

doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.2017.0519

徐书奎. 豫西寺家沟金矿床氢氧硫同位素特征及地质意义[J]. 地质科技情报, 2017, 36(5): 143-147.

豫西寺家沟金矿床氢氧硫同位素特征及地质意义

徐书奎

(河南省有色金属地质矿产局第一地质大队, 郑州 450016)

摘 要: 豫西寺家沟金矿床是崤山地区主要金属矿床之一, 是典型的蚀变破碎带型金矿床, 对矿床主要矿脉矿石进行的氢氧硫同位素研究显示: 寺家沟金矿床矿石 δD_{V-SMOW} 范围为 $-97\% \sim -74\%$, 平均 -88% , $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ 范围为 $9.9\% \sim 14.5\%$, 平均 12.5% , 在寺家沟金矿床金矿 $\delta D-\delta^{18}O$ 图上, 所有数据落在岩浆水和变质水的范围之下或临近, 表明金矿的氢氧同位素组成较为复杂, 类似于岩浆水和变质水; 硫同位素 $\delta^{34}S$ 介于 $2.29\% \sim 5.66\%$, 平均 3.28% , 硫同位素组成较均一, 以较小的正值为特征, 与幔源硫特征较为接近, 表明硫主要来源于地幔。综合分析认为, 寺家沟金矿床成矿物质以幔源物质为主。

关键词: 豫西; 寺家沟; 金矿床; 氢氧同位素; 硫同位素

中图分类号: P597

文献标志码: A

文章编号: 1000-7849(2017)05-0143-05

寺家沟金矿床位于豫西崤山中东部的, 是崤山地区主要的金属矿床之一。前人^[1-3]曾对寺家沟金矿床的地质特征、地球化学特征、矿床成因、找矿方向等进行了研究, 取得了较好的研究成果, 但关于矿床的成矿物质来源研究尚未见报道。笔者拟通过对寺家沟金矿床氢氧硫同位素地球化学特征的研究, 探讨其成矿物质来源和成矿动力学特征, 为深入研究崤山地区金矿床的成因提供新的参考。

1 区域地质背景

寺家沟金矿床所处大地构造位置为华北地台南缘与北秦岭造山带的衔接过渡带^[4], 即秦岭北缘后陆逆冲断褶构造带上, 北以潼关—三门峡—鲁山—舞阳断裂为界与华北地台相邻, 南以卢氏—栾川—方城断裂为界与北秦岭造山带相隔, 西侧以三门峡—灵宝—朱阳镇断裂与小秦岭为界, 东以宜阳—洛宁—卢氏断裂将崤山与熊耳山分隔(图1)。按照伸展构造理论, 寺家沟金矿床所处的崤山地区为一典型的变质核杂岩^[5-9], 其核部由太古宇太华群结晶基底组成, 周缘为拆离断层, 盖层由中元古界熊耳群组成。

2 矿床地质特征

2.1 地层

寺家沟地区出露地层主要为太古宇太华群 ArTH 和第四系(Q)(图2)。

(1) 太古宇太华群(ArTH) 太古宇太华群出露杨寺沟组(Ar₂y)上段和下段。

杨寺沟组(Ar₂y)呈残余顶盖或包体状产出, 被新太古代变质花岗岩系及龙凤沟斜长角闪岩(变辉长辉绿岩)岩墙(脉)侵入、穿切, 为一套浅粒岩、变粒岩组合, 属副变质表壳岩系, 代表了新太古代地壳经历的一次沉积事件。

下岩段(Ar₂y¹): 主要岩性为浅粒岩、含黑云浅粒岩夹白云石英片岩及黑云变粒岩。岩石中普遍含磁铁矿及铁铝榴石。

上岩段(Ar₂y²): 主要岩性为黑云变粒岩、黑云斜长变粒岩夹浅粒岩、白云石英片岩, 含磁铁矿, 局部见铁铝榴石、石墨等特征变质矿物。

(2) 第四系(Q) 中更新统离石黄土(Qp₂l), 为一套具垂直节理的厚层状黄色亚砂土夹土红色略具水平层理的薄层亚黏土, 部分地段夹多层厚 0.2~1.0 m 的钙质结核层。其主要属风成堆积, 具冲积—洪积成因。

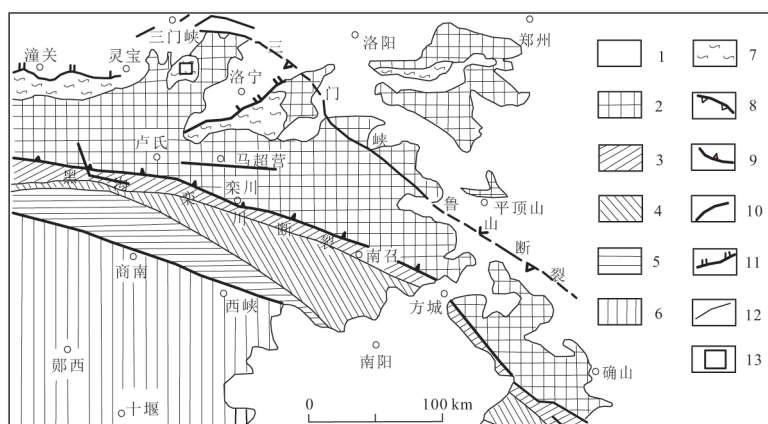
2.2 构造

区内构造以断裂为主, 共发现断裂构造 10 余条, 主要分布在温地沟—寺家沟一带。断裂受沿不整合面分布的区域拆离断层控制, 产出拆离断层下盘的太华群中。按断裂走向分为北东向、北西向和南北向 3 组, 其中北东向断裂是寺家沟矿区的主要断裂, 也是控矿断裂, 断裂内充填有石英脉, 并伴有黄铁矿化、方铅矿化等金属矿化, 形成薄而富的矿体。

收稿日期: 2016-06-11

编辑: 杨 勇

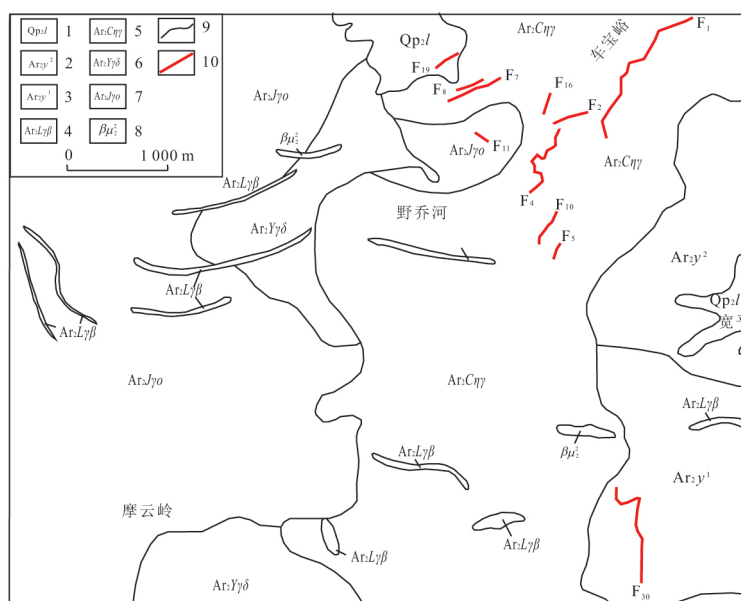
作者简介: 徐书奎(1986—), 男, 工程师, 主要从事地质矿产勘查与研究工作。E-mail: xsk623@163.com



1. 第四系; 2. 华北陆块盖层; 3. 宽坪群; 4. 二郎坪群; 5. 秦岭群; 6. 南秦岭造山带; 7. 华北及扬子陆块基底太古宇; 8. 山麓逆冲断层; 9. 栾川逆冲断层; 10. 区域大断层; 11. 拆离断层; 12. 地层界线; 13. 寺家沟金矿床

图 1 寺家沟金矿床区域地质简图

Fig. 1 Regional geology sketch of Sijiagou gold deposit



1. 第四系离石黄土; 2. 太古宇太华群杨寺沟组上段黑云变粒岩; 3. 杨寺沟组下段黑云变粒岩; 4. 变质辉长辉绿岩; 5. 曹家窑片麻状二长花岗岩; 6. 野乔河片麻状花岗闪长岩; 7. 洞里河片麻状奥长花岗岩; 8. 辉绿岩; 9. 地质界线; 10. 断裂及编号

图 2 寺家沟金矿床地质简图

Fig. 2 Geological sketch of Sijiagou gold deposit

(1) 北东向断裂 北东向断裂是本区的主要含矿断裂, 分布在矿区东北部的温地沟—寺家沟一带, 为一组平行产出的缓倾斜断裂构造。

以 F_1 、 F_5 、 F_{10} 等为主的北东向断裂构造赋存在太古宇太华群中, 走向 $20^\circ \sim 30^\circ$, 倾向 $110^\circ \sim 120^\circ$, 倾角 $10^\circ \sim 40^\circ$; 个别倾向北西, 倾角 $20^\circ \sim 45^\circ$ 。沿走向长度 $600 \sim 1\ 100$ m, 断裂面光滑平直, 沿走向和倾向上具舒缓波状变化, 并具分枝复合现象, 具压扭性特点。断裂内充填石英脉, 并伴有黄铁矿、方铅矿等金属矿化, 多形成薄而富的矿体。

(2) 北西向断裂 该组断裂有 1 条 (F_2), 分布于寺家沟北中部雨沟—安沟交汇处的高岭上, 长度

660 m, 产状 $40^\circ \angle 20^\circ$ 。断裂性质为压扭性, 断裂带内伴有蚀变和金属矿化存在。

(3) 南北向断裂 该组断裂仅 1 条 (F_{30}), 位于寺家沟东南角边界处, 长度约 900 m, 总体倾向 $260^\circ \sim 280^\circ$, 倾角 $13^\circ \sim 25^\circ$, 断裂内伴有蚀变和金属矿化存在。

2.3 岩浆岩

区内主要出露新太古代侵入岩及少量辉绿岩、辉绿玢岩岩脉等。新太古代侵入岩在区内大面积出露, 岩性为曹家窑片麻状二长花岗岩 ($Ar_2C\eta\gamma$)、洞里河片麻状奥长花岗岩 ($Ar_2J\gamma o$)、野乔河片麻状花岗闪长岩 ($Ar_2Y\gamma\delta$) 及变质辉长辉绿岩 ($Ar_2L\gamma\beta$), 具

中—浅变形变质程度,以众多侵入体组合的岩基形式产出。

2.4 矿脉(体)特征

区内共发现矿脉 10 余条,主要为 K1、K5、K10 等,矿脉严格受断裂构造带的控制,主要为北东向,其次为北西向和近南北向。

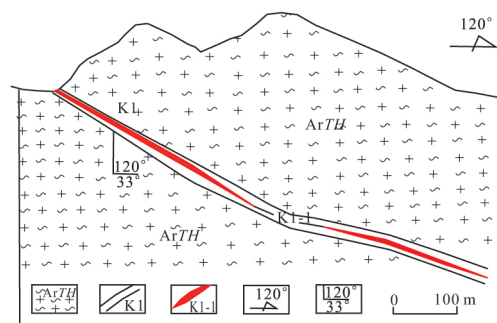
K1 矿脉分布于矿区北部车宝峪中岔—雨沟一带,受 F_1 断裂控制,长度 1 300 m,产状 $115^\circ \angle 20^\circ \sim 50^\circ$,宽度 0.10~2.00 m,为蚀变岩夹石英脉型。矿化以金为主,伴生银、铅、锌,金品位为 $3.68 \times 10^{-6} \sim 66.70 \times 10^{-6}$,平均 7.42×10^{-6} ,品位变化系数 85.89%。在矿体中部出现一段无矿天窗,无矿天窗呈南北向,长约 420 m,宽(斜深)约 120 m(图 3)。

K5 矿脉分布于矿区东部槐岭坡—雨沟一带,受 F_5 断裂控制,地表出露不明显,主要受坑道和钻孔控制,沿走向控制长度 760 m,产状 $115^\circ \angle 10^\circ \sim 35^\circ$,宽度 0.10~2.00 m,为蚀变岩型夹条带状石英脉。矿化以银为主,伴生金、铅、锌,银品位为 $55.71 \times 10^{-6} \sim 10\,590.00 \times 10^{-6}$,平均品位 614.97×10^{-6} ,品位变化系数 146.51%;金品位为 $0.13 \times 10^{-6} \sim 71.15 \times$

10^{-6} ,平均 2.48×10^{-6} ,品位变化系数 316.99%。

K10 矿脉分布于矿区中部的椿沟,受 F_{10} 断裂控制,长度 580 m,产状 $115^\circ \angle 11^\circ \sim 24^\circ$,宽度 0.10~1.00 m,为蚀变岩夹石英脉型。矿化以银为主,伴生金、铅、锌,银品位为 $305.00 \times 10^{-6} \sim 1\,652.21 \times 10^{-6}$,平均 874.57×10^{-6} ,品位变化系数 117.20%;金品位为 $0.10 \times 10^{-6} \sim 4.23 \times 10^{-6}$,平均 1.97×10^{-6} ,品位变化系数 91.88%。

主要矿脉特征见表 1。



1. 太古宇太华岩群;2. 构造矿化脉;3. 矿体;4. 剖面方位;5. 产状
图 3 寺家沟金矿床勘探线剖面

Fig. 3 Prospecting line profile of Sijiagou gold deposit

表 1 寺家沟金矿床主要矿脉特征

Table 1 Main vein characteristics of Sijiagou gold deposit

矿脉编号	长度/m	产状/(°)	宽度/m	平均品位/ 10^{-6}		类型
				Au	Ag	
K1	1 300	$115^\circ \angle 20^\circ \sim 50^\circ$	0.10~2.00	8.51	130.71	蚀变岩夹石英脉型
K4	1 050	$115^\circ \angle 10^\circ \sim 35^\circ$	0.20~1.50	4.44	100.65	蚀变岩型
K5	760	$115^\circ \angle 10^\circ \sim 35^\circ$	0.10~2.00	32.56	114.93	蚀变岩夹石英脉
K10	580	$115^\circ \angle 11^\circ \sim 24^\circ$	0.10~1.00	7.06	81.60	蚀变岩夹石英脉
K2	660	$40^\circ \angle 20^\circ$	0.50~1.00	5.41	61.73	蚀变岩夹石英脉型
K7	760	$153^\circ \angle 30^\circ \sim 40^\circ$	0.20~1.00	10.36	7.40	蚀变岩夹石英脉型
K9	150	$310^\circ \angle 27^\circ$	0.50~1.50	14.85	16.33	蚀变岩夹石英脉型
K30	900	$260^\circ \sim 280^\circ \angle 13^\circ \sim 25^\circ$	0.10~1.40	7.46	13.95	蚀变岩夹石英脉型
K31		盲矿体 $\angle 35^\circ$	1.03	5.51	6.30	石英脉型
K32		盲矿体 $\angle 28^\circ$	0.32	3.33	65.90	石英脉型
K33	20	$350^\circ \angle 30^\circ$	0.20~1.00	24.92	10.01	石英脉型
K34	100	$354^\circ \angle 44^\circ$	0.30~1.20	0.16	301.41	蚀变岩型
K35		盲矿体 $\angle 30^\circ$	0.96	0.96	123.00	石英脉型
K37		盲矿体 $\angle 10^\circ$	0.68	0.68	27.44	石英脉型

2.5 矿石特征

2.5.1 矿石结构、构造

(1) 矿石结构 矿石结构主要为它形粒状结构、半自形粒状结构和交代假象结构。据野外和镜下观察,矿石中石英、黄铁矿、方铅矿等以它形粒状为主,黄铁矿可见半自形粒状,闪锌矿被黄铁矿、方铅矿、黝铜矿交代。

(2) 矿石构造 矿石构造主要有脉状—网脉状、团块状、条带状和浸染状构造。

2.5.2 矿石矿物组成

矿石中金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿,次为黝铜矿、铜蓝、磁黄铁矿、赤铁矿和毒砂,偶见深红银矿与辉银矿,脉石矿物主要为石

英,其次有白云石、方解石、角闪石、绿泥石、斜长石、钾长石等。

2.5.3 矿石类型

寺家沟矿区矿石自然类型按矿石矿物组合及结构构造特征可划分为金银多金属石英脉型矿石(K1、K2、K7等)和银金多金属蚀变岩型矿石(K5和K10),寺家沟矿区矿石工业类型可分为石英—硫化物型金银多金属矿石和蚀变岩型银金多金属矿石。

2.5.4 成矿阶段

根据研究区矿石的结构、构造、矿物组合关系、生成顺序等特征分析,区内成矿大致分为 3 个阶段,分别为石英—黄铁矿阶段(早期)、石英—多金属硫化物阶段(中期)和方解石—硫化物阶段(晚期),其

中石英多金属硫化物阶段是主要成矿阶段。

2.6 围岩蚀变特征

区内围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、钾化、钠长石化、绿泥石化,次生蚀变有褐铁矿化、高岭土化,北部围岩蚀变以硅化为主,蚀变强度高,伴有钠长石化,金矿化好,南部围岩硅化蚀变相对较弱,伴有钾化,银矿化好,围岩蚀变宽度一般在 0.5 m 以内,硅化使围岩变得致密坚硬,钠长石化使暗色围岩产生褪色现象,颜色变浅。

3 测试样品特征及分析方法

氢氧硫同位素测试样品采自寺家沟 K1、K5、K10 矿脉的沿脉坑道内,样品为成矿中期的石英—多金属硫化物矿石,黄铁矿、石英包裹体单矿物分选工作由河北省廊坊区域地质调查所实验室完成,氢氧硫同位素测试工作由中国科学院地球化学研究所完成。

氢同位素采用加热爆裂法获得水,经过金属还原为氢气,在 MAT253 气体同位素质谱仪上测量,精度优于 $\pm 5\%$;氧同位素通过五氟化溴法氧化石英,获得氧气,通过 MAT253 气体同位素质谱仪上测量,精度优于 $\pm 0.2\%$;硫化物的硫同位素,通过氧化法把硫化物氧化为二氧化硫,在 MAT253 气体同位素质谱仪上测量,精度优于 $\pm 0.2\%$ 。

4 稳定同位素特征

4.1 氢氧同位素

在寺家沟 K1 和 K5 矿脉的矿石中采取了 6 件矿石样品,挑选其中的石英包裹体进行氢氧同位素测试,结果显示寺家沟金矿床矿石 δD_{V-SMOW} 范围为 -97% ~ -74% ,平均 -88% , $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ 范围为 9.9% ~ 14.5% ,平均 12.5% (表 2)。

表 2 氢氧同位素测试结果

Table 2 Test results of hydrogen and oxygen isotope

序号	样品号	名称	$\delta D_{V-SMOW}/\%$	$\delta^{18}O_{V-SMOW}/\%$	备注
1	TW01	石英	-96	12.5	寺家沟 K1 矿石
2	TW02	石英	-74	12.0	寺家沟 K1 矿石
3	TW04	石英	-78	14.9	寺家沟 K1 矿石
4	TW05	石英	-87	9.9	寺家沟 K1 矿石
5	TW011	石英	-97	14.5	寺家沟 K5 矿石
6	TW012	石英	-97	11.2	寺家沟 K5 矿石

注:数据由中国科学院地球化学研究所(贵阳)测定

4.2 硫同位素

在寺家沟金矿床的 K1、K5、K10 矿脉上采取了 18 件矿石样品,挑选其中的黄铁矿进行了硫同位素测试,其硫同位素 $\delta^{34}S$ 值为较小的正值,介于 2.29% ~ 5.66% 之间,平均 3.28% (表 3)。

表 3 寺家沟金矿床硫同位素测试结果

Table 3 Test results of sulfur isotope in Sijiagou gold deposit

序号	样品号	矿物	$\delta^{34}S_{PDB}/\%$	序号	样品号	矿物	$\delta^{34}S_{PDB}/\%$
1	TW01	黄铁矿	3.32	11	TW12	黄铁矿	3.32
2	TW02	黄铁矿	3.70	12	TW13	黄铁矿	2.45
3	TW03	黄铁矿	5.66	13	TW14	黄铁矿	2.45
4	TW04	黄铁矿	3.51	14	TW15	黄铁矿	2.50
5	TW06	黄铁矿	3.59	15	TW16	黄铁矿	3.56
6	TW07	黄铁矿	3.39	16	TW18	黄铁矿	3.36
7	TW08	黄铁矿	3.17	17	TW19	黄铁矿	2.29
8	TW09	黄铁矿	3.26	18	TW20	黄铁矿	3.02
9	TW10	黄铁矿	3.37		总平均		3.28
10	TW11	黄铁矿	3.17				

注:数据由中国科学院地球化学研究所(贵阳)测定

5 讨论

5.1 氢氧硫同位素对成矿物质来源的示踪

在寺家沟金矿床金矿 $\delta D-\delta^{18}O$ 图(图 4)上,所有数据落在岩浆水和变质水的范围之下或临近,表明金矿成矿流体中的氢氧同位素组成较为复杂,类似于岩浆水和变质水。

区内金矿石含硫矿物主要为黄铁矿,矿物组合为简单的金属硫化物,未见硫酸盐矿物出现,磁黄铁矿的出现反映了矿物形成时氧逸度较低^[10]。如果氧逸度较低体系中硫酸盐不能存在,矿物组合为简单金属硫化物时,磁黄铁矿或其他与磁黄铁矿平衡的硫化物似乎有近于 $\delta^{34}S_{S.S.}$ 的 $\delta^{34}S$ 值^[10]。

因此,可用矿床金属硫化物 $\delta^{34}S$ 值代表成矿流体中总硫同位素值,寺家沟金矿床硫化物的 $\delta^{34}S$ 值介于 2.29% ~ 5.66% ,平均值为 3.28% ,塔式分布效应明显(图 5),绝大多数 $\delta^{34}S$ 值介于 -5% ~ 5% 范围内,指示金矿成矿流体硫的幔源特征^[10],说明寺家沟金矿床成矿流体的硫主要来自地幔。

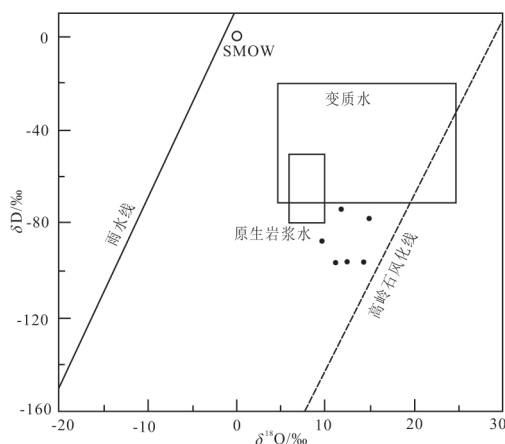


图 4 寺家沟金矿床金矿 $\delta D-\delta^{18}O$ 图

Fig. 4 Chart of $\delta D-\delta^{18}O$ in Sijiagou gold deposit

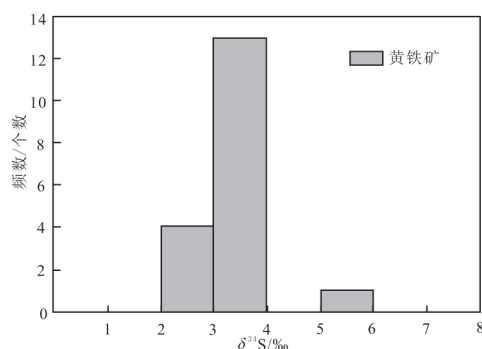


图5 寺家沟金矿床硫同位素分布直方图

Fig. 5 Distribution histogram of sulfur isotope in Sijiagou gold deposit

5.2 成矿动力学分析

元古宙—中三叠世,本区进入扬子板块北移向华北板块俯冲、拼贴、碰撞造山的构造演化阶段^[11],大量陆壳物质随俯冲板块被带入地幔,与地幔物质发生熔融、混染;至中—新生代,拉张构造运动使岩石圈减薄、软流圈上涌^[12],大量幔源岩浆上升至地表,并伴随大规模的变质作用和地幔去气,形成的地幔流体携带大量成矿物质沿深断裂带向上运移,激发、活化地壳中的矿质,使成矿流体中的矿化度进一步升高,在地壳浅部的次级断裂带中,由于压力的突然释放、大气降水的加入等,造成成矿流体物理化学条件发生骤变,导致成矿物质在构造有利部位沉淀富集,形成金矿体。

6 结 论

(1)氢氧同位素地球化学特征研究表明,研究区成矿流体中的氢氧同位素组成较为复杂,类似于岩

浆水和变质水。

(2)硫同位素地球化学特征研究表明,寺家沟金矿床硫同位素组成较均一,以较小的正值为特征,成矿流体中的硫主要来源于地幔。

(3)在分析研究氢氧硫同位素地球化学特征的基础上,结合寺家沟金矿床成矿地质环境,认为寺家沟金矿床成矿物质以幔源物质为主。

参考文献:

- [1] 冯昂,徐书奎.河南省陕县寺家沟金矿区地质特征及矿床成因[J].科技信息,2010,33:805-806.
- [2] 冯昂,王占峰,米长征,等.河南省寺家沟金矿床地质特征及找矿方向[J].矿产与地质,2015,29(3):311-315.
- [3] 冯昂,宋立强,杨林楠.豫西寺家沟金矿区地球化学异常特征及成矿潜力分析[J].黄金,2015,36(7):17-22.
- [4] 李磊,孙卫志,孟宪锋,等.华北陆块南缘崆山地区燕山期花岗岩类地球化学、Sr-Nd-Pb同位素特征及其地质意义[J].岩石学报,2013,29(8):2636-2648.
- [5] 石铨曾,秦国群,李明立.豫西后造山阶段的剥离伸展构造与金矿化[J].河南地质,1993,11(1):1-11.
- [6] 朱嘉伟,张天义,侯存顺.崆山地区拆离滑脱构造控矿模式及其找矿意义[J].矿床地质,2001,20(3):265-270.
- [7] 黄自力,刘清泉,李永峰,等.河南省大方山—葫芦峪金矿床流体包裹体研究[J].矿产与地质,2013,27(5):396-402.
- [8] 李健.河南崆山矿集区金矿成矿类型、成矿规律及找矿方向探讨[J].矿产勘查,2014,5(1):26-31.
- [9] 许谱林,吕古贤,张天义,等.豫西崆山地区伸展拆离构造特征研究[J].矿物学报,2013(增刊):68-69.
- [10] 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.
- [11] 张国伟,张宗清,董云鹏.秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义[J].岩石学报,1995,11(2):101-114.
- [12] 高山,张本仁,金振民,等.秦岭一大别造山带下地壳拆沉作用[J].中国科学:地球科学,1999,29(6):532-541.

Hydrogen, Oxygen and Sulfur Isotopic Characteristics and Geological Significance of Sijiagou Gold Deposit, Western Henan

Xu Shukui

(The 1st Team of Henan Bureau of Nonferrous Metals Geology and Mineral Resources, Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Sijiagou gold deposit is one of the main gold deposits in Xiaoshan area, a typical altered rock type gold deposit. This paper studies the deposit of ore veins of hydrogen and oxygen and sulfur isotope. The results show that the D_{V-SMOW} of ore ranges from -97‰ to -74‰ , averaged at -88‰ , and the $^{18}\text{O}_{V-SMOW}$ of ore ranges from 9.9‰ to 14.5‰ , averaged at 12.5‰ . On D— ^{18}O chart, all data fall into the scope of magmatic water and metamorphic water or near, showing that the hydrogen and oxygen isotope composition of the gold deposits is more complex, similar to magmatic water and metamorphic water. Sulfur isotope ^{34}S ranges from 2.29‰ to 5.66‰ , averaged at 3.28‰ . This shows that the sulfur isotopic composition is uniform, characterized by a small positive value. These results are close to the characteristics of mantle derived sulfur, showing that the sulfur mainly comes from the mantle. According to the comprehensive analysis, the ore-forming materials of mantle gold deposits are mainly of the ore-forming materials.

Key words: western Henan; Sijiagou; gold deposit; hydrogen and oxygen isotope; sulfur isotope