

胶东西北部罗家花岗岩地球化学特征及成因分析

江胜国¹,李洪奎²,李宏臣¹,詹华明¹,张春法²,曹健¹

(1. 天津华北地质勘查局地质研究所,天津 300170;

2. 山东省地质科学实验研究院,济南 250013)

摘要: 胶西北地区罗家花岗岩为郭家岭花岗岩的主体部分,与区内金矿化关系密切。研究认为,此花岗岩属于亚碱性系列的钠质花岗岩,分异程度较高,总体具有同熔的I型花岗岩特征。

关键词: 胶西北;罗家花岗岩;地球化学特征;成因

中图分类号: P581 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2013)02-0275-06

0 引言

胶东西北部的罗家花岗岩为区内郭家岭花岗岩的主体部分。近年来,有关其地球化学特征的研究比较多,取得了许多成果。滕培道(1985)认为该花岗岩具混合岩化特征,角闪石和斜长石成分含量较高^[1];曲晓明等(1995)认为该花岗岩混合了大量壳幔物质成分,并在区内发现了石英闪长岩^[2];杨进辉等(2003)认为其主要成分来自于下部地壳脱水熔融的镁铁质岩石^[3];常裕林等(2006)认为该花岗岩含有较多幔源物质成分^[4]。

罗家花岗岩,以西石硼、罗家、万家口、卧龙单元为代表,面积约 337 km²^[5,6],多分布于曲家岩体和丛家岩体的核部,与区内金矿化关系密切。本文将对罗家花岗岩的地球化学特征、成因作简要分析。

1 岩石学特征

罗家花岗岩多呈岩株状产出,大致呈 NEE 向展布(图 1)。该花岗岩属于燕山构造旋回造山中期的

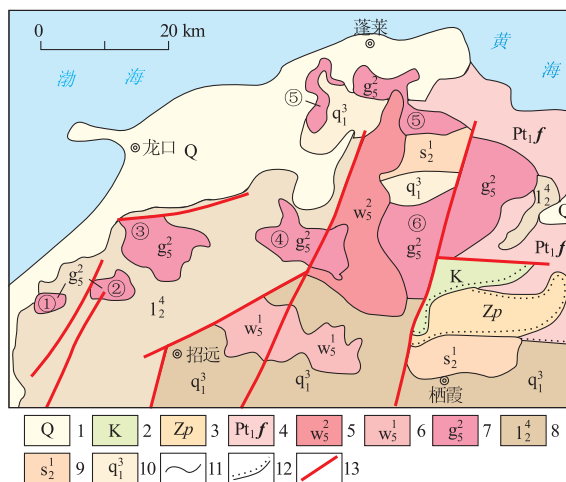


图 1 胶西北地区罗家花岗岩分布概图^[7]

Fig. 1 Sketch showing distribution of Luoia granite in northwest Jiaodong area

1. 第四系; 2. 白垩系; 3. 震旦系蓬莱群; 4. 古元古界粉子山群;
5. 伟德山超单元; 6. 文登超单元; 7. 郭家岭超单元: ①上庄岩体; ②北截岩体; ③丛家岩体; ④曲家岩体; ⑤范家庄岩体; ⑥郭家岭岩体; 8. 玲珑超单元; 9. 双顶超单元; 10. 栖霞超单元; 11. 地质界线; 12. 不整合界线; 13. 断裂

侵入岩类,岩浆锆石 SHRIMP U-Pb 确定其侵位时代为 130~120 Ma,为早白垩世^[5]。

收稿日期: 2012-09-28; 改回日期: 2013-02-03; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 全国矿产资源潜力评价项目之山东省成矿地质背景研究(编号:1212010813014-01)资助。

作者简介: 江胜国(1982-),男,助理工程师,硕士,主要从事区域地质调查和矿产资源勘查工作。通信地址:天津市河东区广瑞西路 67 号;邮政编码:300170;E-mail:273212714@qq.com

表 1 胶西北地区罗家花岗岩主要矿物组成

Table 1 Percentage of major minerals in Luojia granite

地质单元	主要矿物含量 $\varphi_B/\%$					投点参数值		
	石英	斜长石	钾长石	角闪石	黑云母	Q	P	A
罗家	22.56	38.52	29.96	3.51	4.62	24.56	56.87	43.08
西石硼	24.71	26.31	27.56	8.26	3.21	31.38	48.76	51.31
卧龙	29.23	29.32	31.23	1.25	4.08	32.42	48.48	51.59
万家口	25.53	27.94	35.38	1.35	2.49	27.55	41.53	58.28

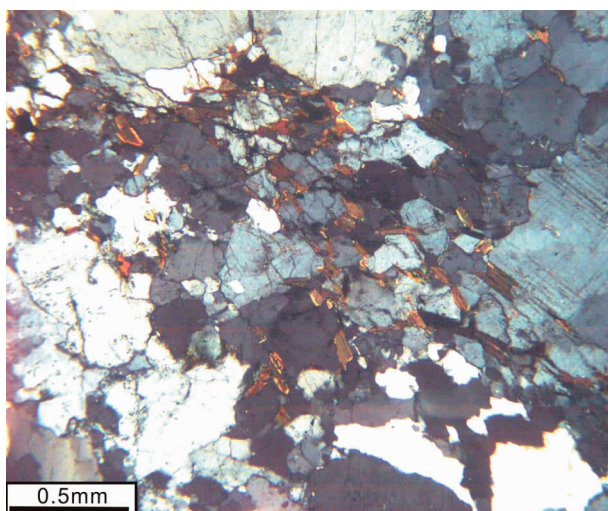


图 2 罗家花岗岩中黑云母、角闪石晶形

Fig. 2 Crystal forms of biotite and hornblende in Luojia granite

罗家花岗岩的主要矿物成分为钾长石、斜长石和石英(表 1),局部可见有一定量的黑云母和角闪石,且晶形较明显(图 2)。钾长石和斜长石含量较高,并可见其斑晶。钾长石斑晶多呈肉红色,局部为

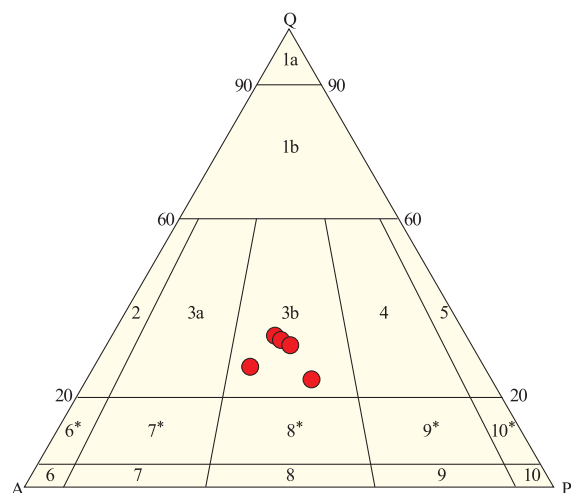


图 3 胶西北地区罗家花岗岩 QAP 图解

Fig. 3 QAP plot of Luojia granite
3b. 二长花岗岩

乳白色,宽板状,晶体形状完整,粒径约 0.5~2 cm,多发生钾化现象。斜长石斑晶呈白色,板状或短柱状,5 mm~1.5 cm,见绢云母化现象。也可见石英斑晶,以较浅的灰色为主,自形程度不高。在 QAP 图解(图 3)上,罗家花岗岩主要分布于二长花岗岩区,局部接近于石英二长岩区,说明局部石英含量较高。花岗岩以灰色为主,局部呈灰白色,结构为似斑状,粒度明显,偶尔可见片麻状构造(图 4),基质以花岗结构和不等粒结构为主,其次为块状结构和糜棱结构。

此外,罗家花岗岩体的围岩有夕卡岩化现象,可见石榴石和透辉石等变质矿物,也可见黄铁矿化、硅化和绿泥石化等现象。

2 地球化学特征

2.1 岩石化学特征

岩石化学全分析结果(表 2)表明,罗家花岗岩具有相对高的 Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , FeO , CaO , Na_2O , 这与玲珑和滦家河型花岗岩不同。从图 5、图 6 可知,罗家花岗岩分布于 $SiO_2-(K_2O+Na_2O)$

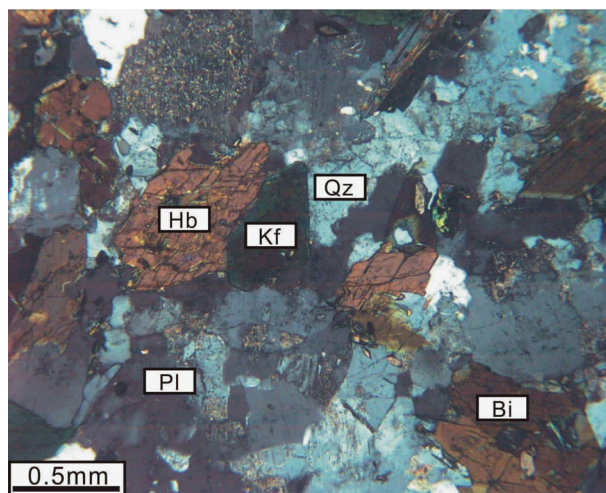


图 4 罗家花岗岩弱片麻状结构现象

Fig. 4 Weak gneissosity in Luojia granite

图解的亚碱性系列区、 $\text{SiO}_2\text{—K}_2\text{O}$ 图解的钾玄岩与高钾钙碱性系列区的分界线处、 $\text{K}_2\text{O—Na}_2\text{O}$ 图解的 I 型花岗岩区、ACF 图解的 I 型花岗岩区(部分位于 I 型与 S 型花岗岩区的分界线处),说明了罗家花岗

岩具有亚碱性系列的同熔 I 型花岗岩特征,且源岩具有多元性。

如表 2 所述,罗家花岗岩的 $w(\text{SiO}_2)$ 相对较高,平均为 71.5%;钾、钠含量总体较高,变化较大,

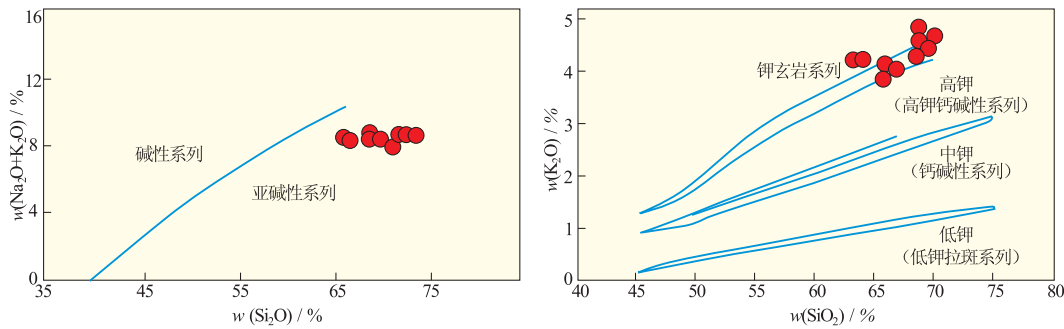


图 5 山东胶西北地区罗家花岗岩 $\text{SiO}_2\text{—}(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 图解和 $\text{SiO}_2\text{—K}_2\text{O}$ 图解

Fig. 5 $\text{SiO}_2\text{—}(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ and $\text{SiO}_2\text{—K}_2\text{O}$ plot of Luoia granite body

表 2 山东胶西北地区罗家花岗岩岩石化学成分和参数表

Table 2 Content of major oxides and the parametrs of Luoia graite

岩体 单元	$w_B/\%$														主要参数值					
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	Σ	σ	SI	DI	A/CNK	K/N	F/M
罗家	70.9	0.2	14.9	0.6	1.6	0.1	0.9	2.3	4.0	3.8	0.2	0.5	0.1	100.0	2.2	7.8	82.8	1.0	0.9	1.1
西石棚	68.3	0.3	15.2	0.6	2.2	0.0	1.3	2.8	4.4	3.8	0.2	0.6	0.2	100.0	2.6	10.5	79.3	0.9	0.9	1.0
	68.5	0.2	14.5	1.1	2.5	0.0	1.9	2.0	4.4	4.1	0.1	0.3	0.1	99.8	2.8	13.3	81.5	0.9	0.9	0.7
卧龙	71.6	0.2	14.2	0.8	1.6	0.1	0.6	1.9	4.3	4.3	0.1	0.5	0.2	100.2	2.5	5.0	83.5	0.9	1.0	1.5
	70.2	0.3	13.6	1.7	1.7	0.1	1.0	1.8	4.2	3.6	0.2	0.7	0.2	99.2	2.2	7.9	81.7	1.0	0.8	1.0
	65.9	0.4	15.2	1.7	2.5	0.1	1.7	2.9	4.0	4.2	0.0	0.5	0.2	99.2	2.8	12.0	79.9	0.9	1.1	0.8
	69.2	0.3	14.4	1.4	1.9	0.1	1.1	2.2	4.1	4.0	0.1	0.6	0.2	99.6	2.5	8.5	80.1	0.9	1.0	1.0
万家口	64.8	0.5	15.1	1.7	2.2	0.1	1.4	4.0	4.0	4.1	0.2	0.5	1.1	99.5	3.0	10.2	79.7	0.8	1.0	0.9
	73.5	0.3	12.6	1.0	2.1	0.1	0.8	1.9	3.8	3.9	0.1	0.3	0.1	100.3	1.9	6.6	75.3	0.9	1.0	1.5
	73.5	0.3	12.6	1.0	1.7	0.1	0.8	1.3	3.8	3.9	0.1	0.5	0.1	99.6	1.9	6.9	76.5	1.0	1.0	1.2
	73.3	0.3	12.6	0.9	1.7	0.1	0.5	1.7	3.6	3.9	0.1	0.3	0.1	99.0	1.8	5.1	78.3	1.0	1.1	1.8
闪长包体	58.3	0.5	14.0	2.9	4.1	0.2	5.9	5.5	3.5	3.4	0.3	0.6	0.4	99.6	3.0	29.3	54.4	0.7	1.0	0.4

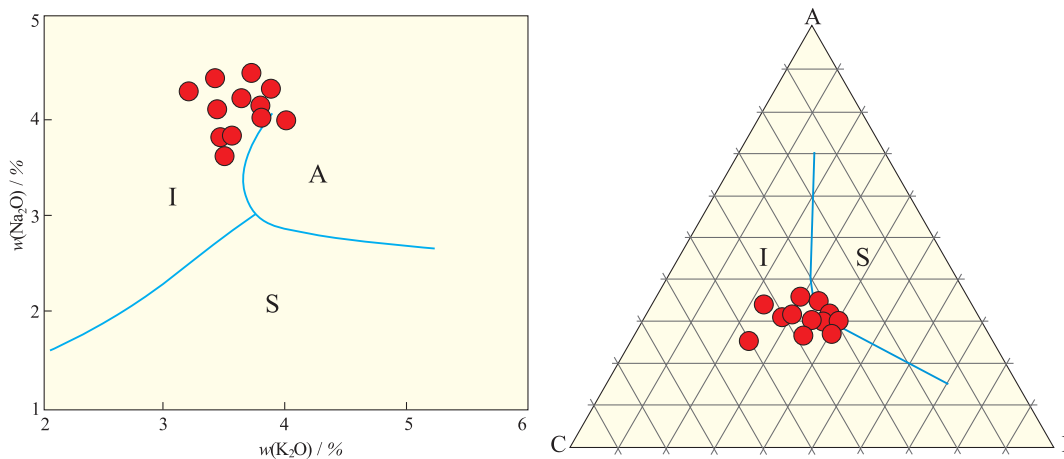


图 6 胶西北地区罗家花岗岩 $\text{K}_2\text{O—Na}_2\text{O}$ 图解和 ACF 图解

Fig. 6 $\text{K}_2\text{O—Na}_2\text{O}$ and ACF plot of Luoia granite

表3 山东胶西北地区罗家花岗岩微量元素组成
Table 3 Content of trace elements in Luojia granite

岩体	分析结果																					
单元	Sr	Ba	Cr	V	Zr	Mn	Ti	Bi	Rb	Li	Nb	As	Pb	Sn	Cu	Zn	Y	Au	Ag	Ni	Co	Mo
罗家	982	1303	83	33	92	297	1658	0.1	96	25	11	6.21	14.2	1.93	8.91	52	13.8	26	32	10.9	5.0	12.3
西石硼	1013	2505	148	62	196	467	3829	11	476	20	4.3	0.7	46.7	4.0	27.3	54.0	10.0	4.5	0.1	20.3	6.0	2.1
	865	185	37		82				87		5.4		38.5		16.1	34.5	5.2	27.0	84.0	16.8	5.7	11.5
卧龙	519	1239	11	24	195		1787		169		14									4.4	3.3	
万家口	329	8245	16	39	214		2145		128		20									>5	3.9	
闪长包体	680	3000	200	200	280	2000	9000				20		960		100	100	74.7			160		1.4

量的单位: $w_B/10^{-6}$, $w(Au)/10^{-9}$, $w(Ag)/10^{-9}$ 。

表4 胶西北地区罗家花岗岩稀土元素组成及主要参数
Table 4 REE content and the major parameter of luojia granite

岩体	分析结果 $w_B/10^{-6}$														主要参数							
单元	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LREE	HREE	L/H	①	②	③	④	$\delta_c(\text{Eu})$
罗家	29.8	65.8	9.2	35.0	3.2	0.6	1.6	0.4	1.0	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	143.7	5.7	25.2	36.6	31.0	5.8	2.3	0.7
西石硼	57.7	102.8	18.8	42.8	6.3	1.6	5.3	0.7	2.6	0.4	1.0	0.2	0.9	0.2	229.9	11.2	20.5	43.7	29.9	5.8	4.8	0.8
	35.2	62.5	8.3	48.0	3.6	0.9	3.3	0.6	1.4	0.3	0.7	0.1	0.5	0.1	158.6	6.9	23.1	48.4	33.0	6.2	5.5	0.8
	73.5	127.3	12.4	41.7	6.1	0.9	4.0	0.6	2.9	0.5	1.4	0.2	1.2	0.2	262.0	11.0	26.5	51.3	33.9	7.8	3.0	0.6
万家口	56.7	102.6	10.5	36.9	5.9	1.0	3.9	0.6	3.0	0.6	1.6	0.2	1.5	0.3	213.6	11.7	18.1	26.2	18.2	6.2	2.2	0.6
闪长包体	54.5	104.3	9.7	35.3	7.3	1.3	5.9	1.0	4.9	1.0	2.9	0.4	2.6	0.4	212.3	19.1	11.1	13.9	10.2	4.7	1.8	0.6

注: ① $[w(La)]_n/[w(Yb)]_n$; ② $[w(Ce)]_n/[w(Yb)]_n$; ③ $[w(La)]_n/[w(Sm)]_n$; ④ $[w(Gd)]_n/[w(Yb)]_n$

$w(K_2O)/w(Na_2O)$ 为 0.85~1.22, 均值接近于 1, 属钠质花岗岩; 里特曼指数为 1.8~3.0, 属钙碱性系列; $w(FeO)$ 与 $w(Fe_2O_3)$ 的含量较为接近, $w(FeO)+w(Fe_2O_3)$ 平均为 2.7%, $w(MgO)$ 平均为 0.82%; $w(Al_2O_3)$ 较稳定, 平均为 13.97%, 铝饱和指数 A/CNK 的均值为 0.90, 为准铝不饱和型。总体上, 固结指数较低, 分异程度较高, 反映了源岩经历了熔融作用, 具有较少的幔源组分。

2.2 微量元素特征

与地壳元素的丰度值相比, 罗家花岗岩微量元素特征为: 高场强元素较亏损, 如 Zr, Ti, Nb, Y 的质量分数分别为 150×10^{-6} , 1864×10^{-6} , 10.3×10^{-6} , 9.7×10^{-6} ; 低场强大离子亲石元素较富集, 如 Sr, Ba, Rb 的质量分数分别为 598×10^{-6} , 2229×10^{-6} , 169×10^{-6} 。由表 3 可知, $N(Sr)/N(Y)$ 值为 61.9; 又据表 4 可知, Yb 的质量分数均值为 0.98×10^{-6} , 从而可认为罗家花岗岩为高 Sr 低 Y 的花岗岩类型, 其总体特征与郭家岭花岗岩一致^[8]。 $N(Rb)/N(Sr)$ 值为 0.28, 远远大于地幔平均值(约 0.025), 表明了花岗岩经历了强烈的分异演化过程。表明知罗家花岗岩具同熔型花岗岩特点。

由表 3 和图 7 可知, 总体上罗家花岗岩显示大离子亲石元素较富集、高场强元素较亏损的特征。其中, Ba 和 Sr 等大离子亲石元素和 Au, Ag 成矿元

素含量明显高于滦家河和玲珑型花岗岩。Ba 和 Sr 含量较高反映了罗家花岗岩含有深源物质成分; 各元素的曲线基本为右倾斜线(除 Cr 外), 整体一致, 反映其相同的源岩特征。

2.3 稀土元素特征

由表 4 可知, 罗家花岗岩的 $w(LREE)=143.7 \times 10^{-6} \sim 389.1 \times 10^{-6}$, $w(HREE)=5.6 \times 10^{-6} \sim 12.4 \times 10^{-6}$, $L/H=18.1 \sim 26.5$, 为轻稀土较富集, 重稀土较亏损的特征。岩浆分异度 $\delta(Eu)=0.6 \sim$

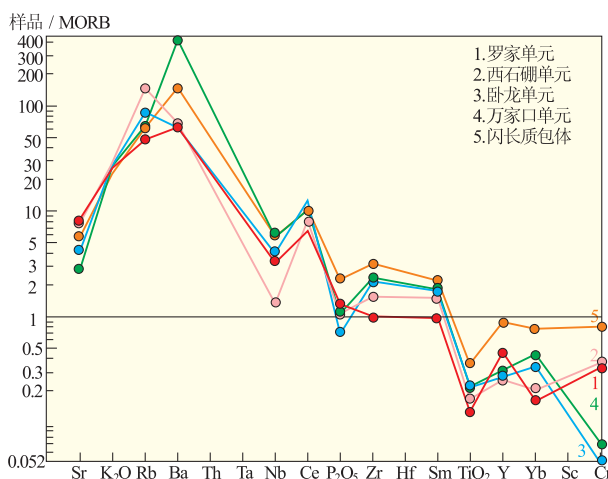


图7 胶西北地区罗家花岗岩微量元素标准化蛛网图

Fig. 7 ORB-normalized micro-element spider diagram of Luojia granite

0.8, 相对较低, 反映了岩浆的分异程度较高。 $[\omega(\text{La})]_n/[\omega(\text{Yb})]_n = 26.2 \sim 51.3$, $[\omega(\text{Ce})]_n/[\omega(\text{Yb})]_n = 18.2 \sim 33.9$, 表明了轻重稀土的分馏较明显。轻稀土元素分馏度 $[\omega(\text{La})]_n/[\omega(\text{Sm})]_n = 5.8 \sim 7.8$, 表明了轻稀土的富集程度较高。重稀土分馏度 $[\omega(\text{Gd})]_n/[\omega(\text{Yb})]_n = 2.2 \sim 5.5$, 表明分馏程度低。据有关资料可知, 一般壳型花岗岩重稀土元素分馏度的值约等于 1, 从而可推测罗家花岗岩为壳幔混源的产物, 且壳源组分相对较多。

从图 8 可知, 罗家花岗岩稀土元素配分曲线总体右倾, 且轻稀土元素部分的斜率明显较大, 重稀土部分相对平缓, 反映了轻稀土的分馏程度远高于重稀土。 $\delta(\text{Eu}) = 0.6 \sim 0.8$, 均 < 1 , 表现为负铕异常, 在配分曲线上为弱的铕谷, 说明岩浆的分异程度相对较高。

3 成因分析

从岩石化学成分上看, 罗家花岗岩应属于亚碱性系列, 多投点于 I 型花岗岩区, 少量投点于 S 型花岗岩区, 说明源区主要以火成岩为主, 但部分源于沉积岩, 具有多源性。反映在岩石化学参数上, $\omega(\text{K}_2\text{O})/\omega(\text{Na}_2\text{O})$ 的均值接近于 1, 属钠质花岗岩; 里特曼指数 $\sigma = 1.79 \sim 3.24$, 呈现钙碱性; $\omega(\text{K}_2\text{O})/\omega(\text{Na}_2\text{O})$ 的值皆在 1 以下, 属同熔花岗岩系列; 铝饱和指数 A/CNK 的平均值为 0.9, 说明属于同熔的 I 型花岗岩。

从微量元素的特征上分析, 罗家花岗岩的 $N(\text{Rb})/N(\text{Sr})$ 值小于 0.3, 为同熔型花岗岩特点。各单元所对应的曲线基本呈整体右倾趋势, 整体无明显差异, 反映了源岩大体一致。各单元元素与洋中脊玄武岩微量元素组成接近程度较高, 局部变化较大, 说明了罗家花岗岩主要以幔源组分为主, 局部参入了少量地壳组分。

从稀土元素特征上分析, 整体上配分曲线为右倾型, 轻稀土部分斜率大, 有弱的铕谷, 反映轻稀土分馏程度高于重稀土, 且岩浆的分异程度较高。就 $\delta(\text{Eu})$ 值而言, 介于 0.6 ~ 0.8 之间, 反映了主要以幔源组分为主。

此外, 由图 9 可知, 罗家花岗岩主要分布于后造山花岗岩区和大陆弧花岗岩区, 说明了其主要形成于碰撞造山晚期, 这与形成于同碰撞造山期的玲珑和滦家河型花岗岩不同^[6]。这一特征说明了罗家花岗岩是在大陆块碰撞后熔融形成的, 晚于玲珑和滦家河型花岗岩。

综上所述, 胶东西北部地区的罗家花岗岩是在大陆块碰撞后熔融形成的, 化学成分变化较稳定, 属于亚碱性系列的钠质花岗岩, 分异程度偏高, 总体具有 I 型花岗岩特征。其源区主要以火成岩为主, 但部分源于沉积岩, 具有多源性。

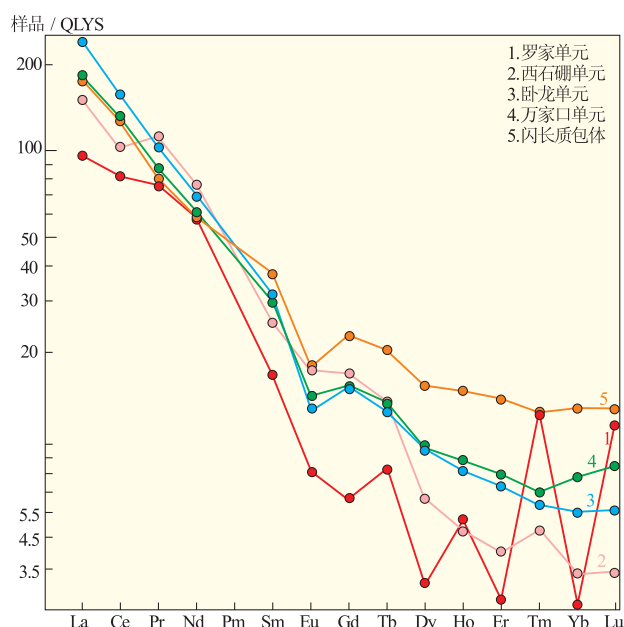


图 8 胶西北地区罗家花岗岩稀土元素球粒陨石标准化型式

Fig. 8 Chondrite-normalized REE pattern of Luoja granite

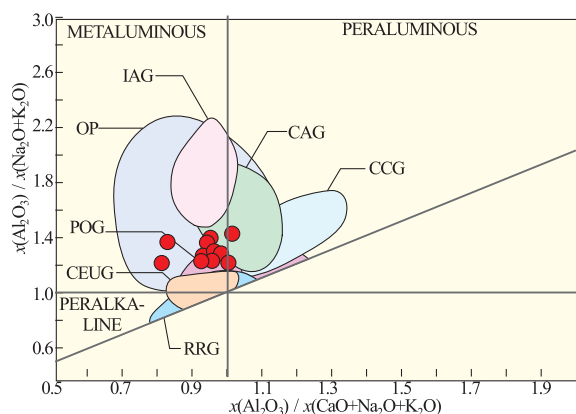


图 9 胶西北地区罗家花岗岩山德指数

Fig. 9 A/CNK index of Luoja granite

参考文献:

- [1] 滕培道. 招掖地区控制金矿床的三个基础地质问题初析[J]. 山东地质, 1985, 1(2): 1-6.
- [2] 曲晓明, 王鹤年. 郭家岭花岗岩的时代与成因[J]. 地质找矿论丛, 1995, 10(3): 24-32.
- [3] 杨进辉. 胶东地区郭家岭花岗闪长岩的地球化学特征及成因[J]. 岩石学报, 2003, 19(4): 692-700.
- [4] 常裕林, 郑小礼, 王晖, 等. 胶东西北部玲珑、郭家岭超单元花岗岩成因探讨[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(1): 90-94.
- [5] 关康, 罗镇宽, 苗来成, 等. 郭家岭型花岗岩地球化学特征与金矿化的关系[J]. 地质找矿论丛, 1997, 12(4): 1-8.
- [6] 徐金方. 胶东地块与金矿有关的花岗岩类的研究[J]. 山东地质, 1989, 5(2): 1-2.
- [7] 李士先, 刘长春, 黄太岭, 等. 胶东金矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 2007, 8-58.
- [8] 张旗, 许继锋, 王焰, 等. 埃达克岩的多样性[J]. 地质通报, 2004, 23: 959-965.

Geochemical characteristics and genesis for Luojia granite in northwest Jiaodong area of Shandong province

JIANG Shengguo¹, LI Hongkui², LI Hongchen¹, ZHAN Huaming¹, ZHANG Chunfa², CAO Jian¹

(1. *Institute of Geology of Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin, 300170;*

2. Shandong Province Experimental Institute of Geological Sciences, Jinan, 250013)

Abstract: Luojia granite in northwest Jiaodong area of Shandong province is the main part of Guojialing granite body and closely related to Au mineralization. According to the Q-A-P diagram, the granite is of sodium granite of sub-alkaline rock series and is highly differentiated. In general Luojia granite is characterized by type I syntactic granite.

Key Words: northwest Jiaodong area; Luojia granite; geochemical characteristics; genesis