

北武夷地区前寒武系变质岩地球化学特征^①

吴新华,楼法生,黄志忠,吴明仁,罗小洪,谢清辉

(江西省地质调查院,江西南昌 330201)

摘要:通过对北武夷地区前寒武系变质岩的岩石化学、稀土元素及微量元素等综合研究,从中元古代铁沙街岩组、周潭岩组到晚震旦世至早寒武世万源组、洪山组、外管坑组, SiO_2 、 K_2O 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 等具有逐渐增大的趋势,而 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 Na_2O 及 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 则逐渐减小; $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 增加,而 ΣREE 总体具减小趋势; Sc 、 Ba 、 Rb 、 Cu 、 Cr 等微量元素含量增大,而 Ni 、 Th 、 U 、 Ta 、 Nb 、 Ga 、 Zr 、 Hf 、 V 、 Zn 、 Co 等则减少。本文利用地球化学参数判别本区前寒武系岩石形成构造环境为被动大陆边缘。

关键词:岩石地球化学;大地构造背景;被动大陆边缘;北武夷地区

中图分类号: P592 **文献标识码:** A

1 引言

陆源沉积岩的地球化学是随各种变量,例如来源区、风化、搬运及成岩作用的复杂因素而变化的。构造作用常被认为是沉积成分的重要控制因素,因此沉积岩的岩石化学、稀土元素及微量元素等地球化学特征在一定程度上反映了当时的沉积构造环境;特别是稀土元素(REE)通常被看作是不活泼的,在沉积过程中仅有微小变化,原岩中的丰度和物源区风化条件是沉积岩中稀土元素的主要控制因素。许多研究表明:稀土元素的迁移能力直到麻粒岩相仍是很小的,稀土元素在海水中的含量特别低,尽管它们通过再循环作用能够快速进入海洋,但停留在海水中时间很短暂。由于稀土元素的性质相对较稳定,因而被广泛地用于区别火山岩的大地构造环境。现代研究表明:板块构造对物源区类型、原岩和砂岩成分之间的关系起着控制作用^[1]。

萍乡—广丰断裂以南之北武夷地区广泛出露一套中浅变质岩系,《江西省岩石地层》^[2]将这套变质岩系划分为铁沙街岩组、周潭岩组、万源岩组、洪山组及外管坑组;江西调研大队(1989、1990)曾对这套地层的地质演化过程作过较详细的描述;作者在上饶市幅 1:25 万片区总结项目工作中,对北武夷地区出露的该套中浅变质岩系进行了详细的调研,并系统采集了岩石化学、稀土元素及微量元素等样品进行了分析测试,期望通过对该区早前寒武系岩石

① 收稿日期:2001-05-10

景德镇幅南昌幅上饶幅 1:25 万区域地质调查项目资助(项目编号:20001300002091)。

第一作者简介:吴新华(1958-),男,江西赣县人,地质矿产工程师,从事区域地质调查与基础研究工作。

地球化学特征的研究,探讨其形成时的大地构造环境。

2 地质概况

北武夷地区位于扬子板块与华夏(南华)板块两大构造单元结合部的南缘^[3]。区内变质岩为一套富含火山物质、钙镁质、泥沙质类复理石建造,该套变质岩系历经多期构造变形、变质和岩浆作用,形成了不同样式的多期叠加褶皱和不同型式的韧性剪切变形带以及由低角闪岩相—高绿片岩相—低绿片岩相组成的三个叠加变质相。

2.1 周潭岩组

本组为一套海相富铝质泥沙质建造,总厚度大于 1 215 m。由石榴石黑云斜长片麻岩、含砂线石黑云斜长片麻岩、黑云片麻岩、斜长变粒岩夹片岩组成。其化学成分特征说明原岩属富铝的泥沙质岩石。变质程度为高绿片岩相。其形成时代为中元古代^[4]。

2.2 万源岩组

为一套海相复理石泥砂质建造,厚度为 569.6 m。由石榴石黑云斜长变粒岩、含砂线石黑云片岩、二云片岩组成。其化学成分特征的尼格里参数:al 33.3~35, fm 41.6~46.5, c 6.1~2.4, alk 12.4~12.6, mg 0.39~0.42, k 0.43~0.49, Si 262~438; 经尼格里图解、西蒙南图解,可知原岩类型有三种:一种为火山礁屑岩类;第二种为正常沉积岩类;第三种为含钙镁质砂岩类。变质程度为角闪岩相。时代归属于晚元古代—早震旦世^[2]。

2.3 洪山组

本组为一套海相弱还原环境下沉积的砂泥质建造,厚度 916.4 m。由石墨石英片岩、二云片岩为主;夹变粒岩、含黄铁矿黑云石英岩;局部夹碳酸盐岩或大理岩透镜体。岩石化学成分表明岩石为硅过饱和型。变质程度为绿片岩相。形成时代为震旦纪^[2]。

2.4 外管坑组

为发育类复理石富铝泥砂质建造之阳起石或黑云母石英岩、变余石英砂岩、少量二云片岩、及含炭硅质板岩、含碳硅质岩等,厚度大于 325.5 m。化学成分特征表明岩石为硅过饱和型。变质程度为低绿片岩相。时代归属为晚震旦世至早寒武世^[2]。

3 地球化学特征及大地构造环境

稀土元素、微量元素及岩石化学分析测试由地矿部江西省中心实验室完成,仅有少量岩石化学分析为原江西地勘局调研大队实验室分析测试。表 1 列出了研究区各不同地层主要岩石的岩石化学分析数据及其特征、表 2 为主要岩石的稀土元素分析测试数据及特征(稀土元素球粒陨石标准化引用 1984 年 W.V 博因顿的推荐值)。

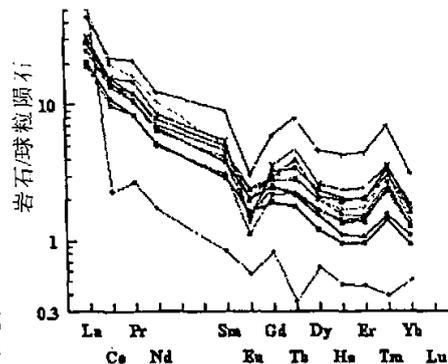


图 1 北武夷地区变质岩石经球粒陨石标准化的 REE 分布模式

Fig.1 REE distribution model of metamorphic rocks in North Wuyi Region

表1 北武夷地区浅变质岩系化学成分特征一览表 $[\omega(B)10^{-2}]$

Table 1 Chemical characteristics of hypabyssal rocks in North Wuyi Region

	周潭岩组			万源岩组			洪山组		外管坑组		
	221-1	221-2	215	221	222	223	219	220	216	219	218
SiO ₂	66.41	68.37	67.30	63.28	65.67	57.66	92.49	64.39	67.30	66.54	56.65
TiO ₂	0.75	0.67	0.88	0.63	0.89	1.10	0.03	0.73	0.66	0.87	0.99
Al ₂ O ₃	15.55	13.95	15.94	17.33	14.48	19.95	0.91	15.61	15.56	12.05	18.86
Fe ₂ O ₃	2.22	1.24	2.13	1.86	2.57	8.56	0.73	6.18	3.00	5.75	1.62
FeO	4.70	4.93	4.36	2.86	4.92	0.96	0.13	0.27	2.93	3.14	0.08
MnO	0.15	0.15	0.12	0.10	0.10	0.12	0.00	0.18	0.16	0.00	0.00
MgO	2.44	2.28	2.16	1.91	2.91	1.46	1.00	2.04	2.16	2.22	2.04
CaO	0.89	1.89	1.78	3.57	0.61	0.22	0.39	1.17	1.39	0.61	0.17
Na ₂ O	1.68	2.68	1.63	3.56	0.38	0.40	0.04	3.77	1.63	1.82	0.20
K ₂ O	3.00	1.85	2.62	2.18	3.72	4.20	0.03	1.42	2.62	3.16	5.20
P ₂ O ₅	0.22	0.12	0.28	1.19	0.55	0.19	0.28	0.32	0.08	0.29	0.15
LOSS	1.94	1.52	6.04	1.57	2.58	5.01	4.26	2.97	2.59	4.87	13.5
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	4.27	4.90	4.22	3.65	4.54	2.89	102	4.13	4.33	5.52	3.00
K ₂ O/ Na ₂ O	1.79	0.69	1.61	0.61	9.79	10.5	0.75	0.38	1.61	1.74	26.0

表2 北武夷地区浅变质岩系稀土元素分析数据特征表 $[\omega(B)10^{-6}]$

Table 2 REE characteristics of hypabyssal rocks in North Wuyi Region

	周潭岩组			万源岩组			洪山组		外管坑组		
	221-1	221-2	215	221	222	223	219	220	216	219	218
La	70.7	51.1	71.2	110	79.3	62.2	149.6	71.8	61.1	46.8	126
Ce	111	81.2	116	163	120	104	17.3	111	100	73.3	146
Pr	13.5	11.0	15.8	27.8	19.4	16.0	3.60	14.2	13.8	11.0	21.5
Nd	49.8	38.1	57.2	91.3	62.1	51.8	12.7	49.5	46.9	36.4	76.7
Sm	10.1	7.73	13.0	23.6	14.5	122	2.19	10.1	10.8	8.20	13.5
Eu	2.07	1.67	2.02	3.15	1.41	2.47	0.57	1.56	2.43	1.14	1.54
Gd	9.42	7.07	12.1	22.4	13.2	11.0	3.02	9.29	10.4	8.06	11.6
Tb	1.44	1.20	2.29	5.40	3.14	2.64	0.24	1.54	1.91	1.50	1.96
Dy	6.94	5.52	10.9	21.1	11.9	9.59	2.85	7.80	9.08	7.62	9.07
Ho	1.12	0.96	2.05	4.35	2.39	1.98	0.48	1.39	1.59	1.45	1.70
Er	3.18	2.87	6.11	13.3	7.31	6.21	1.38	4.14	4.57	4.38	5.22
Tm	0.71	0.65	1.58	3.19	1.65	1.41	0.18	1.14	1.24	10.6	1.45
Yb	3.34	2.89	5.72	9.68	5.13	5.06	1.55	3.98	3.86	3.96	4.30
ΣREE	283.3	212.0	316.0	498.3	342.6	286.6	65.61	353.1	267.7	203.9	389.0
ΣLREE/ ΣHREE	9.75	8.398	6.704	5.234	6.279	8.828	5.74	8.746	7.124	9.513	10.87
Eu/Eu*	0.64	0.68	0.484	0.412	0.306	0.639	0.677	0.484	0.692	0.424	0.367
La/Yb	21.2	17.68	12.45	11.36	15.46	12.29	12.65	18.04	15.83	11.82	29.30
La _N / Yb _N	14.3	11.92	8.39	7.66	10.42	8.29	12.65	12.16	10.67	4.03	19.76

$$Eu/Eu^* = (Eu/0.087) / [(Sm/0.231) + (Gd/0.306)]/2$$

3.1 岩石化学特征及大地构造环境分析

从表 1 可知,周潭岩组到万源岩组、洪山组、外管坑组浅变质岩的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 K_2O 含量变化很大,但总体逐渐递增; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值(0.56—0.6—1.61—1.74—9.79—26.0)逐渐增大;而 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 Na_2O 则递减, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的比值(从 4.39—4.27—3.65—3.00)逐渐减小;此种变化是由于物源岩从安山岩、英安岩、花岗片麻岩直到老的沉积岩所引起的化学性质不稳定的颗粒(如斜长石、火山碎屑等)的含量减少,石英含量增加而造成的,由于钾长石和云母含量增加, K_2O 含量也随之变大;说明其成熟度越来越高。而且以 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 含量较低及 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 较高均反映出本区大地构造环境属被动大陆边缘^[5]。

表 3 不同大地构造背景的沉积盆地中杂砂岩稀土元素特征^[1]

Table 3 REE characteristics of apogrite in the different sedimentary basins

大地构造背景 物源区类型		稀土元素含量及比值						
		La	Ce	ΣREE	La/Yb	La _N /Yb _N	ΣLREE/ΣHREE	Eu/Eu
大洋岛弧	未切割的岩 浆弧	8±1.7	19±3.7	58±10	4.2±1.3	2.8±0.9	3.8±0.9	1.04±0.11
大陆岛弧	切割的岩 浆弧	27±4.5	59±8.8	146±20	11±3.6	7.5±2.5	7.7±1.7	0.79±0.13
安第斯型 大陆边缘	抬升基底	37	78	186	12.5	8.5	9.1	0.66
被动大陆 边缘	克拉通内部 构造高地	39	85	210	15.9	10.8	8.5	0.56

表 4 北武夷地区浅变质岩系微量元素化学成分分析表 $[\omega(B)10^{-2}]$

Table 4 Trace element content of hypabyssal rocks in North Wuyi Region

	铁沙街岩组		周潭岩组			万源岩组			洪山组		外管坑组		
	225	226	221-1	221-2	215	221	222	223	219	220	216	217	218
Sc	2.13	2.76	16.8	13.0	17.0	8.91	17.4	32.3	2.27	9.74	17.2	19.8	11.2
Ba	947	400	1025	532	754	325	319	488	64.2	491	567	1224	10537
Ni	14.4	20.0	39.5	36.5	36.2	26.5	44.2	52.8	2.00	32.7	33.5	53.4	7.8
Th	18.3	26.2	11.3	5.20	15.6	24.4	174	12.0	1.90	15.3	9.90	5.80	15.5
U	17.5	6.82	2.98	3.46	4.74	6.58	6.18	3.86	17.2	5.46	370	4.02	9.54
Rb	200	82.3	116	87.9	155	138	200	212	9.45	138	133	136	262
Ta	46.8	20.8	11.7	5.70	0.29	0.20	2.90	0.32	0.29	0.51	1.60	0.32	1.20
Nb	213	185	19.8	10.7	19.8	21.6	22.7	41.8	3.50	34.3	14.4	20.5	41.5
Pb	12.5	12.0	26.0	15.0	28.0	36.0	9.90	32.0	25.0	30.0	12.0	18.8	28.0
Ga	22.0	25.5	15.5	18.5	27.0	29.0	13.0	27.8	27.0	21.0	13.0	23.5	26.0
Zr	360	720	200	225	370	780	370	145	120	190	225	165	92.0
Hf	3.20	10.0	9.4	4.4	10.2	12.2	5.00	15.2	8.50	3.00	4.20	130	3.20
Sr	11.9	9.50	197	298	130	323	24.3	29.2	7.10	115	183	16.0	29.4
V	11.4	11.3	129	117	107	86.2	156	186	271	79.2	115	180	808
Zn	76.2	134	98.2	79.5	101	67.1	133	145	2.00	65.5	83.8	106	26.1
Co	5.20	5.23	20.4	18.6	18.4	13.0	22.1	33.2	2.00	14.6	18.1	21.0	8.21
Cu	29.2	23.4	26.5	80.1	35.2	62.8	123.1	44.0	14.8	74.8	24.3	109	34.5
Cr	5.00	7.10	201	179	234	158	293	226	10.6	54.6	77.6	316	289

3.2 稀土元素特征及大地构造环境分析

表2反映出 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 、 Eu/Eu^* 、 La/Yb 、 La_N/Yb_N 含量从周潭岩组至外管坑组是逐渐增大;而 ΣREE 则总体随之减小;可见物源总体上显示出从安山岩、英安岩、花岗岩麻岩到沉积岩的这种变化特征(表1)。测试结果经球粒陨石标准化后的REE分配模式(图1)显示Eu负异常,而不显Ce负异常,说明海水为陆棚水^[6],其大地构造环境为被动大陆边缘。

地槽带的浊积岩稀土元素特征变化主要取决于物源区类型和大地构造背景。根据澳大利亚东部地区的四种大地构造背景主要模式和参数^[1](表3),本区浅变质岩系稀土元素特征与之对比,本区大地构造背景与澳大利亚东部地区被动大陆边缘环境相似。

3.3 微量元素特征及大地构造环境分析

表4反映了本区变质岩系微量元素特征及其变化,Sc、Ba、Rb、Pb、Cu、Cr等微量元素自铁沙街岩组至外管坑组逐渐增大,而Ni、Th、U、Ta、Nb、Ga、Zr、Hf、V、Zn、Co等元素则反之。

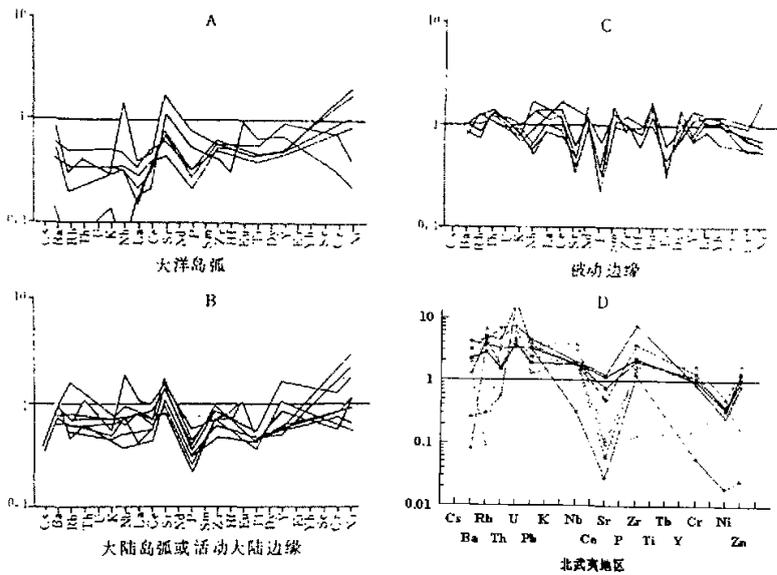


图2 已知沉积在不同构造环境的页岩与北武夷地区变质地层对比的蛛网图

Fig.2 Comparative diagram between the shale deposited in the various tectonic environments and metamorphic strata in North Wuyi Region

判别古岩系形成大地构造环境的另一种方法是将页岩的微量元素与沉积于已知构造环境中泥岩的微量元素含量进行对比(图2),本区沉积物的微量元素曲线与已知沉积在被动大陆边缘构造环境的微量元素曲线最为相似,因为它们有含量特别高的Ba和Rb,所以铁沙街岩组至外管坑组显示了负斜率,这或许反映了它们的硅铝特征并说明部分沉积物来自先存沉积物^[7],由于具有被动大陆边缘的蛛网式,所以它显示出Sr、Pb和Ti的负异常。

4 结论

通过对北武夷地区浅变质岩系的地球化学特征分析,利用岩石化学、稀土元素、微量元素等地球化学参数判别碎屑沉积岩的构造环境的方法,得出北武夷地区前寒武系岩石形成的大地构造背景为被动大陆边缘。

参考文献

- [1] Muleul R., Bhatia 著,雷建喜译.澳大利亚古生代杂砂岩和泥岩的稀土元素地球化学特征[J].地球科学译丛,1987,4(3):59-67
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 余达淦,艾桂根,黄国夫,等.江西周潭群同位素年龄特征及其地质意义[J].地球学报,1999,20(2):195-200
- [5] Muleul R., Bhatia 著,郝太平译.板块构造和砂岩地球化学组成[J].国外地质,1986(5):22-27
- [6] 吉磊.稀土元素:海相硅岩沉积环境的有效指示[J].地质论评,1992,38(5):444-447
- [7] J. A. Winchester, M. D. Max 著,杨坤光译.碎屑岩系的构造环境判别[J].地球科学译丛,1990,7(4):18-26

Geochemical characteristics of Precambrian metamorphic rocks in North Wuyi Region

WU Xing-hua, LOU Fa-shen, HUANG Zhi-zhong,
WU Min-ren, LUO Xiao-hong, XIE Qing-hui
(Jiangxi Institute of Geologic Survey, Nanchang 330201, China)

Abstract

Based on the study of petrochemistry, REE and trace element of Precambrian metamorphic rocks in North Wuyi Region, we found that the contents of SiO_2 , K_2O , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ gradually increased from Middle Proterozoic Tieshajie petrofabric, Zhoutan petrofabric to Upper Simian—Early Precambrian Wanyan formation, Hongshan formation and Waiguanken formation. On the contrary, the content of TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , Na_2O and $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ decreased, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ increased, while ΣREE decreased, the trace element contents of Sc, Ba, Rb, Cu and Cr increased, the contents of Ni, Th, U, Ta, Nb, Ga, Zr, Hf, V, Zn and Co decreased. According to the geochemical parameter, the tectonic setting formed by Precambrian rocks can be considered as a passive continental margin.

Key words: Litho-geochemistry; geotectonic setting; passive continental margin; North Wuyi Region