维普资讯 http://www.cqvip.com

第33卷 第6期
1997年11月

地质与勘探
GEOLOGYANDPROSPECTING

Vol.33 No.6
November,1997

烟台中部一对花岗岩体的岩石地球化学特征对比

金秉福
(烟台师范学院地理系·烟台·264025)

院格庄和嵫山岩体是燕山期花岗岩类杂岩体。前者呈株状,岩体与围岩界线清晰,为似斑状花岗岩,亲铁元素富集,δ_{Eu}0.91,是板缘岛弧同熔型花岗岩;后者为黑云母花岗岩岩基,具片麻状构造、含交代结构、亲石和轻稀土元素富集,δ_{Eu}0.78,为I+S混合型花岗岩。

关键词 花岗岩体 岩石地球化学 源岩 烟台

山东烟台—威海地区,东西向出露着大片花岗岩。在它的西部招远—莱州地带,花岗岩与金矿关系密切,是中国最好的黄金成矿带;而其中东部地区金矿找寻至今尚未有突破性进展,其中对花岗岩的成岩物质来源、形成时代、成岩方式及其与金矿关系等认识有很大分歧。

1 岩体地质概况

院格庄和嵫山花岗岩体,位于烟台市牟平区境内,受东西向栖霞复背斜和北东向的牟平—即墨断裂带共同影响,出露面积大于300km^2(图1)。

院格庄岩体呈椭圆状,面积约90km^2,岩体由似斑状花岗岩组成,大致可分为两个岩相带,即中心相的粗粒似斑状花岗岩和边缘相的似斑状中粒花岗闪长岩,岩体中含有闪长岩包体。脉岩有花岗伟晶岩、细晶岩和石英脉等。岩体与围岩接触关系为侵入接触,在岩体边缘有产在上侏罗统莱阳组地层中的孔辛头中型矽卡岩型铜钼矿床,岩体同位素年龄为1.22亿年(K—Ar法)。

嵫山岩体其主体是灰白色片麻状粗粒花岗岩,在岩体边部有粗粒钾长花岗岩,条带状石英闪长岩,条带状混合岩等杂岩,岩体呈不规则出露。岩体内有较多的包体和脉岩,包体多与围岩的变质岩相近,脉岩以多期次的花岗伟晶岩脉为主,嵫山岩体与变质围岩接触关系以迅速渐变为主,局部可见侵入接触及断层接触,同位素年龄值为1.31亿年(K—Ar法)。

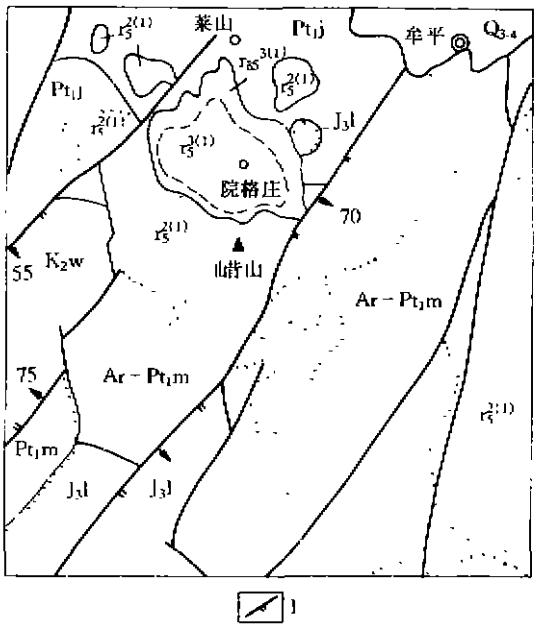

图1 院格庄和嵫山花岗岩体地质略图

Q_{3-4}—松散沉积物;K_2w—陆相碎屑岩夹火山岩;J_3l—陆相碎屑岩及粘土岩;Pt_1j—变粒岩、片岩、片麻岩;Ar-Pt_1m—深变质岩、混合岩;$\gamma_5^{3(1)}$—燕山晚期花岗岩;$\gamma\delta_5^{3(1)}$—燕山晚期花岗闪长岩;$\gamma_5^{2(1)}$—燕山中期花岗岩;1—断层线

本文1997年4月收到,经审编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2 岩石学特征

两花岗岩体的主要矿物成分列于表1。

2.1 院格庄花岗岩

灰色，似斑状粗粒结构，块状构造。微斜长石多呈斑晶，大小不等，一般为 2cm×4cm，最大者 4cm×11cm，三斜度 0.89，晶形完好，晶面平整，晶体内具有环带结构，常可见一些自形细小斜长石客晶平行环带分布，环带也常常包裹了石英、黑云母等细小晶体。在岩体边缘相这些钾长石斑晶常与闪长质包体聚集于一体，在出现流线和条带构造的部位，包体和斑晶呈定向排列，其长轴与流线方向一致。钾长石斑晶是岩浆早期结晶阶段生长的，岩体侵位时曾发生岩浆对流和流动分异作用。副矿物种类较少，有磁铁矿、褐帘石、磷灰石、榍石和锆石等。

表1 院格庄及嵿山岩体主要矿物含量范围(%)

岩体	样数	石英	更长石	微斜长石	黑云母	角闪石
院格庄	16	26～30	38～42	22～25	5～10	3～5
嵿山	19	25～28	30～34	32～38	4～8	

2.2 嵿山岩体

灰白色，弱片麻状构造，全晶质中粗粒半自形结构。石英多呈不规则拉长状，大小不一，波状消光极明显。微斜长石和更长石的有序度分别为 0.87 和 0.94，在一些更长石中可见双晶弯曲和双晶断裂现象，在微斜长石中有呈条纹状的钠长石。暗色矿物以黑云母为主，呈大小不一的不规则碎片状，有定向性。副矿物种类有磁铁矿、褐帘石、锆石、磷灰石、榍石、石榴子石、电气石等。

3 岩石化学和地球化学特征

3.1 岩石化学特征

在两岩体的不同部位进行采样分析，表2列出了部分岩石化学特征参数以及计算的CIPW标准矿物含量。由表2可见，两岩体岩石化学特征比较相近：

1)SiO_2 的含量都不高，岩石酸性强度中等，里特曼组合指数(δ)分别为 2.0 和 2.4。

2)K_2O+Na_2O+CaO 分子数 > Al_2O_3 分子数 > K_2O+Na_2O 分子数，且 A/CNK 在 0.90～0.99 之间，因此岩石属正常钙碱性岩、铝饱合岩。

3)分异指数(*DI*)均高，而固结指数(*Si*)变化较大，相对较低，说明岩浆流动性高，分异作用强，固结时间长。

4)在 ACF 和(Al+Na+K)—Ca—Mg 三角图解中，所有样品投影点均落入Ⅰ型岩浆区和斜长石—角闪石—黑云母共生组合区内。

在岩石化学的某些方面，两者存在一定差异，反映出它们来源和演化过程的不同：

院格庄岩体的 Fe_2O_3、FeO、MgO、CaO 含量均大于嵿山岩体，也大于中国黑云母花岗岩和戴里花岗岩平均值，说明院格庄岩体物质来源深度较大(下地壳或更深)。

嵿山岩体 SiO_2 含量较少，而且 Na_2O 含量>4%，$Na_2O/K_2O>1$，反映出嵿山岩体物质(碱质)来源比较深，受上地壳沉积岩层或副变质岩层影响较小的特点。

用 CIPW 法计算标准矿物重量百分比，作 Q—Ab—Or—H_2O 三角图(图2)，除 212

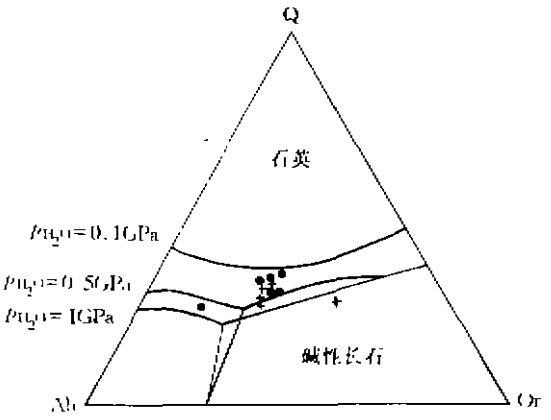

图2 院格庄和嵿山花岗岩在 Q—Ab—Or—H_2O 相图中位置

(据 D A C. Manning, 1980)

·院格庄花岗岩 +嵿山花岗岩

维普资讯 http://www.cqvip.com

和210两点(钾长花岗岩脉和石英闪长岩脉)外,其他样品投影点集中一起,说明物质成分是均一的,源岩有一定相似性;投影点都落在低温槽和低共熔点附近(副热谷区),岩体属岩浆成因,经历了液相阶段;投影点都落在石英含量在27%～36%之间,表明岩石在结晶分异作用时,水压是比较大的,约为2×10^8Pa～5×10^8Pa,崂山岩体形成时水压要比院格庄岩体为大,平均约为4×10^8Pa,随着水压的增高,结晶分异作用的温度就会降低,院格庄岩体形成温度为650℃～690℃,崂山岩体为640℃～670℃[1]。

表2　院格庄及崂山花岗岩化学成分和岩体化学参数统计表

岩体		院格庄花岗岩体						崂山花岗岩体						中国黑云母花岗岩平均值	戴里花岗岩平均值
样号		193	207	222	Y-09	215	210	161	164	172	229	Z-05	212		
岩石类型		似斑状花岗岩				花岗闪长岩	石英闪长岩	片麻状花岗岩					钾长花岗岩		
采样地点		院格庄	巨甲	院格庄		孔辛头	巨甲	五甲	八甲	虎龙头	唐家埠	崂山	磨山庄	岗岩	
氧化物含量(wt%)	SiO_2	71.46	70.10	71.00	70 60	67 86	65.26	69.56	68.86	70.82	70.20	70.21	72.58	71.99	70.18
	TiO_2	0 28	0.30	0.30	0.24	0.30	0.56	0.30	0.32	0 22	0.30	0.23	0 12	0 21	0 39
	Al_2O_3	14.03	14.62	13.77	14 50	14 87	15.67	15.72	16.07	15.40	14 38	15.17	14.25	13.81	14.47
	Fe_2O_3	1.11	0.95	1.08	0.98	1.64	1.20	0.29	0.52	0.35	0.37	0.43	0.37	1 37	1.57
	FeO	1 61	2.08	2.27	2.06	1.75	3.06	1.90	1 94	1 66	2.25	1.65	1.18	1 72	1 78
	MnO	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.03	0.09	0.04	0 03	0.03	0.02	0.12	0.12
	MgO	0.88	0 88	2.92	1.07	1.29	2.04	0.46	0.37	0.02	0 96	0.50	0.09	0.81	0 88
	CaO	2.74	3 02	2.74	2.86	3 58	4 22	2.69	2.82	2.66	3 07	2 11	1.79	1.55	1 99
	Na_2O	3.89	3 95	3 42	3.93	3 78	4 93	4 02	4.35	4 11	3 82	4 49	2.76	3.42	3 48
	K_2O	3.50	3 90	3 87	3.52	3.81	1 77	4 00	4.00	4.04	3 46	4 05	6 18	3.81	4.11
	P_2O_5	0.32	0.35	0.30	0.33	0 31	0 43	0.20	0.17	0.25	0 33	0.67	0.17	0 20	0.19
	烧失量	0.03	0.40	0.12	0.34	0 25	0.25	0.16	0.06	0.01	0 34	0 07	0.01	0.64	0.00
	Σ	99 88	100.59	99.83	100.47	99 48	99.47	99.33	99.51	99.58	100.01	99.61	99.52	100.00	99.16
CIPW标准矿物(%)	Q	28.71	24.80	28 89	26.46	22.70	17.84	23.72	21.20	25.89	26.55	24.06	25 14	32 70	28 60
	Or	20.59	22 82	22.82	20.59	22.26	10.57	23.37	23 37	23 37	20.59	23.91	42 29	22 50	24.30
	Ab	33.03	33.56	28 84	33.03	31.98	41.42	34.08	36.70	34 60	31.98	38.27	23.60	28.90	29.40
	An	10.29	10 57	10 84	11 68	12.51	15.58	12.52	12.52	11 40	11.96	6.40	5 28	6 50	8 50
	Di	1.14	1.61	0.93	0.92	2.90	2 29	0	0 46	0	1 39	0	2 42	0	0
	Hy	3.09	3.91	4.50	4.78	3.26	7.83	3 74	3 28	2.38	4.71	3.05	0.75	3 90	3 80
	Il	0 61	0.61	0.61	0.46	0.61	1.06	0 61	0.61	0.46	0.61	0.46	0.15	0.40	0.70
	Mt	1.62	1.39	1.62	1.38	2.31	1.62	0.46	0.69	0 69	1.40	0.69	0.69	2.00	2 70
	C	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0 20	0	1.02	0	1.70	1 20
	Ap	0.67	1.01	0.67	0.67	0.67	1.01	0.34	0.34	0.67	0.67	1.68	0.34	0.50	0.40
	Σ	99.75	100.28	99.72	99.97	99.20	99 22	99 04	99 17	99.66	99.86	99 54	100 67	99 10	99.6
特征参数	K_2O+Na_2O(%)	7 39	7 85	7.29	7.45	7.59	6.70	8.02	8.35	8 15	7.28	8.54	8.94	7.23	7.59
	K_2O/Na_2O	0.90	0.99	1.13	0.90	1.01	0.36	1.00	0.92	0 98	0.91	0 90	2 24	1 11	1.13
	$Fe_2O_3+FeO+MnO+MgO$(%)	3.63	3.95	6.31	4.15	4.72	6 38	2.68	2.92	2.07	3.61	2 61	1 66	4 02	4 35
	$Fe_2O_3/(Fe_2O_3+FeO)$	0 41	0 31	0.32	0 32	0.48	0.28	0.13	0.21	0.17	0.28	0 21	0 24	0.44	0.47
	A/CNK	0 93	0.90	0 93	0.94	0.88	0.89	0.99	0.97	0.96	0.92	0 97	0.98	1.10	1.05
	C/ACF	0.37	0.38	0.25	0.35	0.39	0.34	0.36	0.38	0.42	0.36	0 35	0.36	0.25	0.29
	DI	82 33	81.16	80.55	80.08	76.94	69.83	81.17	81 27	83 86	79.12	86.24	91.03	84.10	82.30
	δ	1.92	2.27	1.90	2.01	2.32	2.02	2.42	2 59	2.39	1.95	2.68	2.70	1.80	2.12
	S_2	8.01	7.48	21.53	9.26	10.51	15.69	4.31	3 31	0.20	11.48	0.45	0.85	7.28	7.45

注:※　Z-05、Y-09分析数据由山东地矿局地质三队提供

3.2　微量元素和稀土元素地球化学特征

微量元素和稀土元素在质量作用控制下,经常随晶体化学性质与之相似的主要元素而活动,且多呈类质同象代替晶体中的主要元素。两岩体的微量元素和稀土元素含量见表3。

在这两个岩体中,亲石元素Sr、Ba含量极高,尤其是崂山岩体,比维氏酸性岩高出3～4倍;而Rb含量相对较低,使得Ba/Rb和K/Rb比值高,而Rb/Sr比值则很低,这可

维普资讯 http://www.cqvip.com

能与源岩物质组成和部分熔融程度有关。只有当深部源岩几乎完全重熔时，花岗质岩石

表 3 院格庄和嵴山花岗岩主要微量元素和稀土元素含量($\times 10^{-6}$)及特征值

岩体	院格庄岩体				嵴山岩体				维诺格拉多夫酸性岩(1963)	球粒陨石(Herrmann)
岩石类型	似斑状花岗岩	花岗闪长岩	石英闪长岩	闪长岩包体	片麻状花岗岩		钾长花岗岩脉	斜长角闪岩包体		
元素	207	215	210	209	164	172	212	161		
Rb	115.0	84.4	178.4	110.9	72.5	112.3	76.9	34.0	200	
Sr	437.7	734.3	330.0	332.5	1114.0	795.6	874.3	502.4	300	
Ba	1037.6	1857.0	886.1	365.4	3278.2	3351.8	3651.7	653.5	830	
Cr	17.3	31.4	63.0	45.7	0.0	0.0	2.8	125.1	25	
Co	2.3	6.5	10.0	10.0	1.6	1.7	1.3	35.7	5	
Ni	8.4	11.9	13.7	19.9	3.6	5.1	3.5	99.8	8	
Zr	28.2	41.7	54.3	51.3	17.6	8.3	5.6	113.8	20	
Zr	108.7	130.4	179.1	186.1	195.6	166.8	61.5	114.7	200	
Nb	11.0	12.9	17.0	20.1	11.7	10.4	3.8	9.4	20	
Rb/Sr	0.26	0.11	0.54	0.33	0.07	0.14	0.09	0.07	0.67	
K/Rb	281.6	374.8	82.4	301.9	458.1	298.7	667.2	468.8	60	
Sr/Ba	0.42	0.40	0.37	0.91	0.34	0.24	0.24	0.77	0.36	
Ba/Rb	9.02	22.00	4.97	3.29	45.22	29.85	47.49	19.22	4.15	
Zr/Nb	9.9	10.1	10.5	9.3	16.7	16.0	16.2	12.2	10	
La	29.58	56.52	48.90	45.91	69.71	56.25	20.96	27.39		0.320
Ce	48.50	86.90	85.69	72.38	108.64	86.41	34.37	52.90		0.940
Pr	5.90	9.85	10.79	8.47	12.53	9.90	3.92	7.06		0.120
Nd	19.68	28.94	35.81	26.16	37.02	28.51	11.01	25.58		0.600
Sm	3.34	4.52	5.83	4.25	5.68	4.40	1.59	5.24		0.209
Eu	0.81	1.03	1.34	0.73	1.24	0.88	0.85	1.21		0.073
Gd	2.40	2.87	4.17	2.88	3.83	2.71	0.84	4.64		0.310
Tb	0.39	0.48	0.63	0.45	0.61	0.43	0.19	0.77		0.050
Dy	1.70	1.95	2.80	1.88	2.54	1.45	0.39	4.21		0.310
Ho	0.33	0.40	0.55	0.38	0.48	0.28	0.08	0.82		0.013
Er	0.91	1.05	1.47	1.09	1.21	0.72	0.19	2.26		0.210
Tm	0.15	0.19	0.26	0.20	0.21	0.14	0.04	0.35		0.033
Yb	0.89	1.04	1.48	1.18	1.00	0.72	0.18	2.00		0.190
Lu	0.14	0.17	0.24	0.21	0.14	0.12	0.03	0.31		0.031
Y	8.73	9.98	14.60	10.51	11.63	7.01	1.88	19.96		1.900
HREE	15.64	18.13	26.20	18.78	21.65	13.58	3.82	35.52		
LREE	107.81	187.76	188.36	157.90	234.82	186.35	72.70	119.38		
LREE/HREE	6.89	10.36	7.19	8.41	10.85	13.72	19.03	3.38		
ΣREE	123.45	205.89	214.56	176.68	256.47	199.93	76.52	154.70		
δ_{Eu}	0.91	0.89	0.86	0.65	0.83	0.78	2.18	0.81		

才比较偏基性，Rb 和 K/Rb 比值相应接近源岩组成。在花岗岩的 K/Rb—Rb 的图解中，院格庄岩体按照大陆安山岩(源岩)→花岗岩(熔融物)模式形成花岗岩。而嵴山岩体无线性变化趋向，反映其源岩复杂，而两岩体主要成分呈线性变化趋势，又反映了它们之间在成因上既有差别又有联系的特征。院格庄岩体中，Cr、Co、Ni、V 含量比嵴山高得多，也高于维氏酸性岩含量，这与院格庄岩体中 $Fe_2O_3+FeO+MgO+MnO$ 含量高有关，即亲铁元素富集，直接反映了岩浆来源深度大的特点。两岩体稀土总量相对较高，均为轻稀土富集型，嵴山岩体稀土元素分异程度要比院格庄高，反映出嵴山岩体源岩更具有壳源的特点。从稀土分布型式图(图 3)上看[2]，为向右陡倾斜近平滑曲线，铕亏损不明显，重稀土变化相对平缓，同样说明两岩体既有差别又有关联。院格庄岩体四种岩性的稀土分布型式几乎一致，再次说明闪长岩包体与寄主岩体是同源的。嵴山岩体稀土分布型式变化较大，粗粒钾长花岗岩脉呈现较强的铕正异常，重稀土含量极低，说明它是岩浆晚期结晶作用的产

物　而斜长角闪岩包体之稀土分布型式与花岗岩有一定的相似性，可能与花岗岩来源有一些联系。

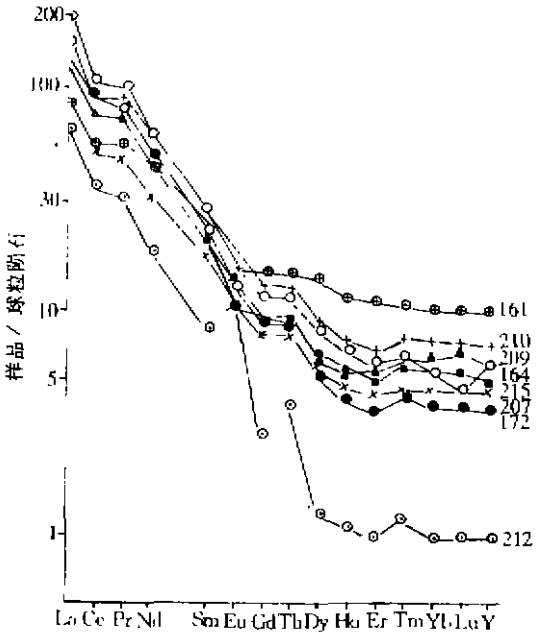

图3　院格庄和嵫山花岗岩稀土元素分布型式
（曲线右侧数字为样号）

4　成因分析

与招远—掖县地区花岗岩相比较[3]，嵫山和院格庄岩体有别于以玲珑为代表的S型花岗岩，而与郭家岭为代表的I型花岗岩地球化学特征相近。根据地质学、岩石学和地球化学的研究结果，笔者认为院格庄岩体是深源同熔型花岗岩，嵫山岩体为I+S混合型花岗岩，两者的源岩均为壳源，部分可能来自于胶东群。

胶东地区地处欧亚大陆板块的东部沿海边缘，此处花岗岩的形成，在时间、空间上与太平洋板块向欧亚大陆板块的俯冲潜没作用密切相关[4]。中生代以后，由于太平洋板块运动的极其活跃，必然引起大陆边缘区地热异常，在沿断裂上升的地幔热流辐射下，上地壳结晶基底胶东群，在高水压和地幔岩汁的参与下，产生局部熔融和选择性熔融，形成半原地花岗岩浆经过一定分异之后，聚集在上地壳下部的岩浆房中，在板块间的挤压和岩浆底群作用下，岩浆向上运移，并混染交代部分同样遭到地热作用而成为塑性的较热的变质围岩，形成巨大花岗岩基，即嵫山花岗岩体。由于分熔岩浆温度不高（<700℃），围岩又较热，因此岩浆结晶作用时间长，侵入现象不明显。到了白垩世早中期，板块活动进一步加强，使区内结晶基底遭到破裂，形成断陷盆地和断块隆起，由于洋壳的下插作用，形成了深部地壳熔融体。熔融体带着热流上升，并同化混熔了胶东群变质岩以及早先形成的花岗岩（如嵫山花岗岩等），从而形成了青山期安山岩—英安岩—流纹岩组合的钙碱性火山岩以及滞后共生的石英闪长岩—花岗闪长岩—花岗岩组合的板缘岛弧型花岗岩类，有时伴生着斑岩型铜、钼矿床。这类岩石稀土元素中，销异常极不显著，表明它们来自低氧逸度的较深的源区，这就是院格庄花岗岩的形成机理。

5　结论

（1）本区花岗质岩石的形成以壳源岩浆为主，与围岩胶东群发生了一定的同化混染作用，甚至有胶东群重熔组分的加入。院格庄岩体源岩较深，岩浆温度高；嵫山岩体源岩较浅，岩性复杂。

（2）与招远—掖县岩浆作用相比，院格庄花岗岩为燕山晚期板缘岛弧同熔型花岗岩，嵫山岩体为燕山中晚期I+S混合型花岗岩，它遭受强烈塑性变形，是韧性剪切带的产物。

（3）含金物质可能有多种来源，即可来源于胶东群地层，也可能来自重熔岩浆。笔者认为嵫山岩体较之院格庄岩体对Au矿成矿有利，高碱质和韧性变形对金矿的形成极为有利。因此可以推测在该岩体的构造破碎地段有可能出现蚀变岩型黄金矿化带。而院格庄岩体与金矿关系目前尚不清楚，因它与招远郭家岭岩体地质特征相近，应注意界河式（中温热液裂隙充填交代型）金矿的找寻。

维普资讯 http://www.cqvip.com

参考文献

1 林景仟.岩浆岩成因导论.北京:地质出版社,1987.68～73,108～135

2 邓英俊,等.元素地球化学.北京:科学出版社,1984.194～215

3 张湿璞.山东招远—掖县地区两种类型花岗岩对比.见:沈阳地质矿产研究所,中国北方花岗岩及其成矿作用论文集.北京:地质出版社,1991.120～126

4 胡志宏,胡受奚.扬子—俯冲作用与壳生花岗岩带.北京:地质出版社,1993,4～6

THE CONTRAST OF THE LITHOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS BETWEEN TWO GRANITE PLUTONS IN THE CENTRAL SECTION OF YANTAI

Jin Bingfu

The Yuangezhuang and Zeshan rock plutons are granitic complex rocks of the period of the Yanshan Movement. The former is a porphyritioid granite stock with the boundary line of the granite and the country rocks being clear. It is a type of plate edge syntexis granite in which the siderophile elements are rich and $\delta_{Eu}=0.91$. The latter is a grantite batholith with gneissic stucture and metasomatic texture. It is a type of I+S granite in which the lithophile elements and LREE are rich and $\delta_{Eu}=0.78$.

Key Words granite pluton, lithogeochemistry, source rock, Yantai

提高科技水平 传递黄金信息

欢 迎 订 阅 《黄金》

《黄金》是由国家科委批准、冶金工业部主管、冶金工业部长春黄金研究院主办的综合性技术刊物,是中文核心期刊,也是黄金行业的唯一科技期刊。

《黄金》主要报道地质、采矿、选冶、分析、管理等方面的科研成果、新理论、新技术、新设备、新工艺、新方法、生产技术经验等内容;同时还开辟了介绍名人、厂矿、新产品等栏目。

《黄金》发行量大,覆盖面广,遍布黄金、冶金、地矿、有色、核工业、金融等系统及金银珠宝饰品行业。本刊内容详实,信息量大、实用性强。

《黄金》为月刊,彩色封面,64 页,1998 年改为大 16 开本,国内外公开发行。邮发代号 12—47,全国各地邮局均可订阅。每期订价 5.8 元,全年 12 期,共计 69.60 元。

如在邮局漏订,可直接与《黄金》编辑部联系补订,我部长年办理零订邮购业务。

《黄金》编辑部现有部分库存期刊(1980 年～1997 年),需订阅者请与我部联系,索取订单。

《黄金》还承办广告业务,欢迎国内外客户前来联系广告业务。

联系地址:长春市南湖大路 54 号《黄金》编辑部

邮 编:130012

电 话:(0431)5969838 (0431)5954586—3069

传 真:(0431)5951548