第 21 卷第 2 期	地质与资源		Vol. 21 No. 2
2012年4月	GEOLOGY AND RESOURCES		Apr. 2012
	山图公米号 ·D505	文献标识码・ヘ	

文章编号 :1671-1947(2012)02-0181-07

中图分类号 :P595

文献标识码 :A

大兴安岭诺敏地区二叠纪花岗岩的地球化学特征及地质意义

梁科伟 李成禄 张立东 徐国战

(黑龙江省地质调查研究总院 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘 要:大兴安岭诺敏地区大地构造位置位于兴蒙造山带的东段,该区发育大量的二叠纪花岗岩类岩石,岩性主要为二长花岗 岩、钾长花岗岩. 岩石地球化学分析结果表明,该区岩体具有高硅,略富铝,偏碱,低镁、钠,贫钙的特征. 微量元素表现出富集 Rb、 Th、K、Nd、Cs 和亏损 U、Nb、Sr、P、Ti 等特点 稀土元素具有明显的轻稀土元素富集、重稀土元素亏损和明显的负 Eu 异常特征. 轻 重稀土元素分馏程度较强. 岩石总体上属于高钾钙碱性系列花岗岩. 地球化学特征表明其应为 S 型花岗岩 ,可能为同源的地壳物 质的部分熔融作用所形成,源岩可能为变杂砂岩和变中性火山岩.根据 R1-R2 与 Rb-(Yb+Nb)、Rb-(Yb+Ta)等微量元素判别图 解,结合该区所处的构造环境推测,该区花岗岩应形成于兴安地块与松嫩地块碰撞造山过程的后碰撞阶段. 关键词 诺敏地区 花岗岩 地球化学 地壳源区 大兴安岭

GEOCHEMISTRY AND ITS GEOLOGICAL IMPLICATION OF THE PERMIAN **GRANITE IN NUOMIN, DAXINGANLING REGION**

LIANG Ke-wei, LI Cheng-lu, ZHANG Li-dong, XU Guo-zhan (Heilongjiang Institute of Geological survey, Harbin 150036, China)

Abstract : The Nuomin area in Daxinganling is tectonically located in the east section of the Xingan-Mongolian orogenic belt, where large volumes of Permian granitic rocks, mainly monzogranite and movite, are developed. Major element analysis shows high SiO₂ and alkali content, slightly high K₂O content and low MgO and CaO contents. Trace element study demonstrates the enrichment of Rb, Th, K, Nd and Cs, and depletion of Ba, U, Nb, Sr, P and Ti. The samples are enriched in LREE and depleted in HREE, with apparent negative Eu anomalies, suggesting a high degree of fractionation. The granites generally belong to the high-K calc-alkaline series. Petrogeochemistry shows that the granites are quite similar to S-type granite. They are most likely resulted from the partial melting of homologous crust, probably derived from metamorphic greywacke and intermediate volcanic rocks. According to the discrimination diagrams of R1-R2, Rb-(Yb+ Nb) and Rb-(Yb+Ta), the granites are generated in the stage of post-collision after the collision between Xingan block and Songnen block.

Key words : Nuomin area; granite; geochemistry; crust source; Daxinganling

大兴安岭位于兴蒙造山带的东段 主要由额尔古 纳、兴安和松嫩地块组成.其中花岗岩分布规模巨大, 特别是中生代花岗岩,其与松辽盆地东部的张广才 岭-小兴安岭花岗岩构成中国大陆东部极为醒目的地 质景观——中生代"花岗岩海"[1-2]. 前人对该地区的中 生代花岗岩的岩浆岩成因、同位素年代学、地球化学

及其形成的构造背景等做了大量的研究工作[3-8] 得出 了一系列有意义的成果. 最近对大兴安岭地区位于兴安 地块与额尔古纳地块两侧的早、晚古生代花岗岩成因及 所反映的构造意义也进行了初步的讨论[9-12] 但由于研 究区的位置局限性 还不能对整个大兴安岭地区的古生 代花岗岩进行综合研究比较,这将在一定程度上制约

收稿日期 2011-09-06 ,修回日期 2011-09-09. 编辑 :李兰英.

作者简介:梁科伟(1963—),男,高级工程师,长期从事区域地质调查与矿产勘查研究工作,通信地址 黑龙江省哈尔滨市香坊区新乡里街 9号, E-mail//lcl230881@163.com

从整体上把握东北地区区域构造演化和花岗岩成因. 而诺敏地区处于大兴安岭的中北部,此前未进行过任 何区域地质调查与相关研究工作.2005 年黑龙江省地 质调查总院开展了 1:25 万的诺敏区域地质调查,对诺 敏地区的侵入岩进行了细致的划分,取得了一些有意 义的成果.本文即从诺敏地区二叠纪花岗岩入手进行 研究讨论,探讨该区花岗岩地球化学特征及其代表的 地质意义,以期能对该地区岩石成因、形成的构造背景 等进一步研究,进而为东北地区区域构造演化和花岗 岩成因提供有益的资料.

1 地质概况

源

资

研究区位于大兴安岭中北部,大地构造位置位于 兴蒙造山带东段的兴安地块与松嫩地块晚古生代拼合 带附近(图1).出露的地层为古生界上志留统卧都河 组,中生界下白垩统龙江组、光华组、九峰山组、甘河 组,以及新生界上更新统大黑沟组.其中卧都河组以板 岩夹中细粒变质长石岩屑砂岩为主.龙江组以安山岩、



图 1 诺敏地区花岗岩分布简图

Fig. 1 Distribution of granites in Nuomin area

1—中新生代盖层(Meso-Cenozoic cap rock);2—古生代基底(Palaeozoic basement);3—寒武纪花岗杂岩(Cambrian granitic complex);4—二叠纪花岗闪 长岩(Permian granodiorite);5—二叠纪二长花岗岩(Permian monzogranite);6—二叠纪钾长花岗岩(Permian moyite);7—二叠纪碱长花岗岩(Permian alkali feldspar granite);8—侏罗纪花岗闪长岩(Jurassic granodiorite);9—白垩纪花岗闪长岩(Cretaceous granodiorite);10—断层(fault) 安山质火山碎屑岩为主. 光华组以流纹岩、英安岩、火 山碎屑岩为主. 甘河组以玄武岩、安山玄武岩为主. 大 黑沟组以玄武岩等为主.

测区侵入岩非常发育,分布在研究区的中、西部 (图1). 出露面积约占研究区总面积的 43%. 依据对花 岗岩岩石类型、结构构造、接触关系、空间分布规律、同 位素年龄及地球化学特征的研究,划分出寒武纪侵入 杂岩、二叠纪侵入岩、侏罗纪侵入岩和白垩纪侵入岩.

寒武纪侵入杂岩在测区内出露较少,总体呈北西 向分布,是测区内最古老的变质深成侵入岩.二叠纪侵 入岩在测区内十分发育,呈北北东向的带状展布,东西 宽约95km,总面积4955.7km².岩石类型为二长花岗 岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩、石英二长岩 等.侏罗纪侵入岩分布在测区的中东部,呈东西向分 布,以岩株状产出,总面积27.0km²,岩石类型为中细 粒黑云母花岗闪长岩.白垩纪侵入岩分布于研究区西 北部和西南角,总面积68.2km²,岩石类型为中细粒角 闪石花岗闪长岩⁹.

2 岩石学特征

诺敏地区二叠纪花岗岩主要由二长花岗岩、钾长 花岗岩、碱长花岗岩和花岗闪长岩等组成,其中以二长 花岗岩与钾长花岗岩为主.

二长花岗岩多呈岩株或小岩基产出.岩石为灰白 色,细中粒花岗结构,块状构造.岩石由钾长石、斜长 石、石英和少量的黑云母组成.副矿物为锆石、磷灰 石、褐铁矿和磁铁矿.

钾长花岗岩多呈岩株产出,岩石为肉红色,中粒花 岗结构,块状构造.岩石由钾长石、斜长石、石英和黑云 母组成.副矿物主要有锆石、磷灰石和磁铁矿.

3 地球化学特征

对诺敏地区二长花岗岩与钾长花岗岩进行系统 采样,所采样品送至国家地质实验测试中心分别进 行主量和微量、稀土元素的测定.其中全岩主量元素 采用仪器为原子吸收分光光度计,稀土和微量元素 采用 ICP-MS 方法分析,数据列于表 1、2.

3.1 主量元素

该区花岗岩中 SiO₂ 含量为 65.29%~75.86%(其中 二长花岗岩为 65.29%~69.16%, 钾长花岗岩为 72.16% ~75.86%,含量较高). K₂O 含量 3.24%~5.66%, 且钾长

岩性及	钾长花岗岩			二长花岗岩				
样品号	5291	5315	5113	6175	1028	4373	1286	1484
SiO ₂	75.4	72.16	75.86	73.5	69.02	69.16	68.02	65.29
TiO_2	0.31	0.22	0.14	0.22	0.53	0.49	0.69	0.6
Al_2O_3	11.23	14.65	12.15	12.96	14.48	15.21	14.93	16.06
Fe_2O_3	2.83	0.81	0.53	0.05	2.93	1.55	2.21	3.03
FeO	0.77	0.63	0.95	1.27	0.25	1.39	1.77	1.02
MnO	0.06	0.07	0.03	0.05	0.08	0.08	0.1	0.09
MgO	0.18	0.2	0.45	0.45	0.58	0.97	1.46	1.25
CaO	0.27	0.53	0.34	0.51	1.27	2.03	1.58	2.06
Na ₂ O	3.75	5.06	2.79	3.69	4.15	4.42	4.05	4.7
K_2O	4.4	5.19	5.66	5.06	4.42	3.73	3.61	3.24
P_2O_5	0.04	0.04	0.05	0.05	0.13	0.15	0.28	0.25
LOI	0.62	0.52	0.19	1.38	1.69	0.69	1.06	1.57
Σ	100.8	103.73	99.14	99.19	99.53	99.87	99.76	101.1
A/CNK	0.98	0.98	1.07	1.04	1.04	1.01	1.11	1.07
A/NK	1.03	1.05	1.13	1.12	1.25	1.34	1.41	1.43
σ	2.97	3.6	2.17	2.51	2.82	2.54	2.35	2.83
DI	94.54	95.45	70.47	93.3	87.85	83.61	82.25	80.77

表 1 诺敏地区花岗岩主量元素分析结果

Table 1 Major element contents of the granites in Nuomin area

含量单位:%.

花岗岩的 K₂O 含量(4.4%~5.06%)明显高于二长花岗 岩 (3.24%~4.42%). (K₂O+Na₂O) 含量为 7.66%~ 10.25%. Al₂O₃ 含量为 11.23%~16.06%. 钾长花岗岩的 Al₂O₃ 含量(11.23%~14.65%)明显低于二长花岗岩的 Al₂O₃ 含量(14.48%~16.06%). 样品 A/CNK 介于 0.98~ 1.11 之间. 在 ACNK 图解上(图 2) 样品多数落于过铝 质区,少数落于准铝质区,属于准铝-过铝质岩. Fe、 Mg、Ca 氧化物含量较低,多贫磷贫钛,但变化相对较 稳定. 里特曼指数 σ 介于 2.17~3.6 之间,平均为 2.72, 为钙碱性岩系,分异指数 DI 为 70.47~95.45,且钾长花 岗岩的 DI 明显高于二长花岗岩,显示岩石经历了更强 的分异演化. 总结以上特点显示,该地区花岗岩具有高 硅 略富铝,偏碱,低镁、钠,贫钙的特征.

3.2 稀土、微量元素

本区花岗岩的稀土元素总量 Σ REE 含量较低 在 137.52×10⁻⁶~342.25×10⁻⁶之间. 其中钾长花岗岩稀土总 量平均值(269.23×10⁻⁶)明显高于二长花岗岩稀土元素 总量平均值(184.71×10⁻⁶). 轻稀土相对富集(其中钾长 花岗岩 Σ Ce/ Σ Y=1.93~5.62 (La/Yb)_N=2.79~11.22 ;二 长花岗岩 Σ Ce/ Σ Y=6.1~7.76 (La/Yb)_N=11.66~19.40).

[●]黑龙江省地质调查研究总院. 1:25 万诺敏幅区域地质调查报告. 2005.

表 2 诺敏地区花岗岩的稀土、微量元素分析结果 Table 2 Trace element and REE contents of the granites in Nuomin area

样品号 5291 5315 5418 5149 5072 5749 3091 5075 La 32.1 32 52.4 43.9 36.1 29.5 49.4 41.9 Ce 116 76.2 111 111 58.1 53 86.5 73.9 Pr 8.63 5.96 12.2 10 7.37 5.82 9.54 8.27 Nd 28.9 20.8 40.2 36.7 31.4 25 38 35 Sm 8.11 4.13 9 8.33 5.77 4.42 10.1 9.98 Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3
La 32.1 32 52.4 43.9 36.1 29.5 49.4 41.9 Ce 116 76.2 111 111 58.1 53 86.5 73.9 Pr 8.63 5.96 12.2 10 7.37 5.82 9.54 8.27 Nd 28.9 20.8 40.2 36.7 31.4 25 38 35 Sm 8.11 4.13 9 8.33 5.77 4.42 10.1 9.98 Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.5
Ce 116 76.2 111 111 58.1 53 86.5 73.9 Pr 8.63 5.96 12.2 10 7.37 5.82 9.54 8.27 Nd 28.9 20.8 40.2 36.7 31.4 25 38 35 Sm 8.11 4.13 9 8.33 5.77 4.42 10.1 9.98 Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1
Pr 8.63 5.96 12.2 10 7.37 5.82 9.54 8.27 Nd 28.9 20.8 40.2 36.7 31.4 25 38 35 Sm 8.11 4.13 9 8.33 5.77 4.42 10.1 9.98 Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15<
Nd 28.9 20.8 40.2 36.7 31.4 25 38 35 Sm 8.11 4.13 9 8.33 5.77 4.42 10.1 9.98 Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63
Sm 8.11 4.13 9 8.33 5.77 4.42 10.1 9.98 Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.
Eu 0.71 0.39 0.55 0.85 1.12 0.81 0.98 1.38 Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45
Gd 7.51 2.92 8.36 7.32 4.27 3.31 4.74 4.98 Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Tb 1.36 0.45 1.9 1.36 0.57 0.5 0.7 0.83 Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Bb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Dy 10 3.01 14.5 9.57 3.31 2.52 4.32 4.76 Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Ho 2.14 0.55 3.16 2.03 0.51 0.42 0.76 0.82 Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Er 7.08 1.69 9.66 6.63 1.46 1.2 2.37 2.49 Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Tm 1.07 0.3 1.35 1.04 0.22 0.18 0.36 0.38 Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Yb 7.58 1.88 8.15 6.63 1.36 1 2.19 2.37 Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Lu 1.26 0.3 1.12 1.03 0.2 0.15 0.35 0.38 Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Y 46.8 13.7 68.7 45 12.8 9.69 18.6 20.4 Rb 98.3 164 92 79.7 67.5 39.7 94 96.6
Rb 983 164 92 797 675 397 94 966
Ba 162 235 533 161 966 683 802 868
Th 12.2 34.7 17.3 9.91 7.65 9.93 11.2 18.7
U 2.5 2.67 2.23 2.13 1.86 1.67 2.2 3.67
Nb 16.3 14 31.1 24.3 10.5 8.26 10.4 12.3
Ta 0.56 0.9 2.42 1.3 0.86 0.5 1.09 1.64
Sr 42.7 63.6 122 35 627 752 233 428
Cs 3.15 4.45 5.54 3.05 4.45 3.15 3.4 7.6
Zr 146 115 662 390 125 205 180 290
Hf 3.73 4.23 18.9 9.89 4.16 5.76 5.96 9.39
Ti 2300 1800 2300 2900 3800 3400
Li 7.5 6.8 7.7 29 23 12.8 21.5 35.9
V 21.4 3.84 16.4 25.8 34.2 41.4 30.1 106
Sc 8.29 1.91 3.49 6.04 5.25 5.45 2.32 11.6
Cu 3 1.75 29.7 6.1 101 5.4 2.4 7.3
Pb 44.5 24.5 238 36.5 28.5 36.5 30 32
Zn 151 38.2 182 97.2 56.6 34.8 60 88.2
Ni 3.4 3.1 4.8 5 7.4 6.2 5.3 8
Co 23.6 13.9 7.2 18.3 21.9 12.3 4.55 11.2
Bi 0.086 0.11 1 0.093 0.26 0.1 0.04 0.17
Cr 8 9 10.7 4.6 4.2 15.8 10.2 36
Rb/Sr 2.30 2.58 0.75 2.28 0.11 0.05 0.40 0.22
Rb/Ba 0.61 0.70 0.17 0.49 0.07 0.06 0.12 0.11
∑ REE 279.25 164.28 342.25 291.39 164.56 137.52 228.91 207.8
$\sum Ce/\sum Y 2.29 5.62 1.93 2.61 7.18 7.76 7.2 6.1$
δEu 0.28 0.33 0.19 0.33 0.66 0.63 0.38 0.54
$(La/Yb)_N$ 2.79 11.22 4.25 4.36 17.49 19.4 14.89 11.66
$(Ce/Yb)_N$ 3.91 10.34 3.49 4.29 10.9 13.51 10.07 7.95
$(La/Sm)_N$ 2.41 4.71 3.55 3.2 3.8 4.06 2.98 2.56
$(Gb/Yb)_{N}$ 0.79 1.24 0.82 0.88 2.51 2.64 1.73 1.68

含量单位:10-6.



图 2 诺敏地区花岗岩的 A/NK-A/CNK 图解 Fig. 2 The A/NK-A/CNK diagram for granites in Nuomin area

轻稀土较重稀土分馏明显(钾长花岗岩(La/Sm)_N2.41~ 4.71 (Gd/Yb)_N0.79~1.24 ;二长花岗岩(La/Sm)_N2.56~ 4.06 (Gd/Yb)_N1.68~2.64) *δ*Eu 介于 0.19~0.66 之间 , 表现出较明显负 Eu 异常.以上特点显示二者有一定 的差异.其中钾长花岗岩的稀土配分曲线较二长花岗 岩相对平缓,且重稀土元素明显偏高于二长花岗岩, Eu 负异常弱于二长花岗岩.总体表明源区残留相中斜 长石结晶分离作用均较好.稀土元素标准化配分曲线 (图 3)总体呈现左高右低的右倾型,反映了轻稀土较 富集、Eu 较强烈亏损的特征.



在原始地幔标准化微量元素蛛网图(图4)上,Rb、 Th、K、Nd、Cs、Sm 明显富集,Hf 弱富集,而U、Nb、Sr、 P、Ti、Eu 明显亏损,Ta、Zr 有弱亏损,且钾长花岗岩与 二长花岗岩有细微差别.钾长花岗岩 Ba 明显亏损,而 二长花岗岩则显示亏损与富集两种趋势,Sr 也有同样的 特征.总体显示岩浆演化过程中长石类矿物或 Fe-Ti 第2期



氧化物等矿物有强烈结晶分异作用,但分异过程中个 别元素在不同岩性中的富集、亏损形式有差异.

- 4 讨论
- 4.1 花岗岩的源区组成

诺敏地区花岗岩属于典型的高钾钙碱性岩石系列 (图 5). 岩石地球化学特征总体表现出富 Si、富碱质和 低 Mg 贫 Ca 的特点,总体基本符合 S 型花岗岩的特 点.稀土元素总量 Σ REE 含量较低,在 137.52×10⁻⁶~ 342.25×10⁻⁶ 之间,平均值为 227×10⁻⁶,明显低于 A 型 花岗岩的 Σ REE 平均值,与 S 型花岗岩的 Σ REE 基本 一致^[13],在 ACF 图解中(图 6)亦均落入 S 型花岗岩区.

王德滋等^[14]研究表明 ,Rb 和 K 有相似的地球化 学性质. 在地球演化初期 随着壳幔的分离和地壳的演



Fig. 5 The K_2 O-SiO₂ diagram of granites in Nuomin area (after Le Maitre et al. , 1989)



化,Rb 会富集于成熟度高的地壳中.Sr 和 Ca 有相似 的地球化学行为,在成熟度低、演化不充分的地壳中富 集^[14].因此,Rb/Sr 比值能较好的记录物质的性质^[15]. Taylor^[16]认为,地球演化过程中 K 和 Rb 不断向上迁移 进入硅铝层,所以上地幔越来越亏损 K 和 Rb ,Sr 主要 富集在斜长石中代替 Ca. 因此,花岗岩的 Rb/Sr 比值 高,一方面说明岩浆演化程度很高,另一方面说明源岩 可能主要来自地壳.据 Taylor^[16]的资料计算,整个陆壳 的 Rb/Sr 比值平均值约为 0.24.本区花岗岩 Rb/Sr 比 值范围在 0.05~2.58,平均值为 1.09,远高于整个陆壳 的平均值,且本区缺少同源的中基性岩浆活动.这些特 点说明诺敏地区花岗岩体可能形成于地壳物质的部分 熔融.

研究表明,不同的源区物质部分熔融形成的熔体 往往具有不同的组成特征^[17].一般说来,云母类矿物 较之角闪石具有相对高的 K、Rb、Cs 等碱金属元素,而 角闪石则相对富 Mg、Na 以及 Ca、Ba 等碱土金属.由角 闪石脱水熔融形成的熔体通常富 Na、Ca,并具有较低 的 K₂O/Na₂O 比值,而由云母类矿物脱水形成的熔体则 富含 Rb、Cs 并具有较高的 K₂O/Na₂O 比值^[18-19].又由于 白云母相对于黑云母富 Al 而贫 Fe、Mg,在脱水熔融反 应中通常形成强过铝质的熔体,黑云母脱水熔融形成的 熔体则具有较宽的组成范围(准铝质至强过铝质)^[20].结 合诺敏地区花岗岩体多呈准铝质至过铝质的组成特 征、具有较高的 SiO₂(65.29%~75.86%)和 Rb、K、Cs 含 量以及相对高的 K₂O/Na₂O(平均值为 1.14)比值 .认为 其源区中可能含有相当比例的黑云母,推断其源岩可 能为变杂砂岩和变中性火山岩.

4.2 构造环境讨论

诺敏地区二叠纪花岗岩在 R₁-R₂(图 7)构造关系 图解上投点较集中,主要落在同碰撞期与造山晚期、非 造山的花岗岩的交界处. 而在微量元素 Rb-(Yb+Nb) (图 8)和 Rb-(Yb+Ta)(图 9)构造关系判别图解上则 多落在火山弧花岗岩区,样品基本全部投影于后碰撞 花岗岩区域21-231(即同碰撞、火山弧及板内花岗岩交界 处), 与 R₁-R₂构造关系图解的结果一致. 综合说明诺 敏地区花岗岩可能形成于主碰撞之后的陆内碰撞环 境,由于大兴安岭地区的额尔古纳地块与兴安地块的 拼合已于 480 Ma 前完成^[24],而在兴安地块与松嫩地 块的接触部位上分布有大面积的 291.5~351 Ma 之间 的花岗岩,说明该两地块的拼合时间应发生在晚古生 代末期[25-26]. 诺敏地区二长花岗岩、钾长花岗岩时间上 也形成于 252~292 Ma[®]之间,空间上则位于兴安地块 中.综合分析额尔古纳、兴安、松嫩地块的拼合时间,说 明诺敏地区的花岗岩有可能为兴安地块与松嫩地块接 触碰撞造山过程的后碰撞阶段经地壳物质部分熔融而 形成.

5 结论

(1)诺敏地区花岗岩的岩石类型以二长花岗岩、钾 长花岗岩为主 属于高钾钙碱性系列 准铝质-过铝质









Fig. 8 The Rb-(Yb+Nb) diagram of granites in Nuomin area (after Pearce et al., 1984)

岩 岩石属于 S 型花岗岩.

(2)诺敏地区花岗岩的微量和稀土元素特征显示, 稀土元素总量相对较低 轻稀土元素富集 轻重稀土分 馏明显,有明显的负 Eu 异常. 微量元素显示富集 Rb、 Th、K、Nd、Cs 和亏损 U、Nb、Sr、P、Ti 等元素,显示岩浆 演化过程中存在长石类矿物或 Fe-Ti 氧化物等矿物的 强烈结晶分异作用.

(3) 诺敏地区花岗岩可能形成于地壳物质的部分 熔融 其源岩可能为变杂砂岩和变中性火山岩.

(4)诺敏地区花岗岩形成于后碰撞的构造环境.兴 安地块与松嫩地块的接触部位上大面积分布的 291.5~351 Ma 之间的花岗岩,说明两地块拼合后的接 触碰撞造山阶段的后碰撞时期是该区花岗岩形成的主 要构造背景.

致谢:感谢孙正奕高级工程师对文章给予的大力 帮助 李真真硕士在英语翻译中也给予了很大的帮助, 在此表示衷心的感谢!

2012 年





Fig. 9 The Rb-(Yb+Ta) diagrams of granites in Nuomin area (after Pearce et al., 1984)

参考文献:

- [1]吴福元,孙德有,林强.东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生 [J]. 岩石学报,1999,15(2):181—189.
- [2]韩振哲,赵海玲,王盘喜,等.黑龙江伊春地区晚三叠世—早侏罗世 铝质 A 型正长碱长花岗岩地球化学特征及其构造意义[J].岩石矿 物学杂志,2009,28(2):97—108.
- [3]武广 陈衍景 孙丰月 ,等.大兴安岭北端晚侏罗世花岗岩类地球化 学及其地质和找矿意义[J]. 岩石学报 2008 24(4): 899—910.
- [4]武广 陈衍景 赵振华 等.大兴安岭北端洛古河东花岗岩的地球化 学、SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和岩石成因[J]. 岩石学报 2009 25(2): 233-247.
- [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.
- [6]邵济安,刘福田,陈辉,等.大兴安岭-燕山晚中生代岩浆活动与俯 冲作用关系[J].地质学报 2001,75(1):56—63.
- [7]Fan W M, Guo F, Wang Y J, et al. Late Mesozoic calc-alkaline volcanism of post-orogenic extension in the northern Da Hinggan Mountains, northeastern China [J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2003 ,121: 151—135.
- [8]隋振民 徐学纯. 大兴安岭东北部侏罗纪花岗岩类 Sr-Nd 同位素特

征及其地质意义[J].中国地质 2010 37(1):48-55.

- [9]Chen B, Jahn B M, Wide S, et al. Two contrasting paleozoic magmatic belts in northern Inner Mongolia, China: Petrogenesis and tectonic implications [J]. Tectonophysics, 2000 ,328: 157—182.
- [10]葛文春 隋振民,吴福元,等.大兴安岭东北部早古生代花岗岩锆石 U-Pb年龄、Hf同位素特征及地质意义[J].岩石学报 2007 23(2): 423—440.
- [11]武广 孙丰月 赵财胜 ,等.额尔古纳地块北缘早古生代后碰撞花岗 岩的发现及其地质意义[J].科学通报 2005 50:2278—2288.
- [12]隋振民 葛文春,徐学纯,等.大兴安岭十二站晚古生代后造山花岗 岩的特征及其地质意义[J].岩石学报 2009 25(10):2679—2686.
- [13]吴锁平,王梅英,戚开静. A 型花岗岩研究现状及其述评[J]. 岩石 矿物学杂志 2007 26(1):57—66.
- [14]王德滋 刘昌实 沈渭洲 等. 桐庐 I 和相山 S 型两类碎斑熔岩对比 [J]. 岩石学报,1993 9(1):44-53.
- [15]高阳,张招崇 杨铁铮.黑龙江宝山一带海西晚期强过铝花岗岩地 质地球化学及岩石成因[J].岩石矿物学杂志 2009 28(5):433—449.
- [16]Taylor S R, Mclennan S M. The chemical composition of the Archaean crust (in the nature of the lower continental crust)[J]. Geological Society Special Publications, 1986 24: 173—178.
- [17]白宪洲,何明友,罗改,等.四川红原地区三叠纪花岗岩的地球化学 特征及地质意义[J].岩石矿物学杂志 2010 29(5):479—487.
- [18]Altherr R, Holl A, Heger E, et al. High potassium, calc-alkaline I-type plutonism in the European Variscides: northern Vosges (France) and northern Schwarzwald (Germany) [J]. Lithos, 2000 50: 51-73.
- [19]Altherr R, Siebel W. I-type plutonism in a continental back-arc setting. Miocene granitoids and monzonites from the central Aegean Sea, Greece [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 2002, 143: 397—415.
- [20]Gardien V, Thompson A B, Grujic D, et al. Experimental melting of biotite+plagioclase+quartz muscovite assemblages and implications for crustal melting [J]. Journal of Geophysical Research, 1995,100: 15581—15591.
- [21]Pearce J A. Sources and settings of granitic rocks [J]. Episodes, 1996, 19: 120—125.
- [22]赵振华.关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的有关问题[J]. 大地构造与成矿学 2007 31(1):92—103.
- [23]韩宝福. 后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性[J]. 地学前缘 2007,14(3):64—72.
- [24]葛文春 吴福元 周长勇 ,等.大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及 对额尔古纳地块构造归属的制约 [J]. 科学通报 ,2005 ,50(12): 1239—1246.
- [25]孙德有 吴福元 李惠民 等.小兴安岭西北部造山后 A 型花岗岩的时代及与索伦山-贺根山-扎赉特碰撞拼合带东延的关系[J].科学通报 2000 45(20):2217—2222.
- [26]Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis [J]. Chem Geol, 2002, 187: 143—173.