

云南南秧田钨矿床流体包裹体特征及其意义

冯佳睿¹, 周振华¹, 程彦博²

(1. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要: 对南秧田矽卡岩型钨矿床的石英和石榴石流体包裹体的岩相学特征研究表明, 与成矿有关的包裹体主要有3类: 富液相、富气相和含子晶的多相包裹体。石英包裹体均一温度范围为 232~337℃, 盐度 $w(\text{NaCl})=0.53\% \sim 9.98\%$; 石榴石包裹体的均一温度范围为 228~306℃, 盐度 $w(\text{NaCl})=6.45\% \sim 14.04\%$ 。激光拉曼探针分析表明, 南秧田白钨矿的成矿流体中气相成分以 H_2O 为主, 含少量 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 和 N_2 等气体, 液相成分以 H_2O 为主, 属 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 流体体系。成矿溶液的密度为 0.72~0.87 g/cm^3 , 表明形成这种矽卡岩型矿床的成矿流体均属于中温、低盐度、低密度的流体。成矿压力为 18~32 MPa, 成矿深度约为 0.6~1.2 km。石英包裹体水的 δD 为 $-72.16\% \sim -65.10\%$, $\delta^{18}\text{O}$ 为 $7.98\% \sim 8.45\%$, 钨矿床中硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 为 6.6‰。成矿流体主要来自燕山晚期的岩浆热液作用。

关键词: 南秧田, 矽卡岩型钨矿床, 流体包裹体, 激光拉曼探针分析, 成矿机制

中图分类号: P618.67

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2010)01-0050-09

Characteristics and significance of the fluid inclusions from the Nanyangtian tungsten deposit in Yunnan Province

FENG Jia-rui¹, ZHOU Zhen-hua¹ and CHENG Yan-bo²

(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. Faculty of Earth Science and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: South China is the largest and the most specific tungsten metallogenic belt in the world, Jurassic is the main ore-forming period of tungsten ore deposits in South China, and Cretaceous is the main mineralization period of tin ore deposits in China. Nevertheless, the Nanyangtian skarn-type scheelite deposit in Yunnan Province is closely linked with the Cretaceous granites in space and time and is the only skarn-type tungsten deposit discovered in Cretaceous strata. The ore-bearing rock series of the Nanyangtian skarn-type tungsten deposit comprise alternating layers composed of skarns, gneiss, granulite, schist and some other rocks, in which skarn layers are the main ore-hosting rocks and skarn scheelite is the main ore type. This paper deals with micro temperature measurement and Laser Raman spectroscopy of fluid inclusions in the Nanyangtian tungsten deposit, aimed at discriminating ore-forming fluid properties of this deposit and clarifying its ore-forming material source and metallogenic mechanism based on petrographic characteristics for the further study of the Nanyangtian skarn-type tungsten deposit. There are three dominant types of fluid inclusions related to metallogenesis, as evidenced by petrographic characteristics of fluid inclusions of quartz and garnet in the Nanyangtian skarn-type tungsten deposit; they are liquid-rich inclusions, gas-rich two-phase inclusions and daughter minerals-bearing polyphase inclusions. The homogenization temperatures and salinity of fluid inclusions in quartz range from 232℃ to 337℃

收稿日期: 2009-10-09; 修订日期: 2009-11-17

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(K0922)、国家重点基础研究课题(2007CB411405, 2007CB411407)、国家自然科学基金重点基金资助项目(40930419)

作者简介: 冯佳睿(1982-), 女, 汉族, 博士研究生, 主要从事矿床地球化学研究, E-mail: feng_jiarui@yeah.net。

and from 0.53% to 9.98 wt% NaCl_{eqv} respectively, and those of the inclusions in garnet vary from 228°C to 306°C and from 6.45% to 14.04 wt% NaCl_{eqv} respectively. Laser Raman spectroscopy shows that the gas composition of ore-forming fluids in Nanyangtian scheelite is mainly H_2O , with a small amount of CO_2 , CH_4 , H_2S , N_2 and some other gases, whereas liquid composition is mainly H_2O , thus suggesting a $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ fluid system. The density of the fluids is 0.72~0.87 g/cm^3 . These features demonstrate that the fluids in this tungsten deposit are of medium temperature, low salinity and low density. The pressure of the fluid is 18~32 MPa, the depth of the fluid is 0.6~1.2 km, the δD values range from -72.16‰ to -65.10‰, the $\delta^{18}\text{O}$ water values vary from 7.98‰ to 8.45‰, and the $\delta^{34}\text{S}$ value of sulfides in the tungsten deposit is 6.6‰. These data imply that ore-forming fluids were derived from the magmatic hydrothermal process in late Yanshanian period, and magmatism caused the remobilization and enrichment of ore-forming elements to form the Nanyangtian skarn-type tungsten deposit.

Key words: Nanyangtian; skarn-type tungsten deposit; fluid inclusion; Laser Raman spectroscopy; metallogenic mechanism

以南岭为中心的华南是全球最大和最具特色的钨矿成矿带,在中国,90%的钨矿产在华南,其成矿时代持续时间也比较长,至少可能在170~92 Ma(陈毓川等,1989)。从1929年开始,我国许多著名的地质学者(徐克勤,1938,1987;谢家荣,1941,1943,1961;莫柱荪,1944;柳志青,1980;涂光炽等,1983;卢焕章,1986;涂光炽,1989;刘义茂等,1998;常海亮等,2002;刘家齐等,2002;刘家远,2005)分别从不同方面对华南钨矿开展了深入细致的研究。华南钨矿在成因上与燕山期花岗岩密切相关,关于成岩与成矿时代的关系问题,许多学者也做过深入的研究和总结(李红艳等,1996;毛景文等,1998,2004;龚庆杰等,2004;李水如等,2007,2008)。毛景文等(2004)认为170~150 Ma是华南地区一个成矿的高峰期。经研究表明,侏罗纪为我国华南钨矿的主要成矿期,而白垩纪主要为我国锡矿成矿时代。位于云南省文山州麻栗坡县城的南秧田砂卡岩型白钨矿床,在时空关系上与白垩纪花岗岩有密切的联系,是该期仅见的一例砂卡岩型钨矿床,钨矿资源储量为:矿石量732.73万吨,金属量(WO_3)34254吨,矿山保有资源储量为:矿石量550.41万吨,金属量24351吨^①,属于大型规模。

关于南秧田砂卡岩型白钨矿床的矿床特征、矿床成因、控矿因素、变质年龄等方面已做过一定程度的研究(曾志刚,1998,1999),然而对于该矿床单个流体包裹体岩相学特征及成矿流体演化机制等研究工作尚未开展。作为古流体的样品,矿物中捕获的流体包裹体能够很好地指示流体成矿的全过程,因而在矿床研究中有着极其广泛的应用(范宏瑞等,

1998;Roedder,1980;Shepherd *et al.*,1985)。本文通过南秧田钨矿床流体包裹体研究其成矿流体特征,探讨成矿物质来源及其成矿机制,这对推动该区钨矿成矿作用理论的发展和指导找矿工作将产生积极的作用。

1 地质背景

南秧田钨矿床位于云南省文山州麻栗坡县城195°方向,距离县城17.5 km,地理坐标为东经104°37′32″,北纬22°57′32″,矿床面积为7 km^2 ,位于滇东南老君山钨锡多金属成矿区东部,是该区最大和最重要的钨矿床(图1)。

矿区地处华南褶皱系西南角滇东南凹陷褶皱带,文山-富宁断褶束薄竹山拱褶南段,区域性文山-麻栗坡大断裂南西侧,都龙老君山花岗岩体外接触带。区内地层主要为寒武系变质岩,广泛分布浅至中深变质岩系,为厚度较大的滨海至浅海相类复理石沉积建造。地层的厚度及岩相变化频繁,出露厚度大于4 km。寒武系地层的岩石组合,下部以碎屑岩为主,夹泥质岩及少量碳酸盐岩;中部为碳酸盐岩、泥质岩的交互沉积,并夹少量碎屑岩;上部以碳酸盐岩为主夹泥岩,属正向沉积序列。

含矿岩系为下寒武统冲庄组的南秧田段,由砂卡岩、片麻岩、变粒岩、片岩等岩类组成的互层带构成,其中砂卡岩层是主要的赋矿岩层,产出的砂卡岩型白钨矿是主要的矿石类型。钨矿矿体形态简单,与围岩呈整合接触,主要呈层状和似层状产出,走向北北东至北东,倾向东,倾角平缓,一般为5°~15°。

① 北京恩地科技发展有限责任公司,2007.云南省麻栗坡县南秧田钨矿资源储量核实报告。

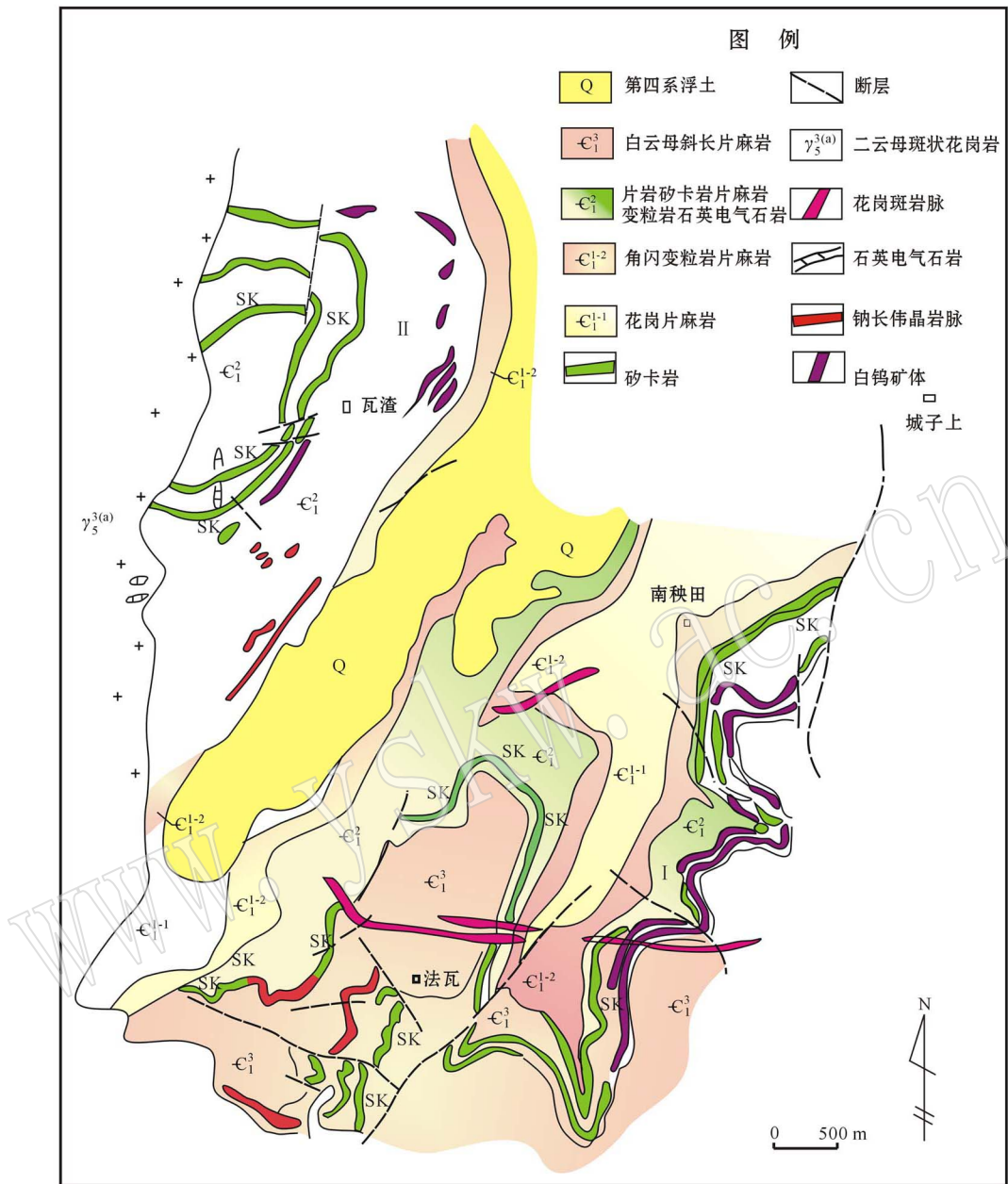


图 1 南秧田钨矿地质图(据云南省地质矿产局,1990)

Fig. 1 Geological map of the Nanyangtian tungsten deposit(after Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resources, 1990)

南秧田钨矿床赋存于老君山燕山晚期花岗岩体东侧的区域变质岩相带中。老君山复式花岗岩体岩性组分比较单一,岩石演化顺序为黑云母、二云母花岗岩和白云母花岗岩,分为 $\gamma_5^{3(a)}$ 、 $\gamma_5^{3(b)}$ 、 $\gamma_5^{3(c)}$ 3 期:

(1) 第 1 期($\gamma_5^{3(a)}$):为呈不规则宽环状分布的灰白-浅灰色粗至中粒含斑、斑状黑云母花岗岩,出露面积约占岩体的三分之二,呈似斑状结构、中粗粒花岗岩结构,块状构造,其中钾长石及微斜条纹长石斑晶

发育,基质中主要造岩矿物为微斜条纹长石、钠长石、石英、黑云母、白云母等;副矿物主要为磷灰石、钛铁矿、磁铁矿、锆石、榍石、金红石等。

(2) 第 2 期($\gamma_5^{3(b)}$):为中细粒二云母花岗岩、白云母花岗岩。主要造岩矿物为微斜条纹长石、钠更长石、石英、黑云母、白云母等,呈细粒花岗结构,块状构造。岩石成分、结构与第 1 期花岗岩大致相同,岩性较均一,以二云母花岗岩为主,局部为白云母花岗岩,不含或偶含变斑晶,矿物粒度一般为 0.2~0.4

mm, 唯其边缘部分粒度较细。本期花岗岩的出露面积, 约占岩体总面积的三分之一左右, 呈岩株状侵入于第1期花岗岩中。

(3) 第3期($\gamma_3^{(c)}$): 为斑状、聚斑状结构, 块状构造的灰白色细粒花岗斑岩。主要造岩矿物为石英、微斜条纹长石、斜长石、透长石、黑云母、白云母等; 基质为微粒花岗结构、微粒结构, 微嵌晶结构。斑晶为石英、微斜条纹长石、钠更长石、黑云母等。花岗斑岩多呈岩脉、岩枝穿插于第1、2期花岗岩及寒武

系变质岩、混合岩中。

2 样品描述与分析方法

矿石样品主要采自矿区I、II两层矽卡岩含矿带中(见图1), 包括I-1、I-2、I-3、I-6、II-1、II-2、II-3和II-6等8个矿体, 样品共计36件。矿石类型以矽卡岩型白钨矿为主(图2)。从中挑选代表性样品12件, 磨制包体片17件, 其中石英15件, 石榴石2件。

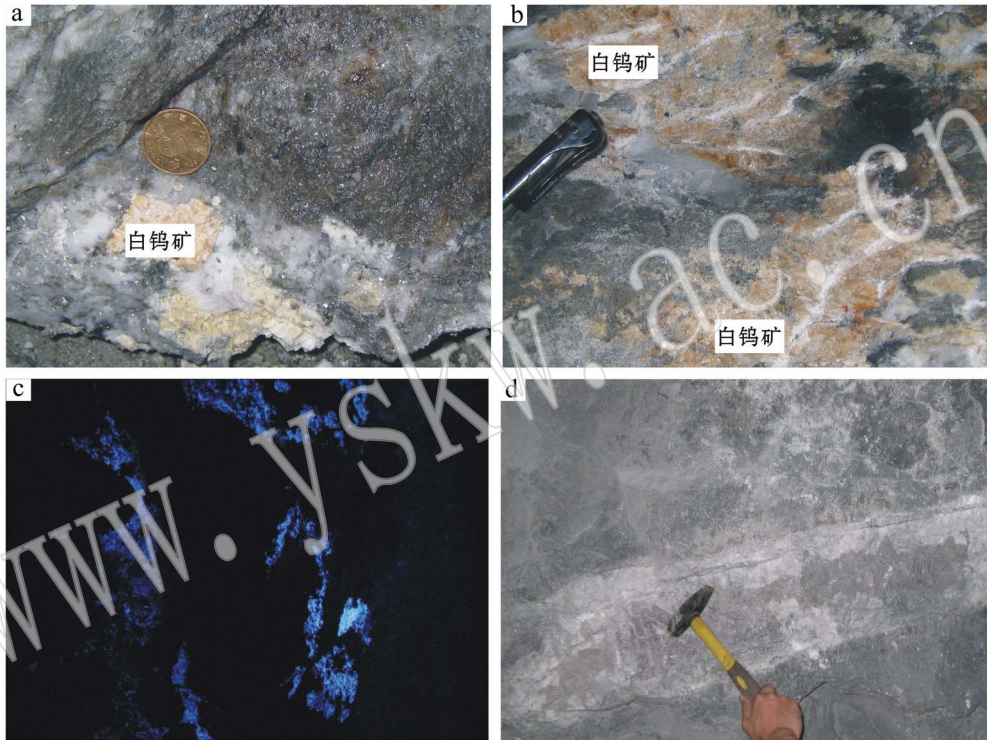


图2 南秧田钨矿及矿脉照片

Fig. 2 Photographs of the Nanyangtian tungsten deposit and ore veins

a—spotted scheelite in quartz vein; b—lumpy scheelite in skarn mineral; c—blue light from scheelite in the fluorescent lamp; d—extended ore vein

本文主要研究对象为矽卡岩型矿石。对矽卡岩主要矿物石英和石榴石中的流体包裹体进行了显微测温和激光拉曼探针成分分析。显微测温分析仪器为 Linkam THMSG-600 型冷热台, 其温度范围为 $-196\sim 600^{\circ}\text{C}$, 冷冻数据和均一温度数据误差均为 $0.1^{\circ}\text{C} \pm$, 该测试在中国地质大学(北京)北京宇光地矿科技开发研究所完成; 激光拉曼探针成分分析在 LABHR-VIS Lab RAM HR800 型显微激光拉曼光谱仪上进行, 对石英和石榴石中近 30 个包裹体的气泡进行了分析, 波段范围包括 H_2O 、 CO_2 、 CO 、 H_2S 、

SO_2 、 N_2 、 H_2 、 CH_4 、 C_2H_2 、 C_2H_4 、 C_4H_6 、 C_2H_6 的特征拉曼峰位置, 该测试在核工业北京地质研究院完成。

3 流体包裹体

3.1 流体包裹体岩相学研究

包裹体岩相学特征在显微镜下对双面抛光的薄片观察得到。观察发现, 在石英中含有大量的流体包裹体, 其次为石榴石。原生流体包裹体发育较为丰富(图3), 约占 90% 以上, 形状多为椭圆形、纺锤

形、不规则形,大小在几微米到几十微米(其中 60% 以上为 6~10 μm ,少数达到 10~30 μm),气液比为 10%~40%。依据室温下的相态特征,这些包裹体主要分为富液相(I)、富气相(II)、含子矿物多相(III)和纯气相(IV)包裹体,石英中以上各类型均有发育,石榴石中仅发育 I 和 II 两种类型。现分述如下:

I 类为富液相包裹体,由气相和液相组成,气相充填度为 10%~40%,是南秧田钨矿床中最发育的

流体包裹体(图 3a、3b)。加热后均一为液相,少数临界均一。

II 类为富气相包裹体,由气相和液相组成,气相充填度在 70% 以上(图 3c),加热后均一为气相。

III 类为含子矿物多相包裹体,由气相、液相和子矿物组成,有时一个包裹体可以含有多个子矿物。子矿物以透明矿物为主,加热时大部分包裹体气泡先消失,子晶熔化温度大于 550 $^{\circ}\text{C}$,可能是捕获于围岩中的矿物(图 3d)。

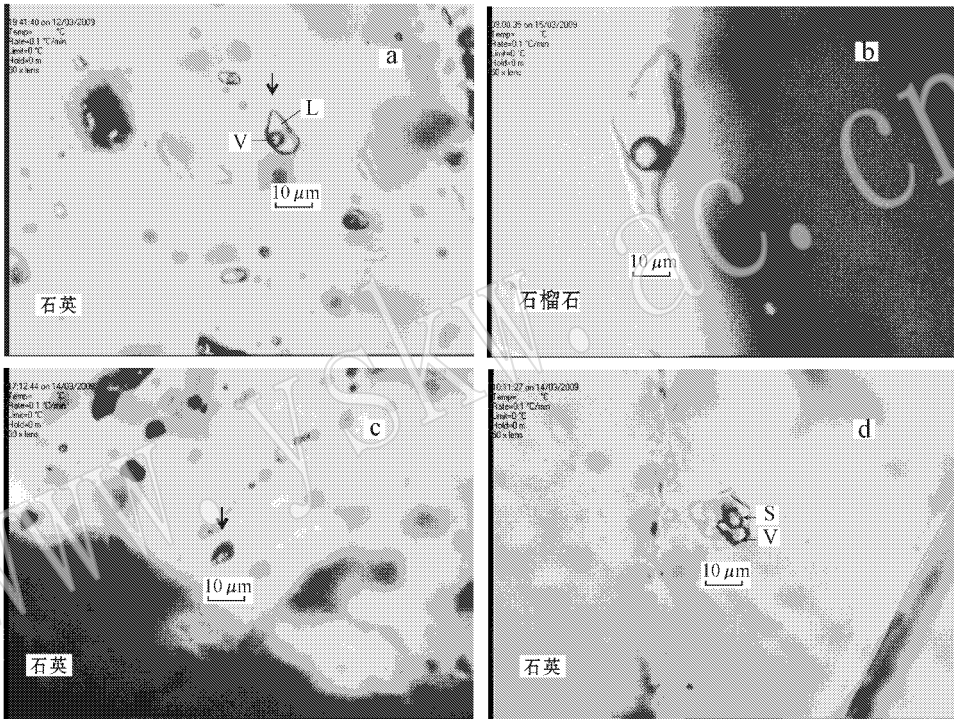


图 3 南秧田钨矿流体包裹体照片

Fig. 3 Photographs of fluid inclusions from the Nanyangtian tungsten deposit

a—石英中的富液相包裹体;b—石榴石中富液相包裹体;c—石英中的富气相包裹体;d—石英中含子晶的多相包裹体;
L—液相;V—气相;S—子矿物

a—liquid-rich inclusion in quartz;b—liquid-rich inclusion in garnet;c—gas-rich two-phase inclusion in quartz;d—daughter minerals-bearing polyphase inclusion in quartz;L—liquid;V—gas;S—daughter mineral

IV 类为纯气相包裹体,充填在局部裂隙中,发育少且个体小,多为椭圆形、纺锤形。由于其多为后期次生包裹体,与成矿关系不密切,故未对其作进一步研究。

3.2 流体包裹体显微测温和盐度

利用冷冻法和均一法分别对石英和石榴石中的流体包裹体进行显微测温。石英中气液相流体包裹体(I类和II类)均一温度为 232~337 $^{\circ}\text{C}$,集中在

260~320 $^{\circ}\text{C}$,平均温度为 284 $^{\circ}\text{C}$ (图 4a);冰晶消失温度为 -6.6~-0.3 $^{\circ}\text{C}$,计算的盐度 $w(\text{NaCl})$ 值为 0.53%~9.98%(图 4b);均一温度高者其盐度有增大的趋势(图 5)。石英中含子矿物多相包裹体(III类)测温结果表明,子晶熔化温度大于 550 $^{\circ}\text{C}$,可能是捕获于围岩中的矿物,气泡消失温度为 279~305 $^{\circ}\text{C}$;冰晶消失温度为 -4.5~-3.2 $^{\circ}\text{C}$,计算的盐度 $w(\text{NaCl})$ 值为 5.26%~7.17%。

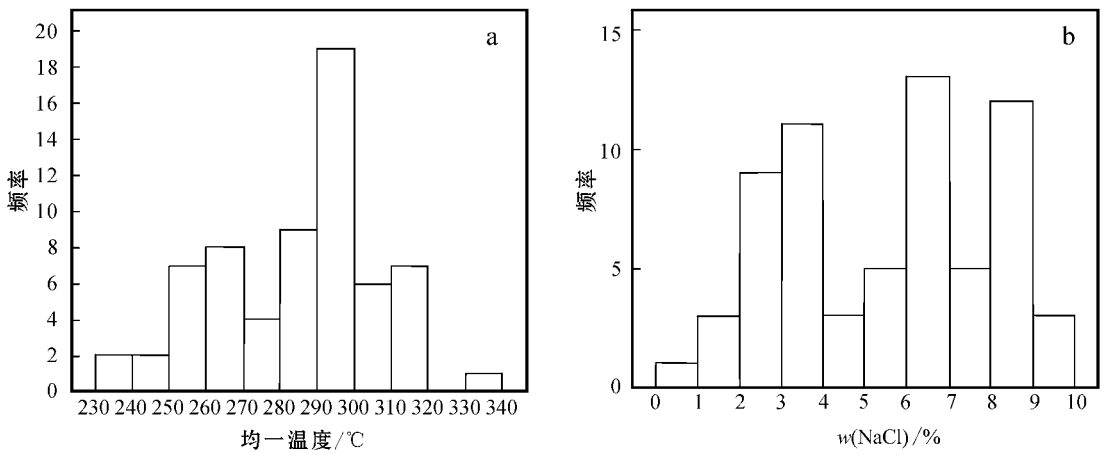


图 4 南秧田钨矿石英流体包裹体均一温度(a)与盐度(b)直方图

Fig. 4 Histogram showing homogenization temperature and salinity of fluid inclusions in quartz from the Nanyangtian tungsten deposit

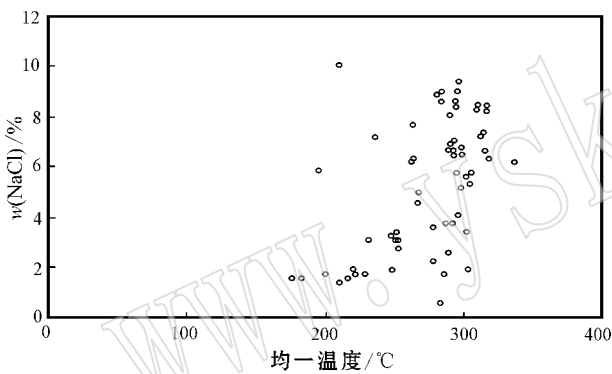


图 5 南秧田钨矿石英流体包裹体均一温度与盐度散点图

Fig. 5 Homogenization-salinity diagram of fluid inclusions in quartz from the Nanyangtian tungsten deposit

石榴石中气液相流体包裹体(I类和II类)均一温度为 228~306℃,集中在 240~290℃(图 6a);冰晶消失温度为 -10.1~-4.0℃,计算的盐度 $w(\text{NaCl})$ 值为 6.45%~14.04%(图 6b)。在盐度-均一温度散点图(图 7)上,同样显示盐度随着均一温度升高有增大的趋势。

以上特征表明,南秧田钨矿床成矿流体属于中温、低盐度的流体。

3.3 流体包裹体成分的激光拉曼探针(LRM)分析

包裹体成分激光拉曼探针分析表明,石英富液相流体包裹体的气相成分以 H_2O 为主,含少量 CO_2 、 CH_4 和 H_2S ;其液相成分以 H_2O 为主,石英中含子矿物多相包裹体成分较简单,气相和液相成分均以 H_2O 为主,子晶以石盐为主,其次为碳酸盐和硅酸盐

等。石榴石中流体包裹体气相成分主要为 H_2O ,少量 N_2 和 CH_4 ,液相成分以 H_2O 为主。

以上分析结果表明,南秧田白钨矿的成矿流体中气相成分以 H_2O 为主,含少量 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 和 N_2 等气体,液相成分以 H_2O 为主,属 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 流体体系。

3.4 流体的密度和压力

根据石英和石榴石的均一温度和盐度的范围,由 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 体系的 $t-w-\rho$ 相图投点,得到流体的密度范围 0.72~0.87 g/cm^3 (图 8)。根据流体的温度范围和盐度范围,可以计算得到成矿压力为 18~32 MPa,相应成矿深度为 0.6~1.2 km(邵洁莲,1988;刘斌等,1999)。

4 讨论

4.1 成矿流体来源

石英中流体包裹体均一温度为 232~337℃,集中在 260~320℃;石榴石中流体包裹体均一温度为 228~306℃,集中在 240~290℃,该温度不能代表石榴石形成阶段的温度,可能代表后期温度或包体泄压后的温度。流体包裹体研究表明,南秧田钨矿床成矿流体类型比较简单,主要以水溶液包裹体为主。

对成矿流体中稳定同位素组成进行分析测定(实验在北京核工业地质研究院完成),数据表明,成矿作用流体 $\delta\text{D} = -72.16\text{‰} \sim -65.10\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 7.98‰~8.45‰,与岩浆水 δD 同位素值接近,表明

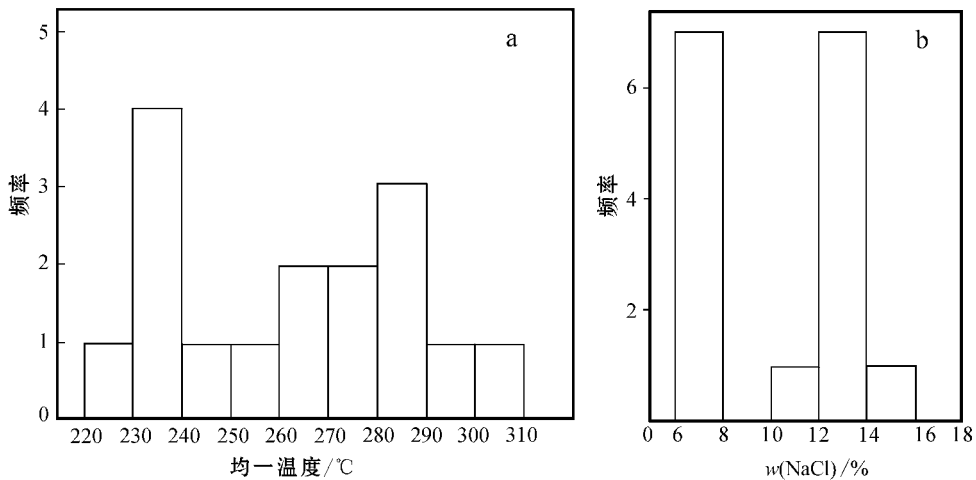


图 6 南秧田石榴石流体包裹体均一温度(a)与盐度(b)直方图

Fig. 6 Histogram showing homogenization temperature and salinity of fluid inclusions in garnet from the Nanyangtian tungsten deposit

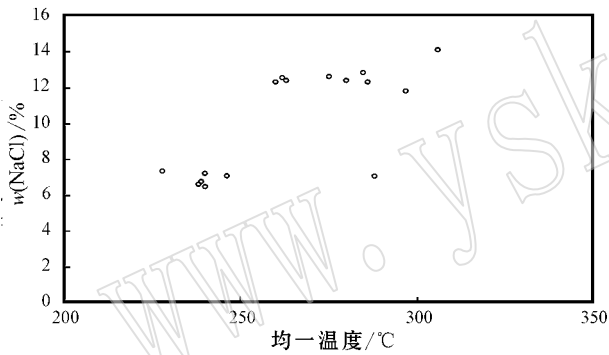


图 7 南秧田钨矿石榴石流体包裹体均一温度与盐度散点图
Fig. 7 Homogenization-salinity diagram of fluid inclusions in garnet from the Nanyangtian tungsten deposit

成矿流体主要来自于岩浆源,钨矿床中硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 6.6‰, 硫同位素组成上表现出岩浆热液来源。

4.2 成矿机制

在早古生代时期本区发育一套厚度较大的滨-浅海相类复理石碳酸盐、砂泥质碎屑沉积建造,来自物源区的沉积物质中钨元素含量较高,平均含钨量为 9.53×10^{-6} ,为维诺格拉多夫计算的地壳克拉克值的 7.33 倍(冶金部南岭钨矿专题组,1985),由于沉积环境的不同、物质组分的差异、Eh 和 pH 值的变化,导致本区初始矿源层的形成。在燕山晚期,发育老君山花岗岩(形成时代大致为 86.9~102 Ma)等壳源型花岗岩(刘玉平等,2007),岩浆作用促使成矿元素活化转移,岩浆热液溶解并萃取矿源层中的钨元素,使成矿元素进一步富集,并在构造有利部位形

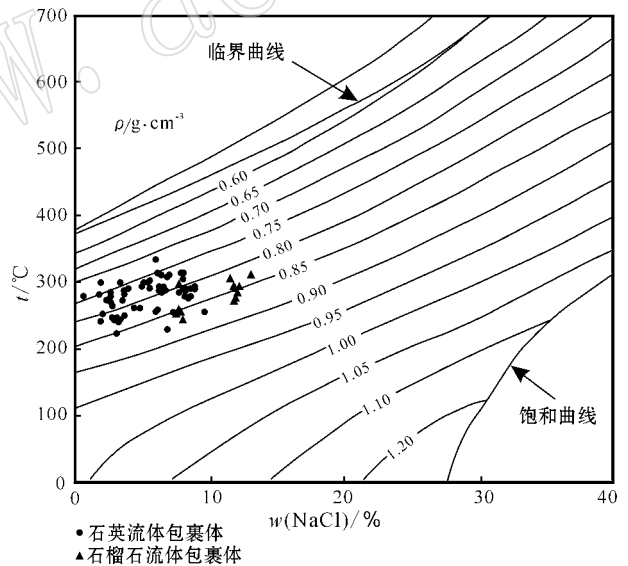


图 8 NaCl-H₂O 体系的 $t-w-\rho$ 相图(根据 Bodnar,1983)

Fig. 8 $t-w-\rho$ phase diagram of the NaCl-H₂O system (after Bodnar, 1983)

成南秧田砂卡岩型钨矿床。

5 结论

(1) 包裹体测温结果表明,南秧田白钨矿成矿流体属于中温、低盐度、低密度的流体;密度为 0.72~0.87 g/cm³,成矿压力为 18~32 MPa,成矿深度约为 0.6~1.2 km。

(2) 激光拉曼探针测试表明,成矿流体属 NaCl-H₂O 流体体系。

(3) 石英和石榴石中流体包裹体均一温度范围集中在 260~320℃ 和 240~290℃,成矿流体主要来自燕山晚期的岩浆热液。

致谢 野外工作中得到了云南紫金矿业集团西南矿业有限公司朱爱中高工等有关同志的大力帮助,论文撰写期间与北京矿冶研究总院汤集刚教授、中国地质科学院矿产资源研究所王义天研究员和西北有色总局代军治博士进行了讨论,得益匪浅,审稿专家和编辑同志对文章的修改提出了诸多宝贵意见,在此一并表示感谢。

References

- Bodnar R J. 1983. A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and PVTX properties of inclusion fluids [J]. *Econ. Geol.*, 78 : 535 ~ 542.
- Chang Hailiang and Huang Huilan. 2002. The preliminary study and genesis discussion of the melt inclusions in Xihuashan tungsten deposit [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(2): 143 ~ 150 (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan, Li Wenxiang and Zhu Yusheng. 1989. Geology of huge, large-scale and world-class mineral deposits-the general trend of prospecting [J]. *Advances in Earth Science*, (6): 37 ~ 41 (in Chinese with English abstract).
- Fan Hongrui, Jin Chengwei and Shen Yuanchao. 1998. Ore-forming fluid geochemistry of the Hatu Gold Deposit in Xinjiang, Northwest China [J]. *Mineral Deposits*, 17(2): 135 ~ 149 (in Chinese with English abstract).
- Gong Qingjie, Yu Chongwen and Zhang Ronghua. 2004. The Physical and Chemical Analysis of Shizhuyuan tungsten polymetallic deposit formation mechanism [J]. *Earth Science Frontiers*, 11(4): 617 ~ 625 (in Chinese with English abstract).
- Li Hongyan, Mao Jingwen, Sun Yali, *et al.* 1996. The Re-Os isotope isochron dating study of Shizhuyuan tungsten-polymetallic deposits [J]. *Geological Review*, 42(3): 261 ~ 267 (in Chinese with English abstract).
- Li Shuiru, Wang Denghong, Liang Ting, *et al.* 2008. Metallogenic epoch and its exploration prospect analysis of Guangxi Damingshan tungsten mining area [J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(7): 873 ~ 879 (in Chinese with English abstract).
- Li Shuiru, Wei Junhao, Deng Jun, *et al.* 2007. Guangxi Damingshan ore concentration area tungsten polymetallic deposit types and ore-controlling factors and prospecting criteria [J]. *China Tungsten Industry*, 22(6): 19 ~ 24 (in Chinese with English abstract).
- Liu Bin and Shen Kun. 1999. Fluid Inclusions Thermodynamics [M]. Beijing : Geological Publishing House, 1 ~ 290 (in Chinese).
- Liu Jiaqi, Wang Xiongwu, Zeng Yishan, *et al.* 2002. Ore-forming fluid evolution of granite and tungsten-tin-beryllium ore field in Xihuashan [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, (3): 91 ~ 96 (in Chinese with English abstract).
- Liu Jiayuan. 2005. The relationship between granite composition of Xihuashan tungsten deposit and mineralization [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 20(1): 1 ~ 7 (in Chinese with English abstract).
- Liu Yimao, Wang Changlie, Xu Youzhi, *et al.* 1998. The ore-forming conditions and ore-forming model of Shizhuyuan very large tungsten polymetallic deposit [J]. *Science in China (Series D)*, 28(S2): 49 ~ 56 (in Chinese with English abstract).
- Liu Yuping, Li Zhengxiang, Li Huiming, *et al.* 2007. U-Pb geochronology of cassiterite and zircon from the Dulong Sn-Zn deposit : Evidence for Cretaceous large-scale granitic magmatism and mineralization events in southeastern Yunnan province, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(5): 967 ~ 976 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhiqing. 1980. Transportation zonation due to concentration differences of the veined tungsten deposits mineral particles and mineralization enrichment mechanism [J]. *Science in China Series A*, (5): 467 ~ 474 (in Chinese).
- Lu Huanzhang. 1986. The Genesis of Tungsten Deposits in Southern China [M]. Chongqing : Chongqing Press, 1 ~ 231 (in Chinese).
- Mao Jingwen. 1997. Metallogenic speciality of super giant polymetallic tungsten Deposit : taking the Shizhuyuan deposit as an example [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 32(3): 351 ~ 363 (in Chinese with English abstract).
- Mao Jingwen, Li Hongyan, Wang Denghong, *et al.* 1998. Ore-forming of Mesozoic polymetallic deposits in South China and its relationship with mantle plume [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 17(2): 63 ~ 65 (in Chinese with English abstract).
- Mao Jingwen, Xie Guiqing, Li Xiaofeng, *et al.* 2004. Mesozoic large scale mineralization and multiple lithospheric extension in South China [J]. *Earth Science Frontiers*, 11(1): 45 ~ 55 (in Chinese with English abstract).
- Ministry of Metallurgical Industry Nanling tungsten cluster. 1985. Tungsten deposit in South China [M]. Beijing : Metallurgy Industry Press, 123 ~ 130 (in Chinese).
- Mo Zhusun. 1944. The joints of igneous rock and tungsten vein in Guangdong Jiufeng [J]. *Geological Review*, (22): 210 ~ 205 (in Chinese).
- Roedder E and Bodnor R J. 1980. Geologic pressure determined from fluid inclusion studies [J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, (8): 263 ~ 301.
- Shao Jieliang. 1988. Mineralogy of Gold Prospecting [M]. Wuhan : China University of Geosciences Press, 7 ~ 45 (in Chinese).
- Shepherd T J, Rankin A H and Alderton D H M. 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies [M]. Blackie : Chapman & Hall, 1 ~ 239.

- Tu Guangchi and Zhao Zhenhua. 1983. On the Diversity of minerogenetic processes of the Yanshanian period [J]. Geological Review , 29 (1): 57~65 (in Chinese with English abstract).
- Tu Guangchi. 1989. On the exploration for super-large ore deposits and related theoretical researches [J]. Mineral Resources and Geology , 3 (1): 1~3 (in Chinese with English abstract).
- Xie Jiarong. 1941. Mineral resources generality of Yunnan [J]. Geological Review , (Z1): 1~4 (in Chinese).
- Xie Jiarong. 1943. Metallogenic epoch of eastern Yunnan and western Guizhou [J]. Geological Review , (Z1): 167~168 (in Chinese).
- Xie Jiarong. 1961. Mineralization theory and prospecting [J]. China Geology , (12): 13~34 (in Chinese).
- Xu Keqin and Cheng Hai. 1987. Tectonic environment for the formation of tungsten deposits in China [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research , 3 (3): 1~7 (in Chinese with English abstract).
- Xu Keqin and Ding Yi. 1938. My review on genesis and classification of China tungsten ore [J]. Geological Review , (3): 305~325 (in Chinese).
- YNBGR. 1990. Yunnan Regional Geology [M]. Beijing : Geological Publishing House , 102~395 (in Chinese with English abstract).
- Zeng Zhigang , Li Chaoyang , Liu Yuping , et al. 1998. REE geochemistry of scheelite of two genetic types from Nanyangtian , Southeastern Yunnan [J]. Geology-Geochemistry , 26 (2): 34~38 (in Chinese with English abstract).
- Zeng Zhigang , Li Chaoyang , Liu Yuping , et al. 1999. Geology and geochemistry of metamorphogenic skarn from Laojunshan metallogenic province [J]. Acta Mineralogica Sinica , 19 (1): 95~99 (in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 常海亮 , 黄惠兰. 2002. 西华山钨矿床中熔融包裹体的初步研究与矿床成因讨论 [J]. 岩石矿物学杂志 , 21 (2): 143~150.
- 陈毓川 , 李文祥 , 朱裕生. 1989. 巨型、大型和世界级矿床地质-找矿的总趋势 [J]. 地球科学进展 , (6): 37~41.
- 范宏瑞 , 金成伟 , 沈远超. 1998. 新疆哈图金矿成矿流体地球化学 [J]. 矿床地质 , 17 (2): 135~149.
- 龚庆杰 , 於崇文 , 张荣华. 2004. 柿竹园钨多金属矿床形成机制的物理化学分析 [J]. 地学前缘 , 11 (4): 617~625.
- 李红艳 , 毛景文 , 孙亚利 , 等. 1996. 柿竹园钨多金属矿床的 $Re-Os$ 同位素等时线年龄研究 [J]. 地质论评 , 42 (3): 261~267.
- 李水如 , 王登红 , 梁婷 , 等. 2008. 广西大明山钨矿区成矿时代及其找矿前景分析 [J]. 地质学报 , 82 (7): 873~879.
- 李水如 , 魏俊浩 , 邓军 , 等. 2007. 广西大明山矿集区钨多金属矿床类型及控矿因素与找矿标志 [J]. 中国钨业 , 22 (6): 19~24.
- 刘斌 , 沈昆. 1999. 流体包裹体热力学 [M]. 北京 : 地质出版社 , 1~290.
- 刘家齐 , 汪雄武 , 曾贻善 , 等. 2002. 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 , (3): 91~96.
- 刘家远. 2005. 西华山钨矿的花岗岩组成及与成矿的关系 [J]. 地质找矿论丛 , 20 (1): 1~7.
- 刘义茂 , 王昌烈 , 胥友志 , 等. 1998. 柿竹园超大型钨多金属矿床的成矿条件与成矿模式 [J]. 中国科学 (D 辑) , 28 (S2): 49~56.
- 刘玉平 , 李正祥 , 李惠民 , 等. 2007. 都龙锡铋矿床锡石和铅石 U-Pb 年代学 : 滇东南白垩纪大规模花岗岩成岩-成矿事件 [J]. 岩石学报 , 23 (5): 967~976.
- 柳志青. 1980. 脉状钨矿床矿物微粒浓差运离分带及矿化富集机理 [J]. 中国科学 A 辑 , (5): 467~474.
- 卢焕章. 1986. 华南钨矿的成因 [M]. 重庆 : 重庆出版社 , 1~231.
- 毛景文. 1997. 超大型钨多金属矿床成矿特殊性——以湖南柿竹园矿床为例 [J]. 地质科学 , 33 (3): 351~363.
- 毛景文 , 李红艳 , 王登红 , 等. 1998. 华南地区中生代多金属矿床形成与地幔柱关系 [J]. 矿物岩石地球化学通报 , 17 (2): 63~65.
- 毛景文 , 谢桂青 , 李晓峰 , 等. 2004. 华南地区中生代大规模成矿作用与岩石圈多阶段伸展 [J]. 地学前缘 , 11 (1): 45~55.
- 莫柱荪. 1944. 广东九峰火成岩之节理与钨矿脉 [J]. 地质论评 , (Z2): 210~205.
- 邵洁莲. 1988. 金矿找矿矿物学 [M]. 武汉 : 中国地质大学出版社 , 7~45.
- 涂光炽 , 赵振华. 1983. 燕山期成矿作用的多样性 [J]. 地质论评 , 29 (1): 57~65.
- 涂光炽. 1989. 超大型矿床的找矿和理论研究 [J]. 矿产与地质 , 3 (1): 1~3.
- 谢家荣. 1941. 云南矿产概论 [J]. 地质论评 (Z1): 1~42.
- 谢家荣. 1943. 滇东黔西之成矿时代 [J]. 地质论评 (Z1): 167~168.
- 谢家荣. 1961. 成矿理论与找矿 [J]. 中国地质 (12): 13~34.
- 徐克勤 , 程海. 1987. 中国钨矿形成的大地构造背景 [J]. 地质找矿论丛 , 3 (3): 1~7.
- 徐克勤 , 丁毅. 1938. 中国钨矿成因及分类之见 [J]. 地质论评 , (3): 305~325.
- 冶金部南岭钨矿专题组. 1985. 华南钨矿 [M]. 北京 : 冶金工业出版社 , 123~130.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志 [M]. 北京 : 地质出版社 , 102~395.
- 曾志刚 , 李朝阳 , 刘玉平 , 等. 1998. 滇东南南秧田两种不同成因类型白钨矿的稀土元素地球化学特征 [J]. 地质地球化学 , 26 (2): 34~38.
- 曾志刚 , 李朝阳 , 刘玉平 , 等. 1999. 老君山成矿区变质成因夕卡岩的地质地球化学特征 [J]. 矿物学报 , 19 (1): 95~99.