

56.1
576

岩石化学换算指南

(苏联) С. Д. 契特維里科夫著

刘智星 张世瑾 刘学倫 译

中国地质出版社

本书介绍苏联及其他国家采用的最重要的岩石化学方法：如Ф.Ю. 列文生-列星格法、А.Н. 查瓦里茨基法、CIPW 法、P. 尼格里标准分子法和“数”法以及经过改进的 E.A. 庫茲涅佐夫法和 T. 巴尔特法。对每一方法的任务、原理、换算结果的投影、换算的方法和步骤等都作了介绍，并列出换算实例，对每一方法的优缺点也作了探讨。书末附有各种换算表及其他图表。

本书可作地质院校的教学参考书，也可供作一般地质人员学习、参考之用。

С.Д. Четвериков
РУКОВОДСТВО
К ПЕТРОХИМИЧЕСКИМ ПЕРЕСЧЕТАМ
ГОСТЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1956

* * *

岩石化学换算指南

刘智星 張世瑾 刘学倫 譯

*

地质部地质书刊编辑部编辑（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京修麟园路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168 $\frac{1}{2}$ ·印张8 $\frac{3}{16}$ ·插页3 字数215,000

1963年6月北京第一版·1963年6月北京第一次印刷

印数0001—1,700·定价(10-6)1.40元

*

统一书号：15165·2152(地质-218)

原 序

在現代的岩石学研究工作中照例要順带进行岩石化学換算。这本指南介紹了苏联及其他国家采用的最重要的岩石化学方法：Ф. Ю. 列文生-列星格法和 A. H. 查瓦里茨基法，美国的 CIPW 法，P. 尼格里标准分子法和“数”法。此外，还首次引述了經過改善的 E. A. 庫茲涅佐夫法和巴尔特的氧法。

要理解岩石化学文献，須对上述方法具有明确的概念。而为了能够独立地运用这些方法，还必须善于利用一些輔助表，可惜現在很难找到它們了，因为 A. H. 查瓦里茨基1941年发表的“換算表”数量很少。

特別有意义的是那些可以确定数量指标以評定变质作用特別是交代作用(巴尔特)以及利用薄片的定量矿物計算結果来进行岩石化学研究的方法。E. A. 庫茲涅佐夫法可以完滿地完成最后一任务。

作者編制了造岩矿物的 A. H. 查瓦里茨基指标、尼格里数及 E. A. 庫茲涅佐夫投影数的換算表以及 A. H. 查瓦里茨基和 E. A. 庫茲涅佐夫的岩石化学类型鉴定表。此外，还援引了尼格里的鉴定表。作者改善了重量百分数換算表。根据改善后的換算表可以得出的不是分子数而是原子数，这可大大簡化并加速計算工作。这种变动也为一些外国学者，如巴尔特和爱斯科拉所提倡。

作者感激地接受了 A. H. 查瓦里茨基、E. A. 庫茲涅佐夫和 B. C. 柯普捷夫-德沃尔尼科夫提出的批評性意見，并在书中作了适当的修正。

作者希望，他編写的这本指南将有助于岩石化学換算的利用，并能促进更有成效地应用岩石的化学分析和光学鉴定来解决岩石工作者面临的理論和实际問題。

目 录

原序

緒言	1
一、各种元素在构成岩浆岩造岩矿物中的岩石化学作用	4
玻璃相	15
二、岩石化学中采用的图示法	16
三、分析結果的換算方法及換算結果的图示	25
1、換算具同型氧化物化学式的組	25
Φ.Ю.列文生-列星格法	25
1.方法的任务	26
2.方法的原理	26
3.換算的方法和步驟	27
4.換算結果的图示	28
5.換算实例	29
6.方法的优缺点	31
II、換算为指标組	33
(I) A. H. 查瓦里茨基法	33
1.方法的任务	33
2.方法的原理	34
3.換算的方法和步驟	38
4.換算結果的投影	42
5.換算实例	45
6.对換算中几个具体問題的說明	55
7.根据 A. H. 查瓦里茨基数字指标确定岩石的化学类型	55
8.方法的优缺点	56
(II) P. 尼格里“数”法	58
1.方法的任务	59
2.方法的原理	59
3.換算結果的投影	63
4.換算的方法和步驟	65
5.換算实例	66

6. 由P. 尼格里数换算A. H. 查瓦里茨基指标	77
7. 方法的优缺点	77
Ⅲ、基于计算矿物组份的数量关系的换算方法	78
(I) 美国岩石学家克劳斯、伊丁斯、皮尔逊和华盛顿的方法(CIPW)	79
1. 方法的任务	79
2. 方法的原理	79
3. 换算的方法和步骤	84
4. 方法的优缺点	96
(II) P. 尼格里标准分子法	97
1. 方法的任务	98
2. 方法的原理	98
3. 换算结果的投影	103
4. 换算的方法和步骤	108
5. 换算实例	113
6. 方法的优缺点	126
(Ⅲ) E. A. 庫茲涅佐夫法	127
1. 方法的任务	127
2. 方法的原理	127
3. 换算的方法和步骤	132
4. 换算实例	139
5. 本法在岩石学上人为的重要物理化学系统中的应用	144
6. 将定量矿物计算结果换算成E. A. 庫茲涅佐夫投影值	149
7. 方法的优缺点	153
Ⅳ、基于比较体积关系的方法	153
氧法(巴尔特法)	155
1. 方法的任务	155
2. 方法的原理	155
3. 换算的方法和步骤	156
4. 换算实例	157
5. 方法的优缺点	164
四、结论和综述	166
五、对比上述方法的部分实例	172
参考文献	183
附录	184

緒 言

岩石的化学成分它是它最重要的标志之一，而当在岩石的结构中有大量玻璃质时，更成为确定岩石属于某一类型的唯一准则。岩石的化学成分并非原始标志，而只能反映它的矿物成分。已凝固的岩石不完全符合形成该岩石的岩浆，因为部分岩浆已成为气体和液体析出。这些所谓的挥发组份是一系列在实际意义上极为重要的、能引起矿产聚集的物质的携带者。

“水”或构成水的元素在某些矿物由一定的熔融体形成时起着巨大的作用。例如在无水(“干的”)的熔融体中二氧化硅不能结晶成石英，而成鳞石英或方石英析出(取决于正在冷却的熔融体所处的温度条件)。熔融体中含有不多的水就会导致石英的直接结晶。这时，当压力为1200公斤/厘米²时，石英的结晶作用于1306°发生(图特尔和英格林德, 1955)。结晶作用的最終产物——石英晶体——却不含有为其结晶作用所必须的水。从上述的例子可见，岩浆冷凝的最終产物——岩石——不能完全代表原始岩浆的成分。

作为自然物体的岩石可以根据矿物成分(反映岩石形成过程中的化学作用)和结构(取决于岩石形成时的地质条件)而全面地加以评定。如上所述，根据岩石的矿物成分可以确定它的化学成分。但是把这一结论反推过来则不行，因为化学成分相同或极为接近的岩石可以由不同的矿物组成。例如，三价铁既可参与磁铁矿的成分，而在另一化学环境中(如铝不足以使钠完全化合成铝硅酸盐时)，它又可以参与硷性辉石-霓辉石的成分。又如，相当于钠长石的元素组合(Na, Al, Si及O)或者参与酸性斜长石的成分，或者参与硷性辉石(硬玉—— $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$)的成分，或者甚至于残留在岩石未晶出部分——火山玻璃中。

但是在所有上述的岩石形成的复杂过程中，岩浆的化学成分及其在冷凝和结晶时发生的、服从于物理化学总的规律的过程仍然起着主导作用。成因不同的岩石的整个系列在化学成分上的规

律性常常可以使它們組合成具有統一的原始起源的岩羣(岩省)。中非的鉀質岩省，科拉半島的鈉質岩省，德干高原的鈉-鉀質岩省等等，可以作为这种岩省的例子。

查明各个岩石及其天然組合(岩系)中的全部化学联系属于岩石化学(岩石学中的一分支)的研究領域。岩石化学的任务不仅在于研究岩石及其共生組合的化学亲合性，而且还要发现岩石組份和相成分(矿物成分)中的規律性，并且查明它們在矿物成分上发生变化的原因。将天然岩石的化学亲合性与实验資料(在簡化了的、可表現硅酸盐熔融体冷凝現象的一定趋势的系統中获得的)对比的可能性也很重要。

在現代的方法学的水平上(亦即考虑到岩石化学組份之間的一切联系)来解决岩石化学問題，如借助于对比反映岩石成分的氧化物的重量数是不可能的了，因为从初等化学中就已熟知各种氧化物的重量之間是不可比的。研究岩石組份之間的联系只能利用分子数的或者最好是原子数的比例关系。为了确定分子数，各种氧化物的重量百分数要除以相应氧化物的只取整数的分子量，运算进行到三位小数为止。原子数很容易从分子数算出，后面就要談到。因为在进一步的計算中重要的只是分子数或原子数的比例关系，所以可把算得的商乘以1000，化成整数。

为了查明岩石成分中的联系，必須同时比較大量的数值，在現代的分析結果中通常可达12~15个，最少也有10个。对比这样多的数实际上是不可能的，因此岩石化学方法的任务之一就是尽量把这些数合并成最低数的对比单元。应用图示法来表示所求的比例关系可使对比工作容易得多。

要成功地利用岩石化学方法将首先取决于正确地估計被合并成对比組合的組份之間的天然联系。只有这样才能查明隱藏的規律性。这个道理可以从結晶学的例子中得到很好的說明，即只有選擇由晶体性质和构造所决定的坐标軸和軸单位才能求得那些簡單的比例关系，从而发现比較复杂的規律。

随着物理化学和結晶化学領域(特別是硅酸盐)中的知識的发

展，可以越来越合理地将化学分析时得到的数值加以分組。

不同作者采用的換算原則及原始分析数据分組上的差异，自然而然地形成了各种不同的岩石化学方法。

在岩石化学的发展中我国学者起了巨大的作用：如二十世紀初叶的Φ.Ю.列文生-列星格，特别是 A.И. 查瓦里茨基，他的換算系統現在非常广泛地为苏联研究人員所采用。在近代的外国学者中必須提出瑞士岩石学家尼格里 (P. Niggli)，他大量研究了岩浆岩和变质岩的岩石化学。他所提出的岩石化学換算方法广泛地用于現代外国（文班和其他許多德意志学派和瑞士学派的著名岩石学者）和我国的（B.М.庫普列茨基，B.И. 卢契茨基）岩石学文献中。在某些場合，他的見解曾被用来进一步发展岩石化学（E.A.庫茲涅佐夫，T.巴尔特）。巴尔特提出了所謂的氧法，可以从数量上估計变质作用、特别是交代作用。

岩石化学研究方法的发展使岩石化学面临的任務日益扩大。在岩石化学发展的初期，主要的任务是探究分类次序（Φ.Ю.列文生-列星格、北美学者組—CIPW 法）。后来岩石化学被用来研究岩浆和結晶分异現象，以及同化作用对地质綜合体中岩石組合的影响等等（Φ.Ю.列文生-列星格，A.И. 查瓦里茨基，E.A.庫茲涅佐夫，P.尼格里，T.巴尔特等）。

在苏联岩石化学研究經常联系具有实际意义的重大問題，例如，查明成矿作用与岩浆作用及某一岩石組合的形成的关系。因此許多岩石学工作者和金属矿床研究者都很重視岩石化学和岩石化学方法，并力图独立利用积累起来的岩石化学資料以解决他們面临的具体問題。

一、各种元素在构成岩浆岩造岩矿物中的岩石化学作用

为了选择最合理的岩石化学分析结果的换算方法，必须明确每种造岩元素在岩石中可以形成那些组合。只有这样才能预期通过分析资料的岩石化学研究而取得最大的成就，以免在解释观察结果时陷入形式主义的泥坑，并找到进一步发展岩石化学的途径。

岩浆岩的成份通常表示成下列十二种氧化物的重量百分数： SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O , P_2O_5 。有时在较详细的分析结果中还要列出 ZrO_2 , Cr_2O_3 , NiO , BaO , SrO , Li_2O , F , Cl , S , CO_2 等的数值。这些补充资料在某些场合具有重要的意义，但对于解决通常的岩石化学问题则并非必不可缺。

很久以来化学分析结果就被表示成某些元素的氧化物的形式。在现代无机化学的初期，柏济力阿斯(十九世纪初叶)就曾借助于氧化物的比例关系来表示复杂含氧化合物的成分，这时数量关系用与各种氧化物相当的系数来表示。这种表示成分的方法符合于为柏济力阿斯所发展的并为当时大量化学家接受的化学物质构造的二元论。二元论是基于下面这种观念：一切复杂含氧化物均由两种“基体”——酸和硷组成。而今这一理论还反映在用氧化物的形式来表示硅酸盐成分的方法中。例如，正长石的成分被表示成 $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ，白云母的成份被表示成 $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ 。

如果考虑到结晶化学在研究硅酸盐的成分和构造与其物理性质的关系中所取得的成果，就应当抛弃这种表示成分的方法而用原子来代替氧化物，因为实际上上述的氧化物组合是不存在的。甚至硅酸盐在熔融时也不分解成氧化物，发生的作用要复杂得多。然而由于把分析结果表示成氧化物这种方法比较简便，因此

在現代的研究工作中仍被採用着。

硅酸盐的分析結果是依次列出所得的每种氧化物的数值。这一次序充分符合于組成氧化物的元素的原子价。原先安排的氧化物的次序后来在實踐中曾作了原則性的修正。例如把原来在氧化鎂之前的氧化鈣放在氧化鎂后面，使它和氧化鉀上面的氧化鈉靠在一起。这是因为鈣和鈉之間常常发生类质同象替代作用，鈣上面的鎂又可以完全交代二价鉄。原来二氧化鈦是放在最末一位的，然而因为它必須和二氧化硅加在一起，所以最好把它直接放在二氧化硅之下。

从岩石化学的观点来看，把氧化物排成下面的次序是最合理的： SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O , P_2O_5 。

其余不太重要的組份可按原子价排列，先排氧化物，后排其它組份： S 、 F 、 Cl 等。这时把硫酸盐(S^{+6}O_3)和硫化物(S^{-2})中硫的含量分开表示非常重要。

下面即按上述次序研討每种元素在构成岩浆岩中的行为。

硅 Si^{+4} (二氧化硅 SiO_2)

硅在岩浆岩中的分布仅次于氧。它和氧一起組成硅酸盐結構中的基团或“骨干”。这些基团都是四面体，氧原子位于其頂点，硅原子則居于中心。这时硅原子附結于氧原子上，因为氧的离子半徑等于 $1.36\text{\AA}$ ，而硅的离子半徑只有 $0.39\text{\AA}$ 。

这些硅氧四面体或成彼此隔絕的单元——“島”或者結成各色各样的組合而参与硅酸盐結構格架的构成。其特点是在稳定的化合物中相邻的四面体彼此只能通过各自的頂点而結合起来。因此，每个硅离子只能和四个氧离子連接，并且两个相邻的硅离子只有通过一个氧离子才能彼此結合。

由此可見，硅酸盐基体的各种型式可以是島状的，亦即封閉的，或者是无穷的，亦即硅氧四面体的組合。其有基团 $[\text{SiO}_4]^{-4}$ 、 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$ 、 $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{-6}$ 、 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{-12}$ 的硅酸盐属于島状。自然

界中硅氧四面体的无穷组合比成岛状者广泛得多，它们可以用下列符号： $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{-4}\infty$ 、 $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{-10}\infty$ 、 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{-6}\infty$ 、 $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{-4}\infty$ 、 $[\text{Si}_4\text{O}_8]\infty$ 来表示，还可以用 $(\text{Si}_3\text{O}_9)^{+0}\infty$ 和 $(\text{Si}_5\text{O}_{15})^{+10}$ 以及硅灰石和蔷薇辉石表示。

在硅酸盐熔融体逐渐结晶的过程中，二氧化硅和硷金属即在残余熔融体中浓集起来。具有这种成分的熔融体表现出更大的形成玻璃状态的趋势，这就是富含二氧化硅的化合物（硷性长石和石英）只能在具有“挥发性组份”（主要是熔于熔融体中的水蒸汽）时才结晶的原因。上述矿物可成“隐藏状态”残留在玻璃质中而不形成我们真正能够发现的晶相。在对比算得的相成分（标准矿物成份）与真正在岩石中见到的成分（实际矿物成分）时必须估计到这一点。

富含二氧化硅的残余熔融体的强大粘性阻碍着众所周知的橄榄石变为辉石的反应，这就是某些喷出岩的算得的成分和真正见到的成分不相吻合的原因。这些喷出岩中还保存着橄榄石晶体，虽然岩石中二氧化硅的总含量足以使橄榄石变成辉石。这时过剩的二氧化硅含于充填在岩石晶体间的空隙内的残余玻璃质中。由于相同的原因，算出的喷出岩中斜长石的成分比在薄片根据光性而确定的实际成分表现得比较富于钠长石组份。

钛 Ti^{+4} (二氧化钛 TiO_2)

分析测定岩石中的钛时，通常将其含量表示成二氧化钛的重量百分数，虽然实际上钛既可是四价的也可是三价的。可惜至今尚无测定各种原子价的钛的可靠方法。

已知的独立的钛矿物有钛铁矿 FeTiO_3 或 $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ，榍石 $\text{CaOTi}[\text{SiO}_4] = \text{CaO} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ 以及非常少见的钙钛矿 $\text{CaTiO}_3 = \text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ 和金红石 TiO_2 。钛可作为类质同象混入物（主要是代替镁）而参与钛辉石、含钛角闪石（棕闪石等）及铁里云母的成分。硷性岩石中很少出现含钛矿物，只有在特殊的情况下才会引起人们的注意。

鋁 Al^{+3} (三氧化二鋁 Al_2O_3)

鋁在構成造岩礦物中的作用特別巨大，同時鋁離子在硅酸鹽結構格架中的配位特征也極為有趣。鋁參與硅酸鹽的成分主要是取代硅。這時，鋁離子為四個氧離子圍繞。要使這種結合穩定下來，就必須在結構格架中加入一些補充離子，以抵償硅和鋁在原子價上的差距（4 和 3）。因此，鋁常與鹼金屬元素（首先是鉀，然后是鈉）結成固定的組合。當熔融體中鹼金屬離子的含量不足時則由鈣離子來彌補，鈣離子的作用主要是構成斜長石的鈣長石組份。

未加入鋁硅基團的鋁離子則可作為構成簡單硅酸鹽的組份，但這時，在損失的一個原子價（ Al^{+3} 代替 Si^{+4} ）將由一個取代某一二價離子（主要是鎂）的三價鋁離子（ Al^{+3} 代替 Mg^{+2} ）來抵償的條件下，並不排斥鋁部分地取代硅的可能性。這種取代的結果可構成一些具有固定比例的組合，其中之一（ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 = \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ）在岩石化學換算中稱為“契爾馬克分子”或者最好叫“契爾馬克組份”。必須指出，在“契爾馬克組份”中鈣與鋁的比與在“鈣長石”組份中相同。因此某些換算系統把參與契爾馬克組份的 Al 和 Ca 全部納入鈣長石組份的成分中，因為在換算過程中先算鈣長石組份。這樣一來在換算時將算得較多的“鈣長石組份”，以至對斜長石的成分的觀念比實際成分要基性一些。而輝石或角閃石則顯得未為鋁所飽和，例如把普通輝石算成透輝石。

這種與岩石中實際比例關係不符的誤差在閃石或輝石的成分中具有“硬玉組份”時也會發生，在硬玉組份中 Na 與 Al 的比和在霞石及鈉長石中相同。這時，算得的斜長石的成分顯得比較酸性，而暗色礦物則將不含鹼金屬，然而實際上它們是含有鹼金屬元素的。

如果鋁離子在硅酸鹽的結構格架中取代鎂離子，則它的周圍就不是四個而是六個氧離子，即配位數為 6，這是鋁起“鹽基性”元素的作用的標志。在白云母中可以看到鋁離子在同一化合物中

既可构成“盐基”(配位数 6), 也可构成“酸”(配位数 4)。必须考虑到, “酸性”的铝需要用硷金属离子或钙离子来抵偿, 而“盐基性”的铝离子则不需要这种抵偿, 因此计算时对于那些起抵偿作用的 K、Na 或 Ca 离子数来说是多余的。岩石中含有云母或高岭土矿物时以及在少数的含尖晶石、堇青石或刚玉的岩石中常常就有这种“多余”的铝。

三价铁 Fe^{+3} (三氧化二铁 Fe_2O_3)

从确定某些岩石的成因的观点来看, 三价铁 Fe^{+3} 的作用极为重要。分析测定的三价铁通常与适量的二价铁离子 Fe^{+2} 结合而成磁铁矿 $\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}\text{O}_4 = \text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, 从而腾出一些硅来形成其它硅酸盐。在极少数场合, 三价铁才参与构成硅酸盐。例如, 当岩浆中铝的含量不足时, 三价铁将和未与铝结合的剩余的 Na 原子一起进入辉石或闪石类型的格架中而形成霓石 $\text{NaFe}^{+3}[\text{Si}_2\text{O}_6] = \frac{1}{2}\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ 或硷性辉石中的“霓石组份”。

部分三价铁也可参与普通辉石, 角闪石或黑云母的成分。在这些场合它起的作用和铝一样, 但大多数的参与磁铁矿成份的三价铁离子则不然。铝的特点在于它主要是进入架状铝硅酸盐(长石或少见的有时具环状结构的似长石)的格架中。

二价铁 Fe^{+2} (氧化亚铁 FeO)

二价铁的岩石化学作用和三价铁截然不同。当熔融体中具有三价铁或四价钛离子时, 部分二价铁分别与它们结合成磁铁矿和钛铁矿。如果熔融体中没有上述离子, 二价铁则参与具岛状、链状、带状及层状(“偏硅酸盐”和云母)构造的简单硅酸盐的成分中。

由硅酸盐的物理化学得知, 含二价铁的硅酸盐自熔融体析出的温度较和它类似的镁的硅酸盐为低。由此可见硅酸盐熔融体中的二价铁离子可降低结晶的温度。三价铁和二价铁结成磁铁矿引起熔融体中铁的贫化, 从而使镁的浓度相对增高。富于镁的熔融

体在一定的温度时为鎂的硅酸盐过饱和，这是熔融体出现不平衡状态的原因，并将促使它们尽速结晶。

在岩石化学换算时必须注意到，富含二价铁的輝石的形成只进行到一定的时候，含有极多二价铁的橄欖石将不和熔融体发生变成斜方輝石(多铁紫苏輝石或斜铁輝石)的反应。这就是石英和铁橄欖石系列中的多铁橄欖石共生的原因，如B.И.卢奇茨基对于乌克兰的奥长环斑花崗岩和某些其它的花崗岩以及在有关马达加斯加流紋岩和美国黄石公园里曜岩的文献中均曾指出。

H. A. 斯莫利揚尼諾夫曾談到在塔吉克苏維埃社会主义共和国的偉晶岩中含低价錳的铁橄欖石(錳铁橄欖石)与石英及长石共生。

錳 Mn^{+2} (氧化亚錳 MnO)

和铁相似，在岩石的分析結果中沒有考虑錳的氧化程度(原子价)，全部錳都被表示成氧化亚錳，虽然一定数量的錳无疑是成三价离子而参与矿物的成分。錳在构成硅酸盐中不起独立的作用。它以类质同象方式取代二价铁和鎂离子，有时也可取代鈣离子。

在岩石化学换算时氧化亚錳“分子”(或更确切地說錳离子)被并入二价铁离子中，这时换算不会发生任何困难，因为 MnO 的分子量(71)和 FeO 的分子量(72)只差一个单位。錳的存在几乎不反映在矿物的光性上，但是在芬兰和卡累利阿芬兰苏維埃社会主义共和国某些地区发现的錳黑云母(一种少見的含低价錳的金云母)則为例外。云母族中这一矿物很有趣，它表现出和黑云母相反的吸收性 $N_p > N_g$ 。

鎂 Mg^{+2} (氧化鎂 MgO)

鎂的岩石化学作用相当固定，它的离子主要构成島状及其它类型簡單硅酸盐。鎂在岩石中的含量常常和硅的含量背道而馳，这是因为富于鎂的硅酸盐先结晶而硅却集結于晚期结晶的架状鋁

硅酸盐和石英中。

根据物理化学资料，含镁的硅酸盐和与之类似的含亚铁的硅酸盐相较为高温的矿物，因此， $\text{MgO}:\text{FeO}$ 或 $\text{Mg}:\text{Fe}^{+2}$ 的比值可作为确定形成温度并进而断定岩浆岩在成因系列中的位置的指标。

Mg^{+2} 离子和 Ca^{+2} 离子 (或 CaO) 的比对于生成的有色矿物的类型也有重要的意义。例如，透辉石和普通辉石系列中辉石的特点是这两种离子的含量大致相等。Mg 多于未加入铝硅酸盐的 Ca 发生于岩石中含有橄榄石、斜方辉石、角闪石、有时为云母 (黑云母) 的情况下。在通常的岩浆岩中镁离子不加入下面这些矿物：堇青石 $\text{Mg}_2\text{Al}_3[\text{Si}_5\text{AlO}_{18}] = 2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ，镁铝榴石 $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3 = 3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 或尖晶石 $\text{MgAl}_2\text{O}_4 = \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 中，但是在某些岩石化学计算中 (同化现象或变质作用) 仍然必须考虑形成这些矿物的可能性。

钙 Ca^{+2} (氧化钙 CaO)

钙在构成造岩矿物中具有二重性。一方面它可参与铝硅酸盐的格架 (“钙长石组份” 或者按从前的叫法称为 “长石的石灰质”)，另一方面又可参与链状和带状硅酸盐格架的构成 (单斜辉石，某些阳起石型闪石及角闪石)。特殊的是在橄榄石类型的格架中没有钙，即在自然条件下它不能形成所谓正硅酸盐分子。进行岩石化学换算时，这一性质在形式上就导致一个 Ca 原子 (或 “CaO 分子”) 和一个硅原子 (一个 “ SiO_2 分子”) 的固定组合。只有在人造产物中才可见到 Ca 离子在适当条件下参与岛状结构格架的构成，并形成钙镁橄榄石 $\text{MgCaSiO}_4 = \text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 或形成钙的正硅酸盐的变体之一 (α 、 β 或 γ)：甲型硅灰石、粒橄榄石或 феллит。

在岩石化学换算时必须考虑到磷灰石 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, Cl (或简写成 $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$) 中 Ca 和 P 的比，即 $\text{Ca}:\text{P}=3:2$ 。

在某些场合下计算中还要包括数量不太重要的或比较稀少的化合物，如榍石 $\text{CaOTi}[\text{SiO}_4] = \text{CaO} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ ，钙钛矿

$\text{CaTiO}_3 = \text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$, 鈣鋁榴石 $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}] = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ 以及鈣鋁黃長石 (島狀鋁硅酸盐) $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{SiAlO}_7] = 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 。此外, 当分析結果中有 CO_2 时, 应当考虑到在次生变化中方解石 CaCO_3 的形成。

应当注意到鈣只有在沒有其它組份 (如鎂、鋁等) 时才能形成特殊的含鈣的簡單氧化物。这种趋势不仅表現于岩浆的成矿作用中, 而且也表現在变质作用中, 这在戈尔德施密特的角岩分类及尼格里的接触作用表中均有所反映。

鈉 Na^{+1} (氧化鈉 Na_2O)

典型的硷金属元素鈉早在熔融体中就已結成架状或环状鋁硅酸盐类型的化合物, 并形成鈉长石 $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] = \frac{1}{2} (\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2)$ 或霞石^① $\text{Na}[\text{AlSiO}_4] = \frac{1}{2} (\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)$ 。斜长石結晶时“鈉长石組份”即参与固体溶液的成分中。鉀长石 (尤其是高温的透长石) 中也可見到一些“鈉长石組份”。在上述場合下鈉离子抵偿着鋁硅格架中由于鋁离子取代硅离子而表現出来的自由价。

鈉离子在少数場合下才和鋁离子 (配位数 6) 一起作为“硬玉組份” $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 而参与輝石的成分。对于鈉來說, 霓石 $\text{NaFe}^{+3}[\text{Si}_2\text{O}_6] = \frac{1}{2} (\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)$ 或相应的硷性閃石类型化合物的形成是非常特殊的, 通常发生于岩浆熔融体中的鈉超过了鋁的时候。在这种場合下, 岩石为“硷过飽和”。

在极少的場合下, 如換算超基性岩 (方鈉霓輝岩等), 需要計算方鈉石 $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{ClSi}_3\text{O}_{12} = \frac{1}{2} (3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{NaCl})$ 、黝方石 $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{SSi}_6\text{O}_{28} = 3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ 、紫脆

① H.B. 別洛夫提出的霞石化学式 $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{18}$ ($\text{AlSi}_4\text{O}_{18}$) 和通式近似, 为了簡化計算故采用通式: NaAlSiO_4 ——作者原注。

云母 $\text{Na}_4\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_6\text{O}_{16} = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}(\text{OH})$ 或
 褐硅钠钛矿 $\text{Na}_2\text{Ti}_2\text{O}_3\text{Si}_2\text{O}_6 = \text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{TiO}_2 \cdot 2\text{SiO}_2$ 。

鉀 K^{+1} (氧化鉀 K_2O)

鉀离子在岩浆熔融体中具有参与铝硅酸盐的成分并形成正长石 $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] = \frac{1}{2}(\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2)$ 的特殊能力,在較少的场合則形成白榴石 $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] = \frac{1}{2}(\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2)$ 或霞石的“鉀霞石組份” $\text{K}[\text{AlSiO}_4] = \frac{1}{2}(\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)$ 。应该指出,鉀的离子半徑 ($1.33\text{\AA}$) 和鈉的离子半徑 ($0.98\text{\AA}$) 相差很大,因此,硷金属元素之間发生类质同象取代作用的可能性是有限的。

在岩石化学换算时应该考虑到,岩石中的鉀基本上是参与铝硅酸盐的成分,因此需要首先用铝来使它完全飽和。这时可形成硅最大限度地飽和的铝硅酸盐,如正长石。只有在計算中使全部其余的硅酸盐和铝硅酸盐中硅含量尽量降低的一切可能性均告失去时才允許鉀的硅酸盐中硅不飽和。解决岩石化学問題时,也必須考虑到斜长石中的鈉为鉀部分取代的可能性,因此在計算斜长石的成分时需将“鈉长石”組份和“正长石”組份加在一起。

根据經驗規律,岩石中氧化鉀的含量占硷金属总量(分子数) 36~40% 时鉀长石即在岩石中成独立矿物出現,可在换算的基础上作出岩石是否含有鉀长石的結論。除铝硅酸盐外,鉀也可参与云母的成分:白云母 $(\text{OH})_2\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10} = \frac{1}{2}(2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2)$ 或黑云母 $(\text{OH})_2\text{K}[\text{Mg}, \text{Fe}^{+2}, \text{Al}, \text{Fe}^{+3}]_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10} = \frac{1}{2}[2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2]$ 。在黑云母中鉀离子和铝离子的比接近于 1:1, 即这时鉀在計算中的作用和它在形成长石时的作用无异,因此将提高鉀长石的計算含量。在含云