

湖南新宁金家铋矿床地质-地球化学特征

康亚龙^{1,2}

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 长沙 410083;

2. 西部矿业股份有限公司, 西宁 810001)

摘要: 湖南新宁金家铋矿床是湘中地区较具有经济价值的铋矿床。文章通过矿石稀土元素、微量元素、铅同位素分析以及流体包裹体岩相学观察、均一法测温 and 包裹体气液相成分分析, 研究了金家铋矿床成矿流体的性质及演化。研究表明: ① 矿石中稀土元素总量 $w(\Sigma\text{REE}) = 151.21 \times 10^{-6} \sim 212.41 \times 10^{-6}$, 平均 180.52×10^{-6} ; $\text{LREE}/\text{HREE} = 15.21 \sim 18.54$, 轻稀土富集, 具中等负铈异常; 矿石微量元素蛛网图表明, 富集 Rb, U, Th 等大离子亲石元素 (LILE), 而亏损 Nb, Ta, Ti 等高场强元素; 铅同位素组成 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.032 \sim 18.391$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.403 \sim 15.495$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.025 \sim 38.215$, 表明成矿物质来自深源; ② 流体包裹体主要为气液两相包裹体, 液相成分阳离子以 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 为主, 阴离子以 SO_4^{2-} , Cl^- , F^- 为主; 气相成分以 H_2O , CO_2 , CH_4 为主。包裹体均一温度 $100 \sim 240^\circ\text{C}$, 主要为 $140 \sim 200^\circ\text{C}$, 盐度 $2.60\% \sim 3.80\%$, 表明金家铋矿床为典型的中低温热液矿床, 其成矿流体为中-低温、低盐度热液。

关键词: 金家铋矿床; 成矿物质; 成矿流体; 地球化学; 湖南省

中图分类号: P613; P618.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2013)01-0078-07

0 引言

湖南是我国最重要的产铋地区, 国内外众多学者对湘西、湘中铋成矿带进行过研究^[1-9]。湖南新宁金家铋矿床是湘中地区较具有经济价值的铋矿床, 但该矿床研究程度低, 对其成矿物质、成矿流体的来源还没有进行过系统的研究。本文根据该矿床区域地质、矿床地质特征, 对该矿床成矿期矿石进行稀土元素、微量元素、铅同位素研究, 对脉石矿物方解石进行流体包裹体气液相成分测定、均一法测温, 以期确定该矿床成矿物质的来源, 探讨成矿流体的性质及其来源, 为认识矿床成因提供新的依据。

1 区域地质概况

湖南新宁金家铋矿床位于 NNE 向公田—灰汤

—新宁深大断裂南东侧, 紫云山隆起带 NE 端次级龙口复式背斜部位。龙口复式背斜轴向近 SN 向, 略向 S 倾, 两翼基本对称; 其核部地层为震旦系, 两翼分别为寒武系、泥盆系。金家铋矿床处于背斜南部倾伏端。矿区出露地层由老到新依次为: 震旦系下统湘锰组、洪江组, 震旦系上统金家洞组、留茶坡组, 寒武系下统, 泥盆系中统跳马涧组。其中, 寒武系与震旦系为假整合接触, 泥盆系与寒武系为角度不整合接触。

矿区内褶皱构造较简单, 总体为 SE 倾向的单斜, 地层倾向 150° 左右, 倾角 $25^\circ \sim 50^\circ$; 但深部地层大部分倾向 SW, 为龙口背斜南部倾伏端西翼。断裂构造发育, 矿井内及南西外侧发育有一组 NE 向断裂, 共 6 条 ($F_1 - F_6$), 大致相互平行, 断层间距 $20 \sim 280\text{ m}$ 不等, 地表走向长 $350 \sim 750\text{ m}$, 倾向 NW, 倾角 $50^\circ \sim 85^\circ$, 其中, 矿界南东外侧的断裂 F_1 及矿界内的断裂 F_6 与铋矿化关系密切 (图 1)。

围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化, 次为石墨化、

收稿日期: 2012-02-22; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 湖南省自然科学基金项目 (编号: 07JJ6071) 资助。

作者简介: 康亚龙 (1967-), 男, 博士研究生, 矿产普查与勘探专业, 主要从事金属矿产资源研究工作。E-mail: kangyalong2009@126.com

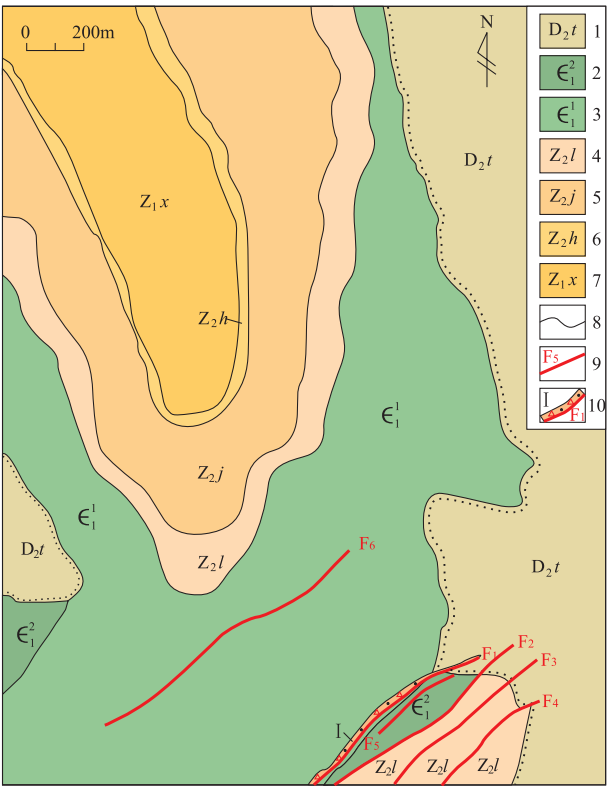


图 1 金家锑矿床地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the Jinjia antimony deposit

1. 泥盆系中统跳马洞组; 2. 寒武系下统上段; 3. 寒武系下统下段; 4. 震旦系上统留茶坡组; 5. 震旦系上统金家洞组; 6. 震旦系下统洪江组; 7. 震旦系下统湘锰组; 8. 地质界线; 9. 实测、推测断层; 10. 断裂破碎带及矿体

绢云母化。其中硅化与锑矿化关系密切,具正相关关系。矿体底板蚀变强,范围大;顶板蚀变较弱,且范围亦较小。

2 矿床特征

2.1 矿体特征

金家锑矿床 I 号锑矿脉产于断裂 F_1 中并严格受其控制,赋矿围岩为寒武系下统和震旦系上统。I 号锑矿脉地表出露于矿床南西段之南东界外,分布标高 680~400 m,总体走向 NE,倾向 $310^{\circ}\sim 330^{\circ}$,倾角 60° ,全长 750 m,矿区内约 370 m,往南西延伸出区外。据坑道揭露,沿倾向标高达 250 m,倾斜延伸 >530 m。地表锑矿化带宽 0.50~1.73 m,深部宽一般 0.80~2.50 m,局部地段 15.5 m,由 NE 向 SW 逐渐变宽。锑矿化带主要由辉锑矿、石英脉以及具硅化和碎裂化的围岩角砾、岩块等组成。辉锑矿主要分布于矿化带顶、底部,大部分地段与顶、底部围岩界线清晰。矿化带中部往往有一条非常醒目的构造面,断面平整、光滑,波状延展,并可见黑色碳化或糜棱岩化断层泥,断面产状与矿化带总体产状相同,辉锑矿化主要分布在上盘,部分地段下盘亦较发育。

2.2 矿石特征

矿石矿物成分简单,主要为辉锑矿和黄铁矿,偶见方铅矿和辉锑矿呈脉状、不规则状或浸染状充填于岩石裂隙或散布于岩石中;脉石矿物主要为石英和黏土矿物。含锑石英脉沿破碎带长轴方向充填,是辉锑矿的主要赋存形式之一。

矿石结构主要为他形粒状结构、柱状结构,次为不等粒镶嵌结构、针状结构。矿石构造主要为致密块状和细脉状,次为浸染状、囊状,少量为角砾状(图 2a)。

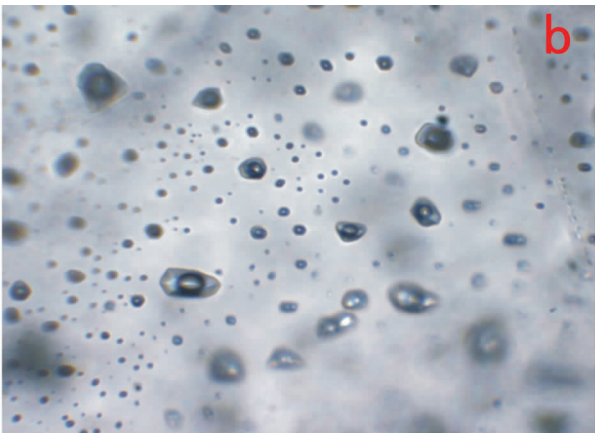


图 2 金家锑矿床矿石(a)和方解石中流体包裹体(b)显微照片

Fig. 2 Photomicrographs of fluid inclusions in ore and calcite of the Jinjia antimony deposit

矿石类型按结构构造可划分为浸染状矿石和块状矿石;按围岩组成可划分为石英脉型、硅化岩型、角砾岩型、白云岩砂岩型、粉砂岩型砂质板岩、板岩型等矿石。

3 地球化学特征

3.1 样品采集与测试方法

稀土元素、微量元素分析样品为矿石样;铅同位素分析样品为矿石中的黄铁矿单矿物;包裹体测试样品均采自成矿阶段矿石中的方解石单矿物,将其磨制成厚度约为 0.2 mm 双面抛光的光薄片做岩相学与流体包裹体观察。

微量元素、稀土元素和铅同位素由中南大学地质研究所 ICP-MS 实验室测定。流体包裹体成分测定、流体包裹体测温分别由中南大学地质研究所流体包裹体气液相成分测定实验室和流体包裹体测温实验室完成。

3.2 稀土元素和微量元素

(1)金家铋矿区稀土元素、微量元素测试结果(表 1)表明,金家铋矿床矿石中稀土元素总量(ΣREE)较高,为 $151.21 \times 10^{-6} \sim 212.41 \times 10^{-6}$,平均 180.52×10^{-6} 。轻稀土含量(LREE)为 $109.95 \times 10^{-6} \sim 150.83 \times 10^{-6}$,平均 129.15×10^{-6} ;重稀土含量(HREE)为 $16.98 \times 10^{-6} \sim 21.37 \times 10^{-6}$,平均 19.03×10^{-6} ;LREE/HREE=15.21~18.54,平均

表 1 金家铋矿床稀土元素、微量元素组成和相关参数

Table 1 Contents and parameters of REE and trace elements in the Jinjia antimony deposit

样号	XJW-2	XJW-3	XJW-4	XJW-5	XJW-6	XJW-7	XJW-8
La	54.26	35.11	38.84	52.98	39.19	42.71	50.11
Ce	94.93	66.91	75.53	90.33	71.09	76.96	81.29
Pr	10.86	7.79	8.85	10.53	8.36	9.14	10.21
Nd	34.44	26.69	28.53	33.01	28.43	31.76	32.83
Sm	5.81	4.57	4.61	5.58	4.70	4.78	5.31
Eu	0.98	0.81	0.85	0.92	0.83	0.88	0.91
Gd	3.81	3.18	3.28	3.61	3.28	3.35	3.50
Tb	0.52	0.47	0.48	0.44	0.49	0.48	0.48
Dy	2.77	2.48	2.49	2.61	2.55	2.55	2.64
Ho	0.57	0.46	0.47	0.51	0.47	0.49	0.50
Er	1.50	1.21	1.24	1.41	1.25	1.28	1.38
Tm	0.25	0.19	0.21	0.23	0.23	0.2	0.26
Yb	1.48	1.16	1.26	1.42	1.23	1.33	1.37
Lu	0.23	0.18	0.19	0.20	0.20	0.19	0.21
Y	14.05	10.83	11.79	13.74	11.21	12.28	12.92
ΣREE	212.41	151.21	166.83	203.78	162.30	176.10	191.00
LREE	150.83	109.95	121.65	143.98	116.69	126.87	134.05
HREE	21.37	16.98	18.13	20.56	17.63	18.8	19.76
LREE/HREE	18.08	15.21	16.34	18.54	15.73	16.84	17.47
(La/Yb) _N	26.3	21.71	22.11	26.76	22.85	23.03	26.24
$\delta(\text{Eu})$	0.60	0.62	0.64	0.59	0.61	0.64	0.61
$\delta(\text{Ce})$	0.90	0.95	0.96	0.88	0.92	0.91	0.83
Rb	31.33	72.02	24.57	193.05	133.25	195	9.23
Ba	86.38	202.3	184.8	595	705.6	564.2	19.88
Th	6.23	4.49	2.51	26.04	28.7	21.28	4.96
U	1.74	0.57	0.56	3.84	3.43	3.53	1.29
Nb	5.04	3.92	3.92	10.50	10.36	10.64	8.54
Ta	0.42	0.28	0.28	1.40	1.26	1.26	1.12
Nd	18.20	11.48	23.38	28.70	24.64	26.46	10.64
Zr	142.80	95.20	53.20	215.60	204.40	245.00	102.20
Hf	3.92	2.66	1.68	6.58	6.16	7.00	3.64
Ti	0.92	0.74	1.05	0.70	0.64	0.74	0.88

量的单位: $w_B/10^{-6}$

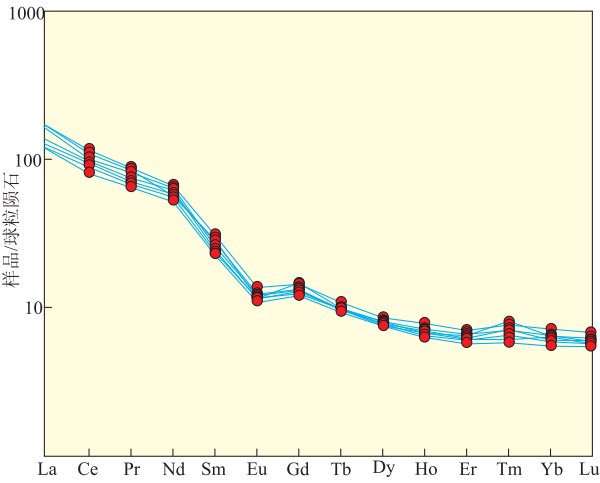


图 3 金家锑矿床矿石稀土元素配分模式图^[10]
Fig. 3 REE pattern of ore of Jinjia Sb deposit

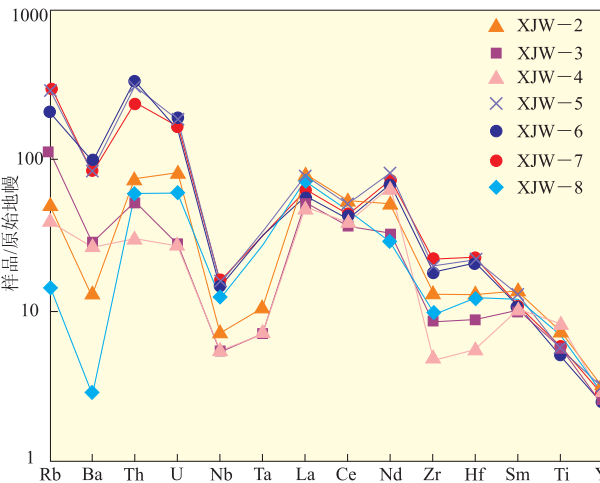


图 4 金家锑矿床矿石微量元素蛛网图^[10]
Fig. 4 Spidergram of trace elements for ore in the Jinjia antimony deposit^[10]

16.89,表明轻稀土强烈富集,重稀土严重亏损。 $(La/Yb)_N=21.71\sim 26.76$,平均 24.14; $\delta(Eu)=0.59\sim 0.64$,平均 0.62,具中等负铕异常。从稀土元素配分模式图(图 3)可见,矿区矿石标准化曲线为一组右倾曲线。

(2)从微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 4)可见,矿区微量元素富集 Rb,U,Th 等大离子亲石元素(LILE),而相对亏损 Nb,Ta,Ti 等高场强元素。

3.3 铅同位素

从铅同位素分析结果(表 2)可见,金家锑矿床矿石中黄铁矿的铅同位素组成 $^{206}Pb/^{204}Pb=18.032\sim 18.391$, $^{207}Pb/^{204}Pb=15.403\sim 15.495$, $^{208}Pb/^{204}Pb=38.025\sim 38.215$ 。从铅同位素构造环境模式图(图 5)可见,金家锑矿床黄铁矿具有相对稳定的铅同位素组成,数据投影在地幔演化线上,反映了矿石中铅主要来自于深源。

表 2 金家锑矿黄铁矿的铅同位素组成

Table 2 Lead isotope composition of pyrite in the Jinjia antimony deposit

样号	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$
JIN-2	18.183	15.453	38.112
JIN-4	18.032	15.482	38.053
JIN-6	18.044	15.477	38.165
JIN-8	18.234	15.431	38.111
JIN-10	18.152	15.424	38.101
JIN-12	18.215	15.413	38.104
JIN-14	18.288	15.444	38.173
JIN-16	18.059	15.403	38.025
JIN-18	18.075	15.484	38.089
JIN-20	18.178	15.493	38.140
JIN-22	18.391	15.495	38.102
JIN-24	18.069	15.417	38.215
JIN-26	18.052	15.450	38.128
JIN-28	18.179	12.425	38.075
JIN-30	18.193	15.471	38.121
JIN-32	18.288	15.429	38.139

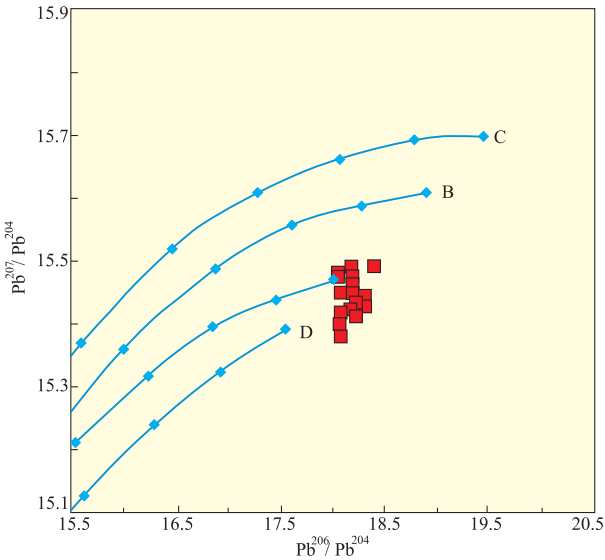


图 5 金家锑矿床铅构造环境模式图
(底图据 Zartman 等^[11],1981)

Fig. 5 Tectonic model of Pb isotopic composition of pyrite from Jinjia Sb deposit
A. 地幔; B. 造山带; C. 上地壳; D. 下地壳

$^{206}Pb/^{204}Pb=38.025\sim 38.215$ 。从铅同位素构造环境模式图(图 5)可见,金家锑矿床黄铁矿具有相对稳定的铅同位素组成,数据投影在地幔演化线上,反映了矿石中铅主要来自于深源。

4 包裹体地球化学

4.1 岩相学

显微观察显示,金家锑矿方解石中流体包裹体数量较少,体积也较小,一般为 $5\sim 10\ \mu\text{m}$,多呈矩形、长条状,少量不规则状,主要为气液两相包裹体,气液比 $5\%\sim 20\%$ (图 2b)。

4.2 均一法测温

根据包裹体均一法测温结果(表 3),金家锑矿方解石中流体包裹体温度范围为 $100\sim 240\ ^\circ\text{C}$ 。流体包裹体均一温度直方图(图 6)中,峰值在 $140\sim 200\ ^\circ\text{C}$ 范围分布明显,表明热液矿化期为中低温阶段。

流体包裹体的盐度是根据包裹体冷冻回温后最后一块冰融化的温度(冰点),利用 Hall 等(1988)的方程计算得出,盐度换算公式为:

$$S=w(\text{NaCl})=0.00+1.78t_m-0.044\ 2t_m^2+0.000\ 557t_m^3$$

式中, S 为盐度($\%$), t_m 为冰点温度。

根据上述公式得出,金家锑矿方解石中流体包裹体盐度范围为 $2.07\%\sim 4.80\%$ (表 3)。流体包裹体盐度直方图(图 7)中显示盐度主要为 $2.60\%\sim 3.80\%$,属低盐度。

4.3 气液相成分

采用 4 件样品分析了金家锑矿床矿石中方解石包裹体的气相、液相成分,分析结果及相关参数见表 4。从表 4 可见,包裹体液相成分中,阳离子主要为 Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , 且 $\text{K}^+<\text{Na}^+$ ($\text{Na}^+/\text{K}^+=1.06\sim 1.50$) 的特征明显,锑的成矿阶段具有 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 明显 $< \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ($\text{K}^+ + \text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}=0.04\sim 0.07$) 的特征;阴离子主要有 HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- 等,其中 HCO_3^- 离子含量最高。成矿流体中 $\text{Cl}^->\text{F}^-$ ($\text{F}^-/\text{Cl}^-=0.67\sim 0.91$) 的特征明显。包裹体气相成分主要为 H_2O , CO_2 , CH_4 , H_2 , 其中 H_2O 占绝对优势,说明成矿流体为热水溶液,富含 CO_2 。气相组分中有较多 CH_4 和 H_2 。

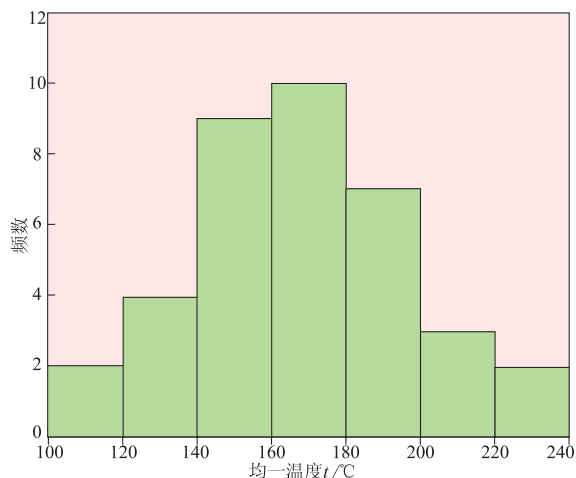


图 6 金家锑矿床流体包裹体均一温度直方图

Fig. 6 Histogram of homogenization temperature of fluid inclusion from Jinjia Sb deposit

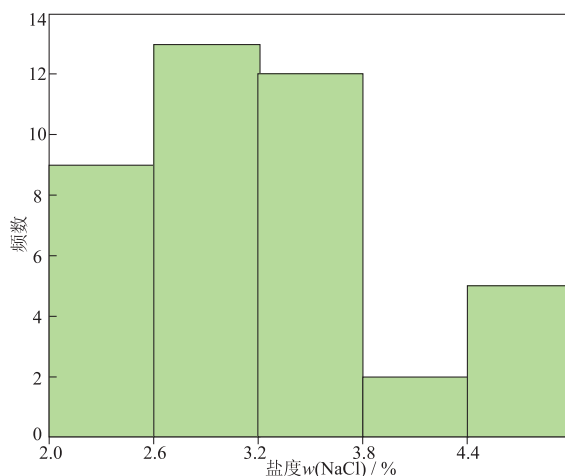


图 7 金家锑矿床流体包裹体盐度直方图

Fig. 7 Histogram of salinity of fluid inclusion from Jinjia Sb deposit

表 3 金家锑矿矿石方解石中流体包裹体参数

Table 3 Parameters of fluid inclusion of Jinjia antimony deposit

样号	类型(数量)	大小/ μm	气液比/ $\%$	均一温度/ $^\circ\text{C}$	冰点/ $^\circ\text{C}$	盐度/ $\%$
JIN-15	V-L(16)	$5\sim 10$	$5\sim 20$	$100\sim 190$	$-1.2\sim -2.5$	$2.07\sim 4.18$
JIN-16	V-L(10)	$5\sim 15$	$5\sim 20$	$110\sim 240$	$-1.8\sim -2.9$	$3.06\sim 4.80$
JIN-17	V-L(14)	$5\sim 10$	$10\sim 25$	$120\sim 200$	$-1.5\sim -2.1$	$2.57\sim 3.55$

表 4 金家铋矿床矿石中方解石流体包裹体气-液相成分及相关参数
Table 4 Composition and correlative parameters of volatiles and ions of the fluid
inclusions from Jinjia antimony deposit

样号	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	F ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	pH
XJ-3	0.8	0.9	38.53	0.65	0.03	1.2	1.8	117.4	1.9	7.2
XJ-7	0.64	0.68	26.84	0.75	0.11	2.1	2.3	106.7	1.6	6.8
XJ-9	1.2	1.3	50.12	1.56	0.05	2.5	2.9	157.89	2.7	7.3
XJ-17	1.4	2.1	46.78	2.34	0.09	3.6	4.3	165.94	3.6	6.5
样号	H ₂	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	F ⁻ /Cl ⁻	Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ /(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	(K ⁺ +Na ⁺)/(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	(H ₂ +CH ₄)/CO ₂	
XJ-3	3.93	19.95	71	806	0.67	1.13	0.02	0.04	0.34	
XJ-7	4.71	20.33	74	798	0.91	1.06	0.02	0.05	0.34	
XJ-9	3.24	20.59	40	868	0.86	1.08	0.03	0.05	0.59	
XJ-17	2.98	20.5	41	884	0.84	1.50	0.04	0.07	0.58	

量的单位:ω_B/10⁻⁶

5 讨论

综上所述,从金家铋矿区稀土元素标准化曲线可以看出,矿石稀土元素标准化曲线形式相似,表明本区原始成矿物质来源一致,为轻稀土富集、重稀土亏损的右倾曲线。微量元素富集 Rb,U,Th 等大离子亲石元素(LILE),而相对亏损 Nb,Ta,Ti 等高场强元素。铅同位素构造模式图投影显示,本区铅主要为深源。

成矿流体的 Na⁺/K⁺ 和 F⁻/Cl⁻ 可作为判别流体来源的一个标志^[13],一般情况下,岩浆热液 Na⁺/K⁺ < 1,经计算,金家铋矿成矿阶段石英 Na⁺/K⁺ = 1.06~1.50,不具岩浆热液特征。成矿阶段阴离子中 SO₄²⁻ > Cl⁻ > F⁻,故其成矿热水应是富钠的硫酸盐型热卤水^[14]。金家铋矿成矿流体含有代表还原环境的 CH₄ 等轻烃成分,说明本区成矿过程处于还原环境,成矿流体的还原性有利于 Sb 元素以硫化物的形式沉淀富集。另当 F⁻/Cl⁻ < 1 时反映出大气降水(或地层流体)的特征,由表 4 可知,本区样品中 F⁻/Cl⁻ < 1(0.67~0.91),表明有大气降水的加入。金家铋矿成矿流体应为 Na⁺-K⁺-Ca²⁺-Mg²⁺-Cl⁻-SO₄²⁻ 体系,盐度为 2.07%~4.80%,成矿温度为 100~240℃,属于中-低温、低盐度流体。

6 结论

(1) 金家铋矿床稀土元素总量 ω(ΣREE) = 151.21×10⁻⁶~212.41×10⁻⁶,平均值为 180.52×

10⁻⁶; LREE/HREE=15.21~18.54,轻稀土富集,具中等负铈异常,标准化曲线为一组右倾曲线。微量元素富集 Rb,U,Th 等大离子亲石元素(LILE),而亏损 Nb,Ta,Ti 等高场强元素。

(2) 金家铋矿床铅同位素组成²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.032~18.391;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.403~15.495;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.025~38.215,表明成矿物质来源为深源。

(3) 金家铋矿床流体包裹体主要为气液两相包裹体,液相成分阳离子以 K⁺,Na⁺,Ca²⁺,Mg²⁺ 为主,阴离子以 SO₄²⁻,Cl⁻,F⁻ 为主,气相成分以 H₂O,CO₂,CH₄ 为主,流体包裹体的均一温度 100~240℃,主要为 140~200℃,盐度为 2.60%~3.80%,揭示出金家铋矿床为典型的中低温热液矿床,其成矿流体为中-低温、低盐度热液。

参考文献:

[1] 刘鹏程,唐清国,李惠纯. 湖南龙山矿区金铋矿地质特征、富集规律与找矿方向[J]. 地质与勘探,2008,44(4):31-38.
[2] 刘正庚,余景明,刘升友,等. 湖南沃溪金铋矿床稀土元素特征研究[J]. 矿床地质,2000,19(3):270-280.
[3] 顾雪祥,Oskar Schulz,Franz Vavtar,等. 湖南沃溪铋-金矿床的矿石组构学特征及其成因意义[J]. 矿床地质,2003,22(1):107-120.
[4] 顾雪祥,刘建明,Oskar Schulz,等. 湖南沃溪铋-金建造矿床同生成因的微量元素和硫同位素证据[J]. 地质科学,2004,39(3):424-439.
[5] 顾雪祥,刘建明,Oskar Schulz,等. 湖南沃溪金-铋矿床成因的稀土元素地球化学证据[J]. 地球化学,2005,34(5):428-442.
[6] 马东升,潘家永,解庆林. 湘中铋(金)矿床成矿物质来源——II. 同位素地球化学证据[J]. 矿床地质,2003,22(1):78-87.
[7] 卢新卫,马东升. 湘中铋矿带断裂体系分维及其对成矿流体迁移和矿床定位的指示作用[J]. 矿床地质,1999,18(2):168-

- 174.
- [8] 彭建堂,张东亮,胡瑞忠,等. 湘西渣滓溪钨铋矿床白钨矿中稀土元素的不均匀分布及其地质意义[J]. 地质论评,2010,56(6):810-819.
- [9] 董树义,顾雪祥,Oskar Schulz,等. 湖南沃溪 W-Sb-Au 矿床成因的流体包裹体证据[J]. 地质学报,2008,82(5):641-647.
- [10] 赵振华. 微量元素地球化学原理[M]. 北京:科学出版社,1997:10-100.
- [11] Zartman R E,Doe B R. Plumbtectonics:the model[J]. *Tectonophysics*, 1981, 75(1/2): 135-162
- [12] 路远发. Geokit:一个用 VBA 构建的地球化学工具软件包[J]. 地球化学,2004,33(5):459-464.
- [13] Ulrich T, Gunther D, Heinrich C A. Gold concentrations of magmatic brines and the metal budget of porphyry copper deposits[J]. *Nature*,1999, 399(17): 676-679.
- [14] Ran Chongying. On ore source and ore-forming fluid of Dongchuan-Yimen type copper deposit [J]. *Sciences in China;Series B*. 1989,32(9):1117-1124.

Geochemical characteristics of the Jinjia antimony deposit in Xinning county, Hunan Province

KANG Yalong^{1,2}

(1. *School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Hunan Province, Changsha 410083, China;*

2. Western Mining Company, Qinghai, Xining 810001, China)

Abstract: Jinjia antimony deposit is a economic ore deposit in Xiangzhong (Middle Hunan) area. According to the analysis of REE, trace elements, Pb isotopes, gas-liquid composition of fluid inclusions and petrographic observation of the ore, nature and evolution of ore fluid are studied. The analysis indicates that: ① ΣREE is from 151.21×10^{-6} to 212.41×10^{-6} , average at 180.52×10^{-6} , enriched in LREE, and displays right-inclined REE patterns with pronounced negative Eu anomalies in the chondrite normalized REE diagrams; the ore is rich in LILEs of Rb, U and Th, depleted Nb, Ta and Ti based on the primitive mantle-normalized trace element spider diagram; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ in range of 18.032 to 18.391, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ in range 15.403 to 15.495, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ in range of 38.025 to 38.215 indicate mainly mantle source of the ore-forming materials; ②mainly gas and liquid, two phase occur in fluid inclusions, in liquid phase K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} are the main cations and SO_4^{2-} , Cl^- , F^- the main anions; in gas phase H_2O , CO_2 , CH_4 are dominated. Homogenization temperature is 100-240 °C but concentrated at 140-200 °C. Salinity is 2.60%-3.80%. The data above show that this deposit is a meso-epithermal antimony deposit.

Key Words: Jinjia antimony deposit; ore fluid; ore-forming material; geochemistry; Hunan province