琼北第四纪玄武岩的岩石学和地球化学

樊祺诚　　孙建中

（国家地震局地质研究所，北京）

琼北雷南第四纪玄武岩是中国南部面积最大的一片新生代玄武岩，仅琼北玄武岩分布面积就达4000多平方公里．许多研究者曾从不同手段对琼北玄武岩的喷发时代、活动期次及分布范围进行过研究，划分不尽一致[1-4]．我们认为，琼北玄武岩分为四期*是较为合适的．本文主要讨论琼北第四纪玄武岩的岩石学和地球化学特征．

一、岩　石　学

琼北玄武岩是以拉斑玄武岩为主，兼有碱性橄榄玄武岩的复合岩区．玄武岩化学成分见表1．在硅-碱图上，它们都落在拉斑玄武岩和中等碱性玄武岩区，没有出现强碱性玄武岩（图1）．尽管琼北玄武岩是多期活动，分布面积大，但其岩石种类却并不复杂，分别属于三种玄武岩：石英拉斑玄武岩、橄榄拉斑玄武岩和碱性橄榄玄武岩．若按岩性特征，琼北玄武岩可以分为两个大的岩性期．早期（一、二期）拉斑玄武岩（包括石英拉斑玄武岩和橄榄拉斑玄武岩），晚期（三、四期）碱性橄榄玄武岩和拉斑玄武岩．除了矿物学上的差别，三类玄武岩化学成分上最显著的差别是 K_2O 含量，分别是～0.6，1—1.5，＞1.5．各类玄武岩的主要特征见表2．

石英拉斑玄武岩以出现斜方辉石（古铜辉石）和没有橄榄石或橄榄石极少（＜5%）为其特征．岩石为斑状结构，斑晶古铜辉石和中-拉长石（An = 43—61）．古铜辉石普遍具有易变辉石反应边．基质矿物有普通辉石、中长石（An = 39—46）、磁铁矿和玻璃质．

橄榄拉斑玄武岩为间粒结构或填间结构．岩石中出现较多的橄榄石（5—15%），半自形或自形．其它矿物有中长石（An=41—48）、磁铁矿和少量玻璃等．橄榄拉斑玄武岩以出现较多的橄榄石和没有斜方辉石不同于石英拉斑玄武岩，又以缺乏钛普通辉石和其它碱性矿物区别于碱性橄榄玄武岩．

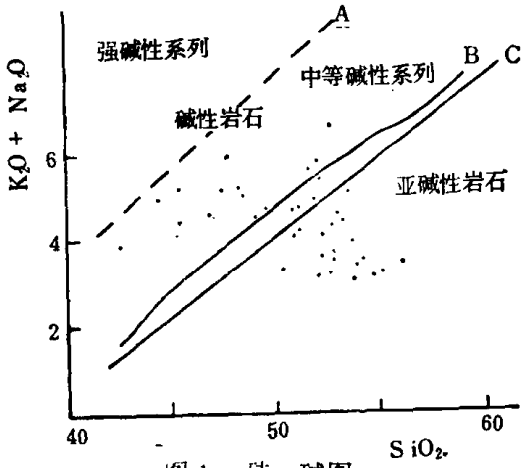

图1　硅—碱图

A. Saggerson and Williams, 1964;
B. Irvine and Baragar, 1971;
C. Macdonald and Katsuca, 1964

碱性橄榄玄武岩为斑状结构或玻基斑状结构，斑晶橄榄石（～15%）和钛普通辉石（～10%），很自形．二者常三五成群集结成聚斑状．钛普通辉石还具有典型的环带构造、双晶构造、沙钟构造，这都是拉斑玄武岩中未曾见到的．其它基质矿物有橄榄石、钛普通辉石、中长

本文1986年1月13日收到．

* 孙建中、樊祺诚、陈文寄，琼北第四纪火山活动研究报告，1985．

表 1　琼北玄武岩化学成分

样号 / 氧化物 \ 产地	GK-2	KH-5	GK-4	GK-26	KH-12	KH-15-1
	海口金牛岭	琼海大路	琼山雷虎岭	临高高山岭	占县峨曼	定安庙岭
SiO_2	54.05	53.16	53.15	53.71	52.91	49.13
TiO_2	1.84	2.27	2.14	2.16	2.27	2.68
Al_2O_3	13.70	13.08	13.55	11.94	13.35	11.61
Fe_2O_3	2.55	1.85	0.99	2.98	2.46	1.35
FeO	7.88	9.59	9.73	7.31	8.41	12.11
MnO	0.16	0.02	0.12	0.14	0.19	0.16
CaO	8.25	8.63	8.18	9.19	7.43	8.10
MgO	6.63	6.59	6.45	5.38	6.33	10.00
K_2O	0.60	1.42	1.30	1.80	2.65	1.57
Na_2O	2.85	3.00	3.10	3.15	3.95	2.80
P_2O_5	0.80	0.16	0.52	0.28	0.36	0.42
H_2O	0.10	0.07	0.39	1.24	0.26	—
总计	99.41	99.84	99.62	99.28	100.57	99.93
岩石名称	石英拉斑玄武岩	橄榄拉斑玄武岩		碱性橄榄玄武岩		

表 2　琼北各类玄武岩主要特征

	石英拉斑玄武岩	橄榄拉斑玄武岩	碱性橄榄玄武岩
喷发期	1—3	2、4	3—4
喷发特点	裂隙式为主	裂隙式为主	中心式为主
产状	熔岩被为主	熔岩被为主	火山锥为主
代表性地区	金牛岭、龙兰、德义岭	云龙、灵山、多文、抱舍	高山岭、峨曼、庙岭、马鞍岭
样品号码	GK-2、金牛1	GK-4、KH-5	GK-26、KH-12、KH-15-1、马鞍1
岩石结构	斑状结构	间粒结构、填间结构	斑状结构
实际矿物	ol(0—5)，两种辉石共存，中-拉长石 (An = 39—61)	ol(5—15)，只有一种普通辉石，中长石 (An = 41—48)	ol(>15)、钛普通辉石、中长石 (An = 31—44)
标准矿物	Q>10，Hy>20 无 ol、Ne	Q(0—5) ol(0—10)，无 Ne	ol>15，Ne(0—5) 无 Q、Hy
K_2O%	~0.60	1—1.50	>1.50
ΣREE	43	71—74	105—160
$^{87}Sr/^{86}Sr$	0.703001—0.703264	0.704002—0.704079	0.702943—0.703906

石 (An = 31—44)、磁铁矿和较多玻璃.

二、地球化学

石英拉斑玄武岩、橄榄拉斑玄武岩和碱性橄榄玄武岩的稀土总量 (ΣREE) 分别是43ppm、71—74ppm 和 105—160ppm(表 3). 随岩石碱性程度的增加，ΣREE 也增加，其分

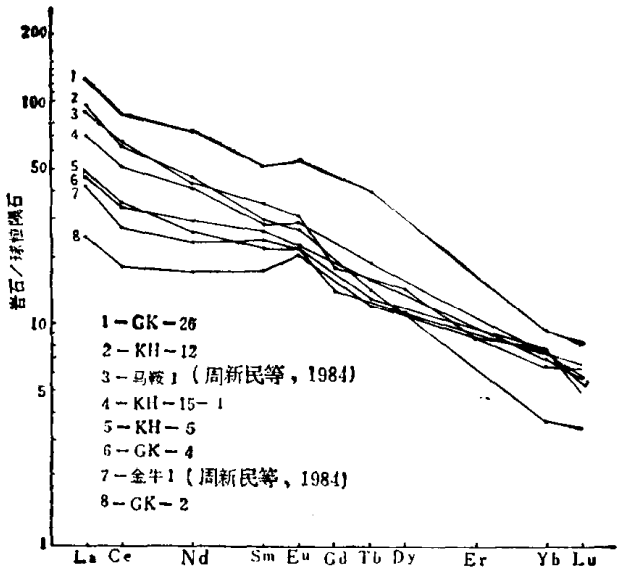

图 2　稀土元素分配型式

配型式也相应由缓变陡(图 2). 与世界范围的碱性玄武岩 (ΣREE = 90—610ppm)和大陆拉斑玄武岩 (ΣREE = 15.2—322ppm) 相比[5], 其含量偏低, 特别是碱性玄武岩比中国东部其它地区新生代碱性玄武岩[6,7]的 ΣREE 要低得多. 石英拉斑玄武岩 (GK-2) 有显著的正 Eu 异常 (Eu/Eu^* = 1.32), 可能与岩石中的斜长石堆积有关.

大离子亲石元素的分配型式(元素排列按分配系数 D 从左到右递减为序), 随 D 值增加而降低,最突出特征是有明显的 K 负异常和 Zr 正异常(图 3). 碱性橄榄玄武岩的大离子亲石元

表 3　微量元素 (ppm)

元素 \ 样号	GK-2	KH-5	GK-4	GK-26	KH-12	KH-15-1
La	7.957	15.6	14.9	40.2	30.1	22.4
Ce	17.1	32.2	31.5	58.3	59.6	47.7
Nd	10.3	15.5	18.4	43.6	27	24.5
Sm	3.46	4.35	5.3	10.03	5.87	5.6
Eu	1.49	1.59	1.62	3.87	1.92	2.05
Tb	0.625	0.649	0.799	1.99	0.714	0.944
Yb	1.39	1.45	1.31	1.74	0.678	1.39
Lu	0.183	0.153	0.173	0.254	0.104	0.204
ΣREE	42.505	71.492	74.002	159.984	125.986	104.778
Rb	—	29.8	26.4	36.6	48	38.2
Ba	126	178	245	461	451	359
Th	1.26	11.4	2.45	3.75	4.93	4.56
u	—	0.613	0.587	—	0.52	1.32
Ta	0.68	1.08	1.20	2.64	3.27	2.47
Sr	284	—	363	409	595	465
Hf	2.76	3.36	3.57	5.39	6.53	4.51
Zr	165	294	—	308	227	244

素富集程度明显高于拉斑玄武岩. 金牛岭 (GK-2) 石英拉斑玄武岩的大离子亲石元素分配

型式与 *REE* 分配型式类似，均居于图中最下方。大离子亲石元素和 *REE* 都是亲岩浆元素，因此有很类似的特征，它们都显示了较缓斜率的分配型式。

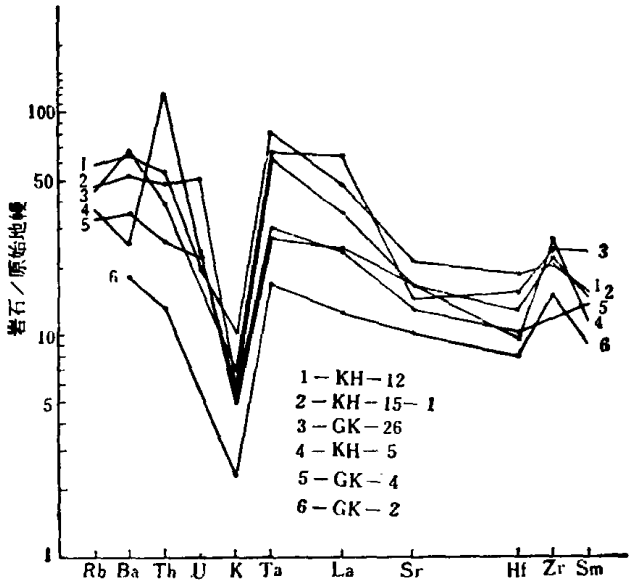

图 3　亲石元素分配型式

三、成 因 讨 论

琼北第四纪玄武岩的 $^{87}Sr/^{86}Sr$（表 2）符合中国东部新生代玄武岩的情况[8]，表明没有受到明显的地壳物质的混染。

琼北第四纪拉斑玄武岩与碱性玄武岩的共生，反映了它们岩浆来源与构造发展的联系。早期（一、二期）拉斑玄武岩发生于具有活动大陆边缘或类似岛弧环境的特征（图 4）。以裂隙式喷发为主。早期的橄榄拉斑玄武岩（为主）和石英拉斑玄武岩共生，前者可能是岩石圈地幔熔融形成的较原始的岩浆，橄榄拉斑玄武岩浆在低压下可以经橄榄石的结晶分离产生石英拉斑玄武岩[9]。所以石英拉斑玄武岩一般不含橄榄石，而有大量斜长石的堆积。琼北第四纪第三、

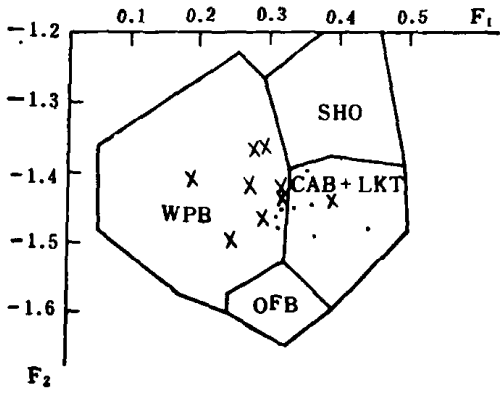

图 4　F_1—F_2 函数判别图（据 Pearce，1976）

WPB——板内玄武岩；CAB——钙碱性玄武岩；
LKT——岛弧拉斑玄武岩；OFB——大洋底玄武岩；
SHO——钾玄岩。
● 1—2 期；× 3—4 期

四期玄武岩集中于极内区(图 4)，以中心式喷发为主，显示不同的构造环境和活动方式．它们有相对高的 ΣREE 和大离子亲石元素，以及较低的 $^{87}Sr/^{86}Sr$，说明与早期拉斑玄武岩具有不同的源区．与中国东部大陆的情况一样，在蓬莱一带碱性橄榄玄武岩中也发现超镁铁质捕虏体，据捕虏体矿物形成温压估算，其形成深度约 40—70km．可以推断碱性玄武岩形成深度要大于拉斑玄武岩，是来自软流圈的岩浆，而相对低的 ΣREE 意味着是由较大程度的部分熔融产生．

致谢：刘若新副研究员审阅了原稿．陈文寄、王庆隆同志一道参加野外工作，并得到海南地震局有关同志的帮助．本所刘桂芬做了岩石化学分析，中国科学院高能物理研究所杨瑞英做了微量元素分析，中国科学院地质研究所八室做了锶同位素分析．作者表示谢意．

参 考 文 献

[1] 边兆祥，中国第四纪研究，1958，1：1．
[2] 丁国瑜，第四纪地质问题，科学出版社，1964．
[3] 曾广策，地球科学，1984，1：63—72．
[4] 陈上福、张世良，地震地质，1985，2：65—70．
[5] Henderson, P., *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1984, 254—268.
[6] 刘若新、孙建中、陈文寄，地球化学(英文版)，1983，1：17—33．
[7] 樊祺诚，地震地质，1984，4：55—69．
[8] Xinhua Zhou and Armstrong, R. L., *Earth Planet Sci. Lett.*, 1981, 3: 301－329.
[9] A. E. 林伍德，地幔的成分和岩石学(杨美峨等译)，地震出版社，1981．