

岩石化学换算用表

浙江省第二地质大队地质科

一九七七年四月翻印

目 录

A.H.查瓦里茨基法	2—18
表一：由氧化物重量百分数换算原子数表	19—26
表二：根据标准矿物的分子数计算重量百分含量表	27—37
表三：戴里的火成岩平均化学成分及A.H.查瓦里茨基 数字指标表	38—47
表四：诺科斯(S.R.Nockolds, 1954)的火成岩 平均化学成分及标准矿物成分表	48—63

说 明

由氧化物重量百分数换算原子数表(表一)是录自C.Д.契特维里科夫著,刘智星等译的“岩石化学换算指南”的。对于铝、三价铁、钠、钾、氢、磷的原子数换算,原表中有许多错误之处,现经重新计算加以更正。

目 录

A.H.查瓦里茨基法 2—18

表一：由氧化物重量百分数换算原子数表 19—26

表二：根据标准矿物的分子数计算重量百分含量表 27—37

表三：戴里的火成岩平均化学成分及A.H.查瓦里茨基
数字指标表 38—47

表四：诺科斯(S.R. Nockolds, 1954)的火成岩
平均化学成分及标准矿物成分表 48—63

说 明

由氧化物重量百分数换算原子数表(表一)是录自C.Д.契特维里科夫著,刘智星等译的“岩石化学换算指南”的。对于铝、三价铁、钠、钾、氢、磷的原子数换算,原表中有许多错误之处,现经重新计算加以更正。

A. H. 查瓦里茨基法

1. 方法的任务

- (1) 利用物理化学资料, 尽可能研究岩浆作用的主要特征。
- (2) 较准确地了解岩石的物质成分, 并从数量上表现出岩石在其天然组合中的真实的多样性。
- (3) 确定在岩石化学成分中的多样性中的经验规律。
- (4) 利用较可靠的换算方法对岩浆岩进行化学分类。
- (5) 利用提出的图示法全面地同时考察岩石化学成分的主要组分之间的联系。

2. 方法的原理

- (1) 现代的硅酸盐结晶化学确定造岩硅酸盐不具分子构造, 而具离子(原子)构造。
- (2) 组分的数量关系不是偶然的, 它们之间具有固定的联系。
- (3) 根据已知的成分规律, 岩石的离子或原子成分可表现为固定的指标, 原子在其中是按联系的标志而合并起来的。
- (4) 较详尽地考虑组分的联系可以确定岩石有色组分和浅色组分在成分上的特性。
- (5) 基于对比岩石的主要指标, 不根据相应组分或指标的比例关系, 而是根据它们的差, 可以计算二氧化硅的最高含量。表明岩石的二氧化硅饱和程度的数值是很好的分类标志, 因为它可以反映出岩石中具有何种重要的指示矿物如石英、橄榄石或霞石。

(6) 研究参与长石成分的元素K、Na、Ca和Al的数量关系可分出三种基本类型(系列)的岩石: a. 正常岩石, b. 铝过饱和的岩石, c. 铝不饱和的岩石, 或者说硷金属过饱和的岩石。

所有上述三种类型不仅可决定岩石中长石的成分, 而且也可决定有色矿物的特性。正常成分的岩石的条件是: $2Ca + K + Na > Al > Na + K^*$ 。在这种场合下全部铝消耗在长石上, 并剩余一些过多的钙以形成有色组分(辉石和闪石)。

第二类铝过饱和的岩石以铝多于硷金属元素和钙($Al > K + Na + 2Ca$)为其特征。这时全部钙均参与长石的成分, 而过剩的铝将含于有色矿物中(多半是云母)。应当注意, 在长石已强烈蚀变的情况下, 上述过剩的铝也会含于主要是置换钾长石的高岭土矿物中。

在第三种情况下即在硷金属过饱和的岩石中($K + Na > Al$)不能形成斜长石的钙长石组分, 全部铝均消耗在形成硷性长石——钾长石和钠长石, 或似长石——霞石和白榴石上。过剩的硷金属元素(主要是钠)参与霓辉石或硷性闪石类型的有色矿物的成分中。

*元素符号代表原子数。

岩石化学成分的上述特点在换算分析结果并计算基本指标时必须首先加以注意。

决定岩石化学类型及矿物成分的组分之间的基本关系用四个“指标” s 、 a 、 c 、 b 来表示。它们是表明硅和钛原子 ($S = \text{Si} + \text{Ti}$)、参与铝硅酸盐成分的硷金属原子 ($A = \text{K} + \text{Na}$)、参与钙长石组分的成分中的钙原子 $C = \frac{1}{2} [\text{Al} - (\text{K} + \text{Na})]$ 在岩石中的相应含量的四个数值 S 、 A 、 C 、 B 的百分数。在岩石为硷金属过饱和的情况下, 将未参与铝硅酸盐组的硷金属元素的原子数作为指标 $\bar{C}$ ($\bar{C} = \text{K} + \text{Na} - \text{Al}$)。写在指标 $\bar{C}$ 上的负号是在这种情况下由计算过剩硷金属的方法得来的。经过上面的计算之后, 将其余全部元素的原子数纳入指标 B 中 ($B = \text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2} + \text{Mn}^{+2} + \text{Mg} + \text{Ca}' + \text{Al}' + \text{Na}'$)。

在岩石为硷金属元素过饱和的情况下, B 值应减去参与 $\bar{C}$ 的成分的 $\text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2} + \text{Mn}^{+2}$ 原子, 即减去一个与未参与铝硅酸盐 (指标 A) 的 Na 原子数相等的数。

附注: 在很少的场合下, 当铁和锰的原子不足以和过剩的钠原子结成辉石或闪石时, 岩石属硷金属极度过饱和类型, 过剩的钠应并入指标 B 中。因此需计算补充指标 $n' = \frac{\text{Na}'}{B} \times 100$ 。显然, 在这种情况下没有指标 f' 。

上述主要指标可用阐明 B 和 A 的指标来补充。例如, 在 B 的成分中包括 Fe^{+3} 、 Fe^{+2} 、 Mn^{+2} 、 Mg 原子及构成 C 值后剩余的钙原子 Ca' 。补充指标是 $f' = \frac{\text{Fe}'}{B} \times 100$, $m' = \frac{\text{Mg}}{B} \times 100$, $c' = \frac{\text{Ca}'}{B} \times 100$ 。由 K 、 Na 原子组成的指标 A' 需阐明其中每种元素所占的份量。这一指标为 $n = \frac{\text{Na}}{A} \times 100$ 。

补充指标 t 和 φ 只有次要意义, $t = \frac{\text{Ti}}{S} \times 100$, $\varphi = \frac{\text{Fe}^{+3}}{B} \times 100$ 。

因此, 正常系列岩石的全部指标包括四个基本指标: s 、 a 、 c 、 b 和四个补充指标: c' 、 m' 、 f' 、 n 。 t 和 φ 值在通常的换算中可不必加以注意。

对于铝过饱和岩石, 基本指标仍然是: s 、 a 、 $\bar{c}$ 、 b , 但补充指标则为: a' 、 m' 、 f' 、 n , 其中 $a' = \frac{\text{Al} - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca})}{B} \times 100$ 。

硷金属过饱和岩石具有特殊的基本数值 s 、 a 、 $\bar{c}$ 、 b 和补充数值 c' 、 m' 、 f' (或 n')、 n 。为了分类的需要, 为了确定岩石中 SiO_2 的最高含量及斜长石的成分要计算 Q 值及 $a:c$ 的比值。指标 Q 可表明该岩石中的硅 (二氧化硅) 饱和、过饱和或不饱和。它等于岩石中硅的总含量与其余元素在形成硅酸盐时极度饱和和所需的硅量之差。

对于正常系列及铝过饱和岩石 $Q = s - [3a + 2c + b]$ 。这样计算是由于下面的原因。参与长石类铝硅酸盐的硷金属元素需结合三倍的硅。形成“钙长石组分”需要二倍于钙的硅。使 B 组中的元素形成饱和的硅酸盐需要等量的硅。如果 Q 值为正, 则岩石为硅所过饱和, 如果 Q 值为负, 则硅不饱和。岩石中自由二氧化硅 qu (多半为石英) 较准确的重量数取决于关系式

$$\frac{5}{6}Q + 7 > qu > \frac{5}{6}Q + 1。$$

硷性系列的岩石没有基本指标 C 。它为表明计算 A 值后过剩的钠原子数的指标 $\bar{c}$ 所代替。过剩的钠形成霓石类硅酸盐必须两倍的硅，它等于 $2\bar{c}$ ，计算 Q 值可按上述公式进行，但需将 c 改为 $\bar{c}$ 。

斜长石的成分可根据 $a:c$ 的比值近似地算出。这样算得的斜长石成分当 n 值很大时与真正 c 的成分相近。当 n 小于65%时，岩石通常含有钾长石，根据 $a:c$ 的比值，算得的斜长石的号码自然较低。

如果将基本指标及补充指标投影到直角四面体 $sacb$ 中，并进而按前面所述的方法将图形点表示在平面上，就容易对比换算的结果。先作出主要投影：由投影原点（ s 点）向右取参数 a ，由 s 向左取参数 c ，向下取参数 b 。如前所述，在投影平面上空间图形点将分成两点（一点位于 sab 平面内，另一点位于 scb 平面内）。参数 B 的补充指标按三元组合物在以 c' 、 m' 、 f' 为边的直角三角形中投影的规则而在右边的图形点上作出。这时以 f' 的百分含量为100的点（ f' 点）为直角顶点，由 f' 点向右取参数 c' ，向下取参数 m' 。在左边的图形点上表示可阐明由 K 、 Na 两种组分组成的 A 值的补充指标。它代表 K 对 Na 的含量的比值。这时钾的含量由原点向左取，而钠的含量则向下取。这两个数值的比值只能决定投影直线的倾角。投影直线的长度应当取得使左右两条投影直线（向量）的末端位于同一水平线上。这样做的原因在于补充指标的空间投影是加在空间图形点上的一个箭状向量，并且在作向量时要估计到 A 和 B 的补充指标的数值。

在岩石为铝过饱和的场合下，没有补充参数 c' ，因为全部的钙均已纳入指标 c 中。代替 B 中的补充指标 c' 要计算代表纳入 B 值中的过量 Al （指标 Al' ）的参数 a' 。参数 a' 从 f' 点向左取，与 c' 值相反。

对于硷金属过饱和的岩石在投影图形点的基本参数时， c 值以指标 $\bar{c}$ 代替。因为 $\bar{c}$ 值相当带负号的参数 c ，所以它的方向和 c 相反，即从 s 点起在直线 sa 上截取。这样作图的结果，平面上的两个图形点（空间图形点的投影）将位于同一平面 sab 上。补充参数的作图仍按前述方法进行，但当没有指标 f' 而出现指标 n' 时（硷金属极度过饱和的岩石）则为例外。在这种罕见的场合下作补充指标时应以 n' 点（100% n' ）为直角。

3. 换算的方法和步骤

根据A. H. 查瓦里茨基提出的岩石分析结果换算原理，应按下面的步骤进行换算：

（1）将分析结果的重量百分数换算成原子数。为此每种氧化物的百分含量应除以该氧化物的分子量（例如，将 SiO_2 的百分含量除以 SiO_2 的分子量60）。对于被氧化元素的原子数为2的那些氧化物（ Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O ），重量百分含量应除以氧化物分子量的一半（例如， Al_2O_3 的重量百分数不是除以它的分子量103，而是除以51.5）。除法运算进行到三位小数为止。

将所得的商乘以1000化成整数。因为重要的是原子数之间的比值，乘以1000后其结果不变。为了减轻换算中的数学运算，数末列出了由重量百分数换算原子数表（附录1）。

（2）根据铝、钙及硷金属原子的数量关系确定被研究岩石属何类型。当 $2Ca + K + Na > Al > Na + K$ 时，岩石属正常系列。 $Al > K + Na + 2Ca$ 的岩石属铝过饱和岩石系列。 $K + Na > Al$

的岩石属硷金属过饱和岩石系列。

(3) 计算 S 组, 其数值等于硅原子加钛原子的和 $S = \text{Si} + \text{Ti}$ 。

(4) 确定 A 组。根据岩石类型分别进行计算:

a. 在正常系列岩石的场合下:

$$A = K + \text{Na};$$

b. 在铝过饱和岩石的场合下:

$$A = K + \text{Na};$$

c. 对于硷金属过饱和岩石:

$$A = \text{Al}。$$

(5) 计算 C 组 (或 $\bar{C}$):

a. 在正常系列岩石的场合下:

$$C = \frac{1}{2} [\text{Al} - (\text{Na} + \text{K})];$$

b. 在铝过饱和岩石的场合下:

$$C = \text{Ca}。$$

c. 在岩石为硷金属过饱和的场合下, 没有 C , 为指标 $\bar{C}$ 所代替:

$$\bar{C} = (\text{Na} + \text{K}) - \text{Al};$$

d. 对于硷金属极度过饱和的岩石 $(\text{Na} + \text{K}) - \text{Al} > \text{Fe}'$:

$$\bar{C} = \text{Fe}'。$$

(6) 计算 B 组:

a. 对于正常系列岩石:

$$\text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2} + \text{Mn}^{+2} = \text{Fe}';$$

$$\text{Ca} - C = \text{Ca}';$$

$$B = \text{Fe}' + \text{Ca}' + \text{Mg};$$

b. 对于铝过饱和岩石:

$$\text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2} + \text{Mn}^{+2} = \text{Fe}';$$

$$\text{Al} - [2\text{Ca} + \text{Na} + \text{K}] = \text{Al}';$$

$$B = \text{Fe}' + \text{Al}' + \text{Mg};$$

c. 对于硷金属过饱和岩石:

$$\text{Fe}'' = \text{Fe}' - \bar{C};$$

$$B = \text{Fe}'' + \text{Ca} + \text{Mg};$$

d. 对于硷金属极度过饱和岩石:

$$\text{Na}' = [(\text{K} + \text{Na}) - \text{Al}] - \bar{C};$$

$$B = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}'。$$

(7) 计算数值 S 、 A 、 B 、 C ($\bar{C}$) 的和:

$$S + A + B + C \text{ (或 } \bar{C}) = N。$$

令所得的和 N 为100, 将全部指标分别换算成百分数*:

* 为了减轻数学运算在书末列出了表2, 可将总和从1000到2000的各数换算成百分数。

$$a. \frac{S}{N} \times 100 = s;$$

$$b. \frac{A}{N} \times 100 = a;$$

$$c. \frac{B}{N} \times 100 = b;$$

$$d. \frac{C \text{ 或 } \bar{C}}{N} \times 100 = c \text{ 或 } \bar{c}。$$

这样就得出了四个基本指标;

s 、 a 、 b 、 c 或 $\bar{c}$ 。

(8) 根据主要指标的数值计算Q值;

a. 对于正常及铝过饱和系列的岩石;

$$Q = s - (3a + 2c + b);$$

b. 对于硷性系列岩石;

$$Q = s - (3a + 2\bar{c} + b)。$$

(9) 为了对岩石进行分类需确定 $a:c$ 的比值;

a. 对于正常岩石及铝过饱和系列的岩石, $a:c$ 的值在一定程度上可代表斜长石的成分(当 n 值很大时);

b. 对于硷性系列的岩石, $a:\bar{c}$ 的值代表铝硅酸盐中硷金属元素原子数对有色矿物中硷金属元素原子数的比。

(10) 阐明B值的补充指标按下列公式即可算得;

a. 对于正常系列的岩石;

$$c' = \frac{Ca'}{B} \times 100, \quad m' = \frac{Mg}{B} \times 100,$$

$$f' = \frac{Fe'}{B} \times 100,$$

$$c' + m' + f' = 100;$$

b. 对于铝过饱和岩石;

$$a' = \frac{Al'}{B} \times 100; \quad m' = \frac{Mg}{B} \times 100;$$

$$f' = \frac{Fe'}{B} \times 100;$$

$$a' + m' + f' = 100;$$

c. 对于硷金属过饱和岩石;

$$c' = \frac{Ca}{B} \times 100; \quad m' = \frac{Mg}{B} \times 100;$$

$$f' = \frac{Fe' - \bar{C}}{B} \times 100;$$

$$c' + m' + f' = 100;$$

d. 对于硷金属极度过饱和岩石;

$$c' = \frac{\text{Ca}}{B} \times 100, \quad m' = \frac{\text{Mg}}{B} \times 100,$$

$$n' = \frac{\text{Na}'}{B} \times 100,$$

$$c' + m' + n' = 100.$$

(11) 阐明 A 值的补充指标 n 按下列公式计算:

a. 对正常系列及铝过饱和岩石:

$$n = \frac{\text{Na}}{A} \times 100,$$

b. 对于硷金属过饱和岩石:

$$n = \frac{\text{Al} - \text{K}}{A} \times 100,$$

因为在这种场合下 A 值包括全部钾及部分钠 (等于 $\text{Al} - \text{K}$)。

(12) 阐明 S 值的补充指标可按下列公式算得:

$$t = \frac{\text{Ti}}{S} \times 100.$$

(13) 关于 B 值中的 Fe^{+3} 的补充指标可按下列公式计算:

a. 对于正常及铝过饱和岩石:

$$\varphi = \frac{\text{Fe}^{+3}}{B} \times 100,$$

b. 对于硷金属过饱和岩石:

$$\varphi = \frac{\text{Fe}^{+3} - C}{B} \times 100.$$

若 $\text{Fe}^{+3} - C$ 为负值, 则 $\varphi = 0$ 。

4. 换算结果的投影

(1) 为了使所得的投影便于和 A. H. 查瓦里茨基的基本投影对照, 主要参数的投影的尺度应选为 $1\% = 10$ 毫米。补充参数的尺度为上述尺度的十分之一, 即 $1\% = 1$ 毫米。

(2) 由原点 s 沿水平方向向右取参数 a , 沿垂直方向向下取参数 b 。所得的点称为“右点”。由点 s 沿水平方向向左取参数 c , 沿垂直方向向下取参数 b , 即可得出“左点”。在有参数 c 的场合下, 它当然应向右取, 和参数 a 相同。

根据这种投影图可以立即确定岩石属于正常系列及铝过饱和系列 (二图形点位于直线 sb 两侧) 或者属于硷金属过饱和岩石系列 (二图形点位于直线 sb 的同侧——右侧)。

(3) 补充参数的作图根据在空间投影中作同一箭状向量并将它投影在四面体底面和侧面上的作图原则进行。右图形点取作参数 c' 、 m' 、 f' 的投影原点。

在岩石属于正常类型的条件下, 按前述尺度向右取参数 c' , 向下取参数 m' 。将所得点用一条直线与补充投影的起点 (点 f') 相连, 在直线末端加上一个箭头。如前所述, 根据箭状向量的倾斜可以判断 $c':m'$ 的比值, 根据箭状向量的长度则可获得关于 f' 值的概念。

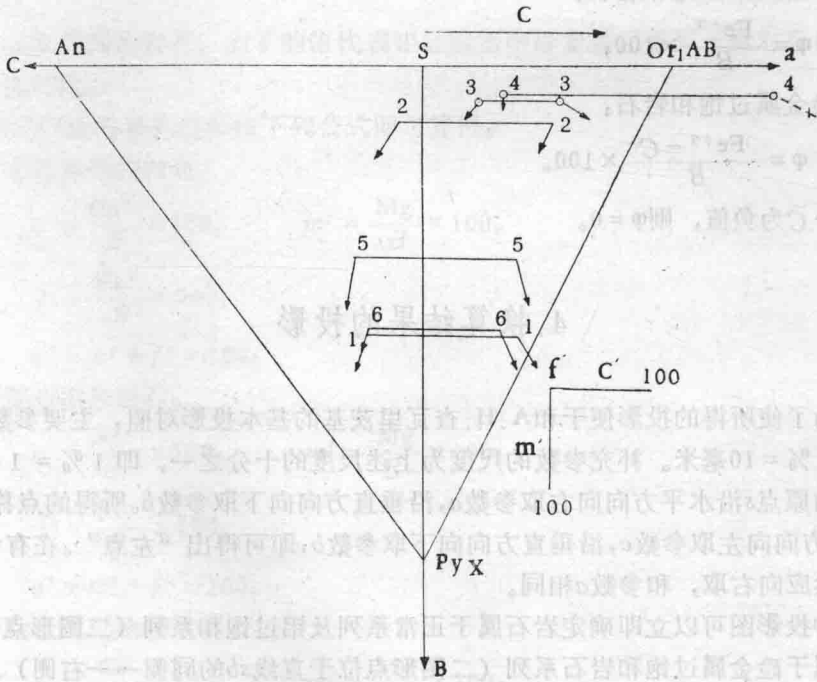
对于铝过饱和岩石, 指标 c' 已被指标 a' 所代替。在“右点”上作向量时, 参数 a' 应从 f' 点向左取, 因此向量箭头将指向左下方, 于是根据投影即可区别铝过饱和岩石和正常系列岩石。

对于硷金属过饱和岩石, 箭状向量的作图按正常岩石的方法进行。

在岩石为硷金属极度过饱和的场合下没有指标 f' , 并已代之以计算出来的指标 n' 。作箭状向量时, 在这种情况下, 原点将不是 f' 而为 n' , 为了区别于正常岩石, 向量用虚线划出。

(4) K和Na的比是影响箭状向量在空间中的方向的一个因素。将箭状向量投影到四面体侧面(sbc 面)上时, 在左点上即可得到一个箭头, 其倾斜由K对Na的比值来决定。从图形点向左以任意尺度取参数K, 按同一尺度向下取参数Na。K和Na的比值即可决定阐明参数 a (即硷性铝硅酸盐——长石或似长石的特征) 的向量箭头的倾斜。因为左向量是空间中同一向量在 sbc 面上的投影, 所以它的终点应当和右向量的终点位于同一高度。这种图形的好处在于可以比较容易地对比同一岩石的投影的左右向量。

(5) 为了对比两种相近的岩石的成分可用常用的方法, 即根据解析几何定则利用点的坐标确定两点之间的距离。大家知道, 距离 d 将等于 $\sqrt{(a-a_0)^2 + (b-b_0)^2 + (c-c_0)^2}$ 。岩石在成分上的差别不仅反映在长度上, 而且也反映在方向上。差别可能有两种类型: a . 一种参数的差显著地大于另外两种参数。 b . 两种参数的差大致相等, 同时显著地大于第三种参数。



典型岩石的成分的A. H. 查瓦里茨基投影

1—玄武岩; 2—花岗岩; 3—硷流岩; 4—方钠霓辉岩; 5—克留契夫火山主火
山口的熔岩; 6—1000米高度上寄生火山口的熔岩

如果以 a_0 、 b_0 、 c_0 为基本岩石的参数， a 、 b 、 c 为被比较岩石的参数，则当差 $a-a_0$ 为正时，可以说被比较的岩石为富于硷金属的铝硅酸盐，而当此一差数为负值时，则为贫于硷金属的铝硅酸盐。根据同一原因，当差 $b-b_0$ 为正时被比较岩石将富于有色硅酸盐，而当此差值为负时则贫于有色硅酸盐。最后，当 $c-c_0$ 的差值为正时，被比较岩石将富于“钙长石”，而当此差值为负时，则贫于“钙长石”。

如果岩石的参数有 $\bar{c}$ ，又 $\bar{c}-c_0$ 的差值为正，则代表被比较岩石的成分较主体岩石富于霓辉石。上述差值为负则代表被比较岩石的成分贫于霓辉石。

如果以克留契夫火山主火山口的熔岩的成分（1937年喷发，指标为： $a=9.4$ ， $c=7.1$ ， $b=19.5$ ， $s=64.0$ ， $c'=13$ ， $m'=46$ ， $f'=41$ ， $n=81$ ）与分布于1000米高度上的寄生火山口的熔岩的成分（指标为： $a=7.4$ ， $c=5.7$ ， $b=26.8$ ， $s=60.1$ ， $c'=20$ ， $m'=40$ ， $f'=40$ ， $n=76$ ）进行比较为例，则寄生火山口熔岩的成分与主火山口的差别既表现在数值又表现在性质上。现将算式列举于下：

$$|d| = \sqrt{(7.4-9.4)^2 + (5.7-7.1)^2 + (26.8-19.5)^2} = \\ = \sqrt{4 + 1.96 + 53.29} = 7.7。$$

这时寄生火山口岩石的成分与主火山口岩石的成分的差别表现在前者明显地富于有色硅酸盐。这一事实可作为肯定克留契夫火山的火山源中曾发生岩浆重力分异作用的依据。上图为这些参数在A.H.查瓦里茨基投影图上的投影。当差别属于 b 型时，可赋予该成分以双重名称。例如，富于钙长石和有色硅酸盐，富于霓辉石和硷金属铝硅酸盐，等等。

（6）当对比构成某一组合的岩系的投影时，可作出代表由一种岩石到另一岩石的成分变化类型的曲线。为此只要用折线或平滑的曲线依次连接岩石的图形点就行了。

5. 换算实例

为了熟练地掌握A.H.查瓦里茨基法，可换算一些最典型的岩石的成分。

玄武岩分析结果的换算过程

（1）借附录1将分析的重量百分数换算成原子数。换算进行到三位小数，将原子数乘以1000化成整数。因为计算时值得注意的不是绝对数值而是它们的比，换算成整数不会引起任何改变。

（2）根据铝原子与钾、钠原子及二倍钙原子数的和的数量关系确定岩石属何系列。在现在的情况下，Al的数量大于 $K+Na$ 的和而小于 $2Ca+Na+K$ 的和。因此岩石应当属于正常系列，并按正常系列岩石的换算规则进行下一步的计算。

（3）将硅和钛的原子数相加即得 S 组

$$S = 817 + 17 = 834。$$

（4） A 组等于硷金属元素原子数的和

$$A = 100 + 32 = 132。$$

（5） C 组等于可参与铝硅酸盐（钙长石组份）的钙的原子数。此数由构成 A 组后所余的铝原子数决定： $308 - 132 = 176$ ；因每一钙原子与两个铝原子结合，故 C 值 $= 176 \div 2 = 88$ 。

(6) B组为其余元素原子数的和。它包括：等于 $\text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2} + \text{Mn}^{+2}$ 原子数的和的Fe'组、Mg组及等于未参与C组的钙原子数的Ca'组。

$$\text{Fe}' = 68 + 89 + 4 = 161, \text{Mg} = 153,$$

$$\text{Ca}' = 160 - 88 = 72.$$

$$B = 161 + 153 + 72 = 386.$$

(7) 计算 $A + C + B + S$ 的和 N ：

$$N = 834 + 132 + 88 + 386 = 1440.$$

(8) 根据附录2的换算表计算参数 a 、 c 、 b 、 s ，这时将 N 取作100。

(9) 按下面的公式计算 Q 值：

$$Q = s - [3a + 2c + b] = 57.9 - [27.6 + 12.2 + 26.8]$$

$$= -8.7.$$

玄武岩 (198个分析结果的平均值)

氧化物	重量 (%)	原子数	组				数字指标	
			S	A	C	B	主要	补充
SiO_2	49.06	817	834		$308 - 132 = 176$	$\text{Fe}' = 68 + 89 + 4 = 161$	$s = 57.9$	$Q = 8.7$
TiO_2	1.36	17					$a = 9.2$	$\frac{a}{c} = 1.5$
Al_2O_3	15.70	308					$c = 6.1$	$c' = 18.6$
Fe_2O_3	5.34	68					$b = \frac{26.8}{100.0}$	$m' = 39.6$
FeO	6.37	89			$176 : 2 = 88$	$\text{Mg} = 153$		$f' = 41.8$
MnO	0.31	4						$n = 75.8$
MgO	6.17	153						$\varphi = 17.6$
CaO	8.95	160						$t = 2$
Na_2O	3.11	100		132		$\text{Fe}' + \text{Mg} + \text{Ca}' = 386$		
K_2O	1.52	32						
H_2O	1.62	90						
P_2O_5	0.45	3						

$$N = 834 + 132 + 88 + 386 = 1440$$

$$100 + 32 < 308 < 132 + 2 \times 160 \text{——正常系列}$$

(10) 说明岩石的长石部分的特征及决定其化学性质的重要数值 $a:c$ 计算至一位小数为止：

$$9.2 : 6.1 = 1.5.$$

(11) 阐明岩石有色部分 (参数 B) 的数据 c' 、 m' 、 f' 也计算到一位小数为止:

$$c' = \frac{72 \times 100}{386} = 18.6, \quad m' = \frac{153 \times 100}{386} = 39.6,$$

$$f' = \frac{161 \times 100}{386} = 41.8.$$

(12) 钠在岩石浅色部分 (参数 A) 中的作用以 n 值表示, 等于:

$$\frac{100 \times 100}{132} = 75.8.$$

(13) φ 和 t 值分别由下列二式算出:

$$\varphi = \frac{68 \times 100}{161} = 17.6, \quad t = \frac{17 \times 100}{834} = 2.0.$$

换算结果的分析

所得的结果可以表明该岩石是一种以有色组份为主的 (就原子数的比而论) 有色组份和浅色组份的集合体, $\frac{b}{a+c} = \frac{26.8}{15.3}$, 有色组份几占整个岩石的60%。同时, 在有色部分的成分中起基本作用的是镁—铁组份, 由比例式 $(m' + f') : c' = 81.3 : 18.6 = 4.5$ 即可看出, m' 和 f' 的数量近于相等。由于 Q 为负值, 故可断言岩石的硅不大饱和, 这可能与前面主观地将三价铁换算成二价铁有些关系。根据 $a:c = 1.5$ 可以认为岩石的浅色部分是中斜长石, n 值表明岩石中的钠显著地多于钾, 故无钾长石。

根据附录 5, 岩石属于: 5 类 19 组 《a》亚组。

花岗岩的成分的换算可以作为另一例子。

花岗岩分析结果的换算过程

(1) 重量百分数换算成原子数。

(2) 根据铝原子数对硷金属元素原子数与二倍的钙原子数的和的数量关系确定岩石属何系列: $284 > 200 + 72$; 此式表明在该种情况下岩石属于铝过饱和系列。

(3) 将 Si 和 Ti 的原子数相加而得 S 组:

$$S = 1169 + 5 = 1174.$$

(4) A 组等于硷金属元素原子数的和:

$$A = 112 + 88 = 200.$$

(5) 全部钙原子数均应纳入 C 组中, 因为铝硅酸盐饱和后, 铝由于抵偿硅酸盐结构格架中三价铝取代四价硅时腾出的原子价的元素不足而过剩。因此:

$$C = Ca = 36.$$

(6) B 组由 Fe' 和 Mg 的原子数以及构成长石后剩余的铝原子数 Al' 组成:

$$Al' = 284 - (200 + 72) = 12;$$

$$B = 47 + 22 + 12 = 81.$$

(7) 计算总和 N , 等于 $1174 + 200 + 36 + 81 = 1491$ 。根据附录 2 确定参数 a 、 c 、 b 、 s , 这时令 N 等于 100。

(8) 确定Q值:

$$Q = 78.8 - [40.2 + 4.8 + 5.4] = +28.4.$$

(9) 计算长石的比值:

$$a:c = 13.4:2.4 = 5.6.$$

(10) 为阐明有色部分(参数B)而计算 m' 、 f' 、 a' 值:

$$m' = \frac{22 \times 100}{81} = 27, \quad f' = \frac{47 \times 100}{81} = 58,$$

$$a' = \frac{12 \times 100}{81} = 15.$$

花岗岩(546个分析结果的平均值)

氧化物	重量 (%)	原子数	组				数字指标	
			S	A	C	B	主要	补充
SiO ₂	70.18	1169	1174				$s = 78.8$	$Q = +28.4$
TiO ₂	0.39	5					$a = 13.4$	$\frac{a}{c} = 5.6$
Al ₂ O ₃	14.47	284				$Al' = 284 - (72 + 200) = 12$	$c = 2.4$	$a' = 15$
Fe ₂ O ₃	1.57	20					$b = \frac{5.4}{100.4}$	$m' = 27$
FeO	1.78	25				$Fe' = 20 + 25 + 2 = 47$		$f' = 58$
MnO	0.12	2						$n = 56$
MgO	0.88	22				$Mg = 22$		$\varphi = 24.7$
CaO	1.99	36			36			$t = 0.4$
Na ₂ O	3.48	112		200		$Al' + Fe' + Mg = 81$		
K ₂ O	4.11	88						
H ₂ O	0.84	47						
P ₂ O ₅	0.19	1						

$$N = 1174 + 200 + 36 + 81 = 1491$$

284 > 200 + 2 × 36 —— 铝过饱和岩石系列

(11) 计算 n 值:

$$n = \frac{112 \times 100}{200} = 56.$$

(12) 计算 φ 及 t 值:

$$\varphi = \frac{27 \times 100}{81} = 24.7, \quad t = \frac{5 \times 100}{1174} = 0.4.$$

换算结果的分析

岩石中浅色部分显著地多于有色部分： $b:(a+c+Q)=5.4:44.2$ ，即浅色部分（就原子数而论）几占全部岩石的88%。同时，在有色部分中含有铝（有云母），而铁又大大地超过镁 $f':m'=58:27$ ，这可作为岩石为低温产物的标志。 Q 值大，且为正值，即岩石如为全晶质，则必然含有石英。岩石的浅色部分的特点表现在硷性长石大大超过钙长石（有酸性斜长石）， n 值等于56表明钠和钾的含量近于相等，因此可以预见岩石中含有钾长石。

根据附录5岩石属于2类4组。

换算硷金属元素过饱和岩石的分析结果可用硷流岩的分析结果为例。

硷流岩分析结果的换算过程

(1) 重量百分数换算成原子数。

(2) 根据硷金属元素和铝在原子数上的数量关系确定岩石属于硷金属过饱和系列。

(3) S 组 $=1143+4=1147$ 。

(4) A 组等于全部的 Al 原子数，因为 A 取决于能以参与铝硅酸盐的硷金属元素的原子数：

$$A=Al=202。$$

(5) C 组不存在。代替它的为计算出来的、符号与它相反的 $\bar{C}$ 组——霓辉石类型矿物中含有的硷金属元素(Na)的原子数：

$$\bar{C}=Na+K-Al=286-202=84。$$

(6) B 组等于 Ca 、 Mg 的原子数与为形成硷性有色矿物所需的 Fe' 原子使过剩的钠原子数饱和后剩余的 Fe'' 组的原子数的和：

$$Fe''=Fe'-\bar{C}=109-84=25；$$

$$B=19+9+25=53。$$

(7) 计算 N ，等于 $1147+202+84+53=1486$ ，然后根据附录2确定参数 s 、 a 、 $\bar{c}$ 、 b （亦即一般在 N 中所占的百分数）。

(8) 按下面的公式计算 Q 值：

$$Q=s-(3a+2\bar{c}+b)=+21.4。$$

(9) 确定 $a:\bar{c}$ 的比值。该值并非表示长石部分的特征，而是表明长石部分的硷金属元素与硷性有色部分的硷金属元素的比：

$$a:\bar{c}=13.6:5.7=2.4$$

(10) 非硷性有色部分（参数 B ）可用 c' 、 m' 、 f' 值阐明：

$$c'=\frac{19 \times 100}{53}=36, \quad m'=\frac{9 \times 100}{53}=11,$$

$$f'=\frac{(109-84) \times 100}{53}=47。$$

(11) 为了计算 n 值应当考虑的只是那些参与铝硅酸盐成分的 Na 原子数。

因为 K 首先结成铝硅酸盐，从铝硅酸盐总数 $A=202$ 中减去 K 的原子数 $=88$ 。于是只有114

份Na参与铝硅酸盐。因此：

$$n = \frac{114 \times 100}{202} = 56。$$

(12) 计算φ值时应考虑到部分铁原子要用于与过剩的钠原子数结合。因此， $\varphi = \frac{Fe^{+3} \times 100}{B}$ 。在这个例子中由于全部的Fe⁺³原子均已消耗在构成有色矿物上，故φ=0。

(13) t值照通常的方法计算：

$$t = \frac{4 \times 100}{1147} = 0.35。$$

硷 流 岩

氧化 物	重 量 (%)	原子数	组				数 字 指 标	
			S	A	C	B	主 要	补 充
SiO ₂	68.63	1143	1147	202		Fe'' = Fe' - C = 109 - 86 = 25 Fe'' = 25 Mg = 9 Ca = 19 53	s = 77.2	Q = + 21.4
TiO ₂	0.35	4					a = 13.6	$\frac{a}{c} = 2.4$
Al ₂ O ₃	0.30	202					$\frac{c}{c} = 5.7$	c' = 36
Fe ₂ O ₃	5.60	70			286 - 202 = 84		b = $\frac{3.6}{100.0}$	m' = 18
FeO	2.61	36						f' = 47
MnO	0.21	3						n = 56
MgO	0.37	9						φ = 0
CaO	1.07	19						t = 0.35
Na ₂ O	6.14	198						
K ₂ O	4.17	88						
H ₂ O	0.53	29						
P ₂ O ₅	0.02	—						

$$N = 1147 + 202 + 84 + 58 = 1486$$

88 + 198 > 202——硷金属元素过饱和岩石

换算结果的分析

岩石含有潜在的石英和钾长石，因为Q值大，且为正值，n<65 (56)。
浅色部分和有色部分在原子数上的比等于 (Q+a) : (b+c) = 36.6:9.5≈4，即浅色部分几占80%。有色矿物为硷性辉石或硷性闪石。
根据附录 5 岩石属于 2 类 2 组。

换算硷金属极度过饱和和岩石的分析结果可用方钠霓辉岩（方钠磷霞岩）的分析结果的换算为例来加以说明。

方钠霓辉岩分析结果的换算过程

- (1) 将重量百分数换算成原子数。
- (2) 根据硷金属元素和铝在原子数上的数量关系确定岩石属于硷金属极度过饱和和系列：
 $526 + 28 - 427 > 105$ 。
- (3) S 组 = $743 + 19 = 762$ 。
- (4) A 组等于 Al 的原子数，因为它限制了能参与铝硅酸盐成分的硷金属元素的原子数：
 $A = Al = 427$ 。
- (5) C 组不存在。代替它的是计算出来的 $\bar{C}$ 组，它等于参与有色矿物的成分的 Na 原子数。在这种场合下，此数为 Fe' 组的原子数所制约，因为 Fe' 少于 $K + Na$ 、多于 Al 的原子数。
- (6) 多于 Fe' 的 Na 原子数用 Na' 表示。它和 Ca 、 Mg 的原子数一起参与 B 组中。因此：
 $Na' = [(Na + K) - Al] - Fe' = (554 - 427) - 105 = 22$ ，
 $B = 14 + 8 + 22 = 44$ 。

方钠霓辉岩（科拉半岛）

氧化物	重量 (%)	原子数	组				数字指标	
			S	A	$\bar{C}$	B	主要	补充
SiO_2	44.58	743	762				$s = 56.9$	$Q = 58$
TiO_2	1.51	19					$a = 32.0$	$\frac{a}{c} = 4.1$
Al_2O_3	21.74	427		427			$\bar{c} = 7.8$	$c' = 32$
Fe_2O_3	6.80	86					$b = 3.3$	$m' = 18$
FeO	1.20	17			$554 - 427 = 127$	$Na' = 127 - 105 = 22$		$n' = 50$
MnO	0.13	2			$127 > Fe'$			$n = 93.4$
MgO	0.31	8			$\bar{c} = Fe' = 105$	$Mg = 8$		$\varphi = 0$
CaO	0.81	14				$Ca = 14$		$t = 2.6$
Na_2O	16.28	526				$Na' = 22$		
K_2O	1.34	28				44		
H_2O	2.62	289						
Cl	2.56	71						

$N = 762 + 427 + 105 + 44 = 1338$

$28 + 526 - 427 > 105$ ——硷金属元素极度过饱和和岩石