

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2016.01.003

扬子东南缘高涧群底部锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

罗来, 贺良, 孙海清, 黄建中

LUO Lai, HE Liang, SUN Hai-Qing, HUANG Jian-Zhong

(湖南省地质调查院, 长沙 410116)

(1. Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410116, Hunan, China)

摘要:分布在凯里—怀化—溆浦—双峰—衡阳—萍乡一线以南, 叠覆于武陵运动界面之上的陆缘斜坡—盆地相沉积被称为高涧群或下江群, 被认为属板溪群同期异相沉积。但迄今为止却还没有直接在高涧群底部获得可靠的年龄数据, 以致二者的时限及对应关系难以确认。本文通过高涧群石桥铺组玄武—安山质火山角砾岩的采样分析, 获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 828.8 ± 9.6 Ma, 与相当层位的湖北花山群底部的层状玄武岩 SHRIMP U-Pb 年龄 824 ± 9 Ma 基本一致。因此, 推断扬子东南缘沉积盆地从武陵造山运动结束至裂谷作用启动这一转换过程的时间点可能在 830Ma 左右。这一认识为扬子东南缘裂谷盆地演化与充填序列由南东向北西形成依次超覆的“楔状地层”模式提供了有力的约束性证据。

关键词:同位素年龄; 玄武—安山质火山角砾岩; 石桥铺组; 高涧群; 扬子东南缘

中图分类号: P534.3; P597+.3

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2016)01-015-06

Luo L, He L, Sun H Q and Huang J Z. Zircon SHRIMP U-Pb Age of Gaojian Group in the Southeastern Margin of Yangtze Craton. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2016, 32(1): 15-20.

Abstract: Gaojian Group or Xiajiang Group which distribute in the south of Kaili - Huaihua - Xupu - Shuangfeng - Hengyang - Pingxiang and overstep in the motion interface of Wuling was formed in continental margin slopes - sedimentary basins. It also belongs to the different sedimentary phase in the same period of Banxi Group. But it still has no reliable age data obtaining directly from the bottom of Gaojian Group so far so that their time limit and their corresponding relation are difficult to confirm. By the sample analyzing of the volcanic breccia of Xuanwu-Anshanzhi in Shiqiaopu Formation Gaojian Group, the author gets that the SHRIMP U-Pb age of 828.8 ± 9.6 Ma, which is consistent with the SHRIMP U-Pb age of 824 ± 9 Ma of layered basalt from the bottom of Huashan Group in Hubei. So we can infer that the shifting time from the ending of the Wuling Orogeny to the starting of rifting function in the evolution process of southeastern margin of Yangtze may be about 830 Ma. It provided strong evidence for the basin evolution in the southeastern margin of Yangtze and the sequence overriding the model of wedge formation from southeast to northwest successively.

Key words: SHRIMP U-Pb age; Basaltic-andesitic volcanic breccias; Shiqiaopu Formation; Gaojian Group; Southeastern margin of the Yangtze Craton

收稿日期: 2015-06-30; 修回日期: 2016-01-27.

基金项目: 国家自然科学基金重点基金资助项目“华南新元古代‘楔状地层’沉积充填系列及其大地构造属性研究”(编号: 41030315)、中国地质调查局项目“华南板溪群地层划分及岩相古地理研究”(编号: 1212011121108)、中国地质调查局项目“湖南 1: 5 万铁丝塘、草市、冠市街、樟树脚幅区域地质矿产调查”(编号: 12120114024101)资助。

第一作者: 罗来(1982—), 男, 工程师, 主要从事沉积学研究工作, E-mail: Luohn2011@163.com.

近年来,大量的专家学者^[1-4]对华南板溪群及其相当层位进行了研究并取得重要的进展和研究成果。研究认为板溪群是分布在凯里-怀化-淑浦-双峰-衡阳-萍乡一线以北的扬子陆块东南被动陆缘浅海正常沉积地层,并可划分为两个岩石序列:底部在益阳及以东地区和梵净山地区都发育了一套安山质火山集块-火山碎屑岩;下部为一套紫红色-灰绿色陆缘碎屑-钙泥质沉积组合;上部为一套陆源碎屑-火山碎屑沉积组合。板溪群与上覆富禄组或南沱组呈假整合~不整合接触关系,俗称“红板溪”。而分布在凯里-怀化-淑浦-双峰-衡阳-萍乡一线以南、零陵-耒阳一线以北,叠覆于武陵运动界面之上的陆缘斜坡-盆地相沉积被称为高涧群或下江群,被认为属于板溪群的同期异相沉积,俗称“黑板溪”,其也可以划分出两个岩石序列:底界仅在湖南中部地区出露,为中基性玄武-安山质火山碎屑沉积,称为石桥铺组,与下伏冷家溪群假整合-整合接触;下部为钙泥质-黑色细碎屑沉积组合;上部为陆源碎屑-火山碎屑、泥质岩建造。高涧群在洪江-淑浦以东与上覆长安组假整合,以西与富禄组不整合。研究认为板溪群与高涧群是相变关系,但在湖南却没有发现过渡相带,下江群以及江西东桥一带的板溪期沉积是否为过渡相?相配置是否符合原型盆地演化特征?已成为当前需要深入研究的学术问题。在上述研究的基础上,许多研究者^[5-6]还进行了很多年代学方面的工作,在湖南益阳地区获得的板溪群底界锆石 SHRIMP U-Pb 年龄在 821~814 Ma 之间,据此推断原型盆地裂解启动时间不晚于 820 Ma。但迄今为止却还没有在高涧群底部获得可靠的年龄数据的报道。

最近笔者之一^[7]在湘西南城步地区获得侵入高涧群中的花岗闪长岩-二长花岗岩锆石 LA-ICP-MS、SHRIMP U-Pb 年龄分别为 835 Ma 与 840 Ma。据此数据分析,显然高涧群与板溪群的划分、对比以及盆地的演化远比以往的认识要复杂,二者底界的时限很可能并非以往推断的不大于 820 Ma。

由上可见,板溪群与高涧群底界的时限及对应关系,亦即扬子东南缘裂谷盆地的初始裂解时间以及不同区段接受沉积的时间并未得到最终确认。这就是本文意图探讨的主要问题。

1 充填序列

高涧群出露完整的剖面,主要有湖南省双峰县高涧剖面,隆回县石桥铺以及城步浆坪剖面。地层序列三地基本一致:可分为上下两个沉积旋回。下部旋回底部为火山-陆源碎屑岩系,称石桥铺组,也是本次年代学研究的主要对象;往上为钙质岩系,以灰紫色为特征,称黄狮洞组;其上沉积了一套深灰色至灰黑色、黑色细碎屑岩系夹沉凝灰岩、晶屑凝灰岩。上部旋回之下部为灰色长石石英砂岩夹板岩,称架枳田组;上部为板岩夹粉砂岩,称岩门寨组。

2 锆石年代学分析

2.1 样品及分析方法

样品采集点为隆回县石桥铺电站旁,岩性为高涧群石桥铺组玄武-安山质火山角砾岩(图 1),地理坐标:110°49' 27" ;27°30' 48" ,编号 SQP。锆石的挑选工作由湖南省地质调查院岩矿测试中心重砂实验室完成。在室内先将岩石样品粉碎至 60 目以下,经常规的人工粗-精淘洗和电磁选方法富集,再在双目显微镜下从中挑选出晶形和透明度较好的锆石颗粒,将其和标准锆石 TEM(年龄为 417 Ma)一起制作成样品靶,将样品靶打磨并抛光至大多数锆石颗粒的中心暴露出来,然后在光学显微镜下进行反射光和透射光照相,以及使用扫描电镜进行阴极发光图像分析(图 2)。锆石的阴极发光图像及年龄测定(使用 SHRIMP II)均在北京离子探针中心完成。分析原理和流程见 Comp-ston、Willians(1998)等^[8-9]。一次离子流强度为 5~8 nA,一次离子流束斑直径为 25~30 μm。样品点清洗时间为 120~180 s。每个数据点测定为 5 组扫描。使用标准锆石 SL13 和 TEM,分别用于校正 U 含量和 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 比值。数据处理和 U-Pb 谐和图绘制采用 Ludwig 博士编写的 Squid 1.0 及 Isoplot 程序^[10-11]。单点的同位素比值误差为 1σ 相对误差,年龄绝对误差 1σ,平均值对应的误差为 95%置信度。

2.2 分析结果

分析锆石以透明-半透明的柱状晶体为主,阴极发光图像均显示出岩浆结晶成分环带;粒度大小为 180~250 μm,柱状晶体长宽比为 2:1~4:1。其

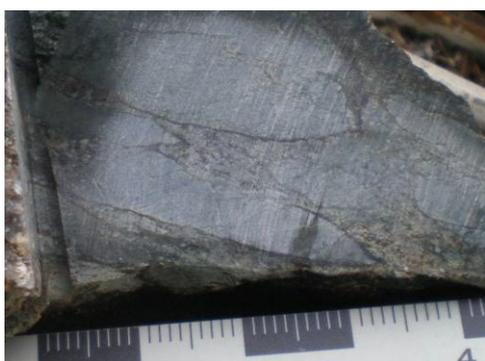


图1 石桥铺组底部玄武-安山质火山角砾岩

Fig. 1 The basaltic-andesitic volcanic breccia at the bottom of the Shiqiaopu Formation

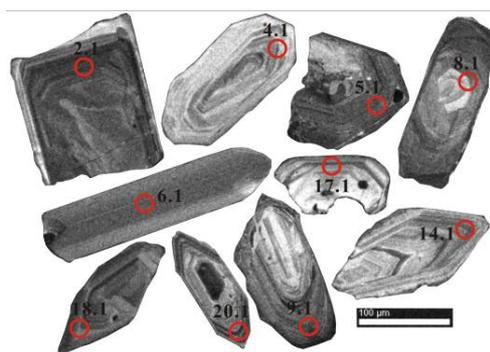


图2 锆石颗粒CL图像

Fig. 2 CL images of zircon grains

U-Pb 年龄分析结果见表 1 和图 3、图 4。虽晶体形态有所不同但 CL 图像显示出典型的岩浆成因生长环带结构,均属于岩浆结晶的产物(图 2),锆石 CL 图像色律强弱不等,这种差异可能反映了不同锆石之间 Th、U 等元素含量的不同。锆石晶体测点号的选取,结合了可见光和 CL 图像以避免锆石晶体中的裂纹和包裹体而避免测定结果的含义不清楚。10 个锆石点的 U-Pb 年龄测试的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值变化在 $(850.2 \pm 15.7) \sim (805.8 \pm 15.5)\text{Ma}$ 之间,加权平均年龄为 $828.8 \pm 9.6 \text{ Ma}$, $\text{MSWD}=0.72$, $95\% \text{ conf}$, 代表锆石结晶时间。10 个分析点都分布于谐和线上,表明这些锆石没有 U 或 Pb 的丢失或加入,样品可信度高(图 3、图 4)。

3 讨论

随着大量新元古代凝灰岩中锆石 U-Pb 年龄数据的报道,对扬子东南缘的武陵运动与格林威尔造山期等同的认识^[12-13],得到了越来越多的质疑^[14-17]。武陵运动作为华南地区已确定的最早的一次构造运动,以俯冲造山作用为主,在湖南的响应主要是扬子地块东南缘的弧-陆碰撞汇聚形成江南造山带。目前,较为统一的认识是将组成江南造山带褶皱基底冷家溪群及其相当层位于新元古代,王剑等^[18]对武陵运动不整合面之上的板溪群的研究和高精度同位素年代数据的获取,认为虽然武陵运动可能不能与格林威尔造山运动相提并论,但仍不

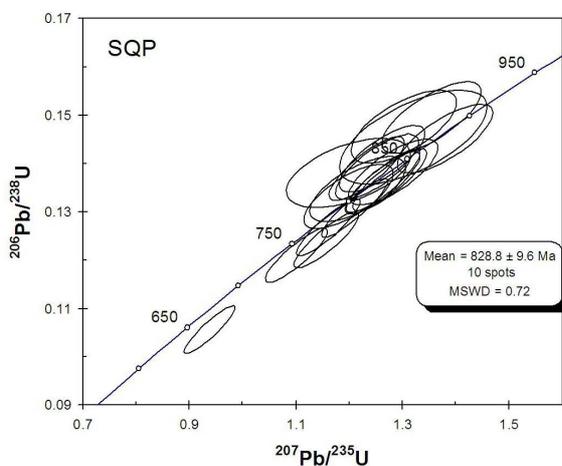


图3 锆石SHRIMP U-Pb谐和图

Fig. 3 Concordia diagram Zircon SHRIMP U-Pb ages

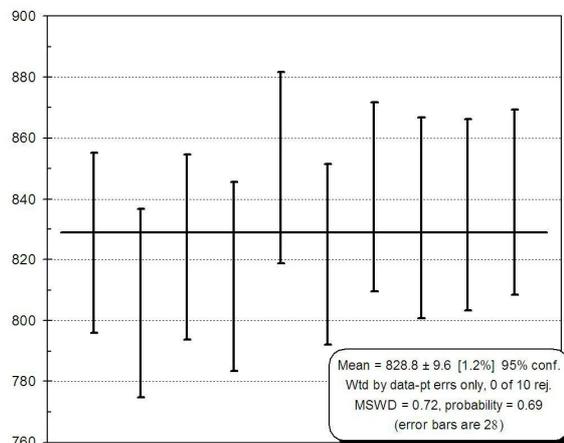


图4 锆石SHRIMP U-Pb频谱图

Fig. 4 Spectrum graph Zircon SHRIMP U-Pb ages

表1 锆石SHRIMP U-Th-Pb同位素分析结果

Table 1 Results of zircon SHRIMP U-Th-Pb isotope analysis

测点	含量($\times 10^{-6}$)			Th/U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	
	Pb	U	Th	比值	比值	±%	比值	±%	比值	±%	年龄/Ma	±%	年龄/Ma	±%	年龄/Ma	±%	
2.1	0.09	522	194	0.37	0.07	1.1	1.28	2.2	0.1366	19	824.4	15	825.5	15	816	19	
4.1	0.26	182	138	0.76	0.07	2	1.2	2.9	0.1332	2	783	42	805.8	16	772	22	
5.1	0.11	533	256	0.48	0.07	2	1.26	2.2	0.1364	2	844	23	824.2	15	803	18	
6.1	0.11	150	212	1.41	0.07	1.1	1.22	3	0.1347	2	789	47	814.5	16	789	19	
8.1	0.15	230	131	0.57	0.06	1.7	1.26	2.6	0.141	2	771	36	850.2	16	843	21	
9.1	0.05	388	286	0.74	0.07	1.2	1.26	2.3	0.136	2	848	25	821.9	15	817	18	
14.1	0.2	333	76	0.23	0.07	1.6	1.25	2.6	0.1393	2	781	34	840.7	16	780	31	
17.1	0.25	97	159	1.64	0.06	3.4	1.2	4	0.1381	2	708	72	833.7	17	769	20	
18.1	0	195	59	0.3	0.07	1.8	1.28	2.7	0.1383	2	846	37	834.8	16	803	24	
20.1	0.2	394	108	0.27	0.07	1.2	1.23	2.3	0.139	2	754	28	838.9	15	812	21	

失为扬子东南缘一个重要的构造运动,是一个在地层划分中的重要界面。通过对上覆地层板溪群的研究,认为板溪群为一套侧向延伸不连续、地层厚度和沉积相变化大的“楔状地层”,属典型裂谷成因,裂谷盆地开启时间约为 814 Ma,并提出沉积盆地充填序列由南向北西形成依次超覆,底界应该以新元古代沉积地层与“晋宁—四堡”造山带之间的不整合面为界,其底界年龄不大于 820 Ma^[19-21]。

武陵运动在湖南造成的变形及不整合效应因所处构造位置的不同而存在显著差异,总体趋势是由西向东、由北向南褶皱变形由强转弱,在湘北地区影响强烈,湘中—湘南地区影响相对较小。具体表现在板溪群分布区内,板溪群与下伏冷家溪群以角度不整合为主,而在高涧群分布区内,其与下伏冷家溪群多为假整合—整合接触,构造环境处于弧前盆地向岛弧发展的过渡区^[7,22]。主要物质记录有 840~835 Ma 的源于洋壳俯冲形成的岛弧型花岗岩^[7]。

本文中高涧群石桥铺组底部玄武—安山质角砾岩 SHRIMP U-Pb 年龄为 828.8 ± 9.6 Ma,这一年龄与邻区相当层位的鄂西南花山群底部侵入的玄武岩 SHRIMP U-Pb 年龄 824 ± 9 Ma^[23]基本一致。同时,在湘西南地区采集到与高涧群呈侵入关系的二长花岗岩、花岗闪长岩,所获得的年龄年龄为 835.6 ± 6.7 Ma、 840 ± 8 Ma^[7],岩石化学成分反映为过铝质钙碱性系列,大部分 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$,个别样品

$\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$,局部见暗色微粒包体。在 $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$ 图解上,多数样品位于 I 区,显示出 I 型花岗岩的特点,而 I 型花岗岩多与碰撞俯冲有关^[24]。这与张玉芝等^[25]对江南造山带板溪群沧水铺砾岩上下层位碎屑锆石的 U-Pb 年龄研究得出扬子与华夏陆块沿江南隆起带碰撞的结束时间 (835 ± 12 Ma)基本一致。

上述数据虽依据岩浆岩与地层的接触关系、岩浆岩本身的特征及同位素测定结果等获得,属间接性结论,但年龄数据多集中在 830 Ma 左右,与饶家荣等^[26]认为的新元古代扬子板块东南缘岛弧岩浆活动的时间约为 878~822 Ma,其中 872~835 Ma 发生岛弧岩浆火山—陆源碎屑沉积作用这样的年龄框架基本相同,这与以往提出的扬子东南缘陆间裂谷盆地演化及其开启时间推断在 820 Ma 的界限存在一定差异。故此认为高涧群沉积时限可能要早于 820 Ma,也就是说扬子东南缘裂谷盆地中心接受沉积的时间可能在 830 Ma 左右,而往陆缘方向依次沉积超覆的时间则为 821~814 Ma,符合“楔状地层”模式^[27]。

在湘中盆地,高涧群与下伏冷家溪群二者的沉积可能是连续的,二者只存在沉积相和物质组成的差异。孙海清等^[7]通过对湘西南高涧群的分析研究,认为高涧群的沉积序列是一个明显的连续的海退序列,与下伏冷家溪群之间并未发生沉积间断,综合认为高涧群分布区在盆地的演化过程中,有可能

基本上就没有沿着经典的板块构造演化模式发展,而可能是由于武陵运动导致扬子地块南缘弧—陆汇聚,而作为高涧群分布区的湘中—湘南属武陵运动影响较弱地区,处于造山带的前缘残余盆地环境。

武陵运动后,华南有大规模的火山岩浆侵入作用,武陵运动拉张裂隙形成的深大断裂产生多向性逆冲掩覆、俯冲,导致扬子东南缘前缘岛弧与扬子地块发生强烈碰撞,挤压变形,伴随着在俯冲碰撞过程中俯冲板片下插,引起的深部地幔物质上涌而形成岩浆弧,在岩浆弧的初期弧前盆地的演化已经停止,形成所谓的残余盆地,这为随后的高涧群的物质沉积提供空间,期间伴生的拉张作用共同导致了火山岩喷发或侵位,并使基底岩石部分熔融而形成花岗闪长岩^[28-29]。

4 结论

(1) 湘中高涧群石桥铺组底部玄武—安山质角砾岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 828.8 ± 9.6 Ma, 可与区域上鄂西南的花山群相对比。这一年龄佐证了扬子东南缘从武陵运动结束至裂谷作用的启动这一转换过程的时间点可能在 830 Ma 的观点。

(2) 高涧群底界年龄数据的确认,为扬子东南缘裂谷盆地充填序列由南东(盆地中心)向北西(陆缘浅海)形成依次超覆的“楔状地层”模式提供了佐证。

(3) 高涧群沉积环境可能属武陵造山带外残余盆地,裂谷盆地叠加在残余盆地之上,底界年龄的确认为这一认识提供了支持。

参考文献:

[1] 黄建中,唐晓珊,张晓阳,郭乐群. 对峡东莲沱组与湖南板溪群对比问题的一点浅见 [J]. 地层学杂志,1996,20(3): 232-236.

[2] 唐晓珊,黄建中,郭乐群. 再论湖南板溪群及其大地构造环境[J]. 湖南地质,1997,16(4):210-226.

[3] 王剑. 华南新元古代裂谷盆地沉积演化—兼论与Rodinia解体的关系[M]. 北京:地质出版社,2000:1-146.

[4] 贾宝华,彭和球. 湘东北前寒武纪地质与成矿[M].北京:地质出版社,2005:1-138.

[5] 王剑,刘宝珊,潘桂棠. 华南新元古代裂谷盆地演化—Rodinia超大陆解体的前奏[J]. 矿物岩石,2001,21(3):135-145.

[6] 王剑,李献华, Duan T Z, 刘敦一,宋彪,李忠雄,高永华. 沧水铺火山岩锆石SHRIMP U-Pb年龄及“南华系”底界新证据[J]. 科学通报,2003,48(16):1726-1731.

[7] 孙海清,黄建中,江新胜,罗来,马慧英,伍皓. 扬子东南缘“南华纪”盆地演化—来自新元古代花岗岩的年龄约束[J]. 中国地质,2013,40(6):1725-1735.

[8] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, Zhang Z C, Ma G G. Zircon U-Pb ages of the early Cambrian time-scale [J]. Journal of the Geological Society, 1992, 149(2):171-184.

[9] Williams I S, Claesson S. Isotope evidence for the Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade paragneiss from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology,1987,97 (2): 205-217.

[10] Ludwig K R. SQUID 1.02: A User's Manual [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2001.

[11] Ludwig K R. User's Manual for Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, Special Publication, 2: 1-19.

[12] 周金城,王孝磊,邱检生. 江南造山带是否格林威尔期造山带? ——关于华南前寒武纪地质的几个问题[J]. 高校地质报,2008,14(1):64-72.

[13] 刘浩,徐大良,牛志军,彭练红,魏运许. 湘西—鄂西成矿带新元古代地层区划及岩石地层划分对比方案[J]. 华南地质与矿产, 2014,30(4): 299-307.

[14] 孙海清,黄建中,郭乐群,陈俊. 湖南冷家溪群划分及同位素年龄约束[J]. 华南地质与矿产, 2012,28(1):20-26.

[15] 陆松年. 从罗迪尼亚到冈瓦纳超大陆——对新元古代超大陆研究几个问题的思考[J]. 地学前缘,2001,8(4):441-446.

[16] 李江海,穆剑. 我国境内格林威尔期造山带的存在及其对中元古代末期超大陆再造的制约 [J]. 地质科学, 1999,34(3):259-272.

[17] 周金城,王孝磊,邱检生. 江南造山带形成过程中若干新元古代地质事件[J]. 高校地质学报,2009,15(4): 453-459.

[18] 王剑. 华南“南华系”研究新进展—论“南华系”地层划分对比[J]. 地质通报,2005,24(6):491-495.

[19] 高林志,刘燕学,丁孝忠,张传恒,王自强,陈俊,刘耀荣. 江南古陆中段沧水铺群锆石U-Pb年龄和构造演化意义[J]. 中国地质,2012,39(1): 12-20.

[20] 王剑,潘桂堂. 中国南方古大陆研究进展与问题评述[J]. 沉积学报,2009,27(5):818-825.

[21] 王剑,曾昭光,陈文西,汪正江,熊国庆,王雪华. 华南新元古代裂谷系沉积超覆作用及其开启年龄新证据[J]. 沉积与特提斯地质,2006,26(4):1-7.

[22] 柏道远,贾宝华,刘伟,陈必河,刘耀荣,张晓阳. 湖南城步

- 火山岩锆石SHRIMP U-P年龄及其对江南造山带新元古代构造演化的约束[J]. 地质学报,2010,84(12):1715-1721.
- [23] Qi D, Wang J, Wang Z J, Wang X C, Qiu Y S, Yang Q X, Du Q D, Cui X Z, Zhou X L. Continental flood basalts of the Huashan Group, northern margin of the Yangtze block implications for the breakup of Rodinia[J]. International Geology Review, 2013, 55(15):1865-1884.
- [24] 张旗,王焰,潘国强,李承东,金惟俊.花岗岩源岩问题-关于花岗岩研究的思考之四 [J]. 岩石学报,2008,24(6):1193-1204.
- [25] 张玉芝,王岳军,范蔚茗,张爱梅,张菲菲.江南隆起带新元古代碰撞结束时间:沧水铺砾岩上下层位的U-Pb年代学证据[J].大地构造与成矿学,2010,35(1):32-46.
- [26] 饶家荣,肖海云,刘耀荣,柏道远,邓延林.扬子、华夏古板块汇聚带在湖南的位置[J]. 地球物理学报,2012,55(2):484-502.
- [27] 罗来,孙海清,黄建中,张晓阳.湘西北地区五强溪组沉积环境分析与区域对比 [J]. 华南地质与矿产,2013,29(3):183-191.
- [28] 饶家荣.桃江—城步壳下岩石圈碰撞断裂带及其地质意义[C]//湖南地质学新进展,献给第十三届国际地质大会.长沙:湖南科学技术出版社,1996:144-148.
- [29] 饶家荣,王纪恒,曹一中.湖南深部构造 [J]. 湖南地质,1993,7(增刊):1-100.