

大兴安岭北段根河地区 早白垩世火山杂岩特征及成因探讨

张 昱^{1,2} 赵焕力³ 李仰春³ 韩彦东³

(1. 中国地质大学地球科学学院, 北京 100083; 2. 黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036;
3. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要:大兴安岭北段根河地区早白垩世火山杂岩按岩石及其地球化学特征,可划分为 3 类:第 I 类为流纹质岩石,富 Si、碱,低 Al、Ti, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 1$, 具有明显的负 Eu 异常 ($\delta\text{Eu} = 0.27 \sim 0.59$), 富 Rb, 贫 Sr、Ba; 第 II 类为粗面英安质岩石, 富 Al、Ti, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1$, 具弱的负 Eu 异常 ($\delta\text{Eu} = 0.65 \sim 0.95$), 富 Sr、Ba, 贫 Rb; 研究认为第 I、II 类岩石产于挤压隆升相伴的拉张至造山后伸展构造环境。第 III 类由安粗岩、歪长粗面岩组成, 富 Ti、Al, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} \geq 1.1$, Eu 无异常 ($\delta\text{Eu} = 0.93 \sim 1.06$), Th/Ta、Ta/Hf 值显示大陆板内伸展环境, 其形成可能与玄武质岩浆的底侵作用有关。

关键词:早白垩世; 火山杂岩; 造山后伸展作用; 底侵作用; 根河地区

中图分类号: P588.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)03-0405-06

根河地区早白垩世火山杂岩位于大兴安岭火山岩带的北段(图 1), 是燕山期火山活动的产物。该区燕山运动最突出的特点是大规模的岩浆活动和大范围的地壳升降运动。大兴安岭岩浆活动是燕山期岩浆侵入-喷发活动在中国东北地区的典型代表, 因此, 通过规模庞大的大兴安岭火山岩带的岩浆活动过程研究, 对于探讨中国东北地区地壳发展、演化具有重要意义。近年来, 有关大兴安岭火山岩的成因机制、地质构造环境, 地质界提出了众多不同的观点: 太平洋板块俯冲作用^[1]、裂谷作用^[2]、大陆根-柱构造^[3]、与古亚洲洋闭合过程中壳幔相互作用引起的深部地幔热柱的上升有关^[4]、发生于蒙古-鄂霍茨克洋盆封闭、碰撞使大兴安岭地区隆升造山之后的减压构造环境之中, 受其超碰撞和伊泽纳吉板块 (Izanagi Plate) 与古亚洲板块相互作用双重构造控制之下所发生的^[5]等等。其中多数观点将大兴安岭不同期次火山岩放在同一构造环境下讨论, 忽视了不同期次、不同性质岩浆作用的差别。笔者通过 1:25 万额尔古纳左旗幅(根河地区)区域地质调查研究, 认为本区晚侏罗世基性火山岩与早白垩世中性-酸性火山杂岩的成因机制、构造环境是完全不同的, 前者与裂谷

作用有关^①, 后者与造山后伸展作用有关。

本文着重对大兴安岭根河地区早白垩世中-酸性火山杂岩进行了研究。初步结果表明, 研究区早白垩世火山杂岩主要由 3 类岩石组成: 第 I 类由流纹质熔岩及其碎屑岩组成; 第 II 类由粗面英安质熔岩及其碎屑岩组成; 第 III 类由安粗质、歪长粗面质熔岩及其碎屑岩组成。

1 火山地质概况

根河地区早白垩世火山杂岩形成于 124.57~95.4Ma^②, 经历了两个喷发阶段, 形成一套最大厚度约 3700 m 的中-酸性火山岩组合。可分为 3 类岩石, 空间上三者位于同一火山构造洼地内——第 I 类流纹质岩石分布于火山构造洼地周围, 是主体岩石, 面积最大; 第 II 类粗面英安质岩石分布于火山构造洼地中心, 出露面积次于第 I 类流纹质岩石; 第 III 类安粗质、歪长粗面质岩石多呈潜火山岩相(少量喷出地表)出露于前两者之中, 规模小, 零星分布(图 2)。

3 类岩石在剖面可分为 2 个岩石地层单位: 光华组 (K_{1gn}) 和甘河组 (K_{1g}), 地层层序自下而上依次为: 第 I 类流

收稿日期: 2004-08-25; 改回日期: 2004-12-22

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(20001300007061)资助。

作者简介: 张昱, 男, 1963 年生, 博士生, 高级工程师, 现从事区域地质与矿产调查研究及管理工作; E-mail: zhangyu1963@163.com.

① 张昱, 赵焕力, 韩彦东, 等. 大兴安岭北段塔木兰沟组玄武岩地球化学特征及构造背景探讨, 2005.

② 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1:25 万额尔古纳左旗幅区调报告, 2003.

纹质岩石→第Ⅱ类粗面英安质岩石→第Ⅲ类安粗质、歪长粗面质岩石(图3)。

光华组:区内大面积分布,下段(最早喷发)由第Ⅰ类岩石组成,底部以沉凝灰岩、凝灰砾岩、凝灰砂岩为主,夹少量流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩等薄层;中部以流纹岩、流纹质熔结凝灰岩、凝灰岩、凝灰角砾岩互层为主;上部仅局限于破火山口内,岩性为沉凝灰岩、凝灰砾岩、凝灰砂岩。上段(中期喷发)由第Ⅱ类岩石组成,以粗面英安岩、粗面英安质熔结凝灰岩为主。

甘河组(最晚喷发):由第Ⅲ类岩石组成,区内零星分布,出露规模小,多为潜火山相脉状产出于光华组火山断裂之中,喷出地表者较少,表明其成生与中酸性火山岩关系密切。

2 岩石化学和地球化学特征

根河地区早白垩世火山岩分布广泛,岩石定名以岩石化学分析方法为主,结合野外宏观特征进行综合定名。依据主元素、微量元素特征(表1)可分3类:第Ⅰ类为流纹岩类;第Ⅱ类为粗面英安岩类;第Ⅲ类为安粗岩、歪长粗面岩类(图3)。SiO₂含量小于70%的岩石特曼指数为2.91~5.7,属碱钙性;SiO₂含量大于70%的岩石在SiO₂-A.R.图上,投点均落入(弱)碱性区。总体岩石富碱,属于碱钙性系列。

流纹质岩类, SiO₂含量(72.12%~77.52%)高于第Ⅱ、Ⅲ类岩石, TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃+FeO、CaO含量低于第Ⅱ、Ⅲ类岩石,富碱(Na₂O+K₂O含量为5.83%~9.82%), Al₂O₃含量小于14%, Na₂O/K₂O<1。稀土总量(REE)为113.5×10⁻⁶~272.6×10⁻⁶,变

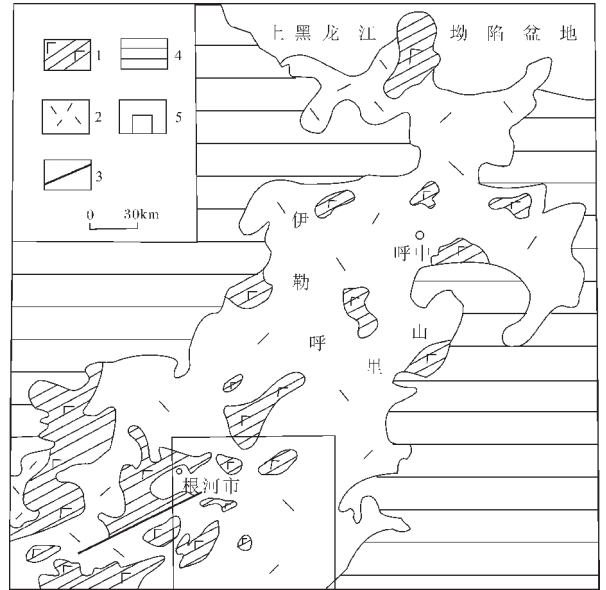


图1 大兴安岭北段火山岩带简化地质图

1—晚侏罗世基性火山岩;2—早白世火山杂岩;
3—断层;4—前中生代基底;5—研究区

Fig.1 Simplified geological map of volcanic rocks in the northern segment of the Da Hinggan Mountains

1-Late Jurassic basic volcanic rocks;2-Early Cretaceous volcanic complex;3-Fault;4-Pre-Mesozoic basement;5-Study area

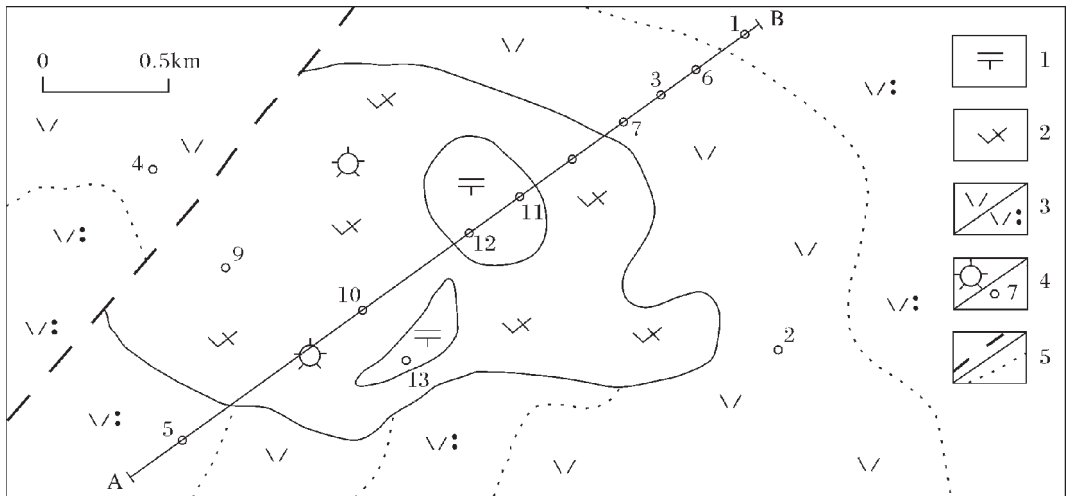


图2 根河地区火山杂岩地质简图

1—第Ⅲ类安粗质、歪长粗面质岩石;2—第Ⅱ类粗面英安质岩石;
3—第Ⅰ类流纹质岩石流纹岩/流纹质凝灰岩;4—古火山口/采样位置及样号;5—断层/岩性界线;A—B—剖面位置

Fig.2 Simplified geological map and section of volcanic rocks in the Genhe area

1-Latitic-benmoreitic rocks of type III;2-Trachydacitic rocks of type II;3-Rhyolitic rocks of type I;
4-Volcanic vent /sampling site and sample No.;5-Fault/lithological boundary;A-B-section location

表 1 早白垩世火山杂岩主元素(%)与稀土元素和微量元素 10^{-6} 分析Table 1 Major element (%), REE and trace elements (10^{-6}) analyses of Early Cretaceous volcanic complexes

岩类 样号	流纹岩类							粗面英安岩			安粗岩-歪长粗面岩		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	74.30	74.86	77.52	75.64	74.54	73.36	72.12	62.86	63.34	67.24	57.72	56.78	53.84
TiO ₂	0.22	0.28	0.20	0.17	0.22	0.38	0.33	0.87	0.83	0.59	0.85	0.96	1.31
Al ₂ O ₃	12.54	12.46	11.92	12.97	13.29	13.15	13.98	17.28	16.71	16.66	16.74	18.61	15.96
Fe ₂ O ₃	1.48	1.45	0.63	0.94	1.04	1.03	2.23	4.05	2.60	2.48	3.80	3.87	5.97
FeO	1.28	1.47	0.28	1.19	1.18	1.50	0.99	1.26	2.18	0.34	3.18	2.48	2.29
MnO	0.08	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03	0.07	0.06	0.11	0.04	0.11	0.11	0.11
MgO	1.52	0.73	0.35	0.33	0.27	1.43	0.39	0.84	1.46	0.72	2.26	1.81	2.56
CaO	0.19	0.37	0.51	0.32	0.27	0.65	0.42	1.04	1.29	0.75	3.49	5.71	5.99
Na ₂ O	2.75	3.22	2.13	3.37	3.60	0.65	5.22	7.25	6.29	4.40	5.87	4.37	3.32
K ₂ O	4.29	3.91	5.14	4.46	4.88	5.18	4.60	3.39	3.26	4.50	1.70	1.96	3.03
P ₂ O ₅	0.13	0.11	0.09	0.10	0.10	0.13	0.12	0.31	0.25	0.19	0.43	0.58	0.70
LOI	0.72	0.50	1.52	0.74	0.78	1.64	0.50	1.12	0.85	1.68	2.90	1.78	3.94
Total	99.50	99.46	100.32	100.25	100.19	99.13	100.97	100.33	99.17	99.59	99.05	99.02	99.02
Al/Ti	57.00	44.50	59.60	76.29	60.41	34.61	42.36	19.86	20.13	28.24	19.69	19.39	12.18
Na/K	0.64	0.82	0.41	0.76	0.74	0.13	1.13	2.14	1.93	0.98	3.45	2.23	1.10
s	1.58	1.60	1.53	1.88	2.28	1.12	3.31	5.70	4.48	3.27	3.89	2.91	3.72
La	42.5	32.5	35.4	36.2	20.3	50.8	60.4	46.3	48.4	55.1	34.5	26.8	48.1
Ce	78.7	124.0	50.3	59.9	42.0	87.6	103.0	95.2	78.9	102.0	64.8	48.0	87.8
Pr	5.6	4.3	3.3	5.1	4.3	9.3	11.5	8.0	9.2	9.9	7.3	5.6	8.9
Nd	19.7	13.7	11.7	16.5	17.7	39.1	46.0	36.4	41.1	48.0	32.6	28.0	46.7
Sm	3.8	3.6	1.6	2.9	3.3	7.9	9.0	6.2	8.4	8.1	5.8	5.0	7.6
Eu	0.5	0.4	0.3	0.2	0.5	1.2	0.9	1.1	2.1	1.8	1.6	1.6	2.0
Gd	2.2	1.9	1.2	1.8	2.5	5.3	5.5	4.0	5.3	5.3	4.7	4.5	5.5
Tb	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5	0.9	0.9	0.6	0.8	0.9	0.7	0.7	0.9
Dy	2.2	1.8	1.2	2.2	3.7	5.5	5.5	3.7	4.9	5.3	4.6	4.5	4.1
Ho	0.4	0.4	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0	0.6	0.9	1.0	1.0	0.8	0.7
Er	1.2	1.0	0.8	1.6	2.5	3.1	3.1	1.7	2.3	2.7	2.5	2.3	1.7
Tm	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2
Yb	1.1	0.9	0.7	1.7	2.2	2.9	2.6	1.6	1.9	2.2	2.1	1.9	1.4
Lu	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
Y	8.99	7.97	6.33	10.90	16.70	21.20	22.50	12.40	18.60	19.10	17.70	16.90	14.20
ΣREE	167.6	193.0	113.5	140.3	117.7	236.5	272.6	218.1	223.2	262.0	180.5	147.1	229.8
dEu	0.56	0.42	0.57	0.27	0.53	0.59	0.4	0.65	0.95	0.86	0.93	1.06	0.94
Nb	13	14	12	21	19	19	24	16	12	13	12	8.4	14
Ta	1.2	1.1	1.8	2.1	1.4	1.5	2.5	1.4	1.3	2.3	1.6	1.2	1.6
Zr	140	160	110	220	290	250	610	250	230	400	250	180	335
Hf	5.3	6	6.5	9.4	10	8.5	17	5.7	6.4	13	8.5	6	8.8
U	3.4	2.5	2.8	3.3	3.2	5.1	2.2	2.6	2	2.4	1.7	1.5	1.2
Th	22	27	22	25	14	15	17	18	12	14	9.9	9.6	13
Ti	0.11	0.12	0.087	0.12	0.15	0.22	0.2	0.65	0.51	0.36	0.61	0.66	0.94
Cr	7.68	4.32	23.4	9.36	4.98	13.7	6.84	11.2	29	5.52	13.8	7.2	90.2
Ni	7.1	7.2	8.4	7.1	5	21.4	5.7	10.4	7.9	5.5	6.8	1.8	38.2
Rb	162	163	169	159	112	277	99.3	74.3	77.6	119	51.6	54.4	77.9
Sr	170	140	95	51	60	69	52	640	790	340	630	1020	1060
Ba	440	380	370	140	915	870	250	1160	1240	1530	900	910	940
Se	2.2	2.2	1.5	1.6	2.3	5.7	5.3	6.6	5.2	5.2	15	14	16
Nb/U	3.82	5.60	4.29	6.36	5.94	3.73	10.91	6.15	6.00	5.42	7.06	5.60	11.67
Rb/Ba	0.37	0.43	0.46	1.14	0.12	0.32	0.40	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.08
Sr/Ba	0.39	0.37	0.27	0.36	0.07	0.08	0.21	0.55	0.64	0.22	0.70	1.12	1.13
La/Yb	38.6	36.11	50.6	21.3	9.22	17.5	23.2	28.9	25.5	25.0	16.4	14.1	34.4

注:主元素由黑龙江省地质调查研究院齐齐哈尔分院采用 DZG-2 方法酸溶、碱熔测试;微量元素由宜昌地质矿产研究所采用碱熔、离子交换富集分离方法,ICP-AES 测试。

表 2 早白垩世火山杂岩 Sr-Nd 同位素特征

Table 2 Sr and Nd isotopic compositions of Early Cretaceous volcanic complexes

岩类	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(1\sigma)$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 1\sigma$	年龄/Ma	I_{Sr}	ε_{Nd}
Ⅲ类	0.1763	0.70542 ± 0.00004	0.1076	0.512255 ± 0.000008	95.4	0.705181	-6.388
Ⅱ类	0.5412	0.70623 ± 0.00004	0.1026	0.512621 ± 0.000009	124	0.705276	1.158
Ⅰ类	3.212	0.71338 ± 0.00002	0.0707	0.512557 ± 0.000007	124	0.707719	-0.057
	11.75	0.72615 ± 0.00007	0.1005	0.512564 ± 0.000009	118	0.706445	0.454

注:样品由宜昌地质矿产研究所测试(衰变常数: $\lambda_{\text{Sr}}=1.42 \times 10^{-11}/\text{年}$, $\lambda_{\text{Nd}}=6.54 \times 10^{-12}/\text{年}$)。

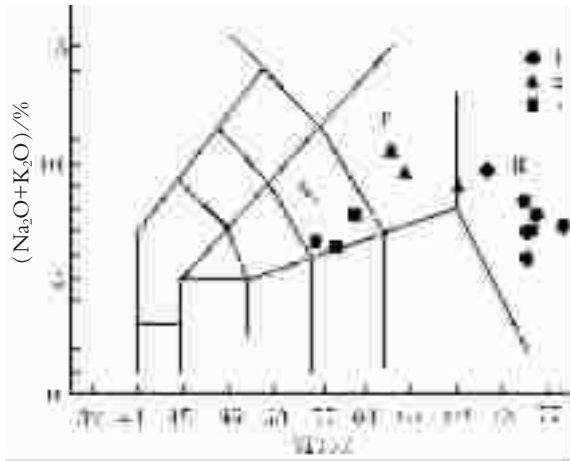


图 3 火山杂岩 TAS 图解

R—流纹岩;T—粗面岩、粗面英安岩;S₃—粗安岩;

1—流纹岩类;2—粗面英安岩类;3—安粗岩—歪长粗面岩类

Fig.3 TAS diagram of volcanic complexes

R—Rhyolite;T—Trachyte and trachydacite;S₃—trachyte-andesite;

1—Rhyolites;2—Trachydacites;3—Latite-benmoreite

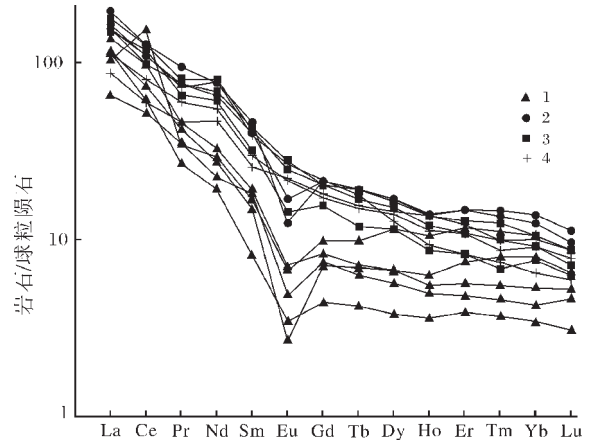


图 4 火山杂岩稀土元素分布模式(标准化值引自 Boynton,1984)

1—流纹岩(1~5号样品);2—流纹岩(6~7号样品);

3—粗面英安岩;4—安粗岩—歪长粗面岩

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns of volcanic complexes

1—Rhyolite (sample Nos.1 - 5);2—Rhyolite (sample Nos. 6 - 7);

3—Trachydacite;4—Latite-benmoreite

化较大; δEu 为0.27~0.59,负Eu异常特征明显;稀土分配模式(图4),为轻稀土富集,曲线斜率大,重稀土曲线近水平,中稀土略显亏损。微量元素较第Ⅱ类岩石贫Sr、Ba,富Rb, Rb/Sr、Rb/Ba高;在微量元素蛛网图(图5)上,具有相同的曲线分布型式,表现为Nb、Ta、P、Ti的亏损,说明岩浆经历了含磷、钛等矿物的分离结晶作用,但同时表明岩浆为地壳来源或受地壳物质的强烈混染^[6]。岩石 $I_{\text{Sr}}=0.7064\sim 0.7077$, $\varepsilon_{\text{Nd}}=-0.057\sim 0.454$ (表2),表明岩浆可能形成于下地壳源岩部分熔融,并显示有亏损地幔物质的参与^[7]。

粗面英安岩类,主元素含量多介于第Ⅰ类和第Ⅲ类岩石之间,具有中酸性火成岩(英安质)成分特征, SiO_2 含量为62.86%~67.24%, Al_2O_3 含量大于16%,富碱($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 含量为7.78%~10.64%), $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}>1$ 。稀土总量(REE)高,为 $218.1 \times 10^{-6} \sim 262.0 \times 10^{-6}$,变化不明显; δEu 为0.65~0.95,负Eu异常较弱;稀土分配模式见图4,轻稀土富集,重稀土亏损强烈。岩石微量元素较第Ⅰ类岩石明显富Sr、Ba,贫Rb, Rb/Sr、Rb/Ba值低;其微量元素配分模式与第Ⅰ类岩石基本相同,不

同的是Ba呈正异常(图5),Nb、Ta、P、Ti负异常特征也与第Ⅰ类岩石一致,表明它们的岩浆具有同源性。岩石 $I_{\text{Sr}}=0.7053$, $\varepsilon_{\text{Nd}}=1.158$ (表2),表明岩浆可能来源于壳幔相互作用^[7]。

安粗岩、歪长粗面岩类, SiO_2 含量为53.84%~57.72%、 Al_2O_3 含量大于15%、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}>1.1$,总体上反映出高Al、Na的特点。稀土总量(REE)较高,为 $147.1 \times 10^{-6} \sim 229.8 \times 10^{-6}$,变化较大; δEu 为0.93~1.06,无Eu异常;稀土分配模式见图4,曲线平直,轻稀土富集,重稀土亏损。无Eu异常($\delta\text{Eu}=0.93\sim 1.06$),说明岩浆在矿物结晶分异作用或部分熔融过程,岩浆均未曾与斜长石处于平衡相之中。微量元素配分模式与前两类岩石基本相同,Nb、Ta、P、Ti负异常特征也基本一致(图5)。Nb/U值(5.6~11.7)明显低于原始地幔值($\text{Nb}/\text{U} \approx 30$),接近于陆壳($\text{Nb}/\text{U}=10$),说明有一定的陆壳物质参与岩浆形成。Zr/Hf值(29.4~38.1)接近于原始地幔值(36.27),远高于大陆地壳值(11),暗示岩浆形成与地幔有关。岩石 $I_{\text{Sr}}=0.7051$, $\varepsilon_{\text{Nd}}=-6.388$ (表2),表明岩浆为幔源型^[7],并与壳源岩浆混合或与地壳物质发生过相当明显的混染。岩石轻稀土富集程度不

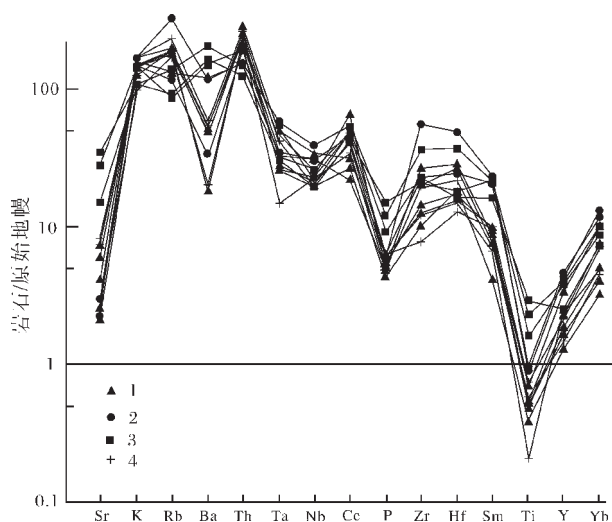


图 5 火山杂岩原始地幔标准化微量元素分布模式
(标准化值引自 Pearce,1983)

1—流纹岩(1~5 号样品);2—流纹岩(6~7 号样品);
3—粗面英安岩;4—安粗岩—歪长粗面岩

Fig.5 Primitive mantle-normalized trace element patterns
of volcanic complexes

1-Rhyolite (sample Nos.1-5);2-Rhyolite
(sample Nos. 6-7); 3-Trachydacite; 4-Latite-benmoreite

高(La/Yb<30),与来源于交代富集地幔的 La/Yb>30 相反^①,说明岩浆形成可能与亏损地幔或原始地幔有关。因此,第Ⅲ类安粗岩、歪长粗面岩类的岩浆可能由地幔物质上涌形成的玄武质岩浆底垫于陆壳之下,并与壳源岩浆发生混合而成。

综上所述,本区早白垩世火山岩浆形成于地幔物质(玄武质岩浆)上涌,底垫于陆壳的底部,造成地壳物质部分熔融形成酸性岩浆,两种岩浆发生混合,形成由第Ⅰ类流纹质岩浆→第Ⅱ类粗面英安质岩浆→第Ⅲ类安粗质、歪长粗面质岩浆依次喷发的正梯度层序,表现出壳源岩浆所占比例逐渐减少,地幔岩浆所占比例逐渐增多的特征。

3 根河火山杂岩形成的构造环境

根河地区早白垩世火山杂岩喷发不整合覆盖在晚侏罗世塔木兰沟组(J₃t)玄武岩和早白垩世早期二长花岗岩之上。而塔木兰沟期玄武岩(150 Ma)形成于大陆板内环境,早白垩世早期二长花岗岩形成于 138~131 Ma^①,它们被第Ⅰ类岩石(124~118 Ma^①)中的凝灰砾岩不整合覆盖,说明二长花岗岩形成之后有一个快速隆升造山并有强烈剥蚀过程,其形成与挤压隆升活动相伴的拉张有关;而第Ⅲ类岩石的微量元素

Th/Ta=6.2~8.1(>1.6),Ta/Hf=0.18~0.2(>0.1)显示大陆板内环境,并且 Th/Ta 在 4~10 之间,表明其形成与陆内拉张带有关^②;第Ⅱ类岩石形成于第Ⅰ类至第Ⅲ类岩石之间(大于 20 Ma)的构造转换期内,且第Ⅱ类粗面英安岩具弱的负 Eu 异常,也标志本区已处于造山后伸展阶段^③。

结合上述地球化学特征及野外地质背景,本区早白垩世火山杂岩形成于挤压隆升造山相伴的拉张构造至隆升造山后的伸展作用阶段。

4 成因讨论

本区早白垩世的时空关系密切,地层学上表现为紧密伴生并具有明显的上下覆盖关系,是一套出于同一火山构造洼地内的年龄相近的中—酸性火山杂岩。稀土元素(图 4)、微量元素(图 5)具有相似的分配模式。第Ⅰ、Ⅱ类岩石没有明显的同位素组成差异,而是具有基本一致的 Sr、Nd 同位素组成,而第Ⅲ类岩石的 Sr、Nd 同位素组成与前两者有一定的差异(表 2)。因此,它们可能是来源于不同源区的两种岩浆,第Ⅰ、Ⅱ类岩浆具有同源性,为深部地壳来源,第Ⅲ类较基性岩浆来源于亏损地幔。

岩石的稀土分配模式(图 4)变化范围较宽,说明岩浆经历了复杂形成过程。第Ⅰ类岩石 Sr 初始比值(I_{Sr})小于 0.706,第Ⅱ类岩石 Sr 初始比值(I_{Sr})大于 0.706,但相差较小,表明它们的岩浆来源有一定差异,第Ⅱ类岩浆可能是深部地壳部分熔融产生的岩浆与来源于地幔岩浆混合作用的产物。岩石 Nb、Ta、P、Ti 的亏损,说明岩浆经历了含磷、钛等矿物的分离结晶作用。

综上所述,本区早白垩世火山岩浆形成于与挤压隆升造山相伴的拉张构造至隆升造山后的伸展作用阶段的壳幔相互作用。

参考文献(References):

- [1] 马家骏,方大赫.黑龙江中生代火山岩初步研究[J].黑龙江地质. 1991.2(2):1~16.
Ma Jiajun, Fang Dahe. A preliminary study of the Mesozoic volcanic rocks in Heilongjiang, China [J]. Heilongjiang Geology, 1991, 2(2): 1~16 (in Chinese).
- [2] 蒋国源,权恒. 在兴安岭根河、海拉尔盆地中生代火山岩[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊,1988.(3):23~100.
Jiang Guoyuan, Quan Heng. Mesozoic volcanic rocks of Genhe and Hailaer basin in Daxinganling [J]. Bulletin of the Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, 1988, (3): 23~100 (in Chinese).
- [3] 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等. 中国大陆根—柱构造——大陆动力学的钥匙[M].北京:地质出版社,1996.1~100.

① 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1:25 万额尔古纳左旗幅区调报告,2003.

- Deng Jinfu, Zhao Hailing, Mo Xuanxue, et al. Continental Roots—Plume Tectonics of Chinese: Key to the Continental Dynamics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996, 1~110 (in Chinese).
- [4] 林强, 葛文春, 孙德有, 等. 东北地区中生代火山岩的大地构造意义[J]. 地质科学, 1998, 33(2): 129~139.
- Lin Qiang, Ge Wenchun, Sun Deyou, et al. Tectonic significance of Mesozoic volcanic rocks in Northeastern China [J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 33(2): 129~139 (in Chinese with English abstract).
- [5] 赵春荆, 马俊孝, 苏养正, 等. 大兴安岭北端中生代火山岩浆作用及其构造背景[R]. 沈阳地质矿产研究所, 1998, 1~124.
- Zhao Chunjing, Ma Junxiao, Su Yangzheng, et al. Magmatism and tectonic background of volcano from Mesozoic era in nother Daxinganlin [R]. Shenyang Institute of Geological Mineral Resources, 1998, 1~124(in Chinese).
- [6] 孙德有, 吴福元, 林强, 等. 张广才岭燕山早期白石山岩体成因与壳幔相互作用[J]. 岩石学报, 2001, 17(2), 227~235.
- Sun Deyou, Wu Fuyuan, Lin Qiang, et al. Petrogenesis and crust—mantle interaction of early Yanshanian Baishishan pluton in Zhang-guangcai Range [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(2): 227~235 (in Chinese with English abstract).
- [7] 高秉璋, 洪大卫, 郑基俭, 等. 花岗岩类 1:5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 1~169.
- Gao Bingzhang, Hong Dawei, Zheng Jijian, et al. A Guide to the Method of the 1:50000 Regional Geological Survey in Igneous Granide Areas [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991. 1~124 (in Chinese).
- [8] 李曙光. 大陆俯冲化学地球动力学[A]. 见: 郑永飞主编. 化学地球动力学[C]. 北京: 科学出版社, 1999. 334~357.
- Li Shuguang. Chemical geodynamics of plate subduction [A]. In: Zheng Yongfei (ed.). Chemical Geodynamics [C]. Beijing: Science Press, 1999. 334~357 (in Chinese).
- [9] 汪云亮, 张成江, 修淑芝. 玄武岩类形成的大地构造环境的 Th/Hf—Ta/Hf 图解判别[J]. 岩石学报, 2001, 17(3), 413~421.
- Wang Yunliang, Zhang Chengjiang, Xiu Shuzhen. Th/Hf—Ta/Hf identification of tectonic setting of basalts [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(3): 413~421 (in Chinese with English abstract).

Characteristics of Early Cretaceous volcanic complexes in the Genhe area in the northern segment of the Da Hinggan Mountains: with a discussion of their genesis

ZHANG Yu^{1,2}, ZHAO Huan—li³, LI Yang—chun³, HAN Yan—dong³

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

2. Heilongjiang Institute of Geological Survey, Heilongjiang 150036, Harbin, China;

3. Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geological Survey, Qiqihar 161005, Heilongjiang, China)

Abstract: Early Cretaceous volcanic complexes in the Genhe area in the northern segment of the Da Hinggan Mountains may be divided into three types according to their petrological and geochemical characteristics. Type I is composed of rhyolitic rocks, which are characterized by higher Si and alkali contents and lower Al and Ti contents, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 1$, a pronounced negative Eu anomaly ($\delta\text{Eu} = 0.27 - 0.59$), enrichment in Rb and depletion in Sr and Ba. Type II consists of trachydacitic rocks, which are enriched Al and Ti, with $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1$ and a weak negative Eu anomaly ($\delta\text{Eu} = 0.65 - 0.95$), enriched in Sr and Ba and poor in Rb. Types I and II probably formed in an extensional to postorogenic extensional environment, accompanied by compressional uplift. Type III is composed of latite and benmoreite, which are enriched in Al and Ti, with $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} \geq 1.1$ and no negative Eu anomaly ($\delta\text{Eu} = 0.93 - 1.06$), and Th/Ta and Ta/Hf ratios indicate a continental intraplate extensional environment. Its formation is probably related to underplating of basaltic magma.

Key words: Early Cretaceous; volcanic complex; postorogenic extension; underplating; Genhe area

About the first author: ZHANG Yu, male, born in 1963, Ph.D candidate, senior engineer, engages in regional geology and mineral survey and management; E-mail: zhangyu1963@163.com.