

岩浆岩中某些异种造岩 矿物有规律的连生

董 振 信
(中国地质科学院)

从1971年以来,笔者在对山东中部地区燕山期岩浆侵入杂岩研究中,注意到和发现了广泛存在着的某些异种造岩矿物连生的规律性。从数百个费氏台测定资料来看,构成连生的异种造岩矿物晶体的相应结晶轴、面并非像有些文献^[1-5]中所认为的那样是平行的,而是以较小的角度(一般小于 40°)相交。同时,还发现构成连生的异种造岩矿物晶体有光学方位的定向排列及光学轴的对称现象。对这个问题的研究,有利于揭示岩浆结晶过程中异种矿物之间的内在联系和形成机理。

一、有规律连生的矿物的产状和特征

山东中部地区燕山期岩浆活动具多阶段特征(表1),从早到晚,岩性由基性、中偏基性、中性向中性及酸性演化,在每一侵入阶段的岩浆岩中,都有一些异种造岩矿物构成有规律的连生,且由于各阶段岩浆岩中矿物成分的差异,有规律连生的矿物对的类型也不一样。主要有规律连生的矿物对是:橄榄石与斜方辉石、橄榄石与单斜辉石、斜方辉石与单斜辉石、斜方辉石与普通角闪石、单斜辉石与普通角闪石及斜长石与正长石(或钠正长石)等。

橄榄石:主要见于济南和莱芜铁铜沟一带的基性岩中。呈他形一半自形柱状,常具裂纹,用费氏台测其 $2V$: -78° 至 -89° 及 $+88^\circ$ 至 $+90^\circ$ 。 $Fa=12-39\%$,属贵橄榄石和透铁橄榄石。很少单独产出,主要与斜方辉石、普通辉石、普通角闪石矿物聚集在一起,依次排列,形成反应边结构。

斜方辉石:呈他形一半自形柱状,微红至红色,多色性明显。具双晶,双晶结合面为(100)。用费氏台测其 $2V$: -54° 至 -84° ; $+53^\circ$ 至 $+88^\circ$ 。 $Nm=1.6644-1.7035$, $Fs=0.5-33\%$,属顽火-古铜-紫苏辉石。多与普通辉石形成反应边结构,但有时也可形成逆反应边结构。有时可见该矿物与普通角闪石形成反应边结构(照片1)。

单斜辉石:主要为普通辉石,次为透辉石。普通辉石,呈短柱状, $C\backslash Ng=40^\circ-53^\circ$, $2V(+)=46^\circ-66^\circ$,双晶发育,其结合面为(100),产于第一侵入阶段的岩浆岩中,用辉石地质温度计计算而得的该矿物形成温度为: $1074.75^\circ\text{C}-1111.37^\circ\text{C}$ 。透辉石,呈半自形柱状, $C\backslash Ng=38^\circ-48^\circ$, $2V(+)=58^\circ-66^\circ$,双晶较常见,结合面为(100)。见于第四侵入阶段的岩浆岩中。由辉石地质温度计计算而得的该矿物形成温度为 993.65°C 。

在中性及中偏基性的岩浆岩中,单斜辉石常与普通角闪石形成反应边结构,两者接触

表 1 山东中部地区燕山期岩浆杂岩中异种造岩矿物有规律的连生
Table 1 Regular intergrowth of different rock-forming minerals in a
Yanshanian magmatic complex in the middle part
of Shandong Province

阶 段	主 要 岩 性	主要造岩矿物成分	有规律连生的矿物对
I	辉石闪长岩、黑云闪长岩、辉长闪长岩、闪长岩、角闪辉长岩、角闪辉长苏长岩、辉长苏长岩、橄榄辉长岩、橄榄辉长苏长岩	斜长石、普通角闪石、普通辉石、斜方辉石、黑云母、橄榄石、石英及正长石	普通辉石与普通角闪石、斜方辉石与普通辉石、橄榄石与斜方辉石、橄榄石与普通辉石、斜长石与正长石
II	角闪闪长玢岩、斑状角闪闪长岩	斜长石、普通角闪石、黑云母、正长石、透辉石	斜长石与正长石、透辉石与普通角闪石
III	斑状石英正长闪长岩、含石英闪长玢岩、闪长玢岩	斜长石、正长石、石英、黑云母及普通角闪石	斜长石与正长石
IV	透辉正长闪长岩、透辉正长岩、石英二长岩、正长闪长岩、透辉二长岩	斜长石、钠正长石、透辉石、石英、黑云母、普通角闪石、偶见顽火-古铜辉石	斜长石与钠正长石、透辉石与普通角闪石、顽火-古铜辉石与普通角闪石
V	斑状花岗闪长岩	斜长石、条纹长石、钠正长石、石英、黑云母及少量普通角闪石	斜长石与钠正长石

界线很不规则。当切面垂直单斜辉石的C轴时，见两组近于正交（ 87° ）的解理，此时，亦见分布其周围的普通角闪石具两组解理。两矿物的解理缝相靠近，但不相贯通（照片2）。当切面近平行于单斜辉石的C轴时，与之相连生的普通角闪石的切面也近平行其C轴，两者皆可见一组解理，解理方向相近，消光位也相差不多（照片3）。

普通角闪石：呈半自形柱状，褐色或绿色， $C\wedge Ng=15^\circ-25^\circ$ ， $2V(-)=63^\circ-89^\circ$ ，常见褐色者与绿色者呈环带构造产出，中间多为褐色，边缘多为绿色，但也有反常现象。当普通角闪石单独出现时，常见双晶，结合面为（100），当它与普通辉石构成连晶时，一般不见双晶。

斜长石：呈他形一半自形板状，双晶发育，主要为钠长石双晶、卡斯巴双晶、卡一钠联合双晶及钠长—阿拉双晶。在不同侵入阶段的岩浆岩中，双晶类型及成分都有一定差异，从早到晚， An 有降低趋势，双晶类型由以钠长石双晶、卡斯巴双晶及卡一钠联合双晶占优势逐渐变为钠长—阿拉双晶居多（表2）。环带常见，且在同化混染作用强烈地段，反环带类型屡见不鲜。

正长石及钠正长石：呈他形不规则状。 $2V(-)=32^\circ-62^\circ$ ，个别达 80° ， $Nm\wedge\perp(001)=5^\circ-11^\circ$ ，在马富宁（1962）钾长石成分鉴定图中，其投影点多集中于 $Or_{100}Ab^0-Or_{60}Ab_{40}$ 范围内。由9个第一侵入阶段和第四侵入阶段的岩浆岩中钾长石电子探针分析结果*知： $Or_{97.8}Ab_{2.2}An_0-Or_{69.1}Ab_{29.5}An_{1.4}$ 。在岩浆演化过程中，钾长石中Ab分子不断增

* 注：电子探针分析者：中国地质科学院矿床地质研究所 周剑雄

表 2 山东中部地区燕山期岩浆杂岩中斜长石双晶类型及成分
Table 2 Twin types and composition of plagioclase in a Yanshanian
magmatic complex in the middle part of Shandong Province

阶 段	双 晶 类 型	成 分 (An)
I	钠长石双晶、卡斯巴双晶、卡—钠联合双晶， 偶见钠长—阿拉双晶	基性岩：An = 50 - 65，个别见An = 70 - 80，偶见 An = 85 - 94 中性岩：An = 33 - 50
II	钠长石双晶，卡斯巴双晶及卡—钠联合双晶为 主，少见钠长—阿拉双晶	An = 25 - 43。在同化混染强烈地段：An = 50 - 68
III	钠长—阿拉双晶常见。钠长石双晶、卡斯巴双晶 及卡—钠联合双晶也常见	An = 33 - 39
IV	钠长—阿拉双晶为主。少见钠长石双晶、卡斯巴 双晶、卡—钠联合双晶	An = 34 - 49，部分见An = 14 - 20，同化混染强烈 地段：An = 50 - 61
V	钠长—阿拉双晶为主，少见钠长石双晶、卡斯巴 双晶、卡—钠联合双晶	An = 12 - 35

注：由本区430个斜长石费氏台测定资料统计结果

加。在基性岩中，钾长石多沿斜长石的“三角架”充填交代。在中性岩中，该矿物多沿斜长石的周边、解理缝、双晶纹处交代，交代后大多仍保留斜长石的外形轮廓（照片4），且斜长石与钾长石的消光位相近。在酸性岩中，该矿物之解理处往往分布着呈不规则脉状、囊状、串珠状的斜长石。同一颗钾长石中的斜长石嵌晶的消光位往往一致。

二、费氏台测定结果与分析

有规律连生的两矿物，在结晶和光学方位上都有定向排列特点，但由于呈有规律连生的矿物种类不同，这种定向排列的情况也不相同。

1. 橄榄石与斜方辉石：对该两矿物的连生体的光性方位测定结果，见有三种情况：
(1) 两矿物的a、b、c同名轴及橄榄石的Ng、Nm、Np与斜方辉石的Nm、Ng、Np光

表 3 橄榄石与斜方辉石有规律的连生体费氏台测定结果
Table 3 Regular intergrowth of olivine with orthopyroxene,
determined by means of Universal Stage

橄 榄 石			斜 方 辉 石	
	I	II	I	II
N	143°	52°	250.5°	344°
H	23° (W)	2° (W)	30.5° (E)	5° (E)
I	Ng	Np	Np	Nm
$a_1 (Ng_1) \wedge a_2 (Nm_2) 27^\circ$			$b_1 (Np_1) \wedge b_2 (Np_2) 33^\circ$	
$c_1 (Nm_1) \wedge c_2 (Ng_2) 26^\circ$				

学轴分别相近 (图1, 表3); 2) 橄榄石的a、b、c与斜方辉石的c、b、a结晶轴及橄榄石的Ng、Nm、Np与斜方辉石的Ng、Nm、Np光学轴分别相近 (图2, 表4); 3) 橄榄石的a、b、c结晶轴分别与斜方辉石的c、a、b结晶轴及橄榄石的Ng、Nm、Np光学轴与斜方辉石的Ng、Np、Nm光学轴分别相近 (图3, 表5)。上述现象的产生, 主要是晶体内部构造特征所决定的。橄榄石与斜方辉石某些结晶轴、面相应相互靠近的现象, 是由于它们有相同的晶系 (斜方晶系), 尤其是由两者在结构上具有某些相似之处决定的。从两矿物的晶胞参数对比来看 (表6)^[2], 上述三种情况分别取决于: 1) 橄榄石的 $4a_0$ 、 b_0 、 c_0 与斜方辉石的 a_0 、 b_0 、 c_0 分别相似; 2) 橄榄石的 a_0 、 b_0 、 $3c_0$ 与斜方辉石的 c_0 、 b_0 、 a_0 分别相似; 3) 橄榄石的 a_0 、 $2b_0$ 、 $2c_0$ 与斜方辉石的 c_0 、 a_0 、 b_0 分别相似。同时, 由于橄榄石的 $Ng \parallel a$, $Nm \parallel c$, $Np \parallel b$ 与斜方辉石 $Ng \parallel c$, $Nm \parallel a$, $Np \parallel b$ 的光性方位特点所致, 当它们的结晶轴定向排列时, 则它们的光学轴必然也表现上述定向排列现象。

2. 橄榄石与普通辉石: 橄榄石与普通辉石的有规律的连生体, 在结晶和光学方位上的定向性主要有二: (1) 橄榄石的a、b、c与普通辉石的b、a、c结晶轴及橄榄石的Ng、

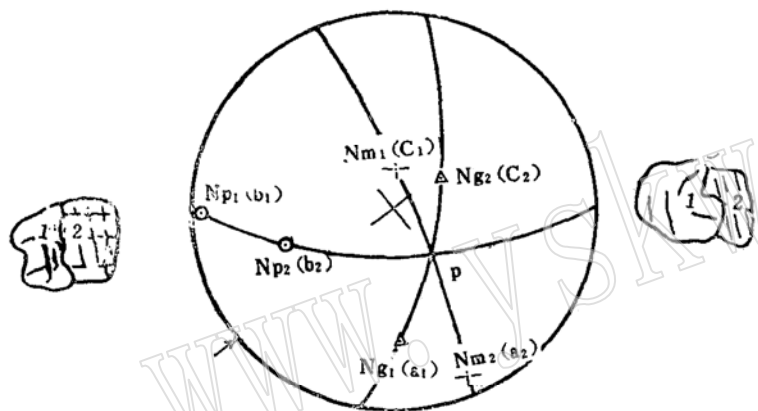


图1 橄榄石与斜方辉石有规律的连生

1—橄榄石, 2—斜方辉石

Fig. 1 Regular intergrowth of olivine with orthopyroxene

1—Olivine 2—Orthopyroxene

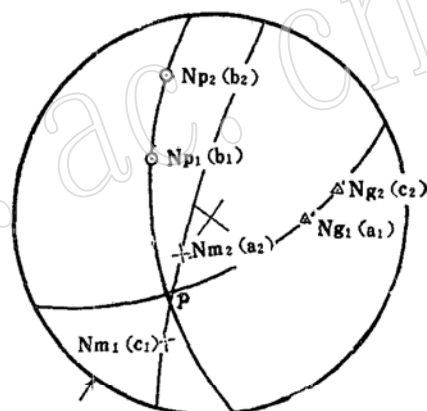


图2 橄榄石与斜方辉石有规律的连生

1—橄榄石, 2—斜方辉石

Fig. 2 Regular intergrowth of olivine with orthopyroxene

1—Olivine 2—Orthopyroxene

表4 橄榄石与斜方辉石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 4 Regular intergrowth of olivine with orthopyroxene. determined by means of Universal Stage

	橄 榄 石		斜 方 辉 石	
	I	II	I	II
N	214°	285°	47.5°	144°
H	38° (W)	22° (E)	22° (E)	16° (E)
I	Ng	Nm	Ng	Np
$a_1 (Ng_1) \wedge c_2 (Ng_2) 20^\circ$			$b_1 (Np_1) \wedge b_2 (Np_2) 36^\circ$	
$c_1 (Nm_1) \wedge a_2 (Nm_2) 42^\circ$				

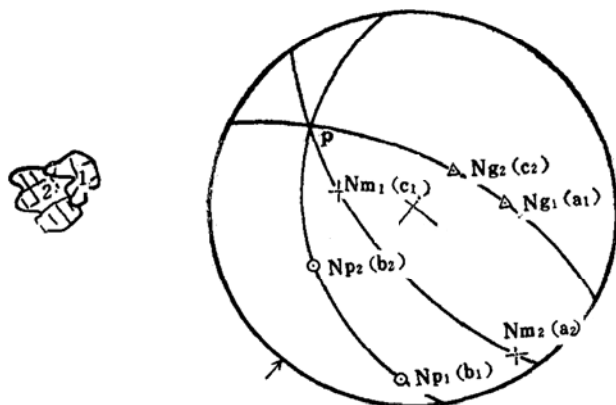


图 3 橄榄石与斜方辉石
有规律的连生

1—橄榄石, 2—斜方辉石

Fig. 3 Regular intergrowth
of olivine with orthopyroxene
1—Olivine 2—Orthopyroxene

表 5 橄榄石与斜方辉石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 5 Regular intergrowth of olivine with orthopyroxene.
determined by means of Universal Stage

橄 榄 石			斜 方 辉 石	
	I	II	I	II
N	222°	126°	250.5°	344°
H	40° (W)	8° (W)	30.5° (E)	5° (E)
I	Ng	Np	Np	Nm
$a_1 (Ng_1) \wedge c_2 (Ng_2) 31^\circ$			$b_1 (Np_1) \wedge a_2 (Nm_2) 38^\circ$	
$c_1 (Nm_1) \wedge b_2 (Np_2) 38^\circ$				

表 6 几种造岩矿物的晶胞参数

Table 6 Unit-cell parameters of some rock-forming minerals

晶 胞 参 数 矿 物 名 称	$a_0 (\text{\AA})$	$b_0 (\text{\AA})$	$c_0 (\text{\AA})$	$\alpha \quad \beta \quad \gamma$
橄 榄 石	4.756—4.817	10.195—10.477	5.981—6.105	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
斜 方 辉 石	18.228—18.433	8.805—9.060	5.185—5.258	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
普 通 辉 石	9.8	9.0	5.25	$\beta \simeq 105^\circ$
透 辉 石	9.73	8.91	5.25	$\beta \simeq 105^\circ 50'$
普 通 角 闪 石	9.9	18.0	5.3	$\beta \simeq 105^\circ$
斜 长 石	8.14—8.18	12.79—12.88	7.16—7.085 × 2	$\alpha \simeq 93^\circ 10' - 94^\circ 20'$ $\beta \simeq 115^\circ 51' - 116^\circ 34'$ $\gamma \simeq 87^\circ 39' - 91^\circ 13'$
钾 长 石	8.2—8.6	12.8—13.0	7.1—7.2	$\beta \simeq 116^\circ$

Nm、Np与普通辉石的Nm、Ng、Np光学轴相应靠近(图4, 表7); (2) 橄榄石的a、b、c与普通辉石的a、b、c结晶轴及橄榄石的Ng、Nm、Np与普通辉石的Np、Ng、Nm光学轴都相应接近。虽两者晶系不同, 但它们在结构方面存在着某些相似之处, 橄榄石的 $2a_0$ 、 b_0 、 c_0 与普通辉石的 a_0 、 b_0 、 c_0 及橄榄石的 $2a_0$ 、 b_0 、 c_0 与普通辉石的 a_0 、 b_0 、 c_0 分别相近

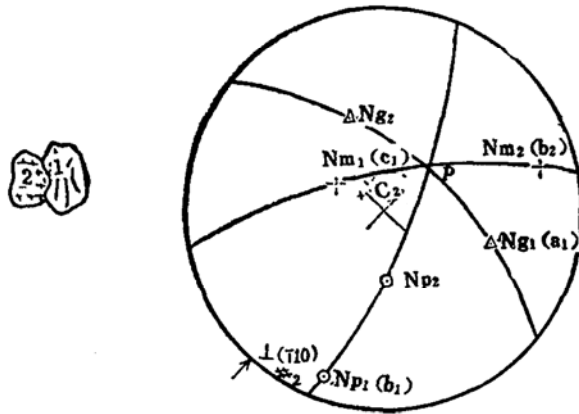


图 4 橄榄石与普通辉石有规律的连生
1—橄榄石, 2—普通辉石
Fig. 4 Regular intergrowth of olivine with augite
1—Olivine 2—Augite

表 7 橄榄石与普通辉石有规律的连生体费氏台测定结果
Table 7 Regular intergrowth of olivine with augite, determined by means of Universal Stage

橄 榄 石			普 通 辉 石		
	I	II	I	II	井 ₂ (T10)
N	206°	113°	334°	53°	100°
H	32.5° (W)	6° (W)	37° (W)	12° (E)	1° (W)
I	Ng	Np	Ng	Nm	
a ₁ ∧b ₂ 36° Np ₁ ∧Np ₂ 48.5°			Ng ₁ ∧Nm ₂ 36° Nm ₁ ∧Ng ₂ 34°		

(表6), 因而, 便产生了上述两种结晶方位的定向排列情况。同时, 由于普通辉石光性方位 ($C \wedge Ng = 35^\circ - 48^\circ$, $Nm \parallel b$, $Np/a = 20^\circ - 33^\circ$) 和橄榄石光性方位特点, 而形成了上述光学轴的有规律的排列组合情况。

3. 斜方辉石与普通辉石: 对斜方辉石与普通辉石连生体的费氏台测定结果表明, 两者之间在结晶和光学要素的空间配置上也是有一定规律可寻的。它们在结晶方位的排列上, 一般有两种情况: 两者a、b、c同名结晶轴相应靠近及斜方辉石的a、b、c与普通辉石的b、a、c结晶轴分别相近 (图5, 表8), 该种现象的产生是因为斜方辉石的a₀、b₀、c₀分

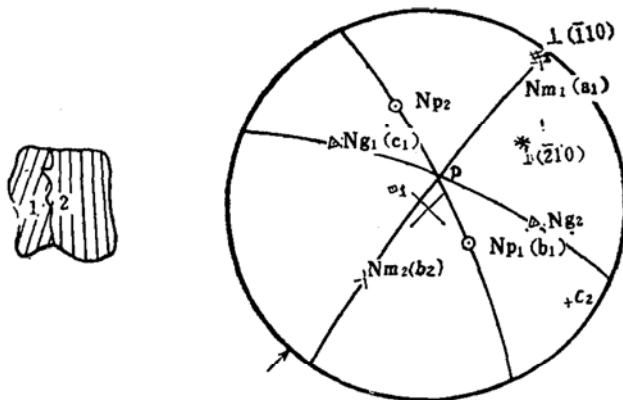


图 5 斜方辉石与普通辉石有规律的连生
1—斜方辉石 (顽火辉石), 2—普通辉石
Fig. 5 Regular intergrowth of orthopyroxene with augite
1—Orthopyroxene (enstatite) 2—Augite

别与普通辉石的 $2a_0$ 、 b_0 、 c_0 相似；斜方辉石的 a_0 、 b_0 、 c_0 与普通辉石的 $2b_0$ 、 a_0 、 c_0 也相应相似（表6），且由于它们光学轴对结晶轴的依附关系，两者的光学轴也随结晶轴的定向排列而有规律的分布。

表 8 斜方辉石与普通辉石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 8 Regular intergrowth of orthopyroxene with augite, determined by means of Universal Stage

斜 方 辉 石 (顽 火 辉 石)				普 通 辉 石		
	I	II	# ₁ ($\bar{2}10$)	I	II	# ₂ ($\bar{1}10$)
N	9.5°	277°	80°	331°	35°	99°
H	30° (W)	4° (W)	30° (E)	32.5° (W)	34° (E)	3° (E)
I	Ng	Nm(22°N)		Np	Ng	
2V (+) = 76°				c∧Ng = 36°		
a ₁ ∧b ₂ 42°				c ₁ ∧c ₂ 38°		
Ng ₁ ∧Np ₂ 32°				Nm ₁ ∧Nm ₂ 42°		
				Np ₁ ∧Ng ₂ 32°		

4. 斜方辉石与普通角闪石：当斜方辉石与普通角闪石连生时，两者的结晶和光学方位也表现了一定的定向性，其一是：斜方辉石的 a 、 b 、 c 与普通角闪石的 a 、 b 、 c 结晶轴及斜方辉石的Ng、Nm、Np与普通角闪石的Ng、Np、Nm光学轴相应靠近（图6，表9）；另一种情况是斜方辉石的 a 、 b 、 c 与普通角闪石的 b 、 a 、 c 结晶轴及与之相应的斜方辉石的Ng、Nm、Np与普通角闪石的Ng、Nm、Np光学轴也分别相近。造成这种结晶方位定向排列的原因是：斜方辉石的 a_0 、 $2b_0$ 、 c_0 与普通角闪石的 $2a_0$ 、 b_0 、 c_0 相似；斜方辉石的 a_0 、 b_0 、 c_0 与普通角闪石的 b_0 、 a_0 、 c_0 相似（表6），它们光学轴的定向排列特征，是由斜方辉石和普通角闪石的光性方位（C $\wedge$ Ng=12°—25°， $b \parallel$ Nm， $a \wedge$ Np=10°）决定的。

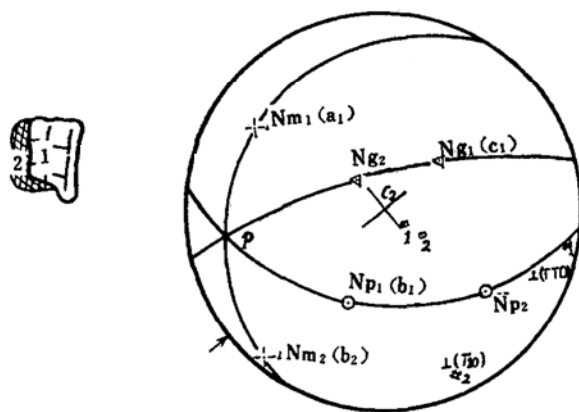


图 6 斜方辉石与普通角闪石有规律的连生

1—斜方辉石（顽火辉石），
2—普通角闪石

Fig. 6 Regular intergrowth of orthopyroxene with hornblende

1—Orthopyroxene (enstatite)
2—Hornblende

5. 单斜辉石与普通角闪石：普通辉石或透辉石与其沿周边分布的普通角闪石的连生体，也很明显地存在着结晶和光学要素的定向排列现象。一般有两种情况：（1）单斜辉石的 a 、 b 、 c 与普通角闪石的 a 、 b 、 c 结晶轴及相应的单斜辉石的Ng、Nm、Np与普通角闪石的Ng、Nm、Np光学轴都分别靠近，无论从它们的横切面（图7，表10），还是纵切面上

表 9 斜方辉石与普通角闪石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 9 Regular intergrowth of orthopyroxene with hornblende, determined by means of Universal Stage

斜 方 辉 石 (顽 火 辉 石)			普 通 角 闪 石			
	I	II	I	II	$\#_2(\bar{1}10)$	$\#_2(\bar{1}\bar{1}0)$
N	270°	199°	281.5°	12°	344.5°	40.5°
H	50° (W)	15° (E)	2° (E)	23° (E)	5° (E)	3° (E)
I	Ng	Nm(2°s)	Nm(27°s)	Np		
2V (+) = 78°			c $\wedge$ Ng = 19°			
b ₁ $\wedge$ b ₂ 38°			c ₁ $\wedge$ c ₂ 39°			
Ng ₁ $\wedge$ Ng ₂ 48°			Nm ₁ $\wedge$ Np ₂ 39°			
			Np ₁ $\wedge$ Nm ₂ 38°			

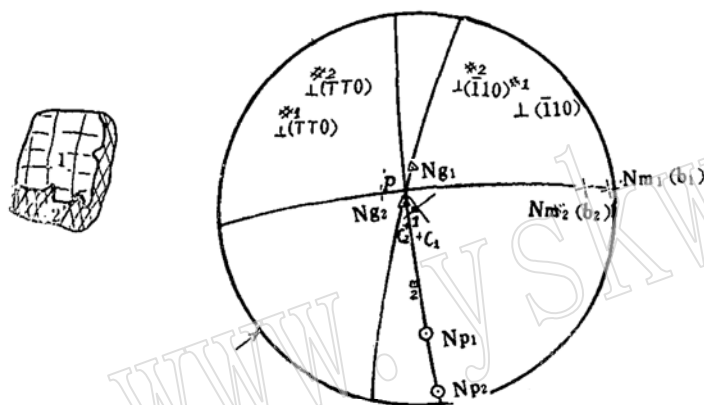


图 7 普通辉石与普通角闪石有规律的连生
1—普通辉石; 2—普通角闪石
Fig. 7 Regular intergrowth of augite with hornblende
1—Augite 2—Hornblende

表 10 普通辉石与普通角闪石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 10 Regular intergrowth of augite with hornblende, determined by means of Universal Stage

普 通 辉 石					普 通 角 闪 石			
	I	II	$\#_1(\bar{1}10)$	$\#_1(\bar{1}\bar{1}0)$	I	II	$\#_2(\bar{1}10)$	$\#_2(\bar{1}\bar{1}0)$
N	146°	237°	104.5°	194.5°	238°	328°	121.5°	177°
H	24° (W)	1° (W)	12° (E)	11° (E)	9° (W)	3° (E)	14.5° (E)	8° (E)
I	Np	Nm(1°s)			Nm(42°s)	Np		
c $\wedge$ Ng 42°					2V (-) = 89°			
b ₁ $\wedge$ b ₂ 8°								
Ng ₁ $\wedge$ Ng ₂ 22°					Np ₁ $\wedge$ Np ₂ 21°			

(图8, 表11) 的测定结果来看, 都有此种现象。2) 单斜辉石的 a、b、c 与普通角闪石的 b、a、c 结晶轴分别相近。与之相应的单斜辉石的 Ng、Nm、Np 与普通角闪石的 Ng、Np、Nm 光学轴分别接近。产生两者结晶要素有规律排列的情况的主要原因, 不仅是两者同

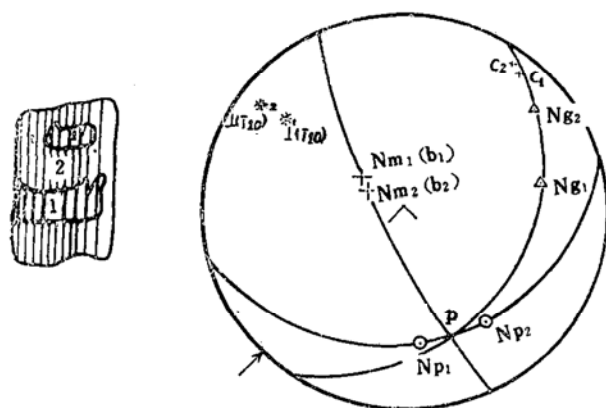


图 8 透辉石与普通角闪石有规律的连生

1—透辉石, 2—普通角闪石

Fig. 8 Regular intergrowth of diopside with hornblende

1—Diopside 2—Hornblende

表 11 透辉石与普通角闪石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 11 Regular intergrowth of diopside with hornblende, determined by means of Universal Stage

	透 辉 石			普 通 角 闪 石		
	I	II	$\#_1(\bar{1}10)$	I	II	$\#_2(\bar{1}10)$
N	320°	55°	5°	168.5°	261°	7°
H	20.5° (E)	20° (E)	18° (W)	19.5° (W)	10° (W)	8° (W)
I	Np	Ng		Np	Ng	
$c \wedge Ng = 44^\circ$				$c \wedge Ng = 16^\circ$		
$b_1 \wedge b_2 8^\circ$				$c_1 \wedge c_2 4^\circ$		
$Ng_1 \wedge Ng_2 28^\circ$				$Nm_1 \wedge Nm_2 8^\circ$		
				$Np_1 \wedge Np_2 26^\circ$		

属链状构造类型和相同的晶系（单斜晶系），而更重要的是单斜辉石的 a_0 、 $2b_0$ 、 c_0 与普通角闪石的 a_0 、 b_0 、 c_0 分别相似及单斜辉石的 $2a_0$ 、 b_0 、 c_0 与普通角闪石的 b_0 、 a_0 、 c_0 也分别相似（表6），而它们光学轴的定向排列现象，是与它们的光学要素对结晶要素的依存关系有关。

6. 斜长石与正长石（或钠正长石）：对本区正长石（或钠正长石）交代斜长石而构成的连生体，进行了大量的费氏台测定，发现其中结晶要素的定向排列现象主要有二：正长石（或钠正长石）的 (010)、(001) 解理面与斜长石的 (010)、(001) 解理面相应接近，即

图 9 斜长石与正长石有规律的连生

1—斜长石, 2—正长石

Fig 9. Regular intergrowth of plagioclase with orthoclase

1—Plagioclase 2—Orthoclase

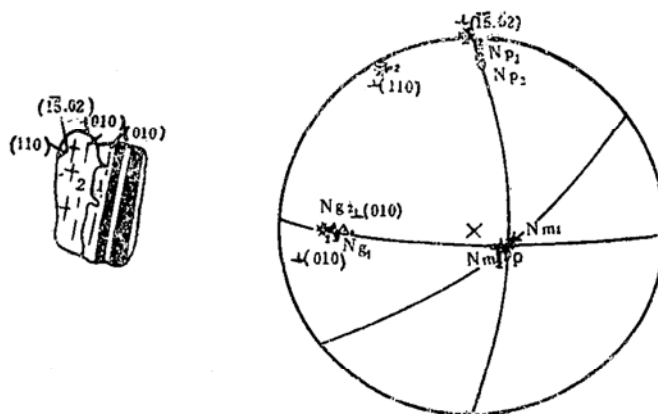


表 12 斜长石与正长石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 12 Regular intergrowth of plagioclase with orthoclase, determined by means of Universal Stage

斜 长 石				正 长 石				
	I	II	# ₁ (010)	I	II	# ₂ (110)	# ₂ ($\overline{15}$ 02)	# ₂ (010)
N	132°	225°	223°	130.5°	224°	164°	135°	224°
H	7° (E)	22° (E)	15° (E)	9.5° (E)	9° (E)	3° (E)	0.5° (E)	19° (E)
I	Np	Ng		Np	Ng			
$\perp (010)_1 \wedge \perp (010)_2 \ 3^\circ$								
Ng ₁ $\wedge$ Ng ₂ 3°			Nm ₁ $\wedge$ Nm ₂ 4°		Np ₁ $\wedge$ Np ₂ 2°			

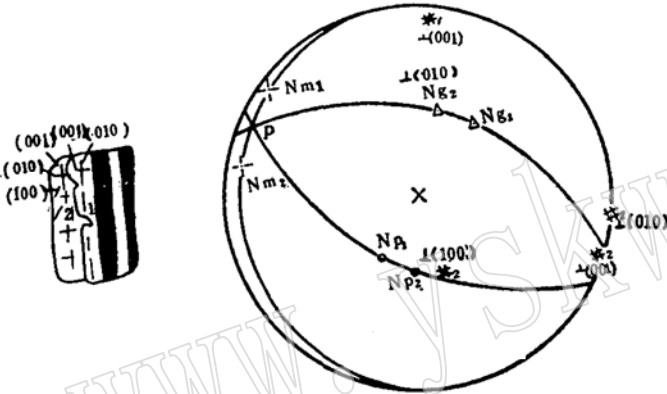


图 10 斜长石与正长石有规律的连生
1—斜长石, 2—正长石
Fig. 10 Regular intergrowth of plagioclase with orthoclase
1—Plagioclase 2—Orthoclase

表 13 斜长石与正长石有规律的连生体费氏台测定结果

Table 13 Regular intergrowth of plagioclase with orthoclase, determined by means of Universal Stage

斜 长 石					正 长 石				
	I	II	# ₁ (010)	# ₁ (001)	I	II	# ₂ (100)	# ₂ (010)	# ₂ (001)
N	275°	186°	36.5°	307.5°	211.5°	118°	147°	118°	203°
H	40° (W)	3° (E)	0.5° (E)	5° (W)	4.5° (E)	41.5° (E)	45° (W)	43.5° (E)	3° (W)
I	Ng	Nm(11.5°N)			Nm	Ng			
$\perp (010)_1 \wedge \perp (001)_2 \ 14^\circ$					$\perp (001)_1 \wedge \perp (010)_2 \ 37.5^\circ$				
Ng ₁ $\wedge$ Ng ₂ 19°			Nm ₁ $\wedge$ Nm ₂ 26°		Np ₁ $\wedge$ Np ₂ 18°				

两者的b、c结晶轴相应靠近(图9、表12)。另一种情况是正长石(或钠正长石)的(010)、(001)解理面分别与斜长石的(001)、(010)解理面相靠近,则正长石(或钠正长石)的b、c轴与斜长石的c、b轴分别相近(图10,表13)。这些现象是受它们有相似的架状构造类型的制约,尤其是与钾长石的a₀、b₀、c₀(或2c₀)和斜长石的a₀、b₀、c₀相应相似,而且

钾长石的 a_0 、 $2c_0$ 、 b_0 和斜长石的 a_0 、 b_0 、 c_0 (或 $2c_0$) 也分别相似的情况密切有关。同时, 因它们的光性方位特点决定了在上述两种情况下, Ng 、 Nm 、 Np 光学轴的定向排列现象。

还有一个值得注意的现象, 在上述各种有规律的连生体之间, 它们的光率体具有一定的对称性, 这主要表现在吴氏网上 Ng 、 Nm 、 Np 的同名轴连线交于一点 (P), 该点则是一个二次对称轴的投影点, 即 Ng_1 与 Ng_2 、 Nm_1 与 Nm_2 、 Np_1 与 Np_2 以此轴相对称, 所以, 它是一个矿物晶体的光率体对称轴旋转 180° 时, 与另一个矿物晶体光率体同名对称轴重合的假想直线。这些光率体对称性产生的原因, 可能与它们具有相同的光率体对称型 ($3L^23PC$) 有关。

结 束 语

本区中一基性岩浆杂岩体中, 广泛地分布着异种矿物的有规律的连生现象, 它们主要是岩浆结晶过程中矿物反应和交代作用的产物。

从构成有规律连生的两矿物化学成分对比来看, 反映了一系列地球化学性状相近的 Mg 、 Fe^{2+} 、 Ca 、 K 、 Na 及 Al 、 Si 等元素有规律的替代现象。因而, 在岩浆结晶过程中, 异种矿物晶体构成有规律的连生, 对矿物的化学成分表现了一定的选择性。从构成有规律的连生的两矿物晶体的结晶要素、光学要素的空间分布特征来分析, 它们具有一定的定向排列现象, 说明在岩浆结晶过程中, 一种矿物与另一种矿物形成反应边、逆反应边及交代结构时, 两者是按一定的结晶和光学方位结合的。

晶体有规律的连生是晶体内部结构的反映, 所以, 结晶要素在异种晶体的有规律连生中所表现的定向性, 必然受到内部结构的制约, 就是说, 晶体内部结构是造成有规律连生的决定性因素。同时, 晶体内部的格子构造是质点间的相互作用力达到平衡, 质点作有规律排列的结果, 此时, 晶体具有最小的内能, 而当异种晶体构成有规律的连生时, 两晶体相似面网相互靠近, 才能使其保持有最小内能的趋势。

异种矿物晶体有规律的连生现象, 既不同于同种晶体的平行连生, 也不同于双晶现象。它们与平行连生的根本区别在于其异种晶体之间的内部结构是不平行、不连续的。在外形上, 两矿物晶体对应的晶面是不平行的。而平行连生的格子构造是彼此平行和连续的, 因而, 所有的结晶方向全都相应平行。双晶是两个以上的同种晶体按一定的对称规律形成的规律连生, 相邻两个个体的相应的面、棱、角, 虽并非全部平行, 但可借助于对称操作——反映、旋转或反伸, 可以使两个个体彼此重合或平行。

异种造岩矿物有规律的连生体之间, 实际上存在着一个结合面, 但为不规则状, 因而, 它不能反映两个单体间以怎样的相对方位关系结合而构成有规律的连生的, 这也就是人们不易直观觉察这些异种晶体之间存在着内在规律性的原因之一。

有规律连生的两矿物的光学要素定向排列现象, 主要是由于光学要素对结晶要素的依存关系决定的。

在工作过程中, 导师池际尚教授给予精心指导, 并对本文进行了审阅, 程裕淇、彭志忠和陈光远教授也给予热情指教, 叶大年副研究员及吴国忠老师给予帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Ramdohr, P., 1980, The ore minerals and their intergrowths. 2nd Edition, P. 1111—1118.
- [2] Белов, Н. В., 1976, Очерки по структурной Минералогия. Москва "Недра", С. 34—190.
- [3] Cornelius, S. Hurlbut, Jr. Cornelis Klein, 1977, Manual of Mineralogy. (after James D. Dana), 19th Edition, P. 344—442.
- [4] Deer, Howie, Zussman, 1978, Rock-forming minerals. Vol. 2A, 2nd Edition, P. 20—537.
- [5] 柴田秀贤, 1931, 斜方辉石、单斜辉石及ノ角闪石の平行连晶关系。地质学杂志, 39卷, 179—183

Regular Intergrowth of Different Rock-Forming Minerals in Igneous Rocks

Dong Zhenxin

Abstract

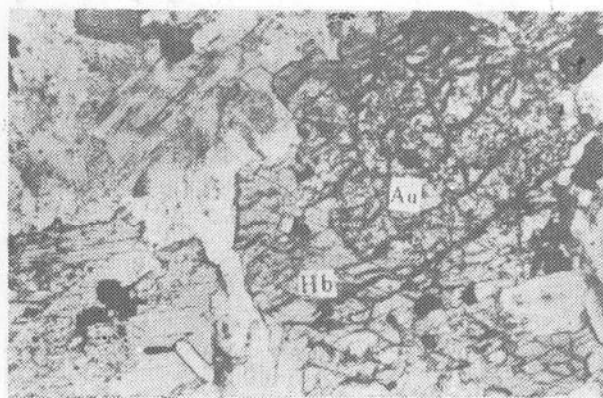
Through the study of some rock-forming minerals in intermediate-basic igneous rocks by means of Universal Stage, the author found that some mineral pairs occurred widely in regular intergrowth with each other, e. g., olivine with orthopyroxene or clinopyroxene; orthopyroxene with clinopyroxene or hornblende; clinopyroxene with hornblende, and plagioclase with orthoclase etc.

The corresponding crystal axes and planes of the pair of minerals in regular intergrowth are close to each other, and their optical elements appear to be orientated and symmetrical.

The regular intergrowth of different minerals depends on their crystal structure, with the density of plane nets and the unit-cells playing the decisive role. The orientation in optical elements is due to their close relationship with their crystallographic elements, while biaxial their symmetry is due to their having the same symmetry type of indicatrix.



照片 1 普通角闪石 (Hb) 沿斜方辉石 (Opx) 的周边、解理缝分布, 形成反应边结构, 两者构成有规律的连生体。
单偏光 60× (铁铜沟)



照片 2 普通角闪石 (Hb) 沿普通辉石 (Au) 周边分布, 形成反应边结构, 两者构成有规律的连生体。切面近垂直于两矿物的 C 轴
单偏光 60× (峨嵋)



照片 3 普通角闪石 (Hb) 与普通辉石 (Au) 形成反应边结构, 构成有规律的连生体, 两者接触界线为不规则状。切面近平行于两矿物的 C 轴。
正交 60× (庐山)



照片 4 钠正长石 (Or) 沿斜长石 (Pl) 周边和解理处进行交代, 两者形成不规则结合面, 且保持斜长石的外形轮廓, 两者构成有规律的连生体。
正交 60× (庐山)