 CO_2 、 H_2O - CO_2 - NaCl 体系,同时含有 CH_4 等挥发分;成矿流体在构造断裂面凹凸转换部位的张性空间,压力释放、聚集、沉淀,形成乳白色石英脉(1期);碰撞造山作用中晚期,挤压结束,进入挤压和伸展的脉动交替作用期,早期脆性乳白色脉石英受到剪切变形,形成一系列在走向上与石英脉平行的破劈理,随造山抬升作用,先期形成压性破劈理上移,形成开放的张裂隙,大量地表水下渗,与变质流体混合,发生不混溶分离(沸腾作用)矿质沉淀,从而形成一系列条带状石英黄铁矿脉体,矿化稳定、均匀;随造山抬伸作用继续,经过多期次的叠加改造,石英脉内部产生了多组平行和斜交脉壁网格状、共轭状裂隙构造,后期成矿热液再次叠加在1期乳白色石英脉之上,方铅矿等多金属硫化物沿裂隙穿插溶蚀交代,形成细脉状、网格状、浸染状产出的多金属硫化物,矿化分布不均匀,局部含 Au 量高;成矿作用的末期,表现为石英脆性变形,成矿热液由于地表水的增多和碳酸盐沉淀, CO_2 含量下降,转变为低温低盐度水溶液,形成了微弱的碳酸盐化。

参考文献(References):

吴晓贵,徐九华,魏浩,等. 小秦岭东桐峪金矿床的流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2012,31(2):195-206.

WU Xiaogui, XU Jiuhua, WEI Hao, et al. A study of fluid inclusions of Dongtongyu gold deposit in Xiaoqinling area[J]. Mineral Deposits, 2012,31(2):195-206.

刘家齐,汪雄武,李桃叶. 论小秦岭金矿床流体包裹体特征—以杨寨峪、金铜盆金矿床为例[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊):994-997.

LIU Jiaqi, WANG Xiongwu, LI Taoye. On the Characteristics of Fluid Inclusions in the Xiaoqinling Gold Deposits[J]. Mineral Deposits, 2002,21(suppl.):994-997.

黄超勇,郑红星,周胜兴,等. 小秦岭金矿田典型矿床成矿物理化学条件探讨[J]. 矿产与地质, 2010,24(5):454-459.

HUANG Chaoyong, ZHENG Hongxing, ZHOU Shengxing, et al. Discussion on physicochemical conditions of mineralization of typical deposits in Xiaoqinling gold field[J]. Mineral Resources and Geology, 2010,24(5):454-459.

范宏瑞,谢奕汉,翟明国,等. 豫陕小秦岭脉状金矿床三期流体运移成矿作用[J]. 岩石学报, 2003,19(2):260-266.

FAN Hongrui, XIE Yihan, ZHAI Mingguo, et al. A three stage fluid flow model for Xiaoqinling lode gold metallogenesis in the He'nan and Shaanxi province, central China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2003,19(2):260-266.

周振菊,蒋少涌,秦艳,等. 小秦岭文峪金矿床流体包裹体研

究及矿床成因[J]. 岩石学报, 2011,27(12):3787-3799.
ZHOU Zhenju, JIANG Shaoyong, QIN Yan, et al. Fluid inclusion characteristics and ore genesis of the Wenyu gold deposit, Xiaoqinling gold belt[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011,27(12):3787-3799.

高珍权,刘继顺,陈德兴. 小秦岭西段驾鹿金矿田成矿流体特征、物理化学条件及演化[J]. 地球化学, 2001, 30(3):257-263.

GAO Zhenquan, LIU Jishun, CHEN Dexing. Characteristics of mineralizing fluid, physicochemical conditions and their evolution of Jialu gold orefield, West Xiao Qinling[J]. Geochimica, 2001,30(3):257-263.

倪智勇,李诺,管申进,等. 河南小秦岭金矿田大湖金-钼矿床流体包裹体特征及矿床成因[J]. 岩石学报, 2008,24(9):2058-2068.

NI Zhiyong, LI Nuo, GUAN Shenjin, et al. Characteristics of fluid inclusions and ore genesis of the Da hu Au - Mo deposit in the Xiaoqinling gold field, Henan Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 2008,24(9):2058-2068.

李绍儒,李强之,李文良,等. 小秦岭东闯铅、金矿床流体包裹体地球化学特征[J]. 黄金地质, 1997,3(4):22-28.

LI Shaoru, LI Qiangzhi, LI Wenliang, et al. Geochemical features of fluid inclusions of Dongchuang Pb - Au deposit in Xiaoqinling[J]. Gold Geology, 1997,3(4):22-28.

姬金生. 小秦岭金矿氢氧同位素组成特征及其成因意义[J]. 西安地质学院学报, 1988,10(3):56-60.

JI Jinsheng. Characteristics of the isotopic compositions of Hydrogen And Oxygen And Their Genetic Meaning in the Xiaoqinling Gold Field[J]. Journal of Xi'an College of Geology, 1988,10(3):56-60.

徐九华,何知礼,申世亮,等. 小秦岭文峪-东闯金矿床稳定同位素地球化学及矿液矿质来源[J]. 地质找矿论丛, 1993,8(2):87-99.

XU Jiuhua, HE Zhili, SHEN Shiliang, et al. Stable Isotope Geology Of The Dongchuang And the Wenyu Gold Deposits And The Source of Ore-forming Fluid and Materials[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1993,8(2):87-99.

王义天,毛景文,叶安旺,等. 小秦岭地区中深部含金石英脉的同位素地球化学特征及其意义[J]. 矿床地质, 2005, 24(3):270-278.

WANG Yitian, MAO Jingwen, YE Anwang, et al. Isotope Geochemical Characteristics Of Au Quartz Veins From Medium And Great Depths Of Xiaoqinling Area, Central China And Their Significance[J]. Mineral Deposits, 2005,24(3):270-278.

李绍儒,李强之,李文良,等. 小秦岭金矿田矿床成因新认识[J]. 黄金地质, 1998,4(1):41-49.

LI Shaoru, LI Qiangzhi, LI Wenliang, et al. A New View-point Of Orogenesis In Xiaoqinling Gold Field[J]. Gold Geology, 1998,4(1):41-49.