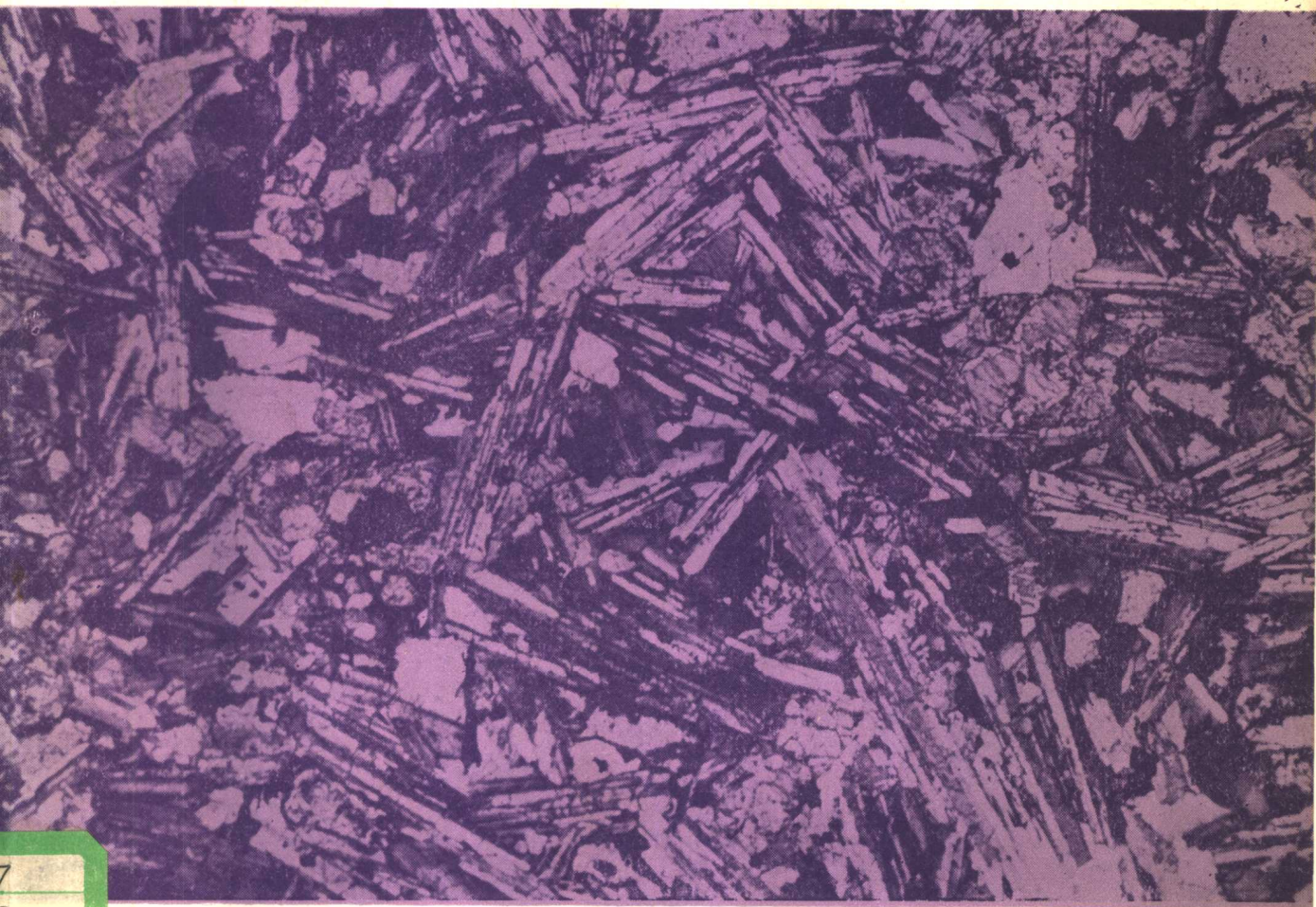


中国科学院地质研究所

岩石学杂志

第二辑



一九八三年七月二

地质出版社

岩石学研究

(第二辑)

中国科学院地质研究所 主编

1983

地质出版社

岩石学研究

(第二辑)

中国科学院地质研究所 主编

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：马志先

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：9 $\frac{3}{4}$ 插页：一个 字数：230,000

1983年3月北京第一版·1983年3月北京第一次印刷

印数：1—2,708册 定价：1.50 元

统一书号：15038·新889

目 录

吉林汪清碧玄岩岩浆起源及辉石岩形成问题的讨论.....	鄂莫岚等 (1)
白云鄂博铁矿围岩白云岩的氧、碳同位素组成及其成因.....	魏菊英 上官志冠 (14)
五大连池新生代玄武岩的K-Ar年龄和锶、氧同位素特征.....	胡世玲等 (22)
石英长石质断层岩的某些变形特征.....	钟大贵 (32)
四川马松岭地区岩石的变质格子和变质作用.....	富公勤 (45)
内蒙千里山群变质矿物及变质作用P-T条件的研究.....	阎月华 (61)
豫西子母沟组滑塌堆积研究.....	石铨曾等 (75)
湖相生油岩的质量与古盐度的成因关系.....	钱 凯 邓宏文 (90)
山西某些地区耐火粘土的研究.....	夏 琤 赵惠敏 (96)
白云鄂博地区矿物的稀土成分及其控制因素.....	王凯怡 (107)

方法研究

造岩矿物中气液包裹体热爆测温的可靠性.....	谢奕汉 李秉伦 (117)
镁绿岩(科马提)的岩石化学性质及判别式研究.....	翟明国 (127)
岩石矿物中磷的微量测定.....	伊丽莹 (135)

评 论

混杂堆积的定义、分类和成因.....	夏宗国 (142)
--------------------	-----------

报 导

一种坑丘构造.....	王清晨 (151)
-------------	-----------

PETROLOGICAL RESEARCH

Number 2

Contents

- On the Origin of Basanite magma and the Formation of Pyroxenite
in Wangqing Area, Jilin Province..... *E Molan et al.* (12)
- Oxygen and Carbon Isotope Composition and Genesis of Dolomite in
the Bayan Obo Iron Deposit, Inner Mongolia
..... *Wei Juying, Shangguan Zhiguan* (21)
- K-Ar Ages and some Characters of Strontium, Oxygen Isotopes in
Cenozoic Wudalianchi Basalts, Northeast China..... *Hu Shiling et al.* (30)
- Some Deformation Features of Quartz-Feldspathic Mylonites
..... *Zhong Dalai* (42)
- Metamorphic Crises and Metamorphism of Rocks in the Masongling
Area, Sichuan Province, China *Fu Gong-qin* (59)
- A Study of Metamorphic Minerals and P-T Conditions of Metamor-
phism of Qianlishan Group in Inner Mongolia, China..... *Yan Yuehua* (73)
- A Study on the Zimugou Formation as an Olistostrome in Henan
Province *Shi Quanzeng et al.* (88)
- Genetic Relationship between Quality of Source Rocks and Paleosa-
linity in Basin of Lacustrine Facies..... *Qian Kai, Deng Hongwen* (95)
- A Study on fire-clays in some Areas of Shanxi Province
..... *Xia Zheng, Zhao Huimin* (106)
- Rare Earth Element Composition in Minerals from Bayan Obo Area
and their Control Factor *Wang Kaiyi* (116)

Methodical Research

- Reliability of Application of Fluid Inclusions in Rock-forming Mine-
rals by Decrepitation as a geothermometer..... *Xie Yihan, Li Binglun* (125)
- Petrochemical Property and Discrimination of Komatiite: Discussion
..... *Zhai Mingguo* (134)
- Microdetermination of Phosphorus in Rocks and Minerals..... *Yi Liying* (141)

Comment

- Melange: Its Definition, Classification and Origin *Xia Zongguo* (148)

Short Report

- A Kind of Cone-pit Structure *Wang Qingchen* (152)

吉林汪清碧玄岩岩浆起源及 辉石岩形成问题的讨论

鄂莫岚

邓晋福 路凤香

(中国科学院地质研究所)

(武汉地质学院)

吉林汪清位于吉、黑华力西晚期褶皱带的东南边缘。新生代碱性玄武岩中含有丰富的超镁铁质岩石包体,是研究上地幔形成与演化历史的较好地点。有关包体的矿物,岩石学特征,辉石岩成因及该区上地幔岩的形成条件等已在另文发表(鄂莫岚等,1982),本文重点讨论该区碧玄岩岩浆起源,辉石岩巨晶的形成条件及上地幔的演化历史。

一、岩浆与上地幔橄榄岩的成分互补关系

本区新生代玄武岩剖面不完整,出露的岩石属下部的层序。玄武岩自下而上主要分为三层,第一、三层含有大量的超镁铁质岩石包体。见表1。含包体的玄武岩为斑状结构,基质为间粒-间隐结构,斑晶为贵橄榄石及含钛普通辉石,基质为橄榄石,普通辉石,中长石及隐晶质,玻璃质等。不含包体的玄武岩为巨斑结构,只有橄榄石斑晶,最大达6mm,一般为2—3mm,据油浸测定: $N_g=1.699$, $N_p=1.667$, 为 $Fe_{0.8}$ 的贵橄榄石,基质为交织-间隐结构。

表1 本区新生代玄武岩的层序

Table 1 The sequence of Cenozoic basalts in studied region

层	主 要 岩 性	厚 度	标 本 号
3	似球粒状玄武岩	35米	W001, W026
2	含橄榄石斑晶的玄武岩	8—10米	W019
1	气孔状、致密状玄武岩	20米	W041, W042, W045

本区玄武岩的化学成分见表2。从表中可知,自下而上玄武岩的化学成分变化不大,均属于海恩德曼(1972)的碱性玄武岩系列(图1),按约得等(1962)的玄武岩分类,均属碧玄岩。含包体与不含包体的碧玄岩比较,前者 Al_2O_3 、 CaO 偏高而 MgO 偏低。

本区有两种成因类型的包体——上地幔橄榄岩及火成辉石岩。在上地幔橄榄岩中,方辉橄榄岩为强亏损的岩石,二辉橄榄岩为弱亏损的岩石(鄂莫岚等,1982)。

火成辉石岩的成分与新生代碧玄岩相比,较富难熔组分。从 $MgO/\Sigma FeO$ 与主要氧化物相关图(图2)及 $K_2O + Na_2O$ 与 CaO 相关图(图3)可看出,方辉橄榄岩与辉石岩,二辉

表 2 玄武岩和辉石岩的化学成分及CIPW标准矿物

Table 2 Chemical analyses and CIPW norms of basalts and pyroxenites

标 本 号	W001	W026	W019	W041	W042	W045	W032	W042'
SiO ₂	46.72	45.91	47.07	46.50	46.86	46.07	47.83	47.73
TiO ₂	2.26	2.20	1.90	2.16	2.15	0.20	0.08	0.85
Al ₂ O ₃	14.27	14.78	12.68	14.63	14.20	14.59	6.00	9.01
Fe ₂ O ₃	4.84	5.88	3.37	0.90	0.70	3.65	2.40	2.93
FeO	6.27	6.07	8.06	7.91	10.19	8.56	6.00	5.11
MnO	0.18	0.22	0.21	0.22	0.19	0.20	0.24	0.16
MgO	8.08	9.46	11.61	8.93	9.35	8.61	22.24	14.14
CaO	9.23	9.69	8.06	9.84	9.69	10.51	12.91	17.40
Na ₂ O	3.85	3.40	3.50	3.65	3.36	3.45	0.87	1.30
K ₂ O	2.35	1.87	2.20	2.45	2.12	2.30	—	0.17
P ₂ O ₅	0.65	0.38	0.59	0.65	0.45	0.56	0.08	0.16
H ₂ O ⁺	0.72	0.23	0.67	2.24	0.28	—	0.08	0.06
H ₂ O ⁻	0.08	—	0.13	0.15	0.07	0.10	0.08	0.09
Cr ₂ O ₃	0.01	0.08	0.01	0.02	0.08	0.05	0.44	0.05
NiO	0.02	0.06	0.02	0.04	0.06	0.05	0.08	0.13
挥发分	—	0.50	—	—	0.13	0.68	—	—
总 计	99.53	100.75	100.10	100.27	99.88	100.58	99.87	99.29
ap	1.50	1.35	1.36	1.50	1.01	1.35	2.27	0.37
il	4.29	4.25	3.61	4.10	4.10	0.46	0.15	1.63
mt	7.02	8.57	4.89	1.30	0.93	5.33	3.50	4.30
or	13.89	10.57	13.00	14.48	12.24	12.80	—	1.02
Ab	18.15	17.83	17.74	10.59	9.96	8.91	7.41	6.96
An	14.71	19.75	12.39	16.30	17.52	17.80	12.55	18.47
Di	11.22	10.34	9.93	11.82	11.61	12.78	19.02	28.33
En	8.48	8.13	6.95	7.57	6.73	7.63	14.65	21.86
Fs	1.59	1.06	2.14	3.48	4.35	4.49	2.35	3.45
Ol	8.16	10.83	15.39	10.28	11.61	9.63	20.17	9.66
Fa	1.69	1.43	5.21	5.20	8.25	6.32	3.57	1.68
Hy	—	—	—	—	—	—	12.39	—
En	—	—	—	—	—	—	1.99	—
Fs	—	—	—	—	—	—	—	—
Nc	7.82	5.17	6.43	11.00	8.81	11.08	—	2.26
岩 石 名 称	碧玄岩	碧玄岩	碧玄岩	碧玄岩	碧玄岩	碧玄岩	橄榄辉石岩	辉石岩

中国科学院地质研究所九室分析

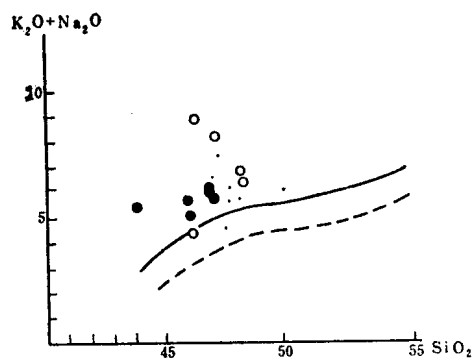


图 1 玄武岩的K₂O + Na₂O与SiO₂相关图
 虚线据海恩德曼 (1972), 实线据路凤香等
 (1981), 实心圈为本区碧玄岩, 空心圈及
 点为辽宁宽甸黄椅山碱性玄武岩

Fig 1 Diagram of relation between K₂O
 + Na₂O and SiO₂ in basalts

橄榄岩与碧玄岩在化学成分上显示了良好的互补关系。推测方辉橄榄岩是熔出辉石岩熔浆时的残留源区岩石，二辉橄榄岩是熔出碧玄岩岩浆时的残留源区岩石，前者熔融程度及亏损程度高，而后者较低。

用伊文斯 (Evans, 1979) 等及鲍文 (Bowen, 1928) 的方法，根据方辉橄榄岩与辉石岩，二辉橄榄岩与碧玄岩的成分互补关系，我们估算了本区上地幔岩熔出辉石岩及碧玄岩岩浆的熔融程度及可能的源区组成。结果见表 3。

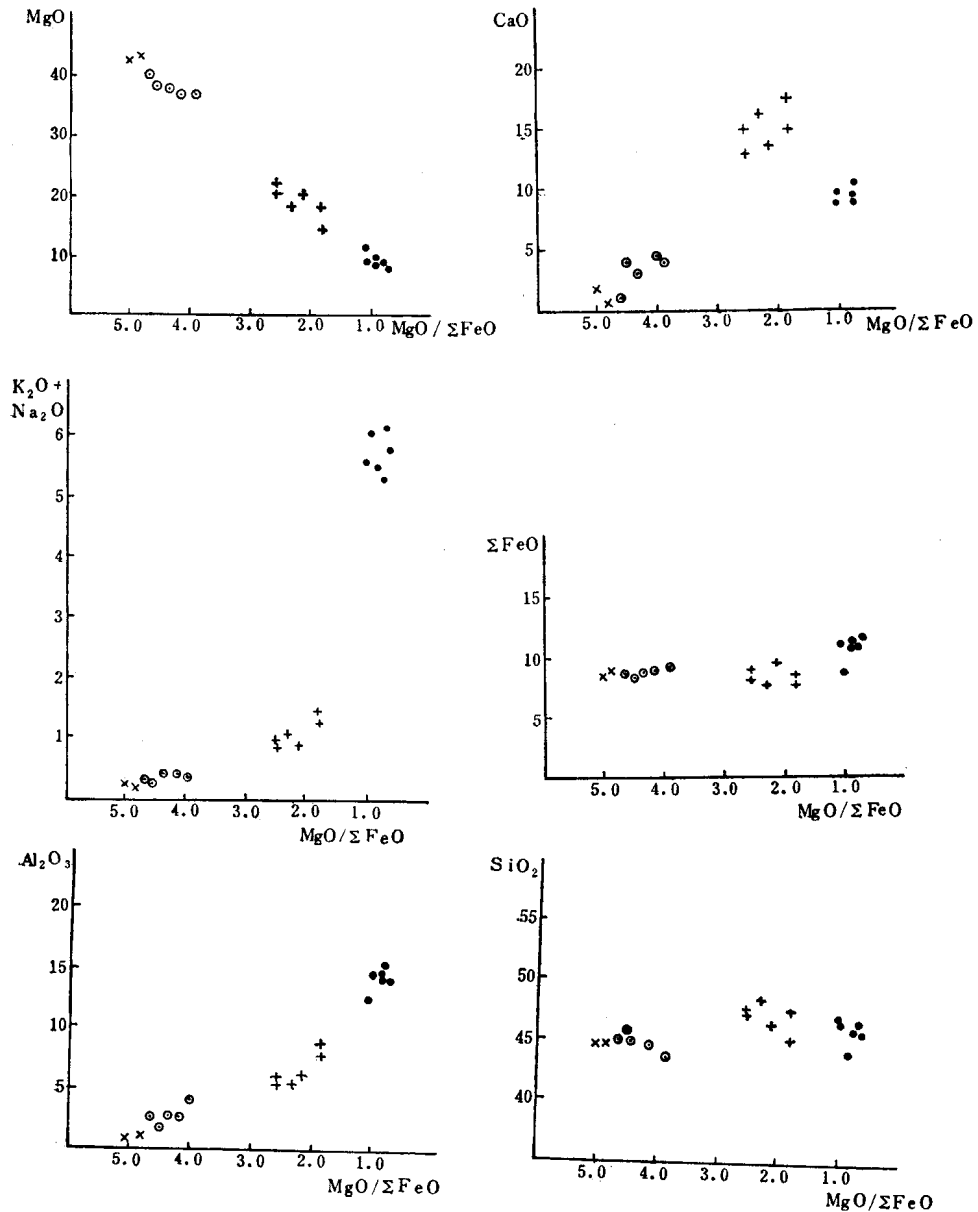


图 2 主要氧化物与 $MgO/\Sigma FeO$ 相关图

实心圆 = 碧玄岩；空心圆 = 二辉橄榄岩；x = 方辉橄榄岩；+ = 辉石岩

Fig 2 Diagrams of relation between some oxides and $MgO/\Sigma FeO$

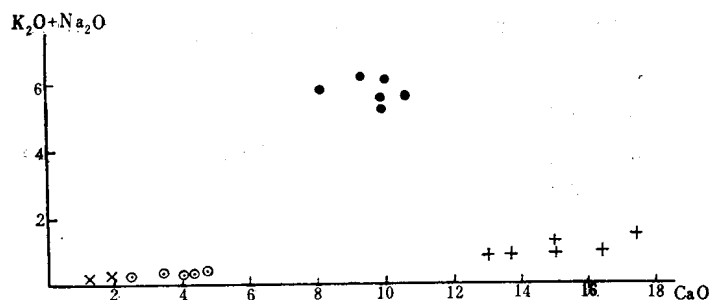


图 3 碧玄岩的 K_2O+Na_2O 与 CaO 相关图 图例同图 2

Fig 3 Diagram of relation between K_2O+Na_2O and CaO for basanites

表 3 由部分熔融产生本区辉石岩及碧玄岩的可能源区组成

Table 3 Proposed source compositions for the production of pyroxenite and basanite by partial melting in this region

	W032	源区	W002*	W042'	源区	W002	W001	源区	W037*	源区平均组成	模拟上地幔岩组成
SiO_2	47.83	45	44.01	47.73	45	44.01	46.72	45	44.86	45	45.16
TiO_2	0.08	0.10	0.14	0.85	0.20	0.14	2.26	0.30	0.22	0.2	0.71
Al_2O_3	6.00	3.20	1.14	9.01	3.20	1.14	14.27	3.40	2.71	3.27	3.54
Fe_2O_3	2.40	1.50	0.89	2.93	1.40	0.89	4.84	2.0	1.82	1.63	0.46
Cr_2O_3	0.44	0.48	0.58	0.05	0.40	0.58	0.01	0.30	0.33	0.40	0.43
FeO	6.00	7.20	8.04	5.11	7.30	8.04	6.27	7.20	7.24	7.23	8.04
MnO	0.24	0.22	0.21	0.16	0.20	0.21	0.18	0.17	0.17	0.20	0.14
MgO	22.24	34.20	42.67	14.14	35.3	42.67	8.08	34.80	36.96	34.8	37.47
CaO	12.91	6.1	1.22	17.40	5.5	1.22	9.23	5.0	4.68	5.5	3.08
Na_2O	0.87	0.3	0.17	1.30	0.4	0.17	3.85	0.6	0.32	0.43	0.57
K_2O	痕	痕	0.02	0.17	0.1		2.35	0.3	0.08	0.15	0.13
熔融%			41%			27%			7—8%		

* W002为方辉橄榄岩, W037为二辉橄榄岩

从表 3 可知, 碧玄岩相当于 7—8% 的熔融, 辉石岩相当于 27% 的熔融, 橄榄辉石岩相当于 41% 的熔融。从几对成分互补的岩石所估算的可能源区上地幔岩的组成是比较接近的, 表明上述估算是合理的, 也说明我们前面的推测是可以成立的。本区可能的源区上地幔岩组成与林伍德的模拟上地幔岩比较, 除 MgO 偏低, CaO 偏高外, 其它皆类似, 表明本区可能的原始上地幔岩较模拟上地幔岩富 Ca 贫 Mg 。

二、岩浆与包体、巨晶平衡的温度、压力计算

辉石岩岩浆与强亏损的方辉橄榄岩包体; 碧玄岩岩浆与弱亏损的二辉橄榄岩包体的互补关系, 说明在岩浆起源的源区它们曾处于热力学平衡。碧玄岩中普通辉石、歪长石巨晶代表在高压下从岩浆中结晶出来的液相线矿物, 它们是在碧玄岩岩浆发生、上升达地表过

程中的某个阶段与岩浆平衡的产物。因此,运用熔浆-矿物平衡的热力学计算有可能获得关于岩浆起源与巨晶结晶作用的温、压条件的有用信息。

我们曾用卡麦克尔的方法 (Carmichael, 1974, 1977) 对宽甸黄椅山玄武岩与上地幔橄榄岩包体的平衡温、压进行了计算。1980年卡麦克尔等 (Ghiorso, et al) 又公布了一批熔浆及矿物中某些组分的纯组成的热力学参数,但是没有公布缓冲反应的计算参数,根据这些热力学参数我们计算了有关缓冲反应的 $\Delta G^\circ/RT$ 、 $\int_1^P \Delta V^\circ dp/RT$ 、 $\int_1^P (\bar{V}_i - V^\circ_i) dp/RT$ 的参数方程。关于辉石岩岩浆起源的温、压条件还没有人计算过,这次计算是首次尝试。辉石岩的矿物代表了上地幔压力下近固相线矿物组合,而在计算中需要知道它们作为液相线矿物的组成,喷出地表的辉石岩岩浆可以假设其主要氧化物组成不会有大的改变,所以利用辉石岩的化学组成,根据熔浆-矿物平衡的实验资料计算它们在1巴时的液相线矿物的组成及“淬火”温度,然后进入其它计算。

计算中所用的缓冲反应如下:

1. Fe_2SiO_4 (熔浆) $\rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{SiO}_4$ (Fa)
2. $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (熔浆) $\rightleftharpoons \text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (Di)
3. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (熔浆) + Mg_2SiO_4 (Fo) $\rightleftharpoons \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (En) + $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (Jd)
4. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (熔浆) $\rightleftharpoons \text{SiO}_2$ (熔浆) + $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (Jd)
5. Mg_2SiO_4 (熔浆) $\rightleftharpoons \text{Mg}_2\text{SiO}_4$ (Fo)
6. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (熔浆) + $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (Ca-Ts) $\rightleftharpoons \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (熔浆) + $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (Jd)
7. $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (熔浆) $\rightleftharpoons \text{SiO}_2$ (熔浆) + $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (Ca-Ts)
8. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (熔浆) $\rightleftharpoons \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Ab)
9. $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (熔浆) $\rightleftharpoons \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (An)
10. $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (Ca-Ts) + SiO_2 (熔浆) $\rightleftharpoons \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (An)

反应9、10只用于计算1巴下岩浆中 $a_{\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6}$ 、 a_{SiO_2} 。计算公式为:

$$\ln X_i + \phi_i/T + \int_1^P (\bar{V}_i - V^\circ_i) dp/RT = \Delta G^\circ_i/RT + \int_1^P \Delta V^\circ dp/RT + \sum \ln a_{\text{m}}$$

计算时首先求出熔浆在1巴下的淬火温度及熔浆液相线矿物Cpx. Ol. Pl的理想组成 (Roder, 1970, Nielsen, et al, 1979, Drake, 1976), 结果见表4。根据理想组成可求出各缓冲反应中的 $\sum \ln a_{\text{m}}$ (熔浆中)。已知熔浆化学成分 (表2), 可求 i 组分的 X_i 值, 将1

表4 熔浆液相线矿物的理想组成

Table 4 Calculated composition of liquidus minerals from melts

标本号	岩石名称	淬火温度 T °C	OL	CPX	Pl
W001	碧玄岩	1146	Fo _{0.88} Fa _{0.12}	Ca _{0.6472} Mg _{1.2048} Fe _{0.126} Al _{0.022} Si ₂ O ₆	Ab _{0.53} An _{0.47}
W019	碧玄岩	1209	Fo _{0.895} Fa _{0.105}	Ca _{0.4662} Mg _{1.3956} Fe _{0.1304} Al _{0.0078} Si ₂ O ₆	Ab _{0.83} An _{0.17}
W041	碧玄岩	1128	Fo _{0.87} Fa _{0.13}	Ca _{0.7004} Mg _{1.1208} Fe _{0.1342} Al _{0.0446} Si ₂ O ₆	Ab _{0.58} An _{0.42}
W032	橄榄辉石岩	1368	Fo _{0.95} Fa _{0.05}	Ca _{0.4406} Mg _{1.4984} Fe _{0.0592} Al _{0.0018} Si ₂ O ₆	Ab _{0.13} An _{0.87}
W042'	辉石岩	1270	Fo _{0.94} Fa _{0.06}	Ca _{0.7298} Mg _{1.2074} Fe _{0.0576} Al _{0.0052} Si ₂ O ₆	Ab _{0.22} An _{0.78}

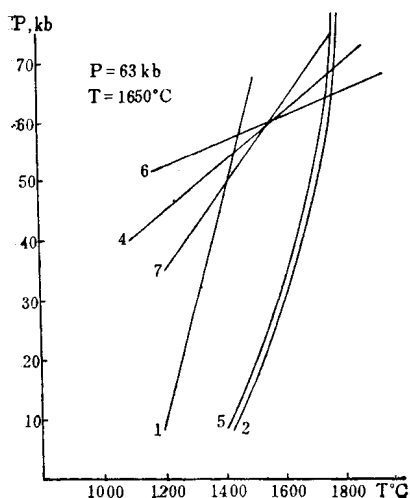


图 4 方辉橄橄榄岩(W002)与橄辉石岩(W032) 温压平衡曲线 (图中数字代表的反应式见本文)
Fig 4 Equilibrium P-T curve between harzburgite(W002) and olivine-pyroxenite(W032)

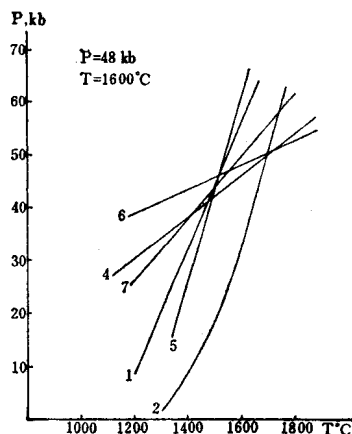


图 5 方辉橄橄榄岩(W002)与辉石岩(W042') 温压平衡曲线
Fig 5 Equilibrium P-T curve between harzburgite(W002) and pyroxenite(W042')

表 5 包体中橄榄石、斜方辉石、单斜辉石和单斜辉石、歪长石巨晶的化学成分
Table 5 Chemical analyses of olivines, Orthopyroxenes, Clinopyroxenes from Xenoliths and of clinopyroxenes, anorthoclase megacrysts from basanites

标本号	OL			OPX			CPX			CPX 巨 晶				Anor
	W002	W010	W035	W002	W010	W035	W002	W010	W035	W018-1	W018-2	W045	W058	W057
SiO ₂	39.83	40.43	38.17	55.85	54.51	54.19	52.57	52.52	51.32	46.12	45.95	48.29	48.19	67.18
TiO ₂	—	—	—	0.04	0.08	0.11	0.18	0.23	0.42	1.58	1.55	1.10	1.37	0.02
Al ₂ O ₃	—	0.19	—	2.01	4.15	4.87	4.44	4.55	6.97	9.34	8.72	8.12	7.86	18.22
Cr ₂ O ₃	—	—	—	0.47	0.33	0.40	0.77	0.86	0.56	0.10	0.02	0.08	0.03	0.03
Fe ₂ O ₃	0.03	0.01	—	0.87	0.45	0.46	0.54	1.26	0.54	2.12	3.02	2.57	3.41	—
FeO	8.22	9.34	10.08	5.21	5.81	5.91	2.10	1.95	2.17	9.11	8.02	4.25	4.51	0.34
MnO	0.14	0.14	0.16	0.11	0.13	0.09	0.08	0.08	0.07	0.13	0.22	0.18	0.20	—
MgO	50.55	49.63	51.36	34.93	33.66	33.01	17.90	16.10	16.31	13.23	13.96	15.28	15.15	0.20
CaO	0.27	0.31	0.32	0.21	0.42	0.88	19.87	20.87	19.72	16.97	17.13	18.34	18.18	1.20
Na ₂ O	0.18	—	0.07	0.35	0.15	0.15	1.40	1.35	1.65	1.45	1.56	1.27	1.21	5.07
K ₂ O	—	—	—	0.11	0.03	0.02	0.15	0.05	0.05	0.10	—	0.04	—	7.82
总 计	99.22	100.05	100.16	100.16	99.72	100.09	100.00	99.82	99.78	100.25	100.15	99.52	100.11	
以 4 个氧为基础的 阳离子数				以 6 个氧为基础的阳离子数										以 8 个氧为基础的 阳离子数
Si	0.980	0.989	0.943	1.927	1.890	1.876	1.899	1.907	1.857	1.725	1.718	1.779	1.773	3.02
Ti	—	—	—	—	0.002	0.002	0.007	0.006	0.011	0.045	0.045	0.031	0.038	—
Al	—	0.005	—	0.083	0.169	0.198	0.189	0.194	0.298	0.411	0.382	0.350	0.338	0.96
Cr	—	—	—	0.012	0.008	0.010	0.022	0.024	0.015	—	—	—	—	—
Fe ³⁺	0.001	—	—	0.023	0.012	0.012	0.015	0.033	0.015	0.058	0.085	0.071	0.093	—
Fe ²⁺	0.169	0.191	0.208	0.149	0.169	0.170	0.063	0.060	0.065	0.281	0.249	0.131	0.139	0.01
Mn	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.007	0.007	0.007	—
Mg	1.855	1.811	1.892	1.796	1.740	1.703	0.964	0.870	0.879	0.737	0.777	0.839	0.830	0.01
Ca	0.007	0.008	0.008	0.008	0.015	0.033	0.768	0.812	0.763	0.678	0.685	0.724	0.715	0.06
Na	0.008	—	—	0.023	0.010	0.010	0.100	0.096	0.115	0.105	0.112	0.091	0.084	0.44
K	—	—	—	0.004	0.002	—	0.007	0.002	0.002	0.004	—	—	—	0.45
Σ	3.023	3.007	3.054	4.027	4.021	4.016	4.036	4.007	4.022	4.046	4.06	4.023	4.017	4.95

巴下淬火温度 T ，各反应中相应的 $\Sigma \ln a_{\text{晶}}$ 以及 X_i 值代入分式便可求出熔浆的 ϕ_i 值，然后用地幔橄榄岩及巨晶矿物组成（表5）算出各反应的 $\Sigma \ln a_{\text{晶}}$ ，代入上式可求各反应的 P 、 T 方程。这些单变 P - T 曲线交会区即为熔浆与地幔橄榄岩及与巨晶平衡时的温度、压力值。计算结果见图4—9及图11—13，它们分别代表了辉石岩岩浆起源，碧玄岩岩浆起源，碧玄岩岩浆中巨晶组合形成时的温度、压力条件。

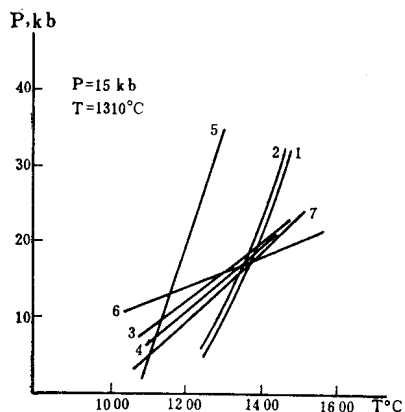


图 6 二辉橄榄岩(W010)与碧玄岩(W041)温压平衡曲线

Fig 6 Equilibrium P-T curve between ilherzolite(W010) and basanite(W041)

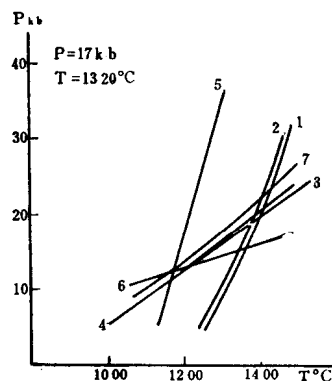


图 7 二辉橄榄岩(W035)与碧玄岩(W041)温压平衡曲线

Fig 7 Equilibrium P-T curve between ilherzolite(W035) and basanite(W041)

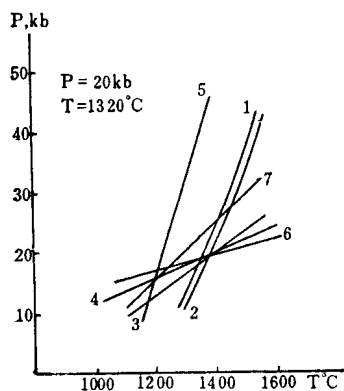


图 8 二辉橄榄岩(W010)与碧玄岩(W001)温压平衡曲线

Fig 8 Equilibrium P-T curve between ilherzolite(W010) and basanite(W001)

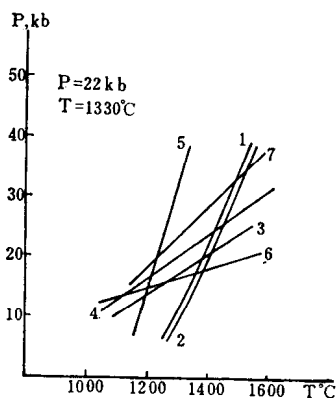


图 9 二辉橄榄岩(W035)与碧玄岩(W001)温压平衡曲线

Fig 9 Equilibrium P-T curve between ilherzolite(W035) and basanite(W001)

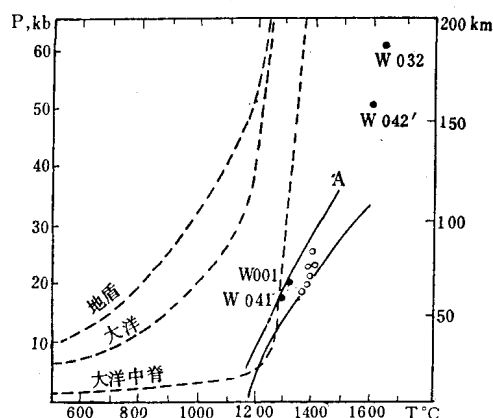


图 10 碧玄岩岩浆及辉石岩岩浆起源P-T投影图
 实心圈为本区投影点, 空心圈为宽甸地区投影点,
 虚线为地温曲线, 实线为橄榄岩固相线,
 实线A为石榴石-二辉橄榄岩固相线
 (据Ito, Kennedy, 1967)

Fig 10 P-T plots of the generation of basanite magma and pyroxenite magma

三、讨 论

1. 关于辉石岩岩浆的起源

对于辉石岩成因及辉石岩岩浆的起源问题注意较少。汪清上地幔包体中出现大量的辉石岩, 为我们讨论其形成与起源提供了良好条件。基于岩石学研究以及熔浆—矿物平衡的初步计算表明, 比较富Mg的橄榄辉石岩岩浆起源于 $P=63\text{kb}$, $T=1650^{\circ}\text{C}$, 相当于深约200 km的上地幔中; 相对贫Mg的辉石岩岩浆起源于 $P=48\text{kb}$, $T=1600^{\circ}\text{C}$, 相当于深约150 km的上地幔中(图4, 5)。

根据麦瑟尔 (Mercier, 1976) 的地质温度压力计估算的辉石岩近固相线的温度、压力, 橄榄辉石岩为 $P=22-30\text{kb}$, $T=1180-1280^{\circ}\text{C}$; 辉石岩为 $P=15-24\text{kb}$, $T=1120-1230^{\circ}\text{C}$, 它们分别代表了辉石岩岩浆结晶作用终止阶段所处的温、压条件, 即辉石岩岩浆固结时侵位的深度分别相当于深100—70 km与70—50 km的上地幔上部。在100—50 km的深度上岩浆液相线温度应大于上述的1280—1120 $^{\circ}\text{C}$ 。一般来说岩浆的形成部位应当比最后侵位固结的部位要深, 因此其液相线温度应更高。另外, 从图10可看出, 计算的辉石岩岩浆起源的P、T位置位于外推的橄榄岩固相线附近, 说明了它可能是由较深部的上地幔橄榄岩熔出的熔浆。这样, 从几个侧面都说明了热力学计算所得到的辉石岩岩浆起源的P、T估算值有一定的合理性。

关于上地幔中岩浆形成的热能来源是一个目前还没有解决的难题。有人提出了地幔底辟上升, 由于压力降低诱发的局部熔融模式, 有人提出了“热点”的假设, 但“热点”又是怎样发生的尚不清楚。计算所得的辉石岩岩浆的温度远比源区的上地幔地温度(图10), 这表明岩浆形成时需要较多的外来热能的加入, 才能引起产生异常的地温, 推测它可能来自更深部的热流。上地幔橄榄岩当局部熔融发生后, 由于比重减小出现了重力不平衡,

引起地幔底辟上升和辉石岩岩浆的形成。

2. 关于碧玄岩岩浆的起源

从计算的结果来看, 上部和下部的碧玄岩岩浆起源的深度, 温度差异不大 (图6—9), 下部为 $P=15-17\text{kb}$, 50km 左右, $T=1310-1320^\circ\text{C}$; 上部为 $P=20-22\text{kb}$, 70km 左右, $T=1320-1330^\circ\text{C}$ 。汪清地区莫霍面深约 $36-38\text{km}$, 所以碧玄岩岩浆发生在上地幔的最上部。从图10可看出, 碧玄岩岩浆产出的部位正好相当于大洋中脊的地温曲线与上地幔橄榄岩固相线相交切的部位。如果把具变质塑性流变构造的二辉橄榄岩的矿物组合看作岩浆发生以前该区上地幔地温条件 (具较典型的大洋型地温分布) 的反映, 则新生代碧玄岩岩浆发生时局部上地幔的地温分布发生了较大的变化, 由大洋地温演变为大洋中脊型地温, 反映了上地幔有一个温度较大升高的事件, 使得与上地幔橄榄岩固相线相切交, 导致了碧玄岩岩浆的形成。新生代时期中国东部强烈广泛的基性岩岩浆活动以及大地构造上的活化, 有可能反映该区由陆台转向大陆裂谷的萌芽阶段 (邓晋福等, 1980)。

与宽甸黄椅山 (路凤香等, 1981) 相比, 碧玄岩岩浆起源的深度、温度均偏低 (图10), 同时没有宽甸那样一个明显的上地幔上隆事件。从温、压计算的结果来看, 可把它看成是岩浆的形成大致在同一个深度上。

3. 关于巨晶的形成及岩浆上升的温压路线

与宽甸相比, 本区巨晶数量较少, 从计算结果来看 (图11、12), 普通辉石-歪长石巨晶组合形成于 $P=8-12\text{kb}$, $25-40\text{公里}$ 左右, $T=1300-1330^\circ\text{C}$ 。橄榄石斑晶的平衡计算只有两条较陡的曲线 (图13), 没有交会区, 考虑到含橄榄石斑晶的碧玄岩的“淬火”温度约为 1200°C , 选择了橄榄石斑晶形成的一个合理温度 $\approx 1220^\circ\text{C}$, 得到 $P=7\text{kb}$, 相当于 20多公里 。

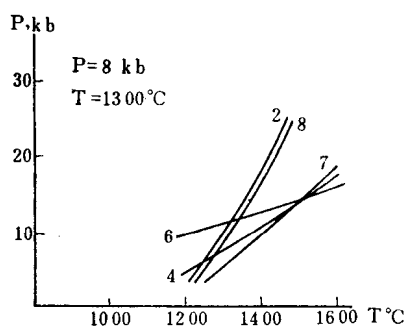


图 11 碧玄岩(W041)与巨晶组合(W045-W057)温压平衡曲线

Fig 11 Equilibrium P-T curve between basanite (W041) and megacryst assemblage (W045-W075)

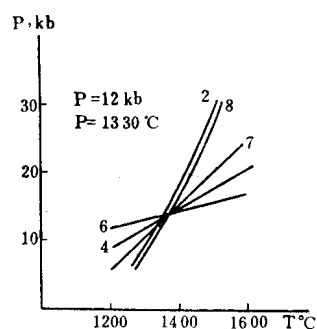


图 12 碧玄岩(W001)与巨晶组合(W045-W057)温压平衡曲线

Fig 12 Equilibrium P-T curve between basanite (W001) and megacryst assemblage (W045-W057)

矿物化学及实验结果已说明巨晶是高压下从岩浆中结晶出来的产物, 这已为大多数学者所接受。张家口汉诺坝玄武岩及其中歪长石巨晶的K-Ar同位素表面年龄数据^① (玄武岩

① 翟明哲同志面告

为14—19.3m. y歪长石巨晶为13.6m. y) 表明歪长石巨晶是从玄武岩主岩浆中晶出的。对于高压下晶出巨晶的机理研究目前还很少涉及, 推测玄武岩岩浆在上升过程中, 周围相对冷的岩石圈可能促使巨晶从上升的岩浆中析出, 尤其是在莫霍面附近地温梯度由缓变陡, 岩石圈的温度降低很快。从图14可看出, 汪清的普通辉石巨晶析出正是在莫霍面附近, 并与在此压力下实验的液相线矿物单斜辉石相符合。对于含橄榄石斑晶的碧玄岩来说, 可能在康氏面附近有一个次级的岩浆房, 停留时间较长, 允许有充分的时间晶出橄榄石斑晶。与普通辉石-歪长石巨晶组合形成时相比, 温度有一个较大的降低。

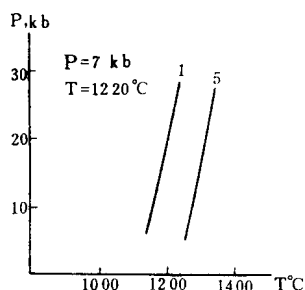


图 13 碧玄岩(W019)与橄榄石斑晶温压平衡曲线
Fig 13 Equilibrium P-T curve between basanite(W019) and olivine Phenocryst

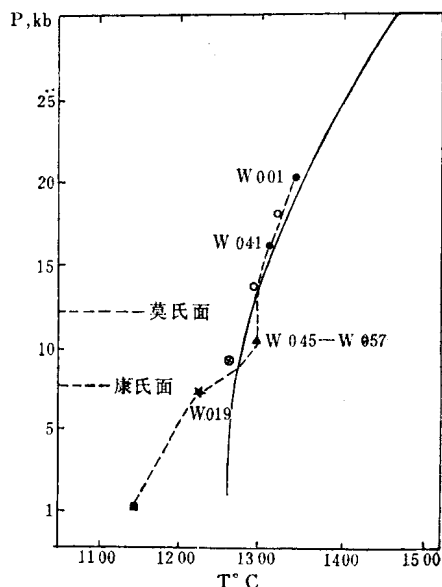


图 14 本区碧玄岩岩浆的温压路线。实线为碱性橄榄玄武岩液相线, 空心圈为实验的液相线单斜辉石, ⊗为实验的液相线橄榄石(均据Green and Ringwood, 1967) 实心圈为本区碧玄岩岩浆投影点, 三角为本区普通辉石-歪长石巨晶组合。星号为本区碧玄岩中橄榄石斑晶, 方块为基质

Fig 14 P-T path of basanite magma in this region

从图14看出, 上述计算的结果与碱性橄榄玄武岩的实验的液相线和液相线矿物类型相符合, 说明了计算结果大致是合理的。喷出岩中矿物的晶出和形成有一个较复杂的历史, 熔浆-矿物平衡计算为我们了解岩浆上升的P-T路线以及矿物晶出的复杂历史提供了较好的手段。

4. 关于上地幔的演化

汪清上地幔曾经受了比较强烈的塑性流变, 并具大洋型地温特点, 它可能是该区大地构造上长期不稳定的根本原因。可能在华力西时期(鄂莫岚等, 1982), 局部上地幔由大洋地温转入大洋中脊型地温, 软流圈从大致200公里的深度上升, 使得上覆的岩石圈在大地构造上急剧活化形成“地槽”。在200—150公里深的上地幔二辉橄榄岩熔出辉石岩岩浆, 形成强亏损的方辉橄榄岩上地幔。部分辉石岩岩浆连同强亏损的方辉橄榄岩上地幔底辟体向上侵位到100—50公里的上地幔上部形成辉石岩。能量的大量丧失使得变热的大洋中脊型地温又冷却恢复到大洋地温。新生代时期, 局部上地幔又一次升温, 在70—50公里的上地幔最上部熔出碧玄岩岩浆, 导致了该区岩石圈在大地构造上的再活化。碧玄岩岩浆形成后把与它有成因联系的弱亏损二辉橄榄岩, 以及已经处在同一部位的方辉橄榄岩和辉石岩

一起带至地表。看来,岩石圈的构造上活化与相对稳定主要取决于下伏的上地幔热状态的演变,研究上地幔的演化历史和热状态是理解岩石圈大地构造演变的钥匙。

池际尚教授、赵大升副研究员审阅了全文并提出宝贵意见,文中所用全岩及单矿物由中国科学院地质所九室分析,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- 邓晋福等, 1980, 地质论评, 第26卷, 第2期, 112—120页。
路凤香等, 1981, 地球科学, 第一期, 183—196页。
- Bowen, N. L., 1928, The evolution of the Igneous Rocks, Princeton University Press, New Jersey.
Carmichael, I. S. E. et al., 1974, Igneous Petrology, McGrawHill, New York.
Carmichael, I. S. E., 1977, Phil. Trans. Roy. Soc. London, A. Vol. 286, No. 1336. 374—431.
Drake, M. J., 1976, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 40, No. 4, 457—465.
Evans, TR. S. H. and Nash, W. P., 1979, Amer. Mineral., Vol. 64, No. 3—4, 249—267.
Ghiorso, M. S., Carmichael, I. S. E., 1980, Contrib. Mineral. and Petrol., Vol. 71, No. 4, 323—342.
Mercier, J. C., 1976, Am. Mineral., Vol. 61, 603—615.
Nielson, R. L., Drake, M. J., 1979, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 43, No. 8, 1259—1272.
Ringwood, A. E., 1975, Composition and petrology of the Earth's mantle. McGraw—New York.
Roeder, P. L. 1970, Contrib. Mineral. and Petrol., Vol. 29, No. 4, 275—289.

ON THE ORIGIN OF BASANITE MAGMA AND THE FORMATION OF PYROXENITE IN WANGQING AREA, JILIN PROVINCE

E Molan

Deng Jinfu, Lu Fengxiang

(Institute of Geology, Academia Sinica)

(Wuhan College of Geology)

Abstract

This paper deals with the origin of Cenozoic basanite magma and pyroxenite magma, and the formation of megacrysts and the evolution of the upper mantle in Wangqing. Both basalts and pyroxenites can be divided into two kinds, basanites containing ultramafic xenoliths and megacrysts of clinopyroxene-anorthoclase, and basanite containing only phenocrysts of olivine. The brown spinel-bearing harzburgite, lherzolite and websterite have metamorphic textures, and the green spinel-bearing pyroxenite and websterite have igneous textures. It is clear that the chemical compositions between the harzburgite and pyroxenite, the lherzolite and basanite are complementary.

The temperatures and pressures for equilibrium between harzburgite and pyroxenite, and lherzolite and basanite, have been calculated by using the Carmichael's method (1977, 1980). The pyroxenite magma was originated at the depth of 200-150km, $T \sim 1650-1600^{\circ}\text{C}$. The basanite magma at the depth of 70-50km, $T \sim 1330-1310^{\circ}\text{C}$, and the extent of partial melting is 27-41% and 7-8% respectively. The clinopyroxene-anorthoclase megacrysts and olivine phenocrysts were formed at the depth of 25-40km, $T-1300-1330^{\circ}\text{C}$, and 20km, $T-1220^{\circ}\text{C}$ respectively.

The upper mantle beneath Wangqing area had been subjected to deformation by extensive plastic flow, and characterized by the ocean geotherm. This might be the essential cause of the geotectonic instability in this region for a long period. Probably in the Variscan epoch the upper mantle might have locally come into the regime of mid-ocean ridge geotherm from the ocean geotherm, as at the depth of 150-200km the pyroxenite magmas had been generated from the lherzolite upper mantle by partial melting, with the result in formation of highly depleted harzburgite in the upper mantle. One