

胡广, 胡文瑄, 曹剑, 等. 闽西下白垩统坂头组锆石 U-Pb 年龄及地层对比[J]. 地球科学进展, 2011, 26(9): 933-943. [Hu Guang, Hu Wenxuan, Cao Jian, et al. The zircon U-Pb dating of the Lower Cretaceous Bantou Formation in western Fujian and stratigraphic correlation[J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(9): 933-943.]

## 闽西下白垩统坂头组锆石 U-Pb 年龄及地层对比\*

胡广, 胡文瑄\*, 曹剑, 姚素平, 王学寅, 刘友祥

(南京大学地球科学与工程学院, 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093)

**摘要:**通过闽西地区永安盆地与崇安盆地下白垩统坂头组凝灰岩夹层中的岩浆锆石定年研究以及古生物研究, 首次获得 2 个盆地坂头组底部开始沉积的准确年龄, 分别为  $(144 \pm 2)$  和  $(116 \pm 2)$  Ma。根据它们与上覆地层关系来看, 2 个盆地坂头组顶部年龄基本等时约为 100 Ma。因此, 崇安盆地坂头组仅相当于永安盆地吉山剖面上段。在与临区地层对比时, 建议将永安盆地坂头组与浙西建德群以及上覆的馆头组对比, 而崇安盆地下梅剖面的坂头组仅与馆头组对比。此外, 通过对 2 个盆地坂头组火山凝灰岩夹层锆石年龄概率分布特征的研究以及沉积学研究, 发现永安盆地和崇安盆地的成盆时间并不一致, 分别为  $(157 \pm 3)$  和  $(127 \pm 2)$  Ma BP。这可能是导致 2 个盆地内坂头组不能等时对比的重要原因。通过对 2 个坂头组典型剖面的深入剖析表明虽然晚中生代以来, 华南沿海地区均处于伸展拉张背景, 各盆地演化过程大体相似, 盆内地层结构与层序也基本相同, 但由于不同地区拉张成盆地的具体时间并不一致, 导致不同盆地间相似地层并不到处等时。在区域地层对比过程中必须予以重视。

**关键词:**中国东南部; 下白垩统; 坂头组; 锆石 U-Pb 年龄; 地层对比

**中图分类号:** P534.53

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-8166(2011)09-0933-11

### 1 引言

中国东南沿海地区晚中生代发生强烈的岩石圈伸展和拉张, 火山岩浆作用强烈, 堆积一套巨厚的晚中生代火山—沉积岩系<sup>[1-4]</sup>。长期以来, 该岩系中的火山—侵入杂岩一直是研究华南岩石圈演化及板块运动等重要科学问题的研究对象<sup>[5-11]</sup>, 然而对沉积岩的研究相对薄弱。此外, 近期的工作发现, 早白垩世杂色湖相沉积岩系可能是中国东南部潜在的烃源岩, 其中下白垩统坂头组发育多层黑色、黑灰色富有机质泥页岩<sup>[12]</sup>。但与海相地层相比, 断代化石较少, 且区域相变频繁, 导致一些基本地层学问题仍存

争议。如曹宝森等<sup>[13]</sup>和陈丕基<sup>[14]</sup>认为闽西坂头组应该与浙西寿昌组对比, 陈其爽<sup>[15]</sup>则认为应该与浙西馆头组对比。2011 年戴静等<sup>[16]</sup>对永安剖面中 *Elatides* 属雌球果化石的研究, 认为应该属于早白垩世沉积, 而 2010 年王非等<sup>[17]</sup>的研究则认为坂头组之下的南园组的年龄为 95.2 ~ 88.6 Ma。上述问题加重了该套火山—沉积岩系区域上的横向对比的研究难度, 进而影响了对其发育背景和盆地形成演化规律的认识。因此, 迫切需要精确的定年研究工作, 为其提供准确的时间标尺, 厘定出新的区域地层对比框架, 为更大范围的区域地层对比提供新的参考。

\* 收稿日期: 2011-03-09; 修回日期: 2011-07-18.

\* 基金项目: 国家自然科学基金项目“中国东南部早白垩世海侵事件识别及其对烃源岩形成的影响”(编号: 41092010); 中石化海相油气前瞻性课题“中国东南部油气成藏条件与远景分析”(编号: YPH08115)资助。

作者简介: 胡广(1978-), 男, 湖北洪湖人, 博士研究生, 主要从事能源地质学研究。E-mail: guanghu1198119@163.com

\* 通讯作者: 胡文瑄(1959-), 男, 山东临沂人, 教授, 主要从事矿物、岩石、矿床方向研究。E-mail: huwx@nju.edu.cn

因此,本次工作对坂头组底部 4 个火山碎屑岩样品中 103 颗锆石进行了 U-Pb 同位素定年研究,并结合古生物化石研究结果,确定了闽西坂头组开始沉积的确切年龄。在此基础上探讨了永安盆地和崇安盆地的形成时间及其演化,为深入理解我国东南沿海地区火山—沉积盆地的形成发育过程及横向变化规律,提供新的认识和启发。

## 2 地质背景及剖面介绍

永安和崇安盆地位于政和—大埔断裂西侧,是在中国东南沿海地区晚中生代强烈伸展背景下形成的断陷盆地,盆内充填了巨厚的火山—沉积建造<sup>[18,19]</sup>。该火山—沉积建造自下而上划分为园盘组、下渡组、坂头组、吉山组和白牙山组。其中坂头组为陈恺<sup>[20]</sup>1943 年所建,位于永安市坂头村,后被

吉山村剖面代替<sup>[21,22]</sup>。但对吉山村剖面坂头组的划分存在分歧,曹宝森等<sup>[13]</sup>认为其第 1~12 层与标准剖面坂头组相当,陈其爽<sup>[15]</sup>则认为第 1~14 层为坂头组,而《福建省岩石地层》将第 1~32 层划为坂头组,第 33、34 层划为吉山组<sup>[23]</sup>。野外观测表明,吉山剖面第 33、34 层为灰白色厚层砂砾岩,与其下灰色、灰黑色细碎屑岩存在较大的差异。因此,本文以《福建省岩石地层》的划分方案为准。

坂头组以杂色湖相细粒碎屑岩为主,夹火山碎屑岩。吉山剖面前人有过详细的研究,在此不再详述<sup>[21~23]</sup>。总体上讲,吉山剖面按所含火山碎屑量,以第 21 层为界分为上下 2 段。上段相对下段而言,火山碎屑物质明显减少,颗粒相对较细,可分 6 个向上变细沉积旋回。而下段主要由粒度较粗的火山碎屑岩和灰黑色泥岩组成(图 1)。

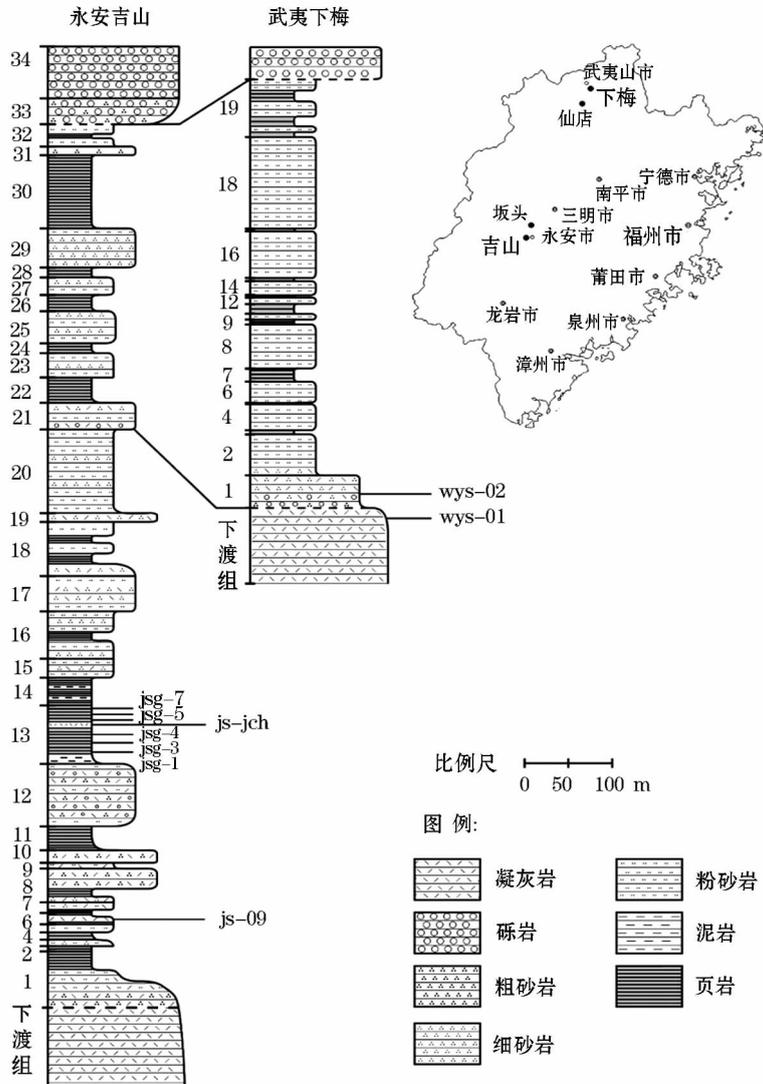


图 1 剖面位置、岩性柱状图及采样

Fig. 1 Location of the outcrops, stratigraphic logs and samples

崇安盆地地下梅剖面 (118°00'34.87"E, 27°39'55.5"N) 坂头组出露也较好, 厚 524.5 m, 分 19 层, 由 6 个粒度向上变细的沉积旋回组成, 底部以凝灰质含砾砂岩与兜岭群紫灰色晶屑熔结凝灰岩呈假整合接触, 顶部与上白垩统红层呈不整合接触。该剖面坂头组整体岩性相对较细, 主要为灰黄色粉砂岩、灰绿色泥质粉砂岩与灰色、灰黑色泥页岩组成 (图 1)。

### 3 样品、分析测试及结果

#### 3.1 样品

在永安盆地吉山剖面, 共采集 2 件凝灰岩样品 js-jch 和 js-09, 6 件古生物样品 jsj-1、jsj-3 ~ jsj-7。其中, 样品 js-jch 采自剖面第 13 层黑色页岩中空落相凝灰岩夹层, 夹层厚约 10 cm, 水化作用强烈, 高岭土化严重, 露头上呈灰白色, 与上下的黑色页岩区别明显。样品 js-09 采自剖面第 6 层, 为紫红色凝灰岩, 厚 0.5 m 左右。6 件古生物样品采自第 13 层, 分布于样品 js-jch 附近 (图 1)。

在武夷山市下梅剖面, 也采集 2 件样品 wys-01 和 wys-02, 其中 wys-01 采自兜岭群顶部晶屑熔结凝

灰岩; wys-02 采自坂头组第 1 层凝灰质砂岩。

#### 3.2 分析测试

对采集的新鲜样品, 依次进行粉碎、锆石挑选和制靶<sup>[24]</sup>, 为选择可靠的分析点位, 并对锆石进行 CL 图像分析<sup>[25,26]</sup>。锆石 U-Pb 同位素分析在南京大学成矿作用国家重点实验室完成。测试条件为: 激光剥蚀孔径 30 ~ 40 μm, 剥蚀时间 60 s, 背景测量时间 40 s, 每间隔 10 次样品测试进行 2 次外标 GEMOC/GJ-1<sup>[27]</sup> 及 1 次内标 Mud Tank。原始同位素比值、年龄和误差利用 GLITTER 软件计算获得<sup>[28]</sup>, 并进行普通铅校正<sup>[29]</sup>。校正后的数据用 Isoplot 程序完成年龄计算及谐和图的绘制<sup>[30]</sup>。本次测得标样 Mud Tank 的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 加权平均年龄为 (721.4 ± 13) Ma, 与 Black 等<sup>[31]</sup> 1978 年获得的 TIMS 年龄 (732 ± 5) Ma 吻合, 表明分析精度可靠。孢粉分析在中国科学院南京地质与古生物研究所完成。

#### 3.3 结果

##### 3.3.1 锆石 U-Pb 同位素年龄

代表性锆石阴极发光 (CL)、分析点位及相应的表面<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄见图 2。所分析的锆石均为典



图 2 代表性锆石阴极发光图像、测点位置及相应的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄

Fig. 2 CL images of representative zircons with the analyzed position (out circles) and U-Pb ages

型的岩浆锆石,仅少数锆石颗粒带有继存核。所有晶体自形程度非常好,长宽比大于 2:1,透射光下主要为淡黄色,在 CL 图像上可见非常清晰的震荡环带。所有分析点位均位于锆石边部震荡环带处。

剔除部分锆石 U、Pb 同位素信号不平稳的数据点,以及接近或低于测试背景值的数据点,经普通铅校正后共获得 78 个有效数据,其 U-Pb 同位素、Th、U 含量及年龄见表 1。结果表明,所有样品中锆石的 Th/U 均大于 0.7,为岩浆锆石特征。所有数据点均落在谐和线附近,表现出较好的一致性。但样品年龄的平均标准权重偏差 (MSWD) 明显偏大,数据点在谐和图上相对分散(图 3),从<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄的

概率密度分布图来看,各样品都具有多峰特点,且样品间峰值年龄具有明显的重复性,其主要峰值年龄分别为(157±3)、(156±3)、(144±2)、(146±2)、(134±2)、(127±2)和(116±2)Ma(图 4)。

### 3.3.2 孢粉含量

吉山村剖面第 13 层的 jsg-1 ~ jsg-6 5 件古生物样品中花粉数量丰富,但有机质成熟度较高(实测  $R_0$  值大多高于 1.2%,反映进入高过成熟演化阶段),有些不能鉴定,但可以肯定的是克拉梭粉在组合中占相当的优势。此外,还检出少量的 *Pinuspollenites*、*Caytonipollenites* 等分子(表 2)。

表 1 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 同位素  
Table 1 LA-ICPMS zircon U-Pb isotopic analyses

锆石	年龄 /Ma			同位素比值			Th /×10 <sup>-6</sup>	U /×10 <sup>-6</sup>	Th/U	
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U				<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th
js-jch-01	156±11	157±4	139±10	0.04884±0.00373	0.16601±0.01243	0.02466±0.0006	0.00691±0.00048	199	79	2.5
js-jch-02	138±6	136±2	128±12	0.04961±0.0022	0.14606±0.00631	0.02136±0.00038	0.00637±0.0006	515	303	1.7
js-jch-04	158±4	155±2	142±9	0.05032±0.00134	0.16886±0.00451	0.02434±0.00036	0.00703±0.00047	671	356	1.9
js-jch-05	165±5	166±3	143±10	0.04924±0.00163	0.17688±0.00593	0.02606±0.00045	0.0071±0.0005	270	259	1.0
js-jch-08	176±6	168±3	154±13	0.05196±0.00186	0.18938±0.00679	0.02643±0.00047	0.00764±0.00065	245	199	1.2
js-jch-09	171±6	164±3	121±12	0.05174±0.00211	0.1838±0.00751	0.02577±0.00051	0.00602±0.0006	393	241	1.6
js-jch-11	150±3	150±2	110±6	0.04912±0.00115	0.15937±0.0038	0.02353±0.00034	0.00545±0.00028	386	405	1.0
js-jch-12	131±3	132±2	107±6	0.04846±0.00123	0.13799±0.00349	0.02066±0.00029	0.0053±0.00032	669	459	1.5
js-jch-13	150±6	147±3	134±11	0.04997±0.00227	0.15928±0.00705	0.02312±0.0004	0.00666±0.00056	180	164	1.1
js-jch-14	159±6	159±3	129±8	0.04939±0.00202	0.1699±0.00684	0.02496±0.00041	0.00638±0.00042	215	162	1.3
js-jch-17	144±8	143±3	112±10	0.04942±0.00302	0.15275±0.0091	0.02244±0.00045	0.00556±0.00048	125	120	1.0
js-jch-18	138±5	134±2	103±8	0.05015±0.00206	0.14564±0.00584	0.02107±0.00035	0.00511±0.00042	259	201	1.3
js-jch-19	150±6	147±2	126±12	0.05016±0.00208	0.15968±0.0064	0.02309±0.00037	0.00627±0.0006	136	154	0.9
js-jch-21	150±4	145±2	136±11	0.05064±0.00158	0.15899±0.00491	0.02278±0.00033	0.00674±0.00053	296	329	0.9
js-jch-22	145±6	146±2	133±9	0.04839±0.00209	0.15323±0.00655	0.02297±0.00038	0.0066±0.00045	200	198	1.0
js-jch-23	151±4	147±2	138±9	0.05069±0.00148	0.16087±0.0047	0.02302±0.00034	0.00686±0.00047	478	314	1.5
js-jch-24	153±6	148±3	136±11	0.05097±0.00237	0.16284±0.00743	0.02318±0.0004	0.00676±0.00053	223	160	1.4
js-jch-25	142±4	141±2	130±9	0.04942±0.00159	0.15029±0.00482	0.02206±0.00033	0.00646±0.00045	313	266	1.2
js-jch-26	160±4	158±2	134±9	0.0498±0.00128	0.17051±0.00443	0.02483±0.00035	0.00666±0.00046	394	357	1.1
js-jch-27	154±18	153±4	107±9	0.04935±0.00618	0.16386±0.02025	0.02408±0.00061	0.0053±0.00045	77	42	1.8
js-jch-28	156±6	154±3	130±10	0.04967±0.00218	0.16603±0.00722	0.02425±0.0004	0.00643±0.00051	162	151	1.1
js-09-01	133±11	131±3	136±15	0.04963±0.00454	0.14027±0.0125	0.0205±0.00051	0.00675±0.00073	140	96	1.5
js-09-05	145±8	142±3	170±16	0.04983±0.00302	0.15353±0.00911	0.02235±0.00042	0.00843±0.00082	113	101	1.1
js-09-06	143±6	143±3	91±7	0.04892±0.00218	0.15124±0.00668	0.02243±0.0004	0.0045±0.00034	163	205	0.8
js-09-08	143±20	146±5	141±26	0.04806±0.00745	0.15149±0.02304	0.02287±0.00077	0.00701±0.00131	57	52	1.1
js-09-11	148±6	147±2	137±9	0.04955±0.00217	0.15708±0.00684	0.02299±0.00038	0.00678±0.00043	300	168	1.8
js-09-12	152±7	154±3	137±11	0.04819±0.00237	0.16098±0.00782	0.02423±0.00042	0.00682±0.00053	265	174	1.5
js-09-13	136±8	137±3	132±13	0.0482±0.00293	0.14277±0.00851	0.02148±0.00041	0.00656±0.00066	234	171	1.4
js-09-14	169±12	167±4	148±25	0.05028±0.00409	0.18163±0.01431	0.0262±0.00065	0.00736±0.00125	255	153	1.7
js-09-16	141±5	143±2	115±9	0.04807±0.00193	0.14871±0.00592	0.02244±0.00037	0.00573±0.00047	342	247	1.4
js-09-17	161±5	160±2	133±10	0.04931±0.0015	0.17133±0.00525	0.0252±0.00036	0.0066±0.00049	228	220	1.0
js-09-18	163±8	164±3	148±13	0.04873±0.00252	0.17364±0.00889	0.02584±0.00043	0.00734±0.00064	130	113	1.2
js-09-20	159±5	159±3	109±9	0.04932±0.00182	0.16989±0.00622	0.02498±0.0004	0.00541±0.00044	245	230	1.1
js-09-22	146±5	147±2	141±13	0.04868±0.00165	0.15511±0.00519	0.02311±0.00035	0.007±0.00064	360	393	0.9
js-09-23	149±3	145±2	148±10	0.05021±0.00102	0.15778±0.00332	0.02279±0.00031	0.00737±0.00052	1 116	842	1.3
js-09-24	155±4	156±2	135±11	0.04882±0.0015	0.16498±0.00507	0.02451±0.00038	0.00671±0.00057	644	459	1.4

续表 1

锆石	年龄/Ma			同位素比值				Th /×10 <sup>-6</sup>	U /×10 <sup>-6</sup>	Th/U
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th			
js-09-25	157±3	156±2	122±9	0.04955±0.00099	0.16735±0.00354	0.0245±0.00035	0.00603±0.00043	923	1 095	0.8
js-09-26	144±4	145±2	132±11	0.04855±0.00141	0.15238±0.00443	0.02277±0.00033	0.00656±0.00055	611	310	2.0
js-09-27	140±7	140±2	135±14	0.04891±0.00268	0.1482±0.00797	0.02198±0.00039	0.00668±0.00071	185	136	1.4
js-09-29	155±5	155±3	139±17	0.04944±0.00186	0.16534±0.00614	0.02426±0.00041	0.00691±0.00083	555	479	1.2
js-09-30	155±4	159±2	135±13	0.04813±0.00141	0.16529±0.00488	0.02491±0.00038	0.00672±0.00066	667	438	1.5
js-09-32	150±5	143±2	110±8	0.0514±0.00194	0.15909±0.00587	0.02245±0.00036	0.00546±0.00042	440	360	1.2
js-09-33	142±4	144±2	122±8	0.04819±0.00161	0.1502±0.00497	0.02261±0.00034	0.00605±0.00039	268	313	0.9
js-09-34	143±9	144±3	98±8	0.0485±0.00347	0.15102±0.01056	0.02259±0.00049	0.00484±0.00039	100	119	0.8
js-09-35	139±4	140±2	102±6	0.04848±0.00146	0.14705±0.00441	0.022±0.00032	0.00504±0.0003	588	369	1.6
js-09-36	155±6	157±3	117±8	0.04847±0.00206	0.16518±0.00689	0.02472±0.00042	0.00582±0.0004	282	187	1.5
js-09-37	151±5	151±2	109±9	0.04881±0.00193	0.15992±0.00625	0.02377±0.00039	0.00541±0.00043	385	276	1.4
js-09-38	149±5	144±2	131±12	0.05072±0.002	0.15804±0.00609	0.0226±0.00036	0.0065±0.00061	290	223	1.3
js-09-39	144±5	145±2	115±9	0.0486±0.00195	0.15213±0.00602	0.02271±0.00037	0.0057±0.00047	188	224	0.8
js-09-40	143±5	143±2	130±12	0.04888±0.00189	0.15126±0.00577	0.02245±0.00036	0.00643±0.00061	262	255	1.0
wys-01-01	128±7	127±2	105±10	0.04901±0.00287	0.13426±0.00779	0.01987±0.00036	0.00521±0.00048	290	234	1.2
wys-01-02	130±7	131±2	115±11	0.04805±0.00277	0.13621±0.00781	0.02056±0.00036	0.00569±0.00053	242	236	1.0
wys-01-04	136±6	135±2	129±13	0.0493±0.00214	0.14351±0.00622	0.02111±0.00034	0.0064±0.00067	398	332	1.2
wys-01-05	135±14	135±4	129±24	0.04844±0.0054	0.14179±0.01552	0.02123±0.00056	0.0064±0.00118	192	174	1.1
wys-01-06	126±16	127±4	128±27	0.04801±0.00659	0.13202±0.01775	0.01995±0.00063	0.00633±0.00136	172	157	1.1
wys-01-08	138±13	138±3	136±23	0.04895±0.00493	0.1458±0.01449	0.0216±0.00049	0.00677±0.00113	127	120	1.1
wys-01-09	133±6	135±2	133±22	0.04811±0.00231	0.14005±0.00666	0.02111±0.00037	0.00659±0.0011	389	350	1.1
wys-01-10	133±15	134±3	147±34	0.04847±0.00587	0.14001±0.01671	0.02095±0.00053	0.00729±0.00169	139	127	1.1
wys-01-11	138±15	137±3	136±17	0.04899±0.00567	0.14509±0.01665	0.02148±0.00048	0.00677±0.00087	95	87	1.1
wys-01-12	138±12	137±3	156±25	0.04907±0.00448	0.14551±0.01305	0.02151±0.00051	0.00773±0.00127	184	178	1.0
wys-01-13	124±5	125±2	131±17	0.04827±0.00223	0.12985±0.00593	0.01951±0.00033	0.00649±0.00085	337	357	0.9
wys-01-14	134±8	133±2	134±15	0.04904±0.003	0.14114±0.00858	0.02088±0.00035	0.00666±0.00074	164	170	1.0
wys-01-15	126±3	127±2	123±14	0.04816±0.00111	0.13184±0.00316	0.01986±0.00028	0.00612±0.00069	625	863	0.7
wys-01-16	134±14	136±3	139±25	0.04834±0.00542	0.14159±0.01563	0.02125±0.00055	0.00688±0.00127	172	143	1.2
wys-01-17	139±10	139±3	145±20	0.04886±0.00376	0.1471±0.01121	0.02183±0.00043	0.00719±0.00102	179	158	1.1
wys-01-18	127±16	127±4	141±37	0.04846±0.0065	0.13341±0.01752	0.01997±0.00063	0.00699±0.00184	246	165	1.5
wys-01-19	132±7	132±2	121±17	0.04875±0.00276	0.13876±0.00778	0.02065±0.00036	0.00599±0.00086	260	246	1.1
wys-02-01	118±6	117±2	94±8	0.0489±0.00273	0.12371±0.00673	0.01832±0.00037	0.00466±0.00039	773	307	2.5
wys-02-02	113±6	116±2	87±6	0.04703±0.00274	0.11731±0.0067	0.01811±0.00036	0.0043±0.0003	257	195	1.3
wys-02-04	121±11	123±3	93±9	0.04774±0.0047	0.12649±0.01211	0.01924±0.00054	0.0046±0.00045	215	117	1.8
wys-02-05	135±7	134±3	126±9	0.04905±0.00294	0.14233±0.00835	0.02104±0.0004	0.00626±0.00047	180	114	1.6
wys-02-06	130±6	131±3	87±7	0.04851±0.00244	0.13687±0.00674	0.02049±0.00041	0.00431±0.00037	317	315	1.0
wys-02-08	141±4	143±2	123±12	0.04825±0.00149	0.1491±0.00456	0.02241±0.00034	0.00612±0.00062	767	636	1.2
wys-02-10	124±9	124±3	116±17	0.04851±0.00375	0.1302±0.00977	0.01947±0.00046	0.00574±0.00086	573	152	3.8
wys-02-11	134±6	136±2	99±7	0.04821±0.00222	0.1414±0.00641	0.02128±0.00039	0.00489±0.00036	314	275	1.1
wys-02-13	137±18	134±5	50±7	0.05002±0.00714	0.14501±0.0201	0.02102±0.00084	0.00247±0.00036	100	98	1.0
wys-02-14	126±6	124±2	101±8	0.04937±0.00253	0.13218±0.00668	0.01942±0.00034	0.00503±0.00038	217	141	1.5
wys-02-15	127±4	127±2	99±8	0.04873±0.00178	0.1334±0.00482	0.01986±0.00031	0.00492±0.00039	288	230	1.3

表 2 吉山剖面早白垩世孢粉含量

Table 2 Counts of the early cretaceous spore and pollen in Jishan outcrop

样品	jsg-1	jsg-3	jsg-4	jsg-5	jsg-6	jsg-7
<i>Foveotriletes</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Leiotriletes</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Cycadopites</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Classopollis</i>	24	120	25	66	25	0
<i>Caytonipollenites</i>	3	0	0	0	0	0
<i>Pinuspollenites</i>	3	7	1	1	1	0

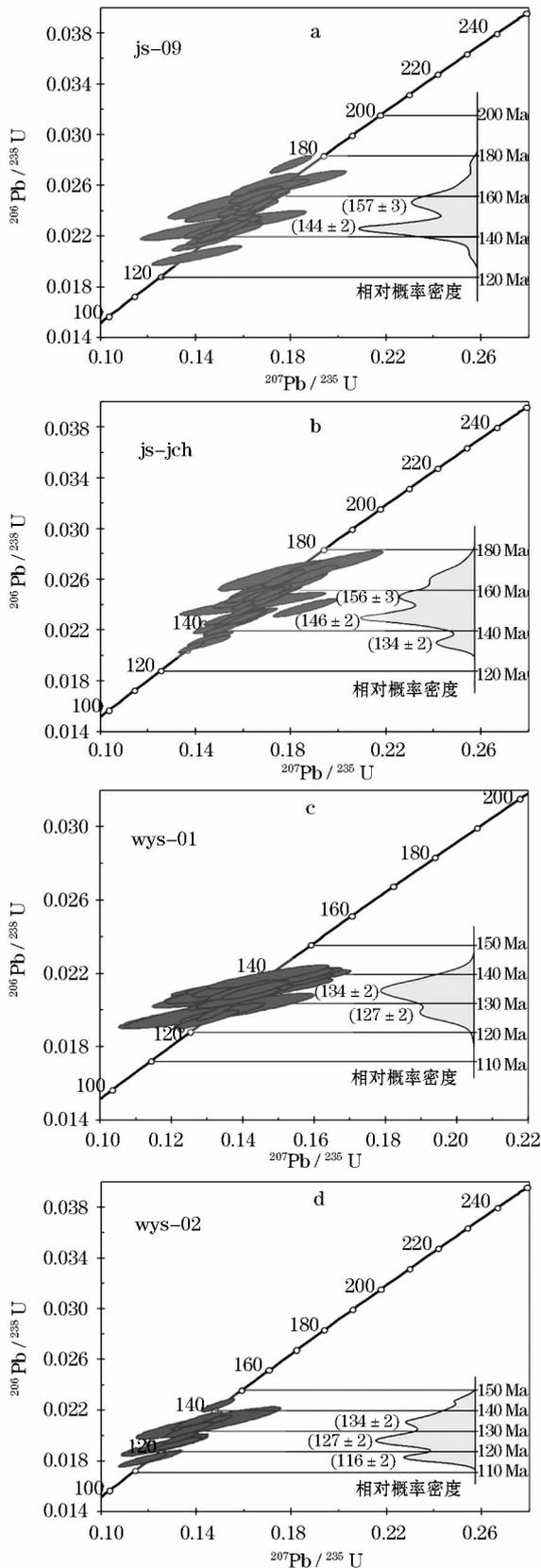


图 3 锆石 U-Pb 谐和图及概率密度图

Fig. 3 Zircon U-Pb concordia diagram and the probability density distribution

## 4 讨论

### 4.1 锆石年龄分群的地质意义及火山碎屑岩形成年龄的选取

通常而言,一次岩浆作用形成的火山岩的锆石年龄应该较为集中,具有较小的 MSWD。但本次实验的 3 个火山岩浆锆石年龄具有明显的分群现象(图 4)。如何确定火山喷发年龄,不同学者有不同的理解和处理:有的学者使用平均年龄,有的学者采取最小年龄<sup>[32]</sup>,也有学者认为出现这种现象的可能原因是存在锆石晶格破坏,同位素体系不封闭,导致实测年龄偏小或者偏大<sup>[33]</sup>。但本次研究的锆石具有清晰的震荡环带(图 2),且所有数据点均落在谐和线上(图 3),表明所测锆石结构完整,不存在铅丢失和加入现象。因此,锆石年龄的分群现象可能表明同一火山碎屑岩层中的锆石可能是多源的。

由于酸性岩浆极易以爆发方式喷发,迅速膨胀的气体都会撕裂围岩,导致火山碎屑岩中含有围岩碎屑。喷出的炙热高速的火山灰流和涌流也对下伏地层侵蚀,从而使火山碎屑岩包含下伏地层碎屑。此外,部分早期形成的锆石还可能滞留于岩浆房或火山通道,在第二次喷发过程中被带出。因此,火山碎屑岩中锆石或多或少会携带前次岩浆作用的锆石,从而导致多峰值现象。

如在永安吉山坂头组剖面中,不同层位的 js-jch 和 js-09 2 样品均具有  $(146 \pm 2)$  和  $(157 \pm 3)$  Ma 2 个峰值年龄,而层位相对较低的 js-jch 还具有一个更小年龄的  $(134 \pm 2)$  Ma 峰值。表明形成 js-jch 样品的那次火山活动(喷发于  $(134 \pm 2)$  Ma)将形成于  $(157 \pm 3)$  和  $(146 \pm 2)$  Ma 的锆石一并带出。崇安下梅剖面 2 样品也具有类似的特点(图 4)。

由此可见,同一样品年龄谱中的最小峰值应该代表火山喷发年龄和火山碎屑岩的形成年龄,如果该火山碎屑岩以夹层的形式出现在沉积地层中,且不存在明显的沉积间断,那么火山碎屑岩的形成年龄将是对上覆地层沉积年龄的最小年龄限制。而较老的年龄峰代表早期的火山-岩浆作用事件。

### 4.2 坂头组沉积年龄

#### 4.2.1 永安市吉山村坂头组

吉山村剖面第 6 层 js-09 和第 13 层 js-jch 凝灰岩样品,分别共获得 29 和 22 个有效数据点(表 1, 图 3)。依据前文所述,最小的峰值年龄应该为火山的喷发年龄,亦即该层火山碎屑岩的沉积年龄。由此确定该剖面坂头组第 6 层开始沉积年龄为  $(144 \pm$



### 4.3 闽西坂头组地层对比新方案

根据锆石年代学的研究结果发现:在永安盆地的坂头组沉积从(144±2) Ma 开始,而在崇安盆地的坂头组则开始于(116±2) Ma。至于坂头组的结束年龄,虽然没有准确的锆石年龄加以控制,但在永安吉山剖面,明显可见其与上覆河流相砂砾岩呈不整合接触,在崇安盆地地下梅剖面,坂头组顶部与晚白垩世“红层”也呈不整合接触。在东南沿海地区上下白垩统之间的不整合比较普遍<sup>[43]</sup>。由此可见 2 个盆地坂头组顶部基本等时,且应位于早晚白垩世之交,约为 100 Ma。因此,在与临区地层对比时,建议永安盆地坂头组可与浙西建德群以及上覆的永康群馆头组对比,而崇安盆地地下梅剖面的坂头组向北基本可与浙西馆头组对比(表 4)。

表 4 本文闽西坂头组对比表

Table 4 Stratigraphic division and correlation of the Bantou formation in this paper

/Ma	永安吉山	武夷下梅	浙西		浙东
99.6	?	?	永康群	永康群	
	Albian	坂头组	馆头组	馆头组	
112		(116±2)			
	Aptian				
125	坂头组	兜岭群	建德群		磨石山群
130	Barremian				
136.4	Hauterivian				
140.2	Valanginian				
145.5	Berriasian (144±2)				

至于 2 个盆地间坂头组之间的对比,建议将崇安盆地坂头组与永安盆地吉山剖面第 21~32 层对比(图 1)。其理由有 3 个:①沉积旋回特征上,崇安盆地地下梅剖面的 6 个粒度向上变细的沉积旋回,与吉山剖面上段上部(第 21~32 层)的 6 个沉积旋回相当。②岩相上,崇安盆地坂头组以河流相凝灰质含砾砂岩,向上转变为以细粒的泥页岩,90 m 厚的灰黑色泥岩与灰绿色泥质粉砂岩结束。在永安盆地吉山剖面第 21 层同样为含砾凝灰质砂岩组成,且层面具龟裂构造,表明当时为暴露环境,向上整体粒度明显变细,最终以灰黑色页岩与灰绿色、灰黑色薄层

粉砂岩夹砂质页岩结束本组沉积。③在古生物面貌上,吉山村剖面坂头组上段古生物与下梅剖面所含古生物也一致,前文已结合年龄数据进行过讨论,此处不再赘述。此外,根据粗略的沉积速率计算可以外推吉山剖面第 21 层的大致年龄为 119 Ma,与崇安盆地坂头组的开始年龄接近。因此建议将崇安盆地坂头组与永安盆地吉山剖面第 21~32 层对比,向浙西与馆头组对比。

新的对比方案表明,虽然闽西乃至浙西地区早白垩世均表现为伸展裂陷,但盆地中充填的细碎屑沉积岩的底界年龄,从闽西向浙西存在逐渐年轻化的趋势。该趋势可能与各区裂陷成盆的起始时间以及盆内火山活动强度和结束时间不一致有关。

### 4.4 闽西永安、崇安盆地的开启时间及其演化

永安、崇安盆地坂头组之下均为一套中酸性火山岩,且该套火山岩与下伏中下侏罗统碎屑岩呈不整合接触,因此,中晚侏罗世之后的最早火山活动应与盆地的开启年龄一致。据前文对锆石年龄分群现象与火山作用方式的研究,较年轻的火山碎屑岩中的锆石年龄还携带有前期次的岩浆作用信息。因此,通过对永安、崇安盆地中坂头组凝灰岩锆石年龄谱的分析,可以推测 2 个盆地的大体开启时间。

在永安盆地,样品 js-09 中锆石最大峰值年龄为(157±3) Ma(图 4)。而样品 js-09 的采样位置之下还有代表大规模火山作用的下渡组与代表裂陷盆地初期充填的园盘组。在层序关系上,园盘组呈不整合覆盖于含 *Tutuella* 动物群的湖相漳平组之上,且大部分地区园盘组是直接不整合于梨山组或更老地层之上。这表明漳平组之后存在一定的沉积间断,而后在园盘组沉积期才开始拉张成盆。而依据漳平组古生物研究,该沉积期可持续到中侏罗的 Callovian 阶,因此园盘组相当于 Oxfordian 上部<sup>[21~23]</sup>。根据国际年代地层表,上侏罗 Oxfordian 阶时限为(161.2±4)~155.6 Ma BP,由此可见,坂头组火山碎屑岩中检出的最老锆石峰值约为 157 Ma BP 应该来自下伏的园盘组火山物质,代表该盆地的最老火山物质,因此,推断永安盆地的开启时间大致在(157±3) Ma BP。

而在崇安盆地,兜岭群大都直接超覆于古老基底之上,仅局部地段南园组之下尚有不厚的长岭组,样品 wys-01 中的锆石最大峰值年龄(134±2) Ma,即崇安盆地的开启时间。

由此可见,永安盆地约在 157 Ma BP 裂陷,火山喷发,充填火山碎屑沉积,(144±2) Ma BP 火山作用

趋于平静,并充填正常碎屑沉积岩。在(134±2) Ma BP,随着太平洋的俯冲影响,崇安盆地开始拉张裂隙,伴随此次拉张裂隙的火山喷发空落相沉积遍及整个闽西地区,js-jch 所记录的最小峰值年龄(134±2) Ma 即为最好的证明。到(127±2) Ma BP,崇安盆地大规模的火山活动结束。但由于火山碎屑岩堆积占据一定的空间,崇安盆地武夷山下梅附近处于剥蚀区,导致该处坂头组与兜岭群呈不整合接触。直到(116±2) Ma BP,由于地壳的均衡调整,2个盆地开始共同接受沉积,导致崇安盆地坂头组层位仅相当于永安盆地坂头组上段上部。

由于2个盆地成盆机制和演化过程也大体相似,各盆地内地层剖面结构与层序也基本相同,总体上都是从火山碎屑岩类过渡到碎屑沉积岩类,造成各地岩性地层单元可以对比的“假象”。通过本次研究发现,虽然均处于伸展拉张背景,但不同区域拉张成盆的具体时间并不一致。导致各盆地内火山碎屑岩以及上覆碎屑沉积层序的形成时间各不相同,在区域地层对比过程中必须予以重视。

## 5 结 论

通过对永安盆地吉山村剖面、崇安盆地地下梅剖面底部的火山碎屑岩夹层中锆石 U-Pb 年龄和古生物的综合研究,得出以下几点结论:

(1) 永安盆地坂头组沉积开始于(144±2) Ma BP,崇安盆地坂头组沉积的开始年龄为(116±2) Ma,区域上沉积时间差距明显。

(2) 永安盆地坂头组可与浙西建德群以及上覆的永康群馆头组对比,而崇安盆地地下梅剖面的坂头组基本可与浙西馆头组对比;崇安盆地坂头组可与永安盆地吉山剖面第21~32层对比。

(3) 永安盆地和崇安盆地的差异裂隙可能是2个盆地内坂头组的开始沉积年龄不同的主要原因。这一认识将为深入理解我国东南沿海地区火山—沉积地层横向变化规律,提供新的启发。

**致谢:**感谢南京大学张文兰教授、邱检生教授、武兵老师在锆石阴极发光以及 U-Pb 同位素测试分析过程中的帮助和指导;感谢南京地质矿产研究所陈荣老师和中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所谢晓敏野外踏勘、采样过程中给予的帮助,在此一并诚挚致谢忱。

## 参考文献 (References):

[1] Gilder S A, Gill J, Coe R S, *et al.* Isotopic and paleomagnetic

constraints on the Mesozoic tectonic evolution of south China[J]. *Journal of Geophysical Research—Solid Earth*, 1996, 101 (B7): 16 137-16 154.

- [2] Chen Peirong, Kong Xinggong, Ni Qisheng, *et al.* Ascertainment and implication of the Early Yanshanian bimodal volcanic associations from south Jiangxi province[J]. *Geological Review*, 1999, 45 (7): 734-741. [陈培荣, 孔兴功, 倪琦生. 赣南燕山早期双峰式火山岩的厘定和意义[J]. 地质论评, 1999, 45 (7): 734-741.]
- [3] Zhang Bangtong, Chen Peirong, Kong Xinggong. Rb-Sr chronology of bimodal volcanic rocks of the Yutian Group in the Linjiang Basin, southern Jiangxi [J]. *Geology in China*, 2002, 29 (4): 351-354. [章邦桐, 陈培荣, 孔兴功. 赣南临江盆地余田群双峰式火山岩的 Rb-Sr 年代学研究[J]. 中国地质, 2002, 29 (4): 351-354.]
- [4] Li X H. Cretaceous magmatism and lithospheric extension in south-east China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2000, 18 (3): 293-305.
- [5] Wang Dezi, Zhou Xinmin. The Genesis of Late Mesozoic Volcanic Intrusive Complex of Southeast China and Crustal Evolution[M]. Beijing: Science Press, 2002. [王德滋, 周新民. 中国东南部晚中生代花岗岩质火山—侵入杂岩成因与地壳演化[M]. 北京: 科学出版社, 2002.]
- [6] Wang D, Shu L S, Faure M, *et al.* Mesozoic magmatism and granitic dome in the Wugongshan Massif, Jiangxi province and their genetical relationship to the tectonic events in southeast China[J]. *Tectonophysics*, 2001, 339(3/4): 259-277.
- [7] Maruyama S. Plume tectonics[J]. *Journal of Geologic Society of Japan*, 1994, 100(1): 24-49.
- [8] Zhou Xinmin. My thinking about granite geneses of South China [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2003, 9(4): 557-565. [周新民. 对华南花岗岩研究的若干思考[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 557-565.]
- [9] Xie Douke, Ma Rongsheng, Zhang Yushen. The Crust Growth and Mantle Plume Tectonics of South China Continent[M]. Beijing: Geological Press, 1996. [谢谏克, 马荣升, 张禹慎. 华南大陆地壳生长过程与地幔柱构造[M]. 北京: 地质出版社, 1996.]
- [10] Mao Jingwen, Li Hongyan, Wang Denghong, *et al.* Ore forming of Mesozoic polymetallic deposits in South China and its relationship with Mantle Plume[J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 1998, 19(12): 130-132. [毛景文, 李红艳, 王登红, 等. 华南地区中生代多金属矿床形成与地幔柱关系[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 19(12): 130-132.]
- [11] Zhang Qi, Jin Weijun, Li Chengdong, *et al.* Yanshanian large-scale magmatism and lithosphere thinning in eastern China: Relation to large igneous province[J]. *Earth Science Frontiers*, 2009, 16(2): 21-51. [张旗, 金惟骏, 李承东, 等. 中国东部燕山期大规模岩浆活动与岩石圈减薄: 与大火成岩省的关系[J]. 地学前缘, 2009, 16(2): 21-51.]
- [12] Hu Guang, Hu Wenxuan, Cao Jian, *et al.* Source rock features and resource potential of the Lower Cretaceous in coastal South-

- east China[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2011, 17(2): 206-219. [胡广, 胡文瑛, 曹剑, 等. 东南沿海地区下白垩统烃源岩特征及油气潜力分析[J]. 高校地质学报, 2011, 17(2): 206-219.]
- [13] Cao Baosen, Liang Shijing, Zhang Xiaoqin, *et al.* Restudy of the Jishan section of Yong'an, Fujian[J]. *Journal of Stratigraphy*, 1990, 14(1): 63-69. [曹宝森, 梁诗经, 张小勤, 等. 福建永安青山剖面的再研究[J]. 地层学杂志, 1990, 14(1): 63-69.]
- [14] Chen Piji. Comments on the classification and correlation of non marine Jurassic and Cretaceous of China[J]. *Journal of Stratigraphy*, 2000, 24(2): 114-119. [陈丕基. 中国陆相侏罗、白垩系划分对比述评[J]. 地层学杂志, 2000, 24(2): 114-119.]
- [15] Chen Qishi. Age and correlation of the Bantou Formation in Fujian[J]. *Journal of Stratigraphy*, 1991, 15(4): 278-284. [陈其夷. 论福建坂头组的时代及对比[J]. 地层学杂志, 1991, 15(4): 278-284.]
- [16] Dai Jing, Sun Bainian, Dong Chong, *et al.* Female cones of *Elatides* from the Lower Cretaceous Bantou Formation of Yong'an, Fujian province[J]. *Earth Science Frontiers*, 2011, 18(1): 222-230. [戴静, 孙柏年, 董重, 等. 福建永安下白垩统坂头组 *Elatides* 属雌球果化石研究[J]. 地学前缘, 2011, 18(1): 222-230.]
- [17] Wang Fei, Yang Liekun, Wang Lei, *et al.* Boundary of Late Mesozoic Volcanic sedimentary strata of SE China: A study of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and magnetostratigraphy[J]. *Science in China (Series D)*, 2010, 40(11): 1 552-1 570. [王非, 杨列坤, 王磊, 等. 中国东南晚中生代火山沉积地层界线时代—— $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代学及磁性地层研究[J]. 中国科学: D 辑, 2010, 40(11): 1 552-1 570.]
- [18] Li Jiliang. The Study of Lithosphere Structure and Evolution in Southeast China [M]. Beijing: Chinese Scientific Technical Press, 1992. [李继亮. 中国东南南海陆岩石圈结构与演化研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.]
- [19] Shu Liangshu, Xu Mingjie. Geological setting of Southeast China [M]//Wang Dezi, Zhou Xinmin. Genesis of Late Mesozoic Volcanic Intrusive Complex of Southeast China and Crustal Evolution. Beijing: Science Press, 2002: 1-21. [舒良树, 徐鸣洁. 中国东南部地质背景[M]//王德滋, 周新民. 中国东南部晚中生代花岗岩质火山—侵入杂岩成因与地壳演化. 北京: 科学出版社, 2002: 1-21.]
- [20] Chen Kai. Bantou System and the Upper and Lower Strata[R]. Fujian Geology and Soil Special Issue, 1943, No. 1. [陈恺. 福建坂头系及其上下岩层[R]. 福建省地质土壤调查所专报, 1943, 第一号.]
- [21] Fujian Regional Strata Group. Regional Strata of Southeast China (Fujian Volume)[M]. Beijing: Geological Press, 1979. [福建省区域地层表编写组. 华东地区区域地层表(福建省分册)[M]. 北京: 地质出版社, 1979.]
- [22] Fujian Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Fujian Province [M]. Beijing: Geological Press, 1985. [福建省地质矿产局. 福建省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1985.]
- [23] Fujian Bureau of Geology and Mineral Resources. Fujian Rock Strata [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1997. [福建省地质矿产局. 福建省岩石地层[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1997.]
- [24] He Zhenyu. Petrogenesis and Geologic Significance of the Mesozoic Syenite and Related Rocks from SE China [D]. Nanjing: Nanjing University, 2010. [贺振宇. 中国东南部中生代正长岩及相关岩石的成因和地质意义[D]. 南京: 南京大学, 2010.]
- [25] Pickard A. SHRIMP U-Pb zircon ages of tuffaceous mudrocks in the Brockman Iron Formation of the Hamersley Range, Western Australia [J]. *Australian Journal of Earth Sciences*, 2002, 49(3): 491-507.
- [26] Pickard A. SHRIMP U-Pb zircon ages for the Palaeoproterozoic Kuruman Iron Formation, Northern Cape province, South Africa: Evidence for simultaneous BIF deposition on Kaapvaal and Pilbara Cratons [J]. *Precambrian Research*, 2003, 125(3/4): 275-315.
- [27] Jackson S E, Pearson N J, Griffin W L, *et al.* The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology [J]. *Chemical Geology*, 2004, 211(1/2): 47-69.
- [28] Van Achterbergh E. Data reduction software for LA-ICP-MS [M]//Paul J S ed. Laser-Ablation-ICPMS in the Earth sciences: Principles and applications. Ottawa: Mineralogical Association of Canada Short Course Series, 2001, 29: 239-243.
- [29] Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$  [J]. *Chemical Geology*, 2002, 192(1/2): 59-79.
- [30] Ludwig K. User's Manual for Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Geochronology Center Special Publication, 2003: 4-70.
- [31] Black L P, Gulson B L. The age of the Mud Tank carbonatite, Strangways Range, Northern Territory [J]. *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 1978, 3: 227-232.
- [32] Su Yuping, Zheng Jianping, Griffin W L, *et al.* Zircon U-Pb and Hf isotopes of volcanic rocks from the Batamayeishan Formation in the eastern Junggar Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2010, 55(36): 4 150-4 161.
- [33] Jenkins R, Cooper J, Compston W. Age and biostratigraphy of Early Cambrian tuffs from SE Australia and southern China [J]. *Journal of the Geological Society*, 2002, 159(6): 645.
- [34] Zheng Fen, Li Wenben. Cretaceous spore assemblages of Fujian [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1986, 25(2): 201-209. [郑芬, 黎文本. 福建白垩纪孢粉组合与地层对比[J]. 古生物学报, 1986, 25(2): 201-209.]
- [35] Zhang Limin. The Jurassic-Cretaceous boundary in the Zhejiang-Fujian-Jiangxi region [J]. *Geological Review*, 1997, 43(1): 25-32. [张利民. 浙闽赣地区侏罗系—白垩系界线再认识[J]. 地质论评, 1997, 43(1): 25-32.]
- [36] Luo Yida, Yu Yunwen. Age of the Yongkang Group and regional

- stratigraphic correlation [J]. *Geology in China*, 2004, 31(4): 395-399. [罗以达, 俞云文. 试论永康群时代及区域地层对比 [J]. 中国地质, 2004, 31(4): 395-399.]
- [37] Yu Yunwen, Xu Butai. Stratigraphical sequence and geochronology of the Upper Mesozoic volcano sedimentary rock series in Zhejiang [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1999, 23(2): 136-145. [俞云文, 徐步台. 浙江中生代晚期火山—沉积岩系层序和时代 [J]. 地层学杂志, 1999, 23(2): 136-145.]
- [38] Yu Yunwen, Zhou Taixi, Chen Jiangfeng. The characteristics and origin of the Xuantandi bimodal volcanic rocks of the late stage of Early Cretaceous, Zhejiang [J]. *Journal of Nanjing University (Earth Science Edition)*, 1993, 5(4): 420-429. [俞云文, 周泰禧, 陈江峰. 浙江玄坛地早白垩世晚期双峰式火山岩特征及其成因 [J]. 南京大学学报: 地球科学版, 1993, 5(4): 420-429.]
- [39] Li Kunying, Shen Jialin, Wang Xiaoping. Isotope Chronology of Continental Volcanic Rocks in Zhejiang, Fujian and Jiangxi province [C] // Nanjing: Bulletin of the Nanjing Institute of Geology and Mineral Resource, Chinese Academy of Geological Science. 1989: 84-136. [李坤英, 沈加林, 王小平. 浙闽赣中生代陆相火山岩同位素年代学 [C] // 南京: 中国地质科学院南京地质矿产研究所文集. 1989: 84-136.]
- [40] Han Wenbin, Zhang Wenyu, Huang Wenming, *et al.* Isotopic ages of the Moshishan and Yongkang Groups Volcanic rocks in Wuyi, Zhejiang and geological significances [C] // Lu Zhigang, Tao Kuiyuan. Memoir of Volcanic Geology and Mineral Resource in the Coastal Area of Southeast China. Beijing: Geological Press, 1992: 72-81. [韩文彬, 张文育, 黄文明, 等. 浙江武义地区磨石山群、永康群火山岩的同位素年龄及其地质意义 [C] // 陆志刚, 陶奎元. 中国东南沿海火山地质与矿产论文集 (第一辑). 北京: 地质出版社, 1992: 72-81.]
- [41] Hu Huaguang, Hu Shiling, Wang Songshan, *et al.* On the ages of Jurassic and Cretaceous volcanic rocks by the radiometric dating [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1982, 56(4): 315-323. [胡华光, 胡世玲, 王松山, 等. 根据同位素年龄讨论侏罗—白垩纪火山岩系地层的时代 [J]. 地质学报, 1982, 56(4): 315-323.]
- [42] Ding Baoliang, Lan Shanxian, Wang Yingping. No-marine Jurassic-Cretaceous Volcanic, Sedimentary Strata and Biota [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1989. [丁保良, 蓝善先, 汪迎平. 浙闽赣地区非海相侏罗—白垩纪火山、沉积地层及生物群 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989.]
- [43] Lapiere H, Jahn B M, Charvet J, *et al.* Mesozoic felsic arc magmatism and continental olivine tholeiites in Zhejiang province and their relationship with tectonic activity in SE China [J]. *Tectonophysics*, 1997, 274(4): 321-338.

## The Zircon U-Pb Dating of the Lower Cretaceous Bantou Formation in Western Fujian and Stratigraphic Correlation

Hu Guang, Hu Wenxuan, Cao Jian, Yao Suping, Wang Xueyin, Liu Youxiang  
(School of Earth Science and Engineering, State Key Laboratory for Mineral Deposition Research, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** We Present the first report of the beginning ages of the Bantou Formation of Yong'an and Chong'an Basins in western Fujian,  $(144 \pm 2)$  Ma and  $(116 \pm 2)$  Ma, respectively, by combining the U-Pb LA-ICPMS dating of zircons from the tuffs interbeds and paleontological research, whereas the top of two Bantou Formation sections is basically isochronous at about 100 Ma, according to the unconformable contact with the Upper Cretaceous fluvial and alluvial pebbly sandstone. Therefore, the Chong'an Xiamei section is comparative to the upper part of the Yong'an Jishan section. We propose the Bantou Formation in the Yong'an Basin be correlated to the Jiande Group and Guantou Formation in the western Zhejiang province, while the Bantou Formation in Chong'an Basin is only correlated to the Guantou Formation. Furthermore, the detailed research on the probability density and the peaks distribution of the zircon ages demonstrated that the rift time of the Yong'an and Chong'an Basin were different  $(157 \pm 3)$  Ma and  $(127 \pm 2)$  Ma BP, respectively, and it is the mainly cause for the different beginning ages of the Bantou Formation. The analysis of the two typical Bantou Formation section illustrated that although the evolution of the basins, the strata structure and sequence are the same under the dominant extending settings since the late Mesozoic, the rift time of basin in different regions is not isochronous. Consequently, the successions which look similar to each other are not deposited coeval very well. Great importance should be attached to the future research of the early cretaceous volcanic-sedimentary system of southeast China.

**Key words:** Southeast China; Lower cretaceous; Bantou Formation; Zircon U-Pb age; Stratigraphic correlation.