

# 浙西北钟吕群流纹岩锆石 U-Pb 年龄及其年代地层学意义

韩瑶<sup>1</sup>, 张传恒<sup>1</sup>, 蒋先强<sup>2</sup>, 游国庆<sup>3</sup>, 刘子荟<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

2. 中国地质科学院成都矿产综合利用研究所, 成都 610041

3. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

**摘要** 钟吕群出露于浙西北地区, 为一套强变形、浅变质的碎屑岩—火山岩系, 其下未见底, 上被南华纪休宁组不整合覆盖。传统上将其对比于赣东北双桥山群。本文主要研究钟吕群流纹岩的锆石 U-Pb 年龄。样品 A120408-4 采自苏庄断层以北, 层位上属钟吕群的中上部, 岩性为灰白色致密块状流纹岩, 强烈片理化。样品 A120408-4 中获得大量锆石, 完成 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测点 38 个, 获得年龄加权平均值为 (777.1±3.6) Ma, 结合地层特点及变质变形特征, 得出钟吕群主体相当于河上镇群上墅组, 应属扬子古陆新元古代晚期大陆裂谷的地质记录。

**关键词** 钟吕群; 上墅组; LA-ICP-MS; 锆石 U-Pb; 流纹岩; 新元古代

浙西北地区地处浙、皖、赣 3 省交界处, 在新元古代大地构造格局中位于扬子古陆和华夏古陆地壳对接带内<sup>[1]</sup>。该地区出露的前寒武纪浅变质岩系<sup>[2]</sup>主要为钟吕群<sup>[3]</sup>和休宁组, 两者呈不整合接触或断层接触。休宁组以火山岩、陆源碎屑岩为主, 在苏庄地区原归属休宁组下部的火山凝灰岩中获得 SHRIMP U-Pb 锆石年龄 (767±5) Ma<sup>[4]</sup>, 据此将该地区的休宁组下部酸性火山岩系对比成为上墅组, 并认为是新元古代晚期扬子古陆南缘大陆裂谷沉积体系的组成部分<sup>[4-10]</sup>。钟吕群出露于休宁组之北, 传统上认为属于中元古界<sup>[2,3,11]</sup>, 时代上可与赣东北地区的双桥山群对比, 进而认为是江南造山带的组成部分<sup>[12-15]</sup>。近期, 双桥山群火山岩系中获得多个高质量锆石 SHRIMP U-Pb 年龄和大量碎屑锆石年龄<sup>[4,16,17]</sup>, 证实双桥山群的地质年代应在 840~810 Ma, 不属于中元古代。但钟吕群至今未获得可靠的同位素年龄, 因此制约了该群的区域对比和大地构造属性的确定, 影响了浙赣两省建立统一的前寒武纪变质岩系等时地层对比框架。本文研究 LA-ICP-MS 技术测得的钟吕群流纹岩中锆石 U-Pb 年龄, 并对浙赣地区前寒武纪地层的时代进行讨论。

## 1 地质概况

浙西北地区位于江南古陆东段, 大量出露前寒武纪浅变

质岩系, 自下而上划分为钟吕群、河上镇群及南华纪休宁组。在苏庄地区, 钟吕群、休宁组与河上镇群上墅组均呈断层接触。而在开化东南部地区, 钟吕群与上覆休宁组为角度不整合接触 (图 1)。研究区内, 钟吕群由一套陆源碎屑岩系与火山岩系组成, 岩石成层性较好, 水平层理发育, 局部可见透镜状层理、脉状层理。河上镇群在研究区内主要出露虹赤村组和上墅组, 虹赤村组为灰紫色中细粒砂岩以及暗紫色、灰绿色轻微变质粉砂岩和粉砂质泥岩, 并夹少量流纹质含角砾晶屑玻屑凝灰岩, 局部发育对称小水流波痕、脉状层理; 上墅组岩石化学成分具双峰式演化特点<sup>[18]</sup>, 下部以暗绿色安山玄武岩为主, 杏仁状构造发育, 上部以流纹岩为主夹中酸性、酸性熔结凝灰岩。休宁组下部为紫色砂岩, 含砾砂岩, 砾岩为主, 夹黄绿色砂岩, 细砂岩, 粉砂岩及流纹斑岩, 上部为青灰色凝灰质砂岩和沉凝灰岩为主。

本区的主干构造为北东向, 主要表现为北东 50°~60° 方向的褶皱、冲断裂、挤压带及片理带。如: 晴村—白沙关复式向斜, 由于挤压, 岩石普遍呈强烈片理化现象; 大溪边—南华山复式背斜, 核部为震旦系, 两翼为寒武、奥陶系; 上方—苏村复式向斜, 核部由石炭、二叠系组成, 翼部为奥陶—泥盆系; 弥陀山—狮子口水库复式背斜, 由元古界组成核部, 震旦—奥陶系组成翼部。

收稿日期: 2015-03-13; 修回日期: 2015-06-12

基金项目: 中国地质调查局项目 (1212011120117); 国家自然科学基金项目 (40921062); 国家科技重大专项 (AB1201)

作者简介: 韩瑶, 博士研究生, 研究方向为地层学与大地构造学, 电子信箱: summerflower\_11@163.com; 张传恒 (通信作者), 教授, 研究方向为地层学、大地构造学和沉积地质学, 电子信箱: zhangch@cugb.edu.cn

引用格式: 韩瑶, 张传恒, 蒋先强, 等. 浙西北钟吕群流纹岩锆石 U-Pb 年龄及其年代地层学意义[J]. 科技导报, 2016, 34(2): 104-109; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.2.016

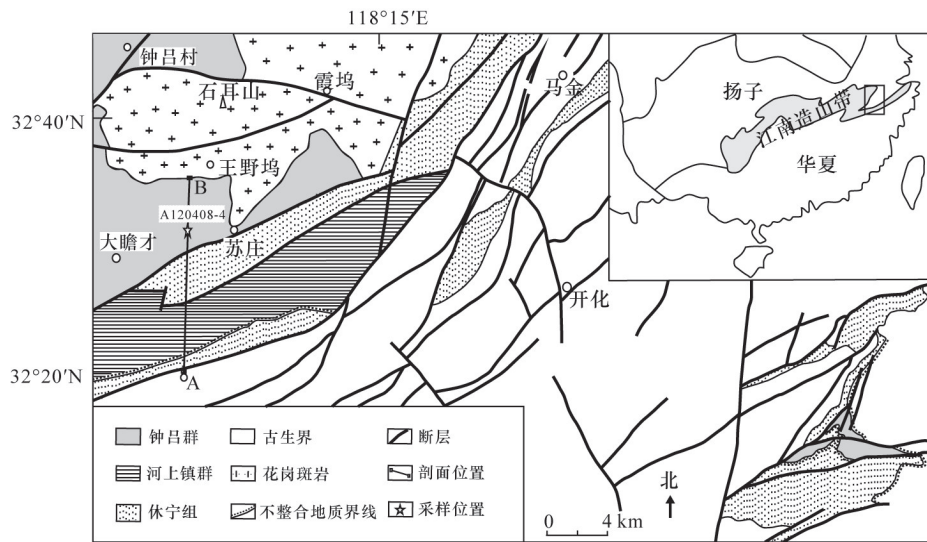


图1 浙西北地区地质略图及采样位置(据文献[11]修改)

Fig. 1 Geologic sketch of the northwest of Zhejiang Province, and the sampling Location (Modified form[11])

研究区北段出露石耳山花岗斑岩,该斑岩体呈北东向带状延伸,侵位于钟吕群及休宁组。岩性为钾长花岗斑岩,斑晶含量约25%,主要为斜长石和石英,少量黑云母。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为  $(777 \pm 9) \text{ Ma}^{[19]}$ , 岩石地球化学数据表明其形成于后造山裂谷环境<sup>[12,20]</sup>。

## 2 采样位置与样品岩性特征

样品 A120408-4 采自浙西北地区开化县苏庄村西部(图 1), 地理坐标为  $29^{\circ}10'20.0''\text{N}$ ,  $118^{\circ}04'02.4''\text{E}$ 。样品层位处于钟吕群中上部(图 2), 岩性为灰白色致密厚层块状流纹岩, 隐晶质、强烈片理化。显微镜鉴定表明, 基质为隐晶质, 主要由长石、石英组成; 斑晶为石英, 呈棱角状(图 3)。

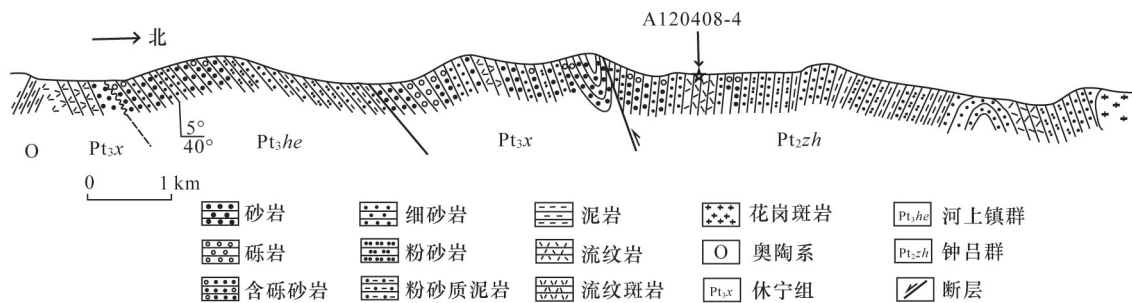


图2 浙西北苏庄地区构造地质剖面(图1中A—B剖面)

Fig. 2 Structural geologic section of Suzhuang area in northwestern Zhejiang Province

(section A to B in Fig.1)

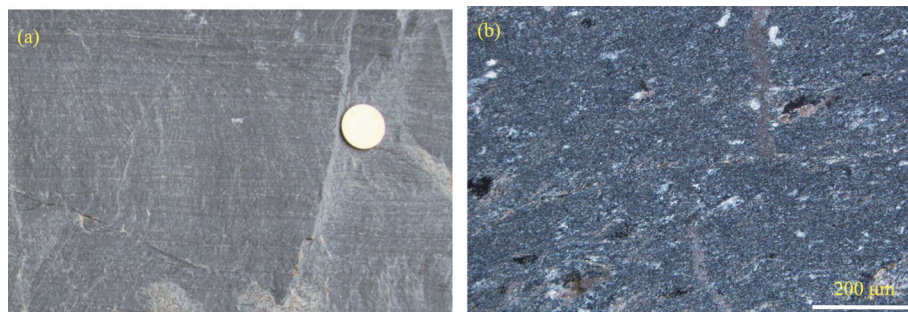


图3 钟吕群流纹岩野外(a)及样品A120408-4显微照片(b)

Fig. 3 Field (a) and microscope photographs (sample A120408-4) for the rhyolite of the Zhonglü Group

### 3 分析方法及结果

#### 3.1 分析方法

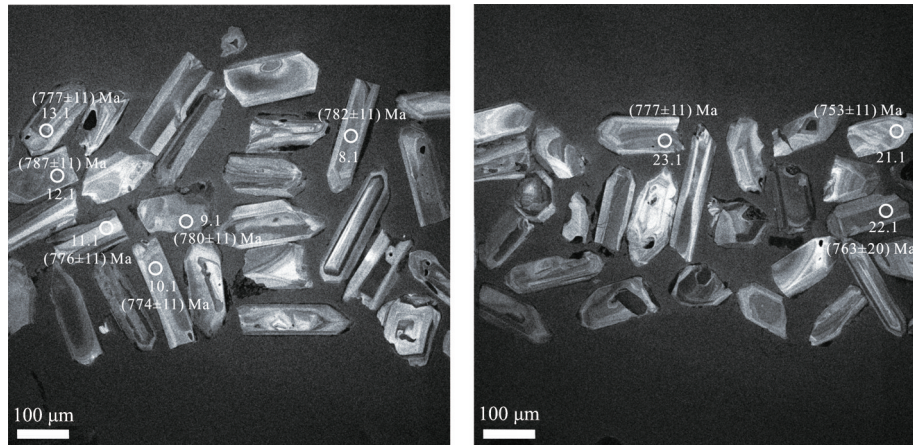
锆石挑选由河北省廊坊区域地质矿产调查研究所实验室完成, 首先将新鲜的样品粉碎至120目以下, 用磁法和重力方法挑选, 再在双目镜下挑选出用于定年的锆石。将锆石颗粒制作成环氧树脂靶, 在靶固结、干燥后打磨并抛光, 然后进行反射、透射光及阴极发光(CL)的拍摄, 用于测定时作为选择测定位置的依据, 以避免选取裂纹和包裹体区域、不同时代结晶的混合区域。

锆石 U-Pb 同位素测年在中国地质大学(北京)地学实验中心完成。分析仪器为美国 New Wave Research Inc. 公司生产的激光剥蚀进样系统(UP193SS)和美国 AGILENT 科技有限公司生产的 Agilent 7500a 型四级杆等离子体质谱仪联合构成的激光等离子质谱仪(LA-ICP-MS)。本次分析激光器的工作频率为 10 Hz, 剥蚀物质载

气为高纯度氦气, 流量为 0.7 L/min; Angilent 等离子质谱仪工作条件为: 冷却器流量 15 L/min, 辅助气(Ar)流量 1.13 L/min; 测试点束斑直径 25  $\mu\text{m}$ , 剥蚀采样时间为 45 s。微量元素含量用 NIST610 校正, 以 GJ-1 为内标准矿物。数据处理采用澳大利亚 Glitter 4.4 数据处理软件完成, 年龄加权平均计算应用 Isoplot 完成, 计算时使用与待测样品交替测定的标准锆石 91500 的测定值进行同位素分馏校正。

#### 3.2 锆石的 CL 图像特征

从 CL 图像中可以看出, 锆石晶形完好, 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 100~200  $\mu\text{m}$ , 柱状晶体长宽比为 2~3, 最大的可达 5。图像显示的锆石内部结构都以震荡环带为主, 表明它们主要是岩浆成因的(图4)。



(a) 测点 8.1-13.1 阴极发光图像及测点年龄

(b) 测点 21.1-23.1 阴极发光图像及测点年龄

图4 样品 A120408-4 典型锆石阴极发光图像

Fig. 4 CL images of zircons from sample A120408-4

#### 3.3 锆石 U-Pb 年龄

浙西北双桥山群流纹岩样品锆石的 38 个测点中 Th 的含量变化范围为  $34 \times 10^{-6}$ ~ $222 \times 10^{-6}$ , U 含量变化范围为  $42 \times 10^{-6}$ ~ $467 \times 10^{-6}$ , Th/U 值变化在 0.15~1.28, 均大于 0.1, 大部分分布于 0.4~0.9, 清楚地指示它们为典型的岩浆成因锆石。表 1 列出了所有测点的锆石 U-Pb 同位素比值( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ )和年龄值( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  Ma、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  Ma、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  Ma)的计算结果, 其中同位素比值的误差和单个数据点的误差均为  $1\sigma$ 。对于年轻锆石(小于 1000 Ma)一般采用  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄<sup>[21]</sup>。排除表 1 中不谐和度(Dis.)较大的数据点(25.1、32.1)以及年龄稍大的数据点(18.1), 其余 35 个数据点均投影在谐和线上或谐和线附近, 35 个数据点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄加权平均值( $777.1 \pm 3.6$ ) Ma (MSWD=0.64; 图 5), 代表了火山岩的喷出年龄。

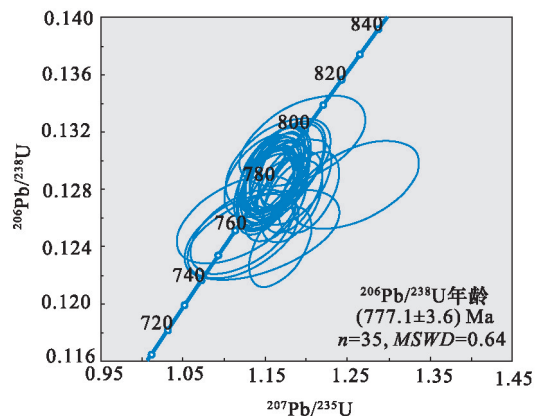


图5 样品 A120408-4 锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 5 U-Pb concordia diagram for the zircons from sample A120408-4

表1 钟吕群流纹岩样品A120408-4 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年结果

Table 1 Data of LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the rhyolite (sample A120408-4) from the Zhonglü Group

测点	Pb/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Th/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	U/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Th/ U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Ma	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ Ma	1 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Ma	1 $\sigma$	Dis.
1.1	12	69	75	0.92	0.065	0.002	1.161	0.030	0.129	0.002	779	28	783	14	784	11	0
2.1	15	53	97	0.55	0.066	0.003	1.195	0.051	0.131	0.002	806	97	798	23	796	12	0
3.1	27	120	176	0.68	0.065	0.001	1.159	0.023	0.129	0.002	783	20	782	11	781	11	0
4.1	14	77	85	0.9	0.065	0.002	1.160	0.030	0.128	0.002	784	29	781	14	779	11	0
5.1	21	65	142	0.46	0.067	0.001	1.182	0.024	0.127	0.002	851	21	792	11	772	11	3
6.1	20	73	132	0.55	0.064	0.003	1.115	0.048	0.126	0.002	750	100	761	23	764	12	0
7.1	29	85	188	0.45	0.065	0.003	1.121	0.046	0.125	0.002	781	94	764	22	758	11	1
8.1	33	195	195	1.00	0.065	0.001	1.161	0.024	0.129	0.002	782	21	782	11	782	11	0
9.1	51	343	300	1.14	0.066	0.001	1.168	0.024	0.129	0.002	802	20	785	11	780	11	1
10.1	41	164	270	0.61	0.065	0.001	1.150	0.023	0.128	0.002	784	20	777	11	774	11	0
11.1	39	101	274	0.37	0.065	0.001	1.150	0.023	0.128	0.002	780	20	777	11	776	11	0
12.1	30	108	196	0.55	0.066	0.001	1.182	0.027	0.130	0.002	808	25	792	13	787	11	1
13.1	23	82	158	0.52	0.065	0.001	1.155	0.024	0.128	0.002	787	22	779	11	777	11	0
14.1	27	57	191	0.30	0.065	0.001	1.154	0.023	0.128	0.002	783	20	779	11	778	11	0
15.1	14	99	77	1.28	0.065	0.002	1.166	0.042	0.130	0.002	778	49	785	20	787	12	0
16.1	21	49	148	0.33	0.065	0.001	1.163	0.027	0.129	0.002	780	24	783	12	784	11	0
17.1	20	61	137	0.44	0.065	0.001	1.159	0.025	0.129	0.002	780	22	782	12	782	11	0
18.1	49	148	294	0.50	0.068	0.001	1.364	0.025	0.145	0.002	876	18	874	11	872	12	0
19.1	25	50	178	0.28	0.065	0.001	1.156	0.024	0.129	0.002	783	21	780	11	779	11	0
20.1	24	145	148	0.98	0.067	0.004	1.148	0.061	0.125	0.002	827	119	776	29	758	12	2
21.1	39	164	263	0.63	0.068	0.001	1.168	0.025	0.124	0.002	878	22	786	12	753	11	4
22.1	15	34	42	0.82	0.069	0.014	1.195	0.243	0.126	0.003	897	456	798	113	763	20	5
23.1	35	198	220	0.90	0.065	0.001	1.154	0.023	0.128	0.002	785	20	779	11	777	11	0
24.1	31	99	211	0.47	0.066	0.001	1.163	0.025	0.127	0.002	815	23	783	12	772	11	1
25.1	44	222	273	0.81	0.071	0.003	1.259	0.051	0.128	0.002	963	91	828	23	778	12	6
26.1	26	69	171	0.40	0.065	0.003	1.122	0.041	0.125	0.002	776	86	764	20	759	11	1
27.1	29	87	196	0.44	0.065	0.001	1.166	0.023	0.130	0.002	783	20	785	11	786	11	0
28.1	21	117	129	0.91	0.065	0.001	1.153	0.025	0.128	0.002	785	22	779	12	776	11	0
29.1	35	130	231	0.56	0.065	0.001	1.164	0.022	0.129	0.002	785	19	784	10	783	11	0
30.1	38	219	232	0.94	0.065	0.001	1.151	0.022	0.128	0.002	783	19	778	11	776	11	0
31.1	34	139	223	0.62	0.068	0.001	1.203	0.024	0.128	0.002	876	20	802	11	775	11	3
32.1	31	148	188	0.79	0.079	0.001	1.396	0.028	0.129	0.002	1165	18	887	12	780	11	14
33.1	42	197	274	0.72	0.067	0.001	1.184	0.023	0.128	0.002	842	19	793	11	775	11	2
34.1	28	40	201	0.20	0.065	0.001	1.164	0.023	0.129	0.002	782	19	784	11	784	11	0
35.1	39	49	283	0.17	0.065	0.001	1.156	0.023	0.129	0.002	780	20	780	11	780	11	0
36.1	65	74	467	0.16	0.064	0.002	1.145	0.029	0.129	0.002	755	63	775	14	782	11	1
37.1	26	35	187	0.19	0.066	0.001	1.181	0.026	0.130	0.002	809	23	792	12	786	11	1
38.1	24	76	167	0.45	0.067	0.002	1.185	0.030	0.129	0.002	834	28	794	14	779	11	2

#### 4 讨论

近年来,随着对双桥山群及河上镇群研究的不断深入,已有越来越多的高质量锆石 U-Pb 年龄的报道,双桥山群横涌组和安乐林组斑脱岩中的高精度 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为(831±6) Ma 和(829±6) Ma,河上镇群上墅组凝灰岩获得的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(767±5) Ma<sup>[4]</sup>,下部流纹岩锆石 U-Pb 年龄为(792±5) Ma<sup>[21]</sup>,这两套地层统归为新元古代地层。双桥山群及相当层位地层冷家溪群、梵净山群是江南造山带早期岩浆活动事件的响应,代表了古华南洋演化期间的弧后盆地沉积或被动陆缘沉积<sup>[5-7,23,24]</sup>。河上镇群上墅组双峰式火山岩则是华南 Rodinia 超大陆裂解事件的岩石学记录,代表了新元古代晚期华夏与扬子两大陆块由碰撞拼贴造

山阶段转化成陆内拉张造盆阶段<sup>[25,26]</sup>,与其相当层位地层包括莲沱组<sup>[27]</sup>。本文所报道的钟吕群流纹岩锆石 U-Pb 年龄(777.1±3.6) Ma,与前人报道的上墅组年龄相差不大,可将两者进行对比,指示两者为同时异相。因此,钟吕群并不是传统意义上对比于双桥山群,也就是说,前人认为的代表江南造山带俯冲造山沉积体系的钟吕群,实际上应归属于新元古代晚期扬子古陆南缘大陆裂谷体系,且本文所报道的流纹岩锆石 U-Pb 年龄(777.1±3.6) Ma 可能代表了扬子古大陆的裂解时间。

#### 5 结论

1) 钟吕群中上部流纹岩中获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb

加权平均年龄(777.1±3.6) Ma,证实该套火山岩属新元古界。

2) 根据新获得的锆石 U-Pb 年龄,结合地层特点及变质变形特征,确定该套浅变质岩系层位应与河上镇群上墅组、莲沱组相当,代表新元古代后期扬子古陆南缘大陆裂谷沉积体系,而扬子古大陆在新元古代后期的裂解时间可能为(777.1±3.6) Ma。

3) 在浙赣地区前寒武纪变质岩系等时地层对比框架中,钟吕群应对比于上墅组,不能将其按传统意义对比于双桥山群。

### 参考文献(References)

[1] 王鸿楦. 中国华南地区地壳构造发展的轮廓[C]//华南地区古大陆边缘构造史. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986: 1-15.  
Wang Hongzhen. A synopsis of the tectonic development of south China [C]//Tectonic history of the ancient continental margins of south China. Wuhan: University of Geosciences Press, 1986: 1-15.

[2] 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.  
Zhejiang Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Zhejiang province[M]. Beijing: Geology Publishing House, 1989.

[3] 俞国华, 方炳兴, 马武平, 等. 浙江省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.  
Yu Guohua, Fang Bingxing, Ma Wuping, et al. Stratigraphy of Zhejiang Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.

[4] 高林志, 杨明桂, 丁孝忠, 等. 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[J]. 地质通报, 2008, 27(10): 1744-1751.  
Gao Linzhi, Yang Minggui, Ding Xiaozhong, et al. 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[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(10): 1744-1751.

[4] 王自强, 高林志, 丁孝忠, 等. “江南造山带”变质基底形成的构造环境及演化特征[J]. 地质论评, 2012, 58(3): 401-412.  
Wang Ziqiang, Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, et al. Tectonic environment of the metamorphosed basement in the jiangnan orogen and its evolutionary features[J]. Geological Review, 2012, 58(3): 401-412.

[5] 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界国际地质大会论文集(1). 北京: 地质出版社, 1980.  
Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi. Tectonic framework and crustal evolution in southern China[C]//The 26th international geological congress (1). Beijing: Geology Publishing House, 1980.

[6] 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. Trench-arc-basin system of the northeastern Jiangxi and south Anhui Province in late proterozoic[J]. Acta Geologica Sinica, 1990, 64(1): 33-42.

[7] 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.  
Deng Guohui, Liu Chungun, Feng Ye, et al. Tectonic features and evolution of the proterozoic orogenic belt between northeastern Jiangxi and southern Anhui[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2005, 26(1): 9-16.

[8] 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 super plume that broke up

Rodinia[J]. Precambrian Research, 2003, 122(1/4): 85-109.

[9] Li Z X, Zhang L H, Powell C McA. Position of the east Asian cratons in the neoproterozoic supercontinent Rodinia[J]. Australian Journal of Earth Sciences, 1996, 43(6): 593-604.

[10] 吴浩若. 赣东北蛇绿岩带相关地质问题的构造古地理分析[J]. 古地理学报, 2003, 5(3): 328-342.  
Wu Haoruo. Tectonopalaogeographic analysis of the geologic problems related to ophillitic belt in northeastern Jiangxi Province[J]. Journal of Palaeogeography, 2003, 5(3): 328-342.

[11] 刘伯根, 郑光财, 陈时森, 等. 浙西松木坞群的解体—同位素定年的证据[J]. 地质论评, 1995, 41(5): 457-462.  
Liu Bogen, Zheng Guangcai, Chen Shimiao, et al. The breakup of the Songmuwu Group in western Zhejiang: Evidence from isotope dating [J]. Geological Review, 1995, 41(5): 457-462.

[12] 薛怀民, 马芳, 宋永勤, 等. 江南造山带东段新元古代花岗岩组合的年代学和地球化学: 对扬子与华夏地块拼合时间与过程的约束[J]. 岩石学报, 2010, 26(11): 3215-3244.  
Xue Huaimin, Ma Fang, Song Yongqin, et al. Geochronology and geochemistry of the neoproterozoic granitoid association from eastern segment of the jiangnan orogen, China: Constraints on the timing and process of amalgamation between the Yangtze and Cathaysia blocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(11): 3215-3244.

[13] 张彦杰, 周效华, 廖圣兵, 等. 江南造山带北缘鄂源基性岩地质—地球化学特征及成因机制[J]. 高校地质学报, 2011, 17(3): 393-405.  
Zhang Yanjie, Zhou Xiaohua, Liao Shengbing, et al. Geological and geochemical characteristics and petrogenesis of the mafic rocks from Zhangyuan, northern jiangnan orogen[J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(3): 393-405.

[14] 舒良树, 周围庆, 施央申, 等. 江南造山带东段高压变质蓝片岩及其地质时代研究[J]. 科学通报, 1993, 38(20): 1879-1882.  
Shu Liangshu, Zhou Weiqing, Shi Yangshen, et al. Study on the eastern section of high pressure metamorphosed blueschists jiangnan orogenic belt and its geological age[J]. Chinese Science Bulletin, 1993, 38(20): 1879-1882.

[15] 郭令智, 卢华复, 施央申, 等. 江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学[J]. 高校地质学报, 1996, 2(1): 1-13.  
Guo Lingzhi, Lu Huafu, Shi Yangshen, et al. On the meso-neoproterozoic jiangnan island arc: Its kinematics and dynamics[J]. Geological Journal of China Universities, 1996, 2(1): 1-13.

[16] 周效华, 张彦杰, 廖圣兵, 等. 赣皖相邻地区双桥山群火山岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 高校地质学报, 2012, 18(4): 609-622.  
Zhou Xiaohua, Zhang Yanjie, Liao Shengbing, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology of volcanic rocks in the Shuangqiaoshan Group at Anhui-Jiangxi boundary region and its geological implication [J]. Geological Journal of China Universities, 2012, 18(4): 609-622.

[17] 高林志, 黄志忠, 丁孝忠, 等. 赣西北新元古代修水组和马涧桥组 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质通报, 2012, 31(7): 1086-1093.  
Gao Linzhi, Huang Zhizhong, Ding Xiaozhong, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of Xiushui and Majianqiao Formations in northwestern Jiangxi Province[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(7): 1086-1093.

[18] 包超民. 浙西前震旦纪双层基底及其构造演化[J]. 安徽地质, 1994, 4(1-2): 70-72.  
Bao Chaomin. Pre-sinian double-layer basement and its tectonic evolution, west Zhejiang[J]. Geology of Anhui, 1994, 4(1-2): 70-72.

- [19] 吴荣新, 郑永飞, 吴元保. 皖南石耳山新元古代花岗岩锆石 U-Pb 定年以及元素和氧同位素地球化学研究[J]. 高校地质学报, 2005, 11(3): 364-382.  
Wu Rongxin, Zheng Yongfei, Wu Yuanbao. Zircon U-Pb age, element and oxygen isotope geochemistry of neoproterozoic granites at Shiershan in south Anhui Province[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 11(3): 364-382.
- [20] 唐红峰, 张光辉, 周新民, 等. 一个造山后花岗岩基: 石耳山花岗岩的形成时代和成因[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 1997, 33(4): 587-595.  
Tang Hongfeng, Zhang Guanghui, Zhou Xinmin, et al. A post-orogenic granite batholith: The age and genesis of Shiershan granite [J]. Journal of Nanjing University: Natural Sciences Edition, 1997, 33(4): 587-595.
- [21] Blank L P, Kamo S L, Williams I S, et al. The application of SHRIMP to phanerozoic geochronology: A critical appraisal of four zircon standards[J]. Chemical Geology, 2003, 200: 171-188.
- [22] Li X H, Li W X, Li Z X, et al. 850-790 Ma bimodal volcanic and intrusive rocks in northern Zhejiang, south China: A major episode of continental rift magmatism during the breakup of Rodinia[J]. Lithos, 2008, 102: 341-357.
- [23] 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.  
Huang Xiubao, She Zhongzhen, Zou Guoqing. Sedimentary features of the mesoproterozoic Shuangqiaoshan Group in northwestern Jiangxi[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(1): 43-49.
- [24] 高林志, 陈俊, 丁孝忠, 等. 湘东北岳阳地区冷家溪群和板溪群凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄—对武陵运动的制约[J]. 地质通报, 2011, 30(7): 1001-1008.  
Gao Linzhi, Chen Jun, Ding Xiaozhong, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the tuff bed of Lengjiaxi and Banxi Groups, northeastern Hunan: Constraints on the wuling movement[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(7): 1001-1008.
- [25] 卢成忠, 汪庆华, 顾明光. 杭州河上地区新元古代火山岩与侵入岩的岩浆同源性[J]. 高校地质学报, 2007, 13(4): 694-702.  
Lu Chengzhong, Wang Qinghua, Gu Mingguang. Magmatic consanguinity of neoproterozoic volcanic and intrusive rocks in Heshang area, Hangzhou region[J]. Geological Journal of China Universities, 2007, 13(4): 694-702.
- [26] 王剑. 华南新元古代裂谷盆地演化[M]. 北京: 地质出版社, 2000.  
Wang Jian. The evolution of the neoproterozoic rift basin in southern China[M]. Beijing: Geology Publishing House, 2000.
- [27] 高维, 张传恒. 长江三峡黄陵花岗岩与莲沱组凝灰岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其构造地层意义[J]. 地质通报, 2009, 28(1): 45-50.  
Gao Wei, Zhang Chuanheng. Zircon SHRIMP U-Pb age of the huangling granite and the tuff bed from Liantuo Formation in the three gorges area of Yangtze river, China and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(1): 45-50.

## LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the rhyolite from the Zhonglü Group, northwestern Zhejiang Province, and its chronostratigraphic significance

HAN Yao<sup>1</sup>, ZHANG Chuanheng<sup>1</sup>, JIANG Xianqiang<sup>2</sup>, YOU Guoqing<sup>3</sup>, LIU Zihui<sup>1</sup>

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China
2. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Chengdu 610041, China
3. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

**Abstract** The Zhonglü Group, outcropped in the northwestern part of Zhejiang Province, is a sequence of strongly-deformed, low-grade metamorphic clastic and volcanic rocks. It is overlaid unconformably by the Xiuning Formation, Nanhua period. Traditionally it is compared to the Shuangqiaoshan Group in the northeastern part of Jiangxi Province. This paper reports the LA-ICP-MS zircon U-Pb age of the rhyolite from the Zhonglü Group. The age of the Zhonglü Group is important to remodeling stratigraphic classification and correlation of Precambrian, and the mineralization geological background and conditions in the east part of South China are important as well. Sample A120408-4, collected from the north of Suzhuang fault, the middle-upper part of the Zhonglü Group, is massive rhyolite, which had been heavily foliated. Thirty-eight of the zircons were analyzed with LA-ICP-MS, and a weighed-mean U-Pb age of  $(777.1 \pm 3.6)$  Ma was obtained. Considering the stratum and metamorphic deformation characteristics, we draw the following conclusion: The main part of the Zhonglü Group is equivalent to the Shangshu Formation, Heshangzhen Group. Both of them belong to different facies of the same period, and they developed under the global tectonic background of Rodinia supercontinent cracking. The Zhonglü Group represents the cracking of the Yangtze ancient continent in the late neoproterozoic.

**Keywords** Zhonglü Group; Shangshu Formation; LA-ICP-MS; zircon U-Pb age; rhyolite; neoproterozoic

(责任编辑 吴晓丽)