

江西岩背斑岩锡矿的成岩成矿时代 及其地质意义

梅玉萍¹⁾ 李华芹¹⁾ 王登红²⁾ 路远发³⁾
杨红梅¹⁾ 许建祥⁴⁾ 张家菁⁴⁾

1) 宜昌地质矿产研究所,湖北宜昌 443003; 2) 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037;
3) 长江大学地球化学系,湖北荆州 434023; 4) 中国地质科学院研究生部,北京 100037

摘要 岩背锡矿地处南武夷山西坡江西会昌县境内。该矿以富含原生黄玉为特征,是本区至今发现的唯一大型独立锡矿床。笔者对矿区内含锡花岗斑岩和成矿作用早阶段形成的石英—黄玉—锡石—硫化物脉进行了 Rb-Sr 同位素年代学研究,获得全岩和石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄分别为 $(128.1 \pm 3.3) \text{ Ma}$ (2σ , MSWD = 1.07, Ir = 0.7163 \pm 0.0052) 和 $(125.5 \pm 6.1) \text{ Ma}$ (2σ , MSWD = 1.5, Ir = 0.7130 \pm 0.0050), 表明岩背锡矿的成岩成矿作用均发生于早白垩世晚期,其成因与中生代火山期后高位侵入的花岗斑岩密切相关。

关键词 岩背斑岩锡矿,成岩成矿时代,江西

Rock-forming and Ore-forming Ages of the Yanbei Porphyry Tin Deposit in Jiangxi Province and Their Geological Significance

MEI Yuping¹⁾ LI Huaqin¹⁾ WANG Denghong²⁾ LU Yuanfa³⁾
YANG Hongmei¹⁾ XU Jianxiang⁴⁾ ZHANG Jiajing⁴⁾

1) Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, Hubei 443003; 2) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037; 3) Department of Geochemistry, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023; 4) Graduate school of the Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract Located in western Wuyi Mountain within Huichang County of Jiangxi Province, the Yanbei tin deposit with rich original topaz is the only large-sized tin deposit so far discovered in the study area. Isotopic chronological study of the tin-bearing granite-porphyry and quartz-topaz-cassiterite veins formed at the early ore-forming stage shows that the quartz-topaz-cassiterite veins have a quartz fluid-inclusion Rb-Sr isochron age of $(125.5 \pm 6.1) \text{ Ma}$ (2σ , MSWD = 1.5, Ir = 0.7130 \pm 0.0050), which accords with the whole-rock Rb-Sr isochron age of $(128.1 \pm 3.3) \text{ Ma}$, 2σ , MSWD = 1.07, Ir = 0.7163 \pm 0.0052) of the granite-porphyry. It is thus concluded that the rock-forming and ore-forming activities of the Yanbei tin deposit occurred during the early Cretaceous episode, with the mineralization closely related to the post-volcanic high-level emplaced granite-porphyry.

Key words Yanbei tin deposit, rock-forming age and ore-forming age, Jiangxi

江西岩背斑岩锡矿位于武夷山南段稀有金属—物化探大队发现的一大型独立锡矿床。自1996年钨成矿带内,是1984年由江西地质科学研究所与以来,前人(朱正书,1990;梅勇文,1994;熊小林等,

本文由国家科技支撑计划“南岭地区有色—贵金属成矿潜力及综合探测技术示范研究”(编号:2006BAB01A01)、中国地质调查局《全国重要矿产和区域成矿规律研究》(编号:1212010633903)和国家重点基础研究发展规划项目(编号:G1999043201)资助。

责任编辑:刘志强;收稿日期:2006-12-18;改回日期:2007-04-02。

第一作者简介:梅玉萍,女,1980年生,助理工程师,主要从事同位素地球化学研究;通讯地址:443003,湖北省宜昌市港窑路37号;电话:0717-6346923;E-mail:meiever@sina.com。

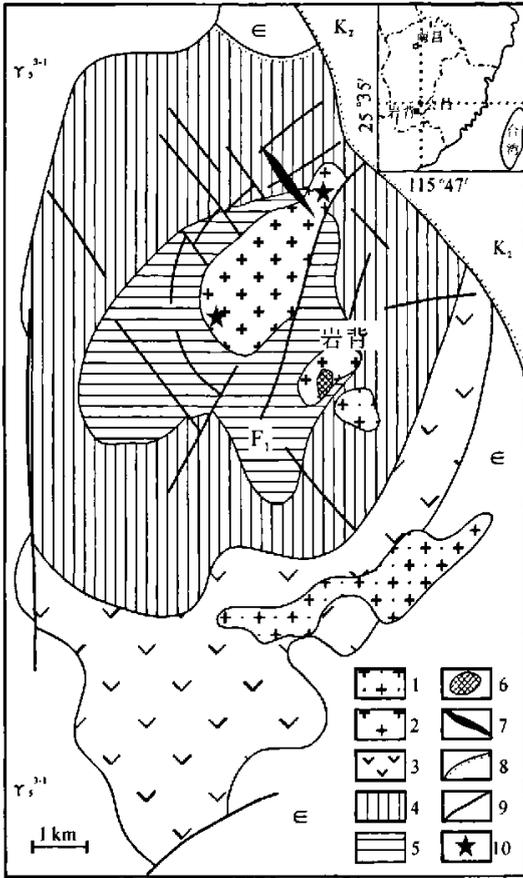


图1 岩背斑岩锡矿地质略图(据沈渭洲等,1996)
Fig. 1 Sketch map of Yanbei porphyry tin deposit
(after Shen et al., 1996)

1-含黄玉花岗斑岩;2-含黄玉花岗岩;3-英安流纹岩;4-熔结凝灰岩;5-流纹斑岩;6-锡矿体;7-黄英岩脉;8-不整合接触;9-断层;10-采样位置;E-寒武系;K₂-上白垩统;γ₃⁻¹-燕山晚期花岗岩
1-topaz-bearing granite porphyry; 2-topaz-bearing granite; 3-dacite rhyolite; 4-ignimbrite; 5-rhyolitic porphyry; 6-tin ore body; 7-topazite dike; 8-unconformity; 9-fault; E-Cambrian; K₂-Upper Cretaceous; γ₃⁻¹-Late Yanshanian granite

1994;王德滋等,1994;刘昌实等,1994;沈渭洲等,1996;唐维新等,1997)的研究成果表明,该矿床的形成与火山岩期后岩浆侵入活动密切相关,并指出其成岩成矿的母岩浆可能来源于未出露的元古代变质沉积岩。前人的年代学研究主要集中在成岩时代上,而且所采用的方法各异,得出的年龄也相差较大,特别是对成矿时代的确定是采用岩体的时代而间接推断的,不能精确提供哪期岩浆活动与成矿作用有明显的耦合关系。本文在前人研究工作的基础上,采用全岩和含石英英脉的石英矿物的 Rb-Sr 等

时线法,重点开展了岩背锡矿成岩成矿时代的精确定年,该成果为深入研究岩浆演化与成矿作用和建立岩背式斑岩锡矿的成矿和找矿模式有重要的理论和实际意义。

1 区域成矿地质背景

岩背斑岩锡矿位于石城—寻乌 NN 向断裂带与会昌环状构造复合部位的西侧,属武夷山南段稀有金属—锡钨成矿带。石城—寻乌断裂是绍武—河源大断裂在江西境内的延伸部分,后者被普遍认为是华南两个不同大地构造单元(华夏地块和华南加里东褶皱带)的拼贴带(水涛,1987;徐克勤等,1991)。它经历了自加里东期以来的长期活动,尤以燕山期活动最为强烈,形成区内广泛分布的陆壳重熔型花岗岩类和火山—侵入杂岩,在其晚阶段分异产物中富集成矿。目前区域上已知的成锡花岗岩有松岭石英斑岩、岩背及凤凰炭浅成花岗岩、铜坑嶂花岗斑岩,皆形成于燕山中期第二阶段,其 Rb-Sr 同位素年龄在 119~128 Ma 之间,受区域 NNE 向构造控制,整体呈 NE 向展布。它们与晚侏罗世火山活动有一定的联系,表现为时间上接近,空间上相伴,是火山活动期后侵入的花岗岩演化到晚阶段的产物(黄常立等,1997)。

矿区内出露的岩石以晚侏罗世—早白垩世流纹质火山—侵入杂岩为主,它们在空间上呈典型的中心式火山机构(图1)。沈渭洲等(1994)根据野外和室内研究,将其划分三个旋回,第一旋回又进一步划分为四个阶段:①灰流相流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩和少量角砾凝灰岩;②喷溢—侵入相流纹斑岩;③浅成相含黄玉花岗斑岩和中深成相含黄玉花岗岩;④云母黄英岩或黄英斑岩。第二旋回为英安流纹岩。第三旋回为闪长斑岩,属成矿后岩浆活动。

2 矿床地质特征

岩背斑岩锡矿床由三个矿体组成。其中1号矿体为主矿体,矿体厚度大,矿化均匀,产于花岗斑岩与流纹斑岩接触带部位。其中矿体的42%在内接触带,58%在外接触带(图2)。

构成矿床的矿石矿物种类多达50余种,但金属矿物的组成以锡石、黄铁矿、黄铜矿为主,而闪锌矿、方铅矿次之,并含有少量菱铁矿、黑云母、辉钼矿、黝锡矿和含锡辉铋矿等。脉石矿物主要为石英、萤石、

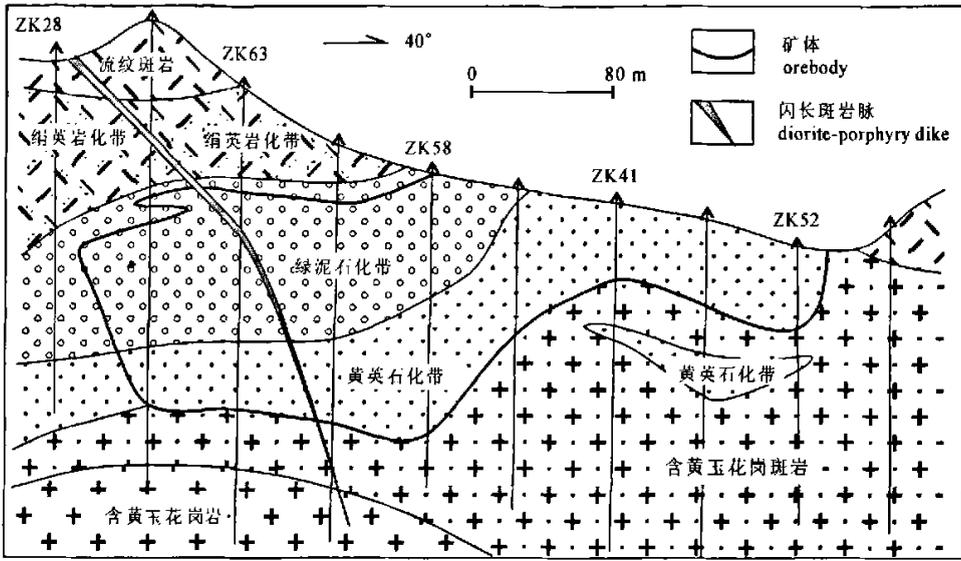


图2 岩背斑岩锡矿08号勘探线地质剖面图(据沈渭洲等,1996)

Fig. 2 Geological section along No. 8 exploration line in the Yanbei porphyry tin deposit(after Shen et al., 1996)

黄玉、绿泥石和绢云母等。矿石矿物分类属锡石—硫化物—黄玉、石英、绿泥石、绢云母型。全矿锡平均品位0.843%，最高达23.27%。锡的赋存状态以锡石相为主，占96.77%；硫化物含量很低，多以黝锡矿形式出现。

与矿化有关的蚀变可分为气热蚀变和热液蚀变，前者系与花岗岩有关的面型蚀变，其类型有黄玉—硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化，锡矿化主要与绢云母、绿泥石化关系密切，为浸染状矿化蚀变期；后者为裂隙型蚀变，有黄玉石英化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化，锡矿化与黄玉化、绿泥石化关系密切。矿石围岩蚀变在空间上具有较明显的分带现象，熊小林等(1994)将该矿床的蚀变划分为三个带：自花岗岩体向外依次为黄英岩化带、绿泥石化带和绢云岩化带(图2)。从蚀变带产出的空间部位可知，黄玉石英岩在内外接触带均有发育，绿泥石黄玉石英岩和绢英岩则主要发育外接触带钾长流纹斑岩中。

根据矿脉穿插和矿物之间的交代关系，并结合矿物组合及其空间分布，沈渭洲等(1994)将岩背锡矿的成矿作用从早到晚划分为以下四个阶段：即石英—黄玉—锡石—硫化物阶段；石英—绿泥石—锡石—硫化物阶段；石英—绢云母—硫化物阶段和碳酸盐阶段。矿石结构主要为浸染状、细脉浸染状为

主，部分矿段发育有角砾团块状。矿石构造类型以细脉—浸染状和浸染状为主，其次是角砾状构造，局部出现斑点状构造、晶簇构造和团块状构造等。

3 同位素测年方法

3.1 测年样品采集位置

岩背花岗岩定年样品采自岩背锡矿区的东经115°39'58.9"，北纬25°15'43.2"，岩石以富含岩浆成因的黄玉为特征，属燕山期第一旋回第二阶段浅成相岩浆活动产物。岩石主要由钾长石、石英、斜长石和少量黑云母组成；岩石具斑状结构，斑晶含量约30%，主要有石英(16%)、钾长石(10%)和斜长石(4%)。矿石样品采自岩背锡矿床1号矿体的石英—黄玉—锡石硫化物阶段的矿脉，并从矿石中分离纯净的石英矿物作为测年对象。

3.2 Rb-Sr 定年分析方法

全岩和石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄测定方法采用李华芹等(1998)所报道的流程。Rb-Sr 含量及同位素比值采用同位素稀释法和质谱直接测定。Rb-Sr 同位素分析在宜昌地矿所同位素实验室的 Finniglin MAT-261 可调多接受固体质谱计上完成。用国际标准物质 NBS987 监控仪器工作状态，用 NBS607 和 Rb-Sr 国家一级标准物质(GBW0411) 监控分析流程，全部化学操作均在净化实验室内进行，与样

表 1 岩背锡矿区含黄玉花岗斑岩 Rb-Sr 同位素测定结果
Table 1 Rb-Sr data of topaz-bearing porphyry from the Yanbei tin deposit

序号	原送样号	样品名称	Rb / × 10 ⁻⁶	Sr / × 10 ⁻⁶	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σ
1	YB3-10	含黄玉花岗斑岩	1074	31.66	99.593	0.89749	± 0.00003
2	YB3-11	含黄玉花岗斑岩	1145	37.59	89.298	0.88090	± 0.00001
3	YB3-2	含黄玉花岗斑岩	1190	22.58	156.40	1.00250	± 0.00005
4	YB3-3	含黄玉花岗斑岩	1184	28.49	122.47	0.93737	± 0.00003
5	YB3-5	含黄玉花岗斑岩	1255	29.38	126.07	0.94496	± 0.00003
6	YB3-6	含黄玉花岗斑岩	1163	24.10	142.81	0.97710	± 0.00002
7	YB3-9	含黄玉花岗斑岩	1191	41.65	83.705	0.86789	± 0.00002

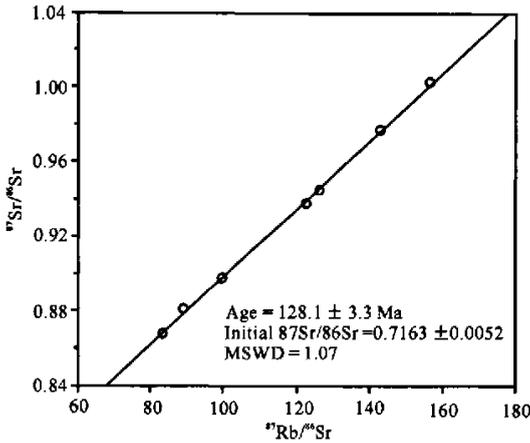


图 3 岩背锡矿区含黄玉花岗斑岩全岩 Rb-Sr 等时线图
Fig. 3 Rb-Sr isochron diagram of topaz-bearing porphyry from the Yanbei tin deposit

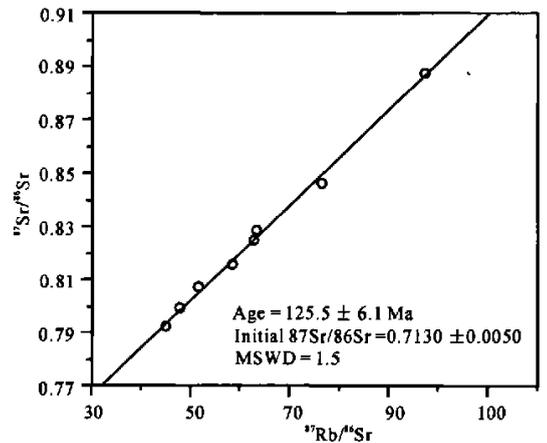


图 4 岩背锡矿床含锡石英脉中石英矿物 Rb-Sr 等时线图
Fig. 4 Rb-Sr isochron diagram of tin-bearing quartz veins from the Yanbei tin deposit

品同时测定的 Rb-Sr 全流程空白为 0.3 ng; 当样品中 Rb、Sr 含量低于 10⁻⁶ 量级水平, 均做了空白校正。上述标准物质测定值分别为 NBS987: ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值为 0.71025 ± 0.00006 (2σ), NBS607: Rb/10⁻⁶ 为 523.22, Sr/10⁻⁶ 为 65.56, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 为 1.20035 ± 0.00015 (2σ); GBW04411: Rb/10⁻⁶ 为 249.08, Sr/10⁻⁶ 为 158.39; ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 为 0.76006 ± 15 (2σ)。等时线年龄计算的设定误差: 全岩 ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr = 1.5%, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.01%; 石英矿物 ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr = 3.0%, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.03%。

4 测定结果

采自岩背锡矿区内含黄玉花岗斑岩全岩 Rb-Sr 等时线的测定结果如表 1 和图 3 所示。7 个岩性基本相同的全岩样品所拟合的等时线, 具有良好的线性关系 (MSWD = 1.07), 用 Isoplot 程序处理测定数据, 求得相应的等时线年龄为 (128.1 ± 3.3) Ma

(95% 可信度), 初始 (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) 比值为 0.7163 ± 0.0052 (2σ); 岩背斑岩锡矿形成的主成矿阶段, 即石英—黄玉—锡石—硫化物阶段与锡石共生的石英矿物的 Rb-Sr 同位素年龄测定结果列入表 2, 并作等时线图 4。

测定结果表明, 同一成矿阶段的不同空间部位的 8 个石英矿物所组成的等时线具有很好的线性关系 (MSWD = 1.5), 求得相应的等时线年龄为 (125.5 ± 6.1) Ma (95% 可信度), 初始 (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) 比值为 0.7130 ± 0.0050 (2σ)。两组样品的测定结果, 在 1/⁸⁷Sr-⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 图中均未表现出明显的线性分布特征。据此表明, 所测花岗斑岩和石英矿物样品是同时同源形成的, 且真实可靠, 因此上述年龄可分别解释为花岗斑岩的结晶年龄和斑岩锡矿形成的时间, 即成岩成矿时间均发生在晚白垩世早期。

5 讨论与结论

表2 岩背锡矿床含锡石英脉中石英矿物 Rb-Sr 同位素测定结果
Table 2 Rb-Sr data of tin-bearing quartz veins from the Yanbei tin deposit

序号	原送样号	样品名称	Rb / $\times 10^{-6}$	Sr / $\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2σ
1	YB2-1	含锡石英脉石英	6.312	0.3558	51.65	0.80719	± 0.00002
2	YB2-1-2	含锡石英脉石英	6.354	0.2926	63.35	0.82835	± 0.00007
3	YB2-2	含锡石英脉石英	16.65	0.5027	97.17	0.88735	± 0.00005
4	YB2-3	含锡石英脉石英	14.40	0.7175	59.47	0.81574	± 0.00012
5	YB2-4	含锡石英脉石英	19.81	0.7563	76.55	0.84623	± 0.00010
6	YB2-5	含锡石英脉石英	9.719	0.4509	62.85	0.82494	± 0.00009
7	YB2-6	含锡石英脉石英	12.23	0.7423	47.94	0.79915	± 0.00003
8	YB2-7	含锡石英脉石英	10.90	0.7018	45.13	0.79230	± 0.00004

岩背锡矿所处的武夷山隆起带南端,是构造岩浆活动长期多次强烈活动的地区。晚侏罗世英安一流纹质火山岩喷出后,接踵而来的是早白垩世花岗岩浆复式侵入,并形成与之有关的锡多金属矿床。复式花岗岩晚期阶段形成的含黄玉花岗岩及花岗斑岩是岩背锡矿的直接成矿母岩。其成矿时代,前人曾做过一些研究。如沈渭洲等(1994)对岩背和塌山含锡花岗岩的同位素地球化学特征和物质来源进行过研究,分别获得岩背花岗岩 Rb-Sr 等时线年龄为(114.1 \pm 0.6) Ma,塌山花岗岩的 Rb-Sr 等时线年龄为(117.5 \pm 5.6) Ma;黄常立等(1997)对岩背锡矿田内的火山岩、清溪花岗岩、岩背花岗岩和矿化蚀变绢英岩的年代学研究,获得的年龄分别为(138 \pm 1) Ma、(134 \pm 2) Ma、(128 \pm 1) Ma、118 Ma (K-Ar 法)。从上述两位研究者采用同一定年方法对矿区含矿斑岩的研究结果看,二者的年龄相差约 10 Ma。鉴于蚀变绢英岩的 K-Ar 年龄已与前者花岗岩的全岩 Rb-Sr 年龄接近,显然前者所获得的花岗斑岩年龄结果有可能偏低。因此,根据前人对岩背锡矿含锡花岗岩,矿化蚀变绢英岩的年代学研究成果,可推断岩背斑岩锡矿的成岩成矿时间域应在 128 ~ 118 Ma 之间,即成岩成矿作用的时间均发生在白垩世,其岩浆作用与成矿作用的时差约 8 Ma。本文通过对岩背含锡花岗岩体和石英—黄玉—锡石—硫化物脉的年代学研究,获得含黄玉花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为(128 \pm 3.3) Ma (95% 可信度),与前人的测定结果在误差范围内一致,说明岩背含锡花岗岩形成于早白垩世晚期;获得岩背锡矿床主成矿阶段形成的石英—黄玉—锡石—硫化物脉石英 Rb-Sr 等时线的年龄为(125.5 \pm 6.1) Ma (95% 可信度)。

鉴于本研究对成矿年龄的厘定是选择了与主成

矿阶段中的锡石共生的石英矿物作为 Rb-Sr 测年对象,据 Rossman 等(1987)的专文研究,石英中 Rb、Sr 以及 Sm、Nd 等稀土元素,主要赋存在石英的流体包裹体之中,而不存在于晶格之中;同时,矿石矿物或脉石矿物中的流体包裹体是作为成矿流体的样品保存下来的,成矿之后既没有物质加入,也没有物质逸出,是一个封闭地球化学体系;因此,石英矿物的年龄可代表岩背锡矿的成矿时间。本次获得岩背锡矿 1 号矿体主成矿阶段的 8 个石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄为(125.5 \pm 6.1) Ma (95% 可信度),与含黄玉花岗岩年龄(128 \pm 3) Ma 在实验误差范围内完全一致。这一结果表明,斑岩型锡矿的成岩成矿作用几乎同时或成矿滞后 3 ~ 5 Ma。这与矿化集中于花岗岩接触带、成矿受花岗岩控制的地质特征相吻合。根据笔者和前人对岩背锡矿区火山—侵入杂岩的年代学研究,岩浆活动发生在晚侏罗世—早白垩世,推断岩背斑岩锡矿成岩成矿的动力学背景应为碰撞后拉张松弛阶段(陈富文等,2005)。

由于岩背锡矿位于云开—武夷成矿带与南岭成矿带的交汇部位,而云开—武夷成矿带是一个在中生代长期隆起的“热带”(陈毓川等,1989;王登红等,2005),幔源的热量和成矿流体在此长期积累,有助于形成大型多金属矿床,并且成矿时间跨度更大,在三叠纪形成于南坪钨矿,在侏罗纪形成有行洛坑钨矿,在白垩纪形成有岩背锡矿。因此,相对于南岭东段单一的钨矿来说(南岭钨矿更多地形成于侏罗纪,如淘锡坑形成于 164 ~ 154 Ma,陈郑辉等,2006),岩背锡矿形成于白垩纪的同位素年代学研究结果,说明岩背一带或武夷山成矿带具有不亚于南岭的成矿条件,值得在钨、锡、钼等多个矿种方面加大找矿力度。

致谢 在野外地质调查期间,得到陈毓川院士

的指导,在成文过程中陈富文研究员提出了宝贵的修改意见,在此一并表示衷心地感谢!

参考文献

- 陈富文,付建明. 2005. 南岭地区南岭地区中生代主要成锡花岗岩地质地球化学特征与锡矿成矿规律. 华南地质与矿产, (2): 12 ~ 21.
- 陈毓川,裴荣富,张宏良,等. 1989. 南岭地区与花岗岩有关的有色、稀有金属矿床地质. 北京:地质出版社, 1 ~ 508.
- 陈邦辉,王登红,屈文俊,陈毓川,王平安,许建祥,张家箐,许敏林. 2006. 赣南崇义地区淘锡坑钨矿的地质特征与成矿时代. 地质通报, 25(4): 496 ~ 501.
- 黄常立,唐维新,桂永年,王艳萍,叶景平,项常培. 1997. 会昌岩背式斑岩锡矿. 武汉:中国地质大学出版社, 1 ~ 95.
- 李华芹,谢才富,常海亮,等. 1998. 新疆北部地区有色类金属矿床成矿作用年代学. 北京:地质出版社, 10 ~ 24.
- 刘昌实,沈渭洲,熊小林,王德滋. 1994. 江西岩背含锡斑岩主要造岩矿物标型特征. 矿物学报, 14(1): 7 ~ 14.
- 梅勇文. 1994. 会昌岩背斑岩型锡矿床蚀变特征与成矿关系. 江西地质, 8(1): 7 ~ 13.
- 沈渭洲,凌洪飞. 1994. 岩背和塌山含锡花岗岩的同位素地球化学特征和物质来源. 地球学报, (1 ~ 2): 117 ~ 123.
- 沈渭洲,王德滋,刘昌实,熊小林,赖鸣远. 1996. 岩背斑岩锡矿特征和成因. 高校地质学报, 2(1): 85 ~ 91.
- 水涛. 1987. 中国东南大陆基底构造格局. 中国科学(B辑), 14(4): 414 ~ 422.
- 唐维新,赵贇. 1997. 岩背矿床成矿地质条件及构造复合控岩控矿特征. 江西地质科技, 24(4): 151 ~ 158.
- 王德滋,沈渭洲,刘昌实,熊小林. 1994. 江西岩背火山侵入杂岩的地球化学特征和成因. 中国科学(B辑), 24(5): 531 ~ 538.
- 王登红,陈毓川,徐廷,邹天人,薛春纪,罗君烈,骆耀南,伍广宇,李志伟,余金杰,同升好,杨建民,傅旭杰,付小方,傅德明,楚萤石,魏琳,李晓焰. 2005. 中国新生代成矿作用. 北京:地质出版社, 853.
- 熊小林,朱金初,刘昌实,沈渭洲. 1994. 江西岩背斑岩锡矿蚀变分带及其主要蚀变岩的地球化学特征. 矿床地质, 13(1): 1 ~ 10.
- 徐克勤,尹琳,孙明志,王新光,黄标. 1991. 华南钨锡钨(钼)稀有金属花岗岩产出的构造地质背景和岩体演化特征. 南京大学学报(地球科学), 3(1): 1 ~ 12.
- 朱正书. 1990. 江西会昌岩背锡矿床地质特征及矿床类型的划分. 矿床地质, 9(4): 325 ~ 330.
- deposit. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1 ~ 95 (in Chinese).
- Li Huaqin, Xie Caifu, Chang Hailiang, et al. 1998. Study on metallogenic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in north Xinjiang, China. Beijing: Geological Publishing House, 10 ~ 24 (in Chinese with English abstract).
- Liu Changshi, Shen Weizhou, Xiong Xiaolin, Wang Dezi. 1994. Typomorphic characteristics of main rock-forming minerals in tin-bearing porphyries, Yanbei, Jiangxi. Acta Mineralogica Sinica, 14(1): 7 ~ 14 (in Chinese with English abstract).
- Mei Yongwen. 1994. Relation between alteration features of Yanbei porphyry-type tin deposit and its mineralization. Geology of Jiangxi, 8(1): 7 ~ 13 (in Chinese with English abstract).
- Rossmann G R, Weis D, Wasseburg G J. 1987. Rb, Sr, Nd and Sm, Concentrations in quartz. Geochim. Cosmoch. Acta, 51: 2325 ~ 2329.
- Shen Weizhou, Ling Hongfei. 1994. Isotopic geochemical characteristics and material sources of tin-bearing granite porphyry in Yanbei and Tashan. Acta Geoscientia Sinica, (1 ~ 2): 117 ~ 123 (in Chinese with English abstract).
- Shen Weizhou, Wang Dezi, Liu Changshi, Xiong Xiaolin, Lai Mingyuan. 1996. Characteristics and origin of the Yanbei porphyry tin deposit. Geological Journal of Universities, 2(1): 85 ~ 91 (in Chinese with English abstract).
- Shui Tao. 1987. Framework of basement structures in southeastern China. Science in China(B), 14(4): 414 ~ 422 (in Chinese with English abstract).
- Tang Weixin, Zhao Gan. 1997. Geological conditions of mineralization and characteristics of rock and ore-controlling compound structure in Yanbei deposit. Geological Science And Technology Of Jiangxi, 24(4): 151 ~ 158 (in Chinese with English abstract).
- Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Jue, et al. 2005. Cenozoic mineralization in China. Beijing: Geol. Publ. House, 853 (in Chinese).
- Wang Dezi, Shen Weizhou, Liu Changshi, Xiong Xiaolin. 1994. Geochemical characteristics and origin of the Yanbei volcano-intrusive complex in Jiangxi Province. Science in China(B), 24(5): 531 ~ 538 (in Chinese).
- Xiong Xiaolin, Zhu Jinchu, Liu Changshi, Shen Weizhou. 1994. Alteration zoning of the Yanbei porphyry tin deposit in Jiangxi Province and geochemical characteristics of its main altered rocks. Mineral Deposits, 13(1): 1 ~ 10 (in Chinese with English abstract).
- Xu Keqin, Yin Lin, Sun Mingzhi, Wang Xinguang, Huang Biao. 1991. Forming tectonic setting and evolution characteristics of granitoids related to W-Sn-Nb-Ta mineralization in South China. Journal of Nanjing University(Geosciences), 3(1): 1 ~ 12 (in Chinese with English abstract).
- Zhen Z H, Wang D H, Qu W J, Chen Y C, Wang P A, Xu J X, Zhang J Q, Xu M L. 2006. Geological characteristics and mineralization age of the Taozikeng tungsten deposit in Chongyi county, southern Jiangxi Province, China. Geological Bulletin of China, 25(4): 496 ~ 501 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Zhengshu. 1990. Geological features and mineralization types of the Yanbei tin deposit in Huichang County, Jiangxi Province. Mineral Deposit, 9(4): 325 ~ 330 (in Chinese).

References

- Chen Fuwen, Fu Jianming. 2005. Geological And Petrochemical Characteristics Of Main Mesozoic Tin-Mineralized Granitoids And Regional Metallogenic Regularities In Nanling Region. Geology And Mineral Resources Of South China, (2): 12 ~ 21 (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Zhang Hongliang, Lin Xinduo, Bai Ce, Li Congyou. 1989. The geology of nonferrous and rare metals related with the Mesozoic granitoid in the Nanling Region. Beijing: Geol. Publ. House, 1 ~ 508 (in Chinese).
- Huang Changli, Tang Weixin, Gui Yongnian, Wang Yanping, Ye Jingping, Xiang Changpei. 1997. Huichang Yanbei-type porphyry tin