

江南古陆中段沧水铺群 锆石 U-Pb 年龄和构造演化意义

高林志¹ 刘燕学¹ 丁孝忠¹ 张传恒² 王自强² 陈俊³ 刘耀荣²

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;
3. 湖南地质调查院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 江南古陆中段湖南益阳地区沧水铺群发育在冷家溪群和板溪群之间, 其在地层柱中的位置一直是中国地质学家解疑江南造山带何时启动的关键层位。笔者在沧水铺群中的火山集块岩中获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(821 ± 13) Ma, 再次验证了沧水铺群中的火山岩是 820 Ma 武陵运动之前的火山事件的产物, 与武陵运动的启动有关, 也说明该期火山岩与冷家溪群中大量的火山凝灰岩为同一构造运动的产物。

关键词: 江南古陆; 新元古代; 年代地层; 构造事件; 构造运动

中图分类号: P597+.3; P534.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2012)01-0012-09

1 引言

中国地质调查局近年来启动的第二代“中国地质志”修编和“成矿带基础地质”等研究项目中, 最突出的基础地质问题依然是地层年代精确标定的问题。地层年代标定涉及到成矿地层的划分和对比以及构造演化, 也直接影响找矿和层控矿床等基础问题。依据最新中国地层年表, 江南古陆前寒武纪地层对比和构造背景解译将发生重大变化。中国扬子块体和华夏块体新元古代地层中最新的锆石 U-Pb 测年结果, 揭示了“江南古陆”变质基底地层火山事件及其分布范围, 结合全球的大陆动力学基本特征, 将有利于重新厘定江南造山带的成矿背景, 提供层控矿床基础年代地层资料, 为新一轮矿产资源大调查服务。江南古陆指扬子陆块和华夏陆块之间有一明显带状分布的新元古代浅变质的沉积地层和一系列岩浆岩, 随后被进一步称为“江南造山带”, 涉及到中国浙、皖、赣、湘、黔、桂等省, 包括了江南地区多个地层单元, 即上溪群、溪口群、双溪坞群、双桥山群、冷家溪群、梵净山群、四堡群等。这套地层的精确定位

对于华南古陆晚前寒武纪地层及构造格局研究极为重要(图 1)。近年来, 江南古陆变质地层的斑脱岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄数据对新年表修正有着重要的作用^[1]。“江南古陆”的变质基底时代也随着碎屑锆石 U-Pb 年龄的深入研究^[2-3], 最大程度地限定了江南古陆变质基底属于新元古代晚期, 而沧水铺群的时代定位也就成为中国地质学家重新理解江南造山带的地质背景和地层划分等问题的关键。王剑等^[4]在沧水铺群中获得的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为(814 ± 12) Ma (MSWD=3.2), 认为它代表了南华系裂谷的启动时间; 并推测下伏地层冷家溪群为 >1 000 Ma 的沉积。王剑等^[5]认为沧水铺群或冷家溪群(四堡群)之间有一个长时间的沉积间断, 缺失整个青白口系(1 000~820 Ma), 该观点影响深远。然而, 冷家溪群最年轻碎屑锆石 U-Pb 年龄 864 Ma (SIMS) 为该群沉积的上限, 应界定冷家溪群为新元古界; 张玉芝等^[6]提出沧水铺群宝林冲组(或银珠坝组)火山岩锆石 U-Pb 年龄(835 ± 12) Ma 与冷家溪群 864 Ma(沉积的上限)之间为江南隆起带碰撞的结束时间。笔者认为在整个“江南古陆”上沿着扬子

收稿日期: 2011-08-26; 改回日期: 2011-09-23

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(121201011120131)和科技部项目: 科技基础性工作专项(2011FY120100)资助。

作者简介: 高林志, 男, 1955 年生, 研究员, 从事生物地层、层序地层和事件地层学研究; E-mail: gaolzh@cags.net.cn。

寒武统纪		E		Ma	
元古宙	震旦系(纪) Z	Pt ₃ ³	上(晚)震旦统(世) Z ₂	灯影峡阶(期) 待建阶	543
			下(早)震旦统(世) Z ₁	待建阶 待建阶	570
					635
	南华系(纪) Nh	Pt ₃ ²	上(晚)南华统(世)	Pt ₃ ^{2a} (Nh ₁)	660
			中南华统(世)	Pt ₃ ^{2b} (Nh ₂)	725
			下(早)南华统(世)	Pt ₃ ^{2a} (Nh ₁)	780
	青白口系(纪) Qb	Pt ₃ ¹		Pt ₃ ^{1d}	820
				Pt ₃ ^{1c}	870
				Pt ₃ ^{1b}	930
				Pt ₃ ^{1a}	1000
(宙) PT	中元古界(代) Pt ₂	待建系(纪)	Pt ₂ ⁴	1200	
			Pt ₂ ²	1400	
		蓟县系(纪) Jx	Pt ₂ ²	1600	
古元古界(代) Pt ₁	薄沱系(纪) Ht	长城系(纪) Ch	Pt ₁ ¹	1800	
			Pt ₁ ¹	2200	
			Pt ₁ ¹	2300	
新太古界代		Ar		2500	

图 1 中国地质区域地质年表

Fig.1 Regional geological time scale of China

陆块的南缘或东缘发育的一些火山岩都意味着 820 Ma 与下伏地层之间有着地球动力和构造的转换; 通过板溪群地层中斑脱岩的锆石定年, 将板溪群的低绿片岩化砂板岩的时限基本限定在 820~780 Ma, 是南华系之前一套似盖层过渡沉积^[7]。笔者认为冷家溪群沉积时限限定在 864~822 Ma。因此, 时间上武陵运动无法对应全球的格林威尔(Grenville)造山运动, 武陵运动性质应重新界定, 它涉及到江南造山带启动的时间和江南古陆边界限定。

2 年代地层新标定

全国地层委员会 2010 年依据最新的锆石 SHIRMP U-Pb 年龄系列性成果, 通过了新标定的中—新元古代地层年表方案^[8]: 长城系限定在 1.8~1.6 Ga; 蓟县系限定在 1.6~1.4 Ga; 待建系限定在 1.4~1.0 Ga; 青白口系限定在 1.0~0.78 Ga; 南华系限定在 780~635 Ma 及震旦系限定在 635~543 Ma (图 1)。新年代地层表中的同位素年龄对江南造山带地层划分和地层对比产生深远影响的部分有: 1) 江南古陆基底低变质地层归属新元古代范畴(图 2); 2) 对华南地区南华系界定为 870~635 Ma; 3) 华南古陆的

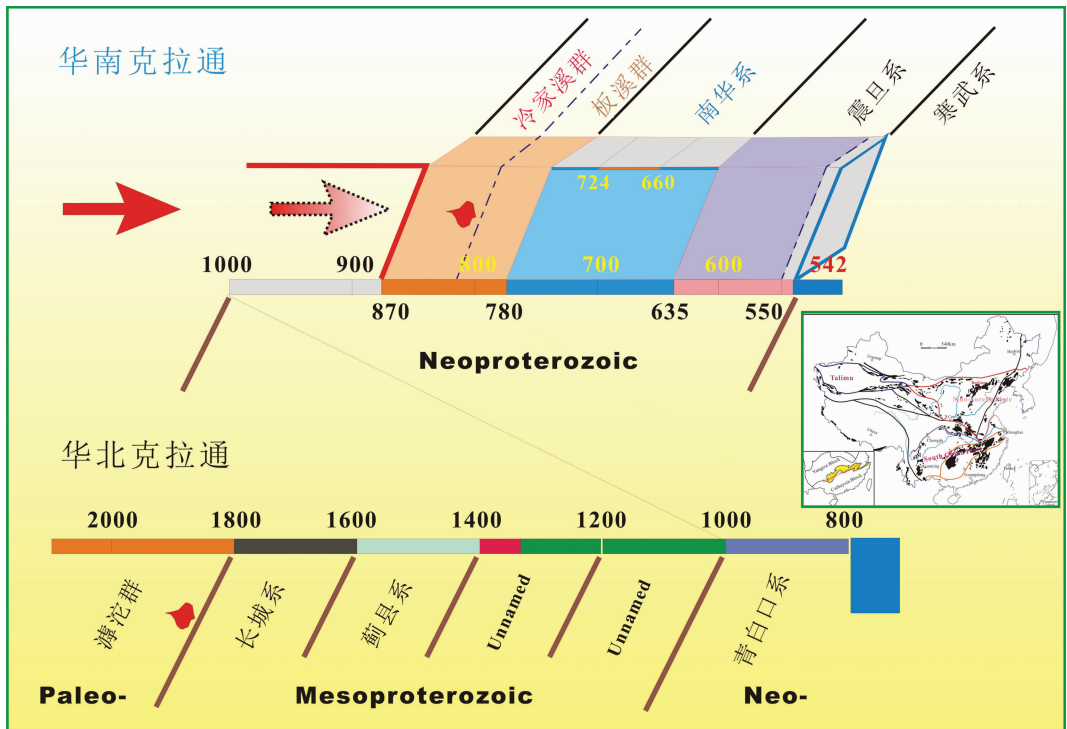


图 2 华北与华南克拉通中—新元古代地层

Fig.2 Meso- and Neo-Proterozoic strata in North China and South China craton

位置一直是中外地质学家探讨的问题^[9]。

3 江南造山带变质基底年代学进展

近年来, SIMS、LA-ICP-MS 技术的发展使 U-Pb 年代学测试水平大大提高; 沉积地层斑脱岩中大量岩浆型锆石的获得, 使地质学家能直接获得同沉积的年代学信息, 突破沉积地层的定年问题^[10]。江南造山带变质基底的年代学突破, 始于江南造山带东段(赣西北)双桥山群斑脱岩锆石 U-Pb 年龄的测定。随后, 黔桂地区四堡群、梵净山群及上覆地层的斑脱岩锆石 U-Pb 年龄将江南造山带变质基底地层限定在新元古代。这些数据的获得不仅改变了对新元古代地层时代的认识, 也改变了对该时代构造关系的解译^[11-13]。本文将提供湘东地区江南造山带中段沧水铺群的新数据, 进一步确定沧水铺群火山事件应隶属武陵运动之前的火山活动事件。

3.1 江南造山带中段火山集块岩锆石年龄

湘东益阳地区隶属江南造山带中段, 其沧水铺群火山集块岩与益阳市枕状玄武岩为何种关系, 是地质学家一直关注的主要问题, 它涉及江南造山带中段的构造归属。本文所研究的 T091225-1 样品来自湘东益阳地区沧水铺乡沧水铺群火山集块岩(图 3-C); 采样坐标: 北纬 29°24.832'; 东经 113°24.245'。该火山集块样品的锆石年龄对判定其归属冷家溪群, 还是板溪群以及对“武陵运动”的限定都有着重要的年代学意义。

3.2 分析方法

锆石 U-Pb 年龄测定在北京离子探针中心的 SHRIMP-II 上进行, 详细的分析流程见参考文献[14-16]。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, 其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (416.8 ± 1.1) Ma,



图 3 沧水铺群火山集块岩野外特征及薄片显微特征

Fig.3 Volcanic agglomerates of the Cangshuipu Group and their features in thin section

但 U、Th 及 Pb 含量不均一;SL13 的年龄为 572 Ma, ^{238}U 含量为 238×10^{-6} 。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 [17]。普通铅校正根据实测的 ^{204}Pb 进行,普通铅的组成根据 Stacey & Kramers(1975)给出的模式计算得出的结果[18]。数据表中,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 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值和谐和年龄(Concordia age)计算值具 95%的置信度误差。

3.3 分析结果

锆石的阴极发光图像(CL)特征:所采锆石虽形态不相同,但是 CL 图像显示出典型的岩浆生长振荡环带和韵律结构,均属于岩浆结晶的产物(图 4)。根据锆石的 CL 图像,对照可见光下的锆石特征进行标点选样,排除具裂隙和包裹体的锆石颗粒。T091225-1(沧水铺群)样品的锆石晶型较好,为浅

黄色-无色透明钝圆形晶体。锆石粒度多在 $100 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

锆石的 U、Th 含量及 Th/U 比值:大量的研究表明,岩浆锆石的 U、Th 含量较高,Th/U 比值较大(一般大于 0.4)。湘东益阳地区沧水铺乡沧水铺群的火山集块岩样品(T091225-1)25 颗锆石,23 个测点中 U 含量变化范围为 $42 \times 10^{-6} \sim 237 \times 10^{-6}$;Th 含量变化范围为 $41 \times 10^{-6} \sim 433 \times 10^{-6}$;Th/U 值变化范围为 0.85~1.47(表 1)。上述这些分析点均位于明显的岩浆环带部位。

锆石 U-Pb 年龄:沧水铺群的凝灰岩(斑脱岩)样品(T091223-1)共测试了 25 个数据点。排除 3 个年龄异常小的数据点(8.1, 21.1, 25.1),其余的 22 个数据点均位于谐和线或谐和线附近(图 5)。22 个数据点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (821 ± 13) Ma, 对应的 MSWD = 1.9。如果去掉 2 个较小的年龄数据,其余

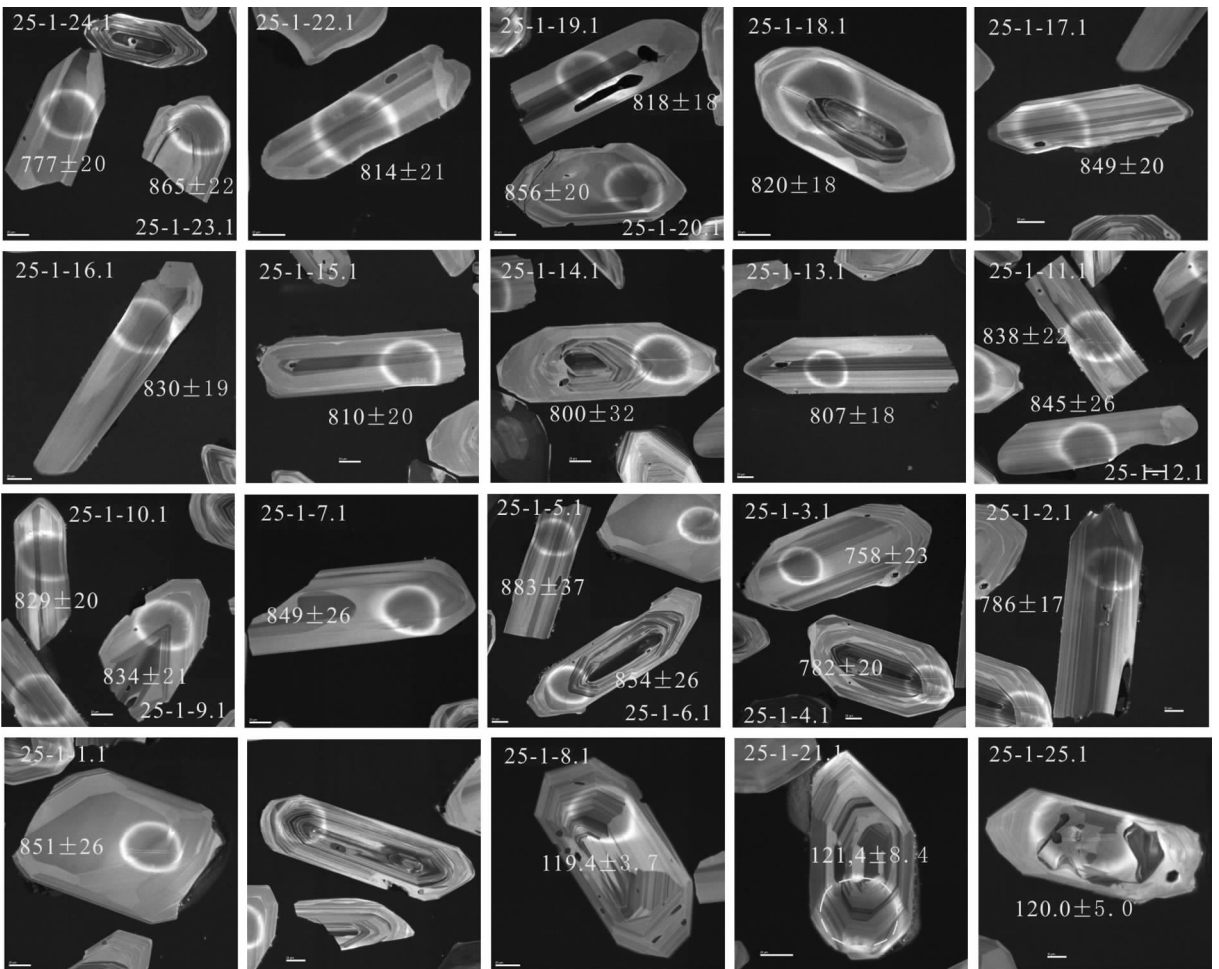


图 4 沧水铺群和板溪群斑脱岩锆石特征 (锆石比例棒 = $20 \mu\text{m}$)

Fig.4 Zircon CL features of bentonite from the Cangshuipu Group (scale = $20 \mu\text{m}$)

表 1 沧水铺群火上集块岩样品(T091225-1) SHRIMP U-Pb 年龄测定结果

Table 1 Result of SHRIMP U-Pb dating from the Cangshuipu Group (T091225-1)

测点	$^{206}\text{Pb}_c$	U	Th	^{232}Th	$^{206}\text{Pb}^*$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	不谐 和性%	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	误差相 关系数
	%	$/10^{-6}$	$/10^{-6}$	$/^{238}\text{U}$	$/10^{-6}$	Ma	Ma		$\pm\%$	$\pm\%$	$\pm\%$	
1.1	1.57	50	41	0.85	6.17	851±26	671±320	-27	0.0619±15	0.0619±15	0.1410±3.2	0.214
2.1	0.47	237	433	1.88	26.5	784±16	692±71	-13	0.0625±3.3	0.0625±3.3	0.1293±±2.2	0.547
3.1	0.68	49	48	1.02	5.29	758±23	980±110	23	0.0718±5.4	0.0718±5.4	0.1248±3.2	0.511
4.1	0.94	95	96	1.04	10.6	782±20	887±140	12	0.0686±6.7	0.0686±6.7	0.1290±2.7	0.372
5.1	1.83	90	98	1.13	11.4	876±37	656±370	-34	0.061±17	0.061±17	0.1456±4.5	0.255
6.1	0.80	99	86	0.90	12.2	854±24	821±90	-4	0.0664±4.3	0.0664±4.3	0.1417±3.0	0.567
7.1	0.71	42	39	0.96	5.14	849±26	1182±140	28	0.0794±6.9	0.0794±6.9	0.1407±3.2	0.424
8.1	6.71	153	153	1.03	2.56	116.1±4.7	-1620±3000	107	0.026±89	0.026±89	0.01818±4.1	0.046
9.1	1.52	79	61	0.81	9.48	834±21	760±170	-10	0.0646±7.9	0.0646±7.9	0.1381±2.7	0.322
10.1	0.01	96	103	1.11	11.3	829±20	1121±76	26	0.0770±3.8	0.0770±3.8	0.1373±2.5	0.555
11.1	1.79	87	90	1.07	10.4	831±22	593±210	-40	0.0597±9.5	0.0597±9.5	0.1376±2.8	0.282
12.1	1.47	99	147	1.54	12.0	841±26	680±±210	-24	0.0622±9.7	0.0622±9.7	0.1393±3.2	0.316
13.1	0.66	188	266	1.47	21.7	807±18	767±68	-5	0.0648±3.2	0.0648±3.2	0.1333±2.4	0.593
14.1	2.34	50	44	0.92	5.78	800±32	687±330	-16	0.0624±15	0.0624±15	0.1321±4.2	0.265
15.1	0.01	78	70	0.92	8.99	810±20	962±73	16	0.0712±3.6	0.0712±3.6	0.1339±2.7	0.599
16.1	0.55	117	149	1.32	13.9	830±19	849±99	2	0.0674±4.8	0.0674±4.8	0.1374±2.5	0.463
17.1	0.77	105	135	1.33	12.8	849±20	1267±65	33	0.0829±3.3	0.0829±3.3	0.1407±2.5	0.606
18.1	0.54	143	136	0.98	16.8	820±18	770±170	-7	0.0649±7.8	0.0649±7.8	0.1357±2.3	0.287
19.1	0.01	178	246	1.43	20.9	825±18	1044±46	21	0.0741±2.3	0.0741±2.3	0.1365±2.3	0.704
20.1	0.41	123	153	1.29	15.0	854±19	820±69	-4	0.0664±3.3	0.0664±3.3	0.1417±2.4	0.592
21.1	1.86	92	97	1.09	1.53	121.4±8.4	1547±240	92	0.096±13	0.096±13	0.0190±7.0	0.478
22.1	0.91	80	90	1.16	9.33	814±21	976±130	17	0.0716±6.4	0.0716±6.4	0.1346±2.8	0.398
23.1	0.01	73	62	0.88	9.01	865±22	1227±69	30	0.0812±3.5	0.0812±3.5	0.1436±2.8	0.618
24.1	1.62	73	76	1.08	8.14	777±20	603±150	-29	0.0600±7.2	0.0600±7.2	0.1281±2.8	0.361
25.1	1.76	197	68	0.36	3.33	123.5±4.6	953±220	87	0.0708±11	0.0708±11	0.01934±3.8	0.326

注: Pb_c 为普通铅的 ^{206}Pb 占全部 ^{206}Pb 的百分比, Pb^* 代表放射成因铅, 用于校正待测样品的并与之同时测定的标准样品的误差在 0.43% (1σ), 普通铅校正采用实测的 ^{204}Pb 。

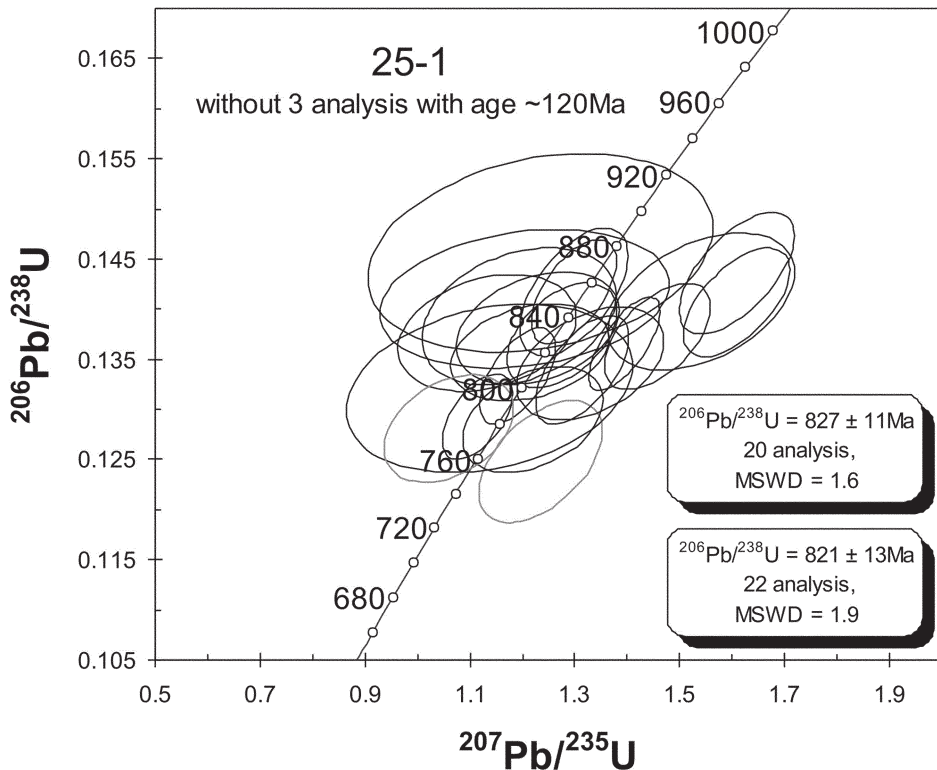


图 5 沧水铺群凝灰岩锆石 U-Pb 协和图

Fig.5 Zircon U-Pb concordant diagram of volcanic rocks in the Cangshuipu Group

20 个数据点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (827 ± 11) Ma, 对应的 $\text{MSWD} = 1.6$ 。考虑到较小一组年龄数据, 从锆石形态上和参数与其他锆石年龄没有太大区别等因素, 笔者最终选用 22 个数据点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值 (821 ± 13) Ma, 对应的 $\text{MSWD} = 1.9$ 为沧水铺群火山集块岩的形成时代。

4 沧水铺群的构造意义

在中国华南地层格架中, 扬子陆块和华夏陆块之间有一明显带状分布的元古宙浅变质的沉积地层和一系列岩浆岩, 被称为“江南古陆”(图 2)。江南古陆涉及到两套变质基底地层, 由于二者之间为高角度不整合接触关系。中国地质学家在不同地区野外填图中命名了各自的“构造运动”, 即四堡运动、武陵运动、雪峰运动、休宁运动、皖南运动、神功运动、晋宁运动等, 同时在地层对比中还涉及到其他“构造运动”。中国地质学家在地层划分和地层对比中不断地探索这两套地层的年代并对它们赋予构造意义, 不同省地质局提出不同的构造运动名称。江南古陆变质基底四堡群的上限年龄是通过沿造山带发育的 S 型花岗岩和超镁铁辉长橄榄岩侵位年龄来限定的^[19-20], 根据已往的测试手段, 一般集中在 $(1\ 100\sim 960)$ Ma^[21]。很多学者根据上述年代信息认为扬子与华夏板块是中元古代末碰撞、拼贴形成江南造山带^[22-25], 并进一步认为, 江南造山带等同于格林威尔造山带^[19], 并演绎其在全球构造中的位置^[26-30]。

近年来, 地层斑脱岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄对过去的江南古陆变质基底地层划分冲击最大。江南造山带东段双桥山群斑脱岩的高精度锆石 SHRIMP U-Pb 测年 $(831\pm 6\ \text{Ma}\sim 829\pm 6\ \text{Ma}^{[11]})$, 一举推动了江南古陆变质基底的地层时代精确定位。随后在桂黔交界的四堡群获得斑脱岩锆石 U-Pb 年龄 842 Ma, 在侵入四堡群的摩天岭花岗岩获得锆石 U-Pb 年龄 827 Ma^[12], 在上伏地层下江群甲路组获得斑脱岩锆石 U-Pb 年龄 814 Ma^[13]。由此“四堡运动”基本限定在 827~814 Ma。在湖南地区广为发育的冷家溪群斑脱岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 822 Ma 和板溪群下部斑脱岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 802 Ma, 将“武陵运动”限定在 822~802 Ma^[7]。江南古陆变质基底地层(梵净山群、四堡群、冷家溪群、双桥山群等)斑脱岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄数据修正了传统中元古代地层的认识, 将江南古陆变质基

底层精确的定位为新元古界。湖南省临江市冷家溪群和上覆地层板溪群获得斑脱岩 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄不仅限定了“武陵运动”的时限, 而且也证明该运动与格林威尔(Grenville)期造山带无关。当然, 江西省庐山地区星子群的碎屑锆石 SIMS U-Pb 年龄 $(834\pm 4\ \text{Ma})$ 和上覆地层肖箕洼组 (830 ± 5) Ma, 再次动摇了江南造山带中(赣西北地区)星子群片麻岩是江南古陆最老变质基底的认识^[31]。江南古陆变质基底碎屑锆石测年也佐证了江南造山带与格林威尔造山带不是同期产物^[32]。沧水铺群一直被认为是冷家溪群(四堡群)和板溪群之间的一套含火山喷出岩, 它的假定是冷家溪群隶属 $>1\ 000$ Ma 前的地层。当前, 冷家溪群的时代已限定在 860~822 Ma, 但沧水铺群研究依然涉及到武陵运动问题, 因此, 其年代学研究一直是众多地质学家极为关注的基础问题。根据新的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄数据, 武陵运动(四堡运动)被限定在 822~802 Ma^[7], 本文沧水铺群的测年结果说明沧水铺群火山事件发生在 820 Ma 之前是合理的, 代表了新的裂谷的启动。

5 结论

本文认为湖南东部沧水铺群火山集块岩锆石年龄 (821 ± 13) Ma 的测定是定位江南造山带时代启动的关键, 涉及到武陵运动结束。而且, 武陵运动(四堡运动、晋宁运动、神功运动)等构造运动在中国的华南地区是一个重要的构造运动面, 其构造性质不清, 但意义重大, 对它的时代限定将有利于区域地层对比和层控成矿背景的解释。

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定的突破, 确定了沧水铺群与冷家溪群和板溪群的关系。因此, 华南新元古代新的年代地层框架的深化研究对于中国地质填图中精确地层划分和地层对比以及新的构造解疑都有着重要的促进作用。

近年来获得的一系列锆石 SHRIMP U-Pb 年龄数据, 使我们进一步深入思考它们的地层意义和构造意义, 特别是新的锆石 U-Pb 年龄数据不仅是对于中国前寒武纪地层时代划分的制约, 也是对构造演化起始时限的制约, 其研究意义深远。

致谢: 对北京离子探针中心刘敦一研究员在测试期间的技术保障, 颜颀强博士对数据的后期分析和处理以及闫全人和王宗起等研究员在野外的讨论以及审稿人的修改意见, 在此一并表示衷心感谢。

参考文献 (References):

- [1] 高林志, 丁孝忠, 庞维华, 等. 中国中—新元古代地层年表的修正——锆石 U-Pb 年龄对年代地层的制约[J]. 地层学杂志, 2011, 35(1): 1-6.
Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, Pang Weihua, et al. New geologic time scale of Meso- and Neoproterozoic of China and geochronologic constraint by SHRIMP zircon U-Pb dating[J]. Journal of Stratigraphy, 2011, 35 (1):1-6 (in Chinese with English abstract).
- [2] Wang Xiaolei, Zhao Guochun, Qi Jianshen, et al. LA-ICPMS U-Pb zircon geochronology of the Neoproterozoic igneous rocks from Northern Guangxi, South China: implications for petrogenesis and tectonic evolution[J]. Precambrian Research, 2006, 145:111-130.
- [3] Wang Xiaolei, Zhao Guochun, Zhou Jincheng, et al. Geochronology and Hf isotopes of zircon from volcanic rocks of the Shuangqiaoshan Group, South China: Implications for the Neoproterozoic tectonic evolution of the eastern Jiangnan orogen[J]. Gondwana Research, 2008, 14:355-367.
- [4] 王剑, 李献华, T Z Duan, 等. 苍水铺群火山岩 SHRIMP U-Pb 年龄及“南华系”底界新证据[J]. 科学通报, 2003, 48(16):1726-1731.
Wang Jian, Li Xianhua, Duan Taizhong et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating for the Cangshuipu volcanic rocks and its implications for the lower boundary age of the Nanhua strata in South China[J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(16):1663-1669(in Chinese).
- [5] 王剑, 曾昭光, 陈文西, 等. 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.
Wang Jian, Zeng Zhaoguang, Chen Wenxi, et al. The Neoproterozoic rift systems in southern China: New evidence for the sedimentary onlap and its initial age [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2006, 26 (4):1-7 (in Chinese with English abstract).
- [6] 张玉芝, 王跃军, 范蔚茗, 等. 江南隆起带新元古代碰撞结束时间: 苍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, 2011, 35(1): 32-46.
Zhang Yuzhi, Wang Yuejun, Fan Weiming et al. Geochronological constraints on the Neoproterozoic collision along the Jiangnan Uplift: Evidence from studies on the Neoproterozoic basal conglomerates at the Cangshuipu area, Hunan Province [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2011, 35(1):32-46(in Chinese with English abstract).
- [7] 高林志, 陈峻, 丁孝忠, 等. 湘东北岳阳地区冷家溪群及板溪群凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄——对武陵运动的制约 [J]. 地质通报, 2011, 20(7):1001-1008.
Gao Linzhi, Chen Jun, Ding Xiaozhong, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of tuff bed of the Lengjiayi and Banxi groups—constraints on the Wuling Movement [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 29 (7):1-8 (in Chinese with English abstract).
- [8] 高林志, 丁孝忠, 曹茜, 等. 中国晚前寒武纪年表和年代地层序列 [J]. 中国地质, 2010, 37(4):1014-1020.
Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, Cao Qian, et al. New geologic time scale of Late Precambrian of China and geochronology[J]. Geology in China, 2010, 37(4):1014-1020 (in Chinese with English abstract).
- [9] 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):442-448.
Lu Songnian. From rodinia to gondwanaland supercontinents——thinking about problems of researching Neoproterozoic supercontinents[J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8(4):442-448 (in Chinese with English abstract).
- [10] 王泽九. 斑脱岩中锆石 SHRIMP 测年在寒武纪地层中的应用——前寒武纪年代地层学研究的新思路 [J]. 地层学杂志, 2010, 34(1):56-59.
Wang Zejiu. Zircon shrimp dating of the K-bentonite in the Precambrian strata [J]. Journal of Stratigraphy, 2010, 34 (1):56-59 (in Chinese with English abstract).
- [11] 高林志, 杨明桂, 丁孝忠, 等. 华南双桥山群及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地质演化的制约[J]. 地质通报, 2008, 27(10):1744-1758.
Gao Linzh, Yang Minggui, Ding Xiaozhong, et al. New SHRIMP U-Pb dating for the Shuangqiaoshan Group in South China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27 (10):1744 -1758 (in Chinese with English abstract).
- [12] 高林志, 戴传固, 刘燕学, 等. 四堡群凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地层意义[J]. 地质通报, 2010, 29(9):1259-1267.
Gao Linzh, Dai Chuangu, Liu Yanxue, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of tuff bed of the Sibao Group and implication for its stratigraphic significance [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29 (9):1259-1267(in Chinese with English abstract).
- [13] 高林志, 戴传固, 刘燕学, 等. 下江群甲路组凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地层意义 [J]. 中国地质, 2010, 37(4):1071-1082.
Gao Linzhi, Dai Chuangu, Ding Xiaozhong, et al. SHRIMP U-Pb dating of intrusive alaskite in the Fanjigshan Group and alaskite basal conglomerate—constraints on the deposition of the Xiajiang Group[J]. Geology in China, 2010, 37 (4): 1071-1082(in Chinese with English abstract).
- [14] 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.
Liu Dunyi, Jian Ping, Zhang Qi, et al. SHRIMP dating of adakites in the Tulingkai Ophiolite, Inner Mongolia: Evidence for the Early Paleozoic subduction[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77 (3): 317-327 (in Chinese with English abstract).
- [15] Lance P B, Sandra L K, Charlotte M A, et al. TEMORA 1: a new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology[J]. Chemical Geology, 2003, 200:155-170.
- [16] 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, 2003, 200:

- 171-188.
- [17] Ludwig K R. SQUID 1.02, a user's manual. Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 2. 2455 Ridge Road, Berkeley, CA 94709, USA. 2002.
- [18] 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.
- [19] Li Xianhua. U-Pb zircon ages of granites from the southern margin of the Yangtze margin: timing of Neoproterozoic Jinning Orogen in SE China and implication for Rodinia assemble [J]. *Precambrian Research*, 1999, 97: 43-57.
- [20] Li Xianhua, Li Zhengxiang, Ge Wenchuan, et al. Neoproterozoic granitoids in south China: crustal melting above a mantle plume at ca. 825 Ma? [J]. *Precambrian Research*, 2003, 122: 45-83.
- [21] 李江海, 穆剑. 我国境内格林威尔期造山带的存在及其中元古代末期超大陆再造的制约 [J]. *地质科学*, 1999, 34 (3): 259-272. Li Jianghai, Mu Jian. Tectonic constraints from Chinese cratonic blocks for the reconstruction of Rodinia [J] *Scientia Geologica Sinica*, 1999, 34 (3): 259-272 (in Chinese with English abstract).
- [22] 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. Guo Lingzhi, Shi yangshen, Ma Ruishi, et al. Proterozoic plate movement in Jiangnan and the formation and evolution of arc tectonics [C] // geological Society of China, Chinese Academy of geological Sciences. Proceedings of the International symposium on Precambrian Crustal Evolution (vol.1). Beijing: Geological Publishing House, 1986: 30-37 (in Chinese).
- [23] 郭令智, 施央申, 马瑞士. 华南大地构造格架和地壳演化 [C] // 26 届国际地质大会论文集 (1). 北京: 地质出版社, 1980: 109-116. Guo Lingzhi, Shi yangshen, Ma Ruishi. Geotectonic framework and crustal evolution in South China [C] // Proceedings of the 26th IGC (vol. 1). Beijing: Geological Publishing House, 1980: 109-116 (in Chinese).
- [24] 水涛. 中国东南大陆基底构造格局 [J]. *中国科学 (B)*, 1987, 4: 414-421. Shui Tao. Tectonic framework of the southeastern China continental basement [J]. *Science in China (B)*, 1987, 17 (4): 414-422 (in Chinese).
- [25] 徐备. 论赣东北—皖南晚元古代沟弧盆体系 [J]. *地质学报*, 1990, 64(1): 33-42. Xu Bei. The late Proterozoic trench-basin-arc system in north-eastern Jiangxi-southern Anhui Provinces [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1990, 64 (1): 33-42 (in Chinese with English abstract).
- [26] Li Z X, Zhang L, Powell C McA. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia-East Antacticle and Laurentia? [J] *Geology*, 1995, 23: 407-410.
- [27] 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.
- [28] Li Zhengxiang, Li Xianhua, 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 super plume that broke up Rodinia [J]. *Precambrian Research*, 2003, 122 (1/4): 85-109.
- [29] Li Zhengxiang, Li Xianhua, Kinny P D, et al. The breakup of Rodinia: Did it start with a mantle plume beneath South China? [J]. *Earth Planet Sci. Lett.*, 1999, 173 (3): 171-181.
- [30] Li Xianhua, Bogdanova S. V., Collins A S, et al. Assembly, configuration and break-up of history of Rodinia: a synthesis [J]. *Precambrian Res.*, 2008, 160: 179-210.
- [31] 关俊朋, 何斌, 李德威. 庐山地区星子群碎屑锆石 SIMS U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *大地构造与成矿学*, 2010, 34(3): 402-407. Guan Junpeng, He Bing, Li Dewei. SIMS U-Pb dating of the detrital zircons from the Xingzi Group in Lushan area and its geological significance [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2010, 34 (3): 402-407 (in Chinese with English abstract).
- [32] 周金城, 王孝磊, 邱检生. 江南造山带是否格林威尔期造山带? [J]. *高校地质学报*, 2008, 14 (1): 64-72. Zhou Jincheng, Wang Xiaolei, Qiu Jiansheng. Is the Jiangnan Orogenic Belt a Grenvillian Orogenic Belt: Some Problems about the Precambrian Geology of South China? [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2008, 14 (1): 64-72 (in Chinese with English abstract).

SHRIMP dating of Cangshuipu Group in the middle part of the Jiangnan Orogen and its implications for tectonic evolutions

GAO Lin-zhi¹, LIU Yan-xue¹, DING Xiao-zhong¹,
ZHANG Chuan-heng², WANG Zi-qiang², CHEN Jun³, LIU Yao-rong³

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037*; 2. *China University of Sciences, Beijing, 100083, China*;
3. *Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410114, Hunan, China*)

Abstract: The Cangshuipu Group is developed between the Lengjiaxi Group and Banxi Group in Yiyang area of Hunan Province, located in the middle part of the Jiangnan orogenic belt. It is considered that the study of its position in chronostratigraphic column can solve the problem of the initiation of the Jiangnan orogenic belt. The authors obtained a SHRIMP zircon U-Pb age of 821 ± 13 Ma from the volcanic rocks in the Cangshuipu Group. This age suggests that the volcanic rocks represent a volcanic event before the Wuling movement (820 Ma), which was related to the initiation of the Wuling movement, with the volcanic tuff of this volcanic event being the product of the same tectonic movement as the volcanic tuff in the Lengjiaxi Group.

Key words: Jiangnan orogen; Neoproterozoic; chronostratigraphic sequence; tectonic events

About the first author: GAO Lin-zhi, male, born in 1955, senior researcher, mainly engages in the study of biostratigraphy, sequence stratigraphy and events stratigraphy; E-mail: gaolzh@cags.net.cn.