

# 变质火山岩、火山碎屑岩的绿片岩相 成岩格子和成岩格子的若干特征

富 公 勤

(成都地质学院)

**主题词:** 变质火山岩; 火山碎屑岩; 绿片岩相; 成岩格子

**提 要:** 变质火山岩、火山碎屑岩的绿片岩相成岩格子可用阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石—白云母六相三元系和钠长石—阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石六相三元系成岩格子来表示, 石英往往为过剩组分。在只讨论两个强度相同的变量前提下, 每个六相三元系的成岩格子都只可能有一对成对的成岩格子, 且这对成岩格子的非封闭双变区的分区相同、分区之间的边界斜率相同、相应的单变线的排列顺序也相同, 因此, 六相三元系的每个成岩格子中的不变点数、单变线数、和双变区数之间的关系可用数学式来表示。

## 一、绿片岩相变质火山岩火山碎屑岩的矿物共生组合

根据四川的彭县、青川、广元, 陕西的宁强, 河南的桐柏, 浙江的绍兴, 甘肃的白银、靖远、景泰和西藏的宁静山脉等地的实例可知, 绿片岩相变质火山岩、火山碎屑岩的造岩矿物主要有: 钠长石、阳起石、黑云母、绿泥石、绿帘石、白云母(绢云母)、石英和方解石等。

这些岩石几乎都含有石英, 它们相当于 $\text{SiO}_2$ 过剩的体系。因此, 石英可以不在成分—共生图解内表示。这些岩石的惰性组分可归并为:  $(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O}$  三项。因此可以把它们看作为三元系。可以用这三项做为端员来绘制成分—共生图解。钠长石往往与白云母不是同期的矿物。这样, 这些岩石可以分别属于钠长石—阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石六相三元系, 和阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石—白云母六相三元系。

在做典型计算时, 这里采用了各种矿物的典型分子式。鉴于由白云母加绿泥石, 变为黑云母的反应是普遍的, 因此黑云母的分子式是采用了被 M. J. Holdaway & Sang Man Lee (1977) 所引用的 Guidotti 等 (1975) 的分子式 (表 1)。

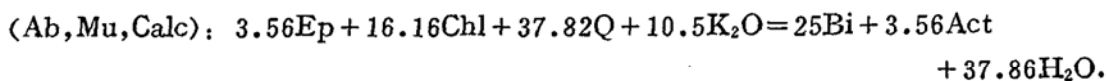
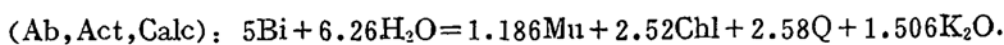
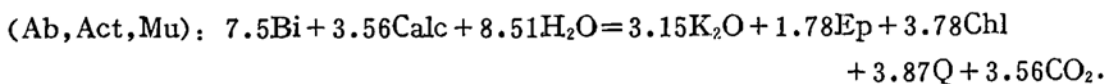
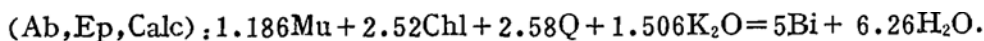
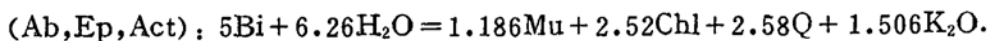
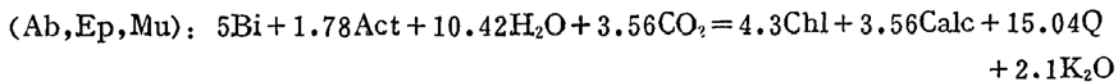
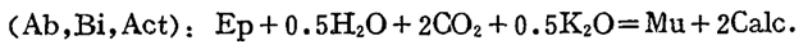
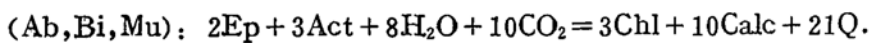
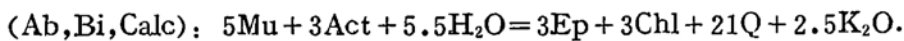
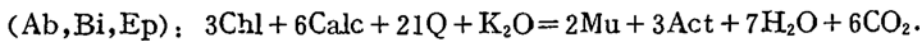
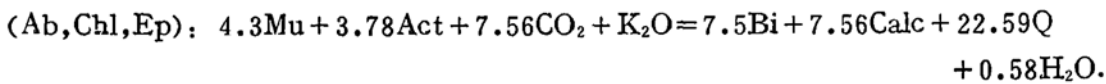
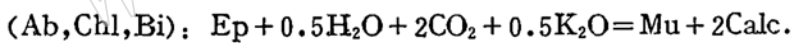
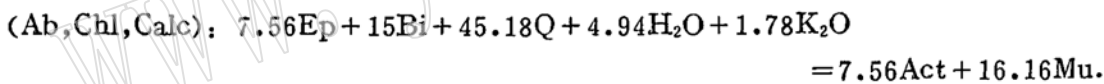
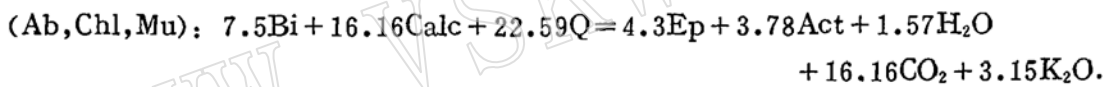
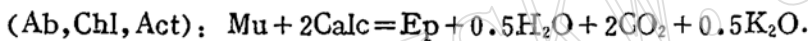
表 1

Table 1

矿物	符号	计算时采用的分子式
钠长石	Ab	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
阳起石	Act	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH})_2$
黑云母	Bi	$\text{K}_{0.84}(\text{Mg}, \text{Fe})_{2.52}[\text{Al}_{1.72}\text{Si}_{2.74}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
方解石	Calc	$\text{CaCO}_3$
绿泥石	Chl	$(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
绿帘石	Ep	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe}^{+3})\text{Al}_2\text{O}(\text{OH})(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_2)$
白云母	Mu	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
石英	Q	$\text{SiO}_2$

## 二、变质火山岩火山碎屑岩的绿片岩相成岩格子

在绿片岩相变质时,  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  等往往是活动组分。活动组分的化学位属于强度变量, 所以, 可以用活动组分的化学位做为坐标, 来绘制绿片岩相的成岩格子。上述的两个六相三元系的单变反应, 兹列于下:



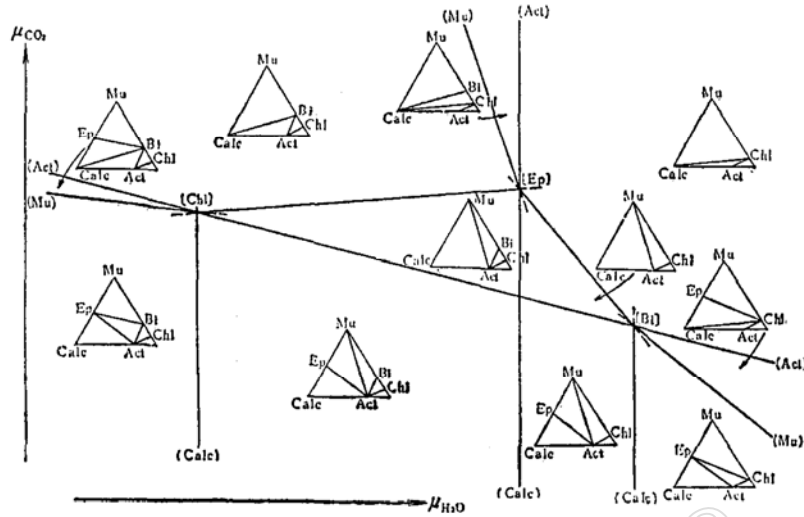
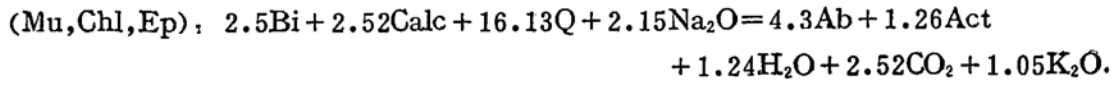
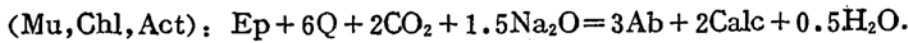


图 1 阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石—白云母六相三元系的  $\mu_{\text{CO}_2}$ - $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  化学位成岩格子  
Fig. 1  $\mu_{\text{CO}_2}$ - $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  petrogenetic grid of the six phases of ternary system; Act-Bi-Calc-Chl-Ep-Mu

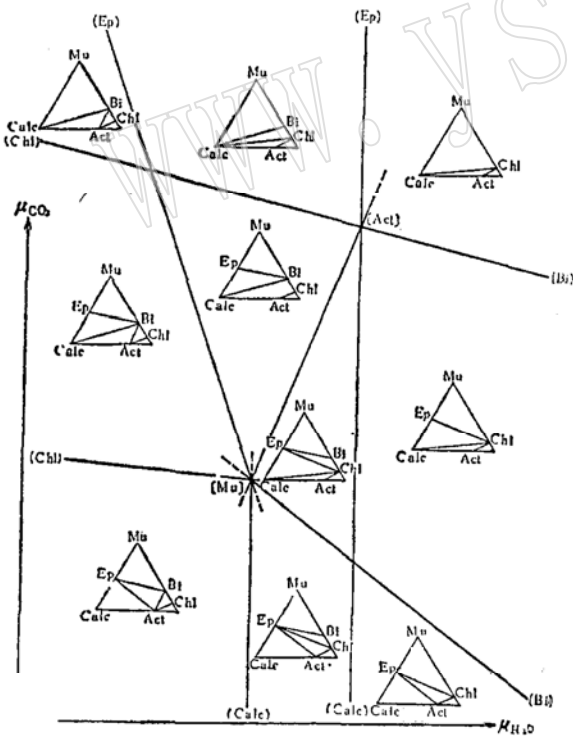


图 2 阳起石—黑云母—方解石—绿帘石—绿泥石—白云母六相三元系的  $\mu_{\text{CO}_2}$ - $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  化学位成岩格子  
Fig. 2  $\mu_{\text{CO}_2}$ - $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  grid of the six phases of ternary system; Act-Bi-Calc-chl-Ep-Mu

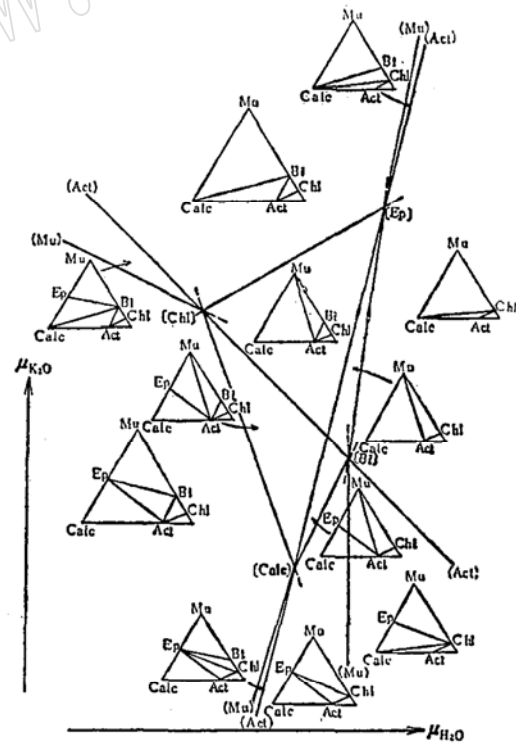


图 3 阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石—白云母六相三元系的  $\mu_{\text{K}_2\text{O}}$ - $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  化学位成岩格子  
Fig. 3  $\mu_{\text{K}_2\text{O}}$ - $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  grid of the six phases of ternary system; Act-Bi-Calc-chl-Ep-Mu



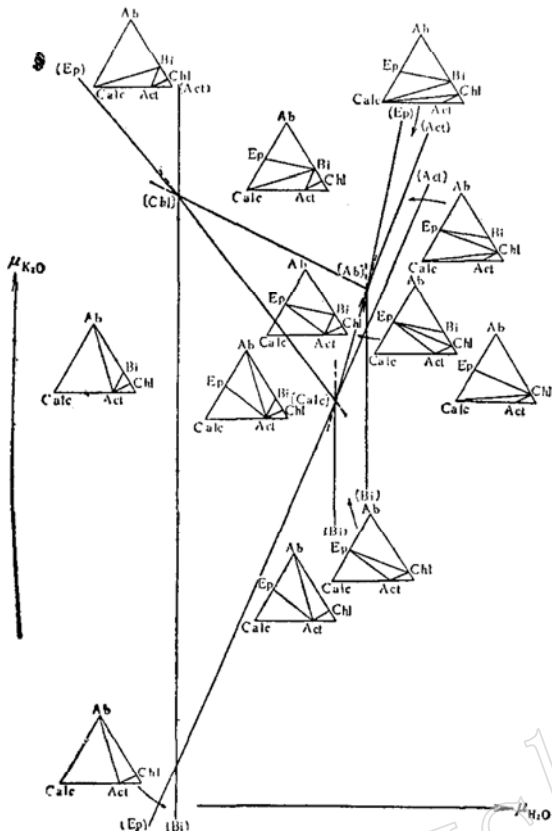


图 7 钠长石—阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石六相三元系的  $\mu_{K_2O}$ - $\mu_{H_2O}$  化学位的成岩格子

Fig. 7  $\mu_{K_2O}$ - $\mu_{H_2O}$  grid of the six phases of ternary system, Ab-Act-Bi-Calc-Chl-Ep

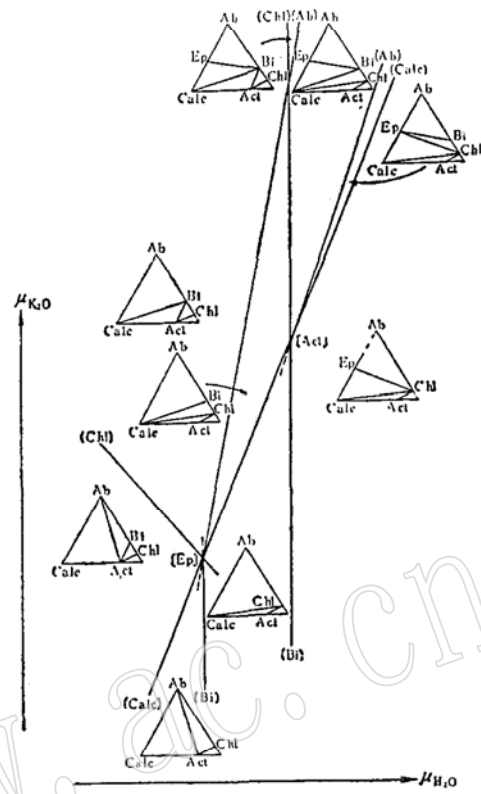


图 8 钠长石—阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石六相三元系的  $\mu_{K_2O}$ - $\mu_{H_2O}$  化学位的成岩格子

Fig. 8  $\mu_{K_2O}$ - $\mu_{H_2O}$  grid of the six phases of ternary system, Ab-Act-Bi-Calc-Chl-Ep

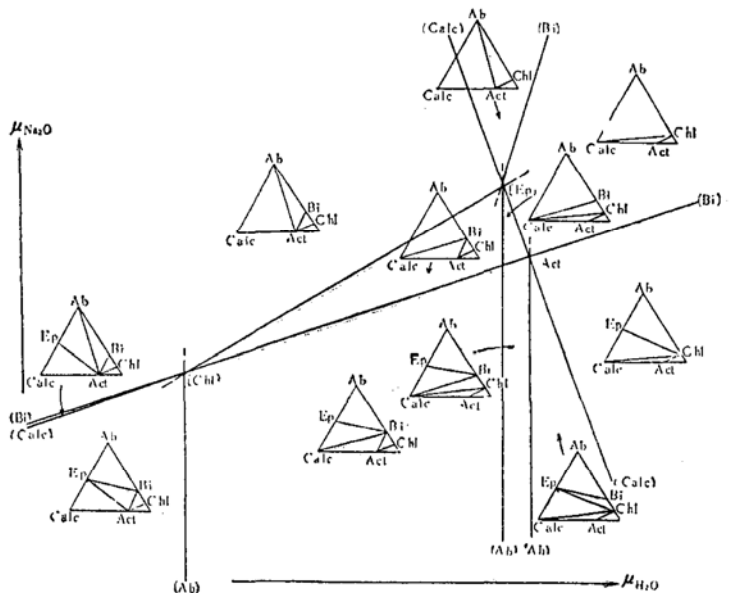


图 9 钠长石—阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石六相三元系的  $\mu_{Na_2O}$ - $\mu_{H_2O}$  化学位成岩格子

Fig. 9  $\mu_{Na_2O}$ - $\mu_{H_2O}$  grid of the six phases of ternary system, Ab-Act-Bi-Calc-Chl-Ep



帘石—白云母六相三元系的成岩格子。图5到图10,为钠长石—阳起石—黑云母—方解石—绿泥石—绿帘石六相三元系的成岩格子。它们都是 $\text{SiO}_2$ 过剩的体系。

### 三、六相三元系中相平衡的几何学分析

在只讨论两个强度变量的前提下,以上列的成岩格子为例,可以看出如下的规律。

1. 当两个强度变量给定时,每个六相三元系的成岩格子一般有两个。一个是由四个不变点(无变度点)的射线束所组成(图3)。但当这四个不变点中有一个不变点是位于无穷远处时,这时该成岩格子成为由三个不变点的射线束所组成(图1,5,7,9)。而另一个成岩格子是由另外两个不变点的射线束所组成(图2,4,6,8,10)。

换言之,这一对成岩格子,互为余集(residual set)。

2. 当两个强度变量坐标给定时,这一对成岩格子都是刚性网络。由于不变点之间的关系或共同单变线之间的关系是固定的,所以,这一对成岩格子中的非封闭双变区(“最外围的双变区”)的分区是相同的。

3. 这一对成岩格子中的相对应的非封闭双变区的边界—单变反应线的斜率是相同的。换言之,这种相对应的非封闭双变区的区角是相同的。

4. 这一对成岩格子中的相对应的非封闭的双变区和相对应的单变线的排列顺序是相同的。

5. 因此也可以把这一对变质格子之间的关系视为拓扑学中的同态变换(homomorphic transformation)的关系。

6. 上述成岩格子中,除了过剩矿物(如:石英)可视为稳定矿物之外,每个单变反应中,至少还有两种矿物是稳定的,它们没有参加该单变反应。

另一方面,由另两个不变点射线束组成的成岩格子,还有下列规律:

1. 一般是在共同单变线的两侧,各有一个惰性交叉点(图2,4,10)。

2. 但也有例外,若当共同单变线的两侧相邻的、过同一个不变点的两条单变线为同一个简并单变线,即为同一条直线时,这时分别过这两个不变点的两条这种简并单变线相交。这时,既可以只有一个惰性交叉点(图6),也可以仍有两个惰性交叉点(图10)。

3. 若共同单变线同时又是这两个不变点射线束中的共同简并单变线时,这时既可以只有一个惰性交叉点(图8),也可以仍有两个惰性交叉点。这时,在这个共同简并单变线的一侧将有三个非封闭双变区和零个(图8)或一个封闭双变区。在另一侧则有五个非封闭双变区和一个封闭双变区(图8)。

4. 当在共同单变线同一侧、围绕一个不变点的两个双变区的夹角大于 $180^\circ$ 时,则在这个共同单变线的另一侧将会出现四条单变线,且两两相交。也就是将会出现三个惰性交叉点。这时不变点处的五个相在成分—共生图解中呈具有内点的三角形关系。

值得注意的是,在自然界中最常见的共生矿物组合,往往是成岩格子中的非封闭双变区内的共生矿物组合。

总之,在给定的两个强度变量做为坐标的情况下,六相三元系的每个成岩格子中的不变点数、单变线数和双变区数之间的关系是有规律的。它们可以用下列两个数学式来表达,

$$u = \frac{i}{2} (11 - i). \quad (1)^*$$

$$\text{和} \quad d = \frac{i(9-i)}{2} + c + 1. \quad (2)^{**}$$

其中,  $u$  = 单变线数;  $i$  = 不变点数;  $d$  = 双变区数;  $c$  = 惰性交叉点数。

本文撰写过程中, 何宝侃副教授在数学方面给予了热情指教和有益的帮助。成文后蒙苏良赫教授、沈其韩教授、王仁民副教授、刘国惠副研究员和郭其悌副研究员审阅全文, 在此一并致以深切的谢意!

### 参 考 文 献

- [1] 富公勤, 1978, 《成都地质学院学报》, 第五期, 70—79页。
- [2] 富公勤等, 1982, 《成都地质学院学报》, 第3期, 27—39页。
- [3] 富公勤, 1983, 《岩石学研究》(中国科学院地质研究所), 第二辑, 45—60页。
- [4] Zen E-an, 1966, U. S. Geol. Surv. Bull., 1225, 56pp.
- [5] Zen E-an, 1966, Am. J. Sci., 264, 401-427.
- [6] Zen E-an, 1967, Am. J. Sci., 265, 871-897.
- [7] Zen E-an & Roseboom, E. H., Jr. 1972, Am. J. Sci., 272, 677-710.
- [8] Day, H. W., 1972, Am. J. Sci., 272, 711-734.
- [9] H. G. F. Winkler, 1976, Petrogenesis of Metamorphic Rock, Fourth Edition, Springer-Verlag. 中译本, 223页。
- [10] Holdaway, M. J., & Sang Man Lee, 1977, Contrib. Mineral. Petrol., 63, 175-198.
- [11] Коржинский, Д. С., 1957, Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов. Изд. Акад. Наук СССР, Москва.

注: \*〔证〕:  $u = (5 + 4 + 3 + 2 + 1) - [(5 - i) + (5 - i - 1) + \dots + 1]$

$$= 15 - \frac{[(5 - i) + 1] \times (5 - i)}{2}$$

$$\because 4 \geq i \geq 1. \text{化简: } u = 15 - \frac{[6 - i](5 - i)}{2}$$

$$u = \frac{11i - i^2}{2}$$

$$\therefore u = \frac{i}{2} (11 - i).$$

\*\*〔证〕:  $d = 5 + \frac{[3 + (5 - i)] \times (i - 1)}{2} + c$

$$d = \frac{-i^2 + 9i - 8}{2} + c + 5$$

$$\therefore d = \frac{i(9 - i)}{2} + c + 1,$$



## Petrogenetic Grids of Greenschist Facies of Metavolcanic and Metavolcaniclastic Rocks, as well as Some of Their Characteristics

Fu Gongqin

(Chengdu College of Geology)

**Key words:** meta-volcanic rocks; meta-volcaniclastic rocks;  
greenschist facies; petrogenetic grids

### Abstract

Petrogenetic grids of greenschist facies of metavolcanic and metavolcaniclastic rocks can be fundamentally represented by an assemblage of six phases of ternary system: actinolite-biotite-calcite-chlorite-epidote-muscovite, and another assemblage of six phases of ternary system: albite-actinolite-biotite-calcite-chlorite-epidote. Generally quartz is an excess component.

On the premise that the petrogenetic grids discussed possess dual similar intensity variables, each assemblage of the six phases of ternary system has only a pair of petrogenetic grids. But the non-closed divariant fields of that pair of petrogenetic grids are similar. The slopes of boundaries (corresponding univariant curves) between non-closed divariant fields of the pair of petrogenetic grids are of the same too. Also the arranged sequence of the non-closed divariant fields and corresponding univariant curves is the same. Therefore, the relationship between the petrogenetic grids of the pair may be considered as topological homomorphic transformation.

The relationships between numbers of invariant points and univariant curves, as well as, between numbers of invariant points and divariant fields in each petrogenetic grid of six phases of ternary system, can be expressed by two equations:

$$u = \frac{i}{2} (11 - i) \quad (1)$$

$$\text{and} \quad d = \frac{i(9-i)}{2} + c + 1 \quad (2)$$

where  $u$ =number of univariant curves;  $i$ =number of invariant points;  $d$ =number of divariant fields;  $c$ =number of indifferent cross points.

Besides, another notable point is in that, in the natural world the most widespread paragenetic mineral assemblages are generally of those in the non-closed divariant fields of the petrogenetic grids.