

泰山地区太古宙杂岩体的地球 化 学 特 征

董一杰 金汝敏

(山东省地质矿产局第一地质大队)

提要 本文根据野外地质特征,岩石类型之间的一些变化关系和岩石化学、地球化学特征,将泰山地区太古宙杂岩体划分为两大成因系列,即深熔系列(主要指一系列花岗岩)和幔源系列(主要指一系列基性岩和中性岩)。

泰山位于山东中部,地质情况复杂,岩石露头好,是研究华北地台前寒武系的良好地区。早已引起中外地质学者的观注。

1903年威立士(B.Wieeis)认为泰山一带的变质岩以火成岩变质为主,命名为泰山杂岩,属太古代。

1958—1961年北京地院在鲁西进行1/20万区测时认为泰山群是一套复杂的类地槽沉积,并含有变质的火山岩,根据新泰雁翎关太平顶剖面建立了四个组。

1962—1965年805队对泰山幅进行了1/5万区测,认为泰山附近大部分为岩体,但有少部分为火山—沉积岩系,将其划分为五个岩组,岩组之间多为岩体、断层所隔,在此工作期间,程裕祺、曹国权曾多次实地观察和指导,亦同意此观点。

根据本区地质特征、岩性、岩石化学、地球化学特征,本区岩体可划分为两个成因系列,即壳源深溶型(或重熔)花岗岩系列(包括本区太古宙花岗岩)和幔源型系列(包括蛇纹岩、辉长岩、角闪石岩和各类岩浆分异的闪长岩)。本文主要谈壳源深熔系列(表1)。

表1 泰山地区岩体先后顺序表

期 次	岩 体 名 称	成 因 类 型		岩体穿插关系	同位素年龄	矿 产	代表 性 岩 体 地 点
		地壳深熔	幔 源 型				
泰 山 期	摩天岭细粒 花岗岩	地壳深熔		细粒花岗岩穿插 二长花岗岩、石 英闪长岩	Rb-Sr 2330+90 Ma		摩天岭、调军顶、 马场(徂徕山)
	大众桥细粒辉 绿岩脉			细粒辉绿岩脉穿 插石英闪长石			
	中天门石英闪 长岩			摩天岭细粒花岗 岩脉穿插石英闪 长石			
	普照寺细粒闪 长岩	幔 源		被石英闪长岩穿 插。细粒花岗岩 脉穿插	U-Pb 2513 Ma 2555 Ma	普照寺	中天门、线 峪李家泉、黄 水湾
	桃科辉长岩			被细粒花岗岩 脉穿插			
	徂徕山二长花 岗岩			穿插虎山岩体			
	虎山片麻状奥 长花岗岩	地壳深熔		被细粒花岗岩穿 插。石英闪长岩 穿插	U-Pb 2583 Ma	泰安东北麻塔 乡河边	泰山王母池水 库东岸虎山
	麻塔角闪石岩			被奥长花岗岩脉 穿插形成角砾状 混合岩			
	界首蛇纹岩			分布在冯家峪组 最下部		可作钙镁 磷肥	泰安界首火车 站西南

一、壳源深熔型花岗岩系列

根据变质变形特征将此系列花岗岩分为两个阶段, 第一阶段为主变形期以前的片麻状花岗岩(包括奥长花岗岩、二长花岗岩), 第二阶段为主变形期以后的块状细粒花岗岩。分述如下:

(一) 第一阶段 片麻状花岗岩

1. 奥长花岗岩: 主要分布在泰山地区虎山、龙角山, 西南部董家庄、横岭后一带,

呈南东—北西向带状分布(图1)。

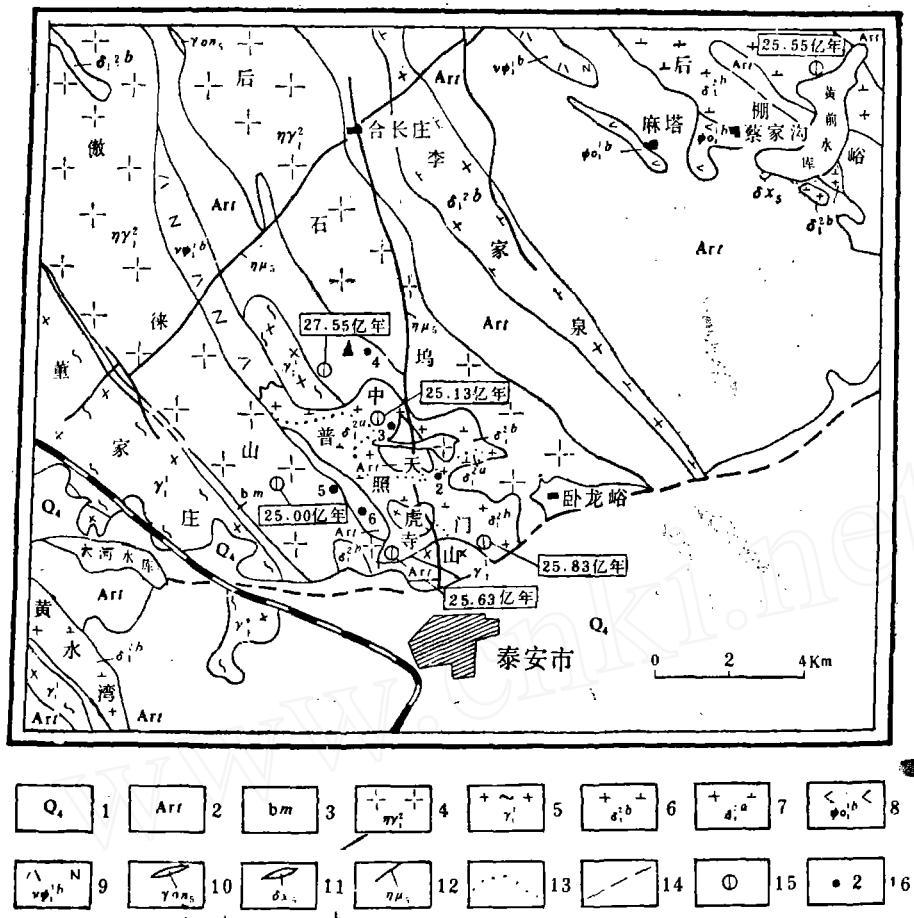


图1 泰安地区地质略图

- 1.第四系；2.泰山群；3.斑纹状混合岩；深熔系列：4.二长花岗岩，5.奥长花岗岩；幔源系列：6.中天门石英闪长岩，7.普照寺细粒闪长岩，8.麻塔角闪石岩，9.辉长角闪岩；10.斜长花岗斑岩脉；11.斜长煌斑岩脉；12.辉绿玢岩脉及辉绿岩脉；13.推测地质界线；14.断层及推断层；15.同位素年龄采样点编号及地质年代；16.地质旅游观察点位置

(1)与围岩的接触关系：地层片麻理与岩体片麻理一致，二者往往为渐变过渡关系，接触带附近地层基体中脉体成分逐渐增多，远离接触带脉体逐渐减少，但局部也见奥长花岗岩穿入层状岩系。

奥长花岗岩与傲徕山花岗岩界线多数为渐变，分界线常模糊不清，在傲徕山岩体(二长花岗岩)西南侧，二者之间有一长条状或似层状斑纹混合岩带，宽一般100—300米，但在有些地段也见有二长花岗岩穿叉地层，说明二长花岗岩形成较晚。

(2)岩性特征：淡白色中粗粒，具明显的片麻理，沿片麻理黑云母分布不匀，常形成大小不等的黑云母透镜体，长石、石英具明显的拉长压扁、扭曲现象，总的看岩体

片麻理从中心往边部逐渐加强。

岩石主要成分为斜长石、石英、微斜长石、黑云母等。

A. 斜长石: 含量50—60%, 粒度一般2—5毫米, 大者达7毫米, 形成浑圆状变晶和它形不等粒两类, 其长轴方向都与片麻理一致。

斜长石 An_{10-28} , 以 $An_{18\pm}$ 为多。在斜长石大晶体中见有石英、云母类包体。

斜长石大晶体中心 An_{20} , 边部 An_{18} , 常具净边结构。

更长石晶体内常见钠质条纹, 条纹粗细不等, 可能是钠质交代形成。

从斜长石的 $2V_p$ 与 An 值的关系作图(图2), 点群都落在低温类型的曲线附近, 推测此岩成因可能属于低温斜长石的形成环境。

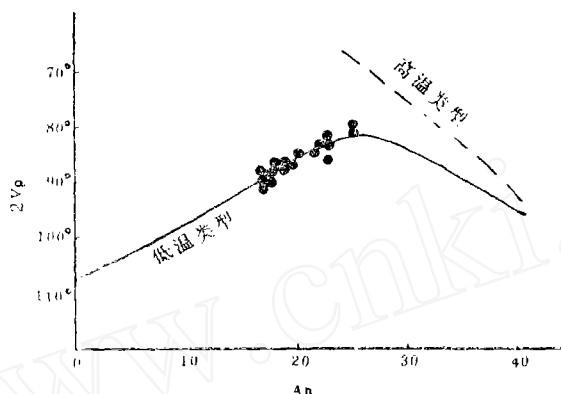


图2 虎山奥长花岗岩 $2V_p$ 与 An 的关系

B. 石英: 含量25—30%, 呈它形粒状, 具显著波状消光, 被拉长或压扁, 与片麻理方向一致, 在高倍镜下可见。

C. 微斜长石: 含量10—25%, 变化大, 其晶体中常有石英、斜长石小晶粒包体, 它往往产在斜长石的边缘, 经弗氏台测定属三斜晶系, 说明其形成环境温度低。从微斜长石中包粒和它的分布特征说明它是交代成因。

D. 黑云母: 含量2—7%, 在岩石中分布普遍, 多色性显著, $N_m = 1.653 - 1.663$, 属铁黑云母, 多沿片麻理或长石变晶边缘分布, 有的已变成绿泥石。

(3) 岩石化学特征:

通过化学成分(表2、3)说明, 部分属铝过饱和, 部分属钙碱性。 $Na_2O > K_2O$ (分子数)。根据弗氏台测定 An_{10-28} ¹⁾, 它比一般岩浆岩变化范围大, 但总的斜长石牌号属于更长石(奥长石)范围, 但 $An_{18\pm}$ 最多, 故叫奥长花岗岩合适, 但最近也有人称花岗岩闪长岩, 显然这种叫法值得商讨。

2. 奥长花岗岩: 主要分布在泰山玉皇顶两侧的岱宗山和后石坞一带, 多形成一些高山峻岭。岩体呈北西向($330^\circ\pm$)分布。

1)根据应思淮资料。

表2 奥长花岗岩化学分析结果

化学成分 (%) 地 点	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	Mgo	Cao	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O	P ₂ O ₅	合计
虎 山	72.82	0.13	14.51	0.87	1.40	0.035	0.33	1.45	4.07	3.42	0.74	0.25	0.07	100.10
董家庄	72.00	0.19	14.30	2.01	1.86	0.057	0.59	1.84	4.42	3.18	0.87	0.36	0.046	101.72
天平店	73.30	0.21	14.28	1.04	0.81	0.05	0.10	1.93	4.76	2.85	0.84	0.28	0.075	100.51
虎山(A1-22)	72.65	0.14	14.51	1.10	1.25	—	0.33	1.50	4.44	3.44	—	—	—	99.36
任家庄Ag1288	71.56	0.20	14.91	0.95	1.49	0.02	0.17	1.62	5.00	3.40	0.26	0.10	0.18	99.86
Ag19	70.80	0.08	14.70	0.68	1.32	0.05	1.57	2.24	5.83	1.78	0.25	0.05	0.25	99.60
我国花岗岩不 同时代平均值	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.74	4.03	0.56	—	0.16	—

表3 奥长花岗岩化学分析的分子数比值

成分及 含量 产地	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃ Na ₂ O+K ₂ O+CaO	岩石类型
虎山岩体	142	66	36	26	1.11	铝过饱和
董家庄岩体	141	71	34	33	1.12	“
天平店岩体	140	77	30	34	0.98	钙碱性
虎山岩体A1-22	142	71	36	27	1.06	铝过饱和
任家庄岩体Ag-1288	146	81	53	29	0.89	钙碱性
“(Ag19)”岩体	144	78	62	40	0.80	“

(1) 与围岩的接触关系: 与奥长花岗岩多为渐变接触, 也见侵入在奥长花岗岩中。在泰山东坡答帚峪岩组常见有二长花岗岩侵入。

(2) 岩性特征: 新鲜呈微红灰色或淡灰色, 多为中粒, 大部分岩性均匀, 但其中也有很多不均匀处, 中粗、中细间有, 并具片麻理或弱片麻理, 总体显块状特征, 但黑云母分布不均为其特征。

其主要矿物有斜长石(奥长)、石英、微斜长石和少量黑云母。

斜长石: 含量一般30—50%, $An=10-25$, 其中 $An=20$ 者最多, 属奥长石。但斜长石牌号变化大, 具有强烈的绢云母化和绿帘石化, 并有净边现象。

石英: 含量15—35%, 以25%为最多, 颗粒一般为0.5—3毫米。

微斜长石和少量条纹长石: 含量15—23%, 它主要分布在斜长石矿物之间, 多沿裂隙交代而成。

微斜长石: $2V = 80^\circ - 84^\circ$, 三斜度 $A = 0.95 - 0.975$.

黑云母: 含量为 1—8%, 半自形片状, 具明显的定向排列, 常受挤压弯曲, 沿其解理有绿泥石和绿帘石共生, 黑云母呈绿色, 多色性明显, Ng =深绿, Np =浅黄色, 折光率 $Nm = 1.623 - 1.653$, 属少铁黑云母至铁黑云母。

(3) 岩石化学特征:

表4 二长花岗岩类化学分析结果

成分及含量 地点	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	灼减	总计	备注
岱徳山岩体	72.57	0.15	13.61	0.92	1.42	0.051	0.27	1.23	3.73	4.86	0.054	1.19	0.12	0.33	100.51	13个样品平均
新甫山岩体	70.10	0.08	14.02	0.61	4.36	0.05	0.66	1.61	3.44	4.61	0.05	0.28			99.87	值

表5 二长花岗岩类化学分析的分子数比值

成分及分子比值 地 点	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃ Na ₂ O+K ₂ O+CaO	岩石类型
岱徳山岩体	134	60	51	22	1.01	铝过饱和
新甫山岩体	138	55	49	29	1.04	

通过化学分析, $Al_2O_3/Na_2O + K_2O + CaO$ 都略大于 1, 说明属铝过饱和。

岩体 $K_2O > Na_2O$, 属于钾质岩体, 斜长石 $An10 - 26$, 而以 $An20^+$ 最多。

根据李特曼指数 $\sigma = \frac{AlK^2}{SiO_2 - 43}$, 则岱徳山二长花岗岩 $\sigma = 2.5$, 为钙碱性; 新甫山岩体 $\sigma = 2.39$, 也应属于钙碱性岩体。

(二) 第二阶段 细粒块状花岗岩

主要代表岩体为泰山摩天岭、调军顶岩体, 多呈岩脉和岩枝, 这类岩体呈 NNW 向, 总体与区域构造一致。它主要受断裂和解理裂隙控制, 常形成悬崖陡壁, 垂直节理十分发育。

1. 与围岩的接触关系: 与地层和岩体(奥长花岗岩、二长花岗岩)为侵入接触, 并有轻微的蚀变现象。

2. 岩石特征: 呈淡红色、细粒块状, 岩性十分均一, 近似于普通花岗岩, 暗色矿物仍多少具有结集或聚生现象, 岩体无分相, 无冷凝边, 但具较强的侵入能力, 说明它是一种流动能力较强的岩浆岩(粥浆)或混浆形成的岩体, 对围岩有轻微蚀变, 其主要矿物为斜长石、微斜长石、石英、黑云母, 有少量绿泥石、绢云母、绿帘石等。

斜长石: 含量一般为 40—50%, 以 42—44% 最多, 它形或半自形, 有强烈的绢云母

化, 绿帘石化, $An=15-23$ 者较多, 其中还残留有中性长石, 长石成分变化较大, 常见矽英结构。

微斜长石: 它形集合体, 含量一般17—30%, 微斜长石格子状双晶由钠长石和肖钠长石两种双晶组成。

石英: 含量20—30%, 小者呈粒状, 充填长石颗粒间, 大者边部呈锯齿状, 具波状消光。

黑云母: 含量1—3%, 部分已变成绿泥石, 具黄绿色多色性。

3. 岩石化学特征: 岩体化学成分(表6、7)接近于一般花岗岩, 而 SiO_2 高于72%, $K_2O > Na_2O$, 为钾质系列的花岗岩, K、Na都比一般花岗岩高, 调军顶岩体部分属铝过饱和, 部分属正常系列。

表6 细粒花岗岩类化学分析结果

产地	成分及含量(%)	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	挥发分	合计
徂徕山马场	72.56	0.13	13.91	0.33	3.12	0.025	0.81	1.70	3.413	3.963	0.05				100.01
泰山调军顶 B339	73.20	0.13	13.56	0.78	0.34	0.35	1.14	0.95	4.25	4.83	0.11	0.87	0.33		100.84
泰山调军顶 D04526	73.82	0.14	13.15	0.86	1.12	0.03	0.32	0.99	3.98	4.80	0.038	0.59	0.35		100.19

表7 细粒花岗岩类化学分析的分子数比值

产地	化学成分及分子比值	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	$Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O + CaO)$
徂徕山马场	136	54	63	30		0.946
泰山调军顶 B339	133	71	51	17		1.05
泰山调军顶 D04526	129	64	51	18		0.97

根据李特曼用全碱对 SiO_2 关系 $\sigma = \frac{AlK^2}{SiO_2 - 43}$, 三个平均值为2.36, 为钙碱性。

二、壳源深熔系列花岗质岩石的结构相及其演化特点

(一) 花岗质岩石的结构相

结构是岩石形成的记录, 能反映岩石的生成环境, 通过岩石结构的研究可以了解片麻岩的原岩性质(沉积或火山沉积)及变质和超变质过程中的演化。太古宇片麻岩结

(正、副)已遭受过变质—深熔作用的改造,原岩结构只残留在片麻岩中。本区分以下几种结构相:

1.重结晶结构相:区域变质岩(变粒岩)的组成矿物,通过粒间溶液渗透,聚集重结晶,长石粒度变粗,常出现在奥长花岗片麻岩中,粗粒斜长石相互镶嵌接触。黑云母和副矿物围绕斜长石分布,其中有时含细粒变粒岩残留体,与奥长花岗岩呈过渡关系。说明片麻岩是变粒岩的重结晶,在斜长石重结晶长大过程中包有黑云母、石英颗粒,它们是重结晶的重要依据。

2.交代结构相:富含碱硅质溶液对早期矿物颗粒进行交代而形成的一系列结构统称,在二长花岗(片麻)岩中最发育。

3.应变结构相:是在应力作用下矿物颗粒产生塑性变形,颗粒内部结构的位错和成分调整,主要出现在虎山、董家庄奥长花岗岩中,如斜长石、黑云母晶形弯曲。

4.深熔结构相:指岩石发生部分熔融时,矿物颗粒间“低熔组分”的结晶相,这些低熔组分形成微小的颗粒—微斜长石、钠长石、石英,它主要发育在二长花岗岩(片麻)和奥长花岗岩中。

5.共结结构相:低熔系深熔岩浆共结形成的结构相,主要出现在摩天岭、调军顶细粒花岗岩中。

6.变余结构相:原岩经区域变质与深熔作用及局部仍保留有残余的变余结构相,通过变余结构相来恢复原岩面貌。

(二)花岗质岩石结构相演化特点

本区主要有五种结构相,它反映了岩石形成的不同阶段和生成环境。重结晶结构相和变余结构相,反映了区域层状变质岩系和原生侵入岩系在变质、变形、深熔作用初期矿物的重结晶和变化。交代结构相反映了深熔(或重熔)作用早期低熔组分的交代作用。应变结构相反映同构造期深部塑性变形。深熔结构相代表深熔作用主期,大量低熔组分的产生,形成混浆流体,在外应力作用下发生侵位,产生岩浆岩形成结晶分异相。共结结构相为深熔作用的晚期熔浆达均一化后形成的,它的特点为低熔系碱质为主。

三、泰山地区层状岩系及花岗质岩系的稀土元素特征

(一)黑云斜长片麻岩

这里所谈的此类岩石包括黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩,少量黑云变粒岩,此类岩石REE分布模式曲线特征,曲线向右倾斜,轻稀土富集,重稀土亏损,铕(Eu)无异常或稍显一点正异常(图3)。

总的看重TmN、YbN亏损较大,LuN反增高,很像太古代灰色片麻岩,但Eu不具负异常,由于轻、重稀土分异显著,又不像太古代沉积岩,但它又与同化混染厉害的石英闪长岩REE稀土模式近似,故推测原岩可能是火山熔岩与凝灰质岩石,也可能是矿热度低的沉积岩引起。是否如此,值得进一步研究。

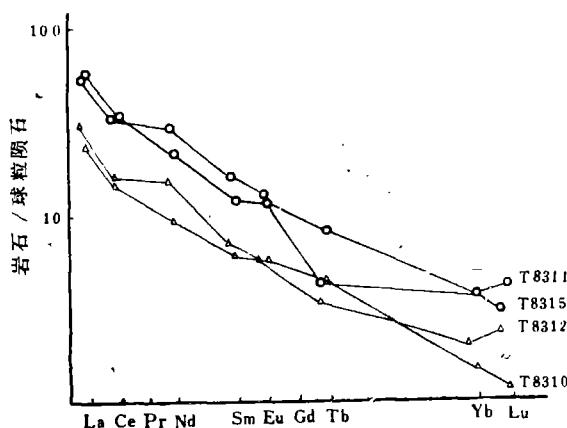


图3 黑云斜长片麻岩REE分布模式曲线

表8 傲徕山稀土元素球粒陨石标准化数据

元素	样品				平均
	1 CF84 —78	2 CF84 —79	3 CF84 —69	4 CF84 —68	
La	123.00	97.93	20.07	68.50	77.38
Ce	88.57	69.14	16.33	49.13	55.29
Pr					
Nd	41.79	32.95	10.77	29.43	28.74
Sm	16.56	12.31	7.376	15.70	12.99
Eu	7.43	6.70	4.43	7.66	6.55
Gd	6.90	6.83	4.32	8.42	6.62
Tb	4.97	5.77	4.26	6.13	5.28
Dy	2.55	3.43	2.94	2.84	
Ho	3.62	5.07	5.95	4.32	4.74
Er					
Tm					
Yb	3.62	5.07	5.95	4.32	4.74
Lu	3.74	5.32	6.55		4.98

表9 虎山稀土元素球粒陨石标准化数据

元素	样品		1	2	3	4	3	4	5	平均
	PPm	TS84 —015	TS84 —005A	T84 —211	T84 —195	T84 —190	T84 —169	T84 —033		
La	33.90	38.40	35.67	9.25	25.40	45.67	34.80	31.87		
Ce	24.99	29.18	25.81	6.48	17.13	35.73	25.68	23.57		
Pr	19.25	23.17	18.42	5.13	9.73	26.25	20.00	17.42		
Nd	14.79	17.78	13.07	3.89	9.29	17.32	14.47	12.94		
Sm	9.43	11	7.76	2.53	5.52	10.52	9.04	7.97		
Eu	10.67	10.40	6.62	3.85	5.81	5.81	5.47	6.95		
Gd	6.40	7.30	5.17	1.90	5.37	6.18	5.67	5.43		
Tb	5.10	5.71	4.49	6.12	3.26	5.61	5.61	5.13		
Dy	4.68	5.03	3.81	1.61	2.67	2.55	4.27	3.52		
Ho	4.11	4.11	3.15	1.44	2.46	3.15	3.70	3.16		
Er	3.57	3.48	3.19	1.48	2.10	3.02	3.19	2.86		
Tm	3.03	3.03	3.03	3.03	<3.03	<3.03	<3.03	3.03		
Yb	3.60	3.15	3.45	1.90	2.45	3.38	3.33	3.03		
Lu	3.87	2.90	4.19	3.23	3.87	3.87	3.87	3.68		

表10 辽南含硼建造底部花岗质岩石与变(浅)粒岩类REE组成特征对比表

REE组成	岩	石	花岗质	平均	电气变	磁铁浅	黑云斜	平均						
	REE组成	花岗质	花岗质	花岗质	花岗质	花岗质	花岗质	花岗质	花岗质	平均	电气变	磁铁浅	黑云斜	平均
Σ REE(PPm)	109	131	148.9	179.9	350.4	189.7	307.7	203.7	271.4	402.9	244.1	306.13		
Σ LREE/ Σ HREE	2.66	1.82	1.94	2.98	2.44	1.30	2.26	2.13	8.69	4.78	7.19	6.89		
La/Yb	8.6	4.2	5	9.3	7.3	4.9	5.7	6.4	41.18	28.79	35.8	35.26		

*据李宁义资料。

表11 地壳不同类型岩石的Eu/Sm值(据Ю.А. Валашов)

岩	石	Eu/Sm	岩	石	Eu/Sm	岩	石	Eu/Sm
大洋橄榄玄武岩	0.44	西伯利亚地台粗玄岩		0.36	花 岩 岩			0.16
含铁石英岩	0.40	保加利亚粗玄岩		0.28	欧洲和日本古代页岩			0.17
西伯利亚地台玄武岩	0.32	地 壳		0.16	沉 积 岩			0.20

表12 泰山地区岩石稀土元素分析及某些参数计算

编 号	岩 石 名 称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	ΣREE	La ΣREE	Eu ΣREE	Sm Nd	
1	(虎山岩体) 奥长花岗岩	12.55	20.31	7.46	1.66	0.46	0.15							0.42	0.10	43.11	63.34	29.9	0.28	0.22	
2	(岱宗岩体) 二长花岗岩	42.80	72.60	26.80	4.84	0.35	0.42							1.02	0.21	149.04	89.3	41.96	0.07	0.18	
3	(虎山岩体) 奥长花岗岩	27.30	40.30	17.80	27.50	0.78	0.34							0.56	0.10	114.68	113.68	48.75	0.028	7.55	
4	(虎山岩体) 奥长花岗岩	10.70	21.68	2.21	7.58	1.63	0.49	1.55	0.22	1.18	0.23	0.67	0.100	0.69	0.13	49.06	9.28	15.51	0.30	0.215	
5	(虎山岩体) 奥长花岗岩	2.87	5.30	0.57	2.28	0.51	0.29	0.54	<0.3	0.50	0.11	0.29	<0.10	0.10	0.38	<0.10	14.11	5.1	7.55	0.57	0.224
6	(虎山岩体) 奥长花岗岩	2.68	5.58	0.66	2.24	0.55	0.28	0.60	<0.3	0.50	0.10	0.33	<0.10	0.10	0.38	<0.10	14.4	5	7.10	0.51	0.246
7	(虎山岩体) 奥长花岗岩	7.62	14.39	1.67	5.39	1.16	0.43	1.61	0.16	0.83	0.18	0.44	<0.1	0.49	0.12	34.52	7.78	15.55	0.37	0.215	
8	(虎山岩体) 奥长花岗岩	13.71	28.14	3.19	9.27	2.23	0.45	1.60	0.25	1.26	0.23	0.62	<0.1	0.68	0.12	62.85	11.83	20.16	0.20	0.241	
9	(虎山岩体) 奥长花岗岩	13.69	30.89	3.12	10.83	2.19	0.41	2.11	<0.30	0.32	0.23	0.65	<0.1	0.67	0.12	65.63	13.58	20.53	0.19	0.202	
10	(虎山岩体) 奥长花岗岩	10.44	21.54	2.36	8.11	1.84	0.41	1.53	0.25	1.53	0.23	0.63	<0.1	0.63	0.14	49.55	9.22	16.57	0.22	0.227	
11	(虎山岩体) 奥长花岗岩	10.44	21.60	2.44	8.67	1.97	0.40	1.77	<0.3	1.41	0.31	0.71	<0.1	0.70	<0.10	50.92	8.43	14.91	0.20	0.227	
12	(虎山岩体) 黑云斜长片麻岩	10.17	20.99	2.31	8.58	1.98	0.79	1.92	0.25	1.45	0.30	0.75	0.10	0.72	0.12	50.43	7.99	14.13	0.4	0.23	
13	(虎山岩体) 黑云斜长片麻岩	20.55	41.27	17.07	3.28	0.567	0.567	0.526	1.300	0.88				0.863	0.133	89.06	8.70	14.66	0.33	0.19	
14	(虎山岩体) 二长花岗岩	6.021	13.72	6.244	1.549	0.328	1.297	1.321		0.912				1.189	0.203	32.78	8.49	5.06	0.021	2.48	
15	(虎山岩体) 二长花岗岩	29.38	58.08	19.11	12.585	0.496	0.050	1.789		1.064				1.014	0.165	115.73	18.03	28.97	0.19	0.14	
16	(虎山岩体) 二长花岗岩	36.90	72.72	24.24	3.478	0.550	0.071	1.540		0.791				0.724	0.116	143.13	26.30	50.96	0.158	0.18	
17	(虎山岩体) 二长花岗岩	55.93	114.2	41.32	6.386	0.797	4.192	3.302		1.784				1.738	0.276	229.96	19.27	31.23	0.125	0.15	
18	(虎山岩体) 二长花岗岩	55.90	116.5	50.20	10.23	1.255	7.865	6.230		2.936				2.533	0.340	254.02	11.75	22.08	0.12	0.20	
19	(虎山岩体) 奥长花岗岩	24.16	48.32	19.93	3.613	0.699	2.705	1.829		0.781				0.624	0.099	102.76	16	38.72	0.15	0.12	
20	(虎山岩体) 奥长花岗岩	74.30	14.22	43.00	5.184	0.791	2.700	1.778		0.957				1.007	0.166	272.08	40.17	73.78	0.289	0.15	
21	条带状黑云斜长花岗岩	21.14	43.29	15.04	2.186	0.633	1.480	1.013		0.498				0.468	0.080	85.83	14.77	45.17	0.289	0.15	
22	黑云斜长片麻岩	11.89	24.25	11.82	2.425	0.718	2.159	1.808		0.880				0.753	0.113	56.81	8.95	15.79	0.296	0.21	
23	角闪黑云斜长片麻岩	14.48	29.90	14.22	2.924	0.947	2.561	2.057	1.003					0.876	0.137	69.00	9.40	16.53	0.32	0.21	
24	黑云斜长片麻岩	7.71	11	5.37	1.16	0.42		0.23						0.31	0.04	26.24	44.24	24.87	1.03	0.22	
25	黑云斜长片麻岩	11.9	23.3	11.9	2.38	0.86		0.4						0.73	0.13	60	46.62	23.70	1.03	0.20	
26	斜长片麻岩	18.5	26.3	17.7	2.77	0.88		0.34						0.83	0.16	67.48	49.74	22.29	0.9	0.16	
27	黑云斜长片麻岩	34.7	54.1	34.7	5.96	1.89		0.45						1.80	0.20	131.5	52.67	18	0.9	0.17	
平均	8个样黑云斜长片麻岩	16.7	29.5	14.92	2.72	0.89		0.33						0.81	0.12	268.41	29.30	22.56	0.65	0.19	

*地科院朱振华资料, *中科院周华资料, **江博明、沈洪静资料。

从La/Yb比值为22.56(表12)与表10比和浅粒岩相近。

黑云斜长片麻岩从Sm/Nd比值变化在0.15~0.23之间,相当于夏威夷碱性玄武岩(图4)。

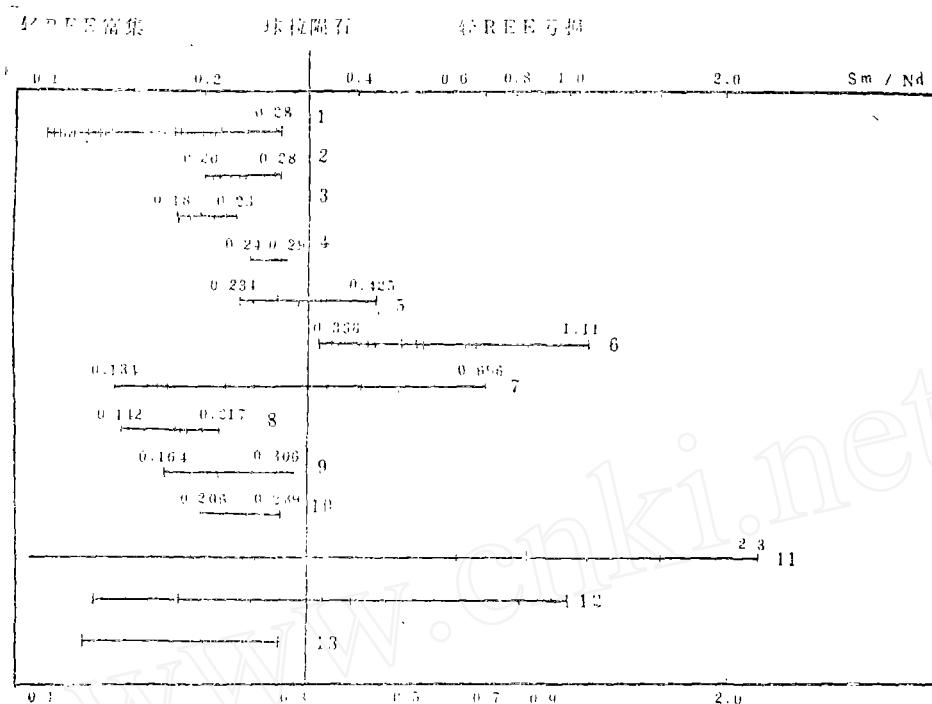


图4 岩石和矿物中Sm/Nd比值的变化

(垂直线表示球粒陨石平均的Sm/Nd比值)

1.碱性玄武岩、金伯利; 2.碱性玄武岩, 格林纳达; 3.碱性玄武岩, 夏威夷; 4.拉班玄武岩, 夏威夷; 5.中大洋海岭玄武岩; 6.阿尔卑斯型橄榄岩; 7.二辉橄榄岩包体; 8.沉积岩; 9.花岗岩; 10.辽南含硼建造花岗质岩石; 11.单斜辉石; 12.斜方辉石; 13.橄榄石

根据威克特(H.Wakila)图解, 黑云斜长片麻岩Sm/Eu—Sm关系(图5), 投影点大致呈线性分布在玄武岩区附近, 显示出与玄武岩成因有亲缘关系。

但2、5、6点较分散, 不在玄武岩范围内, 说明有少部分其它成因的岩石(沉积—火山凝灰?)这与上边所谈资料是一致的。

(二)虎山奥长花岗岩

虎山奥长花岗岩REE分布模式曲线为向右倾斜、轻稀土富集、重稀土亏损的平滑曲线, 钕分布形式有两种, 图6铕无异常, 图7铕有负异常。

铕无异常的, 根据R.埃默曼(R.Emmerman, 1975)研究西德黑森林山区不同时代, 不同成分的花岗岩指出, 具平滑曲线无负铕异常的花岗岩是花岗岩化形成的。其REE分布形式与花岗岩中钾长石/斜长石之间有明显的关系, 所有钾长石/斜长石<1的花岗岩具平滑形式曲线(黑森林区老花岗岩Or/Pl=0.6~0.7)。而钾长石/斜长石>1的

表现为铕负异常(黑森林区年青的花岗岩 $Or/Pl=1.2-1.6$)。

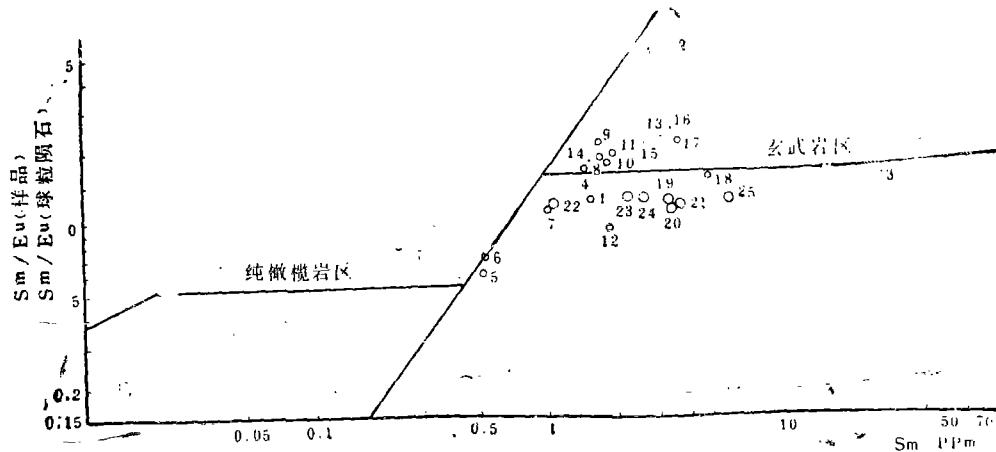


图5 黑云斜长片麻岩、奥长花岗岩、二长花岗岩 Sm/Eu 丰度比值
(与球粒陨石比较)与 Sm 丰度的关系(据H.Wakita)

大圈: 黑云斜长片麻岩; 小圈: 虎山奥长花岗岩; 黑点: 傲徕山二长花岗岩

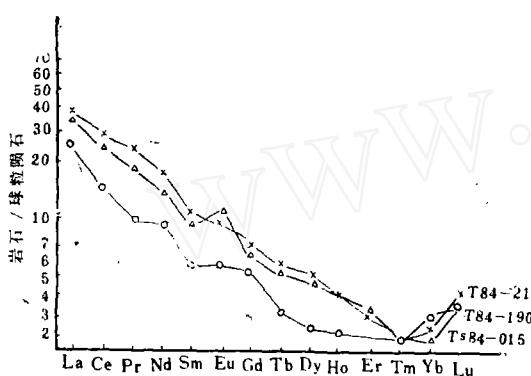


图6 虎山奥长花岗岩样品REE分布模式曲线

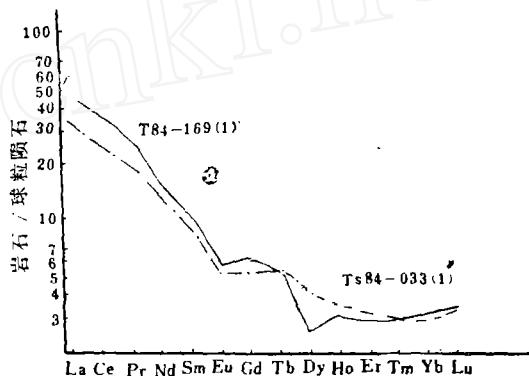


图7 虎山奥长花岗岩样品REE分布模式曲线

图7具负铕异常, 说明部分已达到重熔再结晶的程度。

野外常见长英质脉体与围岩界线模糊, 藉断丝连, 说明它不是深部岩浆贯入, 而是深熔流体从围岩熔融而来。

镜下见大的长石、石英颗粒周围或粒间出现由微粒微斜长石、钠长石、石英组成的细小颗粒, 根据电子探针化学成分和高倍镜下光性特征投影三角图解中: Q—Ab—Or均落入低熔系区(图8)。这些低熔系成分与长英质脉体相当。

综合以上资料说明虎山奥长花岗岩已部分熔融。

(三) 傲徕山二长花岗岩

它的REE分布模式为轻稀土富集、重稀土亏损, 具明显的负铕异常特征(图9), 它是由灰色片麻岩或变硬砂岩(或凝灰质)之类老的硅铝壳局部熔融而成, 熔融后产生结晶分异作用。

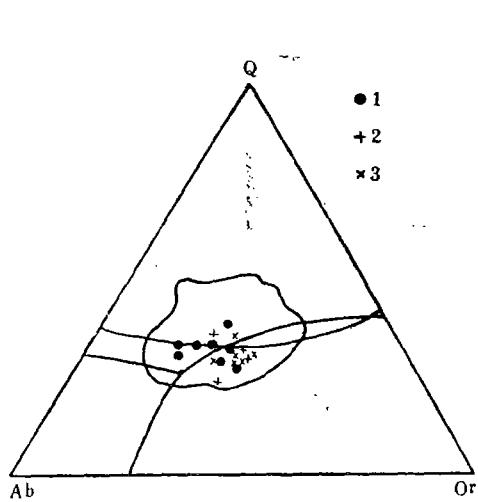


图8 Q-Ab-Or相图

(图中曲线分别代表 2×10^8 Pa和 5×10^8 Pa水压的情形,
最低熔点区)

1.虎山奥长花岗岩; 2.傲徕山二长花岗岩; 3.调军顶花岗岩

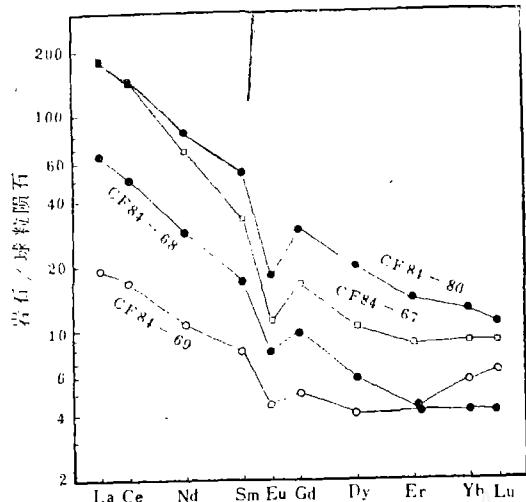


图9 傲徕山二长花岗岩稀土模式曲线

傲徕山二长花岗岩微斜长石/斜长石 >1 , 出现铕负异常, 说明它比虎山岩体熔融程度高, 结晶能力强。

小 结

通过以上野外和主要元素、微量元素及镜下等资料的综合整理, 初步有以下几点认识:

1. 斜长片麻岩类原岩可能部分为玄武质岩类经区域变质深熔作用改造成现今面貌。
2. 斜长片麻岩原岩可能部分为火山—沉积岩或酸性火山岩或火山岩经风化剥蚀近距离搬运造成的分异程度差的火成碎屑沉积岩。这类火成碎屑沉积岩, 如不从野外地质特征上详细观察研究, 只从稀土元素特征、岩石化学投影来说明其成因, 往往结论是不全面的, 所以地质工作要特别强调野外的产出特征, 据此再配合岩石化学、稀土元素及镜下特征等有关资料来说明其成因才比较全面和客观。

参 考 文 献

- 〔1〕应思淮, 1980, 泰山杂岩。科学出版社。
- 〔2〕江博明、沈其韩, 1988, 中国太古代地壳演化——泰山杂岩及长期亏损地幔新地壳增生的证据。中国地质科学院地质研究所所刊, 第18号。
- 〔3〕朱振华, 1987, 泰山太古宙岩浆杂岩体的岩石学特征和地球化学特征。岩石矿物学杂志, 6卷3期。
- 〔4〕阎月华等, 1986, 泰山杂岩的REE研究初报。岩石学报, 2卷2期。
- 〔5〕李守义, 1983, 从稀土配分论江南矽岩地质。长春地质学报, 第一期。

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE ARCHAEOAN COMPLEX MASS IN THE MT. TAISHAN AREA

Dong Yijie and Jin Rumin

(*The First Geological Brigade, Shandong Bureau of Geology
and Mineral Resources*)

Abstract

Based on the geological, Petrological and geochemical characteristics, together with the field relationships between its different rock types, the authors proposed that the Archaean complex mass in the Mt. Taishan area can be divided into two main genetic series, namely, the anatectic Series (mainly a series of granites) and the mantle-derived series (mainly a series of basic and intermediate rocks).