

安徽小溪河群变质火山岩初探

杨学忠

(安徽省地矿局313队)

提 要 根据岩石化学特征分析,利用多种图解,对小溪河群中下部的变质火山岩进行原岩性质判别和岩石类型的确定,认为碱性变质火山熔岩的原岩为碱性玄武岩,中性和酸性变质火山熔岩的原岩分别为角斑岩和石英角斑岩;小溪河群变质火山岩系应属于岛弧型火山岩。

安徽省大别山北坡,北秦岭褶皱带的东部,出露一套中深带变质岩系,称小溪河群。它与佛子岭群呈假整合接触,与大别山群为构造接触。小溪河群的时代,因目前仅有少量微古化石和同位素年龄资料,对于它的时代尚不能做最后的定论,现暂定为上古生界。小溪河群划分见表1。变质火山岩主要产于该群的中下部。分布于霍山县的小溪河、舒城县的黄沙冲等地(图1)。

表 1 小溪河群地层划分简表

Table 1. Summary of the Stratigraphic Division of the Xiaoxihe Group

界	地 层 名 称	厚度(m)	主 要 岩 性
上 古 生 界	佛子岭群 祥 云 寨 组	49—486	石英岩、云母石英片岩。
	小 溪 河 群 仙 人 冲 组	133	大理岩、白云质大理岩。
	陈 家 庄 组	727	含白云钾长片麻岩夹少量黑云片岩。
	王 家 院 组	1795	(含)云母钾长、二长、斜长片麻岩夹多层斜长角闪岩。
下 元 古 界	大别山群	约10000	黑云斜长片麻岩夹二长片麻岩、斜长角闪岩, 混合岩化较强。

1974年,安徽省区调队在六安、岳西幅区测报告中,首先提出小溪河群发现变质凝灰岩,但没有列出具体实际资料。嗣后,也有人对该群变质火山岩做了一些研究工作。笔者近几年对佛子岭群、小溪河群进行工作时,同时也对变质火山岩进行了野外观察,搜集了一些有关变质火山岩方面的资料,现将初步研究成果予以介绍。

对变质火山岩的研究,无论在地质普查找矿、基础地质研究或对这一地区大地构造的认识都是很有意义的。特别是本区目前正在大力开展金矿普查,为寻找与绿岩型有关的金矿、与细碧角斑岩及凝灰岩有关的黄铁矿-铜-金矿床及铅-锌-金矿床提供了一定的地质前提。

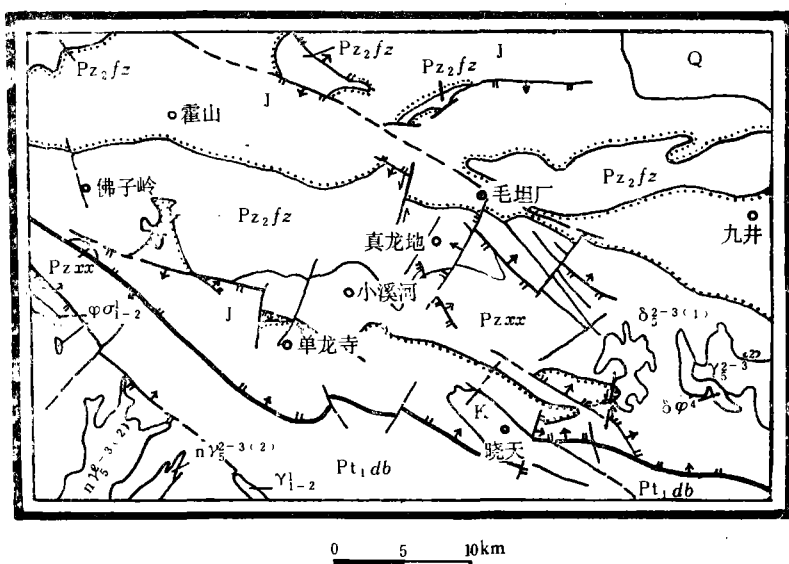


图1 安徽省霍山县一带地质略图

Fig.1. Sketch geological map of Huoshan county, Anhui province.

Q 第四系	Pzxx 小溪河群	$\delta_s^{2-3(1)}$ 燕山期闪长岩
K 白垩系	Pt1db 大别群	$\delta\varphi_4$ 海西期斜长角闪岩
J 侏罗系	$\gamma_s^{2-3(1)}$ 燕山期花岗岩	γ_{1-2}^1 五台—吕梁期辉长岩
Pz2fz 佛子岭群	$n\gamma_s^{2-3(2)}$ 燕山期二长花岗岩	$\varphi\sigma_{1-2}^1$ 五台—吕梁期辉橄岩

一、变质火山岩的岩石学特征

小溪河群由一套变质的碱性玄武岩—角斑岩—石英角斑岩系和一部分副变质的片麻岩、片岩系所组成。火山岩中包括有熔岩、次火山岩、火山碎屑岩、沉火山碎屑岩类。其中以碱性玄武岩、基性凝灰岩为主，其次为角斑岩及石英角斑岩。可划分出两个大的火山喷发旋回，从基性火山岩→中性火山岩→酸性火山岩。第一旋回比较完整，第二旋回缺失中性火山岩。火山岩系经区域变质后已变成各类片麻岩、片岩及斜长角闪岩。根据变质基性火山岩的矿物共生组合，其变质相应属于特纳（1966年）的角闪岩相及绿片岩—角闪岩相（即绿帘角闪岩相）。

二、变质火山岩的岩石化学特征及原岩恢复

变质原岩的恢复需借助于岩石化学特征方面的研究。将18个变质火山岩化学分析数据，经过岩石化学计算后，进行尼格里四面体投影（图2）、周世泰k-A相关图解（图4）及西蒙南的（al+fm）—（c+alk）—si图解（图3）。结果，投影点在前两个图解上均落在火成岩区；在后一个图解上，除个别点因SiO₂或MgO含量较高，使投影点偏离火山岩区外，其余均落入火山岩区。

（一）岩石类型的确定

1. 把变质火山岩化学分析结果与国内外标准火山岩化学成份进行对比后（表1）可以

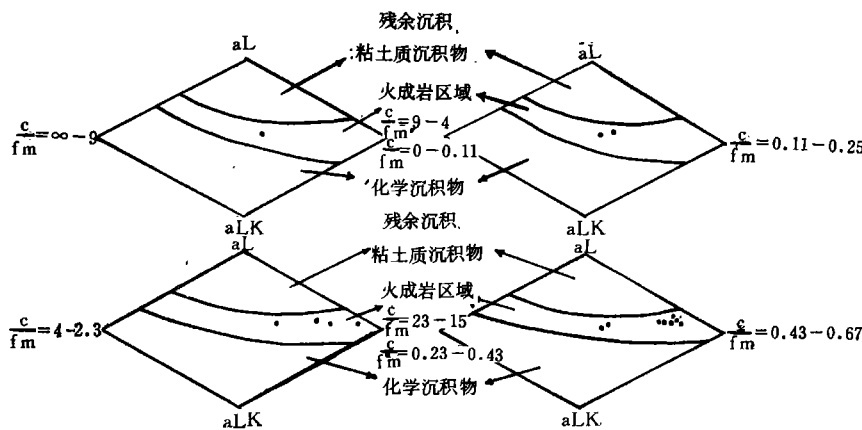
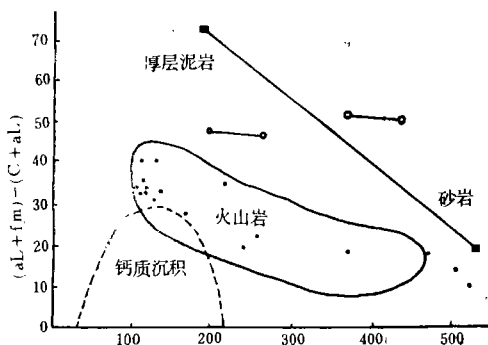
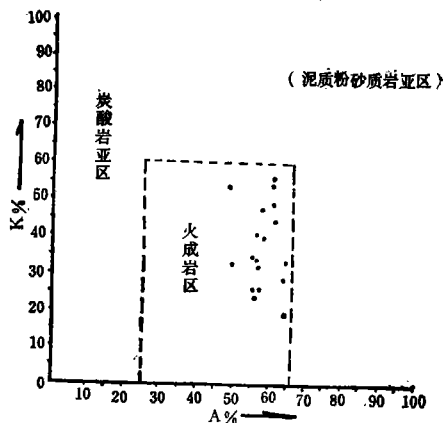


图2 尼格里四面体图解

Fig. 2. Niggli's tetrahedral diagram.

图3 不同成因类型岩石化学成份分区中
(al+fm)-(c+alk)-si 的分布图解Fig. 3. Diagram showing the distribution of
(al+fm)-(c+alk)-si in the fields
of chemical composition of
different genetic types of rocks.

沉积岩区

图4 判别正副变质岩的K-A相关图解
(周世泰, 1977)Fig. 4. K-A correlation diagram for
distinguishing orthometamorphic
rocks from parametamorphic rocks.

看出:

(1) 基性火山岩: 化学成份平均值与玄武岩是十分接近的。其中 Fe_2O_3 、 MnO 、 K_2O 比玄武岩稍低, MgO 、 Na_2O 、 P_2O_5 比玄武岩稍高; 与细碧岩比较, SiO_2 、 Na_2O 、 H_2O^+ 、 Co_2 偏低而 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 P_2O_5 偏高, 尤其 CaO 明显偏高。另外, 变质基性熔岩中 Cr 、 Ni 、 Ti 微量元素一般较高。 Cr 200~1000 ppm; Ni 20~150ppm; Ti 1500~7000 ppm, 一般 4000~5000 PPm。所以, 小溪河群所见之变质基性熔岩的原岩应属基性玄武岩类。

(2) 中性火山岩: 化学成份十分接近于基鲁纳角斑岩。其中 SiO_2 平均值达62.05%, 变化范围从61.20~62.89%; 全碱含量从10.28~10.49%; $\text{Na}_2\text{O} \gg \text{K}_2\text{O}$, Na_2O 平均值

表2 小溪河群变质火山岩岩石化学分析数据及尼格里特征数值一览表

Table 2. Data of petrochemical Analysis and Niggli Characteristic Numeric Values of Metavolcanic Rocks of the Xiaoxihe Group

样品 编号	地点	岩性	岩石化学成份 (%)													尼格里特征数值										
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	Δ ⁻	al	f _m	C	aK	Si	K	Mg	C/ f _m	
小补Hx9	霍山小溪河	石英角斑岩	78.24	0.15	12.09	0.19	0.67	0.02	0.20	0.14	4.48	3.50	0.03	0.23		0.25		48.2	6.5	1.244	1.528	3.0	34.0	31.0	0.19	
小补Hx10	"	含凝灰质石英角斑岩	77.30	0.10	12.34	0.47	0.65	0.02	0.22	0.10	3.83	4.52	0.02	0.34		0.24		47.6	8.3	0.843	3.507	1.0	44.0	29.0	0.10	
小Hx1	"	石英角斑岩	71.43	0.25	14.54	0.75	1.32	0.06	0.65	0.15	4.96	4.73	0.09	0.53	0.10	0.32	0.93	44.6	14.0	0.940	5.371	3.0	39.0	36.0	0.07	
	戴里	石英角斑岩	75.45	0.17	13.11	1.14	0.66	0.29	0.34	0.83	5.88	1.26	0.02	0.53				44.9	12.2	5.237	6.438	3.0	12.0	23.0	0.43	
	黑鹰山	石英角斑岩	77.82	0.12	13.17	1.29	1.57	0.05	1.01	0.36	4.40	3.56	0.05	0.40				41.9	20.8	2.055	4.421	4.0	35.0	39.0	0.10	
小补Hx8	霍山小溪河	含凝灰质角斑岩	61.20	0.93	19.20	2.29	1.03	0.07	1.00	1.56	7.42	2.86	0.25	0.90	0.42			43.3	15.7	6.534	6.237	6.0	20.0	37.0	0.41	
小补Hx5	"	含凝灰质角斑岩	62.89	0.67	19.03	1.77	1.22	0.06	0.80	0.64	7.05	3.44	0.21	1.05	0.39			45.7	14.7	2.736	9.258	0.0	25.0	33.0	0.18	
	基鲁纳	角斑岩	61.12	1.35	17.06	3.20	2.96	0.23	1.17	2.91	7.25	2.04	0.02	0.74				35.5	24.0	11.0	29.5	219.7	0.16	0.26	0.46	
	宋叔和	角斑岩	64.15	1.01	15.55	2.23	2.58	0.04	1.47	2.30	6.24	1.39	0.18	1.41	0.54	1.22		40.6	27.1	10.921	5.286	7.0	19.0	36.0	0.40	
小Hx14	霍山小溪河	碱性玄武岩	50.95	1.01	15.99	2.65	5.98	0.12	7.55	6.56	3.74	1.86	0.54	1.36	0.33	1.16	2.78	23.8	46.1	17.8	12.3	130.7	0.25	0.62	0.39	
小Hx6	"	碱性玄武岩	46.52	0.05	13.85	7.40	7.59	0.21	5.55	10.17	2.99	1.44	0.90	0.76	0.12	0.36	1.14	18.9	47.1	125.2	8.8	109.6	0.24	0.41	0.54	
小补Hx4	"	碱性玄武岩	48.66	1.05	16.67	5.88	4.18	0.19	6.75	9.11	3.71	1.30	0.28	1.11	0.35			23.3	43.0	23.2	10.5	117.1	0.19	0.55	0.54	
小Hx9	"	碱性玄武岩	45.19	1.64	18.04	3.69	6.48	0.19	7.25	10.60	2.71	0.98	0.67	1.22	0.12	0.26	1.72	23.1	44.4	25.3	7.2	103.8	0.19	0.58	0.57	
小Hx10	"	碱性玄武岩	47.04	1.35	16.60	3.63	6.32	0.17	7.15	9.03	3.48	1.08	0.50	1.68	0.08	1.02	2.96	23.1	44.4	22.8	9.7	113.5	0.18	0.57	0.51	
	戴里	玄武岩	48.78	1.39	15.85	5.37	6.34	0.29	6.03	8.91	3.18	1.63	0.47	1.76				22.5	44.7	22.9	9.8	119.6	0.25	0.48	0.51	
	宋叔和	细碧	49.84	1.49	15.84	3.79	6.14	0.16	5.26	6.56	4.50	0.98	0.19	2.96	0.45	1.52		25.0	42.8	18.8	13.4	136.7	0.12	0.49	0.44	
小Hx3	霍山小溪河	基性凝灰岩	49.22	1.60	17.04	4.03	5.88	0.15	5.26	7.30	3.17	2.75	0.85	1.48	0.35	0.67	2.44	26.0	41.3	20.3	12.5	130.7	0.36	0.51	0.49	
小补Hx1	"	"	48.17	1.35	15.96	6.15	3.39	0.20	6.72	9.11	3.29	1.70	0.53	1.89	1.19			22.9	43.1	23.6	10.4	119.6	0.54	0.57	0.55	
小补Hx3	"	"	49.19	1.32	16.15	3.44	5.40	0.15	5.38	6.64	4.06	2.66	0.54	2.21	2.10			25.2	40.7	19.0	15.0	133.6	0.30	0.53	0.47	
小Hx11	"	"	44.74	0.72	11.04	2.75	7.28	0.15	15.63	9.29	1.53	1.70	0.28	2.46	0.12	2.00	4.51	12.8	62.4	19.7	5.1	89.6	0.42	0.74	0.32	
小补Hx6	"	二长安山质凝灰岩	60.00	0.71	14.57	3.93	2.17	0.14	3.69	3.59	3.01	3.71	0.23	1.58	1.22			30.5	37.1	13.7	18.8	214.9	0.44	0.53	0.37	
小Hx7	"	基性沉凝灰岩	48.43	1.74	17.41	5.03	5.91	0.15	4.71	7.72	4.29	2.00	0.24	1.26	0.20	0.64	1.90	25.8	39.9	20.8	13.6	124.7	0.23	0.44	0.52	
小补Hx11	"	"	54.87	0.94	16.49	3.23	3.96	0.14	3.94	6.42	4.01	2.58	0.39	0.92	1.08			28.7	34.6	20.4	16.3	164.2	0.29	0.50	0.59	
小补Hx2	"	石英角斑质凝灰质碎屑岩	76.26	0.14	13.10	0.75	0.76	0.02	0.36	0.69	5.50	1.32	0.05	0.49	0.23			47.1	11.0	4.437	8.464	2.0	14.0	30.0	0.40	

7.24%, K_2O 平均值3.15%。

(3) 酸性火山岩: SiO_2 含量 $>70\%$, 平均值75.66%; 一般 $Na_2O > K_2O$, Na_2O 平均值4.42%, K_2O 平均值4.25%; 全碱含量7.98~9.69%; $CaO < 1\%$, CaO 平均值0.13%。以上特征均说明小溪河群所见之酸性变质火山岩的原岩应属于石英角斑岩, 按其化学成份更接近于黑鹰山石英角斑岩(表2)。但总的看来与国内外已知石英角斑岩相比, Na_2O 、 Fe_2O_3 、 H_2O^+ 偏低, K_2O 偏高。

2. 变质火山岩在(al + alk图)—C图解上, 主要集中在两个区域: 细碧岩—玄武岩区及角斑岩区。进一步肯定了中酸性火山岩属角斑岩大类, 基性火山岩属玄武岩—细碧岩大类。

3. 酸性变质火山熔岩在AFM图解上, 投影点集中在皖东张八岭石英角斑岩区(图7)。

4. 基性变质火山熔岩在久野(Kuno, 1960简化)全碱- Al_2O_3 - SiO_2 图解上, 投影点均落在碱性玄武岩区内。进一步肯定了基性熔岩属碱性玄武岩。

(二) 岩系特征

小溪河群变质火山岩系的皮科克钙碱指数为52.07, 属皮科克划分的弱碱质岩系; 基性火山岩采用里特曼指数计算, 平均值5.04, 属里特曼划分的碱质岩系, 亦属于皮科克的弱碱质岩系。同时采用赖特的碱度率计算变质火山岩系的碱性程度, 并将碱度率数值投影在碱度率变异图解上。结果, 酸性、中性、基性熔岩均落在弱碱质区, 其投影点的分布大致平行区间线, 说明小溪河群各类变质火山岩为同一岩浆源所形成的火山岩系。

(三) 岩系的演化

1935年诺科斯和阿楞提出, 以原子重量%三角形图的方式, 反映岩浆岩的演化和岩浆作用中主要组份的变化。将小溪河群变质火山岩化学分析数据 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 FeO

(包括 MnO)、 Fe_2O_3 和 MgO 的重量%, 换算成 Ca 、 Na 、 K 和 $(Fe^{+2} + Fe^{+3})$ 、 Mg 、 $(Na + K)$ 的原子重量百分比, 投影于原子重量百分比图解中。

从图5中可以看出: 由碱性玄武岩向角斑岩和石英角斑岩的演化过程中, 在 $(Fe^{+2} + Fe^{+3}) - Mg - (Na + K)$ 图解中, 投影点的趋势反映: 全碱显著增加, 直至88.7~89% [在 $(Fe^{+2} + Fe^{+3})$ 、 Mg 、 $(Na + K)$ 中的比值]; Fe 在碱性玄武岩中基本不变或略有增加, 使趋势线平行 $(Na + K) - Mg$ 一边, 向角斑岩和石英角斑岩演化, Fe 则明显减少; Mg 由碱性玄武岩向角斑岩、石英角斑岩演化时逐渐减少, 但它减少得比 Fe 略慢一些, 但在角斑岩和石英角斑岩中 Mg 比较稳定, 变化于1.7~5.5%之间 [在 $(Fe^{+2} + Fe^{+3})$ 、 Mg 、 $(Na + K)$ 中比值]。在 $Ca - Na - K$ 图

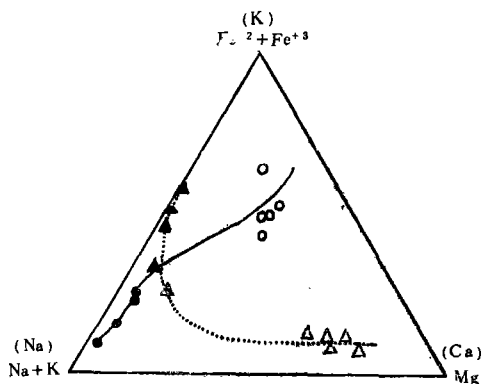


图5 小溪河群碱性玄武岩—石英角斑岩系原子重量百分比图解

Fig.5. Diagram showing the atomic weight percentage of the alkali basalt-quartz keratophyre series of the Xiaoxihe Group.

三角形代表 $Ca - Na - K$ 投影, 其中空心的为碱性玄武岩, 实心的为角斑岩、石英角斑岩, 它们的演化趋势以点线表示; 圆形符号代表 $(Fe^{+2} + Fe^{+3}) - Mg - (Na + K)$ 投影, 其中空心的为碱性玄武岩, 实心的为角斑岩、石英角斑岩, 它们的演化趋势以实线代表。

解中投影点的趋势反映: 在碱性玄武岩中普遍贫 K, 由碱性玄武岩向角斑岩至石英角斑岩演化, K 含量明显增加, 至石英角斑岩 K 含量最高达 56.3% [在 Ca、Na、K 中比值]。Ca 逐渐减少。Na 在碱性玄武岩中比较稳定, 由碱性玄武岩向角斑岩演化, Na 则明显的增加, 角斑岩向石英角斑岩演化时, Na 则有所减少。

三、变质火山岩系的喷发环境和形成的构造环境

小溪河群变质火山岩系属海相火山岩, 其特征如下: ①变质火山岩一般成层状构造, 分布范围广, 与下伏地层呈整合接触; ②变质火山岩系属海相喷发的碱性玄武岩—石英角斑岩系; ③变质火山岩以基性为主, 颜色一般较深, F 值一般小于 1。说明火山岩是在还原的海相环境喷发的; ④与基性—酸性熔岩相伴生的火山碎屑岩比例较少, 岩石颗粒一般较细, 无粗粒的火山角砾岩、集块岩, 说明火山岩不是陆相喷发的; ⑤碱性玄武岩中的杏仁体一般较小 ($3.5 \times 2 \sim 1 \times 2 \text{ mm}^2$), 为海相喷发特征; ⑥变质火山岩系与海相的碳酸盐岩相伴生。

火山岩的成分与构造环境是有一定关系的。根据火山岩系的岩石共生组合 (碱性玄武岩、角斑岩、石英角斑岩) 及岩系特征 (弱碱质岩系), 小溪河群的变质火山岩系应属于岛弧火山岩。

本文得到武汉地质学院游振东教授、南京大学地质系董忠泉同志、陈图华同志热情指导, 孙先如工程师曾帮助拍摄显微照片, 在此谨致谢意。

主要参考文献

- (1) 长春地质学院贺同兴等编, 1979年5月, 变质岩石学, 地质出版社。
- (2) 武汉地质学院游振东, 1981年, 区域变质岩原岩性质的观察与恢复。
- (3) 王德滋、周新民, 1982年, 火山岩岩石学, 科学出版社。
- (4) 郭令智、施央申、马瑞士, 1977年, 论海沟岛弧系的研究方法及其意义, 《福建地质》第四期。

METAVOLCANIC ROCKS OF THE XIAOXIHE GROUP IN ANHUI

Yang Xuezhong

Abstract

A medium- and high-grade metamorphic rock series is exposed on the northern slope of the Dabie Mountains, Anhui; it is named the Xiaoxihe Group. Metavolcanic rocks are recognized in the middle and lower parts of this Group.

(下转第 147 页)

THE DISCOVERY OF METAZOAN FOSSILS IN THE SINIAN XINGMINCUN AND GETUN FORMATIONS IN THE FUZHOU-DALIAN DEPRESSION, SOUTHERN LIAONING

Hong Zuoming nad Liu Xiaoliang

Abstract

In 1986, the author discovered fossils of metazoan medusinites in a shale bed of the Wangjiatan Shale Member of the middle Xingmuncun Formation of the Jinxian Group in Qipanmu, Dalian, as well as fossils of medusinites, worms, dubious small-shelled metazoans and macroscopic algae in a shale bed of the Getun Formation in the Beishan Mountain, Jinzhou. This enriches the content of the Sinian paleontology of China and furnishes paleontological evidence for the definition of the Sinian-Cambrian boundary in southern Liaoning.

(上接第 153 页)

According to the petrochemical characteristics and multiple diagrams, the nature of the protolith of the metamorphic rocks and the rock types have been identified. A comparison has been made between the chemical composition of the metavolcanic rocks and that of standard volcanic rocks both in China and abroad. Through the above-mentioned work, the protolith of basic metavolcanic lavas is determined to be alkali basalt, while those of intermediate and acid ones keratophyre and quartz keratophyre respectively. In terms of the chemical composition, the rocks belong to weakly alkaline rock series in M. A. Peacock's classification. According to the rock association and rock series characteristics, the metavolcanic rocks of the Xiaoxihe Group would belong to island arc-type volcanic rocks.