

Evidences on Petrology, Lithogeochemistry and Zircon U-Pb Chronology: Volcanism Records in Neoproterozoic Shabahuang Formation in Southern Jiangxi

Yongzhong Zhang, Gaofeng Liu

Geological Survey of Jiangxi Province, Nanchang Jiangxi
E-mail: 1317781711@qq.com

Received: Mar. 1st, 2019; accepted: Mar. 15th, 2019; published: Mar. 22nd, 2019

Abstract

A set of stratoid or lenticular metamorphosed rhyolitic welded tuff was identified out in the regional geology survey of 1:50,000 Xianxiao Sheet, which was formed from continental fissure type volcanic eruption of late-orogenic and underwater crystallization on a marginal slope of neritic shelf. A 744 ± 5 Ma weighted mean age of isotopic age samples collected from the metamorphosed rhyolitic welded tuff, obtained by zircon (LA-ICPMS) U-Pb method dating, shows Shabahuang Formation was in Early Epoch of Nanhua Period, having changed the recognition that Shabahuang Formation was widely believed to be formed in Middle-Late Epoch of Nanhua Period.

Keywords

Shabahuang Formation, Zircon U-Pb Dating, Metamorphosed Rhyolitic Welded Tuff, Jiangxi Yudou

江西赣南新元古代沙坝黄组火山活动记录： 岩石学、岩石地球化学、锆石U-Pb年代学证据

张永忠, 刘高峰

江西省地质调查研究院, 江西 南昌
E-mail: 1317781711@qq.com

收稿日期: 2019年3月1日; 录用日期: 2019年3月15日; 发布日期: 2019年3月22日

摘要

1:5万仙下幅区域地质调查在江西于都县沙坝黄组底部发现一套似层状或透镜状的变流纹质熔结凝灰岩, 其为造山晚期陆相裂隙式火山喷发, 浅海陆棚边缘斜坡水下结晶形成。通过采集变流纹质熔结凝灰岩同位素年龄样, 采用锆石(LA-ICPMS) U-Pb定年法获得加权平均年龄值为 744 ± 5 Ma, 显示沙坝黄组地层形成时代为南华纪早世, 改变了以往普遍认为沙坝黄组地层形成时代为南华纪中-晚世的认识。

关键词

沙坝黄组, 锆石U-Pb定年, 变流纹质熔结凝灰岩, 江西于都

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

赣南地区位于华夏陆块西缘“古华南洋”内, 新元古代的火山-沉积地层较发育, 主要出露有上施组、库里组、沙坝黄组和坝里组。张芳荣等(2009)研究库里组和上施组浅变质岩系, 认为它们来源于古元代一中元代地层的岛弧环境再造, 形成于华夏陆块与扬子陆块俯冲碰撞的过程[1]。周博文等(2018)对赣南地区早南华世上施组钾质斑脱岩的年代学研究, 认为 774~756 Ma 间华夏内部还存在洋壳俯冲形成的火山弧岩浆活动, 认为扬子与华夏在早南华世还未发生碰撞[2]。此外, 国内近年来赣南周边地区的新元古代地层获得了一批高精度年代学数据, 在新元古代地层的划分中得到广泛应用[3]-[8]。但目前对于沙坝黄组的研究较为少见, 只局限于地层的划分和对比[9], 近年江西省地质调查研究院实施完成的 1:5 万仙下幅区域地质调查, 在沙坝黄组底部发现一套火山沉积地层, 为新元古代地层年代学研究提供了新资料。

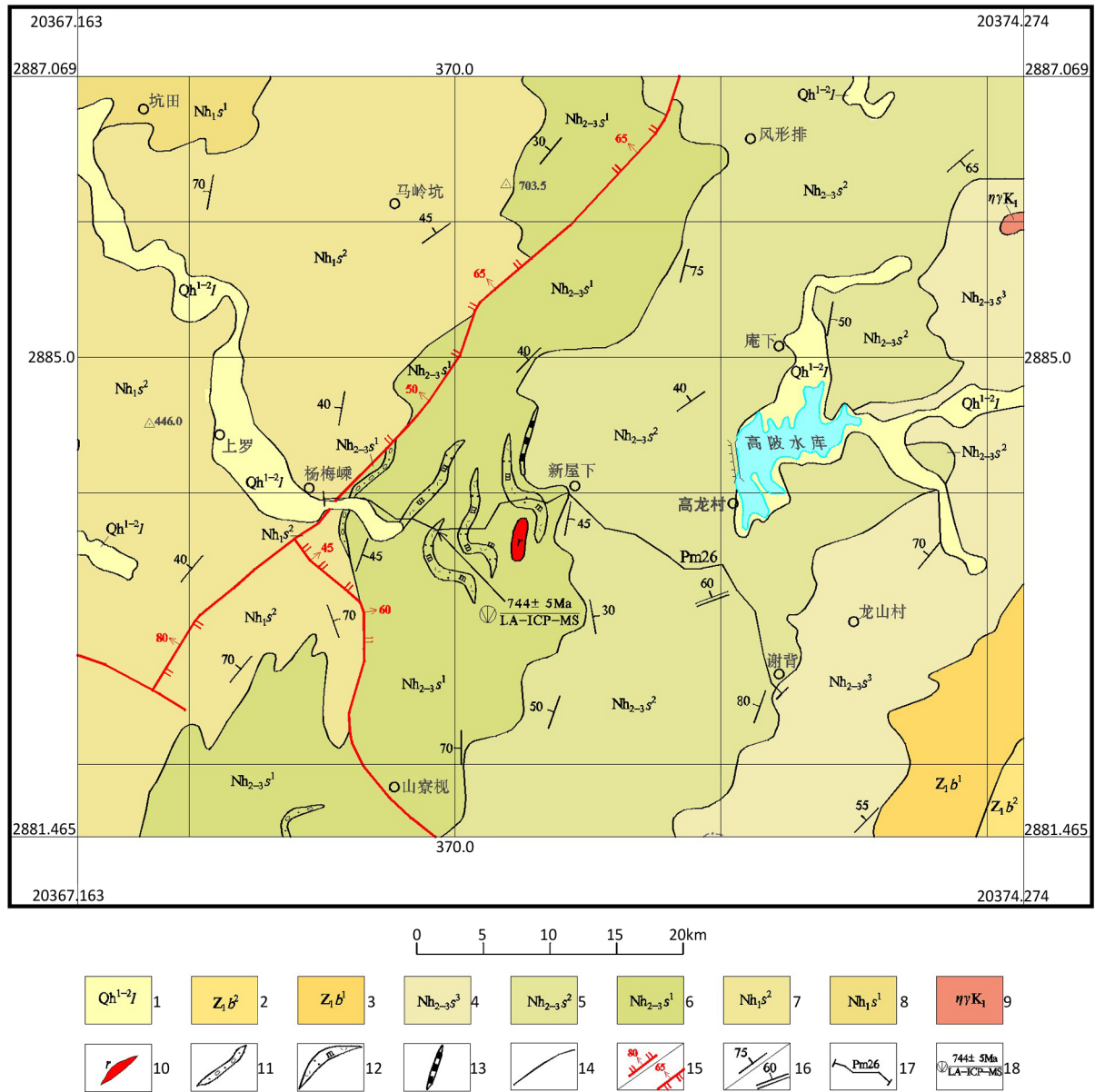
2. 地质背景及取样位置

沙坝黄组由江西区调队(1969)开展 1:20 万于都县幅调查时所创, 层型剖面岩性为黄绿、灰绿色含粒粗砂岩、石英砂砾岩组成, 为一套类复理石沉积建造, 具明显的浊流沉积特征, 厚度 1775.2 m。其与下伏上施组, 上覆坝里组均呈整合接触关系, 且其层位及岩性特征与赣中南地区沙坝黄组相当, 并且该组下、中、上段可分别与武功山地区的古家组、下坊组和大沙江组进行对比[10]。

于都沙坝黄组据其岩性组合、类标志层及沉积韵律等特征, 可将其进一步划分为上、中、下三段: 下段(Nh_{2-3s^1})岩性为灰绿、浅黄色中-厚层状变质岩屑杂砂岩、变质晶屑凝灰岩、变质含凝灰质砂岩夹浅灰、黄绿、灰绿色中-薄层状绢云板岩及浅灰、浅黄色中层状变质粉屑凝灰岩, 偶夹深灰、灰黑色薄层状含炭板岩, 厚度 927.3 m; 中段(Nh_{2-3s^2})岩性为黄绿、浅黄、灰绿色中-厚层状变质岩屑杂砂岩、变质杂砂岩、变质粉砂岩与浅绿、灰绿色薄层状绢云板岩、绢云千枚岩组成互层, 夹浅灰、浅黄色中-厚层状变质晶屑凝灰岩及变质含凝灰质砂岩等岩性, 偶夹薄层状含磁铁绢云千枚岩、灰黑色薄层状弱含炭绢云千枚岩, 局部见似层状(或透镜状)磁铁矿层, 厚度 968.1 m; 上段(Nh_{2-3s^3})岩性为黄绿、浅黄、深灰色中-巨厚层状变质中细粒岩屑杂砂岩、变质不等粒岩屑杂砂岩、变质绢云石英粉砂岩夹浅黄、浅绿、黄绿色中-薄层状绿泥绢云千枚岩、粉砂质绿泥绢云千枚岩、绢云板岩等岩性, 偶夹浅灰、灰白色中-厚层

状变质含凝灰质粉砂岩、变质粉屑凝灰岩等岩性, 厚度 856.14 m。

于都发现的流纹质熔结凝灰岩呈透镜状、似层状分布于南华纪沙坝黄组下段, 厚一般 0.1~2 m 不等, 走向延伸不稳定, 一般 200~300 m, 具分支尖灭现象。沙坝黄组下段区域上被中志留世鹅婆侵入体侵入, 其时代不晚于中志留世。本次流纹质熔结凝灰岩样品采集于江西省于都县宽田乡高龙村 Pm26 实测剖面上(图 1)。



1.第四系; 2.坝里组上段; 3.坝里组下段; 4.沙坝黄组上段; 5.沙坝黄组中段; 6.沙坝黄组下段; 7.上施组上段; 8.上施组下段; 9.早白垩世黑云二长花岗岩; 10.花岗岩脉; 11.透镜状变质复成份砾岩; 12.透镜状变质流纹质熔结凝灰岩; 13.透镜状磁铁矿层; 14.地质界线; 15.正断层/逆断层; 16.岩层面产状/片理产状; 17.实测剖面位置; 18.同位素测年采样位置、测试方法、同位素地质年龄值

Figure 1. Map of sampling location and regional geology

图 1. 区域地质及采样位置图

3. 岩石学特征

岩石呈紫褐色, 具熔结凝灰结构, 塑性玻屑、塑性岩屑定向排列, 使岩石显假流动构造。晶屑由斜

长石 40%、正长石 2%、石英 10%及暗色矿物 1%组成。长石、石英棱角状, 粒径 0.03~3 mm, 正长石具卡氏双晶, 稍泥化、弱碳酸盐化, 斜长石弱绢云母化。塑性玻屑 38%、塑性岩屑 5%、刚性岩屑 1%、刚性角砾 2%, 塑性玻屑长条形, 定向排列, 遇晶屑、角砾、岩屑具绕过现象。塑性岩屑长条形, 两端撕裂状, 长径 2~3.5 mm, 内部具斑状结构, 基质流动构造。副矿物有磁铁矿、锆石。

4. 锆石 U-Pb 年龄测定

4.1. 分析方法

锆石分选、岩石主元素、微量元素、稀土元素由国土资源部南昌矿产资源监督检测中心完成, 锆石制靶、显微图像摄影、U-Pb 同位素年龄由中国冶金地质总局山东局测试中心完成。锆石数据分析使用 ICAPO 电感耦合等离子体质谱仪(YQ108)和激光烧蚀 CompexPro ArFGelox (YQ108)仪器测定。使用美国国家标准技术研究院的人工合成硅酸盐玻璃标准物质 NIST610 进行仪器最佳化, 使用哈佛大学国际标准锆石 91,500 作为外标, 对剥蚀和传输以及离子化过程中的质量歧视效应和同位素分馏进行校正。数据处理使用 ICPMSDATA CAL 软件。详细的实验分析步骤和数据处理方法参见 Yuan *et al.* (2004) [11]。

4.2. 测定结果

本次工作采集流纹质熔结凝灰岩(PM26-3A)样品, 并借助 CL 图像分析对样品进行了 LA-ICP-MS 锆石定年分析, 共分析了 20 个点, 定年分析结果列于表 1。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 锆石年龄基本能代表其成岩时代, 因此本次工作选择 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄来代表火山岩的成形成龄。



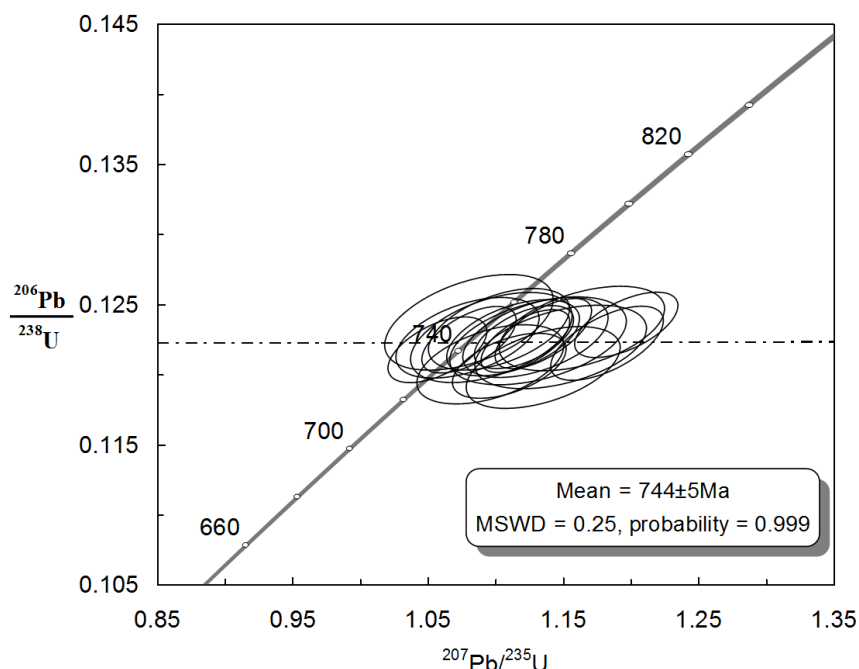
Figure 2. CL diagram of PM26-3A zircon
图 2. PM26-3A 锆石 CL 图

锆石的 CL 图像(图 2)显示, 所有锆石样品均具有明显的振荡环带, 属岩浆成因锆石。

在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上(图 3、图 4), 部分分析点存在铅丢失位于谐和线的右侧外, 大多数靠近谐和线, 其谐和年龄为 $744 \pm 5\text{Ma}$, $\text{MSWD} = 0.25$, $\text{probability} = 0.999$; 沙坝黄组流纹质熔结凝灰岩的形成时代归属为新元古代中晚世。

Table 1. LA-ICP-MS Zircon U-Pb method ages of the rhyolitic welded tuff**表 1.** 流纹质熔结凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测试结果

分析点	Th ($\times 10^{-6}$)	U ($\times 10^{-6}$)	Th/u	U-Th-Pb isotopic ratios						U-Pb ages (Ma)							
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ
PM26-3A-1	165.17	258.0	0.64	0.0634	0.0013	1.0777	0.0232	0.1227	0.0016	0.0379	0.0008	720	44	743	11	746	9
PM26-3A-2	150.60	195.3	0.77	0.0670	0.0014	1.1349	0.0236	0.1229	0.0016	0.0368	0.0008	839	44	770	11	747	9
PM26-3A-3	349.62	312.8	1.12	0.0695	0.0013	1.1818	0.0275	0.1222	0.0017	0.0403	0.0009	922	37	792	13	743	10
PM26-3A-4	108.27	100.9	1.07	0.0659	0.0019	1.1124	0.0325	0.1226	0.0018	0.0394	0.0010	1200	59	759	16	745	10
PM26-3A-5	620.09	329.6	1.88	0.0661	0.0011	1.1214	0.0218	0.1223	0.0015	0.0382	0.0007	809	42	764	10	744	8
PM26-3A-6	103.58	153.0	0.68	0.0631	0.0015	1.0564	0.0242	0.1217	0.0015	0.0381	0.0008	722	50	732	12	740	9
PM26-3A-7	60.98	75.6	0.81	0.0663	0.0022	1.0955	0.0360	0.1207	0.0019	0.0399	0.0011	817	70	751	17	734	11
PM26-3A-8	75.71	96.4	0.79	0.0692	0.0023	1.1345	0.0376	0.1205	0.0019	0.0393	0.0011	906	69	770	18	733	11
PM26-3A-9	130.94	169.5	0.77	0.0799	0.0029	1.3800	0.0644	0.1213	0.0021	0.0444	0.0015	1194	71	880	27	738	12
PM26-3A-10	60.77	61.5	0.99	0.0686	0.0025	1.1475	0.0419	0.1219	0.0020	0.0424	0.0013	887	75	776	20	741	11
PM26-3A-11	121.57	126.6	0.96	0.0652	0.0019	1.1018	0.0345	0.1232	0.0019	0.0407	0.0011	789	61	754	17	749	11
PM26-3A-12	237.38	213.7	1.11	0.0703	0.0015	1.1932	0.0252	0.1232	0.0015	0.0423	0.0009	939	43	797	12	749	9
PM26-3A-13	106.32	99.6	1.07	0.0678	0.0026	1.1313	0.0432	0.1223	0.0021	0.0369	0.0013	865	80	768	21	744	12
PM26-3A-14	267.24	247.2	1.08	0.0665	0.0015	1.1204	0.0244	0.1226	0.0015	0.0413	0.0008	820	46	763	12	746	9
PM26-3A-15	44.04	66.6	0.66	0.0657	0.0023	1.0964	0.0395	0.1226	0.0021	0.0392	0.0011	794	79	752	19	746	12
PM26-3A-16	188.71	224.6	0.84	0.0665	0.0015	1.1096	0.0276	0.1206	0.0015	0.0389	0.0009	833	49	758	13	734	9
PM26-3A-17	61.49	83.7	0.73	0.0676	0.0022	1.1289	0.0356	0.1226	0.0019	0.0417	0.0011	857	69	767	17	746	11
PM26-3A-18	82.94	89.1	0.93	0.0640	0.0020	1.0784	0.0350	0.1226	0.0019	0.0377	0.0010	743	66	743	17	745	11
PM26-3A-19	93.20	81.9	1.14	0.0639	0.0024	1.0796	0.0413	0.1237	0.0023	0.0407	0.0011	739	78	743	20	752	13
PM26-3A-20	94.42	104.0	0.91	0.0685	0.0022	1.1635	0.0404	0.1232	0.0020	0.0398	0.0011	883	69	784	19	749	12

**Figure 3.** Harmonic ratio diagram of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ to $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ of zircon U-Pb in the rhyolitic welded tuff (PM26-3A)**图 3.** 流纹质熔结凝灰岩锆石 U-Pb $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和比值图 (PM26-3A)

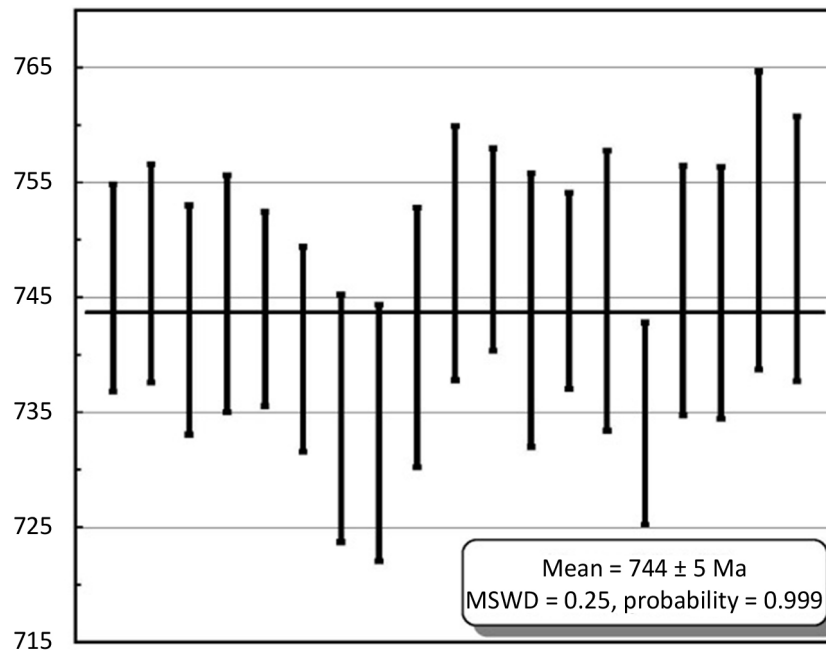


Figure 4. Weighted mean age of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ and $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ of zircon U-Pb in the rhyolitic welded tuff (PM26-3A)

图 4. 流纹质熔结凝灰岩锆石 U-Pb $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 与 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的加权平均年龄(PM26-3A)

5. 岩石地球化学特征

5.1. 主量元素特征

流纹质熔结凝灰岩主量元素及特征参数含量见(表 2), SiO_2 含量变化于 67.82%~72.94%, 平均为 70.43%, 属酸性岩类; 具有较低的 K_2O 为 2.83%~4.26%, 平均为 3.37%及较高全碱(为 6.98%~8.0%, 平均为 7.63%); 较高含量的 CaO (为 0.95%~2.07%, 平均为 1.46%)、 FeO_T (为 2.15%~3.54%, 平均为 2.92%)、 MgO (为 0.6%~1.38%, 平均为 0.91%)、 TiO_2 (为 0.31%~0.46%, 平均为 0.39%)和 P_2O_5 (为 0.06%~0.12%, 平均为 0.08%)。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值变化于 0.56~1.14, 平均为 0.82。流纹质熔结凝灰岩显示岩浆富 Si、贫 K、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 1$ (钠质成分相对较高), 属酸性岩具水下沉积特点。

Table 2. Contents and characteristic parameters of major elements in the rhyolitic welded tuff (Mass Fraction $W(\text{B})/10^{-2}$)
表 2. 流纹质熔结凝灰岩主量元素及特征参数表($W(\text{B})/10^{-2}$)

样品编号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI	total
Pm26-1a	72.94	0.31	14.02	1.06	1.09	0.066	0.60	0.95	5.08	2.83	0.056	0.85	99.852
Pm26-2a	70.54	0.40	14.96	2.29	0.78	0.066	0.74	1.36	3.97	3.01	0.056	1.75	99.922
Pm26-3a	67.82	0.46	15.11	1.66	1.88	0.058	1.38	2.07	3.74	4.26	0.12	1.23	99.788
	(CIPW)标准矿物计算										特征参数		
样品编号	Q	An	Ab	Or	C	Di	Hy	Ilm	Mt	Ap	δ	DI	SI
Pm26-1a	29.75	4.39	43.42	16.89	1.02		2.25	0.59	1.55	0.13	2.08	77.56	5.63
Pm26-2a	32.31	6.5	34.24	18.13	2.89		2.71	0.77	2.3	0.13	1.75	73.05	6.9
Pm26-3a	23.29	9.62	32.11	25.54	0.88		4.94	0.89	2.44	0.28	2.55	65.02	10.68

按 CIPW 标准矿物(Normative mineral)计算法, ($Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$)属铝过饱和类型, 里特曼组合指数($\delta = 1.75 \sim 2.55$) < 4 , 分类属钙碱性岩类, CIPW 标准矿物中见刚玉分子($C = 0.88 \sim 2.89$), 钙长石($An = 4.39 \sim 9.62$); 辉石族(Di)矿物未见, 石英($Q = 23.29 \sim 32.31$)、正长石($Or = 16.89 \sim 25.5$)含量较低, 岩石分异指数 $DI = 65.02 \sim 77.56$ (较低), 固结指数 $SI = 5.63 \sim 10.68$, 总体上显示出岩石酸性程度及分异程度较低、固结程度较高的特点。

5.2. 微量元素特征

流纹质熔结凝灰岩微量元素含量见(表 3)。

与维氏值比较, 样品具有较高的的大离子亲石元素 Ba ($972 \times 10^{-6} \sim 1100 \times 10^{-6}$), 平均 1016.33×10^{-6} 、Zr($242 \times 10^{-6} \sim 303 \times 10^{-6}$), 平均 260.33×10^{-6} 、Hf($6.9 \times 10^{-6} \sim 7.92 \times 10^{-6}$), 平均 7.33×10^{-6} 、均高于维氏值 1~7 倍; 过渡金属元素 V、Co、Ni 与维氏值比较含量也稍低。

Table 3. Contents of trace elements in the pyroclastic rocks of the rhyolitic welded tuff working area (Mass Fraction $W(B)/10^{-6}$)

表 3. 流纹质熔结凝灰岩工作区火山碎屑岩微量元素含量表(质量分数 $W(B)/10^{-6}$)

样品编号	分析项目													
	Ba	Co	Ga	Hf	Ni	Nb	U	Rb	Sr	Th	Ta	V	Zr	Cs
Pm26-1a	977	3.16	18.7	7.92	4.26	17.6	1.58	83.2	101	10.4	1.31	22.2	303	3.06
Pm26-2a	972	5.14	17.6	7.17	3.88	15.2	2.81	116	236	9.82	1.15	43.0	236	4.70
Pm26-3a	1100	6.44	18.9	6.90	5.63	16.4	1.76	166	244	12.1	1.18	47.2	242	5.28
酸性岩维氏值[12]	830	5	20	1	8	20	3.5	200	300	18	3.5	40	200	5
样品编号	Nb/Ta		Zr/Hf		Rb/Nb		Sr/Y		Ba/Rb		Rb/Sr		Rb/Cs	
Pm26-1a	13.44		38.26		4.73		4.11		11.74		0.82		27.19	
Pm26-2a	13.22		32.91		7.63		11.92		8.38		0.49		24.68	
Pm26-3a	13.90		35.07		10.12		10.21		6.63		0.68		31.44	

V 为 $22.2 \times 10^{-6} \sim 43 \times 10^{-6}$ 、Co 为 $3.16 \times 10^{-6} \sim 6.44 \times 10^{-6}$ 、Ni 为 $3.88 \times 10^{-6} \sim 5.63 \times 10^{-6}$, 均低于上部地壳含量(Wedepohl, 1995)。这些特征表明流纹质熔结凝灰岩火山质岩浆主要与上地壳物质有关。在不相容元素对原始地幔(Sun and McDonough, 1989)蛛网图上(图 5), 样品的配分曲线相似, 呈锯齿状均向右倾斜, 明显富集大离子亲石元素 Ba、Zr、Hf。与相邻元素相比, 样品强烈亏损 K、Sr、Ti, 表明岩石具有陆相喷发水下结晶的特征。

5.3. 稀土元素特征

流纹质熔结凝灰岩稀土元素及特征参数含量见(表 4)。流纹质熔结凝灰岩稀土元素及特征参数含量变化不大, 具有高含量的 ΣREE , 变化于 $181.63 \times 10^{-6} \sim 239.78 \times 10^{-6}$, 平均为 212.45×10^{-6} ; $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 变化于 $11.29 \times 10^{-6} \sim 11.53 \times 10^{-6}$, 轻稀土富集较为明显; $(La/Yb)_N$ 变化于 17.38~20.10, 轻、重稀土分馏较明显; $(Gd/Yb)_N$ 变化于 2.82~3.05, 重稀土略有分馏。所有样品的 $(La/Sm)_N$ 含量相似, 变化于 4.35~5.01, 平均为 4.59, 轻稀土具有较明显分馏, 稀土配分曲线总体相似(图 6), 为右倾斜显示轻稀土富集; 重稀土元素较平缓, 分馏较明显, Eu 中等亏损。在 Rb-Y+Nb 图解中, 样品投影点均落入后碰撞花岗岩区(图 7), 显示流纹质熔结凝灰岩形成构造背景为造山晚期。

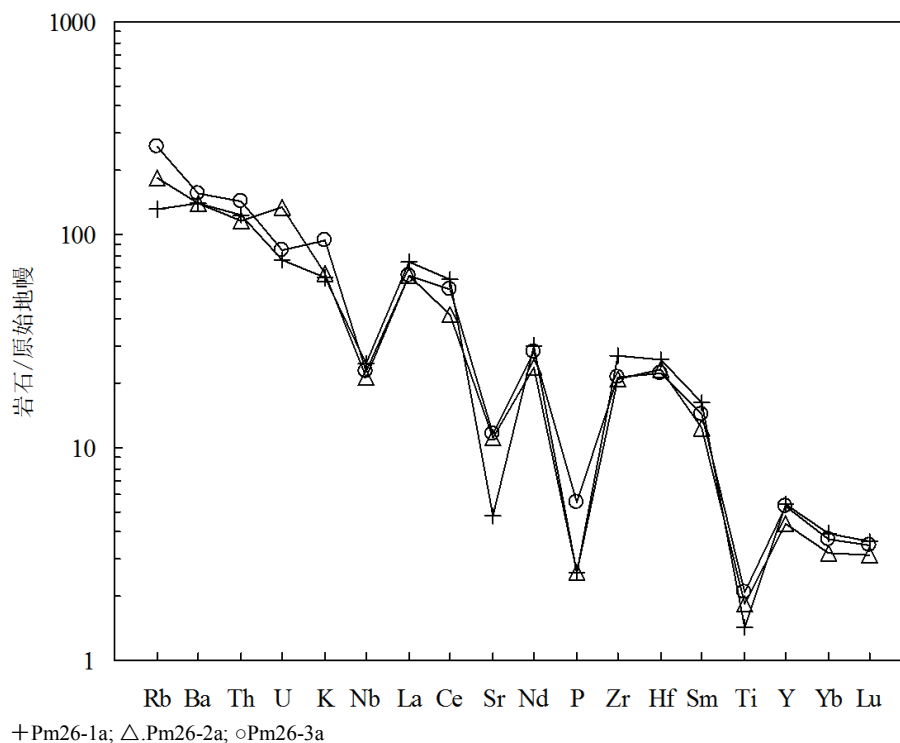


Figure 5. Spider diagram of incompatible elements in the rhyolitic welded tuff (the data of primitive mantle from Sun and McDonough, 1989 [13])

图 5. 流纹质熔结凝灰岩不相容元素蛛网图(原始地幔数据据 Sun and McDonough, 1989 [13])

Table 4. Contents and characteristic parameters of REE in the rhyolitic welded tuff (Mass Fraction $W(B)/10^{-6}$)
表 4. 流纹质熔结凝灰岩稀土元素含量及特征参数表(质量分数 $W(B)/10^{-6}$)

样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Pm26-1a	50.6	110	10.9	41.0	7.22	0.93	7.34	1.02	4.70	1.0	2.54	0.32	1.94	0.27
Pm26-2a	44.0	75.1	8.99	32.2	5.52	1.04	5.49	0.77	3.64	0.78	2.04	0.26	1.57	0.23
Pm26-3a	44.1	99.1	10.1	37.8	6.37	1.09	6.43	0.86	4.24	0.92	2.50	0.35	1.82	0.26
样品编号	Σ REE	LREE	HREE	LREE/HREE		La_N/Yb_N		La_N/Sm_N		Gd_N/Yb_N		δEu		
Pm26-1a	239.78	220.65	19.13	11.53		18.71		4.41		3.05		0.39		
Pm26-2a	181.63	166.85	14.78	11.29		20.10		5.01		2.82		0.57		
Pm26-3a	215.94	198.56	17.38	11.42		17.38		4.35		2.85		0.52		

6. 结论

1) 流纹质熔结凝灰岩形成构造背景为造山晚期, 属基底褶皱造山晚期由岩墙扩张引起的裂隙式火山活动的产物。

2) 变流纹质熔结凝灰岩为陆相火山岩, 它的存在说明当时在地层沉积的同时, 伴随有强烈的陆相火山喷发作用, 且离火山口距离较近, 沙坝黄组泥砂质碎屑岩具有含铁、锰和含炭, 并夹有硅质岩和磁铁

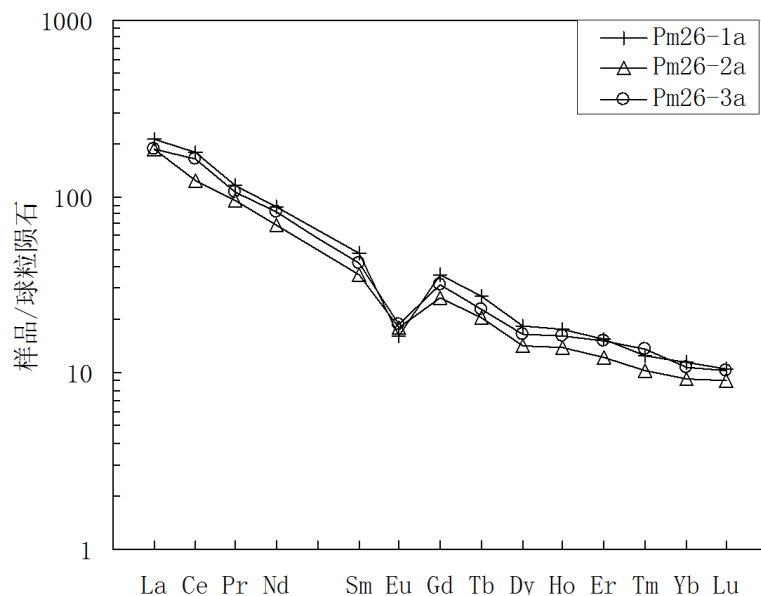


Figure 6. REE distribution patterns of the rhyolitic welded tuff (the data of primitive mantle from Sun and McDonough, 1989)

图 6. 流纹质熔结凝灰岩稀土配分模式图(原始地幔数据据 Sun and McDonough, 1989)

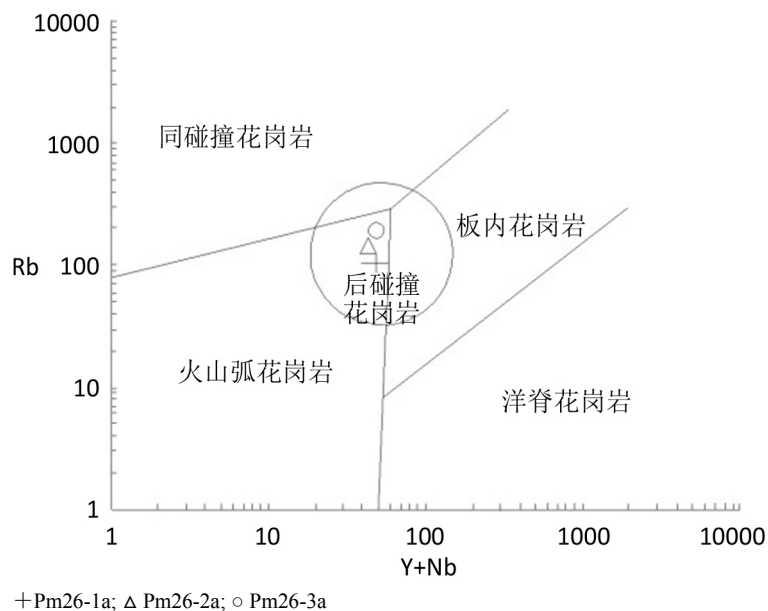


Figure 7. Rb-Y+Nb diagram of the rhyolitic welded tuff (after Pearce, 1996 [14])

图 7. 流纹质熔结凝灰岩 Rb-Y+Nb 图解(底图据 Pearce, 1996 [14])

矿层的特征, 因此当时沉积环境属于浅海陆棚边缘斜坡相。

3) 本次于都沙坝黄组底部变流纹质熔结凝灰岩获得锆石(LA-ICPMS) U-Pb 定年 744 ± 5 Ma 加权平均年龄值, 表明沙坝黄组地层形成时代进入南华纪早世。

基金项目

国家地质大调查项目: 江西 1:5 万仙下、于都县、梓山幅区域地质矿产调查项目(项目编号: 121201140)

24401)。

参考文献

- [1] 张芳荣, 吴富江, 黄新曙. 赣中南新元古代潭头群变质沉积岩物源及构造背景[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2009, 32(2): 134-140.
- [2] 周博文, 曾国丰, 徐文坦, 等. 赣南地区早南华世钾质斑脱岩的发现及其大地构造意义[J]. 地质学报, 2018, 42(1): 95-107.
- [3] 李献华, 兰中伍. 新元古代—寒武纪高精度同位素地质年代学[J]. 科技创新导报, 2016(23): 183-186.
- [4] 霍海龙, 张达, 吴淦国, 等. 赣东北景德镇双桥山群火山碎屑凝灰岩锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素特征[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2018(1): 103-110.
- [5] 王涛, 王宗起, 王东升, 等. 江西武功山地区老虎塘组碎屑锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素: 沉积时代厘定及其源区特征[J]. 地球学报, 2018, 39(2): 167-178.
- [6] 孙建东, 张雪辉, 吕劲松, 等. 江西金山矿田罗家墩金矿地球化学、锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 矿产勘查, 2018, 9(3): 293-304.
- [7] 高林志, 丁孝忠, 庞维华, 等. 中国中一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): 1-7.
- [8] 杨明桂, 刘亚光, 黄志忠, 等. 江西中新元古代地层的划分及其与邻区对比[J]. 中国地质, 2012, 39(1): 43-53.
- [9] 张建梅, 吴富江, 王迪文, 等. 西武夷山地区变质地层的划分与构造环境研究[C]. 华东地区地质调查项目成果集(2006-2010).
- [10] 江西省地质矿产厅. 江西省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [11] Yuan, H.L., Gao, S., Liu, X.M., *et al.* (2004) Accurate U-Pb Age and Traceelement Determinations of Zircon by Laser Ablation-Inductively Coupledplasma Mass Spectrometry. *Geoanalytical and Geostandard Research*, **28**, 353-370. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2004.tb00755.x>
- [12] Wedepohl, K.H. (1995) The Composition of the Continental Crust. *Geochim et Cosmochim Acta*, **59**, 1217-1232. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00038-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00038-2)
- [13] Sun, S.S. and McDonough, W.F. (1989) Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. *Geological Society of London Special Publications*, **42**, 313-345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- [14] Pearce, J.A. (1996) Sources and Setting of Granitic Rocks. *Episodes*, **19**, 120-125.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org