

崂山花岗岩复式岩基的 岩石谱系单位划分及成因演化

厉建忠 万中杰

(山东省地质矿产局区域地质调查队)

摘要 青岛崂山花岗岩具有成分和结构演化的特点。本文依据同源岩浆演化理论,应用岩石谱系单位划分方法,将组成该复式岩基的36个侵入体划分为10个单元,分别归并为浮山、石门山和崂项三个超单元,同属崂山超单元组合。通过对其地质学、岩石学、岩石化学、地球化学及同位素地质年代学等特征的研究,认为它们具有相同的起源,是在同一构造事件影响下,下地壳变质火成岩有间断地发生了三次熔融事件的产物。早期为I型花岗岩,晚期演化为A型花岗岩。

崂山花岗岩复式岩基处于燕山期荣成—日照构造岩浆带中部,牟平—即墨断裂带之NE向夏庄断裂东侧。该复式岩基形成于燕山晚期,属偏碱性、碱性岩石,面积约500km²。区内出露地层有下元古界胶南群和下白垩统莱阳群、青山群。

一、岩石谱系单位的划分

根据同源岩浆演化理论,在填绘侵入体的基础上,通过研究其地质学、岩石学、岩石化学、地球化学及同位素年龄等特征,进行了单元—超单元—超单元组合三级划分。根据岩石类型和岩石结构、构造的一致性,将组成崂山花岗岩复式岩基的36个主要侵入体划分为10个单元。在此基础上,再依据各单元的时空分布特点及同源岩浆连续演化特征,将其归并为三个超单元(表1,图1)。结合对浮山、石门山和崂项超单元之岩浆同源性和形成时间性的研究,认为它们是在同一构造事件影响下,由同一熔融层有间断地发生三次岩浆熔融事件所形成的岩浆组合群。各超单元整体上构成一个由次铝质偏碱性岩石向过铝质碱性岩石演化的岩浆旋回,属同一超单元组合,即崂山超单元组合。

二、崂山花岗岩的基本特征及岩浆同源性和成因类型分析

1. 地质特征

各超单元,尤其是超单元内部主侵入期单元分别集中,各自构成环状或半环状岩浆

本文1993年9月收到,1994年3月改回。

表1 各单元简要特征

超单元	单元	岩性	结构、构造	侵入体数量(个)	最大侵入体面积(km ²)	总面积(km ²)	主要宏观标志	接触关系	同位素年龄
崂山超单元	小平兰单元	细粒碱性花岗岩	文象结构,晶洞构造	13	9.9	31	白色,矿物粒径0.5—1.5mm,岩石中发育晶洞。侵入体边部常有岩枝穿切围岩,部分侵入体呈NNE或近SN走向的岩墙产出	脉动型侵入太平兰单元	
	大平兰单元	中细粒、斑状细粒碱性花岗岩	花岗结构、似斑状结构,晶洞构造、块状构造	3	8	10	淡灰白色,矿物粒径1—2mm,斑晶粒径2—4mm,约占15—20%。中细粒结构者发育有晶洞	涌动型侵入八水河单元	
	八水河单元	中粒碱性花岗岩	花岗结构,晶洞构造	1	88	88	白色,矿物粒径2—4.5mm,岩石中发育晶洞。局部地段因含烟灰色石英致使岩石呈灰白色	脉动型侵入太平宫单元	86.73Ma (全岩 K—Ar)
	太平宫单元	粗中粒碱性花岗岩	花岗结构,晶洞构造	1	90	90	肉红色,矿物粒径3.5—6mm。岩石中发育有晶洞,黑云母结集呈暗色斑点	超动型侵入石门山及浮山超单元	134Ma(全岩 Rb—Sr等时线)
	石门山超单元	午山单元 细粒正长花岗岩	文象结构、花岗结构、块状构造、晶洞构造	3	6	12	肉红色,矿物粒径0.5mm±,含少量斜长石。多呈小岩株产出	脉动型侵入北大崮单元	

续表 1

超单元	单元	岩性	结构、构造	侵入体数量(个)	最大侵入体面积(km ²)	总面积(km ²)	主要宏观标志	接触关系	同位素年龄
石门山超单元	北大崮单元	中细粒正长花岗岩	花岗结构,块状构造	2	64.7	71.7	浅灰白色,矿物粒径1.5—3mm,含少量斜长石	涌动型侵入下书院单元	
	下书院单元	中粒含黑正长花岗岩	花岗结构,块状构造	2	27.8	34.7	浅肉红色、灰白色,矿物粒径2—4mm,含少量斜长石和黑云母	超动型侵入青台山单元	91.92Ma (全岩 K—Ar)
浮山超单元	望海楼单元	细粒含黑二长花岗岩	花岗结构、文象结构,块状构造	7	5.2	14	灰白色,矿物粒径1—2mm,斜长石与钾长石近于等量。呈岩株或NE走向的岩墙产出	脉动型侵入浮山单元	
	浮山单元	斑状细粒含黑二长花岗岩	似斑状结构、基质半自形粒状结构,块状构造	3	8	10	灰白色,斑晶粒径2.5—4.5mm,约占10—25%;基质粒径1.5—2mm,含黑云母和较多斜长石	涌动型侵入青台山单元	97.64Ma (全岩 K—Ar)
	青台山单元	中粒含黑二长花岗岩	花岗结构,块状构造	1	138	138	灰白色,矿物粒径2.5—4.5mm,局部为不等粒结构;斜长石与钾长石近等量,含少量角闪石,偶见暗色微粒包体	侵入莱阳群	100Ma(全岩 K—Ar), 146Ma(全岩 Rb—Sr 等时线)

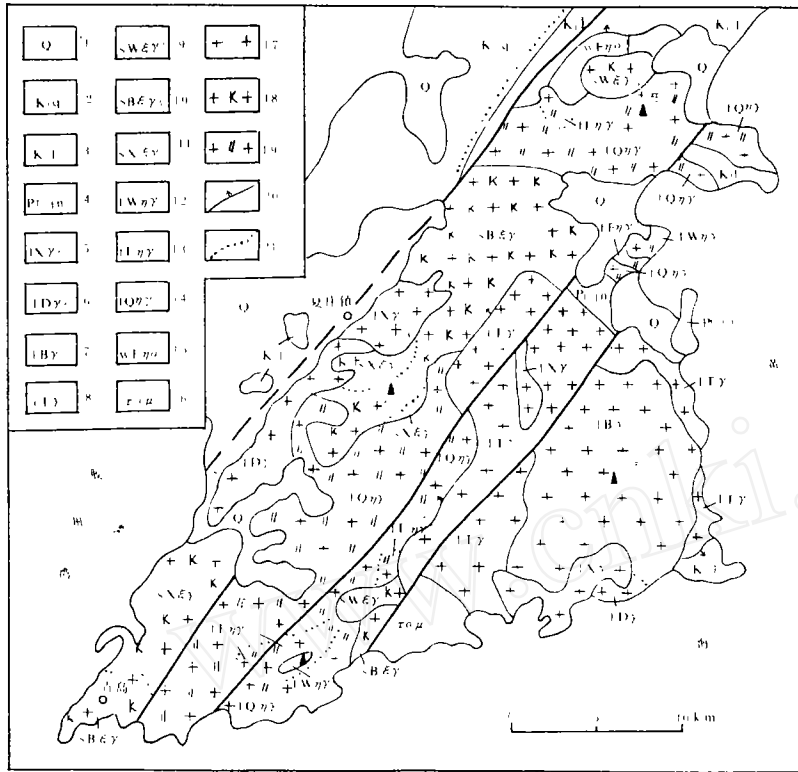


图1 崂山地区地质略图

- 1. 第四系; 2. 下白垩统青山群; 3. 下白垩统莱阳群; 4. 下元古界胶南群; 5. 小平兰单元;
- 6. 大平兰单元; 7. 八水河单元; 8. 太清宫单元; 9. 午山单元; 10. 北大崮单元; 11. 下书院单元;
- 12. 望海楼单元; 13. 浮山单元; 14. 青台山单元; 15. 凤台顶单元; 16. 潜粗安岩;
- 17. 崂顶超单元; 18. 石门山超单元; 19. 浮山超单元; 20. 侵入接触; 21. 涌动型侵入接触

构造,较新单元分布于环状岩浆构造中部。超单元之间为超动型侵入接触,见图2(1);超单元内相邻单元为脉动型或涌动型侵入接触,见图2(2)及图2(3)。侵入体边部不发育流动构造,接触带岩石无挤压特征,侵入体内部岩性均一。超动和脉动型侵入者,内接触带岩石具冷凝现象。岩浆的侵入受NE走向深断裂控制,岩浆构造形态反映了区域应力场方向由早期的NNW—SSE向晚期的NW—SE和EW变化,即沿逆时针方向演变,晚期转化为张性环境。

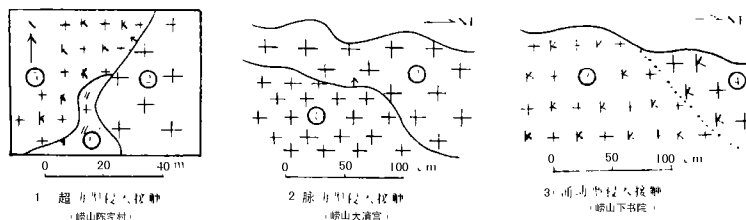


图2 崂山花岗岩内部侵入接触关系类型

- ①八水河单元; ②太清宫单元; ③北大崮单元; ④下书院单元; ⑤石门山超单元; ⑥青台山单元

2. 岩石学特征

采自浮山、石门山和崂顶超单元的 38 件定量矿物样品,在深成岩类 QAP 分类图解上,分别落于二长花岗岩、正长花岗岩和碱性花岗岩区(图 3)。如图所示,各超单元样品投影点分别集中,反映出由二长花岗岩向碱性花岗岩演化的同一岩浆旋回特点。但崂顶超单元与较早的两个超单元之间有明显间断,可能反映前者具残余岩浆成因特点。从矿物组成来看,浮山超单元岩石中斜长石 $An=20-29$;石门山超单元岩石中斜长石 $An=15-27$;崂顶超单元岩石中斜长石 $An=2.5-4$,并含少量钠闪石和霓石。另外,各超单元以结构演化为主,由早到晚,遵循由中粒向细粒演化的规律。

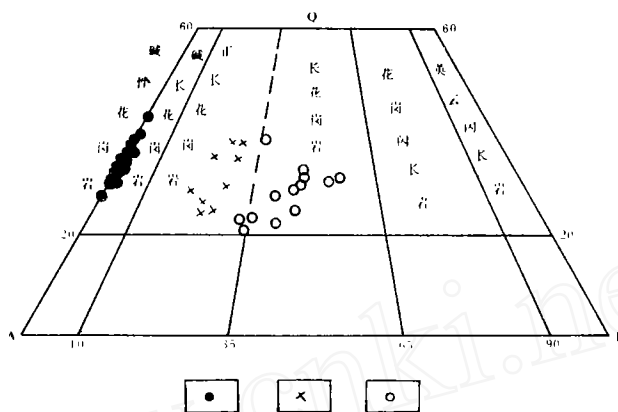


图 3 深成岩类 QAP 分类图解

1. 崂顶超单元;2. 石门山超单元;3. 浮山超单元

浮山和石门山超单元主要副

矿物为磁铁矿、榍石、锆石和磷灰石,崂顶超单元主要副矿物为磁铁矿、萤石和锆石,均相当于石原舜三(1977)所划分的磁铁矿系列。各超单元之早期单元中锆石晶形复杂,而中晚期单元中锆石晶形则相对简单,且出现大量变生锆石。萤石和变生锆石是岩浆晚期产物。

3. 岩石化学特征

各单元岩石化学成分(表 2)基本稳定;各超单元具较明显的成分演化特征,但成分变化范围较窄。AKI(Na_2O+K_2O/Al_2O_3 ,分子比)和 ALI($Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$,分子比)值说明浮山、石门山、崂顶超单元分别属次铝质偏碱性、次铝一过铝质偏碱性、次铝一过铝质碱性岩石。后者岩石中往往出现钠闪石、霓石等碱性暗色矿物。

Harker 型岩石化学成分变异图解(图 4)显示各超单元均具成分连续演化特征和相似的演化规律; Al_2O_3 、 Fe_2O_3+FeO 和 Na_2O+K_2O 含量随 SiO_2 含量的增加而减少,反映 SiO_2 对这些成分具稀释作用,而且这种稀释作用由岩浆早期到晚期逐渐减弱; MgO 在每一超单元早期随 SiO_2 的增加而增加,中晚期随 SiO_2 的增加而减少,反映每次熔融事件产

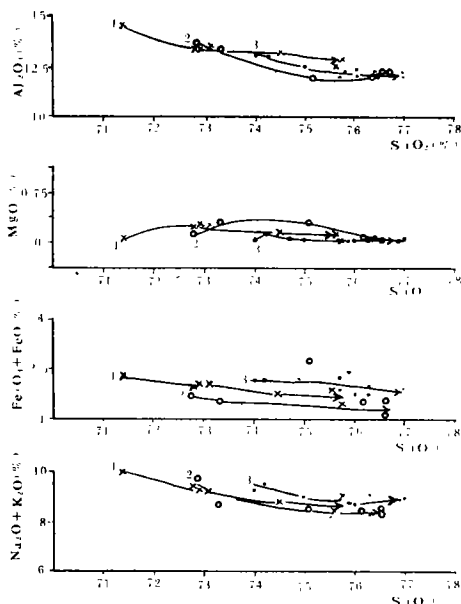


图 4 Harker 型岩石化学成分变异图解

1. 浮山超单元;2. 石门山超单元;3. 崂顶超单元

生。每次熔融事件产

表2 各单元岩石化学

超单元 组合	超单元	单元	侵入体	序号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O
崂山超单元组合	崂顶超单元	小平兰单元	小平兰	1	76.32	0.14	12.18	0.69	1.30	0.027	0.07	0.23	4.05
			太平庄	2	76.93	0.06	12.44	0.32	0.75	0.02	0.04	0.30	3.95
		太平兰单元	大平兰	3	75.70	0.08	12.07	0.93	1.32	0.09	1.33	0.45	4.63
			夏庄	4	76.06	0.10	12.38	0.56	1.19	0.04	0.04	0.36	4.17
		八水河单元	八水河	5	75.90	0.15	12.11	0.90	1.55	0.044	0.06	0.18	4.34
				6	76.36	0.10	12.16	1.04	0.75	0.04	0.19	0.16	4.60
		太清宫单元	太清宫	7	77.00	0.12	12.05	0.95	0.93	0.08	0.08	0.33	4.53
				8	74.96	0.26	12.59	1.20	0.99	0.08	0.04	0.37	4.23
				9	74.18	0.18	13.15	0.98	1.15	0.04	0.14	0.23	4.34
				10	74.01	0.27	13.07	0.99	1.14	0.07	0.06	0.47	4.42
		石门山超单元	午山单元	午山	12	76.56	0.13	12.27	0.12	1.04	0.04	0.02	0.42
	邵家庵			13	76.58	0.08	12.11	0.45	1.24	0.05	0.02	0.44	3.42
	北大崮单元		八关山	14	75.13	0.14	11.89	0.56	2.18	0.07	0.35	0.83	3.63
			北大崮	15	76.18	0.16	12.14	0.43	1.11	0.03	0.10	0.21	4.04
	下书院单元		下书院	16	73.30	0.24	13.35	0.77	1.72	0.07	0.35	0.87	3.95
				17	72.82	0.16	13.68	0.56	1.19	0.08	0.14	0.81	4.82
	浮山超单元		望海楼单元	望海楼	18	75.62	0.17	12.49	0.49	1.42	0.05	0.14	0.80
		浮山		19	75.75	0.06	12.94	0.18	1.30	0.03	0.02	0.48	4.13
		浮山单元	浮山	20	74.48	0.16	13.29	0.64	1.10	0.06	0.18	0.84	4.07
		青台山单元	青台山	21	72.90	0.32	13.40	0.94	1.10	0.04	0.27	1.10	4.06
				22	72.80	0.34	13.35	0.88	1.04	0.04	0.18	1.20	4.12
				23	73.10	0.27	13.58	0.94	1.10	0.06	0.28	0.88	4.32
				24	71.40	0.22	14.63	0.47	1.77	0.05	0.03	0.98	4.64
	中国黑云母花岗岩(黎彤,1962)					71.99	0.21	13.81	1.37	1.72	0.12	0.81	1.55
澳大利亚 Gabo A型花岗岩					73.04	0.37	12.62	1.63	1.51	0.08	0.33	0.96	3.70
澳大利亚 Mumbulla A型花岗岩					77.20	0.13	11.79	0.36	0.85	0.03	0.04	0.39	3.08
福建魁岐钠闪石晶洞花岗岩					76.84	0.14	11.55	1.27	0.66	0.09	0.12	0.24	4.21

注:造岩氧化物为 wt%,1—24号样品由山东省地矿局区调队实验室测定。

成分及标准矿物特征

K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失	总量	AKI	ALI	AMF	DI	Or	Ab	An	Q	c	p	斜长石 An
4.21	0.03	0.24	99.49	0.921	1.047	401.0	94.54	24.88	34.27	0.95	35.39	0.61	3.63	2.6
5.04	0.03	0.63	100.51	0.961	0.995	809.9	96.78	29.78	33.43	1.29	33.57	0.01	2.30	3.7
4.26	0.02		100.88	1.013	0.925	248.3	92.90	25.17	38.37	0.17	29.35		11.34	0.4
4.56	0.04		99.50	0.953	0.994	487.7	95.13	26.95	35.29	1.53	32.89	0.03	3.46	4.2
4.32	0.03	0.20	99.78	0.976	0.997	347.2	95.11	25.53	36.73	0.70	32.85	0.04	4.16	1.9
4.52	0.02	0.14	100.08	1.025	0.954	460.6	95.96	26.71	37.39	1.36	31.86		2.89	3.5
4.29	0.02	0.08	100.46	1.004	0.949	450.0	96.87	25.35	38.10	0.21	33.42		2.85	0.55
4.78	0.03	0.35	99.88	0.964	0.983	404.0	95.17	28.25	35.80	1.25	31.18		1.44	3.4
5.14	0.02	0.18	99.73	0.966	1.002	417.6	95.23	30.37	36.73	1.01	28.13	0.077	2.86	2.7
4.92	0.05	0.25	99.66	0.964	0.972	426.6	94.67	29.07	37.40	1.29	28.19		2.69	3.3
4.60	0.04	0.11	100.16	0.975	0.914	456.9	95.03	27.18	36.47	0.85	31.38		4.03	2.3
4.59	0.02	0.08	99.31	0.957	0.981	734.7	95.39	27.12	34.53	1.45	33.74		5.15	4
4.91	0.01	0.10	99.41	0.903	1.031	487.1	94.06	29.01	28.94	2.12	36.10	0.39	3.83	6.8
4.90	0.35		99.72	0.948	0.930	276.1	91.65	28.96	30.72	1.68	31.98		9.47	5.2
4.50	0.04		99.94	0.949	1.020	520.7	95.08	26.59	34.19	0.78	34.30	0.34	3.45	2.2
4.82	0.08	0.28	99.80	0.878	1.004	308.8	90.60	28.48	33.43	3.79	28.69	0.24	6.26	10
4.96	0.18	0.17	99.57	0.972	0.926	517.5	94.12	29.31	40.79	3.6	24.02		4.61	8.1
4.72	0.03	0.07	99.87	0.919	0.966	419.0	93.15	27.89	32.75	2.77	32.51		5.11	7.8
4.90	0.01	0.15	99.85	0.942	0.990	602.0	94.91	28.96	34.95	2.03	31.01		4.60	5.5
4.82	0.45	0.20	100.29	0.896	0.989	463.0	93.38	28.48	34.44	1.23	30.95	0.927	3.57	3.5
5.30	0.07	0.64	100.14	0.927	0.930	405.2	92.26	33.32	34.36	2.69	26.58		3.90	7.3
5.42	0.05	0.82	100.24	0.947	0.900	455.3	92.77	32.03	34.87	1.93	25.88		3.82	5.2
4.92	0.10	0.40	99.89	0.915	0.968	398.3	92.42	29.07	36.56	3.13	26.79		3.65	7.9
5.38	0.02	0.20	99.79	0.920	0.960	441.4	91.94	31.79	39.27	3.20	20.88		5.89	7.5
3.81	0.20			0.71	1.10									
4.11	0.08			0.84	1.03									
5.00	0.02			0.89	1.05									
4.32	0.08			1.01	0.96									

生的岩浆,早期SiO₂对MgO起聚积作用,中晚期则起稀释作用。此图解清楚地反映出组成崂山花岗岩复式岩基的三个超单元,并非为一次岩浆熔融事件形成的连续演化序列,而应属同一超单元组合。

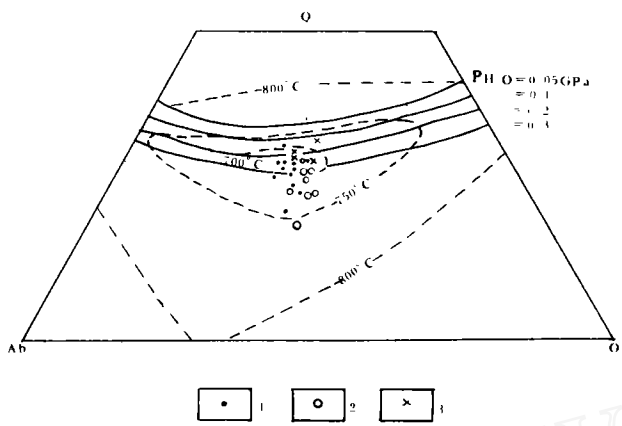


图5 崂山超单元组合 Q—Ab—Or—H₂O 图解
1. 崂顶超单元; 2. 石门山超单元; 3. 浮山超单元

Q—Or—Ab—H₂O 相图(图5)可用来了解岩浆的形成方式及熔融程度,推测结晶的温度和压力条件并估算其形成深度。如图所示,各超单元样品均落于低共熔区。这一特征不仅说明它们并非由一次熔融事件产生的岩浆连续分异演化而成,而是源岩多次部分熔融的结果;而且说明每次熔融程度较高,达低共熔点。这种处于低共熔区的岩浆,因其成分分异不明显(仅在固结成岩过程中,通过多次脉动和涌动形成结构分异),故各超单元以结构演

化为主。据图解推测,主侵入期岩石的结晶温度<750℃,压力0.18—0.35GPa,形成深度约6.5km。

利用A—C—F图解(图6)可确定浮山超单元为I型花岗岩,而石门山和崂顶超单元样品落点分散,具I型花岗岩演化晚期向A型花岗岩过渡的特点。结合岩石学等特点,宜把石门山超单元归I型花岗岩,崂顶超单元归A型花岗岩。

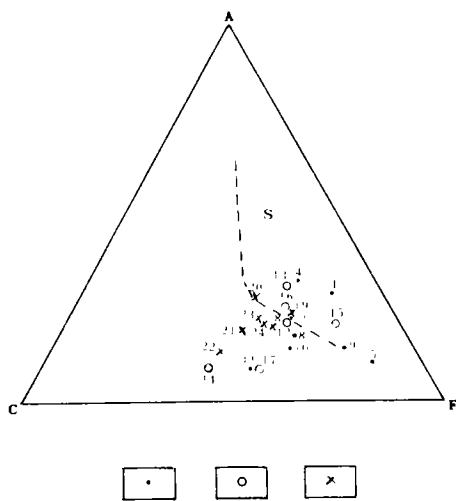


图6 各超单元 ACF 图解(据中田节也,1979)
1. 崂顶超单元; 2. 石门山超单元; 3. 浮山超单元

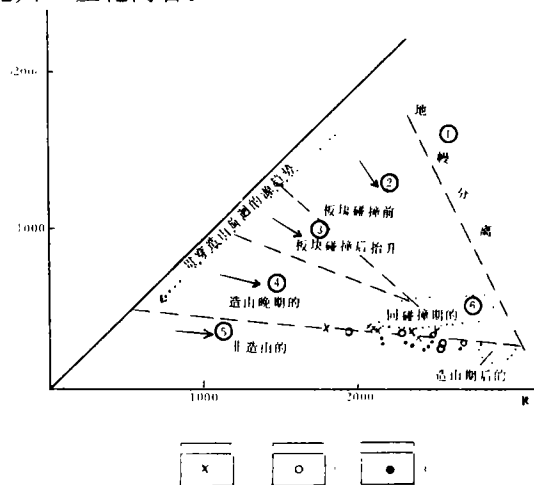


图7 R₁—R₂ 图解(据 Batchelor 和 Bowden, 1985)
1. 浮山超单元; 2. 石门山超单元; 3. 崂顶超单元
①拉斑玄武岩; ②钙碱性岩石和奥长花岗岩;
③高钾钙碱性岩石; ④次碱性二长岩;
⑤碱性和过碱性岩石; ⑥深熔二云母浅色花岗岩

崂山花岗岩样品全部落于造山晚期与非造山期界线附近(图 7)。各超单元岩石形成时所处的构造环境,从早到晚经历了由造山晚期到非造山期的条件变化,其中崂顶超单元主要形成于非造山环境。由此可见,浮山、石门山和崂顶超单元是在同一构造事件影响下形成的。

4. 地球化学特征

各单元稀土元素及主要微量元素含量参见表 3。如表所列,浮山和崂顶超单元内部,由早到晚 Σ REE 具降低趋势;石门山超单元因样品少,故规律性不明显;浮山和石门山超单元稀土元素分馏程度较高。崂山超单元组合的 Leady 球粒陨石标准化图式(图 8)为轻稀土富集型,轻稀土部分陡倾,重稀土部分平缓。浮山超单元 Eu 负异常较明显,石门山和崂顶超单元 Eu 负异常显著。后两个超单元与黑龙江省碾子山钠闪石晶洞碱性花岗岩的稀土元素球粒陨石标准化图式^[1]极其相似。

崂山花岗岩各单元微量元素含量与世界酸性岩平均值(维诺格拉多夫,1962)相比较,其 Sr、Ba、Zr、Co、Ni、V 偏低,Pb、Mo 偏高,Nb 极高。K/Rb 值为 149—232,Rb/Sr 值为 0.77—35,Ba/Sr 值为 4—13,反映岩石属偏碱性且具相同的起源,成因类型接近于 I 型花岗岩。微量元素球粒陨石标准化图解(图 9)反映了各单元岩石具基本相同的特征:随着元素不相容程度的降



图 8 崂山超单元组合 REE 球粒陨石标准化图式

1. 小平兰单元; 2. 大平兰单元; 3. 八水河单元;
4. 太清宫单元; 5. 北大崮单元; 7. 下书院单元;
8. 望海楼单元; 9. 浮山单元; 10. 青台山单元

低,元素含量也相应降低,即由早期的 Nb、Sr、Ti、V、Y 负异常和 Sm、Mn 正异常,晚期演化为 Ba、Sr、V 负异常和 Mn、Zr 正异常,显示了由偏碱性向碱性演化的特征。若将崂顶超单元与福建省魁岐钠闪石晶洞碱性花岗岩的微量元素球粒陨石标准化图式^[2]比较,两者极为相似。可见微量元素特征亦证明了崂山花岗岩具有相同的起源。

崂山花岗岩同位素组成特征参见表 4。各单元全岩 $\delta^{18}\text{O}\%$ 集中于 6.6—

表 4 各单元同位素组成特征

单元	全岩 $\delta^{18}\text{O}\%$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	ϵ_{Nd}
小平兰单元	7.8		
八水河单元	8.8		
太清宫单元	6.6	0.7064 ^[3]	-13.7 ^[3]
北大崮单元	5.4		
下书院单元	7.4		
浮山单元	7.2		
青台山单元	7.4	0.7050 ^[3]	

表 3 各单元稀土元素及主要微量元素含量($\times 10^{-6}$)

超单元组合	超单元	单 元	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Rb	Nb	Ba	
崂山超单元组合	崂顶超单元	小平兰单元	36.82	67.01	7.12	20.61	3.86	0.27	3.24	0.52	2.78	0.73	2.21	0.36	2.51	0.35	19.87	247	33	89	
		大平兰单元	55.00	90.70	9.29	31.90	5.02	0.54	4.29	0.49	2.97	0.61	1.79	226.7	0.33	1.69	<0.10	15.90	226.7	28	452.5
		八水河单元	31.63	56.77	5.40	15.67	2.96	0.14	2.84	0.45	0.45	3.39	0.83	2.71	0.46	3.42	0.47	25.23	198	26.3	43.67
		太清官单元	54.12	106.70	11.37	38.09	7.19	0.40	6.34	0.99	5.82	1.35	3.49	32.82	0.63	3.48	0.47	185.5	24.5	210.5	
	右门山超单元	午山单元	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	241.3	21	149
		北大崮单元	43.00	143.00	11.40	25.80	5.00	0.24	4.20	1.00	3.60	1.20	2.20	2.20	0.55	2.50	0.42	18.20	174	22	1163
		下书院单元	43.40	73.10	6.08	19.30	2.75	0.12	2.31	<0.30	1.58	0.35	0.94	0.15	0.15	0.19	0.97	<0.10	209	29	273
		望海楼单元	38.87	58.11	5.90	13.41	2.19	0.18	1.53	0.26	1.45	0.34	1.17	1.17	0.22	1.58	0.25	11.22	206	28	181
		浮山单元	51.10	90.80	9.80	30.30	5.40	0.87	3.70	0.49	3.40	0.68	2.10	2.10	0.33	2.20	0.34	18.20	185	23	744.5
		青台山单元	61.20	106.48	10.82	34.18	5.37	0.74	4.42	0.57	3.25	0.70	2.04	2.04	0.35	2.16	0.29	8.28	183	28	590
崂山超单元组合	崂顶超单元	小平兰单元	7.1	225	11	2.8	4.4	1.0	110	12	3.2	168.68	4.38	12.61	1.23	0.27	149	35	13		
		大平兰单元	55	108	13.3	3.1	3.85	3.0	36.5	9.7	13.45	220.62	6.83	10.96	2.53	0.35	170	4	8		
		八水河单元	8.03	103	10.2	1.23	4.83	2.83	24.7	6.8	18	152.37	2.81	10.69	0.82	0.17	181	25	5		
		太清官单元	30.5	190	17.5	2.0	6.1	2.25	36.5	9.9	15.5	273.01	4.12	9.56	1.86	0.18	211	6	7		
	右门山超单元	午山单元	29	166	2.8	2.3	2.43	2.3	100.3	6.6	4.4	—	—	—	—	—	—	164	8	5	
		北大崮单元	267	53	22	8.8	8.4	1.5	188	7.4	26	262.31	6.74	8.60	1.68	0.16	229	0.77	4.4		
		下书院单元	54	113	14	3.5	4.8	3.5	61	7.9	13	160.08	9.44	15.78	12.16	0.14	184	4	5		
		望海楼单元	46.5	122.5	5.1	3.85	2.7	2.0	157.5	5.8	22.7	136.68	6.58	17.75	0.97	0.29	168	4.4	4		
		浮山单元	174.5	93.5	22	6.0	5.6	0.75	95	6.9	14.5	219.71	5.99	9.46	1.68	0.57	224	2.5	10		
		青台山单元	126.5	96	16	5.1	4.3	2.0	95	6.3	24.5	251.44	6.80	11.57	2.10	0.44	232	1.45	4.7		

8.8之间,具I型花岗岩氧同位素组成特点。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为0.7050—0.7064, ϵNd 为-13.7,反映了岩浆主要由下地壳源岩部分熔融形成,而且可能有少量地幔物质的加入。同位素资料说明崂山花岗岩岩浆为下地壳变质火成岩部分熔融的产物。

三、成因与演化

中生代鲁东地区位于活动大陆边缘,经历了压性和张性两个不同的发展阶段。燕山晚期偏碱性、碱性花岗岩带的出现,乃是鲁东活动大陆边缘由压性转为张性的重要标志。崂山花岗岩复式岩基于燕山期鲁东花岗岩带中部,受深断裂控制,形成于造山晚期向非造山期转化因应力松弛而形成的张性环境。该复式岩基为一套次铝质—过铝质的偏碱性—碱性岩石,属 SiO_2 饱和系列,具大陆型非造山花岗岩的特征,亦称碱性花岗岩系列岩石。碱性花岗岩处于这一系列岩石末端,出现晚期结晶的钠闪石、霓石、变生锆石及萤石等低温矿物,它们多充填在晶洞中。该复式岩基的形成从含黑云母二长花岗岩开始,各单元岩性均匀,仅青台山单元中偶见暗色微粒包体,反映早期可能受地幔物质的轻微影响。同位素资料为岩浆起源于下地壳提供了重要佐证,岩石化学和稀土元素等特征也反映岩浆具充分分异特点。概而言之,崂山花岗岩起源于下部地壳,是下地壳变质火成岩在同一构造事件影响下,发生三次部分熔融事件的产物。

先后形成的浮山、石门山和崂顶超单元是下地壳变质火成岩多次部分熔融的结果。利用岩石化学成分资料计算而得的斜长石牌号(A_n)分别为6.4、6和2.6,与实测的 A_n 一致。而AKI值只要稍有变化,偏碱性岩石即可演化为碱性岩石,可见钙长石(A_n)含量在岩浆演化中起主要作用。从浮山超单元演化到崂顶超单元, A_n 含量的降低,导致P/A(斜长石/碱性长石)值下降,其结果是造成K+Na在残余岩浆中富集。另外, A_n 含量的非连续性降低,也可能反映源岩发生三次部分熔融事件的物理、化学条件有所不同,尤其是崂顶

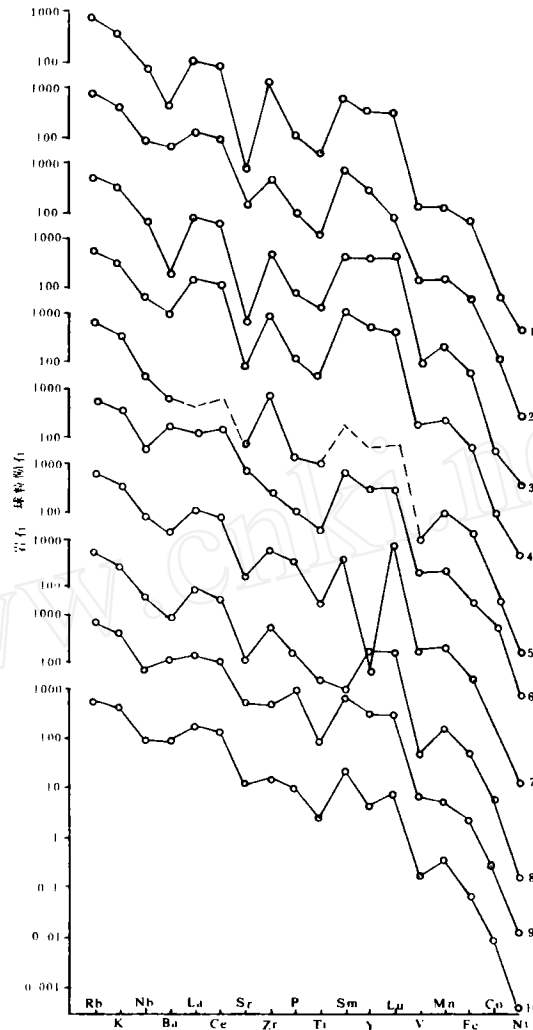


图9 崂山超单元组合微量元素球粒陨石标准化图解

1. 小平兰单元; 2. 大平兰单元; 3. 八水河单元;
4. 太清宫单元; 5. 午山单元; 6. 北大崮单元;
7. 下书院单元; 8. 望海楼单元; 9. 浮山单元;
10. 青台山单元

超单元与浮山和石门山超单元差异较大。总之,崂山花岗岩岩浆演化主要通过三次部分熔融完成。在部分熔融过程中,斜长石的晶出导致K+Na在残留的源岩中富集,从而引起偏碱性岩石向碱性岩石演化。浮山和石门山超单元为I型花岗岩,崂顶超单元为A型花岗岩。

本文主要取材于1:20万青岛幅区调资料(山东省地矿局区调队,1991)。成文过程中承蒙徐金芳高级工程师指导,范跃春帮助翻译了英文摘要,谨表谢忱。

参 考 文 献

- (1) 王中刚等,1989,稀土元素地球化学。科学出版社。
- (2) 洪大卫等,1987,福建沿海晶洞花岗岩带的岩石学和成因演化。北京科学技术出版社。
- (3) 桂训唐等,1989,青岛崂山晶洞碱性花岗岩同位素地球化学研究。岩石学报,第9卷,第3期。

LITHOGENIC DIVISION AND GENERATION OF COMPOSITE BATHOLITH OF THE LAOSHAN GRANITES

Li Jianzhong Wan Zhongjie

(The Regional Geological Survey Brigade, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Laoshan granites in Qingdao are featured by compositional and structural evolution. Based on the theory of comagmatic evolution and on the lithogenic division, the authors have divided the Laoshan granites into 10 units which are then grouped into the Fushan, Shimenshan and Laoding superunits. Study of the geology, petrology, petrogenesis, geochemistry and isotopic geochronology, has shown that these granites have the same origin. The metamorphosed magmatic rocks at the base of the earth's crust in this region have undergone in intermittently three melting events under the influence of tectonic events, forming the Laoshan superunits association. The Laoshan granite belongs to the I-type granite formed in the early period, and the A-type granite has been evolved in the late period.