

赣北星子群变质岩的原岩恢复及其 形成构造环境判别

张海祥 张伯友

(中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 对星子群变质岩的原岩性质及其形成的构造环境研究表明, 星子群变质岩中的片岩和变粒岩的原岩是沉积岩, 其中云母片岩的原岩为粘土岩, 石英片岩和变粒岩的原岩是杂砂岩或亚杂砂岩。斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩的原岩为基性火山岩。变质沉积岩的形成构造环境判别结果表明, 它们形成于活动大陆边缘环境。而变质基性火山岩属于岛弧拉斑玄武岩与大洋拉斑玄武岩的过渡类型, 它们形成于拉张盆地。

关键词: 星子群变质岩; 原岩恢复; 构造环境

中图分类号: P588.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2003)03-0254-07

星子群变质岩分布于扬子块体南缘赣北庐山东南麓的星子县境内(图 1), 最早被认为是中生代的混合岩^[1]; 马杏垣^[2]等认为是古郟庐剪切带南延部分强应变构造的均匀变形片麻岩; 之后又被认为是来源于华夏古陆中生代碰撞造山带残留的“飞来峰”^[3,4]; 王凯怡^[5]等通过对星子群变质岩变质作用的研究认为, 庐山东南麓是一个热穹隆。近几年的研究表明, 庐山东南麓存在一个变质核杂岩构造, 星子群变质岩是组成该核杂岩核部的主体, 是古元古代的产物^[6-8]。由于变质核杂岩构造是伸展作用条件下产生的一种典型的构造式样。因此, 星子群变质岩不仅是研究扬子古陆东南缘前寒武纪地质的良好“窗口”, 也是研究华南中生代地壳伸展作用的理想对象。笔者拟在详细的野外工作基础上, 对典型变质岩类进行岩相学、地球化学研究和确定星子变质岩的原岩性质与形成构造环境, 从而为解决扬子古陆南缘前寒武纪大陆地壳演化和华南中生代地壳伸展作用提供依据。

1 星子群变质岩岩石学及岩相学特征

从野外地质考察和已有的研究资料看, 星子群变质岩主要由云母片岩、石英片岩和变粒岩组成, 斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩主要分布在第一和第二岩性段, 与云母片岩和石英片岩呈互层状产出, 所占比例不大, 研究样品采自归宗

表 1 星子群变质岩的变质矿物组合

Table 1 Metamorphic mineral assemblage of metamorphic rocks of the Xingzi Group

变质沉积岩类	矿物组合	变质基性火山岩	矿物组合
云母片岩	Bi+Mus+Q+Pl ± Gt ± Sta	斜长角闪岩	Hb+Pl
石英片岩	Q+Bi+Mus+Pl	角闪片岩	Hb+Q+Pl
变粒岩	Q+Pl+Bi+Mus ± Gt ± Sta	榴闪岩	Hb+Q+Gt+Chl+Pl+Bi

注: Bi-黑云母; Mus-白云母; Q-石英; Pl-斜长石; Gt-石榴石
Sta-十字石; Hb-角闪石; Chl-绿泥石。

寺和秀峰两个剖面, 它们的变质矿物组合如表 1。

2 星子群变质岩的地球化学特征

星子群片岩和变粒岩的主量元素表现为 $K_2O > Na_2O$, $CaO < MgO$ (表 2), 为沉积变质岩的特征。微量元素中的 Li、Rb、Cs、B 等含量较高, 显示了同样的结果 (表 3)。

星子群斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩的主量元素分析结果如表 2, 其中 $Na_2O/CaO < 0.4$, $CaO+MgO < 18\%$, TiO₂ 在 0.75%~2.26% 之间, 而且 $K_2O < Na_2O$, $CaO > MgO$ 等, 都表现为正变质岩的特征。而微量元素中 $Sr/Ba > 1$, $Cr/Ni > 1$, 而

收稿日期: 2002-05-08; 改回日期: 2003-03-17

基金项目: 中国科学院知识创新方向性项目 (KZCX2-102) 资助。

作者简介: 张海祥, 男, 1969 年生, 博士, 副研究员, 从事岩石地球化学研究; E-mail: zhanghx@gig.ac.cn。

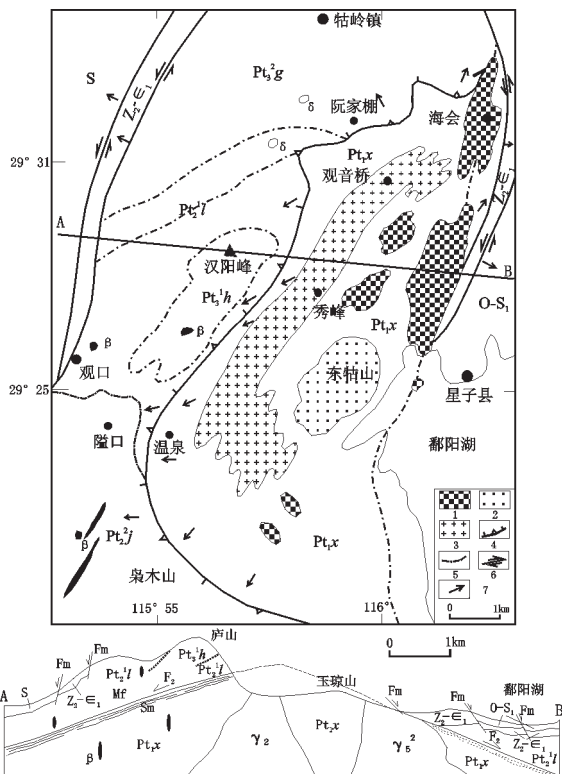


图 1 星子变质核杂岩地质略图及剖面图

1—燕山期花岗岩 (γ_5); 2—加里东期花岗岩 (γ_3); 3—晋宁期花岗岩 (γ_2); 4—基底拆离断层 (F_2); 6—走滑断层; 7—线理和面理; β —辉绿岩脉; δ —闪长岩; $Pt_{1,x}$ —古元古代星子群; $Pt_{2,l}$ —中元古代早期庐山垅群; $Pt_{2,j}$ —中元古代中期九岭群; $Pt_{3,h}$ —新元古代早期汉阳峰群; $Pt_{3,g}$ —新元古代中期牯岭群; $Z_2 - \epsilon_1$ —震旦系上统—寒武系下统; $O-S_1$ —奥陶系—志留系下统; S —志留系; Mf —褶皱层; Sm —糜棱岩; Fm —正断层; $A-B$ —剖面位置

Fig. 1 Geological sketch map and geological section of the Xingzi metamorphic core complex

1—Yanshanian granite (γ_5); 2—Caledonian granite (γ_3); 3—Jinningian granite (γ_2); 4—Detachment fault (F_2); 6—Strike-slip fault; 7—Lineation and foliation; β —diabase vein; δ —diorite; $Pt_{1,x}$ —Paleoproterozoic Xingzi Group; $Pt_{2,l}$ —Early Mesoproterozoic Lushanlong Group; $Pt_{2,j}$ —Middle Mesoproterozoic Jiuling Group; $Pt_{3,h}$ —Early Neoproterozoic Hanyangfeng Group; $Pt_{3,g}$ —Middle Neoproterozoic Guling Group; $Z_2 - \epsilon_1$ —Upper Sinian - Lower Cambrian; $O-S_1$ —Ordovician—Lower Silurian; S —Silurian; Mf —plicated layer; Sm —mylonite; Fm —normal fault; $A-B$ —section position

且 Cr、Ni、Ti 和 Co 等元素的含量较高, 它们的稀土配分表现为平坦型, 代表了正变质岩的特征(表 3)。

3 星子群变质岩的原岩恢复

3.1 片岩和变粒岩的原岩恢复

除了常见的主要变质矿物外, 星子群片岩和变粒岩中

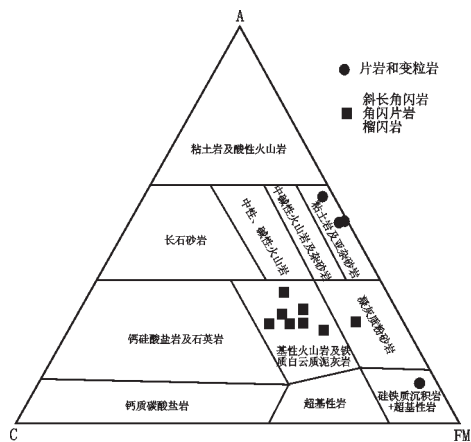


图 2 A—C—FM 判别图解

Fig. 2 Discriminant diagram of A—C—FM

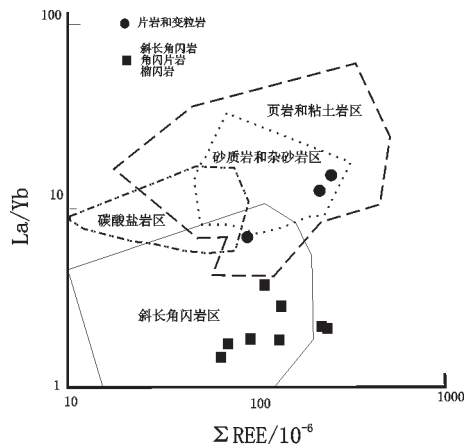


图 3 La/Yb—ΣREE 判别图解

Fig. 3 Discriminant diagram of La/Yb—ΣREE

还出现了石榴石、十字石等一些富铝的特征变质矿物, 表明它们的原岩很可能是富铝质的泥质、泥砂质沉积岩。同时, 副矿物仅见极少量磨圆状、颗粒细小的锆石, 这同样显示了变质沉积岩的原岩特征。

A-C-FM 和 La/Yb-ΣREE 图解的判别结果表明, 星子群片岩和变粒岩的原岩属于沉积岩类(图 2~3)。为了进一步区分原岩类型, 笔者选用了米什金判别图解, 结果表明, 云母片岩的原岩为粘土, 而石英片岩和变粒岩的原岩则是杂砂岩或亚杂砂岩(图 4)。

此外, 前寒武纪各种沉积岩的稀土配分模式有所不同, 用北美页岩标准化后, 杂砂岩表现为轻稀土有一定的富集, 页岩的轻稀土相对亏损, 石灰岩的轻稀土中 Ce-Sm 相对亏损, La 正常^[10]。星子群变质沉积岩与北美页岩对比的结果表明, 它们属于杂砂岩类(图 5)。

因此, 云母片岩的原岩为粘土, 而石英片岩和变粒岩的原岩则是杂砂岩或亚杂砂岩。

表 2 星子群变质岩的常量元素分析结果(%)
Table 2 Major element chemistry of metamorphic rocks of the Xingzi Group

序号 岩性	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	变粒岩						云母片岩				石英片岩		榴闪岩		斜长角闪岩			角闪片岩		
SiO ₂	74.32	83.12	75.24	77.22	76.02	79.3	62.58	64.08	68.25	63.68	70.57	71.57	53.52	52.01	54.84	57	53.22	53.53	57.59	59
TiO ₂	0.27	0.27	0.25	0.28	0.21	0.45	0.9	0.85	0.63	0.73	0.69	0.47	2.23	2.26	0.91	1	0.75	1.43	0.75	0.95
Al ₂ O ₃	13.16	7.8	12.91	11.8	11.32	9.19	15.4	14.24	14.13	16.5	12.49	11.21	10.91	11.83	13.89	10.91	12.91	11.14	11.77	11.21
Fe ₂ O ₃	0.94	1.33	0.22	0.8	1.35	2.76	1.52	2.37	2.69	0.82	1.15	2.93	2.01	3.46	2.95	3.09	2.89	4.86	5.27	2.58
FeO	1.71	1.35	2.32	1.53		1.72	7.56	6.82	5	6.67	5.41	3.15	15.9	13	6.43	7.53	7.21	9.6	4.2	7.78
MnO	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.41	0.4	0.13	0.3	0.11	0.05	0.42	0.32	0.16	0.17	0.17	0.22	0.15	0.19
MgO	1.04	0.52	0.78	0.57	0.01	0.65	3.47	5.02	2.25	2.69	1.48	0.83	4.04	3.31	6.01	5.67	7.15	5.36	2.87	4.25
CaO	0.24	0.6	0.41	1.63	0.32	1.04	0.85	0.71	0.21	0.93	0.87	0.36	4.29	10.28	9.28	10.26	12.76	8.9	13.46	8
Na ₂ O	3.31	2	2.35	3.55	3.69	1.78	1.96	2.12	0.33	1.88	4.07	4.57	3.49	1.4	4.29	2.14	0.91	3.3	0.56	4.14
K ₂ O	3.7	2.28	5	1.6	4.44	2.33	3	2.54	5.66	2.96	1.96	3.31	0.2	0.32	0.15	0.08	0.22	0.23	0.11	0.35
P ₂ O ₅	0.08	0.08	0.09	0.09	0.02	0.05	0.2	0.18	0.19	0.17	0.16	0.22	0.33	0.17	0.1	0.15	0.1	0.06	0.15	0.15
H ₂ O ⁺	0.67	0.15							0.62	1.6	0.95	0.82	2.32	1.52	1.32	1.56	1.46	1.11	1.52	1.12
H ₂ O ⁻									0.19	0.36	0.25	0.08	0.87	0.47	0.2	0.37	0.18	0.55	0.25	0.22
CO ₂	0.04	0.04							0.56	0.33	0.21	0.23		0.26		0.34	0.44	0.35	0.43	0.48
Total	99.51	99.57	99.62	99.12	97.37	99.31	97.85	99.33	100.8	99.62	100.4	99.8	100.5	100.6	100.5	100.3	100.4	100.6	99.08	100.4

注:序号 1~2 引自参考文献[9];3~8 引自参考文献[7]。

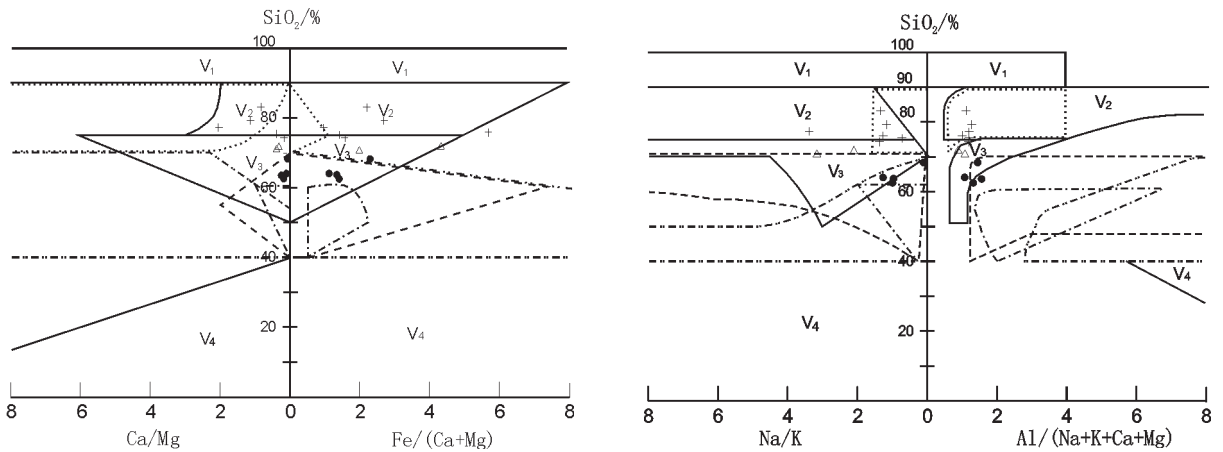


图 4 SiO₂-Ca/Mg 和 SiO₂-Fe/(Ca+Mg); SiO₂-Na/K 和 SiO₂-Al/(Na+K+Ca+Mg)图解(CaO<5%) (据米什金, 1981)

线条圈定范围: 虚线: 蒙脱石粘土; 点虚线: 水云母粘土; 双点虚线: 高岭石粘土; 点线: 长石砂岩和石英长石砂岩;

实线: V₁-石英岩、硅质岩; V₂-亚杂砂岩; V₃-杂砂岩; V₄-铝土矿、红土; ● 云母片岩; △ 石英片岩; + 变粒岩

Fig. 4 Diagrams of SiO₂-Ca/Mg vs SiO₂-Fe/(Mg+Ca) and SiO₂-Na/K vs SiO₂-Al/(Na+K+Mg+Ca)(CaO<5%)

Dashed line: smectite clay; dotted-dashed line: hydromica clay; double dotted-dashed line: kaolinite clay; dotted line: feldspathic sandstone and quartzose-feldspathic sandstone; solid line: V₁-quartzite and siliceous rocks; V₂-subgraywacke; V₃-graywacke; V₄-bauxite and laterite;

● mica-schist; △ quartz schist; + granulite

3.2 斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩的原岩恢复

A-C-FM 和 La/Yb-ΣREE 图解的判别结果表明, 星子群斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩均为正变质岩(图 2~3)。正、副角闪岩的微量元素之间或微量元素与主量元素之间存在明显不同的相关关系, 星子群斜长角闪岩、角闪片岩和榴

闪岩的元素相关关系判别结果表明(表 4), 它们属于正变质岩。斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩的稀土配分呈平坦型, 显示了拉斑玄武岩的特征(图 6)。

从上面的讨论不难看出, 星子群片岩和变粒岩的原岩为粘土岩或杂砂岩和亚杂砂岩, 而基性火山岩属于拉斑玄武岩类。

表 3 星子群变质岩的微量元素 ICP-MS 分析结果

Table 3 Combined ICP-MS analysis of trace elements for metamorphic rocks of the Xingzi Group

	榴闪岩		斜长角闪岩			角闪片岩			云母片岩	石英片岩	
Li	88.29	30.28	34.56	53.15	31.87	57.31	5.32	7.29	35.67	17.43	234.18
Be	0.93	1.23	0.45	0.41	0.46	0.81	0.19	1.22	2.33	1.72	1.82
Ti	19996.0	19078.6	7110.3	8231.2	5921.1	12552.2	5939.6	8097.2	5011.3	3255.4	5773.1
V	319.49	338.41	229.82	309.87	244.71	394.46	306.38	285.58	129.16	11.87	150.48
Cr	59.03	51.89	261.65	224.59	386.80	22.06	142.62	155.53	94.21	10.96	203.84
Co	51.84	42.49	39.68	44.34	63.15	47.21	31.26	36.33	47.14	21.12	143.89
Ni	28.74	26.77	91.77	58.34	133.64	31.68	42.54	42.79	107.55	17.34	346.86
Rb	10.78	35.52	3.31	4.64	6.28	5.09	3.38	6.12	106.37	69.21	99.54
Sr	118.78	614.42	120.76	107.15	119.63	194.19	199.19	127.76	12.98	75.25	132.40
Y	82.78	82.76	26.30	33.68	25.08	49.32	33.28	42.95	11.27	33.20	36.54
Zr	219.712	218.95	55.412	37.516	47.938	126.22	90.449	122.648	117.87	152.66	185.97
Nb	6.634	6.514	1.598	2.278	1.336	3.518	3.411	4.178	10.76	10.37	12.70
Cs	0.96	1.98	0.40	0.13	0.84	0.39	0.23	0.18	9.53	3.42	10.05
Ba	26.94	14.38	59.76	39.86	43.36	97.66	52.25	47.93	250.57	397.99	583.33
Hf	6.712	5.948	1.918	1.39	1.706	3.356	3.873	3.262	3.85	5.23	5.19
Ta	0.508	0.456	0.138	0.16	0.104	0.266	0.211	0.302	0.82	0.78	0.91
Th	2.36	2.20	0.61	0.70	0.49	1.30	1.99	2.23	4.65	12.96	11.05
U	0.32	0.43	0.10	0.13	0.10	0.34	0.40	0.56	1.78	2.01	1.68
La	15.03	14.00	3.89	5.41	3.31	7.51	9.99	10.20	8.52	47.14	35.80
Ce	36.01	35.34	9.83	13.26	8.66	16.21	20.36	23.98	42.92	63.24	52.50
Pr	5.80	5.39	1.61	2.15	1.43	3.20	3.28	3.93	2.46	11.48	9.34
Nd	29.27	27.56	8.37	11.02	7.56	16.60	14.69	18.52	9.86	46.32	37.36
Sm	8.60	8.16	2.69	3.32	2.41	4.96	3.89	4.92	2.11	8.80	7.58
Eu	2.65	3.35	0.68	1.20	0.91	1.67	1.02	1.37	0.46	1.45	1.60
Gd	11.27	10.87	3.67	4.49	3.29	6.50	4.83	5.96	2.27	7.93	7.50
Tb	1.95	1.86	0.65	0.80	0.59	1.14	0.83	1.03	0.34	1.09	1.16
Dy	12.82	12.00	4.41	5.27	3.91	7.51	5.33	6.59	2.08	5.93	6.61
Ho	2.76	2.61	0.95	1.14	0.84	1.60	1.14	1.40	0.44	1.20	1.30
Er	7.98	7.46	2.68	3.26	2.47	4.58	3.18	4.11	1.26	3.60	3.68
Tm	1.14	1.05	0.37	0.47	0.35	0.66	0.45	0.59	0.19	0.53	0.50
Yb	7.16	6.62	2.31	3.03	2.31	4.20	2.85	3.82	1.34	3.54	3.12
Lu	1.04	0.94	0.31	0.44	0.34	0.62	0.41	0.55	0.21	0.52	0.43

注:微量元素 ICP-MS 分析由作者在中国科学院广州地球化学研究所完成。

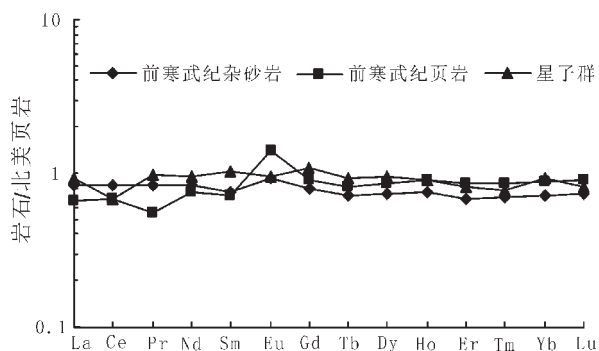


图 5 变质沉积岩与北美前寒武纪页岩稀土特征对比

Fig. 5 Comparison of REE features between metasedimentary rocks and Precambrian shale of northern America

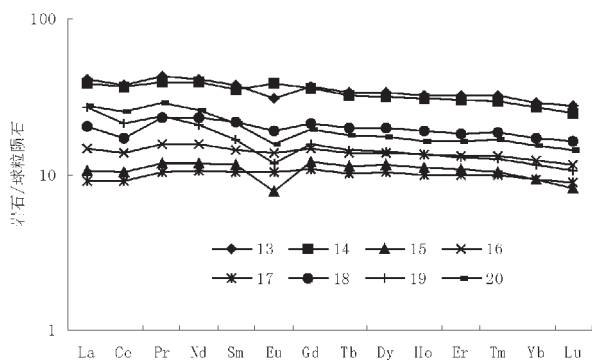


图 6 斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩的稀土配分图(序号同表 2)

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of amphibolite, hornblende schist and garnet amphibolite

表 4 星子群角闪岩类的原岩微量元素判别结果
Table 4 Trace element discrimination of the protolith of amphibolites of the Xingzi Group

相关元素	副角闪岩	正角闪岩	星子群角闪岩	结果
Mg-V	直线正相关	弱的负相关	弱的负相关	正
Cr-V	正相关	弱的负相关	弱的负相关	正
Sc-Fe ²⁺	无明显相关	正相关	正相关	正
Ti-V	明显负相关	不相关	不相关	正
Mn-Fe ²⁺	无明显相关	正相关	正相关	正
Cr-Cu	负相关	无明显相关	无明显相关	正

4 星子群变质岩形成的构造环境判别

4.1 变质沉积岩形成的构造环境判别

Bhatia^[11,12]等经过研究发现,砂岩中的 Fe₂O₃+MgO(%)、TiO₂(%) 及 Al₂O₃/SiO₂、K₂O/Na₂O、Al₂O₃/(CaO+Na₂O) 与构造环境及源区成分密切相关。从大洋岛弧→大陆岛弧→活动大陆边缘→被动大陆边缘,Fe₂O₃+MgO (%)、TiO₂ (%) 及 Al₂O₃/SiO₂ 减小,K₂O/Na₂O、Al₂O₃/(CaO+Na₂O) 增加。Fe₂O₃+MgO 对后 4 种参数的变异图解直观地反映了砂岩成分与其所形成环境之间的关系。Bhatia^[13]等还指出,从大洋岛

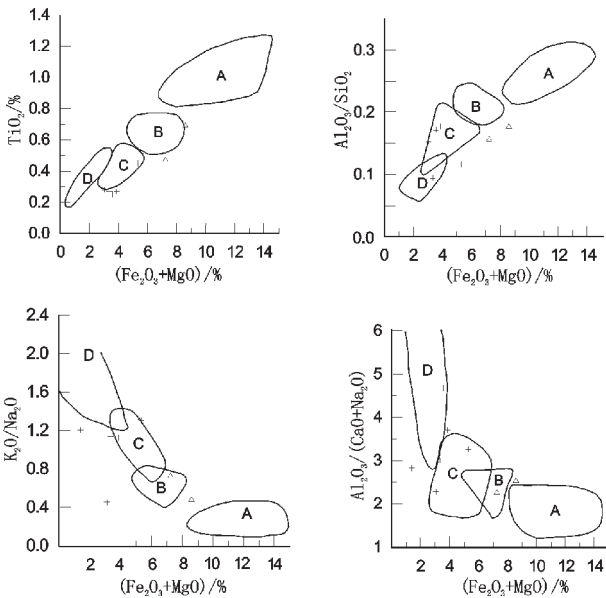


图 7 FeO+MgO 对 TiO₂、Al₂O₃/SiO₂、K₂O/Na₂O and Al₂O₃/(CaO+Na₂O) 图解^[11]

A-大洋岛弧杂砂岩;B-大陆岛弧杂砂岩;
C-活动大陆边缘杂砂岩;D-被动大陆边缘杂砂岩

Fig. 7 Diagrams of Fe₂O₃+MgO vs TiO₂, Al₂O₃/SiO₂, K₂O/Na₂O and Al₂O₃/(CaO+Na₂O) ^[11]

A-oceanic arc graywacke; B-continental arc graywacke;
C-active continental-margin graywacke;
D-passive continental-margin graywacke

弧→大陆岛弧→活动大陆边缘→被动大陆边缘,随着源区岩石从安山岩→英安岩→花岗片麻岩→古老沉积岩的变化,其 La、Ce、∑REE、La/Yb 或 (La/Yb)_N、∑LREE/∑HREE 增加,δEu 则降低,显示不同的稀土配分模式。此外,Nd、Th、Nb 含量和 Ba/Sr、Rb/Sr、La/Yb 及 Ni/Co 比值系统也按上述顺序逐渐增大,而 V、Sc 含量和 Ba/Rb、K/Th 及 K/U 比值系统则逐渐减小,从星子群变质沉积岩所表现出来的地球化学特征看,它们形成于活动大陆边缘(表 3)。

星子群变质沉积岩中石英片岩和变粒岩的原岩为杂砂岩或亚杂砂岩,在 Bhatia 4 个判别图解中,星子群变粒岩均落入活动大陆边缘及其附近区域,石英片岩虽然落在大陆岛弧杂砂岩区或附近,由于它富含石英,成熟度高,显然应属于大陆边缘杂砂岩(图 7)。

星子群变质沉积岩的地球化学特征及形成构造环境判别结果表明,它们形成于活动大陆边缘。

4.2 变质基性火山岩形成的构造环境判别

Zr/Y-Zr 和 Ti/100-Zr-Y*3 图解判别结果表明(图 8~9),星子群变质基性火山岩投入了洋底玄武岩或岛弧拉斑玄武岩区。表明它们的原岩形成于非板内环境,应来源于大洋岛弧或洋中脊。

其次,判断星子群变质基性火山岩是形成于岛弧还是洋中脊。在 Ti-Zr 和 Ti-Cr 图解中(图 10~11),星子群变质

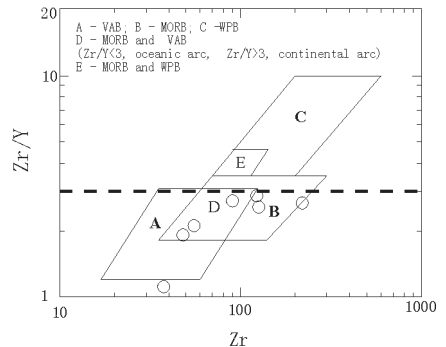


图 8 Zr/Y-Zr 图解

Fig. 8 Diagram of Zr/Y-Zr

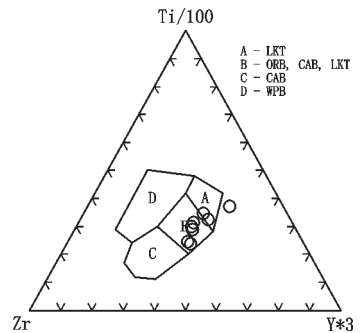


图 9 Ti/100-Zr-Y*3 图解

Fig. 9 Diagram of Ti/100-Zr-Y*3

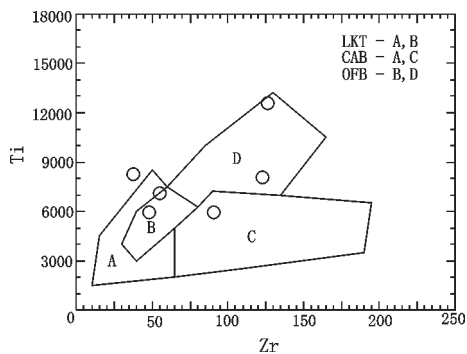


图 10 Ti-Zr 图解

Fig. 10 Diagram of Ti-Zr

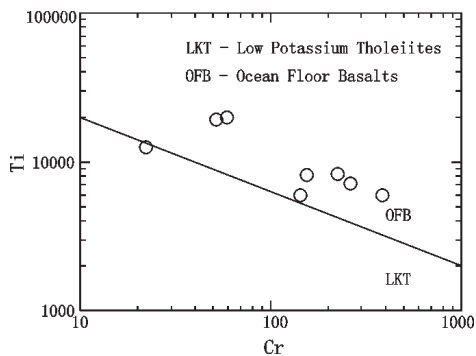


图 11 Ti-Cr 图解

Fig. 11 Diagram of Ti-Cr

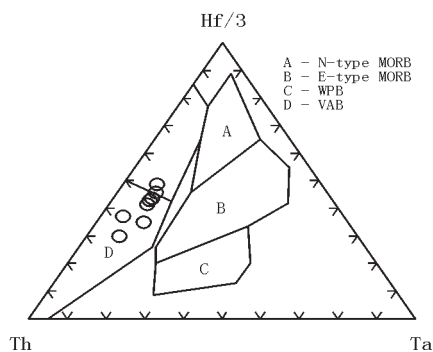


图 12 HF/3-Th-Ta 图解

Fig. 12 Diagram of HF/3-Th-Ta

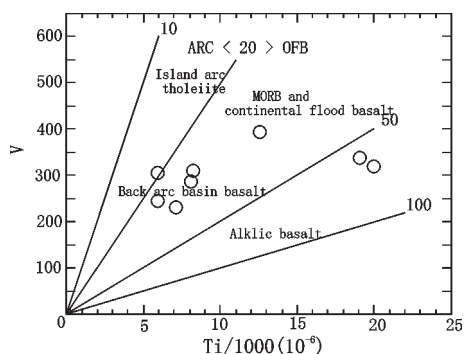


图 13 Ti/1000-V 图解

Fig. 13 Diagram of Ti/1000-V

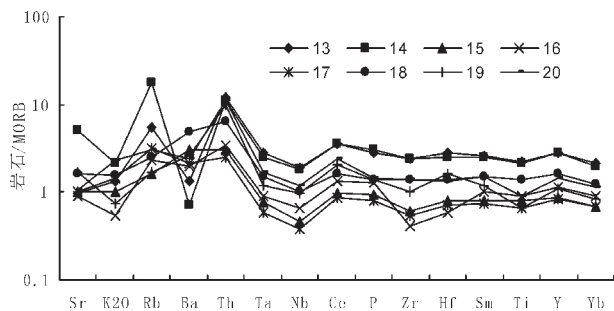


图 14 变质基性火山岩 MORB 标准化微量元素蛛网图

Fig. 14 MORB-normalized trace element spidergram of metabasic rocks

基性火山岩主要落在了洋底玄武岩区。但在 Hf/3-Th-Ta 图解中(图 12),样品却落在岛弧玄武岩区。而在 Ti/1000-V 图解中(图 13),样品的投点又落在弧后盆地玄武岩和 MORB 的重叠区域。因此,星子群变质基性火山岩具有岛弧玄武岩和洋底玄武岩的双重特征,它应形成于扩张盆地。

此外,星子群变质基性火山岩的微量元素蛛网图同样具有拉斑质岛弧玄武岩与拉斑质洋中脊玄武岩之间的过渡

类型岩石的特征,它表现为 Sr、K、Rb、Ba 和 Th 等不相容元素的富集及其他元素丰度略高于 1 的平坦分布(图 14)。因此,星子群变质基性火山岩的原岩是介于岛弧拉斑玄武岩和洋中脊拉斑玄武岩之间的过渡类型,形成于扩张盆地环境。

5 结论

1)星子群片岩和变粒岩的原岩是沉积岩,其中云母片岩的原岩为粘土岩,而石英片岩和变粒岩的原岩则是杂砂岩或亚杂砂岩。斜长角闪岩、角闪片岩和榴闪岩的原岩为拉斑玄武岩。

2)星子群变质沉积岩的地球化学特征及形成构造环境判别结果表明,它们形成于活动大陆边缘。而变质基性火山岩则属于岛弧拉斑玄武岩与大洋拉斑玄武岩的过渡类型,形成于扩张盆地。

参考文献(References):

[1] 江西省地质矿产局. 江西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1984. 602-628.
Jiangxi Bureau of Geology and Minerals Resources. Regional Geology of Jiangxi Province[M]. Beijing: Geological Publishing House,

1984. 602~628(in Chinese with English abstract).
- [2] 马杏垣, 白瑾, 索书田, 等. 中国前寒武纪构造格架及研究方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1987. 119.
Ma Xingyuan, Bai Jin, Suo Shutian, et al. The Precambrian Tectonic Structure of China and its Research Method [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 119(in Chinese with English abstract).
- [3] 许靖华, 孙枢, 李继亮. 是华南造山带而不是华南地台[J]. 中国科学(B辑), 1987, (10): 1107~1115.
Xu Jinghua, Sun Shu, Li Jiliang. It is not the platform but the orogenic belt of southern China[J]. Science in China (Series B), 1987, (10): 1107~1115(in Chinese).
- [4] 李继亮, 孙枢, 许靖华, 等. 华夏造山带的新证据[J]. 地质科学, 1989, (3): 217~225.
Li Jiliang, Sun Shu, Xu Jinghua, et al. New evidences about the evolution of the south Cathay orogenic belt [J]. Scientia Geologica Sinica, 1989, (3): 217~225(in Chinese with English abstract).
- [5] 王凯怡, 程海, 叶瑛. 星子杂岩有关变质作用的条件及大地构造背景的初步研究[A]. 见: 李继亮主编, 中国东南海陆岩石圈结构与演化研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.133~142.
Wang Kaiyi, Cheng Hai, Ye Ying. The primary study on metamorphic conditions and its geotectonic setting of Xingzi complex [A]. In: Li Jiliang (ed.). The Oceanic-continental Lithosphere Structure and Its Evolution of Southeast China [C]. Beijing: China Science and Technology Publishing House, 1992. 133~142 (in Chinese).
- [6] 项新葵, 许建华, 马长信. 庐山变质核杂岩构造的初步研究[J]. 华东地质学院学报, 1994, 17(1): 11~17.
Xiang Xinkui, Xu Jianhua, Ma Changxin. Preliminary study on the structure of the metamorphic nucleus complex in Lushan[J]. Journal of East China Geological Institute, 1994, 17(1): 11~17(in Chinese with English abstract).
- [7] 项新葵, 许建华, 徐寇龙. 星子群变质核杂岩的特征及其地质意义[J]. 矿产与地质, 1993, 7(6): 401~407.
Xiang Xinkui, Xu Jianhua, Xu Kuolong. The characteristics of Xingzi metamorphic core complex and its geological significance[J]. Mineral Resources and Geology, 1993, 7(6): 401~407(in Chinese with English abstract).
- [8] 尹国胜, 谢国刚. 江西庐山地区伸展构造与星子变质核杂岩[J]. 中国区域地质, 1996, (1): 17~26.
Yin Guosheng, Xie Guogang. Extensional structure and Xingzi meamorphic core complex in Lushan area, Jiangxi[J]. Regional Geology of China, 1996, (1): 17~26(in Chinese with English abstract).
- [9] 金山文, 赵凤清, 甘晓春, 等. 江西庐山地区早元古代星子群变质作用和岩石地球化学特征[J]. 岩石矿物学杂志, 1996, 15(1): 1~9.
Jin Wenshan, Zhao Fengqing, Gan Xiaochun, et al. Lithochemistry and metamorphism of early Proterozoic Xingzi Group in Lushan area, Jiangxi Province[J]. Acta Petrologica & Mineralogica, 1996, 15(1): 1~9(in Chinese with English abstract).
- [10] Wildman T R, Haskin L A. Rare earths in Precambrian sediments [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1973, 37(3): 419~438.
- [11] Bhatia M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones [J]. J. Geol., 1983, 91(6): 611~627.
- [12] Bhatia M R. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywacks and mudrocks: provenance and tectonic control [J]. Sedimentary Geology, 1985, 45(1): 97~113.
- [13] Bhatia M R, Crook Keith A W. Trace element characteristics of graywacks and tectonic setting discrimination of sedimentary basins [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1986, 92(2): 181~193.

Reconstruction of protoliths of metamorphic rocks of the Xingzi Group and discrimination of their tectonic setting

ZHANG Hai-xiang, ZHANG Bo-you

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

Abstract: The study of nature of the protoliths of metamorphic rocks in the Xingzi Group and their tectonic setting shows that the protoliths of mica schist, quartz schist and granulite (leptite) in metamorphic rocks of the Xingzi Group are sedimentary rocks. Among other things, the protolith of mica schist is claystone, those of quartz schist and granulite are graywacke or subgraywacke and those of amphibolite, hornblende schist and garnet amphibolite are basic volcanic rocks. Discrimination of the tectonic setting of metasedimentary rocks indicates that the Xingzi Group formed on active continental margins. Metabasic volcanic rocks are a transitional type between island-arc tholeiite and mid-oceanic tholeiite. They were formed in extensional basins.

Key words: metamorphic rocks of the Xingzi Group; protoliths reconstruction; tectonic setting