

编号: 0258-7106(2011)03-0488-09

广西珊瑚钨锡矿床含钨石英脉中白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及其地质意义*

肖荣¹ 李晓峰² 冯佐海^{1,3} 杨锋^{1,3} 宋慈安^{1,3}

(1 桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004; 2 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, 贵州 贵阳 550002; 3 广西地质工程中心重点实验室, 广西 桂林 541004)

摘要 广西珊瑚钨锡矿床是中国南岭钨锡成矿带内的典型矿床之一, 其矿石类型主要为钨锡石英脉型、钨铋萤石石英脉型及含钨石英角砾脉型等3种。本研究对采自该矿床长营岭75中段和35中段含钨石英脉的2件白云母样品进行了⁴⁰Ar-³⁹Ar快中子活化年龄测定, 获得白云母的Ar-Ar坪年龄分别为(100.8±0.7)Ma和(102.7±1.7)Ma, 等时线年龄分别为(100.2±1.3)Ma和(102.2±2.4)Ma, 表明该矿床的成矿作用主要发生在100Ma左右的白垩纪。该成果对进一步认识桂东北地区的钨锡成矿作用及其地球动力学背景具有重要意义。

关键词 地球化学; ⁴⁰Ar-³⁹Ar同位素年龄; 白云母; 含钨石英脉; 珊瑚钨锡矿床; 广西

中图分类号: P618.67; P618.44

文献标志码: A

⁴⁰Ar-³⁹Ar dating of muscovite from tungsten-quartz veins in Shanhu tungsten-tin deposit and its geological significance

XIAO Rong¹, LI Xiaofeng², FENG ZuoHai^{1,3}, YANG Feng^{1,3} and SONG Ci'an^{1,3}

(1 College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China; 2 State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China; 3 Guangxi Geological Engineering Laboratory, Guilin 541004, Guangxi, China)

Abstract

The Shanhu tungsten-tin deposit in Guangxi is one of the typical Nanling-type W-Sn ore deposits in China. It contains 3 ore types, namely, wolframite-cassiterite-quartz veins, wolframite-stibnite-fluorite-quartz veins and ferberite-quartz breccia veins. ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating of two muscovite samples were collected from the 35 m and 75 m level respectively in Changyingling ore body, and the results yielded the plateau age and the isochron age of (100.8±0.7) Ma, (102.7±1.7) Ma, and (100.2±1.3) Ma, (102.2±2.4) Ma, respectively. These data suggest that the formation age of the Shanhu tungsten-tin deposit is about 100 Ma, i. e., in Cretaceous. The results can help understand the geochronology of tungsten-tin mineralization in northeast Guangxi and the geological dynamic setting.

Key words: geochemistry, ⁴⁰Ar-³⁹Ar age, muscovite, tungsten-quartz vein, Shanhu tungsten-tin deposit, Guangxi

* 本文得到国家自然科学基金项目(编号: 40872065; 40772126) 中国科学院“百人计划”项目、广西自然科学基金重点项目(编号: 2010GXNSFD013001)和中国地质调查项目(编号: 201111020)的资助

第一作者简介 肖荣, 男, 1986年生, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业。Email: xiaorong_08@163.com

通讯作者 李晓峰, 男, 1971年生, 博士, 研究员, 主要从事金属矿床地质地球化学研究工作。x-f-li@hotmail.com

收稿日期 2010-09-08; 改回日期 2011-03-01。许德焕编辑。

珊瑚钨锡矿床位于广西东北部富(川)贺(州)钟(山)钨锡成矿区的中部,是中国南岭钨锡成矿带内的典型矿床之一。该矿区东起石墨冲,西至金盆地,南起大冲山,北至凤尾村,面积约80 km²。

该矿床的找矿勘查工作始于20世纪30年代。20世纪50年代以来,广西204队对珊瑚矿区长营岭石英脉型钨锡矿床进行了地表和深部评价工作,并提交了储量总结报告,获得WO₃储量约11.9万t、Sn约4万t。此外,广西204队、275队、425队和珊瑚矿山等单位对该矿区内的杉木冲钨矿床(点)、八步岭-九华一带的含钨石英角砾脉矿床(点)及盐田岭锡石硫化物矿床也先后进行了普查评价工作。20世纪80年代以来,桂林矿产地质研究院、桂林冶金地质学院、广西冶金地质研究所及成都地质学院等多家科研单位、高等院校在珊瑚矿区开展了一系列以找矿为主要目的的科研工作。许多地质工作者对该矿床的地质特征、矿床成因以及矿产资源预测等方面进行了研究,并取得了重要成果(李家驹,1985;夏宏远等,1986;宋慈安,2001)。

一些学者曾对珊瑚矿区花岗岩的侵位时代和流体包裹体形成时代进行了少量的定年工作。如,广西冶金地质研究所^①(1982)利用K-Ar法测得盐田岭花岗岩的年龄为(133.2~127.2)Ma,长营岭长石脉的年龄为110.4 Ma,盐田岭花岗岩的全岩Rb-Sr等时线年龄为(148~137)Ma(中国有色金属工业总公司广西地质勘查局,1993);李华芹等(1993)测得矿床中钨锡石英脉石英内流体包裹体的Rb-Sr等时线年龄为(113.2±4.7)Ma。由于珊瑚矿区钨锡成矿与这些岩体有关,因而,这些岩体的成岩年龄可近似代表成矿年龄。但是,由于测试精度的限制以及测试对象的局限性,故而,关于珊瑚钨锡矿床的成矿时代一直还存在争议,因此,对该矿床进行精细定年就十分必要。本文在前人工作及野外地质观察的基础上,通过对含钨石英脉中白云母进行⁴⁰Ar-³⁹Ar定年,厘定了珊瑚钨锡矿床的成矿时代,进而探讨了该矿床的成矿地质背景。

1 区域地质背景及矿床地质特征

珊瑚钨锡矿床位于南岭EW向构造带与桂东南新华夏系构造带的交汇部位。该区内出露的地层

主要为寒武系和泥盆系。寒武系由轻变质厚层状石英砂岩、长石砂岩组成,仅见于八步岭一带的钻孔中。泥盆系与寒武系呈不整合接触关系,由下泥盆统、中泥盆统和上泥盆统组成。下泥盆统由莲花山组和那高岭组砂岩、页岩组成;中泥盆统由郁江组和东岗岭组砂岩、页岩及灰岩组成;上泥盆统由桂林组灰岩组成。

断裂构造以NNE向为主,NW向、NE向次之。石灰山断裂(F1)和笔架山断裂(F3)是两大控矿断裂,将该矿区分为3个构造带,即东部的NS向褶皱带、中部的NE向挤压带和西部的EW向褶皱带(图1)。矿床多产于中部NE向挤压构造带,严格受F1和F3断裂带的控制。

区内出露的岩浆岩主要是盐田岭花岗岩体(图1)。该岩体呈岩株状,出露于矿区西部葫芦岭背斜的南翼,距长营岭矿床约4 km,地表出露面积约0.16 km²。岩石呈灰白色,蚀变强烈,所见皆为云英岩化花岗岩。此外,据地物化综合资料推断,在长营岭和松宫两处的深部存在隐伏花岗岩体(刘文龙等,1990)。

珊瑚钨锡矿床的矿石类型主要有长营岭钨锡石英脉、杉木冲-龙门冲钨锡萤石石英脉和八步岭-旗岭含钨石英角砾脉。该矿床以长营岭隐伏花岗岩体为中心,自西向东,自深部到浅部,形成了由钨锡型-钨锡型-含钨石英角砾脉型的单侧水平分带和垂直分带,构成了一个以钨锡为主的成矿系列(宋慈安,2001)。

长营岭石英脉型钨锡矿段由脉状矿体组成,矿脉多达700余条,其中工业矿脉有200多条,构成一长2.5 km、宽0.6~1 km的矿化范围。矿脉主要呈SE向陡倾斜,倾角60~80°,总体上具有延伸大、平行分组密集成带排列分布的特点,成矿深度超过900 m。可划分出如下主要成矿阶段:①云母-黄玉-萤石-锡石-石英阶段,分布在长营岭矿段240 m标高以上地段或地表,为白云母、萤石、石英、锡石和黄玉组合;②黑钨矿-锡石-石英阶段,分布于长营岭矿段的地表至深部,以黑钨矿、锡石、块状石英及毒砂为主,构成矿脉的主体;③硫化物-石英阶段,分布在长营岭矿段的中下部,矿物主要为闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黝锡矿、毒砂、石英等;④碳酸盐阶段,主要分布于长营岭矿段-25 m标高以下,为方解石、

① 广西冶金地质研究所,1982. 广西珊瑚钨锡矿区成矿规律及成矿预测. 内部资料.

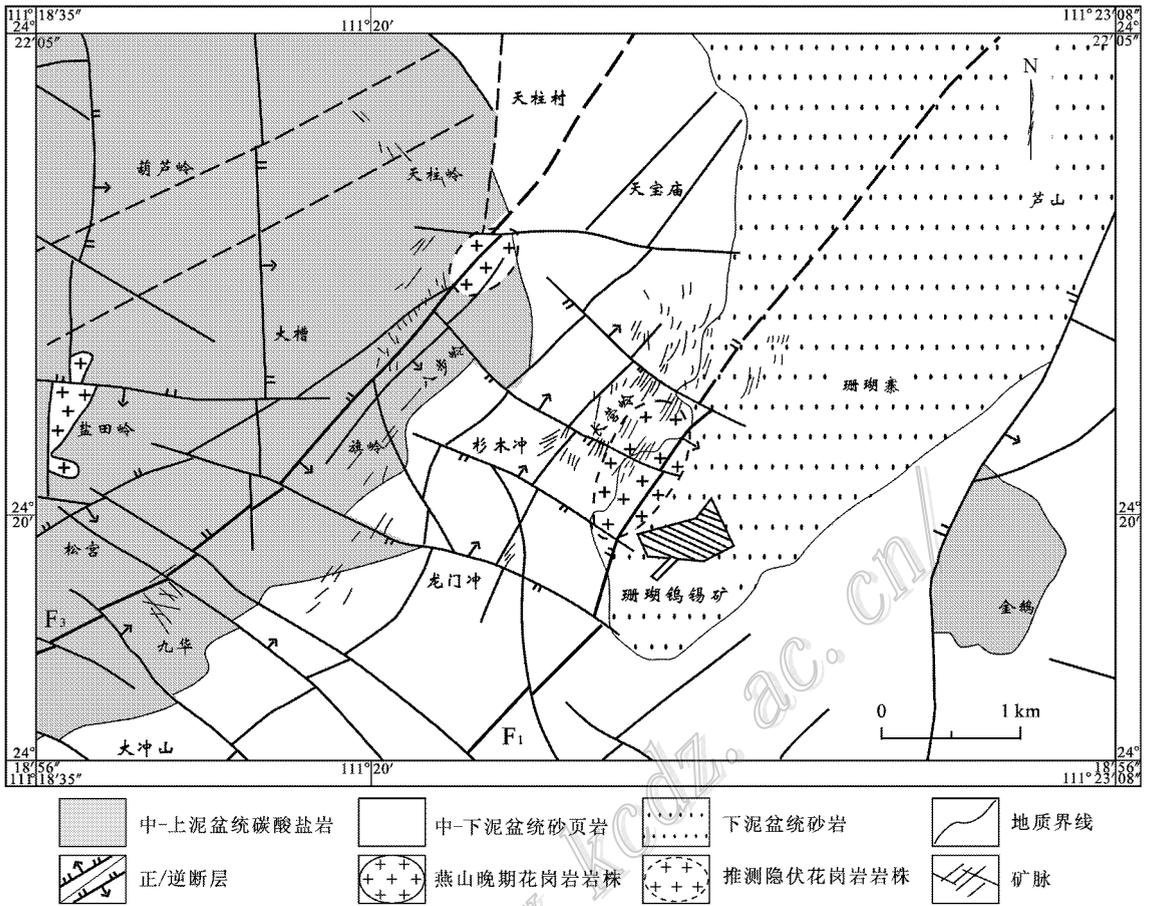


图1 珊瑚钨锡矿区地质简图(据广西204队,1986^①修改)

Fig. 1 Geological sketch map of the Shanhu W-Sn ore district (modified after No. 4 Geological Party of Guangxi, 1986)

白云石、白钨矿组合。与此相应的蚀变分带由上而下为:白云母化+萤石化+黄玉化→绢(白)云母化+电气石化+萤石化+毒砂化→绢云母化+绿泥石化+硅化+黄铁矿化→碳酸盐化(宋慈安, 2001)。

2 样品描述及测试方法

2.1 样品描述

珊瑚钨锡矿床中的白云母分布普遍,为仅次于石英的主要脉石矿物。矿床上部中段矿脉内的白云母多在脉壁附近呈镶边产出,形成云母边或云母带;到矿床下部,矿脉中的白云母边(带)逐渐减少,但白云母的片径增大,多呈片状、团块状产于石英脉中。在矿脉的支脉和尖灭端,常见有白云母增多的现象(夏宏远等,1986;宋慈安,2001)。

本次研究所采集的2件样品(SH-2和SH-8)分别取自长营岭地下坑道75中段和35中段的黑钨矿-锡石-硫化物-石英复脉(图2)。石英脉整体呈对称条带状构造,白云母近垂直于脉壁生长,石英呈块状生于脉中而形成条带状,萤石、毒砂及黄铜矿多靠近云母壁生长,黑钨矿多生于石英中。白云母结晶颗粒较大(2~8 mm),多呈放射状,部分呈团块状、叶片状。

2.2 测试方法

本次研究采用常规的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测年法。其流程为:先将选纯的白云母(纯度>99%)用超声波清洗。清洗过程中要注意选择合适的清洗液和严格控制时间。一般先用经过2次亚沸蒸馏净化的纯净水清洗3次,每次3 min,以清除矿物表面和解理缝中在天然状态下和碎样过程中吸附的粉末和

① 广西204队,1986. 广西珊瑚钨锡矿构造控矿及矿化规律. 内部资料.

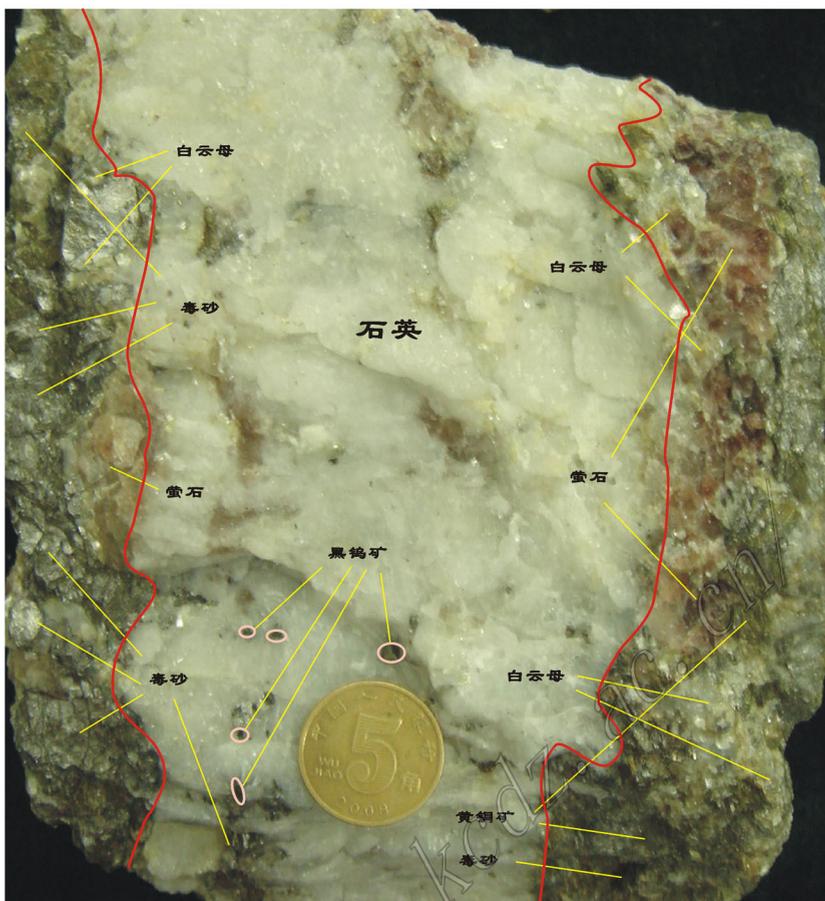


图 2 珊瑚钨锡矿区含钨石英脉标本照片

Fig. 2 Photo of the specimen from W-bearing quartz vein in the Shanhu ore district, showing relationship between muscovite and tungsten minerals

杂质。然后,在丙酮中清洗2次,每次3 min,以清除矿物表面吸附的油污等有机物质。

将清洗后的样品封进石英瓶内送入核反应堆接受中子照射。照射工作在中国原子能科学研究院的“游泳池堆”中进行。使用H8孔道,中子流密度约为 $(6.0 \times 10^{12}) \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$,照射总时间达3 000 min,积分中子通量为 $(1.13 \times 10^{18}) \text{ n cm}^{-2}$ 。同时接受中子照射的还有用作监控样的标准样(ZBH-25 黑云母国内标样),其参考年龄为 $(132.7 \pm 1.2) \text{ Ma}$ 。

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,净化30 min。质谱分析在MM-1200B质谱计上进行,每个峰值均采集8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。中子照射过程中所产生的干扰同位素校正系数通过分析照射过的 K_2SO_4 和 CaF_2 来获得,其值为:

$(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar}_0)_{\text{Ca}} = 0.0002389$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0.004782$, $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar}_0)_{\text{Ca}} = 0.000806$ 。³⁷Ar经过放射性衰变校正;⁴⁰K衰变常数 $= (5.543 \times 10^{-10}) \text{ a}^{-1}$;所有误差置信区间为 2σ 。详细实验流程见有关文章(陈文等,1994)。

3 测试结果

含钨石英脉中白云母的⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄测试结果见表1。由表1可知,SH-2样品的白云母经过12个阶段的分步加热,加热温度区间为600~1 300℃。在900~1 300℃温度范围内,由第5至第12加热阶段共8个数据点组成了一个平坦的年龄坪,其累积³⁹Ar占总释放量的92%,所获视年龄的最大差异为1.2 Ma;采用加权平均计算出其坪年龄为 $(100.8 \pm 0.7) \text{ Ma}$ (2σ)(图3a);以线性回归计算出其³⁹Ar/³⁶Ar-

表 1 珊瑚钨锡矿区含钨石英脉中的白云母在加热过程中的⁴⁰Ar-³⁹Ar 释放数据

Table 1 ⁴⁰Ar/³⁹Ar stepwise heating data for muscovite from tungsten-bearing quartz vein in the Shanhu W-Sn ore district

$\theta/^\circ\text{C}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/10^{-14}\text{ mol}$	t/Ma	^{39}Ar 累积/%	$^{40}\text{Ar}/\%$
样品号: SH-2; $m = 46.49\text{ mg}$; $J = 0.013204$									
600	16.2672	0.0533	0.9092	0.0209	0.5693	0.06	14 ± 21	0.06	3.50
700	7.3702	0.0106	0.0000	0.0149	4.2443	0.73	98.4 ± 2.2	0.77	57.59
800	5.5290	0.0035	0.1720	0.0133	4.4994	3.01	104.1 ± 1.1	3.69	81.37
850	4.6868	0.0008	0.0000	0.0123	4.4597	4.42	103.2 ± 1.1	7.98	95.15
900	4.4692	0.0004	0.0868	0.0123	4.3514	9.10	100.78 ± 0.99	16.82	97.36
950	4.3708	0.0001	0.0000	0.0122	4.3238	25.33	100.16 ± 0.98	41.42	98.92
980	4.3710	0.0001	0.0000	0.0122	4.3229	17.67	100.14 ± 0.98	58.59	98.90
1020	4.3795	0.0002	0.0413	0.0122	4.3269	19.16	100.23 ± 0.98	77.2	98.80
1060	4.3818	0.0001	0.0621	0.0122	4.3535	10.99	100.83 ± 0.99	87.88	99.35
1120	4.3706	0.0001	0.0925	0.0122	4.3484	7.05	100.71 ± 0.99	94.72	99.48
1200	4.4405	0.0001	0.0606	0.0122	4.4175	4.07	102.3 ± 1.0	98.68	99.48
1300	4.5797	0.0006	0.2719	0.0121	4.4067	1.36	102 ± 1.2	100	96.20
样品号: SH-8; $m = 46.49\text{ mg}$; $J = 0.013204$									
700	234.5765	0.7926	11.5461	0.2000	1.1736	0.17	14 ± 21	0.05	0.50
800	123.6851	0.4013	0.8381	0.0981	5.1633	0.40	98.4 ± 2.2	0.15	4.17
900	47.3111	0.1496	0.0000	0.0429	3.1020	1.55	104.1 ± 1.1	0.57	6.56
1000	16.0757	0.0392	1.3745	0.0183	4.5914	7.71	103.2 ± 1.1	2.65	28.53
1050	9.2771	0.0163	0.1723	0.0153	4.4547	16.25	100.78 ± 0.99	7.02	48.01
1100	5.3495	0.0030	0.0113	0.0130	4.4581	76.55	100.16 ± 0.98	27.63	83.34
1150	4.8510	0.0015	0.0338	0.0124	4.4020	127.59	100.14 ± 0.98	61.97	90.74
1200	5.0920	0.0021	0.2233	0.0143	4.4724	126.21	100.23 ± 0.98	95.95	87.82
1250	8.9485	0.0160	3.2302	0.0212	4.4513	10.53	100.83 ± 0.99	98.78	49.61
1400	19.0458	0.0508	4.2882	0.0342	4.3517	4.53	100.71 ± 0.99	100.00	22.77

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值, ⁴⁰Ar* 代表放射性成因⁴⁰Ar, 年龄误差 2σ。

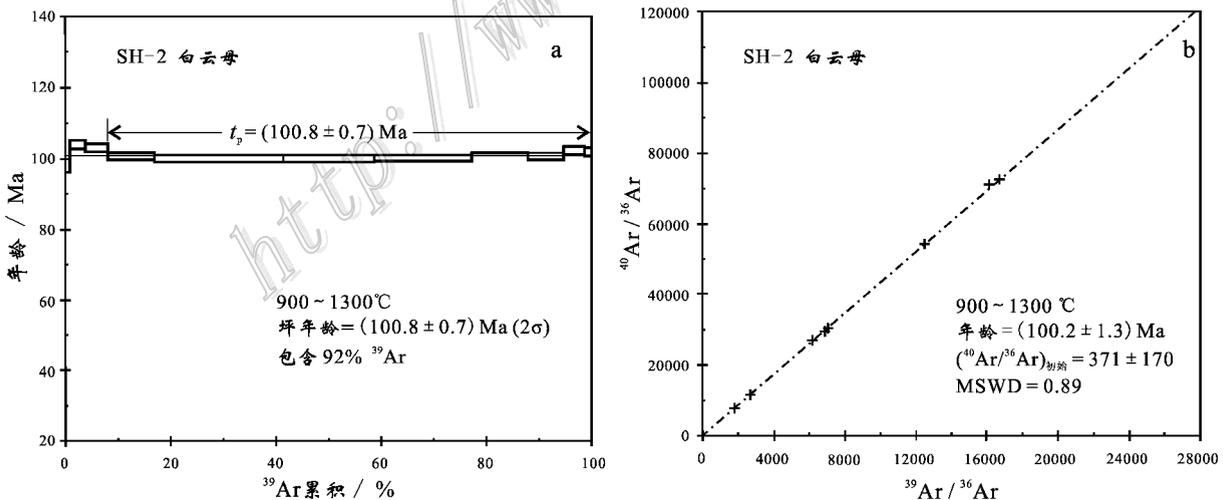


图 3 珊瑚钨锡矿床含钨石英脉中白云母 (SH-2) 的⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄 (a) 和等时线年龄 (b)

Fig. 3 ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau age (a) and isochron age (b) of muscovite (SH-2) in tungsten-bearing quartz vein from the Shanhu W-Sn deposit

⁴⁰Ar/³⁶Ar 等时线年龄为 (100.2 ± 1.3) Ma (MSWD = 0.89) (图 3b)

SH-8 样品的白云母经过 10 个阶段的分步加热,

加热温度区间为 700~1 400℃。在 1 000~1 400℃ 温度范围内, 由第 4 至第 10 加热阶段共 7 个数据点组成了一个平坦的年龄坪, 对应于 99.43% 的³⁹Ar 释放

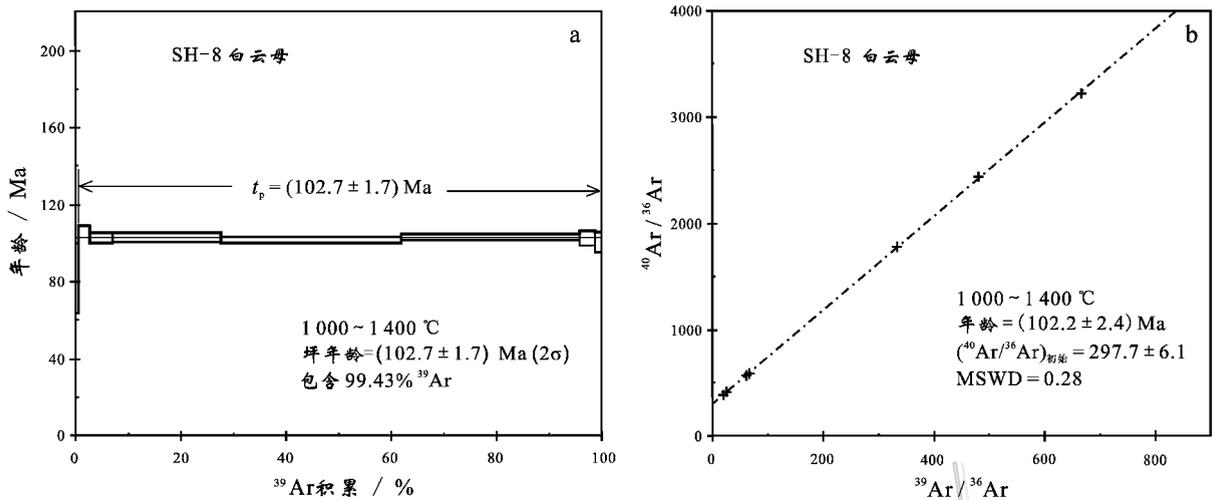


图4 珊瑚钨锡矿床含钨石英脉中白云母(SH-8)的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄(a)和等时线年龄(b)

Fig. 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau age (a) and isochron age (b) of muscovite (SH-8) in tungsten-bearing quartz vein from the Shanhu W-Sn deposit

量,所获视年龄的最大差异为 1.1 Ma;采用加权平均计算出其坪年龄为 $(102.7 \pm 1.7) \text{ Ma}$ (2σ) (图 4a);相应的等时线年龄为 $(102.2 \pm 2.4) \text{ Ma}$ (MSWD = 0.28) (图 4b)。

4 讨论

4.1 矿床的成矿时代

从已有的年龄资料看,前人对珊瑚钨锡矿床成岩成矿年龄的测试大多数采用 K-Ar 法和 Rb-Sr 法,因封闭温度低,不能完全正确反映地质事件的历史。如在 K-Ar 法测试过程中,普遍存在放射性成因氩的丢失及过剩氩的加入,从而导致 K-Ar 定年失准 (Dalrymple et al., 1969; McDowell, 1983; 魏菊英等, 1988)。使用 Rb-Sr 等时线法测定成岩成矿年龄所需的样品量大,而样品中必然有不同世代的包裹体,测出的结果有可能是混合年龄 (魏菊英等, 1988; 李华芹等, 1993)。姚海涛等 (2001) 分析检验了已有的流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄资料,发现普遍存在如下问题:等时线图上数据点分散,拟合年龄较老,等时线拟合品质参数 MSWD 偏大,可靠性低。

由于白云母中的 Ar 对后期地质作用特别敏感,因此,即使部分受到后期叠加改造作用的影响,白云母也会形成明显的扩散丢失图谱 (Hanson et al., 1975; Wijbrans et al., 1986),而未受扰动的白云母则形成平坦的年龄谱 (邱华宁等, 1997)。由表 1、图

3 和图 4 可见,本次测定的 2 个样品都呈现正常的平坦型年龄谱,不存在坪年龄谱图的异常,而且不同温度下每次分馏的 $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ 比值基本一致,符合成坪条件,相关性好,并且 2 个样品的等时线年龄与对应的坪年龄具有良好的一致性。此外,根据石英内流体包裹体的测试结果,珊瑚钨锡矿床石英脉型矿石的成矿温度在 180 ~ 240 °C 之间,低于白云母的 Ar-Ar 封闭温度 $(350 \pm 50) \text{ °C}$ 。这都表明样品在冷却生成时未捕获过剩 Ar,样品自结晶作用以来对钾和氩保持着封闭体系,未受过任何地质热事件的扰动,代表了白云母封闭温度的年龄。

在珊瑚钨锡矿床成矿过程中,钨锡矿化与白云母化热液蚀变关系密切 (夏宏远等, 1986; 宋慈安, 2001)。本次测试的样品采自长营岭黑钨矿-锡石-硫化物-石英脉矿石,矿脉为成矿热液活动时充填围岩节理所形成,与成矿热液活动密切相关。因此,本次所测得的白云母的 Ar 封闭年龄可代表与钨锡有关的成矿作用的年龄,即其成矿年龄为 100 Ma 左右,是白垩纪期间的产物。

4.2 矿床形成的地质背景

矿石作为一种具有经济意义的特殊类型的岩石,是特定地质背景下的产物。矿床的形成与一定的地球动力学背景有关,其区域分布规律与地球演化过程中的某些特殊地质事件密切相关 (李晓峰等, 2008)。自 20 世纪 60 年代以来,越来越多的矿床学家开始注重探讨矿床的形成与构造演化、地球动力

学背景之间的关系。对于华南地区大规模成矿作用,毛景文等(2007,2008)认为,中生代的华南地区可能存在3次大规模成矿作用,即晚三叠世(230~210 Ma)、晚侏罗世(170~150 Ma)和白垩纪(134~80 Ma)。晚三叠世钨锡多金属矿化是华北、华南和印支三大板块后碰撞过程的成岩成矿响应;晚侏罗世时期古太平洋板块向欧亚大陆斜向俯冲,整体上表现为挤压构造的特点;135 Ma后,华南地区进入一个新的构造成矿旋回,古太平洋板块沿NNE方向快速走滑,导致大陆岩石圈大面积伸展,以100~90 Ma为成矿的高峰期,所有控矿构造明显表现为伸展构造的特点。

桂东北地区是华南钨锡多金属成矿省的重要组成部分,其内分布着一大批钨锡多金属矿床,包括珊瑚、栗木、新路、水岩坝等。虽然该区尚未见其他有关100 Ma左右钨锡成矿作用的报道,但是,近年来的同位素精确测年表明,除了本次所测珊瑚钨锡矿床的成矿年龄之外,还有如:杨锋等(2009)测得栗木钨锡钼矿床云英岩化花岗岩白云母的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 坪年龄为(214.1±1.9) Ma,邹先武等(2009)获得都庞岭李贵福钨锡多金属矿床辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(211.9±6.4) Ma,顾晟彦等(2007)获得烂头山锡矿床石英内流体包裹体的 Rb-Sr 年龄为(136.1±2.0) Ma,等等。由此表明,桂东北地区存在着多期钨锡成矿事件。

白垩纪时期,华南中部的南岭地区成矿作用并不十分强烈,除了本文所获得的珊瑚钨锡矿的成矿年龄(100 Ma)外,仅见少量该时期侵位的花岗岩及锡多金属矿化,如高剑峰等(2005)获得广东连阳复式岩体中的白浆花岗岩岩体细粒花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为(106.4±0.7) Ma,毛景文等(2007)获得湘南界牌岭锡矿的矿石中黑云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 坪年龄为(91.1±1.1) Ma,粤西的银岩锡矿的 Rb-Sr 等时线年龄为(86.9±6) Ma(胡祥昭,1989)。而华南其他地区在该时期则有大规模金属矿床成矿,主要表现为:东部沿海地区以浅成低温热液型铜金银矿床为主,如紫金山铜金矿床 102 Ma(张德全等,2005),红山铜矿床 99 Ma(苏慧敏等,2010),龙岩中甲锡多金属矿床 98.5 Ma(杨祖龙等,2008);西部内陆地区则主要为与花岗岩小岩体有关的钨锡多金属矿床,如大厂锡多金属矿床成矿年龄为 90~98 Ma(王登红等,2004;蔡明海等,2005,2006),大明山钨矿成矿年龄为(95.4±0.97) Ma(李水如等,2008),王社铜钨

矿成矿年龄为(93.8±4.6) Ma(蔺志永等,2008),都龙锡钨矿床成矿年龄为(82.0±9.6) Ma(刘玉平等,2007),个旧锡多金属矿床成矿年龄为(82.7±0.7) Ma(杨宗喜等,2009)。在这个时期,钨锡矿床成星散状分布,而不像晚侏罗世钨锡矿床那样集中展布,这可能与该时期华南地区处于局部伸展有关。但其成矿地质背景仍有待于进一步深入研究。

5 结论

(1)珊瑚钨锡矿床石英脉型钨锡矿石中2件白云母样品的 Ar-Ar 坪年龄分别为(100.8±0.7) Ma 和(102.7±1.7) Ma,等时线年龄分别为(100.2±1.3) Ma 和(102.2±2.4) Ma,表明珊瑚钨锡矿床形成于100 Ma左右,属于白垩纪。

(2)桂东北地区存在着多期钨锡成矿事件,其中100 Ma左右的成矿事件可能与华南地区白垩纪的局部伸展有关。

致谢 野外工作期间,得到了广西桂华成有限责任公司珊瑚矿地测科黄振标高级工程师的帮助,在此深表谢意。

References

- Cai M H, Liang T and Wu D C. 2005. Geological characteristics and ore-forming time of the Kangma deposit in the Dachang tin-poly-metallic ore field, Guangxi[J]. Acta Geology Sinica, 79(2): 262-268 (in Chinese with English abstract).
- Cai M H, Liang T, Wei K L, Huang H M and Liu G Q. 2006. Rb-Sr dating of the No. 92 ore body of the Tongkeng-Changpo deposit in the Dachang tin-polymetallic ore field, Guangxi, and its significance [J]. Geology and Mineral Resources of South China, (2): 31-36 (in Chinese with English abstract).
- Chen W, Luo X Q and Zhang S H. 1994. Research on laser microprobe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating [J]. Acta Geoscientia Sinica, 15(2): 197-205 (in Chinese with English abstract).
- Dalrymple G B and Lanphere M A. 1969. Potassium-argon dating [M]. San Francisco: W. H. Freeman. 258p.
- Gao J F, Ling H F, Sheng W Z, Lu J J, Zhang M, Huang G L and Tan Z Z. 2005. Geochemistry and petrogenesis of Lianyang granite composite, west Guangdong Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 21(6): 1645-1656 (in Chinese with English abstract).
- Gu S Y, Hua R M and Qi H W. 2007. A genetic study of Xinlu-Shuiyanba W-Sn orefield, northeast Guangxi [J]. Mineral Deposits, 26(3): 265~276 (in Chinese with English abstract).

- Guangxi Bureau of Geological Exploration, China National Nonferrous Metals Industry Corporation. 1993. The tin deposits of Guangxi [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 162p (in Chinese).
- Hanson G N, Simmons K R and Bence A E. 1975. ⁴⁰Ar/³⁹Ar spectrum ages for biotite, hornblende and muscovite in a contact metamorphic zone [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39(9): 1269-1278.
- Hu X Z. 1989. The origin and petrology of the Yinyan tin-bearing granite porphyry [J]. *Geochimica*, (3): 251-263 (in Chinese with English abstract).
- Li H Q, Liu J Q and Wei L. 1993. Chronology of fluid inclusion on hydrothermal ore deposit and its geological application [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 126p (in Chinese).
- Li J J. 1985. Regularities and model of metallogenesis in Shanhu tungsten-tin ore district, Guangxi [J]. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 5(4): 307-314 (in Chinese with English abstract).
- Li S R, Wang D H, Liang T, Qu W J and Ying L J. 2008. Metallogenic epochs of the Damingshan tungsten deposit in Guangxi and its prospecting potential [J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(7): 873-879 (in Chinese with English abstract).
- Li X F, Watanabe Y, Hua R M and Mao J W. 2008. Mesozoic Cu-Mo-W-Sn mineralization and ridge/triple subduction in South China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(5): 625-640 (in Chinese with English abstract).
- Lin Z Y, Wang D H and Li S R. 2008. Re-Os isotopic age of molybdenite from the Wangshe copper-tungsten deposit in Guangxi Province and their implications [J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(11): 1565-1571 (in Chinese with English abstract).
- Liu W L and Yuan K R. 1990. The prognostication of hidden granites and the exploration of ore deposits at depth in Pinggui area, Guangxi [J]. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 10(4): 329-337 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y P, Li Z X, Li H M, Guo L G, Xu W, Ye L, Li C Y and Pi D H. 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).
- Mao J W, Xie G Q, Guo C L and Chen Y C. 2007. Large-scale tungsten-tin mineralization in the Nanling region, South China: Metallogenic ages and corresponding geodynamic processes [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(10): 2329-2338 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Xie G Q, Guo C L, Yuan S D, Cheng Y B and Chen Y C. 2008. Spatial-temporal distribution of Mesozoic ore deposits in south China and their metallogenic settings [J]. *Geological Journal of China University*, 14(4): 510-526 (in Chinese with English abstract).
- McDowell F W. 1983. K-Ar dating: Incomplete extraction of radiogenic argon from alkali feldspar [J]. *Isotope Geoscience*, 1: 119-126.
- Qiu H N and Peng L. 1997. ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronometry and fluid inclusion dating [M]. Hefei: Press of Chinese University of Science and Technology. 242p (in Chinese).
- Song C A. 2001. Shanhu W-Sn deposit [M]. Beijing: Press of Beijing Polytechnic University. 161p (in Chinese).
- Su H M, Xie G Q, Sun J, Zhang C S and Cheng Y B. 2010. Zircon U-Pb dating for the granite porphyries in Hongshan porphyry copper deposit and Tongkenzhang porphyry molybdenum deposits in East Jiangxi Province and its significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(3): 819-829 (in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Chen Y C, Chen W, Sang H Q, Li H Q, Lu Y F, Chen K L and Lin Z M. 2004. Dating the Dachang giant tin-polymetallic deposit in Nandan, Guangxi [J]. *Acta Geologica Sinica*, 78(1): 132-138 (in Chinese with English abstract).
- Wang D Z and Zhou X M. 2002. Origin of late Mesozoic granitic volcanic-intrusive complex and crust evolution in Southeastern China [M]. Beijing: Science Press. 300p (in Chinese).
- Wei J Y and Wang G Y. 1988. Isotope geochemistry [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 166p (in Chinese).
- Wijbrans J R and McDougall I. 1986. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of white micas from an Alpine high-pressure metamorphic belt on Naxos (Greece): The resetting of argon isotopic system [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 93(2): 187-194.
- Xia H Y and Liang S Y. 1986. Primary zoning and genetic series of W, Sn (Ta, Nb) ore deposits in Nanling [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 6(1): 1-16 (in Chinese with English abstract).
- Yang F, Li X F, Feng Z H and Bai Y P. 2009. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of muscovite from greisenized granite and geological significance in Limu tin deposit [J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 29(1): 21-24 (in Chinese with English abstract).
- Yang Z L, Zhang D Q, Feng C N, She H Q and Li J W. 2008. SHRIMP zircon U-Pb dating of quartz porphyry from Zhongjia tin-polymetallic deposit in Longyan area, Fujian Province, and its geological significance [J]. *Mineral Deposits*, 27(3): 329-335 (in Chinese with English abstract).
- Yang Z X, Mao J W, Chen M H, Tong X, Wu J D, Cheng Y B and Zhao H J. 2009. ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating of muscovite from Laochang veinlet-like Sn deposit in Gejiu tin polymetallic ore district and its geological significance [J]. *Mineral Deposits*, 28(3): 336-344 (in Chinese with English abstract).
- Yao H T and Zheng H F. 2001. Comment on the reliability of Rb-Sr isochrone dating by using fluid inclusion in mineral [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 30(6): 507-511 (in Chinese with English abstract).
- Zhang D Q, Feng C Y, Li D X, She H Q and Dong Y J. 2005. The evolution of ore-forming fluids in the porphyry-epithermal metallogenic system of Zijinshan area [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 26(2): 127-136 (in Chinese with English abstract).
- Zou X W, Cui S, Qu W J, Bai Y S and Chen X Q. 2009. Re-Os isotope dating of the Liguifu tungsten-tin polymetallic deposit in Dupangling area, Guangxi [J]. *Geology in China*, 36(4): 837-844 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 蔡明海,梁婷,吴德成. 2005. 广西大厂锡多金属矿田亢马矿床地质特征及成矿时代[J]. 地质学报, 79(2): 262-268.
- 蔡明海,梁婷,韦可利,黄惠明,刘国庆. 2006. 大厂锡多金属矿田铜坑-长坡 92 号矿体 Rb-Sr 测年及其地质意义[J]. 华南地质与矿产, (2): 31-36.
- 陈文,罗修权,张思红. 1994. 激光显微探针 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年方法研究[J]. 地球学报, 15(2): 197-205.
- 高剑峰,凌洪飞,沈渭洲,陆建军,张敏,黄国龙,谭正中. 2005. 粤西连阳复式岩体的地球化学特征及其成因研究[J]. 岩石学报, 21(6): 1645-1656.
- 顾晟彦,华仁民,戚华文. 2007. 广西新路-水岩坝锡矿田的成因探讨[J]. 矿床地质, 26(3): 265-276.
- 胡祥昭. 1989. 银岩含锡花岗岩斑岩的岩石学特征及成因研究[J]. 地球化学, (3): 251-263.
- 李华芹,刘家齐,魏林. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学及其地质应用[M]. 北京:地质出版社. 126页.
- 李家驹. 1985. 广西珊瑚钨锡矿成矿规律与成矿模式[J]. 桂林冶金地质学院学报, 5(4): 307-314.
- 李水如,王登红,梁婷,屈文俊,应立娟. 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.
- 李晓峰, Watanabe Yasushi, 华仁民, 毛景文. 2008. 华南地区中生代 Cu-(Mo)-W-Sn 矿床成矿作用与洋岭/转换断层俯冲[J]. 地质学报, 82(5): 625-640.
- 蔺志永,王登红,李水如. 2008. 广西王社铜矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 82(11): 1565-1571.
- 刘文龙,袁奎荣. 1990. 广西平桂地区隐伏花岗岩预测及深部找矿[J]. 桂林冶金地质学院学报, 10(4): 329-337.
- 刘玉平,李正祥,李惠民,郭利果,徐伟,叶霖,李朝阳,皮道会. 2007. 都龙锡锌矿床锡石和锆石 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.
- 毛景文,谢桂青,郭春丽,陈毓川. 2007. 南岭地区大规模钨锡多金属成矿作用:成矿时限及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 23(10): 2329-2338.
- 毛景文,谢桂青,郭春丽,袁顺达,程彦博,陈毓川. 2008. 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, 14(4): 510-526.
- 邱华宁,彭良. 1997. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学与流体包裹体定年[M]. 合肥:中国科技大学出版社. 242页.
- 宋慈安. 2001. 珊瑚钨锡矿床[M]. 北京:北京工业大学出版社. 161页.
- 苏慧敏,谢桂青,孙嘉,张承帅,程彦博. 2010. 江西铜坑嶂钨矿和红山铜矿含矿斑岩锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 26(3): 819-829.
- 王德滋,周新民. 2002. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩成因与地壳演化[M]. 北京:科学出版社. 300页.
- 王登红,陈毓川,陈文,桑海清,李华芹,路远发,陈开礼,林枝茂. 2004. 广西南丹大厂超大型锡多金属矿床的成矿时代[J]. 地质学报, 78(1): 132-138.
- 魏菊英,王关玉. 1988. 同位素地球化学[M]. 北京:地质出版社. 166页.
- 夏宏远,梁书艺. 1986. 南岭某些钨(钼)矿床的原生分带及成因系列研究[J]. 矿物岩石, 6(1): 1-16.
- 杨锋,李晓峰,冯佐海,白艳萍. 2009. 栗木锡矿云英岩化蚀变白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 桂林工学院学报, 29(1): 21-24.
- 杨宗喜,毛景文,陈懋弘,董祥,武俊德,程彦博,赵海杰. 2009. 云南个旧老厂细脉带型锡矿白云母 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 28(3): 336-344.
- 杨祖龙,张德全,丰成友,余宏全,李进文. 2008. 福建龙岩中甲锡多金属矿床石英斑岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 27(3): 329-335.
- 姚海涛,郑海飞. 2001. 流体包裹体 Rb-Sr 等时线定年的可靠性[J]. 地球化学, 30(6): 507-511.
- 张德全,丰成友,李大新,余宏全,董英君. 2005. 紫金山地区斑岩-浅成热液成矿系统的成矿流体演化[J]. 地球学报, 26(2): 127-136.
- 中国有色金属工业总公司广西地质勘查局. 1993. 广西锡矿[M]. 北京:地质出版社. 162页.
- 邹先武,崔森,屈文俊,白云山,陈希清. 2009. 广西都庞岭李贵福钨锡多金属矿 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质, 36(4): 837-844.