

中国东部中生代玄武岩系构造-岩石学问题初步研究

徐永元 秦德余 汤福生

(地质矿产部石油地质中心实验室)

自晚三叠世末—早侏罗世以来,中国东部大陆的地壳运动进入了一个全新的阶段,沉积盆地发育及玄武岩浆活动均受到周围板块构造运动的制约。研究中新生代玄武岩系的时空分布、岩石化学特征和演化规律以及玄武岩浆起源、演化与构造活动和含油气盆地发育的内在联系是我们力图尝试的新课题。

一、中国东部中生代玄武岩系的时空分布

本区中生代玄武岩系出露面积达六万平方公里以上,并有大量的隐伏玄武岩体存在,它们大多数分布在中新生代盆地中及盆地外围。

本区中生代地质历史经历了各具特色的三个构造阶段(或称构造—成盆阶段),其中包括了七个构造,成盆期和相应的八期玄武岩系,列于表1。各构造阶段的盆地及其玄武岩系的分布情况见图1。第一构造阶段玄武岩系主要分布在大兴安岭、吉—黑—辽东部、阴山—燕山地区、郯庐断裂带、中下扬子以及赣江、丽水—海丰断裂带以东地区。已作有同位素年令的地区有隆化(146.5~153.6 m.y)、蒙阴(127 m.y)、武昌(127 m.y)、余江(150 m.y)。在郯武—河源断裂带以西等地的中生代盆地中也有分布。在华南,该期玄武岩系时代有自西向东由老变新的趋势。第二构造阶段玄武岩系以隐伏体为主,并以 β_4 和 β_5 最发育,两者密切伴生,在平面上难于分别圈定,故将其合并在一起(β_{4+5})来讨论。该阶段玄武岩系主要分布在北东—北北东向断裂带或其与北西向断裂交汇处所控制的断陷盆地中。尤以郯庐、郯武—河源、丽水—海丰、长乐—厦门等断裂带较明显。在东北的二连—索伦、松辽南部(73.5~78.5 m.y)、下辽河、渤海湾、华北盆地(44~71 m.y; 28.5 m.y)、苏北盆地(46~56.5 m.y; 34.9 m.y)、赣—浙—闽地区中小盆地,如信江(80~98.3 m.y)、广德(39.2~47.3 m.y)、南雄、三水(44~64 m.y)等盆地中均有分布。第三构造阶段玄武岩系以 β_7 最发育, β_6 主要分布在华北盆地北部及东北部,以“汉诺坝”玄武岩为代表(23.3~23.8 m.y),其次在吉—辽东部,如长白山(28.4 m.y)、郯庐断裂带及其两侧、广东雷琼地区等。 β_7 以分布广、厚度大、喷发次数多为特点,是本区最重要的一期玄武岩系,主要有三个分布

区：①华北中西部，如大同、阳源、繁寺、昔阳及鹤壁等地。②滨太平洋带，主要受北东—北北东向断裂带及部分北西向断裂带控制，尤以鸭绿江—长白山岩带（11.3~11.5 m.y；1.66~4.3m.y）、抚顺—密山岩带、郟庐岩带（盐城：11.9m.y）、嵯县—长汀

表1 中生代玄武岩系形成时代划分表

地质时代			构造—成盆		玄武岩系		
代	纪	世	阶段	期	形成期	时代	代号
新 生 代	第四纪	全新世	三	7	Q ₂₋₄	8	β ₈
		更新世			N ₁ ² -Q ₁	7	β ₇
	上新世	二		6	E ₃ ³ -N ₁ ²	6	β ₆
	中新世		E ₂ ³ -E ₃ ²		5	β ₄₊₅	
	渐新世		4	K ₂ ² -E ₂ ²	4		
	始新世						
	第三纪	古新世	3	3	K ₁ ² -K ₂ ²	3	β ₃
晚白垩世							
中 生 代	白垩纪	早白垩世	一	2	J ₃ -K ₁ ¹	2	β ₂
		晚侏罗世					
	侏罗纪	中侏罗世	1	1	J ₁ -J ₂	1	β ₁
		早侏罗世					
		晚三叠世					
三叠纪	早、中三叠世						

K₁¹ K₁² 33

早、中三叠世

岩带、乳山—佛县岩带为主。此外，属于该期的还有大兴安岭五叉沟玄武岩。③雷琼地区，主要分布于北西西向的雷北大断层以北地区。β₈多见为中心式喷发，主要分布于白头山、五大连池区、大同地区、苏皖交界区和雷琼地区等。以五大连池火山岩区及雷琼火山岩区为典型，且都可进一步划分为中更新世、晚更新世和全新世三个亚期。

由图1可见，中生代盆地及玄武岩系的分布均受区域性深断裂带所控制，主要为近东西向和北东—北北东向二组。属于近东西向的主要有：燕山—阴山、北秦岭—北淮阳、郑州—利国深断裂带以及二连—索伦和德尔布干两个近东西—北东向的弧形深断裂带。上述断裂带长期以来是南北两侧一级或二级地质构造单元的分界线。属于北东—北北东向的主要有：兴安—太行—武陵、郟庐、沂沭深断裂带以及吴川—四会、丽水—海丰、厦门—长乐、江山—绍兴及邵武—河源等深断裂。此外北西向的断裂构造对控制玄武岩系的分布也有相当影响。

研究中生代盆地的地层建造表明，早期玄武岩体多呈夹层状出现于地层中，并与安山岩或中酸性火山岩伴生，多赋存于红色磨拉石建造或含煤磨拉石建造中。中期玄武岩体多呈夹层状或隐伏岩床、岩颈等，并可相变为辉绿岩，常与类磨拉石建造、内陆红色屑碎岩建造伴生。晚期玄武岩体多见火山口、火山锥构造，常与火山碎屑岩建造、

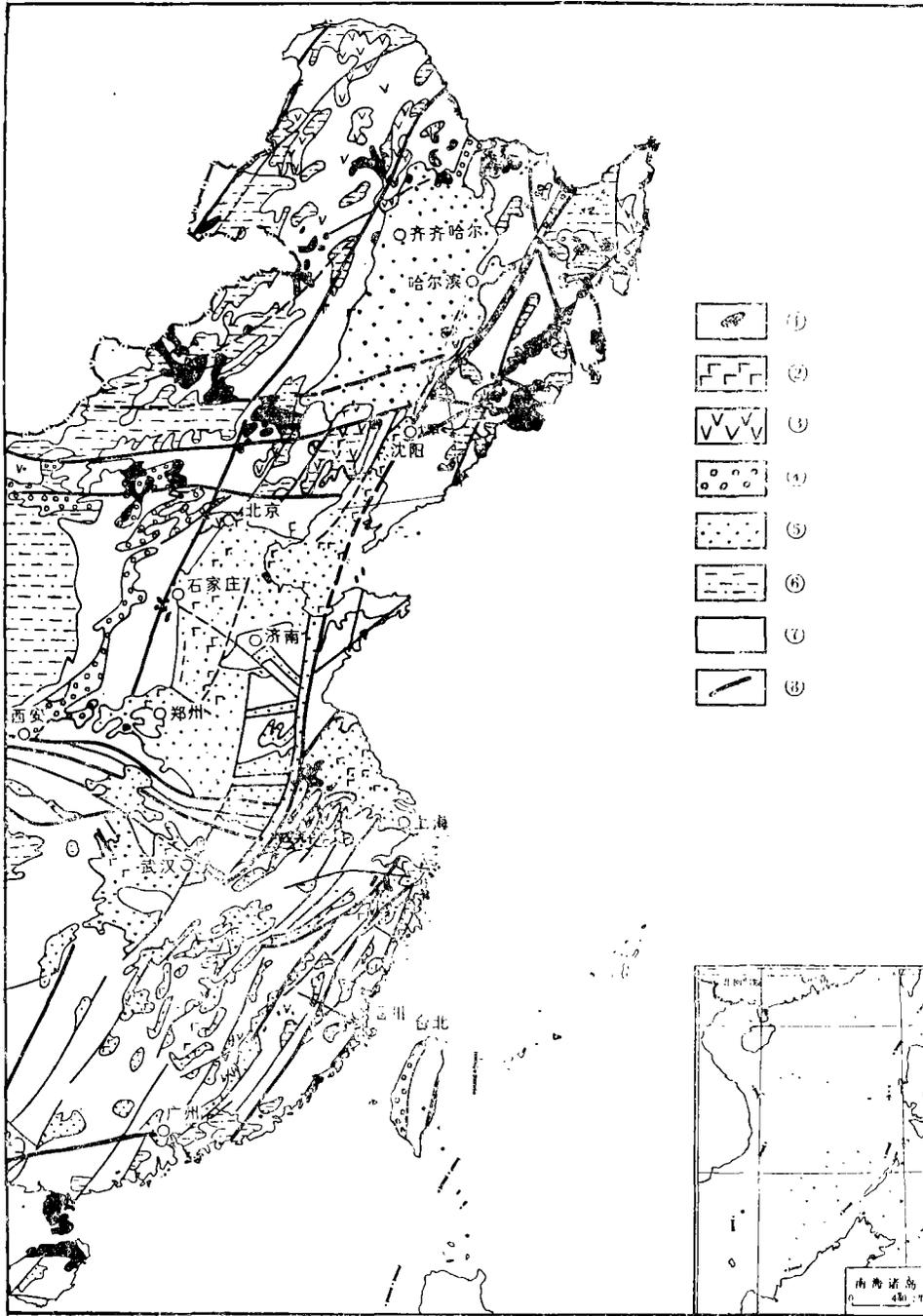


图1 中国东部中新代构造及玄武岩系时空分布略图

- | | | |
|---|------------|-------|
| ① 第三构造阶段(E ₃ -Q)玄武岩系 | ④ 第三构造阶段盆地 | ⑦ 基岩区 |
| ② 第二构造阶段(K ₂ -E ₂)玄武岩系 | ⑤ 第二构造阶段盆地 | ⑧ 断裂 |
| ③ 第一构造阶段(J ₁ -K ₁)玄武岩系 | ⑥ 第一构造阶段盆地 | |

陆缘盆地内的火山—沉积建造及部分含油碎屑岩建造伴生。玄武岩系的发育常与生油建造有关，这是值得引起注意的问题。

本区中生代玄武岩系及其中的“地幔岩”（主要是二辉橄榄岩）包体是地壳表层中出现的深源性—超基性的岩浆物质，它们给地壳构造运动及盆地发育的研究提供了有利的物质基础。

二、中国东部中生代玄武岩系的岩石化学特征及其演化规律

我们收集并选用了中生代玄武岩系的岩石化学数据500余个，并分析了辽吉、华北、江汉、苏鲁皖等中生代含油气盆地中的隐伏玄武岩样品30个（宜昌地质矿产研究所化验室分析），还收集了部分邻区的新生代玄武岩、世界某些代表性类型玄武岩及“地幔岩”等岩石化学数据，以作对比研究之用。文中所用的岩石化学参数，如CIPW系统标准矿物重量百分含量及分异指数D.I、里特曼岩系指数 σ 、莱特碱度率A.R及其对数百分比值 $ALK (= 100 \times \log A.R)$ 、铝—铁—镁原子百分比值、全碱含量AK ($Na_2O + K_2O$)及($K_2O/全碱$)的百分比值等均由自编电算程序算出。这些数据是我们研究工作的基础。

1. 中生代玄武岩系的酸度特征及演化规律

以 SiO_2 含量为标志的岩石酸度是玄武岩系分类的主要依据之一，它直接影响到岩系中标准矿物的种类和含量，如表2所见。在整个中生代各期玄武岩系中，其 SiO_2 含量总体上是由早到晚逐渐降低的，只是到了最晚期(β_8)在黑龙江西部和广东雷琼地区 SiO_2 含量又有所增加。由表2可见，在三个不同构造阶段中玄武岩系的酸度自早到晚逐步递降，且具明显的阶段性，不同阶段 SiO_2 含量的差异比同一阶段中不同形成期之间 SiO_2 的含量差异要大。

第一构造阶段玄武岩系以 SiO_2 及石英含量高、不含霞石和橄榄石以及暗色矿物总量少而区别于后二个构造阶段；第二构造阶段玄武岩系以不含霞石及橄榄石，斜方辉石含量高于透辉石以及暗色矿物总量较低而区别于第三构造阶段。

表2 中生代玄武岩系酸度及主要标准矿物平均重量百分数

构造阶段	岩系分期	时代划分	SiO_2	石英	霞石	暗色矿物				
						橄榄石	透辉石	斜方辉石	Σ	
三	β_8	Q ₂₋₄	东北	52.0		5.9	9.0	18.7		27.7
			雷琼	50.6	1.6			21.5	12.5	34.0
	β_7	$N_1^3-Q_1$	47.5		4.0	10.6	16.4	7.2	34.2	
	β_6	$E_3^3-N_1^2$	48.1		0.8	7.1	15.5	8.1	30.7	
二	β_{4+5}	$K_2^3-E_3^2$	49.2	1.2			8.8	12.8	21.6	
	β_3	$K_1^2-K_2^2$	49.5	3.5			6.4	16.9	23.3	
一	β_2	$J_3-K_1^1$	54.4	6.3			5.1	10.1	15.2	
	β_1	J_1-J_2	54.8	6.6			3.3	11.0	14.3	

自早到晚，玄武岩系的化学成分向着镁铁质、碱质富集的方向演化。

最晚期发育的雷琼玄武岩系(β_8)的平均酸度与世界大陆拉斑玄武岩($SiO_2 = 50.7\%$)接近，但它不是典型的大陆拉斑玄武岩系，也不属于大洋拉斑玄武岩系。其岩石化学特征说明了其形成构造环境的特殊性。

从酸度特征来看，在三个构造阶段中，从早到晚有从安山玄武岩—玄武岩系到玄武

岩—橄辉玄武岩系，最后发展为碱性橄辉玄武岩系的趋势。

2. 中生代玄武岩系的碱度特征及演化规律

在求出本区不同时期中生代玄武岩系的167个采样点的平均化学成分和相应的岩化参数之后，又将其归并为56个采样区，求出其平均化学成分及有关岩化参数。这些资料，限于篇幅，不予详列。表3列出了中国东部中生代玄武岩系、世界玄武岩及世界安山岩及世界和中国幔源岩系某些岩化参数平均值表，以作概略对比。

(1) 里特曼岩系指数及演化规律

里特曼(A·Rittmann, 1965)用岩系指数 σ 〔全碱/(SiO₂-43)〕值对火成岩系进行碱度分类。目前一般采用以 $\sigma=4$ 为界限， $\sigma<4$ 者称钙碱质岩系，即所谓太平洋型岩系； $\sigma>4$ 者称碱质岩系，又可分为Na₂O>K₂O的钠质岩系，即所谓大西洋型岩系和Na₂O<K₂O的钾质岩系，即所谓地中海型岩系两类。并可将 $\sigma<1.8$ 和 $\sigma>9$ 者分别定为钙质和强碱质岩系(图2)。

表 3 中国东部中生代玄武岩系 世界玄武岩及幔源岩系某些岩化参数平均值

序号	岩系	样数	SiO ₂	K ₂ O	全碱	K 全碱 %	原子百分比			D·I	ALK	σ	注 解
							Al	Fe*	Mg				
1	β_8	156	52.0	5.20	8.60	59.60	48.46	23.80	27.74	57.54	40.00	8.80	东北地区
2		62	50.6	1.40	4.70	30.00	42.00	29.18	28.84	37.21	15.20	3.22	广东雷琼地区
3	β_7	237	47.5	1.80	5.20	33.84	42.30	27.97	29.73	37.78	20.20	7.90	全 区
4	β_6	42	48.1	1.41	4.63	30.55	45.87	26.87	27.26	35.20	17.50	6.80	全 区
5	β_{4+5}	155	49.2	1.16	4.22	25.60	49.33	26.50	24.17	37.00	16.40	4.30	全 区
6	β_3	17	49.5	1.61	4.87	33.45	49.38	23.18	24.44	39.80	18.60	3.54	全 区
7	β_2	87	54.4	2.30	5.72	39.60	59.18	20.73	17.77	51.20	25.04	3.28	全 区
8	β_1	24	54.8	1.58	5.31	31.20	57.50	23.20	19.30	33.00	22.30	3.30	全 区
9	世界玄武岩类	4	48.92	1.58	4.72	33.5	48.78	27.31	23.92	36.35	16.74	3.37	世界玄武岩(戴里)
10		48.12	2.30	5.28	43.6	50.43	28.16	21.41	39.26	18.30	5.48	世界碱性橄辉玄武岩(戴里、哈德曼)	
11		44.64	2.67	6.21	43.0	45.17	25.35	29.48	36.62	21.75	6.06	世界碧玄武岩(戴里)	
12		59.59	2.04	5.62	36.3	67.46	19.05	13.49	56.78	21.48	1.90	世界安山岩(戴里)	
13		144	50.70	1.00	3.60	27.8	44.27	31.55	24.18	29.61	13.35	1.68	世界大陆拉斑玄武岩(哈德曼)
14		161	49.80	0.24	2.84	8.5	44.61	24.25	30.84	23.77	9.70	1.19	世界大洋拉斑玄武岩(哈德曼)
15		地幔岩	400	44.93	0.06	0.46	21.74	6.25	10.36	83.39	3.78	6.07	0.15
16	35	44.14	0.11	0.42	26.20	4.30	10.35	85.35	3.09	8.28	0.15	中国东部地幔岩(二辉橄辉岩体)	

由表3、图2及有关资料可见，中生代玄武岩系有如下特征：①除个别地区(如五大连池区)或个别样品外，几乎全部为钠质岩系；②与邻区(日本、印尼、新西兰、印度等， $\sigma<2.5$)相比， σ 值明显偏高；③第一构造阶段玄武岩系，其 σ 值为2.5~5，平均值为3.30，高于世界大洋拉斑玄武岩和世界大陆拉斑玄武岩，而与世界各类玄武岩之总平均值($\sigma=3.37$)接近。这一阶段玄武岩系酸度较高，在里特曼指数图上SiO₂与全碱的含量关系为正相关。随着SiO₂的增加，其 σ 值变化幅度不大；④第二构造阶段的玄武岩系，其 σ 值变化范围为2.6~7，平均值为4.1，高于世界各类玄武岩之总平均值，低于世

界碱性橄榄玄武岩之 σ 值(5.48)。在图2中的投影点分布区间于第一构造阶段玄武岩系和第三构造阶段玄武岩系之间；⑤第三构造阶段玄武岩系以高碱度为特征， σ 平均值达6.9，比世界碱性橄榄玄武岩及碧玄岩的值均高。由图2可见，该阶段玄武岩之 SiO_2 含量一般均 $<51\%$ ，且其与全碱含量为负相关，与第一构造阶段玄武岩系正好相反。

由此可见，本区中生代玄武岩系具有自老至新由钙碱质向弱碱质最终为强碱质的演化规律。三个不同阶段的玄武岩系具有明显的阶段性。晚期雷琼地区玄武岩系(β_8)虽然钙碱性较强(σ 平均值=3.22)，但在图2钙碱质岩系区内仍位于偏碱性区域内。本区无太平洋型玄武岩系存在之迹象。幔源岩系是典型的钙质岩系。

(2) 莱特碱度率及其演化规律

莱特(J.B.Wright, 1969)用岩石的碱度率A.R来研究岩系的碱度特征($A.R = \frac{\langle \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{全碱} \rangle}{\langle \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} - \text{全碱} \rangle}$)，为醒目起见，我们用ALK值(碱度率对数百分比)来对比研究。里特曼指数的研究表明，在岩浆重力结晶分异过程中，随着岩浆酸度的增加，其 σ 值趋于稳定。显示出重力结晶分异的演化趋势，相当于本区中生代玄武岩系 $\text{SiO}_2 > 51\%$ 、 $\text{ALK} > 22$ 时的情况，对这类玄武岩系用ALK值来对比研究比较方便。

图3为本区中生代玄武岩系的 SiO_2 —ALK值相关图。由图可见：①第一构造阶段的玄武岩系主要是钙碱质—弱碱质岩系，其ALK与 SiO_2 呈正相关， SiO_2 平均值($\beta_1 \sim 2$)为54.8%，低于世界安山岩(59.59%)，但其ALK值(平均为24.5)却高于世界安山岩(21.48)，这表明本区中生代玄武岩系从早期就具有碱度偏高的特点；②第二、三构造阶段的玄武岩系以碱质—强碱质岩系为主。在总体上，其ALK值与 SiO_2 呈负相关趋势，与第一构造阶段玄武岩系的演化趋势相反，说明两者有着不同的构造—岩浆活动性

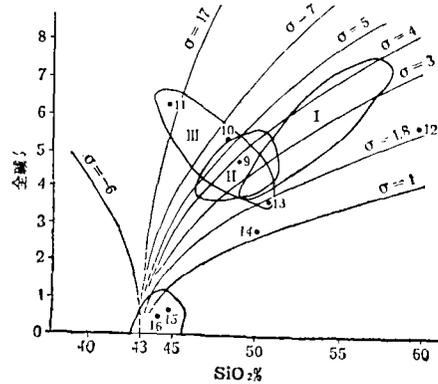


图2 中国东部中生代玄武岩系里特曼岩系指数图

- I：第一构造阶段玄武岩系投影点密集区
 - II：第二构造阶段玄武岩系投影点密集区
 - III：第三构造阶段玄武岩系投影点密集区
- 图中其他投影点标号及岩类见表3序号(后图皆同)

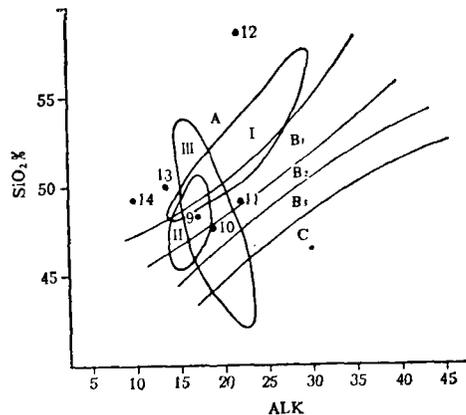


图3 中国东部中生代玄武岩系 SiO_2 —ALK值相关图

- 岩系分区：A—钙碱质岩系区；B—碱质岩系区(B₁—碱质弱；B₂—碱质中等；B₃—碱质强)；C—强碱质岩系区。I：第一构造阶段玄武岩系投影点密集区；II：第二构造阶段玄武岩系投影点密集区；III：第三构造阶段玄武岩系投影点密集区

质和起源。

三、玄武质岩浆的分异特征及玄武岩系形成的构造背景和成因

玄武岩浆主要是壳幔物质的分异产物。岩浆分异的总趋势是朝着酸度和碱度特别是K₂O含量递增的方向发展。图4为玄武岩系的K₂O含量与(K₂O/全碱)%相关图。由图可见，在“地幔岩”中，随着(K₂O/全碱)%值之增加其K₂O含量之增长幅度甚微，说明源幔岩系无明显分异作用。其化学组成之差异是由壳幔物质本身的不均一性所决定的。而玄武岩系则相反，随着K₂O在全碱中所占比例的增加，其绝对含量有显著的增长，这说明玄武岩系是在经历了明显的岩浆分异过程而形成的。

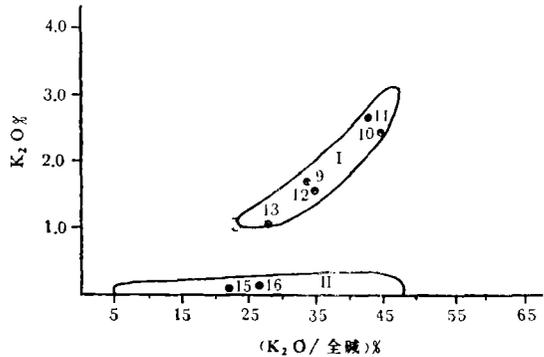


图4 中国东部中生代玄武岩系及幔源岩系的K₂O—(K₂O/全碱)相关图

- I: 本区中生代玄武岩系投影点密集区
- II: 幔源岩系投影点分布区

从同一地区含有二辉橄榄岩包体的寄主玄武岩与远离包体的玄武岩中ALK值之对比(表4)来看，寄主玄武岩的ALK值偏高，这可能表明玄武岩浆最初形成的深度越大其碱度越高。这也可以解释产于深大断裂带中的玄武岩系碱度增高的原因。

表4 寄主玄武岩(有二辉橄榄岩包体)与非寄主玄武岩的ALK值

分布区	时代	ALK 值	
		寄主玄武岩	非寄主玄武岩
山东 临朐	中新世	18.18	17.32
黑龙江 鹿道	上新世	22.80	18.75
黑龙江 镜泊湖	上新世	23.55	18.75
吉林 辉南	上新世	30.30	21.75
山东 蓬莱	上新世	22.27	21.84

岩浆分异的结果，使玄武岩系之分异指数D.I.(CIPW定量矿物系统中标准矿物石英、长石和付长石组矿物含量总和)增高。

图5为中生代不同构造阶段中玄武岩系及新生代幔源岩系的全碱—分异指数相关图。由图可见：①高镁质幔源岩系的全碱和D.I.值很低，两者呈正相关，其组成差异只决定其本身的不均一性。用最小二乘法求得其全碱(y)对D.I.(x)的线性回归方程为：

$$y = 0.090 + 0.124x \quad (F \text{比} = 757.5, \text{线性明显})$$

在图5中以AB表示上述方程，AB线代表了未经分异的超基性—基性喷出岩成分的分布趋向线；②大洋或大陆拉斑玄武岩之分异指数较小且分布于AB线上，一般来说，本区基性程度较高(SiO₂<51%)、全碱<4.5%的玄武岩系的D.I.<35，它们的投

影点分布区

影点集中分布于AB线附近。相反，基性程度偏低、全碱 $>4.5\%$ 的玄武岩系D.I. >35 ，且随着全碱及D.I.值的增高其投影点向AB线两侧偏离，显示出不同的分异趋势；③具重力结晶分异特点的第一构造阶段的玄武岩系分布于AB线右侧，且与世界安山岩的投影点（12）位于同一侧，推断其主要为安山质岩浆结晶分异的产物，在野外产状上常与安山岩系伴生，有时两者呈相变过渡关系；④第二、三构造阶段的玄武岩系其投影点逐渐偏向AB线左侧，不但碱度递增之幅度大，且一般 P_2O_5 （ $>0.5\%$ ）和 TiO_2 （ $1\sim 2\%$ ）之含量亦较高，结合其 SiO_2 含量随 σ 值增大而波动等特点，说明它具有存在气相运移的熔离演化特点。因此，它们是在相对刚性的陆壳中由于断裂活动逐步加强和岩石圈对深源玄武质岩浆压力释放的环境中形成的，故此类玄武岩浆来源于陆壳中的壳幔物质或来自上地幔。这两个构造阶段的玄武岩系应是幔源岩浆的直接分异产物。

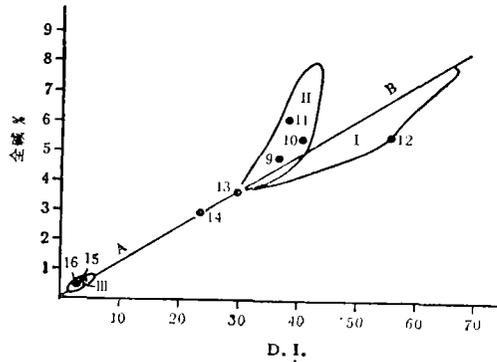


图5 中国东部新生代玄武岩系全碱—分异指数（D.I.）相关图

- I：第一构造阶段玄武岩系投影点密集区
- II：第二、三构造阶段玄武岩系投影点密集区
- III：幔源岩系投影点分布区

从目前掌握的玄武岩中锶同位素的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值来看，已知大洋拉斑玄武岩为 $0.7016\sim 0.7076$ （图6中1）；大洋碱性玄武岩为 $0.7023\sim 0.7040$ （2）；岛弧高铝玄武岩为 $0.7032\sim 0.7044$ （3）；大陆拉斑玄武岩为 $0.7033\sim 0.7110$ （4）；大陆碱性玄武岩为 $0.7041\sim 0.7075$ （5）。而中国东部新生代（主要为第二构造阶段后期及第三构造阶段）玄武岩系之 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值范围为 $0.7032\sim 0.7044$ （6）。如图6所示， $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值之下限由大洋玄武岩向大陆玄武岩方向递增，且碱性玄武岩比拉斑玄武岩高。 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值越小表示其形成深度越大。然而，由于不同地区之地壳厚度、构造活动及围岩性质等方面的差异和影响，致使同类玄武岩及分异程度有所差别，故 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值分布范围可以很广，但是其下限值对不同类型玄武岩是不同的，它是不同类型玄武岩系岩浆源形成深度的标志。一般认为大洋拉斑玄武岩的岩浆源来自上地幔，大陆拉斑玄武岩的岩浆源显然要浅些，它可能形成于壳幔过渡带。碱性玄武岩浆应为拉斑玄武岩浆的分异产物，故其 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值的下限要相应增大，其岩浆源之深度也随之减小。从图6可见，中国东部中生代碱性玄武岩系的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值范围较窄，其下限值小于大陆拉斑玄武岩和大陆碱性玄武岩之相应值，可见其岩浆源之深度较深，应接近于上地幔，由此进一步证明，本区第二、三构造阶段的玄武岩系应为幔源岩浆直接分异的产物。

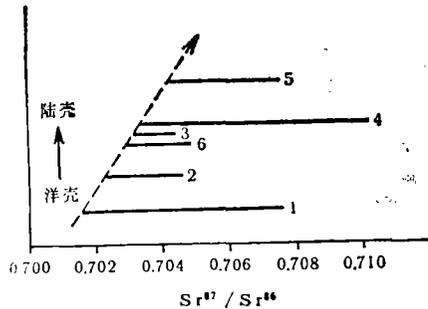


图6 玄武岩系中 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值分布范围

中国东部中生代碱性玄武岩系的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值范围较窄，其下限值小于大陆拉斑玄武岩和大陆碱性玄武岩之相应值，可见其岩浆源之深度较深，应接近于上地幔，由此进一步证明，本区第二、三构造阶段的玄武岩系应为幔源岩浆直接分异的产物。

由图7可见，第一构造阶段的玄武岩系具高铝特征。第二构造阶段的玄武岩系处于高铝与高镁、高铁玄武岩系的过渡区。而第三构造阶段的玄武岩系具有高镁、铁而贫铝的特征。其中第二、三构造阶段之玄武岩系投影点相对集中，它们与第一构造阶段玄武岩系之主要分布区不同，其成因也不同，前者是陆壳型碱性玄武岩系，后者是岛弧型玄武岩系。

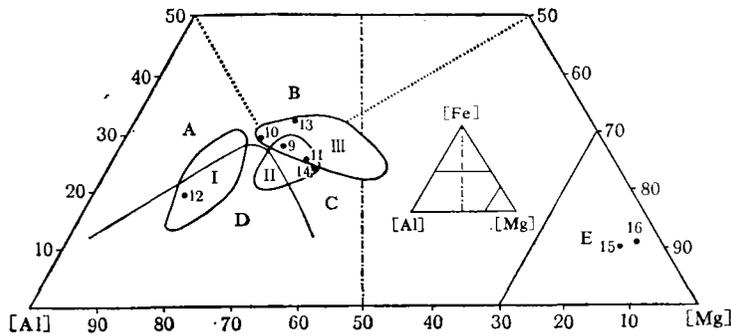


图7 中国东部中生代玄武岩铝—铁—镁原子百分比三角图

岩系分区：A—高铝区；B—高铁区；C—高镁区；

D—高铝钙碱区；E—幔源区

I：第一构造阶段玄武岩系投影点密集区

II：第二构造阶段玄武岩系投影点密集区

III：第三构造阶段玄武岩系投影点密集区

四、中国东部中生代玄武岩系的分区及碱度率的空间演化规律

1. 第一构造阶段

可分为四个岩系区（图8），其中那丹哈达岭岩系区（Ⅳ）为中生代洋壳，资料不多，不予详述。在内蒙—大兴安岭岩系区（Ⅰ）自西向东可分为古河—额尔古纳—海拉尔、甘河—博克图—松林、古源—布特哈旗三个岩系带，三带玄武岩系的ALK值分别为12~14、15~19及22~30，有自西向东递增的趋势。在华北岩系区（Ⅱ）自东向西可分为吉—辽东部、辽西和冀北三个岩系带，其玄武岩系的ALK值分别为20（平均）、28（平均）及30~35，具有自东向西的递增趋势。在扬子—华南岩系区（Ⅲ），资料不甚充分，据现有数据，在赣中、赣西，玄武岩系之ALK值小于16，在浙江中东部为17~23，在苏皖地区为16~20。

纵观全局，本阶段玄武岩系的碱性程度在南部较低，而北部较高，显示了玄武岩浆喷发活动的南北差异性，其中（Ⅰ）、（Ⅱ）两岩系区中玄武岩系碱度率的递变性与构造活动之关系将于第四节中讨论。

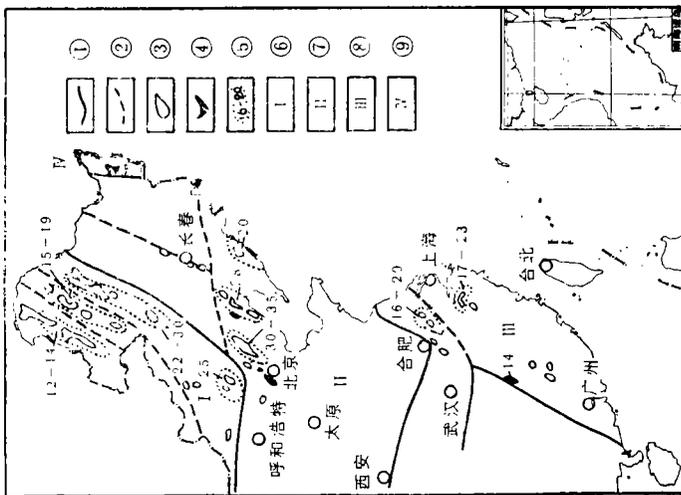


图 8 第一阶段玄武岩系分区略图

- ① 岩系分区界线 ② 亚区界线 ③ β_1 (J_1-K_1)
- ④ β_2 (J_2) ⑤ ALK 值及范围 ⑥ 内蒙—大兴安岭岩系区 ⑦ 华北岩系区 ⑧ 扬子—华南岩系区 ⑨ 鄂丹喀达岭岩系区

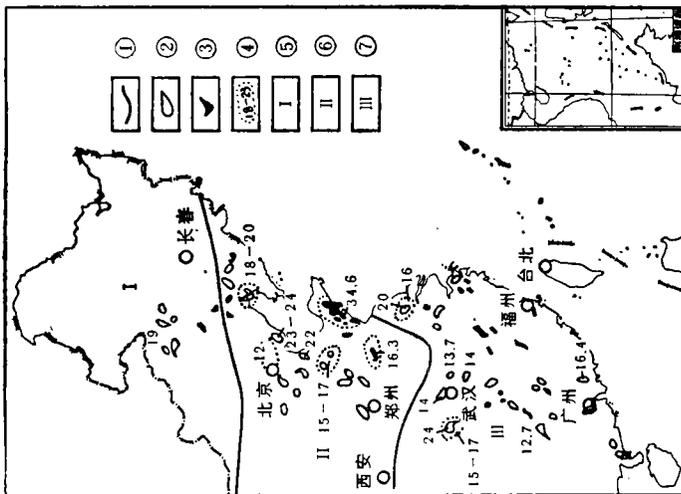


图 9 第二阶段玄武岩系分区略图

- ① 岩系分区界线 ② β_{4+5} (K_1-E_1)
- ③ β_3 (K_1-K_3) ④ ALK 值及范围
- ⑤ 内蒙—东北岩系区 ⑥ 华北岩系区 ⑦ 华南岩系区

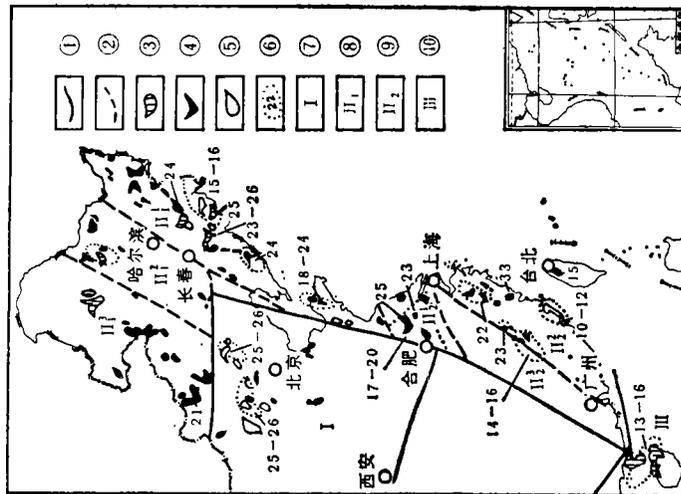


图 10 第三阶段玄武岩系分区略图

- ① 岩系分区界线 ② 亚区界线 ③ β_2 (O_2-E_1)
- ④ β_7 (N_1-O_2) ⑤ β_6 (E_3-N_1) ⑥ ALK 值及范围
- ⑦ 华北岩系区 ⑧ 太平洋岩系区 ⑨ 太平洋岩系区南亚区 ⑩ 雷琼岩系区

2. 第二构造阶段

可分为三个岩系区(图9)。在内蒙—东北岩系区(I)玄武岩系分布较零星(主要为 β_{4+5})，在华北(II)和华南(III)两岩系区， β_3 和 β_{4+6} 均有广泛分布。 β_3 的ALK值在郟庐断裂带上最高(在莒县地区达34.6)，其外围达18~23，到徐州为16.3。 β_3 的ALK值出现了一些高值区，如在下辽河(18~20)、滦县(23~24)、黄骅(17~22.5)等地，其外围偏低，如滦南—天津—大港一带为13—14.6；北京、抚顺等地为12左右；在鲁西为15~17。在苏北及江汉盆地则分别有18~20及18~24的高值区，其外围为15~17。在华南中南部之ALK值更低，为12.7~16.4。从整区全局看，玄武岩系之碱度率仍有南低北高的特点。ALK值高的地区位于断裂断陷强度较大的地区。

3. 第三构造阶段

也可分为三个岩系区(图10)。 β_6 主要分布在华北岩系区(I)，其ALK值最高达25~26(围场、张家口)，外围达20~21。 β_7 主要分布于滨太平洋岩系区(II)，又可分为南、北两个亚区及若干小区(见图10)。其ALK值从北到南出现了一系列的高值中心(22~25)，总体上形成了一个北北东向的滨太平洋高碱质玄武岩带。在北部西边，此期玄武岩系之ALK最高达30.3，而其东边较低(一般<24)，显示了ALK值东低西高的特点。 β_8 主要分布在黑—吉—辽东部(ALK=23~26)及黑龙江五大连池地区(ALK=30~41)，其碱度率也有东低西高的演变趋势。

在南方雷琼岩系区(III)主要分布的是 β_8 ，其次是 β_7 ，玄武岩系分布主要受近东西向的构造控制，属钙碱质岩系，具有富铝、富铁的特点(见图3.7)，其ALK值为13~16。

虽然现有的岩化数据在时代、采样区、样品数等方面分布很不均匀，但若将各构造阶段中玄武岩系的碱度率(以ALK值表示)的总平均值作一对比(图11)，即可看出，在三个构造阶段中，华南区玄武岩系的碱性程度均为最低，扬子区稍高，而华北及内蒙—东北区相对偏高，反应了中国东部南、北之间基性岩浆活动及影响深部岩浆活动的构造运动的差异性和逆变性。显示了中生代构造运动格局的南北分块特点。

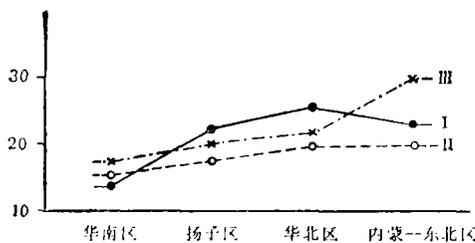


图11 中国东部中生代玄武岩系 ALK平均值区域对比简图

I 第一构造阶段 II 第二构造阶段 III 第三构造阶段

五、玄武岩系发育与板块构造运动

在第一构造阶段，作为欧亚大陆一部分的中国东部大陆受到特提斯板块自南向北的强烈挤压和太平洋板块向北北西方向运移的扭动挤压作用。在此阶段中，从华南到华北，盆地发育由小变大，玄武岩系碱性程度由弱变强，显示出南北差异特色，该时期特提斯板块的挤压、俯冲作用对本区构造格局的形成起主导作用。在北方，中国大陆在这一阶

段正处于蒙古—鄂霍茨克和锡霍特—日本中生代洋板块的包围之中, 据帕尔菲奥诺夫 (Л.М.Парфенов, 1979, 1981) 等人研究, 蒙古—鄂霍茨克“地槽”在侏罗纪和下白垩世都有强热的活动。该地槽带洋壳向南北两侧扩张, 向北俯冲形成了西伯利亚中—东部东南边缘的岛弧型活动陆缘, 其南侧向东南方向的俯冲作用可以由内蒙—大兴安岭岩系区玄武岩系的東西分带及玄武岩系碱度率由西向东的递增趋势而得到佐证, 其玄武岩系是一套钙碱质—弱碱质的富钠高铝岩系, 并且与大量高铝安山岩系伴生, 显示出岛弧型火山活动的特征, 由此可推断这里当时是一个岛弧型活动陆缘。同样, 锡霍特—日本“地槽”的相对向西俯冲作用形成了黑—吉—辽东部及其以西地区的岛弧型活动陆缘。

在第二构造阶段, 特提斯板块的俯冲使印度次大陆向欧亚大陆靠近, 太平洋板块已转向北西方向运移, 并在晚期发生了向北西西方向的旋转、推移。在上述两大板块运动影响下, 整个中国东部陆壳处于“下压上张”的应力状态之下, 地壳经历了变形拉薄→地壳柱上隆→板内断陷形成等过程, 从而相伴产生了具有多旋回喷发特点的富镁铁质的钠质碱性玄武岩—碱性橄榄玄武岩系, 并广泛地发育了具有多旋回特色的断—拗转化型含油气盆地。

该阶段玄武岩系的地球化学性质也很特殊。据全区含油气盆地中30个隐伏状玄武岩样品的稀散、稀土元素的化学分析 (宜昌地质矿产研究所化验室分析) 结果的平均值 (表5) 来看, 与典型的大洋拉斑玄武岩、大洋碱性玄武岩及大陆裂谷碱性玄武岩相比,

表5 典型玄武岩类稀散、稀土元素平均含量 (ppm)

岩类	元素										
	Th/U	U	Th	Sr	Rb	Rb/Sr	Cr	Ni	Co	Ba	
大洋碱性玄武岩	6.0	0.75	4.5	800	33	0.05	67	50	25	500	
大陆裂谷碱性玄武岩	8.6	0.5	4.0	1500	200	0.13	400	100	60	700	
大洋拉斑玄武岩	1.8	0.1	0.18	115	1.2	0.01					
中国东部隐伏玄武岩	0.8	6.6	5.0	750	44	0.06	300	20	34	490	

其稀土含量差异很大。含有特别高的U, 其Th/U比值特别低。其Sr、Rb、Cr、Ni、Co Ba及Rb/Sr比值均低于大陆裂谷碱性玄武岩中的含量, 而Th含量则偏高。由此可见, 在这一构造阶段中本区可能并未形成真正典型的大陆裂谷系。或者本区有某种自身的特殊性, 对此有待作进一步研究。

从玄武岩系碱度率的空间分布来看, 仍具有南低北高的特征, 控制玄武岩发育的构造格局仍显示有南北分块的特点, 我们认为, 该构造阶段中特提斯板块挤压、俯冲作用对中国东部陆壳上构造格局的影响仍起主导作用。

在第三构造阶段, 特提斯洋壳已封闭, 在中国大陆南缘, 晚期在南海又出现了新的断陷和拉张, 导致了北部湾—雷琼—珠江口一带近东西向断陷盆地的形成和钙碱质玄武岩系的发育, 它位于洋壳—陆壳过渡带上, 具有向大陆拉斑玄武岩系过渡的特点。

在东部广大的滨太平洋区域发育了一系列主要受北北东向其次为北东及西北向断裂构造所控制的断陷盆地和贫铝、富铁镁质的强碱质碱性橄榄玄武岩系。其碱性程度自东

向西的递增表明,在太平洋板块向西挤压、俯冲的强烈作用下,使本区转化为以东西分带为主的构造—岩浆活动格局。而特提斯板块活动的影响已居次要地位。

研究中国东部中生代玄武岩系的时空分布规律、岩石化学特征及演化规律、玄武岩浆的成因及分异特征以及其与板块运动的关系,使我们认识到,在中生代时中国东部大陆经历了各具特色的三个构造变革阶段,大体上与朱夏等(1979~1982)提出的三次变革构造运动相当。相应地有三个明显的构造阶段或构造—成盆阶段,特提斯板块构造运动及太平洋板块构造运动(特别是晚期)控制着本区的构造活动、盆地发育及玄武岩系的形成。对这些问题以及含油气盆地中玄武岩系发育与盆地发育内在联系的研究,无疑对在我国开展第二轮油气普查、勘探工作具有理论上和实践上的意义。

(收稿日期:1984年3月)

主要参考文献

- [1] 赵宗溥,中国东部新生代玄武岩岩石化学的研究,地质学报,36卷3期,1956年。
- [2] 郑学正等,我国东部新生代玄武岩岩石化学的一些探讨,地质科学,第三期,1978年。
- [3] 黑龙江省地质局科技情报室,五大连池火山群论文集,黑龙江省地质,第二期,1979年。
- [4] 朱夏等,中国东部板内盆地形成机制的初步探讨,石油实验地质,第一期,1979年。
- [5] 从柏林等,华北断块新生代玄武岩研究,地质学报,第五十三卷,第二期,1979年。
- [6] 周新民,陈图华,中国东南沿海新生代玄武岩及其超镁铁质包体,第二十六届国际地质学会交流论文集,《岩石、矿物、地球化学部分》,地质出版社,1980年。
- [7] 孙伟汉,赖志敏,福建省新生代火山岩岩石化学特征与构造关系的探讨,地球化学,第二期,1980年。
- [8] 周新民,陈图华,我国东南沿海新生代玄武岩成分和演化特征,地质学报,第五十五卷第一期,1981年。
- [9] 周新民,福建牛头山两个系列玄武岩及其包体研究,南京大学学报,第一期,1981年。
- [10] 寿志熙,中国东部白垩纪火山岩系的划分对比,南京地质矿产研究所所刊,第一号,1982年。
- [11] Kuno, H., 1966, Lateral Variation of Basaltic Magma Type Across Continental Margins and Island Arcs, Bull. Volcano., XXIX.
- [12] Парфенов, Л. М. и др., 1981, Тектоническая Эволюция Активных Континентальных Краев на Северо—Западе Тихоокеанского Обрамления, Геотектоника Академия наук СССР, NO. 1

PRELIMINARY STUDIES ABOUT
TECTONIC—PETROLOGY PROBLEMS OF
THE MESOZOIC—CENOZOIC BASALTIC
SERIES IN EAST CHINA

Xu Yongyuan Qing Deyou Tong Fushen

(Central Laboratory of Petroleum Geology, Ministry of
Geology and Mineral Resources.)

Abstract

This paper is offered for exploring the regional and geohistorical distributive regularities, petrochemical characteristics and evolutionary tendency, as well as the magmatic differentiation and genesis of the Meso-Cenozoic basaltic series in East China.

The correlations between basalt evolution, basin developments and plate tectonic movements are also discussed.

会 议 通 告

为了交流碳酸盐岩地区油、气勘探方法技术和经验,以促进我国广大碳酸盐岩沉积区的油、气勘探工作,现定于一九八六年十一月中旬由地质矿产部石油物探研究所在南京主持召开碳酸盐岩地区油、气勘探方法技术国际讨论会。有关碳酸盐岩地区的油、气地质及地球物理勘探工作中的复杂问题,诸如复杂构造、礁、推复体以及山区勘探等问题将在这次会议上进行讨论。这次会议上还将发表有关我国南方碳酸盐岩地区油、气勘探方法技术的研究成果。会议期间还将组织一次在我国南方碳酸盐岩地区的地质旅行。

我们热烈欢迎对这次会议感兴趣的国内外地质及地球物理专家提供论文并届时参加会议,需要了解这次会议的详细情况,请来信寄:

江苏省南京市卫岗21号石油物探研究所碳酸盐岩地区油、气勘探方法技术国际讨论会筹备组。

石油物探研究所
碳酸盐岩地区油、气勘探方法技术国际讨论会筹备组

一九八六年元月