

文章编号: 0254 - 5357(2012)05 - 0915 - 07

# 浙江临安夏色岭钨矿含矿岩体特征及 LA - ICP - MS 锆石铀 - 铅年代学研究

黄国成<sup>1,2</sup>, 王登红<sup>3\*</sup>, 吴小勇<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 浙江省地质调查院, 浙江 杭州 311203;

3. 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

**摘要:** 夏色岭钨矿是浙江省内已知规模最大的石英脉型钨矿, 其形成与夏色岭花岗岩体关系密切, 前人对该岩体的年代学研究方法比较局限。本研究采集了夏色岭钨矿区的新鲜花岗岩样品, 从岩石的矿物学特征及地球化学特征出发, 讨论了岩体与成矿作用之间的关系。通过分析精度更高、结果更可靠的激光剥蚀 - 电感耦合等离子体质谱(LA - ICP - MS)锆石 U - Pb 测年技术, 获得<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 加权平均年龄为(126.9 ± 1.7) Ma, 表明为燕山晚期早阶段(早白垩世)的产物, 结合区域上的找矿成果, 对本地区的地质找矿具有一定指导意义。

**关键词:** 夏色岭花岗岩; LA - ICP - MS; U - Pb 测年; 燕山晚期

中图分类号: P597.3; P619.222

文献标识码: A

## Characteristics and LA-ICP-MS Zircon U-Pb Geochronology Study of Metallogenic Intrusion in the Xiaseling Tungsten Deposit in Lin'an, Zhejiang Province

HUANG Guo-cheng<sup>1,2</sup>, WANG Deng-hong<sup>3\*</sup>, WU Xiao-yong<sup>2</sup>

(1. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 2. Zhejiang Institute of Geological Survey, Hangzhou 311203, China;

3. Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resource Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract:** The Xiaseling tungsten deposit is the largest discovered quartz-veined tungsten deposit in Zhejiang Province, which is closely related to Xiaseling Granite. The geochronological study on this granite has been very limited in previous studies. Fresh granite samples were collected from the Xiaseling tungsten deposit. The relationship between Xiaseling Granite and mineralization is discussed by mineralogy and geochemical characteristics of the rocks. The in-situ zircon U-Pb dating was performed with Laser Ablation-Multicollector Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (LA-MC-ICPMS) with higher accuracy and greater reliability than previously achieved. Our result indicates that the weighted average <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U ages for zircons from the Xiaseling granite is (126.9 ± 1.7) Ma, suggesting the granite was intruded in the early stage of the late Yenshanian Period of the early Cretaceous era. Together with regional prospecting findings, it is also important for ore exploration work in this area.

**Key words:** Xiaseling granite; Laser Ablation-Multicollector Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry; U-Pb Dating; late Yenshanian

收稿日期: 2012 - 02 - 27; 接受日期: 2012 - 03 - 01

基金项目: 深部探测技术与实验专项《南岭成矿带地壳岩浆系统结构探测实验》(SinoProbe - 03 - 01); 中国地质大调查项目《我国重要矿产和区域成矿规律研究》(1212010633903); 全国危机矿山接替资源找矿项目(20089946)

作者简介: 黄国成, 博士研究生, 主要从事矿床地质和成矿预测研究。E-mail: dafengem@sina.com.

通讯作者: 王登红, 研究员, 博士生导师, 主要从事矿产资源研究。E-mail: wangdenghong@sina.com.

浙江临安夏色岭钨矿位于下扬子成矿省武功山—杭州湾成矿带<sup>[1]</sup>,大地构造位置隶属于下扬子陆块区浙西陆缘斜坡带,是20世纪60年代由浙江省区调大队开展临安幅1:20万区域地质调查与矿产普查过程中发现的石英脉型钨矿,也是目前浙江省内已发现的规模最大的钨矿。迄今为止,前人只在早期对夏色岭钨矿及其外围开展了一定量的工作,主要是围绕区域成矿地质条件及扩大找矿远景区而开展的预测工作,对于矿区内成岩成矿的年代学研究很少,制约了深部找矿工作的突破。本研究从夏色岭钨矿含矿岩体特征出发,结合岩体单颗粒锆石激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)的U-Pb测年技术,对其成矿时代、成矿物质来源和成矿动力学过程进行初步探讨。

### 1 矿区地质特征

夏色岭钨矿位于临安顺溪岩基的南部,千亩田钨矿以东约4.5 km处,成矿地质条件与千亩田钨矿有诸多相似之处。矿体均产于花岗岩体穹状凸起的内变质带到外变质带,与岩浆期后热液关系密切,呈平行脉状分布。但夏色岭钨矿的赋矿层位及

构造格架等又有独特之处,矿区地质略图见图1。

夏色岭钨矿区内主要出露的地层有南华系南沱组含砾角岩(Nh<sub>2</sub>n-Hr)、震旦系陡山沱组灰质白云岩(Z<sub>1</sub>d-Do)和灯影组灰岩(Z<sub>2</sub>d-Ls)。其中南沱组含砾角岩为夏色岭脉状钨矿体的主要容矿围岩,其原岩为一套灰绿-深灰色含砾砂岩、含砾泥质粉砂岩,经接触热变质作用形成含砾角岩,具有较强的刚性,破碎后为钨矿的形成提供容矿空间。这一特征可以用来指导今后的找矿和钻探工程布置,该地区南沱组含砾角岩中应注意寻找裂隙充填石英脉型钨矿<sup>[3]</sup>。

由于经历了加里东、印支及燕山运动,区域上形成南北向、北东向、北北东向三组构造叠加的构造格架。矿区内主要保留了北东、北北东向的断裂构造。其中,F<sub>8</sub>控制了花岗岩的侵入与定位,其继承活动产生了次一级的断裂构造——F<sub>20</sub>、F<sub>19</sub>、F<sub>14</sub>及在两断层之间断块中形态各异的构造裂隙系统。矿区东侧隐伏岩体沿F<sub>20</sub>及F<sub>14</sub>侵入、定位,随其侵入、改造,产生了一些新的裂隙,并带来了新的成矿物质。后者充填在与隐伏岩体局部走向一致的一组裂隙中,形成脉状钨矿。此外,在F<sub>8</sub>和F<sub>19</sub>之间存在一个反S型

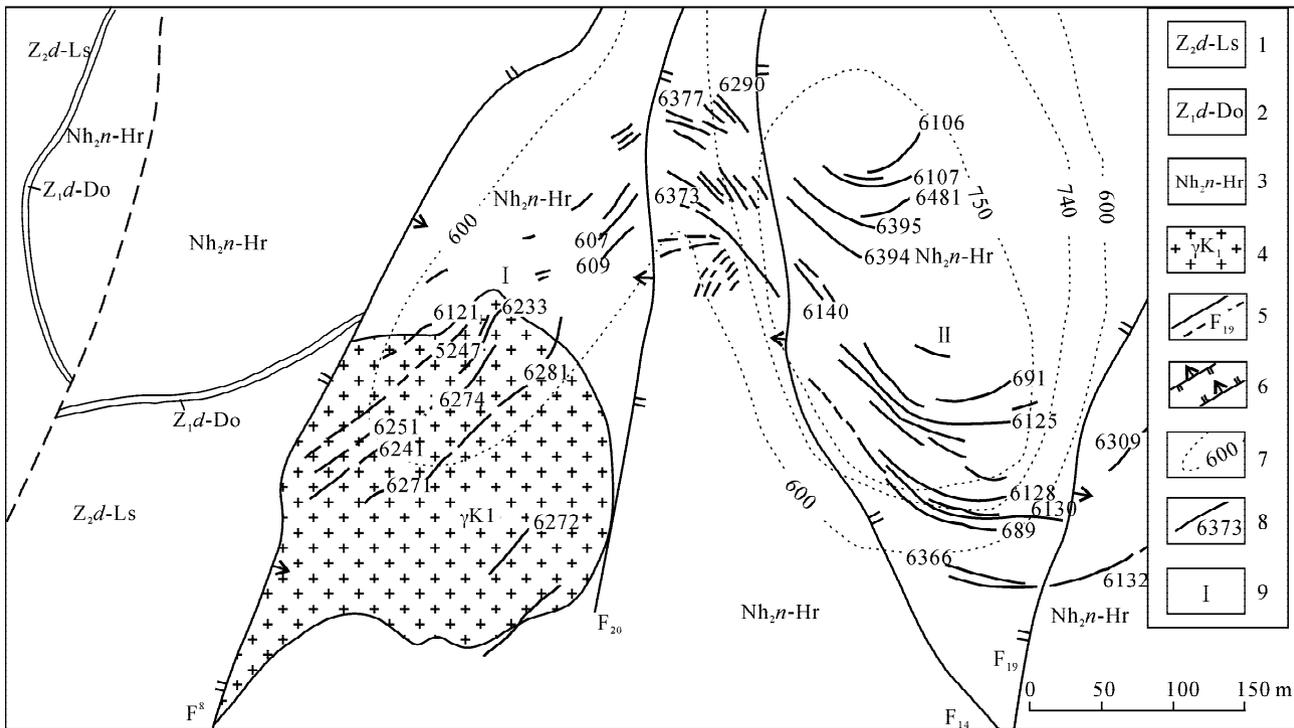


图1 浙江临安夏色岭钨矿I、II号矿脉带地质略图(据浙江省一大队修编<sup>[2]</sup>)

Fig. 1 Geological sketch map of Xiaseling tungsten deposit (modified from the first geological brigade of Zhejiang Province, 1984<sup>[2]</sup>)  
1—晚震旦世灯影组灰岩; 2—早震旦世陡山沱组灰质白云岩; 3—晚南华世南沱组含砾角岩; 4—早白垩世花岗岩; 5—实测/推测断层及编号; 6—逆断层/正断层; 7—隐伏岩体等深线; 8—矿脉及编号; 9—矿脉带编号。

构造,并认为这种构造直接控制了夏色岭 I、II 两个矿带矿脉的展布<sup>[4]</sup>。

此外,夏色岭钨矿区物化探异常显著,蚀变范围较大,地质构造条件有利,深部和外围找矿潜力较大,是寻找石英脉型钨矿(隐伏矿)的有利地段。

## 2 岩体特征及其与成矿的关系

矿区内与成矿关系密切的岩体为夏色岭岩体,岩性为花岗岩( $\gamma K_1$ ),有出露和隐伏两部分。从区域和物探资料推断,夏色岭岩体向下延伸可与顺溪岩体连为一体,出露岩体可能是顺溪岩体边缘相的一部分。该出露岩体以 50° 方向呈滴珠状分布,南北长约 350 m,东西宽约 220 m,面积 0.06 km<sup>2</sup>,为一小岩枝。岩体侵位受北北东向构造控制,侵入于南华系和震旦系地层中,在岩体顶部有南沱组含砾角岩和陡山沱组底部黑色粉砂质泥岩的残留顶盖,因此岩体最高侵位是陡山沱组底部,剥蚀程度较浅。受后期的气液影响,岩体内接触带中自变质作用明显,主要有早期的钾化、中期的钠长石化及云英岩化、晚期的碳酸盐化,其中云英岩化与矿化关系最为密切。

### 2.1 岩石矿物学特征

夏色岭岩体呈浅红色、浅灰-灰白色,中细粒花岗岩结构,局部具变余花岗岩结构、似斑状结构,块状构造。含石英(30%~50%),微纹长石(30%~45%),白云母、黑云母(5%~8%)及少量钠长石,粒度 0.15~3 mm;斑晶占 7%~15%,粒径 5~10 mm。岩体局部地段粒度变细,为细粒斑状花岗岩。岩石副矿物以独居石为主,次为锆石、金红石、黄玉和萤石,并含少量黑钨矿、白钨矿、黄铁矿和锡石等。岩体在颜色、结构构造及矿物成分上均与顺溪岩体边缘相类似<sup>[5]</sup>。

### 2.2 岩石地球化学特征

夏色岭岩体的岩石地球化学特征与顺溪岩体非常相似。常量元素特征:SiO<sub>2</sub>变化范围为 75.58%~78.37%,平均 76.97%,为酸性岩类;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量在

11.86%~12.46%,平均 12.13%,为铝过饱和;K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 在 1.33~3.07 之间,平均 1.63,属钾质岩系;碱铝指数 A/CNK 值 1.00~1.18,平均 1.10,岩石为钙碱性岩系;固结指数(SI)0.89~2.96,平均 1.88;分异指数(DI)93.63~95.29,平均 94.32。

微量元素特征:夏色岭岩体与顺溪岩体微量元素分析结果见表 1,表明岩体中 W、Sn、Mo、Bi 高温组合元素及 Cu、Pb、Zn 中温组合元素的含量远大于酸性岩维氏值。尤其是 Bi 的含量相当于酸性岩平均值的数百倍,但目前还没有发现成型矿体,以往的勘查过程中也少有分析测试数据,值得今后找矿中特别注意。Ba、Zr、Cr、Ni、V、Co、Sr 等元素明显有亏损。微量元素的特征与岩体的含矿性一致。

夏色岭岩体稀土元素特征亦与顺溪岩体相似(表 2), $\Sigma$ REE 变化范围在 229.97~286.43  $\mu\text{g/g}$  之间,平均 256.89  $\mu\text{g/g}$ ;LREE/HREE 比值为 2.34~3.58,平均 3.05,略富轻稀土; $\delta\text{Eu}$  变化范围在 0.03~0.06 之间,平均 0.04,负钕异常显著。稀土元素的球粒陨石标准化曲线为略向右倾斜、钕谷较深的“海鸥型”(图 2)。

### 2.3 岩体与成矿的关系

夏色岭钨矿为典型的石英脉型钨矿,夏色岭岩体本身就是区内一个重要的容矿围岩,出露岩体及隐伏岩体中均见有含钨石英脉的赋存。同时,矿脉的分布又受岩体产状的控制,矿脉群往往出现在岩体向上隆起的顶端。通过对夏色岭岩体微量元素的分析,岩体中 W、Sn、Mo、Bi 高温组合元素的含量远大于酸性岩维氏值,这可以给钨矿的形成提供一个良好的物质基础。熊群尧(1993)对夏色岭钨矿花岗岩中的石英与含矿石英脉中的石英流体包裹体进行详细研究,得到二者的  $\delta^{18}\text{O}$  值分布一致<sup>[6]</sup>,同样说明了含矿石英脉的形成与花岗岩体有密切的关系。岩体内接触带自变质作用强烈,主要为云英岩化和钠长石化。其中云英岩化与矿化关系密切,蚀变强烈部位与黑钨矿化发育吻合。

表 1 夏色岭岩体及顺溪岩体微量元素含量

Table 1 Compositions of trace elements in Xiaseling granite pluton and Shunxi granite pluton

采样位置	样品编号	$w_B/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$																
		Ba	Be	Bi	Zr	Pb	Sn	Ga	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Zn	Co	Sr	W	Nb
顺溪岩体	QMT1	36.70	4.44	6.43	84.10	57.20	19.30	24.70	1.50	1.04	13.50	3.56	50.30	122.00	0.97	12.40	10.60	86.70
	QMT14	40.50	54.90	16.00	7.02	86.60	88.00	16.50	23.40	1.52	1.34	1.82	1.45	75.30	141.00	0.37	19.10	12.90
夏色岭岩体	XSL1	121.00	9.66	4.76	172.00	163.00	7.19	22.50	2.08	1.21	7.36	6.28	75.90	132.00	0.79	20.50	3.38	21.80
酸性岩维氏值		830	5.5	0.01	200	20	3	20	25	8	1	40	20	60	5	300	1.5	20

注:由国家地质实验测试中心完成测试。

表2 夏色岭岩体及顺溪岩体稀土元素含量

Table 2 Compositions of REEs in Xiaseling granite pluton and Shunxi granite pluton

采样位置	样品编号	$w_B / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$										
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
顺溪岩体	QMT1	30.50	82.10	10.70	39.90	14.90	0.15	14.90	3.18	20.70	3.90	12.80
	QMT14	32.20	80.90	10.60	39.60	12.00	0.12	11.60	2.25	14.90	2.89	9.46
夏色岭岩体	XSL1	42.20	113.00	12.20	43.90	12.40	0.23	11.90	2.40	16.40	3.44	11.70

采样位置	样品编号	$w_B / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$										
		Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	L/H	$\text{La}_N/\text{Yb}_N$	δEu	δCe
顺溪岩体	QMT1	2.11	16.20	2.24	122.00	254.28	178.25	76.03	2.34	1.27	0.03	1.06
	QMT14	1.50	10.40	1.55	88.10	229.97	175.42	54.55	3.22	2.09	0.03	1.02
夏色岭岩体	XSL1	1.73	13.10	1.83	104.00	286.43	223.93	62.50	3.58	2.18	0.06	1.16

注：由国家地质实验测试中心完成测试。

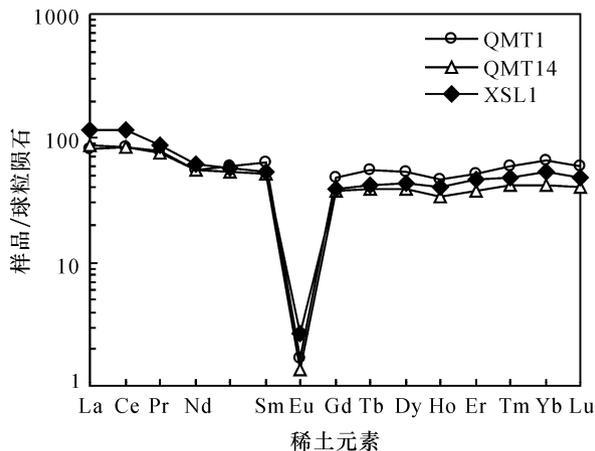


图2 夏色岭岩体与顺溪岩体稀土元素配分图

Fig. 2 REEs distribution pattern of Xiaseling granite pluton and Shunxi granite pluton

### 3 成矿岩体的锆石 U - Pb 年代学研究

#### 3.1 样品特征

本次研究采集了夏色岭钨矿区 1 个测年样品 (XSL1)。XSL1 产于边缘相,岩性为浅肉红色细粒或中细粒(斑状)花岗岩,主要矿物成分为石英、钾长石、斜长石、黑云母,斑晶主要为石英和微斜长石,镜下特征与过渡相类似,石英可见有波状消光现象,呈他形粒状结构(见图3)。

#### 3.2 样品分析方法

测试样品经人工破碎后,按常规重力和磁选方法分选出锆石,最后在双目镜下挑选。锆石样品靶的制备与 SHRIMP 定年的锆石样品制备方法基本相同<sup>[7]</sup>。锆石阴极发光在中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室的 JXA - 8800R 型电子探针上完成。

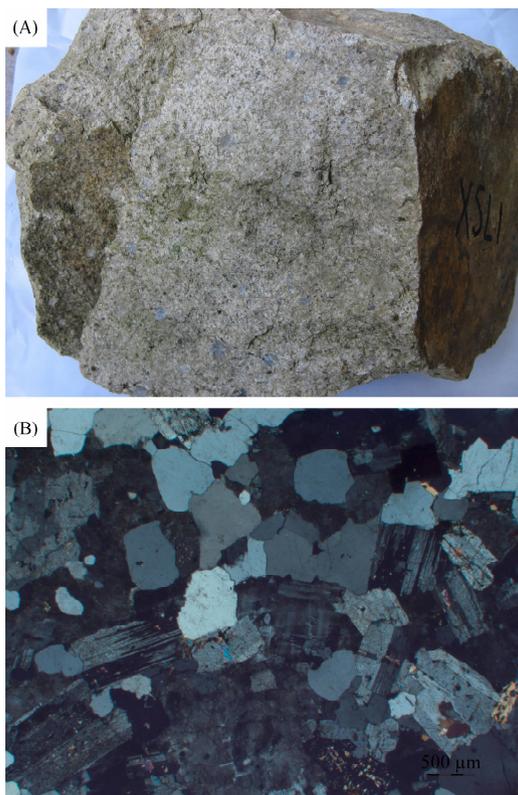


图3 夏色岭岩体的岩石标本(A)及显微特征(B)

Fig. 3 Rock samples (A) and microscopic features (B) of the Xiaseling granite pluton

本文 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 定年测试在中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室完成,所用仪器为 Finnigan Neptune 型 MC - ICP - MS 和与之配套的 Newwave UP 213 激光剥蚀系统。激光剥蚀所用束斑直径为 25 μm,频率为 10 Hz,能量密度约为 2.5 J/cm<sup>2</sup>,以 He 为载气,流速约 0.8 L/min。LA - ICP - MS 激光剥蚀采样采用单点剥蚀的方式,数据采集采用所有

信号同时静态方式接收,即信号较小的 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{204}\text{Pb}$ 用离子计数器接收, $^{208}\text{Pb}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{238}\text{U}$ 信号用法拉第杯接收<sup>[8]</sup>。数据分析前用锆石 GJ-1 进行调试仪器,使之达到最优状态。锆石 U-Pb 定年以锆石 GJ-1 为外标进行校正,测试过程中在每测定 10 个测点重复测定两个锆石 GJ-1 对样品进行校正,同时测量一个锆石 Plešovice,观察仪器的状态以保证测试结果的精确度。数据处理采用 ICP-MS DataCal 程序<sup>[9-10]</sup>,测量过程中, $^{204}\text{Pb}$  由离子计数器检测, $^{204}\text{Pb}$  含量异常高的分析点可能受包体等普通 Pb 的影响,对 $^{204}\text{Pb}$  含量异常高的分析点在计算时剔除,锆石年龄谐和图用 Isoplot 3.0 程序获得,详细实验测试过程可参见前人相关研究<sup>[8,11]</sup>。

本次样品分析过程中,Plešovice 标样作为未知样品的分析结果在  $(337.1 \pm 3.3) \text{ Ma} \sim (337.2 \pm 2.9) \text{ Ma}$  之间,对应的年龄推荐值为  $(337.1 \pm 0.4) \text{ Ma}$ <sup>[12]</sup>,两者误差小,分析结果可靠性高。

表 3 浙江临安夏色岭花岗岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析数据

Table 3 LA-ICP-MS zircon U-Pb age of the Xiaseling granites from Lin'an, Zhejiang Province

测点序号	同位素比值						U-Pb 同位素年龄/Ma					
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$
XSLI-1	0.05057	0.00375	0.13765	0.01095	0.01962	0.00025	220.4	172.2	131.0	9.8	125.2	1.6
XSLI-2	0.05002	0.00411	0.13445	0.01170	0.01948	0.00037	194.5	181.5	128.1	10.5	124.4	2.3
XSLI-4	0.05004	0.00113	0.14202	0.00344	0.02057	0.00017	198.2	56.5	134.8	3.1	131.3	1.1
XSLI-5	0.04886	0.00254	0.13230	0.00699	0.01965	0.00026	142.7	122.2	126.2	6.3	125.5	1.6
XSLI-6	0.05122	0.00200	0.14209	0.00556	0.02012	0.00017	250.1	86.1	134.9	4.9	128.4	1.1
XSLI-7	0.05128	0.00614	0.13341	0.01451	0.01922	0.00054	253.8	255.5	127.2	13.0	122.7	3.4
XSLI-8	0.05072	0.00195	0.14441	0.00564	0.02075	0.00018	227.8	61.1	137.0	5.0	132.4	1.1
XSLI-9	0.05038	0.00933	0.13428	0.02463	0.01934	0.00029	213.0	381.4	127.9	22.1	123.5	1.9
XSLI-10	0.04948	0.00586	0.13107	0.01847	0.01898	0.00066	172.3	261.1	125.1	16.6	121.2	4.2
XSLI-11	0.04945	0.00179	0.13446	0.00573	0.01956	0.00017	168.6	83.3	128.1	5.1	124.9	1.1
XSLI-12	0.04947	0.00890	0.13841	0.02813	0.01976	0.00017	168.6	374.0	131.6	25.1	126.2	1.1
XSLI-13	0.04943	0.00225	0.13181	0.00609	0.01933	0.00016	168.6	107.4	125.7	5.5	123.4	1.0
XSLI-14	0.04940	0.00257	0.13384	0.00752	0.01943	0.00018	168.6	120.4	127.5	6.7	124.1	1.2
XSLI-16	0.04849	0.00449	0.13085	0.01283	0.01939	0.00016	124.2	203.7	124.9	11.5	123.8	1.0
XSLI-17	0.04886	0.00380	0.13504	0.01080	0.01963	0.00018	142.7	179.6	128.6	9.7	125.3	1.2
XSLI-18	0.05008	0.00084	0.14230	0.00257	0.02059	0.00019	198.2	36.1	135.1	2.3	131.4	1.2
XSLI-19	0.05023	0.00210	0.14425	0.00648	0.02077	0.00025	205.6	96.3	136.8	5.7	132.5	1.6
XSLI-20	0.05046	0.00193	0.13979	0.00563	0.02004	0.00020	216.7	88.9	132.9	5.0	127.9	1.3

## 4 讨论

前人早期对夏色岭钨矿的成岩成矿年代学研究普遍局限于 K-Ar 法,同位素地质年龄测定结果为,出露岩枝为 156 Ma, 隐伏岩体为 123 Ma, 石英脉成矿年龄为 110 Ma、117 Ma<sup>[14]</sup>, 年龄差距较大。相对于前人的工作,本次研究采用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 方法,技术更先进,结果更精确,也更能代表

## 3.3 样品分析结果

根据阴极发光图像(图 4A),本次测试的锆石大多呈典型的长柱状晶形,结晶较完整,长轴一般在 150~200  $\mu\text{m}$ ,具有清晰的韵律环带状结构,属于典型的岩浆结晶产物<sup>[13]</sup>。

本次 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测试有效分析结果列于表 3,谐和图示于图 4B。个别分析点由于 U 含量或普通 Pb 含量较高,未能获得理想年龄,在计算时已剔除。

XSL1 细粒斑状花岗岩的锆石呈半自形-自形柱状、环带清晰,共测试 20 个测点,除 3、5 号测点测试结果的谐和性不好,有效测点 18 个。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄分布在  $(121.2 \pm 4.2) \text{ Ma}$  (10 号测点)至  $(132.4 \pm 1.1) \text{ Ma}$  (8 号测点),加权平均年龄为  $(126.9 \pm 1.7) \text{ Ma}$ , MSWD=6.7 (图 4)。通过对岩石样品锆石 U-Pb 分析结果的对比,总体上锆石核部 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄大于边部 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄。

岩体的成岩年龄<sup>[15-16]</sup>。

从本区的地质演化史分析,自南华纪开始,直至志留纪在基底构造之上连续沉积了巨厚的沉积层。以陆相磨拉石建造、滨海相含凝灰质碎屑岩建造开始,向上沉积了海相冰水建造、浅海含磷硅质碳酸盐建造,钙质、砂泥质建造及复理石建造等。岩性、岩相变化不大。加里东运动对本区影响较大,地壳区域抬

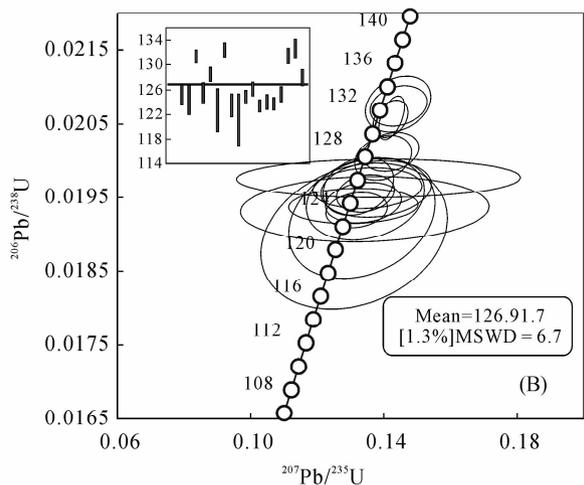
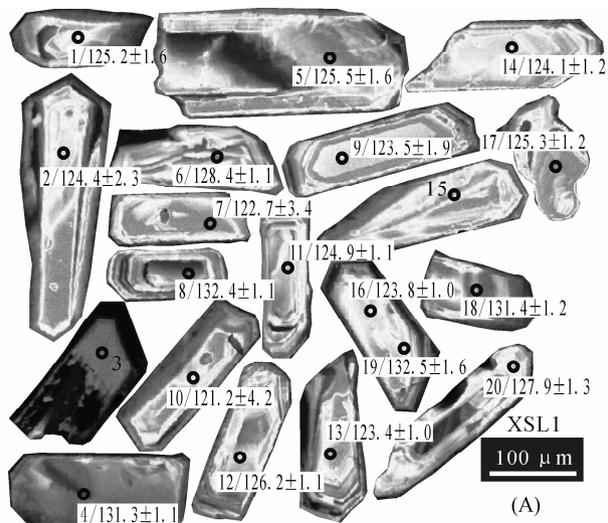


图4 浙江临安夏色岭花岗岩锆石阴极发光图像(A)及锆石U-Pb年龄谐和图(B)

Fig. 4 Cathodoluminescence images (A) and U-Pb Concordia diagrams (B) of representative zircons of the Xiaseling granites from Lin'an, Zhejiang Province

(A) 图中圆圈表示分析位置, 序号表示分析点位, 数据为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄, 数据单位为Ma。

升导致泥盆-三叠系地层缺失较多, 奠定了本区的基本轮廓。印支运动强烈波及本区, 改造了南北向构造带, 加剧或形成一系列北东向的褶皱、断裂。此后, 燕山运动在本区反映强烈, 除先期生成的断裂继续活动外, 还生成一系列北东东向逆断层及次级断层, 伴随同期不同次的酸性-中酸性岩侵入, 带来了大量成矿物质, 成为本区一个重要的内生金属矿产的成矿阶段, 并以钨为主成为浙江省一个重要的成矿远景区。华仁民等对整个华南地区中生代成矿作用进行详细分析后发现在125~98 Ma期间发生了一次以Sn、Cu、Pb、Zn等为主的大规模成矿作用<sup>[17]</sup>。本次研究

的测试结果表明夏色岭岩体成岩年龄为(126.9 ± 1.7) Ma, 为燕山晚期, 也正好印证了本区燕山晚期大规模成岩成矿现象的存在。

从区域对比, 近年来在浙西邻近的赣东北、皖南地区先后发现了一批新的钨矿产地, 如皖南的东源钨钼矿、赣东北的朱溪钨铜矿、赣西北的大湖塘钨矿等, 其中赣西北的香炉山钨矿成岩成矿年龄128~121 Ma<sup>[18]</sup>, 与夏色岭、千亩田<sup>[19]</sup>一致, 东源(148.6 Ma)和行洛坑(148.8~156.3 Ma)则偏早<sup>[18]</sup>。可见, 以往集中于赣南的钨矿不但有“南钨北扩”现象<sup>[20]</sup>, 而且成矿时代也有从以燕山早期为主, 向燕山中晚期演化的特点, 这对于今后的地质找矿无疑具有重要的指导意义。

### 5 结语

本文通过对浙江临安夏色岭钨矿区夏色岭花岗岩体的特征分析及花岗岩中锆石U-Pb同位素年龄分析可以得出以下结论。

(1) 临安夏色岭钨矿区岩体细粒斑状花岗岩锆石激光等离子体质谱(LA-ICP-MS)U-Pb加权平均年龄为(126.9 ± 1.7) Ma (MSWD = 6.7), 表明岩体形成于燕山晚期(早白垩世)。

(2) 与浙江西部石英脉型钨矿成矿有关的侵入岩主要为超酸性、铝过饱和、钙碱性岩体, 属重熔性岩浆高度分析的产物。

致谢: 感谢浙江大学董传万教授、马晓雄博士等在样品挑选锆石给予的帮助, 同时感谢中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室应立娟、王成辉、陈振宇、侯可军等博士在实验室测试分析过程中的大力支持与帮助。

### 6 参考文献

- [1] 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚明. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社, 2008: 133-135.
- [2] 浙江省第一地质大队. 浙江省临安县夏色岭钨矿区详细普查地质报告[R]. 1984.
- [3] 李春海, 吴昌志, 郭坤一, 包超民, 邢光福. 浙江五亩山地区钨矿容矿构造及找矿方向[J]. 地质找矿论丛, 2008, 23(1): 22-26.
- [4] 柳志青, 倪纪文, 朱雄飞, 丁武宝, 汪子忠. 夏色岭钨铜矿床反S形构造形成机理[J]. 地质与勘探, 1980(1): 11-13.
- [5] 朱安庆, 张永山, 陆祖达, 张春霖. 浙江省金属非金属矿床成矿系列和成矿区带研究[M]. 北京: 地质出版

- 社,2009: 342-345.
- [6] 熊群尧,李岩. 浙江昌化夏色岭钨矿床形成机理的初步分析[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1993(1): 153-162.
- [7] 宋彪,张玉海,万渝生,简平. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评,2002, 5(Z1),48: 26-30.
- [8] 侯可军,李延河,田有荣. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术[J]. 矿床地质,2009,28(4): 481-492.
- [9] Liu Y S, Hu Z C, Gao S, Günther D, Xu J, Gao C, Chen H. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard [J]. *Chemical Geology*, 2008, 257: 34-43.
- [10] Liu Y S, Gao S, Hu Z C, Gao C G, Zong K Q, Wang D B. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths[J]. *Journal of Petrology*, 2010,51: 537-571.
- [11] 柳小明,高山,第五春荣,袁洪林,胡兆初. 单颗粒锆石的 20  $\mu\text{m}$  小斑束原位微区 LA-ICP-MS U-Pb 年龄和微量元素的同时测定[J]. 科学通报,2007, 52(2): 228-235.
- [12] Sláma J, Kosler J, Condon D J, Crowley J L, Gerdes A, Hancher J M, Horstwood M A S, Morris G A, Nasdala L, Norberg N, Schaltegger U, Schoene B, Tubrett M N, Whitehouse M J. Plešovice zircon a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic micro analysis[J]. *Chemical Geology*,2008,249: 1-35.
- [13] 吴元保,郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报,2004, 49(16): 1589-1604.
- [14] 浙江省第一地质大队. 浙江省安吉-淳安一带钨矿成矿规律与预测[R]. 1982.
- [15] Simonetti A, Heaman L M, Chacko T, Banerjee N R. In situ petrographic thin section U-Pb dating of zircon, monazite, and titanite using laser ablation MC-ICP-MS [J]. *International Journal of Mass Spectrometry*, 2006, 253: 87-97.
- [16] Cocherie A, Robert M. Laser ablation coupled with ICP-MS applied to U-Pb zircon geochronology: A review of recent advances [J]. *Gondwana Research*, 2008, 14: 597-608.
- [17] 华仁民,陈培荣,张文兰,陆建军. 论华南地区中生代 3 次大规模成矿作用[J]. 矿床地质,2005,24(2): 99-107.
- [18] 王登红,陈郑辉,陈毓川,唐菊兴,李建康,应立娟,王成辉,刘善宝,李立兴,秦燕,李华芹,屈文俊,王彦斌,陈文,张彦. 我国重要矿产成岩成矿年代学研究新数据[J]. 地质学报,2010,84(7): 1030-1040.
- [19] 黄国成,王登红,吴小勇. 浙江临安千亩田钨铋矿区花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及对区域找矿的意义[J]. 大地构造与成矿学,2012, 36(3): 392-398.
- [20] 王登红,陈郑辉,黄国成,武国忠,陈芳. 华南“南钨北扩”、“东钨西扩”及其找矿方向探讨[J]. 大地构造与成矿学,2012, 36(3): 322-329.