

文章编号: 1009-6248(2010) 01-0086-12

广西姑婆山地区钨锡矿床地质特征及 幔源物质参与成矿显示

张诗启, 蔡明海, 彭振安, 徐明, 陈艳, 韩凤彬

(广西大学资源与冶金学院, 广西 南宁 530004)

摘要: 姑婆山地区钨锡矿床位于南岭钨锡成矿带西南缘, 是我国重要的钨锡产地。区内有新路、水岩坝和珊瑚三个钨锡矿田, 矿床类型多样。其中, 锡锌硫化物型、黑钨石英脉型和钨锡石英脉型矿床较为典型, 区内钨锡成矿与壳幔混源型花岗岩体和断裂关系密切。笔者在前人工作基础上, 总结了区内主要钨锡矿田和典型矿床地质特征, 认为钨锡矿化在空间上具有一定的分带性; 通过对区内构造和矿床的 D-O 同位素、He-Ar 同位素、Pb 同位素、S 同位素及流体包裹体分析, 认为深大断裂可能为幔源物质上侵提供了通道, 钨锡成矿与岩浆作用关系密切, 幔源物质参与了区内钨锡成矿。

关键词: 钨锡矿床; 同位素; 幔源物质成矿; 姑婆山地区

中图分类号: P618, P611 **文献标识码:** A

姑婆山复式花岗岩体位于桂东北的富川、贺州和钟山三县交界处, 在姑婆山岩体西南缘分布有一系列钨锡矿床, 矿床类型主要有锡锌硫化物型、黑钨石英脉型、钨锡石英脉型、含锡矽卡岩型、含锡角砾岩型及破碎蚀变岩型等。其中, 中型白面山锡锌硫化物矿床、中型烂头山黑钨石英脉矿床和大型长营岭钨锡石英脉型矿床最具代表性。以往研究工作和认识主要有: 通过对区内赋矿层位泥盆系的地球化学研究, 认为该地层富集钨而贫锡(罗年华, 1989); 通过对区内钨锡矿田的构造研究, 认为区内断裂交汇和层间滑动破碎带极利于成矿(欧忠远, 1989; 谢国源, 1994; 欧阳成甫, 1993; 宋慈安, 1996; 钱建平, 1998); 通过姑婆山岩体和里松花岗岩闪长质包体年代学、岩石学和地球化学研究, 认为姑婆山花岗岩体形成于燕山晚期, 为高钾钙碱性 I 型花岗岩, 其成岩与岩石圈伸展-减薄、亏损地幔岩浆上涌和岩石圈地

幔部分熔融有关(张德全等, 1985; 欧阳成甫, 2002; 张佩华等, 2003; 朱金初等, 2006a, 2006b, 2006c; 杨策等, 2006; 顾晟彦, 2006a, 2006b); 通过对姑婆山花岗岩与钨锡成矿的关系、钨锡成矿的矿质来源、萃取机制、成因机理、成矿特征和年代学研究, 认为区内钨锡成矿与姑婆山复式花岗岩体、尤其是与后期花岗岩补充体关系密切, 岩浆熔离产生的流体直接来自岩浆中使矿质活化转移富集, 为燕山晚期成矿(董子成, 1989, 1991; 邓庆平, 1985; 刘慷怀, 1989; 刘文龙等, 1989; 游建胜等, 1993; 宋慈安, 1993, 1996; 陆小平等, 2005; 王健辉等, 2006; 顾晟彦等, 2007)。笔者在分析总结前人的研究认识基础上, 通过多次野外实地工作, 对区内主要钨锡矿床特征进行了归纳总结, 明确了钨锡矿体在空间上的分带性, 同时以壳幔成矿理论为指导, 对幔源物质参与区内钨锡成矿做了初步探讨。

收稿日期: 2009-09-17; 修回日期: 2009-11-04

基金项目: 广西科技厅广西富贺钟钨锡矿集区壳幔成矿作用研究项目(桂科自 0728024)

作者简介: 张诗启(1982-), 男, 河南驻马店人, 广西大学在读研究生, 矿产资源预测与评价方向。E-mail: zhangshiqi0396@163.com

1 成矿地质背景

研究区大地构造位于欧亚板块的东南侧, 北西为扬子板块, 南东为华夏板块(陈毓川等, 2007), 处在高 ϵNd 和低 t_{DM} 的杭州-诸广山-花山花岗岩带上(Gilder 等, 1996; Chen 等, 1998; 洪大卫等, 2002)。区内出露有震旦系—寒武系复理石建造基底和泥盆系—三叠系滨海相碎屑岩(下部) 及浅海相碳酸盐岩(上部) 建造盖层。泥盆系为钨锡矿主要赋矿层位, 其自下而上为莲花山组(D_{1l}) 砂岩、那高岭组(D_{1n}) 砂页岩、郁江组(D_{2y}) 砂岩夹灰岩、东岗岭组(D_{2d}) 灰岩、桂林组(D_{3k}) 灰岩和融县组(D_{3r}) 灰岩夹白云岩。

区内褶皱以东西向葫芦岭背斜、南北向柯家山复式背斜、北西向水岩坝复式背斜和北东东向思量冲向斜为代表; 断裂主要有南北向栗木-马江断裂和

富州断裂, 近南北向七星界-姑婆山-都庞岭断裂和观音山-三八岭-茂冲顶断裂; 矿田中的容控矿断裂各异。珊瑚矿田为南北、东西、北北东和北西向网格状断裂, 新路矿田为东西和南北向断裂, 水岩坝矿田为北西和北东向断裂。

区内出露有燕山期晚期的姑婆山复式花岗岩体和盐田岭花岗岩体。姑婆山复式花岗岩体出露面积约 622 km^2 , 由中细粒斑状黑云母花岗岩(姑婆山西体)、中粗粒斑状黑云母花岗岩(姑婆山东体) 和中粒斑状角闪黑云母二长花岗岩(里松岩体) 组成(图 1)。复式花岗岩体的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 及锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 151 Ma 和 $160\sim 165\text{ Ma}$ (朱金初等, 2006; 顾晟彦等, 2006)。盐田岭岩体地表出露面积约 0.14 km^2 , 岩体蚀变强烈, 所见皆为云英岩化花岗岩, 呈细粒等粒状, 全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $148\sim 137\text{ Ma}$ (李人科等, 1993)。

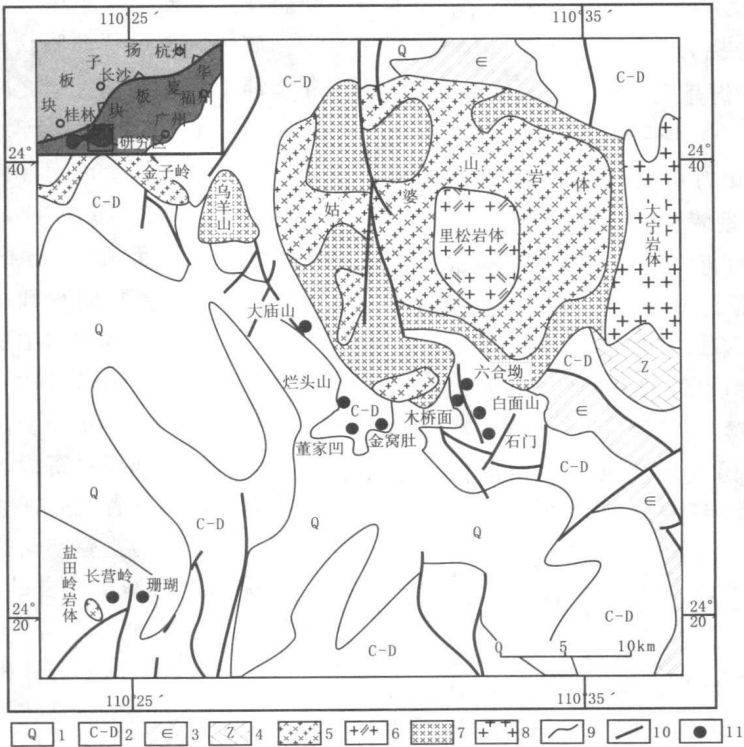


图1 姑婆山地区钨锡矿床地质略图

(据张德全等, 1885a; 顾晟彦等, 2007a)

Fig. 1 Geological skeeth map of tungsten and tin deposits in the Guposhan region

(Modify from Zhang et al., 1985 and Gu et al., 2007)

1. 石炭系; 2. 石炭系和泥盆系; 3. 寒武系; 4. 震旦系; 5. 中粗粒斑状黑云母花岗岩; 6. 中粒角闪黑云母二长花岗岩; 7. 中细粒斑状黑云母花岗岩; 8. 大宁花岗岩闪长岩体; 9. 地质界线; 10. 断裂; 11. 矿床(点)

2 姑婆山花岗岩体

姑婆山复式花岗岩体呈近圆形, 出露面积约678 km²。岩体西南及西北侵入中—上泥盆统, 东南部和东北侵入寒武系及泥盆系, 东部与大宁岩体接触。近南北向的红花源—新路断裂将岩体切割成东西两部分岩体, 东岩体为中粗粒斑状黑云母花岗岩, 西岩体为中细粒斑状黑云母花岗岩。其中, 在东岩体的中部, 分布着含大量暗色闪长质包体近等轴状的里松岩体, 面积超过70 km²。

姑婆山黑云母花岗岩锆石LA-ICP-MS的U-Pb测年结果为163±4 Ma, 里松角闪黑云母花岗岩锆石SHRIMP的U-Pb测年结果为161±2 Ma(朱金初等, 2006), 显示成岩于燕山晚期。

姑婆山岩体的Rb-Sr分析(顾晟彦等, 2006)显示, 黑云母花岗岩的Rb/Sr为: 32.37~163.6, 姑婆山东岩体和里松岩体的(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i=0.7066±0.0022, 西岩体的(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i=0.77173±0.0095; Sm-Nd的同位素分析显示, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd为0.512338~0.512434, εNd(*t*)为-0.33~-0.51。姑婆山黑云母花岗岩的δEu为0.02~0.38, 具有明显的Eu负异常, 为地壳和地幔混合源区特征。

通过大量对姑婆山花岗岩体与区内钨锡成矿关系、钨锡成矿矿质来源、萃取机制和成因机理研究(董子成, 1989, 1991; 邓庆平, 1985; 刘慷怀, 1989; 刘文龙等, 1989; 游建胜等, 1993; 宋慈安, 1993, 1996; 顾晟彦等, 2007), 表明姑婆山花岗岩体形成过程的岩浆活动为钨锡成矿提供了主要的钨锡来源, 后期花岗岩补充体与钨锡成矿的关系尤为密切。

3 主要钨锡矿田及矿床特征

姑婆山地区主要有新路、水岩坝和珊瑚三个钨锡矿田。其中, 新路矿田的白面山锡钨硫化物型矿床、水岩坝矿田的烂头山黑钨石英脉型矿床和珊瑚矿田的长营岭钨锡石英脉型矿床最为典型。

3.1 新路矿田和白面山锡钨硫化物型矿床

新路矿田位于姑婆山复式岩体南缘接触带的内凹部位, 出露有中泥盆统郁江组砂页岩、东岗岭组灰岩及上泥盆统桂林组灰岩和融县组白云质大理岩。构造以断裂为主, 褶皱次之, 主要有近南北向

的观音山-石门(F₁)和白面山-南竹斗(F₂)断裂, 它们均属先压后张再扭长期活动的控岩控矿断裂。褶皱主要有柯家山直立倾伏背斜, 其枢纽产状为165°10′; 白面山、六合坳及石门等主要矿床均产于该背斜的西翼(图2)。锡多金属矿化主要受南北向断裂及层间破碎带控制, 主要赋矿层位为郁江组砂页岩和东岗岭组灰岩之间的“过渡层”。矿化类型有: 脉状-似层状锡钨硫化物型(白面山、石门、木桥面)、锡石硫化物矽卡岩型(六合坳)、脉状锡石云英岩型(金鸡岭、大岭山)、脉状钨锡萤石脉型(黄金坪)和破碎带蚀变岩型(路花), 其中以规模最大的白面山中型锡钨硫化物型矿床为代表。

白面山锡钨硫化物型矿床位于新路矿田中东部, 其北东部出露有姑婆山东体中粗粒似斑状黑云母钾长花岗岩, 西侧出露浮船岭中细粒斑状黑云母花岗岩, 矿化赋存于柯家山复式背斜西翼近南北向断裂及其两侧泥盆系中。

矿体有似层状和脉状两种, 似层状矿体主要赋存于郁江组与东岗岭组之间的“过渡层”岩性界面附近, 矿体产状与地层产状(21°~250°12′~25′)基本一致, 平面上沿南北向断裂带两侧延伸, 长数百米, 宽度较窄, 随着与断裂带中心距离的增大, 矿化很快减弱以至消失。脉状矿体沿白面山断裂(F₂)充填, 倾角较陡, 规模较小, 多赋存于厚层状碳酸盐岩中, 在薄层状砂岩中仅有细脉矿化。矿体由上部脉状向下过渡为似层状。

白面山锡钨硫化物型矿床的矿化具有一定的垂直分带性: 上部相对富锡、中部相对富锌、下部相对富铜。但是三者之间并无明显的分界, 相邻二元素间均有一定的重叠空间。此外, 东部与西部的成矿以锡、锌为主, 铜很少; 西部则以铜为主, 锡、锌很少。

白面山矿石构造有致密块状、透镜状、角砾状、网脉状、细脉状和浸染状等, 在主矿体中部多为致密块状, 向外依次出现透镜状、角砾状—网脉状—细脉状—浸染状。这反映出由主断裂带向外, 充填交代作用减弱。

白面山矿床的矿石矿物主要有: 磁黄铁矿、黄铁矿、铁闪锌矿、锡石、脆硫锑铅矿、方铅矿、黄铜矿等; 围岩蚀变为硅化、透闪石化、阳起石化、黄铁绢云母化、绢云母化和绿泥石化。

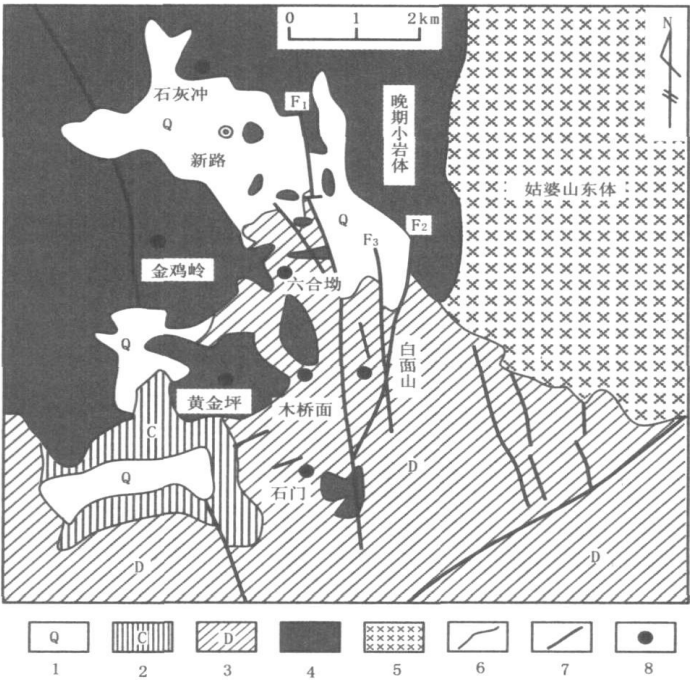


图 2 新路矿田地质略图

(据 董子成, 1991 资料改编)

Fig. 2 Geological sketch map of Xinlu ore district (Modified from Dong, 1991)

1. 第四系; 2. 石炭系; 3. 泥盆系; 4. 晚期细粒花岗岩; 5. 姑婆山东体; 6. 地质界线; 7. 断裂; 8. 矿床 (点)

3. 2 水岩坝矿田和烂头山黑钨石英脉型矿床

水岩坝矿田位于姑婆山复式花岗岩体西南缘, 出露地层主要为中、上泥盆统和下石炭统的一套浅海相碳酸盐岩, 碳酸盐岩已大理岩化。矿田构造复杂, 多期次、多方向、多类型的构造叠加改造强烈, 褶皱主要有北西向的水岩坝复式背斜、北东向的烂头山-西湾倾伏背斜; 断裂以北西和北东向两组为主, 北西和北东向两组断裂均具有先压后张多期活动性的特征, 所不同的是北西向组主要由向南西倾斜的正断层组成, 而北东向组主要为向南东倾斜的正断层, 其中以北西向大庙山断裂 (F₂) 和北东向枫木冲断裂 (F₄) 规模较大。黑钨石英脉主要受北西向断裂控制, 赋矿层位为已大理岩化的东岗岭组灰岩 (图 3)。矿化类型有: 黑钨石英脉型 (烂头山中型)、矽卡岩含锡硫化物型 (大庙山小型) 和含锡角砾岩型 (董家凹、金窝肚小型)。其中, 以烂头山中型黑钨 (含锡) 石英脉型矿床为代表。

烂头山黑钨石英脉矿床北东侧约 0.5 km 为姑婆山西岩体, 矿床位于北东向烂头山-西湾背斜横跨于北西向水岩坝复背斜的近东西向烂头山穹状背斜

轴部, 烂头山隐伏花岗岩岩凸上方, 并受北西向 F₁、F₂ 和 NE 向 F₄、F₆ 组成的格状圈闭构造控制。矿脉按其产状有北西、北东、东西及近南北向四组, 其中以北西向组为主。

北西向脉组沿倾向在空间上大致以 100 m 中段为拐点, 以上渐向北东倾斜, 以下渐反向南西倾斜, 倾角一般为 80°~85°; 脉组的长度在 100 m 中段最长, 往上往下渐短; 脉组在 145 m 中段最宽, 达 146 m, 上下渐窄; 脉组总厚度在走向上以 20 号勘探线为中心向两端变小, 在剖面上以 145 m 中段中心向上向下变小, 整体呈一向北东凸出的新月形透镜体。北西向脉组中单脉延长 100~300 m, 脉幅平均为 0.1~0.7 m, 最大的 15 号脉幅可达 2.38 m。其钨矿化强度则以 145 m 中段 20 号勘探线为中心垂向上和横向上逐渐减弱。含萤石石英脉和黑钨石英脉石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 (136.1±2) Ma (顾晟彦等, 2007)。

烂头山矿床的矿石矿物的主要有: 黑钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、锡石、毒砂、白钨矿、方铅矿、闪锌矿等; 围岩蚀变为云英岩化、硅化和萤石化。

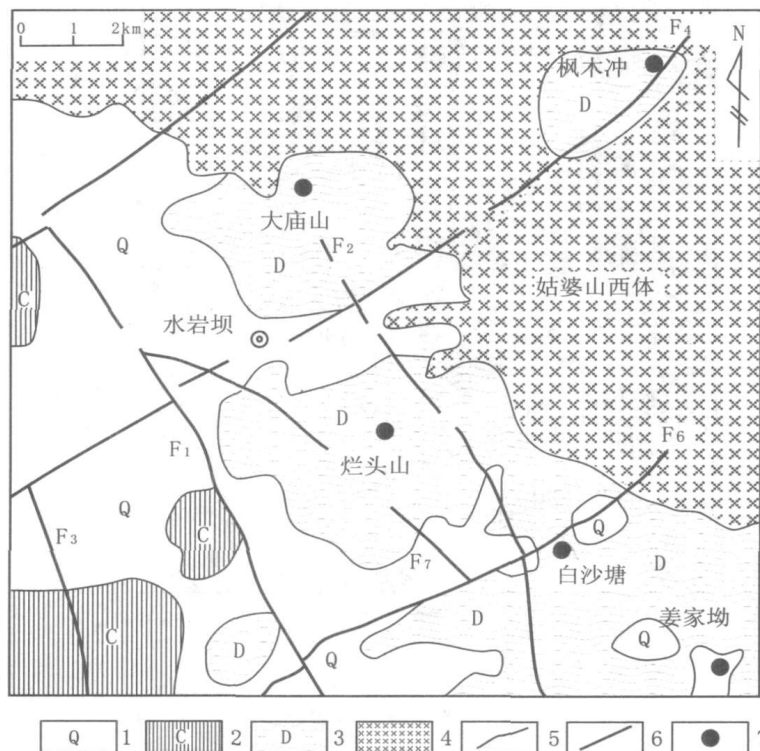


图3 水岩坝矿田地质略图

(据谢国源, 1994 资料改编)

Fig. 3 Geological sketch map of Shuiyanba ore district (Modified from Xie, 1994)

1. 第四系; 2. 石炭系; 3. 泥盆系; 4. 姑婆山西体; 5. 地质界线; 6. 断裂; 7. 矿床 (点)

3.3 珊瑚矿田和长营岭钨锡石英脉型矿床

珊瑚矿田位于距姑婆山复式花岗岩体稍远的西南部, 区内出露有云英岩化的盐田岭花岗岩体, 出露地层自下而上为泥盆系莲花山组砂岩、那高岭组页岩、郁江组砂页岩和东岗岭组灰岩, 且均为赋矿层位。构造以南北、东西、北东、北北东和北西向网格状断裂为主, 褶皱次之。其中, 矿田内北东向一级断裂 (笔架山断裂、石灰山断裂) 及其间发育的次一级断裂控制着矿床的产出和矿带的走向, 北西向断裂的规模、强度、断距均较北东向断裂小, 并大致呈等间距产出, 与北东向断裂一起构成有特色的网格状断裂容控矿格架。矿化类型有: 钨锡石英脉型 (长营岭、八步岭下部); 钨铋萤石石英脉型 (杉木冲)、钨铁角砾石英脉型 (八步岭上部) 和锡多金属硫化物型 (盐田岭), 其中以长营岭大型钨锡石英脉型矿床为代表 (图4)。

长营岭钨锡石英脉型矿床为本区主要工业矿

脉, 在长约2.5 km、宽0.6~1 km 的范围内共发现钨锡石英脉700 多条, 其中工业矿脉200 余条, 构成一北东向展布的钨锡矿带。工业矿脉一般长500~700 m、厚0.1~0.8 m、延深300~500 m, 受北东向张扭性裂隙控制, 具尖灭侧现特点。矿脉在形态上具有华南钨锡石英脉矿床的“五层楼”分带模式, 即从地表往深部依次为云母线脉带—云母石英细脉带—云母石英薄脉带—大脉带—稀疏大脉带, 总体由上而下脉体数减少, 脉幅增大, 矿脉有分枝复合现象。矿物组合呈明显的垂直分带特征, 即云母、电气石、黄玉、萤石等气成和硅酸盐矿物分布在脉体的上部, 黑钨矿、块状石英居中, 向深部硫化物和碳酸盐增多。钨锡石英脉石英流体包裹体Rb-Sr 等时线年龄为 $(113.2 \pm 4.7) \text{ Ma}$, 显示成矿与燕山期岩浆活动相关 (李华芹等, 1993)。

长营岭钨锡石英脉矿床矿化垂向上具有渐变分带特征, 钨和铜矿化以125 m 中段为中心向上和向

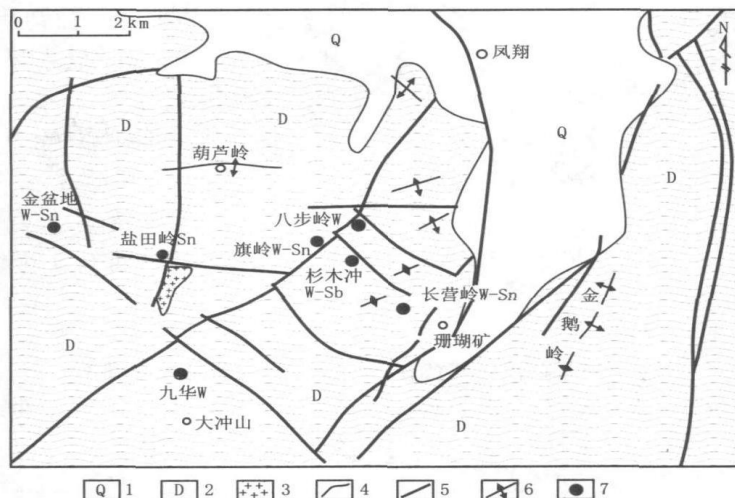


图 4 珊瑚矿田地质略图

(据钱建平, 1994 资料改编)

Fig. 4 Geological sketch map of Shanhu ore district (Modified from Qian, 1994)

1. 第四系; 2. 泥盆系; 3. 云英岩化花岗岩; 4. 地质界线; 5. 断裂; 6. 背斜; 7. 矿床 (点)

下减弱, 锡和锌矿化由浅部向深部逐渐增高, 铅则以 125 m 中段为中心向上和向下略有增高。

长营岭矿床的矿石矿物有: 黑钨矿、锡石、白钨矿、黝锡矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、菱铁矿、菱锰矿和含银硫化物等; 围岩蚀变为硅化、绢云母化、萤石化、黄玉化和电气石化。

4 幔源成矿特征显示

4.1 构造条件

近年来研究表明, 姑婆山地区钨锡矿床位于杭州—诸广山—花山的高 ϵ_{Nd} 、低 t_{DM} 值的花岗岩带上, 北东向的“诸广山—宝峰仙—千里山—骑田岭—癞子岭—九疑山—花山、姑婆山构造-岩浆-成矿带”(相当于“十-杭”结合带的湖南—广西段)是一个壳幔作用带, 带内伸展构造作用强烈, 有利于地幔上隆和幔源物质的上升(蒋少涌等, 2008; 席斌斌等, 2007; 汪洋, 2008; 毛景文等, 2008), 这一壳幔作用带利于 W、Sn 元素活化富集成矿。

据广西区域重力异常资料(广西地矿局, 1994), 姑婆山区位于桂东北幔坳区, 区内有沿北东向展布的富川幔隆起和近南北向展布的鹰扬关幔坳陷。通过本区的深(壳)断裂有北东向的桂岭断裂及合浦—

梧州断裂, 这些深断裂切割硅铝层或硅镁层, 对沉积岩相、厚度和岩浆活动有明显的控制作用, 不仅为该区深部岩浆活动提供了运移通道和空间, 同时强烈的断裂活动本身还导致能量释放, 诱发深溶-再生岩浆的形成并决定其定位。区域性断裂有南北向栗木—马江断裂和富州断裂, 近南北向七星界—姑婆山—都庞岭断裂和观音山—三八岭—茂冲顶断裂。区内钨锡矿田内断裂发育, 珊瑚矿田的南北、东西、北北东和北北向网格状断裂、新路矿田的东西和南北向断裂及水岩坝矿田的北西和北东向断裂均具有明显的容控矿特征。各级断裂的发育以及钨锡矿床分布与断裂的密切关系, 表明区内具有幔源物质上侵的通道, 各级构造利于幔源物质和地幔脱气作用参与区内的钨锡成矿。

4.2 同位素特征

4.2.1 氢氧同位素

烂头山黑钨石英脉中的黑钨矿 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为 $+7.3\text{‰} \sim +8.1\text{‰}$ (熊永良, 1986), 白面山锡钨硫化物矿床锡石中的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为 $+7.27\text{‰} \sim +8.59\text{‰}$, 二者均为岩浆水特征 ($\delta^{18}O_{H_2O} = +6\text{‰} \sim +10\text{‰}$) (谢国源, 1990); 珊瑚矿田中钨锡石英脉型石英流体包裹体的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 变化范围为 $+9.56\text{‰} \sim +12.94\text{‰}$, 平均 $+11.24\text{‰}$, δD 的变化范围为 $-44.3\text{‰} \sim -58.1\text{‰}$, 平均为 -51.2‰ ; 钨锡萤石石英脉型石英

流体包裹体的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 变化范围为 + 11.44‰ ~ + 11.67‰, 平均为 + 11.56‰, δD 的变化范围为 - 44.1‰ ~ - 147.1‰, 平均为 - 95.6‰; 含钨石英角砾脉型石英流体包裹体的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 变化范围为 + 7.21‰ ~ + 17.54‰, 平均为 + 12.21‰, δD 的变化范围为 - 47.1‰ ~ - 62.7‰, 平均为 - 54.9‰ (宋慈安, 1993), 整体上 $\delta^{18}\text{O}$ 介于岩浆水 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = + 6\text{‰} \sim + 10\text{‰}$) 与火成岩 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = + 5\text{‰} \sim$

+ 15‰) 之间, δD 和初生水 ($\delta\text{D} = - 60\text{‰} \pm 20\text{‰}$) 基本一致。氢氧同位素显示为岩浆水和地幔去气作用的初生水特征, 表明成矿过程与深部岩浆活动关系密切, 并可能伴有幔源物质的参与。

4.2.2 He-Ar 同位素

笔者对新路矿田的路花破碎带蚀变岩型锡矿的 2 个黄铁矿样品进行了 He-Ar 及 S 同位素分析, 结果见表 1。

表 1 新路矿田路花锡矿 He、Ar 同位素分析结果表

Tab. 1 The He-Ar isotope analyses result of Luhua tin deposit of Xinlu orefield

样 号	^4He	$^3\text{He}/^4\text{He}$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	^{40}Ar	R/Ra	S
	/ ($\times 10^{-7}\text{cm}^3\text{STP/g}$)	/ $\times 10^{-6}$		/ ($\times 10^{-7}\text{cm}^3\text{STP/g}$)		
B2360	0.02	20.64 $\pm$ 7.34	297 $\pm$ 1	0.34	14.74	- 0.8
B2362	0.25	40.01 $\pm$ 6.68	305 $\pm$ 2	34.21	28.58	- 1.1

注: He、Ar 同位素测试在中国地质科学院矿产资源研究所完成; S 同位素测试在宜昌地质矿产研究所完成。

结果显示: $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值远大于地壳的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 特征值 (0.01 ~ 0.05 Ra) 和地幔 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 特征值 (6 ~ 9 Ra), 具有明显的地幔流体参与成矿的特征。

4.2.3 铅同位素

表 2 列出了白面山和石门两个矿区的铅同位素组成, 依据白面山、石门的铅同位素图解(图 5), 在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 构造环境判别图解中, 投影点

落入下地壳和洋岛火山岩区各 1 个, 4 个落入造山带, 1 个在造山带和地壳之间; 在铅同位素 β - γ 成因分类图解中, 投影点大部分落入地壳与地幔混合的俯冲带区。表明钨锡成矿于造山带环境中, 岩浆为成矿提供了主要物质来源, 应该有幔源物质的参与。

4.2.4 硫同位素

表 2 白面山、石门矿石铅同位素组成

Tab. 2 Lead isotope composition of ore of Baimianshan and Shimen

样 号	测定矿物	采样地点	铅 同 位 素 组 成			β	γ	数据来源
			$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$			
514-1	铁闪锌矿	石 门	18.820	15.710	38.440	24.54	25.88	秦长兴, 1985
529-2	铁闪锌矿	石 门	18.720	15.710	38.820	24.85	39.48	
240-1	铁闪锌矿	石 门	18.960	15.850	38.270	33.99	24.85	
331-1	铁闪锌矿	石 门	18.620	15.850	38.220	35.08	33.81	
Pb-01	脆硫锑铅矿	白面山 193 中段	18.679	15.717	39.905	25.47	70.25	邓庆平, 1984
Pb-02	方铅矿	白面山 193 中段	18.741	15.707	38.945	24.58	42.00	
Pb-03	铁闪锌矿	白面山 193 中段	18.293	15.623	38.479	20.06	39.11	

白面山锡锌硫化物型矿床铁闪锌矿中的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 - 0.4‰ ~ + 4.0‰, 平均值为 1.3‰; 毒砂中的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 - 0.718‰ ~ + 8.6‰, 平均值为 3.66‰; 磁黄铁矿中的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 - 3.0‰ ~ + 4.2‰, 平均值为 1.63‰; 珊瑚钨锡型矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 - 1.8‰ ~ + 1.3‰, 平均值为 + 0.23‰; 珊瑚钨锑型矿床黄铁矿中的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 - 3.1‰ ~ + 4.3‰, 平均值为 + 2.8‰。与月球玄武岩

$\delta^{34}\text{S}$ 的变化范围(0.2‰ ~ + 1.3‰) 和岩浆源 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化范围 (- 2.0‰ ~ + 2.0‰) 较为接近, 表明为深源硫。

4.3 流体包裹体

区内钨锡矿床成矿期石英流体包裹体中 CO_2 含量最高达 42.32 ml/100g, CH_4 最高达 4.229 ml/100g, H_2O 的含量均较高(表 3)。大量的研究认为: 地幔流体以富含 CO_2 - H_2O 为特征 (Holloway, 1997;

胡文暄等, 2006), 流体中CO₂ 和H₂O 含量高可指示幔源流体参与成矿 (Lloyd, 1987; 毛景文等, 1989), C-H-O 组合可能为幔源流体成矿的一种指

示 (Schneider 等, 1984; Eggle, 1987; Spera, 1987; 杜乐天, 1996)。区内钨锡成矿期的石英流体包裹体富含CO₂ 和H₂O, 指示可能有地幔流体参与成矿。

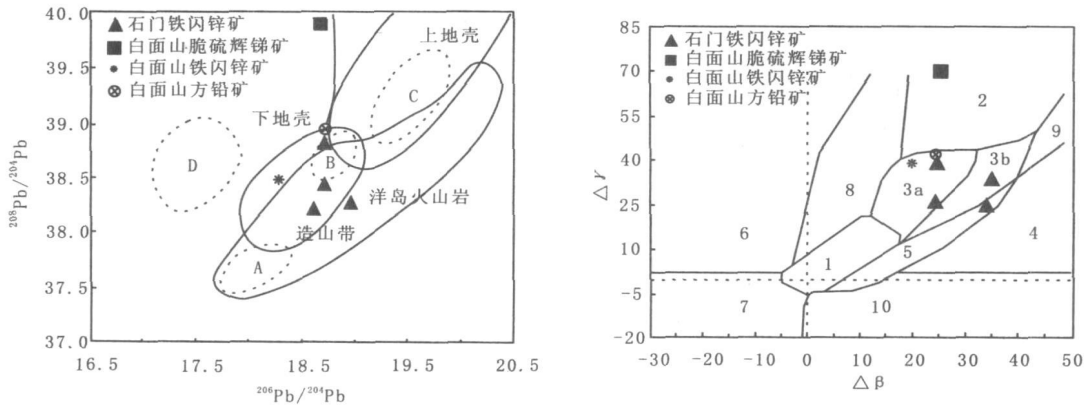


图5 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 构造环境判别图解 (据 Doe 等, 1979) 和铅同位素 β - γ 成因分类图解 (据朱炳泉等, 1998)

Fig. 5 Tectonic model diagram of $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (After Doe, et al., 1979)

and β - γ genetic schematic diagram of the lead isotopes (After Zhu Bingquan et al., 1998)

1. 地幔源铅; 2. 上地壳铅; 3. 上地壳与地幔混合的俯冲带铅 (3a. 岩浆作用, 3b. 沉积作用); 4. 化学沉积型铅; 5. 海底热水作用铅; 6. 中深变质作用铅; 7. 深变质下地壳铅; 8. 造山带铅; 9. 古老页岩上地壳铅; 10. 退变质铅

表3 主要矿床石英流体包裹体气液相含量

Tab. 3 The gas and liquid contents of quartz inclusion in main deposits

样号	采样点	分析矿物	CO ₂	CH ₄	H ₂	N ₂	H ₂ O	数据来源
03	白面山锡锌硫化物矿床	石英	5.435	4.229	0.007 8	0.423	85.77	邓庆平, 1985
LT-1-1	白面山锡锌硫化物矿床	石英	0.936	0.023		0.041	大量	
LT-2-1	烂头山含萤石石英脉	石英	0.869	0.131			少量	顾晟彦等, 2007
LT-4-1	烂头山含萤石石英脉	石英	0.864	0.136				
LT-5-1	烂头山含黑钨石英脉	石英	0.898	0.102			大量	
—	钨锡石英脉型	石英	23.370	0.600			1967	宋慈安, 1993
—	钨锡萤石石英脉型	石英	42.320	0.560			976	

5 结论

(1) 姑婆山地区形成于燕山晚期的钨锡矿床与区内燕山晚期的壳幔混源型 (I 型) 花岗岩体关系密切, 并受断裂和层间滑动破碎带控制。

(2) 各矿床在空间上具有一定的矿化分带性, 白面山锡锌硫化物型矿床上部相对富Sn, 中部相对富Zn, 下部相对富Cu。东部少Cu, 西部多Cu; 烂头山黑钨石英脉行矿床的钨矿化以 145 m 中段 20 号勘探线为中心垂向上和横向上逐渐减弱; 长营岭钨锡石英脉矿床的钨和铜矿化以 125 m 中段为中心向上下减弱, 锡和锌矿化由浅部向深部逐渐增高, 铅

则以 125 m 中段为中心向上下略有增高。

(3) 穿过本区的深大断裂, 控制了区内的成岩成矿, 并可为幔源物质参与成矿提供运移通道和富集空间。

(4) 由D-O、He-Ar、Pb 和S 同位素、以及流体包裹体研究表明: 区内钨锡成矿与岩浆作用关系密切, 并指示成矿过程有幔源物质的参与。

参考文献 (References):

陈毓川, 毛景文. 桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹 [M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1995.

- Chen Yuchuan, Mao Jingwen. The metallogenetic series and mineralization history of the evolution track, Northern Guangxi [M]. Guangxi Science and Technology Press, Nanning, 1995.
- 董子成. 广西簸箕岭花岗岩及其与六合坳锡矿床的关系 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9 (2): 35-44.
- Dong Zicheng. The relationship of Bojiling granites of Guangxi to the Liuhe 'ao tin deposit [J]. Journal of Guilin College of Geology, 1989, 9 (2): 35-44.
- 董子成. 广西新路锡矿田的稀土元素地球化学特征 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11 (3): 277-286.
- Dong Zicheng. The REE geochemical characteristics in the Xinlu tin orefield, Guangxi [J]. Journal of Guilin College of Geology, 1991, 11 (3): 277-286.
- 邓庆平. 白面山锡石硫化物矿床成因机理初探 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1985, 3 (5): 239-250.
- Deng Qingping. On the ore-forming mechanism of cassiterite-sulfide deposit in Baimianshan, Guangxi [J]. Journal of Guilin College of Geology, 1985, 3 (5): 239-250.
- 杜乐天. 地壳流体与地幔流体间的关系 [J]. 地学前缘, 1996, 3 (4): 172-180.
- Du Letian. The relationship between crust fluids and mantle fluids [J]. Earth Science Frontiers, 1996, 3 (4): 172-180.
- 顾晟彦, 华仁民, 戚华文. 广西姑婆山花岗岩单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及全岩 Sr-Nd 同位素研究 [J]. 地质学报, 2006, 80 (4): 543-553.
- Gu Shengyan, Hua Renmin, Qi Huawen. Study on zircon LA-ICP-MS U-Pb dating and Sr-Nd isotope of the Guposhan granite in Guangxi [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2006, 80 (4): 543-553.
- 顾晟彦, 华仁民, 戚华文. 广西花山-姑婆山燕山期花岗岩的地球化学特征及成因研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25 (2): 97-109.
- Gu Shengyan, Hua Renmin, Qi Huawen. Geochemistry and petrogenesis of Yanshannian Huashan-Guposhan granites in Guangxi [J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 2006, 25 (2): 97-109.
- 顾晟彦, 华仁民, 戚华文. 广西新路-水岩坝钨锡矿田的成因探讨 [J]. 矿床地质, 2007, 26 (3): 265-276.
- Gu Shengyan, Hua Renmin, Qi Huawen. A genetic study of Xinlu-Shuiyanba W-Sn orefield northeast Guangxi [J]. Mineral Deposits, 2007, 26 (3): 265-276.
- 广西地矿局. 广西区域重力异常图编制及其地质意义研究报告 [R]. 广西地矿局科技处, 1994.
- Geology and mineral bureau of Guangxi province. Guangxi regional gravity anomaly figure compiled and geological significance research report [R]. Technology statistics of Geology and mineral bureau of Guangxi 1994.
- 洪大卫, 谢锡林, 张季生. 试析杭州-诸广山-花山高 ϵ_{Nd} 值花岗岩带的地质意义 [J]. 地质通报, 2002, 21 (6): 348-354.
- Hong Dawei, Xie Xilin, Zhang Jisheng. Geological significance of the Hangzhou-Zhuguangshan-Huashan high ϵ_{Nd} granite belt [J]. Geological Bulletin Of China, 2002, 21 (6): 348-354.
- 胡文暄, 孙睿, 张文兰. 金矿成矿流体的特点及深-浅部流体相互作用成矿机制 [J]. 地学前缘, 2001, 7 (3): 281-288.
- Hu Wenxuan, Sun Run, Zhang Wenlan. The characteristics of gold ore-forming fluids and deep-shallow ore-forming mechanism of interaction between fluids [J]. Earth Science Frontiers, 2001, 7 (3): 281-288.
- 罗年华. 广西平桂地区地层地球化学特征与成矿的关系 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9 (2): 209-218.
- Luo Nianhua. The relation between characteristics of stratum geochemistry and mineralization in Pinggui area, Guangxi [J]. Journal of Guilin College of geology, 1989, 9 (2): 209-218.
- 刘慷怀. 广西珊瑚钨锡矿床原生地球化学分带及其找矿意义 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9 (4): 421-430.
- Liu Kanghuai. Primary geochemical zoning of the Shanhu W-Sn deposit and its prospecting significance [J]. Journal of Guilin College of geology, 1989, 9 (4): 421-430.
- 刘文龙, 袁奎荣. 广西新路-水岩坝锡矿床的矿质来源与锡的萃取机制 [J]. 桂林冶金地质学院报, 1989, 9 (3): 283-291.
- Liu Wenlong, Yuan Kuirong. On the source of ore-forming materials and tin enrichment mechanism of Xinlu-Shuiyanba tin deposits, Guangxi [J]. Journal of Guilin College of geology, 1989, 9 (3): 283-291.
- 陆小平, 陆孝赞, 龚名文, 等. 广西姑婆山锡矿田矿床地质

特征及矿床成因 [J] . 华南地质与矿产, 2005, 2: 53–60.

Lu Xiaoping, Lu Xiaozan, Gong Mingwen, et al. Geological characteristics and genesis of the Guposhan tin orefield in Guangxi [J] . *Geology and Mineral Resources of South China*, 2005, 2: 53–60.

李人科, 骆良羽, 李泽世, 等. 广西锡矿 [M] . 北京: 地质出版社, 1993.

Li Renke, Luo Liangyu, Li Zeshi, et al. The tin deposits of Guangxi [M] . Geological Publishing, Beijing, 1993.

李华芹, 刘家齐, 魏林. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用 [M] . 北京: 地质出版社, 1993.

Li Huaqin, Liu Jiaqi, Wei Lin. Hydrothermal deposits chronological study of fluid inclusions and its geological application [M] . Geological Publishing House, Beijing, 1993.

蒋少涌, 赵奎东, 姜耀辉, 等. 十杭带湘南– 桂北段中生代 A 型花岗岩带成岩成矿特征及成因讨论 [J] . 高校地质学报, 2008, 14 (4): 496–509.

Jiang Shaoyong, Zhao Kuidong, Jiang Yaohui, et al. Characteristics and genesis of Mesozoic a type granites and associated mineral deposits in the southern Hunan and Northern Guangxi provinces along the Shi – Hang belt south China [J] . *Geological Journal of China Universities*, 2008, 14 (4): 496–509.

欧忠远. 广西新路锡矿田构造控矿分析及成矿预测 [J] . 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9 (4): 387–397.

Ou Zhongyuan. Analysis of structural control on mineralization and metallogenic prognosis in Xinlu Sn ore field, Guangxi [J] . *Journal of Guilin College of geology*, 1989, 9 (4): 387–397.

欧阳成甫, 陈大克, 钱建平. 广西新路和水岩坝钨锡矿田的控矿构造 [J] . 桂林冶金地质学院学报, 1993, 11 (13): 350–356.

Ou Yangchengfu, Chen Dake, Qian Jianping. The ore-control structure of the W–Sn ore field in Xinlu and Shuiyanba, Guangxi [J] . *Journal of Guilin Institute of Technology*, 1993, 11 (13): 350–356.

欧阳成甫. 广西姑婆山岩体侵位构造及侵位机制研究 [J] . 大地构造与成矿学, 2002, 331–334.

Ou Yangchengfu. Emplacement structures and mechanism of Guposhan granite pluton, Guangxi China [J] .

Geotectonic et Metallogenia, 2002, 331–334.

钱建平. 广西珊瑚矿区中部成矿期构造应力场、热力场和地球化学场的耦合作用及成矿分析 [J] . 矿物学报, 1998, 18 (4): 514–524.

Qian Jianping. The coupling of tectonic stress field of metallogenic epoch thermodynamic field and geochemical field and metallogenic analysis in the middle of Shanhu, Guangxi [J] . *Acta Mineralogica Sinica*, 1998, 18 (4): 514–524.

毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 等. 华南地区中生代主要金属矿床时空分布规律和成矿环境 [J] . 高校地质学报, 2008, 14 (4): 510–526.

Mao Jingwen, Xie Guiqing, Guo Chunli, et al. Spatial-temporal distribution of Mesozoic ore deposits in south China and their metallogenic settings [J] . *Geological Journal of China Universities*, 2008, 14 (4): 510–526.

毛景文, 张作衡, 杨建民, 等. 甘肃鹰嘴山金矿床地质和成矿 [J] . 地球化学, 1989, 9 (2): 209–218.

Mao Jingwen, Zhang Zuoheng, Yang Jianmin, et al. Gold deposit geology and mineralization of Yingzuishan, Gansu [J] . *Geochemistry*, 1989, 9 (2): 209–218.

宋慈安, 李军朝. 广西珊瑚钨锡矿田断裂的构造化学环境及其含矿性评价 [J] . 大地构造与成矿学, 1996, 3 (21): 53–60.

Song Cí'an, Li Junchao. The tectonochemical environment of faults and their ore potential in Shanhu W–Sn orefield, Guangxi [J] . *Geotectonica et Metallogenia*, 1996, 3 (21): 53–60.

宋慈安. 广西珊瑚钨锡矿田成矿地球化学机理及成矿模式 [J] . 桂林冶金地质学院学报, 1993, 13 (4): 376–385.

Song Cí'an. The mineralogenetic mechanism and geochemical model of Shanhu W–Sn orefield, Guangxi [J] . *Journal of Guilin College of Geology*, 1993, 13 (4): 376–385.

宋慈安. 广西珊瑚钨锡矿田地球化学异常特征及预测模式 [J] . 桂林工学院学报, 1996, 16 (4): 353–361.

Song Cí'an. The character of geochemical anomaly and prospecting and prognostic model in Shanhu W–Sn mining area, Guangxi [J] . *Journal of Guilin of Technology*, 1996, 16 (4): 353–361.

王健辉, 蒋柏昌, 孔祥伟, 等. 姑婆山复式岩体的基本特征及其与成矿作用的关系 [J] . 矿产与地质, 2006, 20 (1): 47–53.

- Wang Jianhui, Jiang Bochang, Kong Xiangwei, et al. Geological character of the Guposhan complex batholith and its connection with ore forming event [J]. Mineral Resources and Geology, 2006, 20(1): 47–53.
- 汪洋. 南岭燕山早期花岗岩成因类型的进一步探讨 [J]. 地质论评, 2008, 54 (2): 162–174.
- Wang Yang. Some further discussions on the genetic type of the early (Jurassic) granitoids in the Nanling area SE China [J]. Geological Review, 2008, 54 (2): 162–174.
- 谢国源, 胡火炎. 广西水岩坝—新路钨锡矿田构造控矿类型及找矿前景 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, 38 (5): 266–271.
- Xie Guoyuan, Hu Huoyan. The structure types controlling W–Sn ore deposits and their exploring prospects [J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 1994, 38 (5): 266–271.
- 席斌斌, 张德会, 周利敏. 南岭地区几个与锡 (钨) 矿化有关的岩体的岩浆演化 [J]. 地质通报, 2007, 26 (12): 1591–1599.
- Xi Binbin, Zhang Dehui, Zhou Limin. Magmatic evolutions of several granite plutons related to Sn (W) mineralizations in the Nanling region, China [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(12): 1591–1599.
- 熊永良. 桂东北水岩坝锡矿田烂头山矿床类型、成矿演化及矿化分带研究 [D]. 武汉地质学院硕士论文, 1986.
- Xiong Yongliang. The Lantoushan deposit types, mineralization, and mineralization zoning study of evolution in tin orefield of Shuiyanba, northeast of Guangxi [D]. Wuhan College of Geology Master's thesis, 1986.
- 谢国源. 广西新路白面山锡石硫化物矿床成矿构造分析 [J]. 大地构造与成矿学, 1990, 14 (3).
- Xie Guoyuan. Metallotectonic analysis of cassiterite-sulfide deposit of Baimianshan, Xinlu, Guangxi [J]. Tectonics and metallogeny, 1990, 14 (3).
- 游建胜, 胡火炎. 广西新路锡矿田某些成矿特征的探讨 [J]. 广西地质, 1993, 6 (2): 53–62.
- You Jiansheng, Hu Huoyan. The tin metallogenic characteristics of some tin orefield Xinlu, Guangxi [J]. Geology of Guangxi, 1993, 6 (2): 53–62.
- 张德全, 王雪英, 孙桂英. 关于广西姑婆山—里松岩体的定 (侵) 位年龄和冷凝历史的探讨 [J]. 地质论评, 1985, 232–239.
- Zhang Dequan, Wang Xueying, Sun Guiying. The story about the Guangxi mountain pine rock (age) and emplacement of history [J]. Geological Review, 1985, 31 (3): 232–239.
- 张佩华, 肖丽华, 朱金初. 广西里松花岗岩中闪长质包体的分形分布 [J]. 长安大学学报 (地球科学版), 2003, 25 (2): 6–9.
- Zhang Peihua, Xiao Lihua, Zhu Jinchu. Fractals of the occurrence of dioritic endaves of the Lisong granitic batholith in Guangxi, China [J]. Journal of Chang'an University (Earth Science Edition), 2003, 25 (2): 6–9.
- 朱金初, 张佩华, 谢才富, 等. 南岭西段花山—姑婆山 A 型花岗岩杂岩带: 岩石学、地球化学和岩石成因 [J]. 地质学报, 2006, 80 (4): 529–542.
- Zhu Jinchu, Zhang Peihua, Xie Caifu, et al. The Huashan–Guposhan A-type granitoid belt in the western part of the Nanling mountains: petrology, geochemistry and genetic interpretation [J]. Acta geologica sinica, 2006, 80 (4): 529–542.
- 朱金初, 张佩华, 谢才富, 等. 南岭西段花山—姑婆山侵入岩锆石 U–Pb 年龄格架及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (9): 2270–2278.
- Zhu Jinchu, Zhang Peihua, Xie Caifu, et al. Zircon U–Pb age framework of Huashan–Guposhan intrusive belt, western part of Nanling range, and its geological significance [J]. Acta petrologica sinica, 2006, 22 (9): 2270–2278.
- 朱金初, 张佩华, 谢才富, 等. 桂东北里松花岗岩中暗色包体的岩浆混合成因 [J]. 地球化学, 2006, 35 (5): 506–516.
- Zhu Jinchu, Zhang Peihua, Xie Caifu et al. Magma mixing origin of the mafic enclaves in Lisong granite, NE Guangxi, western Nanling Mountains [J]. Geochimica, 2006, 35 (5): 506–516.
- Chen J F, Jahn, B M. Crustal evolution of Southeastern China: Evidence from Nd and Sr isotopic composition of rocks [J]. Tectonophysics, 1998 (284): 101–133.
- Eggle D H. Solubility of major and trace elements in mantle metasomatic fluids: experimental constraints [J]. Menzies ed. Mantle Metasomatism, 1987, 21–39.

Holloway J R. Composition of Fluid phase solutes in a
basalt-H₂O-CO₂ system [J]. Geological Society of
American Bulletin 1997. 82: 223-228.

Lloyd F E.Characterization of mantle fluids in spinel
lherzolites and alkali clinopyroxenites from the West
Eifel and Southwest Uganda[J] .Mantle Metasomatism,
1987, 91-120.

Schneider M E, Eggler D H.Compositions of fluids in
equilibrium with peridotite: implication for alkaline
magmatism-metasomatism [J] . Kimberlites
ed.Kornprobst, 1984.

Spera F J.Dynamics of tranlithosphere migration of
metasomatic fluids and alkaline magma [J] .Mantle
Metasomatism, 1987, 1-18.

Gilder S A, Gill J B, Coe R S, et al. ZZsotope and
paleomagnetic constraints on the mesozoic tectonic
evolution of South China [J] .Geophys Res, 1996, 10
(7): 16137-16154.

Geological Characteristics of Tungsten-tin Deposits
and the Indication of Mantle Material Participating
the Tungsten-tin Mineralization in
Guposhan Region, Guangxi

ZHANG Shi-qi, CAI Ming-hai, PENG Zhen-an, XU Ming,
CHEN Yan, HAN Feng-bin

(Resource And Metallurgy College Of Guangxi University, Nanning, 530004, Guangxi, China)

Abstract: Tungsten-tin deposits in Guposhan region is located in the southwest edge of Nanling metallogenic belt where is an important tungsten-tin producing area. There are three tungsten-tin ore fields: Xinlu, Shuiyanba, and Shanhu. the deposits are numerous in genetic type, of which the typical ones are tin-zincsulfide type, quartz veined tungsten type, and tungsten-tin quartz vein type. The researchers have done lots of researches on the diagenesis and mineralization in this region and believe that the W-Sn mineralization has a close relation with the fracture and the crust-mantle mixed granite in Guposhan region. Based on the previous research result and on summarizing the prime features of tungsten-tin ore fields and typical deposits, we conclude that there is an established metallogenic zoning of the W-Sn mineralization and believe the deep faults providing genius channels for the mantle substances by analyzing the hydrogen and oxygen isotopes, He-Ar isotopes, Pb isotopes, sulfur isotopes, and fluid inclusions of he main tungsten-tin deposits. W-Sn mineralization is intimate with magmatism. The study of isotopes of the main deposits shows that the mantle substance is involved in the tungsten-tin mineralization.

Key words: tungsten-tin deposit; isotope; mineralization of mantle material; Guposhan region