

堆积岩与岩浆岩成分趋势线的相互 预测原理及方法

张成江 汪云亮

(成都理工学院, 成都 610059)

主题词 分离结晶 堆积岩 岩浆岩 成分趋势线预测

提 要: 本文在讨论了同源岩浆分离结晶过程中堆积岩与残余岩浆相元素丰度关系公式的基础上, 提出了堆积岩与相对应的(同源同结晶阶段)岩浆岩(狭义)成分趋势线的相互预测法则, 并以冰岛玄武岩一流纹岩系和攀西地区峨眉山玄武岩系及相对应的层状堆积岩为例, 厘定了多期岩浆分离结晶成因堆积岩系与岩浆岩系成分趋势相互预测的作图方法。

在对堆积岩的成因机制及与其有关的铜、镍、铂族等矿产研究中, 往往需要根据堆积岩系的成分确定相对应的岩浆岩系的成分或根据岩浆岩系的成分确定相对应的堆积岩系的成分。尽管前人对此曾做过大量工作, 但仍处于探索阶段。利用微量元素丰度关系对堆积岩与相对应的岩浆岩的成分进行相互预测在国内外还未见报道。

岩浆在分离结晶过程中主要形成结晶相和残余岩浆相, 堆积岩主要由结晶相组成, 残余岩浆相侵入或喷出形成相应的侵入岩和喷出岩(文中岩浆岩指由残余岩浆侵入或喷出形成的岩石, 即狭义的岩浆岩, 下同)。前人曾研究过分离结晶过程中同源同结晶阶段同相态、同源不同结晶阶段同相态岩石的微量元素丰度关系^(1,2), 这有助于解决同为堆积岩系或同为岩浆岩系的成分相互关系, 但不能解决堆积岩与相对应的岩浆岩的成分相互预测。本文着重讨论同源同结晶阶段异相和同源不同结晶阶段异相形成的岩石的微量元素丰度关系公式, 在此基础上, 探讨堆积岩与相对应的岩浆岩成分趋势线的相互预测方法。

1 分离结晶成因岩浆岩系中微量元素之间的丰度关系

分离结晶成因岩浆岩系中微量元素之间的丰度(X, Y)遵守幂函数定律⁽¹⁾:

$$Y = \Psi X^R \quad (1-1)$$

对于多阶段岩浆岩分离结晶作用, 式(1-1)可写成:

$$Y_i = \Psi_i X_i^R \quad (1-2)$$

式(1-2)中, i 表示结晶阶段序数。式(1-1)和(1-2)中 X, Y 为两个元素的丰度(含量、含量倒数或含量比值); Ψ 为相常数, 其大小与母岩浆成分及元素的总分配系数(D)有关; R 为丰度关系常数, 在双对数($\lg-\lg$)图上为成分趋势线的斜率。 R 只与元素的总分配系数有关, 其值等于 D 值的 H 变换⁽³⁾:

· 该项研究由攀登计划专题(攀登30-09B)资助。
本文于1994年12月收到, 1995年7月改回。

$$R = H|D(X,Y)| \quad (1-3)$$

需要说明的是：这里所说的微量元素，系指在岩浆作用过程中遵守亨利定律的元素，因此，既包括通常所说的微量元素，也包括个别常量元素（如K、Ti、Mn等）。

2 分离结晶岩浆岩的岩浆源、相态和结晶阶段

岩浆源、相态和结晶阶段是分离结晶岩浆岩形成方式的三个要素。

岩浆源：我们用池际尚（1988）所定义的原生岩浆代表岩浆分离结晶过程所形成的岩系的第一个母岩浆，以区别以后各期各阶段的母岩浆。所谓同源，指来源于同一原生岩浆。

相态：岩浆在分离结晶过程中，按物质的三个相态（固、液、气），主要形成两个相，即结晶相和残余岩浆相。结晶相在岩浆中沉淀可形成堆积岩，当岩浆粘度很大时，结晶相也可能悬浮于岩浆中形成带状晶体。残余岩浆相侵入或喷出后固结形成岩浆岩。无论结晶相还是残余岩浆相，其微量元素之间的丰度均遵守式（1-1）。对于同源的岩浆岩系，同一结晶阶段的同相岩石（同为堆积岩或同为岩浆岩），相常数 Ψ 相同，异相岩石（堆积岩与岩浆岩），一般情况下相常数 Ψ 不同。

结晶阶段：自然界产出的岩浆岩体往往是多阶段形成的。在不同的结晶阶段，元素丰度常数 R 和相常数 Ψ 往往是不同的。

在分离结晶全过程中很多元素（如Th、Ta、Na和多数稀土元素）的丰度关系常数 R 变化不大，反映这些元素的总分配系数在不同结晶阶段变化不明显。但一些元素（如Ti、Mn、P、Sr、Sc、Co、V、Eu和Mg）在岩浆分离结晶不同阶段，元素丰度关系常数 R 明显不同，反映元素总分配系数有明显变化^[2]。

冰岛东南奥斯突红（Austruhorn）地区玄武岩一流纹岩系，经T·Furman（1992）等研究认为属同源岩浆分离结晶成因^[4]。由图1可见，可划分为三个结晶阶段，不同结晶阶段，Ti—Th丰度关系常数 R 明显不同。

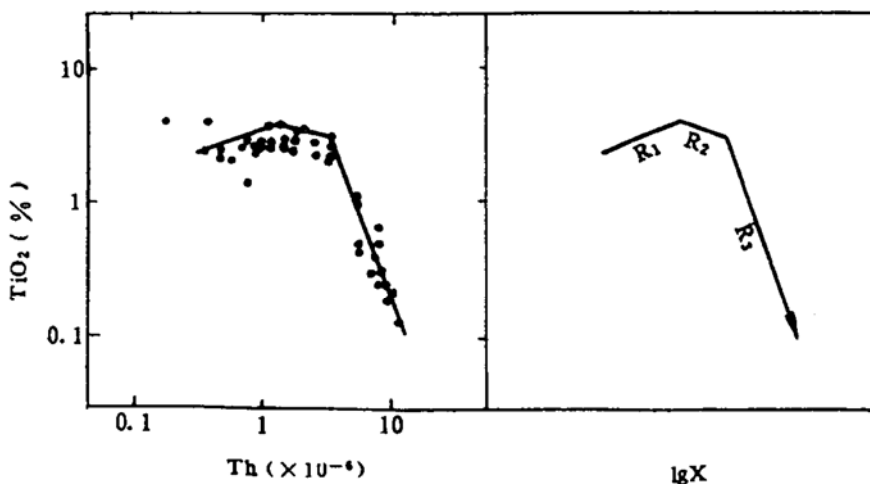


图1 冰岛玄武岩一流纹岩系 TiO_2 —Th 含量关系

Fig. 1 TiO_2 —Th relations of Iceland basalt—rhyolite series

（原始数据来源于 [4]）

对于两种岩石, 不管是同相还是异相, 如果结晶阶段相同, 则丰度常数 R 相同, 结晶阶段不同, 对某些元素 (在不同阶段, 总分配系数变化不大的元素) R 值基本相同, 而对另一些元素 (在不同结晶阶段, 总分配系数有明显变化的元素) R 值不同。因此 R 只与元素的总分配系数有关。

对于两种同相岩石, 当结晶阶段相同时, 相常数 Ψ 相同, 当结晶阶段不同时, 对某些元素 (在不同结晶阶段总分配系数没有明显变化的元素) Ψ 值相同, 而对另一些元素 (在不同结晶阶段总分配系数有明显变化的元素) Ψ 值不同。对于两种异相岩石, 不管结晶阶段相同与否, Ψ 值一般不相等。

3 结晶相与残余岩浆相的微量元素相对丰度关系公式

当研究同一岩系 (同源) 内两种岩石时, 有四种情况: ①同结晶阶段同相; ②同结晶阶段异相; ③不同结晶阶段同相; ④不同结晶阶段异相。下面分别讨论这四种情况下微量元素相对丰度关系公式。

3.1 同结晶阶段同相

由式 (1—1), 两种岩石 A_1 、 A_2 中元素丰度关系分别为:

$$Y_{A_1} = \Psi_{A_1} X_{A_1}^R$$

$$Y_{A_2} = \Psi_{A_2} X_{A_2}^R$$

因为岩石 A_1 和 A_2 是同源同结晶阶段同相 (图 2), Ψ 和 R 相同, 即 $\Psi_{A_1} = \Psi_{A_2}$, 所以两种岩石中元素的丰度比值 (称为相对丰度) 关系为:

$$Y_{A_1}/Y_{A_2} = (X_{A_1}/X_{A_2})^R \quad (3-1)$$

令: $Y = Y_{A_1}/Y_{A_2}$, $X = X_{A_1}/X_{A_2}$, 则:

$$Y = X^R \quad (3-2)$$

式 (3—2) 为两种同源同结晶阶段同相岩石中元素相对丰度关系通式。其对数形式为:

$$\lg Y = R \lg X \quad (3-3)$$

3.2 同结晶阶段异相

由式 (1—1), 对两种岩石 A_1 和 A'_1 有:

$$Y_{A_1} = \Psi_{A_1} X_{A_1}^R$$

$$Y_{A'_1} = \Psi_{A'_1} X_{A'_1}^R$$

因为岩石 A_1 和 A'_1 为同一结晶阶段形成, 所以丰度关系常数 R 相同。又因为不同相, 岩石 A_1 为岩浆岩, 岩石 A'_1 为相对应的堆积岩 (图 2), 所以相常数 Ψ 不同, 即 $\Psi_{A_1} \neq \Psi_{A'_1}$ 。两种岩石中元素的相对丰度为:

$$(Y_{A'_1}/Y_{A_1}) = (\Psi_{A'_1}/\Psi_{A_1})(X_{A'_1}/X_{A_1})^R \quad (3-4)$$

令: $Y = Y_{A'_1}/Y_{A_1}$, $X = X_{A'_1}/X_{A_1}$, $\Psi' = \Psi_{A'_1}/\Psi_{A_1}$, 则:

$$Y = \Psi' X^R \quad (3-5)$$

式 (3—5) 中 Ψ' 称为晶浆常数 ($\Psi' = \Psi_{\#}/\Psi_{*}$)。

式 (3—5) 为同源同结晶阶段异相岩石中元素相对丰度关系通式, 其对数形式为:

$$\lg Y = a + R \lg X \quad (3-6)$$

式(3-6)中 $a = \lg \Psi'$ ，在双对数图形上是两条平行线(岩浆相成分趋势线和结晶相成分趋势线)沿纵坐标垂直方向的距离，即 $a = \lg \Psi_{A'_1} - \lg \Psi_{A_1}$ (图2)。

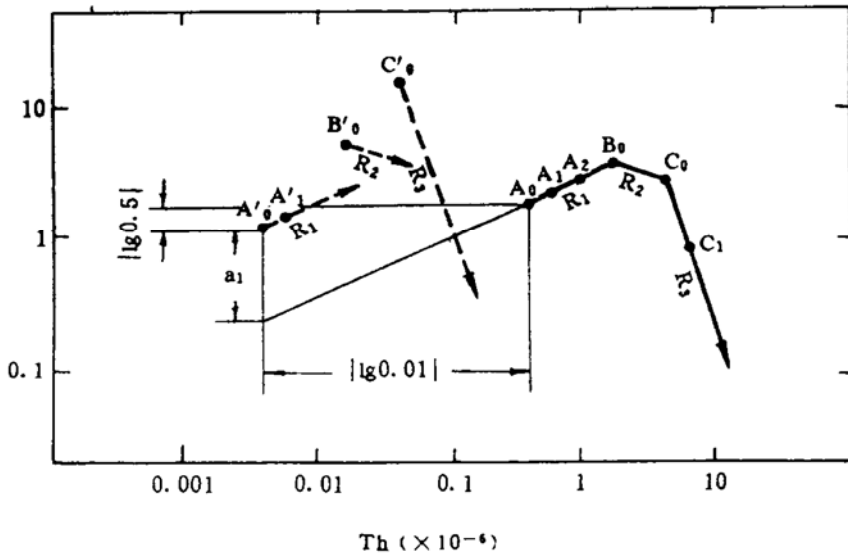


图2 岩浆岩与相对应的堆积岩成分趋势线

Fig. 2 Compositional trend lines of cumulate rocks and corresponding cumulates

实线为岩浆岩系，虚线为与岩浆岩系相对应的堆积岩系(原始数据来源于〔4〕)

3.3 不同结晶阶段同相

岩石 A_1 和 C_1 为两种不同结晶阶段同相岩石。由图2，岩石 A_1 和 B_0 、 B_0 和 C_0 、 C_0 和 C_1 两两均属同源同结晶阶段同相岩石，由式(3-1)有：

$$Y_{B_0}/Y_{A_1} = (X_{B_0}/X_{A_1})^{R_1}$$

$$Y_{C_0}/Y_{B_0} = (X_{C_0}/X_{B_0})^{R_2}$$

$$Y_{C_1}/Y_{C_0} = (X_{C_1}/X_{C_0})^{R_3}$$

$$\begin{aligned} \text{则: } Y_{C_1}/Y_{A_1} &= (Y_{B_0}/Y_{A_1}) (Y_{C_0}/Y_{B_0}) (Y_{C_1}/Y_{C_0}) \\ &= (X_{B_0}/X_{A_1})^{R_1} (X_{C_0}/X_{B_0})^{R_2} (X_{C_1}/X_{C_0})^{R_3} \end{aligned}$$

$$\text{即: } Y_{C_1}/Y_{A_1} = \prod_{i=1}^3 (X_{i+1}/X_i)^{R_i} \quad (3-7)$$

将式(3-7)写成通式为：

$$Y_m/Y_n = \prod_{i=n}^m (X_{i+1}/X_i)^{R_i} \quad (3-8)$$

式(3-7)和(3-8)中， X_i 、 X_{i+1} 分别表示第*i*和*i+1*结晶阶段结束时的丰度 X 。对于岩石 A_1 和 C_1 所在结晶阶段，式中 X_i 和 X_{i+1} 分别代表 A_1 和 C_1 所在结晶阶段中间的某一岩石中元素的丰度 X 。

式(3-8)为同源不同结晶阶段同相的两种岩石中元素相对丰度关系通式。其对数形式为：

$$\lg(Y_m/Y_n) = \sum_{i=n}^m R_i \lg(X_{i+1}/X_i) \quad (3-9)$$

3.4 不同结晶阶段异相

岩石 A'_1 和 C_1 为两种不同结晶阶段的异相岩石， A'_1 为结晶相(堆积岩)， C_1 为残余岩

浆相 (岩浆岩)。由图 2, 岩石 A'_1 和 A_1 为同源同结晶阶段异相岩石, 由式 (3-4):

$$Y_{A'_1}/Y_{A_1} = (\Psi_{A'_1}/\Psi_{A_1})(X_{A'_1}/X_{A_1})^{R_1} \quad (3-10)$$

岩石 A_1 和 C_1 为同源不同结晶阶段同相岩石, 由式 (3-7):

$$Y_{C_1}/Y_{A_1} = (X_{B_0}/X_{A_1})^{R_1}(X_{C_0}/X_{B_0})^{R_2}(X_{C_1}/X_{C_0})^{R_3} \quad (3-11)$$

式 (3-11) 除以 (3-10) 得:

$$Y_{C_1}/Y_{A'_1} = (X_{B_0}/X_{A_1})^{R_1}(\Psi_{A_1}/\Psi_{A'_1})(X_{A_1}/X_{A'_1})^{R_1}(X_{C_0}/X_{B_0})^{R_2}(X_{C_1}/X_{C_0})^{R_3}$$

整理得:

$$Y_{C_1}/Y_{A'_1} = (\Psi_{A_1}/\Psi_{A'_1})(X_{B_0}/X_{A_1})^{R_1}(X_{C_0}/X_{B_0})^{R_2}(X_{C_1}/X_{C_0})^{R_3} \quad (3-12)$$

写成通式为:

$$Y_{C_1}/Y_{A'_1} = (\Psi_{A_1}/\Psi_{A'_1})\prod_{i=n}^m(X_{i+1}/X_i)^{R_i} \quad (3-13)$$

式 (3-13) 中 $i, i+1$ 为结晶阶段序号, X_i, X_{i+1} 为该结晶阶段结束时的丰度 X 。在岩石 A'_1 所在结晶阶段, X_i 为该阶段中间结晶相岩石中元素丰度 X 。在岩石 C_1 所在结晶阶段, X_{i+1} 代表 C_1 所在结晶阶段中间岩浆相岩石中元素丰度 X 。 $\Psi_{A_1}/\Psi_{A'_1}$ 为岩石 A'_1 所在结晶阶段的晶浆常数的倒数。

式 (3-13) 也可写成:

$$Y_{A'_1}/Y_{C_1} = (\Psi_{A'_1}/\Psi_{A_1})\prod_{i=n}^m(X_i/X_{i+1})^{R_i} \quad (3-14)$$

式 (3-13) 和 (3-14) 为同源不同结晶阶段异相岩石中元素相对丰度关系通式。其对数形式分别为:

$$\text{Lg}(Y_{C_1}/Y_{A'_1}) = -a + \sum_{i=n}^m R_i \text{lg}(X_{i+1}/X_i) \quad (3-15)$$

$$\text{Lg}(Y_{A'_1}/Y_{C_1}) = a + \sum_{i=n}^m R_i \text{lg}(X_i/X_{i+1}) \quad (3-16)$$

式 (3-15) 和 (3-16) 中 $a = \text{lg}(\Psi_{A'_1}/\Psi_{A_1})$, 即岩石 A'_1 所在结晶阶段晶浆常数的对数值。

4 堆积岩与岩浆岩成分趋势线的相互预测方法

由前面所讨论的同源岩系中堆积岩与岩浆岩的元素相对丰度关系公式, 已知堆积岩的成分, 可以确定相对应的岩浆岩的成分。反过来, 已知岩浆岩的成分, 可以确定相对应的堆积岩成分。下面以冰岛东南奥斯突红地区玄武岩一流纹岩系及中国攀西地区峨眉山玄武岩及层状堆积岩为例, 介绍堆积岩系与相对应的岩浆岩系成分趋势线的相互预测方法。

4.1 已知 R 时预测方法

由式 (3-6) 得: $a = \text{lg}Y - R \text{lg}X$

式中 X, Y 为相对丰度, 即 $X = X_{\text{晶}}/X_{\text{浆}}, Y = Y_{\text{晶}}/Y_{\text{浆}}$ 。由元素总分配系数定义, $D_x = X_{\text{晶}}/X_{\text{浆}}, D_y = Y_{\text{晶}}/Y_{\text{浆}}$ 。所以有:

$$a = \text{lg}D_y - R \text{lg}D_x \quad (4-1)$$

对于某一固定元素对, 晶浆常数 a 和丰度关系常数 R 是定值。而对不同元素对或同一元素对 (在不同结晶阶段, 元素总分配系数有明显变化) 在不同结晶阶段, a 和 R 的关系列

于表1。

表1 R 和 a 的七种关系
Table 1 Seven sorts of relations between R and a

类型	R	a	成分趋势线特征 (在双对数图上与水平线的夹角)
1	∞	$-\infty$	垂线
2	>1	<0	$>45^\circ$
3	1	0	45°
4	$0 < R < 1$	>0	$<45^\circ$
5	0	0	0°
6	<0	<0	$<0^\circ$
7	$-\infty$	∞	垂线

在双对数 ($\lg-\lg$) 图上, a 是两条平行线 (残余岩浆相成分趋势线与相对应的结晶相成分趋势线) 沿纵坐标垂直方向的距离。 $a < 0$, 表示结晶相成分趋势位于岩浆相成分趋势线下侧。 $a > 0$, 表示结晶相成分趋势位于岩浆相成分趋势线上侧。 $a = 0$, 表示结晶相成分趋势线位于岩浆相成分趋势线左方延长线上。因此, 当已知岩浆岩系成分趋势线斜率 R 时 (在双对数图上, R 是一个可以实测的量, 即成分趋势线斜率), 可以预测相对应的 (同源同结晶阶段) 堆积岩系成分趋势线的相对位置。预测法则是:

- (1) 当 $R > 1$ 时, 堆积岩系成分趋势线位于相对应的岩浆岩系成分趋势线的右下侧。
- (2) 当 $R < 0$ 时, 堆积岩系成分趋势线位于相对应的岩浆岩系成分趋势线的左下侧。
- (3) 当 $0 < R < 1$ 时, 堆积岩系成分趋势线位于相对应的岩浆岩系成分趋势线的左上侧。
- (4) 当 $R = 1$ 或 $R = 0$ 时, 堆积岩系成分趋势线位于相对应的岩浆岩系成分趋势线左下方或左方延长线上。

上述法则, 还可用于判别产于同一地区成因上有密切关系的堆积岩系和岩浆岩系 (狭义) 是否同源时作参考。如果符合上述法则, 二者可能为同一原生岩浆, 是指两者的原生岩浆地球化学特征相同, 尚不能证明两者的原生岩浆为同一地质实体。要证实这一点, 还要利用其它证据进一步证实。如攀西地区的峨眉山玄武岩系和层状堆积岩之间, 符合上述法则 (图3)。另外, 二者在化学成分, $\text{Th}/\text{Hf}-\text{Ta}/\text{Hf}$ 关系、稀土元素分布模式等方面具有相似性。特别是铂族元素分布模式基本一致。铈同位素初始比值较接近, 峨眉山玄武岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7055-0.7073$ (据汪云亮等, 1993), 层状堆积岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7044-0.7052$ (据潘杏南等, 1987)。考虑到二者在空间上相伴产出, 形成时代相近 (晚二叠世), 可以认为二者系同源 (同一原生岩浆) 分离结晶成因。这与梅厚均 (1973)、潘杏南等 (1987)、卢纪仁等研究结果一致。

4.2 已知 R 和 D 时相互预测的作图方法

当已知岩浆岩系中元素之间的丰度关系常数 R 和元素总分配系数 D 时, 理论上可以精确预测相对应的堆积岩成分趋势线。其关键是岩石成分演变趋势线斜率 R 的确定和高场强元素 (如 Th) D 值的选取。对于派生岩浆产生的一系列岩浆岩, 如果不能确定真正的岩浆

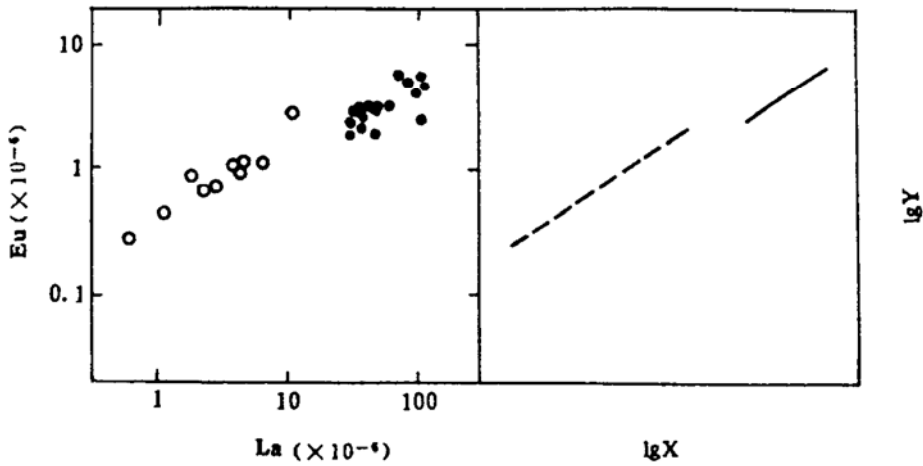


图 3 峨眉山玄武岩与白马层状岩体的 Eu—La 含量关系

Fig. 3 Eu—La relations of Emeishan basalt and Baima bedded rock body

空心圆与虚线为白马层状堆积岩，实心圆与实线为峨眉山玄武岩系（据〔5〕）

液相演化线 (R)，堆积岩成分估计会产生较大误差。在岩浆的不同演化阶段，有些元素的 D 值虽有变化，但不明显。而另一些元素的 D 值变化明显。因此，正确选择 D 值才能准确估算堆积岩成分。下面以冰岛奥斯突红地区玄武岩—流纹岩系为例，讨论岩浆岩与堆积成分趋势线相互预测的作图方法。

对于 Ti—Th 含量关系 (图 2)，由式 (4—1) 得

$$a = \lg D_{Ti} - R \lg D_{Th}$$

Th 为极强亲岩浆元素，在岩浆演化不同阶段，总分配系数变化不明显， D_{Th} 值接近于零。由于零没有对数，这里设 $D_{Th} = 0.01$ ，则：

$$a = \lg D_{Ti} - R \lg(0.01) = \lg D_{Ti} + 2R$$

上式中 R 为双对数图上岩浆岩系成分趋势线的斜率，由图 2 测得 $R_1 = 0.5$ ， $R_2 = -0.21$ ， $R_3 = -2.9$ 。在不同结晶阶段，Ti 的总分配系数 D_{Ti} 值不同。由于 R 等于元素总分配系数的 H 变换^{〔3〕}，由式 (1—3) 可求得：

$$R = \frac{D_{y-1}}{D_{x-1}} = \frac{D_{Ti-1}}{D_{Th-1}}$$

将 D_{Th} 及 R_1 、 R_2 、 R_3 分别代入上式，可求得各结晶阶段的 D_{Ti} 和 a 值为：

第一阶段： $D_{Ti} = 0.5$ ， $a_1 = 0.7$

第二阶段： $D_{Ti} = 1.21$ ， $a_2 = -0.34$

第三阶段： $D_{Ti} = 3.90$ ， $a_3 = -5.2$

当求得各阶段 D_{Ti} 、 R 、 a 值后，就可在双对数图上作出与岩浆岩系相对应的堆积岩系成分趋势线 (图 2)。作图步骤是：

(1) 在已知岩浆岩成分趋势线上任选一点，这里选取 A_0 点。

(2) 根据 R 和 a 值判断堆积岩成分趋势线的相对位置。 A_0 点所在第一阶段的 $R_1 = 0.5$ ， $a_1 = 0.7$ ，属表 1 中第 4 类型，根据前述判别法则，堆积岩成分趋势线位于同阶段岩浆岩成分趋势线左上方。两条线相互平行，两条平行线之间在纵坐标方向的距离为 $a_1 = 0.7$ 个长度单位 (1 个长度单位为 $|\lg 10|$)。

(3) 求出与岩浆岩 A_0 相对应的堆积岩 A'_0 的具体位置:

因为 $D_{Th} = Th_{晶} / Th_{浆} = Th_{A'_0} / Th_{A_0}$

所以, A'_0 点的横坐标是距 A_0 点向左 $|\lg 0.01|$ (即 2 个长度单位)。

同理, $Ti_{A'_0} = D_{Ti} \cdot Ti_{A_0} = 0.5 Ti_{A_0}$

即 A'_0 点的纵坐标是距离 A_0 点沿垂直方向向下 $|\lg 0.5|$ (即 0.301 个长度单位)。

(4) 过 A'_0 点作同阶段岩浆岩成分趋势线的平行线, 长度与岩浆岩成分趋势线相等 (理论上相等)。即为第一结晶阶段堆积岩系的成分趋势线。

同理, 可以作出第二、第三结晶阶段堆积岩系的成分趋势线。

反过来, 已知堆积岩系的成分趋势线, 采用同样方法, 可求得相对应的岩浆岩系的成分趋势线。

由图 2 可见, 同源不同结晶阶段形成的岩浆岩系成分趋势线首尾相接, 反映出成分的变化是连续的。而堆积岩系在不同结晶阶段成分趋势线首尾断开, 反应其成分变化是突变的。这与岩石学研究结果一致。

需要指出的是, 理论上堆积岩系成分趋势线的长度等于相应的岩浆岩系成分趋势线的长度, 但实际上二者并不相等。一般情况下, 由于结晶相不易混合, 而与若干结晶相平衡的残余岩浆往往混合在一起后侵入或喷出固结成岩。因此, 岩浆岩系的成分趋势线较堆积岩系的成分趋势线短 (图 3)。另外, 图 2 中堆积岩的成分趋势线位置是假定 $D_{Th} = 0.01$ 、且在不同结晶阶段没有变化的前提下确定的。事实上, D_{Th} 值只是接近而不是等于 0.01, 不同结晶阶段 D_{Th} 值也可能有微小的变化。因此, 图 2 中堆积岩成分趋势线的位置并不精确。可见, 正确选择 D 值才能准确估算堆积岩成分。

参 考 文 献

- 1 Wang Yunliang and Wang Wangzhang. The law of element abundance relationship in igneous rocks petrogenetically associated with fractional crystallization. *Chinese Journal of Geochemistry*, 1991, 10 (3): 217-231.
- 2 汪云亮, 李巨初, 韩文喜. 多期岩浆分离结晶作用中微量元素丰度关系. *岩石矿物学杂志*, 1992, 11 (1): 42-51.
- 3 汪云亮, 张成江. 地幔平衡部分熔融和岩浆分离结晶成因岩浆岩的判别. *矿物学报*, 1994, 14 (2): 123-133.
- 4 Tanya Furman, Fred A Frey and Peter S Meyer. Petrogenesis of evolved basalts and rhyolites at Austurhorn, South-eastern Iceland; the role of fractional crystallization. *Journal of Petrology*, 1992, 33 (6): 1405-1445.
- 5 汪云亮, 王旺章. 分离结晶岩浆岩元素丰度关系定律的事实基础. *现代地质*, 1992, 6 (1): 72-82.

The Principle and Method for Mutual Prediction of Compositional Trend Lines of Cumulates and Magmatic Rocks

Zhang Chengjiang, Wang Yunliang
(Chengdu Institute of Technology, Chengdu 610059)

Key words: fractional crystallization; cumulates; magmatic rocks; prediction of compositional trend line

Abstract

Based on the equation of element abundance relationship between cumulate and residual magma during fractional crystallization of magma, this paper proposes the principle and method for the mutual prediction of compositional trend lines of consanguineous cumulate rocks and magmatic rocks formed at the same crystallization stage. If the abundance constant R (the slope of the compositional trend line of magmatic rock) and the bulk partition coefficient D are known, the compositional trend line of the relevant cumulates could be predicted and vice versa.

1. When $R > 1$, the compositional trend line of cumulates lies to the lower right side of the trend line of relevant magmatic rocks.

2. When $R < 0$, the compositional trend line of cumulates lies to the lower left side of the trend line of relevant magmatic rocks.

3. When $0 < R < 1$, the compositional trend line of cumulates lies to the upper left side of the trend line of relevant magmatic rocks.

4. When $R = 1$ or $R = 0$, the compositional trend line of cumulates lies to the lower left side or left prolongation of the trend line of relevant magmatic rocks.

The above rules could also be used to distinguish whether the genetically closely related cumulate rock and magmatic rock in the same area are consanguineous or not.