文章编号:1671-4814(2013)02-095-07

# 江西西华山钨矿床流体包裹体特征及成矿流体来源\*

# 许 泰,李振华

(陇东学院能源工程学院,甘肃 庆阳 745000)

摘要:本文对江西西华山钨矿床的石英流体包裹体进行了岩相学和显微测温分析,研究了石英流体包裹体的 气、液相组分及碳、氢、氧同位素特征。结果表明,石英中流体包裹体十分发育,包裹体类型有 NaCl-H<sub>2</sub>O(盐水) 包裹体(I)和 CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 包裹体(II),且以前者为主。包裹体均一温度在 200℃~280℃,平均 249.5℃;盐度为 7.89%~13.95%,平均 10.73%;成矿流体密度为 0.628g/cm<sup>3</sup>~0.895g/cm<sup>3</sup>,平均 0.795g/cm<sup>3</sup>,属低盐度低密度 范畴;压力平均值为 64.01MPa,对应的成矿深度平均值为 6.45km。成矿热液气相成分以 H<sub>2</sub>O 为主,CO<sub>2</sub> 含量低; 液相成分阴阳离子浓度都很低,相对富钠和氯,流体离子类型大致呈 Na<sup>+</sup> - K<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup> - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型。成矿流体基本 来自岩浆水,部分可能有变质水的加入;流体中碳主要由岩浆水提供,少数由地幔源提供。

**关键词:**西华山钨矿床;流体包裹体;成矿流体;碳、氢、氧同位素 中**图分类号:**P618.67 **文献标识码:**A

江西西华山钨矿床是产于华南燕山期复式花岗 岩体内的花岗岩内带石英-长石-黑钨矿大脉型钨矿 床,前人对其地质、地球化学特征进行了大量的研 究。有关钨成矿与花岗岩间密切的成因关系基本达 成共识,但对成矿流体的性质、来源、演化一直存有 分歧。通过氢氧同位素研究,有学者认为成矿流体 以岩浆水为主或成矿早期以岩浆水为主,在演化晚 期有大气降水的加入<sup>[1-2]</sup>;也有学者认为成矿流体 期有大气降水的加入<sup>[1-2]</sup>;也有学者从熔融包裹体和 熔-流包裹体研究人手,认为成矿流体是岩浆-热液 过渡性流体<sup>[3]</sup>。本文结合前人的研究成果,通过对 西华山石英流体包裹体岩相学、显微测温学、成矿压 力、深度、流体成分以及碳、氢、氧同位素的研究,进 一步对成矿流体的性质及来源进行探讨。

## 1 地质背景

西华山花岗岩体为一小型的复式侵入体,大地 构造位置处于华南加里东褶皱系赣南后加里东隆起 区,南岭东西向构造带的东段北侧。区内有北东向、 北北东向、东西向、南北向和北西向等五个自成系统 的断裂构造带,其中燕山期强烈活动的北东向、北北 东向和东西向构造带是控制区域成矿花岗岩及钨矿 分布的主要构造。区内出露的地层从老到新为中-上寒武统(Є2-3)、中泥盆统(D2)、上白垩统(K2)和 第四系全新统(Qh),中-上寒武统在本区分布最广, 中泥盆统不整合覆盖于寒武系之上。区内广泛分布 的岩浆岩以花岗岩为主,中基性岩类次之,具有多旋 回、多期次岩浆(加里东期、海西-印支期、燕山期、喜 马拉雅期)活动的特点。燕山期花岗岩浆侵入活动 最强烈,且与钨成矿关系最为密切。西华山钨矿床 就位于西华山复式岩体的西南部,为石英脉或长石 石英脉黑钨矿大脉型钨矿床。花岗岩体侵入期次分 为三个期次:第一期为斑状中粒黑云母花岗岩,形 成年龄为(152.6±2.1)Ma;第二期为中粒黑云母花 岗岩,形成年龄为(150.3±2.2)Ma<sup>[4]</sup>;第三期为花 岗斑岩,其成岩 K-Ar 年龄为 106Ma<sup>[5]</sup>。西华山钨 矿床含钨石英脉主要赋存于中粒黑云母花岗岩内。

#### 2 流体包裹体岩相学与显微测温

#### 2.1 流体包裹体类型及特征

西华山钨矿床的石英流体包裹体十分发育,包 裹体常呈大面积、成群分布(图 1-A、图 1-B),少量呈 线状排列;包裹体类型简单,基本以气液两相包裹体

<sup>\*</sup> 收稿日期:2012-09-21 改回日期:2012-10-11

基金项目:全国危机矿山接替资源找矿项目"赣南地区钨矿床成矿规律及高温热液成矿机制研究(20089947)。

第一作者简介:许泰(1987~),男,从事岩石和矿床学的教学和科研工作。

为主,气液两相包裹体体积较大,一般为10~20 μm,有的>20 μm,偶见>70 μm 者,气液比一般为 5%~15%,少数达到 50%;包裹体形态多样,以长条 形和椭圆形为主。流体包裹体可分为两大类:NaCl-H<sub>2</sub>O(盐水)包裹体(Ⅰ)和 CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 包裹体(Ⅱ), 其中 NaCl-H₂O(盐水)包裹体(Ⅰ)进一步分为富液 相包裹体(Ia)(图1-C)、纯液相包裹体(Ib)(图1-E)、富气相包裹体(Ic)(图 1-D)。CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 包裹 体(Ⅱ)(图 1-F),本次观察中少见。

### 2.2 流体包裹体的均一温度和盐度

对 35 片石英流体包裹体测温,获得两种类型流 体包裹体的 268 个冰点温度和 667 个均一温度数据 (表1)。含CO2 三相包裹体体积小且数目也少,未 找到适用于测试温度的包裹体。根据获得的冰点温 度和均一温度值作直方图,包裹体的冰点温度范围 为-1.2℃~-17.6℃,冰点峰值在-6℃~-9℃ (图 2),包裹体均一温度范围为 125.8℃~461.1℃, 集中在 200℃~280℃,平均值为 249.5℃(图 3),均 一温度呈正态分布。

对 I 型流体包裹体,利用 NaCl-H<sub>2</sub>O 体系的 冰点-盐度计算公式[6]计算:

 $\omega = -1.78T - 0.042T^2 - 0.000558T^3$ 



(A) 流体包裹体群(1202-2)



(D) 富气相包裹体(Ic,1264-8)



(B) 流体包裹体群(1167-6)



(E) 纯液相包裹体(Ib,1262-7)

图 1 西华山钨矿床石英流体包裹体类型

#### (0~23.3%的 NaCl 溶液)

式中:T 为冰点温度(C), $\omega$  为盐度(%)。计算 流体包裹体盐度范围为 2.40%~20.89%,主要在 7.89%~13.95%,平均值为10.73%。成矿溶液盐 度较低,属于成矿作用早期盐度范围<sup>[8]</sup>。

### 2.3 成矿流体的密度、压力以及成矿深度

由于西华山钨矿床石英流体包裹体中气液两相 包裹体占绝大多数,因此在估算成矿流体的密度和压 力时将成矿流体近似看作 NaCl-H<sub>2</sub>O 体系。流体密 度根据刘斌<sup>[8]</sup>实验数值利用数学模型拟合公式计算:

$$\rho = A + B \cdot t + C \cdot t^{2}$$

$$A = A_{0} + A_{1} \cdot \omega + A_{2} \cdot \omega^{2}$$

$$B = B_{0} + B_{1} \cdot \omega + B_{2} \cdot \omega^{2}$$

$$C = C_{0} + C_{1} \cdot \omega + C_{2} \cdot \omega^{2}$$

ρ为盐水溶液密度(g/cm<sup>3</sup>),t 为均一温度(℃),ω 为 盐度(%);A,B,C为盐度函数。不同盐度参数值不 同,西华山钨矿床包裹体含盐度≤26.3%,对应参数 如下:

 $A_0 = 0.993531$ ,  $A_1 = 8.72147 \times 10^{-3}$ ,  $A_2 = -2.43975 \times 10^{-5}$  $B_0 = 7.11652 \times 10^{-5}$ ,  $B_1 = -5.2208 \times 10^{-5}$ ,  $B_2 = 1.26656 \times 10^{-6}$ 



(C) 富液相包裹体(Ia,1167-6)



(F) CO,三相包裹体(II,1264-8)

Fig. 1 Maps showing the types of fluid inclusions of quartz in Xihuashan tungsten deposit



图 2 西华山钨矿床包裹体冰点直方图







Fig. 3 Histogram showing the homogenization temperatures

of inclusions in Xihuashan tungsten deposit

	表 1	西华山钨矿流体包裹体参数
Table, 1	Parameters of	of fluid inclusions in Xihuashan tungsten deposit

#4 8 8		冰点/℃	2	均一温度	°°C	盐度 w(NaCl	<sub>eq</sub> )/%	密度/(g・c:	m <sup>-3</sup> )	个
件品亏	尖型	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	数
1185-7	Ιa	$-2 \sim -7.4$	-5.29	189. 2~267. 2	211.01	3.37~10.99	8.25	0.859~0.956	0.853	7
1185 - 8	Ιa	$-5.2 \sim -8.4$	-6.59	204.9~238.9	217.6	8.13~12.19	9.97	0.906~0.940	0.844	7
1185 - 13	Ιa	-5.4~-9.3	-7.3	234.6~287.4	258.22	8.40~13.22	10.86	0.847~0.895	0.779	5
1185 - 15	Ιa	$-5 \sim -10.5$	-5.9	196.4~270.2	242.59	2.06~14.52	9.07	0.859~0.907	0.806	7
1185 - 16	Ιa	$-3.2 \sim -7.2$	-5.54	177.6~269.2	228.98	5.25~10.74	8.59	0.827~0.955	0.827	15
1185 - 20	Ιa	-5.1~-8.6	-7.26	244.5~273.5	259.42	7.99~12.42	10.82	0.864~0.879	0.777	5
1124 - 1	Ιa	$-3.6 \sim -8.8$	-7.09	251.6~399.3	298.51	5.85~12.76	10.60	0.634~0.892	0.704	11
1124 - 3	Ιa	$-5.3 \sim -10.6$	-8.18	272. 2~393. 8	333.9	8.27~14.62	11.93	0.684~0.868	0.628	5
1167 - 3	Ιa	$-5.1 \sim -8.3$	-6.75	215.1~249.6	224.95	7.99~12.07	10.18	0.885~0.929	0.833	13
1167 - 6	Ιa	$-2.1 \sim -6.9$	-5.03	236.8~285.8	273.69	3.53~10.37	7.90	0.826~0.853	0.752	12
1167 - 7	Ιa	-1.4~-7.4	-5.16	196.6~306.8	253.03	2.40~10.99	8.08	0.805~0.922	0.789	15
1167-10	Ιa	-5.4~-9.2	-8.17	185.6~354.9	264.1	8.40~13.10	11.92	0.827~0.947	0.769	13
1167-11	Ιa	$-6.5 \sim -8.2$	-7.43	239.9~293.1	275.08	9.86~11.95	11.02	0.836~0.896	0.750	6
1167-15	Ιa	$-7.6 \sim -11.4$	-9.76	184.6~292.4	226.58	11.23~15.45	13.72	0.843~0.974	0.831	10
230-1-1	Ia	$-1.9 \sim -9.2$	-6.27	150.4~316.5	222.42	3.21~13.10	9.56	0.719~0.971	0.837	6
431-1-2	2 I a	$-2.8 \sim -12.4$	-9.04	152.6~203.5	178.85	4.63~16.43	12.92	0.953~0.994	0.895	8
431-3-2	2 I a	$-8.5 \sim -9.8$	-8.78	237.8~260.5	246.94	11.47~13.77	12.63	0.881~0.909	0.798	5
1264 - 1	Ιa	-3~-11.2	-5.76	179.4~258.9	202.83	3.53~15.24	8.89	0.887~0.961	0.865	7
1264 - 4	Ιa	$-5 \sim -6.8$	-5.86	253. 8~289. 7	269.92	7.85~10.24	9.02	0.880~0.828	0.759	5
1264 - 8	Ιa	$-3.8 \sim -8.8$	-6.74	218.9~366.8	285.36	6.14~12.65	10.16	0.729~0.922	0.730	5
1184 - 1	Ιa	$-5.4 \sim -12.4$	-7.53	192. 4~400. 2	259.16	8.4~16.43	11.15	0.773~0.956	0.778	9
1184-2	Ιa	$-2.5 \sim -8.2$	-5.38	203.7~261.4	231.13	4.17~11.95	8.38	0.824~0.937	0.824	6
1184-4	Ιa	$-4.5 \sim -10.2$	-6.87	236. 4~342. 4	282.18	6.14~14.20	10.33	0.712~0.912	0.736	6
1262 - 2	Ιa	$-4 \sim -17.6$	-7.67	211. 4~256. 3	229.24	6.43~20.89	11.32	0.880~0.930	0.827	7
1262 - 6	Ιa	$-3.3 \sim -10.6$	-6.83	215. 1~273. 2	246.63	5.40~14.62	10.28	0.858~0.922	0.799	9
1262 - 7	Ιa	$-3 \sim -9.4$	-6.89	185.1~433.6	247.3	4.94~13.33	10.35	0.612~0.938	0.798	7
1262 - 8	Ιa	$-7.7 \sim -12.4$	-9.55	220.8~320.1	270.75	11.35~16.43	13.49	0.801~0.929	0.758	6
1262-10	Ιa	$-8.3 \sim -12.9$	-9.97	159.3~230	199.59	12.07~16.91	13.95	0.918~0.990	0.870	7
1262 - 12	I a ·	$-7.8 \sim -15.60$	-13.14	211. 2~226. 4	217.02	11.47~19.29	17.13	0.926~0.943	0.845	5
1246 - 5	Ιa	$-7.3 \sim -12.9$	-9.33	235. 4~318. 8	287.6	10.86~16.91	13.25	0.794~0.917	0.725	3
1246 - 6	Ιa	$-2.1 \sim -7.4$	-5.2	219.6~306.5	253.5	3.53~10.99	8.13	0.813~0.899	0.788	9
1246 - 7	Ιa	$-2.8 \sim -7.9$	-6.01	206. 4~236. 8	224.9	4.63~11.59	9.22	0.863~0.930	0.833	7
1246-8	Ιa	$-2.5 \sim -9.1$	-5.51	188. 3~318. 5	241.74	4.17~12.99	8.55	0.803~0.935	0.807	11
1246-9	Ιa	$-5.6 \sim -8.5$	-7.22	199. 4~262. 8	235.23	8.67~12.99	10.77	0.865~0.949	0.818	6
1202 - 2	Τa	$-7.8 \sim -11.4$	-9.37	201.5~309.8	257.67	11.47~15.45	13.29	0.815~0.956	0.780	3

测试单位:东华理工大学核资源与环境教育部重点实验室,2011

 $C_0 = -3.4997 \times 10^{-6}$ ,  $C_1 = 2.12124 \times 10^{-7}$ ,

 $C_2 = -4.52318 \times 10^{-9}$ 

经计算西华山钨矿床成矿流体密度变化范围为 0.628 g/cm<sup>3</sup>~0.895 g/cm<sup>3</sup>,平均为 0.795 g/cm<sup>3</sup>, 为低密度流体。

成矿压力根据邵洁涟<sup>[9]</sup>经验公式计算:

 $T_{0} = 374 + 920 \cdot \omega$  $P_{0} = 21.9 + 262 \cdot \omega$  $P = P_{0} \cdot T_{1}/T_{0}$ 

式中  $T_0$ :初始温度; $\omega$ :成矿溶液的盐度; $P_0$ :初始压力;P:成矿压力; $T_1$ :矿区实测成矿温度。

计算所得其成矿压力 31.70 MPa~129.32 MPa,集中在 59.93 MPa~76.26 MPa,平均 64.01 MPa。

成矿深度是研究矿床成因和勘查潜力的重要依据。目前,多是根据流体包裹体捕获压力来估算成 矿深度<sup>[10]</sup>。对于断裂控制的脉状热液矿床而言,成 矿流体系统可为静岩压力,也可为静水压力,拟或二 者交替。一般认为,在深度<5 km 或脆性变形带, 流体为静水压力;在深度>16 km 或韧性变形带, 流体为静岩压力;在深度为 5~16 km 或脆-韧性变形 带,流体出现静水-静岩压力的交替。因此,根据断 裂带流体压力的垂直分带性或非线性关系,孙丰月 等<sup>[11]</sup> 拟合了一组流体压力-深度关系式来计算成矿 深度。

(1)当测得流体压力≤40 MPa 时,用静水压力 梯度来计算,即用压力除以压力梯度(10 MPa/km) (2) 当测得流体压力为40~220 MPa时,
 Y=0.0868/(1/X+0.00388)+2

(3) 测得的流体压力为 220~370 MPa 时,
 Y=11+exp[(X-221.95)/79.075]

(4) 测得的流体压力大于 370 MPa 时, Y=0.0331385X+4.19898

以上公式中 Y 和 X 分别代表成矿深度/km 和 所测得的压力值/MPa。根据已求得的成矿压力值 利用上述公式计算成矿深度平均为 6.45 km。

#### 3 流体包裹体成分分析

#### 3.1 流体包裹体气相成分特征

本次对西华山钨矿石英流体包裹体采用四极质 诸仪进行气相成分分析。包裹体气相成分测定(表 2)结果表明,气相成分中 N<sub>2</sub>和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>的含量很少, 以 H<sub>2</sub>O 为主(占 96%以上)、CO<sub>2</sub>含量(低于 4%)和 南岭地区 W、Sn 矿床包裹体中的 CO<sub>2</sub>含量(一般 < 5%)一致。CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比值多在 0.03 以下,说明成 矿流体中并不富含 CO<sub>2</sub>,这和实际观察到 CO<sub>2</sub>包裹 体较少一致。还原参数 R 值除个别样品外,基本都 小于 0.18,说明成矿是在弱还原环境下进行的<sup>[12]</sup>。

对气相成分数据进一步统计分析发现,CO<sub>2</sub> 含量远大于 CH<sub>4</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 的含量,说明热液系统中 CO<sub>2</sub> 是主要含碳物质。

# 3.2 流体包裹体液相成分特征

包裹体液相成分测定(表 3)结果表明, 阴离子

表 2 西华山钨矿流体包裹体气相成分(%)

Fable, 2	Gaseous phase	compositions	of	fluid	inclusions	in	Xihuashan	tungsten	deposit
----------	---------------	--------------	----	-------	------------	----	-----------	----------	---------

样品号	矿物	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar *	CH₄	C2 H6	$CO_2/H_2O$	$\overline{CO_2/CH_4}$	$CO_2/N_2$	R
431-1-2	石英	97.25	2.355	0.097	0.007	0.279	0.012	0.024	8.430	24.375	0.12
431-3-2	石英	9 <b>7.</b> 11	2.683	0.079	0.003	0.119	0.006	0.028	22.542	33.927	0.05
230-1-1	石英	94.71	5.010	0.176	0.008	0.085	0.011	0.053	58.903	28.415	0.02
1167-3	石英	97.23	2.470	0.087	0.003	0.201	0.009	0.025	12.303	28.349	0.08
1167-6	石英	97.44	2.327	0.078	0.002	0.146	0.006	0.024	15.902	29.811	0.07
1167-7	石英	96.26	3.031	0.150	0.011	0.529	0.019	0.031	5.733	20.169	0.18
1167-10	石英	97.52	2.253	0.086	0.003	0.130	0.008	0.023	17.355	26.093	0.06
1167-13	石英	98.46	1.374	0.059	0.004	0.097	0.006	0.014	14.158	23.088	0.08
1167-15	石英	98.36	1.463	0.078	0.006	0.081	0.011	0.015	17.975	18.732	0.06
1124-1	石英	94.68	1.205	0.235	0.025	3.809	0.047	0.013	0.316	5.132	3.20
1124-3	石英	95.25	1.389	0.154	0.015	3.162	0.031	0.015	0.439	9.044	2.30
1185-16	石英	96.77	3.031	0.090	0.002	0.100	0.007	0.031	30.467	33.736	0.04
1223-2	石英	92.57	3.960	0.430	0.064	2.032	0.201	0.043	1.948	9.211	0.56
1264-5	石英	96.92	2.533	0.100	0.002	0.438	0.007	0.026	5.780	25.242	0.18

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所包裹体实验室,测试者:朱和平。 \* 表示参考结果; $O_2$ ,He,H<sub>2</sub>S未检出; R=(CO+H<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>+C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)/CO<sub>2</sub>

		phase c	ompositio	16 01 11	uru merus		xiiiuasiia	in tungste	in achosi	ι	
样品号	岩石名称	矿物	F <sup>-</sup>	Cl-	SO4 2-	Na <sup>+</sup>	K+	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	F <sup>-</sup> /Cl <sup>-</sup>
431-1-2	石英脉钨矿	石英	1.32	4.44	17.8	7.41	1.98	<0.05	1.02	3.74	0.30
431-3-2	云英岩	石英	0.048	7.02	2.19	8.22	0.60	<0.05	<0.05	13.70	0.01
230-1-1	石英脉钨矿	石英	0.54	12.7	20.7	7.26	1.47	<0.05	<0.05	4.94	0.04
1167-3	石英脉	石英	0.075	5.49	2.52	7.8	0.48	<0.05	<0.05	16.25	0.01
1167-6	云英岩,	石英	0.135	8.64	1.98	9.96	0.48	<0.05	<0.05	20.75	0.02
1167-7	石英脉钨矿	石英	0.129	3.78	1.47	5.76	0.75	<0.05	<0.05	7.68	0.03
1167-10	石英脉钨矿	石英	0.153	5.79	0.60	6.87	0.69	<0.05	0.30	9.96	0.03
1167-13	石英脉钨矿	石英	0.084	4.11	1.80	6.06	0.87	<0.05	<0.05	6.97	0.02
1167-15	石英脉钨矿	石英	0.261	5.40	17.9	8.85	3.18	<0.05	0.45	2.78	0.05
1124-1	黄铁矿化石英脉	石英	0.138	3.96	1.02	5.64	0.90	<0.05	<0.05	6.27	0.03
1124-3	石英脉钨矿	石英	0.162	3.36	1.41	5.19	1.05	<0.05	<0.05	4.94	0.05
1185-16	石英脉	石英	0.084	6.54	0.93	8.67	1.14	<0.05	<0.05	7.61	0.01
1223-2	石英脉钨矿	石英	0.129	1.92	1.38	3.96	1.38	<0.05	<0.05	2.87	0.07
1264-5	石英脉	石英	0.132	20.9	1, 86	8,46	1, 86	< 0. 05	< 0.05	4 55	0 01

表 3 西华山钨矿流体包裹体液相成分含量(10-\*)

Table, 3	Liquid	phase	compositions	of	fluid	inclusions	in	Xihuashan	tungsten	depos	sit
----------	--------	-------	--------------	----	-------	------------	----	-----------	----------	-------	-----

测试单位:中国科学院地质与地球物理研究所包裹体实验室,测试者:朱和平。

主要呈现出  $Cl^->SO_4^{2-}>F^-$ 的特点,且  $F^-$ 含量在 所有样品中均低于  $Cl^-$ 和  $SO_4^{2-}$ 。阳离子主要呈现 出  $Na^+>K^+$ , $Ca^{2+}$ 和  $Mg^{2+}$ 含量甚微的特点。综合 分析发现,西华山钨矿床成矿流体属于低盐度 NaCl $-H_2O$  体系,流体离子类型大致呈  $Na^+-K^+-Cl^- SO_4^{2-}$ 型。无矿石英脉样品中  $F^-/Cl^-$ 最低,钨矿石 中  $F^-/Cl^-$ 最高,这表明溶液中钨的浓度和氟的浓 度有正消长的关系; $Na^+/K^+$ 比值远大于 1,明显富 Na,可以认为  $Na^+/K^+>1$ 的成矿流体基本上为岩 浆成因流体。

# 4 成矿流体来源

#### 4.1 氢、氧同位素组成

氢、氧同位素组成是最有效的流体性质和来源 的指示剂。成矿流体可为一种成因水或由多种成因 介质水混合而成,因此成矿流体的氢、氧同位素组成 主要取决于不同成因介质水的氢氧同位素组成及成 矿流体中各介质水所占的比例;另一方面,不同成因 介质水在演化过程中与流经岩石发生氢、氧同位素 交换作用。因此在对成矿流体氢、氧同位素组成的 研究中,必须研究不同成因介质水的初始氢、氧同位 素组成及其演化。为研究西华山钨矿成矿流体的来 源,采用 MAT251EM 进行 δ<sub>D</sub>、δ<sup>18</sup> O、δ<sup>13</sup> C 同位素成 分析。西华山钨矿床石英中流体包裹体 C、H、O 同位素分析结果见表 4。

由表 4 发现西华山钨矿床石英中流体包裹体的 δ<sup>18</sup> O 值在 7.4% ~ 11.99%,平均值为 10.11 ± 1.55%。由此可见 δ<sup>18</sup> O 值变化范围很小且平均值

万方数据

大于 10‰,这是岩浆衍生物和高<sup>18</sup> O 的特征<sup>[13]</sup>。与 西华山复式花岗岩全岩  $\delta^{18}$  O 平均值(11.94 ± 0.30‰)相比<sup>[14]</sup>,二者  $\delta^{18}$  O 值很接近,反映他们的 物质来源具有一致性,且成矿流体以富  $\delta^{18}$  O 为特 征。

表 4 西华山钨矿流体包裹体 C、H、O 同位素分析结果

Table. 4 Analysis result of C, H and O isotopes of fluid inclusions in Xihuashan tungsten deposit

	矿物	成矿	δ <sup>18</sup> O <sub>V-SM0</sub> w	δ <sub>D</sub> v-smow	$\delta^{13}C_{v-pdb}$
原件亏	名称	期次	1‰	/‰	/‰
431-1-2	石英	I	11.3	-66	-1.6
431-3-2	石英	Ι	11.9	-57	-6.2
230-1-1	石英	I	11.7	-61	-4.6
1167-3	石英	I	12.3	-44	-5.5
1167-6	石英	П	8.5	-56	-4.2
1167-7	石英	Ι	10.9	-41	-3.1
1167-10	石英	Ι	11	-44	-5.3
1167-13	石英	П	9.9	-53	-5.4
1167-15	石英	П	9.2	-54	-7.1
1124-1	石英	П	9.3	-66	-1.2
1124-3	石英	П	7.4	-62	-1
1185-16	石英	Π	9	-57	-6.5
1223-2	石英	П	7.7	-60	-1
1264-5	石英	I	11.5	-65	-6.2

测试单位:中国地质科学院矿床地质研究所

除个别样品外, $\delta_{D}$ 值比较稳定。 $\delta_{D}$ 值在一41‰ ~-66‰,平均值为-56.14±7.95‰,落在正常花 岗岩的 $\delta_{D}$ 值(-50‰< $\delta_{D}$ <-85‰)范围内。与现 大气降水( $\delta_{D}$ =-38.7±10.2‰)相差较远,说明成 矿流体基本来自岩浆水。与西华山复式花岗岩全岩 δ<sub>D</sub> 值(-57.9%~-72.38%,平均值为-63.51± 4.21%)<sup>[14]</sup>对比,二者的δ<sub>D</sub> 值的范围都较窄,意味 着水来源是单一的。

# 表 5 西华山钨矿地表水的 δ<sup>18</sup>Ο、δD 分析结果

Table. 5Analysis result of  $\delta^{18}$  O and  $\delta_D$  of surface water inXihuashan Tungsten deposit

水的类型	δ <sup>1</sup> 8Ο/‰	$\delta_{ m D}/\%$
西华山泉水	-7.25	-55.35
西华山泉水	-5.14	-31.14
西华山矿坑水	-6.52	-48.37
西华山矿坑水	-5.94	-42.28
西华山矿坑水	-5.14	-50.74

据吴永乐等[14]

表 5 为西华山钨矿各种地表水 δ<sup>18</sup> O,δ<sub>D</sub> 值。从 图 4 中可以明显看出西华山钨矿流体的 δ<sup>18</sup> O 和 δ<sub>D</sub> 投影点相对集中,第一期次的投影点落在变质水范 围内,第二期次的投影点均落在原生岩浆水范围内, 这表明成矿流体基本上来自花岗岩浆水,并具有变 质成因水来源,后期有大气降水参与,但是影响不 大。

#### 4.2 碳同位素

δ<sup>13</sup>C 值在 - 5.1±1.4‰,具有深源碳的特点, 接近壳源碳范围(-5‰~-8‰),同时也在火成岩/ 岩浆系统内(-3~-30%)。在 δ<sup>13</sup> C<sub>V-PD8</sub> - δ<sup>18</sup> O<sub>V-SMOW</sub> 图(图 5)中,给出了地壳流体中 CO<sub>2</sub> 的三大主要来 源(有机质、海相碳酸盐岩和岩浆-地幔源)的碳、氧 同位素值范围,而且还用箭头标出了从这 3 个物源 经 8 种主要过程产生 CO<sub>2</sub> 时,其同位素组成的变化 趋势<sup>[15-17]</sup>。图中样品投点第一期主要落在花岗岩区 边缘,第二期主要落在花岗岩区,少数落在地幔多相 流体,这表明西华山钨矿中的碳可能主要为岩浆水 提供,少数由地幔源提供,且受低温蚀变作用的影 响。



△:西华山钨矿各种地表水;〇:第一期次;+;第二期次 图 4 西华山钨矿床成矿流体  $\delta^{18}$  〇 -  $\delta_D$  关系图 Fig. 4  $\delta^{18}$  〇 -  $\delta_D$  diagram of ore-forming fluids in

Xihuashan tungsten deposit





#### 5 结 论

(1)西华山钨矿床成矿流体的盐度为 7.89%~
13.95%,平均值 10.73%,流体密度 0.628 g/cm<sup>3</sup>~
0.895 g/cm<sup>3</sup>,平均 0.795 g/cm<sup>3</sup>,为低盐度、低密度
流体。成矿压力 31.7~129.32 MPa,成矿深度
3.17~9.47 km,平均 6.45 km。

(2)成矿热液气相成分以 H<sub>2</sub>O 为主,CO<sub>2</sub> 含量 低。热液系统中 CO<sub>2</sub> 是主要含碳物质,成矿是在弱 还原环境下进行的。

(3)液相成分阴、阳离子浓度都很低,相对富钠 和氯,F<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>比值表明溶液中W的浓度和F的浓 度有正消长关系。西华山钨矿床成矿流体属于低盐 度 NaCl-H<sub>2</sub>O体系,流体离子类型大致呈 Na<sup>+</sup>-  $K^+ - Cl^- - SO_4^{2-}$ 型。

(4)δ<sup>18</sup> O 和 δ<sub>D</sub> 值表明成矿流体基本来自岩浆 水,部分可能有变质水的加入,后期有大气降水参与,但是影响不大,西华山钨矿 δ<sup>13</sup> C 值表明流体中 碳可能少数由地幔源提供,主要为岩浆水提供,且受 低温蚀变作用的影响。

# 参考文献

- [1] 穆治国,黄福生,陈成业,等. 漂塘-西华山石英脉型钨 矿床碳、氢、氧稳定同位素研究[M]. 钨矿床地质讨论 会论文集[C]. 北京:地质出版社. 1981,153-169.
- [2] 刘家齐,汪雄武,曾贻善,等.西华山花岗岩及钨锡铍矿 田成矿流体演化[J].华南地质与矿产,2002,(3):91-96.
- [3] 常海亮,汪雄武,王晓地,等.西华山黑钨矿-石英脉绿 柱石中熔融包裹体的成分[J]. 岩石矿物学杂志,2007, 26(3):259-268.
- [4] 肖剑,王勇,洪应龙,等.西华山钨矿花岗岩地球化学特 征及与钨成矿的关系[J].东华理工大学学报,2009, 32(1)22-31.
- [5] 陈毓川,裴荣富,张宏良,等.南岭地区与中生代花岗岩 类有关的有色金属及稀有金属矿床地质[M].北京:地 质出版社.1989.
- [6] Hall, D. l. et al. Freezing point depression of NaCl-KCl-H<sub>2</sub>O solute ons. Econ. Geology, 1988, 83:197-202.
- [7] 常海亮,黄惠兰.西华山钨矿床中熔融包裹体的初步研 究与矿床成因探讨[J].岩石矿物学杂志,2002,21(2):

143-150.

- [8] 刘斌,沈昆.流体包裹体热力学[M].北京:地质出版 社,1999.
- [9] 邵洁涟.金矿找矿矿物学[M].北京:中国地质大学出版社,1990.
- [10] 续颜,孙丰月,蒋函.北京万庄金矿床流体包裹体研究 [J].地质科技情报,2004,23(3):47-51.
- [11] 孙丰月,金巍,李碧乐,等.关于脉状热液金矿床成矿深 度的思考[J].长春科技大学学报,2000,30(增刊):27-30.
- [12] 徐晓春,谢巧勤,陆三明,等. 滇西兰坪盆地西缘铜矿床 矿物流体包裹体研究[J]. 矿物学报,2005,25 (2):170-176.
- [13] Taylor H P Jr. Oxygen and hydrogen isotope studies of plutonic granitic rocks. Earth Planet. Sci. Lett., 1977, 38:177-210.
- [14] 吴永乐,梅勇文,刘鹏程,等. 西华山钨矿地质[M]. 北 京:地质出版社,1987.
- [15] 刘建明,刘家军. 滇黔桂金三角区微细浸染型金矿床的 盆地流体成因模式[J]. 矿物学报,1997,17(4):448-456.
- [16] 毛景文, 赫英, 丁悌平. 胶东金矿形成期间地幔流体参 与成矿过程的碳氧氢同位素证据[J]. 矿床地质, 2002, 21(2):121-127.
- [17] 刘家军,何明勤,李志明,等.云南白秧坪银铜多金属矿 集区碳氧同位素组成及其意义[J].矿床地质,2004,23 (1):1-9.

# Characteristics of fluid inclusions and origin of ore-forming fluids in Xihuashan tungsten deposit, Jiangxi Province

XU Tai, LI Zhen-hua

(College of Energy Engineering, Longdong University, Qingyang, 745000, China)

#### Abstract

The paper analyzes the petrography and micro-thermometry of the fluid inclusions in quartz from Xihuashan tungsten deposit and studies on their gaseous-liquid phase compositions and characteristics of C, H, O isotopes. The results show that the fluid inclusions are well developed in quartz and the type of inclusions are divided into NaCl-H<sub>2</sub>O inclusions(I) and CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O inclusions(II), with priority of the former. The homogenization temperatures of the inclusions are ranged from 200°C to 280°C, averaged 249.5°C; the salinities of the inclusions are from 7.89% to 13.95%, averaged 10.73%, and the densities of ore-forming fluids are ranged from 0.628 g/cm<sup>3</sup> to 0.895 g/cm<sup>3</sup>, averaged 0.795 g/cm<sup>3</sup>, belonging to the low-salinity and low-density type. The average pressure of the ore-forming fluids is 64.01 MPa and the estimated average ore-forming depth is 6.45 km. The gaseous-phase compositions of ore-forming hydrothermal solution are mainly composed of H<sub>2</sub>O with little content of CO<sub>2</sub>. The concentration of the anioniccationic ions in liquid-ingredients is very low and is relatively rich in Na and Cl, the ion type of the fluids roughly presents as Na<sup>+</sup> - K<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup> - SO<sub>4</sub><sup>2<sup>-</sup></sup>. The ore-forming fluids are mainly originated from magmatic water and part of metamorphic water. It is considered that the carbon of the fluids is mainly provided by magmatic water and is less provided by the mantle.

Key words: Xihuashan tungsten deposit; fluid inclusions; ore-forming fluids; C, H, O isotopes