

# 山东燕山晚期岩浆岩的岩石组合与某些岩石化学特征

王锡亮

(山东省地质科学研究所)

**提要** 燕山晚期,山东地域构造—岩浆活动剧烈,特别是沂沭深断裂带(郯庐断裂带山东境内段)活动异常频繁且激烈,切割深度已达上地幔,其两侧的鲁西和鲁东地块亦形成了复杂的断裂系,导致了多旋回的火山喷发和岩浆侵入,各自形成了一套代表性的岩浆岩岩石组合,奠定了三大岩石区之格局。各岩石区之岩浆岩化学成分既有关联性又有差异性,表现在岩浆岩的酸度和碱度具有明显的变异。之所以如此,显然与山东所处的大地构造位置,即太平洋板块与欧亚板块相互碰撞的陆缘地带密切相关。

山东燕山晚期岩浆岩极其发育,不仅分布有大面积的火山岩,而且还出露有规模宏大的侵入岩。它们的时空关系与大地构造位置密切相关。本文是在多年来对山东岩浆岩研究的基础上,仅对燕山晚期岩浆岩的岩石组合特征和岩石化学特征进行阐述。

## 一、三大岩石区的岩石组合特征

燕山晚期岩浆活动是中国东部中生代岩浆活动的重要组成部分。山东地处中国大陆东部,其与整个中国东部中生代岩浆活动与太平洋板块和欧亚板块的相互运动密切相关。

燕山运动早期(200—135Ma),太平洋板块以北北西向向欧亚板块俯冲,使古老的山东地块发生了破裂,一些古老断裂开始复活,与此同时产生了一些新断裂。岩浆沿看这些断裂上涌,既有微弱的火山喷发,如莱阳组( $J_3l$ )中的火山岩夹层,又有局部的岩浆侵入,如郭家岭花岗闪长岩体,为燕山期岩浆岩活动拉开了序幕。

燕山运动晚期(135—70Ma),太平洋板块继续做北北西向运动,山东地块强烈破裂,导致鲁西隆起区上的一些古老的北西向断裂加剧复活。鲁东隆起区生成了一系列北东—北北东向断裂,这些复活和新成生的断裂多属压扭性。

由于太平洋板块俯冲,致使山东地壳隆起,地幔物质上涌,以北东—北北东向断裂作为通道,岩浆发生了大规模的喷发和侵入,形成了大面积的火山岩系,如青山组火山岩( $K_3q$ ),同时形成了宏大的侵入岩基,如艾山阶段和崂山阶段岩浆侵入形成的花岗岩类。岩

本文1986年2月收到,1990年2月改回。

浆活动达到了山东地质史上鼎盛期,奠定了山东岩浆岩三大岩石区的格局。

根据山东燕山晚期岩浆岩组合(实际不限于燕山晚期),可将山东划分为三大岩石区(图1)。以沂沭深断裂带为界,其西为鲁西岩石区,即聊考断裂带以东,齐广断裂以南,峰城断裂以北整个鲁西隆起区。其东为鲁东岩石区,包括胶北隆起、胶莱拗陷和胶南隆起。沂沭深断裂带本身是一个岩石区,包括四条主干断裂和其间的凸起与凹陷以及该深断裂带两侧之紧邻地带。

鲁西岩石区上的岩浆岩总体分布方向为近东西,单个岩体多呈北北东向产出,该岩石区之火山岩组合以玄武岩—辉石安山岩—粗安岩为主。侵入岩组合主要为辉长岩—闪长岩—二长岩—正长岩—花岗岩,其中辉长岩和闪长岩占优势,花岗岩类很少。

沂沭深断裂带岩石区的岩浆岩总体分布方向为北北东,个别岩体的产出方向为北西。主要是火山—侵入岩,火山岩和侵入岩在时间上紧密相伴,在空间上密切相连,二者往往构成火山机体。火山岩组合以碱性玄武岩—玄武粗安岩—粗安岩—粗面岩为主,局部为玄武安山岩—流纹岩组合。侵入岩组合主要为辉长岩—闪长岩(闪长玢岩)—花岗闪长斑岩—二长花岗斑岩—花岗斑岩,其中闪长岩(闪长玢岩)占优势。

鲁东岩石区的岩浆岩总体方向为北东或北北东,个别呈近东西向产出(如伟德山二长花岗岩体)。火山岩组合以安山岩—粗安岩—流纹岩为主,局部有碱性玄武岩—碱性粗面岩—碱性流纹岩组合。侵入岩组合主要为闪长岩—石英二长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩—花岗岩—钾长花岗岩,其中花岗岩类是主体,闪长岩类极少。

三大岩石区的火山岩和侵入岩有密切的时空关系,其化学成分有一致性,有理由认为它们属同源产物,仅形成的环境不同,即物理—化学条件不同而已,为同源异相。

由地震测深资料得知,鲁西岩石区之地壳厚度达34—36km,属地幔相对凹陷的部位。地表出露的辉长岩—闪长岩占优势,被认为是来自地幔的基性岩浆结晶分异的产物,或基性岩浆同化了部分硅铝物质而形成。鲁东岩石区之地壳厚度为36km左右,亦属地幔相对凹陷的部位。地表出露的是花岗岩占优势,被认为是壳源物质重熔的产物。而沂沭深断裂带之地壳厚度仅有25—32km,属地幔相对隆起的部位。据山东地矿局金隆裕关于沂沭深断裂带玄武质岩石中的深源包体平衡温压计算表明,包体来源于地下60—82km。由于沂沭深断裂带后期的引张作用(裂谷),导致较深部的地幔岩浆上侵,在岩浆运移的过程中,混杂了部分陆壳物质,使火山岩和侵入岩之成分复杂化,岩石的酸碱度变化急剧,这是与东西两个相邻区的岩浆源深度和形成机理之不同点。

## 二、三大岩石区的岩石化学某些特征

就60个岩体(含杂岩体和复式岩体),703个样品之岩石化学成分(表1)及其特征值(表2)来讨论三大岩石区岩浆岩之岩石化学某些特征。

### (一)酸度

1. 花岗岩类之酸度:由表1和表2看出,一般鲁东岩石区之酸度最高,鲁西岩石区次之,而沂沭深断裂带岩石区最低(图2)。分异指数都大于84(图3),表明三个岩石区的花

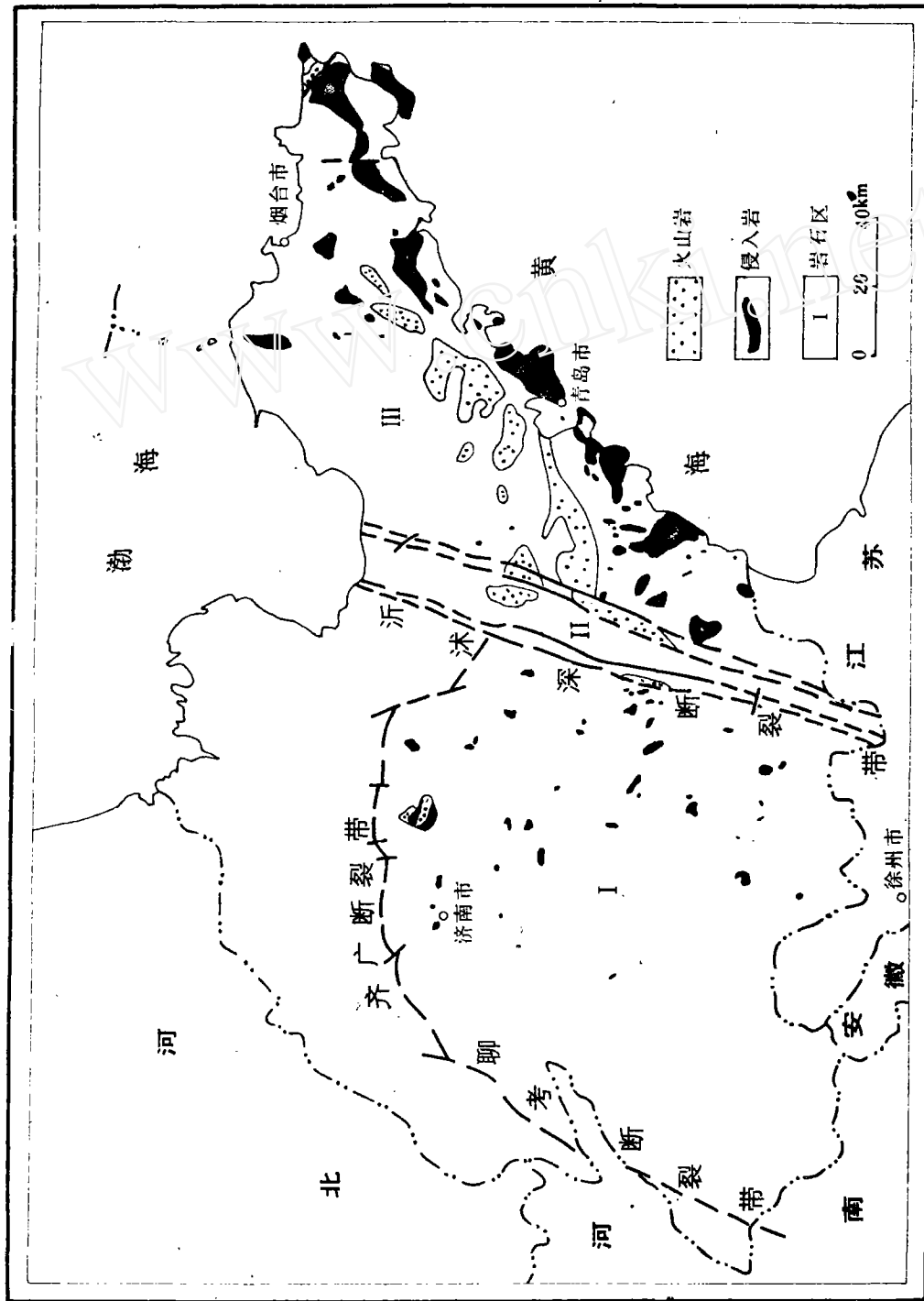


图 1 山东燕山晚期岩浆岩分布和岩石区示意图

表1 山东各岩区岩浆岩化学成分平均值及标准矿物成分平均值表(%)

侵入岩	岩区	岩石名称	样品数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub>	灼
燕山晚期	鲁西	花岗岩类	6	70.46	0.19	14.09	0.81	2.06	0.06	0.79	1.36	4.79	4.16	0.31	0.52	0.43	
	沂沭断裂带	花岗岩类	16	70.38	0.24	14.29	1.49	1.36	0.07	0.93	1.56	3.50	4.69	0.20	0.70	0.30	
	鲁东	花岗岩类	221	71.04	0.29	13.82	1.02	1.80	0.06	0.62	1.80	3.98	4.46	0.11	0.56	0.19	0.06
	鲁西	闪长岩类	112	59.26	0.59	15.32	2.71	3.24	0.10	3.91	5.02	4.33	2.68	0.24	1.38	0.77	
	沂沭断裂带	闪长岩类	49	56.79	0.73	16.41	3.64	2.85	0.12	3.84	4.73	3.96	3.51	0.08	0.80	0.59	0.10
	鲁东	闪长岩类	15	58.46	0.66	16.96	2.40	3.43	0.09	2.67	5.11	3.85	3.54	0.31	1.25	0.65	0.00
	鲁西	火山岩	93	56.57	0.86	15.13	5.15	1.90	0.10	4.73	6.10	3.47	2.84	0.44	2.29	0.24	
	沂沭断裂带	火山岩	83	60.30	0.73	16.00	4.42	1.29	0.09	2.66	3.05	4.16	4.04	0.40	1.98	0.47	0.40
鲁东	火山岩	108	65.81	0.47	15.42	2.23	1.46	0.07	1.29	2.41	3.33	4.53	0.19	0.47	0.47		
侵入岩	岩区	岩石名称	样品数	合计	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Di	Al	Hy	Q	C	Hm	
燕山晚期	鲁西	花岗岩类	6	100.03	0.68	0.35	1.18	24.56	40.54	4.68	0.22			4.77	2.12		
	沂沭断裂带	花岗岩类	16	99.53	0.43	0.46	2.15	27.73	23.63	6.60				2.31	28.17	1.04	
	鲁东	花岗岩类	221	99.76	0.25	0.55	1.48	26.34	33.67	6.82	1.20			3.05	25.70		
	鲁西	闪长岩类	112	99.60	0.53	1.12	3.94	15.86	37.08	14.19	7.45			9.11	8.27		
	沂沭断裂带	闪长岩类	49	99.89	0.19	1.40	5.28	20.77	33.51	16.61	4.04			8.92	5.76		
	鲁东	闪长岩类	15	100.38	0.68	1.26	3.47	20.93	32.57	18.56	5.01			7.74	8.01		
	鲁西	火山岩	93	99.82	0.96	1.64	4.64	16.76	29.37	17.61	9.62			7.45	7.87		0.70
	沂沭断裂带	火山岩	83	99.99	0.87	1.40	3.66	23.88	35.25	13.02	1.19			6.08	9.91		1.90
鲁东	火山岩	108	99.63	0.40	0.90	3.24	26.78	28.16	11.96				3.21	21.94	0.65		

岗岩类在形成过程中,岩浆分异作用都较强。

表 2 山东各岩区岩浆岩之岩石化学特征值表

侵入期	岩 区	岩石名称	样品数	酸度	分异指数	组合指数	碱度率	全碱	钠钾比
燕 山 晚 期	鲁 西	花岗岩类	6	24.23	87.18	2.91	4.44	8.95	1.75
	沂沭断裂带	花岗岩类	16	22.80	85.53	2.36	3.14	8.19	1.13
	鲁 东	花岗岩类	221	26.51	85.71	2.51	3.35	8.44	1.35
	鲁 西	闪长岩类	112	6.72	51.21	3.06	2.06	7.06	2.48
	沂沭断裂带	闪长岩类	43	8.26	60.04	4.05	2.11	7.47	1.69
	鲁 东	闪长岩类	15	8.15	61.51	3.53	2.01	7.39	1.65
	鲁 西	火山岩	93	4.75	54.00	2.93	1.85	6.31	1.86
	沂沭断裂带	火山岩	83	8.78	69.04	3.89	2.51	8.20	1.57
	鲁 东	火山岩	108	12.91	76.88	3.01	2.48	7.86	1.12

注:酸度 =  $Si + Na + K/Fe^{+3} + Fe^{+2} + Mg$ ; 组合指数 (A. Rittman 指数)  $\sigma = (Na_2O + K_2O)^2 / SiO_2 - 43$ ; 碱度率 (A. R) =  $Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O / Al_2O_3 + CaO - (Na_2O + K_2O)$ ; 全碱 =  $Na_2O + K_2O$ ; 钠钾比 =  $Na/K$ ; 分异指数 (D. I) =  $Q + Or + Ab + Ne + Ec + Kp$ 。

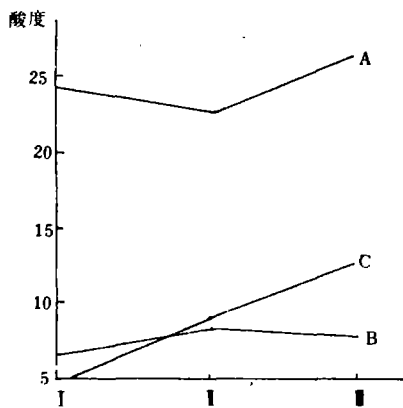


图 2 山东各岩石区岩浆岩之酸度变异图

I. 鲁西岩石区; II. 沂沭深断裂带岩石区;  
III. 鲁东岩石区; A. 花岗岩类; B. 闪长岩类; C. 火山岩

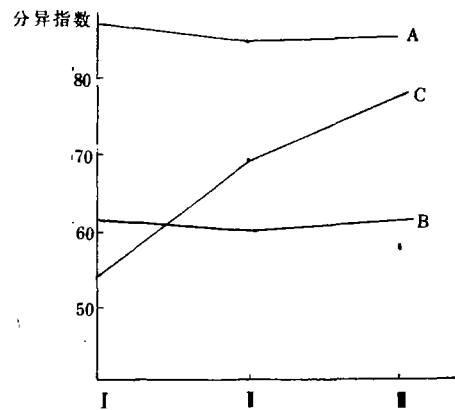


图 3 山东各岩石区岩浆岩之分异指数变异图

(I, II, III, A, B, C 同图 2)

## 2. 闪长岩类之酸度

沂沭深断裂带岩石区之酸度最高,分异指数最低。鲁东岩石区之酸度次高,分异指数最高。而鲁西岩石区之酸度最低,分异指数介于二者之间(图 2,3)。

### 3. 火山岩之酸度

火山岩主要指白垩系青山组(K<sub>1q</sub>)和王氏组(K<sub>2w</sub>)中的火山岩类(下同)。

图 2 和图 3 明显地显示出,从鲁西岩石区至沂沭深断裂带岩石区到鲁东岩石区,酸度和分异指数都向着增高的方向演化。

通过上述分析可清楚地看出,鲁东岩石区岩浆岩(侵入岩+火山岩)的酸度和分异指数为最高,这是一个显著的特点。

## (二) 碱度

### 1. 花岗岩类之碱度

由表 2 可看出,花岗岩类的组合指数都小于 3.3,均属钙碱性岩系。鲁西岩石区之碱度率、全碱和钠钾比最高,沂沭深断裂带岩石区相对最低,而鲁东岩石区则居二者之间(图 4,5,6)。

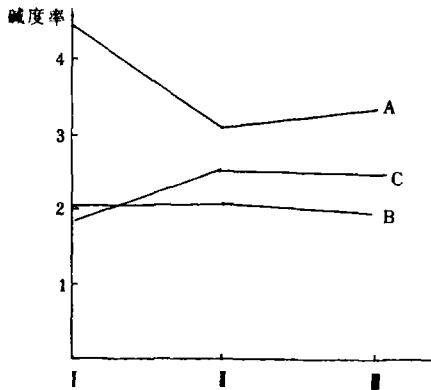


图 4 山东各岩石区岩浆岩之碱度率变异图

(I, II, III, A, B, C 同图 2)

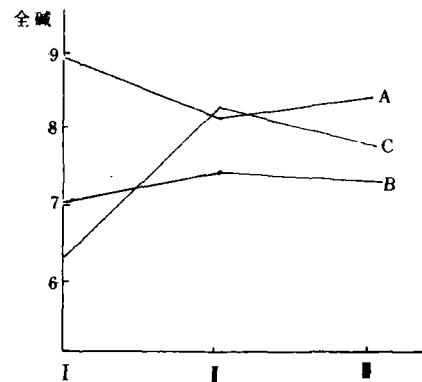


图 5 山东各岩石区岩浆岩全碱变异图

(I, II, III, A, B, C 同图 2)

### 2. 闪长岩类之碱度

由表 2 可看出,闪长岩类的组合指数唯有鲁西岩石区小于 3.3,属钙碱性岩系,另二个岩石区均大于 3.3,它们属碱钙性岩系。沂沭深断裂带岩石区的碱度率和全碱为最高,钠钾比居中(图 4,5,6),而鲁西岩石区之全碱最低,但钠钾比则最高。

### 3. 火山岩之碱度

由表 2 可看出,沂沭深断裂带岩石区的组合指数大于 3.3,属碱钙性岩系,另二个岩石区则小于 3.3,均为钙碱性岩系。沂沭深断裂带岩石区之碱度率和全碱为最高,鲁东岩石区次之,而鲁西岩石区为最低。由鲁西至沂沭深断裂到鲁东,三个岩石区的钠钾比依次降低。

通过上述分析可清楚地看出,鲁东岩石区岩浆岩(火山岩+侵入岩)的全碱和碱度率

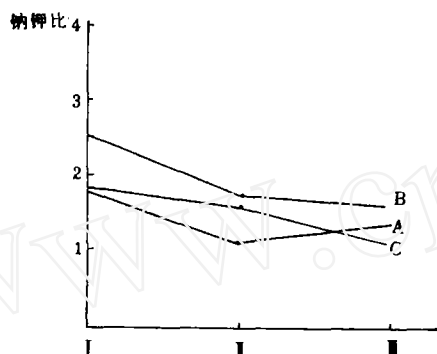


图6 山东各岩石区岩浆岩之钠钾比变异图  
(I, II, III, A, B, C 同图2)

最高,钠钾比则最低(富钾),这又是一个显著的特点。

总而言之,山东存在着三大岩石区,每个岩石区都有代表性的一套岩浆岩岩石组合,其岩石化学成分既有相似性又有差异性。燕山晚期,沂沭深断裂带切割较深,已达上地幔,在其两侧的鲁西和鲁东地块上形成了复杂的断裂系,导致了多旋回的火山喷发和岩浆侵入。形成的火山岩组合和侵入

岩组合变化较大,必然影响到岩浆岩的酸度和碱度的变异。这显然与山东所处的大地构造位置——太平洋板块同欧亚板块相互碰撞的陆缘地带有密切关系。

文中所引用的岩石化学成分为平均值,参加计算的数据除作者所做之外,多引自区调报告、普查报告、勘探报告和专题研究报告,难以注明单位或作者,敬请包涵。

限于篇幅,本文未涉及岩浆岩的诸多方面特征,旨在抛砖引玉,不当之处,敬请读者赐教。成文后,得到曹国权高级工程师的指教。深表感谢。

### 参 考 文 献

- (1) 张德全等,1980,中国东部中生代岩浆岩的化学成分特征及其与基底变质岩成分的关系。国际交流地质学术论文集(二)。
- (2) 南京大学地质系,1981,华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系。科学出版社。
- (3) 吴利仁,1985,中国东部中生代花岗岩类。岩石学报,第1卷,第1期。

ROCK ASSEMBLAGE AND SOME PETROCHEMICAL  
CHARACTERISTICS OF THE LATE YANSHANIAN MAGMATIC  
ROCKS IN SHANDONG

Wang Xiliang

(*Shandong Institute of Geological Sciences*)

Abstract

The tectonic — magmatic activities in Shandong during the late Yanshanian stage were intense. This holds especially true in the Yishu fault zone (a part of the Tanlu fault belt within Shandong), where the activities were quite frequent and the faults thus formed cut deep down into the mantle. On the two sides of the fault zone (i. e. W and E Shandong blocks) complex fault systems were formed, leading to the polycyclic volcanic eruption and magmatic intrusion, which in turn formed a set of typical magmatic rock association, respectively, that has established the framework of the three major petrographic provinces. The chemical compositions of the magmatic rocks from the three petrofacies provinces show both similarities and differences as revealed by the strikingly different acidity and alkalinity of the rocks. This is apparently related to the tectonic setting of Shandong, namely, the continental margin where the Pacific Plate collided against the Eurasian Plate.