

www.yskw.ac.cn

## 赤柏松No.1含镍基性岩体中 矿物共生(Synantectic)现象浅析

傅 德 彬

(吉林省地质科学研究所, 长春 130012)

**主题词:** 共生; 共生矿物; 成因信息

**提 要:** 在两种相邻矿物边界上生长出第三种矿物的现象称为共生。共生现象在长白山区赤柏松镍矿田诸含镍基性辉长苏长岩岩体中广泛发育。通过研究, 作者提出共生现象的多种成因观点, 并在矿物学、矿物化学与热力学研究的基础上把共生现象区分为原生与次生两大类。研究不同成因的共生现象可提供大量地质成因信息, 用于成岩成矿作用的研究。

## 一、前言

远在1882年,斯塔乌夫(Штайф)<sup>[1]</sup>就曾描述过共生现象,且称之为次变边结构。1916年, J. J. Sederholm首先提出“共生矿物”(Synantectic minerals)这一术语<sup>[2]</sup>,后来B. P. Niggli又提出了“共生建造”(Synantectic formation)<sup>[3]</sup>问题,均旨在阐明共生现象。时至今日,不同学者基于不同的研究对象与成因观点,先后对共生现象赋予了诸如: Corona texture<sup>[4]</sup>, Reaction structure<sup>[5]</sup>, shell structure and kelyphitic structure<sup>[6]</sup>以及 Corrosion mantle<sup>[5,7]</sup>, оболочка<sup>[7]</sup>, Cyclopeanborder texture, Corona structure<sup>[2]</sup>……等结构、构造术语。

显然,共生现象如此繁多,而且名称含义紊乱,这一方面反映了共生现象成因复杂,另一方面也表明研究尚欠深入,它们所能提供的成因信息远未确论,因此,颇有结合实际深入研究、进一步厘定的必要。

## 二、岩体地质

笔者所研究的岩体,位于中朝地台的胶辽台隆的铁涵岭靖宇隆起与太子河—浑江凹陷褶皱束两个三级构造单元的边缘接触带隆起一侧。形成于元古代(1900—2200Ma),是一个岩浆多次侵入形成的复式岩体。长4800m,宽40—140m,面积约0.4km<sup>2</sup>,为一近南北走向的岩墙状岩体。

侵入岩相,按侵入顺序由早到晚为:变质辉长辉绿岩→中色橄榄辉长苏长岩→暗色橄榄辉长苏长岩→细粒辉长苏长岩。除中、暗色橄榄辉长苏长岩岩相间为“隐秘侵入接触”<sup>[8]</sup>关系外,余者之间均为明显的侵入接触关系。研究表明,在所有上述岩相中几乎都发育有共生现象,然而,它们在形态、分布、矿物成分与成因等方面却均有所差异。

## 三、矿物共生现象

所见矿物共生现象、按矿物组合分为以下四个系列:

### 1. Ol-Opx-Mp-Pl\* 系列共生矿物组合

主要发育在橄榄辉长苏长岩岩相中。其特点是在Ol与Pl之间,并围绕Ol发育。通常是以Ol为核心,外缘依次分别围绕着由Opx、Mp组成的两层层壳。

### 2. Ol-Opx-Mp-Hb\*-Pl系列共生矿物组合

与上一系列的区别是Mp与Pl层壳之间又发育了一层角闪石(Hb)层壳。

以上二系列共生矿物(Opx、Mp与Hb)皆呈彼此近平行的纤维状集合体,大致垂直于核心橄榄石界面向外放射状生长,各层共生矿物之间均有一明显界面隔开。核心橄榄石被共生矿物熔蚀,外缘斜长石明显被共生矿物交代。

### 3. Opx-Gr\*-Pl系列共生矿物组合

发育在变质辉长辉绿岩相中。共生矿物(Gr)生长在辉石与斜长石交界处,呈他形一

\*Ol—橄榄石; Opx—斜方辉石; Mp—单斜辉石; Pl—斜长石; Hb—角闪石; Gr—石榴子石。下同。

半自形粒状集合体产出, 明显交代斜长石与辉石。

#### 4. (Pyr+Py+Cp)-Phl-(Hb)-Pl\*系列界生矿物组合

该界生矿物组合的成因与金属硫化物矿浆的关系密切。不论在任何岩相中, 只要有金属硫化物存在, 其周边大都有金云母(时而有角闪石)交代晕圈发育。金云母围绕着同生珠滴状硫化物颗粒和后生矿浆贯入成因的硫化物集合体生长, 并交代硫化物周围的辉石与斜长石。主要见于含矿岩相中。

除上述四种主要界生现象外, 岩体中尚见有尖晶石-黑云母-透闪石系列与橄榄石-黑云母+角闪石-斜长石系列的界生矿物组合, 因二者位居次要, 暂不详述。

### 四、界生矿物化学

为了深入研究上述界生现象的成因, 笔者对界生矿物进行了矿物化学研究。

#### 1. Ol-Opx-Mp-Pl系列界生矿物化学特征

由X射线能谱分析获得的界生矿物化学成分列入表1。为清晰起见, 以原子数绘制了系列的各单元矿物化学成分变异图(图1)。由图1可知, Ol→Opx, 组分种类未变, 只是TFe(全铁)与Mg降低、Si增加而已。显然, Opx的形成是Ol与残浆反应加入了SiO<sub>2</sub>的结果。

Mp的形成, 除了TFe与Mg继续减少外, Al与Ca剧增, 特别是Ca增加到比Pl中的Ca

表1 Ol-Opx-Mp-(Hb)-Pl系列界生矿物的化学成分

Table 1. Chemical composition of Ol-Opx-Mp-(Hb)-Pl synantectic mineral series

系列 矿物 组分(%)	Ol-Opx-Mp-Pl界生系列				Ol-Opx-Mp-Hb-Pl界生系列				
	Ol	Opx	Mp	Pl	Ol	Opx	Mp	Hb	Pl
SiO <sub>2</sub>	39.39	57.58	52.50	62.77	44.52	55.12	51.84	39.04	53.38
TiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	2.83	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	3.22	17.09	—	4.26	6.51	22.67	31.30
TFe	36.83	26.38	10.60	—	20.35	15.35	6.17	10.81	3.19
MgO	23.89	16.15	8.38	—	35.11	23.51	12.46	12.60	—
CaO	—	—	25.37	20.00	—	1.83	23.08	11.00	8.26
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	0.23	—	—	—	—	3.96
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	—	—	1.34	—
Si	656	959	873	1045	741	917	862	650	889
Ti	—	—	—	—	—	—	—	35	—
Al	—	—	63	335	—	84	128	445	614
Fe	512	367	147	—	283	213	86	150	44
Mg	593	401	208	—	871	583	309	313	—
Ca	—	—	452	357	—	33	411	196	147
Na	—	—	—	7	—	—	—	—	64
K	—	—	—	—	—	—	—	14	—

\* Pyr—磁黄铁矿; Py—黄铁矿; Cp—黄铜矿; Phl—金云母。下同。

还要多的程度，而Si较Opx中的Si减少。与Opx比较，Mp形成时岩浆中的化学成分发生了质的变化。一言蔽之，增加了钙契尔马克分子(CaAl<sub>2</sub>SiO<sub>6</sub>)。

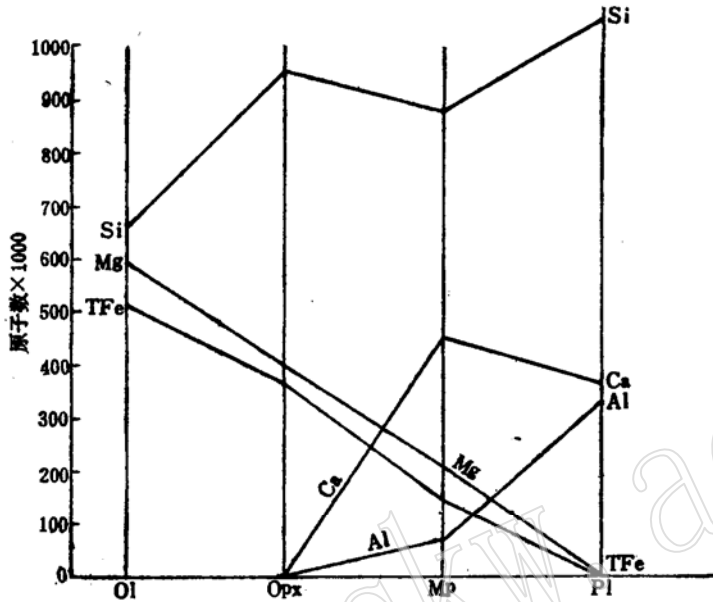


图 1 Ol-Opx-Mp系列共生矿物化学成分变异图

Fig. 1 Diagram showing variation in chemical composition of Ol-Opx-Mp-MpI synantectic mineral series

相同(见图2虚线部分),特殊的是,由Mp到Hb, Mg保持稳定, TFe有所增加, Al剧增, Si与Ca下降;另外,由Hb到Pl, Ca, Mg与TFe降低, Si与Al为等幅度增加。由图2不难看出

综上所述, Ol-Opx-Mp-Pl系列化学成分变化的总趋势(图1)是: ①TFe与Mg以几乎相同的斜率从Ol向Pl逐渐降低; ②Al呈逐渐增加的趋势; ③Ca与Si的总趋势是渐增, 但二者的具体变化关系恰相反; ④Mp是此系列矿物化学成分的特变点, 即Si, Al, Ca的变化转折点, 这意味着其成因有与众不同的质的差别。

2. Ol-Opx-Mp-Hb-Pl系列共生矿物化学特征

该系列共生矿物的化学成分列入表1中。其化学成分变异图(图2)的特点是,

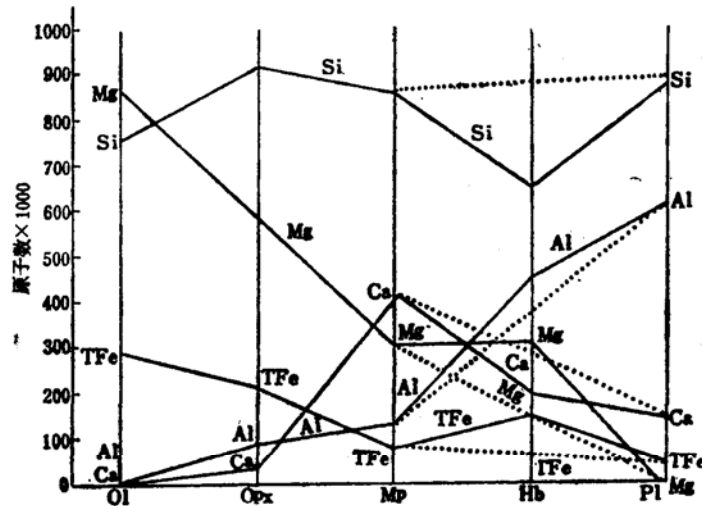


图 2 Ol-Opx-Mp-Hb-Pl系列共生矿物化学成分变异图

Fig. 2 Diagram showing variation in chemical composition of Ol-Opx-Mp-Hb-Pl synantectic mineral series



笔者在同一个薄片用电子探针分析了四个矿物(表3)。由表3得知,当Phl是由硫化物矿浆交代斜长石形成时,由斜长石带入了SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、Na<sub>2</sub>O,由硫化物矿浆带入了FeO、MnO、MgO、CaO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O及NiO等组分。当Phl是由硫化物矿浆交代Mp形成时,则从Mp中带入了SiO<sub>2</sub>、MnO、CaO、Na<sub>2</sub>O,而从矿浆中带入了FeO、MgO、MnO、CaO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O与NiO等。

表3 Rm-Phl-(Hb)-Pl系列共生矿物的化学成分

Table 3. Chemical composition of Rm-Phl-(Hb)-Pl synantectic mineral series

序号	矿物	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	NiO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	合计
1	Cx	51.18	0.35	4.07	2.98	3.31	0.09	17.54	20.47	0.76	0.04	—	0.02	0.18	100.99
2	Pl	57.16	0.14	25.55	0.89	0.00	0.01	0.48	9.91	4.66	0.66	0.63	—	—	100.09
3	Phl	34.16	4.69	14.23	6.87	4.40	0.02	20.65	0.04	0.46	12.12	—	0.16	—	97.86
4	Rm	33.34	0.35	5.95	6.02	9.10	0.18	26.67	3.57	0.64	0.20	—	0.61	—	86.63*

表中: Cpx—单斜辉石; Pl—斜长石; Phl—黑云母; Rm—硫化物。

\* 因系电子探针分析结果, 硫没有测出, 故合计不足100, 但不影响本项研究。

## 五、共生矿物成因浅析

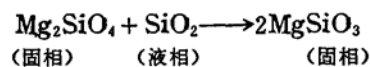
诚然, 矿物的共生现象屡见不鲜, 但对其成因的研究与认识尚远非深入。作者仅就赤柏松一号含镍基性岩体中所见上述共生现象与特征, 对其成因剖析如下。

据镜下观察到的共生现象特征, 可以确认金属硫化物与斜长石或辉石之间的金云母共生现象属交代成因, 即富含钾、镁和挥发份的Cu、Ni、Fe硫化物矿浆交代斜长石或辉石类矿物形成的, 故堪称“交代共生”, 所形成的构造可称为“交代次变边构造”, 它具有接近矿体的找矿标志作用。

变质辉长辉绿岩中的斜长石与辉石间的石榴子石共生现象, 是在变质作用过程中于二固相矿物边界处形成的接触反应边, 可称为“接触反应边构造”(Contact corona structure)。研究表明, 石榴子石的颜色、晶胞常数、成分、REE与同位素等均与岩体围岩(斜长角闪片麻岩, 斜长角闪岩等)中的石榴子石相一致, 故可以认为是相同或相近组分的岩石中的同期变质作用产物, 所以可作为岩体受变质时期与变质程度的标志。

除上述外, 下面着重探讨一下常见的Ol-Opx-Mp-(Hb)-Pl系列共生现象。

镜下见到这一共生系列矿物之间存在着截然的界面, 首先表明它们彼此间在晶体结构、生成条件及形成时间诸方面皆非一致; 第二, 化学分析、电子探针与X射线能谱分析表明, 共生系列矿物之间的化学成分, 除了Ol与Opx之间是以大致相似的幅度连续变化外, 其余共生矿物间皆为突变; 第三, 据化学分析与探针分析数据, 分别应用橄榄石地质温度计<sup>[9]</sup>、辉石地质温度计<sup>[10]</sup>与斜长石平衡结晶温度计算法<sup>[11]</sup>, 计算了共生系列中各矿物的生成温度: Ol—1412℃, Opx—1211—1291℃, Mp—752℃, Pl—1181℃。结合镜下观察不难得知, px是已结晶的Ol与富SiO<sub>2</sub>的残余岩浆反应形成的, 即:



可以设想,若 $fS_2$ 高时,此时橄榄石中一定数量的镍\* (0.26%)会同时析出并形成镍黄铁矿,故橄榄石的熔化有利于镍的再富集。

饶有兴趣的是,  $Mp$ 的形成温度远远低于 $Ol$ 、 $Opx$ 与 $Pl$ ,换言之,当 $Mp$ 形成时,残余岩浆已不复存在了。不言而喻,单斜辉石是在斜方辉石与斜长石二固相矿物边界上,由后期变质作用形成的固体反应矿物。同理,角闪石则是单斜辉石与斜长石之间的接触反应矿物。所形成的层壳构造当称为“接触反应边构造”(Contact corona structure)。

如所周知,岩石是地质作用的历史产物,结构、构造则是矿物岩石形成条件的记录。岩石中的共生现象是普遍存在的,其成因复杂、多种多样。深入研究矿物的共生现象,可以提供大量的地质成因信息。综上所述,笔者提出上述共生现象成因分类及其构造名称(表4)。

表4 共生现象成因分类及其构造名称

Table 4. Genetic classification of syntectonic phenomenon and its structural name

成因分类	形成作用	构造名称
原生的	岩浆熔蚀	反应边构造
次生的	区域或热力变质作用等 热液交代作用 混染作用	接触反应边构造 交代次变边构造 混染反应边构造

本文只是对岩石中常见的共生现象略陈管见,试作论述,旨在与同行们共同切磋。然而,由于笔者水平有限,一些问题和解释失之肤浅,诚望读者不吝赐教。

#### 参考文献

- [1] Левинсон—Лессинг, Ф. Ю., Струве, Э. А., 1963, «Петрографический Словарь», Гостехиздат, с146.
- [2] Заварицкий, А. Н., 1955, «Изверженные Горные Породы», Изд АН СССР, с69.
- [3] Niggli, V. P., 1954, «Rocks and Mineral Deposits», W. H. Freeman and Company, San Francisco, p. 257.
- [4] 张树业, 1982, 火成岩结构构造图册。地质出版社, 第51页。
- [5] Шцека, С. А., Волынец, О. Н., 1979, Реакция Оливин+Анортит В Габброидных Включениях Вулкана Кизпипыч(камчатка), Изд. Наука. Москва, с197.
- [6] Gardner, P. M., Robis, B., 1974, The Olivine-Plagioclase Reaction; Geological Evidence from Seiland Petrographic Province. Contr. Mineral. Petrol., v. 44, p. 149.
- [7] Лодочников, В. Н., 1955, Главнейшие Породообразующие Минералы. 4Е-Издание. ГОСУ НТ Изд, с132.
- [8] 傅德彬, 1986, 侵入体间的隐秘侵入接触及其研究方法。地质论评。第32卷, 第1期, 89—94。
- [9] 夏林折, 1981, 橄榄石地质温度计。中国地质科学院西安地矿所分刊, 第三卷, 第一号。
- [10] 武汉地质学院岩石教研室编, 1980, 岩浆岩岩石学, 地质出版社, 287—292。
- [11] 王润民, 1987, 新疆哈密土墩—黄山一带铜镍硫化矿床成矿控制条件及找矿方向的研究。矿物岩石, 第7卷, 第1期, 78—79。

\* 以类质同象形式存在的镍。

**A Preliminary Study on the Synantectic Phenomena of  
Minerals in a Nickel-bearing Basic Rock Body in  
the Changbai Mountains**

Fu Debin

(Jilin Institute of Geological Sciences, Changchun 130012)

**Key words:** Synantectic, synantectic minerals, genesis information

**Abstract**

Synantectic phenomenon refers to the growth of a new mineral along the boundary of two neighboring minerals through their reaction.

Synantectic reaction is well developed in a Ni-bearing basic rock body in the Changbai mountain area.

The author holds synantectic minerals to be of multiple geneses. Based upon the study of mineralogy, mineralogical chemistry and thermodynamics, he has classified the synantectic zone into two types—primary and secondary. The primary synantectic mineral was formed as a result of magmatic reaction and is called corona structure whereas the secondary ones were formed through regional metamorphic process of thermal metamorphism, hydrothermal metasomatism and contamination, respectively named contact corona texture, metasomatic kelyphitic structure and contamination reaction rim texture.

The research of synantectic minerals will yield a lot of information for the study of diagenesis and metallogenesis.