

承德黑山斜长岩杂岩体辉石特征 及其形成温度条件

阎国翰 牟保磊

(北京大学地质系 北京 100871)

提 要 本文对黑山斜长岩杂岩体中斜方辉石和单斜辉石的光学特征、化学成分及其演化规律作了系统研究的同时,也研究了两种辉石中 Fe-Mg 的分配,其分配系数 K_D 值多大于 1.37。并用 13 对共生的二辉石矿物对的化学成分,计算了形成温度为 800~980°C。该杂岩体是在平衡条件下缓慢结晶而成。

关键词 斜长岩杂岩体 斜方辉石 单斜辉石 形成温度 承德 黑山

承德黑山斜长岩杂岩体,是迄今所发现的我国唯一的岩体型斜长岩杂岩体。翟裕生(1965)、解广轰(1980)、周永昶(1989)等许多学者对该杂岩体的地质特征、岩石学、地球化学进行过研究。但对其中辉石除解广轰(1980)作过一些工作外,本文是首次对该杂岩体中辉石进行全面系统的研究。这一研究为成岩物理化学条件提供了重要信息。

1 岩体地质概况

承德黑山斜长岩杂岩体在著名的大庙-头沟斜长岩杂岩体的中段,它由三期岩石组成。第一期以钠黝帘石化斜长岩为主,伴有一定量的绿泥石化斜长岩类,构成了黑山斜长岩杂岩体的主体部分。第二期以中粒、粗粒和伟晶苏长岩为主的苏长岩类,伴有橄榄苏长岩、铁磷苏长岩及少量暗色斜长岩,主要分布于黑山杂岩体的边部和内部一些剥蚀较深的地段,多呈不规则状分枝状贯入第一期斜长岩中。第三期为二长岩和石英二长岩类,主要分布于黑山斜长岩杂岩体的西北部,大面积出露在牛头沟一带,可见石英二长岩岩枝贯入苏长岩和斜长岩中。

2 辉石特征

辉石在黑山斜长岩杂岩体三期岩石中均有分布,而且三期岩石中的辉石又各具特色。

第一期岩石中的辉石多为巨晶状,但均已蚀变,无法测定其光性及化学成分,但仍保留辉

• 本文于 1991 年 8 月 5 日收到,1992 年 1 月 10 日改回。

本文为国家教委重点资助课题成果之一

第一作者简介:阎国翰 男 53岁 副教授 岩矿地球化学专业

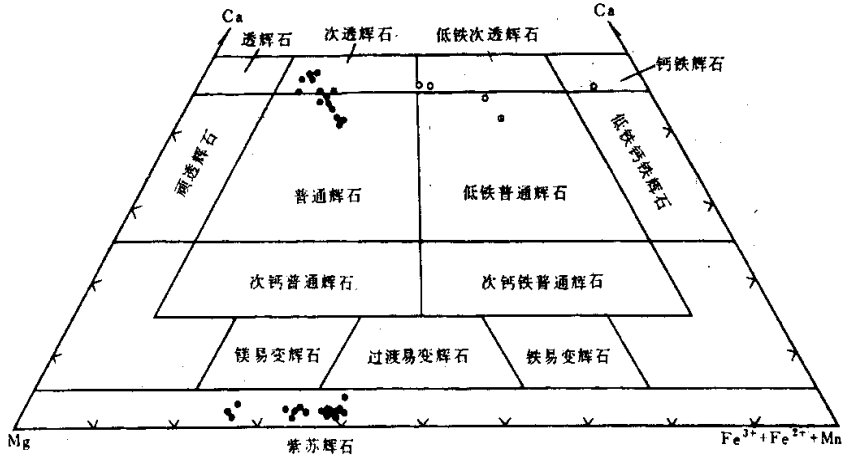


图1 黑山斜长岩杂岩体中辉石成分投影图

黑点为第二期岩石中辉石；圆圈为第三期岩石中辉石，除圆圈外均引自解广菱(1980)

Fig.1 Projection diagram of composition of the pyroxene in the Heishan anorthositic complexes

石假像及其中所含的斜长石片晶。这种辉石可能是 Emslose (1975) 所称的 I 型辉石。

第二期岩石中的辉石以斜方辉石为主，少量属斜方辉石中的紫苏辉石(见图1)。此辉石常含磁铁矿和磷灰石包体。单斜辉石呈单独的颗粒或以反应边的形式围绕斜方辉石或在斜方辉石内部呈不规则片晶形式产出，为次透辉石和普通辉石(见图1)。

第三期单斜辉石和第二期中的单斜辉石相比，以富铁为特征。

3 辉石的化学成分及其演化规律

对该杂岩体中斜方辉石和单斜辉石作电子探针测定时，都注意避开了其中所含的包体和片晶，所测成分均代表原结晶时的成分。

3.1 斜方辉石

斜方辉石的化学成分及有关参数见表1。橄榄苏长岩中的斜方辉石含 En 量最高(71~73%)，伟晶苏长岩中的斜方辉石含 En 量最低(57.7~61%)，而 Fs 最高(36.5~38.1%)，由橄榄苏长岩→暗色斜长岩→中粒苏长岩→粗粒斜长岩→伟晶苏长岩，即从早到晚斜方辉石的 En 含量明显降低，而 Fs 明显增高，但 Wo 较稳定变化在 1.5~4% 之间，总的演化趋势与阿扎尼亚 Bushveld 和东格陵兰 Skergaard 基性侵入杂岩体中斜方辉石化学成分的演化规律相类似(见图2)。但斜方辉石的含 Wo 量较 Bushveld 和 Skergaard 两个侵入杂岩体中的偏低，而且也没有出现易变辉石。

表1 斜方辉石的化学成分及其参数

Table 1 Chemical compositions and other parameters of the orthopyroxene

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
样品号	dg2	ds5	kD56	d16	E-7	E-12	E61	l40	l51a	l47	l50	F-4	l27	E ₃₋₁₂	E ₆₀	金c-3
岩石名称	橄 榄 苏 长 岩	橄 榄 苏 长 岩	橄 榄 苏 长 岩	暗 色 斜 长 岩	暗 色 斜 长 岩	暗 色 斜 长 岩	中 粒 苏 长 岩	中 粒 苏 长 岩	中 粒 苏 长 岩	粗 粒 苏 长 岩	粗 粒 苏 长 岩	粗 粒 苏 长 岩	伟 晶 苏 长 岩	伟 晶 苏 长 岩	铁 磷 苏 长 岩	铁 磷 苏 长 岩
SiO ₂	51.60	52.25	50.48	51.92	51.57	50.56	51.33	50.82	52.33	51.17	51.87	50.50	51.85	50.72	51.66	50.81
TiO ₂	0.25	0.21	0.25	0.18	0.24	0.24	0.17	0.26	0.28	0.16	0.15	0.44	0.17	0.40	0.20	0.25
Al ₂ O ₃	7.75	3.03	6.59	2.13	1.53	1.95	3.13	1.88	1.88	1.68	2.04	2.46	1.71	2.53	2.91	1.41
Cr ₂ O ₃	0.16	0.07	0.09	0.06	0.24	0.01	0.00	0.12	0.00	0.00	0.07	/	0.00	0.00	0.00	0.03
(FeO)	15.28	15.83	15.59	19.7	20.19	20.89	22.72	21.80	21.05	23.44	20.64	23.23	22.08	23.57	23.34	22.98
MnO	0.34	0.17	0.22	0.42	0.40	0.35	0.42	0.46	0.36	0.45	0.25	0.50	0.33	0.45	0.82	0.47
MgO	25.12	25.86	24.54	23.26	24.31	23.30	20.69	21.70	22.50	20.52	22.98	20.55	21.14	20.15	20.97	21.08
CaO	0.71	0.93	1.54	1.18	0.72	1.06	0.93	1.12	1.10	1.07	1.30	2.13	1.00	2.08	0.96	0.99
Na ₂ O	0.08	0.01	0.08	0.02	0.00	0.02	0.00	0.06	0.08	0.08	0.03	0.40	0.03	0.20	0.00	0.02
Σ	101.3	98.4	99.4	98.87	99.54	98.76	99.40	98.23	99.85	98.56	99.33	99.65	98.31	100.1	100.9	98.44
以6个氧为基础的阳离子数																
Si	1.83	1.92	1.83	1.93	1.93	1.91	1.93	1.92	1.95	1.93	1.89	1.97	1.90	1.92	1.94	
Al ^{IV}	0.17	0.08	0.17	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.05	0.05	0.07	0.11	0.03	0.10	0.08	0.06
Al ^{VI}	0.16	0.05	0.12	0.03	0.01	0.00	0.06	0.01	0.03	0.02	0.07	0.00	0.04	0.01	0.05	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe ³⁺	0.00	0.02	0.04	0.03	0.05	0.07	0.00	0.06	0.02	0.03	0.05	0.13	0.00	0.09	0.03	0.05
Fe ²⁺	0.45	0.46	0.43	0.58	0.58	0.59	0.72	0.63	0.64	0.71	0.59	0.58	0.70	0.64	0.70	0.69
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.71
Mg	1.33	1.42	1.33	1.29	1.35	1.31	1.16	1.23	1.25	1.16	1.23	1.15	1.20	1.13	1.16	1.22
Ca	0.03	0.04	0.06	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.08	0.04	0.08	0.04	0.04
Na	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
Ca	1.5	1.9	3.2	2.4	1.4	2.1	1.9	2.3	2.2	2.2	2.6	1.5	2.1	4	2	2
(Fe)	25.5	25.3	25.7	31.9	33.1	33.0	37.8	36.9	34.0	38.6	32.9	38.2	36.5	38.1	38.5	36.9
Mg	73.0	72.8	71.1	65.7	66.7	65.0	60.3	60.8	63.8	59.2	64.5	61.0	61.4	57.7	59.5	60.7

注:本表中数据由地科院探析室测定。

3.2 单斜辉石

单斜辉石的化学成分及有关参数列于表2。第二期和第三期岩石的单斜辉石在成分上差别较大。前者较富镁,En含量为38~42%,Fs为12~19%。后者较富铁,Fs含量为27~48%,En含量为7~27%。但两者含钙量差不多,都比Bushveld和Skergaard杂岩体中单斜辉石富钙(图2)。第二期岩石从橄榄苏长岩到伟晶苏长岩,En和Wo明显降低。但Fs的增高不如第三期显著。

总的来看,黑山斜长岩杂岩中斜方辉石和单斜辉石的化学成分演化与Bushveld和Skergaard两侵入杂岩体中斜方辉石和单斜辉石的成分演化很相似。后两个杂岩体中的斜方辉石和单斜辉石的成分演化都反映了平衡条件下缓慢冷却结晶作用(祝时照1975)。在黑山斜长

表2 单斜辉石的化学成分及其参数
Table 2 Chemical compositions and other parameters of the clinopyroxene

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
样品号	dg2	d55	kD56	d16	E-7	E-12	E61	l40	l51-a	l41	l47	l27	l59	E60	金 c-3	c-23
岩石名称	橄辉苏长岩	橄辉苏长岩	橄辉苏长岩	暗色斜长岩	暗色斜长岩	暗色斜长岩	中粒苏长岩	中粒苏长岩	中粒苏长岩	粗粒苏长岩	粗粒苏长岩	伟晶苏长岩	伟晶苏长岩	铁磷苏长岩	铁磷苏长岩	石英二长岩
SiO ₂	47.78	49.56	48.28	50.28	49.17	49.19	50.32	50.60	49.84	51.16	50.28	50.61	50.97	50.24	49.92	49.39
TiO ₂	0.86	0.70	0.91	0.47	0.70	0.63	0.47	0.48	0.72	0.45	0.38	0.34	0.45	0.39	0.51	0.34
Al ₂ O ₃	11.20	4.97	11.37	3.47	3.22	3.51	5.80	2.96	3.68	2.95	2.98	2.87	2.87	5.14	2.56	1.29
Cr ₂ O ₃	0.04	0.26	0.17	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
(FeO)	6.83	7.32	7.03	8.19	8.10	9.82	10.16	9.46	9.46	7.78	9.96	10.74	11.62	10.64	10.93	21.36
MnO	0.13	0.13	0.24	0.18	0.24	0.24	0.26	0.25	0.24	0.13	0.26	0.35	0.27	0.30	0.32	0.52
MgO	12.55	13.97	12.48	13.82	13.90	13.93	12.35	13.40	13.43	13.88	13.07	13.34	13.67	12.88	13.80	6.47
CaO	20.26	20.58	20.41	21.97	23.18	21.58	20.87	20.76	20.60	22.36	21.18	20.49	19.40	18.83	20.83	17.91
Na ₂ O	0.57	0.65	0.65	0.49	0.61	0.61	0.46	0.49	0.40	0.45	0.36	0.47	0.35	0.00	0.52	0.44
Σ	100.2	98.14	101.5	98.89	99.02	98.38	100.7	98.42	98.48	99.23	98.46	99.21	99.60	98.42	99.26	97.32
以6氧为基础的阳离子数																
Si	1.75	1.86	1.75	1.88	1.87	1.86	1.87	1.92	1.88	1.91	1.91	1.91	1.92	1.91	1.89	1.99
Al ^{IV}	0.25	0.14	0.25	0.12	0.14	0.14	0.13	0.09	0.12	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.01
Al ^{VI}	0.24	0.08	0.24	0.04	0.01	0.02	0.12	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.14	0.01	0.05
Ti	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe ³⁺	0.00	0.07	0.01	0.09	0.13	0.13	0.02	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.04	0.00	0.10	0.00
Cr	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.69	0.78	0.67	0.77	0.79	0.79	0.68	0.76	0.76	0.77	0.74	0.75	0.77	0.73	0.78	0.39
Fe ²⁺	0.21	0.16	0.20	0.17	0.13	0.18	0.29	0.25	0.24	0.18	0.26	0.26	0.32	0.34	0.24	0.72
Mn	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Ca	0.80	0.83	0.79	0.88	0.94	0.88	0.83	0.84	0.83	0.89	0.86	0.83	0.78	0.77	0.85	0.77
Na	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.04	0.03
Ca	46.9	44.9	47.0	40.7	47.2	44.2	45.2	44.2	44.0	46.7	44.7	42.9	40.7	41.6	41.5	40.7
(Fe)	12.6	12.7	13.1	19.5	13.2	16.1	17.6	16.1	16.2	12.9	16.8	18.2	19.5	18.8	18.8	38.9
Mg	40.5	42.4	39.9	38.8	39.4	39.6	37.2	39.7	39.8	40.4	38.4	38.9	39.8	39.6	39.5	20.5

注:表中数据由地科院探针室分析

岩杂岩体中的辉石和斜长石都未发现环带构造,这也是平衡条件下缓慢冷却结晶的佐证。

4 共生斜方辉石和单斜辉石之间的 Fe-Mg 分配

Kretz(1961)根据热力学原理,首先研究了共存斜方辉石和单斜辉石之间的铁和镁的分配,以后许多岩石学家用共存铁镁矿物之间 Fe-Mg 的分配系数(K_D)研究矿物的形成条件。分配系数一般被定为:

$$K_{D}^{A-B}(\text{Fe}) = \frac{X_{\text{Fe}}^A(1-X_{\text{Fe}}^B)}{X_{\text{Fe}}^B(1-X_{\text{Fe}}^A)} = \frac{\left(\frac{\text{Fe}^{2+}}{\text{Mg}}\right)^A}{\left(\frac{\text{Fe}^{2+}}{\text{Mg}}\right)^B}$$

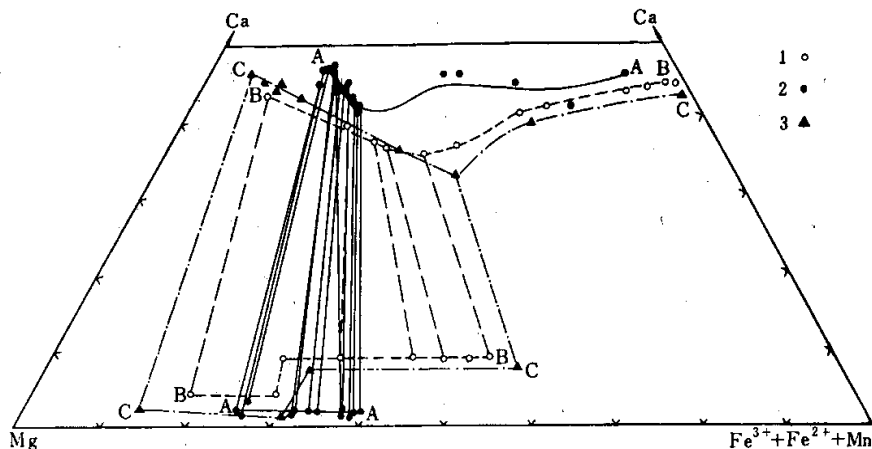


图2 斜方辉石和单斜辉石化学成分演化趋势图

1. A-A 黑山杂岩体辉石成分演化趋势; 2. B-B Skergaard 杂岩体辉石成分演化趋势; 3. C-C Bushveld 杂岩体辉石成分演化趋势

Fig. 2 Evolution tendency of chemical composition of the orthopyroxene and clinopyroxene

上式中 X_{Fe} 是矿物 A 和 B 的 Fe 克原子分率

$$\left(\frac{Fe^{2+}}{Fe^{2+}+Mg} \right)$$

据 Kretz (1963), K_D 值决定于温度和压力。实际资料表明, 由岩浆缓慢冷却结晶的 K_D 值平均为 1.37, 而快速冷却的岩浆中的结晶的 K_D 值平均为 1。

根据表 1 和表 2 计算出黑山杂岩体中的共生的斜方辉石和单斜辉石的 Fe^{2+} -Mg 分配系数 (K_D 值) 列于表 3, 并投影于图 3。

由表 3 可见, 黑山斜长岩体中斜方辉石和单斜辉石的 Fe^{2+} -Mg 分配系数 K_D 值, 除少数 (细粒橄榄苏长岩) 接近理想值 ($K_D \approx 1$) 外, 大多数都大于 1.37, 平均为 1.44。这说明该杂岩体中的大多数辉石是在岩浆缓慢冷却条件下晶出的。

从图 3 看出, K_D 值明显的受温度控制, 随温度下降而增大。

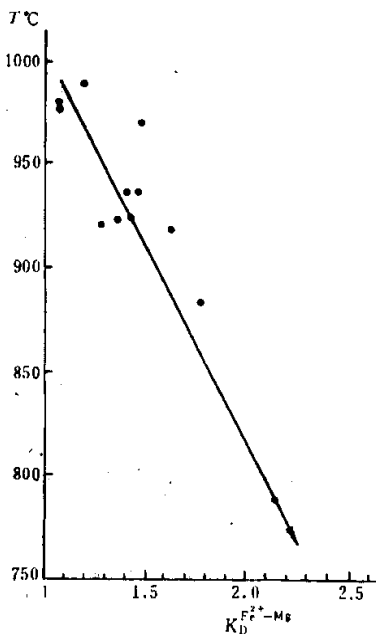


图3 共生辉石间的 Fe^{2+} -Mg 分配系数与温度的关系

Fig. 3 Relationship between Fe^{2+} -Mg distribution coefficient of paragenetic pyroxene and temperature

表3 二辉石 K_D 及有关参数

Table 3 K_D value and related parameters of two kinds of pyroxenes

样号	岩石名称	斜方辉石			单斜方辉石			K_D	$T(^{\circ}C)$
		Fe^{2+}	Mg	$\frac{Fe^{2+}}{Fe^{2+}+Mg}$	Fe^{2+}	Mg	$\frac{Fe^{2+}}{Fe^{2+}+Mg}$		
dg2	橄辉苏长岩	0.4542	1.3312	0.25	0.2071	0.6865	0.23	1.087	980
d55	橄辉苏长岩	0.4624	1.4147	0.25	0.1611	0.7815	0.17	1.471	972
KD56	橄辉苏长岩	0.4302	1.3286	0.25	0.2018	0.6742	0.23	1.089	978
E60	Fe-P 苏长岩	0.6993	1.1607	0.38	0.3385	0.7305	0.32	1.188	988
C-3	Fe-P 苏长岩	0.6870	1.2220	0.36	0.2420	0.7820	0.24	1.500	1034
E61	中粒苏长岩	0.7147	1.1601	0.38	0.2931	0.6826	0.30	1.267	919
I40	中粒苏长岩	0.6332	1.2477	0.34	0.2427	0.5768	0.24	1.417	937
I51-a	中粒苏长岩	0.6400	1.2477	0.34	0.2427	0.7568	0.24	1.417	937
I47	粗粒苏长岩	0.5131	1.0674	0.32	0.2567	0.7388	0.26	1.423	937
I27	伟晶苏长岩	0.7008	1.1961	0.37	0.2610	0.7487	0.26	1.423	924
D16	暗色斜长岩	0.5823	1.2914	0.32	0.1679	0.7716	0.18	1.778	883
E-7	暗色斜长岩	0.5770	1.3540	0.30	0.1260	0.7860	0.14	2.143	788
E12	暗色斜长岩	0.5870	1.3140	0.31	0.1830	0.7860	0.19	1.632	918

Mapakyucob (1968) 认为只有在高温 ($> 1000^{\circ}C$) 辉石中 Fe^{2+} 和 Mg 的分配才是接近理想的, 当温度为 $1000 \sim 1100^{\circ}C$ 时, $K_D = 1.36$, 在较低温度的岩石中, Fe^{2+} 和 Mg 的分配相当大地偏离理想值。黑山杂岩体中共生斜方辉石和单斜辉石的 Fe^{2+} 和 Mg 的分配系数 K_D 值偏离理想值较大, 可能就是形成温度较低 ($< 1000^{\circ}C$) 所至。

5 辉石形成的温度条件

确定的共生斜方辉石和单斜辉石在镜下直接接触, 无交代现象。前述的化学成分演化趋势和 Fe^{2+} -Mg 分配系数都表明它们

基本达到了平衡。因此用二辉石温度计来估算两种辉石的形成温度。

采用 Wood-Banno (1973) 和 Wells (1977) 的两种辉石矿物温度计公式, 计算了辉石形成的

表4 二辉石地质温度计的主要参数及其获得的温度

Table 4 The main parameters and temperature measured with two-pyroxene geothermometer

样号	岩石名称	X_{Fe}^{Pr}	$\alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Opx}$	$\alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Cpx}$	(1)	(2)
					$T(^{\circ}C)$	$T(^{\circ}C)$
dg2	橄辉苏长岩	0.2446	0.4417	0.06872	976	983
d55	橄辉苏长岩	0.2463	0.4975	0.07122	972	971
Kd56	橄辉苏长岩	0.2446	0.4404	0.06572	980	976
E61	中粒苏长岩	0.3092	0.3052	0.05370	896	942
I40	中粒苏长岩	0.3407	0.3749	0.05770	910	936
I51-a	中粒苏长岩	0.3390	0.3892	0.09607	920	954
I47	粗粒苏长岩	0.3715	0.4050	0.0606	920	953
I27	伟晶苏长岩	0.3692	0.3578	0.06202	904	945
E60	Fe-P 苏长岩	0.3760	0.3368	0.08375	953	1023
金 C-3	Fe-P 苏长岩	0.3599	0.2069	0.06160	992	1075
d16	暗色苏长岩	0.3108	0.4171	0.04481	882	884
E7	暗色苏长岩	0.2988	0.4405	0.02340	804	773
E12	暗色苏长岩	0.3088	0.4160	0.05510	911	925

(1) 据 Wood-Banno (1973) 方法计算; (2) 据 Wells (1977) 方法计算

温度列于表4,两种方法计算出的温度基本一致。绝大多数形成温度为800~980℃这与阎国翰等(1985)用斜长石温度计估算的温度(774~1090℃)也是一致的。

6 结论

承德黑山斜长岩杂岩体中辉石化学成分的变化与岩浆演化密切相关,从早到晚辉石中En逐渐减少,而Fs逐渐增多,与Bushveld和Skergaard两侵入杂岩体中的辉石的演化规律相似。说明有相似的形成条件,即都是在平衡条件下缓慢冷却结晶而成。

该杂岩体中两种辉石的 Fe^{2+} -Mg分配系数 K_D 值多大于1.37,平均为1.44。两种共生辉石形成时的平衡温度为800~980℃。

参 考 文 献

- 翟裕生. 1965. 某斜长岩的岩石特征及成因. 地质论评, 23(3): 186~195
- 解广泰. 1980. 大庙斜长岩杂岩体的岩石特征. 地球化学, (3): 261~275
- 周水昶. 1989. 大庙斜长岩杂岩体及铁磷矿的稀土元素地球化学研究. 长春地质学院学报, (1): 43~52
- 祝时照. 1975. 从玄武岩铸石论月球玄武岩的冷却史. 地质科学, (2): 155~156
- 阎国翰. 1985. 承德黑山苏长岩中斜长石研究. 北京大学地质系《地质研究论文集》, 北京: 北京大学出版社, 106~114
- Emalise R F. 1975. Pyroxene megacrysts from anorthosite rocks new clues to the sources evolution of the parent magmas. Con. Mine., 13(2): 138~145
- Kretz R. 1961. Coexisting pyroxenes, Geol. Mag., 98: 344~354
- Kretz R. 1963. Distribution of magnesium and iron between orthopyroxene and calcic pyroxene in natural mineral assemblages. Jour. Geol., 71: 773~755
- Wood B J and Banno S. 1973. Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationship in simple and complex systems. Mineral Petrol., 42: 109~124
- Well R A. 1977. Pyroxene thermometry in simple and complex systems. Contri. Mineral, Petrol., 62: 129~139

CHARACTERISTICS AND FORMATION TEMPERATURE OF THE PYROXENE IN THE HEISHAN ANORTHOSITE COMPLEXES NEAR CHENGDE

Yan Guohan and Mu Baolei

(*Department of Geology, Peking University, Beijing, 10871*)

Key words: Anorthosite complex; Orthopyroxene; Clinopyroxene; Formation temperature; Heishan; Chengde

Abstract

The Heishan anorthosite is an unique massive anorthosite igneous complex body that has first been discovered in China so far. This paper aims mainly at the systematic study of the optical characteristics, chemical composition and its evolution of orthopyroxene and clinopyroxene in the complex, meanwhile the Fe^{2+} -Mg distribution coefficients (K_D) in the two kinds of pyroxenes are also investigated, most of which are higher than 1.37. In addition, the formation temperature (800~980°C) is calculated from the chemical compositions of 13 associated pyroxene mineral pairs. It is concluded that the complex was formed by slow crystallization in equilibrium in a plutonic environment.