

颗粒接触概率在划分矿物共生组合中的应用 ——以冀东太平寨紫苏花岗岩为例

赵国春 贺同兴

(长春地质学院, 长春 130026)

主题词: 颗粒接触概率 矿物共生组合 紫苏花岗岩 颗粒组合图

提 要: 颗粒接触概率研究的基本方法是在一个岩石薄片切面上, 沿着某一条线统计一个晶体或矿物种与另一个晶体或矿物种的接触顺序, 然后把每一类型的接触数目用“接触概率矩阵”表示, 并与“随机接触概率矩阵”加以比较, 从而验证一个矿物的位置是否或在多大程度上依赖于另一个矿物的位置。一般说来, 同种矿物或同世代矿物有相互接触的趋势, 因而颗粒接触概率的研究能够用来划分矿物共生组合。冀东太平寨地区紫苏花岗岩的颗粒接触概率研究结果表明, 其主要矿物相是由两个不同世代矿物所组成。该研究结果与镜下岩相研究结论一致。

Winkler^[1]认为, 变质岩中共生矿物必须相互接触。Flinn^[2]和 Vistelius^[3]也认为, 岩浆岩中矿物颗粒分布并非杂乱无章, 至少同一种矿物或同世代矿物有相互接触的趋势。因此, 有理由用颗粒接触概率去研究和划分岩石中矿物共生组合。

1 颗粒接触概率研究历史简述

侵入岩和变质岩结构的定量研究进展非常缓慢。原因之一就是结构性质测量方面困难重重。Sander^[4]可算是第一位用定量方法来研究侵入岩结构的。他的“矿物亲邻指数”已具有这方面研究的趋势。

近年来, 苏联地质学者采用计算矿物接触概率来研究岩石的结构, 所用数据通过统计方法就可以获得。基本方法是在一个岩石切面上, 沿着某一条线统计一个晶体或矿物种与另一个晶体或矿物种的接触顺序, 然后把每一类型的接触数目用“接触概率矩阵”表示,

并与“随机接触概率矩阵”加以比较，这样就可以验证一个矿物的位置是否或在多大程度上依赖于另一个矿物的位置。例如，在一种由 A 和 B 两种矿物组成的岩石里，会有 AA、BB 和 AB 三种接触型。若是随机分布，即一个 A 矿物颗粒与另一个 A 矿物颗粒或 B 矿物颗粒都不存在着优选接触趋势，AA、BB 和 AB 三种接触型是均等的。如果不是随机接触，就会存在两种情况：一种是 AA 和 BB 接触数远多于 AB 接触数，一般称这种情况为集合体分布^[5]；另一种情况是 AB 接触数远多于 AA 和 BB 接触数，则称为规则分布，有时也称为离散分布^[6]。研究结果表明，多数结晶岩石中同一世代矿物趋向于规则分布，即有相互接触趋势，而交代型花岗岩则趋向于随机分布^{[2], [6]}。

Wadsworth (1975)^[7]对颗粒接触概率的研究方法又做了进一步完善和发展，即在统计过程中不记录同种矿物的接触数目。这样就可以避免由于亚颗粒或双晶所造成的颗粒接触数目上的误差，对研究效果也无大的影响。目前这种方法被认为是岩石结构定量研究最有效的方法之一^[8]，已广泛地应用到矿物组合世代的划分中。

2 颗粒接触概率的统计方法及数学处理

颗粒接触概率统计一般采用下列步骤：

将所要研究的岩石切成比一般常规观察薄片面积稍大的薄片，然后在显微镜下采用穿线法记录每条统计线上不同矿物的接触数目（如图 1 所示）。记录时可借助于计数器，即用计数器上不同的键记录不同种矿物的接触数。将每个薄片的统计结果列成“接触频率矩阵 (TFM)”。



图 1 穿线法统计不同矿物接触数
Fig. 1 Statistics of contact number of different mineral grains by line transection method

为了介绍方便，假设一个岩石样品主要由 A、B、C 三种矿物组成，则接触频率矩阵 (TFM) 可列成表 1。

在表 1 中， $N_{A \rightarrow B}$ 表示所统计的矿物 A 与矿物 B 的接触总数； $(\sum N)_{A \rightarrow}$ 表示矿物 A 与其它矿物接触总数； $(\sum N)_{\rightarrow A}$ 则表示由其它矿物过渡到矿物 A 的接触总数； $\sum \sum N$ 表示整个样品中所统计的不同矿物之间的接触总数。

由于统计是在薄片中来回穿线进行的，因此， $N_{A \rightarrow B} \approx N_{B \rightarrow A}$ ， $(\sum N)_{A \rightarrow} \approx (\sum N)_{\rightarrow A}$ ，即上面的矩阵近于对称。

表 1 接触频率矩阵

Table 1. Contact frequency matrix

TFM	A	B	C	行总数
A	—	$N_{A \rightarrow B}$	$N_{A \rightarrow C}$	$(\sum N)_{A \rightarrow}$
B	$N_{B \rightarrow A}$	—	$N_{B \rightarrow C}$	$(\sum N)_{B \rightarrow}$
C	$N_{C \rightarrow A}$	$N_{C \rightarrow B}$	—	$(\sum N)_{C \rightarrow}$
列总数	$(\sum N)_{\rightarrow A}$	$(\sum N)_{\rightarrow B}$	$(\sum N)_{\rightarrow C}$	$\sum \sum N$

将接触频率矩阵里的每一项都除以它相应的行总数，便可以得到“接触概率矩阵 (TPM)”。例如，矿物 A→矿物 B 接触型的概率值 $P_{A \rightarrow B} = N_{A \rightarrow B} / (\sum N)_{A \rightarrow}$ 。 $P_{A \rightarrow B}$ 表示当行总数为 1 时矿物 A→矿物 B 接触的概率是多少。接触概率矩阵 (TPM) 可用表 2 表示。

为了对比，可引入“随机接触概率矩阵 (ITPM)”。它表示岩石中各矿物随机分布时，每两个矿物接触的概率是多少。计算矿物随机接触概率的公式目前没有统一。这里采用 Wadsworth (1975)^[7] 的计算公式。按此公式，矿物 A→矿物 B 随机接触概率 $I_{A \rightarrow B} = (\sum N)_{B \rightarrow} / [\sum \sum N - (\sum N)_{A \rightarrow}]$ 。按此公式将表 1 的接触频率矩阵 (TFM) 中每一个 N 值换算成 I 值，便可得到表 3 的随机接触概率矩阵 (ITPM)。

有了随机接触概率矩阵，便可以比较岩石样品薄片各矿物之间接触概率的相对大小。接触概率的相对大小可用“差额矩阵 (DM)”表示。将接触概率矩阵中各项值减去相应的随机接触概率矩阵中各项值所得的矩阵即为差额矩阵 (DM) (见表 4)。差额矩阵的

表 2 接触概率矩阵
Table 2. Contact probability matrix

TPM	A	B	C
A	—	$P_{A \rightarrow B}$	$P_{A \rightarrow C}$
B	$P_{B \rightarrow A}$	—	$P_{B \rightarrow C}$
C	$P_{C \rightarrow A}$	$P_{C \rightarrow B}$	—

表 3 随机接触概率矩阵
Table 3. Random contact probability matrix

ITPM	A	B	C
A	—	$I_{A \rightarrow B}$	$I_{A \rightarrow C}$
B	$I_{B \rightarrow A}$	—	$I_{B \rightarrow C}$
C	$I_{C \rightarrow A}$	$I_{C \rightarrow B}$	—

表 4 差额矩阵
Table 4. Difference matrix

DM	A	B	C
A	—	$D_{A \rightarrow B}$	$D_{A \rightarrow C}$
B	$D_{B \rightarrow A}$	—	$D_{B \rightarrow C}$
C	$D_{C \rightarrow A}$	$D_{C \rightarrow B}$	—

各项值大小表示岩石样品薄片各矿物实际接触概率偏离随机接触概率的大小。通常，差额矩阵中 D 值为正值时称为正接触，D 值为负值时称为负接触^[7]。D 值越大，表明两矿物的接触趋势越强。

为了形象地反映差额矩阵中D值大小与矿物之间接触趋势的关系,这里可以采用颗粒组合图。在颗粒组合图上,用实箭头线连接具有较大的正D值的两矿物,用虚箭头线连接具有较小的正D值的两矿物。当两矿物的D值为负值时,则不用任何线连接。这样便可以一目了然地知道哪些矿物接触趋势较强,哪些矿物接触趋势较弱。

3 颗粒接触概率研究在太平寨紫苏花岗岩中的应用

紫苏花岗岩是冀东太平寨麻粒岩相变质地区内一种常见的岩石类型之一。其主要组成矿物有斜长石、碱性长石、石英、紫苏辉石和黑云母。次要矿物有单斜辉石和角闪石。中粗粒花岗结构,块状构造。

岩相学的初步研究结果表明,该区紫苏花岗岩中的主要矿物表现为残晶相矿物和结晶相矿物共存特点^[9,10]。残晶相矿物包括残晶紫苏辉石(Hy)、残晶斜长石(Pl₁)和残晶石英(Qz₁);结晶相矿物包括结晶碱性长石(Alf)、结晶斜长石(Pl₂)、结晶石英(Qz₂)和结晶黑云母(Bi)。残晶相矿物和结晶相矿物在矿物形态、双晶、化学成分、颗粒大小、内部包裹物等方面均存在着明显差别,笔者对此曾进行过详细介绍^[9,10],这里不再赘述。

为了进一步验证残晶相矿物和结晶相矿物划分的准确性,笔者选择了5个具有代表性的紫苏花岗岩的样品进行颗粒接触概率研究。研究的方法及步骤同前。5个样品薄片颗粒接触概率统计数据、处理结果及颗粒组合图列于表5。

由于样品中具有残晶特点的石英极少,统计过程中没有区分残晶石英和结晶石英。

从表5可以看出:(1)残晶紫苏辉石(Hy)和残晶斜长石(Pl₁)总是正接触;(2)结晶相矿物碱性长石(Alf)、黑云母(Bi)和结晶斜长石(Pl₂)也总为正接触;(3)石英与残晶矿物(Hy、Pl₁)和结晶矿物(Alf、Pl₂)都存在着正接触,这可能是因为在统计过程中没有区分残晶石英和结晶石英的缘故;(4)残晶矿物(Hy、Pl₁)与结晶矿物(Alf、Pl₂、Bi)之间总为负接触。

由此可见,颗粒接触概率研究结果进一步肯定了冀东太平寨紫苏花岗岩的主要矿物相是由两个世代矿物组合所组成,这与岩相学研究相吻合。

参 考 文 献

- 1 温克勒 H. G. F. 变质岩成因. 张 旗、周云生译. 北京: 科学出版社, 1980. 28—30.
- 2 Flinn D. Grain contacts in crystalline rocks. *Lithos.*, 1969, 3: 361—370.
- 3 Vistelius A. B. A stochastic model for the crystallization of alaskite and its corresponding transition probabilities. *Dokl. Acad. Sci., U. S. S. R.*, 1966, 170: 5—82
- 4 Sander B. Einführung in die Gefügekunde der Geologischen Körper. Springer, Vienna, 1950. 1—409.
- 5 Kretz R. On the spatial distribution of crystals in rocks. *Lithos.*, 1969/2: 39—66
- 6 McLellan E. L. Contrasting textures in metamorphic and anatectic migmatites; an example from the scottish Caledonides. *J. Metamorphic Geol.*, 1983, 1: 241—262.
- 7 Wadsworth W. Petrogenetic significance of grain transition probabilities, Cornelia Pluton, Ajo, Arizona. *Mem. Geol. Soc. Am.*, 1975, 142: 82—257.
- 8 Ashworth J. R., McLellan E. L. Textures. In *Migmatites*, eds. Ashworth, J. R., New York: Chapman &

Hall, 1985. 180—204.

- 9 赵国春、贺同兴.冀东太平寨紫苏花岗岩类深熔成因的矿物标志.长春地质学院学报, 1991, 21(2):143—150.
- 10 赵国春.冀东太平寨紫苏花岗岩套的主要特征和成因.岩石学报, 1992, (1): 1—10.

The Application of Grain Contact Probability to the Differentiation of Mineral Assemblages—A Case Study of Charnockite in Taipingzhai, East Hebei

Zhao Guochun, He Tongxing

(Changchun College of Geology, Changchun 130026)

Key words: grain contact probability; mineral assemblage; charnockite; grain association diagram

Abstract

The basic method for the study of grain contact probability is to record the transition sequence from one crystal or mineral species to another along a line in a thin section. The number of each type of contacts is then displayed in the form of contact probability matrix in comparison with random contact probability matrix. The data obtained in this way may indicate whether or to what extent the position of one mineral species is dependent on the position of another mineral. Generally speaking, minerals of the same species or the same generation tend to be in contact with one another. The grain contact probability can therefore be employed to distinguish mineral assemblages. A study of the grain contact probability of charnockite in Taipingzhai shows that the major mineral facies are composed of minerals of two different generations, and this is consistent with the conclusion reached by petrographic studies.