

河南省前河金矿矿床成因及成矿模式探讨

朱沛云,胡 斌,赖 峰,杨立志,骆 珊

(中南大学地球科学与信息物理学院,有色金属成矿预测教育部重点实验室,长沙 410083)

摘要: 前河金矿床地处华北地块南缘的熊耳地体南端,是典型的构造蚀变岩型金矿。文章在综合前人大量研究成果资料基础上,从成矿物质的源、运、储三个方面分析了矿床形成过程。流体包裹体数据反映该矿床为低盐度中低温热液矿床,成矿流体以岩浆水为主,并有大气降水的参与;铅、硫、氢氧稳定同位素组成反映,成矿物质来源以深部幔源为主;马超营深大断裂及其次级断裂构成该矿床重要的导矿与容矿构造。其成矿模式可表述为中生代华北地块与扬子地块碰撞造山过程中,熊耳地体南侧硅铝层沿马超营断裂A型俯冲至熊耳地体之下,致使熊耳地体下方的温压等物化条件发生改变,从而形成了前河地区的岩浆-流体系统,并在有利的构造部位成矿。

关键词: 前河金矿;马超营断裂带;A型俯冲;矿床成因;成矿模式;河南省

中图分类号: P611;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

前河金矿位于河南省嵩县旧县镇辖区内,属于构造蚀变岩型金矿床。矿床所在的东秦岭是我国重要的金矿成矿区,也是我国自古以来的重要产金区^[1];前河金矿是区内重要的构造蚀变岩型金矿床之一^[2]。

本文在系统总结前人工作成果的基础上,将分析矿床成因并探讨其成矿模式,以期丰富区内的金矿地质研究成果,并为区内的金矿找矿工作提供参考。

1 区域地质概况

前河金矿床地处小秦岭—熊耳山地区,大地构造位置属于华北地块与扬子地块拼合带,华北地块南缘华熊台隆外方山断隆区,为东秦岭造山带部分^[3-6](图1)。在地质演化史中,该区经历了中国东部燕山期的构造体制大转换和岩石圈减薄事件,产

出了大量燕山期热液金矿床及银、铅、钼矿床^[7],前河金矿则是区内已知规模较大的金矿床。

区内出露地层较为简单,结晶基底为新太古界太华群,构成了熊耳山等山岭的核部,是一套以片麻岩为主的中深变质岩系,变质程度普遍达到角闪岩相,局部已达麻粒岩相;盖层以中元古界长城系熊耳群为主,以断层或角度不整合与下伏太华群接触^[3]。区域构造以断裂为主,褶皱不甚发育;断裂以近EW-NWW向的潘河—马超营断裂带为主,其次为NE-NNE向的上宫断裂和焦园断裂,其他方向断裂不发育^[2,8-9]。区域内岩浆活动频繁,按其形成时代、岩性种类和产出环境不同,可划分为3个不同的岩浆构造旋回^[7,10]。一是形成本区结晶基底太华群中基性火山岩的新太古代岩浆构造旋回,二是形成以安山岩类为主的中元古代岩浆构造旋回,三是形成以中酸性岩浆侵入为主的燕山期岩浆构造旋回。其中,在燕山期构造旋回形成的合峪岩体侵入熊耳群火山岩中,岩体的成因类型为壳幔质重熔花岗岩^[11-12]。区内的断裂构造发育,表现为南北分别以马超营断裂和洛宁断裂相夹持,并衍生了一系列的次级断裂,为成矿提供了良好的导矿、配矿和容矿条件。区内矿化主要发育于太华群变质杂岩及熊耳群

收稿日期: 2013-05-27; 改回日期: 2013-10-15; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 朱沛云(1987-),男,硕士研究生,研究方向构造地质学,现从事地质矿产勘查、矿产预测等方面的工作。通信地址:湖南省长沙市麓山南路932号(中南大学校本部);邮政编码:410083;E-mail: zpyhstd@163.com

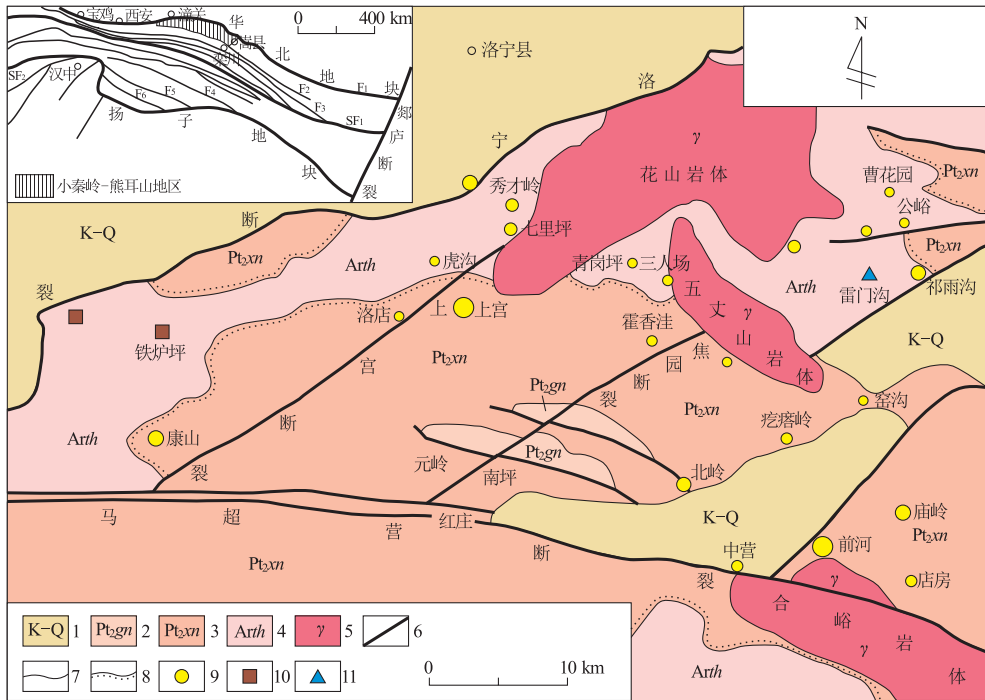


图 1 熊耳山地区区域地质图(据文献[3]修改)

Fig. 1 Regional geological map of Xiong'er Mountain area

1. 新生界; 2. 中元古界官道口群石英砂岩和白云岩; 3. 中元古界熊耳群火山岩; 4. 新太古界太华群片麻岩;
5. 花岗岩; 6. 断层; 7. 地质界线; 8. 不整合面; 9. 金矿床; 10. 铅锌银矿; 11. 铜矿; SF₁. 商丹断裂; SF₂. 勉略
缝合带; F₁. 秦岭北界逆冲断层; F₂. 石门—马超营逆冲断层; F₃. 洛南—栾川逆冲推覆断层; F₄. 十堰断层;
F₅. 石泉—安康逆冲断层; F₆. 红椿坝—平利断层

中的次级断裂带中^[13]。

2 矿床地质特征

前河金矿位于马超营深大断裂北侧, 南距合峪黑

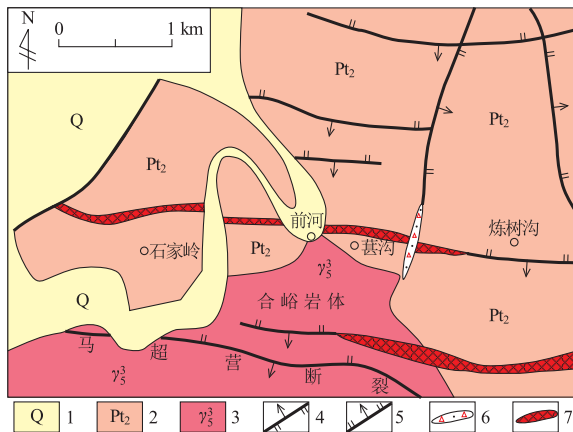


图 2 前河金矿区地质简图(据文献[14]修改)

Fig. 2 Geological Sketch of Qianhe Goldfield

1. 第四系; 2. 中元古界熊耳群; 3. 燕山期花岗岩; 4. 逆断层;
5. 正断层; 6. 角砾岩脉; 7. 矿化蚀变破碎带

云母二长花岗岩体 1 km^[15]。金矿体主要赋存在长城系熊耳群的破碎带中, 可分为葭沟和石家岭 2 个矿段(图 2), 其中葭沟矿段金品位高、储量较大, 为主采区。

矿区出露地层以长城系熊耳群为主, 包括鸡蛋坪组英安岩、流纹斑岩及安山岩和马家河组安山岩、杏仁状安山岩夹凝灰岩。熊耳群火山岩为金矿围岩, 覆盖整个金矿区。矿区岩浆活动表现为中元古代熊耳群陆相火山岩的喷发和燕山期岩浆的侵入。中生代燕山期合峪花岗岩体为似斑状黑云母花岗岩, 浅肉红色, 似斑状结构, 块状构造; 合峪岩体呈舌状分布于矿区南部, 侵入熊耳群火山岩。矿区断裂极为发育, 以近 EW 向为主, NE 向次之。近 EW 向 F₄ 断裂为成矿期断裂, 是本区主要控矿断裂; NNE 向 F₁₈ 断裂和近 SN 向 F₂₂ 断裂均为成矿期后断裂。其中, F₁₈ 表现为张—张扭性, 主要由构造角砾岩组成, 不具矿化, 该断裂切过 F₄ 断裂, 使 F₄ 在平面上错移了 118 m±, 破坏矿体连续性; F₂₂ 在地表表现不太明显, 破碎带中构造角砾岩发育, 断裂带中蚀变及矿化不明显, 其生成期次与 F₁₈ 一样, 晚于 F₄, 但未见 F₁₈ 与 F₂₂ 的交切关系。

矿区已知矿体严格受近 EW 向断裂控制,可分东、西两段。东段位于 F₁₈ 东,长 520 m,宽 6~28 m,走向 90°~100°,形态较复杂,沿走向具膨大收缩现象,以中浅部矿化蚀变较强;西段位于 75 勘探线至 F₁₈ 之间,长 540 m,宽集中于 30~40 m,走向 70°~100°,产状复杂,以分支为特征,且蚀变与矿化作用表现为近地表及浅部较弱,中深部蚀变与矿化作用较强。

矿石主要为细脉浸染型,平均金品位 $w(\text{Au}) = 2.92 \times 10^{-6}$ 。金矿石主要金属矿物有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿等;主要脉石矿物有石英、钾长石、方解石等,次生矿物有褐铁矿、白铅矿等。矿床的形成可划分为 3 个成矿阶段,从早到晚依次为:①黄铁矿-石英阶段(金矿化先导阶段);②石英-硫化物阶段(金矿化主要阶段);③碳酸盐-卤化物阶段(金矿化减弱阶段)。

3 矿床成因探讨

3.1 关于矿源层

至今为止,对于本金矿区的金矿源层金来源的研究仍缺乏直接的证据,但在测试技术的改进和测试精度提高的前提下,通过对比地层含金性(见表 1)并结合构造与岩浆活动等研究,对金主要来源于太华群的认识是一致的。

从表 1 中可知,不同学者对太华群与熊耳群两套地层含金丰度的测试结果有所差异。有学者认为,太华群在变质作用过程中,大量的易释放金已被活化转移^[16-18];而熊耳群金丰度远低于克拉克值。

一方面,现今太华群含金丰度($w(\text{Au}) \approx 1.0 \times 10^{-9}$)低于克拉克值($w(\text{Au}) = 4.0 \times 10^{-9}$)已被人们接受。太华群的原岩主要为基性火成岩^[19],其原始

金丰度可能较高,在太华群发生区域变质过程中,岩石中的金可能活化而向下迁移,再使金富集于中下地壳。此外,通过计算太华群中长期地质作用后残留的不易释放金与钼地球化学特征,黎世美等^[20]近似得出小秦岭—熊耳山地区变镁铁质火山原岩含金质量分数为 23.50×10^{-9} ,李德天^[16]对区内超镁铁质-镁铁质岩测试得出金的质量分数为 107.20×10^{-9} ,表明太华群中的部分原岩富金特征。在早白垩世岩石圈快速减薄及伸展期间,地幔上涌使富金的下地壳局部熔融形成酸性岩浆,然后沿构造薄弱带上升侵位,金则以含金热液方式沿断裂沉淀充填或交代矿围岩沉淀,从而导致金矿的形成^[21]。另一方面,由于熊耳群未遭受区域变质作用和混合岩化作用,缺少使金发生大规模活化转移的条件,因而熊耳群不是本区金矿的主要矿源层^[22]。上述资料表明,本区金矿形成的矿源物质可能来源于太华群。

3.2 稳定同位素地球化学特征

3.2.1 氢氧同位素特征

分析对比前人对该区所测氢氧同位素(表 2)并得到 $\delta\text{D}-\delta(^{18}\text{O})$ 的投影图(图 3)。结果表明区域上太华群混合岩与伟晶岩落到建造水区,可能是由于区域构造使雨水与围岩发生同位素交换作用所致^[23];燕山期花岗岩落入岩浆水中,说明花岗岩体的形成与幔源有关;本矿区落入变质水中并紧邻岩浆水。Taylor^[24]认为岩浆水的 $\delta(^{18}\text{O})$ 为 $5.5 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3}$, δD 为 $-50 \times 10^{-3} \sim -95 \times 10^{-3}$,表明本矿区成矿热液中有部分雨水的加入,致使数据点向雨水、变质水方向偏移,但依然显示出与岩浆水的亲缘性特点。

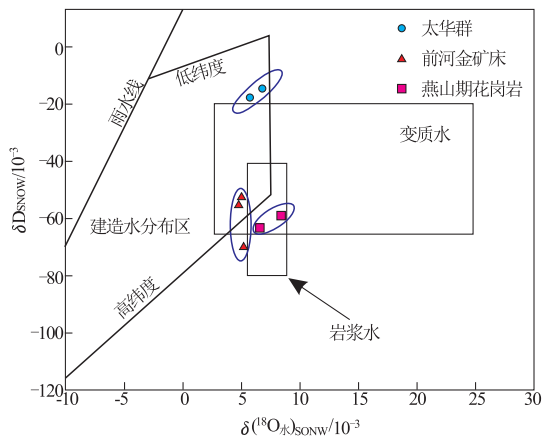


图 3 前河金矿 $\delta\text{D}-\delta(^{18}\text{O})$ 投影图

Fig. 3 The $\delta\text{D}-\delta(^{18}\text{O})$ value projection for Qianhe gold deposit

表 1 太华群与熊耳群金丰度对比

Table 1 The gold abundance comparison between Taihua group and Xiong'er group

地层	$w(\text{Au})/10^{-9}$	测试说明	数据来源
太华群	0.98	太华群平均含量	胡受奚等(1988)
	0.80	结晶基底金丰度	陈衍景等(1992)
	107.20	超镁铁质-镁铁质岩	李德天(1989)
熊耳群	0.60	熊耳群	石毅等(1987)
	15.40	熊耳群下部	乔怀栋等(1988)
	0.40	熊耳群	胡受奚等(1988)
	0.60	熊耳群各组	黎世美等(1989)
	0.70	熊耳群	陈衍景等(1992)

表 2 前河金矿成矿流体氢氧同位素组成

Table 2 The ore-forming fluids of H and O isotope compositions in Qianhe gold deposits

序号	测试对象	$\delta(^{18}\text{O})/10^{-3}$	$\delta(^{18}\text{O})/10^{-3}$	$\delta\text{D}/10^{-3}$	数据来源
1	太华群混合岩	9.9	6.8	-24.5	范宏瑞等,1994
2	太华群伟晶岩	9.9	5.8	-27.6	
3	燕山期花岗岩	7.9	6.6	-68.7	
4		9.8	8.5	-64.7	
5	前河金矿床	12.0	4.77	-61.0	李莉等,1999
6		12.8	7.97	-59.0	
7		13.7	5.2	-74.3	任富根等,1996

表 3 前河金矿岩(矿)石铅同位素组成

Table 3 The lead isotopic compositions for rocks and mineral in Qianhe gold deposits

序号	位置	测试对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	数据来源
1	太华群	黑云斜长片麻岩	17.400	15.469	38.174	范宏瑞等,1994
2		角闪斜长片麻岩	16.511	15.512	36.266	
3		黑云斜长片麻岩	17.353	15.492	42.558	
4		金云母角闪岩	16.968	15.359	37.775	
5		斜长角闪岩	17.609	15.547	37.645	邵世才等,1992
6		角闪斜长片麻岩	17.530	15.345	38.569	
7			17.400	15.400	37.998	
8	熊耳群	大斑安山岩	16.907	15.421	36.346	范宏瑞等,1994
9		安山岩	16.647	15.300	36.876	
10		杏仁状安山岩	16.439	15.271	36.489	
11		蚀变安山岩	17.116	15.405	37.345	
12	前河金矿床	黄铁矿	17.784	15.517	38.057	李莉等,1999
13		方铅矿	17.384	15.354	37.336	
14		黄铁矿	17.106	15.443	37.849	杨国平,1990
15		黄铁矿	17.142	15.458	38.091	
16		黄铁矿	17.157	15.359	37.306	杨洁才等,1990
17		方铅矿	17.206	15.526	38.127	

3.2.2 硫同位素特征

采用区内太华群、熊耳群硫同位素统计数据^[22]和前河金矿床中黄铁矿、方铅矿硫同位素^[15]组成进行分析,并得出相关图解(图 4)。由图 4 易知,区域地层太华群、熊耳群的³⁴S 为岩浆硫,以喷气流体、喷气硫化物形式为主;前河金矿床³⁴S 低,负值,赋存于黄铁矿中。

两者的差异表明前河金矿床的初始硫同位素的形成很有可能是由于成矿过程中物化条件的改变而引起同位素分馏所致,其原因可能是由于成矿流体中 f_{O_2} 较高(达到 $10^{-30} \sim 10^{-33}$)^[15],在溶液中利于³⁴S 形成 SO_4^{2-} ,导致³⁴S 含量降低。此外,硫含量与硫同位素组成有一定关系,并受产出环境限制,一般认为幔源具有负铁的硫同位素组成特征, $\delta(^{34}\text{S})$ 近于 0;较大的 $\delta(^{34}\text{S})$ 变化区间与地壳再循环组分有关^[25]。

3.2.3 铅同位素特征

区域上太华群、熊耳群岩石的铅同位素组成与

前河金矿床矿石的铅同位素组成特征见表 3 所述。

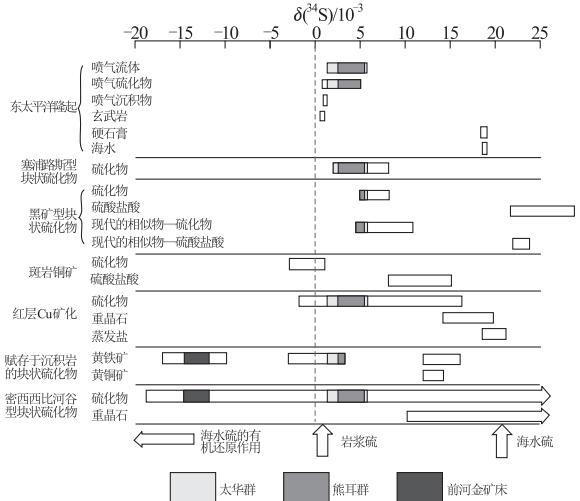


图 4 前河金矿 $\delta(^{34}\text{S})$ 投影图

Fig. 4 The $\delta(^{34}\text{S})$ projection for Qianhe gold deposit

表 4 前河金矿流体包裹体成分^[15]

Table 4 The composition of fluid inclusions in Qianhe gold deposits

样号	气相成分/ 10^{-6}								液相成分/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$						
									阴离子			阳离子			
	H_2	O_2	N_2	CH_4	C_2H_4	CO	CO_2	H_2O	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
I	0.08	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	148.0	303.0	17.4	83.8	19.6	25.9	67.4	9.67	1.91
II	0.04	0.0	2.75	0.0	0.0	0.0	100.0	198.0	16.7	108.0	67.6	14.4	135	11.6	1.57

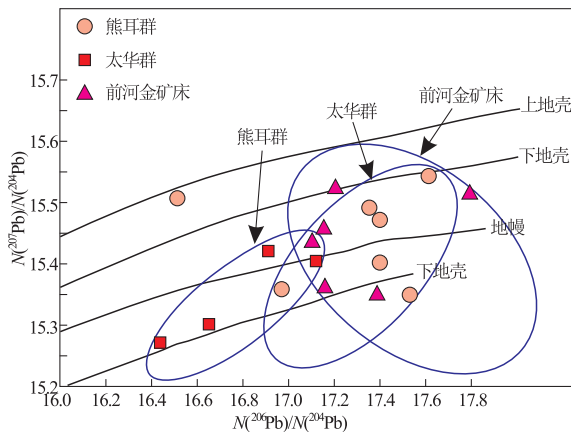


图 5 前河金矿铅同位素构造模式图

(据文献[27], 改编)

Fig. 5 Lead isotopic tectonic pattern for Qianhe gold deposit

前河金矿床 6 个数据均属于正常铅,但²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb和²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb极差值达 1.5 左右,组成变化较大,表明了长期的成矿作用与复杂的物质来源。在铅同位素构造模式图(图 5)中见熊耳群的铅同位素主要分布在地幔和下地壳附近,太华群与前河金矿床的铅同位素集中分布均于地幔附近,而且还受造山带的改造作用。

3.3 流体包裹体地球化学特征

3.3.1 成矿温度、盐度和压力

前河金矿床石英脉中流体包裹体较丰富,前人对其研究较为深入^[15,25,28]。杨立强等测得此金矿床均一温度介于 132~320 ℃ 之间,主体范围在 153~245 ℃,成矿流体盐度为 0.71%~17.5%,主体介于 1.2%~6.3%之间^[25];李莉等测得均一温度范围在 212.5~331 ℃ 之间,盐度介于 1.0%~13.4%之间,压力介于 392×10⁵~576×10⁵ Pa 之间^[15];卢欣祥等测得成矿温度介于 250~343 ℃ 之间,成矿压力介于 300×10⁵~700×10⁵ Pa^[28]。由此表明,前河蚀变岩型金矿应该属于低盐度的中低温热液型矿床。低盐度值指示了大气水参与成矿作用,而较高的盐度值则很有可能与流体沸腾作用有关^[29],由此可以推

测前河金矿床成矿流体可能有大气水的参与作用。

3.3.2 流体包裹体成分

前河金矿石英脉中原生流体包裹体多为椭圆状、不规则状,粒径多在 2~6 μm,局部具定向带状排列现象^[15]。按相态和成分可划分为单相(气或液)包裹体(I型)、富液两相包裹体(II型)和含 CO₂三相包裹体(III型)^[29];少量气相流体包裹体与气液包裹体共存现象表明,成矿流体曾发生过沸腾或不混溶现象^[28,30]。

在流体包裹体成分(表 4)中,气相成分主要为 H₂O 和 CO₂,及少量的 N₂,其中 $w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O})$ 比值较高,CO₂ 所占比例较大^[25],反映了成矿流体中 CO₂ 较高;流体内阴离子以 Cl⁻ 为主,F⁻ 与 SO₄²⁻ 次之,阳离子以 Na⁺ 为主,K⁺ 次之。由此分析可知,成矿流体类型为以富含挥发分 H₂O 和 CO₂ 的 Na⁺-Cl⁻-SO₄²⁻ 系统。

3.4 矿液运移与赋存

前河金矿区近 EW 向的马超营断裂带是该矿区的主要导矿构造,具有切割深长期活动等特点。该断裂带切割了区内太华群及熊耳群所有地层,断裂带中以熊耳群火山岩为主,发育有构造片岩、糜棱岩,构造片理化碎裂岩及碎裂岩等,经历了韧性与脆性变形作用;断裂南侧片理极为发育,以韧性变形为特征;北侧构造蚀变岩发育,以脆性断裂为特征^[31-32]。

前河金矿床位于马超营断裂带北侧上盘,幔源含矿热液沿主断层上升,为成矿提供了良好的条件。近 EW 向的 F₄ 是马超营断裂的次级构造,是矿区的主要导矿和容矿构造,控制了矿体的总体产出^[33]。矿体分布于合峪花岗岩体北缘,说明了该岩体对矿床的控制作用,同时体现了燕山期岩浆侵入活动为成矿过程提供热动力条件,驱使金元素活化转移并在合适的条件下富集成矿。

4 成矿模式探讨

前已述及,前河构造蚀变岩型金矿床成矿热液

具低盐度、中低温性质,其形成受断裂构造、岩浆活动及地层等因素控制。成矿流体以幔源为主,并在晚期有大气降水的参与;金质来源复杂,以岩浆热液为主,深部幔源流体本身及古老结晶基底太华群也是矿质元素不可或缺的来源。它们表明了碰撞造山成岩成矿模式^[34]对前河金矿及其相关岩浆作用的发育机制和过程^[35]的阐释是适用的。

形成于元古宙早期的华北大陆地块南缘于中元古代与古秦岭洋地块挤压碰撞,至古生代末,华北华南两地块碰撞,古秦岭洋闭合,B型俯冲结束^[36]。进入中生代,扬子地块与华北地块碰撞,熊耳地体南侧的硅铝壳层沿马超营深大断裂A型俯冲至熊耳地体之下,致使熊耳地体下部温压升高,深部物质发生变质脱水、熔融。由此产生的深部流体或熔体沿马超营深大断裂向低温低压的浅部迁移,并活化萃取太华群及浅部或通道附近的活动组分,金元素在此过程逐渐富集,运移到次级断裂F₄等附近沉淀并形成工业矿体(图6)。由于俯冲板片向熊耳地体下插深度增加,其温度和压力也随之升高,物质活化也依序发生(按晶格能由低至高),从而致使元素、岩石及矿床的规律分带,形成热液型矿床带(D)、花岗岩带(G)与斑岩带(P)^[31]。其中,D带常为Au,Ag,Pb,Zn,Cu,Mo,As,S,Te,Sb,Hg等亲硫元素矿化,属于中-低温热液矿床;G带常为W,Sn,Be,Nb,Ta,REE,U,Li,Cs等亲氧或亲石元素矿化,属于典型的深侵位改造型岩浆岩;P带矿化元素复杂,属于浅侵位改造型中酸性-酸性岩浆(带)。

前河蚀变岩型金矿的地质特征及成矿流体与同位素地球化学特征均可用碰撞造山成岩成矿模式得

到合理的解释。

5 结论

前河金矿是典型的构造蚀变岩型金矿床之一,其铅、硫、氢氧稳定同位素与流体包裹体地球化学特征均体现了成矿流体的幔源性及晚期的雨水加入演化,成矿物质主要源于马超营深大断裂A型俯冲,使深部发生脱水、熔融而形成的岩浆流体系统,并沿该深大断裂运移至低温低压的浅部,在其次级断裂等合适空间富集成矿。即前河金矿形成于大陆碰撞造山过程,属于碰撞造山成岩成矿模式中的D带矿床。

致谢:本文参考了前人的大量研究成果资料,承蒙胡斌教授的悉心指导与大力支持,谨此致以诚挚的谢意。

参考文献:

- [1] 王文孝. 秦巴金论文集[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [2] 燕建设,庞振山,岳铮生,等. 马超营断裂带构造特征及金矿成矿研究[M]. 河南:黄河水利出版社,2005.
- [3] 卢欣祥,尉向东. 小秦岭—熊耳山地区金矿特征与地幔流体[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [4] 任富根,李维明. 熊耳山—崂山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型[M]. 北京:地质出版社,1996.
- [5] 任富根,丁士应,李增慧,等. 豫西元古宙盆岭构造及其形成机制[J]. 中国区域地质,1996,(3):239-243.
- [6] 杨群周,彭省临. 河南金矿床的多因复成特征及分布规律[J]. 有色金属矿产与勘查,1999,8(2):74-78.
- [7] 郭保健,李永峰,王志光,等. 熊耳山Au-Ag-Pb-Mo矿集区成矿模式与找矿方向[J]. 地质与勘探,2005,41(5):43-47.
- [8] 燕建设,星玉才. 马超营断裂带区域地球化学特征[J]. 河南地质,1999,17(1):6-23.
- [9] 燕建设,王铭生,杨建朝,等. 豫西马超营断裂带的构造演化及其与金等成矿的关系[J]. 中国区域地质,2000,19(2):166-171.
- [10] 曹焯. 河南省嵩县前河金矿矿物地球化学与深部预测[D]. 北京:中国地质大学(北京),2007.
- [11] 毛景文,李晓峰,张荣华,等. 深部流体成矿系统[M]. 北京:中国大地出版社,2005.
- [12] 毛景文,李晓峰. 深部流体及其与成矿成藏关系研究现状[J]. 矿床地质,2004,23(4):520-532.
- [13] 罗铭玖,黎世美,卢欣祥. 河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列[M]. 北京:地质出版社,2000.
- [14] 河南有色地质第二地质队. 河南省嵩县前河204m标高以下金矿详查报告[R]. 郑州:有色地质第二地质队,2012.
- [15] 李莉,卿敏,陈祥. 河南前河金矿床地球化学特征[J]. 黄金

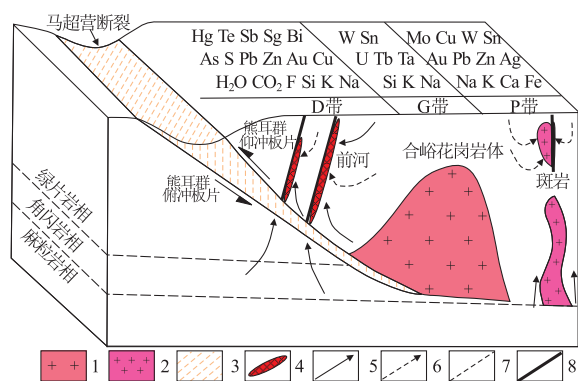


图6 前河金矿床成矿模式图(据文献^[34],修改)

Fig. 6 The metallogenic model for Qianhe gold deposit

1. 花岗岩;2. 斑岩;3. 断裂剪切带;4. 矿体;5. 深源流体;

6. 大气降水;7. 变质相界线;8. 断裂

- 地质, 1999, 5(3): 75-80.
- [16] 李德天. 熊耳山地区太华群地层对金的控制作用[J]. 豫西地质, 1989, 8(1): 23-30.
- [17] 陈衍景, 富士谷. 豫西金成矿规律[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [18] 王铭生, 燕建设, 星玉才, 等. 马超营断裂带金矿床 $\delta(^{34}\text{S})$ 特征及有关问题讨论[J]. 河南地质, 1998, 16(2): 81-86.
- [19] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [20] 黎世美, 瞿伦全, 李新民, 等. 熊耳山地区蚀变构造岩型金矿成矿地质条件富集规律成矿模式及远景预测[M]//秦巴金矿论文集. 北京: 地质出版社, 1993: 96-132.
- [21] 王志光, 崔毫, 徐孟罗, 等. 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1997.
- [22] 范宏瑞, 谢奕汉, 赵瑞, 等. 豫西熊耳山地区岩石和金矿床稳定同位素地球化学研究[J]. 地质找矿论丛, 1994, 9(1): 54-64.
- [23] Clayton R N, O'Neil J R, Mayeda T K. Oxygen isotope exchange between quartz and water[J]. Journal of Geophysical Research, 1972, 77(17): 3057-3607.
- [24] Taylor B E. Magmatic volatiles: Isotopic variation of C, H, and S[J]. Reviews in Mineralogy, 1986, 16: 185-226.
- [25] 杨立强, 王中亮, 吴发富, 等. 河南前河金矿床成矿流体特征与来源: 流体包裹体地球化学与同位素约束[J]. 矿物学报, 2009, 29(Z1): 259-260.
- [26] 邵世才, 何绍勋, 彭恩生. 华北地台南缘金成矿带铅同位素研究[J]. 中南矿冶学院学报, 1992, 23(6): 639-645.
- [27] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics—the model[J]. Tectonophysics, 1981, 75(1/2): 135-162.
- [28] 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.
- [29] 唐克非, 李建威. 河南嵩县前河金矿化特征、成矿时代与矿床成因[J]. 矿物学报, 2009(增刊): 136-137.
- [30] Roedder E. Fluid inclusions: Reviews in Mineralogy[M]. Mineralogical Society of America, 1984: 1-644.
- [31] 张元厚, 张世红, 韩以贵, 等. 华熊地块马超营断裂走滑特征及演化[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(2): 169-176.
- [32] 刘世华, 杨可. 河南马超营断裂带中段构造解析与成矿意义[J]. 黄金科学技术, 2011, 19(5): 19-24.
- [33] 毛付龙. 河南前河金矿构造控矿规律分析及成矿预测[D]. 北京: 中国地质大学, 2008.
- [34] 陈衍景. 影响碰撞造山成岩成矿模式的因素及机制[J]. 地学前缘, 1998, 5(增刊): 109-117.
- [35] 郭东升, 陈衍景, 祁进平. 河南祁雨沟金矿同位素地球化学和矿床成因分析[J]. 地质论评, 2007, 53(2): 217-227.
- [36] 郭抗衡. 华北板块南缘区域成矿模式及金矿地质基本特征[J]. 河南地质, 1994, 12(2): 81-89.

Discussion on genesis and metallogenic model of Qianhe gold deposit in Songxian county, Henan province

ZHU Peiyun, HU Bin, LAI Feng, YANG Lizhi, LUO Shan

(School of Geo-sciences and Info-physics, Key Lab of Metallogenic Prediction of Non-ferrous Metals, South Central China University, Changsha 410083, China)

Abstract: The Qianhe gold deposit is a typical altered cataclastic rock gold deposit located in the Xiong'er terrane, southern margin of the North China massif. Based on the former researches this paper analyzes the metallogeny of the deposit in aspects of the ore material source, transportation and storage. The fluid inclusions data shows that it is a epithermal-mesothermal gold deposit with low salinity and the ore fluid is dominated by magmatic water but incorporated with meteoric water. Pb, S, H, O isotopic data show main derivation of the ore materials from depth of mantle. Machaoying fault and the secondary faults are both the conductive and host structures. The metallogenic model is that during collision orogenesis between the Yangze plate and North China continental plate in Mesozoic A-type subduction of the southern side of the Xiong'er terrane's silica-alumina layer under north side of Xionger terrain occurred along the Machaoying fault resulting in change of the temperature and pressure and other physicochemical conditions and Qianhe magma-fluid system and the gold deposit at favorable position.

Key Words: Qianhe gold deposit; Machaoying fault; A-type subduction; genesis of the deposit; metallogenic model; Henan province