

# 华南双桥山群和河上镇群凝灰岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

## ——对江南新元古代造山带演化的制约

高林志<sup>1</sup>, 杨明桂<sup>2</sup>, 丁孝忠<sup>1</sup>, 刘燕学<sup>1</sup>, 刘 训<sup>1</sup>, 凌联海<sup>3</sup>, 张传恒<sup>4</sup>  
GAO Lin-zhi<sup>1</sup>, YANG Ming-gui<sup>2</sup>, DING Xiao-zhong<sup>1</sup>, LIU Yan-xue<sup>1</sup>,  
LIU Xun<sup>1</sup>, LING Lian-hai<sup>3</sup>, ZHANG Chuan-heng<sup>4</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;
2. 江西省地质矿产勘查开发局, 江西 南昌 330002;
3. 江西省地质调查研究院, 江西 南昌 330201;
4. 中国地质大学(北京), 北京 100083

1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*
2. *Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Nanchang 330002, Jiangxi, China;*
3. *Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 330201 Jiangxi, China;*
4. *China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China*

**摘要:** 通过西澳科庭大学离子探针中心的远程测试, 在双桥山群横涌组和安乐林组斑脱岩中获得大量锆石, 其 SHRIMP U-Pb 加权平均年龄为  $831\text{Ma} \pm 5\text{Ma}$  (横涌组)、 $829\text{Ma} \pm 5\text{Ma}$  (安乐林组), 在河上镇群上墅组中获得加权平均年龄  $767\text{Ma} \pm 5\text{Ma}$ 。锆石 SHRIMP U-Pb 年龄表明华南地区广为发育的双桥山群应归入新元古界, 该年龄为标定双桥山群在地层柱中的位置提供了准确的年代学依据。

**关键词:** 华南; 双桥山群; 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄; 新元古代

中图分类号: P534.3; P597<sup>+.3</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1671-2552(2008)10-1744-08

**Gao L Z, Yang M G, Ding X Z, Liu Y X, Liu X, Ling L H, Zhang C H. SHRIMP U-Pb zircon dating of tuff in the Shuangqiaoshan and Heshangzhen groups in South China—constraints on the evolution of the Jiangnan Neoproterozoic orogenic belt. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(10): 1744–1751**

**Abstract:** A large number of zircons were obtained from three samples of bentonite in the Hengyong and Anleling formations of the Shuangqiaoshan Group and Heshangzhen Group. They yielded weighted mean  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages of  $831 \pm 5\text{Ma}$  for the Hengyong Formation,  $829 \pm 5\text{Ma}$  for the Anleling Formation and  $767 \pm 5\text{Ma}$  for the Shangshu Formation of the Heshangzhen Group by the sensitive high-resolution ion microprobe at the SHRIMP center, Curtin University, Western Australia. These ages show that the widespread Shuangqiaoshan and Heshangzhen groups should be assigned to the Neoproterozoic and provide an accurate chronostratigraphic evidence for the determination of the location of the Shuangqiaoshan Group in the stratigraphic column.

**Key words:** South China; Shuangqiaoshan Group; zircon SHRIMP U-Pb dating; Neoproterozoic

收稿日期: 2008-06-28; 修订日期: 2008-07-09

地调项目: 中国地质调查局项目(编号: 1212010611508)和科技部基础专项(编号: 2006FY120300-1)联合资助。

作者简介: 高林志(1955-), 男, 研究员, 从事生物地层、层序地层、灾变事件地层研究。E-mail: gaolzh@cags.net.cn

以岩石记录中的“关键事件”来界定年代界线是前寒武纪年代地层学划分的基本依据<sup>[1]</sup>。扬子陆块发育较完整的晚前寒武纪地层，它们记录着扬子板块在新元古代的发育过程，这套地层的年代地层框架因近期在一些关键层位中获得高质量的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄而获得修正<sup>[2-5]</sup>。特别是在上扬子地块的昆阳群和会理群中也找到合适的测年对象并获得了定年的重大突破，标定了它们在新元古界地层柱中的位置<sup>[6-7]</sup>。然而，在下扬子地块中也需要寻找与发育于双桥山群沉积同一地质过程的年代记录，来标定双桥山群在地层柱中的位置。因此，通过标定双桥山群的下部年龄就可以大致间接地标定代表启动地质事件的年龄。

双桥山群和河上镇群在赣北极为发育，沉积巨厚，伴随着多期的火山活动，发育大量的火山岩和层凝灰岩（斑脱岩）。双桥山群的年代学研究一直令人关注，尽管已获得的一些年龄也具有参考意义，但始终缺乏高质量的 SHRIMP 年龄的准确制约。本文主要报道新获得的高质量锆石 SHRIMP U-Pb 测年，结合区域地质资料和测年数据，探讨双桥山群在地层柱中的位置。

### 1 地质概况

双桥山群发育在扬子陆块下扬子板块的东南

缘，区内前震旦系地层的构造变形十分复杂，古元古代星子岩群构成了江南古老的结晶基底（图 1）。以往双桥山群在地层柱中的位置基本上与中元古界的蕲县系对比<sup>[8-15]</sup>，河上镇群一直与新元古界的青白口系对比<sup>[5,9]</sup>。双桥山群出露于湘西、皖南、赣北的相邻地区，属修水-祁门构造单元，呈北东东向展布。双桥山群为一套巨厚的区域动力浅变质岩，但保留原生沉积构造及层理，具有常见的沉积构造，是一种成层有序的地层。经过近 30 年对区域地层的不断研究，双桥山群自下而上修正为横涌组、计林组、安乐林组和修水组<sup>[10-12]</sup>。双桥山群的底界在庐山以韧性剪切带与星子岩群接触，双桥山群的顶部由于缺失修水组，安乐林组与上覆历口群为不整合接触。河上镇群底界以骆家门组与下伏双溪坞群为不整合接触，顶部与上覆南华系休宁组为平行不整合接触（表 1、图 2）。

横涌组为灰色和深灰色变余砂岩、粉砂质板岩、条带状板岩，含层凝灰岩，沉积韵律发育，具火焰状构造、粒序层理、水平层理。计林组以灰紫和紫红色变余粉砂岩、板岩为特征，与灰绿和翠绿色粉砂岩、板岩相间组成条带状构造。安乐林组为浅灰、灰绿、灰—深灰色变余砂岩、粉砂岩与板岩组成韵律，夹灰黑色炭质板岩，含层凝灰岩，具沙袋构造、粒序层理。修水组为灰、灰绿、青灰色变余砂岩、粉砂岩、板岩组

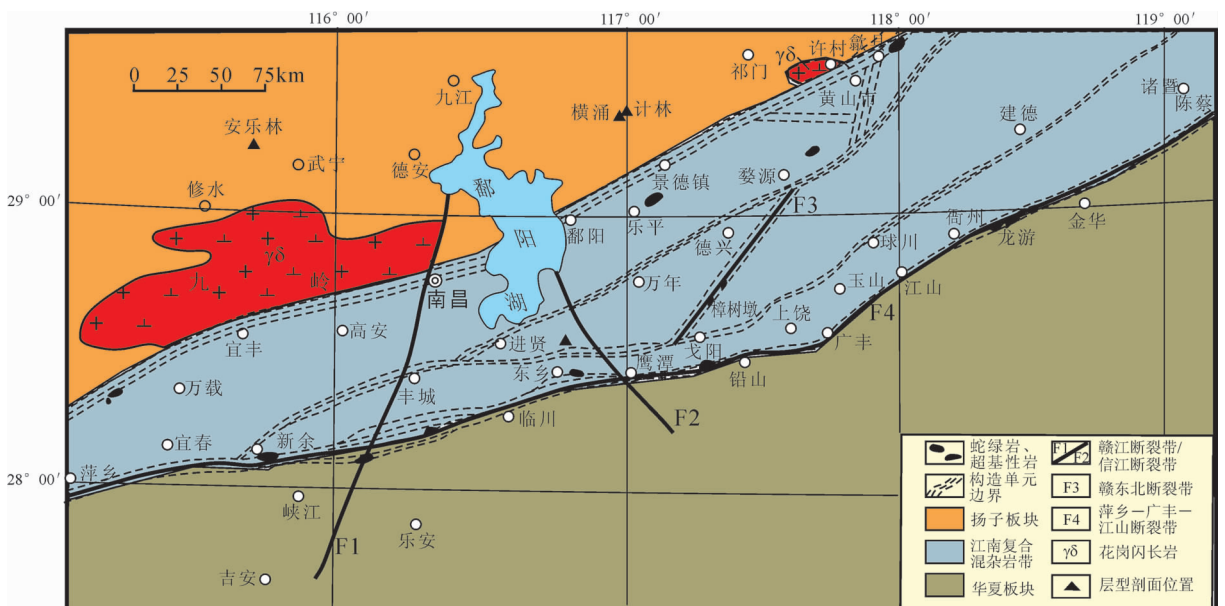


图 1 赣北新元古界区划图(据参考文献[16]简化)

Fig 1 Divisions of the Neoproterozoic in northern Jiangxi

表1 赣北新元古代岩石地层划分历史沿革(据景德镇辖区调报告,2002,修改)

Table 1 Historical review of the lithostratigraphic division of the Neoproterozoic in northern Jiangxi

地质年代	夏邦栋 1962	安徽332队 1971	浙江区测队 1969	安徽区测队 1997	江西地矿厅 1997	浙江地矿局 1996	江西地调院 2002		本文 赣北-浙西			
							赣北-皖南	浙西				
南华纪	蓝田冰碛层	蓝田冰碛层	雷公坞组	南沱组	南沱组	南沱组	南沱组	南沱组	南沱组	南华纪		
	休宁组	休宁组	休宁组	休宁组	休宁组	休宁组	休宁组	休宁组	休宁组			
青白口纪	沥口群	铺岭组	上墅组	历口群	小安里组	上墅组	河上镇群	小安里组	上墅组	上墅组	767 Ma	
		井潭组			铺岭组			河上镇群		上墅组		
		邓家组			邓家组			虹赤村		虹赤村		
					葛公镇组			葛公镇组		骆家门组		骆家门组
蓟县纪 长城纪	郑家坞组	溪口群	钟吕群	溪口群	张村群	双溪坞群	双桥山群	修水组	双溪坞群	安乐林组	双桥山群	安乐林组 829 Ma
								计林组		计林组		
								横涌组		横涌组 831 Ma		

成韵律,底部具一套砾岩。区域上双桥山群各组均有特定的沉积构造和岩性组合标志<sup>[13-15]</sup>。

## 2 采样位置与样品岩性特征

本文样品采自赣北的双桥山群和河上镇群,采样点分别为江西省浮梁县经公桥高滩村,样品编号:T071111-1(横涌组),地理坐标为 N 29°47.107'、E117°12.203';安徽省祁门县塔坊乡西北,样品编号:T071110-5(安乐林组),地理坐标为 N 29°47.934'、E117°39.841';河上镇群上墅组,浙江省开化县张湾乡西北,样品编号:T07119-3,地理坐标为 N 29°09.621'、E118°28.141'。岩石样品均采自灰白色薄层状凝灰岩夹层(图3),该类型凝灰岩主要由伊利石、蒙脱石和伊蒙混层物组成,含不等量微晶状长石、石英、黑云母,这些粘土状火山灰为经水解后而成的斑脱岩。

## 3 分析方法

本文的锆石 U-Pb 年龄测定在西澳大利亚佩斯科庭大学离子探针中心实验室的 SHRIMP-II 上采用标准测定程序进行,详细的分析流程类似于北京 SHRIMP 中心的流程<sup>[17-19]</sup>。分别采用标准锆石 TEM 和 SL13 进行元素间的分馏校正及 U 含量标定。其

中 TEM 具有 U-Pb 谐和年龄,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄为 416.8 Ma±1.1 Ma<sup>[20-21]</sup>,但 U、Th 及 Pb 含量不均一;SL13 的年龄为 572 Ma,<sup>238</sup>U 含量为 238×10<sup>-6</sup>。原始数据的处理和锆石 U-Pb 谐和图的绘制采用 Ludwig 博士编写的 Squid 和 Isoplot 程序<sup>[22]</sup>。普通铅校正根据实测的 <sup>204</sup>Pb 进行,普通铅的组成根据 Stacey 和 Kramers<sup>[23]</sup>给出的模式计算得到。数据表 2 中,年龄的误差为 1σ 绝对误差,同位素比值的误差为 1σ 相对误差;文中所使用的 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄加权平均值和谐和年龄计算值(Concordia age)具 95% 的置信度误差。

## 4 分析结果

### 4.1 锆石的 CL 图像特征

靶台上的锆石样品在 CL 图像显示下,对照可见光下的特征进行标点选样,排除裂隙发育和含较多包裹体的颗粒的锆石。样品的锆石晶型完好,呈自形柱状、长柱状、半截锥状晶体,浅黄色—无色透明,晶面光滑,晶棱平直。粒度多在 150~250 μm 之间,柱状晶体长宽比为 2:1~3:1,有的可达 5:1。所测试的锆石阴极发光图像反映出双桥山群(横涌组和安乐林组)的锆石均有环带,分明显环带和不明显环带 2 种类型;而河上镇群(上墅组)锆石单一。图像显示出

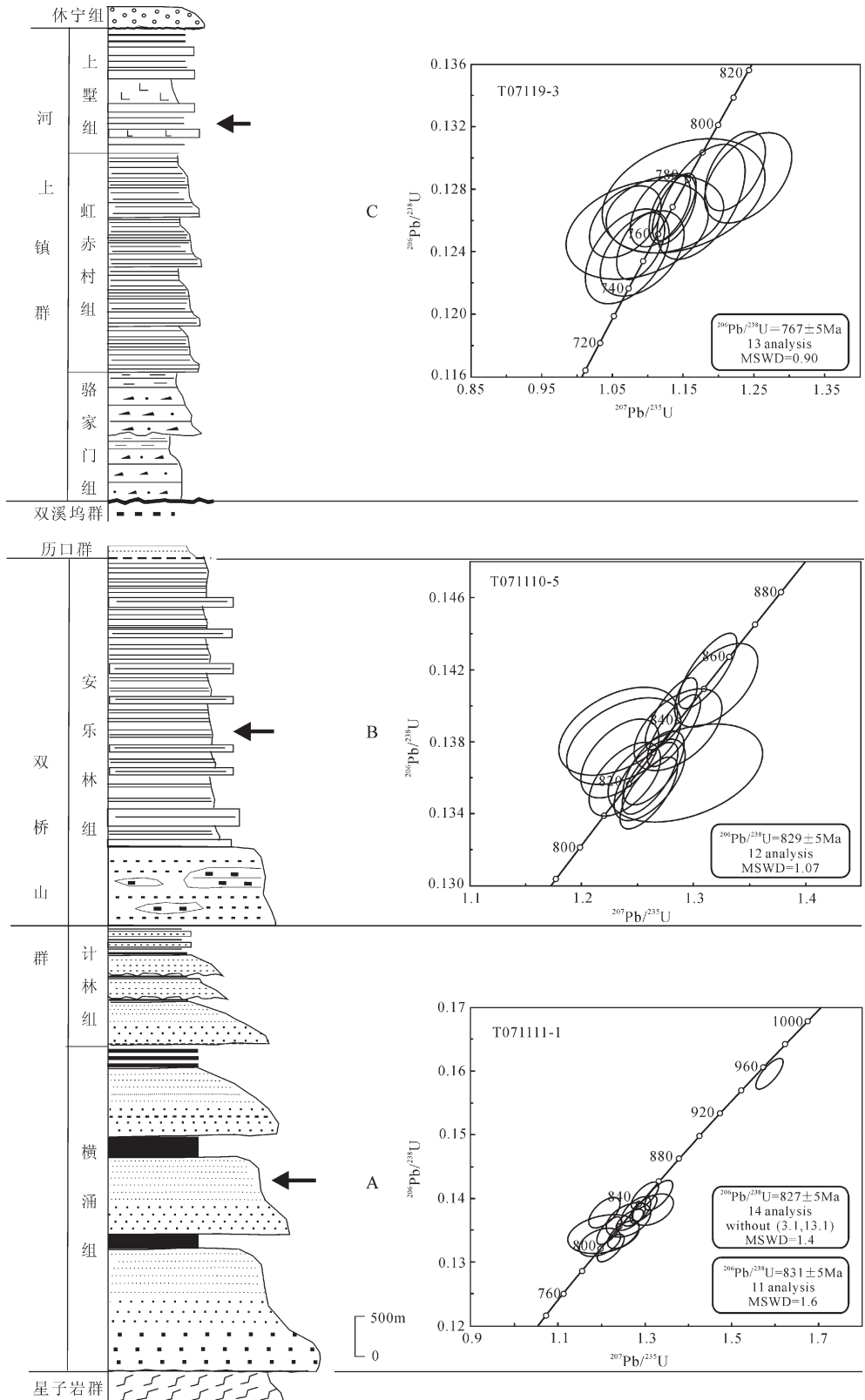


图 2 双桥山群和河上镇群综合地层柱及锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 2 Composite geological column of the Shuangqiaoshan and Heshangzhen groups and U-Pb concordia diagram of zircons of three samples



图 3 灰白色薄层状斑脱岩夹层中的采样点

Fig. 3 Sampling sites in a thin interbed of gray-white thin-bedded bentonite

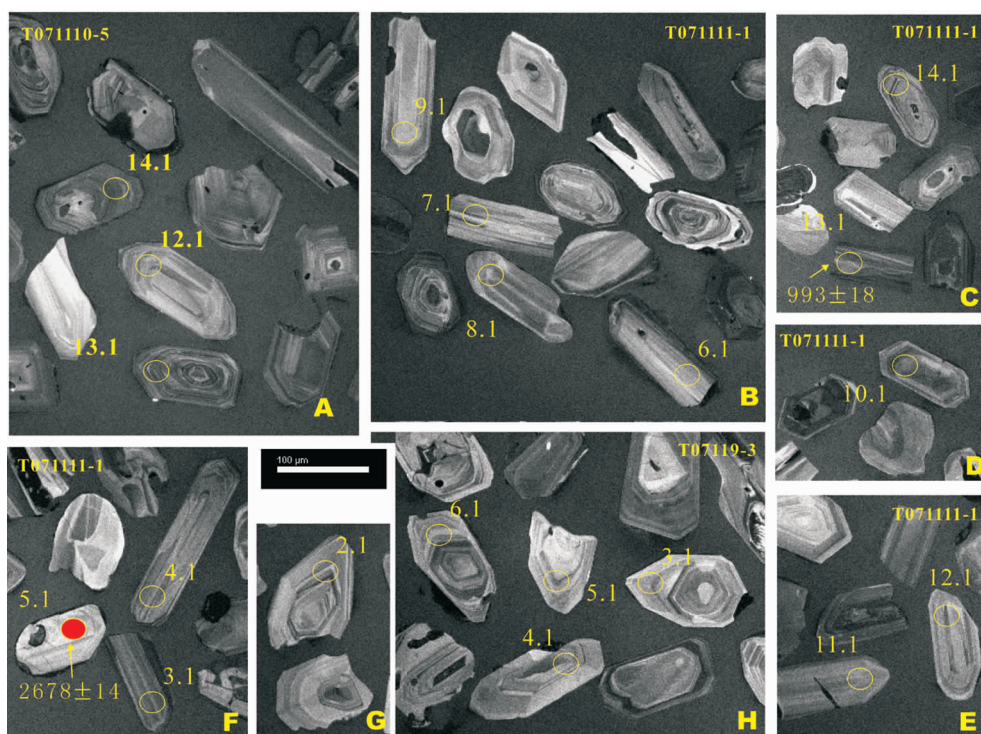


图 4 锆石颗粒 CL 图像

Fig. 4 CL images of zircon grains from bentonite  
A—安乐林组; B、C、D、E、F—横涌组; G、H—上墅组

表 2 斑脱岩样品锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定结果

Table 2 SHRIMP U-Pb zircon dating of samples of bentonite

样品号	$^{206}\text{Pb}_c$ /%	U / $10^{-6}$	Th / $10^{-6}$	$^{232}\text{Th}$ / $^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ / $10^{-6}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄/Ma	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄/Ma	Non /%	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}$ ±%	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ ±%	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ ±%	误差相 关系数
T071111-1 (横涌组)												
1.1	-	179	69	0.40	21.6	847.6±8.7	891±25	5	0.06875±1.2	1.332±1.6	0.1405±1.1	0.669
2.1	0.10	280	160	0.59	33.8	847.0±8.1	843±25	-1	0.06715±1.2	1.300±1.6	0.1404±1.0	0.645
3.1	-	52	29	0.57	23.0	2671±31	2678±14	0	0.1828±0.85	12.93±1.7	0.5133±1.4	0.860
4.1	0.09	198	98	0.51	22.6	800.8±8.1	837±27	4	0.06697±1.3	1.221±1.7	0.1323±1.1	0.635
5.1	-	392	158	0.42	46.6	835.7±7.6	872±23	4	0.06813±1.1	1.300±1.5	0.1384±0.98	0.656
6.1	-	106	60	0.58	12.6	834.7±9.5	901±46	7	0.0691±2.3	1.317±2.6	0.1382±1.2	0.474
7.1	0.21	138	95	0.72	16.3	832.0±9.1	726±34	-15	0.0635±1.6	1.207±2.0	0.1378±1.2	0.589
8.1	-	261	161	0.64	30.7	828.1±8.0	841±29	2	0.06712±1.4	1.268±1.7	0.1371±1.0	0.595
9.1	0.32	74	75	1.04	8.61	813 ±11	776±89	-5	0.0650±4.3	1.205±4.5	0.1344±1.5	0.329
10.1	0.18	225	216	0.99	26.1	815.7±8.0	790±24	-3	0.06547±1.2	1.218±1.6	0.1349±1.0	0.671
11.1	0.28	163	25	0.16	18.7	805.5±8.5	782±51	-3	0.0652±2.4	1.197±2.7	0.1331±1.1	0.422
12.1	0.09	161	130	0.83	19.2	833.3±8.7	846±29	1	0.06726±1.4	1.280±1.8	0.1380±1.1	0.629
13.1	0.03	331	259	0.81	45.4	954.2±8.8	993±18	4	0.07225±0.87	1.589±1.3	0.1595±0.99	0.750
14.1	0.16	174	78	0.46	20.1	811.9±8.4	854±31	5	0.0675±1.5	1.249±1.9	0.1342±1.1	0.589
15.1	0.16	86	54	0.65	10.1	825±10	837±49	1	0.0670±2.4	1.261±2.7	0.1365±1.3	0.483
16.1	-	170	78	0.48	19.8	822.1±8.5	847±30	3	0.06731±1.4	1.262±1.8	0.1360±1.1	0.611
T071110-5 (安乐林组)												
1.1	0.28	158	108	0.70	18.9	836.6±9.1	762±56	-10	0.0646 ± 2.7	1.234 ± 2.9	0.1386± 1.2	0.400
2.1	0.05	461	176	0.39	53.9	821.7±7.5	846±19	3	0.06728± 0.89	1.261± 1.3	0.1360± 0.97	0.737
3.1	0.33	156	149	0.99	18.6	833.8±9.0	775±52	-8	0.0650± 2.5	1.238± 2.7	0.1381± 1.2	0.426
4.1	0.38	238	102	0.44	28.2	828.1±8.2	785±33	-6	0.0653± 1.6	1.235± 1.9	0.1371± 1.1	0.562
5.1	0.23	99	56	0.58	11.7	824±10	894±67	8	0.0688± 3.3	1.293± 3.5	0.1363± 1.3	0.375
6.1	0.06	327	106	0.33	38.3	821.5±7.8	810±29	-1	0.06611± 1.4	1.239± 1.7	0.1359± 1.0	0.591
7.1	-	352	223	0.66	40.8	817.2±7.6	858±19	5	0.06764± 0.91	1.260± 1.3	0.1351± 0.99	0.738
8.1	0.00	318	351	1.14	37.3	825.0±7.8	843±22	2	0.06716± 1.1	1.264± 1.5	0.1365± 1.0	0.691
9.1	0.01	186	68	0.38	22.6	851.1±8.7	864±31	2	0.0679± 1.5	1.321± 1.9	0.1411± 1.1	0.588
10.1	-	498	485	1.01	59.3	836.9±7.5	842±16	1	0.06714± 0.77	1.283± 1.2	0.1386± 0.96	0.782
11.1	0.04	201	74	0.38	24.0	837.3±8.5	846±36	1	0.0673± 1.7	1.286± 2.0	0.1387± 1.1	0.534
12.1	-	191	51	0.27	22.3	821.2±8.5	848±26	3	0.06733± 1.3	1.261± 1.7	0.1359± 1.1	0.657
13.1	0.02	412	366	0.92	50.2	855.5±7.8	840±18	-2	0.06708± 0.85	1.313± 1.3	0.1419± 0.98	0.757
14.1	0.02	591	316	0.55	70.9	842.2±7.5	823±16	-2	0.06653± 0.75	1.280± 1.2	0.1396± 0.95	0.786
T07119-3 (上墅组)												
1.1	0.64	36	26	0.74	3.97	775±14	786±130	1	0.0654±6.3	1.151±6.6	0.1277±1.9	0.285
2.1	0.36	141	126	0.92	15.3	764.8±8.6	658±62	-16	0.0615±2.9	1.069±3.1	0.1260±1.2	0.380
3.1	0.20	171	127	0.77	18.6	769.0±8.3	779±31	1	0.06514±1.5	1.138±1.8	0.1267±1.1	0.619
4.1	-	85	73	0.89	9.37	781±11	926±61	16	0.0699±3.0	1.241±3.3	0.1288±1.5	0.448
5.1	-	83	69	0.85	9.09	772±14	837±61	8	0.0670±2.9	1.175±3.5	0.1272±1.9	0.550
6.1	0.23	162	118	0.75	17.4	756.0±8.2	725±38	-4	0.0635±1.8	1.090±2.1	0.1244±1.2	0.544
7.1	0.04	189	153	0.84	20.6	770.3±8.1	768±33	0	0.0648±1.6	1.134±1.9	0.1269±1.1	0.585
8.1	0.36	44	36	0.84	4.79	762±12	698±130	-9	0.0627±5.9	1.084±6.1	0.1254±1.7	0.276
9.1	0.10	124	110	0.92	13.4	767.5±9.1	756±100	-2	0.0644±4.8	1.123±4.9	0.1264±1.3	0.253
10.1	0.48	65	75	1.19	6.95	753±10	738±69	-2	0.0639±3.3	1.092±3.6	0.1239±1.4	0.403
11.1	-	88	64	0.76	9.71	783.3±9.6	889±40	12	0.0687±1.9	1.224±2.3	0.1292±1.3	0.555
12.1	0.58	42	27	0.67	4.50	752±12	699±70	-8	0.0627±3.3	1.070±3.7	0.1237±1.6	0.449
13.1	0.10	152	111	0.76	16.5	768.9±8.8	740±46	-4	0.0639±2.2	1.117±2.5	0.1267±1.2	0.483

注:误差为 1σ; Pb<sub>c</sub>代表普通铅、Pb\*代表放射成因铅; 误差为 0.21%,  $^{204}\text{Pb}$  普通铅校正

典型的岩浆生长振荡环带和韵律结构,属于岩浆结晶锆石的形态特征(图4)。

#### 4.2 锆石的 Th、U 含量及 Th/U 比值

大量的研究表明,岩浆锆石的 Th、U 含量较高, Th/U 比值较大(一般大于0.3)。样品 T071111-1 的 16 个测点中 Th 含量变化范围为  $25 \times 10^{-6} \sim 259 \times 10^{-6}$ , U 含量变化范围为  $74 \times 10^{-6} \sim 392 \times 10^{-6}$ , Th/U 值变化范围为 0.40~1.04(表2)。样品 T071110-5 的 14 个测点中 Th 含量变化范围为  $50 \times 10^{-6} \sim 358 \times 10^{-6}$ , U 含量变化范围为  $97 \times 10^{-6} \sim 404 \times 10^{-6}$ , Th/U 值变化范围为 0.33~1.14(表2)。样品 T07119-3 的 13 个测点中 Th 含量变化范围为  $25 \times 10^{-6} \sim 150 \times 10^{-6}$ , U 含量变化范围为  $35 \times 10^{-6} \sim 185 \times 10^{-6}$ , Th/U 值变化范围为 0.74~1.19(表2)。3 组年龄分析点全部位于明显的岩浆环带的部位。

#### 4.3 锆石 U-Pb 年龄

横涌组锆石样品 T071111-1 共测试了 16 个数据点(表2)。11 个点位于谐和线上,  $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{U}$  加权平均年龄为  $831 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ , 其中剔除的数据点(3.1、13.1)分别带有古老的信息( $2678 \text{ Ma} \pm 14 \text{ Ma}$  和  $993 \text{ Ma} \pm 18 \text{ Ma}$ ), 排除与  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄误差较大的数据点, 全部 14 个点的  $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{U}$  加权平均年龄为  $827 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ 。考虑到横涌组与上部安乐林组的上下关系, 本文认为  $831 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$  的年龄基本代表了锆石或斑脱岩的形成时代(图2-A)。

安乐林组锆石样品 T071110-5 共测试了 14 个数据点(表2)。除去 9.1、13.1 的数据点, 12 个点位于谐和线上(1.1、2.1、3.1、4.1、5.1、6.1、7.1、8.1、10.1、11.1 和 12.1),  $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{U}$  加权平均年龄( $829 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ )代表了锆石或斑脱岩的形成时代(图2-B)。

上墅组锆石样品 T071119-3 共测试了 13 个数据点(表2), 13 个数据点全部位于谐和线上,  $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{U}$  加权平均年龄( $767 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ )代表了锆石或斑脱岩的形成时代(图2-C)。

### 5 地质意义

双桥山群和河上镇群广泛分布于赣北—皖南—浙西地区, 在大地构造上处于扬子陆块和华夏陆块之间, 是江南造山带新元古代地层的重要组成部分, 也是华南新元古代地层研究的关键地区之一。关于这 2 套巨厚碎屑岩系的物源及其沉积构造背景长期存在争议, 有学者认为双桥山群为一套厚度巨大、以

泥砂质及火山碎屑为主的复理石建造, 为对应于古华南海洋演化期间的被动陆缘沉积或弧后盆地沉积<sup>[15,24-29]</sup>。而骆家门组、虹赤村组、上墅组(河上镇群)及相关地层为 Rodinia 超大陆裂解后的早期裂谷沉积<sup>[30-32]</sup>。关于湘、皖、浙、赣地区大量同位素年龄数据的解释问题<sup>[33-35]</sup>, 现有的观点极为不同, 致使对该地区的构造演化时限和地层对比的认识产生了重大的偏差<sup>[16,36-37]</sup>, 笔者认为当前的研究依然需要更多的高质量 SHRIMP U-Pb 年龄来准确制约。本文提供了双桥山群(横涌组、安乐林组)和河上镇群(上墅组)的锆石 U-Pb 新年龄, 将对重新思考江南造山带构造演化的时限等问题有重要意义。

致谢:北京 SHRIMP 中心石玉若先生在西澳大利亚科庭大学离子探针中心维护仪器和数据处理, 周丽芹女士在北京远程中心维护仪器, 杨之清先生在后期数据分析中给予帮助, 刘征华、杨自彝、高维、张聪完成了样品的远程测试, 王自强教授在成文过程中给予指导, 与耿元生、闫全人、牛宝贵研究员等的有益交流使笔者获益匪浅, 在此一并致以衷心的感谢。

#### 参考文献:

- [1] Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, et al. New Geologic Time Scale with special reference to Precambrian and Neogene[J]. Episodes, 2004, 27: 83-100.
- [2] 陆松年. 国际前寒武纪划分最新研究动态——国际前寒武纪地层分会 Fremantle 工作会议简介[J]. 地层学杂志, 2006, (2): 47-48.
- [3] 尹崇玉. 国际新元古代年代地层学研究进展与发展趋势[J]. 地层学杂志, 2005, 29(2): 178-180.
- [4] 尹崇玉, 柳永清, 高林志, 等. 震旦(伊迪卡拉)纪早期磷酸盐化生物群——瓮安生物群特征及其环境演化[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 1-126.
- [5] 王剑. 华南“南华系”研究新进展——论南华系地层划分与对比[J]. 地质通报, 2005, 24(6): 491-495.
- [6] 张传恒, 武振杰, 高林志, 等. 滇中昆阳群凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄: 华南格林维尔期造山的证据[J]. 科学通报, 2007, 52(7): 818-824.
- [7] 耿元生, 杨崇辉, 王新社, 等. 扬子地台西缘结晶基底的时代[J]. 高校地质学报, 2007, 13(3): 429-441.
- [8] 陆松年. 关于中国新元古界划分几个问题的讨论[J]. 地质论评, 2002, 48(3): 242-248.
- [9] 吴新华, 楼法生, 刘春根. 皖浙赣相邻区中元古代溪口岩群的划分与对比[J]. 资源调查与环境, 2005, (2): 86-96.
- [10] 谢国刚. 论江西双桥山群的底界问题[J]. 中国区域地质, 1997, 16(4): 410-414.
- [11] 蔡雄飞, 顾延生. 赣北中元古界双桥山群地层划分的综合地层学

- 运用[J].沉积与特提斯地质,2003,22(4):79-83.
- [12]吴新华.双桥山群的再讨论[J].资源调查与环境,2007,28(2):95-105.
- [13]蔡雄飞,章泽军,王德琿,等.赣北双桥山群浅变质岩沉积学研究的新进展[J].地质调查与研究,2003,26(3):151-159.
- [14]凌联海,胡肇荣,何伟相.赣西南地区前寒武纪地层划分与对比[J].华东地质学院学报,2000,23(2):105-111.
- [15]黄修保,余忠珍,邹国庆.赣西北地区中元古界双桥山群沉积学特征[J].地质通报,2003,22(1):43-49.
- [16]徐有华,吴新华,楼法生.江南古陆中元古代地层的划分与对比[J].资源调查与环境,2008,29(1):1-11.
- [17]刘敦一,简平,张旗,等.内蒙古图林凯蛇绿岩中埃达克岩 SHRIMP 测年:早古生代洋壳消减的证据[J].地质学报,2003,77(3):317-327.
- [18]简平,刘敦一,张旗,等.蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年[J].地学前缘,2003,10(4):439-456.
- [19]宋彪,张玉海,万渝生,等.锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J].地质论评,2002,48 卷(增刊):26-30.
- [20]Lance P Black, Sandra L Kamo, Charlotte M Allen, et al. TEMORA 1: a new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology [J]. Chemical Geology, 2003a, 200: 155-170.
- [21]Lance P Black, Sandra L Kamo, Ian S Williams, et al. The Application of SHRIMP to Phanerozoic geochronology: a critical appraisal of four zircon standards[J]. Chemical Geology, 2003b, 200: 171-188.
- [22]Ludwig K R. SQUID 1.02, a user's manual[M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 2. 2455 Ridge Road, Berkeley, CA 94709, USA. 2002.
- [23]Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by two-stage model[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1975, 26: 207-221.
- [24]邓国辉,刘春根,冯晔.赣东北—皖南元古代造山带构造格架及演化[J].地球学报,2005,26(1):9-16.
- [25]郭令智,施央申,马瑞士.华南大地构造格架和地壳演化[C]//第 26 届国际地质大会论文集(1). 北京:地质出版社,1980:109-116.
- [26]郭令智,施央申,马瑞士,等.江南元古代板块运动和岛弧构造的形成和演化[C]//中国地质学会,中国地质科学院.国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(1). 北京:地质出版社,1986:30-37.
- [27]王鸿祯,乔秀夫.中国元古代构造单元及其边界性质[C]//中国地质学会,中国地质科学院.国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(3). 北京:地质出版社,1986:1-13.
- [28]徐备.论赣东北—皖南晚元古代沟弧盆地系[J].地质学报,1990,64(1):33-42.
- [29]徐备,郭令智,施央申.皖浙赣地区元古代地体和多期碰撞造山带[M].北京:地质出版社,1990:1-122.
- [30]Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, south China and correlations with other continents: Evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia[J]. Precambrian Res, 2003, 122(1/4): 85-109.
- [31]Li Z X, Zhang L H, Powell C McA. Position of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia[J]. Aust. J. Earth. Sci., 1996, 43(6): 593-604.
- [32]王森,舒良树.武夷山新元古代蛇绿岩混杂岩岩石地球化学特征[J].中国地质,2007,34(4):572-583.
- [33]胡受奚,叶瑛.对“华夏古陆”、“华夏地块”及“扬子-华夏古陆统一”等观点的质疑[J].高校地质学报,2006,12(4):432-439.
- [34]马瑞士.华南构造演化新思考兼论“华夏古陆”说中的几个问题[J].高校地质学报,2006,12(4):448-456.
- [35]沈渭洲.华夏地块基底变质岩同位素年龄数据评述[J].高校地质学报,2006,12(4):475-482.
- [36]于津海,魏震海,王丽娟,等.华夏地块:一个由古老物质组成的年轻陆块[J].高校地质学报,2006,12(4):440-447.
- [37]王鹤年,周丽娅.华南地质构造的再认识[J].高校地质学报,2006,12(4):457-465.