

赣南木梓园钨矿流体包裹体特征及其地质意义

王旭东^{1,2} 倪 培² 袁顺达¹ 吴胜华¹

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用和资源评价重点实验室, 北京 100037;

2. 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 地质流体研究所, 地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093)

摘要:木梓园钨矿床是赣南地区一中型石英脉型钨矿床, 是利用地表云母线、石英线等矿化标志带寻找隐伏石英脉型矿床的典范。本文对木梓园矿床含黑钨矿石英脉石英中流体包裹体开展了岩相学和显微测温研究, 并运用显微激光拉曼光谱测试技术对单个流体包裹体成分进行测试。结果表明, 石英中流体包裹体至少记录了两期流体活动。这两类流体分属中-高温、中低盐度、中低密度的 NaCl-H₂O 流体体系和中-低温、中低盐度、中等密度的 NaCl-H₂O 流体体系。在木梓园钨矿床成矿流体的演化过程中, 高温阶段发生了小规模的沸腾作用, 并由此导致成矿流体中部分金属络合物分解进而沉淀成矿; 低温阶段则主要经历了自然冷却过程, 流体中矿质的沉淀则主要由温度的降低引起。

关键词:流体包裹体; 成矿机制; 石英脉型钨矿; 木梓园; 赣南

中图分类号: P618.67 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)06-1790-08

木梓园钨矿床位于江西省大余县黄龙镇, 是江西省重工业局 908 队在 1963—1966 年探明的中型石英大脉型钨矿床, 是利用地表云母线、石英线等矿化标志带寻找隐伏石英脉型矿床的成功范例。对该矿床的报道较少, 其中, 王安城^[1]对矿区隐伏花岗岩埋深进行过预测, 刘若兰等^[2]对该矿床石英和萤石中流体包裹体进行了初步的研究, 欧阳美才^[3]和聂荣锋等^[4]先后报道了该矿床的找矿进展, 张文兰等^[5]开展过该矿床成岩和成矿的年代学研究。

成矿流体的性质、来源、演化以及流体成矿机制一直是矿床学研究的重要内容, 流体包裹体是成矿流体研究的主要手段。木梓园钨矿流体包裹体研究唯一的一篇文章, 因限于当时的研究方法及测试仪器的种类和精度, 也主要开展了流体包裹体均一温度的测定和利用包裹体群分析技术获取流体组分, 由于包裹体低温相变温度的缺乏及群体包裹体组分反映的是一个综合的结果, 并没有获取该矿床成矿流体准确的信息。因此在现有的技术条件下, 利用新

的研究方法对该矿床的流体包裹体进行深入、系统的研究不仅可以获得更为准确的流体信息, 也有助于对矿床的成因机制进行合理的解释。

本文在详细的流体包裹体岩相学观察的基础上, 对木梓园钨矿含黑钨矿石英脉石英中流体包裹体进行显微测温和激光拉曼光谱测试, 并据此对该矿床成矿流体的性质和流体中金属元素的沉淀机制进行探讨。

1 区域及矿床地质概况

木梓园矿床位于西华山—棕树坑北北东向构造岩浆成矿带中段(图 1), 为一中型的石英大脉型钨多金属矿床, 矿床以钨钼矿化为主, 伴生有锡、铋、铍、铜、铌、钽等组分可供综合利用。

矿区及邻近广泛分布着中—上寒武统变质砂岩、板岩, 局部残留有中泥盆统砂砾岩。区内构造运动强烈, 褶皱构造主要为一系列向西倾斜倒转的同斜褶曲, 断裂构造以北东—南西、北西—南东和近东

收稿日期: 2012-11-05; 改回日期: 2012-11-25

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40930419)和国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2012CB416704)资助。

作者简介: 王旭东, 男, 1975 年生, 博士, 主要从事成矿流体方面的研究工作; E-mail: xdwang25@sohu.com。

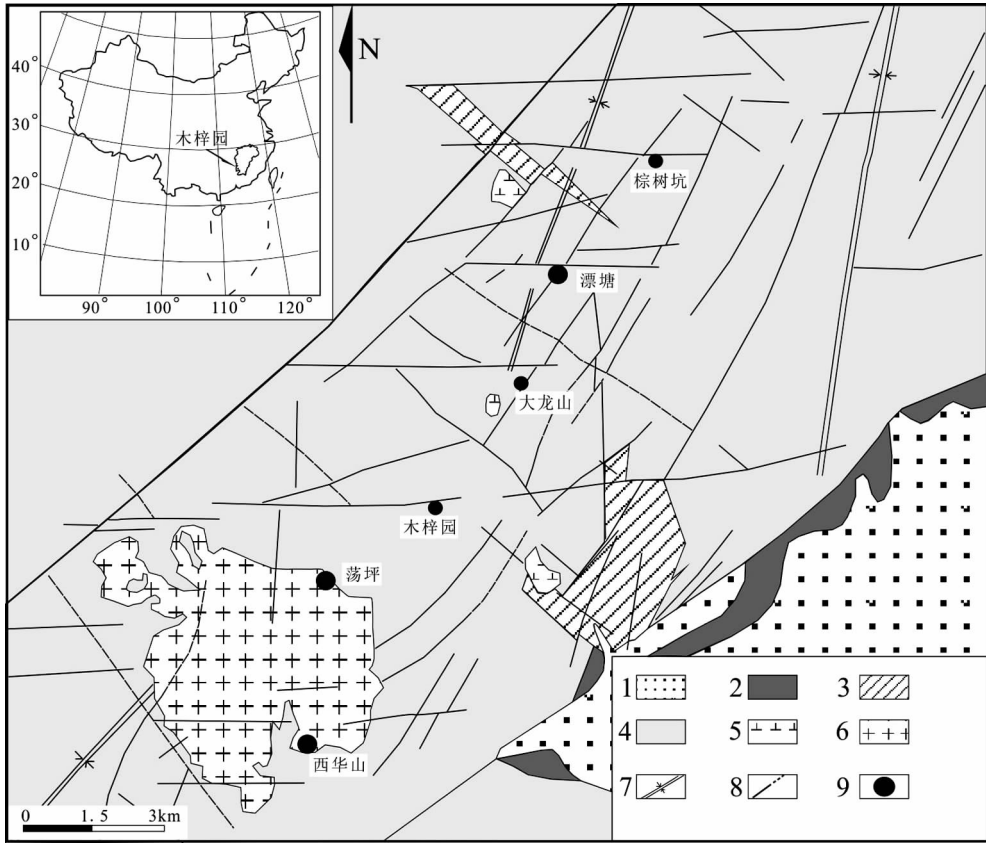


图 1 西华山—棕树坑钨锡成矿带区域地质略图(据文献^[6])

1—第四系;2—上白垩统;3—中泥盆统;4—中—上寒武统;5—石英闪长岩;6—燕山期花岗岩;
7—复向斜轴线;8—断层及推测部分;9—钨矿床

Fig.1 Regional geological sketch map of the Xihuashan - Zongshukeng ore belt (after Yang^[6])

1-Quaternary; 2-Upper Cretaceous; 3 - Middle Devonian; 4-Middle-Upper Cambrian; 5 - Quartz diorite; 6- Yanshanian granite; 7-Axes of synclinorium; 8- Fracture; 9- Tungsten deposit

西向 3 组断裂为主。与成矿有关的花岗岩为一呈北东走向的岩基,岩基在西华山—荡坪出露地表,其他地段均隐伏地下,主要钨矿床均位于岩基向上突起的部位。

矿区内隐伏花岗岩体赋存在 340 m 标高以下,主要造岩矿物为钾长石、钠长石、石英和少量黑云母,副矿物有磷灰石、绿帘石等。岩体中 W、Mo、Bi、Be、Cu、Nb 等元素的含量都超过了酸性岩的平均含量,局部地段还出现了 W 高度富集的情况。岩体的单颗粒锆石 U-Pb 年龄为(153.3±1.9)Ma^[5]。

含矿石英脉赋存在花岗岩体的内外接触带中(图 2),具有工业价值的矿脉主要产在寒武纪变质岩中及花岗岩体的顶部,赋存标高为 500~200 m,200 m 标高以下的矿脉中钨矿化减弱,硫化物矿化增强。

矿床由锡石埂、石头窝、长排 3 个自南西向东北

呈侧幕式展布的矿段组成,其中石头窝矿段为主要的工业矿体。含矿石英脉一般长百余米,最长达 500 余米,脉幅由 0.1 m 至 1 m 以上,矿脉走向近东西,倾向南,倾角 75°~80°。矿床辉钨矿 Re-Os 年龄为(151.1±8.5)Ma^[5],与花岗岩的成岩年龄接近。

矿区内围岩蚀变与围岩性质有关,围岩为变质岩时,硅化最为发育,次为绢云母化、绿泥石化、电气石化;围岩为花岗岩时,则云英岩化强烈,次为钾长石化。

矿床中主要的矿石矿物为黑钨矿、辉钨矿、锡石,其次为黄铜矿、黄铁矿、白钨矿、方铅矿、辉铋矿、绿柱石、黄玉等。其中黑钨矿和锡石主要富集在矿床的上部到中部,辉钨矿、黄铜矿、黄铁矿等硫化物矿物向深部逐渐增多。

矿石结构主要有自形、半自形结构、他形结构、残余结构、骸晶结构;矿石构造主要有条带状或对称

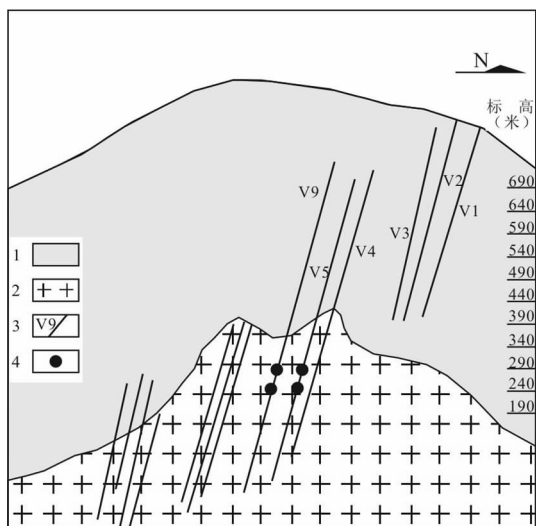


图2 木梓园钨矿地质剖面略图(据文献^[4])

1—中—上寒武系变质砂板岩;2—燕山期花岗岩;
3—石英大脉及编号;4—取样位置

Fig.2 Geological section of the Muziyuan tungsten deposit (after^[4])

1—Middle - Upper Cambrian metamorphic sandstone and slate;
2—Yanshanian granite; 3—Wide quartz vein and its serial number;
4—Sampling site

条带状构造、梳状构造、晶洞构造。

2 样品特征与分析方法

本次研究的样品取自木梓园钨矿具代表性的石头窝组 V5 和 V9 两条含黑钨矿石英脉, 取样位置是正在开采的 240、290 中段。取样的石英脉中黑钨矿矿化发育, 自形程度好的黑钨矿呈厚板状、薄板状的晶体产出, 自形程度差的呈团块状集合体产出(图 3)。

本次工作的实验流程如下: 先将矿石样品磨制成厚度为 0.3 mm 双面抛光的薄片, 其后对其中流体包裹体进行详细的岩相学观察及显微测温工作, 再选择有代表性的包裹体进行激光拉曼探针分析。流体包裹体测试在南京大学内生金属成矿机制研究国家重点实验室包裹体室进行, 显微测温所采用仪器为英国产的 Linkam-THMS600 冷热台(温度范围: $-196\sim+600^{\circ}\text{C}$), 分析精度为: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, $<30^{\circ}\text{C}$, $\pm 1^{\circ}\text{C}$, $<300^{\circ}\text{C}$, $\pm 2^{\circ}\text{C}$, $<600^{\circ}\text{C}$ 。激光 Raman 探针为英国产 Renishaw RM2000 型, 实验条件: 温度 23°C , Ar 离子激光器(514 nm), 风冷, 狭缝宽 $50\ \mu\text{m}$, 光栅 1800, 扫描时间 60 s, 扫描次数为 1 次。

3 流体包裹体研究

3.1 流体包裹体岩相学

木梓园钨矿含黑钨矿石英脉石英中流体包裹体非常发育, 根据 Roedder^[7]和卢焕章等^[8]提出的流体包裹体在室温下相态分类准则及冷冻升温过程中的相态变化特征, 将流体包裹体划分为富液相两相水溶液包裹体(I型)、富气相两相水溶液包裹体(II型)和纯气相的包裹体(III型)3类。

I型: 富液相两相水溶液包裹体。为最常见的包裹体类型, 占包裹体总数的90%以上, 一般分为呈孤立状(图4-A)、小群(图4-B)产出的原生包裹体 Ia 和沿切穿石英颗粒的裂隙呈串珠状分布的次生包裹体 Ib(图4-C)。Ia 的形状一般为长条形、不规则形、三角形、圆形、椭圆形等, 大小 $2\sim 20\ \mu\text{m}$, 通常在 $8\sim 10\ \mu\text{m}$, 气相百分数 $5\%\sim 10\%$, 成小群产出的通常气

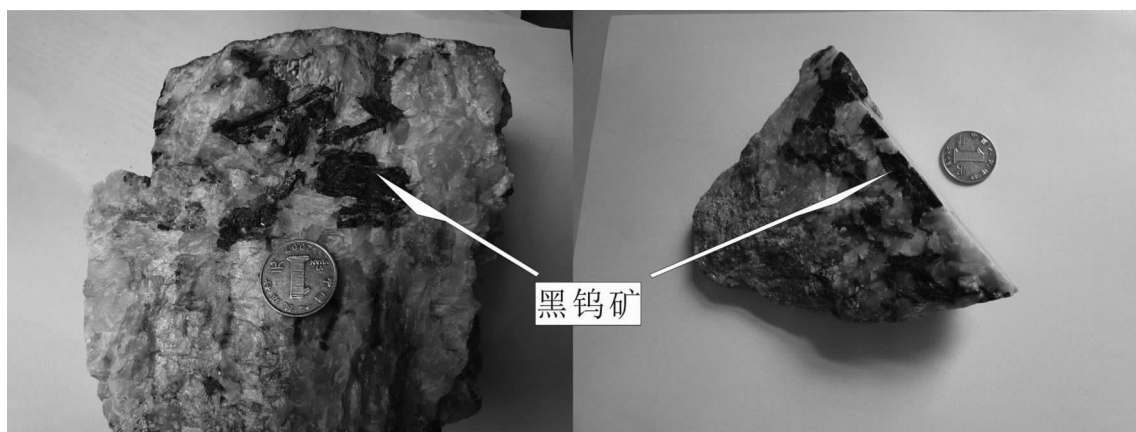


图3 木梓园钨矿矿石标本

Fig.3 Specimen of ore body from the Muziyuan tungsten deposit

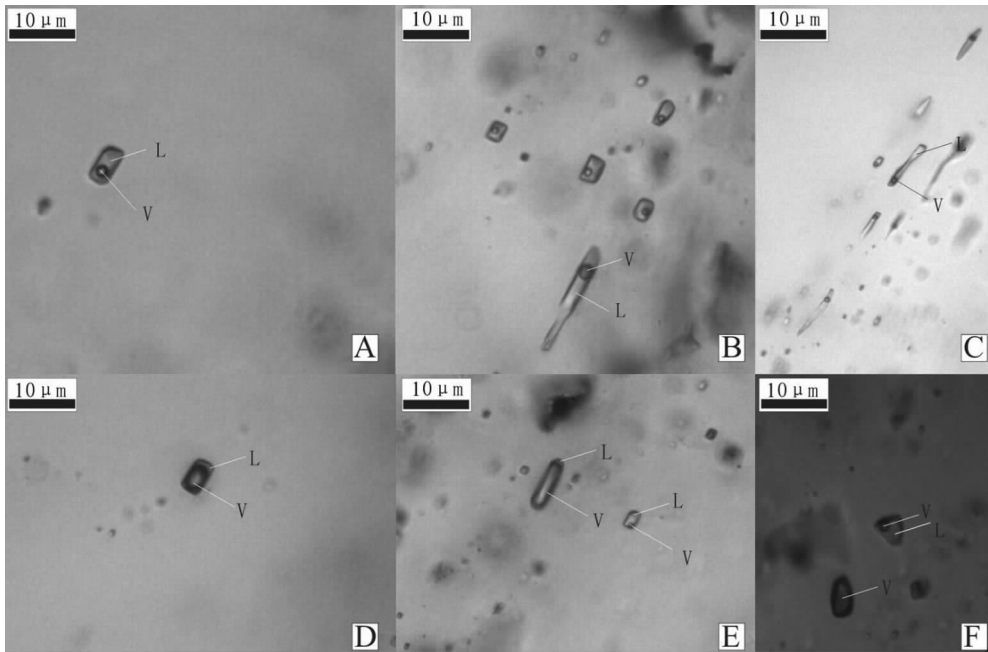


图 4 木梓园钨矿石英中流体包裹体

Fig.4 Fluid inclusions in quartz from the Muziyuan tungsten deposit

相百分数相近,为同一个流体包裹体组合(FIA)中的包裹体^[9,10]。Ib 的形状一般为长条形、椭圆形、圆形和不规则形,气相百分数通常小于 5%,个别表现为纯液相。

II 型:富气相两相水溶液包裹体。此类包裹体数量不多,形态一般为长条形、椭圆形、圆形和不规则形,大小 2~10 μm,气相颜色较暗,气相百分数 60%~90%,呈孤立状(图 4-D)或与 I 型包裹体共生产出(图 4-E)。

III 型:纯气相包裹体。此类包裹体数量较少,形态一般为圆形、椭圆形、不规则形,大小 2~15 μm,呈单一相,颜色较暗,通常与 I 型包裹体共生或者孤立分布(图 4-F)。

3.2 流体包裹体显微测温

在详细的岩相学观察基础上,对石英中原生的流体包裹体进行显微测温。测温过程中,对 III 型包裹体

冷冻及加热过程中没有观察到相态的变化,能准确获得相变温度的 II 包裹体数量亦较少。通过测得的冰点温度对盐度进行了计算,计算采用 Hall et al^[11]的公式: $W_{NaCl}=0.00+1.78T_m-0.0442 T_m^2+0.000557 T_m^3$,其中 T_m 为冰点下降温度。

Ia 型及 II 型包裹体的测温及计算得到的盐度结果见表 1,利用均一温度、盐度数据作图(图 5~6)。

显微测温结果显示,Ia 型包裹体的均一方式为均一到液相,均一温度范围为 168~361℃,并且均一温度分为区间明显不同的两组,均一温度高的区间,其均一温度为 260~340℃,均一温度低的区间,其均一温度为 170~240℃。盐度的分布特征与均一温度不同,并没有分为明显不同的两个区间,其总体分布范围为 3.2%wt. NaCleq~7.9%wt.NaCleq。II 型包裹体的均一方式为均一到气相,均一温度范围为 267~281℃,盐度的分布范围为 0.5wt.%NaCleq~0.9wt.%NaCleq。

表 1 木梓园钨矿流体包裹体测温结果

Table 1 Microthermometric data of fluid inclusions

样品	寄主矿物	包裹体成因类型	包裹体类型	N	T_m /℃	T_h /℃	盐度/wt.%NaCleq	均一方式
含矿石英脉	石英	原生	Ia	98	-1.9~-5.1	161~336	3.2~7.9	液相
	石英	原生	II	4	-0.4~0.5	267~281	0.5~0.9	气相

注:N为测试的包裹体个数;Tm为冰点温度;Th为均一温度。

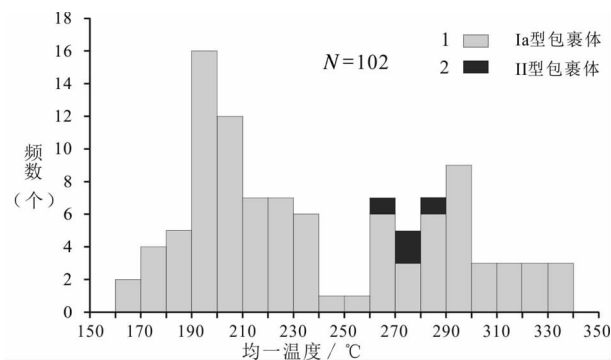


图5 流体包裹体均一温度直方图

Fig.5 Histogram of homogenization temperatures in fluid inclusions

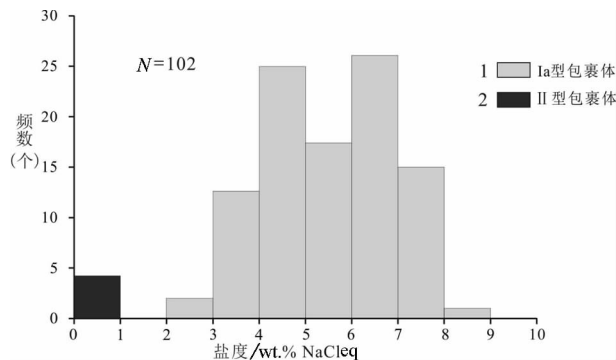
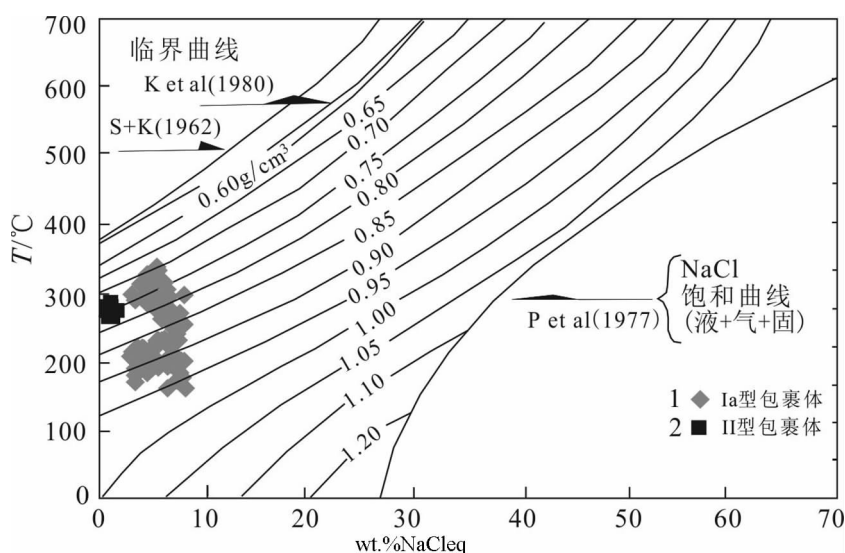


图6 流体包裹体盐度直方图

Fig.6 Histogram of salinities in fluid inclusions

图7 NaCl-H₂O体系的T-W-ρ相图(据[12])Fig.7 Phase diagram of T-W-ρ for NaCl-H₂O system

把测得的流体包裹体均一温度和计算得到的流体包裹体盐度数据投点到 NaCl-H₂O 体系的 T-W-ρ 相图上^[12],可以看出均一温度区间高的流体包裹体密度为 0.7~0.85 g/cm³,均一温度区间低的流体包裹体密度为 0.85~1.0 g/cm³。

3.3 流体包裹体激光拉曼分析

对样品中具有代表性的不同类型流体包裹体进行了激光拉曼分析,测试结果显示,Ia型(图8-A)和II型包裹体(图8-B)的成分没有明显区别,均只检测到了宽泛的液相 H₂O 的包络峰,对III型包裹体的拉曼测试则没有检测到信号。

4 讨论

4.1 成矿流体的性质

测试结果表明,木梓园钨矿石英中流体包裹体

的均一温度分布范围较宽,并可分为明显不同的两个区间(260~340°C,170~240°C),表明该矿床的成矿作用至少经历了两期流体活动。尽管刘若兰等^[2]在本矿床石英中发现极少量的 CO₂ 包裹体,但本次工作在岩相学观察、显微测温过程中都没有发现含 CO₂ 和 CH₄ 的包裹体,对流体包裹体的激光拉曼测试没有检测到 CO₂ 等组分的特征峰,也没有检测到 CO₃²⁻和 HCO₃⁻的特征峰,表明流体中 CO₂ 组分的含量是极少的。这与崇—犹—余地区的钨矿床不含或仅含少量的 CO₂ 组分的事实是相符的^[13-17]。因此,这两类均一温度区间不同的流体分属中—高温、中低盐度、中低密度的 NaCl-H₂O 流体体系和中—低温、中低盐度、中等密度的 NaCl-H₂O 流体体系。

4.2 流体的沸腾作用和冷却作用

木梓园钨矿含黑钨矿石英脉石英中存在纯气相

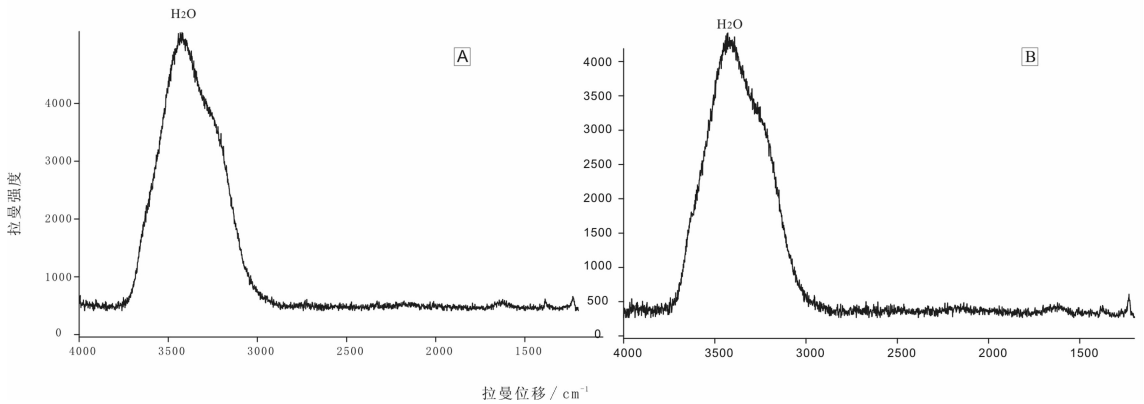


图 8 石英体中流体包裹体拉曼图谱
Fig.8 Raman spectra of fluid inclusions in quartz

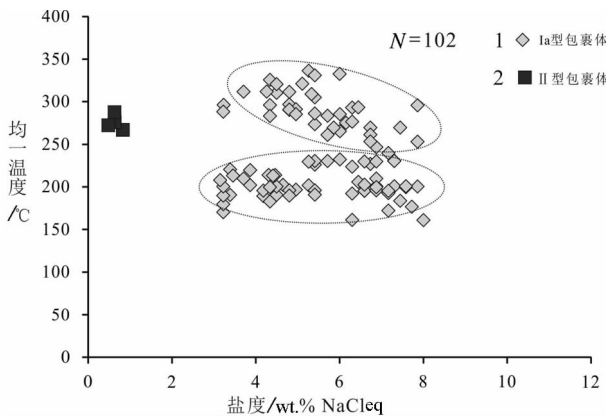


图 9 流体包裹体均一温度 vs 盐度图
Fig.9 Plot of homogenization temperatures versus salinities of fluid inclusions

和富气相的流体包裹体,在均一温度区间高(260~340℃)的流体包裹体中,少量富气相包裹体的均一方式为均一到气相,表明流体发生过沸腾作用。纯气相和均一到气相的富气相包裹体数量较少,表明流体沸腾作用的规模不大。在流体包裹体均一温度 vs 盐度图上,均一温度区间高的富液相两相水溶液包裹体的均一温度和盐度存在一定程度的负相关关系,可以解释为在流体演化过程中,该温度区间,流体发生了小规模沸腾作用,并由于气体的逸失,导致剩余流体中的盐度的升高。

在较低的均一温度区间(170~240℃),没有纯气相和富气相的包裹体,包裹体中均一方式为均一到液相,表明在该温度区间内,流体没有发生过沸腾作用。流体包裹体的均一温度和盐度之间不存在线性关系,盐度的变化范围也不大(3.2%NaCl~7.9%NaCl),表明也没有发生过流体混合作用,前人对该

矿床流体包裹体的氢、碳同位素研究表明, δD 值为 $-46.293\text{‰} \sim -98.969\text{‰}$, $\delta^{13}C$ 值为 $-12.00\text{‰} \sim -13.39\text{‰}$,表明成矿流体为单一的岩浆水来源^[2]。而该区间的流体包裹体均一温度有较为明显的降低趋势,表明流体经历了冷却的过程。

4.3 矿床的成因机制

流体不混溶作用(沸腾或 CO_2 的泡腾)是成矿元素从热液中沉淀的最重要机制^[18],也是钨从热液中沉淀的重要因素^[19-24]。流体体系的自然冷却是钨的络合物在热液中分解、沉淀的机制的另一重要因素^[20,25-27]。研究表明,温度升高时,黑钨矿、白钨矿等钨矿物在流体中溶解度明显增高^[28],可见温度改变对钨沉淀的影响十分明显。

尽管在木梓园钨矿含黑钨矿石英脉中没有发现富 CO_2 等挥发分的包裹体,但在均一温度区间高的流体包裹体中,存在少量纯气相和均一到气相的富气相包裹体。表明成矿流体在区内裂隙构造内循环运移过程中,在 260~340℃ 的温度区间内发生过小规模沸腾作用,在这个过程中,部分金属元素从流体中沉淀成矿。在流体包裹体均一温度低的区间(170~240℃),木梓园钨矿含矿石英脉中的流体包裹体反映流体经历了明显的降温过程,在此过程中,由于钨等金属元素在流体中的溶解度降低进而从流体中沉淀成矿。

5 结论

(1)木梓园钨矿含黑钨矿石英脉中流体包裹体至少记录了两期流体活动。这两类均一温度区间不同的流体分属中-高温、中低盐度、中低密度的

NaCl-H₂O 流体体系和中-低温、中低盐度、中等密度的 NaCl-H₂O 流体体系。

(2)在木梓园钨矿床成矿流体的演化过程中,高温阶段发生了小规模的流体沸腾作用,并由此导致成矿流体中部分金属络合物分解进而沉淀成矿;低温阶段则主要经历了自然冷却过程,流体中矿质的沉淀则主要由温度的降低引起。

致谢:野外工作得到江西漂塘钨矿领导、木梓园坑口及生产部地质测量科人员的热情帮助,两位审稿人对论文初稿提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢!

参考文献 (References):

- [1] 王安城. 大余木梓园隐伏花岗岩体的预测 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1987, (3):191-197.
Wang Ancheng. Prediction of the hidden granite mass at Muziyuan, Dayu [J]. Journal of Guilin College of Geology, 1987, (3):191-197 (in Chinese with English abstract).
- [2] 刘若兰, 慕纪录. 木梓园钨矿床流体包裹体研究及在成矿阶段划分中的应用 [J]. 成都地质学院学报, 1990, 17(3):18-28.
Liu Ruolan, Mu Jilu. Research on fluid inclusions and its application to the study of ore-forming stages in the Muziyuan W-Mo deposit, Jiangxi Province [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1990, 17(3):18-28(in Chinese with English abstract).
- [3] 聂荣锋, 卢克豪. 漂塘钨矿木梓园矿区地质找矿成效 [J]. 矿产与地质, 2007, 21(3):312-315.
Nie Rongfeng, Lu Kehao. Efficiency of prospecting in Muziyuan ore field of Piaotang tungsten mine [J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21(3):312-315(in Chinese with English abstract).
- [4] 欧阳美才. 漂塘钨矿木梓园矿区开展二轮地质找矿见成效 [J]. 中国钨业, 2002, 17(5):17-20.
Ouqiang Meicai. The second round of finding deposits win success in Muzhiyuan mining area of Piaotang tungsten mine [J]. China Tungsten Industry, 2002, 17 (5):17-20 (in Chinese with English abstract).
- [5] 张文兰, 华仁民, 王汝成, 等. 赣南漂塘钨矿花岗岩成岩年龄与成矿年龄的精确测定 [J]. 地质学报, 2009, 83(5):659-670.
Zhang Wenlan, Hua Renmin, Wang Rucheng, et al. New dating of the Piaotang granite and related tungsten mineralization in southern Jiangxi [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(5):659-670 (in Chinese with English abstract).
- [6] 杨明桂, 卢得揆. 西华山-漂塘地区脉状钨矿的构造特征与排列组合形式 [C]//余鸿彰主编. 钨矿地质讨论会论文集(中文版). 南昌, 1981. 北京:地质出版社, 1984:293-303.
Yang Minggui, Lu Dekui. The tectonic characteristics and the form of permutations and combinations of vein-type tungsten deposits in Xihuashan - Piaotang area [C]//Yu Hongzhang (eds). Proceedings of Symposium on Tungsten Geology (Chinese edition). Nanchang, 1981. Beijing: Geological Publishing House, 1984:293-303(in Chinese).
- [7] 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 流体包裹体(第一版) [M]. 北京: 科学出版社, 2004:406-419.
Lu Huanzhang, Fan Hongrui, Ni Pei, et al. Fluid Inclusion (first edition) [M]. Beijing: Science Press, 2004:406-419(in Chinese).
- [8] Roedder E. Fluid Inclusions [M]. Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy, 1984, 12:644.
- [9] Goldstein R H, Reynolds T J. Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals [R]. SEPM Short Course, 1994, 31:199.
- [10] Goldstein R.H. Petrographic analysis of fluid inclusions [C]//Samson I, Anderson A, Marshall D (eds). Fluid Inclusions - Analysis and Interpretation. Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 2003, 32:9-53.
- [11] Hall D L, Sterner S M, Bodnar R J. Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions [J]. Econ. Geol., 1988, 83:197-202.
- [12] Bodnar, R. J. A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and P-V-T-X properties of inclusion fluids [J]. Econ. Geol., 1983, 78:535-542.
- [13] 刘若兰, 慕纪录, 徐荣. 江西大龙山钨钼矿床流体包裹体的研究 [J]. 成都地质学院学报, 1985, (2):25-31.
Liu Ruolan, Mu Jilu, Xu Rong. A study of Dalongshan tungsten-molybdenum deposit, Jiangxi Province [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1985, (2):25-31 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王旭东, 倪培, 蒋少涌, 等. 赣南漂塘钨矿流体包裹体研究 [J]. 岩石学报, 2008, 24(9):2163-2170.
Wang Xudong, Ni Pei, Jiang Shaoyong, et al. Fluid inclusion study on the Piaotang tungsten deposit, Southern Jiangxi Province, China [J]. Acta Petrol. Sin., 2008, 24 (9):2163-2170 (in Chinese with English abstract).
- [15] 杨兢红, 陈欣阳, 王旭东. 江西荡萍钨矿花岗岩年代学与成矿流体地球化学研究 [J]. 矿物学报, 2009, S1:339.
Yang Jinghong, Chen Xinyang, Wang Xudong. Studies on the granite geochronology and ore-forming fluid geochemistry of Dangping tungsten deposit, Jiangxi Province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2009, S1: 339(in Chinese).
- [16] 胡东泉, 华仁民, 李光来, 等. 赣南茅坪钨矿流体包裹体研究 [J]. 高校地质学报, 2011, 17(2):327-336.
Hu Dongquan, Hua Renmin, Li Guanglai, et al. Study on the fluid inclusions of Maoping Tungsten Deposit, Southern Jiangxi Province [J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(2): 327-336 (in Chinese with English abstract).
- [17] 宋生琼, 胡瑞忠, 毕献武, 等. 赣南淘锡坑钨矿床流体包裹体地球化学研究 [J]. 地球化学, 2011, 40(3):237-248.
Song Shengqiong, Hu Ruizhong, Bi Xianwu, et al. Fluid inclusion geochemistry of the Taoxikeng tungsten deposit in southern Jiangxi Province, China [J]. Geochimica, 2011, 40(3): 237-248 (in Chinese with English abstract).
- [18] Drummond, S E, Ohmoto H. Chemical evolution and mineral

- deposition in boiling hydrothermal systems [J]. *Econ. Geol.*, 1985, 80:126–147.
- [19] Higgins N C, Kerrich R. Progressive ^{18}O depletion during CO_2 separation from a carbon dioxide-rich hydrothermal fluid: Evidence from the Grey River tungsten deposit, Newfoundland [J]. *Can. J. Earth. Sci.*, 1982, 19:2247–2257.
- [20] Seal R R II, Clark A H, Morrissey C J. Stockwork tungsten (scheelite)–molybdenum mineralization, Lake George, Southwestern New Brunswick [J]. *Econ. Geol.*, 1987, 82:1259–1282.
- [21] Lynch J V G. Hydrothermal alteration, veining, and fluid inclusion characteristics of the Kalzas wolframite deposit, Yukon [J]. *Can. J. Earth. Sci.*, 1989, 26:2106–2115.
- [22] Polya D A. Chemistry of the main-stage ore-forming fluids of the Panasqueira W–Cu (Ag)–Sn deposit, Portugal: Implications for models of ore genesis [J]. *Econ. Geol.*, 1989, 84:1134–1152.
- [23] Giamello M, Protano G, Riccobono F, et al. The W–Mo deposit of Perda Majori (SE Sardinia, Italy): a fluid inclusion study of ore and gangue minerals [J]. *Eur. J. Mineral*, 1992, 4:1079–1084.
- [24] So C S, Yun S T. Origin and evolution of W–Mo-producing fluids in a granitic hydrothermal system: Geochemical studies of quartz vein deposits around the Susan granite, Hwanggangri district, Republic of Korea [J]. *Econ. Geol.*, 1994, 89:246–267.
- [25] Ramboz C, Schnapper D, Dubessy J. The P–V–T–X– f_{O_2} evolution of H_2O – CO_2 – CH_4 –bearing fluids in a wolframite vein: Reconstruction from fluid inclusion studies [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1985, 49:205–219.
- [26] Samson I M. Fluid evolution and mineralization in a subvolcanic granite stock: The Mount Pleasant W–Mo–Sn deposits, New Brunswick, Canada [J]. *Econ. Geol.*, 1990, 85:145–163.
- [27] O'Reilly C, Gallagher V, Feely M. Fluid inclusion study of the Ballinglen W–Sn–sulphide mineralization, SE Ireland [J]. *Mineralium Deposita*, 1997, 32:569–580.
- [28] Wood S A, Samson I M. The hydrothermal geochemistry of tungsten in granitoid environments: I. Relative solubilities of ferberite and scheelite as a function of T, P, pH and mNaCl [J]. *Econ. Geol.*, 2000, 95:143–182.

Characteristics of fluid inclusions of the Muziyuan tungsten deposit in Southern Jiangxi Province and their geological implications

WANG Xu-dong^{1,2}, NI-Pei², YUAN Shun-da¹, WU Sheng-hua¹

(1. *MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037, China*; 2. *State Key Laboratory for Mineral Deposit Research, Institute of Geo-Fluids, School of Earth Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China*)

Abstract: The Muziyuan tungsten deposit is a medium-size quartz-vein type tungsten deposit in southern Jiangxi Province. The model using surface mica line and quartz line can be used in search for concealed quartz vein type ore deposit. Based on detailed petrographic observations, the authors carried out microthermometric and Raman microspectroscopic studies of fluid inclusions in wolframite–quartz veins of the Muziyuan tungsten deposit. Experimental results show that fluid inclusions in quartz have recorded at least two periods of fluid activities. These two kinds of fluid are of the high temperature, low salinity and low density NaCl– H_2O fluid system and the low temperature, low salinity and medium density NaCl– H_2O fluid system respectively. In the evolution process of ore-forming fluids in the Muziyuan tungsten deposit, high temperature stage experienced some boiling, resulting in the decomposition of the metal complex in ore forming fluids and ore deposition, whereas the low-temperature phase was mainly subjected to the natural cooling process, and the fluid mineral precipitation resulted mainly from the temperature decrease.

Key words: fluid inclusions; mineralization mechanism; quartz vein type tungsten deposit; Muziyuan; southern Jiangxi Province.

About the first author: WANG Xudong, male, born in 1975, doctor, mainly engages in the study of deposit geochemistry; E-mail: xdwang25@sohu.com.