

粤北连平地区钨锡多金属矿床成矿时代研究

付建明¹ 李祥能² 程顺波¹ 徐德明¹ 马丽艳¹ 陈希清¹

(1. 中国地质调查局宜昌地质调查中心, 湖北 宜昌 443005; 2. 广东省地质调查院, 广东 广州 510080)

摘要: 粤北连平地区钨锡多金属矿床类型主要为石英脉型。采用云母 Ar-Ar 法和石英包裹体 Rb-Sr 法, 分别获得: 锯板坑含钨锡石英脉中的云母 Ar-Ar 坪年龄为 (139.2 ± 1.5) Ma (等时线年龄为 143.6 ± 3.9 Ma, MSWD=0.30); 鸡啼石含钨石英脉中石英包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 (155.4 ± 5.1) Ma (MSWD=2.1)。结果表明该区存在燕山早期和燕山早晚过渡期两期钨锡多金属成矿作用, 并且认为: (1) 鸡啼石钨矿为南岭地区中生代大规模成岩成矿作用高峰期 (150~160 Ma) 的产物; (2) 南岭地区 140 Ma 左右也有大型钨锡多金属矿的形成。这一成果为研究区域成矿规律, 指导区域找矿提供了重要同位素年代学依据。

关键词: 石英脉型; 钨锡多金属矿床; 云母 Ar-Ar 法; 石英包裹体 Rb-Sr 法; 连平; 粤北

中图分类号: P618.44, P618.67, P611 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)06-1331-09

粤北连平地区位于“粤北乐昌—连平钨锡铅锌成矿带”的南东段。该成矿带是一条规模巨大的北西向构造岩浆岩带(图 1), 是南岭地区最重要的有色金属成矿带之一, 分布着一大批大中型有色金属矿床, 包括凡口铅锌矿、大宝山多金属矿、锯板坑钨锡多金属矿等大型矿床, 大尖山铅锌矿、梅子窝钨铜矿和红岭钨矿等 12 处中型矿床和数十处钨锡多金属矿点^[1]。前人对该成矿带中段和北西段钨锡矿床做了大量的研究工作, 取得了一批新认识和新成果^[1-6], 而对其南东段连平地区钨锡多金属矿床的研究工作显得相对薄弱, 特别是到目前为止, 还没有一个可靠的成矿年龄数据, 这在一定程度上影响了对区域成矿规律的认识和地质找矿工作的深入。本文选择锯板坑钨锡多金属矿和鸡啼石钨锡矿为研究对象, 利用云母 Ar-Ar 法和石英包裹体 Rb-Sr 法获得了 (139.2 ± 1.5) Ma 和 (155.4 ± 5.1) Ma 成矿年龄数据, 结果显示该区可能存在燕山早期和燕山早晚过渡期两次成矿事件。

1 区域地质

研究区处于武夷—诸广山隆起区与粤北古生代拗陷带的过渡部位。地层发育较齐全, 岩浆活动强烈, 构造复杂。

除志留系外, 震旦系—第四系均有分布。其中震旦系—寒武系为一套深海相细碎屑岩、泥岩的复理石建造, 并伴有酸性火山岩喷发; 奥陶系为一套浅海相细碎屑岩、泥岩的类复理石建造; 泥盆系比较复杂; 中统为一套河流—三角洲相陆源碎屑岩建造; 上统主要为一套滨岸—潮坪相碎屑岩—碳酸盐岩建造; 石炭系中上统一二叠系下统早期为一套浅海相碳酸盐岩建造; 二叠系下统晚期为一套海陆交互或滨海沼泽相碎屑岩、煤层夹碳酸盐岩建造; 三叠系上统为浅海相、海陆交互相碎屑岩、泥岩夹煤层建造; 侏罗系为一套双峰式火山碎屑岩; 白垩系—新近系为一套断陷盆地红层。钨锡矿产的主要赋矿地层是寒武系, 铅锌为寒武系、泥盆系和石炭系。

收稿日期: 2009-04-20; 改回日期: 2009-07-15

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目 (1212010533307 和 1212010813061) 资助。

作者简介: 付建明, 男, 1964 年生, 博士, 研究员, 主要从事矿床及地球化学研究; E-mail: ycfjianming@163.com。

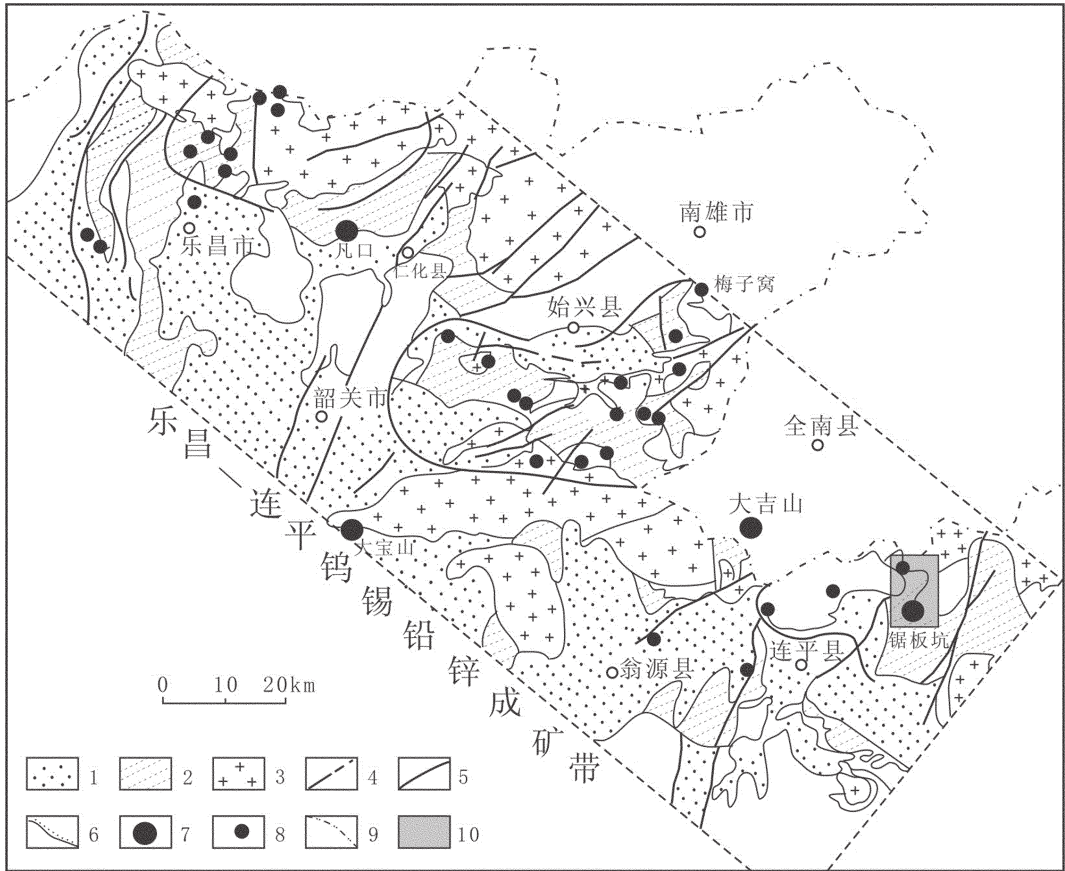


图1 粤北乐昌-连平钨锡铅锌成矿带地质图(据罗汉民等^[1]修改)

1—海西-印支构造层;2—加里东期构造层;3—花岗岩;4—断层;5—地质界线;6—不整合地质界线;
7—大型钨(锡多金属)矿;8—小型钨(锡多金属)矿;9—省界;10—研究区

Fig.1 Geological map of the Lechang-Lianping tungsten-tin-lead-zinc metallogenic belt, northern Guangdong Province(modified from Luo Hanmin et al. ^[1])

1-Hercynian-Indo-Chinese structural layer; 2-Caledonian structural layer; 3-Granite; 4-Fault;
5-Geological boundary; 6-Unconformity; 7-Large-size tungsten (-tin polymetallic) deposit;
8-Small-size tungsten (-tin polymetallic) deposit; 9-Provincial boundary;10-Study area

构造上,处于武夷隆起区西缘、大东山—贵东东西向构造岩浆岩带东段和新丰—连平北东向区域性断裂北东端。该区经历了多期次的构造岩浆活动,形成了复杂的构造景观。根据其构造背景、构造叠置关系以及形成时间先后,划分为基底构造层、盖层构造层、大陆活动边缘的断陷盆地。其中,基底构造层形成于加里东构造运动,由震旦系—奥陶系组成,并为晚古生界不整合覆盖,在区域上表现为形态较完整的紧密线型褶皱,轴向以 NE 和 SN 向为主;盖层构造层发育在泥盆系中上统—二叠系中,是印支运动的产物,分布较广,形态复杂,方向多变,有 NE、近 SN 和 NW 向,以宽缓型褶皱为特点。断裂构造纵横交错,表现为 NE、NW、EW 和 SN 向 4 组,以 NE 向断裂最具

规模;大陆活动边缘的褶皱以平缓宽展型褶皱或盆式构造盆地其特征。钨锡矿产主要赋存于基底构造层,而铅锌矿产赋存于盖层构造层。

区内岩浆岩以东西向展布为主,次为北东向、南北向,主要有大坑岩体、贵东岩体、利源岩体和大尖山岩体。其中大坑岩体为加里东期条带状、片麻状细粒(斑状)黑云母二长花岗岩,其他岩体均为燕山期中细粒、细粒斑状黑云母二长花岗岩、钾长花岗岩等。燕山期花岗岩规模最大,并且具有高硅($SiO_2 > 73\%$)、富碱($(K_2O+Na_2O) > 7.5\%$)、 $K_2O > Na_2O$ 、低铁镁、W、Sn、Bi、Mo 等元素丰度值偏高等特征,该期花岗岩与区内钨钼锡铅锌矿产关系最密切。

区内岩脉不甚发育,规模不等,主要有伟晶岩

脉、细晶岩脉、花岗岩脉、花岗斑岩脉、闪长岩脉、辉绿岩脉和辉长岩脉等。

2 矿床地质特征

2.1 锯板坑钨锡多金属矿床

位于九连复背斜的西北翼、北东向新丰—连平断裂带北东端的南东侧。出露地层主要有寒武系、奥陶系和泥盆系,其中寒武系为浅海相类复理石碎屑岩建造,为赋矿围岩。北北西向辉绿岩脉和北东东向云斜煌斑岩脉发育。区内区尚未发现花岗岩体,仅在其北部 10 km 处出露燕山早期的利源花岗岩体(图 2),但据重力资料推测,深部可能存在隐伏岩体^①。区内构造发育,褶皱主要表现为加里东构造层近南北向复式倒转背斜和印支构造层北西向单斜,断裂构造主要有 NE、NW 和 EW 向 3 组。

矿区含石英脉型常常成群出现,产状近于直立。主要产出 EW、NE、NW 向矿脉带,其中 EW 向矿脉带最为重要,出露长 1500 m 以上,宽 200~300

m,倾向延深 1100 m 以上。地表表现为含黑钨矿石英细脉、密集石英微脉带。中浅部产出的钨锡单脉一般延伸数米到数十米,脉幅由上部 0.7~1.7 cm 到下部的 20~28 cm,密集成群组成矿体。深部 300 m 标高以下由钨锡薄脉逐渐过渡为大脉(脉幅大于 50 cm)。总体呈现出地表细脉—中部薄脉—深部大脉的矿化趋势,具有典型的“五层楼式”成矿模型。

矿物组合复杂,主要矿石矿物为黑钨矿、锡石、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、辉铋矿、闪锌矿、方铅矿等,脉石矿物为石英、黑鳞云母、含锂云母、黄玉、绿泥石、孔雀石、磷酸铁锰矿等。主要为钨矿化,共(伴)生铜、锡、铅、锌等矿化。与成矿有关的主要围岩蚀变有硅化、黄玉化、电气石化、绿泥石化。矿床平均品位为 WO_3 0.33×10^{-2} 、 Sn 0.127×10^{-2} 、 Pb 0.43×10^{-2} 、 Zn 0.719×10^{-2} 、 Cu 0.256×10^{-2} 。提交基础储量为 WO_3 12.96 万 t、 Sn 2.69 万 t、 Pb 1.67 万 t、 Zn 12.15 万 t、 Cu 6.48 万 t,达大型规模。

2.2 鸡啼石钨矿床

鸡啼石钨矿床处于利源岩体南缘及其接触带中(图 2)。矿区主要出露泥盆纪地层,为一套浅海相、滨海相碎屑岩夹碳酸盐岩建造;构造复杂,岩层挤压强烈,断裂发育。地层总体呈局部挠曲的单斜。断裂有 EW、NEE、NW 和 NE 向 4 组。其中 EW 向断裂为区内的控岩、控矿构造,而 NE 向断裂为区内的破矿构造;岩浆岩发育,为利源花岗岩体的一部分,主体属燕山早期,其中还发育大量可能为燕山晚期的细粒钾长花岗岩小岩株(枝)。主要岩性有细粒黑云母花岗岩、中细粒黑云母二长花岗岩和粗中粒斑状钾长花岗岩。区内脉岩以酸性的花岗岩类为主,次为基性辉绿岩。

矿床类型主体为石英脉型黑钨矿,其次为变花岗岩型白钨矿和矽卡岩钨锡矿。其中石英脉型钨矿矿石矿物主要有黑钨矿、白钨矿、辉钼矿、黄铁矿。脉石矿物有长石、黑鳞云母、石英、少量黑云母、萤石。围岩蚀变主要为云英岩化、弱或强硅化、大理岩化、矽卡岩化。

3 测年样品介绍及分析方法

3.1 测年样品介绍

石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄样品采自

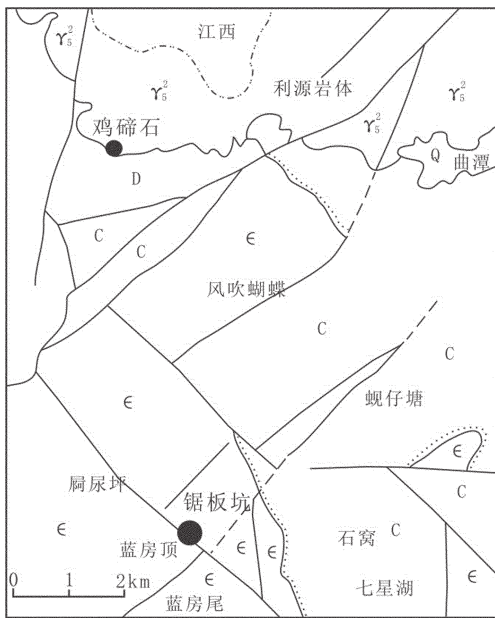


图 2 粤北锯板坑—鸡啼石地区地质图^①

Q—第四系;T—三叠系;C—石炭系;D—泥盆系;ε—寒武系;γ₂—燕山早期花岗岩;其余图例见图 1

Fig.2 Geological map of Jubankeng-Jitishi area, northern Guangdong Province

Q—Quaternary; T—Triassic; C—Carboniferous; D—Devonian; ε—Cambrian; γ₂—Early Yanshanian granite; other legends as for Fig. 1.

① 广东地质调查研究院. 广东连平地区锡铅锌多金属矿远景调查, 2007.

表 1 含矿石英脉同位素组成(10⁻⁶)
Table 1 REE contents (10⁻⁶) of ore-bearing quartz veins

矿区	样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
鸡啼石	06LP1-2-2	1.44	2.27	0.24	0.94	0.26	0.07	0.89	0.20	1.40	0.33
锯板坑	06lp4-2-2	0.40	0.70	0.10	0.50	0.15	0.06	0.16	0.03	0.20	0.04

样品号	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	(La/Yb) _N	δEu	δCe
06LP1-2-2	0.98	0.15	0.98	0.15	13.1	10.30	5.22	5.08	1.03	1.05	0.41	0.86
06lp4-2-2	0.14	0.02	0.10	0.02	0.16	2.61	1.91	0.71	2.69	2.87	1.14	0.84

注:由宜昌地质矿产研究所测试中心 ICP-MS 分析。

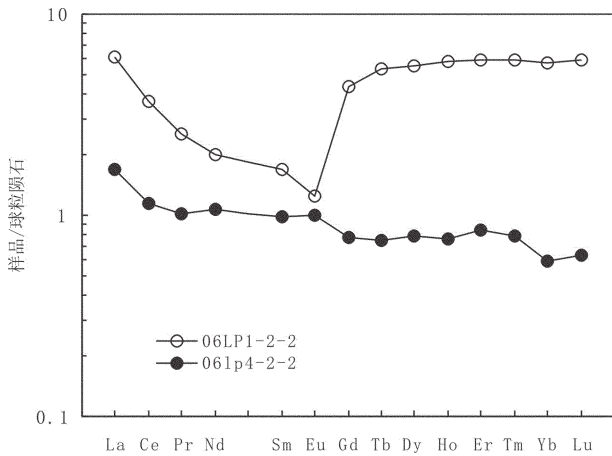


图 3 含矿石英脉稀土元素配分图
(球粒陨石值据 Sun and McDonough^[7], 1989)

Fig.3 Chondrite-normalized REE patterns for ore-bearing quartz veins (chondrite-normalized values from Sun and McDonough^[7], 1989)

鸡啼石钨矿 630 中段坑道(样号 06LP1-2)的同一条含矿石英脉,每隔 5 m 左右采一个点;Ar-Ar 年龄样品(样号 06LP4-2-8)采自锯板坑钨锡多金属矿 430 中段含钨锡石英脉旁侧云英岩中的云母。二矿区含矿石英脉稀土元素组成(表 1)明显不同:鸡啼石的 LREE、HREE、ΣREE 和(La/Yb)_N 较大,δEu 小,在配分曲线图(图 3)上,位于图的上方,钨谷深,暗示它们形成时代可能不同。

3.2 分析方法

常规 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 阶段升温测年法:选纯的矿物(纯度>99%)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所的“游泳池堆”中进行的。使用 H8 孔道,中子流密度约为 6.0×10¹² ncm⁻²S⁻¹。照射总时间为 3000 min,积分中子通量为 1.13×10¹⁸ ncm⁻²;同期接受中子照射的还有用做监控样的标准样:ZBH-

表 2 锯板坑含钨锡石英脉中云母 Ar-Ar 同位素年龄分析结果
Table 2 ⁴⁰Ar-³⁹Ar isotopic analyses of mica from W-Sn bearing quartz veins in the Jubangkeng ore deposit

T(°C)	(⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁶ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁷ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁸ Ar/ ³⁹ Ar) _m	F	³⁹ Ar(10 ⁻⁴ mol)(10 ⁻¹⁴ mol)	³⁹ Ar(cum)(%)(Cum.)(%)	Age(Ma)	±1 σ (Ma)
400	112.4166	0.3253	0.4673	0.0890	16.3357	84.91	0.62	312	16
500	153.6741	0.4966	1.0000	0.1180	6.9954	21.09	0.78	140	71
600	84.2706	0.2822	0.2522	0.0654	0.8976	67.03	1.27	19	12
700	28.0658	0.0786	0.1482	0.0286	4.8580	143.24	2.31	98.7	6.0
800	18.1244	0.0414	0.0343	0.0206	5.8703	578.63	6.55	118.6	2.8
900	10.5513	0.0126	0.0056	0.0149	6.8152	3311.36	30.77	137.0	1.9
1000	9.0431	0.0071	0.0078	0.0138	6.9521	2690.91	50.46	139.6	1.7
1100	9.1394	0.0073	0.0095	0.0141	6.9642	1757.96	63.32	139.9	1.7
1200	9.4442	0.0083	0.0110	0.0141	6.9955	3513.94	89.02	140.5	2.1
1300	9.3510	0.0082	0.0371	0.0144	6.9381	1063.22	96.80	139.4	1.7
1400	9.4043	0.0085	0.0729	0.0152	6.9008	437.34	100.00	138.6	2.1

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值;F=⁴⁰Ar*/³⁹Ar,是指放射性成因 ⁴⁰Ar 和 ³⁹Ar 和比值。

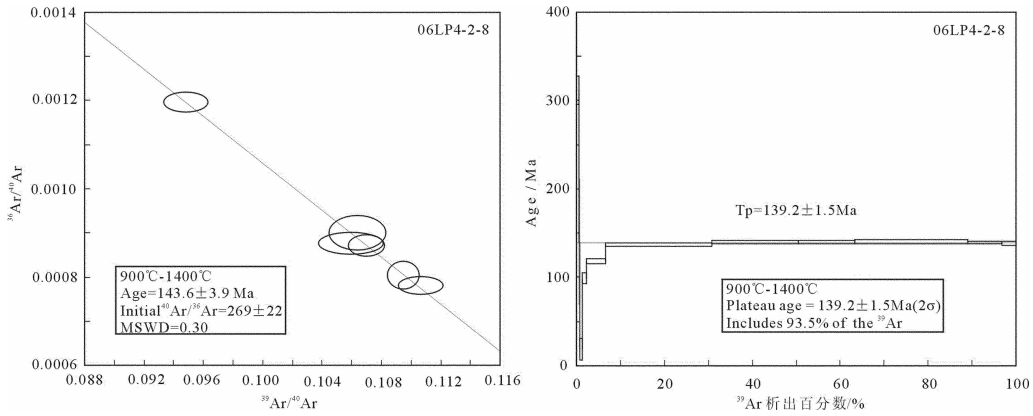


图 4 锯板坑钨锡多金属矿云母 Ar-Ar 同位素年龄

Fig.4 ⁴⁰Ar-³⁹Ar isotopic age of mica from the Jubankeng tungsten-tin polymetallic deposit

表 3 鸡啼石含钨石英流体包裹体 Rb-Sr 同位素组成

Table 3 Rb-Sr isotopic analyses of fluid inclusions in quartz intergrown with tungsten of the Jitishi ore deposit

样号	Rb/10 ⁻⁶	Sr/10 ⁻⁶	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	±2σ
06LP1-2-1	0.6621	0.1372	13.97	0.74793	0.00007
*06LP1-2-2	12.78	0.3438	109.03	0.87543	0.00008
06LP1-2-3	1.984	0.1592	36.23	0.79536	0.00009
06LP1-2-4	0.5347	0.1893	8.165	0.73388	0.00005
06LP1-2-5	0.3748	0.07786	13.93	0.74804	0.00005
06LP1-2-6	2.743	0.7236	10.96	0.74115	0.00003
06LP1-2-7	0.603	0.1181	14.78	0.74955	0.00004
#06LP1-2-4	0.4955	0.197	7.27	0.73241	0.00006
06LP1-2-8	17.01	0.815	61.02	0.85089	0.00005

注:#重复值;*未参加年龄计算。

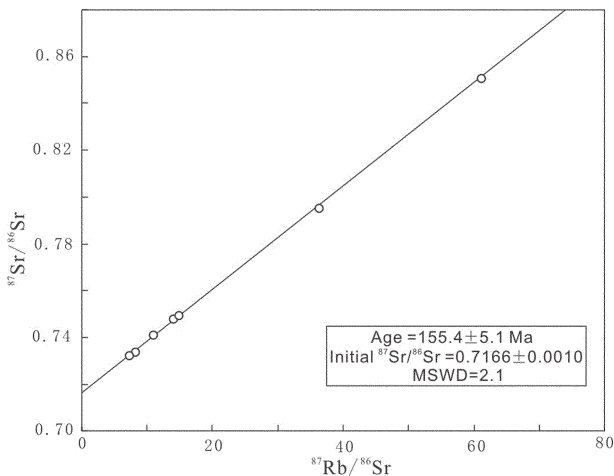


图 5 鸡啼石钨锡矿石英包裹体 Rb-Sr 等时线年龄
Fig.5 Rb-Sr isochron age of fluid inclusions in quartz from the Jitishi tungsten-tin deposit

25 黑云母国内标样,其标准年龄为 132.7 Ma,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,净化 30 min。质谱分析是在 MM-1200B 质谱计上进行的,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。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。中子照射过程中所产生的干扰同位素校正系数通过分析照射过的 K₂SO₄ 和 CaF₂ 来获得,其值为:(³⁶Ar/³⁷Ar)_{Ca} = 0.0002389, (⁴⁰Ar/³⁹Ar)_K = 0.004782, (³⁹Ar/³⁷Ar)_{Ca} = 0.000806。³⁷Ar 经过放射性衰变校正;⁴⁰K 衰变常数 λ = 5.543×10⁻¹⁰ 年⁻¹;用 ISOPLOT 程序计算坪年龄及正、反等时线

(Ludwig, v2.49, 2001)。坪年龄误差以 2σ 给出。详细实验流程见有关文章^[8-9]。

石英包裹体 Rb-Sr 法: 石英在显微镜下挑选。采用高温爆裂(700 °C)→冷却→加入适量的高纯水→电流为 0.3 A 条件下超声提取→收集提取液离心分离→收集离心液→合并收集液蒸干→密封备同位素分析。具体分析流程参考李华芹等^[10-11]的文献资料。

3.3 分析结果

锯板坑钨锡多金属矿云母 Ar-Ar 同位素分析结果见表 2。从分析表 2 数据和图 4 可以看出, 样品呈现出正常的平坦型年龄谱, 不存在坪年龄谱图的异常, 而且加热阶段析出的 ³⁹Ar 符合成坪条件, 相关性极好, 暗示样品未受到后期热事件的扰动。样品的 Ar-Ar 坪年龄为 (139.2 ± 1.5) Ma, 等时线年龄为 (143.6 ± 3.9) Ma (MSWD=0.30); 坪年龄与其对应

的等时线年龄在误差范围内一致, 说明了本次所测云母样品的年龄可信。

鸡啼石钨锡矿床石英流体包裹体 Rb-Sr 同位素组成见表 3。Rb-Sr 等时线年龄(7 点)为 (155.4 ± 5.1) Ma (图 5), 线性关系好, 且 MSWD=2.1, 测试结果可靠。

4 讨论与结论

到目前为止, 连平地区还没有一个可靠的成矿年龄数据, 以往所确定的成矿时代主要是根据相关岩体的同位素年龄来大致推定的。这在一定程度上影响了对区域成矿规律的认识和地质找矿工作的深入。本次采用的云母 Ar-Ar 法和石英包裹体 Rb-Sr 法获得的高精度同位素年龄数据是对该区成矿时代的有效限定。

鸡啼石石英脉型钨矿的石英流体包裹体 Rb-

表 4 南岭地区代表性钨锡多金属矿床形成时代

Table 4 Formation epochs of typical tungsten-tin polymetallic deposits in Nanling region

矿床	测年对象	测年方法	年龄/Ma	资料来源
柿竹园钨锡矿	辉钼矿	Re-Os	151.03±3.5	文献[12]
	黑云母	Ar-Ar	153.4±0.2	文献[13]
骑田岭白腊水锡矿	金云母	Ar-Ar	150.6±1.0	文献[14]
			157.3±1.0	
	热液成因角闪石	Ar-Ar	154.7±1.1	
骑田岭芙蓉淘洗窝锡矿	云英岩中白云母	Ar-A	159.5±0.5	
			154.8±0.6	
新田岭钨矿	蚀变岩中黑云母	Ar-Ar	157.06±0.2	文献[13]
瑶岗仙钨矿	辉钼矿	Re-Os	154.9±0.4	文献[15]
	金云母	Ar-Ar	153.0±1.1	
	白云母	Ar-Ar	155.1±1.1	
香花岭锡多金属矿	白云母	Ar-Ar	158.7±1.2	文献[16]
			161.3±1.1	
黄沙坪铅锌钨矿	辉钼矿	Re-Os	154.4±1.1	文献[17]
			153.8±4.8	
锡田钨锡多属矿	辉钼矿	Re-Os	150.0±2.7	文献[18]
	白云母	Ar-Ar	157.2±1.4	文献[19]
	白云母	Ar-Ar	155.6±1.3	
九嶷山大坳钨锡矿	辉钼矿	Re-Os	151.3±2.4	文献[20]
淘锡坑钨矿	辉钼矿	Re-Os	154.4±3.8	文献[21]
牛岭钨矿	辉钼矿	Re-Os	154.9 ±4.1 ~ 154.6 ±9.7	文献[22]
樟斗钨矿床	辉钼矿	Re-Os	149.1±7.1	
石人嶂钨锡矿	辉钼矿	Re-Os	159.1±2.2	文献[3]
师姑山钨钼矿	辉钼矿	Re-Os	154.2±2.7	
鸡啼石钨矿	含矿石英脉	Rb-Sr	155.4±5.1	本次分析
锯板坑钨锡多金属矿	云母	Ar-Ar	139.2±1.5	

5), 与邻区师姑山(154.2±2.7)Ma、石人嶂(159.1±2.2)Ma^[3]和梅子窝(150±5)Ma^[4]等石英脉型钨锡矿形成时代相差不大,可能为同期构造岩浆活动的产物,属于早燕山期成矿。近年来,南岭地区采用高精度的Re-Os法和Ar-Ar法已获得了一批钨锡矿床的成矿年龄数据(表4),这些高质量的年龄数据集中在150~160 Ma,与南岭地区中生代大规模成岩成矿作用高峰期(150~160Ma)^①一致,鸡啼石石英脉型钨矿也是这一高峰期的产物。

锯板坑钨锡多金属矿 Ar-Ar 坪年龄为(139.2 ± 1.5)Ma(等时线年龄为(143.6 ± 3.9 Ma)),与前人获得的矿石中白云母、铁锂云母 K-Ar 法年龄值(134 Ma、140 Ma)^②在误差范围内一致,也与区域上西华山钨矿(137.4 Ma、139.8 Ma)^[10]和大吉山钨矿(144 Ma)^[23]形成时代接近,属于燕山早晚过渡期。该年龄值明显小于鸡啼石钨锡矿形成年龄((155.4±5.1)Ma),这与含矿石英脉稀土元素组成显示它们可能形成于不同时期吻合,表明本区至少有二期成矿事件。前已提及,150~160 Ma是南岭地区大规模成岩成矿作用的高峰期,大型-超大型钨锡多金属矿主要在这一时限形成,如柿竹园、骑田岭、锡田、瑶岗仙、新田岭等。锯板坑钨锡多金属矿床成矿时代的确定,显示140 Ma左右在南岭地区也有大型矿床形成,在以后找矿工作中应引起重视。

参考文献(References):

- [1] 罗汉民,肖光铭,唐铿.粤北城口-九连钨多金属成矿带特征及找矿方向[J].资源调查与环境,2006,27(2):127-135.
Luo Hanmin, Xiao Guangming, Tang Keng. Characteristics of tungsten polymetal minerogenic belt and ore prospecting orientation in Chengkou-Jiulian area, northern Guangdong Province [J]. Resources Survey & Environment, 2006, 27(2):127-135(in Chinese with English abstract).
- [2] 张婷.瑶岭钨矿带成矿地质条件及找矿前景浅析 [J].甘肃地质,2007,16(3):52-55.
Zhang Ting. Geological base and exploration potential of Yaoling Tungsten belt [J]. Gansu Geology, 2007, 16 (3):52-55 (in Chinese with English abstract).
- [3] 付建明,李华芹,屈文俊,等.粤北始兴地区石英脉型钨矿成矿时代确定及其地质意义[J].大地构造与成矿学,2008,32(1):57-62.
Fu Jianming, Li Huaqin, Qu Wenjun, et al. Determination of mineralization epoch of quartz-vein type tungsten deposits in Shixing region, northern Guangdong and its geological significance [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32 (1):57-62 (in Chinese with English abstract).
- [4] 杨晓君,付建明,马丽艳,等.粤北梅子窝钨锡矿床地质特征及其成矿年龄研究[J].大地构造与成矿学,2008,32(3):346-351.
Yang Xiaojun, Fu Jianming, Ma Liyan, et al. Geological characteristics and metallogenic age of Meiziwo Tungsten-Tin deposit in Shixing region, Northern Guangdong [J]. Geotecnica et Metallogenia, 2008, 32 (3):346-351 (in Chinese with English abstract).
- [5] 黄德鑫,陈恒飞.广东红岭石英脉型钨矿床地质特征及富集规律分析[J].矿产与地质,2008,22(3):246-250.
Huang Dexin, Chen Hengfei. Geological feature and metallogenic enrichment regularities of Hongling W-quartz vein deposit, Guangxi Province [J]. Mineral Resource and Geology, 2008, 22(3): 246-250(in Chinese with English abstract).
- [6] 严成文,李文铅,孔唐荣,等.石人嶂钨矿岩浆与成矿作用对中国东部燕山期构造响应应浅谈[J].中国钨业,2008,22(2):8-12.
Yan Chengwen, Li Wenqian, Kong Tangrong, et al. Initial discussion of magma activity and mineralizaion of Shirenzhang Tungsten deposit responding of Yanshanian event in Southeast China [J]. China Tungsten Industry, 2008, 22 (2):8-12 (in Chinese with English abstract).
- [7] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. [C]//Saunders A D and Norry M J (eds.), Magmatism in ocean basins. London, Geological Society Special Publication, 1989, 42: 313-345.
- [8] 陈文,张彦,张岳桥,等.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, et al. 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,等.成岩混层(I/S)Ar-Ar年龄谱型及³⁹Ar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, et al. 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] 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.

①付建明主编,“南岭地区钨矿成矿规律研究”成果报告,2008.

②广东冶金地质九二三队.锯板坑钨锡多金属矿区地质报告,1983.

- Li Huaqin, Liu Jiaqi, Wei Lin. Research and Its Implication of Fluid Inclusions. chronology of Hypothermal Deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese with English abstract).
- [11] 李华芹. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- Li Huaqin. Metallogenic Chronology of Precious Rare Earth Metal Deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998(in Chinese with English abstract).
- [12] 李红艳, 毛景文, 孙亚利. 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, 1996, 42(3):261-267.
- Li Hongyan, Mao Jingwen, Sun Yali. Re -Os isotopic chronometry of molybdenite in the Shizhuyuan polymetallic tungsten deposit, southern Hunan [J]. Geol.Rev., 1996, 42:261-267 (in Chinese with English abstract).
- [13] 毛景文, 谢桂青, 李晓峰, 等. 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, 2004, 11(2):45-56.
- Mao Jingwen, Xie Guiqing, Li Xiaofeng, et al. Mesozoic large scale mineralization and multiple lithospheric extensions from South China [J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11 (2):45-56 (in Chinese with English abstract).
- [14] 彭建堂, 胡瑞忠, 毕献武, 等. 湖南芙蓉锡矿床 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 2007, 26(3):237-248.
- Peng Jiantang, Hu Ruizhong, Bi Xianwu, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic dating of tin mineralization in Furong deposit of Hunan Province and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2007, 26(3): 237-248(in Chinese with English abstract).
- [15] Peng Jiantang, Zhou Meifu, Hu Ruizhong, et al. Precise molybdenite Re -Os and mica Ar -Ar dating of the Mesozoic Yaogangxian tungsten deposit, central Nanling district, South China [J]. Miner. Deposita, 2006, 41:661-669.
- [16] Yuan Shunda, Peng Jiantang, Shen Nengping, et al. $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ isotopic dating of the Xianghualing Sn -polymetallic orefield in southern Hunan and its geological implications [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2):278-286.
- [17] 马丽艳, 路远发, 屈文俊, 等. 湖南黄沙坪铅锌多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2007, 26(4):425-431.
- Ma Liyan, Lu Yuanfa, Qu Wenjun, et al. Re -Os isotopic chronology of molybdenites and its geological implications of Huangshaping lead -zinc deposit, southeast Hunan [J]. Mineral Deposits, 2007, 26(4):425-431(in Chinese with English abstract).
- [18] 刘国庆, 伍式崇, 杜安道, 等. 湘东锡田钨锡矿区成岩成矿时代研究[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(1):63-71.
- Liu Guoqing, Wu Shichong, Du Andao, et al. Metallogenic ages of the Xitian tungsten -tin deposit, eastern Hunan Province [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(1): 63-71(in Chinese with English abstract).
- [19] 马丽艳, 付建明, 武式崇, 等. 湘东锡田堠上锡多金属矿床 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 同位素定年研究 [J]. 中国地质, 2008, 35 (4):706-713(in Chinese with English abstract)
- Ma Liyan, Fu Jianming, Wu Shicong, et al. $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ isotopic dating of the Longshang tin -polymetallic deposit, Xitian orefield, eastern China[J]. Geology in China, 2008, 35(4):706-713.
- [20] 付建明, 李华芹, 屈文俊, 等. 湘南九嶷山大坳钨锡矿的 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质, 2007, 34(4):651-656.
- Fu Jianming, Li Huaqin, Qu Wenjun, et al. Re-Os isotope dating of the Da' ao tungsten -tin deposit in the Jiuyi Mountains, southern Hunan Province[J]. Geology in China, 2007, 34(4):651-656(in Chinese with English abstract).
- [21] 陈郑辉, 王登红, 屈文俊, 等. 赣南崇义地区淘锡坑钨矿的地质特征与成矿时代[J]. 地质通报, 2006, 25(4):496-501.
- Chen Zhenghui, Wang Denghong, Qu Wenjun, et al. Geological characteristics and mineralization age of the Taoxikeng tungsten deposit in Chongyi County, southern Jiangxi Province, China [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25 (4):496-501 (in Chinese with English abstract).
- [22] 丰成友, 许建祥, 曾霖, 等. 赣南天门山-红桃岭钨锡矿田成岩成矿时代精细测定及其地质意义 [J]. 地质学报, 2007, 81(7): 952-963.
- Feng Chengyou, Xu Jiangxiang, Zeng Zailing, et al. Zircon SHRIMP U-Pb and Molybdenite Re-Os dating in Tianmenshan-Hongtaoling tungsten -tin orefield, southern Jiangxi Province, China, and its geological implication [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(7):952-963(in Chinese with English abstract).
- [23] 张文兰, 华仁民, 王汝成, 等. 赣南大吉山花岗岩成岩与钨矿成矿年龄的研究[J]. 地质学报, 2006, 80(7):956-912.
- Zhang Wenlan, Hua Renmin, Wang Rucheng, et al. New dating of the Dajishan granite and related Tungsten mineralization in Southern Jiangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(7):956-912(in Chinese with English abstract).

Metallogenic ages of tungsten–tin polymetallic deposits in Lianping area, northern Guangdong Province

FU Jian–ming¹, LI Xiang–neng², CHENG Shun–bo¹,
XU De–ming¹, MA Li–yan¹, CHEN Xi–qing¹

(1. *Yichang Center, China Geological Survey, Yichang 443003, Hubei, China;*

2. *Guangdong Geological Survey, Guangzhou 510080, Guangdong, China*)

Abstract: Quartz veins constitute the main metallogenic type of tungsten–tin polymetallic deposits in Lianping area, northern Guangdong Province. In this study, ^{40}Ar – ^{39}Ar dating of mica from tungsten–tin bearing quartz veins in the Jubankeng ore deposit yielded a plateau age of (139.2 ± 1.5) Ma with an isochron age of (143.6 ± 3.9) Ma (MSWD=0.30), and Rb–Sr dating of fluid inclusions in quartz from the Jitishi tungsten deposit produced an isochron age of (155.4 ± 5.1) Ma (MSWD=2.1). These results show that there exist two metallogenic epochs in Lianping area: one is Early Yangshanian, during which the Jitishi tungsten deposit was formed and the gigantic diagenetic and metallogenic peak of Nanling region occurred, and the other is the transitional period from Early to Late Yangshanian, during which the Jubankeng tungsten–tin polymetallic deposit was formed. These data provide important geochronologic constraints for regional metallogenic regularity research and mineral exploration in this region.

Key words: quartz vein; tungsten–tin polymetallic deposit; ^{40}Ar – ^{39}Ar dating of mica; Rb–Sr dating of fluid inclusions in quartz; Lianping area; northern Guangdong Province

About the first author: FU Jian–ming, male, born in 1964, senior research, specializes in mineral deposit and geochemistry; E–mail: ycfjianming@163.com.