

文章编号:1003-9414(2001)04-0284-08

燕山地区大红峪组火山岩古风化作用新认识^①

林晓辉,秦正永

(天津地质矿产研究所,天津 300170)

摘要:大红峪组火山岩,在成岩后受古风化作用影响引起化学成分的变化,特别是深风化带岩石后期 K_2O 沉积的影响,造成从未风化到深风化岩石在 TAS 图解、碱度系数、岩系指数及岩石类型等方面相应地发生变化。在 TAS 图解上,岩石向碱性增加、 SiO_2 减少方向变化。碱度系数变大;岩系指数的变化使火山岩反映为从钙碱性到超碱性。岩石类型也出现不确定性。深风化带岩石根据岩石化学成分计算标准矿物时,出现白榴石、霞石等碱性矿物,而实际矿物未见这一现象,也是后期 K_2O 沉积影响的结果。排除古风化的影响,作者认为大红峪组火山岩应为钾质的粗面岩和粗面玄武岩,属钙碱系列。粗面玄武岩为过饱和理,粗面岩为正常型;不存在明显的岩浆分离结晶作用,其原始岩浆应以基性为主。

由于上述的原因,影响了对岩浆来源、构造环境的判断。推断其构造环境,是在总的海进条件下,出现多次的海退,伴有多次火山喷发活动,水动能比较大,气候干旱,封闭、半封闭的海盆中富含钾的环境。

关键词:古风化作用;火山岩;TAS 图解;碱度系数;岩系指数;燕山

中图分类号: P588.14

文献标识码: A

提到古风化作用,人们一般容易把它与古风化壳联想在一起。古风化壳一般代表不整合面,容易为人们所认识。而本文所述的古风化,不代表大的地质间断,它只是火山喷发间歇期火山岩所经历的风化。大红峪组火山岩以陆上化学风化为主,无明显物理风化产物。古风化的风化产物不如古风化壳发育,据 D. E. Grandstaff^[1] 认为其古风化产物一般具下列一些标志:

- (1)层状。
- (2)相对较薄(通常 < 20 m)。
- (3)有过渡的下界和突变的上界。
- (4)存在颜色变化。
- (5)原始岩石结构的破坏常伴有土壤结构的形成,包括颗粒上的泥膜,方解石结核或硅质结核,以及铁结壳或锰结壳等。
- (6)矿物变化——原生矿物的破坏和粘土矿物或其变质矿物的形成。

^① 收稿日期:2001-05-31

第一作者简介:林晓辉(1959-),男,工程师,长期从事前寒武纪地质及情报工作。

(7)主要元素和痕量元素的分布——多数阳离子的亏损,Al、Ti、Zr 和其它元素形成不溶化合物的富集。

(8)土壤中有岩脉物质从上覆沉积物冲刷回填于干燥裂缝内。

(9)上覆沉积物中的破裂岩屑。

大红峪组火山岩即具上述特征,作者在《燕山中段大红峪组火山岩古风化特征》一文已对其总结。因大红峪组火山岩以化学风化为主,势必造成元素的流入和流出的变化,因此根据岩石化学投影在各种图解上化学成分便出现一定的规律变化,现叙述如下。

1 风化对岩石参数确定的影响

我们知道,风化能造成岩石化学成分的变化。岩石化学成分的变化影响了对岩石的正确认识和定名。现将大红峪组火山岩的化学成分及参数^[2],按风化程度的深浅排列成表 1。据此来讨论风化岩石的化学成分在图解上的表现。风化对本区岩石化学成分最大的影响是 K_2O 含量的变化。邱家骧等^[3]认为 K_2O 与岩石 SiO_2 含量有关, SiO_2 含量高、 K_2O 含量也高。 $SiO_2 < 55\%$, $K_2O = 1.17\% \sim 9.07\%$; $SiO_2 > 55\%$, $K_2O = 11.70\% \sim 15.90\%$ 。但据表 1,我们可以看出, SiO_2 与 K_2O 不存在上述对应关系。深风化带的 K_2O 含量大, SiO_2 却小于 55%; SiO_2 大于 55% 的 15、17 号样,其 K_2O 却较小,在 2.67% ~ 4.20% 之间。表 1 显示从弱风化带到深风化带总的趋势是先减后增。我们知道,一般风化过程,因水中 H^+ 离子的作用,K、Na、Ca 是被排挤出铝硅酸盐,而本区则呈增加趋势,明显不符合风化过程的一般规律。所以作者^[3]指出大红峪组火山岩虽富钾,但大部分钾是其后期从海水中吸附的,也即与沉积盆地含钾有关。从本区浅风化带 10、14、16、17 号样中 K_2O 先是减少,说明在风化过程中 K_2O 是被带出组分。深风化带 K_2O 增加,明显应与后期沉积有关。对于以往所称的超钾质或过钾质^[4],实是后期 K_2O 沉积影响结果。1 号、15 号样的 $Na_2O - 1.5 < K_2O$,应称为钾质。只有深风化岩石的 $K_2O/Na_2O > 5$ (2、4、6、12 号样),为超钾质,浅风化 10 号样为富钾质。所以本区未风化火山岩只是钾含量相对较高一点而已。作者在《北京长城系》^[5]一文中认为本区大红峪期的海盆富含钾, K_2O 在风化带中增加是后期风化的火山岩从海盆中吸附了钾形成。 K_2O 含量变化影响岩石在 TAS^[6]图解上的投影(图 1),未风化 1 号样落在粗面玄武岩区域,15 号样落在粗面岩区域,这与岩石鉴定结果一致。其它样品由于风化而向碱性增加方向发展,具体在风化带上,从弱风化带到深风化带也体现了由于风化使碱性逐渐增加的结果(参考表 1 及图 1)。风化的粗面玄武岩显示碱性增加、 SiO_2 减少趋势,由此便落在碱性粗面玄武岩或响岩质碱玄岩系列,个别落在副长岩区域。风化的粗面岩向碱性减少、 SiO_2 减少趋势发展。同一层火山岩 1~8 及 11~12 号样品,也显示了向上部层位 $K_2O + Na_2O$ 增加趋势。

由于风化的火山岩后期从海盆中吸附了 K_2O ,便引起 K_2O 含量增加,碱度系数 $K = K_2O / (K_2O + Na_2O)$ 随之也变大(见表 1)。由此产生错误的判断,被认为存在分离结晶作用。但笔者认为分离结晶作用不可能在同一层不太厚的火山岩层的上下层面间发生如此明显的分离结晶作用。如同一层火山岩下部层位的 1、3、5、7、11 号样具相近的 K 值,而上部层位的 2、4、6、8、12 号样 K 值相近但比前一组大。此两组样品取自同一层的上下部,该层还不太厚,不应存在如此大的分离结晶作用,应是上部岩石被风化后后期从沉积盆地中 K_2O 沉积影响的结果。15 号样 K 值是 0.43,与 1 号样的 K 值 0.44 相近,此两个样品代表未风化火山岩的 K

值,说明大红峪组火山岩无明显的分离结晶作用。

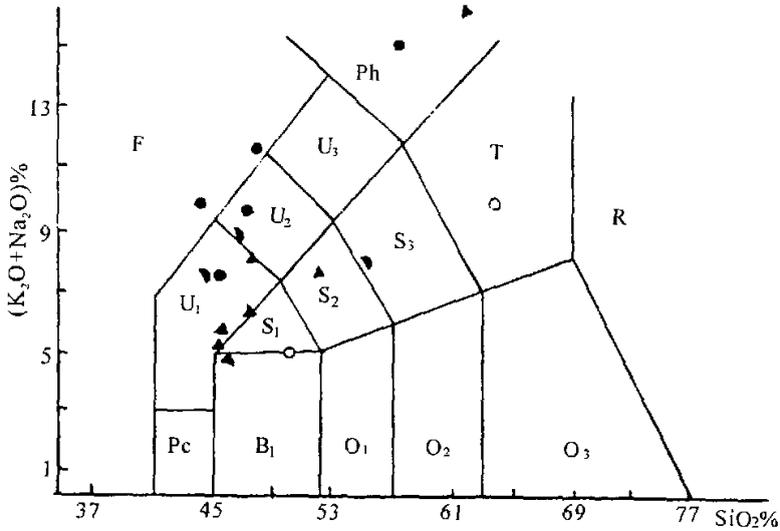


图1 大红峪组火山岩 TAS图 (IUCS,1989)^[9]

Fig.1 TAS diagram of Dahongyu formation volcanic rocks

B - 玄武岩; O₁ - 玄武安山岩; O₂ - 安山岩; O₃ - 英安岩; R - 流纹岩; S₁ - 粗面玄武岩; S₂ - 玄武粗安岩;
 S₃ - 粗安岩; T - 粗面岩; U₁ - 碱性粗面玄武岩; Ph - 响岩; F - 付长岩; Pc - 镁质玄武岩
 ● 深风化 ▲ 浅风化 ▲ 弱风化 ○ 原岩

岩石受风化的影响使σ值具分散性,σ值的变化影响了对岩浆来源、构造环境的判断。表1列出了岩石的σ值,可以看出其大小相差悬殊。对于一套同源火山岩系,或即同一层火山岩来说,σ值应大体相同。但据表1,σ值分散性却很大,总体显示σ指数从钙碱性岩系、碱钙性岩系向碱性岩系过渡。图2和表1给出A. Rittmann^[7]岩系指数及其投影图。可以看出,随着风化的加深,岩系指数从钙碱性向碱钙性(钾)、碱性岩系发展, SiO₂含量也有所降低。表1中2、4、6、8、12是深风化特征的岩石,其σ值都大于20以上,而3、5、7、9、11号样又有相近的σ值,说明风化情况相同的岩石具相同或近似的σ值。风化引起 SiO₂ 值变化还影响了对原始岩浆的判断,以致对同一层火山岩经常能得出有不同岩浆来源,或岩浆分异作用明显的结论^[3]。按照一般的认识,一次火山活动或同一层火山岩的化学成分不应有太大的变化范围,由于黑色矿物受风化作用带出而引起 SiO₂ 含量相对减少,在图1上就显示 SiO₂ 向含量变小方向分布的特征。在这里,只能根据1号样、15号样未风化岩石的σ值判断大红峪组火山岩的原始岩浆。未风化的1号、15号样σ值相近,属钙碱性岩系,1号样σ=2.98,属钙碱性;15号样σ=4.71,属碱钙性。根据1、15号样,本区原始岩浆 SiO₂ 应为 < 55% 及 63%,可推测本区原始岩浆应为基性,存在部分中性岩浆。

表 1 大红峪组火山岩岩石化学参数

Table 1 Chemical data of volcanic rocks of Dahongyu formation

编号	风化程度	岩石类型	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TFe/FeO	δ	K
12		正常	47.81	14.37	8.07	0.82	4.48	11.68	0.16	10.84	29.14	0.99
8	深风化带	正常	45.67	14.23	9.18	2.39	7.24	5.90	1.69	4.84	21.58	0.78
6		正常	57.98	16.02	7.22	1.60	0.85	13.60	0.68	5.51	13.61	0.95
4		正常	46.74	13.73	7.66	1.70	5.19	9.48	0.14	5.50	24.74	0.99
2		正常	44.12	13.96	6.13	0.78	8.37	10.08	0.18	8.86	93.99	0.98
17	浅风化带	正常	55.46	14.48	1.13	3.66	5.58	3.20	4.76	1.31	5.09	0.43
14		铝过饱和	46.69	16.64	3.99	4.99	1.73	8.50	0.52	1.80	22.05	0.94
10		正常	44.39	13.67	8.26	2.40	8.65	5.72	1.68	4.44	39.04	0.77
16	弱风化带	正常	51.81	15.73	3.77	5.29	5.81	2.67	4.73	1.71	6.22	0.36
13		碱过饱和	62.04	17.66	2.95	0.32	0.10	16.30	0.13	10.22	14.18	0.99
11		正常	45.56	15.53	2.60	8.72	7.38	3.60	1.60	1.30	10.56	0.69
9		正常	47.49	14.40	4.66	8.15	4.18	6.23	1.72	1.57	14.08	0.78
7		正常	46.42	16.21	4.33	6.56	7.36	2.36	2.56	1.66	7.08	0.48
5		正常	45.66	17.92	3.66	4.67	7.13	3.52	2.22	3.92	12.3	0.61
3		铝过饱和	47.88	18.55	2.96	5.43	5.34	4.18	2.24	1.55	8.45	0.65
15	原岩	正常	63.74	16.06	1.23	2.49	2.17	4.20	5.68	1.49	4.71	0.43
1		铝过饱和	51.40	16.63	3.54	4.96	4.45	2.20	2.80	1.71	2.98	0.44

注:1-12号为粗面玄武岩,13-17号为粗面岩

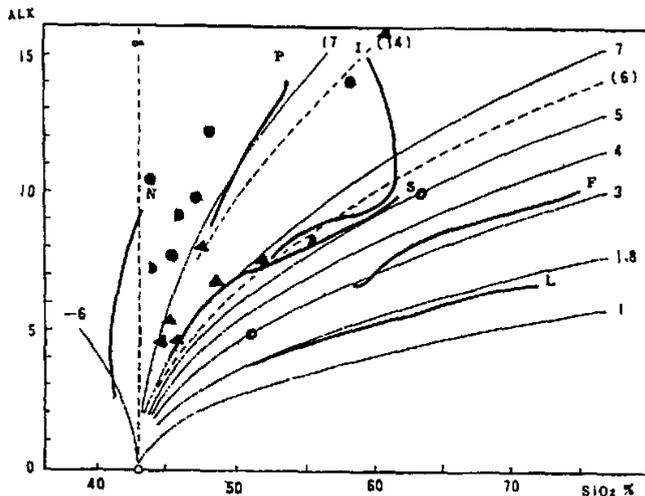


图 2 里特曼岩系指数图(依据 A. Rittmann, 1962)^[7]

Fig. 2 Relation of Rittmann

注:图例同图 1

风化作用的影响也使岩石类型发生变化,未风化的 1 号样为铝过饱和型,被风化的岩石

则变为正常型。而粗面岩的情况则从未风化的正常类型变为碱过饱和类型(表1)。若按 $TFe/FeO > 7$ 为氧化带, $3.5 \sim 7$ 为半氧化带, < 3.5 为原生带, Fe_2O_3 越高, 氧化程度越高, 岩石在空气中暴露时间便越长。由表1可见, 粗面玄武岩处于半氧化带范围, 粗面岩的情况则与古地理状态有关。

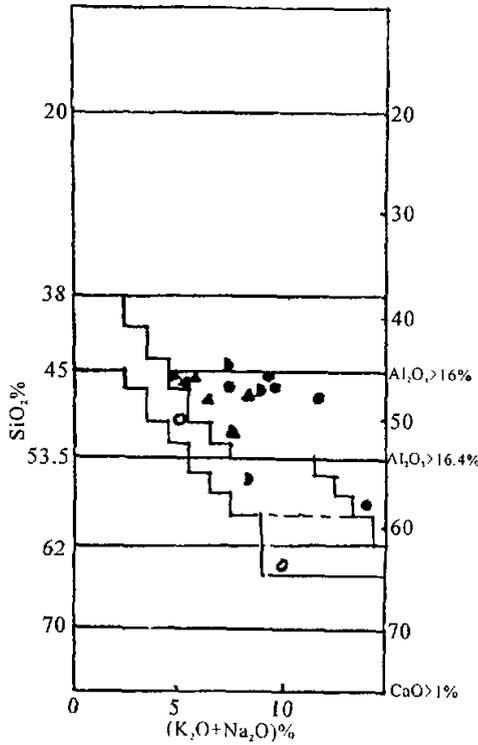


图3 E. Middlemost的火山岩分类图

Fig.3 The Middlemost classification map of volcanic rocks

2 风化作用对岩石定名的影响

岩石被风化造成元素的迁移, 由此影响了根据岩石化学成分计算岩石标准矿物(表2)的结果, 并影响对岩石名称的确定, 及由此的一系列有关岩石、构造的判断。大红峪组火山岩岩石化学成分最大的变化是 K_2O , 以往对标准矿物的计算有副长石及其它碱性矿物, 但实际矿物中未见这一现象, 就因 K_2O 含量变化造成。深风化带 2、4、8、12 号样都出现霞石、白榴石, 钠长石也近于缺失, 赤铁矿应是磁铁矿水合结果, 这几种标准矿物可视为深风化带的标准矿物, 风化岩石出现橄榄石, 可能与 SiO_2 流失有关, 未风化的 1、15 号样则标准矿物与实际矿物基本相符。浅风化带与弱风化带的特征则介于未风化带与深风化带之间。

用上面计算的结果进行投影在 E. Middlemost 火山岩分类图也出现类似的情况(图 3)。同一层火山岩,不同地点的上下层位间采集的 1~8 号样及 11~12 号样在图中也显示为不同的岩石类型。

表 2 岩石标准矿物

Table 2 Standard minerals parameters for volcanic rocks

样号	An	U	Mt	Hm	Or	Ab	An	Ne	Le	Wo	En	Es	Di	En*	En+	Hy	Fo	En	Ol
12	0.07	1.16	1.04	7.35	32.91		4.02	0.73	28.27	7.53	6.22	0.38	14.12				2.46	0.17	2.63
8	0.99	4.56	1.17	8.37	34.84	7.87	13.83	3.48		8.19	6.80	0.36	15.35				4.03	0.24	4.26
6	0.66	2.24	1.84	5.95	80.31	5.75	0.52			0.86	0.30	0.58	1.73	0.25	0.47	0.72			
4	0.09	3.19	0.81	7.10	45.54		8.85	0.64	8.19	6.95	5.82	0.25	13.02				3.30	0.16	3.46
2	2.25	1.88	2.87	4.15	14.14		7.53	0.82	35.59	10.48	7.90	1.52	19.90				0.44	0.09	0.54
17	0.99	1.37	1.64		18.90	40.26	8.71			6.89	4.68	1.68	13.25		1.30	4.93	3.50	1.39	4.89
14	0.66	2.70	5.79		50.19	4.40	6.74							4.04	0.72	4.77	11.18	2.20	13.38
10	0.83	3.70	2.54	6.15	33.78	1.72	12.88	6.76		11.68	9.23	1.32	22.04				1.78	0.24	2.03
16	2.11	3.53	5.47		15.77	40.013.82			4.08	2.85	0.09	7.82	1.43	0.45	1.57	5.41	1.86	7.28	
13	0.09	0.49	3.86	2.66	93.93		0.08	1.82	0.11	0.03	0.16	0.24			0.25	1.61	1.37		
11	0.83	4.01	3.77		21.26	13.5324.57			4.17	2.40	1.57	8.14	2.99	1.96	4.95	7.65	5.52	13.16	
9	2.60	3.78	6.76		36.79	14.5513.19			0.45	0.24	0.19	0.89	5.27	4.16	9.42	3.60	3.13	6.74	
7	0.69	3.48	6.28		13.94	21.6525.78			3.77	2.64	0.81	7.22	4.37	1.33	5.71	8.10	2.72	10.82	
5	3.1	20.0	22.9		37.4	35.81 2.6			15.2	13.2	2.1	30.4	7.8	1.2	9.0	66.1	10.4	76.5	
3	0.52	2.81	4.29		24.68	18.9525.19							6.22	2.2	8.42	6.04	2.35	8.40	
原岩	15	1.8	5.9	7.7		44.6	91.6	21.3		11.9	9.2	2.7	23.7	65.5	19.4	84.9			
1	1.21	4.27	5.13		12.99	23.68	19.07							16.83	2.59	19.39			

由以上的讨论可知,如果样品采自于被风化的岩石,或混有被风化的岩石,由此而进行的岩浆来源及其演化的推断、岩石的分类和命名等都将产生错误的结论。

3 构造环境

蓟县地区在团山子期末的兴城运动是一次以缓褶升降为主的盖层运动^[8],它形成一个广阔的海陆棚,自大红峪期开始,出现广泛的海侵,在燕山各地都能见其踪迹。大红峪组是古海山的沉积环境,地层结构上典型的火山岩基底加碳酸盐岩盖层的洋岛型双层式结构^[9],粗面岩伴有碳酸盐岩表明其为后地台裂谷带。火山岩 SiO₂、Al₂O₃、K₂O 含量高,代表“合”的地壳运动^[10],说明这时裂谷已处于消亡、闭合阶段。古风化壳存在的大地构造活动强烈的时代,在一定时间(1~1.5Ma)内,地形和古地面显示稳定条件^[11]。其洋岛走向是一个以火山岛作岛弧,呈近东西向,其南侧为弧后盆地,沉积了陆源碎屑、火山灰物质和含砂粒的浅海碳酸盐岩,显示非单一物源的特点。其北侧为弧外盆地,沉积了含生物成因的硅质条带碳酸盐岩。K₂O 沉积一般是代表封闭、半封闭、气候干旱的情况下,盐类沉积的最后阶段。因燕山地区海底相的火山岩也同样受到古风化,应是海水的多次退出造成火山岩多次出露海平面之上使火山岩被风化,而不是由于火山的多次喷发造成火山岛高于海平面而被风化。含钾页岩即钾盐沉积,可代表海退环境^[4],每一次海退可造成一层含钾页岩沉积。蓟县地区大红峪组存在多层含钾页岩,每一层风化的火山岩层也可看作一个含钾层。由此推测大红

峪期火山岩喷发间歇阶段,出现多次海退。大红峪组下部砂岩还见波痕构造,说明当时总的海水不深,该区处于较近岸的潮坪环境,燕山西段一带见泻湖相及红层沉积,说明有过干旱气候环境。红色碎屑岩系反映沉积盆地的地形复杂,水动能变化较大,补给来源复杂而多变,韵律结构复杂的环境。其多层钾盐及厚度不大,则说明了成盐期淡化很频繁。由此推测大红峪海浸是在海水动荡进退的环境,在总的海浸状态下还出现过多次短暂的海退。在封闭、半封闭的环境下,每一次新的海进,则起到淡化钾盐卤水的作用,并带来新的含矿液体,成矿溶液得以保留,后期海退及干旱气候使成矿液体得以浓缩,直至沉积含钾页岩,如此反复进行便造成多层含钾页岩沉积。后期则由于海水大量进入、火山活动的停止而沉积正常海相碳酸盐沉积,成为洋岛型双层式结构。

由上面的叙述可对大红峪期构造环境作出如下的总结:兴城运动以后,燕山地区成为一个广阔的浅海陆棚,发育后地台裂谷带,其间还发育有火山岛,因而使其近岸部分海盆处于半封闭状态,水动能比较大、水体又比较浅、海水进退变化频繁的环境,在这一环境下沉积了碎屑岩系,间或有火山喷发活动产生,火山岛弧外侧沉积生物成因燧石条带碳酸盐岩。随着水动力的变化即海退及气候干旱、蒸发影响,半封闭环境形成泻湖相沉积了石盐直至钾盐。随后又一次新的海浸,海域继续扩大,火山活动等。海水进入使该海盆暂时得以淡水化,停止了钾盐沉积等,补充了新的矿液来源。如此周期性反复海浸、海退造成的结果便形成了多层含钾页岩沉积。后期火山活动停止,裂谷消亡,海水变深,海浸达到了最大,沉积了碳酸盐岩,形成了典型的火山岩加碳酸盐岩结构。构造环境进入相对稳定的状态。

4 结论

基于上面的讨论,本区大红峪组火山岩的原岩应为钾质的粗面岩和粗面玄武岩,属钙碱系列。粗面玄武岩为铝过饱和型,粗面岩为正常型。其超量的钾是风化了的火山岩后期从海盆中吸附所致。其古风化条件为半氧化带环境。随风化的加深,风化岩石在 TAS 图上向碱性增加, SiO_2 减少的方向发展。碱度系数变大,岩系指数从钙碱性向超碱性变化,粗面玄武岩从铝过饱和型变为正常型,粗面岩则从正常型变为铝过饱和型或碱过饱和型。该火山岩风化最明显的变化是 K_2O 增加,由此引起根据岩石化学成分计算标准矿物时,出现白榴石、霞石等碱性矿物,实际则并无这些矿物,导致一系列误判。未风化的火山岩则无这一现象。

中元古代时期是地球历史上一个富钾时期,世界上许多大型沉积钾矿便形成于该期。燕山地区也存在多层含钾页岩沉积,说明当时存在含钾盆地。以前认为华北地台这一时期以富钾岩浆活动为主外,还有外生成因的钾盐矿。本文研究对寻找钾盐矿开辟一条新的途径。

参考文献

- [1] D. E. Grandstaff 等. 卢祥生译, 多米尼群和蓬戈拉群(南非德兰士瓦)底部前寒武纪古土壤的化学和矿物特征[J]. 国外前寒武纪地质, 1987(1): 40-55.
- [2] 林晓辉. 燕山中段大红峪组火山岩的古风化特征[J]. 前寒武系研究进展, 2000, 23(2): 103-110
- [3] 邱家骧, 廖群安. 北京地区中元古代与中生代火山岩的酸度、系列、构造环境及岩浆成因[J]. 岩石矿物学杂志, 1998, 17(2): 104-117

- [4] 刘文兴. 燕山地区中元古代火山岩的研究[J]. 天津地质学会志, 1991, 9(2): 46 - 55
- [5] 林晓辉. 北京地区长城系[J]. 前寒武纪研究进展, 2000, 23(3): 173 - 178
- [6] Le Maitre R.W (Editor), A classification of igneous rocks and glossary of terms - recommendations of the IUGS subcommission on the systematic of igneous rocks[J], London: Blackwell Scientific Publications, 1989.
- [7] Rittmann, A "Volcanoes and Their Activity"[M]. New York: Wiley, 1962
- [8] 常绍泉, 张维芳, 汪凤鸣, 等. 辽宁锦西葫芦岛的中元古界并论兴城运动及其意义[J]. 辽宁地质学报, 1984, 1: 1 - 6.
- [9] 张海清, 孙晓猛, 陈先兵. 洋岛, 海山碳酸盐岩的沉积特征及古地理意义[J]. 地质科技情报, 1997, 16(1): 29 - 33
- [10] 邓清禄. 从元素的角度研究“开”、“合”运动[J]. 地学前缘, 1995, 2(1 - 2): 140 - 143
- [11] 田书文. 前寒武纪化学风化壳的形成阶段[J]. 国外前寒武纪地质, 1984(4): 7 - 12.

The new discussion on the palaeoweathering of volcanic rocks of Dahongyu formation in Yanshan area

LIN Xiao - hui, QIN Zheng - yong

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

Abstract:

The chemical composition of Dahongyu volcanic rocks in Yanshan area changed from the fresh volcanic rock to the weathered rock. Also, they changed in TAS, in alkalinity index, in serial index, and in rock type. The alkali added and SiO_2 reduced in TAS. The alkalinity index added because K_2O had been sedimented from the basin. There are leucite and nepheline in normative mineral but they don't occur in real mineral that resulted from changed chemical composition. The serial index changed from Calc - alkalic series to ultra - alkali. We have drawn a wrong conclusion with regard to magmatic origin and tectonic setting. We regard Dahongyu volcanic rocks as trachybasalt and trachyte, Calc - alkalic series, potassic. Trachybasalt is peraluminous type, and trachyte normal type.

The determination of magma origin and tectonic environment are influenced by palaeoweathering, which always occurs in the transgression and dry climate and closed or semi - closed basin rich in potassic environment with many times of regressive and volcanic activities.

Key word: palaeoweathering; volcanic rocks; TAS diagram; alkalinity index; serial index; Yanshan