

# 一种确定火成岩系列碱度的新方法

王希渠

(武汉地质学院北京研究生部)

火成岩系列是指一组有成因联系并按一定规律出现的岩石组合。正确地区分火成岩的系列类型,对研究岩石成因具有重要意义。目前,一般将火成岩划分为亚碱性、碱性和强碱性(似长碧玄岩—似长岩—似长响岩)三大成因系列。本文从分析造岩氧化物的性质入手提出了一种以岩石碱度确定火成岩系列类型的新图解。它适用于从超基性到超酸性的各种火成岩,在一定程度上弥补了已有区分方法的不足。

火成岩碱性程度的概念与化学上物质碱性的概念是相似的,这种相对碱性程度可以称为火成岩的碱度。

大量经验总结和岩石成因实验都证明由结晶分异作用产生的一系列派生岩石,它们的碱度是相近或相同的,这是区分岩石系列的出发点。在组成火成岩的主要氧化物中, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\text{FeO}$ 化学性质上属于两性氧化物,对岩石碱度贡献不大,余下的是: $\text{SiO}_2$ 属酸性氧化物, $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ 属强碱性氧化物, $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 属弱碱性氧化物。因此,研究岩石碱度时只考虑硅和钾钠是不全面的。一般来说,岩浆结晶期间, $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 比 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 更早进入结晶相。也可以理解为,岩浆中酸性的二氧化硅优先中和碱性较弱的氧化镁和氧化钙形成橄榄石、透辉石、顽火辉石和钙长石等矿物。这些矿物的分离结晶基本不改变派生岩浆岩的碱度。所以与氧化镁和氧化钙结合的这部分二氧化硅对岩石的碱度不再起作用。二氧化硅、氧化钙和氧化镁的分子量分别为60、56和40,所以透辉石( $\text{MgO}\cdot\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ )、顽火辉石( $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ )中 $\text{SiO}_2\text{wt}\% = \text{CaOwt}\% + 1.5\text{MgOwt}\%$ 或者 $\text{SiO}_2\text{wt}\% - \text{CaOwt}\% - 1.5\text{MgOwt}\% \approx 0$ ,镁橄榄石( $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ )中 $\text{SiO}_2\text{wt}\% - \text{CaOwt}\% - 1.5\text{MgOwt}\% = -43$ ,钙长石( $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ )中 $\text{SiO}_2\text{wt}\% - \text{CaOwt}\% - 1.5\text{MgOwt}\% = 23$ 。据此可以假设岩浆早期结晶相的平均成分中大致应有 $\text{SiO}_2\text{wt}\% - \text{CaOwt}\% - 1.5\text{MgOwt}\% = 0$ 关系的存在。对任何一种岩浆岩,它的碱度应该由“残余的二氧化硅”( $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - 1.5\text{MgO}$ )与碱金属氧化物的相对比例来决定。氧化钠和氧化钾的分子量分别为62和94,所以岩石中的“残余碱量”应该表示为 $\text{K}_2\text{Owt}\% + 1.5\text{Na}_2\text{Owt}\%$ 。

笔者从新近出版的火成岩著作中选取了世界各地著名火成岩系列的263组岩石成份数据,这些系列具有良好的单一分异演化趋势<sup>[1]、[2]、[3]、[4]</sup>,将这些岩石成分投在( $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - 1.5\text{MgO}$ )wt%对( $\text{K}_2\text{O} + 1.5\text{Na}_2\text{O}$ )wt%直角坐标图上,结果得到亚碱性系列(含拉斑系列和钙碱性系列)、碱性系列和强碱性系列岩石之间的界线如图1。

为了对比,选择著名的冰岛 Thingmuli 亚碱性系列火山岩(拉斑系列)<sup>[5]</sup>和大西洋 Guogh 岛碱性系列火山岩<sup>[7]</sup>以及东非裂谷的 Boina 碱性系列火山岩<sup>[9]</sup>分别在( $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - 1.5\text{MgO}$ )对( $\text{K}_2\text{O} + 1.5\text{Na}_2\text{O}$ )图解和常用的硅-全碱图解上进行了投点,见图2和图3。可以看出,由图1得到的碱性系列和亚碱性系列界线比硅-碱图上 Miyashiro 的界线<sup>[8]</sup>更准确,尤其是在含硅很高和很低的部分。

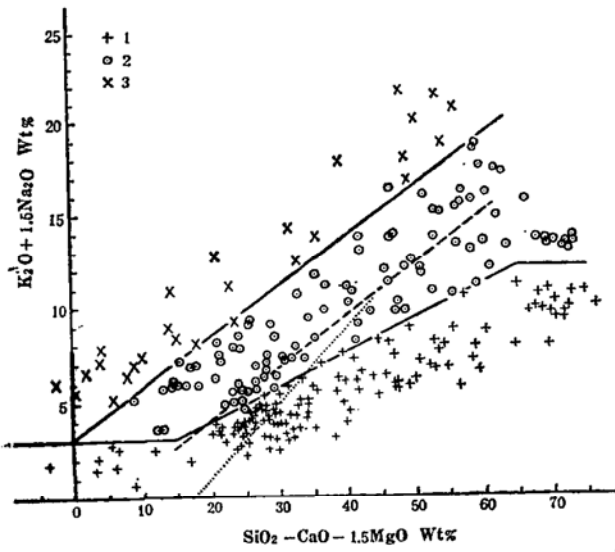


图 1 不同系列岩石的 (SiO<sub>2</sub>-CaO-1.5MgO) wt% 对 (K<sub>2</sub>+1.5Na<sub>2</sub>O) wt% 图解

Fig. 1 (SiO<sub>2</sub>-CaO-1.5MgO) wt% vs. (K<sub>2</sub>O-1.5Na<sub>2</sub>O) wt% diagram for different rock series

1—亚碱性系列岩石 2—碱性系列岩石 3—强碱性系列岩石

虚线之上为出现霞石标准矿物分子区，点线之下为出现石英标准矿物分子区，数据取自〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕，其中许多点是同一岩石多组化学分析结果的平均值。

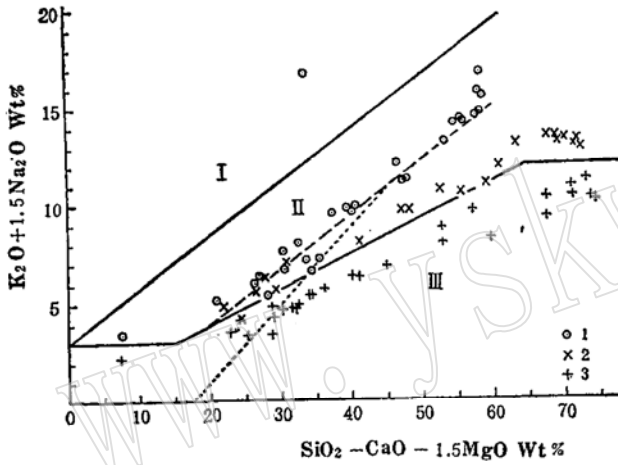


图 2 (SiO<sub>2</sub>-CaO-1.5MgO) wt% 对 (K<sub>2</sub>O+1.5Na<sub>2</sub>O) wt% 图解

Fig. 2 (SiO<sub>2</sub>-CaO-1.5MgO) wt% vs. (K<sub>2</sub>O+1.5Na<sub>2</sub>O) wt% diagram

I—强碱性系列；II—碱性系列；III—亚碱性系列  
1—Gough；2—Boina；3—Thingmuli

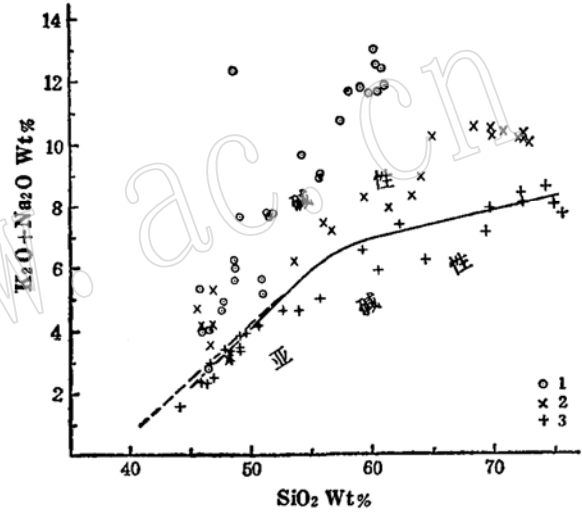


图 3 SiO<sub>2</sub> wt% 对 (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) wt% 图解

Fig. 3 SiO<sub>2</sub> wt% vs. (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) wt% diagram

1—Gough；2—Boina；3—Thingmuli  
实线据Miyashiro (1978)<sup>〔8〕</sup>，虚线据MacDonald和Katsura (1964)<sup>〔6〕</sup>

Miyashiro 将碱性系列岩石进一步从成因角度分为肯尼迪趋势和库姆斯趋势以及不同类型的跨式趋势<sup>〔8〕</sup>。其中具肯尼迪趋势的岩石系列母岩浆位于玄武岩四面体中热分界面的霞石标准分子一侧，并向霞石标准分子增加方向演化。库姆斯趋势的母岩浆位于热分界面的石英标准分子一侧，晚期向石英标准分子增加方向演化。依据图 1 中出现霞石或出现石英标准分子的界线能够有效地辨别出这两种趋势。例如在图 2 中 Gough 火山岩系演化晚期偏向出现霞石标准分子线上方，即霞石标准分子增多，为典型的肯尼迪趋势。Boina 火山岩系早期岩石大都落在出现霞石标准分子和出现石英标准分子线之间的紫苏辉石标准分子区，演化过程中穿过出现石英标准分子线向硅酸过饱和程度增加方向演化，表现为典型的库姆斯分异趋势。

本文初稿蒙池际尚教授、路凤香副教授和赵崇贺老师审阅，在此表示衷心感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 邱家骥主编, 1984, 岩浆岩岩石学, 地质出版社。  
 [2] 孙籍、彭亚鸣主编, 1984, 火成岩石学, 地质出版社。  
 [3] Hughes. C. J., 1982, *Igneous Petrology*, Elsevier Scientific Publishing Company.  
 [4] Carmichael, I. S. E., et al, 1974, *Igneous Petrology*, McGraw-Hill.  
 [5] Carmichael, I. S. E., 1964, The Petrology of Thingmuli, a Tertiary Volcano in Eastern Iceland, *J. Petrol.*, Vol. 5, 435—460.  
 [6] Macdonald, G. A., Katsura, T., 1964, Chemical Composition of Hawaiian Lavas, *J. Petrol.*, Vol. 5, 82—133.  
 [7] Le Maitre, R. W., 1962, Petrology of Volcanic Rocks, Gough Island, South Atlantic, *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 73, 1309—1340.  
 [8] Miyashiro, A., 1978, Nature of Alkalic Volcanic Rock Series, *Contrib. Miner. Petrol.* Vol. 66, 91—104.  
 [9] Barberi, E., et al, 1975, A Transitional Basalt—Pantellerite Sequence of Fractional Crystallization, the Boina Centre, *J. Petrol.* Vol. 16, 22—56.

## A New Method of Determining the Alkalinity of Igneous Rock Series

Wang Xiqu

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

### Abstract

Igneous rocks have been divided into three major petrogenetic series; the subalkaline, the alkaline and the strongly alkaline series. A new method of distinguishing them is proposed in the paper, based on the analysis of properties of major rock-forming oxides.

Among oxides comprising igneous rock,  $\text{SiO}_2$  is an acid oxide,  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{Na}_2\text{O}$  are strongly alkaline oxides,  $\text{MgO}$  and  $\text{CaO}$  are mildly alkaline oxides. During fractional crystallization,  $\text{SiO}_2$  first combines with  $\text{MgO}$  and  $\text{CaO}$  to form forsterite, diopside and enstatite etc. and the separation of these minerals doesn't change the alkalinity of the magma considerably. It is discovered that in the diopside and enstatite  $\text{SiO}_2$  wt% are approximately equal to  $(\text{CaO} + 1.5\text{MgO})$  wt%. Hence, the relative proportion of  $(\text{SiO}_2 - \text{CaO} - 1.5\text{MgO})$  wt% with alkali in rocks can be used to determine the alkalinity of rock series.

Boundaries among subalkaline series, alkaline series and strongly alkaline series are presented in the  $(\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{MgO})$  wt% vs.  $(\text{K}_2\text{O} + 1.5\text{Na}_2\text{O})$  wt% diagram based on 263 groups of rock composition data from recent text books. The new method is more accurate in comparison with the  $\text{SiO}_2$ -alkali diagram given by Miyashiro and by MacDonald and Katsura, especially for the rocks containing very high or very low silica.