

文章编号: 1006-6616 (2011) 03-0286-10

# 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩地球化学特征及构造背景

刘昊<sup>1</sup>, 杨欣德<sup>2</sup>, 郝彬<sup>1</sup>, 刘贵权<sup>1</sup>, 李勇锋<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 10083;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

**摘要:** 通过内蒙古赤峰北部地区花岗岩地球化学数据与国内外各类型花岗岩资料的对比和判别, 认为内蒙古赤峰北部地区花岗岩以I型为主, 少数具有A型花岗岩的特征。具有高钾和富碱的特点, 微量元素表现为富集Ba、Th、K等大离子亲石元素(LILE), 而高场强元素(HFSE) Nb、Ti等则相对亏损, 其中Sr和P出现强烈亏损。轻重稀土分馏明显, 重稀土未见明显分馏。Eu有明显的负异常( $\delta\text{Eu}$ 值在0.30~0.88之间), 稀土模式呈现为明显的Eu异常右倾谱系。结合前人的研究资料, 初步认为在造山后的伸展减薄环境中, 压力的降低和软流圈的上涌对地壳的部分熔融起到了一定的作用, 从而为研究区花岗岩的形成提供了条件。

**关键词:** 内蒙古赤峰地区; 花岗岩; 地球化学特征; 构造环境

**中图分类号:** P584

**文献标识码:** A

## 0 引言

中国北方在地质上属于华北和西伯利亚所夹持的中亚造山带, 该区花岗岩极为丰富, 与相邻的蒙古和俄罗斯贝加尔地区的花岗岩分布区一起, 构成了世界上最大的花岗岩区<sup>[1]</sup>。国内外众多地质学家对华北和东北地区的花岗岩进行了深入研究, 许多人认可其成因与显生宙岩石圈减薄这一地质事实有关<sup>[2]</sup>。但是关于该区域花岗岩的成因和构造背景仍有很多不同的认识, 主要观点有: 李锦轶等<sup>[3]</sup>认为造山带演化晚期以区域性伸展为主, 岩石圈或山根拆沉、软流圈地幔上侵导致地壳重熔; 吴华英等<sup>[4]</sup>认为由于板块碰撞导致花岗岩源岩不断演化, 在后碰撞伸展环境下, 储存于下地壳或岩石圈、软流圈内部的源岩发生部分熔融及就位; 林强等<sup>[5]</sup>认为中生代古亚洲洋闭合期间, 碱性系列基性岩石部分熔融生成的岩浆通过底侵作用促使先成下地壳部分熔融或幔源玄武质岩浆的结晶分异作用形成。本文在内蒙古赤峰地区北部的大面积花岗岩出露区, 通过野外观察取样以及对岩石地球化学数据的分析, 结合前人的研究结果和资料, 对花岗岩的成因和构造背景作进一步的探讨。

**收稿日期:** 2011-04-26

**基金项目:** 中国地质调查局“内蒙古炒米房幅、土城子幅、新开地幅、大黑水幅 1:50000 区域地质调查”项目(编号: 1212011120661)资助。

**作者简介:** 刘昊(1985-), 男, 中国地质大学地球科学与资源学院在读硕士, 地质工程专业, E-mail: vince1227@163.com

## 1 研究区地质概况

研究区位于内蒙古赤峰市北部,大地构造位置位于华北地块北缘的内蒙古隆起,地处燕山北麓、大兴安岭西南段与内蒙古高原向辽河平原的过渡地带,经历了古亚洲洋陆缘增生演化阶段和濒太平洋大陆边缘活动阶段。由于经历了漫长的地质演化,区域构造十分复杂<sup>[6]</sup>,沉积作用、岩浆作用及变质变形作用较为发育。断裂活动主要集中在中生代晚期至新生代,规模大、范围广,其中以北东东向断裂较为发育,沿断层破碎带多充填酸性岩脉。文中所采用的样品均取自喇嘛地沟和毛山东乡2个大面积花岗岩出露区,出露面积约65 km<sup>2</sup>。研究区地质图见图1。

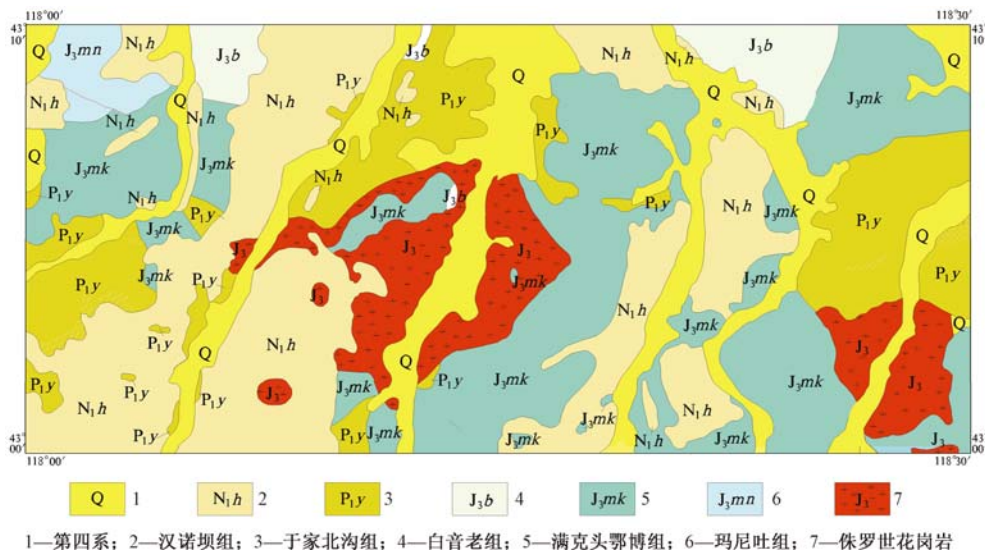


图1 研究区区域地质图(参考五分幅地质图,2000,略有改动)

Fig. 1 Regional geological map of the area

## 2 样品地球化学特征

### 2.1 主量元素分析

花岗岩样品的主量元素分析结果见表1。从表1可以看出,钾长花岗岩中的SiO<sub>2</sub>含量介于62.82%~76.64%之间,具有高铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为12.84%~15.95%)、高钾(K<sub>2</sub>O变化范围在3.19%~3.98%之间)的特征,样品的Na<sub>2</sub>O平均含量为4.85%,表现出富钾富碱的性质;而9个二长花岗岩样品中,SiO<sub>2</sub>含量在63.00%~77.32%之间,平均含量为70.12%,同样也具有高钾(K<sub>2</sub>O平均含量为3.95%)和富碱的特点,与岩浆岩系列K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图解的结果(见图2a)吻合;3个石英正长斑岩样品的SiO<sub>2</sub>含量普遍较高,平均为73.55%,全碱含量(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)平均为9.28%,反映在标准矿物成分上为石英的过饱和。

样品哈克图解(见图3)显示花岗岩中SiO<sub>2</sub>与其他组分呈较好的线性关系,其中MgO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等含量随SiO<sub>2</sub>含量的增大而降低,呈明显的负相关,且线性关系良好,反映了岩浆分离结晶演化的趋势。而在ANK-A/NKC(ANK=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)分子数比,A/NKC=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO)摩尔比)图解中,所有样品均落在过铝质区(见图2b)。

表1 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩主量元素分析结果

Table1 Major element compositions of the upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

主量元素	钾长花岗岩				石英正长斑岩				二长花岗岩							
	34-5	34-35	35-2	36-5	34-20	34-22	34-34	34-7	34-24	34-31	34-40	35-5	36-3	36-8	37-9	37-12
SiO <sub>2</sub>	64.860	62.820	65.820	76.640	73.060	73.420	74.120	69.560	69.000	63.100	65.680	63.000	76.780	77.320	73.020	73.720
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.946	15.935	15.069	12.840	13.987	13.771	13.636	14.950	14.941	15.911	15.487	16.411	12.774	12.510	13.795	14.040
TiO <sub>2</sub>	0.667	0.804	0.722	0.080	0.260	0.238	0.211	0.540	0.562	0.722	0.667	0.776	0.123	0.056	0.201	0.178
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.120	2.858	2.618	0.220	1.607	1.199	1.093	1.620	2.095	2.651	2.100	2.989	0.207	0.794	1.019	1.236
FeO	1.509	2.227	1.365	0.192	0.311	0.263	0.359	0.900	0.647	2.275	1.748	1.916	0.216	0.096	0.455	0.287
CaO	2.760	3.390	2.011	0.330	0.394	0.670	0.237	1.104	1.262	3.570	2.681	2.641	0.158	0.237	0.870	0.593
MgO	1.530	2.160	1.250	0.100	0.220	0.200	0.150	0.560	0.570	2.400	1.450	1.280	0.080	0.070	0.320	0.110
K <sub>2</sub> O	3.684	3.186	3.829	3.976	5.236	5.079	4.806	4.423	4.652	2.910	3.684	3.684	4.273	3.866	4.440	3.640
Na <sub>2</sub> O	5.003	4.675	4.962	3.700	4.434	3.775	4.514	4.960	4.838	4.756	4.275	4.879	4.042	4.006	4.618	4.660
MnO	0.051	0.091	0.079	0.005	0.024	0.028	0.012	0.070	0.084	0.110	0.085	0.056	0.004	0.080	0.061	0.010
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.216	0.243	0.196	0.022	0.049	0.046	0.049	0.109	0.123	0.240	0.183	0.263	0.029	0.011	0.042	0.032
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.576	0.370	0.914	1.160	0.207	0.343	0.234	0.634	0.325	0.713	0.689	1.005	0.424	0.562	0.364	0.814
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.180	0.200	0.300	0.290	0.200	0.160	0.180	0.130	0.230	0.210	0.330	0.350	0.320	0.090	0.110	0.270
灼失量	1.288	1.068	1.752	1.341	0.845	0.929	0.590	0.860	0.992	0.913	1.315	1.453	0.854	0.661	0.471	0.812
总和	99.633	99.457	99.672	99.446	100.427	99.619	99.775	99.657	99.765	99.558	99.354	99.349	99.539	99.707	99.311	99.318

注：主量元素含量单位为 wt%；总和中不含 H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>；样品由河北省地质矿产调查研究所实验室分析

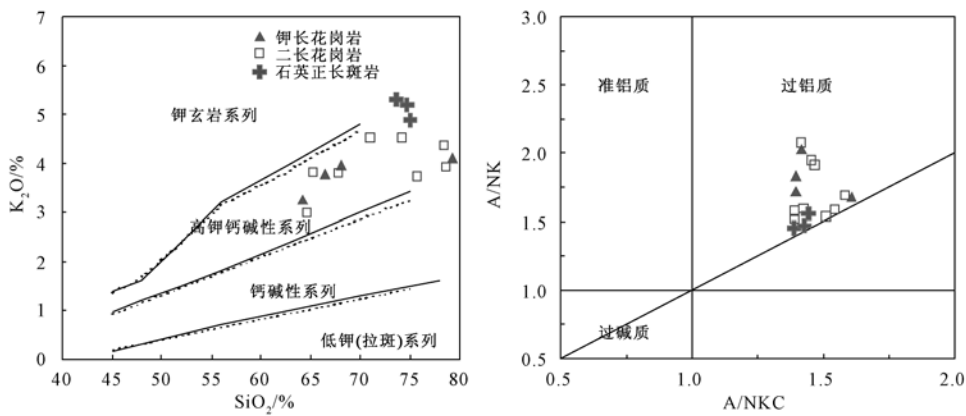


图2 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩系列判别图解

Fig. 2 Discrimination diagrams of Upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

2.2 稀土及微量元素分析

稀土元素的分析结果见表2。三种样品的稀土元素总量 (ΣREE) 如下：钾长花岗岩 ΣREE 为 166.8% ~ 248.59%；二长花岗岩 ΣREE 变化范围较大，为 171.03% ~ 489.07%；石英正长斑岩 ΣREE 在 98.76% ~ 175.65% 之间。由稀土元素球粒陨石标准化配分模式图 (见图4) 可发现，二长花岗岩、钾长花岗岩和石英正长斑岩的稀土元素有相似的性质，即轻重稀土分馏明显，重稀土未见明显分馏。Eu 有明显的负异常 (δEu 在 0.30 ~ 0.88 之间)，稀土模式呈现为明显的 Eu 异常右倾谱系，原因可能是在岩浆分离结晶过程中，斜长石大量晶出从而导致残

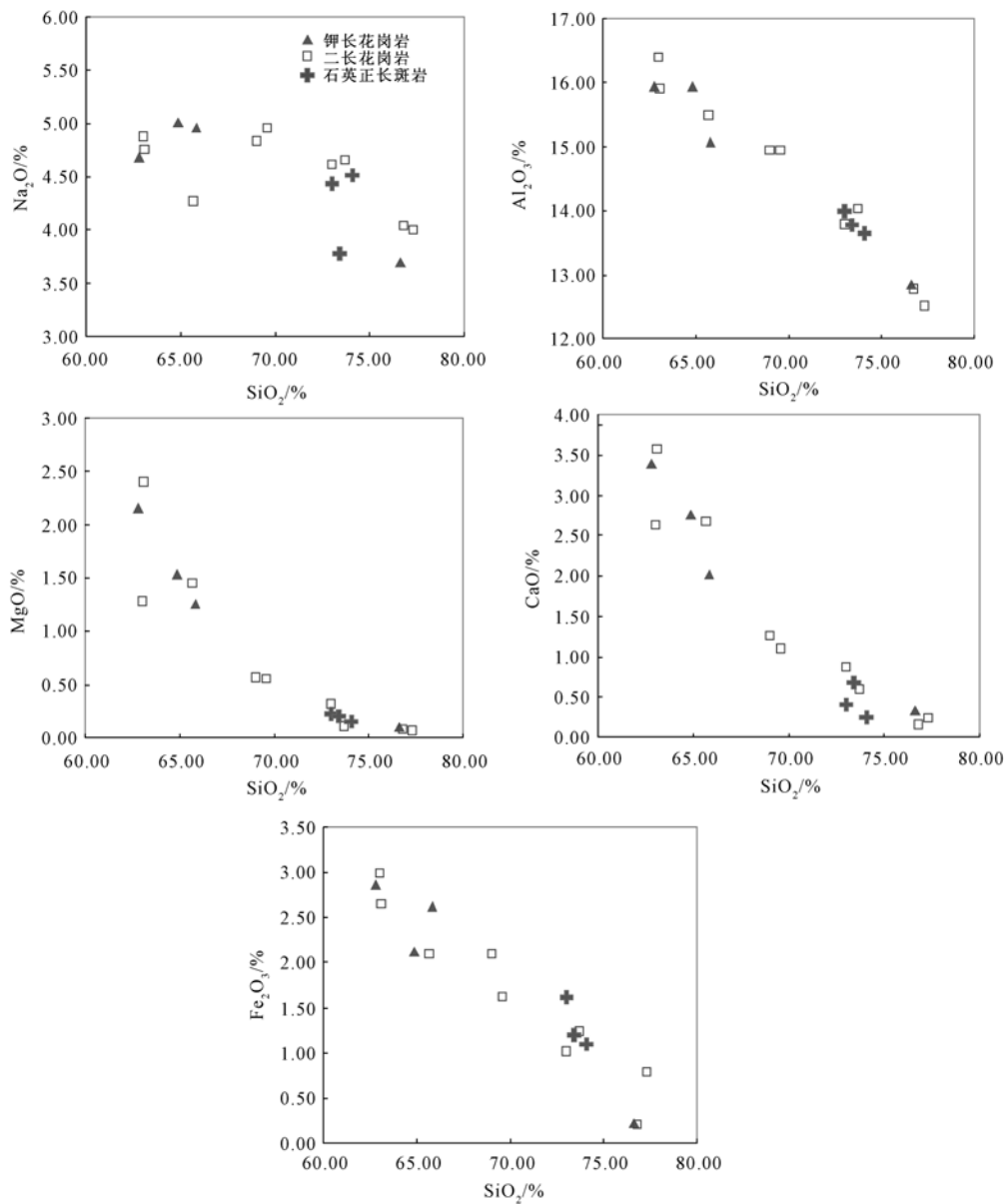


图3 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩主量元素哈克图解

Fig.3 Hacker diagrams of Upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

余熔体中形成明显的 Eu 负异常。从微量元素原始地幔标准化蛛网图 (见图 5) 中可以看出, 钾长花岗岩、二长花岗岩和石英正长斑岩特征基本相同, 表现为富集 Ba、Th、K 等大离子亲石元素 (LILE), 而高场强元素 (HFSE) Nb、Ti 等则相对亏损, 其中 Sr 和 P 出现强烈亏损。

### 3 测试结果讨论

#### 3.1 花岗岩源区及成因

花岗岩成因一直是现代岩石学研究的热点问题。花岗岩成因研究的重点在于其源区、岩

表2 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩微量元素分析结果

Table 2 Trace element abundance of the upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

微量元素	钾长花岗岩				石英正长斑岩				二长花岗岩							
	34-5	34-35	35-2	36-5	34-20	34-22	34-34	34-7	34-24	34-31	34-40	35-5	36-3	36-8	37-9	37-12
Sc	6.71	8.51	6.14	3.47	2.59	2.28	2.36	4.96	4.97	8.81	6.13	7.09	3.14	3.65	1.89	4.39
V	57.10	76.80	50.80	2.90	9.50	13.20	6.80	26.10	22.90	74.30	50.90	66.80	2.40	3.80	8.00	5.90
Cr	14.50	28.60	8.50	4.20	6.20	6.00	4.80	5.60	5.50	43.90	18.50	15.90	4.10	4.60	4.30	4.80
Mn	294.20	561.40	426.50	20.10	134.60	169.00	68.40	419.30	506.10	653.60	510.50	301.00	13.80	26.30	325.40	6.60
Co	4.00	10.90	5.00	0.40	0.70	1.30	0.50	1.10	1.50	8.30	6.40	6.10	0.10	0.20	0.80	0.30
Ni	7.10	11.80	4.80	1.60	1.50	3.50	1.10	1.60	1.20	14.70	9.20	8.10	0.70	1.00	0.80	1.00
Cu	10.93	97.59	12.71	12.28	10.28	10.48	8.52	10.51	10.78	22.54	20.17	11.85	9.85	12.40	9.50	10.67
Zn	41.59	62.60	49.30	11.89	36.63	32.50	24.29	53.00	59.72	51.91	49.43	47.10	38.68	34.27	42.27	21.96
Zr	81.60	42.60	355.60	114.40	508.40	108.40	69.50	129.80	742.70	40.30	76.40	78.00	117.80	108.10	110.70	104.40
Nb	10.10	9.63	10.79	8.31	13.08	9.61	10.08	14.44	15.49	9.08	10.70	10.98	6.19	9.16	13.60	6.47
Mo	0.20	0.44	0.70	0.24	0.20	0.20	0.19	0.69	1.12	0.26	0.40	0.54	0.85	0.22	0.67	1.02
Ba	961.20	831.70	845.40	498.50	923.30	1091.00	810.00	1003.00	958.40	731.60	728.40	865.60	658.80	359.20	617.30	593.00
Ta	0.88	0.81	0.86	0.79	1.09	0.72	0.83	1.16	1.18	0.66	0.96	0.85	0.63	0.86	1.12	0.54
Pb	15.45	16.17	12.21	9.06	8.10	9.14	20.67	21.14	18.30	13.12	19.96	16.52	118.20	20.30	14.32	99.92
Th	11.54	10.44	11.53	8.96	13.08	9.45	12.15	14.43	14.36	7.69	15.53	9.85	8.17	9.12	13.77	7.39
U	2.06	1.21	1.69	1.92	2.52	1.14	1.42	2.09	2.77	1.35	1.94	2.03	0.80	1.07	2.39	0.94
Sr	479.00	474.70	318.20	20.60	133.20	151.90	47.10	185.10	196.80	465.20	351.50	434.80	21.60	16.90	105.10	107.70
La	24.12	38.26	46.17	40.87	31.57	20.42	34.74	61.83	74.40	35.57	30.74	53.22	33.41	22.09	43.11	29.85
Ce	60.64	72.63	88.56	82.51	71.91	24.88	72.55	122.30	268.50	67.62	60.94	100.30	66.70	65.93	78.55	62.16
Pr	9.13	8.88	10.99	10.50	6.55	4.59	8.09	15.50	16.06	8.74	8.00	12.13	8.90	5.22	9.37	8.25
Nd	36.45	33.88	41.20	40.32	21.77	16.89	27.71	57.44	57.28	33.23	31.32	44.25	33.56	19.18	33.06	32.88
Sm	6.61	5.73	7.04	8.08	3.42	3.10	4.29	9.70	9.77	5.83	6.00	7.30	6.58	3.79	5.72	6.80
Eu	1.69	1.46	1.58	0.76	0.54	0.85	0.78	1.91	1.82	1.46	1.35	1.73	0.67	0.43	1.09	1.22
Gd	5.35	4.94	5.81	7.10	2.98	2.68	3.55	8.27	8.40	4.99	4.85	6.23	5.95	3.94	4.83	5.80
Tb	0.86	0.78	0.89	1.25	0.50	0.49	0.52	1.31	1.29	0.77	0.79	0.94	1.13	0.86	0.79	1.06
Dy	4.46	4.08	4.61	7.01	3.10	3.14	2.80	6.83	6.76	4.07	4.14	4.93	6.72	5.60	4.37	6.23
Ho	0.88	0.78	0.89	1.47	0.69	0.65	0.58	1.33	1.30	0.79	0.81	0.96	1.43	1.24	0.92	1.28
Er	2.59	2.27	2.55	4.32	2.34	1.90	1.78	3.77	3.86	2.25	2.35	2.70	4.12	3.85	2.75	3.78
Tm	0.41	0.36	0.40	0.74	0.43	0.31	0.29	0.60	0.63	0.36	0.37	0.42	0.69	0.69	0.48	0.64
Yb	2.64	2.23	2.54	4.89	2.83	1.96	1.95	3.71	3.95	2.22	2.39	2.61	4.32	4.39	3.25	4.17
Lu	0.43	0.34	0.50	0.75	0.62	0.35	0.31	0.60	0.81	0.32	0.38	0.42	0.68	0.67	0.53	0.61
Y	22.48	20.45	22.95	38.02	17.55	16.55	15.71	33.04	34.24	20.38	20.94	24.38	35.64	33.15	25.92	34.15
ΣREE	178.74	197.07	236.68	248.59	166.80	98.76	175.65	328.14	489.07	188.60	175.37	262.52	210.50	171.03	214.74	198.88
δEu	0.84	0.82	0.73	0.30	0.51	0.88	0.59	0.64	0.60	0.81	0.74	0.77	0.32	0.34	0.62	0.58
(La/Yb) <sub>N</sub>	6.56	12.31	13.04	6.00	8.01	7.48	12.78	11.96	13.52	11.50	9.23	14.63	5.55	3.61	9.52	5.14

注：微量元素含量单位  $10^{-6}$ ，样品由河北省地质矿产调查研究所实验室分析

浆作用过程和形成的构造背景，据此可以进一步了解大陆地壳演化过程。肖庆辉等<sup>[7]</sup>曾提出花岗岩岩石组合是构造演化、壳幔相互作用以及大陆地壳生长的记录。在20世纪80年代花岗岩分类研究的鼎盛时期，国内外学者从不同侧面提出了近20种花岗岩的成因分类方案，其中根据岩浆源区性质区分的MISA型（即M、I、S和A型）分类方案是目前最常用的花岗岩分类方案<sup>[1]</sup>。前述的花岗岩地球化学特征显示，测区内的钾长花岗岩和二长花岗岩大多属于高钾钙碱性系列，表现为I型花岗岩的特征，并且其 $w(K_2O)/w(Na_2O)$ 值小于1，进一步验证了其I型花岗岩的特点；而3个石英正长斑岩样品的 $w(K_2O)/w(Na_2O)$ 值均大于1，落在A型花岗岩区域（见图6a）。I型花岗岩具有Nd初始值较高、Sr初始值较低的特

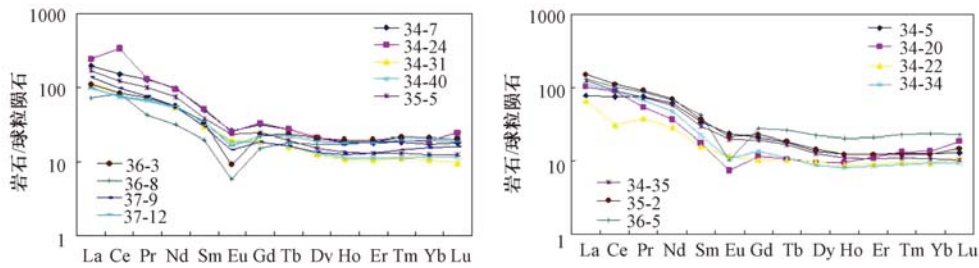


图4 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩 REE 配分模式图

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of Upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

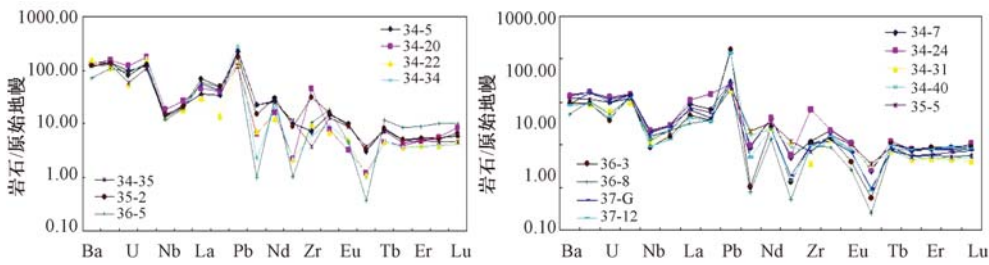


图5 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩微量元素蛛网图 (原始地幔数据参见文献 [11])

Fig. 5 Primitive mantle-normalized trace element spidergrams of Upper Jurassic granite from northern Chifeng, Inner Mongolia

点，其源岩主要为玄武质岩石。火成岩的再次熔融需要更高的温度，而来自地幔的热可以满足这个条件，因此 I 型花岗岩主要源于下地壳物质的部分熔融<sup>[8]</sup>。从  $\delta\text{Eu}-(\text{La}/\text{Yb})$  图解 (见图 6b) 中可见测区花岗岩物质来源以壳源为主，与上述观点相吻合。邵积安等<sup>[9]</sup>在研究大兴安岭中生代岩浆作用时，认为物质供给的差异、岩浆来源深度的不同、构造活动性质的局部改变都可以造成部分 I 型、S 型与 A 型花岗岩共生的现象。研究区钾长花岗岩和二长花岗岩样品多表现为 I 型花岗岩特征，而 3 个石英正长斑岩样品体现出 A 型花岗岩的特点，可能正是此现象的一个反映。

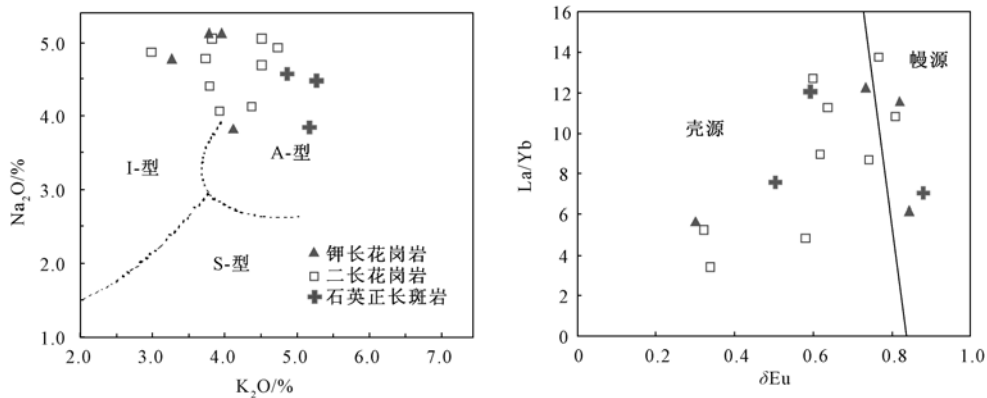


图6 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩系列判别图解

Fig. 6 Discrimination diagrams of Upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

### 3.2 构造背景分析

Pearce 等<sup>[10]</sup>在系统研究已知大地构造背景花岗岩的地球化学特征后认为,元素 Y、Yb、Rb、Ba、K、Nb、Ta、Ce、Sm、Zr 和 Hf 最能有效地区分不同大地构造环境的花岗岩,并利用微量元素 Rb、Y 和 Nb 来区分大洋脊花岗岩 (ORG)、板内花岗岩 (WPG)、火山弧花岗岩 (VAG) 和同碰撞花岗岩 (Syn-COLG)。在 Y-Nb、Yb-(La/Yb) 判别图解 (见图 7) 中,样品均投影到火山弧花岗岩范围。测区花岗岩集中表现出富集 Ba、Th、K 等大离子亲石元素 (LILE) 和高场强元素 (HFSE) Nb、Ti 等相对亏损的地球化学特征。Pitcher 等<sup>[11]</sup>提出在活动大陆边缘的背景下,弧后的扩展会使地幔发生部分熔融而造成岩浆的底侵作用,这种持续不断的底侵作用又使早期的底侵物质发生部分熔融而形成花岗岩。

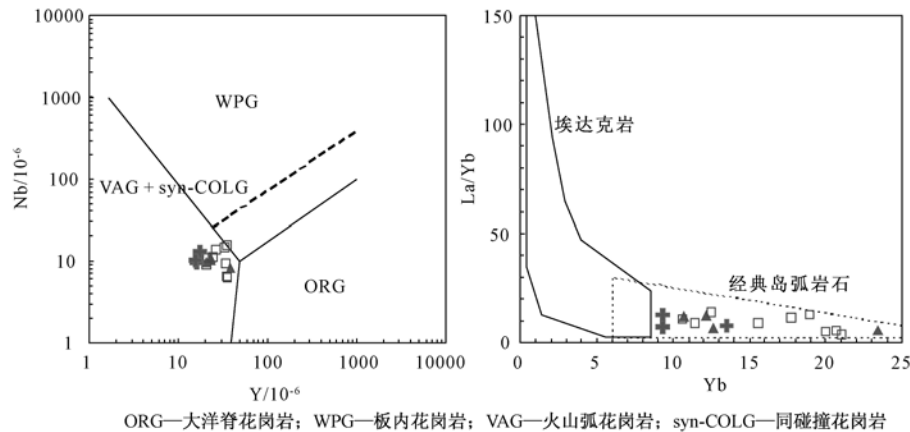


图 7 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩 Nb-Y、La/(Yb-Yb) 判别图解

Fig. 7 Nb-Y and La/Yb-Yb diagrams of Upper Jurassic granite from Northern Chifeng, Inner Mongolia

花岗岩浆的活动是整个区域地质历史的一部分,研究花岗岩必须研究区域地质演化历史及背景,二者不可分割<sup>[12]</sup>。研究区经历过 2 期大地构造演化:古生代到早侏罗世处于中亚造山带东段,中侏罗世到早白垩世则进入环太平洋或陆内伸展构造体制。两阶段演化过程均伴随着强烈的火山活动和花岗岩类侵入<sup>[13]</sup>。Rosenbaum 等<sup>[14]</sup>提出,地壳的伸展、拆离和减薄是晚中生代华北克拉通破坏最为直接的表现;马寅生等<sup>[15]</sup>在研究华北北部盆地的时候,也指出在中晚侏罗世,伸展作用的影响已经相当明显。结合前人的研究结果,大致可以推断出测区晚侏罗世花岗岩形成的时期为造山后阶段,而在这个阶段占主导地位的应该是伸展变形。一方面,在这种拉张伸展的环境下,压力的降低会导致下地壳岩石熔点的降低,有利于其部分熔融,从而为花岗岩的形成提供了物质来源;另一方面,这种拉伸的情况下,岩石圈不断减薄,在岩石圈减薄的过程中势必伴随着软流圈的上涌,从而使地壳发生部分熔融而产生岩浆活动<sup>[16]</sup>,也为花岗岩的形成提供了有利条件。

## 4 结论

(1) 赤峰北部晚侏罗世花岗岩以钾长花岗岩、二长花岗岩和石英正长斑岩为主,具有高钾和富碱的特点。

(2) 通过对花岗岩地球化学特征的研究,确定测区内花岗岩以 I 型为主,少数为 A 型。花岗岩物质来源以壳源为主,富集 Ba、Th、K 等大离子亲石元素 (LILE),而高场强元素

(HFSE) Nb、Ti 等则相对亏损, 其中 Sr 和 P 出现强烈亏损。

(3) 花岗岩可能是在造山后的伸展减薄环境中形成的, 在这个过程中, 由于压力的降低和软流圈的上涌对地壳的部分熔融起到了一定的作用, 从而为花岗岩的形成提供了条件。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 吴福元, 李献华, 杨进辉, 等. 花岗岩成因研究的若干问题 [J]. 岩石学报, 2007, 023 (06): 1217~1238.  
WU Fu-yuan, LI Xian-hua, YANG Jin-hui, et al. Discussions on the petrogenesis of granites [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (6): 1217~1238.
- [ 2 ] 许文良, 王清海, 王冬艳, 等. 华北克拉通东部中生代岩石圈减薄的过程与机制: 中生代火成岩和深源捕虏体证据 [J]. 地学前缘, 2004, 11 (3): 309~317.  
XU Wen-liang, WANG Qing-hai, WANG Dong-yan, et al. Processes and mechanism of Mesozoic lithospheric thinning in eastern North China Craton: Evidence from Mesozoic igneous rocks and deep-seated xenoliths [J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11 (3): 309~317.
- [ 3 ] 李锦轶, 高立明, 孙桂华, 等. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩的确定及其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束 [J]. 岩石学报, 2007, 023 (03): 565~582.  
LI Jin-yi, GAO Li-ming, SUN Gui-hua, et al. Shuangjingzi middle Triassic syn-collisional crust-derived granite in the east Inner Mongolia and its constraint on the timing of collision between Siberian and Sino-Korean paleo-plates [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (3): 565~582.
- [ 4 ] 吴华英, 张连昌, 陈志广, 等. 内蒙古西拉木伦成矿带库里吐钼-铜-矿区二长花岗岩地球化学、构造环境及含矿性分析 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (4): 867~878.  
WU Hua-ying, ZHANG Lian-chang, CHEN Zhi-guang, et al. Geochemistry, tectonic setting and mineralization potentiality of the ore-bearing monzogranite in the Kulitu molybdenum (copper) deposit of Xar Moron metallogenic belt, Inner Mongolia [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (4): 867~878.
- [ 5 ] 林强, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭中生代花岗岩类的地球化学 [J]. 岩石学报, 2004, 20 (3): 403~412.  
LIN Qiang, GE Wen-chun, WU Fu-yuan, et al. Geochemistry of Mesozoic granites in Da Hinggan Ling ranges [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20 (3): 403~412.
- [ 6 ] 代军治, 毛景文, 杨富全, 等. 华北地台北缘燕辽钼(铜)成矿带矿床地质特征及动力学背景 [J]. 矿床地质, 2006, 5: 596~615.  
Dai Jun-zhi, Mao Jing-wen, Yang Fu-quan, et al. Geological characteristics and geodynamic background of molybdenum (copper) deposits along Yanshan-Liaoning metallogenic belt on northern margin of North China block [J]. Mineral Deposits, 2006, 5: 596~615.
- [ 7 ] 肖庆辉, 邱瑞照, 邓晋福, 等. 中国花岗岩与大陆地壳生长方式初步研究 [J]. 中国地质, 2005, 32 (3): 343~352.  
XIAO Qing-hui, QIU Rui-zhao, DENG Jin-fu, et al. Granitoids and continental crustal growth modes in China [J]. Geology in China, 2005, 32 (3): 343~352.
- [ 8 ] 张旗, 王焰, 潘国强, 等. 花岗岩源岩问题-关于花岗岩的研究思考之四 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (6): 1193~1204.  
ZHANG Qi, WANG Yan, PAN Guo-qiang, et al. Sources of granites: Some crucial questions on granite study (4) [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (6): 1193~1204.
- [ 9 ] 邵济安, 张履桥, 牟堡磊. 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (4): 339~346.  
SHAO Ji-an, ZHANG Lü-qiao, MU Bao-lei. Magmatism in the Mesozoic extending orogenic process of Da Hinggan Mountains [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6 (4): 339~364.
- [ 10 ] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of Petrology, 1984, 25: 956~983.



- [11] Pitcher W S, Atherton M D, Cobbing E J, et al. Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes. Blackie, Glasgow [J]. 1985
- [12] 战明国. 花岗岩类分类与定位机制研究动向和进展 [J]. 中国区域地质, 1998, 17 (2): 182~188.  
ZHAN Ming-guo. Trend and progress in the study of the classification and emplacement mechanism of granitoids [J]. Regional Geology of China, 1998, 17 (2): 182~188.
- [13] 刘伟, 潘小菲, 谢烈文, 等. 大兴安岭南段林西地区花岗岩类的源岩: 地壳生长的时代和方式 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (2): 441~460.  
LIU Wei, PAN Xiao-fei, XIE Lie-wen, et al. Sources of material for the Linxi granitoids the southern segment of the Da Hinggan Mountains: When and how continental crust grew [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (2): 441~460.
- [14] Gideon Rosenbaum, Weinberg, Roberto F et al. The geodynamics of lithospheric extension [J]. Tectonophysics, 2008, 7 (16): 1~8.
- [15] 马寅生, 崔盛芹, 赵越, 等. 华北北部中生代构造体制的转换过程 [J]. 地质力学学报, 2002, 8 (1): 15~25.  
MA Yin-sheng, CUI Sheng-qin, ZHAO Yue, et al. The transformation process of Mesozoic-Cenozoic tectonic regime in the north of North China [J]. Journal of Geomechanics, 2002, 8 (1): 15~25.
- [16] Collins W J. Upper-and middle-crustal response to delamination: An example from the Lachlan fold belt, eastern Australia [J]. Geology, 1994, 22: 143~146.

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND TECTONIC SETTING OF UPPER JURASSIC GRANITE FROM NORTHERN CHIFENG, INNER MONGOLIA

LIU Hao<sup>1</sup>, YANG Xin-de<sup>2</sup>, HAO Bin<sup>1</sup>, LIU Gui-quan<sup>1</sup>, LI Yong-feng<sup>1</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Comparison geochemical characteristics of granite from northern Chifeng, Inner Mongolia with various type of granite at home and abroad and the discrimination show that most of the Chifeng granite belongs to I-type granite, and a small number of A-type with. It is with the characteristic of high-K and alkali. The trace elements is rich in Ba, Th, K and other large ion lithophile elements (LILE), while the high field strength elements (HFSE) Nb, Ti, etc. are relatively depleted, which appear strongly depleted in Sr and P. LREE fractionation significantly, no significant fractionation of heavy rare earth. Significant negative Eu anomalies ( $\delta\text{Eu}$  between the 0.3-0.843), REE patterns show significant Eu anomalies for the right-wing pedigree. Integrating the outcome of this paper and previous studies, we infer that the granite formed under the stretching and thinning environment. In this process, reducing the pressure and the upwelling of asthenosphere partial melting of the crust plays a role, so as to provide the conditions for the formation of granite.

**Key words:** Chifeng; granite; geochemical characteristics; tectonic environment

文章编号: 1006-6616 (2011) 03-0295-08

# 内蒙古赤峰北部下二叠统于家北沟组 碎屑沉积岩地球化学特征

郭伟<sup>1</sup>, 杨欣德<sup>2</sup>, 张娟<sup>1</sup>, 郝彬<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

**摘要:** 内蒙古赤峰北部下二叠统于家北沟组碎屑沉积岩主要分布于华北克拉通北缘的内蒙古隆起。碎屑沉积岩主要以杂砂岩为主, 源区岩石没有经过充分的搬运、分选, 成熟度比较低。常量及稀土元素分析结果显示, 轻重稀土元素分异明显, 轻稀土元素富集, 重稀土元素含量稳定,  $\delta\text{Eu}$  的值在 0.72 ~ 0.99 之间, 表现出一定的负 Eu 异常, 与 NASC 或 PAAS 配分模式相似, 说明物源来自于上地壳。结合前人的研究成果, 认为其母岩原岩可能以沉积岩和花岗岩为主, 或有少量的玄武岩; 物源区大地构造背景为活动大陆边缘或者大陆岛弧, 说明研究区在早二叠世或更早处于西伯利亚板块与华北克拉通缝合阶段。

**关键词:** 下二叠统; 碎屑沉积岩; 地球化学特征; 活动大陆边缘; 大陆岛弧

**中图分类号:** P595

**文献标识码:** A

## 0 引言

碎屑沉积岩中的常量元素是判定其物源区母岩类型和大地构造背景的重要指标, 据此判别岩石形成的大地构造背景, 在国外已经有了许多成功的实例<sup>[1]</sup>。在风化、侵蚀、搬运、沉积和成岩过程中, 碎屑沉积岩中某些稀土元素的比值 (如  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  等) 不发生明显的变化<sup>[2]</sup>, 碎屑沉积岩的稀土元素配分模式可以反映沉积盆地的大地构造背景。

内蒙古赤峰北部地区位于华北克拉通与西伯利亚板块之间, 是研究华北克拉通与西伯利亚板块古缝合带的主要地区之一, 一直以来吸引着众多学者的目光。关于该古缝合带的位置所在, 存在着多种不同的看法: 王鸿祯等<sup>[3]</sup>认为位于西拉木伦河断裂一带; 而另外一些学者则认为其沿二连浩特南至贺根山一线展布<sup>[4]</sup>; 20 世纪 90 年代以来, 叶茂等<sup>[5]</sup>指出, 该古缝合带具有一定的宽度, 在两板块之间并可划分出若干的中、小微板块群。对于两者的碰撞时间, 也存在着不同的观点: 李锦轶等<sup>[6]</sup>提出西伯利亚板块与华北克拉通沿西拉木伦河

收稿日期: 2011-04-28

基金项目: 本文由中国地质调查局“内蒙古 1:50000 炒米房幅 (K50E006017), 土城子幅 (K50E006018), 新开地幅 (K50E007017), 大黑水幅 (K50E007018) 区调”项目资助。

作者简介: 郭伟 (1985-), 男, 中国地质大学 (北京) 在读硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: hamo9527@163.com