

六合地区碱性玄武岩及其幔源捕虏体的成因岩石学

中国科学院地质研究所

肖增岳 王艺芳

在江苏六合地区零散出露着晚第三纪上新世喷发的方山、塔山、马头山、灵岩山、瓜埠山等火山(图1)。它们多呈孤立的火山锥体分布于施官集断裂南端,或与长江破碎带交汇地带附近,岩石以玄武质熔岩为主,火山碎屑岩仅见于方山。玄武质熔岩包括有碧玄岩、碱性橄辉玄武岩、碱性橄辉辉绿岩和橄辉拉斑玄武岩,前二者含有丰富幔源捕虏体以及辉石和歪长石巨晶。本文试图对碧玄岩、碱性橄辉玄武岩及其幔源捕虏体的成因岩石学进行初步探讨。

一、岩相学

根据本区火山岩出露层位,可将火山岩划分为两个喷发时期:早期——中新世至上新世初的小盘山玄武岩组,以碧玄岩为主,次为碱性橄辉玄武岩,其中含有幔源捕虏体及辉石和歪长石巨晶,在方山、塔山、瓜埠山等地均有发现;晚期——上新世末的尖山玄武岩组,由碱性橄辉辉绿岩和橄辉拉斑玄武岩构成,它们不含幔源捕虏体和巨晶,出露于灵岩山、马头山和方山等地。小盘山玄武岩组与尖山玄武岩组之间夹黄岗组砂砾岩层。

按Yoder (1962) 和 Ringwood (1975) 的标准矿物分类,将本区含幔源捕虏体的寄主岩分为碧玄岩($Ne > 5\%$)和碱性橄辉玄武岩($Ne < 5\%$),只有表1中13号样,由于同化混染作用,使其岩石化学成分和REE丰度出现异常。

碧玄岩为灰、深灰至黑灰色,致密块状、多孔状构造,显微斑状结构,斑晶为橄辉石和普通辉石(普通辉石具环带和砂钟构造)。基质为间隐结构,由微细板条状斜长石、短柱或粒状辉石、粒状橄辉石以及钛磁铁矿和玻璃等组成。

碱性橄辉玄武岩为灰黑、绿黑色,致密块状、气孔状和杏仁状构造、斑状结构,斑晶以橄辉石为主,有时出现辉石和斜长石,基质为间粒—间隐结构或交织结构,由普通辉石、斜长石、橄辉石、磁铁矿和玻璃等组成。

寄主岩中的辉石和歪长石巨晶大小各异,小的几毫米,一般为1—4厘米,最大者可达6—7厘米。此外,岩石中还常见橄辉石捕虏晶,它有别于斑晶,以 F_0 值高和具有扭折带为特征。

幔源捕虏体的岩石类型单一,以尖晶石—二辉橄辉岩为主,矿物组合 $ol > opx > cpx > sp$ 。它们多呈浑圆状和次棱角状,长轴一般为0.5—6厘米,大者可达30—40厘米。

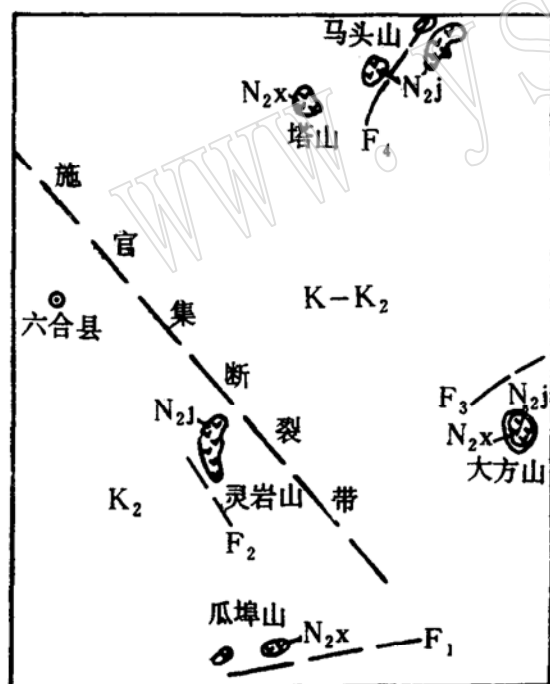


图1 新生代玄武岩分布略图

Fig. 1 Generalized map showing the distribution of Cenozoic basalts

N_{2x} —小盘山组玄武岩; N_{2j} —尖山组玄武岩; F_1 —瓜埠山断层; F_2 —灵岩山断层; F_3 —汉广断层; F_4 —马头山断层

表1 玄武质岩石化学成分及标准矿物

Table 1 Chemical compositions (wt%) and CIPW norm of basalts

	含橄榄岩捕虏体的岩石												
	塔山						瓜埠山	方山					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	47.50	46.84	46.72	48.11	47.26	46.77	42.75	46.54	47.10	45.86	46.86	46.45	50.90
TiO ₂	1.26	1.23	1.66	2.64	1.57	1.79	2.00	1.30	2.33	2.00	2.00	2.03	1.49
Al ₂ O ₃	13.79	14.42	14.39	14.15	13.52	14.10	11.81	13.61	14.93	14.48	13.83	14.67	14.73
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	0.04			0.04	0.07	0.03	0.04				0.03
Fe ₂ O ₃	7.49	4.96	4.17	6.98	4.05	1.25	2.09	3.41	1.90	4.82	2.98	2.17	4.29
FeO	5.52	7.05	7.05	5.47	8.05	10.17	9.80	8.57	8.68	6.12	7.54	8.69	5.65
NiO	0.04	0.28	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04				0.03
MnO	0.17	0.19	0.13	0.19	0.19	0.16	0.18	0.18	0.15	0.24	0.14	0.24	0.13
MgO	6.09	8.28	8.65	5.81	8.02	9.12	13.58	10.00	9.78	12.26	11.45	12.42	8.15
CaO	8.41	8.00	7.77	7.42	8.18	7.78	9.48	7.05	7.04	7.69	7.24	7.79	7.44
Na ₂ O	4.35	4.55	3.92	4.67	4.56	4.22	3.50	3.70	4.16	3.53	3.66	3.58	3.51
K ₂ O	2.45	2.55	2.24	2.55	2.35	2.13	0.71	1.75	2.24	1.55	1.27	1.57	1.41
P ₂ O ₅	0.62	0.46	0.62	0.92	0.66	0.62	0.71	0.37	0.53	0.24	0.14	0.38	0.29
H ₂ O ⁺	1.24	0.18	1.72	0.74	0.98	1.79	2.37	1.24	0.18	0.33	0.64		0.86
灼失	0.03	0.20		0.01		0.40	0.55	0.49			0.64		1.04
总计	98.98	99.22	99.11	99.70	99.43	100.36	99.63	98.26	99.11	99.12	98.59	99.99	99.59

以6个氧为基础的阳离子数

Q													
Or	14.47	15.06	12.23	15.06	13.88	12.58	4.18	10.34	13.23	9.16	7.50	9.28	8.33
Ab	18.45	12.57	18.76	24.52	16.66	18.07	10.87	21.61	19.58	16.42	23.60	17.21	29.70
An	10.86	11.38	15.04	10.11	9.47	13.23	14.41	15.35	15.44	19.07	17.55	19.31	19.28
Lc													
Ne	9.94	14.04	7.80	8.12	11.88	9.55	10.15	5.25	8.46	7.28	3.99	7.08	
Di—Wu	11.19	10.56	8.12	8.64	11.19	8.90	11.68	7.18	6.69	7.31	7.29	7.03	6.57
En	5.59	6.01	4.95	4.64	6.41	5.48	7.87	4.38	4.38	4.95	4.95	4.76	4.08
Fs	5.37	4.10	2.72	3.73	4.29	2.90	2.92	2.40	1.85	1.79	1.77	1.73	2.10
Hy—En													7.71
Fs													3.97
OL—Fo	6.71	10.25	11.63	6.90	9.50	12.07	18.18	14.38	14.00	17.92	16.51	18.33	5.96
Fa	7.11	7.71	7.06	6.13	7.01	7.05	7.43	8.69	6.51	7.14	6.51	7.33	3.38
Cm	0.03	0.03	0.06			0.59	0.10	0.04	0.06				0.04
Mt	3.63	3.41	3.20	3.48	3.46	3.34	3.46	3.44	3.08	3.10	3.03	3.15	2.81
IL	2.39	2.34	3.15	5.01	2.98	3.40	3.80	2.47	4.42	3.80	4.18	3.86	2.83
AP	1.35	1.00	1.35	2.01	1.44	1.35	1.55	0.81	1.16	0.52	0.31	0.83	0.63
Mg/Mg + Fe ²⁺	0.52	0.61	0.64	0.52	0.60	0.64	0.72	0.65	0.67	0.72	0.71	0.72	0.72
Al ₂ O ₃ /CaO	1.64	1.80	1.85	1.90	1.65	1.81	1.25	1.93	2.12	1.88	1.91	1.88	1.98

〔注〕：3、9、23、24引自周新民 (1982)

续表 1

Table 1 (Continued)

不含橄榄岩捕虏体的岩石											
马头山		灵岩山	马头山		方山						
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
49.02	50.47	49.98	51.50	49.81	51.30	50.37	51.46	50.56	51.52	50.89	51.92
1.52	1.40	1.63	1.62	4.32	1.11	1.19	1.19	1.02	1.19	1.69	1.61
13.61	14.51	14.60	13.88	13.61	15.24	15.96	14.33	14.69	15.42	15.00	15.34
		0.03			0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
3.85	7.60	6.71	4.00	5.81	5.47	11.65	6.43	5.10	7.56	1.45	3.89
7.87	4.06	5.08	7.52	6.80	5.53	0.31	5.36	6.20	4.73	8.17	5.77
0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.28	0.04	0.03	0.02
0.18	0.15	0.15	0.17	0.18	0.14	0.15	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14
9.03	6.46	5.99	6.98	3.78	5.67	4.52	6.30	6.93	4.62	7.32	6.96
7.88	9.15	8.15	7.73	8.48	8.41	9.01	9.01	8.02	8.08	7.55	8.88
3.90	3.70	3.45	3.90	4.25	4.20	4.15	3.75	3.50	3.80	3.50	3.64
1.57	1.45	1.77	1.75	1.95	1.58	1.40	1.47	1.30	1.70	1.46	1.32
0.36	0.18	0.51	0.30	0.98	0.21	0.25	0.25	0.24	0.25	0.29	0.29
0.94	0.68	0.78	0.36	0.17	0.33	0.64	0.68	0.36	0.17	0.94	2.04
0.30		0.39	0.17		0.75	0.12	0.11	0.11	0.10	0.07	0.11
100.06	99.83	99.24	99.90	100.25	99.99	99.77	100.58	99.01	99.37	99.05	101.96

6个氧为基础的阳离子数

9.28	8.75	10.46	10.34	11.52	9.33	8.27	8.68	10.63	10.04	8.74	7.80
26.74	30.01	29.19	33.00	35.45	32.86	31.68	31.73	29.62	32.16	29.62	30.80
14.98	18.69	19.11	15.19	12.29	18.05	20.77	17.91	19.04	19.98	20.83	21.61
3.39	0.70			0.28	1.45	1.86					
9.08	10.65	7.51	8.85	9.76	9.31	9.30	10.50	8.00	7.71	6.15	8.58
5.46	5.78	3.98	4.95	4.88	4.83	4.33	5.53	4.34	3.50	3.81	5.16
3.14	4.50	3.30	3.54	4.67	4.22	4.88	4.65	3.38	4.16	1.97	2.96
		3.64	1.42				0.89	1.37	3.05	7.13	5.26
		3.02	1.01				0.75	1.07	3.63	3.69	3.01
11.93	7.20	5.11	7.72	3.33	6.51	4.85	6.49	8.09	3.47	5.98	4.84
7.56	6.18	4.67	6.09	3.51	6.26	6.02	6.02	6.94	4.54	3.41	3.06
		0.04			0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04
3.35	3.23	3.29	3.29	3.56	3.09	3.20	3.30	3.19	3.42	2.80	2.74
2.89	2.66	3.10	3.08	8.20	2.11	2.26	2.26	1.94	2.26	3.21	3.06
0.79	0.39	1.11	0.66	2.14	0.46	0.55	0.55	0.52	0.55	0.63	0.63
0.64	0.54	0.54	0.58	0.42	0.54	0.48	0.55	0.58	0.47	0.64	0.62
1.73	1.79	1.79	1.79	1.60	1.81	1.77	1.59	1.83	1.91	1.98	1.73

〔注〕：1) 13号与表3中1号、表11中1和1'号相对应；2) 6号与表3中6号、表11中3和3'号相对应；3) 7号与表3中8号、表11中2和2'号相对应。

幔源捕虏体结构,按其组成矿物的颗粒大小、边界形态、变形和重结晶程度,可分为不等粒状、残斑状和不等粒变晶结构,并以后二者为主。

不等粒状结构:橄榄石和斜方辉石颗粒较大,多为3—4毫米,发育扭折带,而单斜辉石颗粒小且均匀,多为1—2毫米,矿物颗粒边界多呈圆滑曲线状,矿物无明显方位,此种结构是地幔橄榄岩的代表性结构类型。

残斑状结构:它是捕虏体中常见的一种结构类型,矿物颗粒变化于1—7毫米之间。橄榄石为主要的残斑、矿物具有程度不同的拉长,扭折带发育。残斑矿物之间的重结晶矿物颗粒边界线平直,多呈120°三联结线。

不等粒变晶结构:矿物颗粒相为变小且均匀,边界平直,常构成夹角为120°三联结线,扭折带不发育。这种结构类型表明幔源捕虏体经受过不同程度的高温塑性变形和重结晶作用。

二、岩石化学

从表1中看出,寄主岩均为碱质较强, SiO_2 、不饱和的熔岩,具有 CaO 、碱质和 TiO_2 较高, SiO_2 和 Al_2O_3 较低的特征。

寄主岩均富含P、Ti和K,表明它们是地幔橄榄岩低度熔融的产物,因为这些元素为地幔橄榄岩主要矿物相的不相容元素,随着地幔橄榄岩熔融程度升高,熔体中这些元素的浓度降低。根据Frey等(1978)指出的地幔橄榄岩的1—20%部分熔融所形成的玄武岩浆,其Ni含量为90—670ppm的估算和只要有10%橄榄石分离结晶就会使岩浆中Ni量减少60%的资料,说明本区寄主玄武岩的Ni量高(340—560ppm)是因为高压结晶分离相为辉石。

寄主岩还有较高的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ 比值(1.25—2.12)和 Na_2O 含量(3.50—4.55%),也充分表明它们是地幔橄榄岩低度熔融的产物,因为在地幔橄榄岩熔融过程中,Al比Ca更易进入熔体,随着地幔随着地幔熔融程度增高,形成的岩浆 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ 值愈近于原始地幔的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ 值,即相当于球粒陨石值1:1。

寄主岩的M值 $100\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ 为52—72,比Ringwood(1975)、Garter(1970)和Nicholls(1967)提出的饱满型地幔橄榄岩 ($M = 87.4—89.3$, 其橄榄石成分应为 $F_0 = 86—90$) 熔融形成的玄武岩浆M值(68—75)低。表明寄主岩是原始岩浆受到某种程度高压分离结晶作用的产物,它们的固结指数低

和含有辉石巨晶即是有力的佐证。

此外,笔者采用了扣除法估算了本区原始地幔成分(表2);为便于对比,选用了寄主岩及与其共存的捕虏体中分析项目较全的作为代表性样品,即表3中的1.6和8号捕虏体(与表11中1'、2'和3'号样对应)和与其共存的寄主岩(表1中13、7和6号样与表11中1、2和3号样对应)的 MgO 含量为横坐标,其它氧化物为纵坐标,选取37.5%为原始地幔 MgO 含量时,估算出原始地幔成分接近于Ringwood(1975)的模拟地幔成分,进而可估算出玄武岩石的熔融程度:瓜埠山为4—5%,方山为8—9%,塔山为2—3%,从而亦表明寄主岩是地幔橄榄岩低度熔融的产物(图2)。

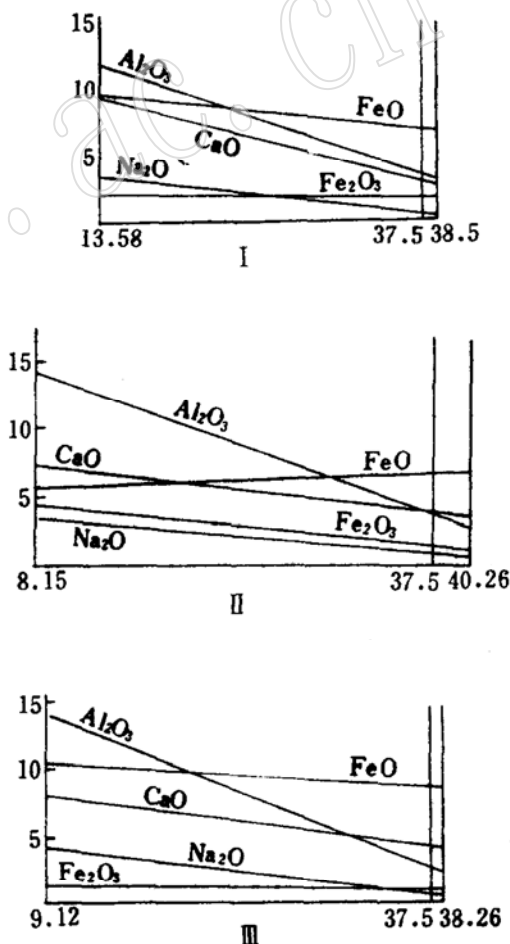


图2 扣除法确定的本区原始地幔成分和熔融程度

Fig. 2 Compositions and degree of partial melting for primary upper mantle determined by methods of deducting
I—瓜埠山; II—方山; III—塔山

表2 估算的本区原始上地幔组成

Table 2 Estimated compositions of primary upper mantle of the region

	估算的本区原始上地幔组成			模拟上地幔岩
	方山	瓜埠山	塔山	
SiO ₂	43.93	43.83	42.85	45.16
TiO ₂	0.19	0.20	0.14	0.71
Al ₂ O ₃	3.75	3.38	2.69	3.54
Fe ₂ O ₃	1.23	1.62	0.71	0.46
FeO	6.69	6.97	8.46	8.04
MnO	0.13	0.13	0.14	0.14
CaO	3.59	3.17	4.12	3.08
MgO	37.37	37.38	37.53	37.47
K ₂ O	0.17	0.05	0.18	0.13
Na ₂ O	0.68	0.24	0.30	0.57
P ₂ O ₅	0.06	0.04	0.05	0.06
H ₂ O ⁺	0.97	1.74	0.67	
H ₂ O ⁻	0.13	0.35	0.31	
挥发份	0.11	0.09	1.23	
Cr ₂ O ₃	0.36	0.40	0.25	
NiO	0.24	0.23	0.23	
总计	99.60	99.79	99.86	
玄武质岩石的熔融程度	9%	4.5%	2.5%	

世界上二辉橄榄岩捕虏体主成分含量较稳定 (Kuno和Aoki, 1970)。从表3看出, 本区橄榄岩捕虏体化学成分均落入世界二辉橄榄岩成分范围内。其差别仅限于易熔组分和 $Mg/(Mg + \Sigma Fe)$ 比值或 $\Sigma Fe/(Mg + \Sigma Fe)$ 比值的微小变化。从图3表明, 本区橄榄岩捕虏体的易熔组分 TiO_2 、 CaO 和 $Na_2O + K_2O$ 含量大致与南非金伯利岩中的饱满型捕虏体相近。 $Mg/(Mg + \Sigma Fe)$ 值比南非金伯利岩中亏损型捕虏体低, 而与其中的饱满型捕虏体相近, 同时, 其易熔组分随 $Mg/(Mg + \Sigma Fe)$ 值增高而减少, 并向 $Mg/(Mg + \Sigma Fe)$ 值低方向扩展, 表明易熔组分的变化是受本身部分熔融程度的制约。

寄主岩中除含大量来自上地幔的捕虏体外, 尚含有丰富的辉石巨晶和歪长石巨晶。

辉石巨晶为黑或褐黑色, 单晶体大小一般为1—4厘米, 大者可达5—6厘米, 表面具一层灰黑色外壳, 是低压下与玄武岩浆反应的现象。辉石的化学成分(表4)比捕虏体中同类辉石成分有较高的 Al_2O_3 (7.61—9.60%) 和低 CaO (14.78—17.92%)

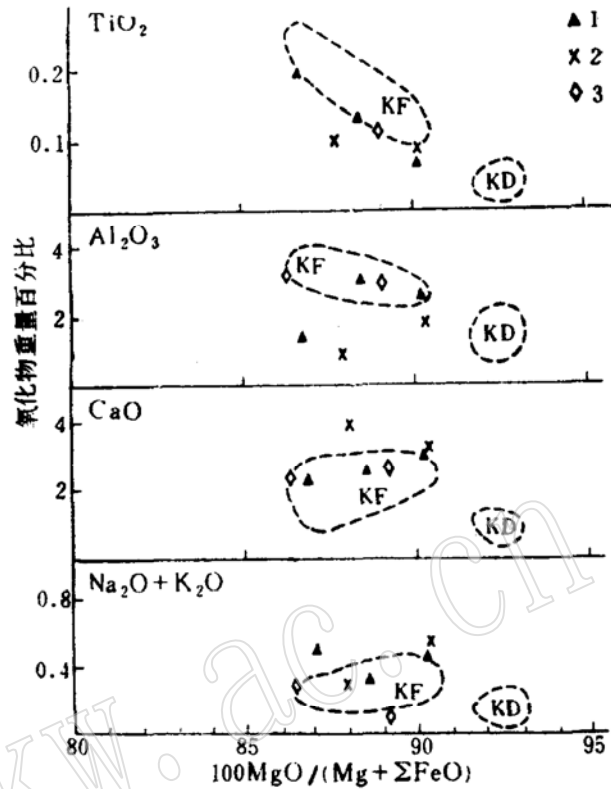


图3 橄榄岩捕虏体易熔组分对 $100Mg/(Mg + \Sigma Fe)$ 值的投影图

Fig. 3 Plot of fusible components (wt%) against $100Mg/(Mg + TFe)$ ratios for peridotitic xenoliths

KD和KF分别为南非金伯利岩中亏损和饱满型, 捕虏体投影点的密集区(Nixon等, 1981); 1—方山; 2—塔山; 3—瓜埠山

的特点, $Ca:Mg:(\Sigma Fe + Mn) = (32.9-41.7):(42.3-55):(12.3-15)$, 属富铝普通辉石, 具高 Al^{IV} 和 Al^{VI} , 为高温高压下形成的矿物相。

根据Green和Hiberson(1970)在1200℃, 14—16Kb条件下, 从含H₂O 2%的天然碱性橄榄玄武岩熔体中结晶出的相成分接近于辉石的实验, 也证明了辉石巨晶与玄武岩同源, 是碱性玄武岩浆早期高压熔离产物。

根据R. N. Thompson(1974)提出Al与P、T关系公式: $P(Kb) = -7.5382 + 83.1692Al$

$$T(^{\circ}C) = 1056.8986 + 902.7928Al$$

计算了辉石巨晶形成条件分别为: 方山 1353.9—1436.9℃, 19.8—27.5 Kb, 瓜埠山 1399—1427℃, 23.9—26.5 Kb, 大致相当于65—90公里的深度。

歪长石巨晶多呈乳白色, 粒径一般为0.5—1厘米, 大者可达5—8厘米。歪长石成分(表4)为

表3 二辉橄辉岩捕虏体化学成分 (wt%)

Table 3 Chemical compositions of lherzolitic xenoliths (wt%)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	43.24	44.20	43.41	43.80	44.13	42.91	44.42	43.89
TiO ₂	0.07	0.15	0.20	0.08	0.96	0.10		0.12
Al ₂ O ₃	2.70	3.08	1.45	1.72	1.81	2.40	3.35	2.98
Fe ₂ O ₃	0.95	1.20	1.67	1.12	1.26	0.70	2.12	1.60
FeO	6.79	7.88	9.14	6.80	10.46	8.42	8.15	6.84
CaO	3.01	2.54	2.37	3.05	3.33	4.03	2.62	2.87
MgO	40.26	40.20	39.18	41.22	35.15	38.26	36.31	38.50
MnO	0.13	0.15	0.18	0.12	0.18	0.14	0.14	0.13
P ₂ O ₅	0.03	0.01		0.03	0.56	0.03	0.09	0.01
K ₂ O	0.04	0.03	0.17		0.18	0.13		0.02
Na ₂ O	0.40	0.30	0.35	0.36	0.42	0.20	0.28	0.09
Cr ₂ O ₃	0.40		0.32	0.41	0.34	0.26	0.46	0.42
NiO	0.26		0.25	0.22	0.26	0.24	0.33	0.24
H ₂ O ⁺	0.98	0.42	0.94	0.58	0.44	0.64	1.75	1.71
H ₂ O ⁻	0.06		0.08		0.20	0.31	0.24	0.34
挥发份	0.11		0.13	0.40	0.25	1.28	0.01	0.10
合计	99.63	100.10	99.84	99.91	99.93	100.03	100.27	99.86
100Mg/(Mg + ΣFe)	90.3	88.8	88.8	90.4	84.4	88.2	86.5	89.2
100Cr/(Al + Cr)	6.3		9.1	9.9	7.9	4.7	5.8	5.9

〔注〕 1—3方山, 4—6塔山, 7—8瓜埠山, 其中3、4引自周新民 (1982)。

An_{4.9-5.1}Ab_{58.6-72.5}Or_{22.5-36.2}。据 X-射线衍射结果歪长石为高温无序型, 形成于高温条件下, 但实验表明, 它在压力大于10千巴的条件下开始不一致熔融, 推测其是于30公里深度上, 从玄武岩浆中晶出的。

三、矿物化学

寄主岩中橄榄石的 Mg/(Mg + ΣFe) 值为 62.9—85.4, F₀ 值为 66—86%, 属贵橄榄石和透铁橄榄石。单斜辉石的 Ca:Mg:(ΣFe + Mn) 比值分别为: 方山 (44.4—45.3):(42.7—43.3):(12—12.3), 马头山 (41.1—42.8):(41.6—46.2):(12.6—15.5), 塔山 37.8:55.38:6.82, 属透辉石质普通辉石和镁透辉石。斜长石中 An = 32—43.5%, 属中长石。

二辉橄辉岩捕虏体的组成矿物的化学成分列于表5、6、7、8中。橄榄石的 F₀ 值局限于 89—91% 的较小范围内。F₀ 值随着全岩的 Mg/(Mg + ΣFe) 值 (89.2—91.6) 增加而增加。

斜方辉石的 En = 86.5—89.7%, 属顽火辉石。

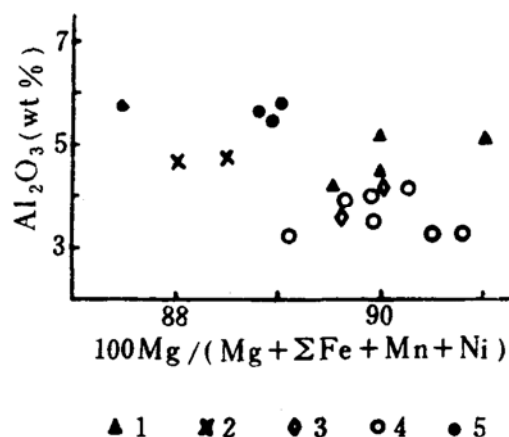


图4 橄辉岩捕虏体的斜方辉石的 Al₂O₃ (wt%) 对 100Mg/(Mg + ΣFe + Mn + Ni) 值投影图

Fig. 4 Plot of Al₂O₃ (wt%) against 100Mg/(Mg + TFe + Mn + Ni) ratios for orthopyroxenes in peridotitic xenoliths 1—方山; 2—塔山; 3—瓜埠山; 4—女山; 5—大麻坪 (5和6投影点引自张儒璠等, 1983, 下同)

表4 辉石巨晶和歪长石巨晶化学成分

Table 4 Chemical compositions of megacrysts of augite and anorthoclase

	方山辉石巨晶			瓜埠山辉石巨晶		塔山歪长石巨晶		
	1	2	3	4	5	1	2	3
SiO ₂	49.87	47.90	50.06	49.05	48.15	63.13	64.71	65.25
TiO ₂	0.52	1.18	0.86	1.24	1.24	0.01	0.09	0.01
Al ₂ O ₃	7.61	9.60	8.61	8.80	9.45	20.93	22.02	20.57
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	1.76	1.67	0.00	2.49	2.87	1.94	1.91	1.02
FeO	5.45	7.08	7.07	5.59	5.38	0.19	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.10	0.24	0.07	0.19	0.24	0.00	0.00	0.00
MgO	16.66	12.62	17.90	13.49	13.69	0.30	0.00	0.00
CaO	15.92	17.03	14.78	17.92	17.11	0.98	0.39	1.06
Na ₂ O	0.91	1.81	0.85	1.48	1.42	6.13	7.28	7.65
K ₂ O	0.00	0.03	0.00	0.06	0.03	5.75	3.44	3.87
P ₂ O ₅	0.04	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
灼失	0.05	0.21	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
总量	98.89	99.41	100.20	100.34	99.78	99.36	100.34	99.43
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	1.832	1.781	1.818	1.795	1.773	2.858	2.863	2.915
Al	0.168	0.219	0.190	0.205	0.227	{	1.116	1.148
Al	0.161	0.202	0.177	0.174	0.183		1.084	
Ti	0.014	0.033	0.023	0.034	0.034	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Fe ³⁺	0.049	0.047	0.000	0.069	0.080	0.066	0.064	0.034
Fe ²⁺	0.167	0.220	0.214	0.171	0.165	0.007	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.003	0.008	0.002	0.006	0.007	0.000	0.000	0.000
Mg	0.912	0.699	0.965	0.736	0.751	0.020	0.000	0.000
Ca	0.627	0.678	0.573	0.703	0.675	0.048	0.042	0.051
Na	0.065	0.130	0.060	0.105	0.101	0.538	0.624	0.663
K	0.000	0.001	0.000	0.003	0.001	0.332	0.194	0.221
总量	3.997	4.018	4.013	4.001	3.999	4.986	4.938	4.967
Ca	35.67	41.04	32.67	41.72	40.23	An	5.18	4.90
MgO	51.88	42.31	55.02	43.68	44.76	Ab	58.62	72.54
Σ Fe + Mn	12.46	16.65	12.31	14.60	15.02	Or	36.19	22.55
						%		23.62

* 1、2—引自周新民 (1982), 3—引自张德全 (1982)

Mg/(Mg + ΣFe) 值较低 (88—91), 介于同属一个类型的女山, 大麻坪的橄榄岩捕虏体的斜方辉石之间, 方山和瓜埠山的捕虏体中斜方辉石更近于大麻坪, 而塔山的与女山的相近 (图4), Al₂O₃ 含量为 3.57—5.22%。

单斜辉石成分为 Ca:Mg:(ΣFe + Mn) = (38.7

~45.9):(47.7~55):(5.3~9.5), 属透辉石。于图5中, 它们的Ca/(Mg + Ca)比值变化于42—48之间, 介于女山和大麻坪同类捕虏体的单斜辉石之间, 表明它们的平衡结晶温度也近于二者之间。在Jag-outz等 (1979) 提出的单斜辉石 Al^{IV}对 Al^{VI}图解上 (图6), 投影点大部分落在原始地幔区 (A区) 或

表5 橄辉岩捕虏体中橄榄石的化学成分

Table 5 Chemical composition of olivines in peridotitic xenoliths

	方 山					瓜 埠 山		马头山
	1	2	3	4	5	6	7	8*
SiO ₂	40.60	40.82	39.95	40.86	39.55	40.03	40.97	40.64
TiO ₂	0.02	0.07	0.21	0.14	0.00	0.04	0.00	0.04
Al ₂ O ₃	0.38	0.43	0.00	0.22	0.06	0.00	0.00	0.66
Cr ₂ O ₃	0.04	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.33	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
FeO	9.10	9.21	8.94	10.38	9.87	10.20	8.21	8.55
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
MnO	0.16	0.17	0.20	0.06	0.15	0.00	0.17	0.11
MgO	48.92	49.01	49.38	47.89	50.77	50.27	50.45	46.44
CaO	0.00	0.00	0.50	0.08	0.19	0.00	0.15	1.33
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.00	0.15	0.24
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
总 量	99.55	100.20	99.35	99.69	100.75	100.54	100.46	98.31

以4个氧为基础的阳离子数

Si	0.997	0.996	0.985	1.006	0.967	0.979	0.995	1.010
Al	0.010	0.012	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.020
Ti	0.000	0.001	0.004	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001
Cr	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe ³⁺	0.006	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
Fe ²⁺	0.187	0.188	0.184	0.213	0.202	0.208	0.167	0.177
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000
Mn	0.003	0.004	0.004	0.001	0.003	0.000	0.000	0.002
Mg	1.790	1.782	1.815	1.756	1.850	1.832	1.826	1.720
Ca	0.000	0.000	0.013	0.002	0.005	0.000	0.004	0.035
Na	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.000	0.007	0.012
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
总量	2.994	2.992	3.009	2.990	3.036	3.020	3.008	2.983
Mg/(Mg + ΣFe)	90.26	90.09	90.80	89.18	90.16	89.80	91.62	90.38

* 8—引自周新民 (1980)

其附近,表明二辉橄辉岩捕虏体基本代表了易熔组分亏损不多的原始地幔成分。

尖晶石为捕虏体的次要矿物相,含量一般不超过5%。尖晶石成分:Cr₂O₃7.38—13.68%,MgO 16.27—21.25%,属含铬富镁尖晶石,它较高的Mg/(Mg + ΣFe)值(0.72—0.76)和较低的Cr/(Al + Cr)比值(0.08—0.17),二者变化范围均较局限。

综上所述,橄辉岩捕虏体的矿物化学具有橄辉石F₀值和斜方辉石的En值较低,变化范围小,单斜辉石有较高的Al₂O₃和TiO₂等特征,表明它们相对

地富集易熔组份。

四、幔源捕虏体矿物 组合平衡结晶P—T条件

通过对本区橄辉岩捕虏体的各同名矿物对的分配系数K_{D(Fe)}估算,大体近于一致,表明其矿物组合基本达到了平衡(表9)。

文内采用了Mercier (1976)的单辉石温度计和压力计方法估算了捕虏体平衡结晶温度和压力(表10)。对于温度又用了Boyd的单辉石温度计和Wood

表6 微煌岩捕房体中的单斜辉石化学成分

Table 6 Chemical compositions of clinopyroxenes in peridotitic xenoliths

	方 山					瓜 埠 山		马 头 山	塔 山
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	51.76	51.76	49.12	51.07	50.48	50.78	52.22	50.56	52.49
TiO ₂	0.45	0.46	0.63	0.46	1.01	0.40	0.45	0.28	0.68
Al ₂ O ₃	6.29	6.86	6.98	7.03	7.27	5.70	6.69	4.46	7.19
Cr ₂ O ₃	0.21	0.24	0.80	0.63	0.40	0.00	0.13	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	1.05	1.05	0.50	0.00	1.06	1.71	1.00	0.00	1.13
FeO	1.98	2.41	2.43	3.72	4.35	4.15	2.14	3.10	2.15
NiO	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.10	0.12	0.07	0.09	0.16	0.09	0.12	0.15	0.17
MgO	16.13	16.80	15.53	16.16	16.38	16.32	17.76	17.34	15.09
CaO	19.55	18.36	20.25	20.54	17.48	20.43	17.72	19.77	19.50
Na ₂ O	1.60	1.39	1.55	1.67	1.49	0.63	1.51	1.63	1.87
K ₂ O	0.00	0.00	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灼失	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
总量	99.18	99.45	99.04	101.48	100.58	100.21	99.77	97.36	100.27

以6个氧为基础的阳离子数

Si	1.881	1.871	1.825	1.835	1.823	1.852	1.876	1.887	1.884
Al	0.119	0.129	0.175	0.165	0.177	0.148	0.124	0.113	0.116
Al	0.151	0.163	0.130	0.133	0.133	0.097	0.159	0.083	0.189
Ti	0.012	0.013	0.018	0.012	0.027	0.011	0.012	0.008	0.018
Cr	0.006	0.007	0.023	0.018	0.011	0.000	0.004	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.029	0.029	0.014	0.000	0.029	0.047	0.027	0.000	0.031
Fe ²⁺	0.060	0.073	0.075	0.112	0.131	0.126	0.064	0.097	0.064
Ni	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.003	0.004	0.002	0.003	0.005	0.003	0.004	0.005	0.005
Mg	0.874	0.905	0.860	0.865	0.909	0.887	0.951	0.964	0.807
Ca	0.761	0.711	0.806	0.791	0.677	0.798	0.682	0.790	0.750
Na	0.113	0.097	0.112	0.116	0.104	0.045	0.105	0.118	0.130
K	0.000	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
总量	4.011	4.001	4.043	4.055	4.026	4.014	4.008	4.068	3.995
Ca	44.06	41.29	45.87	44.66	38.66	42.88	39.47	42.56	45.26
Mg	50.61	52.56	48.95	48.84	51.91	47.66	55.03	51.94	48.70
Σ Fe + Mn	5.33	6.16	5.18	6.49	9.41	9.46	5.50	5.50	6.04

* 3—引自黄婉康(1982), 4、8—引自周新民(1980)

-Banno (1973) 的二辉石温度计等加以对比, 从表10中看出, 以各种方法估算的温度差值不大, 均在允许误差范围内。用两种辉石成分以 Mercier 法估算的压力也趋于一致, 并与辉石巨晶形成条件相近。

五、过渡金属和稀土元素的地球化学

通过对本区各类岩石的过渡金属和稀土元素(REE)的习性、浓度和相对丰度研究, 可解释其岩浆形成与演化(分析数据列于表11中)。

表7 橄辉岩捕虏体中的斜方辉石化学成分

Table 7 Chemical compositions of orthopyroxenes in peridotitic xenoliths

	方 山				瓜 埠 山		塔 山	
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	54.18	54.44	53.55	52.43	53.09	53.51	54.54	55.25
TiO ₂	0.14	0.15	1.00	0.54	0.00	0.12	0.10	0.13
Al ₂ O ₃	4.27	5.22	4.09	4.99	4.25	3.57	4.62	4.69
Cr ₂ O ₃	0.04	0.19	0.16	0.44	0.04	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.81	0.41	1.06	0.00	0.57	1.88	0.80	0.25
FeO	5.38	5.73	5.64	5.59	5.88	5.53	7.10	6.88
NiO	0.40	0.08	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
MnO	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.00	0.25	0.22
MgO	33.32	32.07	32.55	32.69	35.51	35.05	31.33	31.59
CaO	1.02	1.36	0.74	1.78	0.92	0.00	0.25	0.56
Na ₂ O	0.20	0.29	0.15	0.39	0.28	0.23	0.21	0.20
K ₂ O	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
灼失	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00
总量	99.92	100.10	99.14	99.03	100.84	100.40	99.58	99.87

以6个氧为基础的阳离子数

Si	1.879	1.882	1.873	1.841	1.834	1.859	1.903	1.915
Al	0.121	0.118	0.127	0.159	0.166	0.141	0.097	0.085
Al	0.054	0.095	0.042	0.048	0.007	0.005	0.093	0.106
Ti	0.004	0.004	0.026	0.014	0.000	0.003	0.003	0.003
Cr	0.001	0.005	0.004	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.021	0.011	0.028	0.000	0.015	0.049	0.021	0.007
Fe ²⁺	0.156	0.165	0.165	0.164	0.170	0.160	0.207	0.199
Ni	0.011	0.002	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
Mn	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000	0.007	0.006
Mg	1.722	1.652	1.697	1.711	1.828	1.815	1.629	1.632
Ca	0.038	0.050	0.028	0.067	0.034	0.000	0.019	0.021
Na	0.013	0.019	0.010	0.027	0.019	0.015	0.014	0.012
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004
总量	4.025	4.009	4.006	4.048	4.081	4.048	3.999	3.992
Ca	1.95	2.66	1.46	3.44	1.66	0.00	1.01	1.13
Mg	88.40	87.73	88.25	87.88	89.08	89.67	86.51	87.51
Σ Fe + Mn	9.65	9.61	10.30	8.68	9.26	10.33	12.48	11.37

注: 3—引自黄婉康(1981), 4—引自从柏林(1983)

过渡金属元素在地幔矿物相中,可分为相容元素(Cr、Ni、Co)和亲石元素(Ti、V、Sc)。它们随地幔橄辉岩熔融,相容元素相对富集于残留的矿物相中,亲石元素相对富集于熔体中,这是造成过渡金属分离的分配型式的原因。

从图7中看出,碧玄岩和碱性橄辉玄武岩的过

渡金属分配型式、相对于原始地幔,它们具有陡斜率,高Ti正异常和Co、Cr、Ni负异常的特征,而Ni、Co、V和Sc丰度均在Frey等(1978)估算的数值(Ni为90—670ppm,Co为27—80ppm,Sc为15—28ppm)范围内,表明了源岩熔融程度低。被研究的幔源捕虏体的Cr、Ni、Co丰度比原始地幔还低

表 8 橄辉岩捕虏体中的尖晶石化学成分

Table 8 Chemical compositions
of spinels in peridotitic xenoliths

	方 山		瓜埠山	塔山
	1	2	3	4
SiO ₂	0.25	0.85	3.14	3.38
TiO ₂	0.00	0.87	0.16	0.14
Al ₂ O ₃	56.16	53.10	44.36	58.69
Cr ₂ O ₃	10.27	7.81	13.68	7.38
Fe ₂ O ₃	0.00	0.79	2.80	0.93
FeO	12.20	13.84	10.78	10.45
NiO	0.38	0.40	0.00	0.00
MnO	0.17	0.50	0.23	0.09
MgO	21.25	21.06	20.01	16.27
CaO	0.10	0.62	2.27	0.37
Na ₂ O	0.00	0.22	1.93	1.83
K ₂ O	0.00	0.00	0.14	0.22
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
总量	100.78	100.06	99.50	99.75

以 4 个氧为基础的阳离子数

Si	0.006	0.022	0.085	0.087
Al	1.715	1.651	1.415	1.775
Cr	0.210	0.163	0.293	0.150
Ti	0.000	0.017	0.003	0.003
Fe ³⁺	0.000	0.016	0.057	0.018
Fe ²⁺	0.264	0.305	0.244	0.224
Ni	0.008	0.008	0.000	0.000
Mn	0.004	0.011	0.005	0.002
Mg	0.021	0.028	0.807	0.622
Ca	0.003	0.018	0.066	0.010
Na	0.000	0.011	0.101	0.091
K	0.000	0.000	0.005	0.007
总量	3.031	3.051	3.082	2.988
Mg/Mg + ΣFe	0.76	0.72	0.73	0.72
Cr/Cr + Al	0.109	0.090	0.171	0.078

注：1—引自黄婉康（1981），2—引自柏林（1983）

和Ti的负异常，进一步表明了本区地幔与原始上地幔的相似性及成分的不均一性。

稀土元素（REE）对地幔矿物来说，轻稀土元素（LREE）为不相容元素，重稀土元素（HREE）为相容元素，因而，LREE随着地幔橄辉岩熔融程度升高，在熔体中浓度将被稀释。

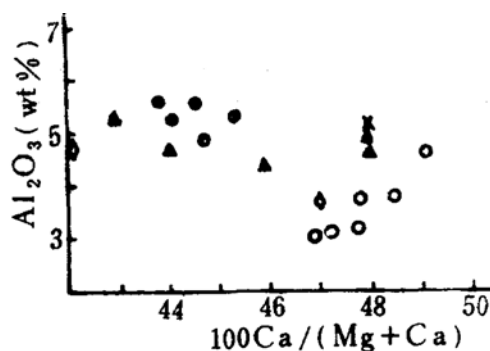


图 5 橄辉岩捕虏体的单斜辉石的 Al₂O₃ (Wt.%) 对 100Ca/(Mg+Ca) 值投影图 (图例与图4相同)

Fig. 5 Plot of Al₂O₃(wt%) against 100Ca/(Mg+Ca) ratios for clinopyroxenes in peridotitic xenoliths (Symbols are as the same as those in Fig. 4)

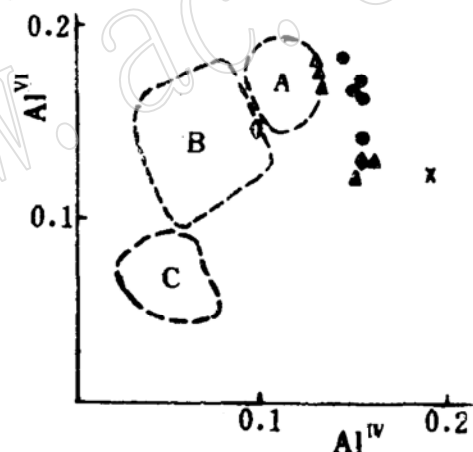


图 6 橄辉岩捕虏体的单斜辉石的 Al^{VI} 对 Al^{IV} 投影图

Fig. 6 Plot of Al^{VI} against Al^{IV} for clinopyroxenes in peridotitic xenoliths (Symbols are as the same as those in Fig. 4)

(图例与图4同) A—原始地幔；B—过渡地幔；C—残留地幔 (Jagoutz等, 1979)

从图8中看出，本区碧玄岩的REE总丰度较高，相对富集LREE，La/Yb值高（24—42），显示了分离程度强烈，证明其为地幔橄辉岩低度熔融的产物，而碱性橄辉玄武岩和碱性橄辉辉绿岩的REE总丰度相对较低，La/Yb值也较低（12—16），表明其分离程度较弱，是地幔橄辉岩相对熔融程度稍高的产物。

幔源捕虏体的REE丰度与原始地幔值相比，LREE和HREE分别显示出微弱的富集和亏损的分

表 9 橄辉岩共生矿物对的 $K_D(Fe)$ 值Table 9 $K_{D(Fe)}$ values of coexisting mineral pairs from Peridotitic xenoliths

	方 山			瓜埠山		塔 山	
	1	2	3	4	5	6	7
$(Fe^{2+}/Mg)^{opx}$	0.097	0.100	0.091	0.088	0.093	0.107	0.107
$(Fe^{2+}/Mg)^{cpx}$	0.087	0.081	0.069	0.142	0.067	0.079	0.063
$(Fe^{2+}/Mg)^{ol}$	0.121	0.104	0.105	0.112	0.092		0.134
$(Fe^{2+}/Mg)^{sp}$	0.321			0.302			
$K_{D(Fe)}^{opx-cpx}$	1.115	1.234	1.319	0.619	1.338	1.531	1.698
$K_{D(Fe)}^{ol-cpx}$	1.390	1.283	1.522	0.788	1.737		2.126
$K_{D(Fe)}^{ol-opx}$	1.247	1.040	1.154	1.272	0.989		1.252
$K_{D(Fe)}^{ol-sp}$	0.377						0.372

表 10 橄辉岩捕虏体平衡结晶P-T条件

Table 10 Equilibrium P-T conditions of peridotitic xenoliths

		瓜 埠 山				塔 山				方 山					
		1		2		3		4		5		6		7	
		opx	cpx	opx	cpx	opx	cpx	opx	cpx	opx	cpx	opx	cpx	opx	cpx
Mercier	T (°C)	1235	1237	1107	1113	1084	1084	1031	1032	1026	1028	1179	1178	1084	1084
(1976)	P(Kb)	37	32	30.6	22.5	23.7	16.8	19.6	19	20.7	15.7	28.2	26.6	25.1	23.3
Wood Banno (1973)	T (°C)	1191		1111		1215		1042		1001		1163		1092	
Boyd (1966)	T (°C)							1080							
Banno (1974)	T (°C)			1079				1124							

配型式, 所以, 认为本区二辉橄辉岩捕虏体是近似于原始上地幔的样品。

从上述过渡金属和REE的分配型式表明, 同前述岩石和矿物的研究结论是一致的。

六、结 论

通过上述, 得出如下几点认识。

1. 从方山、塔山、瓜埠山的二辉橄辉岩捕虏体及其寄主岩的全岩和矿物化学, 过渡金属以及REE的分布图式, 表明寄主岩是原始地幔岩低度熔融的原始岩浆受过某种程度的高压结晶分离作用的

产物。

2. 本区的二辉橄辉岩捕虏体的REE丰度近于原始地幔值, 并相对富集LREE, 表明它们是近似于饱满型捕虏体的弱亏损型捕虏体, 即是地幔橄辉岩低度熔融的残留。

3. 估算了本区二辉橄辉岩捕虏体的平衡结晶温度和压力, 并投于图9上, 表明该区的二辉橄辉岩捕虏体是从50—100公里深度被玄武岩浆携带至地表的残留上地幔样品。这样深度上为什么没有出现石榴石二辉橄辉岩捕虏体? 根据Ringwood (1975) 提出的碱性玄武岩往往产在不稳定地区一包括以高

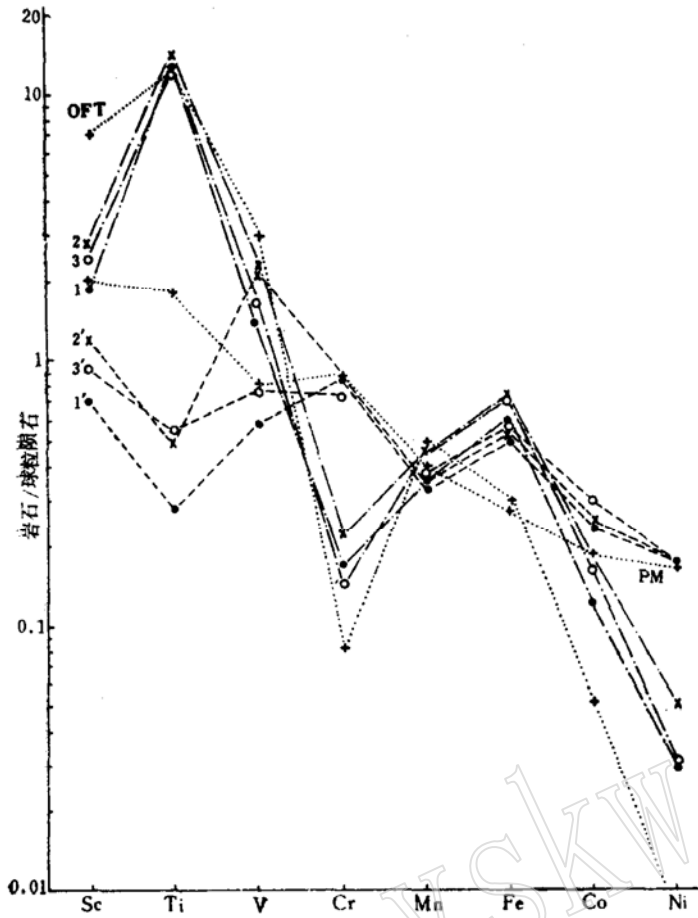


图 7 玄武岩与橄榄岩捕虏体的过渡金属分配型式 (用 Mason, 1971, 球粒陨石值标定)

Fig. 7 Transitional metal distribution patterns of basaltic rocks and peridotitic xenoliths (normalized to Mason's chondrites, 1971)

1—方山, 2—瓜埠山, 3—塔山, PM, 原始地幔 (Jagoutz 等, 1979); OFT, 平均大洋拉斑玄武岩 (Engel 等, 1965)

图 8 玄武岩和橄榄岩捕虏体的 REE 分配型式 (用 Schmin, 1964 年的球粒陨石值标定)

Fig. 8 REE distribution patterns of basaltic rocks and peridotitic xenoliths (normalized to Schmin's chondrites, 1964) PM, 原始地幔 (Jagoutz 等, 1979); OFT, 大洋拉斑玄武岩 (Engle 等, 1965); 1—2, 方山, 3—瓜埠山, 4—塔山, 5—杏山

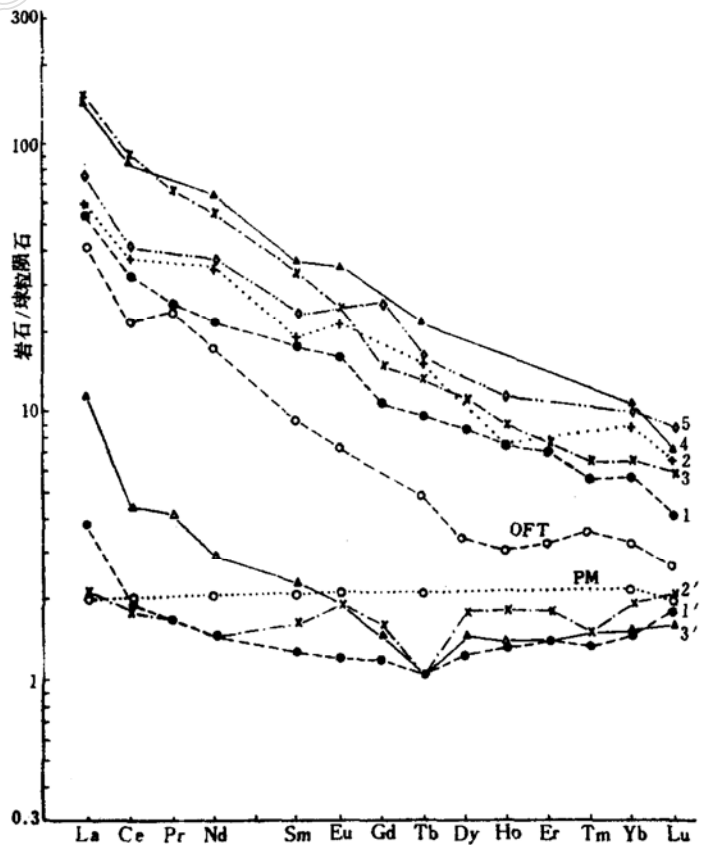


表 11 玄武岩和橄榄岩捕虏体的微量元素丰度 (ppm)

Table 11 Trace element abundances of peridotitic xenoliths and basalts (ppm)

	玄武岩					橄榄岩捕虏体		
	含包体的			不含包体的		1'	2'	3'
	1	2	3	4	5			
Sc	16	23	20	23.6	18.9	6	10	8
V	130	210	150			54	200	72
Cr	600	760	500	233	205	2900	2900	2500
Co	68	100	90	51.2	34.1	125	130	160
Ni	390	560	340	156	136	2100	2100	2100
La	16.2	46	44.7	23	18.1	1.15	0.63	3.45
Ce	27	76	73.3	34.9	30.7	1.63	1.50	3.75
Pr	3	8				0.20	<0.2	0.50
Nd	13	32	38.1	21.7	20	0.85	0.85	1.70
Sm	3.6	7	7.75	4.93	9.05	0.26	0.32	0.48
Eu	1.2	1.8	2.63	1.84	1.55	0.09	0.14	0.14
Gd	3.4	4.7		8.51		0.38	0.50	0.47
Tb	0.46	0.64	1.17	0.80	0.74	<0.05	<0.05	<0.05
Dy	2.7	3.5				0.38	0.55	0.45
Ho	0.55	0.64		0.83	0.54	0.095	0.13	0.10
Er	1.5	1.6				0.28	0.40	0.28
Tm	0.18	0.21				0.043	<0.05	<0.05
Yb	1.0	1.10	1.83	1.81	1.47	0.25	0.33	0.25
Lu	0.15	0.18	0.21	0.26	0.20	0.055	0.065	0.05
Y	13.7	14.8				2.20	3.00	2.58
ΣREE	87.64	188.17	169.69	98.61	98.58	7.98	8.72	14.3
La/Yb	16.2	41.8	24.4	12.7	12.3	4.6	1.9	13.8
Ce/Yb	27.0	69.1	40.0	19.3	20.9	6.52	4.5	15.0
Rb/Sr			0.058	0.039	0.098			

注: 1. 方山碱性橄榄玄武岩及幔源捕虏体; 2. 瓜埠山碧玄武岩及幔源捕虏体; 3. 塔山碧玄武岩及幔源捕虏体;

4. 杏山碱性橄榄辉绿岩; 5. 方山碱性橄榄辉绿岩; Ti含量是以 TiO_2 换算的, 未列表中。

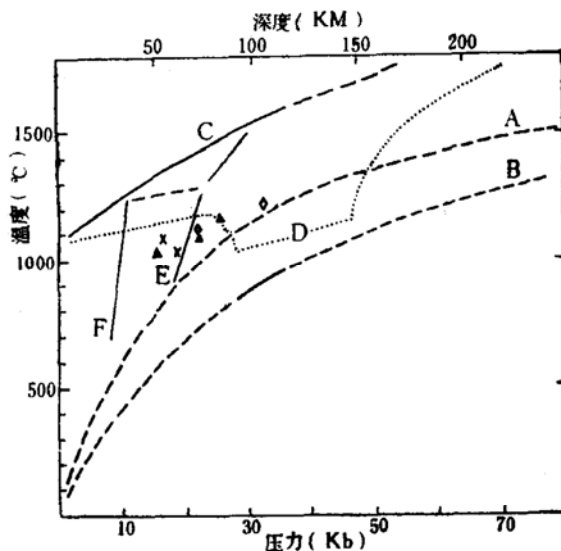


图 9 橄榄岩捕虏体平衡温度和压力
(图例与图 3 同)

Fig. 9 Equilibrium temperatures and pressures of the peridotitic xenoliths
(Symbols are as the same as those in Fig. 3)

A、B分别为大洋和地盾地温线 (Clark 和 Ringwood, 1974); C、D分别为干的和含水0.1%的地幔岩固相线; E、F分别为石榴石二辉橄榄岩、尖晶石二辉橄榄岩和斜长石二辉橄榄岩相界线 (Ringwood, 1975)。

热流值为特征的裂谷和大陆边缘,并从尖晶石橄榄岩过渡到石榴岩橄榄岩只能在90—100公里以上深度发生。本区尖晶石二辉橄榄岩具典型大洋地温特点,可能预示着该大陆再次处于活化的启蒙时期。

本文的岩石和矿物的分析数据由本所九室完成,仅以致谢。

参 考 文 献

[1] 赵大升等:1983, 郯庐断裂带及其邻近地区新生代火山岩岩石特征及成因探讨,地质学报,第57卷第二期,128—139页。

[2] 张儒璆、从柏林:1983, 安徽女山碧玄岩及其橄榄岩类包体的成因岩石学和大地构造意义,岩石学研究,第三辑,111—124页。

[3] 王艺芬等:1983, 苏鲁皖地区新生代玄武岩中的石榴石巨晶,岩石学研究,第三辑,89—94页。

[4] Green, D. H. and Ringwood, A. E., *Contrib. Mineral. Petro.*, 15 (1967), 103-190.

[5] Jagoutz, E., Palme, H., Baddenhausen, H., Blum, K., Condales, M., Dreibus, G., Spettel,

B., Lorenz, V. and Wanke, H., *Proc. Lunar Sci. Conf.*, 10 (1979), 2031-2050.

[6] Ringwood, A. E., *Composition and Petrology of The Earth's Mantle*, McGraw-Hill, New York 618pp, 1975.

[7] Wood, B. J. and Banno, S., *Contrib. Mineral. Petro.*, 42 (1973), 109-124.

[8] Green, D. H. and Hibberson, W., *Lithos.*, 3 (1970), 200-221.

[9] Thompson, R. N., *Miner. Mag.*, 39 (1974).

[10] Engle, A. E. J., Engel, C. G. and Havens, R. G., *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76 (1965), 719-734.

[11] Yoder, H. S. and Tilley, C. E., *Jour. Petrol.*, 3 (1962), 342-532.

[12] Kuno, H. and Aoki, K., *Phys. Earth Planet Interiors*, 3 (1970), 273-301.

[13] Nixon, P. H., Rogers, N. W., Gibson, L. L. and Grey, A., *Ann. Rev. Earth Planet Sci.*, 9 (1981), 285-309.

Petrogenesis of Alkali Basalts and Their Mantle-derived Inclusions from Liuhe Area, Jiangsu Province

Xiao Zengyue, Wang Yifen

Abstract

Fangshan, Tashan, Guafushan, et al. from Liuhe county, Jiangsu province are known pliocene volcanos which consist of basanite and alkali olivine basalt. Lherzolite inclusions and megacrysts of augite and anorthoclase occur in these rocks. Lherzolites have inequal-grained, porphyroclastic, inequal crystalloblastic texture. The last two types are predominant.

Chemical compositions of the host rock are characterized by enrichment of incompatible elements K, P, Ti and higher Na_2O and $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ ratio. These basalts show rapidly fractionated transition metal and REE distribution patterns. Above mentioned facts indicate host rocks are products of low melting of mantle-peridotites. Their M-value is lower which may suggest primary basaltic magma underwent fractionation at high pressure.

Lherzolites are enriched in fusible components and have lower $100\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{TFe})$ ratios. Transition metals and REE have slightly fractionated distribution patterns belonging to fertile mantle. Fusible components vary with de-

(下接第269页)

www.yskw.ac.cn

~~~~~  
(上接第224页)

gree of partial melting. Mineralogical compositions of Lherzolites also indicate this point.

The calculated results of temperature and pressure for Lherzolites are 1026-1237°C and 16-32 Kb respectively, which indicate inclusions have been formed  
~~~~~