

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

基性岩与超基性岩的岩石化学分类

王恒升 白文吉 宛传永

在《地质学报》1975 年第 1 期发表的“基性岩与超基性岩岩石化学计算及图解方法”^[1]一文的基础上,本文补充一些具体的计算实例和岩石化学分类,并进一步讨论计算方法的特点。

一、岩石化学计算的举例

辉长岩¹⁾——特洛格计算的矿物重量百分比为:斜长石 (Ab₃₅ An₆₄ Or₁) 52%, 异剥石 35%, 紫苏辉石 10%, 橄榄石 $x\%$, 磁铁矿及磷灰石²⁾ 3%)。

其化学成分及计算过程如表 1:

表 1

氧化物	重量%	原 子 数 目
SiO ₂	48.61	809 S
TiO ₂	0.17	3
FeO	5.23	72 } 98 + Ca = 212 F
Fe ₂ O ₃	2.08	26 }
MgO	8.23	203 M
CaO	13.72	244
Al ₂ O ₃	17.83	$(350 - 90) \times \frac{3}{2} = 390 \dots C$
Na ₂ O	2.63	84 }
K ₂ O	0.32	6 } 90 \times 2 = 180 A
H ₂ O ⁺	0.99	
总 和	99.81	1797 = N

由氧化物重量百分比换算成原子数, 然后分别求 S、M、F、AC 数值。岩石为正常系列, 即 $2Ca + K + Na > Al > K + Na$ 。S = 809, M = 203。A 等于钾钠的原子数目之和再加上与此相等的铝原子数目, 即 $A = (84 + 6) \times 2 = 180$ 。C 等于铝的原子数目减去钾钠原子数目之和后再以 2 除之, 所得商数加铝减去钾钠原子所得之差; 亦即: $C = (350 - 90) \times \frac{1}{2} + (350 - 90) = 390$ 。AC = A + C = 390 + 180 = 570。N = S + M + F + AC = 1797。由 N、S、M、F、AC 数值再计算主要数字特征:

$$ac = \frac{570}{1797} \times 100 = 31.7, m = \frac{203}{1797} \times 100 = 11.3, f = \frac{212}{1797} \times 100 = 11.8,$$

1) Tröger, W. E. 1935 Spezielle petrographie der eruptivgesteine, no. 348, p. 155.

2) 原分析尚有 P₂O₅ 0.08 和 S 0.05; 因在计算时未纳入, 故省略。

$$s = \frac{809}{1797} \times 100 = 45.0$$

求第一组补充数字特征, $Mg + <Fe> + Ca' = 203 + 98 + 114 = 415$ 。

$$m' = \frac{203}{415} \times 100 = 48.9, f' = \frac{98}{415} \times 100 = 23.6, c' = \frac{114}{415} \times 100 = 27.4。$$

求第二组补充数字特征; $k = \frac{6}{6 + 84 + \frac{1}{2}(350 - 90)} \times 100 = 2.7$

$$na = \frac{84}{6 + 84 + \frac{1}{2}(350 - 90)} \times 100 = 38.1,$$

$$ca = \frac{130}{6 + 84 + \frac{1}{2}(350 - 90)} \times 100 = 59.0$$

求第三组补充数字特征: $cr = 0, ti = \frac{3}{1797} \times 100 = 0.17,$

求第四组补充数字特征: $ca = \frac{114}{244} \times 100 = 46.7$

在这一实例中,在图解上判读出二种矿物含量为:斜长石(An_{70}) 57.5%,辉石 42.5%,读图方法见文献[1]。

二、岩石化学分类

使岩石化学标准矿物(norm)分类与岩石的实际矿物(mode)分类相结合,无论对研究火成岩体的深成相的显晶质岩石,抑或是对喷出相的隐晶质岩石,都具有实际意义。为此,尼格里^[2]提议了分子标准矿物(molecular norm)方法;里特曼^[4]对火山岩岩石化学计算做了深入的工作,但其计算方法更加复杂。他们都是为了达到火成岩岩石化学分类与实际矿物分类大体相结合为目的的。

这个基性岩超基性岩的岩石化学计算方法基本上采用了尼格里标准分子法的原理。但矿物含量不另计算而是通过数字特征在图解上的投影点位置求得的;所求出的代表它们的体积百分比。

岩石化学分类结合图解进行,在图解上投影点所在的地区,就代表岩石的类别区域,从而也就可以读出岩石的名称。

岩石化学数字特征的投影点散布于整个图解上(图1),这一点不但给对比不同岩石提供方便,而且在图解上显示出岩石化学成分变化的趋势以及它们的组合。

我们在国内外文献中选择了 222 个具有矿物含量(矿物体积%)的岩石化学全分析进行了计算,按照这个方法又编制成电子计算机程序进行电算¹⁾,两者计算的结果相同,但后者则迅速的多。图1是这些岩石化学数字特征的图解,按照它们在图上的自然分布(亦就是定量矿物成分)进行化学分类²⁾。

1) 中国地质科学院地质矿产所数学地质组。

2) 为图解缩小出版后清晰,图1中去掉了一部分业经分类研究后的投点并所有编号。

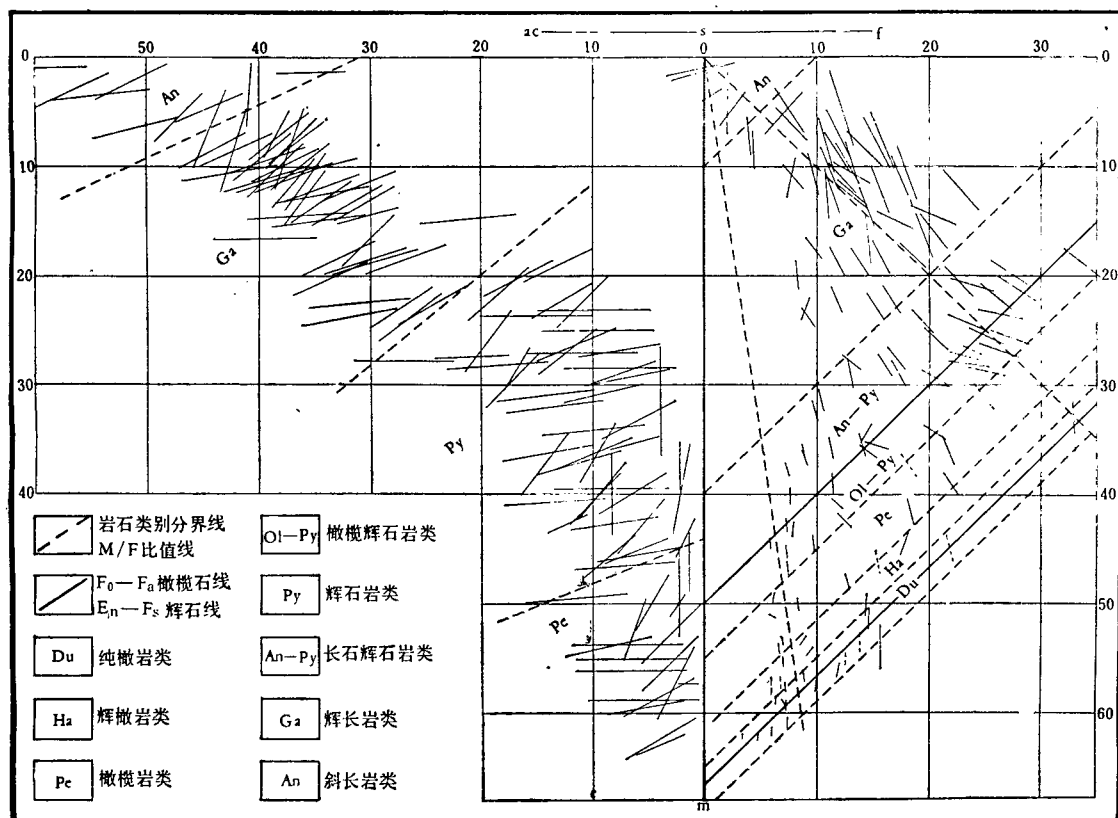


图 1 基性岩超基性岩岩石化学数字特征图解

由于篇幅所限,未附列 222 个分析的原始数据,电算的数字特征,矿物体积百分比,参考文献等。原图 1 各岩石的投影点注有它各自的号数;为了图面清晰,也省去。

图解的 S—M—F 面为暗色矿物面, S—M—AC 面为斜长石面。S—M—F 面上实线 F_0-F_a 和 E_n-F_s , 分别为橄榄石线和辉石线;在这二条线之间内插分成 10 等分,按照我们惯用的定量矿物%命名原则,即辉石 < 10, 橄榄石 > 90 者,定为纯橄岩类;辉石 < 30, 橄榄石 > 70 者,为辉橄岩类;辉石在 30—70, 橄榄石 70—30 者为橄榄岩类;辉石在 70—100, 橄榄石为 30—0 者,为橄榄辉石岩类。对辉石岩和辉长岩、斜长岩之间的分界,是根据以定量矿物命名的岩石投影点在图解上的自然分布区确定的。

在图解上(图 1)用 Du、Ha、Pc、Py、Ga、An 等符号分别标出纯橄岩、辉橄岩、辉石岩、辉长岩、斜长岩六个区。当然,每类尚可再分亚类,如图 2 所示。

在 S—M—AC 面上,同样用投影点的自然分区,也分出不同的岩区。

在区分岩类的同时,又以岩石的 M/F 比值分亚类,以 ac 值分次亚类。M/F 值即岩石的镁铁比值;当岩石的镁铁矿物变为镁铁钙矿物时,它就代表 $Mg/Fe + Ca$ 的比值。M/F 值是研究超基性岩化学成分的一个重要的特征值。ac 值代表了岩石中斜长石组分,同时反映出无长石超基性岩中暗色矿物尤其是单斜辉石和角闪石中的斜长石组分,斜方辉石中亦含有极少量的这类组分。根据 222 个化学分析投影点,基性岩超基性岩岩石化学分

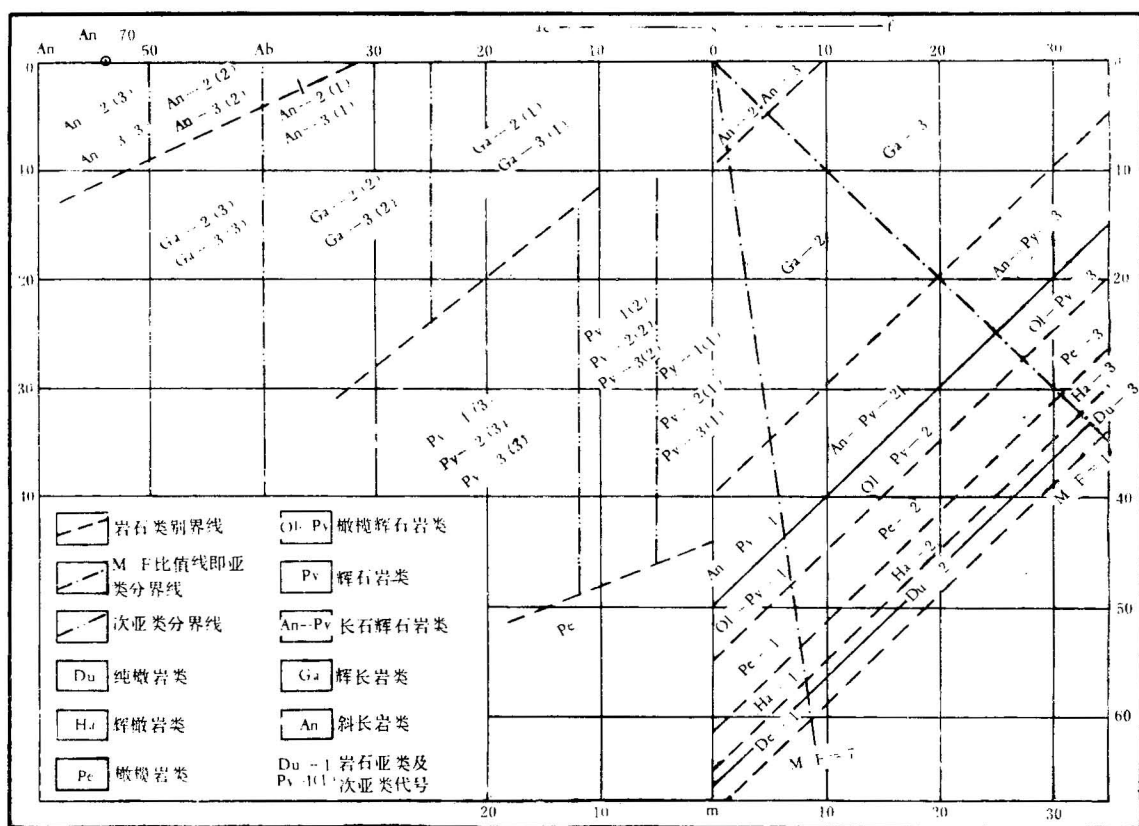


图 2 基性岩超基性岩岩石化学分类图

类拟定如表 2。

表 2

岩 类						亚类名称
Du	Ha	Pe	Py	Ga	An	
纯橄岩类	辉橄岩类	橄辉岩类	辉石岩类	辉长岩类	斜长岩类	
1. $M/F > 7$ (1) $ac < 1$ (2) $ac = 1-2$ (3) $ac > 2$	1. $M/F > 7$ (1) $ac < 1$ (2) $ac = 1-2$ (3) $ac > 2$	1. $M/F > 7$ (1) $ac < 2$ (2) $ac = 2-5$ (3) $ac > 5$	1. $M/F > 7$ (1) $ac < 5$ (2) $ac = 5-12$ (3) $ac > 12$			镁质的 镁质的 镁质的 镁质的
2. $M/F = 7-1$ (1) $ac < 1$ (2) $ac = 1-2$ (3) $ac > 2$	2. $M/F = 7-1$ (1) $ac < 1$ (2) $ac = 1-2$ (3) $ac > 2$	2. $M/F = 1-7$ (1) $ac < 2$ (2) $ac = 2-5$ (3) $ac > 5$	2. $M/F = 1-7$ (1) $ac < 5$ (2) $ac = 5-12$ (3) $ac > 12$	2. $M/F = 1-7$ (1) $ac < 25$ (2) $ac = 25-40$ (3) $ac > 40$	2. $M/F = 1-7$ (1) $ac < 40$ (2) $ac = 40-50$ (3) $ac > 50$	铁镁质的 铁镁质的 铁镁质的 铁镁质的
3. $M/F < 1$ (1) $ac < 1$ (2) $ac = 1-2$ (3) $ac > 2$	3. $M/F < 1$ (1) $ac < 1$ (2) $ac = 1-2$ (3) $ac > 2$	3. $M/F < 1$ (1) $ac < 2$ (2) $ac = 2-5$ (3) $ac > 5$	3. $M/F < 1$ (1) $ac < 5$ (2) $ac = 5-12$ (3) $ac > 12$	3. $M/F < 1$ (1) $ac < 25$ (2) $ac = 25-40$ (3) $ac > 40$	3. $M/F < 1$ (1) $ac < 40$ (2) $ac = 40-50$ (3) $ac > 50$	铁质的 铁质的 铁质的 铁质的

三、岩石化学分类与点群分析及实际矿物分类的比较

从引用的资料看,这个化学分类与实际矿物分类大体上是符合的。

原图 1 中的投影点序号 1—35, 化学分类定为纯橄岩类, 其实际矿物含量绝大多数亦为纯橄岩; 同样, 其序号 36—62 为辉橄岩, 63—84 为橄橄岩, 85—149 为辉石岩, 150—214 为辉长岩(苏长岩), 215—222 为斜长岩; 在图 1 上其投影点也分别落于同名的岩区内; 也就是说, 利用这个方法计算的数字特征和其在图解上的投影点, 可以将基性岩、超基性岩分成 6 类。再结合图解中的向量的陡斜和水平状态以及矿物相对含量, 还可分出更多的岩种。如辉长岩区(Ga)下部的投影点可称为暗色辉长岩, 上部的投影点可叫做浅色辉长岩。在 S—M—F 面上的向量是倾斜的, 可称为二辉辉橄岩(Ha 区), 二辉橄橄岩(Pe 区), 二辉辉石岩(Py 区)等。向量近水平的可称为单辉辉橄岩(Ha 区), 单辉橄橄岩(Pe 区), 单辉辉石岩(Py 区), 辉长岩(Ga 区)。向量陡直的可称斜辉辉橄岩(Ha 区), 斜辉橄橄岩(Pe 区), 斜方辉石岩(Py 区), 苏长岩(Ga 区)等。

但为了检查按照这种数字特征的图解进行分类是否便当和其优越性, 曾把 222 个岩石的数字特征进行了三种不同变量数目和性质不同的 Q 型点群分析, 并作出谱系图。从 Q 型点群分析三种谱系图所反映出的分类情况看:

一种谱系图采用岩石全分析的 15 项为变量(氧化物重量%), 即 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 Al_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 P_2O_5 、 H_2O^+ 、 CO_2 。用样品积距相关系数作为相似性度量, 其谱系图分出了 A、B、C、D、E 五个岩石群; A 群为辉石岩群, 其中包括已知的斜方辉石岩、二辉辉石岩、单辉辉石岩 3 种。B 群为纯橄岩—辉橄岩—橄橄岩群。C 群为辉长岩—斜长岩群, 包括部分与辉长岩类有关的角闪石岩类。D 群为辉石岩群, 但以二辉辉石岩、单辉辉石岩为主, 并包含少量角闪石岩。这类角闪石岩显然成因上与上述二种辉石岩有关。E 群为辉长岩群, 但与 D 群辉石岩关系密切, 二者有成因联系。从总体看, 这个 15 项变量的点群分析, 大类别的划分与图解法划分基本相同, 但不能清楚地划分纯橄岩、辉橄岩和橄橄岩。

第二种用了 9 个变量, 即这个计算方法的数字特征: s 、 m 、 f 、 m' 、 f' 、 m/f 和三种岩石系列数字特征的 a' 、 ca 、 na 。222 个岩石被分成 A、B、C 三群。A 群为纯橄岩、辉橄岩、橄橄岩群。B 群为辉石岩群。C 群为辉长岩—斜长岩群; 其亚群 a 为辉长岩, 亚群 b 为斜长岩。次亚群 a(1) 为辉长岩, a(2) 为辉石岩, 而 a_1 (1) 为角闪石岩和辉石岩。

第三种, 为了避免定和, 只取主要数字特征中 ac 、 m 、 s 三个为变量进行点群分析, 其谱系图明显地分为二群。A 群为纯橄岩—辉橄岩—橄橄岩群, B 群为辉石岩—辉长岩群。Aa 亚群为纯橄岩—辉橄岩, 而 Ab 亚群为橄橄岩和辉石岩。Ba(1) 次亚群为辉石岩, Ba(2) 为橄橄辉石岩和橄橄岩。Bb 为辉长岩和斜长岩亚群。

用电子计算机计算三种不同变量的谱系图表明, 点群分析证实了这个建议的图解分类是既便当而又正确的。Q 型点群分类有的将岩石类别混淆, 有的不如图解能更多地分辨出不同岩种, 如纯橄岩、斜辉辉橄岩、橄橄岩等。正是由于这一点, 图解分类不但具有岩石学的意义, 而且对岩石的成矿专属性的研究也是非常重要的。因为实际矿物分类是最常用的一种。但它不能同时表示与成矿的关系。例如产有铂的纯橄岩为纯铁镁橄岩, 以

M/F 比值低与含铬的岩体 (M/F 高) 相区别。在这个图解上, 后者位于纯橄岩区的左侧, 前者在其右侧是很清楚的。

从这个图解不仅能读出岩石的矿物含量, 而且还能估计矿物的近似成分。这样就省去了里特曼的复杂计算。

但应当说明, 主要的实测矿物含量与从图解上所度量的矿物含量之间存在着不可避免的误差。但我们在图解上求出 222 个岩石的主要矿物含量与实际矿物含量相对比, 大多数两者是基本符合的, 仅极少数样品相差达 10% 左右。

个别样品出入较大是由于没计算副矿物(这个方法的一项缺点), 而岩石中却又有含有较高量的磁铁矿、铬尖晶石、钛磁铁矿、磷灰石等副矿物; 计算结果是分子标准矿物的比例, 而实测的是矿物体积百分比; 对于复杂成分的黑云母、角闪石、单斜辉石的大量存在也影响计算的斜长石的含量。

另外, 我们将蛇纹石化了的基性岩和超基性岩去掉水和二氧化碳, 按“干”系统计算原生矿物。因为经验说明, 基性岩、超基性岩的蚀变, 除掉 H_2O 和 CO_2 以后, 各种造岩元素之间的比例基本没有发生改变。但是在个别情况下可能发生造岩元素比例的微小变化; 例如纯橄岩经蛇纹石化后, 保留有原生岩石结构和一些橄榄石残晶, 但往往由于热水溶液的作用, 在岩石裂隙中发育有不均匀的水镁石细脉, 分析样品中如有水镁石细脉, 则影响岩石的镁的含量。

角闪石岩的投影点落在 Py 区和 Ga 区。它的成因可以分成与辉石岩和辉长岩有关的二类。

王炳熙同志协助电算, 中国地质科学院地矿所十室清绘图件, 在此一并感谢。

参 考 文 献

- [1] 王恒升、白文吉 1975 基性岩与超基性岩岩石化学计算及图解方法 地质学报 第1期 第77—91页。
- [2] Niggli, P. 1936 Ueber Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. Schweiz. Miner. und Petrogr. Mitt., Bd. 16, H. 2.
- [3] Niggli, P. 1954 Rocks and mineral deposits. p. 120—137.
- [4] Rittmann, A. 1973 Stable mineral assemblages of igneous rocks. (A method of calculation).
- [5] Заваричкин, А. Н. 1941 Пересчет химических анализов изверженных пород. М. изд-во АН СССР.

A PETRO-CHEMICAL CLASSIFICATION OF BASIC AND ULTRABASIC ROCKS

H. S. Wang, W. J. Bai, and C. Y. Wan

Abstract

Serving as a sequel to "A method for the calculation of chemical analysis of basic and ultrabasic rocks" (published in *Acta Geologica Sinica*, 1975, no. 1), the present paper deals further with the petro-chemical classification.

The question of unifying the petro-chemical classification with the modal mineralogical classification is a subject into that a great many petrologists have been probing for long.

This present calculation method provides a good basis for solving such petrological problem.

The petro-chemical classification of this paper has been made on the basis of 222 items of data with more accurate quantitative chemical analyses as well as modal mineralogical composition selected from the literatures available both at home and abroad. The numeric characters calculated from an electronic computer in accordance with the method concerned are projected onto the diagram (fig 1).

In Addition, as variate of three different numbers has been adopted, and a Q-type point-group analysis has been calculated for the 222 rocks with the computer.

The comparison between the results of the analyses and the diagrammatic classification shows that the proposed calculation method, the diagram as well as the petro-chemical classification of this paper are relatively simple and appropriate.