地 质 学 报
1984 年 ACTA GEOLOGICA SINICA 第 2 期

侵入岩常量标型组分参数的函数图象及其成因信息

傅德彬 崔立朝
(吉林省地质科学研究所) (吉林省地质矿产局第二区域地质调查所)

一、引 言

自上世纪末 Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1897) 第一个岩石化学计算方法诞生以来，在将近一个世纪的时间里，先后已有二十余个岩石化学计算方法问世[1]。纵观这些方法，尽管彼此有所不同，但均系旨在确定岩石名称，划分岩石化学类型，了解岩石化学成分变化规律[2]，比较与换算化学成分与矿物成分[3]，探讨成矿专属性[4]等。其中有些方法，诸如 P. Niggli(1919)[5]，A. H. Заварицкий(1935)[6]，E. A. Кузнецов (1947)[7] 的方法等，也多少涉及到了岩石演化系列、同化-混染作用和岩石形成机制方面的内容。当前在国内高温高压模拟实验和国外用电子计算机模拟岩浆作用过程处于刚刚起步的情况下，迫于地质科学的发展急需进一步揭示岩浆成因系列，岩浆侵入的期(次)，与结晶演化次序，岩浆冷凝的温度梯度等大量岩石成因信息问题。作者试通过本文把在实践中运用数学地质学探索岩石常量标型组分成因信息的理论、方法和意义加以论述。不妥之处，诚望读者惠予指正。

二、化学成分(C)与温度(T)和时间(t)的函数关系

岩浆在随时间(t)推移，温度(T)下降而结晶的过程中，假如在深成条件下压力(P)保持相对稳定时，则主要是温度降低引起岩浆中 Si:O 比值的逐渐升高(从 0.25 到 0.5)，表明硅氧四面体的聚合程度与温度呈函数关系。而且，不同聚合程度的硅氧四面体具有不同的负电价差，因此它能按离子电位与电离势由高到低的顺序依次吸引不同正电价的阳离子 Mg^{2+}，Fe^{2+}，Ca^{2+}，Na^{1+}，K^{1+} 等与之结合以平衡电价，遂形成不同成分，不同构造类型的矿物按温度降低顺序依次析出，组成了不同的岩石类型，含相应不同的矿产。著名的 K. Rosenbuch (1898) 法则和 N. L. Bowen (1922) 反应系列实际就是这一客观规律的体现和概括。

这样，在侵入岩，尤其深成岩形成过程中 T 是 t 的派生常数，熔浆成分 C 的变化是由 T 决定的。由此得出结论，T 是 t 的函数，C 是 T 的函数，C 和 t 是复合函数关系。即：

$$T = h(t)$$
$$C = g(T)$$
$$C = f[h(t)]$$

总而言之，在熔浆侵入后的不同时间里温度不同，导使不同组分的矿物依次析出，酿成熔浆化学成分依赖于温度的变化规律，该规律反映着赖以成岩成矿的物理-化学条件的变化，因此可作为研究岩石成分成因信息的理论基础。

三、成因信息指示元素的抉择

按上述理论，需要对常量造岩元素的地球化学性质，热力学特征以及岩石化学作用等加以简要的比较和鉴别，以便选出最敏感于温度条件的旨在研究成因信息的指示元素。

Si^{4+}、Al^{3+}、Fe^{3+} 系高价阳离子，在岩浆中主要呈络合物形式存在。尤其是离子电位大于 10 的 Si^{4+}，总是同氧离子形成$[SiO_4]^{4-}$硅氧络合物，构成硅酸盐矿物的阴离子骨架，而 Al^{3+} 在岩石中主要是通过替代 Si^{4+} 的方式以四次或六次配位与硅氧络合物结合。Al^{3+} 取代 Si^{4+} 产生了负电价差，则吸引 K^{1+} 与 Na^{1+} 构成长石类矿物。倘若熔浆中碱量不足，Al^{3+} 则与 Ca^{2+} 结合构成斜长石的“钙长石分子”。如熔浆中贫乏 K、Na 和 Ca，则 Al^{3+} 便以六次配位与硅氧络合物结合出现在石榴石、辉石和角闪石等矿物中。在熔浆中铝强烈过饱和的极罕见的情况下，Al^{3+} 才形成特殊的铝氧化物——刚玉、尖晶石族矿物等。显然，Al^{3+} 在熔浆演化过程中含量的变化是时增时减的，对温度变化的敏感性不佳，而且在中酸性岩中变化幅度不大，有失指示组分的作用。同样，Fe^{3+} 因其既可出现在硅酸盐中，又可出现在铝硅酸盐中，还能形成自身氧化物矿物——磁铁矿，赤铁矿等，不宜选为指示元素。

K^{1+} 和 Na^{1+} 低价阳离子的特点是同阴离子结合的键能最弱，离子半径大，核电荷小，离子电位 $< 1—2$，形成固体氧化物的热焓在成岩元素中最低。同氧结合的离子键约为 2/3，化学性质活泼，在熔浆中呈简单的阳离子存在。熔浆结晶时它们以六或更高的配位数主要与铝硅酸盐和复杂的铝硅酸根结合，呈自由阳离子赋存在矿物格架中，而不出现在阴离子骨架内。在熔浆演化过程中，钾钠含量随温度降低逐渐升高，敏感于温度的变化，可以作为指示元素。

Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{2+} 无论其键能、离子电位抑或与氧的成键程度均介于上述两组离子之间，离子半径中等，离子电位在 1.9—2.7 之间，与氧的分裂键能为 99—116 千卡/克分子。其中 Mg^{2+} 与 Fe^{2+} 比碱金属有较高的离子电位，故在碱质熔浆中最先进入辉石及磁铁矿中；而与 Si^{4+}、Al^{3+} 相比，Mg^{2+} 与 Fe^{2+} 的离子电位和与氧的分裂键能均偏低，所以不能从 Si-O，Al-O 结构中夺取氧，但可挤掉结构简单的硅酸络合物中较弱的阳离子，从而在熔浆结晶时最早结合成最简单的岛状或链状硅氧络合物构成的橄榄石、辉石，尔后形成构造复杂的带状或层状的角闪石和黑云母。惟其如此，在岩浆结晶演化过程中，镁与二价铁的含量随温度降低而减少，故二者是一对敏感于温度等条件的主要造岩元素，都可选作指示元素。但是，鉴于 Mg^{2+}、Fe^{2+} 与阴离子联接的离子化程度不同，Fe^{2+} 具有同易于极化的 S^{2-} 阴离子形成化合物的趋势，二者间负电性差别较大，此其一。其二，Fe^{2+} 在熔浆中主要是与 Mg^{2+} 是替换类质同象存在于暗色造岩矿物中，在某种程度上 Mg^{2+} 可以代替 Fe^{2+} 的岩石化学作用，故在指示元素中可以不考虑 Fe^{2+}。至于 Ca^{2+}，在熔浆演化过程中随 SiO_2 含量的增加，其含量变化曲线似抛物线状，峰值位于 $SiO_2 = 45\%$ 处，即

恰好位在超基性岩与基性岩的分界线上，对温度有独道的敏感性，因而，具备了特殊的成因信息指示作用。

综上所述，K^{1+}，Na^{1+}，Ca^{2+}；Mg^{2+} 等主要常量造岩元素在熔浆中为低价阳离子，与氧的亲合力强，呈自由离子形式出现在造岩矿物晶格中，最敏感于熔浆结晶时的温度等理化条件的变化，选来作为研究成因信息的标型组分或指示元素最为理想。

四、参数的拟定与函数图象的描绘

根据 Mg^{2+}，Ca^{2+}，Na^{1+} 与 K^{1+} 等主要造岩常量元素阳离子在熔浆演化过程中的实际分布规律，在岩石中彼此的内在联系和在矿物中所起的作用，以及所要反映的岩石成因信息等，特拟定如下参数（以原子数计算）：

碱质参数（a），$a = \dfrac{Na + K}{Mg + Ca + Na + K} \times 100\%$；

钙质参数（c），$c = \dfrac{Ca}{Mg + Ca + Na + K} \times 100\%$；

镁质参数（m），$m = \dfrac{Mg}{Mg + Ca + Na + K} \times 100\%$；

$a + c + m = 100\%$

前已叙及，T 是由 t 决定的，则熔浆冷却的温度梯度：

$$\Delta T = \frac{\partial T}{\partial t}$$

对于同一成因系列的岩石，其常量标型组分参数与温度梯度之间为函数关系。即：

$$m = f(\Delta T);$$
$$c = h(\Delta T);$$
$$a = g(\Delta T);$$

由此可知，这些参数之间亦为函数关系：

$$a = g(m);$$
$$c = y(m);$$
$$\frac{c}{a} = f(m)。$$

既然主要参数间是函数关系，则可用一定的函数图象表示出来[8]。同自然界大多数的事物是曲线发展的情况一样，参数 m 与 a，m 与 c 两对变量之间也是曲线关系，以图象表示可以给我们提供直观的用几何学方法研究函数间变化规律和过程的可能性，有助于揭示诸组分函数所包涵的成因信息。

把算得的参数数值，展示在横轴为 m，纵轴为 a、c 的等刻度平面直角座标系上，然后在地质、岩石学研究的基础上按一定的函数关系将诸座标点拟合为 ma 与 mc 两条函数曲线。该二曲线代表着岩石的常量标型组分随温度改变的分布规律（图 1，2，3）。

因为 ma 与 mc 二函数曲线分别代表了镁质与碱质、镁与钙质的量比变化趋势，可想而知，ma 与 mc 二曲线间也即函数关系。

应当指出，当连点成线的作图过程中，据作者统计，尽管同期次侵入的两个相同岩相当 m 值离差小于 1 时，其相应的 a、c 值离差均不超过 2，但是由于某些随机因素的影响而需要对曲线进行拟合，为此，作者采用了以下两个经验曲线方程式：

$$y_a = \frac{a}{x^c} e^{-bx}$$

$$yc = c + bx + ax^2$$

分别代表 ma 与 mc 曲线。方程式中：

ya 代表参数 a，yc 代表参数 c，x 代表参数 m，e 为自然对数的底，等于无理数 2.7183……，a、b、c 为待定常数。在实践过程中，上述二经验方程式拟合曲线效果良好。

为了把 m 与 a，m 与 c 的关系用较准确的定量关系表示出来，必须确定曲线的相关方程；其方法和步骤如下：

（一）做散点图。将计算出来的 m、a、c 参数值投到直角座标系中得到散点，然后按 m 把 a、c 点连接成 ma 和 mc 函数曲线。

（二）求出待定常数 a，b，c，具体确定曲线类型。

由于此二曲线方程式不能用来直接化为直线函数式，故可采用多元回归法简便求出 a，b 与 c。

1. $ya = \frac{a}{x^c} e^{-bx}$ 曲线

（1）将曲线函数式变换为直线函数式。把方程式两边取以 e 为底的自然对数：

$$\ln ya = \ln a - c \ln x - bx$$

令 $y = \ln ya$，$x_1 = \ln x$，$x_2 = x$，$b_0 = \ln a$，$b_1 = -c$，$b_2 = -b$.

于是将方程 $y = \ln ya = \ln a - c\ln x - bx$ 改写为：

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$$

（2）根据 x，ya 值列表求出：

$y = \ln a$，$x_1 = \ln x$，$x_2 = x$，x_1^2，x_2^2，x_1x_2，x_1y，x_2y，并分别求出它们的总和 Σx_1，Σx_2，Σx_1^2，Σx_2^2，Σx_1x_2，Σx_1y，Σx_2y 及其算术平均值 $\bar{y}$，$\bar{x}_1$，$\bar{x}_2$，$\overline{x_1^2}$，$\overline{x_2^2}$，$\overline{x_1x_2}$，$\overline{x_1y}$，$\overline{x_2y}$。

（3）求方差与均方差

$$L_{11} = \Sigma(x_1)^2 - \frac{1}{n}(\Sigma x_1)^2$$

$$L_{22} = \Sigma(x_2)^2 - \frac{1}{n}(\Sigma x_2)^2$$

$$L_{12} = L_{21} = \Sigma x_1x_2 - \frac{1}{n}(\Sigma x_1)(\Sigma x_2)$$

$$L_1y = \Sigma x_1y - \frac{1}{n}(\Sigma x_1)(\Sigma y)$$

$$L_2y = \Sigma x_2y - \frac{1}{n}(\Sigma x_2)(\Sigma y)$$

（4）列正规方程：

$$\begin{cases} L_{11}b_1 + L_{12}b_2 = L_1y \\ L_{21}b_1 + L_{22}b_2 = L_2y \end{cases}$$

解正规方程求得 b_1，b_2。

(5) 求 b_0:

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2$$

(6) 根据 $b_0 = \ln a$，求出 $a = e^{b_0}$

(7) 由于 $b_2 = -b$，$b_1 = -c$，可得出 $b = -b_2$，$c = -b$。求出 a、b、c 后，便可具体确定曲线类型。

(8) 将各点 x 值分别代入具体曲线公式，求出相应的 ya 值，连接各 ya 点，便得一拟合曲线。

2. $yc = c + bx + ax^2$ 曲线

(1) 令 $b_0 = c$，$b_1 = b$，$b_2 = a$，$x_1 = x$，$x_2 = x^2$，则方程 $yc = c + bx + ax^2$ 可改写为:

$$yc = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$$

(2) 以下求法同曲线 $ya = \frac{a}{x^c}e^{-bx}$ 算法的步骤(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)和(8)。

(3) 二次曲线 $yc = c + bx + ax^2$ 有一个极大值，可用求导数的方法求出极大值点的 x 值:

设: $$(c + bx + ax^2)^1 = 0$$

则 $$b + 2ax = 0.$$

$$x = \frac{-b}{2a}$$

将极大值点的 x 值代入 $yc = c + bx + ax^2$ 方程式中，可求出相应的 yc 值。

五、函数图象的成因信息

由于形成岩浆的原始固相组分不同，熔浆形成的起始温度也不尽一致，这就决定了起始熔浆组分不会千篇一律，加以熔浆渊或岩浆房所在深度，形状，大小，围岩成分及构造条件等方面的差异性，使两次或多次侵位的复式岩体不可能具有相同的温度梯度等形成条件。纵令是在同一地点连续侵入的岩体（甚至包括先侵入的岩体尚未冷却或未完全冷却时又有第二次熔浆侵入其中的情况），先后之间在成分上，尤其在温度梯度等理化条件方面都不会没有区别，这一认识是分析、判别函数图象成因信息的前提。

(一) 函数曲线图象的间断与连续性所提供的成因信息

作者从实践中归纳出四种类型常量标型组分参数函数曲线图象（图 1）。一种是单对连续曲线(图 1，a)，它表明同一成因系列熔浆一次侵入和结晶的演化特点，即熔浆在冷凝过程中温度梯度等介质条件均为渐变的。另一种是双对连续曲线(图 1，b)，表示所研究的岩体分属两个成因系列或两期熔浆侵入产物，每期都具有完善的连续演化特点。第三种是在同一斜率上间断的单对间断曲线(图 1，c)，如果样品有充分的代表性，则这种间断

表明岩体是同源、同期、不同次侵入的，并与成岩的控制构造的脉动性活动密切相关，同时亦是深源熔浆发生过液态熔离的表征。最后一种是阶梯式间断或存在两对不连续的曲线(图 1，d)，这种图象意味着岩体由两期或两个成因系列熔浆活动形成的。

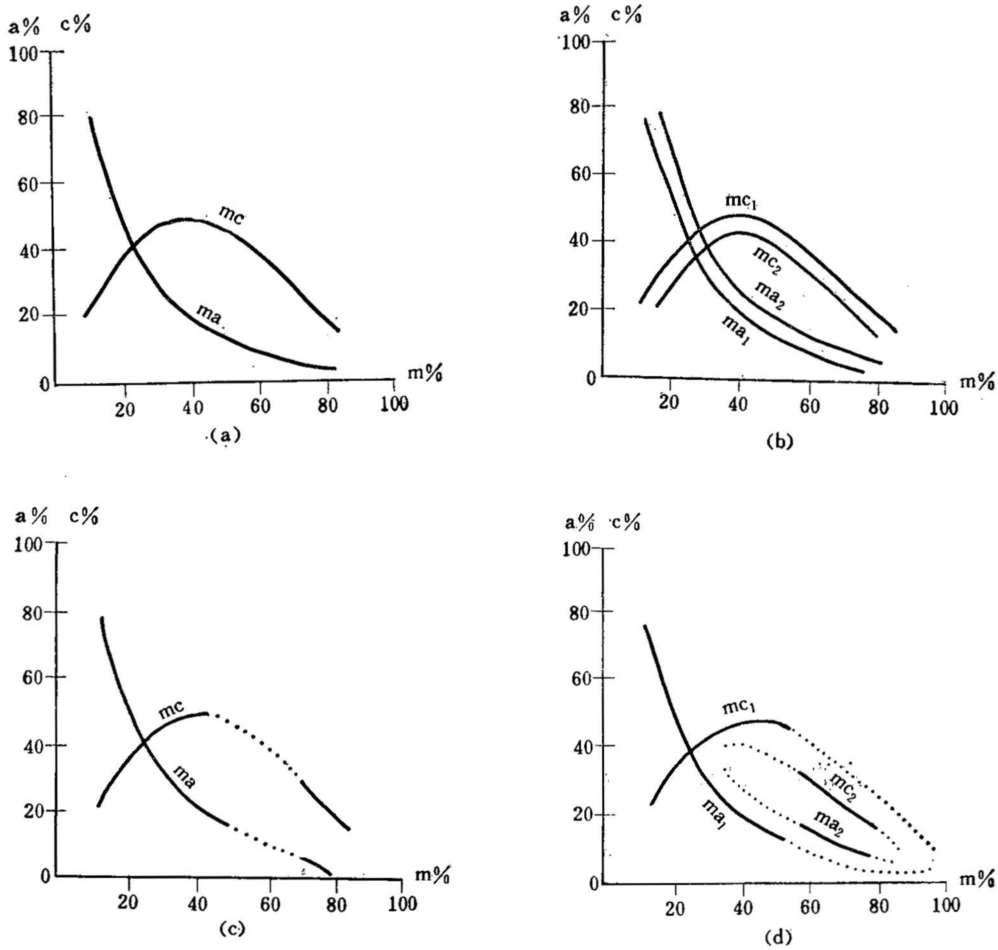

图 1 常量标型组分参数函数曲线图象

(a) 单对连续曲线； (b) 双对连续曲线； (c) 单对间断曲线； (d) 双对不连续曲线。

岩石常量标型组分参数函数曲线图象的间断和连续性提供的成因信息，对鉴别"隐秘侵入接触"(cryptically intrusive contact)[9] 关系，确定单、复式岩体，以及研究有关同生矿床的成因等均具重要意义，而且，有利于成矿预测和找矿，因为大量事实一再表明，在同一构造-岩浆旋迴中，往往是晚期侵入体(或相)含矿机率高；在同一复式岩体中则较晚期侵入的岩相含矿性好，尤以基性-超基性岩硫化铜镍矿床为著例。

(二) mc 曲线极值点的成因信息

前已提到，岩石化学研究表明，钙在岩浆岩中的含量变化规律具特殊的指示意义。以 mc 曲线极大值 C_{Max} 为分界，一侧是贫碱的，在岩浆结晶过程中，碱质增加缓慢；钙在岩石中的化学作用沿 mc 曲线向峰值渐强，而镁则相反；另一侧是远离峰值点而碱质剧增，其岩

石化学作用迅速压倒。铁、镁等离子，钙的含量渐低。因此，极值点（C_{Max}）实质上是钙的临界组分点，因此，C_{Max} 点提供了一定的岩石组分与岩浆结晶温度资料。

（三）m_M^*/C_{Max} 比值的成因信息

m_M/C_{Max} 比值可以揭示岩浆冷却的温度梯度信息。比值小时（m_M 值小，C_{Max} 值大时）说明在相当长的一段时间内参与斜长石组分的钙在岩浆中占优势地位，岩浆冷却缓慢，温度梯度小。比值大时说明碱质在岩浆中占据了优势地位，岩浆冷却较快，温度梯度大。比值适中时，是属于常见的正常情况，此时的温度梯度为正常温度梯度。m_M/C_{Max} 比值通常变化在 0.1—1 之间。

（四）图象在座标中位置提供的成因信息

作者在 A. E. ферсман[10]，A. П. Лихачев[11]等人研究的基础上，根据岩浆演化的阶段性，岩浆成分，温度和含矿性等因素，把岩浆分为：

1. 早期高温（>1500°—1600℃）含铂铬的铁镁质岩浆；

2. 中期中温（900—1500℃）含钛、镍的钙铁质岩浆；

3. 晚期低温（<900℃）含多金属等酸碱质岩浆。

按中国岩浆岩平均化学成分（黎彤等，1963）[12]，上述三种岩浆在函数图象上的位置示于图2。利用图 2 可以获得所研究岩石的有关成因，组分及成矿专属性等信息。但这一问题尚欠成熟，有待进一步探索。

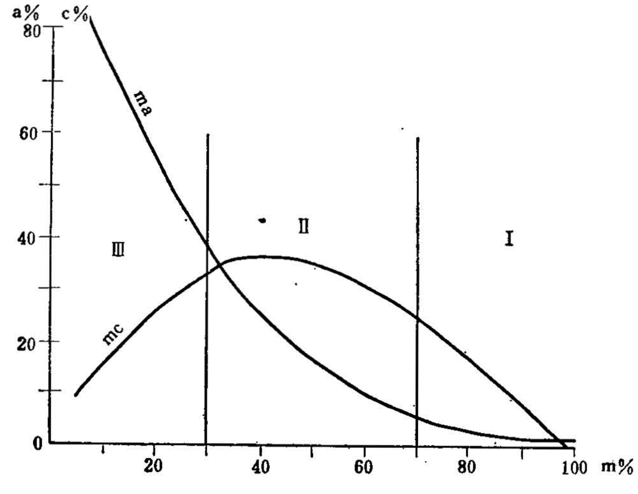

图 2　中国岩浆岩平均成分参数函数曲线图象与岩浆分类

Ⅰ——早期高温岩浆；Ⅱ——中期中温岩浆；Ⅲ——晚期低温岩浆。

综上所述，侵入岩常量标型组分参数函数曲线图象，可以揭示熔浆的同源性，成因系列，侵入期、次，结晶分异作用，冷凝速率以及岩石形成温度梯度等一系列重要成因信息问题。

---

* m_M 是与钙质参数极大值（C_{Max}）对应的镁质参数值。

六、例　证

作者先后对国内外十余个含镍基性-超基性岩侵入体的常量标型组分参数及其函数图象进行了研究，所揭示的成因信息不仅使作者发现了“隐秘侵入接触”关系，而且大大促进了岩浆硫化铜镍矿床成因的研究。现以我国发现最早，研究比较详细的某含铜镍硫化矿床的基性-超基性岩体为例，简述研究方法及其效果。

所列举的岩体远在 1752 年业已开采铜镍矿。1939—1947 年间，先后有李学清、阮维周及郭文魁等做过矿区地质工作。解放后，自 1954 年以来又有许多地质人员做过多次深入的矿床地质成因方面的研究工作，发表了一些著述[13,14,15,16]，几乎都一致认为该基性-超基性岩体是一次侵入就地结晶分异的成因，所含硫化铜镍矿床属就地结晶熔离矿床，并以我国典型岩浆就地熔离矿床的范例援引于有关教科书和文献中。

显然易见，这一矿床是否为岩浆就地结晶熔离矿床的关键在于含矿岩体是一次侵入的单式岩体抑或多次侵入的复式岩体。

作者在川冶 601 队补充勘探工作基础上，结合野外观察，对岩体常量标型组分参数及其函数图象进行了研究[1)]，结果表明岩体系两期侵入的复式岩体，后期侵入的超基性橄榄岩相含矿，属深成矿浆贯入成因，并非由就地结晶分异作用形成的结晶熔离矿床。兹按本文所述方法论及如下。

（一）把侵入体的 MgO、CaO、Na_2O 和 K_2O 的重量百分含量，按文献[1]附录 1 表换算为原子数。顺便指出，特定的铜镍矿化作用，对所拟定的镁、钙、碱质参数没有影响，无需考虑。

（二）计算 m、a、c 参数，精确到 0.1。计算结果列入表 1 。

表 1

参数 \ 样号*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
a	26.0	19.3	17.4	15.3	16.9	19.4	19.3	11.4	9.7	9.3	5.4	4.9	2.3	4.3	4.4	4.2
c	40.0	43.4	44.5	46.0	42.0	37.2	36.6	42.6	41.5	40.7	17.2	14.8	16.3	12.1	11.9	11.1
m	34.0	37.3	38.1	38.7	41.1	43.4	44.1	46.0	48.8	50.0	77.4	80.3	81.4	83.6	83.7	84.7

* 表中 1—5，8—10 为闪长-辉长岩；6—7 为辉长岩；11—16 为含矿橄榄岩。

（三）在等刻度平面直角座标系上投点，连点成线构成参数曲线函数图象（图 3）。从图 3 中可分辨出两对曲线，一对曲线的点号为 2、3、4、5、8、9、10；另一对曲线的点号为 1、6、7、11、12、13、14、15、16。

（四）对所获函数曲线用经验方程式进行拟合，因篇幅所限，具体运算步骤从略。

（五）分析函数曲线图象（图 3）所揭示的成因信息：

1. 经过拟合的岩石常量标型组分参数函数曲线图象有两对（ma_1，mc_1 与 ma_2，mc_2）曲线。表明岩体是岩浆两期侵入形成的复式岩体，而不是单式岩体。

1）吉林省地质学会，1982，一九八一年学术年会论文摘要汇编。第 73－75 页。

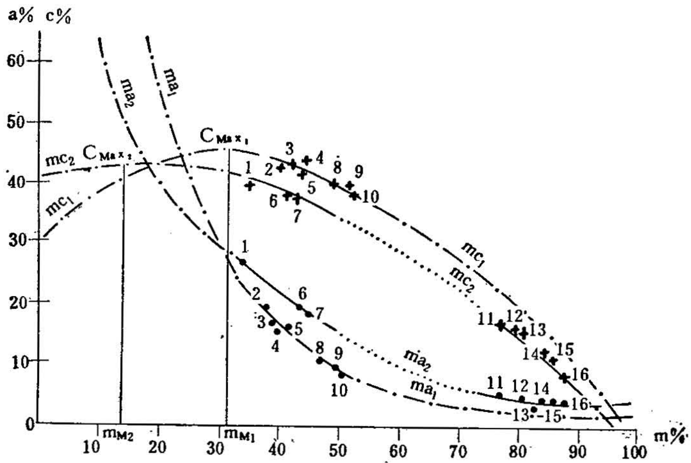

图 3　某含镍基-超基性岩体常量标型组分参数函数曲线图象

2. 结合岩石学研究进一步得知，第一期侵入的是中基性闪长-辉长岩类，第二期侵入的是超基性含矿橄榄岩类。应当指出，后者函数曲线显示出在同一斜率上的间断特点，表明第二期侵入的岩浆有两次侵入作用或有两个侵入阶段。

3. 第二侵入期中第二次侵入的超基性橄榄岩相富含铜镍硫化物，说明在同一复式岩体中较晚侵入期(次)形成的岩相含矿性好。

4. 第一、二期侵入岩相的 m_M/C_{Max} 比值分别为 0.71 与 0.32，这表明二者是在不同的温度梯度条件下形成的，且前者较后者结晶缓慢。

5. 形成该复式岩体的熔浆曾发生过深部液态层状分异作用。主要富矿体是熔浆经深部液态分异作用形成的富硫化物矿浆贯入形成，并非就地结晶熔离成因。

本文在撰写过程中曾得到王恒升导师的悉心指导和俞龙七、隋洪伟与杜有实等同志的热情帮助，在此深表谢忱。

参　考　文　献

[1] Четвериков, С. Д., 1956, Руководство к петрохимическим пересчетам. госгеолхиздат.
[2] Заварицкий, А. Н., 1950, В ведение в петрохимию изверженных горных пород. изд. АН СССР.
[3] 王恒升、白文吉，1975，基性岩与超基性岩石化学计算及图解方法。地质学报，第 1 期，第 77—91 页。
[4] 吴利仁，1963，论中国基性岩、超基性岩的成矿专属性。地质科学，第 1 期，第 29—41 页。
[5] Niggli, P., 1919, Petrographische Provinzen der Schweiz. Vierteljahresschrift der Naturfoschenden Gesellschaft in Zürich, 64, Heft 1—2.
[6] Бетехтин, А. Г., 1956, Академик А. Н. Заварицкий избранные труды. изд. АН СССР. с. 211—232.
[7] Кузнецов, Е. А., 1947, О способах пересчета и изображения химического состава магматических горных пород. Вестник московского университета, №. 3.
[8] 吉林大学数学系，1978，数学分析。人民教育出版社。
[9] 傅德彬，1982，论 401 矿区一号岩体硫化铜镍矿床的成因问题。吉林地质，第 4 期，第 1—16 页。
[10] 南京大学地质系编，1962，地球化学。科学出版社，第 212 页。
[11] Лихачев, А. П., 1973, О природе магматических месторождений. сов. геол. №. 5.
[12] 黎彤等，1963，中国岩浆岩的平均化学成份。地质学报，第 3 期。
[13] Lee, H. T., 1936, A Sulphides-bearing peridotite from Szechan. Bulletin of the Geological Society of

China. Vol. 4, No. 3—4.
[14] 段国连等，1958，川西浸染硫化物铜镍矿床地质。地质月刊，第9期。
[15] 张云湘，1958，力马河铜镍矿床成矿规律的探讨。地质月刊，第6期。
[16] 张庆麟，1958，关于铜镍硫化矿床的成因问题。地质论评，第6期，第448—450页。

THE FUNCTION GRAPH OF THE COMMON TYPOMORPHIC COMPONENT OF THE INTRUSIVE ROCKS AND ITS GENESIS INFORMATION

Fu Debin
(*Jilin Institute of Geological Sciences*)

Cui Lichao
(*The Second Geological Survey, Jilin Bureau of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

The magma is a complicated, polyphase ion-electronic liquid, which mainly consists of cybotactic groups of SiO_4 and oxides of positive metal ions in co-ordination polyhedra$[MeOx]^{2x-n}$.

After the intrusion of the magma the ratio of Si/O increases (from 0.25 to 0.5) with a descent of temperature. Therefore, the cybotactic state of SiO_4 is various under the different conditions of temperature; the SiO_4 with different cybotaxis attracting the different metal positive ions, forms minerals of different structures and components, which are separated out successively.

With the descent of temperature the chemical composition formation is separated out in the following order: Mg → Fe → Ca → Na → K. The authors consider that in the formation of the intrusive rocks, the temperature (T) is a derivative constant of time (t); the variation of magmatic components (C) is controlled by time (t). The authors have come to the conclusion that temperature (T) is a function of time (t); the component (C) is a function of temperature (T). There is a relation of compound function between C and T (i. e. $T = h(t)$, $C = g(T)$, $C = f[h(t)]$). The above relation of function is a theoretical basis for studying the origin of the components of rocks.

According to the geochemical characteristics of the rock-forming elements, thermodynamics, petrochemistry, etc. the authors select the common typomorphic components (Mg, Ca, K + Na), which are most sensitive to temperature, as the indicator elements for studying the information of origin; then, calculate the parameters of magnesium (m), calcium (c), and alkali (a) with atomic number according to the following formulas:

$$m = \frac{100\mathrm{Mg}}{\mathrm{Mg} + \mathrm{Ca} + (\mathrm{Na} + \mathrm{K})}\%; \qquad c = \frac{100 \times \mathrm{Ca}}{\mathrm{Mg} + \mathrm{Ca} + (\mathrm{Na} + \mathrm{K})}\%;$$

$$a = \frac{100(\mathrm{Na} + \mathrm{K})}{\mathrm{Mg} + \mathrm{Ca} + (\mathrm{Na} + \mathrm{K})}\%; \quad a + m + c = 100\%.$$

The calculated parameters are plotted on co-ordinate of abscissa with m and ordinate with a, c; meanwhile, connect a and c with m respectively to form two curves of ma and mc. The func-

tion graph is obtained from empirical curvilinear equations: $ya = \frac{a}{x^c} e^{-bx}$; $yc = c + bx + ax^2$. From the analyses of the discontinuance and continuity of parametric function graph, the position of C_{Max} and the ratio of m_M/C_{Max} etc., we may obtain information concerning consanguinity, genetic series, intrusive stage, crystallization-differentiation, chilled ratio, formation temperature and gradient etc. All these informative data are very important to the study of magmatic diagenesis and genesis of orthomagmatic deposits.