网络出版时间：2012-10-10 16:56
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/52.1102.TQ.20121010.1656.004.html
·研究成果·
矿物岩石地球化学通报
Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry
Vol. 31 No. 6, Nov., 2012

桂东北水岩坝钨锡矿田白云母^{40}Ar-^{39}Ar年代学研究及其地质意义

康志强[1,2]，冯佐海[2]，李晓峰[1]，廖家飞[2]，余　勇[2]，潘会彬[2]

1. 中国科学院 地球化学研究所，矿床地球化学国家重点实验室，贵阳 550002；
2. 桂林理工大学 地球科学学院，广西隐伏金属矿产勘查重点实验室，桂林 541004

摘　要：水岩坝钨锡矿田位于桂东北姑婆山花岗岩体西南边缘，其成矿作用与姑婆山花岗岩体密切相关。为精确厘定其成矿年代，本文首次对烂头山矿床含钨石英脉中的白云母进行了^{40}Ar-^{39}Ar测年，获得白云母坪年龄为162.5±1.2 Ma，相应的等时线年龄为162.0±1.9 Ma。表明其成矿年龄为162 Ma左右，与姑婆山花岗岩体主体年龄一致，为燕山早期岩浆作用的产物。该成果为深入认识桂东北钨锡成矿年代学格架及成矿动力学背景提供了新的年代学证据。

关　键　词：白云母；^{40}Ar-^{39}Ar测年；钨锡矿田；烂头山；水岩坝；桂东北

中图分类号：P597^{+}.3；P618.44　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1007-2802(2012)06-0606-06

^{40}Ar-^{39}Ar Age of Muscovite in the Shuiyanba Tungsen-tin Ore Field in Northeast Guangxi and Its Geological Significance

KANG Zhi-qiang[1,2], FENG Zuo-hai[2], LI Xiao-feng[1], LIAO Jia-fei[2], YU Yong[2], PAN Hui-bin[2]

1. *State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang* 550002, *China*; 2. *School of Earth Science, Guangxi Key Laboratory of Hidden Metallic Ore Deposits Exploration, Guilin University of Technology, Guilin* 541004, *China*

Abstract: The Shuiyanba tungsen-tin ore field, which is closely connected with the Guposhan granites, locates in the southwest edge of the Guposhan granite intrusions, northeast Guangxi. This paper measured the ^{40}Ar-^{39}Ar age of muscovite in the tungsten bearing quartz veins of the Lantoushan ore deposit, and the results show a plateau age of 162.5±1.2 Ma and an isochron age of 162.0±1.9 Ma. The mineralization time (~162 Ma) is coeval with the age of Guposhan granites demonstrates that the mineralization is genetically associated with the Guposhan magmatic activities in the late Yanshanian. This study provides the new evidence for thoroughly understanding the chronology framework and kinetics background of Tungsen-tin ore deposits in northeast Guangxi.

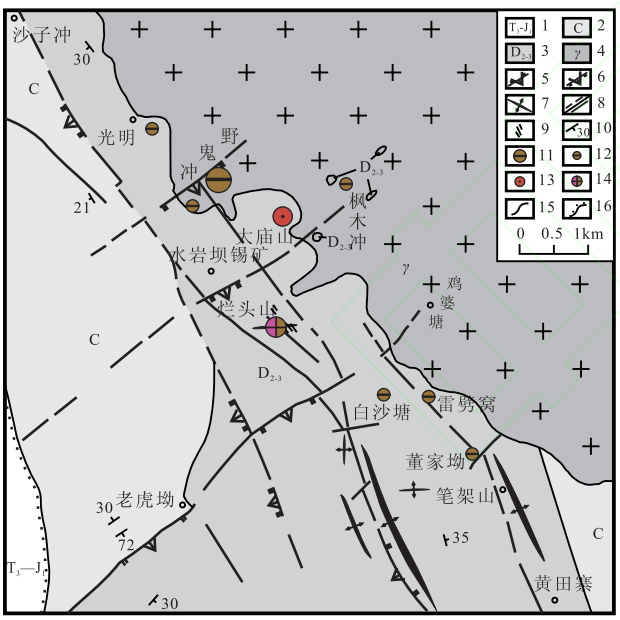
Key words: Muscovite; ^{40}Ar-^{39}Ar dating; tungsen-tin ore field; Lantoushan; Shuiyanba; Northeast Guangxi

水岩坝钨锡矿田位于桂东北贺州市境内，沿姑婆山复式花岗岩体西南外接触带产出，东与新路矿田紧邻，两大矿田是该接触带上最重要的钨锡矿产地，同时也是南岭钨锡多金属成矿带的重要组成部分。以往的研究多集中于矿化特征、成矿围岩、成矿流体及成矿物质来源等方面[1~6]，且普遍认为该矿田的成矿作用与姑婆山花岗岩密切相关，但缺乏年代学方面的限制。顾晟彦等[6]报道了烂头山矿床的成矿年龄上限为136.1±2 Ma，但由于测试对象及方法的局限性，其成果有待进一步验证。为了精确厘定矿床的成矿年龄，笔者采集了含钨石英脉中的白云母进行^{40}Ar-^{39}Ar法定年研究，以揭示矿床的形成时代，进而探讨该地区成岩与成矿的时空关系，为研究桂东北地区岩浆作用和成矿演化提供依据。

收稿日期：2011-12-01收到，2012-01-16改回
基金项目：国家自然科学基金资助项目(40772126)；广西自然科学基金重点资助项目(2010GXNSFD013001)；广西教育厅资助项目(201010LX170)
第一作者简介：康志强(1979－)，男，副教授，博士后，研究方向：岩石地球化学. E-mail: zk99201@163.com.
通讯作者：冯佐海(　)，男，教授. E-mail: fzh@glite.edu.cn.

1 地质背景

水岩坝矿田位于姑婆山花岗质杂岩体西南边缘，总面积约 121 km^2，出露地层主要为中上泥盆统、石炭统、上三叠统及下侏罗统，为一套浅海相碳酸盐岩夹薄层硅质岩建造。区内构造以断裂为主，褶皱次之，主干断裂主要有北西向的沙子冲断裂、大庙山断裂及北东向的枫木冲断裂、野鬼冲断裂、鸡婆塘断裂，两者交叉呈棋盘格子状。其中，沙子冲断裂为一条区域性的脆-韧性剪切带，其北西端沿姑婆山岩体西南接触带展布，并穿过乌羊山岩体延入富川县境内，是重要的成矿构造(图 1)。岩浆岩大面积出露于矿田的北东部，主要为姑婆山花岗岩体，此外有多处隐伏岩体及晚期小岩体。岩性主要包括角闪石黑云母二长花岗岩、中粗粒似斑状黑云母钾长花岗岩、中细粒斑状黑云母花岗岩和细粒黑云母花岗岩等。



1-上三叠统-下侏罗统；2-石炭系；3-中-上泥盆统；4-姑婆山花岗岩体；5-逆断层；6-正断层；7-背斜；8-性质不明断层；9-含黑钨石英脉；10-地层产状；11-大型砂锡矿；12-小型砂锡矿；13-中型磁铁矿；14-中型钨锡矿；15-地质界线；16-角度不整合接触界线

1-Upper Triassic-lower Jurassic; 2-Carboniferous; 3-Middle-upper Devonian; 4-Guposhan granite; 5-reverse fault; 6-normal fault; 7-anticline; 8-unclear fault; 9-W-bearing quartz veins; 10-attitude of stratum; 11-large-scale alluvial tin deposit; 12-small-scale alluvial tin deposit; 13-middle-scale magnetite deposit; 14-middle-scale W-Sn deposit; 15-geological boundary; 16-angular unconformity contact boundary

图 1 水岩坝矿田地质简图(底图据文献[7])

Fig. 1 Geological sketch map of the Shuiyanba ore field (modified from ref. [7])

水岩坝矿田的矿床类型主要为钨锡石英脉型矿床(烂头山)、锡石硫化物矽卡岩型矿床(大庙山)及锡石硫化物角砾岩型矿床(董家坳)。其中烂头山的钨锡石英脉型矿床工业价值最大，矿体呈脉状充填于东岗岭组灰岩穹状背斜轴部的密集节理和断裂破碎带中，呈脉状或细脉状产出；围岩蚀变主要为云英岩化、硅化、萤石化；金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、毒砂、锡石、白钨矿、黑钨矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等；脉石矿物有透辉石、石榴子石、透闪石、斜长石、含锂云母、石英、白云母、绿泥石、萤石、方解石等。锡与钨含量呈反比关系，表现出上锡下钨的特征，从水岩坝地区产出的多个大型砂锡矿床看，矿床上部的富锡矿带已被剥蚀，现留下的仅是下部的钨矿带。

2 白云母^{40}Ar-^{39}Ar定年

烂头山地区可见大量含钨石英脉穿插于中上泥盆统大理岩化灰岩中，脉体大小不一，局部见分叉现象，主要矿石矿物为黑钨矿、毒砂及少量电气石等，脉石矿物包括石英、萤石及白云母等。用于^{40}Ar-^{39}Ar同位素测年的样品(SYBLTS-01)采自烂头山矿床 280 中段含钨石英脉，该石英脉宽约 50 cm，产状 45°∠49°，脉壁平直光滑，可见到大量锡白色毒砂颗粒，黑钨矿较少，且晶型呈细小的长条状，长约 0.4 cm，宽约 0.2 cm，白云母多沿石英脉壁生长，结晶颗粒较大(2～6 mm)，多呈不规则放射状分布，在石英脉内部呈团块状或星点状产出(图 2)。

本次研究采用常规的^{40}Ar-^{39}Ar阶段升温测年法。其流程为：挑选纯净的白云母(纯度＞99%)在丙酮中用超声波清洗，清洗后的样品被封进石英瓶中，送入核反应堆接受中子照射。照射工作是在中国原子能科学研究院的“游泳池”中进行的。使用 H8 孔道，其中子流密度为 6.0×10^{12} n/cm^2 · s^1，照射总时间为 3000 min，积分中子通量为 1.13×10^{18} n/cm^2。同期接受中子照射的还有用做监控样的标准样(ZBH-25 黑云母国内标样)，其参考标准年龄为 132.7±1.2Ma，K 含量为 7.6%。

样品的阶段升温加热使用电子轰击炉，每一个阶段加热 30 min，气体纯化 30 min。质谱分析是在 Helix MC 多接收器稀有气体质谱计上进行的，每个峰值均采集 8～20 组数据。所有的数据在回归到时间零点值后再进行质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。系统空白水平：m/e=40、39、37、36，分别小于 6×10^{-15} mol、4×10^{-16} mol、8×10^{-17} mol 和 2×10^{-17} mol。中子照射过程所产生的干扰同位素校正系数通过分析照射过的

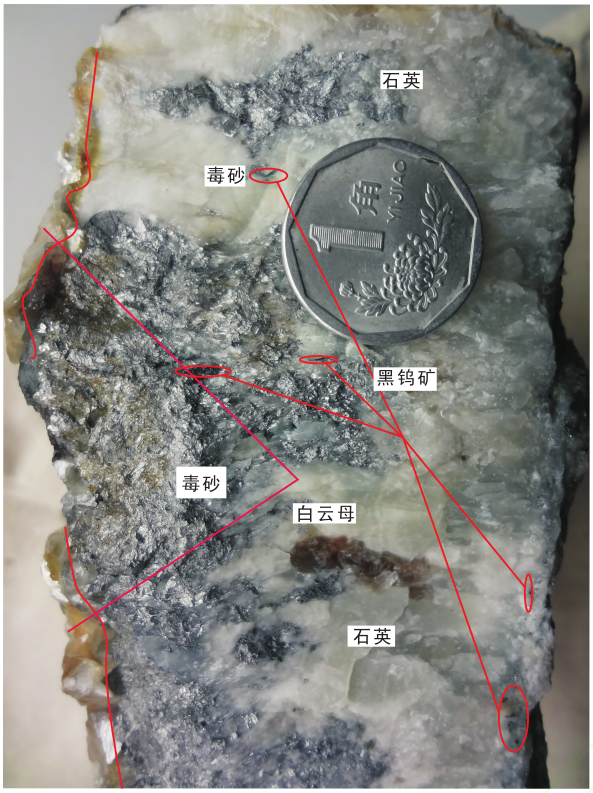


图 2 水岩坝矿床 280 中段含钨石英脉

Fig. 2 A tungsen bearing quartz vein in the middle of 280 in the Shuiyanba deposit

K_2SO_4 和 CaF_2 来获得，其值分别为：$(^{36}Ar/^{37}Ar_o)_{Ca}=0.0002389$，$(^{40}Ar/^{39}Ar)_K=0.004782$，$(^{39}Ar/^{37}Ar_O)_{Ca}=0.000806$。$^{37}Ar$ 经过放射性衰变校正；^{40}K 衰变常数 $\lambda=5.543\times10^{-10}$/年；坪年龄和等时线年龄采用 ISOPLOT 程序计算，坪年龄误差为 2 σ。详细实验流程见有关文章[8,9]。

3 分析结果

水岩坝矿田烂头山矿床白云母^{40}Ar-^{39}Ar年龄分析结果见表 1。实验共分 12 个阶段分步加热，加热区间为 600～1300℃，其中 900～1200℃范围内即第 5 至第 11 加热阶段内，样品形成平坦的年龄谱，其累计^{39}Ar占总释放量的 99.78%，数据点所获之视年龄间最大差距不超过 2.5 Ma；所获得的坪年龄为 162.5±1.2 Ma(图 3A)，线性回归计算其等时线年龄为 162.0±1.9Ma(图 3B)，两者误差范围内完全一致。由于白云母的封闭温度较低，极易受到后期地质作用的影响，从而形成明显的扩散丢失图谱[10,11]，而未受扰动的白云母则能形成较为平坦的年龄谱[12]。从表 1 和图 3 可以看出样品不同温度每次分馏的$^{40}Ar^*/^{39}Ar$值基本一致，给出的表面年龄也基本相同，呈现非常平坦的年龄谱，并且样品的等时线年龄和坪年龄测试结果具有良好的重现性，初始 Ar 同位素组成为 321±27，与标准尼尔值基本一致。这说明样品自冷凝结晶后未受到后期地质热事件的影响，基本保持了钾氩的封闭体系。因此样品测试结果是可靠的，代表了其结晶作用的年龄。

表 1 样品 SYBLTS－01 白云母^{40}Ar-^{39}Ar年龄分析结果

Table 1 ^{40}Ar-^{39}Ar stepwise heating data for muscovite from SYBLTS-01

T/℃	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{38}Ar/^{39}Ar)_m$	^{40}Ar (%)	$^{40}Ar^*/^{39}Ar$	^{39}Ar ($\times10^{-14}$mol)	^{39}Ar(Cum.) (%)	t/Ma
600	27.9703	0.0686	3.0670	0.0250	28.31	7.9372	0.19	0.17	180.0±7.3
700	38.0262	0.0989	0.5188	0.0325	23.24	8.8428	1.23	1.26	199.4±2.0
800	24.9841	0.0564	0.1085	0.0234	33.29	8.3187	4.34	5.10	188.2±1.9
850	8.4901	0.0039	0.1162	0.0129	86.42	7.3378	6.83	11.16	167.0±1.6
900	7.2794	0.0006	0.0046	0.0123	97.66	7.1093	20.04	28.92	162.0±1.6
940	7.2601	0.0004	0.0305	0.0122	98.23	7.1319	22.23	48.62	162.50±1.6
980	7.2735	0.0006	0.0129	0.0123	97.56	7.0958	20.42	66.72	161.7±1.5
1020	7.6060	0.0016	0.0420	0.0125	93.73	7.1297	14.31	79.41	162.4±1.6
1070	8.2841	0.0038	0.1085	0.0129	86.54	7.1698	7.88	86.40	163.3±1.6
1170	7.9875	0.0027	0.2058	0.0127	90.26	7.2111	12.39	97.37	164.2±1.6
1240	7.5283	0.0016	0.4785	0.0125	94.30	7.1022	2.71	99.78	161.8±1.6
1300	7.2631	0.0037	2.9572	0.0146	87.65	7.2631	0.25	100.00	146.1±3.6

注：下标 m 代表样品中测定的同位素比值，样品重量 $W=46.89$ mg，$J=0.013216$，年龄误差为 2 σ

4 讨 论

4.1 姑婆山花岗岩体年代学研究

姑婆山花岗岩体与水岩坝矿田钨锡多金属成矿关系密切，该岩体呈明显的“套叠式”特征，岩体中心是先侵位的里松单元，后期的望高单元、新路单元和白水带诸单元在其外侧依次侵位，形成一个内老外新的“反环式”套叠杂岩体[13]。张德全等[14]利用全

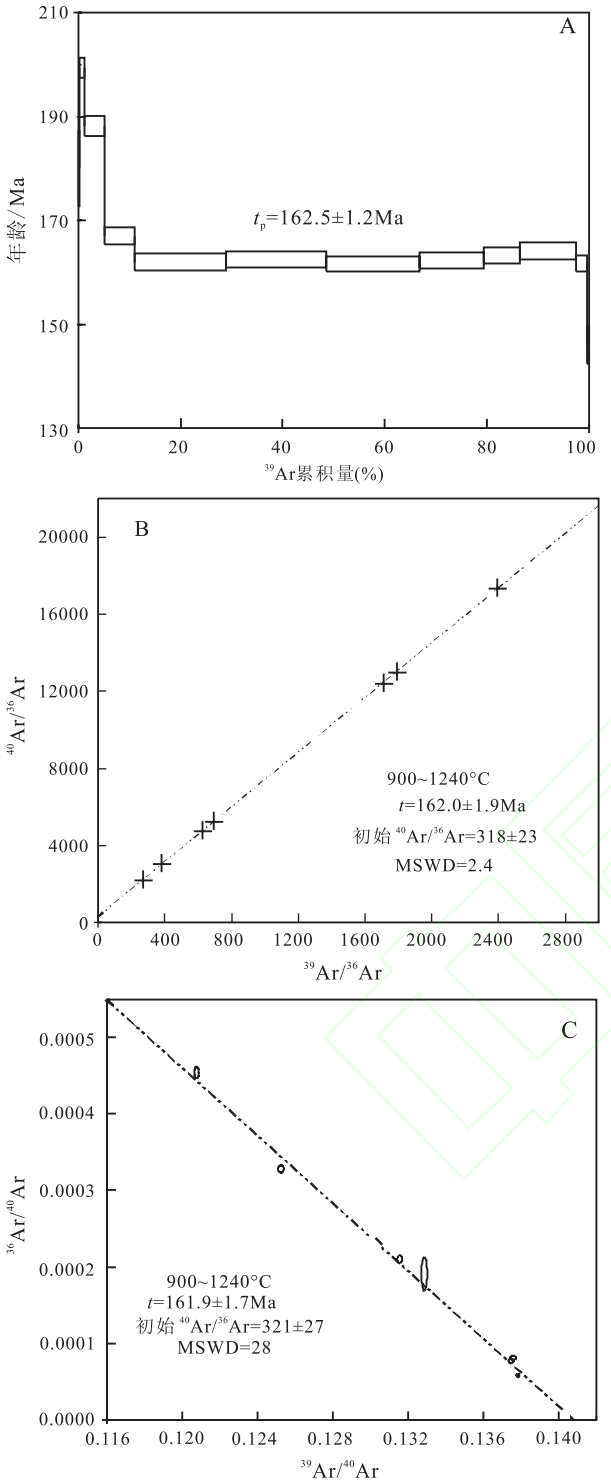


图 3 样品 SYBLTS-01 白云母坪年龄(A)、等时线年龄(B)、反等时线年龄(C)

Fig. 3 Muscovite ^{40}Ar-^{39}Ar plateau age (A), muscovite ^{40}Ar-^{39}Ar isochron age (B) and muscovite ^{40}Ar-^{39}Ar inverse isochron age (C) of sample SYBLTS-01

岩 Rb-Sr 法获得了姑婆山花岗岩的侵位年龄为 148 Ma (3 个样品),里松花岗岩的侵位年龄为 159.6 Ma(4 个样品),里松岩体内暗色包体的形成时代为 164.3±3.6 Ma(6 个样品),认为里松花岗岩是姑婆山花岗岩体内的早期侵入相,它与姑婆山花岗岩之间为隐蔽侵入接触关系;顾晟彦等[15]测定姑婆山花岗岩的主体年龄分别为 160.8±1.6 Ma、165.0±1.9 Ma 和 163.0±1.3 Ma;朱金初等[16]测定了花山-姑婆山侵入岩带中主要的闪长质和花岗质岩体侵位于 160～163 Ma,并获得具有充分分异演化特征的新路晚阶段细粒花岗岩小岩体中锆石的 U-Pb 年龄值为 151 Ma;陆小平等[17]通过对烂头山矿床的研究,发现在其下 300 m 左右有一隐伏中细粒花岗岩株,矿化蚀变岩株的 Rb-Sr 年龄为 150±4 Ma。从以上年代学的研究可以看出,姑婆山花岗岩体的形成年代可以分为两期,主体年龄为 160～165 Ma,晚期小岩体的年龄为 150 Ma 左右,两者相差 10 Ma 左右。那么水岩坝矿田钨锡多金属成矿究竟与哪一期的花岗岩浆活动有关呢?

4.2 水岩坝矿田成矿年代学研究

关于水岩坝矿田成矿年代的研究较少,仅顾晟彦等[6]对烂头山矿床进行了石英流体包裹体 Rb-Sr 同位素定年,获得同位素年龄为 136.1±2 Ma,认为其代表了烂头山矿床成矿年龄的上限,结合董子成等[18]在新路矿区白面山矿床获得的全岩 K-Ar 年龄为 138.6Ma 和 151 Ma,认为新路－水岩坝矿田在成因上与姑婆山主体花岗岩没有关系,而与晚期(150 Ma 左右)的小岩体在成因上有密切关系。笔者认为以上结果可信度较低,原因如下:①全岩 K-Ar 测试法虽然可以达到很高的精度,但其结果的代表性存在问题,很显然全岩 K-Ar 年龄结果与确切成矿年龄不可以简单等同;②白面山矿床两个全岩 K-Ar 法年龄结果相去甚远,达 15 Ma,表明其本身的不准确性;③烂头山矿床石英流体包裹体 Rb-Sr 同位素年龄(136.1±2 Ma)与姑婆山晚期小岩体之间年龄差达到 15 Ma,很难想象小规模岩体在 15 Ma 内还没有完全冷凝成岩。综上所述,烂头山矿床的成矿年龄需要新的证据。

笔者对烂头山矿床含钨石英脉中白云母的进行了 ^{40}Ar-^{39}Ar 测年。结果表明水岩坝矿田的成矿年龄为 162 Ma(表 1,图 3),与姑婆山花岗岩体主体年龄一致。华南处于近东西向的印支构造带和燕山期与太平洋板块俯冲有关的北北东向构造带的叠加转换部位,经历了加里东期、印支期以及燕山期的多期次构造、岩浆作用。华仁民等[19,20]将华南地区的燕山期划分为早、中、晚三期,指出燕山中期第一阶段的 170～150 Ma、尤其 160 Ma 左右是华南陆壳重熔型花岗岩最广泛发育和侵位的时期;同时指出华南地区锡成矿作用的时间跨度较大,主要包括燕山中

期(160～150 Ma)及燕山晚期(120～80 Ma)两个成矿高峰期[21,22];毛景文等[23,24]总结提出了华南地区中生代主要金属矿床成矿出现于3个阶段,即晚三叠世(230～210 Ma)、中-晚侏罗世(170～150 Ma)和早－中白垩世(134～80 Ma)。以上研究结果表明,姑婆山花岗岩体主体成岩年龄和水岩坝矿田成矿年龄与华南大规模成岩成矿作用时代吻合,为该阶段大规模花岗质岩浆活动的产物。

5 结 论

本文首次对水岩坝矿田烂头山矿床含钨石英脉中的白云母进行了^{40}Ar-^{39}Ar测年,获得其成矿年龄为162 Ma,与姑婆山花岗岩主体年龄一致,可以认为两者应为华南中生代同一期次大规模成岩成矿作用的产物。

参考文献(References):

[1] 冼柏琪. 论广西锡矿成矿条件及分布规律[J]. 地质学报, 1984, 1: 49－61.
Xian Poqi. A discussion on the ore-forming conditions and distributional regularity of the tin ore deposits of Guangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 1984, 1: 49－61. (in Chinese with English abstract)

[2] 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-geo-chemistry and mineralization in Pinggui area, Guangxi[J]. Journal of Guilin Institute of Geology, 1989, 9(2): 209－218. (in Chinese with English abstract)

[3] 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]. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9(3): 283－291.
Liu Wenlong, Yuan Kuirong. On the source of ore-forming materials and tin enrichment mechanism of Xinlushuiyanba tin deposits, Guangxi[J]. Journal of Guilin Institute of Geology, 1989, 9(3): 283－291. (in Chinese with English abstract)

[4] 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(1): 35－44.
Dong Zicheng. The relationship of Bojiling granites of Guangxi to the Liuheao tin deposit[J]. Journal of Guilin Institute of Geology, 1989, 9(1): 35－44. (in Chinese with English abstract)

[5] 谢国源, 胡火炎. 广西水岩坝矿田成矿构造演化及脉型矿床的构造控矿机制研究[J]. 大地构造与成矿学, 1994, 18(1): 75－83.
Xie Guoyuan, Hu Huoyan. On evolution of metallotectonics and the mechanism of structures controlling vein deposit at the Shuiyanba ore field, Guangxi[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1994,18(1): 75－83. (in Chinese with English abstract)

[6] 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. (in Chinese with English abstract)

[7] 欧阳成甫, 陈大克, 钱建平, 韦炜烈, 林刚. 广西平桂地区构造地质特征及含矿岩系研究[M]. 南宁:广西科学技术出版社, 2002: 61－101.
Ouyang Chengpu, Chen Dake, Qian Jianping, Lin Gang. The characterstic of tectonics and ore-hosted strata research in Pinggui area, Guangxi[M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Publishing House, 2002: 61－101. (in Chinese)

[8] 陈文, 张彦, 张岳桥, 金贵善, 王清利. 青藏高原东南缘晚新生代幕式抬升作用的 Ar-Ar 热年代学证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 867－872.
Chen Wen, Zhang Yan, Zhang Yueqiao, Jin Guishan, Wang Qingli. Late Cenozoic episodic uplifting in southeastern part of the Tibetan plateau-evidence from Ar-Ar thermochronology [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(4): 867－872. (in Chinese with English abstract)

[9] 张彦, 陈文, 陈克龙, 刘新宇. 成岩混层(I/S)Ar-Ar 年龄谱型及-^{39}Ar 核反冲丢失机理研究-以浙江长兴地区 P-T 界线粘土岩为例[J]. 地质论评, 2006, 52(4): 556－561.
Zhang Yan, Chen Wen, Chen Kelong, Liu Xinyu. Study on the Ar-Ar age spectrum of diagenetic I/S and the mechanism of 39Ar recoil loss-examples from the clay minerals of P-T boundary in Changxing, Zhejiang Province[J]. Geological Review, 2006, 52(4): 556－561. (in Chinese with English abstract)

[10] Hanson G N, Simmons K R, Bence A E. $^{40}Ar/^{39}Ar$ spectrum ages for biotite, hornblende and musco-vite in a contract metamorphic zone [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1975, 39: 1269－1973.

[11] Wijbrans J R, McDougall I. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of white micas from an Alps high-pressure metamorphic belt on Naxos (Greece): The resetting of argon isotopic system [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1986, 93: 187－194.

[12] 邱华宁, 彭良. ^{40}Ar-^{39}Ar 年代学与流体包裹体定年[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1997: 1-46, 143－151.
Qiu Huaning, Peng Liang. ^{40}Ar-^{39}Ar geochronometry and fluid inclusion dating[M]. Hefei: Press of Chinese Universityof Science and Technology, 1997: 1－46, 143－151. (in Chinese)

[13] 冯佐海, 梁金城, 王春增, 李晓峰, 张桂林, 施国栋. 南岭中生代姑婆山-花山花岗岩基及其热接触变质围岩的应变特征和应变分析[J]. 地质学报, 2009, 83(4): 528－541.
Feng Zuohai, Liang Jincheng, Wang Chunzeng, Li Xiaofeng, Zhang Guilin, Shi Guodong. Mesozoic Guposhan-Huashan granitic batholith in western Nanling and strain characteristics of its thermal contact metaporphic country rocks[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 84(3): 528－541. (in Chinese with English abstract)

[14] 张德全, 王学英, 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，1985，31(3)：232－239.
Zhang Dequan，Wang Xueying，Sun Guiying. Cooling history and emplacement ages of the Guposhan-Lisong granite masses，Guangxi[J]. Geological Review，1985，31(3)：232－239.（in Chinese with English abstract）

[15] 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 Geologica Sinica，2006，80(4)：543－553.（in Chinese with English abstract）

[16] 朱金初，张佩华，谢才富，张辉，杨策. 南岭西段花山-姑婆山侵入岩带锆石 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，Zhang Hui，Yang Ce. Zircon U-Pb age framwork of Hushan-Guposhan intrusive belt，western part of Nanling range，and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica，2006，22(9)：2270－2278.（in Chinese with English abstract）

[17] 陆小平，陆孝赞，龚名文，路启福，石士定. 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，Lu Qifu，Shi Shiding. Geological characteristics and genesis of the Guposhan tin orefield in Guangxi[J]. Geology and Mineral Resources of South China，2005，2：53－60.（in Chinese with English abstract）

[18] 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 ore field，Guangxi[J]. Journal of Guilin Institute of Geology，1991，11(3)：277－286.（in Chinese with English abstract）

[19] 华仁民，陈培荣，张文兰，陆建军. 论华南地区中生代3次大规模成矿作用[J]. 矿床地质，2005，24(2)：99－107.
Hua Renmin，Chen Peirong，Zhang Wenlan，Lu Jianjun. Three major metallogenic events in Mesozoic in South China[J]. Mineral Deposits，2005，24(2)：99－107.（in Chinese with English abstract）

[20] 华仁民，陈培荣，张文兰，姚军明，林锦富，张展适，顾晟彦. 南岭与中生代花岗岩类有关的成矿作用及其大地构造背景[J]. 高校地质学报，2005，11(3)：291－304.
Hua Renmin，Chen Peirong，Zhang Wenlan，Yao Junmin，Lin Jingfu，Zhang Zhanshi，Gu Shengyan. Metallogeneses and their geodynamic settings related to mesozoic granitoids in the Nanling rang[J]. Geological Journal of China Universities，2005，11(3)：291－304.（in Chinese with English abstract）

[21] 华仁民，李光来，张文兰，胡东泉，陈培荣，陈卫锋，王旭东. 华南钨和锡大规模成矿作用的差异及其原因初探[J]. 矿床地质，2010，29(1)：9－23.
Hua Renmin，Li Guanglai，Zhang Wenlan，Hu Dongquan，Cheng Peirong，Chen Weifeng，Wang Xundong. A tentative discussion on differences between large-scale tungsten and tin mineralizations in South China[J]. Mineral Deposits，2010，29(1)：9－23.（in Chinese with English abstract）

[22] 白秀娟，王敏，卢克豪，方金龙，蒲志平，邱华宁. 锡石$^{40}Ar/^{39}Ar$法直接定年探讨[J]. 科学通报，2011，56：1899－1904.
Bai Xunjuan，Wang Ming，Lu Kehao，Fang Jinglong，Pu Zhiping，Qiu Huaning. Direct dating of cassiterite by $^{40}Ar/^{39}Ar$ progressive crushing[J]. Chinese Science Bulletin，2011，56：1899－1904.（in Chinese with English abstract）

[23] 毛景文，谢桂青，郭春丽，袁顺达，程彦博，陈毓川. 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 Guiqin，Guo Chunli，Yuan Shunda，Cheng Yanbo，Chen Yunchuan. Spatial-temporal distribution of Mesozoic ore deposits in south China and their metallogenic settings[J]. Geological Journal of China University，2008，14(4)：510－526.（in Chinese with English abstract）

[24] 毛景文，谢桂青，程彦博，陈毓川. 华南地区中生代主要金属矿床模型[J]. 地质论评，2009，55(3)：347－354.
Mao Jingwen，Xie Guiqing，Cheng Yanbo，Chen Yunchuan. Mineral deposit models of mesozoic ore deposits in South China[J]. Geological Review，2009，55(3)：347－354.（in Chinese with English abstract）