

花岗岩类自然矿物岩石 化学换算法

中国科学院贵阳地球化学研究所 朱为方

本文吸收了一般岩石化学换算法的合理部分,根据稳定矿物组合与化学成分之间的规律性联系,确定了前者的岩石化学特征值。以简单联立方程解出某元素不同矿物中的配比。根据不同岩石化学条件确定成分多变矿物中元素组合和分配方式;并考虑了钾钠长石之间的常见类质同象范围,以确定符合自然实际的矿物组合和含量。计算结果投影于Qu—A—Pl三角图,确定矿物成分的岩石命名。本文对各种常见的酸性深成—火山岩都建立了系统的自然矿物换算法和命名系统,其中深成岩系统包括各种含锂的云母类花岗岩、碱性花岗岩、堇青石花岗岩、萤石黑云母花岗岩、榴石角闪石黑云母花岗岩以及黑云母白云母花岗岩等。本换算法改进了部分不合理的传统公式和方法,并照顾到便于采用电子计算机进行计算。许多方面仍是新的尝试,希望在实践中得到读者的帮助和改正,以臻完善。

花岗岩类的定量矿物分类命名法

本文基本采用1972年廿四届国际地质学会火成岩小组委员会推荐的系统——Qu—A—Pl三角图的分类命名(图1)^[6],并作了部分修改。为使命名系统同样适用于酸性火山岩或次火山岩,以便与同样成分的深成岩相对应,故按图1的栏次,于表1给出深成至喷出不同产状岩石的统一命名。

副矿物>1%者参与深成—浅成岩命名(火山岩或次火山岩除外);名前尚可冠以结构名称,如等粒、片麻状、斑状、粗粒(>5毫米)、中粒(3~5毫米)、细粒

(<3毫米)、霏细(显微全晶质者)等等。

花岗岩类自然矿物换算法

为便于用直观的矿物成分分类命名,用高精度的岩石化学分析研究岩石,并克服镜下统计矿物时因粒度过大或过小造成的困难等,提出了创立“自然矿物岩石化学换算法”的任务。一切岩石化学换算法都应以自然矿物所反映的各元素间的有机联系为基础,并以合理地尽可能少的数值代表岩石化学特征,以便比较。方法是否成功,取决于正确认识这种元素间天然联系的规律,并能以简明的程序完成换算。过去有关算法,如CIPW法、P.尼格里法、A.H.查瓦里茨基法等^[1],未尽合理,有不少有待补充、拼弃及改正之处。如CIPW法的副矿物组合及命名系统的人为性及形式性突出,查氏法

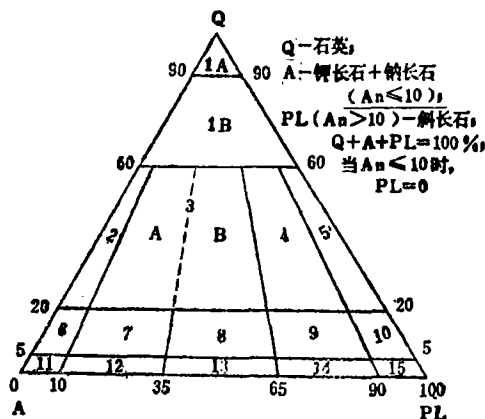


图1 酸性岩类岩石分类命名图解

表 1

(据矿物成分在图 1 上的投影结果)

栏 次		深 成 岩	浅成(脉)岩—次火山岩或超浅成岩	喷 出 岩
1	A B	石英质岩 富石英花岗岩	石英质岩 石英质岩 富石英花岗岩斑岩/富石英霏细岩	硅质岩 富硅流纹岩(富硅珍珠岩、富硅黑曜岩、富硅松脂岩、富硅浮岩)
2	钠长石 碱长石 >70% 微斜长石 碱长石 >70% 正长石 碱长石 >70%	碱长花岗岩 钠长石花岗岩 微斜长石花岗岩 正长石花岗岩 :	碱长花岗岩斑岩/碱长霏细岩 钠长石花岗岩斑岩/钠长石霏细岩 微斜长石花岗岩斑岩/微斜长石霏细岩 正长石花岗岩斑岩/正长石霏细岩 :	碱质流纹岩(碱质珍珠岩、碱质黑曜岩...) 钠质流纹岩(钠质珍珠岩、钠质黑曜岩...) 钾质流纹岩(钾质珍珠岩、钾质黑曜岩...) 钾质流纹岩(钾质珍珠岩、钾质黑曜岩...) :
3	A B	花岗岩 钾长花岗岩 二长花岗岩	花岗岩斑岩 霏细岩 钾长花岗岩斑岩/钾长霏细岩 二长花岗岩斑岩/二长霏细岩	流纹岩(珍珠岩、黑曜岩...) 富钾质流纹岩(富钾珍珠岩、富钾黑曜岩...) 富钠质流纹岩(富钠珍珠岩、富钠黑曜岩...)
4	—	闪长花岗岩	闪长花岗岩斑岩/闪长霏细岩	英安流纹岩(英安珍珠岩、英安黑曜岩...)
5		斜长花岗岩	斜长花岗岩斑岩/斜长霏细岩	碱土流纹岩(碱土珍珠岩、碱土黑曜岩...)
6		碱长石英正长岩	碱长石英正长斑岩	碱质石英粗面岩
7		石英正长岩	石英正长斑岩	石英粗面岩
8		石英二长岩	石英二长斑岩	英安粗面岩
9		石英二长闪长岩	石英二长闪长玢岩	粗面英安岩
10		石英闪长岩($An \leq 50$) 石英辉长岩($An > 50$)	石英闪长玢岩($An \leq 50$) 石英辉长玢岩($An > 50$)	英安岩($An \leq 50$) 英玄岩($An > 50$)
11		碱长正长岩	碱长正长斑岩	碱质粗面岩
12		正长岩	正长斑岩	富钾粗面岩
13		二长岩	二长斑岩	安山粗面岩
14		二长闪长岩($An \leq 50$) 二长辉长岩($An > 50$)	二长闪长玢岩($An \leq 50$) 二长辉长玢岩	粗面安山岩($An \leq 50$) 粗面玄武岩($An > 50$)
15		闪长岩($An \leq 50$) 辉长岩($An > 50$)	闪长玢岩($An \leq 50$) 辉长玢岩($An < 50$)	安山岩($An \leq 50$) 玄武岩($An > 50$)

的余铝归入B组、Ti 归入S 值、碱性花岗岩的 $\overline{C}$ 及斜长石中无钙，尼格里法的组合类型过于有限等，都是显而易见的缺点。除尼格里法外，一般说来，命名系统均嫌烦琐，不直观，使用不便。本换算法力图解决这些问题。

建立“自然矿物岩石化学换算法”已有了可能。因为：一)花岗岩浆成分及其结晶产

物有相对固定性，岩浆过程某一特定阶段的产物更是如此。图 2、3 中，标准矿物组分高密度区和低熔共结点位置吻合，可以说明这种固定性。二）主要造岩矿物组合稳定。三）岩石的矿物组成与化学成分之间有明显的量的联系。四）已积累了一定的花岗岩类岩浆作用过程的规律性认识。

花崗岩中, K、Na、Al(四配位)和

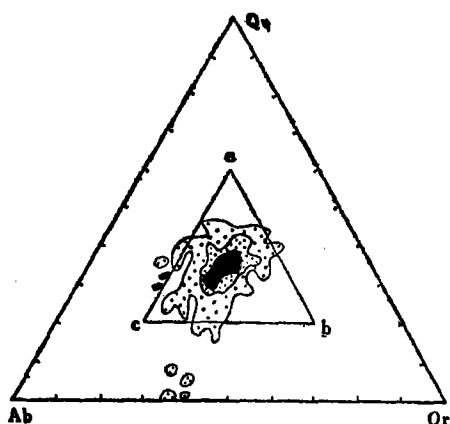


图2 1269个酸性岩标准矿物成分的投影等密度图

Ab+Or+Qu > 80 %者选入投影, Δabc示花岗岩或流纹岩成分范围

(据O.F. Tuttle和N.L. Bowen, 1958) [1]

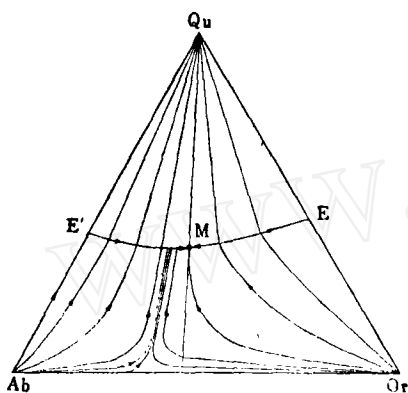


图3 Qu-Ab-Or-H₂O系等压分离结晶曲线图

1000 Kg / Cm²水蒸汽压下, M为最低共熔点

(据O.F. Tuttle和N.L. Bowen, 1958) [1]

Si占岩石总阳离子数95%以上, 且其95%又为钾长石、钠长石(钙长石次要)和石英所占有。这三种矿物无论其组合或成分都相当稳定。可见, 计算的主要困难在于副矿物, 尤其是成分多变的副矿物。这是本法着重突破的重要环节。

花岗岩中铝的分配颇为复杂。取六或四配位形式, 数值上彼此相关联。当高温、贫铝又富“铁组”六配位离子Fe²⁺、Mn²⁺、Mg²⁺、(Ti⁴⁺)条件下, 铝以四配位形式取代Si—O四面体中1/4的Si(条件相反, 部分多余的铝才以六配位自由阳离子形式进入云母八面体晶格)。这种取代引起负电价的过剩, 必然通过K、Na、Ca自由阳离子进

入而达到补偿。因此, 在同一矿物中显示出(K+Na)/Al[4](〔4〕表示四配位, 下同)接近1:1, Ca/Al[4]接近1:2的恒定规律。这种比值同样适用于钾长石、钠长石、钙长石及云母类。因而可以由(K+Na+2Ca_{Al})—Al的关系式判断铝的不同配位形式及其数量以及Na、Ca是否过剩而结合于副矿物。只有当岩石中极贫于Ca且Na又过剩时, 才会有Fe³⁺+Na¹⁺→2Mg²⁺或2Fe²⁺的取代, 因而, Na及Fe³⁺进入碱性暗色矿物——如霓石、钠闪石、钠铁闪石。否则, Fe³⁺只当形成氧化物看待。上述认识是本换算法的重要基础。

一、某些重要计算环节的改进与处理

一) 根据岩石化学成分的标志特征值Ca'、Al'和Na'(即过剩阳离子)确定应计算的矿物组合。

二) 用简单联立方程式解出某元素在不同矿物中的分配比。

三) 对于形成长石类和铁黑云母而言过剩的铝, 主要看作来自黑云母类六配位铝, 超出后者八面体容量限度(0.5个原子)者, 应来自白云母(八面体Al[6]容量限度为2个原子), 再有余铝应来自黄玉、堇青石、硅线石或高岭土等。纠正了查氏为余铝配硅的重复弊病。但必须排除风化而出现显著量高岭土的样品, 否则余铝分配混乱, 且因Na、Ca流失, 计算结果会失真。

四) 部分铁来自硫化物, 故全分析项目应有S和As₂O₃。

五) 由于样品机械加工时带入钢屑, 影响计算精度(表2), 故应通过无介质磨样检验查明前者的增量(ΔFeO和ΔFe₂O₃), 并予以扣除, 最好是彻底改革样品加工方法。

六) 考虑到钾钠长石之间不等量类质同象置换的必然存在, 为使计算结果符合自然实际, 应修正钾长石和钠长石标准分子(fK'、Ab')值。粗略统计, 钾长石中Ab'/fK'=0.253/0.747, 钠长石中Ab'/fK'=0.927/0.073。修正后的实际钾长石和钠长石(fK, Ab)分子数应为Ab=1.07

用不同器械研磨样品铁氧化物量变化情况
表 2

研磨机械	无介质*	对辊机	小球磨机	小磨盘机
Fe ₂ O ₃	0.3	0.24	0.96	0.23
FeO	{ 0.95 0.94	1.56	1.61	{ 2.15 2.16

* 无介质研磨是用被分析的新鲜岩心样切平作砧子和罐子，敲击粉碎紧接的岩心样，碎至1毫米以下，以玛瑙乳钵研至-200目，送化验。

$Ab' - 0.35fK'$, $fK = Ab' + fK' - Ab$ 。据 fK 、 Ab 值计算 Pl 及 No 更近实际。由于碱长石中 Ab'/fK' 是温度的函数，故上述计算未感满意，仍有待研究。根据巴特(1962)^[4]建立的平衡关系图解(图4)，以上修正公式有关的数值相当于 $K = 0.27$ 水准，对应温度为 $530^{\circ}C$ 。据王棣庭、戎嘉树^[2](1975)所提供南岭区部分长石数据换算，指示 K 范围为 $0.2 \sim 0.32$ ，故知本公式对应 K 值居中，尚有代表性。

七) 因为云母类和碱长石类矿物中 $Al[4]:Si[4]$ 很接近 $1:3$ ，故统一规定此值，使计算十分方便。对铝过饱和花岗岩黑云母 $Al[4]$ 为1(个原子)、 $Al[6]$ 为0.5，钙或钠过饱和者， $Al[4]$ 为1， $Al[6]$ 为0。超出以上比例的 Al ，可以认为来自白云母、黄玉、堇青石、硅线石等富铝矿物。

九) 认为用阳离子数代替矿物重量%是

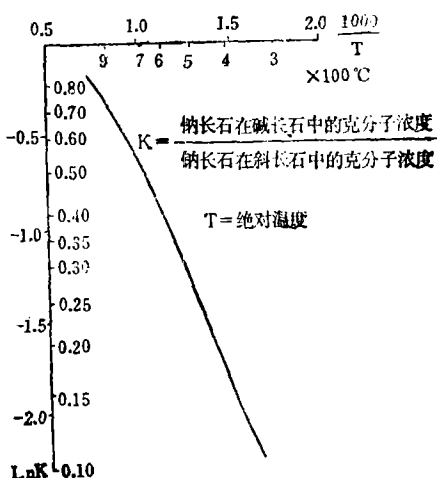


图4 钠长石在钾长石和斜长石中的分配率
与温度之间的关系
(T. F. W. 巴特, 1962)^[4]

允许的，因为主要矿物阳离子平均原子量接近。省去重量加权计算步骤后，绝对误差一般小于0.2%，仅 Ab 、 Ca 误差稍大，但小于2.5%，计算大为简化。

十) 鉴于碱性花岗岩中钙首先进入钙长石而极少进入暗色碱性副矿物，故衡量钠过剩的公式应改为 $(Na + K + 2Ca_{AP}) - Al = Na'$ 。查氏把 Ca 并入 B 组，不适用于碱性花岗岩。

十一) 根据含锂云母类八面体成分规律变化，可给出判断云母变种的岩石化学判断公式，有助于确定成分多变的云母亚种的计算。这方面是新尝试，有助于预测某些稀有金属的矿化。

十二) 计算结果通过 $Qu-A-Pl$ 图投影和查表1确定岩石命名。

二 判断造岩矿物组合的岩石化学特征标志

这些特征标志，一部分仍是经验规律的总结，但过饱和公式却具有元素结合的严格规定性。

一) 钙过饱和和类型花岗岩岩石化学特征标志及矿物组合

1. 岩石化学特征标志

$$(1) [K + Na + 2(Ca - Ca_{AP})] = Ca' > 0,$$

$$(2) CaO > 1\%,$$

$$\Sigma TiO_2 + FeO + Fe_2O_3 + MgO + MnO$$

(以下用 ΣFmO 表示) $> 4\%$ ，其中 Ca_{AP} 表示磷灰石中钙原子数、元素符号均代表岩石中某元素的原子数(下同)。 Ca' 为岩石中过饱和的钙原子数，它将进入副矿物。

2. 区别本类型岩石不同矿物组合的次级岩石化学标志

(1) 辉石—角闪石—黑云母—磁铁矿—长英组合(简称 $Tn-Amp$ 组合): $CaO > 1\%$, $10\% > \Sigma FmO > 4\%$;

(2) 黑云母—萤石—长英组合(简称 $F1-Bi$ 组合): $CaO \leq 1\%$, $\Sigma FmO < 3\%$ (多见 $< 2\%$), $Na_2O/CaO < 8$;

(4) 辉石—角闪石—黑云母—磁铁矿

—长英组合（简称Pr—Amp组合）： $\text{CaO} > 2\%$ ， $\Sigma\text{FmO} > 10\%$ 。

二）铝过饱和类型花岗岩岩石化学特征标志及其矿物组合

1. 岩石化学特征标志

$$\text{Al} - [\text{K} + \text{Na} + 2(\text{Ca} - \text{Ca}_{\text{AP}})] = \text{Al}' > 0$$

其中 Al' 为岩石中过饱和的铝原子数， Al 为岩石中铝总原子数，其余同前。

2. 区别不同矿物组合的次级岩石化学标志

（1）黑云母—白云母—长英矿物组合（简称Bi—Ms组合）： $\text{MgO} < 1\%$ ， $\Sigma\text{FmO} < 4\%$ ， $\text{Li}/(\text{Li} + \text{Fm}') < 0.10$ ，其中 $\text{Fm}' = \text{Fm} - (\text{Fm}_{\text{Ars}} + \text{Fm}_{\text{Py}} + \text{Fm}_{\text{Il}} + \text{Fm}_{\text{Mt}})$ ，又 $\text{Fm} = \text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Mn}$ 。括号内分别表示毒砂中的、黄铁矿中的、钛铁矿中的及磁铁矿中的 Fm 组阳离子或原子数；

（2）堇青石—黑云母—硅线石—长英组合（简称Cd—Bi组合）： $\text{MgO} > 1\%$ ， $\Sigma\text{FmO} > 4\%$ ；

（3）含锂云母—白云母—黄玉—长英组合（简称Lit—Top组合）： $\Sigma\text{FmO} < 3\%$ （多见 $< 2\%$ ）， $\text{Na}_2\text{O} \geq 4$ ， $\text{Li}/(\text{Li} + \text{Fm}') \geq 0.10$ 。

三）钠过饱和类型花岗岩岩石化学特征标志及其矿物组合

1. 岩石化学特征标志

$$(1) [\text{K} + \text{Na} + 2(\text{Ca} - \text{Ca}_{\text{AP}})] - \text{Al} = \text{Na}' > 0,$$

（2） $\text{CaO} \ll 1\%$ ， $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO} > 8$ （多见 > 10 ），其中 Na' 为岩石中过饱和钠原子数；

2. 区分矿物组合的岩石化学标志见后。

三 各种自然矿物组合的换算步骤

一）一般的共同步骤

1. 扣除机械加工混入的 $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 ΔFeO 。

2. 换算氧化物为阳离子或原子数（氢除外）。

3. 计算磷灰石（的阳离子数，下同） Ap ，分子式为 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 1/3\text{CaF}_2$ ，如表3各栏所代表的数值；其数值关系为： $\text{Ca}_{\text{AP}} = 1.67\text{P}$ ， $\text{Ap} = \text{Ca}_{\text{AP}} + \text{P} = 2.67\text{P}$ 。

4. 计算 Ca' 、 Na' 或 Al' ，确定不同矿物组合。

5. 计算毒砂（ Ars ， FeAsS ）， $\text{Fe}_{\text{Ars}} = \text{S}_{\text{Ars}} = \text{As}$ ， $\text{Ars} = \text{Fe}_{\text{Ars}} + \text{S}_{\text{Ars}} + \text{As} = 3\text{As}$ 。

6. 计算黄铁矿（ Py ， FeS_2 ）， $\text{S}_{\text{Py}} = \text{S} - \text{S}_{\text{Ars}}$ ， $\text{Fe}_{\text{Py}} = 1/2\text{S}_{\text{Py}}$ ， $\text{Py} = \text{S}_{\text{Py}} + \text{Fe}_{\text{Py}} = 1.5\text{S}_{\text{Py}}$ 。

二）花岗岩类各种矿物组合类型的换算步骤

1. 钙过饱和类型

（1） Tu—Amp 包括下列矿物（共同步骤已计算者也在内），并写于表3上栏：磷灰石 Ap 、毒砂 Ars 、黄铁矿 Py 、钙长石 An 、磁铁矿 Mt 、铜石 Tn 、钛铁矿 Il 、角闪石 Amp 、黑云母 Bi 、钾长石 Kfs 、钠长石 Ab 、斜长石 $\text{Pl} = \text{Ab} + \text{An}$ 、石英 Qu 。此外，将 $\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Mn}$ 原子数和记为 Fm （下同）。

1）钙长石 An ， $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ① $\text{Ca}_{\text{An}} = 1/2(\text{Al} - (\text{K} + \text{Na}))$ ； ② $\text{Al}_{\text{An}} = \text{Si}_{\text{An}} = 2\text{Ca}_{\text{An}}$ ； ③ $\text{An} = \text{Ca}_{\text{An}} + \text{Al}_{\text{An}} + \text{Si}_{\text{An}} = 5\text{Ca}_{\text{An}}$ 。

2）磁铁矿 Mt ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ ① $\text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+} = \text{Fe}^{3+}$ ，
② $\text{Fe}^{2+} = 1/2\text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+}$ ， ③ $\text{Mt} = \text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+} + \text{Fe}_{\text{Mt}}^{2+} = 1.5\text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+}$

3）铜石 Tn ， CaTiSiO_5 ①当 $\text{Ca}' < \text{Ti}$ ， $\text{Ca}_{\text{Tn}} = \text{Ca}' = \text{Ti}_{\text{Tn}} = \text{Si}_{\text{Tn}}$ ， $\text{Tn} = 3\text{Ca}'$ ； ②当 $\text{Ca}' > \text{Ti}$ ， $\text{Ca}_{\text{Tn}} = \text{Ti}_{\text{Tn}} = \text{Si}_{\text{Tn}} = \text{Ti}$ ， $\text{Tn} = \text{Ca}_{\text{Tn}} + \text{Ti}_{\text{Tn}} + \text{Si}_{\text{Tn}} = 3\text{Ti}$ 。

4）钛铁矿 Il ， $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ①当 $\text{Ca}' < \text{Ti}$ ， $\text{Ti}_{\text{Il}} = \text{Ti} - \text{Ti}_{\text{Tn}}$ ， $\text{Fe}_{\text{Il}} = \text{Ti}_{\text{Il}}$ ， $\text{Il} = \text{Fe}_{\text{Il}} + \text{Ti}_{\text{Il}} = 2\text{Ti}_{\text{Il}}$ ； ②当 $\text{Ca}' > \text{Ti}$ ， $\text{Il} = 0$ 。

5）角闪石 Amp ， $\text{Ca}_2\text{Fm}_3\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F})_2$ ①当 $\text{Ca}' > \text{Ti}$ ， $\text{Ca}_{\text{Amp}} = \text{Ca}' - \text{Ca}_{\text{Tn}}$ ， $\text{Fm}_{\text{Amp}}^* = 2.5\text{Ca}_{\text{Amp}}$ ， $\text{Si}_{\text{Amp}} = 4\text{Ca}_{\text{Amp}}$ ， $\text{Amp} = \text{Ca}_{\text{Amp}} + \text{Fm}_{\text{Amp}} + \text{Si}_{\text{Amp}} = 7.5\text{Ca}_{\text{Amp}}$ ； ②当 $\text{Ca}' < \text{Ti}$ ， $\text{Amp} = 0$ 。

6）黑云母 Bi ， $\text{KFm}_3^{*}[\text{Al}^{(4)}\text{Si}_3]\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ 当 $1/3(\text{Fm} - (\text{Fm}_{\text{Py}} + \text{Fm}_{\text{Mt}} + \text{Fm}_{\text{Ars}} + \text{Fm}_{\text{Amp}})) < (\text{K} - 0.1\text{Na})^{**}$ ，

① $\text{Fm}_{\text{Bi}} = \text{Fm} - (\text{Fm}_{\text{Ars}} + \text{Fm}_{\text{Py}} + \text{Fm}_{\text{Mt}} + \text{Fm}_{\text{Il}} + \text{Fm}_{\text{Amp}})$ ； ② $\text{Si}_{\text{Bi}} = \text{Fm}_{\text{Bi}}$ ； ③ $\text{K}_{\text{Bi}} = 1/3\text{Fm}_{\text{Bi}} = \text{Al}_{\text{Bi}}^{(4)}$ ；

④ $\text{Bi} = \text{K}_{\text{Bi}} + \text{Fm}_{\text{Bi}} + \text{Al}_{\text{Bi}}^{(4)} + \text{Si}_{\text{Bi}} = 8\text{K}_{\text{Bi}}$ 或 $= 8/3\text{Fm}_{\text{Bi}}$ 。

7）钾长石标准分子 fk' ， $\text{KAl}^{(4)}\text{Si}_3\text{O}_8$ ① $\text{K}_{\text{fk}'} =$

* 指 $\text{Fe}^{2+} + \text{Mg} + \text{Mn}$ 原子数和；

** 指类质同象进入钠长石的钾原子。

表 8

矿物组合换算表 一般形式

氧化物	重量 除数 %	阳离子数 × 1000	标志 特征值	毒砂 Ars	黄铁矿 Py	磷灰石 Ap	磁铁矿 Mt	榍石 Tn	钛铁矿 Il	角闪石 Amp	黑云母 Bi	钙长石 An	钠长石 Ab	斜长石 Pl = An + Ab	钾长石 fk	石英 Qu
SiO ₂	60.09							SiT _n = CaT _n		SiA _{amp} = 4CaA _{amp}	Si _{Bi} = Fm _{Bi}	SiA _n = CaA _n	SiA _{ab} = 3Na		Si _{fk} = 3K _{fk}	SiO _q = Si ₁ - (SiT _n + ...)
TiO ₂	79.90							Ti _{Tn} = CaT _n	Ti _{Il} = **							
Al ₂ O ₃	50.98		Al' =													
Fe ₂ O ₃ *	79.85						Fe ³⁺ M ₁ = Fe ³⁺									
FeO*	71.85															
MnO	70.93		Fe _n				Fm _{Mt} = $\frac{1}{2}$ Fe ³⁺		Fm _{Il} = Ti _{Il}	Fm _{Amp} = 2.5CaA _{amp}	Fm _{Bi} = Fm _{Bi} - (Fm _{Ars} + ...)	CaA _n = $\frac{1}{2}(Al - (K + Na))$				
MgO	40.32									CaA _{amp} = Ca' - CaT _n						
CaO	56.08		Ca' =				CaA _p = 1.67P	CaT _n **								
Na ₂ O	30.99		Na' =										NaA _{ab} = Na			
K ₂ O	47.10															
P ₂ O ₅	70.98															
As ₂ O ₃	98.91			As _{Ars} = As												
S	32.07			S _{Ars} = As	S _{Py} = S - S _{Ars}											
Li ₂ O	14.94															
Rb ₂ O	93.48															
Cs ₂ O	140.91															
总 计					1.6S _{Py}	2.67P	1.6Fe ³⁺	3CaT _n	2Ti _{Il}	7.5CaA _{amp}	8K _{Bi}	5CaA _n	5Na***		5K _{fk} ***	Si _q = ...
%																
No = An/(An + Ab), 投影值%: Qu = A = Pl = 岩石命名																

* 应扣除机械加工样品时混入的ΔFeO或ΔFe₂O₃ **注意有两种不同情况的算法, 参看文内, ***要经公式修正。

凡栏下有粗横线者表示该矿物计算时的起步, 其余数值为该值的倍数, 后者由该矿物分子确定。

$K - K_{Bi} = Al_{fk}^{(4)}$, ② $Si_{fk'} = 3K_{fk'}$, ③ $fk' = 5K_{fk'}$ 。

8) 钠长石标准分子 Ab' , $NaAl^{(4)}Si_3O_8$, ① $Na_{Ab'} = Na = Al_{Ab}^{(4)}$, ② $Si_{Ab'} = 3Na_{Ab'} = 3Na$, ③ $Ab' = 5Na$ 。

由 fk' 、 Ab' 代入 $Ab = 1.07Ab' - 0.35fk'$, $fk = Ab' + fk' - Ab$, 求实际值 Ab 与 fk 。

9) 斜长石 $Pl = An + Ab$ 。

10) $No = An / (An + Ab)$ 。

11) 石英 Qu , SiO_2 。

$Qu = Si - (Si_{An} + Si_{Tn} + Si_{Amp} + Si_{Bi} + Si_{fk'} + Si_{Ab'})$ 。

一般情况下, 可进而计算各矿物阳离子数百分比, Qu (石英)、 $A (=fk + Pl (No \leq 10))$ (碱长石)、 $Pl (No > 10)$ 斜长石和为 100% 的投影值, 投影并结合副矿物命名。但当岩石向中性过渡时, fk 可能不存在, 即当 $1/3(Fm - (Fm_{Ars} + Fm_{Py} + Fm_{Mt} + Fm_{Il} + Fm_{Amp})) \geq (K - 0.1Na)$ 时, 全部 K 进入黑云母和钠长石, 故步骤 5) 之后按以下步骤计算:

6) 钠长石 Ab , $(K_{0.1Na_{0.9}}) Al^{(4)}Si_3O_8$ 。

① $K_{Ab} = 0.1Na$, ② $Na_{Ab} = K_{Ab} + Na$, ③ $Al_{Ab}^{(4)} = Na_{Ab}$, ④ $Si_{Ab} = 3Na_{Ab}$, ⑤ $Ab = 5Na_{Ab}$ 。

7) 黑云母 Bi , $KFm_2Al^{(4)}Si_3O_{10}(OH, F)_2$, ① $K_{Bi} = K - 0.1Na = K - K_{Ab} = Al_{Bi}^{(4)}$, ② $Fm_{Bi} = 3K_{Bi}$, ③ $Si_{Bi} = 3K_{Bi}$, ④ $Bi = 8K_{Bi}$ 。

8) 紫苏辉石 Pr , $FmSiO_3$ 。当上述步骤之后尚有剩余 Fm' 条件下: ① $Fm_{Pr} = Fm - (Fm_{Py} + Fm_{Ars} + Fm_{Mt} + Fm_{Il} + Fm_{Amp} + Fm_{Bi})$, ② $Si_{Pr} = Fm_{Pr}$, ③ $Pr = 2Fm_{Pr}$ 。

9) 石英 Qu , SiO_2 $Qu = Si - (Si_{An} + Si_{Amp} + Si_{Tn} + Si_{Bi} + Si_{Pr} + Si_{Ab})$ 。

10) 斜长石 $Pl = An + Ab$ 。

11) $No = An / (An + Ab)$ 。

12) 计算投影值 Qu 、 A 、 Pl , 投影命名。

(2) $F1-Bi$ 组合 包括下列矿物: 毒砂、黄铁矿、磁铁矿、钛铁矿、磷灰石、钙长石、萤石 $F1$ 、黑云母、钠长石、斜长石、钾长石、石英。计算和上例不同处是:

1) $Ti_{Il} = Ti$;

2) $Ca_{F1} = Ca'$;

3) $Fm_{Bi} =$ 全部剩余的 Fm' ;

4) 当 $No \leq 10$, $A = Pl + fk$ 。

以 A 、 Qu 和为 100% 投影。

(3) $Pr-Amp$ 组合 参照 $Tn-Amp$ 组合。

2. 铝过饱和类型

(1) $Bi-Ms$ 组合 包括以下矿物: Ars 、 Py 、 Mt 、 Il 、 Ap 、 An 、 Bi 、 Ms 、 Ab 、 $Pl = Ab + An$ 、 fk 、 Qu 。与前例计算不同处是:

1) $Ti_{Il} = Ti$;

2) $Ca_{An} = Ca - Ca_{AP}$ (当 $Al' > 0$ 时均同);

3) 当 $Ca/P < 6$ 时, $Ca_{AP} = 0$, $Ca_{An} = Ca$;

4) 此时 P 计入磷铝石 $Pl_{uc} = P = Al_{L_{uc}}$, $L_{uc} = 2P$;

5) 计算 Bi , $KFm_{2.5}Al_{0.5}^{(6)}Al^{(4)}Si_3O_{10}(OH, F)_2$, $Fm_{Bi} = Fm - (Fm_{Ars} + Fm_{Py} + Fm_{Mt} + Fm_{Il})$;

当 $Al' \geq 0.2Fm_{Bi}$ 时, ① $K_{Bi} = 1/2.5Fm_{Bi}$, ② $Al_{Bi}^{(4)} = K_{Bi}$, ③ $Al_{Bi}^{(6)} = 1/2K_{Bi}$, ④ $Si_{Bi} = 3K_{Bi}$, ⑤ $Bi = 8K_{Bi}$ 。

当 $Al' < 0.2Fm_{Bi}$ 时,

① $Al_{Bi}^{(6)} = Al'$, ② $K_{Bi} = 1/6(3Al' + 2Fm_{Bi})$,

③ $Si_{Bi} = 3K_{Bi}$, ④ $Al_{Bi}^{(4)} = K_{Bi}$, ⑤ $Bi = K_{Bi} + Fm_{Bi} + Al_{Bi}^{(6)} + Al_{Bi}^{(4)} + Si_{Bi} (\approx 8K_{Bi})$ 。

6) 计算白云母 Ms , $KAl_2^{(6)}Al^{(4)}Si_3O_{10}(OH, F)_2$ 。

当 $Fm_{Bi} > 1/5Al'$ 时,

① $Al_{Ms}^{(6)} = Al' - Al_{Bi}^{(6)}$, ② $K_{Ms} = 1/2Al_{Ms}^{(6)}$,

③ $Al_{Ms}^{(4)} = K_{Ms}$, ④ $Si_{Ms} = 3K_{Ms}$, ⑤ $Ms = 7K_{Ms}$ 。

当 $Fm_{Bi} \leq 1/5Al'$ 时, $Bi = 0$, Fm_{Bi} 计入 Fm_{Ms} 。

① $Al_{Ms}^{(6)} = Al'$, ② $K_{Ms} = 1/6(2Fm_{Bi} + 3Al')$,

③ $Fm_{Ms} = Fm_{Bi}$, ④ $Al_{Ms}^{(4)} = K_{Ms}$, ⑤ $Si_{Ms} = 3K_{Ms}$,

⑥ $Ms = K_{Ms} + Fm_{Ms} + Al_{Ms}^{(6)} + Al_{Ms}^{(4)} + Si_{Ms} (\approx 7K_{Ms})$ 。

(2) $Cd-Bi$ 组合 包括下列矿物: Ars 、 Py 、 Mt 、 Il 、 Ap 、 An 、 Bi 、 Cd (堇青石)、 Sl (硅线石)、 Ab 、 $Pl = An + Ab$ 、 fk 、 Qu 。

1) 各矿物标准分子式如下:

$Cd \quad Fm_4Al_6Si_{10}O_{35}(OH)_2$

$Bi \quad KFm_{2.5}Al_{0.5}^{(6)}Al^{(4)}Si_3O_{10}(OH, F)_2$

$Sl \quad Al_2(SiO_4)O$

2) 除加入 Ars 、 Py 、 Mt 、 Il 外的铁组原子为 Fm' , 应参加 Cd 或 Bi , 考虑到 Al' 与 Fm' 的关系, 可以推出 Cd 、 Bi 、 Sl 的组合关系如下:

① 当 $Al' \leq 1/5Fm'$, 仅有 Bi , 参照 $Bi-Ms$ 组合计算 Bi , ② 当 $2Fm' > Al' > 1/5Fm'$, 有 Bi 与 Cd

A) $K_{Bi} = 1/4.5(2Fm' - Al') = Al_{Bi}^{(4)}$, $Fm_{Bi} = 2.5K_{Bi}$, $Al_{Bi}^{(6)} = 0.5K_{Bi}$, $Si_{Bi} = 3K_{Bi}$, $Bi = 8K_{Bi}$;

B) $Fm_{Cd} = 1/9(5Al' - Fm')$, $Al_{Cd} = 2Fm_{Cd}$, $Si_{Cd} = 2.5Fm_{Cd}$, $Cd = 5.5Fm_{Cd}$;

③ 当 $2Fm = Al'$, 仅有 Cd , $Al_{Cd} = Al'$, $Fm_{Cd} = Fm'$, $Si_{Cd} = 2.5Fm_{Cd}$, $Cd = 5.5Fm'_{Cd}$ 。

④ 当 $2Fm' < Al'$, 出现 Sl 与 Cd 。

A) $Fm_{Cd} = Fm'$, $Al_{Cd} = 2Fm_{Cd}$, $Si_{Cd} = 2.5Fm_{Cd}$, $Cd = 5.5Fm_{Cd}$ 。

B) $Al_{Sl} = Al' - Al_{Cd}$, $Si_{Sl} = 1/2Al_{Sl}$, $Sl = 1.5Al_{Sl}$ 。

其余矿物的计算步骤同 $Ms-Bi$ 组合。

(3) $Lit-Top$ 组合 包括下列矿物: Ars 、 Py 、 Mt 、 Il 、 Luc (磷铝石)、 Mon (蒙脱石)、各种可能的

含锂的云母变种、Top (黄玉)、An、Ab、Pl = Ab + An、Qu。

含锂的云母亚种名称及分子式:

含锂黑云母 (Bi) $K(Li, Al^{[6]})_{0.5}Fm'_{2.5}$

$Al^{[4]}Si_3O_{10}(OH, F)_2$

黑鳞云母 (Pro) $KLi_{0.5}Al^{[6]}_{0.5}Fm'_2Al^{[4]}$

$Si_3O_{10}(OH, F)_2$

铁锂云母 (Zin) $KLiAl^{[6]}Fm'_2Al^{[4]}Si_3O_{10}$

$(OH, F)_2$

绿鳞云母 (Cry) $KLi_{1.5}Al^{[6]}Fm'_{0.5}Al^{[4]}_{0.5}$

$Si_{3.5}O_{10}(OH, F)_2$

锂云母 (Lit) $KLi_{1.5}Al^{[6]}_{1.5}Fm'_{痕}Al^{[4]}$

$Si_3O_{10}(OH, F)_2$

锂白云母 (Lim) $KLi_{1.25}Al^{[6]}_{1.25}Fm'_{痕}$

$Si_4O_{10}(OH, F)_2$

白云母 (Ms) $KLi_{痕}Al^{[6]}_2Fm'_{痕}Al^{[4]}$

$SiO_{10}(OH, F)_2$

按以上分子式八面体成分的变化, 可用指标 $Li/(Li + Fm')$ 来判别云母亚种。仅当岩石中 Fm' 和 Li 相对很贫, Al' 很富, 即当 $Al'/(Al' + Li + Fm') > 0.85$ 时, 应作白云母计算, 否则应属于其他亚种。 Fm' 指计算 Ars、Py、Mt、Il 余下的 Fm 。

1) 当 $Li/(Li + Fm') < 0.1$, 计算含锂黑云母 Bi:

① 设 $K_{Bi} = 1/2.5(Fm_{Bi})$; ② $Fm_{Bi} = Fm'$;

③ $Li_{Bi} = Li$; ④ 由 $K_{Bi} = 1/6(2Fm_{Bi} + 3Al^{[6]}_{Bi}Li_{Bi})$, 与①联合, $\therefore Al^{[6]}_{Bi} = 1/7.5(Fm' - 2.5Li)$; ⑤ $Al^{[4]}_{Bi} = K_{Bi}$; ⑥ $Si_{Bi} = 3K_{Bi}$; ⑦ $Bi = K_{Bi} + Al^{[6]}_{Bi} + Li_{Bi} + Fm'_{Bi} + Al^{[4]}_{Bi} + Si_{Bi} (\approx 8K_{Bi})$ 。

当 $Al' > Al^{[6]}_{Bi}$ 计算黄玉 Top, $Al_2SiO_4(OH, F)_2$ 。

① $Al_{Top} = Al' - Al^{[6]}_{Bi}$; ② $Si_{Top} = 1/2Al_{Top}$;

③ $Top = 1.5Al_{Top}$ 。

当 $Al' < Al^{[6]}_{Bi}$, 以上计算不成立, 改按以下步骤计算 Bi:

① $Al^{[6]}_{Bi} = Al'$; ② $Li_{Bi} = Li$; ③ $Fm'_{Bi} = Fm'$;

④ $K_{Bi} = 1/6(3Al' + 2Fm_{Bi} + Li)$; ⑤ $Al^{[4]}_{Bi} = K_{Bi}$;

⑥ $Si_{Bi} = 3K_{Bi}$; ⑦ $Bi = K_{Bi} + Li_{Bi} + Fm_{Bi} + Al^{[6]}_{Bi} + Al^{[4]}_{Bi} + Si_{Bi} (\approx 8K_{Bi})$, 此时, $Top = 0$ 。

2) 当 $0.1 < Li/(Li + Fm') < 0.35$, 计算 Pro:

① $K_{Pro} = 1/2Fm_{Pro}$; ② $Fm_{Pro} = Fm'$; ③ Li_{Pro}

$= Li$, 由 $K_{Pro} = 1/6(3Al^{[6]}_{Pro} + 2Fm_{Pro} + Li_{Pro})$,

与①联立得 $Al^{[6]}_{Pro} = 1/3(Fm_{Pro} - Li_{Pro})$; ⑤ $Al^{[4]}_{Pro}$

$= K_{Pro}$; ⑥ $Si_{Pro} = 3K_{Pro}$; ⑦ $Pro = K_{Pro} + Li_{Pro}$

$+ Al^{[6]}_{Pro} + Fm_{Pro} + Al^{[4]}_{Pro} + Si_{Pro}$ 。

当 $Al' > Al^{[6]}_{Pro}$ 上式成立, 计算 Top 同前法。

当 $Al' \leq Al^{[6]}_{Pro}$ 上式不成立, 按以下步骤算 Pro:

① $Al^{[6]}_{Pro} = Al'$; ② $Li_{Pro} = Li$; ③ $Fm_{Pro} = Fm'$;

④ $K_{Pro} = 1/6(3Al^{[6]}_{Pro} + Li_{Pro} + 2Fm_{Pro})$; ⑤ $Al^{[4]}_{Pro}$

$= K_{Pro}$; ⑥ $Si_{Pro} = 3K_{Pro}$; ⑦ $Pro = K_{Pro} + Li_{Pro} + Al^{[6]}_{Pro}$

$+ Fm_{Pro} + Al^{[4]}_{Pro} + Si_{Pro}$, 此时 $Top = 0$ 。

3) 当 $0.35 < Li/(Li + Fm') < 0.63$, 计算 Zin:

① $K_{Zin} = 1/2(Fm_{Zin} + Li_{Zin})$; ② $Fm_{Zin} = Fm'$;

③ $Li_{Zin} = Li$; ④ $Si_{Zin} = 3K_{Zin}$; ⑤ $Al^{[4]}_{Zin} = K_{Zin}$;

⑥ 由①式与下式联立, $1/6(3Al^{[6]}_{Zin} + Li_{Zin} + 2Fm_{Zin})$

$= K_{Zin}$, 得 $Al^{[6]}_{Zin} = (2Li + Fm_{Zin})/3$; ⑦ $Zin = K_{Zin}$

$+ Li_{Zin} + Al^{[6]}_{Zin} + Fm_{Zin} + Al^{[4]}_{Zin} + Si_{Zin}$ 。

当 $Al' > Al^{[6]}_{Zin}$, 上式成立, 余 Al' 计算 Top, 同前。

当 $Al' < Al^{[6]}_{Zin}$, 上式不成立, 改按以下步骤计算 Zin:

① $Li_{Zin} = Li$; ② $Fm_{Zin} = Fm'$; ③ $Al^{[6]}_{Zin} = Al'$;

④ $K_{Zin} = 1/6(3Al' + 2Fm + Li)$; ⑤ $Al^{[4]}_{Zin} = K_{Zin}$;

⑥ $Si_{Zin} = 3K_{Zin}$; ⑦ $Zin = K_{Zin} + Li_{Zin} + Al^{[6]}_{Zin} + Fm_{Zin}$

$+ Al^{[4]}_{Zin} + Si_{Zin}$;

此时 $Top = 0$ 。

4) 当 $0.63 < Li/(Li + Fm') < 0.88$, 计算 Cry。为

计算方便, 设 $Al^{[4]}_{Cry}$ 为 1 个原子, $Al^{[6]}_{Cry}$ 为 0.5 个原子。

① $Li_{Cry} = Li$; ② $Fm_{Cry} = Fm'$; ③ $K_{Cry} = 1/1.5$

Li_{Cry} ; ④ 由 $K_{Cry} = 1/4(3Al^{[6]}_{Cry} + Li_{Cry} + 2Fm_{Cry})$

与③联立得: $Al^{[6]}_{Cry} = 1/9(5Li_{Cry} + 6Fm')$; ⑤ Si_{Cry}

$= 3.5K_{Cry}$; ⑥ $Cry = K_{Cry} + Al^{[6]}_{Cry} + Fm_{Cry} + Li_{Cry}$

+ $Al_{Cry}^{(4)}$ + Si_{Cry} 。

当 $Al' > Al_{Cry}^{(6)}$ ，上式成立，计算 Top，同上。当 $Al' < Al_{Cry}^{(6)}$ ，上式不成立，改按以下步骤算 Cry：

① $Al_{Cry}^{(6)} = Al'$ ，② $Fm_{Cry} = Fm'$ ，③ $Li_{Cry} = Li$ ，④ $K_{Cry} = 1/4 (3Al' + Li + 2Fm)$ ，⑤ $Al_{Cry}^{(4)} = K_{Cry}$ ，⑥ $Si_{Cry} = 3.5K_{Cry}$ ，⑦ $Cry = K_{Cry} + Al_{Cry}^{(6)} + Fm_{Cry} + Li_{Cry} + Al_{Cry}^{(4)} + Si_{Cry}$ ，此时 Top = 0。

5) 当 $Ca/P < 6$ ，

① $Li_2O > 0.8$ ，计算 Mon， $LiAl(PO_4)(OH)$

A) $P_{mon} = P = Li_{mon} = Al_{mon}$ ，

B) $Mon = Li_{mon} + Al_{mon} + P_{mon} = 3P_{mon}$ 。

② 当 $Li < 0.8$ ，计算 Luc， $Al(PO_4) \cdot 2H_2O$

A) $P_{Luc} = P = Al_{Luc}$ ，

B) $Luc = 2P_{Luc}$ 。

③ 当 $Li' / (Li' + Fm) > 0.88$ ，且 $Li/Al' < 1.5$ ，计算 Lit，

A) $Fm_{Lit} = Fm'$ ，

B) $Li_{Lit} = Li' = Li - Li_{mon}$ ，

C) $K_{Lit} = 2/3 Li_{Lit}$ ，

D) 由 $K_{Lit} = 1/6 (Li_{Lit} + 2Fm' + 3Al_{Lit}^{(6)})$ 与

C) 联立得， $Al_{Lit}^{(6)} = Li_{Lit} - (Fm_{Lit}/1.5)$ ，

E) $Al_{Lit}^{(4)} = K_{Lit}$ ，

F) $Si_{Lit} = 8K_{Lit}$ ，

G) $Lit = K_{Lit} + Li_{Lit} + Fm_{Lit} + Al_{Lit}^{(6)}$

+ $Al_{Lit}^{(4)} + Si_{Lit}$ 。当 $Al' > Al_{Lit}^{(6)}$ ，上式成立，并计算

Top，同上。当 $Al' \leq Al_{Lit}^{(6)}$ ，上式不成立，按以下步骤计算 Lit：

a) $Li_{Lit} = Li' = Li - Li_{mon}$ ，b) $Fm_{Lit} = Fm'$ ，

c) $Al_{Lit}^{(6)} = Al'$ ，d) $K_{Lit} = 1/6 (Li_{Lit} + 2Fm_{Lit} + 3Al')$ ，e) $Al_{Lit}^{(4)} = K_{Lit}$ ，f) $Si_{Lit} = 3K_{Lit}$ ，g) Lit

$= K_{Lit} + Li_{Lit} + Fm_{Lit} + Al_{Lit}^{(6)} + Al_{Lit}^{(4)} + Si_{Lit}$ ，此时黄玉 Top = 0。

④ fK 消失条件下 (即 $K_{Lit} \geq K$) 的 Lit 计算：

A) $K_{Lit} = K$ ，

B) $Fm_{Lit} = Fm'$ ，

C) $Li_{Lit} = Li' = Li - Li_{mon}$ ，

D) 由 $K_{Lit} = 1/6 (Li + 2Fm_{Lit} + 8Al_{Lit}^{(6)})$ 得， $Al_{Lit}^{(6)} = [6K_{Lit} - (2Fm_{Lit} + Li_{Lit})]/8$ ，

E) $Al_{Lit}^{(4)} = K_{Lit}$ ，

F) $Si_{Lit} = 8K_{Lit}$ ，

G) $Lit = K_{Lit} + Li_{Lit} + Fm_{Lit} + Al_{Lit}^{(6)}$

+ $Al_{Lit}^{(4)} + Si_{Lit}$ 。当 $Al' > Al_{Lit}^{(6)}$ ，上式成立，计算 Top，同上。

6) 当 $Li/(Li + Fm') > 0.88$ ， $Li/Al' > 8$ ，计算锂白云母 Li_m 。类似 Cry 处理情况，为计算方便，设 $Al_{Li_m}^{(4)}$ 为一个原子， $Al_{Li_m}^{(6)}$ 为 0.25 个原子。

① $Li_{Li_m} = Li$ ，② $Fm_{Li_m} = Fm'$ ，③ $K_{Li_m} =$

$Li_{Li_m}/1.25$ ，④ $Al_{Li_m}^{(4)} = K_{Li_m}$ ，⑤ 由 $K_{Li_m} = 1/2$

$(Li_m + 3Al_{Li_m}^{(6)} + 2Fm_{Li_m})$ 得， $Al_{Li_m}^{(6)} = 1/3$

$(2K_{Li_m} - (Li_{Li_m} + 2Fm_{Li_m}))$ ，⑥ $Si_{Li_m} =$

$8K_{Li_m}$ ，⑦ $Li_m = K_{Li_m} + Li_{Li_m} + Fm_{Li_m} + Al_{Li_m}^{(6)}$

+ $Al_{Li_m}^{(4)} + Si_{Li_m}$ 。当 $Al' > Al_{Li_m}^{(6)}$ ，同前例

计算 Top，当 $Al' \leq Al_{Li_m}^{(6)}$ ，上式不成立，改按以下步骤

计算 Li_{Li_m} ：

① $Li_{Li_m} = Li$ ，② $Fm_{Li_m} = Fm'$ ，③ $Al_{Li_m}^{(6)} =$

Al' ，④ $K_{Li_m} = 1/2 (Li_{Li_m} + 2Fm_{Li_m} + 3Al_{Li_m}^{(6)})$ ，

⑤ $Al_{Li_m}^{(4)} = K_{Li_m}$ ，⑥ $Si_{Li_m} = 8K_{Li_m}$ ，⑦ $Li_m =$

$K_{Li_m} + Li_{Li_m} + Fm_{Li_m} + Al_{Li_m}^{(6)} + Al_{Li_m}^{(4)} + Si_{Li_m}$ ，此时 Top 为 0。

当岩石中 Li 和 Fm' 显著降低，即 $Al'/(Al' + Li + Fm') > 0.85$ ，且 $Al'/(Li + Al') > 0.83$ ，此时 Li、 Fm' 作为白云母杂质存在，计算 Ms ：

① $Li_m = Li$ ，② $Fm_m = Fm'$ ，③ $Al_{M_s}^{(6)} = Al'$ ，

④ $K_{M_s} = 1/6 (3Al_{M_s}^{(6)} + Fm_m + Li_m)$ ，⑤ $Al_{M_s}^{(4)} =$
 K_{M_s} ，⑥ $Si_m = 8K_{M_s}$ ，⑦ $Ms = K_{M_s} + Li_m + Fm_m +$
 $Al_{M_s}^{(6)} + Al_{M_s}^{(4)} + Si_m$ 。

当 $K \leq K_{M_s}$ ，fK 消失。原因有二：一是高岭土化，样品应剔除，二是彻底云英岩化，按以下步骤计算含锂白云母 Ms ：

① $K_{M_s} = K$ ，② $Li_m = Li$ ，③ $Fm_m = Fm'$ ，④ 由

$K_{M_s} = 1/6 (Li_m + 2Fm_m + 3Al_{M_s}^{(6)})$ 得， $Al_{M_s}^{(6)} =$

$[6K_{M_s} - (2Fm_m + Li_m)]/3$ ，⑤ $Al_{M_s}^{(4)} = K_{M_s}$ ，

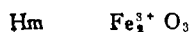
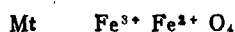
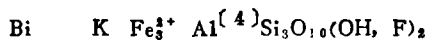
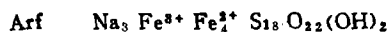
⑥ $Si_m = 3K_{M_s}$ ，⑦ $Ms = K_{M_s} + Li_m + Fm_m + Al_{M_s}^{(6)}$
+ $Al_{M_s}^{(4)} + Si_m$ 。

当 $Al' > Al_{M_s}^{(6)}$ 时，同前计算 Top。

3. 钠过饱和类型花岗岩

本组合包括下列矿物：Ars、Py、Il、Ap、Rie (钠闪石)、Aeg (霓石)、Arf (钠铁闪石)、Mt、Hm、

Bi、An、Ab、Pl=An+Ab、fK、Qu。矿物符号下面带横线者均属随岩石化学成分变化而可能存在或消失的矿物。标准分子式为：



为使上列分子式均含一个 Fe^{3+} ，Rie式改为 $\text{Na} \text{Fe}^{3+} \text{Fe}_{1.5}^{3+} \text{Si}_4 \text{O}_{11}(\text{OH})$ 计算式。故可依据 Fe^{3+} 、 Fm' ($=\text{Fm}-(\text{Fm}_{\text{Arf}}+\text{Fm}_{\text{Py}}+\text{Il})$)、 Na' 的量比确定它们之间的组合关系。

(1) $\text{Na}'/\text{Fe}^{3+} \leq 1$ ，Aeg+Rie有剩余 Fe^{3+} ，记为 $\text{Fe}^{3'} = \text{Fe}^{3+} - \text{Na}'$ ，形成Mt或Hm。

1) 当 $\text{Fm}' < 1.5 \text{Na}'$ ，Aeg+Rie

① 计算 Rie， $\text{Fm}_{\text{Rie}}^{3+} = \text{Fm}'$ ， $\text{Na}_{\text{Rie}} = \text{Fm}'/1.5$ ，

$\text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+} = \text{Na}_{\text{Rie}}$ ， $\text{Si}_{\text{Rie}} = 4 \text{Na}_{\text{Rie}}$ ， $\text{Rie} = \text{Na}_{\text{Rie}} + \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+}$ ，

$+ \text{Fm}_{\text{Rie}}^{3+} + \text{Si}_{\text{Rie}} = 7.5 \text{Na}_{\text{Rie}}$ 。

② 计算Aeg， $\text{Na}_{\text{Aeg}} = \text{Na}' - \text{Na}_{\text{Rie}}$ ， $\text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+} = \text{Na}_{\text{Aeg}}$ ，

$\text{Si}_{\text{Aeg}} = 2 \text{Na}_{\text{Aeg}}$ ， $\text{Aeg} = \text{Na}_{\text{Aeg}} + \text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+} + \text{Si}_{\text{Aeg}} = 4 \text{Na}_{\text{Aeg}}$ 。

2) 当 $\text{Fm}' = 1.5 \text{Na}'$ ，仅有 Rie，算法同上。

3) 当 $\text{Fm}' > 1.5 \text{Na}'$ ，有 Rie+Bi+Hm或Mt。

① 计算Rie， $\text{Na}_{\text{Rie}} = \text{Na}'$ ， $\text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+} = \text{Na}_{\text{Rie}}$ ， $\text{Fm}_{\text{Rie}}^{3+} = 1.5 \text{Na}_{\text{Rie}}$ ， $\text{Si}_{\text{Rie}} = 4 \text{Na}_{\text{Rie}}$ ， $\text{Rie} = \text{Na}_{\text{Rie}} + \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+} + \text{Fm}_{\text{Rie}}^{3+} + \text{Si}_{\text{Rie}} = 7.5 \text{Na}_{\text{Rie}}$ 。

② 计算Bi+Mt 或Hm，参与本组矿物的 $\text{Fm}^{2'} = \text{Fm}' - \text{Fm}_{\text{Rie}}^{3+}$ ， $\text{Fe}^{3'} = \text{Fe}^{3+} - \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+}$ ，

A) 当 $\text{Fe}^{3'} > 1.5 \text{Fm}'$ ，有Mt+Hm。

a) 计算 Mt， $\text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+} = 2 \text{Fm}^{2'}$ ， $\text{Fm}^{2+}_{\text{Mt}} = \text{Fm}^{2'}$ ， $\text{Mt} = \text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+} + \text{Fm}^{2+}_{\text{Mt}} = 3 \text{Fm}^{2'}$ ，

b) 计算 Hm， $\text{Fe}_{\text{Hm}}^{3+} = \text{Fe}^{3'} - \text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+}$ 。

B) 当 $\text{Fe}^{3'} = 1.5 \text{Fm}'$ ，仅有Mt， $\text{Mt} = \text{Fe}^{3+} + \text{Fm}^{2'}$ ，

C) 当 $\text{Fe}^{3'} < 1.5 \text{Fm}'$ ，有Bi+Mt

a) 计算Mt， $\text{Fm}^{2+}_{\text{Mt}} = 1/2 \text{Fe}^{3'}$ ， $\text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+} = \text{Fe}^{3'}$ ，

$\text{Mt} = \text{Fe}_{\text{Mt}}^{3+} + \text{Fm}^{2+}_{\text{Mt}} = 1.5 \text{Fe}^{3'}$ ，

b) 计算 Bi， $\text{Fm}_{\text{Bi}}^{2+} = \text{Fm}' - \text{Fm}_{\text{Mt}}^{2+}$ ， $\text{K}_{\text{Bi}} = 1/3$

$\text{Fm}_{\text{Bi}}^{2+}$ ， $\text{Al}_{\text{Bi}}^{(4)} = \text{K}_{\text{Bi}}$ ， $\text{Si}_{\text{Bi}} = 3 \text{K}_{\text{Bi}}$ ， $\text{Bi} = 8 \text{K}_{\text{Bi}}$

(2) $8 > \text{Na}'/\text{Fe}^{3+} > 1$ ，有Aeg+Arf (此时Rie被Arf取代)，由

$$\begin{cases} \text{Aeg} + 3 \text{Arf} = \text{Na}' \\ \text{Aeg} + \text{Arf} = \text{Fe}^{3'} \end{cases}$$

解得： $\text{Aeg} = 1/2 (3 \text{Fe}^{3'} - \text{Na}')$

$\text{Arf} = 1/2 (\text{Na}' - \text{Fe}^{3'})$

1) 计算Aeg， $\text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+} = 1/2 (3 \text{Fe}^{3'} - \text{Na}')$ ， $\text{Na}_{\text{Aeg}} = \text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+}$ ， $\text{Si}_{\text{Aeg}} = 2 \text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+}$ ， $\text{Aeg} = \text{Na}_{\text{Aeg}} + \text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+} + \text{Si}_{\text{Aeg}} = 4 \text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+}$ ，

2) 计算 Arf， $\text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+} = 1/2 (\text{Na}' - \text{Fe}^{3'})$ 或 $= \text{Fe}^{3'} - \text{Fe}_{\text{Aeg}}^{3+}$ ，当 $\text{Fm}' \geq 4 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ 时， $\text{Fm}_{\text{Arf}}^{2+} = 4 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ，

$\text{Si}_{\text{Arf}} = 8 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ， $\text{Na}_{\text{Arf}} = 3 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ， $\text{Arf} = \text{Na}_{\text{Arf}} + \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+} + \text{Fm}_{\text{Arf}}^{2+} + \text{Si}_{\text{Arf}} = 16 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ，

3) 计算 Bi， $\text{Fm}_{\text{Bi}}^{2+} (= \text{Fm}' - 4 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}) = \text{Fm}' - \text{Fm}_{\text{Arf}}^{2+}$ ， $\text{K}_{\text{Bi}} = 1/3 \text{Fm}_{\text{Bi}}^{2+}$ ， $\text{Al}_{\text{Bi}}^{(4)} = \text{K}_{\text{Bi}}$ ， $\text{Si}_{\text{Bi}} = 3 \text{K}_{\text{Bi}}$ ， $\text{Bi} = 8 \text{K}_{\text{Bi}}$ ，

4) 当 $\text{Fm}' < 4 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ 时 (Arf对Rie取代不完全)，计式1) $\text{Fe}^{3+} = 1/2 (3 \text{Fe}^{3'} - \text{Na}')$ 中， Fe^{3+} 应同时属Arf和Rie，认为 $\text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+} = 1/2 (3 \text{Fe}^{3'} - \text{Na}')$ ，由联立方程式：

$$\begin{cases} 1.5 \text{Rie} + 4 \text{Arf} = \text{Fm}' \\ \text{Rie} + \text{Arf} = \text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+} \end{cases}$$

解得： $\text{Rie} = 1/2.5 (4 \text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+} - \text{Fm}')$ ， $\text{Arf} = 1/2.5$

$(\text{Fm}' - 1.5 \text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+})$ ，

① 计算Rie， $\text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+} = 2.5 (4 \text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+} - \text{Fm}')$ ，

$\text{Na}_{\text{Rie}} = \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+}$ ， $\text{Fm}_{\text{Rie}}^{2+} = 1.5 \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+}$ ， $\text{Si}_{\text{Rie}} = 4 \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+}$ ，

$\text{Rie} = 7.5 \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+} = 7.5 \text{Na}_{\text{Rie}}$ 。

② 计算Arf， $\text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+} = 1/2.5 (\text{Fm}' - 1.5 \text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+})$ 或 $= \text{Fe}_{\text{R,A}}^{3+} - \text{Fe}_{\text{Rie}}^{3+}$ ， $\text{Na}_{\text{Arf}} = 3 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ， $\text{Fm}_{\text{Arf}}^{2+} = 4 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ， $\text{Si}_{\text{Arf}} = 8 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ， $\text{Arf} = 16 \text{Fe}_{\text{Arf}}^{3+}$ ，

③ 计算An

$\text{Ca}_{\text{An}} = \text{Ca} - \text{Ca}_{\text{Arf}}$ ， $\text{Al}_{\text{An}}^{(4)} = 2 \text{Ca}_{\text{An}}$ ， $\text{Si}_{\text{An}} = 2 \text{Ca}_{\text{An}}$ ， $\text{An} = 5 \text{Ca}_{\text{An}}$ 。

其余矿物计算可参照钙过饱和类型例子。

计算举例1. Amp-Bi组合

氧化物	重量%	阳离子数	标志 特征值	Ars	Py	Ap	Mt	Tn	Amp	Bi	An	Ab	Pl	fK	Qn
SiO ₂	65.28	1087						5.6	38.4	80.7	120.6	319.8		125.7	396.2
TiO ₂	0.45	5.6						5.6							
Al ₂ O ₃	15.09	296								26.9	120.6	106.6		41.9	
Fe ₂ O ₃ *	1.45	18.2					18.2								
FeO	3.18	44													
MnO	0.056	0.8	(113.8)				9.1		24	80.7					
MgO	2.78	69													
CaO	4.37	78	15.2			2.5		5.6	9.6		60.3				
Na ₂ O	3.32	106.6										106.6			
K ₂ O	3.24	68.8								26.9				41.9	
P ₂ O ₅	0.105	1.5				1.5**									
As ₂ O ₃	—														
S	—														
F	—														
H ₂ O ⁺	1.02														
H ₂ O ⁻															
总计	100.35	1775.5				4.0	27.9	16.8	72	215.2	301.5	533		209.5	396.2
%						0.2	1.57	0.9	4.1	12.1	17.0	(30) 28	No. 31 45	(11.8) 13	22.3
投影值													56	16.2	27.8

* 尚未扣除机械加工混入的 ΔFeO 和 $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$; ** 粗横线表示计算的起步,下同;

No = 31, 命名: 磁铁矿角闪石黑云母闪长花岗岩(投影点见图5-1)

计算举例2. Fl-Bi组合

氧化物	重量%	阳离子数	标志 特征值	Ars	Py	Mt	Il	Ap	An	Fl	Bi	Ab	Pl	fK	Qu
SiO ₂	73.87	1229.32							13.28		12.19	350.43		311.37	555.33
TiO ₂	0.12	1.50					1.5								
Al ₂ O ₃	12.13	237.93							13.28		4.06	116.81		103.79	
Fe ₂ O ₃ *	0.33	4.13				4.13									
FeO	0.95	13.22													
MnO	0.04	0.56	(15.76)			2.07	1.5				12.19				
MgO	0.08	1.98													
CaO	1.22	21.75	14.68					0.43	6.64	14.68					
Na ₂ O	3.62	116.81										116.81			
K ₂ O	5.08	107.85									4.06			103.79	
P ₂ O ₅	0.019	0.26						0.26							
As ₂ O ₃															
S															
F															
H ₂ O ⁺															
H ₂ O ⁻	1.49														
总计	98.99	1735.32				6.2	3	0.69	33.20	14.68	32.50	584.05		518.95	555.33
%						0.40	0.19	0.04	1.90	0.85	1.87	(33.65) 25.54	No. 6.9 27.44	(29.9) 38.01	32
投影值													65.54		34.46

* 此样为无介质磨矿,无混入 ΔFeO 和 $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$; No = 6.9, 命名: (萤石)黑云母碱长花岗岩(投影点见图5-2)。

计算举例3. Bi—Ms组合

氧化物	重量 %	阳离子数	标志特征值	Ars	Py	Mt	Il	Ap	An	Bi	Ms	Ab	P1	fK	Qu
SiO ₂	73.89	1230							15	36.3	25.4	348		211.2	594.1
TiO ₂	0.024	0.25					0.25								
Al ₂ O ₃	12.45	245		23					15	Al(6)6.1 Al(4)12.1	Al(6)16.9 Al(4)8.5	116		70.4	
Fe ₂ O ₃ *	0.83	10.4				10.4									
FeO	1.83	25.5													
MnO	0.075	1.05	(35.75)			5.2	0.25			30.3					
MgO	0.37	9.2													
CaO	0.50	8.9						1.4	7.5						
Na ₂ O	3.63	116										116			
K ₂ O	4.26	91								12.1	8.5			70.4	
P ₂ O ₅	0.06	0.84						0.84							
As ₂ O ₃															
S															
F	0.8														
H ₂ O ⁺	0.43														
H ₂ O ⁻	0.09														
总计	99.02	1738.14				15.6	0.50	2.24	37.5	96.9	59.5	580	No 7.3	352	594.1
%						0.9	0.03	0.1	2.2	5.6	3.4	(33.4) 28	30.2 25.6	(20.2)	34.2
投影值														55.8	44.2

* 未经扣除机械加工的 ΔFeO , $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$; No=7.3, 命名: 二云母碱长花岗岩(投影点见图5—8)

计算举例4. Cd—Bi组合

氧化物	重量 %	阳离子数	标志特征值	Ars	Py	Mt	Il	Ap	An	Bi	Cd	Ab	P1	fK	Qu
SiO ₂	70.84	1179							49.8	63.6	44.8	216		218.4	586.4
TiO ₂	0.40	5					5		98.8						
Al ₂ O ₃	13.43	262	46.2							Al(6)10.6 Al(4)21.2	35.8	72		72.8	
Fe ₂ O ₃ *	0.28	3.4				3.4									
FeO	3.59	50													
MnO	0.049	0.6	(77.6)			1.7	5			53	17.9				
MgO	1.10	27							24.9						
CaO	1.55	27.6						2.7							
Na ₂ O	2.25	72										72			
K ₂ O	4.43	94								21.2				72.8	
P ₂ O ₅	0.11	1.6						1.6							
As ₂ O ₃															
S															
F															
H ₂ O ⁺	1.29														
H ₂ O ⁻	0.30														
总计	100.82	1722.2				5.1	10	4.3	124.5	169.6	98.5	360		364	586.4
%						0.3	0.6	0.2	7.2	9.8	5.7	(20.9) 15	No. 32.4 22.2	(21.1) 27	34.1
投影值													26.7	32.4	40.9

* 未扣除机械加工混入 ΔFeO , $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$; 命名: 萤青石黑云母二长花岗岩(投影点见图5—4)

计算举例5. Cry—Top组合

氧化物	重量 %	阳离子数	标 志 特征值	Ars	Py	Mt	Il	Luc	Cry	Top	An	Ab	P1	fK	Qu
SiO ₂	73.24	1218.84							39.38	13.00	17.48	459.84		225.45	477.41
TiO ₂	0.015	0.19					0.19								
Al ₂ O ₃	15.29	299.92	37.26					5.5	Al(6) 4.15 Al(4) 11.25	26.01	17.48	153.28		75.17	
Fe ₂ O ₃ *	0.08	1.00				1									
FeO	0.34	4.73	(8.52)												
MnO	0.26	3.67				0.5	0.19		7.83						
MgO	0.005	0.12													
CaO	0.49	8.74									8.74				
Na ₂ O	4.75	153.28										153.28			
K ₂ O	3.94	83.65	(86.40)						11.25					75.17	
P ₂ O ₅	0.39	5.5						5.5							
As ₂ O ₃															
S															
F	0.08														
H ₂ O ⁺															
H ₂ O ⁻															
Li ₂ O	0.252	16.86							11.86						
Rb ₂ O	0.25	2.67	} 拼入 K ₂ O												
Cs ₂ O	0.012	0.08													
总计	99.53	1793.76				1.5	0.38	11.00	90.72	39.01	43.70	766.40	No. 5.95	375.75	477.41
%						0.08	0.021	0.61	5.05	2.17	2.43	(42.72) 38.38	40.81	(20.94) 25.28	26.61
投影值													71.3		28.7

* 未扣除机械加工混入 ΔFeO , $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$;

No = 5.95, 命名: 黄玉绿磷云母碱长花岗岩 (投影点见图5—5)

计算举例6. Lit—Top组合

氧化物	重量 %	阳离子数	标 志 特征值	Ars	Py	Mt	Il	Mon	Lit	Top	An	Ab	P1	fK	Qu
SiO ₂	67.94	1130.64							171.27	0.91	5	595.35		0	358.11
TiO ₂	0.008	0.1					0.1								
Al ₂ O ₃	17.35	348.18	81.68					5.96	Al(4)57.09 Al(6)79.87	1.81	5	198.45		0	
Fe ₂ O ₃ *	0.07	0.88				0.88									
FeO	0.22	3.06	(5.13)												
MnO	0.14	1.97				0.35	0.44	0.1	4.24						
MgO	0.004	0.1													
CaO	0.14	2.5									2.5				
Na ₂ O	6.15	198.45										198.45			
K ₂ O	2.51	53.29	(57.09)						57.09					0	
P ₂ O ₅	0.423	5.96						5.96							
As ₂ O ₃															
S	0.022	0.69			0.69										
F	1.4														

(接上表)

氧化物	重量 %	阳离子数	标志特征值	Ars	Py	Mt	Il	Mon	Lit	Top	An	Ab	P1	fK	Qu
H ₂ O ⁺	0.32	100.40	} 拼入 K ₂ O												
H ₂ O ⁻															
Li ₂ O								5.96	94.44						
Rb ₂ O															
Cs ₂ O	0.0565	0.40													
总计	98.89	1850.02			1.04	1.32	0.2	17.88	464.00	2.72	12.5	992.25	No. 1.25	0	358.11
%					0.06	0.07	0.01	0.97	25.08	0.15	0.68	53.77	54.45	0	19.35
投影值													73.8		26.4

* 未扣除机械加工混入的 ΔFeO , $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$;

No = 1.25, 命名: 磷铝锂云母钠长石花岗岩(投影点见图 5-1-6)。

计算举例7. Rie-Bi组合

氧化物	重量 %	阳离子数	标志特征值	Ars	Py	Il	Ap	Rie	Mt	Bi	An	Ab	P1	fK	Qu
SiO ₂	76.40	1271.4						13.2		14	7.4	387		257.1	592.7
TiO ₂	0.13	1.6				1.6									
Al ₂ O ₃	11.55	226.8								Al(4)4.7	7.4	129		85.7	
Fe ₂ O ₃ *	0.98	12.3						3.3	9						
FeO	1.64	22.8	(25.1)												
MnO	0.04	0.6				1.6		5	4.5	14					
MgO	0.07	1.7													
CaO	0.21	3.7									3.7				
Na ₂ O	4.10	132.3	3.8					3.3				129			
K ₂ O	4.26	90.4								4.7				85.7	
P ₂ O ₅															
As ₂ O ₃															
S															
F	0.068														
H ₂ O ⁺	0.33														
H ₂ O ⁻															
总计	99.778	1763.6				3.2		24.8	13.5	37.4	18.5	645	No. 3.2	428.5	592.7
%						0.2		1.4	0.8	2.1	1.0	(36.6) 30.7	31.7	(24.3) 30.2	33.6
投影值													64.8		35.2

* 未扣除机械加工混入的 ΔFeO , $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$;

No = 3.2 命名: 钠闪石黑云母碱长花岗岩(投影点见图 5-1-7)。

计算举例8. Rie—Aeg组合

氧化物	重量 %	阳离子数	标 志 特征值	Ars	Py	Il	Ap	Rie	Aeg	Hm	An	Ab	Pl	fK	Qu
SiO ₂	76.57	1274.3									9.2	393.6		293.1	550
TiO ₂	0.12	1.5				1.5		26.8	1.6						
Al ₂ O ₃	12.14	238.1									9.2	131.2		97.7	
Fe ₂ O ₃ *	1.76	22.3						6.7	0.8	14.8					
FeO	0.47	6.3													
MnO	0.09	1.3	(11.6)			1.5		10.1							
MgO	0.16	4.0													
CaO	0.27	4.8					0.23				4.6				
Na ₂ O	4.30	138.7	7.5					6.7	0.8			131.2			
K ₂ O	4.60	97.7												97.7	
P ₂ O ₅	0.01	0.14					0.14								
As ₂ O ₃															
S															
F															
H ₂ O ⁺	0.24														
H ₂ O ⁻	0.20														
总计	100.97	1789.1				3	0.38	50.3	3.2	14.8	23.0	656	No.4.2	488.5	550
%						0.17	0.02	2.8	0.18	0.83	1.3	(36.7) 29.8	31.1	(27.3) 34.2	30.7
投影值													68.0		32

* 未扣除机械加工混入的 ΔFeO , $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$;

No = 4.2 命名: 钠闪石碱长花岗岩(投影点见图5—8)。

结语 本计算法是还不够成熟的新尝试,有待实践的检验和理论上的进一步探讨。现将几个计算举例列表附后,各计算举例的投影点位置见图5。

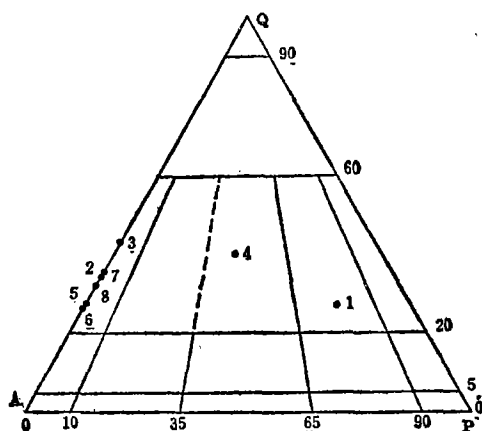


图5 各计算举例的投影点位置

参 考 文 献

- (1) С.Д. 契特维里科夫,《岩石化学换算指南》,刘智星等译,中国工业出版社,1963.6。
- (2) 王桃庭、戎嘉树,花岗岩类岩石化学计算新方法的探讨,《放射性地质》,1975年2期。
- (3) Tuttle, O.F., Bowen, N. L., Origin of granite in the light of experimental studies in the system, The geological society of America memoir, V.74, 1958.
- (4) Барр, Т.Ф., Измерения палеотемператур гранитных пород, Изд., АН СССР, 1962.
- (5) Streckeisen, A. L., Classification and nomenclature of igneous rocks, N.Jb. Miner. Abh., V.107, 1967.