

湘东锡田垄上锡多金属矿床 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素定年研究

马丽艳¹ 付建明¹ 伍式崇² 徐德明¹ 杨晓君¹

(1. 中国地质调查局宜昌地质调查中心, 湖北 宜昌 443003;
2. 湖南省地质调查院株洲矿产地质调查所, 湖南 株洲 412007)

摘要: 垄上锡多金属矿床是湘东锡田锡矿田中的一个大型矿床, 矿体赋存在锡田复式花岗岩体与泥盆系中统棋梓桥组的接触带中。笔者以白云母为测试对象, 利用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素定年方法, 精确厘定了该矿床的形成时间。结果表明: 垄上矿床 2 个白云母样品的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄分别为 $(155.6 \pm 1.3)\text{Ma}$ 、 $(157.2 \pm 1.4)\text{Ma}$, 等时线年龄分别为 $(155.4 \pm 1.7)\text{Ma}$ ($\text{MSWD}=0.74$)、 $(156.5 \pm 1.7)\text{Ma}$ ($\text{MSWD}=1.4$), 与该矿田中的荷树下锡多金属矿床的成矿年龄 (150 Ma) 在误差范围内一致, 也与锡田复式岩体早期花岗岩侵入时间 (151~165 Ma) 吻合。因此得出以下认识: 湘东锡田地区主要锡多金属矿床的成矿年龄为 150~160 Ma; 成矿作用与区内的锡田复式花岗岩体关系密切, 它们都是华南燕山早期大规模成岩成矿作用高峰期的产物。

关键词: 地球化学; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素定年; 锡多金属矿床; 垄上; 湘东

中图分类号: P597.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)04-0706-08

地处湘赣两省交界处的湘东锡田锡多金属矿田, 位于扬子板块与华夏板块间的钦州—钱塘结合带的中部(图 1), 该结合带为南岭中段一条重要成矿带, 沿该带分布着锡田、柿竹园、红旗岭、荷花坪、东坡、瑶岗仙、黄沙坪、骑田岭芙蓉、九嶷山大坳、姑婆山等多处大型—特大型钨、锡、铅、锌多金属矿田(床)。锡田锡多金属矿田现已发现规模较大的锡多金属矿脉 30 多条, 主要分布在锡田花岗岩体哑铃柄地段东西两侧内外接触带的垄上矿区、晒禾岭矿区、桐木山矿区及荷树下矿区(图 1), 各矿区锡远景规模均在大型以上, 为南岭成矿带锡多金属重要矿集区之一。

近年来, 随着锡田锡多金属矿田矿产勘查工作的不断深入, 矿床规模不断扩大, 目前已控制 $333+334_1$ 资源量锡 5.86 万 t, 钨 4.63 万 t, 预测远景资源量(334_2)锡 36.6 万 t, 钨 28.42 万 t, 显示出该区的巨大找矿潜力。同时, 不同学者对锡田花岗岩体的岩石

地球化学、形成时代、形成构造环境^[1,2]及区内锡多金属矿床地质特征、矿床成因和找矿前景等方面进行研究^[3-7], 并取得了大量的成果。而对于成矿时代及成岩与成矿作用的关系等涉及较少, 只有刘国庆等^[8]获得了区内荷树下矿床的成矿年龄为 150 Ma, 这在一定程度上制约了对该矿田及区域成矿规律的认识。为此, 笔者在前人的研究基础上, 通过对锡田矿田垄上锡多金属矿床矽卡岩中含矿石英小脉和含矿云英岩小脉中的白云母进行 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄的测定, 并结合锡田岩体的成岩年龄, 确定了区内锡多金属矿床形成的时限及成岩成矿作用的关系。

1 地质背景

区内主要出露上古生界泥盆系、石炭系, 岩性为浅海相碳酸盐岩、碎屑岩、粘土岩, 在石炭系中夹有滨海沼泽相含煤岩系。其中, 中泥盆统棋梓桥组和上泥盆统余田桥组分布广, 主要由一套不纯的碳酸盐

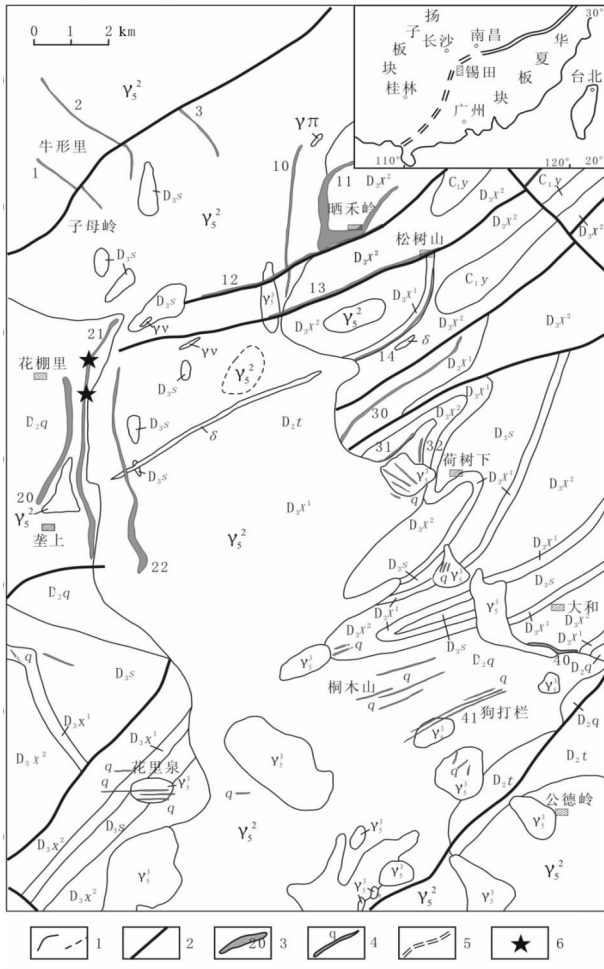


图 1 锡田地区地质略图

(据伍式崇等^[9]修改)

C_{1Y} —下石炭统岩关阶; D_{3x^2} —上泥盆统锡矿山组上段;
 D_{3x^1} —上泥盆统锡矿山组下段; D_{3s} —上泥盆统佘田桥组;
 D_{2q} —中泥盆统棋梓桥组; D_{2t} —中泥盆统跳马涧组;
 γ_3^2 —燕山晚期花岗岩; γ_3^1 —燕山早期花岗岩; $\gamma\pi$ —花岗岩
 岩脉; γv —花岗岩细晶岩脉; δ —闪长岩脉;1—实测及推测地质
 界线;2—断层;3—矿体及编号;4—云英岩—石英脉型矿脉;
 5—缝合带;6—采样位置

Fig.1 Geological sketch map of the Xitian area, eastern Hunan Province

C_{1Y} —Lower Carboniferous Yanguanian Stage; D_{3x^2} —Upper Member of the Upper Devonian Xikuangshan Formation;
 D_{3x^1} —Lower Member of the Upper Devonian Xikuangshan Formation; D_{3s} —Upper Devonian Shetianqiao Formation;
 D_{2q} —Middle Devonian Qiziqiao Formation; D_{2t} —Middle Devonian Tiaomajian Formation; γ_3^2 —Late Ynshanian granite;
 γ_3^1 —Early Yanshanian granite; $\gamma\pi$ —granite porphyry dike;
 γv —granite aplite dike; δ —diorite dike. 1—Geological boundary, measured and inferred;2—Fault;3—Orebody and its number;4—Greisen-quartz vein type ore vein;
 5—Suture zone;6—Sampling location

岩所组成, 在其与岩体的接触部位发育强砂卡岩化和钨锡矿化。受印支—燕山期构造运动的影响, 围岩节理、裂隙发育, 为脉型钨锡富集成矿提供了赋矿空间。中上泥盆统岩石中 Sn 元素含量为维氏值的 2~4 倍, 可能提供了部分成矿物质。

区内褶皱构造总体为一轴向 NE30~50°的复式向斜, 形成于印支期, 由上古生界泥盆系、石炭系组成。受锡田岩体的穿切, 岩体西侧为严塘复式向斜; 东侧为皇图复式向斜。矿区范围内仅出露复式的次一级褶皱, 西侧主要有垄上向斜, 东侧有晒禾岭向斜、荷树下向斜等。断裂构造主要有 NE 向、近 SN 向和 NW 向 3 组(图 1), 发育在岩体接触带附近的 NE 向和近 SN 向断裂对成矿的控制比较明显。此外, 在岩体内部发育有多组裂隙构造, 这些裂隙控制了区内云英岩脉的产出。

区内岩浆岩为锡田复式花岗岩岩体, 呈南北向哑铃状展布, 出露面积约 240 km²。岩性主要为中粒斑状黑云母二长花岗岩、中细粒少斑状黑云母二长花岗岩和细粒黑云母花岗岩 3 种岩石类型, 它们的全岩 Rb—Sr 等时线年龄分别为(165±16)Ma、(151±24)Ma 和(114±14)Ma^[8], 属燕山早、晚期岩浆活动的产物。早期岩石单元中见暗色铁镁质微粒包体, 壳幔岩浆作用强烈。锡田复式花岗岩体花岗岩锡钨含量分别为维氏值的 6~10 倍和 10~12 倍; 铜、铋、钼、铅、铟等元素含量一般高出同类岩石维氏值的数倍。

区内脉岩发育, 主要受 NE 向断裂控制, 少部分呈 NW 向展布, 多数成群成组产出。常见的有花岗岩斑岩、石英斑岩、花岗细晶岩、石英正长岩、伟晶岩、闪长岩等。

2 矿床地质特征

垄上锡多金属矿床位于锡田岩体哑铃柄地段西部, 严塘复式向斜与岩体接触带部位。矿区由 3 条矿脉(体)组成, 赋存在岩体与泥盆系中统棋梓桥组内外接触带, 由 21 号砂卡岩型锡矿体和 20、22 号破碎带蚀变岩型锡矿体组成。矿体自西向东、由外而内依次为: ① 20 号破碎带蚀变岩型矿体, 位于外接触带泥盆系中统棋梓桥组中, 呈似层状、透镜状产出, 总体走向近南北, 倾向东, 矿体走向长 1500 m, 厚 2.5~10.68 m, 平均厚 6.34 m。Sn 品位 0.109×10⁻²~0.472×10⁻², 平均 0.263×10⁻², 其北段富含 Pb、Zn, Pb 品位 5.69×10⁻², Zn 品位 4.86×10⁻², 南段富含 WO₃, 品位 0.142×10⁻²~3.0×

10^{-2} , 平均品位 0.63×10^{-2} 。② 21 号矽卡岩型矿体, 为锡田矿区主要勘查对象, 矿体规模属大型。该矿体位于岩体与泥盆系中统棋梓桥组灰岩接触部位, 总体走向近南北, 倾向西, 倾角 $15 \sim 45^\circ$ 。矿体形态简单, 多为规则的层状、似层状, 局部出现分枝复合, 尖灭再现, 矿体走向长 4 500 m, 单工程见矿厚 1.72~12.78 m, 平均厚 4.41 m, 单工程 Sn 品位 $0.081 \times 10^{-2} \sim 1.339 \times 10^{-2}$, 平均 0.363×10^{-2} , WO_3 品位 $0.474 \times 10^{-2} \sim 1.49 \times 10^{-2}$, 平均 0.272×10^{-2} 。21-1 号分支矿体位于 21 号矿体之上, 已控制长度 2150 m, 厚度 2.95 m, 平均品位 Sn 0.524×10^{-2} , WO_3 0.566×10^{-2} 。两矿体共控制 333+334₁ 资源量锡 5.86 万 t, 钨 4.63 万 t。③ 22 号破碎带蚀变岩型矿体位于岩体内接触带, 呈似层状、透镜状产出, 走向近南北, 倾向东, 矿脉走向长 2700 m, 厚 4.48~33.11 m, 平均厚 11.91 m, 单工程 Sn 品位 $0.14 \times 10^{-2} \sim 0.773 \times 10^{-2}$, 平均 0.269×10^{-2} , WO_3 品位 $0.038 \times 10^{-2} \sim 0.83 \times 10^{-2}$, 平均 0.281×10^{-2} 。

锡田垄上矿床矿石中出现的矿物种类较多, 矿物组合复杂。矿石矿物主要为锡石、黑钨矿、白钨矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿、方铅矿、毒砂、钛铁矿、赤铁矿、褐铁矿等, 脉石矿物为透辉石、萤石、石英等。矿石结构为他形-半自形粒状结构、交代(残余)结构、包含结构, 矿石构造为团块状-脉状-稀疏浸染状构造。破碎带蚀变岩型矿体与矽卡岩型矿体的矿物组成基本相同, 但是破碎带蚀变岩型矿体矿石类型以金属硫化物锡矿石和含白钨矿、黄铜矿的锡石方铅闪锌矿矿石类型为主, 石榴石绿帘石锡矿石次之。围岩蚀变主要有矽卡岩化、云英岩化、萤石化、硅化等; 矽卡岩型矿体矿石类型主要为金属硫化物锡矿石、磁铁矿锡矿石和萤石、绿帘石黄铜矿锡矿石 3 类, 围岩蚀变主要为矽卡岩化、大理岩化。

根据野外观察和室内矿相学研究, 锡田垄上矿床的成矿作用可分为 3 个阶段, 它们的代表性矿石矿物组合形成的先后顺序分别是: I-锡石、黑钨矿-白钨矿阶段; II-黄铁矿-黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿-方铅矿阶段; III-钛铁矿-赤铁矿、褐铁矿阶段。

3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素定年研究

3.1 样品及测试方法

用于 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定的 2 个样品采自锡田垄上 21 号钨锡矿体 (采样位置见图 1), 其中样品号 XTLS-3 为矽卡岩中含石英小脉中的白云母, 样

品号 XTLS-4 为含矿云英岩小脉中的白云母。白云母从手标本上剥离后在实体显微镜下做进一步的检查与选纯, 送测样品纯度达 99%。

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: 将挑选纯净的矿物 (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所的“游泳池堆”中进行的, 使用 H8 孔道, 其中子流密度为 $6.0 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 照射总时间为 3000 min, 积分中子通量为 $1.13 \times 10^{18} \text{ n cm}^{-2}$; 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: $\text{m/e} = 40, 39, 37, 36$ 分别小于 $6 \times 10^{-15} \text{ mol}$, $4 \times 10^{-16} \text{ mol}$, $8 \times 10^{-17} \text{ mol}$ 和 $2 \times 10^{-17} \text{ mol}$ 。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 K_2SO_4 和 CaF_2 来获得, 其值为: $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.0002389$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0.004782$, $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.000806$ 。 ^{37}Ar 经过放射性衰变校正; ^{40}K 衰变常数 $\lambda = 5.543 \times 10^{-10} \text{ 年}^{-1}$, 用 ISOPLOT 程序^[9] 计算坪年龄及正、反等时线年龄。坪年龄误差以 2σ 给出。详细实验流程见有关文献^[10,11]。

3.2 测试结果

两件白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测试结果列于表 1, 其中样品号 XTLS-3 从 $700 \sim 1300^\circ\text{C}$ 的 8 个中-高温阶段组成了一个完美的年龄坪, 坪年龄为 $(155.6 \pm 1.3) \text{ Ma}$ (图 2-A), 对应了 97.21% 的 ^{39}Ar 释放量, 相应的 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar} - ^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 反等时线年龄为 $(155.4 \pm 1.7) \text{ Ma}$, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的初始比值为 300.5 ± 6.2 (MSWD=0.74) (图 2-B)。样品号 XTLS-4 从 $800 \sim 1300^\circ\text{C}$ 的 7 个中-高温阶段组成了一个完美的年龄坪, 坪年龄为 $(157.2 \pm 1.4) \text{ Ma}$ (图 2-C), 对应了 97.80% 的 ^{39}Ar 释放量, 相应的 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar} - ^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 反等时线年龄为 $(156.5 \pm 1.7) \text{ Ma}$, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的初始比值为 311 ± 12 (MSWD=1.4) (图 2-D)。

由于白云母中 Ar 对后期地质作用很敏感, 因此即使部分受到后期叠加改造作用的影响, 白云母也

表 1 锡田矿田垄上矿床含石英脉及云英岩中的白云母在加热过程中的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 释放数据
 Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ stepwise heating data of muscovite from ore-bearing quartz veins and greisen of the Longshang deposit

$T(^{\circ}\text{C})$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	F	$^{39}\text{Ar}(\times 10^{-14}\text{mol})$	$^{39}\text{Ar}(\text{Cum.})(\%)$	Age(Ma)	$\pm 1\sigma$
样品号: XTLS-3, 含石英英脉中白云母; 样品重量 $m=49.59\text{mg}$, 照射参数 $J=0.011687$									
400	18.0911	0.0376	0.8222	0.025	7.0271	20.78	0.14	142.4	7.7
500	19.2956	0.0299	0.8829	0.0304	10.5355	16.94	0.26	209	13
600	19.5451	0.0436	0.7616	0.0299	6.7191	26.91	0.44	136.4	7.2
700	11.6143	0.0143	0.5754	0.0177	7.4179	42.02	0.73	150	5.9
800	10.724	0.0103	0.3262	0.016	7.7126	173.41	1.92	155.7	2.4
900	12.6384	0.0164	0.0805	0.0159	7.8023	468.51	5.13	157.4	2
1000	8.0841	0.0015	0.0115	0.0128	7.6413	3427.8	28.63	154.3	2
1050	7.7587	0.0003	0.0125	0.0124	7.6721	3578.03	53.16	154.9	1.8
1100	7.7906	0.0003	0.0151	0.0125	7.6976	2782.4	72.23	155.4	1.7
1200	7.8215	0.0003	0.0223	0.0127	7.7173	2306.69	88.05	155.8	1.6
1300	7.8585	0.0004	0.0434	0.0125	7.7352	1400.75	97.65	156.1	1.7
1400	8.57	0.0014	0.0941	0.0133	8.162	343.07	100	164.4	1.8
样品号: XTLS-4, 云英岩中白云母; 样品重量 $m=47.41\text{mg}$, 照射参数 $J=0.011687$									
400	15.9645	0.0212	1.4805	0.0338	9.8108	16.7	0.13	196	14
500	30.0633	0.0854	2.4849	0.0503	5.0221	11.54	0.22	103	15
600	23.0337	0.0647	1.2109	0.0309	4	21.17	0.38	82	18
700	11.7898	0.0199	1.4029	0.0302	6.0125	13.76	0.48	123	13
800	11.4701	0.0129	0.2197	0.0173	7.6685	113.77	1.35	154.8	4.9
900	11.0134	0.0104	0.0479	0.0145	7.9437	518.52	5.32	160.2	2
1000	8.5606	0.0025	0.012	0.0076	7.8226	4696.06	41.21	157.8	2.6
1050	7.9209	0.0007	0.012	0.0127	7.7098	2421.83	59.72	155.6	1.7
1100	8.0948	0.0011	0.0241	0.0125	7.7773	1427.59	70.64	156.9	1.6
1200	8.0598	0.001	0.0187	0.0126	7.7512	2332.12	88.46	156.4	1.7
1300	7.935	0.0004	0.0418	0.0128	7.8258	1284.09	98.28	157.9	1.7
1400	8.5371	0.0012	0.1399	0.0135	8.2024	225.51	100	165.1	2.2

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值; $F=^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ 是指放射性成因 ^{40}Ar 和 ^{39}Ar 的比值;均由中国地质科学院地质研究所同位素实验室张彦、刘新宇分析。

会形成明显的扩散丢失图谱^[12,13],而未受扰动的白云母则形成平坦的年龄谱^[14]。从表 1 和图 2 不难发现,本次测定的 2 个白云母样品都呈正常的平坦型年龄谱,不存在任何异常的坪年龄谱图,而且绝大部分加热阶段析出的 ^{39}Ar 都符合成坪条件,相关性极好,这表明白云母形成以后未受到后期热事件的扰动。两个样品的等时线年龄和坪年龄在误差范围内一致及

$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始比值接近于现代大气氩比值 295.5(不含过剩氩)的事实表明,本次得到的白云母的坪年龄和等时线年龄数据真实可靠,反映了所测样品的真实形成时间。

4 讨论与结论

到目前为止,锡田地区可靠的成矿年龄数据仅有

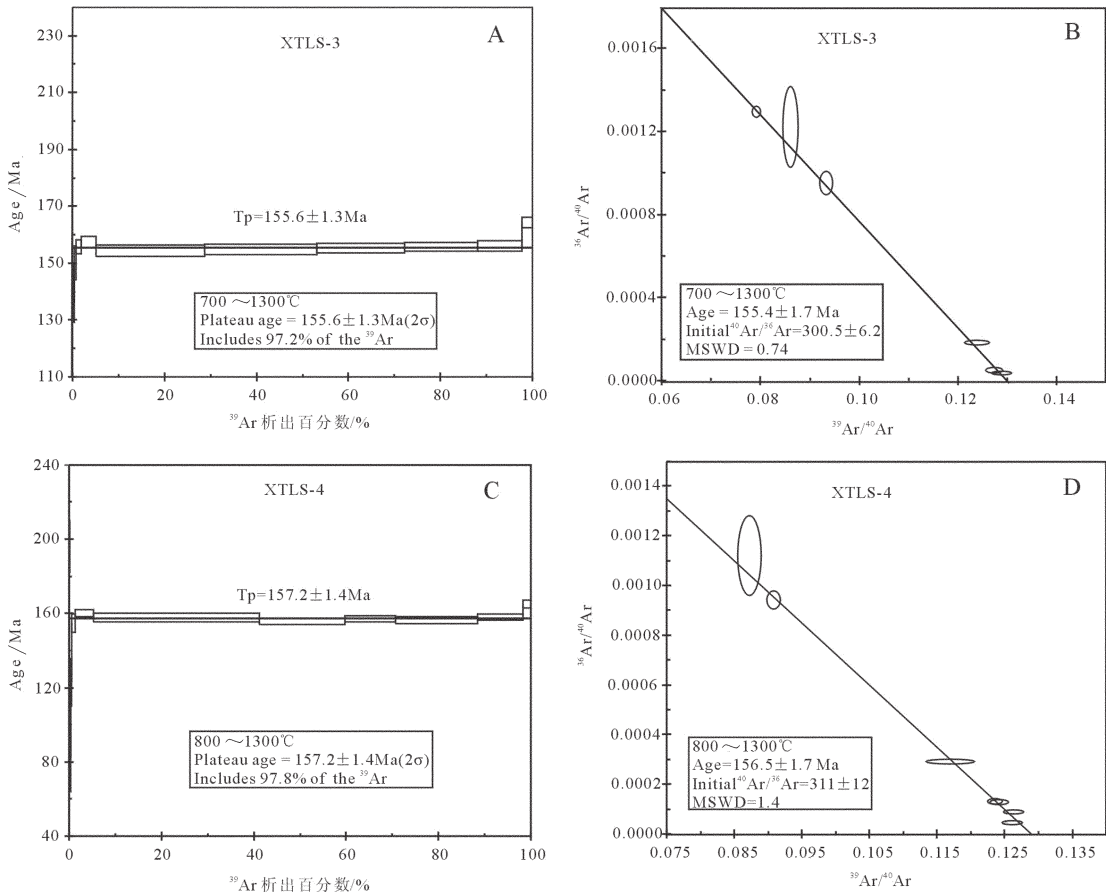


图2 垄上矿床白云母 Ar-Ar 坪年龄和 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ - $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 等时线图
Fig.2 Ar-Ar plateau ages and $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ - $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ isochron age of muscovite from the Longshang deposit

锡田荷树下 32 号矿体中辉钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄,为 (150 ± 2.7) Ma^[8]。而本次所测的垄上矿床 21 号矿体中的 2 个白云母 Ar-Ar 坪年龄分别为 (155.4 ± 1.7) Ma 和 (156.5 ± 1.7) Ma, MSWD 小, 年龄可靠, 它们与荷树下矿床成矿年龄在误差范围内一致, 因此, 锡田地区钨锡矿床的成矿年龄应在 150~160 Ma。锡田复式岩体的燕山早期中粒斑状黑云母二长花岗岩 (165 ± 16) Ma、中细粒少斑状黑云母二长花岗岩 (151 ± 24) Ma 的年龄^[9]和 (155.5 ± 1.7) Ma^[2] 也与成矿年龄在误差范围内一致, 表明成矿可能与燕山早期锡田花岗岩活动有关, 二者应形成于统一的背景条件下, 即成岩与成矿均发生在 150~160 Ma。

近年来, 不少学者利用高精度 Ar-Ar 法获得了南岭地区一批钨锡矿的成矿年龄数据, 如骑田岭芙蓉锡矿田中山门口 (156.1 ± 0.4) Ma、淘锡窝 $(154.8 \sim 160.1)$ Ma、白腊水 $(150.6 \sim 157.3)$ Ma 矿区、新田岭钨

矿床 (156.1 ± 0.4) Ma、瑶岗仙钨矿 $(153.0 \sim 155.1)$ Ma、柿竹园矿区 (153.4 ± 0.2) Ma、香花岭矿田中尖峰岭 (158.7 ± 1.2) Ma、香花铺 (161.3 ± 1.1) Ma 和塘官铺 (154.4 ± 1.1) Ma 锡矿床等的 Ar-Ar 坪年龄^[15-18] 为 150~161 Ma。另外, 还有一大批高精度的 Re-Os 法测年结果, 如湖南的锡田荷树下矿床 (150.0 ± 2.7) Ma、大坳钨锡矿床 (151.3 ± 2.4) Ma、宝山铜-钨多金属矿床 (160) Ma、柿竹园钨锡铋多金属矿床 (151.1 ± 3.5) Ma, 广东的石人嶂 (159.1 ± 2.2) Ma 和师姑山 (154.2 ± 2.7) Ma 钨锡矿床, 江西的淘锡坑 (154.4 ± 3.8) Ma 钨矿床等的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄^[8,15,19-23] 均在 150~160 Ma。上述高质量的成矿年龄数据表明, 150~160 Ma 可能为南岭地区中生代大规模成矿作用的高峰期。值得注意的是, 该时间段正好也是南岭地区花岗岩形成的高峰期, 这一特征显示成矿与成岩时代的一致性。锡田垄上钨锡矿床正是这

一大规模成岩成矿作用高峰期的产物^[24-28]。

致谢:野外工作得到了湖南地质调查院及锡田矿区各位领导及同仁的帮助,本文成文过程中得到了李华芹研究员的悉心指导,在此一并致以衷心的感谢。

参考文献(References):

- [1] 马铁球,王先辉,柏道远. 锡田含 W, Sn 花岗岩体的地球化学特征及其形成构造背景[J]. 华南地质与矿产, 2004, 1:11-16.
Ma Tieqiu, Wang Xianhui, Bai Daoyuan. Geochemical characteristics and its tectonic setting of the Xitian tungsten-tin-bearing granite pluton [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2004, (1):11-16(in Chinese with English abstract).
- [2] 马铁球,柏道远,邝军,等. 湘东南茶陵地区锡田岩体锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 地质通报, 2005, 24(5):415-419.
Ma Tieqiu, Bai Daoyuan, Kuang Jun, et al. Zircon SHRIMP dating of the Xitian granite Pluton, Chaling, southeastern Hunan, and its geological significance[J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(5): 415-419(in Chinese with English abstract).
- [3] 伍式崇,罗洪文,黄韬. 锡田中部地区锡多金属矿成矿地质特征及找矿潜力[J]. 华南地质与矿产, 2004, (2):21-26.
Wu Shichong, Luo Hognwen, Huang Tao. Metallogenic geological characteristics and prospecting of tin-polymetallic deposits in central Xitian area, eastern Hunan [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2004, (2):21-26 (in Chinese with English abstract).
- [4] 罗洪文,曾钦旺,曾桂华,等. 湘东锡田锡矿田矿床地质特征及矿床成因[J]. 华南地质与矿产, 2005, (2):61-67.
Luo Hongwen, Zeng Qinwang, Zeng Guihua, et al. Geological characteristics and origin of the Xitian tin orefield in eastern Hunan Province[J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2005, (2): 61-67(in Chinese with English abstract).
- [5] 曾桂华,胡永哉,余阳春. 湘东锡田垄上矽卡岩型锡多金属矿床地质特征及找矿前景[J]. 华南地质与矿产, 2005, (2):68-72.
Zeng Guihua, Hu Yongzai, Yu Yangchun. Geological characteristics and prospecting potential of the Longshang skarn tin-polymetallic deposit in Xitian orefield, eastern Hunan Province [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2005, (2):68-72 (in Chinese with English abstract).
- [6] 徐辉煌,伍式崇,余阳春,等. 湖南锡田地区矽卡岩型钨锡矿床地质特征及控矿因素[J]. 华南地质与矿产, 2006, (2):37-42.
Xu Huihuang, Wu Shichong, Yu Yangchun, et al. Geological characteristics and ore-controlling factors of Xitian Skarn-type W-Sn deposit in Hunan Province [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2006, (2):37-42(in Chinese with English abstract).
- [7] 杨晓君,伍式崇,付建明,等. 湘东锡田垄上锡多金属矿床流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2007, 26(5):501-511.
Yang Xiaojun, Wu Shichong, Fu Jianming, et al. Fluid inclusion studies of Longshang tin-polymetallic deposit in Xitian ore field, eastern Hunan Province[J]. *Mineral Deposits*, 2007, 26(5):501-511 (in Chinese with English abstract).
- [8] 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).
- [9] Ludwig K R. Users Manual for Isoplot/Ex rev. 2, 49:A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center Special Publication No.1a, 2001:1-55.
- [10] 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).
- [11] 张彦,陈文,陈克龙,等. 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, et al. Study on the Ar-Ar age spectrum of diagenetic I/S and the mechanism of ^{39}Ar 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).
- [12] Hanson G N, Simmons K R, Bence A E. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ spectrum ages for biotite, hornblende and muscovite in a contract metamorphic zone[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1975, 39:1269-1973.
- [13] Wijbrans J R, McDougall I. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 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.
- [14] 邱华宁,彭良. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学与流体包裹体定年[M]. 合肥:中国科技大学出版社, 1997:143-151.
Qiu Huaning, Peng Liang. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronometry and Fluid Inclusion Dating [M]. Hefei: Chinese University of Science & Technology Press, 1997:143-151 (in Chinese with English abstract).
- [15] 毛景文,李晓峰, Bernd Lehmann, 等. 湖南芙蓉锡矿床锡矿石和有关花岗岩的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地球动力学意义 [J]. 矿床地质, 2004, 23 (2):164-175.
Mao Jingwen, Li Xiaofeng, Bernd Lehmann, et al. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ dating of tin ores and related granite in Furong tin orefield, Hunan Province and its geodynamic significance [J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23 (2):164-175(in Chinese with English abstract).
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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).
- [19] 李红艳, 毛景文, 孙亚莉, 等. 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, et al. He H L and Du A D. Re-Os isotopic chronometry of molybdenite in the Shizhuyuan polymetallic tungsten deposit, Southern Hunan [J]. *Geological Reviews*, 1996, 42 (3):261-267(in Chinese with English abstract).
- [20] 路远发, 马丽艳, 屈文俊, 等. 湖南宝山铜-钨多金属矿床成岩成矿的 U-Pb 和 Re-Os 同位素定年研究 [J]. *岩石学报*, 2006, 22 (10):2483-2492.
- Lu Yuanfa, Ma Liyan, Qu Wenjun, et al. U-Pb and Re-Os isotope geochronology of Baoshan Cu-Mo polymetallic ore in Hunan Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22 (10):2483-2492(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] 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).
- [23] 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的确定及其地质意义 [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).
- [24] 蔡新华, 贾宝华. 湖南锡田锡矿的发现及找矿潜力分析[J]. *中国地质*, 2006, 33(5):1100-1108.
- Cai Xinhua, Jia Baohua. Discovery of the Xitian tin deposit, Hunan, and its ore potential [J]. *Geology in China*, 2006, 33(5): 1100-1108(in Chinese with English abstract).
- [25] 刘铁生. 大义山矿田岩体型锡矿地质特征及矿床成因[J]. *中国地质*, 2002, 29(4):411-415.
- Liu Tiesheng. Geological characteristics and genesis of rock body type tin deposits in the Dayishan ore field [J]. *Geology in China*, 2002, 29(4):411-415(in Chinese with English abstract).
- [26] 付建明, 马昌前, 谢才富, 等. 湖南骑田岭岩体东缘菜岭岩体的锆石 SHRIMP 定年及其意义[J]. *中国地质*, 2004, 31(1):96-100.
- Fu Jianming, Ma Changqian, Xie Caifu, et al. Zircon SHRIMP dating of the Cailing granite on the eastern margin of the Qitianling granite, Hunan, South China, and its significance [J]. *Geology in China*, 2004, 31 (1):96-100 (in Chinese with English abstract).
- [27] 马铁球, 邝军, 柏道远, 等. 南岭中段诸广山南体燕山早期花岗岩地球化学特征及其形成的构造环境分析 [J]. *中国地质*, 2006, 33(1):119-131.
- Ma Tieqiu, Kuang Jun, Bai Daoyuan, et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of the early Yanshanian South Zhuguangshan granite in the central segment of the Nanling Mountains [J]. *Geology in China*, 2006, 33(1):119-131(in Chinese with English abstract).
- [28] 刘树生, 曾志方, 赵永鑫. 湖南道县大坳岩体型钨锡矿床地质特征与成因探讨[J]. *中国地质*, 2007, 34(4):657-667.
- Liu Shusheng, Zeng Zhifang, Zhao Yongxin, et al. Geological characteristics and genesis of the Da'ao intrusion-type tungsten-tin deposit, Daoxian County, Hunan [J]. *Geology in China*, 2007, 34 (4): 657-667(in Chinese with English abstract).

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic dating of the Longshang tin-polymetallic deposit, Xitian orefield, eastern Hunan

MA Li-yan¹, FU Jian-ming¹, WU Shi-chong², XU De-ming¹, YANG Xiao-jun¹

(1. Yichang Geological Survey Centre, China Geological Survey, Yichang 443003, Hubei, China;

2. Zhuzhou Institute of Mineral Resources and Geological Survey, Hunan Geological Survey, Zhuzhou 412007, Hunan, China)

Abstract: The Longshang tin-polymetallic deposit, located in the Xitian area, eastern Hunan, is a large one of the Xitian tin orefield. Its orebodies occur in the contact zones between the Xitian composite granite and carbonate rocks of the Middle Devonian Qiziqiao Formation. In this study, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic dating of muscovite was carried out in order to determine accurately the mineralization age of the deposit. The results show that the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages of two muscovite samples from the deposit are 155.6 ± 1.3 Ma and 157.2 ± 1.4 Ma respectively and their isochron ages are 155.4 ± 1.7 Ma (MSWD=0.74) and 156.5 ± 1.7 Ma (MSWD=1.4) respectively, which agree within the error limits with mineralization age (150 Ma) of the Heshuxia tin-polymetallic deposit reported previously in the same ore field and are also in accordance with the early intrusive stage of the Xitian composite granite (151–165 Ma). Based on these age data, this paper suggests that the mineralization age of the tin-polymetallic deposit in the Xitian ore field is 150–160 Ma and that their mineralization is closely related to the Xitian composite granite. Both are products during a peak stage of large-scale rock- and ore-forming processes in the early Yanshanian in South China.

Key words: geochemistry; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic dating; tin-polymetallic deposit; Longshang; eastern Hunan

About the first author: MA Li-yan, female, born in 1970, senior engineer, engages in the study of isotope geology; E-mail: ycmliyan@cgs.gov.cn.