

陕西洛南陈耳金矿床地质特征 及成因探讨

刘云华¹, 戚新世¹, 李宗会², 罗根根², 赵东宏², 安静¹, 李真¹, 李维亮³

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710064; 2. 中国地质调查局西安地质调查中心,
陕西 西安 710054; 3. 西安建筑科技大学华清学院, 陕西 西安 710043)

摘要:通过对小秦岭金矿田中陈耳金矿床矿体宏观特征、矿石物质组成和结构构造特征、围岩蚀变、矿床地球化学特征分析,结合前人成岩、成矿年代学研究成果,显示本区主要存在2期成矿及叠加成矿作用:早期印支期形成蚀变糜棱岩型金矿,成矿作用与韧性剪切作用有关;晚期燕山期形成石英脉型金矿,成矿作用与岩浆热液作用有关。2期成矿作用所形成的矿石类型、矿石结构构造、控矿构造的方向性质、围岩蚀变、流体包裹体特征均有较大差异,在空间上具有一定程度的叠加但不完全重叠,叠加成矿作用使矿体进一步富集。指出本区金矿具有叠加改造造成矿作用的特征,在东西、南北向构造交汇部位是找金矿的有利靶区。

关键词:矿床地质特征;金矿;成因;小秦岭;陈耳

中图分类号:P618.51

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2015)02-0186-10

Geological Characteristics and Genesis of Chener Gold Deposit in Shaanxi Province

LIU Yunhua¹, QI Xinshi¹, LI Zonghui², LUO Gengen², ZHAO Donghong²,
AN Jing¹, LI Zhen¹, Li Weiliang³

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;
2. Xi'an Center of Geology Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3. Xi'an University of
Architecture and Technology Huaqing College, Xi'an 710043, Shaanxi, China)

Abstract: In this paper, macroscopic characteristics, ore material composition and structural features, wall rock alteration, geochemistry of Chen'er gold deposition of the Xiaoqinling gold field was analyzed. Combining with previous researches on diagenesis and mineralization chronology, it is indicated that this region has mainly experienced two metallogenic and superimposed mineralization stages: early Indosinian when altered mylonite-type gold deposit was formed, whose mineralization effects was related to ductile shear, and late Yanshanian, when the quartz vein type gold deposit was formed, whose mineralization was related to magmatic hydrothermal process. The ore type, ore texture and structure, ore controlling tectonic direction properties, wall rock alteration, fluid inclusion characteristics formed in the two stages of mineralization are

收稿日期:2014-06-12;修回日期:2015-03-12

基金项目:中国地质调查局地质调查专项项目“秦岭成矿带矿产资源潜力调查”(12120113047800)

作者简介:刘云华(1965-),男,四川省眉山市人,研究员,博士,从事矿产地质研究与教学。E-mail:zyyliu@chd.edu.cn

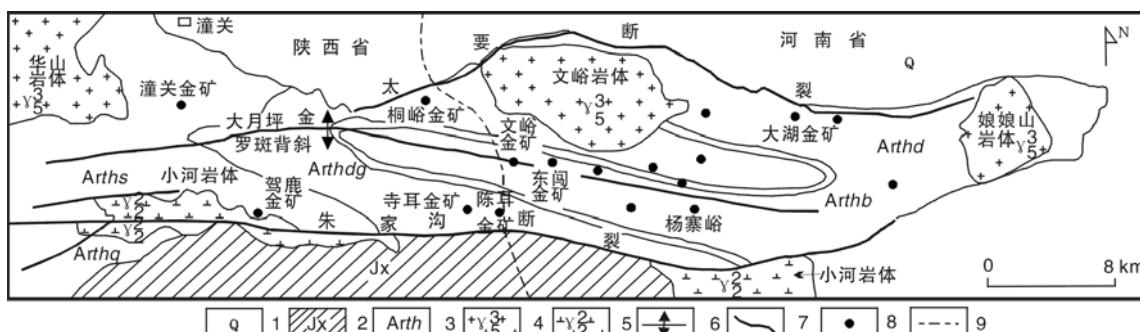
quite different, with a certain degree of superposition in space but not completely overlap. Superimposed mineralization further enriches the ore bodies. It is indicated that Chener gold deposit has superimposed and reformed mineralization characteristics. East-west and south-north intersections are favorable target areas for gold deposit prospecting.

Keywords: geological characteristics of the deposit; gold deposit; genesis; Xiaoqinling; Chener

小秦岭金矿田处于华北地台南缘,有围绕文峪花岗岩体(135 ± 7 Ma)(高昕宇,2012)产出的文峪、东闯、大湖、东桐峪、王排、寺耳和陈耳等一大批大、中型金矿床(图1)。已有众多学者在此开展过研究工作,并取得了丰硕的成果(栾世伟,1991;毛景文等,2005;陈衍景等,2010;范宏瑞等,2000;高珍权等,2001;蒋少涌等,2009;徐启东等,1998,卢欣祥等,1999)。通过对区域金矿床研究,结果表明小秦岭地区金矿床成矿时代主要集中在 $210 \sim 250$ Ma的印支期和 $120 \sim 150$ Ma的燕山期,2期成矿作用的成矿构造背景和金矿床的成因类型均不相同(蒋少涌等,2009;毛景文等,2005)。目前,对燕山期的成矿作用、典型矿床研究积累了丰富的资料(李诺

等,2008;李强之等,2002;陈衍景等,1993,2007;卢欣祥等,1999;王义天等,2002;徐启东等,1997;李强之等,2002;聂风军等,2001),但对印支期成矿、2期成矿作用是否在同一空间存在叠加、以及叠加成矿作用的宏观特征标志的研究关注不够。

陈耳金矿位于小秦岭金矿田中部偏南,是小秦岭地区具有代表性的金矿床之一,由于矿山持续多年的开采,大部分矿山保有资源储量已开采殆尽,急需寻找新的接替资源。笔者通过对陈耳金矿床地质、地区化学特征的研究,总结了区域成矿规律,为区域找矿勘探及找矿预测工作提供技术支撑,为小秦岭金矿田多期成矿作用及叠加成矿作用提供了矿床实例佐证。



1.第四系沉积物;2.中元古界碎屑岩和碳酸盐岩;3.太古宙太华群变质岩(Arthd. 大月坪组; Arthb. 板石山组; Arthdg. 洞沟组; Arths. 三关庙组; Arthq. 秦仓沟组);4.早白垩世花岗岩;5.中元古代花岗岩;6.背斜;7.断裂带;8.金矿床;9.省界

图1 小秦岭地区金矿床分布及地质简图(据聂凤军等,2001)

Fig. 1 Geological sketch map of gold fields in the Xiaoqinling region(Modified from Nie et al,2001)

1 区域地质背景

小秦岭金矿田处于太华隆起区,该隆起西起华山,东至灵宝-朱阳盆地西北边缘,南以朱家沟断裂、北以太要断裂为界,呈不规则带状。

矿田内出露的主要地层为太古宇太华群,分布于小秦岭、崤山、熊耳山等山岭的核部,为一套以片麻岩为主的中深变质岩系,其原岩为酸性、中性、基

性火山岩、凝灰岩和沉积岩等(宫同伦,1997),是小秦岭地区公认的金矿源层(胡志宏,1986)。

区域主干构造主要为呈东西向展布的北缘太要深大断裂,南缘朱家沟深大断裂带以及两断裂带之间的大月坪-金罗斑大型复背斜。两大断裂带具有切割深度大、长期发育、多期活动的特点(胡正国等,1993),朱家沟断裂就是南缘剪切带晚期活动在近地表所形成的典型脆性断裂(贾建业,1996),该断裂明显控制了两侧次级断裂的展布,而这些次级断裂又

严格制约了该构造期金矿脉的发育和规模,陈耳金矿即位于朱家沟断裂带的北侧。通过对小秦岭地区金矿矿体空间分布规律进行分析发现,区域金矿还具有东西向成带、南北向呈串珠状分布的特点,表明区域金矿除受到东西向构造的控制外,还受到南北向构造的控制,东西、南北向构造交汇的位置是矿脉最集中的区域。

矿田内岩浆岩较发育,岩浆活动频繁,主要发育晚晋宁期的小河花岗岩、加里东期的辉长辉绿岩脉、印支期的正长斑岩脉和岩株、早燕山期的辉绿岩脉和晚燕山期的华山、文峪、娘娘山花岗岩体等。区域构造岩浆活动与成矿作用关系密切。

2 矿床地质特征

矿区主要出露地层为太华群大月坪组(Arthd)、

板石山组(*Arthb*)及洞沟组(*Arthdg*)长石石英岩、黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、混合岩等变质岩系,太华群各组地层均为矿区内地层主要产出层位。地层呈北西西向展布,产状 $190^{\circ}\sim 205^{\circ}$ 、 $\angle 60^{\circ}\sim 88^{\circ}$,呈单斜构造特征。矿区断裂构造发育,以北西西向断裂构造为主(图2),构造性质较为复杂,脆性断层及韧性剪切断层均有。脆性为主的北西西向断裂构造走向与地层走向一致,但倾角稍缓,多在 $38^{\circ}\sim 58^{\circ}$ 。此外,局部发育南北向和北东向断裂,但规模较小。北西西向断裂在走向和倾向上普遍具有舒缓波状的特征。北西西向脆性断裂构造、北西西向韧性剪切构造及南北向断裂构造均对区内金矿脉具有明显的控制作用。矿区早期脉岩主要有花岗闪长岩、混合花岗岩和花岗伟晶岩等,晚期脉岩主要有早燕山期的辉绿岩脉和晚燕山期的石英脉(陈莉,2006)。

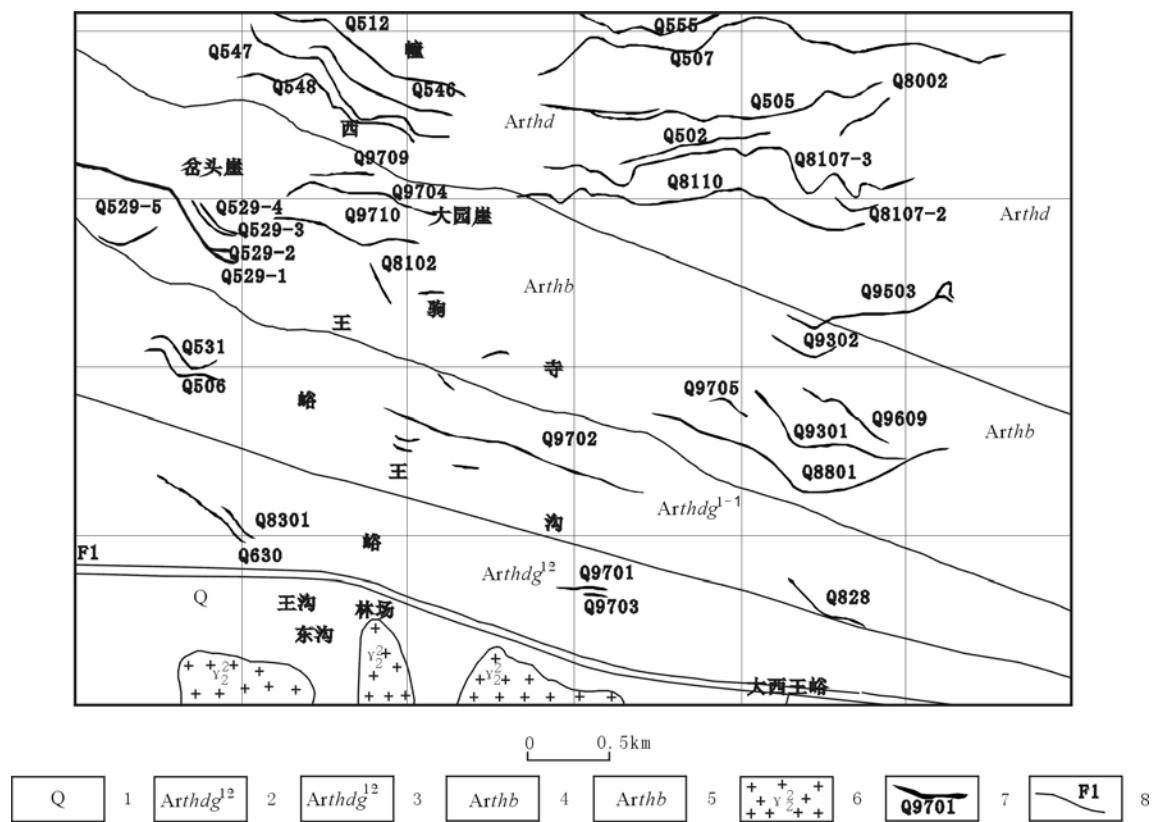


图 2 陈耳矿区地质略图

Fig. 2 Geological sketch map of the Chener gold deposit

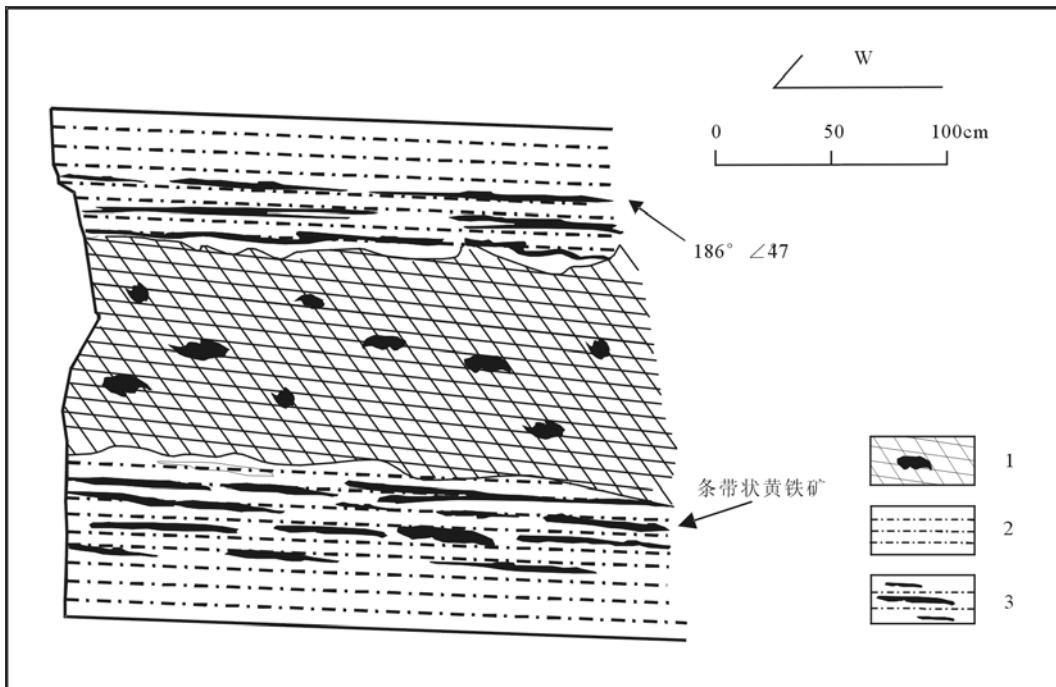
在陈耳金矿区已发现金矿脉 20 多条,大部分为石英脉型矿脉,少数属蚀变糜棱岩型矿带,主要分布于矿区东段大王西峪一带(图 2),矿体分布总体受东西向韧性剪切带或断裂破碎带的控制,少量受近南北向断裂破碎带的控制,在东西向构造和南北向构造交汇部位,矿脉集中分布,矿体明显富集。矿区内的石英脉体大多呈东西—北西向斜列式排列,脉体之间的等距性分布规律表现得极为明显,从北向南有 Q555、Q507 矿化带,Q505、Q8110 矿化带,Q9503、Q9302 矿化带,Q9609、Q8801 矿化带,它们之间相距为 600~750 m,各矿化带内矿脉之间的距离多为 100~200 m。区域上位于本区西部同一成矿带的寺耳矿区矿体分布也同样表现出等间距分布的规律(方桂聪等,2011)。根据矿体的矿石类型,可划分出蚀变糜棱岩型和石英脉型 2 种类型的金矿石,蚀变糜棱岩型金矿脉及大部分石英脉型金矿脉走向与区域构造方向基本一致,少量石英脉型金矿脉分布于南北向断裂带中。石英脉一般呈脉状、透镜状产出,在走向和倾向上具舒缓波状、尖灭再现特征明显。代表性矿脉特征如下。

SB3 矿脉:为 21 坑 1 420 m 中段探获的一条盲矿脉,矿脉位于 Q507 号脉下盘约 100 m 处,围岩为斜长角闪片麻岩、黑云斜长角闪片麻岩等。矿化带已控制长度 350 m,厚 1.8~3.0 m,产状 165°~180°∠35°~55°。控制主矿体长度 280 m,产状与矿化带产状一致,厚度 0.80~2.20 m,矿体延长和延伸稳定。Au 品位一般为 0.25×10^{-6} ~ 3.18×10^{-6} ,平均品位为 1.25×10^{-6} ;为蚀变糜棱岩型金矿脉,矿石矿物呈条带状分布,具有典型的糜棱结构,与围岩界线不清,呈过渡关系。矿石矿物主要有黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿等,不见有黄铜矿、闪锌矿和方铅矿;脉石矿物为绿泥石、钠长石、石英、绢云母等;矿石结构主要为糜棱结构,条带状构造、定向构造为主,石英在其中含量很少,呈小透镜体分布。可见有南北向辉绿岩脉将该类型矿化带切断,表明其形成早于辉绿岩脉。

Q1 矿脉:位于陈耳矿区西北部的小峪,赋存在南北走向的构造带中,围岩为南北走向的辉绿岩脉,矿脉与围岩界线清晰,已控制矿体长 320 m,斜深 150 m,厚度 0.10~1.20 m,平均 0.35 m,产状 80°~100°∠75°~88°;矿体呈透镜状或脉状,沿走向及

倾向均具有膨大狭缩、尖灭再现、分枝复合现象。Au 品位一般为 0.30×10^{-6} ~ 59.25×10^{-6} ,Au 品位最高 112.45×10^{-6} ,平均品位为 4.68×10^{-6} ,为多金属硫化物含金石英脉型金矿体;主要矿石矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等,不见磁铁矿、钛铁矿矿物;脉石矿物主要为石英、方解石、白云石、铁白云石、钾长石、绿泥石、绢云母等。矿石主要以自形、半自形粒状结构,脉状构造、块状构造、浸染状构造为主。Q1 矿脉产于南北向的辉绿岩脉中,表明矿脉形成晚于辉绿岩脉。

Q507 矿脉:矿脉受控于近东西向断裂构造带,围岩为混合岩、混合花岗岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩等。地表出露标高 1 850~2 665 m,延长数千米,产状 175°~220°∠37°~85°,自 1 650 m 标高沿倾向进入陈耳金矿矿权范围,矿脉延伸较为稳定,目前,控制标高已达 500 m。矿体长度 320~660 m,最长可达 1 050 m,厚度一般 0.3~2.88 m,呈透镜状或脉状,沿走向及倾向均具有膨大狭缩、尖灭再现、分枝复合现象。Au 品位一般为 0.50×10^{-6} ~ 178.98×10^{-6} ,平均品位为 6.49×10^{-6} 。Q507 号脉矿石矿物组成、结构构造具同时具有以上 2 种矿石类型的特征,在石英脉的两侧有糜棱岩型结构的矿石分布(图 3),糜棱岩型矿石特征与 SB3 矿化带相同,而石英矿脉型矿石特征与 Q1 矿脉相同,显示石英—多金属硫化物矿脉沿垂直韧性剪切带期后的张性裂隙充填、交代的特征。2 种类型的矿石宏观特征具有明显区别:蚀变糜棱岩中的石英呈灰色或灰白色,石英—多金属硫化物脉中的石英为白色,其颜色明显不同;蚀变糜棱岩中的黄铁矿呈条带状分布,晶体具有定向、拉长的特征,石英—多金属硫化物脉中的黄铁矿呈自形—半自形粒状结构,呈浸染状、星点状、团块状分布;矿石矿物组合上石英—多金属硫化物脉中矿石矿物组合与 Q1 矿脉一致,而蚀变糜棱岩中矿石矿物组合与 SB3 矿化带特征一致。结合区域矿脉、岩脉之间的穿插关系认为,该矿脉具有叠加成矿作用的特征,为后期张性环境形成的石英—多金属硫化物脉叠加于早期蚀变糜棱岩型金矿之上,这种叠加作用在区域上普遍存在(冯建之,2009;范宏瑞等,2000)。Q507 号矿脉切断南北向辉绿岩脉,表明形成时间晚于辉绿岩脉侵入时间。矿脉形成之后,局部受到构造作用,石英脉片理化强烈,表明成矿作用之后矿石发生了强烈的压扭性脆性变形。



1. 石英-多金属硫化物矿脉;2. 岩脉;3. 蚀变岩型金矿脉

图3 Q507号矿脉四中段矿石分布特征图

Fig. 3 Ore Distribution in the Fourth middle of the Q507 Veins

3 矿床地球化学特征

3.1 矿石稀土元素特征

本区30个石英脉型金矿石、石英脉上下盘矿化围岩、糜棱岩型金矿石样品稀土元素分析结果显示，矿石中稀土总量 ΣREE 为 $3.399 \times 10^{-6} \sim 396.028 \times 10^{-6}$ ，含量差别较大，其中糜棱岩型金矿石稀土总量明显高于石英脉型金矿石，石英脉上下盘矿化围岩稀土总量介于两者之间。

从稀土配分模式来看，矿石轻重稀土分馏不明显，呈较缓的右倾型。糜棱岩型金矿石与石英脉上下盘矿化围岩稀土配分模式基本一致，均具有弱的Eu负异常，反映两者具有继承性的特点和受原岩控制的特征。石英脉型金矿石稀土元素总量较低，稀土配分模式具有弱的Eu正异常，与糜棱岩型金矿石稀土配分模式具有一定差异，显示其具有不同来源的特征。

3.2 流体包裹体特征

本次研究对SB3矿脉、Q507号脉边部蚀变糜棱岩和石英脉矿石中的石英进行了流体包裹体的测定。Q507号矿脉石英中的流体包裹体测试结果表

明(图4)，脉石英中捕获的包裹体除与含Au成矿流体有关的富CO₂包裹体外，还含有本区变质流体特有的含子矿物高盐度包裹体，2种类型包裹体具有不同的分布特点，两者穿插关系明显，其中含子矿物高盐度包裹体一般呈孤立状分布，属于早期成因，而富CO₂包裹体则呈线状沿愈合裂隙分布，属于晚期成因。显微测温结果显示，含子矿物高盐度包裹体中的气泡通常先于子矿物消失，子矿物的熔化温度

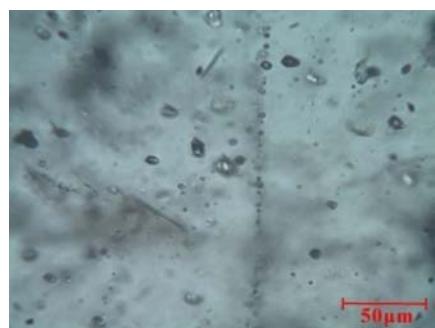


图4 第Ⅱ成矿期石英脉中的包裹体图(507号脉四中段)

Fig. 4 The inclusions in Quartz veins of the second mineralization(the Fourth middle of the Q507 Veins)

为226 °C~332 °C,对应盐度为33.26‰~40.79‰,为早期成矿过程中捕获的流体包裹体;富CO₂包裹体均一温度为190 °C~380 °C,盐度为5.26‰~14.18‰,测试结果表明晚期富CO₂包裹体均一的最高温度高于早期含子矿物高盐度包裹体均一温度,这种反常现象在桐沟金矿303号脉、文峪505号脉、枪马金矿410号脉、娘娘山606号脉和603号脉流体包裹体研究过程中普遍存在(范宏瑞等,2000)。SB3矿脉流体包裹体中不见富CO₂包裹体,仅有含子矿物高盐度包裹体和低盐度的晚阶段气液包裹体,与宏观上无第二期热液叠加的特点一致。以上测试表明,本区存在2期热液叠加作用,早期成矿流体为变质流体,而晚期与燕山期花岗岩浆期后热液有成因联系。

3.3 S同位素

陈耳金矿不同期次矿脉中12件黄铁矿S同位素分析结果见表1。从表1可以看出,9件石英脉型金矿

表1 S同位素分析结果表
Tab. 1 Sulfur isotope Analysis

序号	编号	矿石类型	样品名称	$\delta^{34}\text{SCDT}(\text{\textperthousand})$
1	HC003.1	石英脉型	黄铁矿	0.59
2	HC003.2	石英脉型	黄铁矿	0.77
3	HC005	糜棱岩型	黄铁矿	4.32
4	HC020	石英脉型	黄铁矿	5.35
5	HC022	石英脉型	黄铁矿	5.41
6	HC023	石英脉型	黄铁矿	5.73
7	HC024	石英脉型	黄铁矿	5.22
8	HC025	石英脉型	黄铁矿	5.35
9	HC026	糜棱岩型	黄铁矿	4.94
10	HC026.1	石英脉型	黄铁矿	5.10
11	HC027	糜棱岩型	黄铁矿	3.97
12	HC030	石英脉型	黄铁矿	1.01

注:资料来源:本文;测试单位:国土资源部中南矿产资源监督检测中心。

石黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围在0.59‰~5.73‰,平均值为3.98‰;3件糜棱岩型金矿石黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围在3.97‰~4.94‰,平均值为4.41‰。区域金矿S同位素均具有较低的值。例如,文峪金矿为2.4‰,东桐峪金矿为4.2‰(黄建军,1997),梁干岔金矿为3.4‰,枪马峪金矿为4.4‰,半宽金矿为1.0‰,康山金矿为2.2‰(任富根等,1990),基本上集中在陨石S为5‰~5‰(付治国等,2009),指示了区内金矿流体S的幔源特征。本区糜棱岩型金矿石具有较低的 $\delta^{34}\text{S}$ 正值,可能与其围岩及成矿物质来源为铁镁质建造有关。从S同位素分析结果看,由于2期成矿作用均具有幔源特征,2期成矿作用 $\delta^{34}\text{S}$ 值差别不大。

3.4 氢、氧同位素特征

陈耳金矿床H、O同位素测试结果见表2,样品主要来自石英脉型金矿石。从表2可以看出,陈耳金矿床 $\delta\text{D}_{\text{V,SMOW}}\text{\textperthousand}$ 为47‰~69‰,平均为59.3‰,石英 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V,SMOW}}\text{\textperthousand}$ 为9.4‰~11.1‰。据石英-水分馏方程式计算所得 $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 为3.51‰~6.41‰,变化范围较小,在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 图上(图5),本区H、O同位素数据投影在靠近岩浆水、变质水之间的过渡区域范围,反映了区内流体具有多源混合的特征。区域矿床成矿流体H、O同位素也反映出相同的来源特征(范宏瑞等,2000;陈卓,1998;卢欣祥等,2003)。

表2 陈耳金矿床H、O同位素组成表
Tab. 2 H,O isotopic composition of Chen'er gold deposit

原样号	样品名称	$\delta\text{D}_{\text{V,SMOW}}\text{\textperthousand}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V,SMOW}}\text{\textperthousand}$
001	石英	.47	10.7
002	石英	.48	12.3
003	石英	.52	11.0
004	石英	.56	9.4
006	石英	.72	10.3
009	石英	.51	10.7
011	石英	.66	10.9
014	石英	.64	10.6
016	石英	.69	11.1
025	石英	.68	10.5

注:资料来源:本文;测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所。

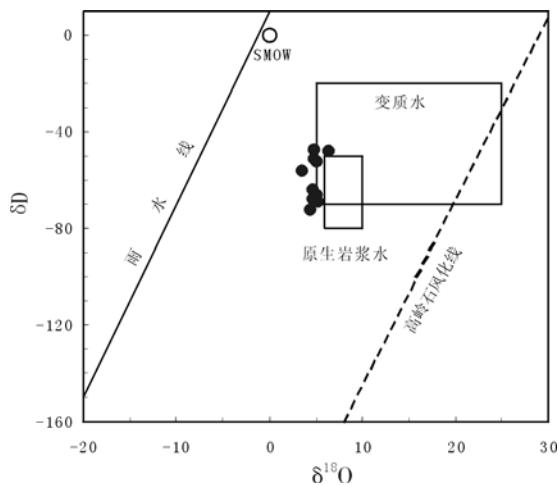


图5 陈耳金矿石英氧同位素图(底图据 Taylor ,1979)

Fig. 5 δD versus $\delta^{18}\text{O}$ diagram of Quartz Chen'er gold deposit(The base map quoted from Taylor ,1979)

3.5 成矿年龄

从矿床地质特征及矿脉的相互穿插关系看,韧性剪切带型金矿床被南北向分布的辉绿岩脉切断,这些辉绿岩的形成时代为 182~147.9 Ma,同时含 Au 多金属硫化物矿脉切断南北向展布的辉绿岩脉,或赋存于南北向辉绿岩脉中,表明本区存在 2 期金的成矿作用,区域年代学研究结果也证实了这一点。毛景文等(2005)通过对本区糜棱岩片麻岩中热液蚀变黑云母的 Ar-Ar 年龄研究,获得(217.75 ± 0.31) Ma 和(219.97 ± 0.32) Ma 的坪年龄,表明早期韧性剪切带型金矿床成矿作用发生在印支期。徐启东等(1998)对 Q507 号脉蚀变绢云母进行了 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素测试,获得(132.16 ± 2.64) Ma,表明石英脉型金矿床形成于燕山期。2 期成矿作用与区域中生代的 2 期伸展作用对应(毛景文,2005)。

4 矿床成因探讨

作为秦岭造山带的重要组成部分,小秦岭在中生代演化过程中经受了强烈的构造活动变迁,经历了一个完整的由碰撞挤压、走滑伸展、松弛引张和伸展隆升等阶段组成的岩石圈构造演化过程。印支期,秦岭构造带发育以挤压体制为主的碰撞造山(张国伟等,1996),随后在华北板块和扬子板块对接之后的陆内演化阶段发生了区域性的构造体制转换(赵越等,1994,卢欣祥,1998),在陆-陆碰撞过程中

具有造山型金矿形成的构造背景和条件(侯增谦,2010)。前人在区域上的桐峪金矿、桃园金矿、北岭金矿和上官金矿等发现的大量印支期造山型金矿的成矿信息证明了这一点,表明区域印支期造山型金矿成矿作用显著(卢欣祥等,2008;陈衍景等,2010)。燕山期,中国东部在经历了大规模的燕山期拆沉作用,导致岩石圈减薄,软流圈物质上涌(毛景文等,1999),普遍发育的巨量同期火山岩和花岗岩指示了中国东部岩石圈的主拆沉期为 160~120 Ma(董树文等,2000)。该构造阶段是壳幔相互作用的鼎盛时期,大规模深部流体(包括岩浆流体和变质脱流水体)形成、运移和富集(毛景文等,2000)导致整个中国东部在中生代尤其是燕山期普遍发生了大规模的金属成矿作用(华仁民等,1999),小秦岭石英脉型金矿即形成于该时期(徐启东等,1998;王天义等,2002;李强之等,2002)。因此,区域具有 2 期金矿成矿作用。

根据本区金矿的产出特点、矿石结构构造、成矿物质组成等特征并结合工业利用,本区的金矿类型可以划分为石英脉型和蚀变糜棱岩型 2 种。SB3 矿化带产于东西向韧性剪切带中,矿石类型为蚀变糜棱岩型,形成于印支末期。矿床 H、O、S 同位素结果显示成矿流体主要以变质流体为主,并有大气水介入,S 来自于变质的含矿镁铁质建造,为碰撞挤压到走滑伸展构造体制转换过程中形成的造山型金矿床。Q507 号脉变形序列可分为 3 期:早期为压扭性韧性剪切变形,中期为的张扭性韧-脆性变形,晚期为压扭性脆性变形。矿脉边部的蚀变糜棱岩型金矿形成于韧性变形期,分布于石英脉的两侧,与 SB3 矿化带特征相似,对应于第一期构造变形,应为印支期的产物;石英脉的充填与成矿热液的运移主要发生在中期的张扭性变形过程中,成矿时代为(132.16 ± 2.64) Ma(徐启东等,1998),形成于燕山期,Q507 号矿脉地质及 H、O、S 同位素特征均表明其具有 2 期叠加成矿作用的特征,范宏瑞等(2000)对小秦岭含金石英脉研究后得出了同样的结论。分布在南北向辉绿岩脉中的 Q1 矿脉同样显示其为燕山期伸展环境中形成。

本区矿床成矿地质特征表明,成矿作用始于碰撞造山作用的中晚期(印支期),主要形成了品位较低、规模不大的蚀变糜棱岩型金矿,目前尚不具备工业意义,但为后期叠加成矿作用提供了部分成矿物

质。大规模成矿作用发生于燕山期,在燕山期伸展背景条件下,印支期东西向构造被燕山期脆性构造叠加、改造,同时早期形成的蚀变糜棱岩型金矿被晚期石英脉型金矿床叠加改造,Au进一步富集,矿石Au品位进一步提高,由于改造并不完全,因而在矿脉边部分布保留了部分糜棱岩型金矿,使叠加成矿形成的石英脉中成矿流体包裹体具有了复式成因的特征(范宏瑞等,2000)。早期金矿床受近东西向韧性剪切带的控制,后期成矿作用受到伸展背斜下形成的东西向及南北向构造的控制,在两者交汇部位是金矿体集中分布的区域。

5 结论

(1)陈耳金矿具有2期成矿作用,分别形成了2种类型的金矿床,印支期为蚀变糜棱岩型金矿床,燕山期为石英脉型金矿床,2种类型金矿床在矿石物质组成、结构构造特征、成矿流体性质上具有较大差异。

(2)蚀变糜棱岩型金矿受东西向韧性剪切带的控制,石英脉型金矿受东西向和南北向伸展构造的控制,东西、南北向构造交汇的部位是矿脉集中的区域。

(3)本区2期成矿作用在空间上具有叠加现象,早期韧性剪切带到后期发生脆性转变,后期热液沿部分沿继承性伸展构造充填,后期成矿作用叠加于早期矿体之上,形成富矿体。

参考文献(References):

- 毛景文,谢桂青,张作衡,等.中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景[J].岩石学报,2005,21(1):169-188.
- MAO Jingwen, XIE Guiqing, ZHANG Zuoheng, et al. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings[J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(1): 169-188 (in Chinese).
- 陈衍景.秦岭印支期构造背景、岩浆活动及成矿作用[J].中国地质,2010,37(4):854-865.
- CHEN Yanjing. Indosinian tectonic setting, magmatism and metallogenesis in Qinling Orogen, central China[J]. Geological in China, 2010, 37(4): 854-865.
- 范宏瑞,谢奕汉,赵瑞,等.小秦岭含金石英脉复式成因的流体包裹体证据[J].科学通报,2000,45(5):537-542.
- FAN Hongrui, XIE Yihan, ZHAO Rui, et al. The Evidence of Multiple causes Fluid inclusions in Auriferous quartz veins ,xiao Qinling[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(5):537-542.
- 高珍权,刘继顺,陈德兴.浅析小秦岭西段驾鹿金矿田构造与金成矿的关系[J].大地构造与成矿学,2001,25(4):439-445.
- GAO Zhenquan, LIU Jisun, CHEN Dexing, et al. Structure and gold metallogenesis of Jialu gold orefield in Western Xiao Qinling[J]. Geotectonica et Metallogenesis, 2001, 25 (4):439-445.
- 蒋少涌,戴宝章,姜耀辉,等.胶东和小秦岭两类不同构造环境中的造山型金矿省[J].岩石学报,2009,25(11):2727-2738.
- JIANG Shaoyong, DAI Baozhang, JIANG Yaohui, et al. 2009. Jiaodong and Xiao Qinling two orogenic gold provinces formed in different tectonic setting[J]. Acta Petrologica Sinica , 2009, 25 (11):2727-2738.
- 徐启东,钟增球,周汉文,等.小秦岭地区金矿化与花岗岩浆活动的关系流体标型特征提供的依据[J].大地构造与成矿学,1998,22(1):35-44.
- XU Qidong, ZHONG Zengqiu, ZHOU Hanwen, et al. Relationship between gold mineralization and activity of granitic magma in Xiao Qinling area: Evidence from typomorphic peculiarities of fluids[J]. Geotectonica et Metallogenesis, 1998, 22(1):35-44.
- 卢欣祥,尉向东,董有,等.小秦岭—熊耳山地区金矿时代[J].黄金地质,1999,5(1):11-16.
- LU Xinxiang, WU Xiangdong, DONG You, et al. The metallogenetic epoch of gold deposits in Xiao Qinling-Xiong ershan region[J]. Gold Geology, 1999,5(1):11-16.
- 李诺,孙亚莉,李晶,等.小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼锇同位素年龄及印支期成矿事件[J].岩石学报,2008,24(4):810-825.
- LI Nuo, SUN Yali, LI Jing, et al. Molybdenite Re-Os isotope age of the Dahu Au-Mo deposit, Xiaoqinling and the Indosinian mineralization [J]. Acta Petrologica Sinica , 2008, 24(4) :810-825.
- 李强之,陈衍影,钟增球.小秦岭东闯金矿成矿作用的⁴⁰Ar-³⁹Ar年代学研究[J].地质论评,2002, 48 (增刊):

- 122-126.
- LI Qiangzhi, CHEN Yanjing, ZHONG Zengqiu, et al. ^{40}Ar - ^{39}Ar Ages of the Ore-forming Processes of the Dongchuang Gold Deposit in the Xiaoqinling District, China [J]. Geological Review, 2002, 48(Suppl.): 122-126.
- 陈衍景, 倪培, 范宏瑞, 等. 不同类型热液金矿床的流体包裹体特征[J]. 岩石学报, 2007, 23(9): 2085-2108.
- CHEN Yanjing, NI Pei, FAN Hongrui, et al. Diagnostic fluid inclusion of different types hydrothermal gold deposits [J]. Acta Petrologica Sinica, 23(9): 2085-2108.
- 陈衍景, 王亨治, 张玫瑰, 等. 小秦岭石英脉型金矿的地质地球化学特征和成矿模式[J]. 河北地质学院学报, 1993, 16(6): 594-604.
- CHEN Yanjing, WANG Hengzhi, ZHANG Meimei, et al. Geological and Geochemical Characteristics and mineralization model of quartz vein type gold deposits of Xiao Qinling area[J]. Journal of Hebei Institute of Geology, 1993, 16(6): 594-604.
- 王义天, 毛景文, 卢欣祥, 等. 河南小秦岭金矿区Q875脉中深部矿化蚀变岩的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄及其意义[J]. 科学通报, 2002, 47(18): 1427-1431.
- WANG Yitian, MAO Jingwen, LU Xinxian, et al. ^{40}Ar - ^{39}Ar Ages and Geological significance of Mineralization Rock in the deep Q875 Vein, Xiao Qinling He Nan[J]. Chinese Science Bulletin, 47(8): 142-1431.
- 徐启东, 钟增球, 周汉文, 等. 小秦岭东闯金矿区花岗岩浆活动的性质[J]. 黄金地质, 1997, 3(3): 19-24.
- XU Qidong, ZHONG Zengqiu, ZHOU Hanwen, et al. Natures of granitic magma and its relation with gold mineralization in dongchuang gold field, Xiao Qinling[J]. Gold Geology, 1997, 3(3): 19-24.
- 聂风军, 江思宏, 赵月明. 小秦岭地区文峪和东闯石英脉型金矿床铅及硫同位素研究[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 163-173.
- NIE Fengjun, JIANG Sihong, ZHAO Yueming. Lead and Sulfur Isotopic Studies of the Wenyu and the Dongchuang Quartz Vein Type Gold Deposits in Xiao Qinling area, Henan and Shaanxi Provinces, Central China[J]. Mineral Deposits, 2001, 20(2): 163-173.
- 宫同伦. 小秦岭金矿田成矿地质条件分析[J]. 西安地质学院学报, 1997, 19(2): 14-20.
- GONG Tonglun. Mineralization geological conditions of gold field, Xiao Qinling[J]. Journal of Xi'an Institute of Geology, 1997, 19(2): 14-20.
- 胡志宏, 胡受奚, 周顺之, 等. 豫西太华群金的地球化学背景及金矿成矿物质来源研究[J]. 长春地质学院学报, 1986, 2: 63-73.
- HU Zhihong, HU Shouxi, ZHOU Sunzhi, et al. The geochemical background of gold in taihua group and the sources of ore-forming materials of gold deposits in Xiao Qinling area, western part of henan province, China[J]. Journal of Changchun Institute of Geology, 1986, 2: 63-73.
- 胡正国, 钱壮志. 小秦岭区域地质构造特征及金矿的形成作用[J]. 黄金科技动态, 1993, 6: 8-10.
- HU Zhengguo, QIAN Zhuangzhi. Regional geological features and the formation of gold in Xiao Qinling area[J]. Gold Science and Technology News, 1993, 6: 8-10.
- 贾建业. 小秦岭胭脂河金矿床黄铁矿产出的地质背景[J]. 西北地质, 1996, 17(3): 1-6.
- JIA Jianye. Geological background of Pyrite generated of Yan zhi he gold deposit, Xiao Qinling[J]. Northwestern Geology, 1996, 17(3): 1-6.
- 陈莉. 小秦岭大湖金矿床成矿流体特征及矿床成因探讨[D]. 北京: 中国地质大学, 2006.
- CHEN Li. Characteristics of ore-forming fluid and ore deposit in Xiao Qinling gold genesis area of Dahu gold [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006.
- 方桂聪, 陈远荣, 蒋宗林, 等. 陕西洛南寺耳金矿成矿规律与成矿预测[J]. 地质与勘探, 2011, 47(6): 1091-1099.
- FANG Guicong, CHEN Yuanrong, JIANG Zonglin, et al. Ore-forming regularities and mineralization forecast of the Si er gold deposit in Luonan, Shaanxi Province[J]. Geology and Exploration, 2011, 47 (6) : 1091-1099.
- 冯建之. 河南小秦岭金矿构造控矿规律及控矿模式[J]. 矿产与地质, 2009, 23(4): 302-307.
- FENG Jianzhi. Ore-controlling structure and model in Xiao Qinling gold deposit, Henan[J]. Mineral Resources and Geology, 2009, 23(4): 302-307.
- 黄建军. 小秦岭后生金矿的发现及其找矿意义[J]. 黄金科学技术, 1997, 5(1): 14-21.
- HUANG Jianjun. Discovery and Prospecting significance of epigenetic in Xiao Qinling area[J]. Gold Science and Technology, 1997, 5(1): 14-21.

- 任福根,李增慧,高亚东.熊耳群火山岩系中金矿硫、铅同位素组成特征和金的成矿模式的讨论[J].天津地质研究所刊,1990,23:37-47.
- REN Fugen, LI Zenghui, GAO Yadong, et al. Discussion on the isotope composition character of sulfur and lead from gold deposits in volcanic rock series of Xionger group and mineralization model[J]. Bulletin Tianjin Institute Geo. Min. Res, 1990, 23:37-47.
- 付治国,瓮纪昌,卢欣祥.小秦岭—熊耳山地区金矿硫同位素地球化学特征[J].物探与化探,2009,33(5):507-514.
- FU Zhiguo, WENG Jingchang, LU Xinxiang. Sulfur isotope geochemical characteristics of gold deposits in Xiao Qinling-Xiong'er mountain area[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2009, 33(5):507-514.
- 陈卓.小秦岭金矿田多因复成成矿作用过程分析[J].大地构造与成矿学,1998,22(3):252-258
- CHEN Zhuo. Analysis of polygenetic compound metallization of Xiao Qinling gold ore field[J]. Geotectonica et Metallogenica, 1998, 22(3):252-258.
- 卢欣祥,尉向东,于在平,等.小秦岭—熊耳山地区金矿的成矿流体特征[J].矿床地质,2003,22(4):377-385.
- LU Xinxiang, WEI Xiangdong, YU Zaiping, et al. Characteristics of Ore-forming Fluids in Gold Deposits of Xiaoqinling-Xiong'ershian Area[J]. Mineral Deposits, 2003, 22 (4):377-385.
- 张国伟,孟庆任,于在平,等.秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J].中国科学(D辑),1996,26(3):193-200.
- ZHANG Guowei, MENG Qingren, YU Zaiping, et al. Oro-genic processes and dynamics characters of Qinling orogenic belt[J]. Science in China(Series D), 1996, 26(3): 193-200.
- 赵越,杨振宇,马醒华.东亚大地构造发展的重要转折[J].地质科学,1994,29(2):105-119.
- ZHAO Yue, YANG Zhenyu, MA Xinghua. Important turning point in the development of East Asian tectonic[J]. Chinese Journal of Geology, 1994, 29(2):105-119.
- 侯增谦.大陆碰撞成矿论[J].地质学报,2010,84(1):30-51.
- HOU Zengqian. Metallogensis of continental collision [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(1):30-51.
- 卢欣祥.秦岭花岗岩揭示的秦岭构造演化过程[J].地球科学进展,1998,13(2):213-214.
- LU Xinxiang. Qinling granite revealed Qinling tectonic evolution [J]. Advance in Earth Sciences, 1998, 13 (2): 213-214.
- 卢欣祥,李明立,王卫,等.秦岭造山带的印支运动及印支期成矿作用[J].矿床地质,2008,27(6):762-773.
- LU Xinxiang, LI Mingli, WANG Wei, et al. Indosian movement and metallogenesis in Qinling orogenic belt[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(6):762-773.
- 毛景文,华仁民,李晓波.浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J].矿床地质,1999,18(4):291-299.
- MAO Jingwen, HUA Renmin, LI Xiaobo. Discussion on a large scale mineralization and ore district[J]. Mineral Deposits, 1999, 18(4):291-299.
- 董树文,吴锡浩,吴珍汉,等.论东亚大陆的构造演变—燕山运动的全球意义[J].地质论评,2000,46(1):8-13.
- DONG Shuwen, WU Xihao, WU Zhenhan, et al. Alice structural change in East Asia continent - the global significance of the Yanshan Movement[J]. Geological Review, 2000, 46(1):8-13.
- 华仁民,毛景文.试论中国东部中生代成矿大爆发[J].矿床地质,1999,18(4):300-308.
- HUA Renmin, MAO Jingwen. Apreli minary Discussion on the mesozoic metallogenetic explosion in East China[J]. Mineral Deposits, 1999, 18(4):300-308.
- 毛景文,王志良.中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨[J].矿床地质,2000,19(3):289-296.
- MAO Jingwen, WANG Zhiliang. A preliminary study on tmelmits and geody namic setting of large-scale metallogeny in East China[J]. Mineral Deposits, 2000, 19(3): 289-296.
- 毛景文,李晓峰.深部流体成矿系统[M].北京:中国大地出版社,2005.
- MAO Jingwen, LI Xiaofeng. Deep fluid metallogenetic system [M]. Beijing, China Land Press, 2005.