

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2019.02.002

引用格式:赵先超,孙明明,吴礼彬,等. 安徽南部溪口岩群流纹岩地球化学特征及成因[J]. 华东地质, 2019, 40(2): 91-98.

安徽南部溪口岩群流纹岩地球化学特征及成因

赵先超,孙明明,吴礼彬,王利民

(安徽省地质调查院,合肥 230001)

摘要: 溪口岩群流纹岩出露于安徽南部休宁一带,位于扬子地块东南部、江南造山带东段。通过研究溪口岩群流纹岩岩相学、主量、微量及稀土元素特征,探讨流纹岩的成因及其形成的构造环境。主量元素地球化学特征表明:该流纹岩高硅,高钠低钾,高铝,低 MgO 、 CaO 、 TiO_2 和 MnO ,属于钙碱性系列过铝质流纹岩。微量及稀土元素地球化学特征表明:该流纹岩富集大离子亲石元素 K 和 Rb , Ba 、 Sr 、 Sm 和 Ce 相对亏损,高场强元素 U 明显富集, Nb 、 P 、 Zr 和 Hf 相对亏损, Ti 明显亏损。稀土元素总量 ΣREE 为 $(25.11 \sim 54.51) \times 10^{-6}$,轻稀土元素相对富集,重稀土元素相对亏损,轻、重稀土元素分异明显,球粒陨石标准化稀土元素配分曲线明显右倾, Eu 负异常明显。安徽南部溪口岩群流纹岩是洋壳局部重融的产物,形成于与同碰撞有关的火山弧构造环境。

关键词: 溪口岩群;流纹岩;地球化学特征;岩石成因;构造环境;皖南

中图分类号: P588.14⁺1

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2019)02-091-08

溪口岩群是在安徽休宁县溪口镇创名的,是江南造山带东段基底的重要组成部分,分布于皖赣祁公山一带,为一套以陆源细碎屑岩为主、含少量火山物质的浅变质强变形构造地层体。前人对溪口岩群做了大量研究,基本理清了各岩组的叠置顺序及岩石组合特征^[1]。溪口岩群浅变质碎屑岩建造及赋存于其中的枕状玄武岩锆石 $U-Pb$ 年代学研究表明,溪口岩群形成于新元古代青白口纪晚期^[2-5]。关于溪口岩群物质来源及沉积环境的认识一直存在争议,马荣生^[6]认为溪口岩群形成的构造环境为弧后边缘盆地,是具有双重物源(火山弧和稳定陆块)的碎屑沉积;张彦杰等^[3]认为溪口岩群形成于大陆边缘拉张构造环境;廖圣兵等^[7]认为溪口岩群构造环境应为陆缘弧后盆地褶皱带;徐生发等^[8]认为溪口岩群主要来源于以长英质为主的火山弧和大陆上地壳,沉积环境为弧后盆地。溪口岩群流纹岩的发现,对于研究障公山隆起带构造演化具有重要意义。本次野外调查,在休宁溪口镇南部源头和板桥一带,发现流纹岩沿溪口岩群浅变质岩片理面出

露,局部被断层破坏。通过详实的野外地质调查和剖面测量,对流纹岩的岩石学和地球化学特征进行研究,探讨流纹岩成因及形成的构造环境。

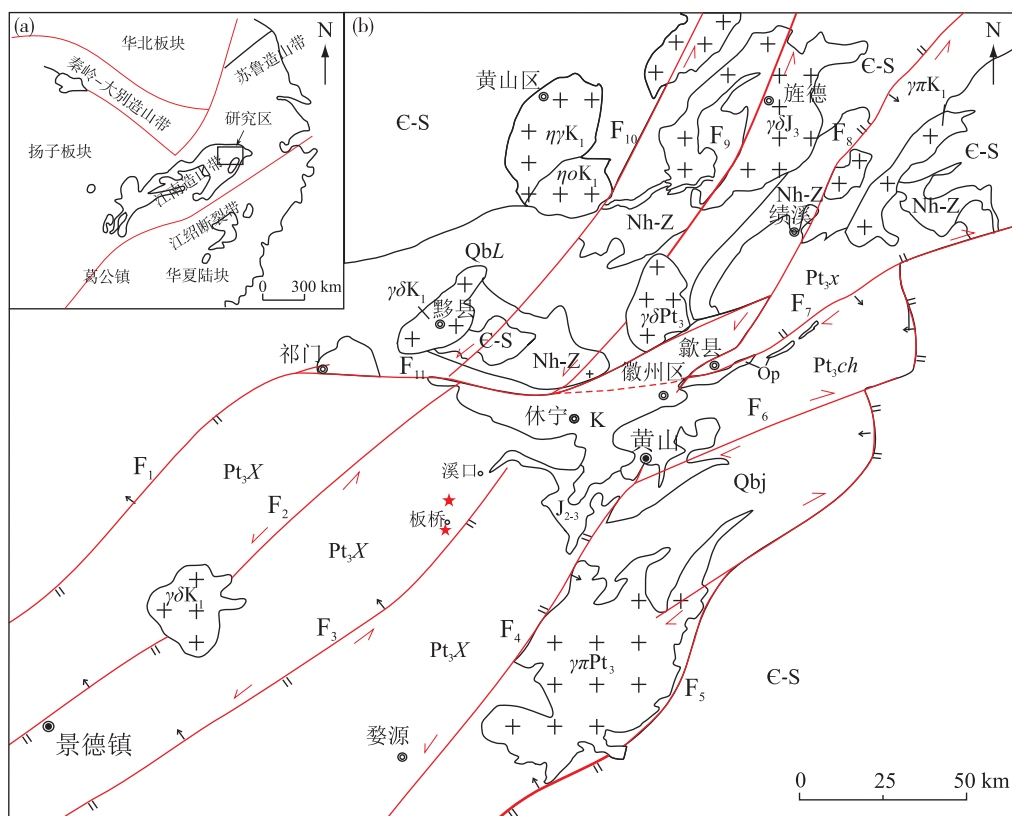
1 区域地质背景

研究区位于扬子地块东南部,江南造山带东段(图1)。新元古代浅变质岩系广泛出露,分为青白口纪和南华纪2个构造层。青白口纪构造层由新元古代浅变质火山-沉积岩、蛇绿混杂岩和S型花岗闪长岩组成,以伏川蛇绿混杂岩带为界,东区歙县岩群是一套浅变质细碧-角斑岩建造(西村岩组 Pt_3x)和强烈韧性剪切的浅变质富火山物质的碎屑岩(昌前岩组 Pt_3ch),西区溪口岩群(Pt_3X)^[9]是一套浅变质碎屑岩建造。南华纪构造层由北侧历口群(QbL)和南侧昱岭关岩群井潭组(Qbj)^[10]火山-沉积岩及同期具有A型花岗岩特征的正长花岗斑岩组成。盖层以南华纪一早志留世地层为主,晚古生代地层分别覆盖在震旦纪—寒武纪褶皱层和前震

* 收稿日期:2018-05-30 修订日期:2018-07-07 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“安徽祁门—休宁地区金多金属矿调查(编号:12120114057201)”项目资助。

第一作者简介:赵先超,1982年生,男,高级工程师,主要从事区域成矿规律与成矿预测工作。



Pt₃X. 溪口岩群; QbL. 历口岩群; Pt₃ch. 昌前岩组; Pt₃x. 西村岩组; Qbj. 井潭组; C-S. 寒武系—志留系; Nh-Z. 南华系—震旦系; J₂₋₃. 中上侏罗统; K. 白垩系; γδPt₃. 晋宁期花岗闪长岩; γπPt₃. 晋宁期花岗斑岩; γπK₁. 燕山期花岗斑岩; γδJ₃. γδK₁. 燕山期花岗闪长岩; γγK₁. 燕山期二长花岗岩; ηoK₁. 燕山期石英二长岩; Op. 蛇绿岩; ★. 采样位置; F₁. 蛟潭—祁门断裂; F₂. 瑶里断裂; F₃. 漳前断裂; F₄. 江湾—五城断裂; F₅. 白际—街口断裂; F₆. 森村—五阳断裂; F₇. 歙县—三阳断裂; F₈. 宁国—绩溪断裂; F₉. 旌德断裂; F₁₀. 汤口断裂; F₁₁. 祁门—潜口断裂

图1 研究区构造位置(a)及地质简图(b)^[9]

Fig. 1 Map showing tectonic location(a) and geological sketch(b) of the study area^[9]

且纪浅变质岩系之上; 石炭纪—早三叠世地层零星出露, 不整合在新元古代浅变质岩系之上。岩浆岩主要有晋宁期休宁、歙县和许村花岗闪长岩体或花岗(斑)岩体, 燕山期鹅湖、旌德、太平花岗闪长岩体和黄山、伏岭花岗(斑)岩体及小岩株。

研究区构造较发育, 以祁门—歙县断裂带为界, 北部为成层有序的弱变形地层, 构造主要为向北倒转的紧密—开阔褶皱; 南部为歙县岩群和溪口岩群, 以强烈剪切和紧密同斜褶皱为主, 形成近EW—NEE向韧性剪切的千枚理和轴面劈理。江湾—五城断裂带以东的白际岭构造带为强烈剪切的总体无序、局部有序地层, 早期韧性剪切形成的千枚理呈NE向展布, 受中生代逆冲推覆构造叠加改造后呈NEE向展布。南华系一下志留统盖层以宽缓褶皱为主; 中生代逆冲推覆、滑脱及走滑作用

强烈, 早期构造形迹受NNE向、NE向和NEE向断层叠加改造, 形成复杂的构造格局^[9]。

2 岩石学特征

溪口岩群流纹岩片理化较强, 与围岩接触界线清楚(图2(a)、(b)), 野外露头呈灰白—浅肉红色, 具变余斑状结构, 块状构造、流纹构造(图2(c))。斑晶含量约5%~10%, 以斜长石、钾长石和石英为主。斜长石为灰白色, 半自形-自形板状, 偶见聚片双晶及环边结构, 粒径1~3.5 mm; 钾长石为肉红色, 半自形-自形板状, 粒径1~2 mm; 石英为灰白色, 他形粒状, 粒径约0.5 mm, 早期石英定向变形, 部分石英具有动态重结晶, 呈定向条带排列, 表面有绢云母, 且被后期重结晶石英条带错开, 可见拖

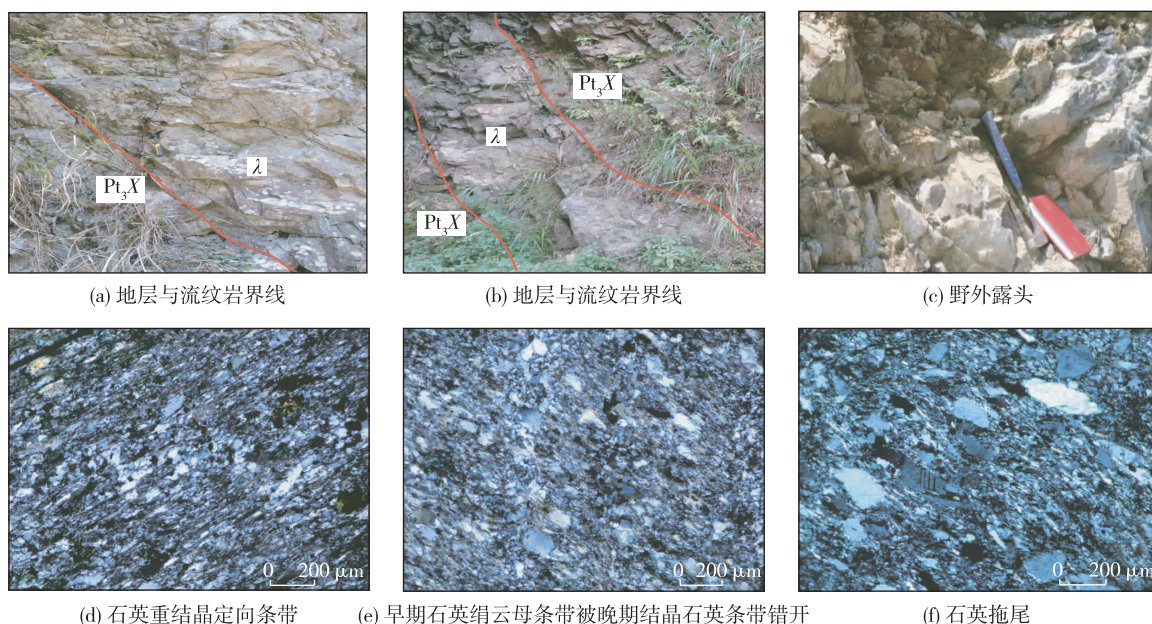


图2 源头溪口岩群流纹岩野外露头及显微照片

Fig. 2 Outcrop photographs and microphotographs of the Xikou Group rhyolites in the Yuantou area

尾(图2(d)、(e)、(f))。基质为隐晶质,由斜长石、钾长石、石英和暗色矿物组成,含微量锆石、磷灰石和磁铁矿等副矿物。此外,见少量细小黑云母,但已发生绿泥石化。岩石普遍碎裂成块,具强片理化,见硅化、褐铁矿化和黄铁矿化。

3 地球化学特征

3.1 样品采集与分析测试

样品采于休宁县源头村及附近溪口岩群的基岩露头中。样品新鲜,避开接触带、蚀变带和断裂破碎带,每个分析样品均 >2 kg。

在国土资源部合肥矿产资源监督检查中心实验室完成样品测试工作,主量元素采用碱熔玻璃片法(XRF)分析,测试误差 $<2\%$;微量元素采用等离子体质谱法(ICP-MS)测试,测定精度优于 5% ,详细测试方法见参考文献[11]。

3.2 主量元素地球化学特征

溪口岩群流纹岩主量元素分析结果及特征参数见表1。流纹岩 SiO_2 含量为 $74.49\%\sim 76.08\%$,平均含量为 75.20% ; Al_2O_3 含量为 $13.72\%\sim 15.18\%$,平均含量为 14.29% ; Na_2O 含量为 $2.95\%\sim 7.07\%$,平均含量为 4.63% ; K_2O 含量为 $0.35\%\sim 4.91\%$,平均含量为 2.89% ,具有富铝高

钠低钾的特征。 K 、 Na 含量变化总体较稳定,说明后期岩石蚀变较弱; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 $5.83\%\sim 8.48\%$,平均值为 7.53% ,为富碱岩石; $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 为 $0.60\sim 20.20$,大部分样品 Na_2O 含量大于 K_2O 含量,属钠质型; TiO_2 含量为 $0.06\%\sim 0.10\%$,平均含量为 0.07% ; Fe_2O_3 含量为 $0.42\%\sim 1.13\%$,平均含量为 0.70% ; MgO 含量为 $0.10\%\sim 0.26\%$,平均含量为 0.19% ; CaO 含量为 $0.26\%\sim 0.57\%$,平均含量为 0.48% ,与流纹岩 Mg 、 Fe 、 Ca 组分较低的规律一致,说明岩浆可能经历了强烈的结晶分异作用。

该套火山岩 TiO_2 含量低,暗示火山岩经历一定程度的分离结晶作用,钛铁氧化物分离结晶,造成岩石 TiO_2 含量偏低^[12]。流纹岩里特曼指数 σ 为 $1.03\sim 2.27$,平均值为 1.78 ,属于钙碱性岩石; A/CNK 为 $1.56\sim 2.35$,大部分为 $1.56\sim 1.85$,属过铝质岩石;分异指数 DI 为 $90.65\sim 95.61$,说明岩浆分离结晶作用强烈;固结指数 SI 为 $0.96\sim 2.70$,说明岩浆具有壳源岩浆的特点^[12]。

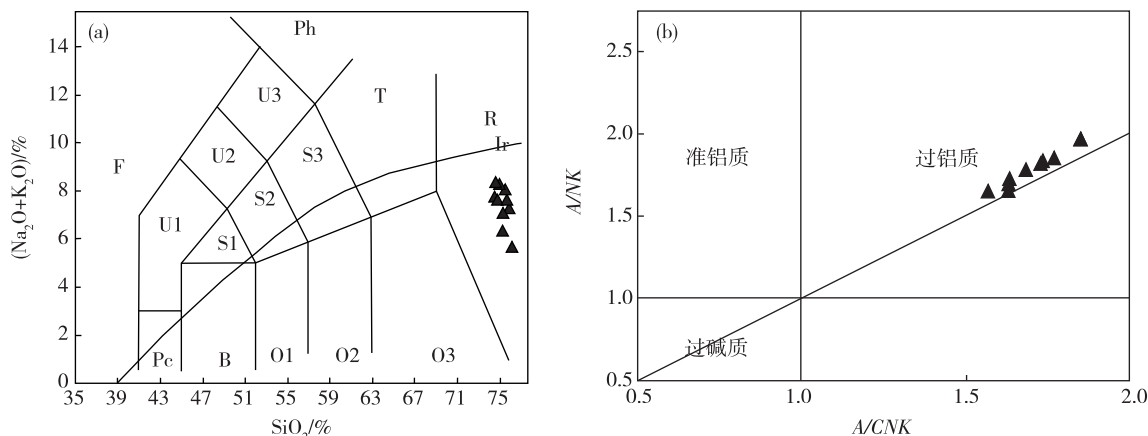
在火山岩TAS分类图解(图3(a))中,样品均落在流纹岩区,且均位于 Ir 线以下,表明岩石为亚碱性系列岩石;在 $A/\text{CNK}-A/\text{NK}$ 图解(图3(b))中,样品均落在过铝质区。因此,该套火山岩应属于亚碱性系列过铝质流纹岩。

表 1 溪口岩群流纹岩主量元素分析结果及特征参数

Table 1 Major element contents and characteristic parameters of rhyolites in the Xikou Group

样品编号	元素含量/%														特征参数			
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TF _{e2} O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	LOI	总量	σ	A/CNK	DI	SI
BT-GS5	74.63	0.060	14.19	1.13	0.68	0.030	0.10	0.26	4.05	4.43	0.20	0.010	0.36	100.13	2.27	1.62	94.33	0.96
D455-GS1	75.53	0.079	14.14	0.42	0.36	0.017	0.18	0.56	6.83	1.29	0.25	0.025	0.28	99.96	2.02	1.63	95.61	2.00
D455-GS2	74.85	0.088	14.01	0.58	0.39	0.015	0.26	0.57	4.88	3.51	0.25	0.050	0.39	99.84	2.21	1.56	94.41	2.66
D455-GS3	74.65	0.091	14.24	1.02	0.41	0.021	0.23	0.49	3.32	4.45	0.23	0.150	0.41	99.71	1.90	1.72	92.03	2.49
D455-GS4	75.80	0.056	13.72	0.73	0.54	0.023	0.19	0.53	7.07	0.35	0.25	0.225	0.37	99.85	1.68	1.73	94.30	2.09
D455-GS5	75.56	0.100	13.93	0.63	0.30	0.013	0.22	0.55	6.31	1.44	0.22	0.075	0.45	99.80	1.84	1.68	94.67	2.48
D809-GS1	75.35	0.081	14.27	0.63	0.57	0.037	0.18	0.53	3.80	3.40	0.28	0.038	0.49	99.66	1.60	1.85	92.27	2.12
D809-GS2	74.49	0.059	14.67	0.61	0.52	0.028	0.17	0.45	2.95	4.91	0.27	0.038	0.52	99.69	1.96	1.77	92.48	1.86
D809-GS3	76.08	0.058	14.57	0.65	0.47	0.034	0.19	0.36	3.12	2.71	0.25	0.025	0.68	99.20	1.03	2.35	90.65	2.70
D809-GS4	75.05	0.057	15.18	0.55	0.43	0.028	0.18	0.53	4.01	2.44	0.28	0.025	0.82	99.58	1.29	2.17	90.99	2.33

注:测试单位为国土资源部合肥矿产资源监督检测中心;LOI 为烧失量; $\sigma = (K_2O + Na_2O)^2 / (SiO_2 - 43)$; $A/CNK = Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$; $DI = Q + Or + Ab + Ne + Lc + Kp$; $SI = 100 \times MgO / ((MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O) \times 0.9)$ 。



F. 副长岩; U1. 碱玄岩 ($Ol < 10\%$), 碧玄岩 ($Ol > 10\%$); U2. 响岩质碱玄岩; U3. 碱玄质响岩; Ph. 响岩; S1. 粗面玄武岩; S2. 玄武粗安岩; S3. 粗安岩; T. 粗面岩 ($q < 20\%$), 粗面英安岩 ($q > 20\%$); Pc. 苦橄玄武岩; B. 玄武岩; O1. 玄武安山岩; O2. 安山岩; O3. 英安岩; R. 流纹岩; Ir. Irvine 分界线; 上方为碱性, 下方为亚碱性

图 3 溪口岩群流纹岩 TAS 分类图解^[13] (a) 和 A/CNK-A/NK 图解^[14] (b)

Fig. 3 TAS diagram (a) and A/CNK-A/NK diagram (b) of rhyolites in the Xikou Group

3.3 微量元素地球化学特征

溪口岩群流纹岩微量元素和稀土元素分析结果及特征参数见表 2。

流纹岩大离子亲石元素 Rb 相对富集, Ba、Sr、Sm 和 Ce 相对亏损。高场强元素中, 除 U 明显富集外, Nb、P、Zr 和 Hf 相对亏损, Ti 亏损明显, P、Ti 的亏损暗示存在磷灰石和钛铁矿的结晶分离作用^[15], 具有类似岛弧火山岩的特征。原始地幔标准化微量元素蛛网图(图 4(a))显示, 曲线总体右倾, 具有相同的岩浆源区。以上微量元素地球化学特征反映源区可能为岛弧火山岩。

3.4 稀土元素地球化学特征

由表 2 可知, 溪口岩群流纹岩的稀土元素总量 ΣREE 为 $(25.11 \sim 54.51) \times 10^{-6}$, 其平均值为 36.34×10^{-6} 。轻稀土元素略富集, 重稀土元素略亏损, 轻、重稀土元素分异明显, LREE/HREE 为 $2.59 \sim 5.52$, 平均值为 3.96 ; $(La/Yb)_N$ 为 $2.61 \sim 7.37$, 平均值为 4.88 , 反映源区岩浆分异程度较高^[17], 与岛弧钙碱性火山岩 $(La/Yb)_N$ 值相似。 δEu 为 $0.2 \sim 0.62$, 平均值为 0.43 , 具明显的 Eu 负异常, 反映岩浆存在斜长石的分离结晶作用^[18], 或源岩部分熔融过程中存在斜长石残留。在球粒陨

石标准化稀土元素配分曲线图(图 4(b))上,各样品曲线具有较好的一致性,曲线为右倾的 V 型,表明

该流纹岩具有相同的岩浆演化源区,同时具有明显的弧火山岩地球化学特征。

表 2 溪口岩群流纹岩微量元素和稀土元素分析结果及特征参数

Table 2 Trace and rare earth elements contents and characteristic parameters of rhyolites in the Xikou Group

样品编号	元素含量/ 10^{-6}																	
	Ti	Cr	Ni	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
BT-GS5	360	1.0	1.20	276.0	144.5	10.00	55.0	17.3	190.0	6.80	14.70	1.99	7.10	2.33	0.16	2.51	0.43	2.24
D455-GS1	474	1.0	2.39	263.0	164.3	9.77	77.4	11.5	363.5	5.46	12.14	1.60	6.78	1.99	0.31	1.83	0.42	2.52
D455-GS2	528	1.1	2.98	111.6	151.3	10.10	120.0	14.8	405.4	6.61	15.23	1.95	8.23	2.36	0.31	2.19	0.46	2.61
D455-GS3	546	1.6	2.04	324.9	230.4	9.99	65.0	10.4	319.8	7.39	17.64	2.25	9.29	2.54	0.31	2.35	0.48	2.67
D455-GS4	336	1.0	5.64	75.0	184.6	8.67	55.8	9.1	60.1	4.79	11.18	1.37	5.71	1.71	0.19	1.58	0.37	2.15
D455-GS5	600	1.2	4.45	255.0	145.0	10.84	90.6	9.6	422.6	8.81	20.89	2.55	10.66	2.79	0.46	2.60	0.51	2.90
D809-GS1	486	1.3	2.85	474.3	105.0	11.16	61.1	12.0	424.1	4.74	10.89	1.30	5.37	1.76	0.26	1.69	0.42	2.72
D809-GS2	354	1.0	2.59	480.8	254.6	10.49	88.5	14.1	605.1	3.32	7.70	1.02	4.18	1.57	0.32	1.55	0.42	2.67
D809-GS3	348	0.9	2.55	469.6	92.8	10.61	49.9	11.0	191.9	3.98	7.19	1.31	5.46	1.83	0.24	1.70	0.45	2.72
D809-GS4	342	0.6	3.32	396.8	60.2	10.96	92.6	11.8	157.9	4.84	8.91	1.31	5.31	1.73	0.28	1.67	0.43	2.68

样品编号	元素含量/ 10^{-6}													特征参数			
	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U	Σ REE	LREE	HREE	LREE/HREE	$(La/Yb)_N$	La/Yb	δEu	δCe
BT-GS5	0.35	0.81	0.11	0.68	0.09	2.50	4.50	8.08	12.50	39.60	32.38	7.22	4.48	6.96	10.00	0.20	0.95
D455-GS1	0.36	0.77	0.15	0.86	0.11	2.96	2.37	2.19	6.83	35.29	28.28	7.02	4.03	4.58	6.35	0.49	1.00
D455-GS2	0.38	0.79	0.15	0.82	0.11	3.98	3.15	3.23	9.00	42.18	34.67	7.50	4.62	5.77	8.06	0.41	1.03
D455-GS3	0.37	0.80	0.15	0.83	0.10	2.48	0.99	6.95	8.65	47.18	39.43	7.76	5.08	6.39	8.90	0.39	1.05
D455-GS4	0.03	0.66	0.14	0.74	0.09	2.34	1.03	1.88	5.51	30.98	24.94	6.04	4.13	4.63	6.47	0.34	1.06
D455-GS5	0.39	0.84	0.15	0.86	0.11	3.18	0.85	2.93	6.25	54.51	46.15	8.36	5.52	7.37	10.24	0.51	1.07
D809-GS1	0.39	0.86	0.16	0.95	0.12	2.57	1.32	4.09	8.05	31.62	24.32	7.31	3.33	3.58	4.99	0.46	1.06
D809-GS2	0.38	0.81	0.16	0.91	0.11	3.42	2.98	4.37	9.23	25.11	18.1	7.00	2.59	2.61	3.65	0.62	1.02
D809-GS3	0.40	0.88	0.16	0.92	0.12	2.08	1.50	4.37	7.69	27.37	20.02	7.35	2.72	3.11	4.33	0.40	0.77
D809-GS4	0.38	0.83	0.16	0.92	0.12	3.26	2.51	4.42	8.12	29.57	22.39	7.18	3.12	3.79	5.26	0.50	0.85

注:测试单位为国土资源部合肥矿产资源监督检查中心实验室。 $\delta Eu = Eu_N / (Sm_N \times Gd_N)$; $\delta Ce = Ce_N / (La_N \times Pr_N)$ 。

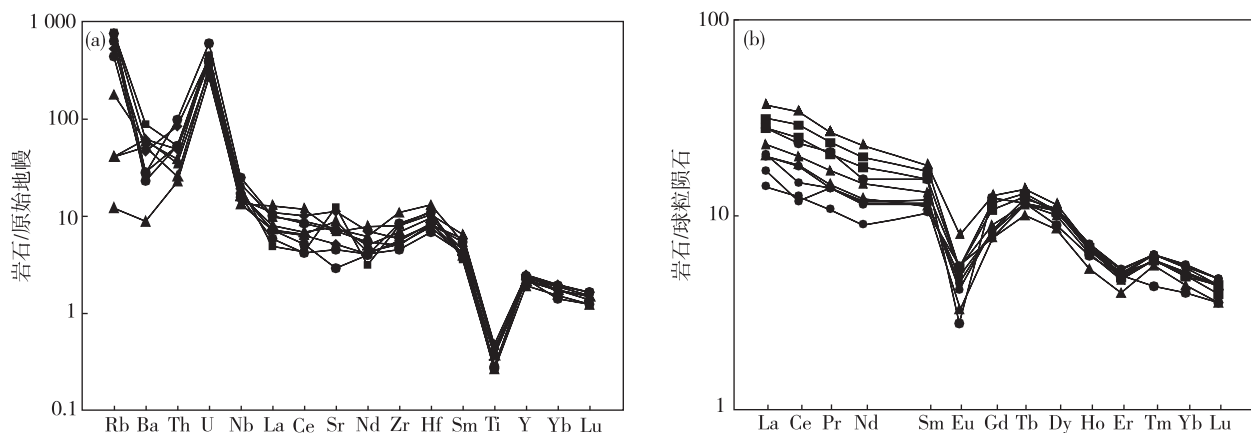


图 4 溪口岩群流纹岩原始地幔标准化微量元素蛛网图(a)和球粒陨石标准化稀土元素配分曲线图(b)(底图据文献[16])
Fig. 4 Primitive mantle-normalized trace elements spider diagram (a) and chondrite-normalized REE distribution patterns (b) of rhyolites in the Xikou Group

4 讨论

4.1 岩石成因

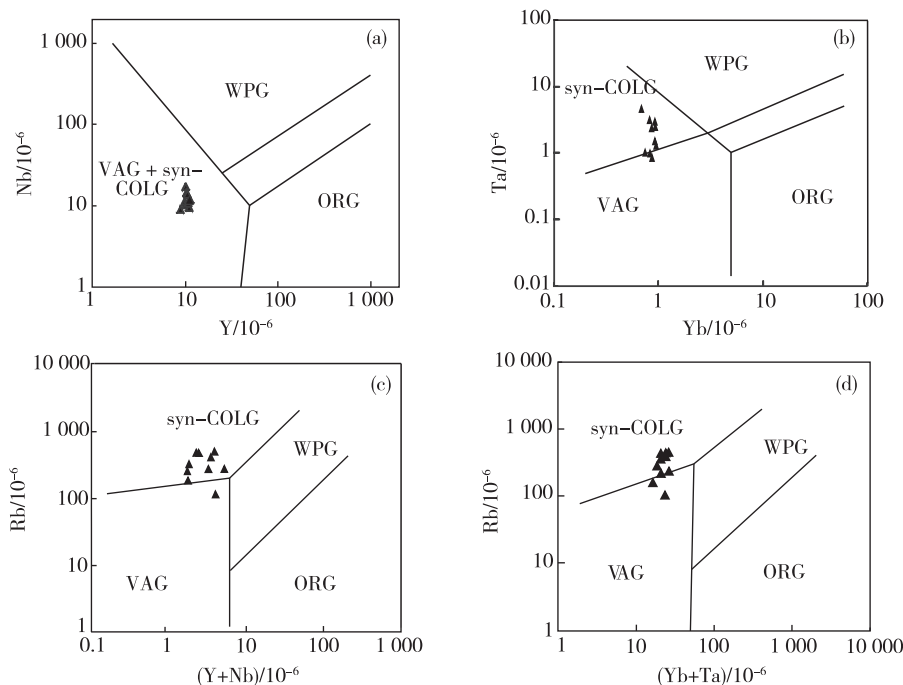
火山弧岩浆主要由受洋壳及其沉积物在俯冲过程中形成的流体或熔体交代上覆地幔楔部分熔融形成的^[19-20]。刘寿和等^[21]认为,火山弧岩浆具有正常分离结晶作用形成的钙碱性岩系的岩浆演化趋势。与溪口岩群流纹岩对应的井潭组变质火山岩时代为新元古代,是在华南洋壳由东南向北西俯冲到扬子地块之下时,由于洋壳重融并受陆壳混染而形成的一套岛弧型钙碱性火山岩。

溪口岩群流纹岩富硅偏碱,贫 Mg、Fe 和 Ca, 分离指数为 90.65~95.61,具有正常分离结晶作用下形成钙碱性岩石系列的演化趋势。流纹岩 Ti/Y 为 31.2~51.65,均 <100 ;Ti/Zr 为 3.69~8.40,Ti/Zr 均 <10 ,表明流纹岩为典型壳源岩浆系列^[22]。流纹岩强烈亏损 Eu,原生岩浆在上升过程中,经历了显著的结晶分异作用^[23]。从地幔到上地壳,洋脊玄武岩的 Rb/Nb 平均值为 0.36,下地壳的 Rb/Nb 平均值为 0.88,上地壳的 Rb/Nb 平均值为 4.5^[24]。溪口岩群流纹岩 Rb/Nb 平均值为 11.8,证明溪口岩群流纹岩源区为壳源。流纹岩 Cr 含量为 $(0.6\sim$

$1.3)\times 10^{-6}$,平均值为 1.1×10^{-6} ;Ni 含量为 $(1.2\sim 5.64)\times 10^{-6}$,平均值为 3.0×10^{-6} ,岩浆源区可能没有或只有少量幔源物质混入^[25]。 $(La/Yb)_N$ 为 2.61~7.73,平均值为 4.88,反映源区地壳成熟度较低。稀土元素配分曲线为右倾 V 型,表明该流纹岩属于轻稀土相对富集型的钙碱性系列岩石。综上,溪口岩群流纹岩应为洋壳局部重融的产物。

4.2 构造环境

溪口岩群流纹岩低 Y、Nb 和 Yb,说明其类似于火山弧和同碰撞花岗岩,而非板内花岗岩或洋脊花岗岩(图 5(a)、(b))。同碰撞花岗岩 $A/CNK > 1.15$ ^[14],流纹岩 $A/CNK > 1.15$,推测为同碰撞花岗岩。在 Rb-(Y+Nb)图(图 5(c))和 Rb-(Yb+Ta)图(图 5(d))中,多数流纹岩落在同碰撞花岗岩和火山弧花岗岩范围内。流纹岩 Ta、Ti 和 P 呈明显亏损, Al_2O_3 含量较高,与岩浆源区受古俯冲带流体的交代有关,可能形成于岛弧构造环境。Zr、Nb、Y、Ta 和 Hf 均属于抗蚀变元素,在蚀变和变质作用中具有良好的稳定性,可指示源区性质。溪口岩群流纹岩 Ta/Yb 值和 Th/Yb 值相对较低,而 Th/Ta 值和 Ba/Nb 值相对较高,显示其具有岛弧火山岩的地球化学特征。



VAG. 火山弧花岗岩; syn-COLG. 同碰撞花岗岩; WPG. 板内花岗岩; ORG. 洋脊花岗岩

图 5 溪口岩群流纹岩构造环境判别图解^[27]

Fig. 5 Tectonic discrimination diagrams for rhyolites in the Xikou Group

薛怀民等^[26]推测溪口岩群形成的构造环境应为火山弧—弧后盆地;中国地质调查局南京地质调查中心^[2]和张彦杰等^[3]认为,赣东北与溪口岩群对应的双桥山群主体为火山弧构造沉积环境下的建造组合,含多层岛弧钙碱性中基性和中酸性火山岩系。综上,溪口岩群流纹岩与火山弧更具亲缘性,形成于与同碰撞有关的火山弧构造环境。

5 结 论

(1)溪口岩群流纹岩高硅、高钠、低钾、高铝、贫Mg、Fe和Ca,具壳源岩浆特征,属于亚碱性系列过铝质流纹岩。

(2)溪口岩群流纹岩大离子亲石元素Rb相对富集,Ba、Sr、Sm和Ce相对亏损;高场强元素除U明显富集外,Nb、P、Zr和Hf相对亏损,Ti明显亏损;稀土元素总量较低,LREE富集、HREE亏损、轻重稀土元素分馏明显,具明显Eu负异常,具明显的弧火山岩地球化学特征。

(3)溪口岩群流纹岩是洋壳局部重融的产物,形成于与同碰撞有关的火山弧构造环境。

参考文献

- [1] 安徽省地质矿产勘查局 332 地质队. 1:20 万祁门幅区域地质调查报告[R]. 黄山:安徽省地质矿产勘查局 332 地质队, 1971.
- [2] 中国地质调查局南京地质调查中心. 1:5 万虹关幅、平里幅、江潭幅、瑶里幅区域地质调查报告[R]. 南京:中国地质调查局南京地质调查中心, 2009.
- [3] 张彦杰, 周效华, 廖圣兵, 等. 皖赣相邻祁公山地区新元古代地壳组成及造山过程[J]. 地质学报, 2010, 84(10): 1401-1427.
- [4] 张彦杰, 周效华, 廖圣兵, 等. 江南造山带北缘祁源基性岩地质—地球化学特征及成因机制[J]. 高校地质学报, 2011, 17(3): 393-405.
- [5] 高林志, 张传恒, 刘鹏举, 等. 华北—江南地区中、新元古代地层格架的再认识[J]. 地球学报, 2009, 30(4): 433-446.
- [6] 马荣生. 皖南前南华纪岩石地层[J]. 资源调查与环境, 2002, 23(2): 94-106.
- [7] 廖圣兵, 张彦杰, 周效华, 等. 皖赣相邻地区溪口岩群沉积序列及沉积环境分析[J]. 矿产与地质, 2014, 28(6): 660-667.
- [8] 徐生发, 朱强, 胡召齐. 皖南新元古代溪口岩群岩石地球化学特征及其构造意义[J]. 安徽地质, 2017, 27(1): 1-6.
- [9] 江来利, 胡召齐, 朱强, 等. 皖浙赣相邻区晚中生代多期构造变形特征及其动力学背景[J]. 地学前缘, 2016, 23(4): 137-147.
- [10] 安徽省地质矿产勘查局, 安徽省地质调查院. 安徽省区域地质志[R]. 2014.
- [11] 李献华, 刘颖, 涂湘林, 等. 硅酸盐岩石化学组成的 ICP-AES 和 ICP-MS 准确测定: 酸溶与碱熔分解样品方法的对比[J]. 地球化学, 2002, 31(3): 289-294.
- [12] WILSON M. Igneous petrogenesis[M]. London: Unwin Hyman Press, 1989: 295-323.
- [13] LEBAS N J, LEMAITRE R W, STRECKEISEN A, et al. Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram[J]. Journal of Petrology, 1986, 27(3): 745-750.
- [14] MANIAR P D, PICCOLI P M. Tectonic discrimination of granitoids [J]. Geological Society of America Bulletin, 1989, 101(5): 635-643.
- [15] 邱军强, 彭智, 陈芳, 等. 北淮阳东段杨家湾岩体地球化学特征、锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 华东地质, 2016, 37(2): 89-96.
- [16] LIU Y J, CAO L M, LI Z L, et al. Element geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 1984: 50-372.
- [17] 熊兴国, 岳龙, 徐安全, 等. 西藏羌塘达尔应强过铝花岗岩地球化学特征及地球动力学意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(4): 40-46.
- [18] SUN S S, McDONOUGH W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes[J]. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42(1): 313-345.
- [19] SAJONA F G, MAURY R C, BELLON H, et al. Initiation of subduction and the generation of slab melts in western and eastern Mindanao, Philippines [J]. Geology, 1993, 21(11): 1007-1010.
- [20] ELIER J M, CRAWFORD A, ELLIOTT T, et al. Oxygen isotope geochemistry of oceanic arc lavas[J]. Journal of Petrology, 2000, 41(2): 229-256.
- [21] 刘寿和, 夏邦栋. 皖南晚元古代火山岩及其构造背景[J]. 南京大学学报, 1990(1): 43-52.
- [22] 林强, 葛文春, 曹林, 等. 大兴安岭中生代双峰式火山岩的地球化学特征[J]. 地球化学, 2003, 32(3): 208-222.
- [23] 刘俊杰, 鞠文信, 赵九峰, 等. 大兴安岭根河岩区晚侏罗世火山岩特征及构造环境探讨[J]. 华南地质与矿产, 2006, 22(1): 38-46.
- [24] HILDRETH W, MOORBATH S. Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of central Chile[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1988, 98

- (4):455-489.
- [25] 邓晋福.岩石相平衡与岩石成因[M].武汉:武汉地质学院出版社,1987:58-67.
- [26] 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.
- [27] PEARCE J A, HARRIS N B W, TINDLE A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. *Journal of Petrology*, 1984, 25(4):956-983.

Geochemical characteristics and petrogenesis of rhyolites of the Xikou Group in South Anhui Province

ZHAO Xian-chao, SUN Ming-ming, WU Li-bin, WANG Li-min

(*Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China*)

Abstract: Rhyolites of the Xikou Group are tectonically located at the southeastern part of the Yangtze Plate and the eastern Jiangnan Orogen, with outcrop mainly in the Xiuning area, South Anhui Province. This study investigated the petrogenesis and tectonic setting of Xikou Group rhyolites through petrographic and geochemical analysis. Geochemical characteristics of major elements indicate that the rhyolites are characterized by high SiO_2 , high Na and low K, high Al_2O_3 , low MgO, low CaO, low TiO_2 , and low MnO, suggesting a typical calc-alkaline series with peraluminous features. Geochemical characteristics of trace elements show that rhyolites are enrichment of large-ion lithophile elements K and Rb, relative depletion of Ba, Sr, Sm and Ce; obvious enrichment of high field strength element U, relatively depletion of Nb, P, Zr and Hf, obviously depletion of Ti. The total REE content is $(25.11 \sim 54.51) \times 10^{-6}$, with slightly enriched LREE, relatively depleted HREE and significant LREE-HREE differentiation. Chondrite-normalized REE distribution patterns show obviously right-dipping and distinct Eu negative anomaly. The above study suggests that the Xikou Group rhyolites in South Anhui were product of partial melting of the oceanic crust and formed in a volcanic arc tectonic environment related to syncollision.

Key words: Xikou Group; rhyolite; geochemical characteristics; petrogenesis; tectonic setting; South Anhui Province