

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

赣南大吉山花岗岩成岩与钨矿成矿年龄的研究

张文兰¹⁾, 华仁民¹⁾, 王汝成¹⁾, 陈培荣¹⁾, 李惠民²⁾

1) 南京大学内生金属矿床成矿作用研究国家重点实验室, 210093

2) 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 300170

内容提要:大吉山是赣南著名的钨—铌钽矿床, 多年以来, 由于受测试技术的限制, 对该矿床的成矿年龄以及成矿有关的大吉山花岗岩的成岩年龄缺乏系统和精确的研究。本文利用单颗粒锆石 U-Pb 同位素方法对大吉山补体花岗岩(钨—铌钽矿体的母岩)进行了成岩年龄测定, 获得其侵位年龄为 151.7 ± 1.6 Ma; 利用快中子活化法对大吉山钨矿主矿脉中的云母进行了 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 地质年龄测定, 获得了大吉山钨矿主矿脉的成矿年龄为 144 Ma 和 147 Ma。根据这套数据, 结合钨矿主矿脉、钨—铌钽矿化和大吉山主体、补体花岗岩的空间产状, 对它们的形成顺序进行了讨论。大吉山的花岗岩成岩与钨矿成矿年龄数据表明, 它们是华南燕山中期陆壳重熔型花岗岩岩浆活动及相关的中生代第二次大规模成矿作用的产物。

关键词:大吉山钨矿; 补体花岗岩; 成矿年龄; 成岩年龄

大吉山是赣南著名的大型钨—铌钽矿床, 前人的大量研究成果表明, 大吉山钨—铌钽矿床与大吉山花岗岩有密切的成因关系(卢焕章等, 1974; 章崇真, 1974, 1975; 莫柱孙等, 1980; 孙恭安, 1985; 陈毓川等 1989; 滕建德, 1990; 庄龙池等, 1991)。长期以来, 大吉山花岗岩体被认为是燕山早期形成的, 并可划分为三期: 第一期为五里亭中粗粒黑云母花岗岩, 第二期(主体)为大吉山中细粒白云母花岗岩, 第三期(也称大吉山补体, 或 69# 岩体)为大吉山细粒白云母花岗岩; 第二、三期又统称大吉山花岗岩。划分该三期花岗岩的根据主要是孙恭安等(1985)利用全岩 Rb-Sr 等时线法测得三者的成岩年龄分别为 167 Ma、161 Ma 和 159 Ma。

邱检生等(2004)、张文兰等(2004)分别利用单颗粒锆石 ELA-ICP-MS 和锆石 U-Pb 同位素方法, 测得五里亭花岗岩的成岩年龄为 237.5 ± 4.8 Ma 和 238.4 ± 0.8 Ma, 由此可见, 原先被视为大吉山花岗岩体第一期的五里亭花岗岩应该是印支期岩浆活动产物, 而且它与大吉山钨—铌钽矿床并没有直接的成因联系。因此, 本文所论述的大吉山花岗岩已将五里亭花岗岩排除在外, 而仅包括与钨—铌钽矿床有成因关系的大吉山主体和补体花岗岩。

关于大吉山主体和补体花岗岩的年龄以及大吉山钨—铌钽矿床的成矿年龄, 近年来很少报道。李华

芹等(1993)曾利用矿石中石英流体包裹体的 Rb-Sr 等时线方法对大吉山钨矿的成矿年龄进行了测试, 获得的成矿年龄为 150 Ma。

为了进一步深入认识大吉山花岗岩及相关的钨—铌钽成矿作用之间的时空关系、矿化延续时间、成矿期次和成矿阶段的划分等问题, 本文采用了单颗粒锆石 U-Pb 定年方法, 对与钨—铌钽成矿密切相关的大吉山补体花岗岩进行了定年研究, 并利用钨矿脉中与黑钨矿共生的脉石矿物云母进行了 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素定年, 以测定大吉山钨矿的成矿年龄, 并据此对大吉山钨矿与大吉山花岗岩主体和补体之间的生成关系进行了讨论。

1 地质背景

大吉山花岗岩位于江西南部与广东的交界处。依据前人的工作, 大吉山花岗岩可分为主体和补体两个期次(陈毓川等, 1989), 但二者都未出露地表, 所以相互的空间关系并不清楚。大吉山主体花岗岩隐伏在大吉山钨矿主矿脉的底部, 仅有钻孔揭露; 而大吉山补体花岗岩已部分被采矿坑道所揭露。它们侵入的围岩均为泥盆系碎屑岩和寒武系的浅变质岩系(图 1)。

大吉山主体花岗岩为浅色中细粒白云母碱长花岗岩, 主要造岩矿物为纯净的钠长石; 云母以白云母

注: 本文为国家重点基础研究发展规划项目(编号 1999CB403209)和国家自然科学基金资助项目(编号 40572057)的成果。

收稿日期: 2005-12-23; 改回日期: 2006-03-17; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 张文兰, 女, 1957 年生。博士, 副研究员。主要从事矿物微区分析和矿床地球化学研究。Email: zhangwl@nju.edu.cn。

为主,平均 $\text{FeO} = 6.6\text{wt}\%$,属含铁白云母,并以包裹副矿物磷灰石+金红石+氟碳钙铈矿(或闪锌矿)为特征,表明为原生含铁白云母;黑云母含量很低。大吉山补体花岗岩主要组成矿物斜长石的牌号 $\text{An} = 1.58 \sim 3.36\%$,为较纯净的钠长石;云母类矿物全部为白云母,白云母中不含任何副矿物,表明可能为热液蚀变形形成,事实上,大吉山补体花岗岩本身即为 Nb-Ta 矿体。

大吉山主体和补体花岗岩的岩石地球化学特征均表现为富硅、富碱和铝过饱和。有关大吉山花岗岩主量、微量和稀土元素的具体特征,笔者等已有另文发表(华仁民等,2003)。

2 大吉山补体花岗岩的成岩年龄测定

大吉山补体花岗岩为细粒白云母花岗岩,由于

富含铌钽类矿物,因此也是大吉山铌钽矿的矿体。该岩体中的锆石含量非常低,仅 1.2 g/t (孙恭安等,1985),而且颗粒细小,多为细长柱状,其横断面一般都在 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 之间或更小,这也是本文在测试方法上选择单颗粒锆石 U-Pb 稀释法同位素定年、而没有选择 ELA-ICP-MS 和离子探针 U-Pb 定年的主要原因。样品挑选和分析流程可参阅笔者对五里亭岩体进行 U-Pb 定年的相关内容(张文兰等,2004)。大吉山补体花岗岩中锆石的颗粒虽小,但类型比较复杂(图 2)。样品分析共选择了七组锆石,每组锆石的编号与表 1 中点号对应,每组锆石的特征详细描述见表 1 中内容,年龄测定结果见表 1 和图 3。

从表 1 中的数据可知,1~3 号点锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 都获得了比较一致的表面年龄,分

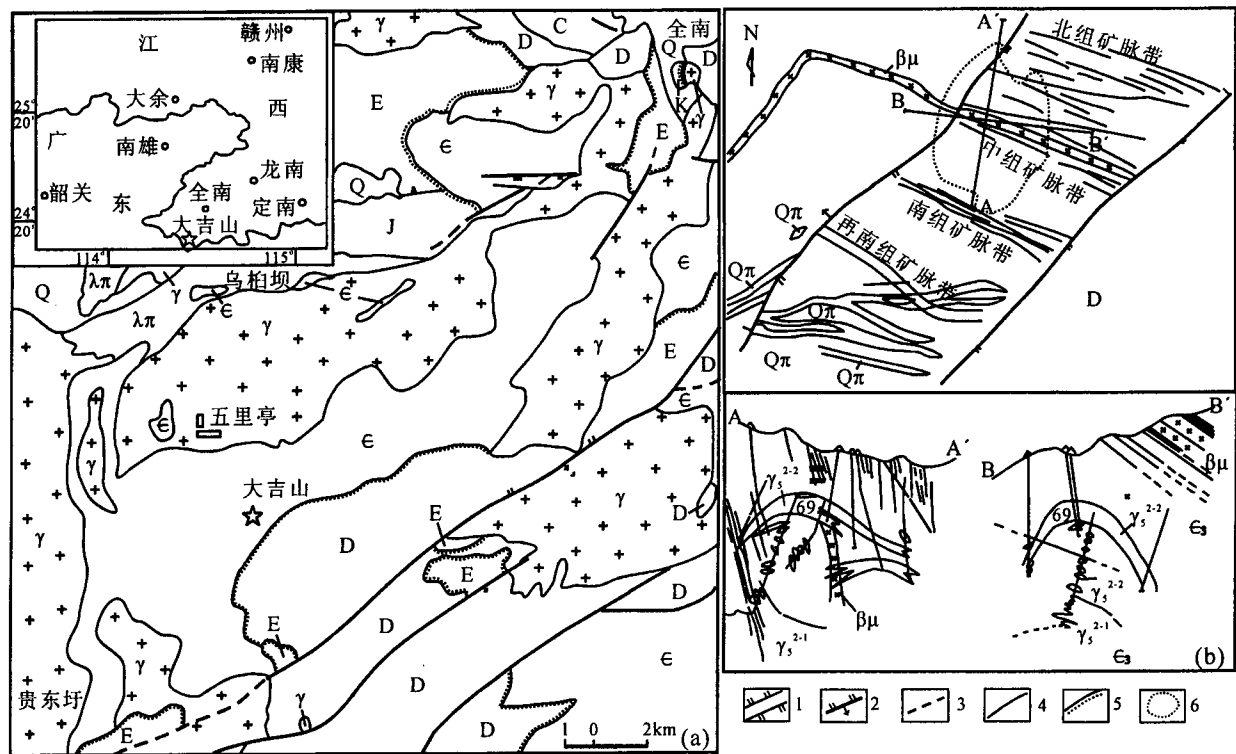


图 1 (a)大吉山钨矿地质图,(b)为(a)中★放大的大吉山钨矿区平面和剖面图(据孙恭安等,1985)

Fig. 1 (a) Regional geological map of Dajishan tungsten deposit, (b) plane and section map of the Dajishan tungsten deposit (after Sun Gong'an et al., 1985)

1—张性、压性断层;2—逆断层;3—性质不明断层;4—地质界线;5—不整合地质界线;6—69号隐伏矿体界限; γ —花岗岩; γ_1^{1-1} —大吉山主体花岗岩; γ_2^{2-2} —大吉山补体花岗岩; $\lambda\pi$ —花岗斑岩; $Q\pi$ —石英斑岩; $\beta\mu$ —变辉绿岩; Q —第四系; E —古近系; K —白垩系; J —侏罗系; C —石炭系; D —泥盆系;●—寒武系;寒武系上统;★—大吉山矿区

1—gaping-compressive fault;2—reversal fault;3—indetermined fault;4—geological boundary;5—unconformity;6—boundary of 69 insidious ore body; γ —granite; γ_1^{1-1} —Dajishan main granite; γ_2^{2-2} —Dajishan patched granite body; $\lambda\pi$ —granite-porphry; $Q\pi$ —quartz porphyry; $\beta\mu$ —altered dolerite; Q —Quaternary; E —Eogene; K —Cretaceous; J —Jurassic; C —Carboniferous; D —Devonian;●—Cambrian;upper Cambrian;
★—Dajishan deposit

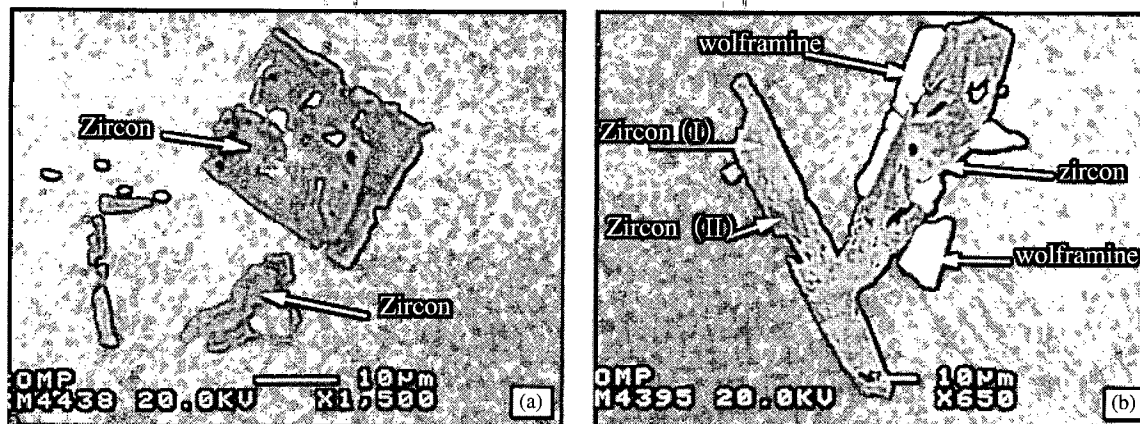


图 2 大吉山补体花岗岩中锆石的背散射电子照片

Fig. 2 BSE image of the zircon from the Dajishan patched granite

(a) 锆石的横截面, (b) 为具蚀变特征的锆石: Zircon (I) 为没蚀变的区域, Zircon (II) 为遭受蚀变的区域

(a) cross section of zircon; (b) image of unaltered region (I) and altered region (II) of zircon

别为 149.4~152.3 和 150.2~152.3 Ma, 1~3 号点锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 151.7 ± 1.6 Ma。而第 4、5、6 号点的锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表

面年龄比较低, 而且相差较大, 分别为 146.9 Ma、133.2 Ma、123.9 Ma, 根据上面这三组锆石的特征描述, 随着年龄值的降低, 它们也由透明状过渡到半

表 1 赣南大吉山补体花岗岩中单颗粒锆石 U-Pb 同位素

Table 1 U-Pb isotope of the single grain zircon from Dajishan patched granite, South Jiangxi

点号	锆石特征	样品质量 (μg)	U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Pb ^① (ng)	同位素 * 比值 (以 mol 为单位)					表面年龄 (Ma)		
						$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	浅黄色透明长柱状自型晶体	20	1075	27	0.050	663	0.0987	0.02345 ± 0.00066	0.1594 ± 0.0069	0.04930 ± 0.00145	149.4	150.2	162.32
2	浅黄色透明短柱状自形晶体	20	1130	32	0.110	325	0.09737	0.02391 ± 0.00031	0.1619 ± 0.0033	0.04911 ± 0.00070	152.3	152.3	152.9
3	浅黄色透明短柱状自形晶体	10	1195	32	0.039	485	0.1058	0.02377 ± 0.00058	0.1614 ± 0.0061	0.04924 ± 0.00129	151.5	151.9	159.1
4	浅黄色透明短柱状自型晶体	10	2479	71	0.110	344	0.1642	0.02305 ± 0.00056	0.1560 ± 0.0059	0.04907 ± 0.00128	146.9	147.2	151.3
5	浅黄色半透明短柱状自型晶	10	2501	60	0.066	520	0.1430	0.02088 ± 0.00056	0.1409 ± 0.0058	0.04893 ± 0.00140	133.2	133.8	144.5
6	浅黄色半透明细长柱状自型晶	10	2496	53	0.052	610	0.08969	0.01941 ± 0.00056	0.1323 ± 0.0059	0.04842 ± 0.00151	123.9	126.0	167.7
7	浅黄色透明短圆柱状自形晶	5	1367	54	0.035	442	0.1040	0.0348 ± 0.0010	0.243 ± 0.011	0.0507 ± 0.0015	220	221	227

① 样品中总的普通铅含量; * 为放射成因铅, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白 ($\text{Pb}=0.050\text{ng}$, $\text{U}=0.002\text{ng}$) 及稀释剂作了校正, 表中误差为 2σ 绝对误差。

其中 (1) 1-3 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值: 151.7 ± 1.6 Ma; (2) 1-4 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值: 150.3 ± 3.5 Ma; (3) 5 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值: 133.2 ± 3.6 Ma; (4) 6 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值: 123.9 ± 3.6 Ma; (5) 7 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值: 220 ± 6 Ma。

分析单位: 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 分析人: 李惠民。说明: 在锆石 U-Pb 年龄计算中必须扣除非放射成因的普通铅。这些普通铅主要由两部分组成, 即① 实验室铅空白; ② 锆石的初始普通铅。扣除实验室铅空白时按实际测定的实验室铅空白同位素组成 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.91 \pm 1$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.55 \pm 0.5$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=37.71 \pm 1.5$) 扣除。扣除锆石的初始普通铅时则按 Stacey and Kramers (1975) 模式扣除。

透明状,笔者认为:这可能是由于锆石形成后,遭受了后期热液蚀变(见图 2 中右边照片说明),造成了不同程度放射性成因 Pb 的丢失而导致年龄偏低。实际情况也是如此,矿体的形成经历了多次的热液活动,而每次的活动必然要留下一些痕迹。笔者认为 4 号点、5 号点和 6 号点锆石的表面年龄有可能代表了三次热液活动的时间,而这三次热液活动的事件依次为 146.9 Ma、133.2 Ma、123.9 Ma,其强度也越来越大,因此这三个点锆石的 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 数据均不理想,表面年龄不能达到一致。第 7 号点锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 也获得了比较一致的表面年龄,其表面年龄加权平均值为 220 ± 6 Ma,这组数据的出现,可能表明该岩体中有印支期的残留锆石,而其附近确有五里亭岩体等印支期花岗岩。

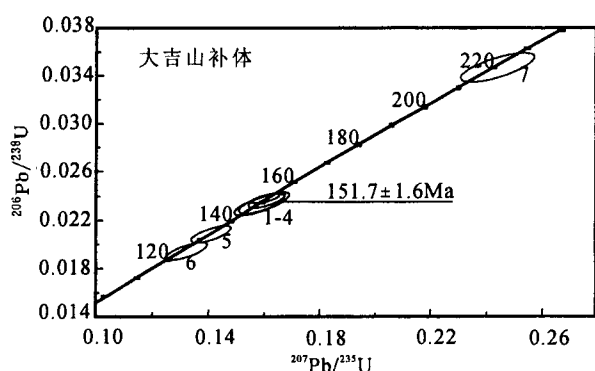


图 3 大吉山补体单颗粒锆石 U-Pb 同位素测定结果的谐和图

Fig. 3 Concordia plot for single grain zircon from the Dajishan patched granite

结合前人的资料、华南燕山期大规模花岗岩活动的峰值年龄和相应的成矿年龄的数据,并根据表 1 中 1~3 组锆石的重量明显高于其他几组锆石,表明这三组锆石确实能代表该岩体的锆石主体,因此选取了 1~3 号点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄的加权平均值 151.7 ± 1.6 Ma 作为大吉山补体花岗岩的侵位年龄,这个数据比孙恭安(1985)的全岩 Rb/Sr 等时线年龄 159 ± 5 Ma 年轻了约 7 Ma,但仍属于燕山中期—南岭地区陆壳重熔型花岗岩类最大规模活动期(华仁民等, 2005a)的产物。

3 大吉山钨矿的成矿年龄测定

大吉山矿床的成矿年龄数据很少,前人大多数用大吉山花岗岩成岩年龄来推断。李华芹等(1993)利用热液矿床中流体包裹体中的 Rb-Sr 等时线方法

对华南代表性的热液矿床的成矿年代进行了测试,获得大吉山钨矿的成矿年龄为 150 Ma。本文为了获得更为可靠的成矿年龄,利用钨矿脉中与黑钨矿共生的云母单矿物进行了 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年龄测定,并对成矿年龄和与大吉山主体与补体花岗岩之间的生成关系进行了讨论。

3.1 样品情况与分析方法

作者在大吉山钨矿 417 中段选择了两件代表性样品,其一为 DJ-08 样品,产于寒武系围岩中较细的矿脉;其二为 DJ-09 样品,采自粗大的主矿脉中。两件样品中的云母结晶较好,稍经粉碎即可挑选出很纯的云母单矿物。样品是在中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 定年实验室进行测试,仪器为英国 VSS 公司的 RGA-10 气体源质谱仪,测试方法为快中子活化法。分析方法采用的是年龄谱法和等时线法。年龄谱法是采用阶段升温法,对每个温度阶段释放的氩进行纯化和质谱测定。这样对任何一个样品可以得到一系列表面年龄。若以这些表面年龄为纵坐标,以与这些表面年龄相对应的、释放出的氩的累积百分数为横坐标,即可得到样品的年龄谱图。年龄谱图中 Ar 释放量占据 50% 以上的坪年龄的平均值应代表样品的真实年龄。

等时线法也是用照射样品在阶段升温过程中释放气体的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 计算得出,原理和计算公式见沈渭洲(1997,)样品的分析流程见桑海清等(1994)。

3.2 分析结果

DJ-08 号样品进行了 10 个阶段加热测试,DJ-09 号样品经过了 11 阶段的加温测试,分析结果列于表 2。

从表 2 的测试结果可知,DJ-08 号样品在 $500^\circ \sim 700^\circ$ 三个低温阶段的 ^{39}Ar 析出率较低,它们给出的表面年龄不具地质年代意义。其余 7 个温度阶段($800 \sim 1300^\circ$)的析出率较高,约占总析出率的 85%。所获得的坪年龄为 144.4 ± 0.5 Ma(图 4A)。由该 7 个加热阶段数据点计算的等时线年龄为 144.0 ± 0.7 Ma,其相关系数 $r = 0.9997$,说明拟合程度非常好(图 4B);同时还给出了反等时线的年龄为 143.8 ± 0.2 Ma(图 4C)。由于正、反等时线年龄与坪年龄非常接近,证明坪年龄和等时线年龄是准确可靠的,144 Ma 可以代表该样品的形成年龄,也代表了矿床的成矿年龄。

DJ-09 号样品经过了 11 个阶段的加温,该样品在低温阶段 $400^\circ \sim 600^\circ$ 和高温阶段 1450° 的 ^{39}Ar 析出率较低,它们给出的视年龄不具地质年代意义,而

表 2 大吉山石英黑钨矿脉中云母样品 ^{40}Ar — ^{39}Ar 快中子活化法地质年龄数据表Table 2 ^{40}Ar — ^{39}Ar geological age data of the mica in the quartz vein wolframite from Dajishan

样品	加热阶段	加热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$\left(\frac{^{40}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{36}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{38}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$^{39}\text{Ar}_k$ ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	$\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{39}\text{Ar}_k} \pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_k$ (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
DISH-08	1	500	46.206	0.1379	0.4883	0.4172	0.672	5.666 ± 0.02	2.87	107.77 ± 3.38
	2	600	34.878	0.0975	0.4014	0.3219	0.950	6.210 ± 0.02	4.06	117.61 ± 2.95
	3	700	29.056	0.0754	0.3539	0.2622	1.229	6.870 ± 0.01	5.25	129.85 ± 2.77
	4	800	20.212	0.0425	0.2280	0.1553	2.180	7.692 ± 0.01	9.31	144.79 ± 2.24
	5	900	15.833	0.0277	0.1850	0.1083	4.175	7.653 ± 0.00	17.8	144.08 ± 1.94
	6	1000	13.600	0.0199	0.1500	0.0851	5.799	7.703 ± 0.00	24.7	144.99 ± 1.84
	7	1100	14.827	0.0241	0.2191	0.1082	3.363	7.721 ± 0.00	14.3	145.31 ± 1.96
	8	1200	15.217	0.0260	0.2030	0.1078	2.667	7.536 ± 0.00	11.3	141.96 ± 1.91
	9	1300	23.461	0.0538	0.3062	0.1523	1.507	7.652 ± 0.01	6.44	143.57 ± 2.20
	10	1300	35.675	0.0945	0.4034	0.2243	0.858	7.864 ± 0.01	3.68	147.90 ± 2.82
DISH-09	1	400	59.545	0.1818	0.5749	0.4181	0.510	6.101 ± 0.03	2.39	$115.773.63 \pm$
	2	500	35.128	0.1025	0.4226	0.2641	0.904	4.976 ± 0.01	4.24	94.98 ± 2.06
	3	600	27.115	0.0673	0.3759	0.2403	1.206	7.331 ± 0.01	5.66	138.24 ± 2.76
	4	700	19.64	0.0411	0.2435	0.1517	1.971	7.650 ± 0.01	9.25	144.03 ± 2.20
	5	800	18.952	0.0380	0.2226	0.1352	2.435	7.742 ± 0.00	11.4	145.68 ± 2.12
	6	900	15.384	0.0256	0.1474	0.0907	4.523	7.828 ± 0.00	21.2	147.25 ± 1.89
	7	1000	16.666	0.0299	0.2095	0.1026	3.479	7.834 ± 0.00	16.3	147.35 ± 1.95
	8	1100	17.479	0.0325	0.2399	0.1146	2.853	7.909 ± 0.01	13.3	148.71 ± 2.04
	9	1200	19.333	0.0388	0.2896	0.1466	2.087	7.895 ± 0.01	9.79	148.46 ± 2.23
	10	1300	38.947	0.1052	0.5346	0.3000	0.881	8.014 ± 0.01	4.13	150.60 ± 3.54
	11	1450	61.538	0.1794	0.7666	0.4256	0.452	8.797 ± 0.01	2.12	164.67 ± 5.18

注:DJSh-08 照射系数 $J=0.010863$; DJSh-09 照射系数 $J=0.010863$; 样品由中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 同位素研究室桑海清测定,测试仪器:英国 RGA-10 气体质谱计(VSS),样品重量:0.0933g, $\lambda=5.543 \text{ e}^{-10}\text{a}^{-1}$ 。

其余 7 个温度阶段 Ar 析出率较高,约占 90%。该 7 个温度阶段得到的坪年龄为 $147.17 \pm 0.59 \text{ Ma}$ (图 4D)。与此对应的 7 个数据构成的等时线年龄为 $146.93 \pm 1.08 \text{ Ma}$ (图 4E),等时线的拟合系数 $r=0.9994$,拟合的非常好,反等时线年龄为 $146.66 \pm 0.23 \text{ Ma}$ (图 4F),三个年龄数据也相当一致,因此 147 Ma 也可代表成矿年龄。

DJ-08 和 DJ-09 两个样品的成矿年龄分别为 144 Ma 和 147 Ma,两个年龄值相差约 3 Ma,在误差范围内基本一致;对照前文描述的两个样品的地质产状,这一间隔也可能代表了成矿作用过程的延续时间。

4 结论与地质意义讨论

通过对大吉山补体花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄和大吉山钨矿脉中云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法地质年龄数据分析,获得大吉山补体花岗岩的侵位时间为 $151.7 \pm 1.6 \text{ Ma}$;大吉山主体钨矿脉的形成时间为 147~143 Ma。显然,钨的成矿作用比大吉山补体花岗岩的侵入时间晚,比大吉山主体花岗岩的侵位时间应更晚。

对于钨锡—铌钽共生在一起的矿床而言,传统的观点认为:在成矿时间上是铌钽在先,钨锡在后;在空间上是铌钽在下,钨锡在上。由于大吉山补体花岗岩本身就是铌钽矿体,所以补体花岗岩的侵位时间($151.7 \pm 1.6 \text{ Ma}$)可以近似地作为铌—钽的成矿时间,因此,大吉山钨—铌钽成矿作用在时间上与传统的“早铌钽,晚钨锡”观点相吻合。但在空间上,铌钽矿体离开了钨矿的成矿母岩,以独立的小岩体(补体)产在了钨矿脉的上部,这又似乎与传统的观点相悖。大吉山补体花岗岩体规模很小,只有 0.391 km^2 ,不可能形成如此大的钨矿体,因此,笔者等认为大吉山钨矿的成矿母岩应为大吉山主体花岗岩,而非大吉山补体花岗岩。如前所述,大吉山钨的主成矿时间(147~143 Ma)既然晚于大吉山补体花岗岩的侵入时间(151.7 Ma),则必定更晚于其成矿母岩—大吉山主体花岗岩的侵位时间。钨的成矿作用与相关的花岗岩之间存在较长的时间差。

近来,华仁民等(2005a,2005b)将华南燕山期划分为早、中、晚三期,又将中期划分为两个阶段,第一阶段(170~150 Ma)以大规模陆壳重熔型花岗岩侵位为主,但成矿较少,第二阶段(150~140 Ma)发生

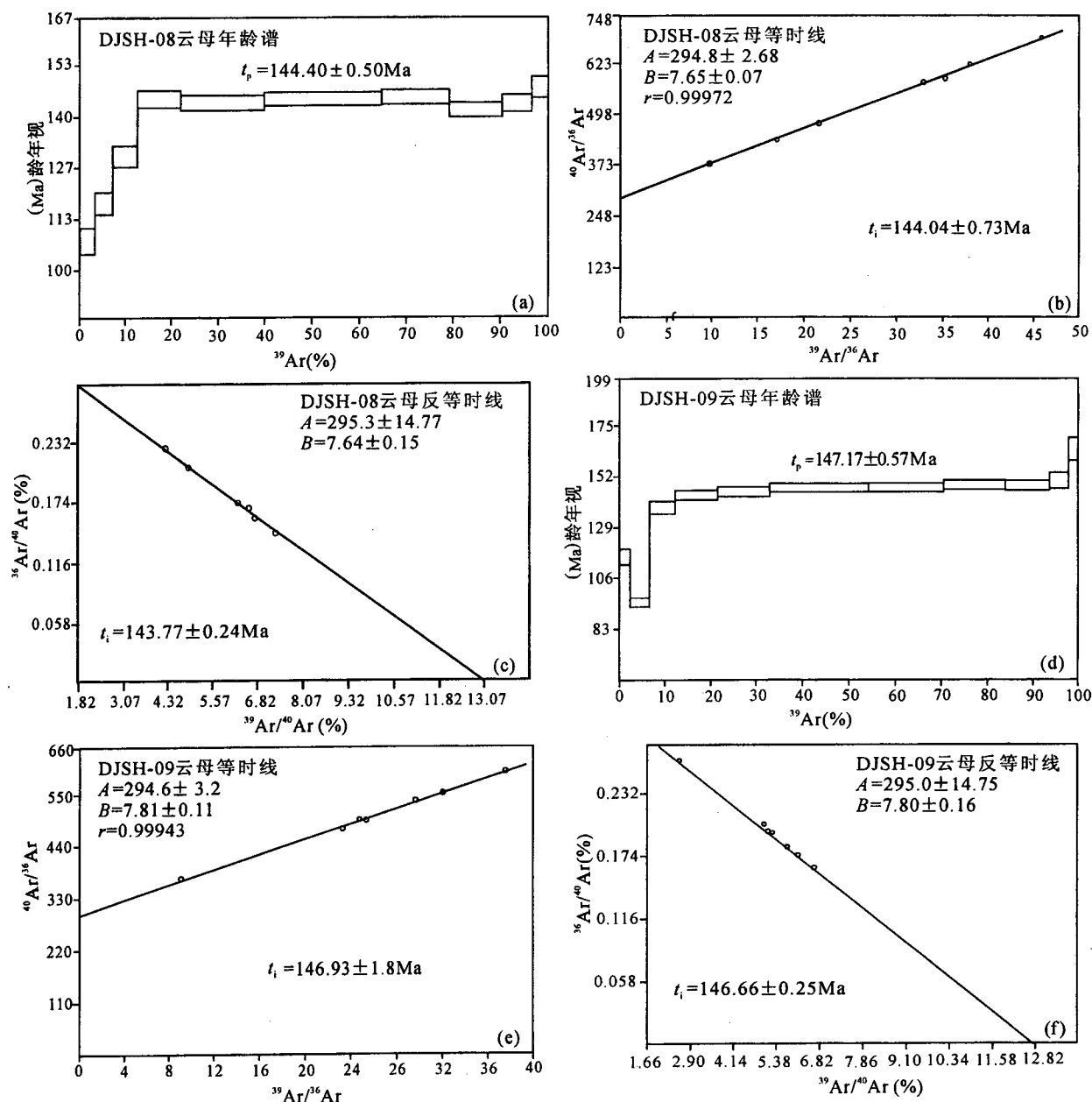


图 4 大吉山钨矿脉 DJSH-08 和 DJSH-09 云母样品 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱

Fig. 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectrum of the mica in DJSH-08 and DJSH-09 sample from Dajishan tungsten deposit

(a)、(b)和(c)分别为 DJSH-08 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱图、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线图 and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 反等时线图 (d)、(e)和(f)分别为 DJSH-09 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱图、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线图 and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 反等时线图

(a)、(b)and(c)showing $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages spectrum, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isochron and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ reverse isochron of DJSH-08, respectively. (d)、(e) and (f)showing $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages spectrum, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isochron and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ reverse isochron of DJSH-09, respectively

了大规模的 W、Sn 及其他稀有金属成矿作用。大吉山钨矿地处南岭东段的赣南地区,大吉山主体和补体花岗岩都是燕山中期第一阶段侵位的陆壳重熔型花岗岩。由于未采集到大吉山主体花岗岩的重砂样品,本文没有对它进行定年,但是从地质关系来看,大吉山主体花岗岩应稍早于补体花岗岩。本文所测大吉山补体花岗岩成岩年龄为 $151.7 \pm 1.6 \text{ Ma}$,则

大吉山主体花岗岩也侵位于燕山中期第一阶段应当没有问题。而大吉山钨矿的成矿年龄(144 Ma 和 147 Ma),则证明它是南岭燕山中期第二阶段、亦即华南中生代第二次大规模(W-Sn 等稀有金属)成矿作用的典型代表。

致谢:本文野外调研工作得到了江西有色地勘局韦星林副局长、二队王定生总工,大吉山钨矿滕建

德总工、袁善德科长等许多同行的大力支持和帮助,在此向他们致以衷心感谢。

参 考 文 献

- 陈毓川,裴荣富,张宏良,林新多,白鸽,李崇佑,胡永嘉,刘姝群,洗柏琪. 1989. 南岭地区与中生代花岗岩有关的有色及稀有金属矿床地质. 北京:地质出版社,1~508.
- 华仁民,张文兰,陈培荣,王汝成. 2003. 赣南大吉山与漂塘花岗岩及有关成矿作用特征对比. 高校地质学报,9(4):609~619.
- 华仁民,陈培荣,张文兰,姚军明,林锦富,张展适,顾晟彦. 2005a. 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. 高校地质学报,11(3):291~304.
- 华仁民,陈培荣,张文兰,陆建军. 2005b. 论华南地区中生代三次大规模成矿作用. 矿床地质,24(2):99~107.
- 李华芹,刘家齐,魏林. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用. 北京:地质出版社,1~26.
- 卢焕章,施继锡,喻茨玫. 1974. 华南某矿区成岩成矿的温度. 地球化学,(3):145~153.
- 莫柱孙,叶伯丹,潘维祖,汪绍年,庄锦良,高秉璋,刘金全,刘文章. 1980. 南岭花岗岩地质学. 北京:地质出版社,115~153.
- 邱检生,McInnes BIA,徐夕生,Allen C M. 2004. 赣南大吉山五里亭岩体的锆石 ELA-ICP-MS 定年及其与钨成矿关系的新认识. 地质论评,50(2):125~133.
- 桑海清,王松山,胡世玲,裘冀. 1994. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年方法及 Ar 同位素质谱分析. 质谱学报,15(2):17~27.
- 沈渭洲. 1997. 同位素地质学教程. 北京:原子能出版社,44~45,29~30.
- 孙恭安,史明魁,张宏良,胡雄伟. 1985. 大吉山花岗岩体岩石学、地球化学及成矿作用的研究南岭地质矿产报告集. 武汉:中国地质大学出版社,326~363.
- 滕建德. 1990. 大吉山矿区矿化垂直带状分布. 矿山地质,11(2):13~24.
- 章崇真. 1974. 某地钽铌钨铍矿花岗岩. 地球化学,(4):249~257.
- 章崇真. 1975. 某钽铌钨铍矿花岗岩岩石化学特征. 地球化学,(2):249~257.
- 张文兰,华仁民,王汝成,李惠民,陈培荣. 2004. 江西大吉山五里亭花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄及其地质意义探讨. 地质学报,78(3):352~359.
- 庄龙池,林伟圣,谢廷焕. 1991. 大吉山钨矿稳定同位素地球化学. 见:中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊,(16). 北京:地质出版社,109~120.

New Dating of the Dajishan Granite and Related Tungsten Mineralization in Southern Jiangxi

ZHANG Wenlan¹⁾, HUA Renmin¹⁾, WANG Rucheng¹⁾, CHEN Peirong¹⁾, LI Huimin²⁾

1) The state Key Lab of Mineral Deposits Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, 210093

2) Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Geological Survey of China, 300170

Abstract

The Dajishan tungsten deposit is in a well-known tungsten ore-forming district in China. Because of technology restriction, little work has been done on the ages of ore-forming and related granite in Dajishan for a long time. By means of the single-zircon U-Pb isotopic method, the intrusion age is reported in this paper, which is 151.7 ± 1.6 Ma for a patched granite body (the source granite for Nb-Ta). And by the quick neutron mobilization method, an $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ age of mica from the major ore vein is determined, yielding ore-forming ages of 144 Ma and 147 Ma. Combining these age data with the occurrences of the main granite body, the patched body, the major ore veins and Nb-Ta mineralization, the paper discusses their formation orders and relationships. These data also show that the Dajishan granite and its related mineralizations belong to the result of magmatism in the middle Yanshanian stage and a part of the secondary large-scale mineralization in the Mesozoic.

Key words: Dajishan; tungsten deposit; granite; ore-forming; age; Jiangxi