

内蒙古色日崩地区白音高老组流纹岩岩石地球化学特征及地质意义

杨文静¹,程天赦^{1,2},王登红³,肖 盈⁴,张 全¹

(1. 天津市地质调查研究院,天津 300191;2. 中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083;
3. 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100083;4. 中原油田普光分公司采气厂,四川 达州 636156)

摘 要 :内蒙古西乌旗色日崩地区早白垩世白音高老组流纹岩为高硅($\text{SiO}_2=78.32\%\sim 86.80\%$)、富碱($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}=3.84\%\sim 7.63\%$)、高铝($\text{Al}_2\text{O}_3=8.59\%\sim 13.70\%$)、低 MgO 、 CaO 、 TiO_2 、 MnO 稀土元素与微量元素地球化学特征显示其类似于 A 型花岗岩特征,低 Ti/Y 、 Nb/Y 与 Ti/Zr 比值,高 Rb/Nb 与 Rb/Y 比值以及 Sr 、 Eu 强烈亏损,表明白音高老组流纹岩为上地壳物质部分熔融成因,形成于早白垩世非造山板内伸展环境。

关键词 :钙-碱性流纹岩;A 型花岗岩;地球化学;白音高老组;西乌旗;内蒙古

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND GEOLOGICAL IMPLICATION OF THE RHYOLITE IN BAIYINGAOLAO FORMATION FROM SERIBENG, INNER MONGOLIA

YANG Wen-jing¹, CHENG Tian-she^{1,2}, WANG Deng-hong³, XIAO Ying⁴, ZHANG Quan¹

(1. Tianjin Institute of Geological Survey, Tianjin 300191, China; 2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100083, China;
4. Puguang Gas Plant, Zhongyuan Oilfield, Dazhou 636156, Sichuan Province, China)

Abstract : The rhyolite in Early Cretaceous Baiyingaolao Formation from Seribeng of Xiwuqi, Inner Mongolia is characterized by high SiO_2 (78.32% to 86.80%), total alkaline-rich (3.84% to 7.63% of $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$), high Al_2O_3 (8.59% to 13.70%), low MgO , CaO , TiO_2 and MnO . The geochemical characteristics of REE and trace elements are similar to those of A-type granite. The characteristics of low Ti/Y , Nb/Y and Ti/Zr , high Rb/Nb and Rb/Y and strong depletion in Sr and Eu indicate that the rhyolitic magma was originated from partial melting of basaltic upper crustal materials. Combining with the regional researching results, it is suggested that the rhyolite was formed in an intra-plate anorogenic extensional setting.

Key words : calc-alkaline rhyolite; A-type granite; geochemistry; Baiyingaolao Formation; Inner Mongolia

内蒙古自治区岩石地层清理工作将宝石组、布拉跟哈达组、上库力组统一归属为白音高老组,区域上岩石主体以酸性火山岩夹沉积岩为主(内蒙古自治区岩石地层),其形成时代为早白垩世($127\pm 5\text{ Ma}$)^[1-2]。白音高老组地层分布十分广泛,在大兴安岭及其两侧地区均有出露,研究其火山岩层地球化学特征,对揭示

该时期大兴安岭地区构造-岩浆作用具有重要地质意义。因此,本论文基于西乌旗地区区调工作,分析色日崩地区白音高老组流纹岩岩石地球化学特征,探讨其形成的地质构造背景。

1 地质概况

收稿日期 2012-03-12 修回日期 2012-05-16 编辑 张哲

基金项目 :中国地质调查局 1/5 万扎布其尔沃布勒吉幅、杰林牧场幅、白音诺尔农场幅、巴拉嘎尔牧场牧业小组幅、毛登牧场第二生产队幅区域地质调查项目(基[2010]矿评 01-19-01)资助。

作者简介 :杨文静(1982—),女,工程师,主要从事区域地质与矿产地质研究工作,通信地址 天津市南开区迎水道 20 号 E-mail//chengtianshe515@163.com



图1 内蒙古色日崩地区白音高老组地层分布及实测剖面位置图

Fig. 1 Distribution of Baiyingaolao Formation and position of geological profile in Seribeng area

1—第四系(Quaternary); 2—白音高老组地层(Baiyingaolao fm.); 3—红旗组地层(Hongqi fm.); 4—哲斯组地层(Zhesi fm.); 5—大石寨组地层(Dashizhai fm.); 6—地层界线(geologic boundary); 7—逆断层(reversed fault); 8—实测剖面(surveyed profile)

西乌旗地区中生代火山岩分布广泛。上侏罗统满克头鄂博组为流纹质晶屑岩屑凝灰岩、流纹岩,局部夹安山岩与沉积岩;上侏罗统玛尼吐组以安山岩、英安岩为主,局部夹沉积岩;早白垩世白音高老组为流纹岩、球泡流纹岩;早白垩世梅勒图组为气孔杏仁状玄武岩、安山岩。白音高老组主要分布于色日崩海日罕—哈勒盖图一带,呈北东向—近东西向展布,岩性主要为流纹岩,局部夹薄层流纹质角砾熔岩及流纹质含角砾凝灰岩,总厚度为546~712 m。

2 样品采集及分析

根据野外露头布置实测剖面(剖面位置如图1),对地层岩性及产状进行详细观测,按岩性逐层采集各类样品。根据岩石颜色、成分、结构及构造的野外观测,该剖面共划分为31个岩性层,采集样品31组(包括薄片样、硅酸盐样、微量元素样及稀土元素样)。样品岩性均为流纹岩。

所有样品均委托河北省区域地质矿产调查研究所实验室分析,主量元素测试采用XRF荧光测试法完成,测试误差小于2%;稀土和微量元素测试采用等离子体质谱(ICP-MS)法,测定精度优于5%。

3 岩石地球化学特征

根据薄片鉴定、元素分析结果,大部分岩石已遭受强蚀变作用,因此只选取其中符合要求的14件样品进行讨论。样品分析结果如表1。

3.1 岩石学特征

岩石多数具斑状结构和流纹构造,斑晶矿物以钾长石、石英为主,见少量斜长石。钾长石、斜长石呈半自

形板状,石英呈浑圆粒状,粒内轻波状消光。基质主要由长英质组成,呈包含嵌晶结构、微粒状结构。副矿物主要由不透明矿物、磷灰石、锆石、电气石组成。偶见球粒结构和石泡结构。

3.2 主量元素特征

由表1可知,岩石中 $\text{SiO}_2=78.32\%\sim 86.80\%$,平均80.49%; $\text{Al}_2\text{O}_3=8.59\%\sim 13.70\%$,平均12.29%; $\text{K}_2\text{O}=3.79\%\sim 7.59\%$,平均6.01%; $\text{Na}_2\text{O}=0.09\%\sim 0.53\%$,平均0.18%; $\text{TiO}_2=0.19\%\sim 0.33\%$,平均0.25%; $\text{FeO}=0.25\%\sim 0.76\%$,平均0.49%; $\text{MnO}=0.01\%\sim 0.03\%$,平均0.017%; $\text{MgO}=0.09\%\sim 0.21\%$,平均0.14%; $\text{CaO}=0.08\%\sim 0.15\%$,平均0.11%; $\text{P}_2\text{O}_5=0.02\%\sim 0.03\%$,平均0.02%; $\text{H}_2\text{O}^+<2\%$ 。

该套岩石中 SiO_2 含量偏高, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}=3.84\%\sim 7.63\%$,平均6.19%,全碱含量较高,并且 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=13.32\sim 65.58$, Na_2O 超低异常,与后期蚀变作用使 Na_2O 部分带出有关; $\text{A}/\text{NCK}=1.47\sim 2.13$,属过铝质岩石; MnO 、 MgO 、 CaO 含量极低。

由于岩石普遍遭受蚀变作用,K、Na等活性较强的元素可能会有一定程度的变化,因此本文采用Winchester等(1977)的 $\text{Zr}/\text{TiO}_2\text{--Nb}/\text{Y}$ 分类图解(图2),样品均位于流纹岩区域。在 $\text{K}_2\text{O--SiO}_2$ 图解中(图3)绝大部分样品位于高钾钙-碱性系列区域,只有1个样品位于中钾钙-碱性系列区域。

从主量元素分析结果可以看出,西乌旗色日崩地区白音高老组流纹岩属高硅低钛过铝质高钾钙-碱性流纹岩。

3.3 稀土元素特征

稀土元素分析结果(表1)及球粒陨石标准化配

表 1 西乌旗色日崩地区白音高老组流纹岩主量元素、稀土元素和微量元素含量

Table 1 Contents of major elements, REE and trace elements of the rhyolites of Baiyingaolao Formation in Seribeng area

样品号	GS01	GS03	GS04	GS06	GS07	GS08	GS09	GS14	GS15	GS16	GS23	GS25	GS30	GS31
SiO ₂	85.61	79.93	77.51	76.94	77.80	77.19	77.49	77.21	78.70	77.03	78.87	79.53	78.65	78.90
Al ₂ O ₃	8.47	11.70	12.77	12.78	12.36	12.59	12.65	12.82	12.56	13.41	12.12	12.05	12.44	11.96
TiO ₂	0.19	0.22	0.26	0.25	0.24	0.25	0.33	0.26	0.26	0.28	0.24	0.25	0.26	0.26
Fe ₂ O ₃	0.06	0.12	0.21	0.18	0.13	0.05	0.18	0.48	0.26	0.35	0.16	0.32	0.15	0.04
FeO	0.28	0.28	0.30	0.30	0.34	0.43	0.41	0.32	0.42	0.41	0.28	0.25	0.26	0.22
CaO	0.08	0.11	0.21	0.12	0.14	0.11	0.11	0.10	0.14	0.11	0.10	0.12	0.10	0.09
MgO	0.09	0.11	0.14	0.13	0.12	0.12	0.14	0.20	0.19	0.20	0.15	0.14	0.11	0.10
K ₂ O	3.74	5.49	6.32	6.99	6.75	7.47	6.22	6.50	5.07	5.97	6.02	5.13	5.79	6.63
Na ₂ O	0.10	0.12	0.21	0.53	0.14	0.16	0.18	0.17	0.09	0.09	0.15	0.11	0.15	0.36
MnO	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.001
P ₂ O ₅	0.018	0.022	0.027	0.026	0.022	0.022	0.032	0.023	0.024	0.027	0.024	0.027	0.025	0.023
H ₂ O ⁺	1.19	1.52	1.58	1.25	1.36	1.22	1.81	1.49	1.82	1.64	1.56	1.62	1.62	1.12
H ₂ O ⁻	0.33	0.40	0.44	0.41	0.50	0.40	0.46	0.43	0.55	0.54	0.39	0.59	0.52	0.34
灼失量	1.28	1.77	1.88	1.60	1.81	1.46	2.10	1.76	2.19	2.02	1.75	1.96	1.95	1.27
总和	99.90	99.87	99.85	99.83	99.84	99.84	99.84	99.85	99.89	99.89	99.87	99.88	99.87	99.84
K ₂ O+Na ₂ O	3.84	5.61	6.53	7.52	6.88	7.63	6.40	6.67	5.16	6.06	6.17	5.24	5.94	6.99
K ₂ O/Na ₂ O	36.98	44.99	30.85	13.32	49.99	45.52	34.54	38.24	58.25	65.58	39.59	46.62	39.41	18.68
A/NCK	1.94	1.84	1.69	1.47	1.58	1.47	1.75	1.71	2.13	1.97	1.74	2.02	1.86	1.51
Ba	525	657	816	1030	2183	954	901	820	488	506	846	487	654	764
Rb	121.5	178.2	195.8	205.1	220.1	231.6	213.8	212.1	178.6	204.1	192.3	167.1	165.4	171.8
Sr	24.3	21.7	34.4	33.6	31.1	17.7	42.5	19.3	18.2	31.1	24.0	28.1	18.8	25.0
Zr	243.6	369.6	388.4	388.4	387.9	403.9	377.5	370.2	379.6	419.8	359.8	385.5	386.8	374.3
Nb	9.24	12.92	13.16	13.96	14.10	14.37	14.77	13.95	14.18	15.72	13.66	13.35	14.77	14.32
Th	7.27	11.23	11.60	12.31	12.03	12.00	11.65	11.22	10.84	11.41	11.73	11.03	11.95	10.04
Pb	11.4	9.6	11.0	19.8	7.7	8.6	18.0	88.3	4.4	7.5	7.9	5.7	5.9	6.0
Ga	14.6	24.2	23.3	23.9	25.1	24.5	25.0	26.3	25.1	30.7	25.0	23.2	25.6	24.5
Zn	21.0	47.6	40.7	43.5	35.1	33.9	36.7	52.1	32.5	54.0	49.2	53.4	47.5	51.5
Cu	13.0	13.9	13.9	13.6	14.5	14.4	15.1	15.8	13.4	14.2	14.6	13.8	14.7	14.3
Ni	8.14	9.67	9.73	9.01	9.73	9.48	9.43	8.98	8.98	9.34	9.50	9.17	8.77	9.35
V	13.2	10.6	10.9	9.4	10.7	10.7	15.6	9.3	10.1	9.4	10.4	8.7	10.5	14.2
Cr	16.9	19.4	19.6	17.2	18.5	18.5	20.3	18.1	17.4	18.0	19.3	17.8	17.7	15.7
Hf	7.17	10.84	10.60	10.80	10.91	11.02	10.35	10.22	10.67	11.86	9.89	10.46	12.07	10.99
Cs	5.06	6.85	5.10	8.05	8.54	8.37	7.98	16.51	8.19	11.83	8.67	9.57	7.36	7.52
Sc	5.7	6.2	9.1	6.3	5.8	6.6	9.3	6.7	6.4	6.5	6.4	6.1	7.3	5.9
Ta	0.71	0.89	0.94	0.88	0.93	1.41	0.94	0.92	1.30	1.03	0.93	0.85	1.68	0.90
Co	0.29	0.37	0.40	0.35	0.33	0.28	0.49	0.34	0.36	0.37	0.38	0.45	0.42	0.28
Li	120.7	47.0	20.1	14.7	22.8	18.3	38.5	19.6	23.5	36.0	26.1	18.9	19.1	15.3
Be	1.51	1.99	2.70	1.82	1.95	2.14	2.22	2.33	2.72	2.52	2.83	2.40	1.99	1.81
U	2.20	3.58	5.08	4.43	2.83	2.69	3.60	2.96	2.77	2.53	3.23	2.92	3.79	2.81
W	1.25	1.95	1.88	3.56	2.19	2.09	3.63	1.82	1.88	2.17	2.12	2.84	2.06	2.59
Mo	0.40	0.45	0.67	0.34	0.43	0.33	0.37	0.43	0.28	0.35	0.34	0.32	0.39	0.51
Bi	0.04	0.38	0.21	0.03	0.10	0.08	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.12	0.05	0.04
Tl	0.96	1.48	1.80	1.45	1.71	1.82	1.61	1.70	1.16	1.44	1.62	1.25	1.29	1.38
La	24.31	35.62	38.15	36.79	32.76	29.43	31.60	38.24	34.89	38.12	33.19	36.16	37.86	28.39

表 1 (续) Table 1 (Continued)

样品号	GS01	GS03	GS04	GS06	GS07	GS08	GS09	GS14	GS15	GS16	GS23	GS25	GS30	GS31
Ce	51.62	77.53	83.50	78.54	75.52	79.28	67.79	84.61	75.08	78.16	70.98	76.71	77.28	58.84
Pr	7.26	11.01	11.82	10.92	10.04	9.20	9.99	12.61	10.59	11.03	10.32	10.68	11.36	8.39
Nd	28.05	43.87	47.26	40.66	38.25	35.50	37.86	49.82	40.21	40.99	39.47	42.37	44.41	32.38
Sm	6.74	10.96	11.36	9.82	9.31	9.24	9.31	12.88	9.98	9.98	10.08	10.72	11.77	8.80
Eu	0.67	0.94	1.04	0.94	0.79	0.92	0.84	1.25	1.00	1.08	0.97	1.11	1.10	0.89
Gd	6.16	10.08	10.41	8.92	8.51	8.31	8.25	11.05	9.28	10.11	9.10	10.37	11.07	9.37
Tb	1.35	2.12	2.27	1.99	1.83	1.83	1.80	2.43	1.96	2.24	1.97	2.22	2.46	2.18
Dy	8.21	12.18	13.21	11.63	10.19	11.18	11.03	14.00	11.62	12.95	11.48	13.00	14.26	13.30
Ho	1.88	2.87	3.11	2.81	2.39	2.67	2.57	3.33	2.71	3.12	2.69	3.05	3.48	3.21
Er	4.60	7.17	7.82	6.95	6.16	6.87	6.61	8.41	6.98	7.75	6.83	7.67	8.96	8.01
Tm	0.92	1.45	1.56	1.42	1.25	1.42	1.35	1.67	1.41	1.55	1.34	1.56	1.83	1.62
Yb	5.35	8.13	8.65	8.05	7.29	8.14	7.59	9.35	7.83	8.74	7.49	8.53	10.39	9.05
Lu	1.04	1.54	1.71	1.54	1.37	1.49	1.43	1.70	1.44	1.48	1.34	1.58	1.78	1.60
Y	43.16	68.33	78.05	68.45	58.37	68.75	65.48	83.72	66.53	75.81	65.72	77.49	88.48	79.03
LREE	118.66	179.93	193.13	177.66	166.66	163.58	157.39	199.41	171.74	179.36	165.01	177.76	183.79	137.68
HREE	72.67	113.88	126.79	111.76	97.36	110.66	106.11	135.65	109.76	123.75	107.95	125.47	142.72	127.38
REE	191.33	293.81	319.92	289.42	264.02	274.23	263.50	335.06	281.50	303.12	272.95	303.23	326.51	265.07
LR/HR	1.63	1.58	1.52	1.59	1.71	1.48	1.48	1.47	1.56	1.45	1.53	1.42	1.29	1.08
(La/Sm) _N	2.27	2.04	2.11	2.36	2.21	2.00	2.13	1.87	2.20	2.40	2.07	2.12	2.02	2.03
(La/Yb) _N	3.06	2.95	2.97	3.08	3.03	2.44	2.81	2.76	3.01	2.94	2.99	2.86	2.46	2.11
δEu	0.31	0.27	0.29	0.30	0.27	0.32	0.29	0.31	0.31	0.33	0.31	0.32	0.29	0.30

含量单位: 主元素为%, 稀土元素和微量元素为 10⁻⁶.

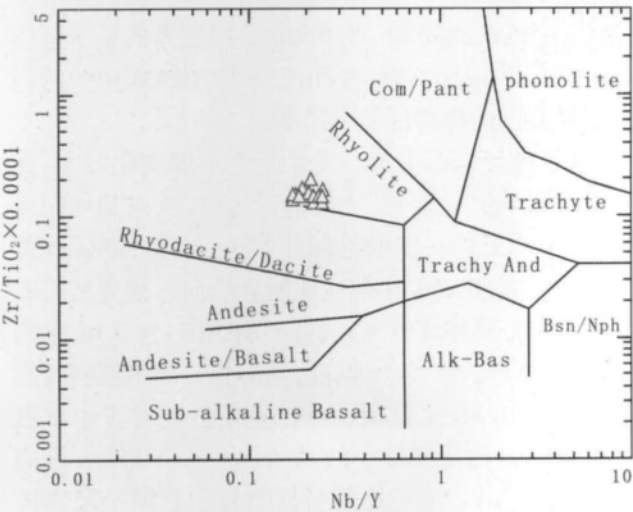


图 2 色日崩地区白音高老组流纹岩 TAS 图解
(据 Winchester 等, 1977)

Fig. 2 TAS diagram of the rhyolites of Baiyingaolao Formation in Seribeng area
(after Winchester et al., 1977)

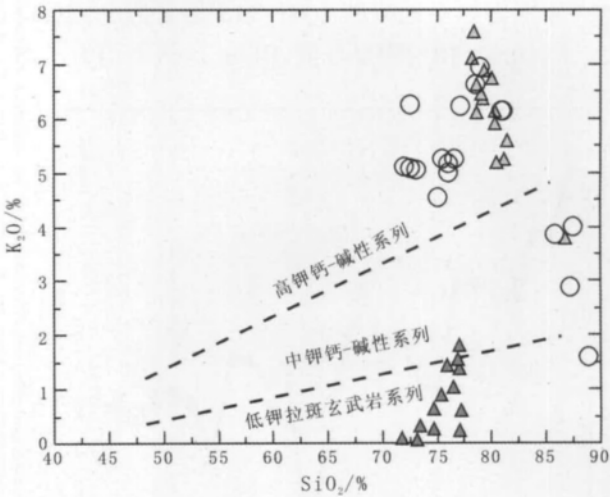


图 3 色日崩地区白音高老组流纹岩 K₂O-SiO₂ 图解
(据 Rickwood, 1977)

Fig. 3 K₂O-SiO₂ diagram of the rhyolites of Baiyingaolao Formation in Seribeng area
(after Rickwood, 1977)

分曲线 (图 4) 显示, 稀土元素总量偏高. $\Sigma \text{REE} = 191.33 \times 10^{-6} \sim 335.06 \times 10^{-6}$, 平均 284.55×10^{-6} ; $\text{LREE} = 137.68 \times 10^{-6} \sim 199.41 \times 10^{-6}$, $\text{HREE} = 29.51 \times 10^{-6} \sim 54.24 \times$

10^{-6} , $\text{LREE}/\text{HREE} = 1.08 \sim 1.71$; $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 2.11 \sim 3.08$. 曲线呈右倾型, 轻重稀土元素分馏中等, 轻稀土略富集. $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}} = 1.87 \sim 2.40$, $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}} = 0.82 \sim 1.00$, 轻稀土分馏

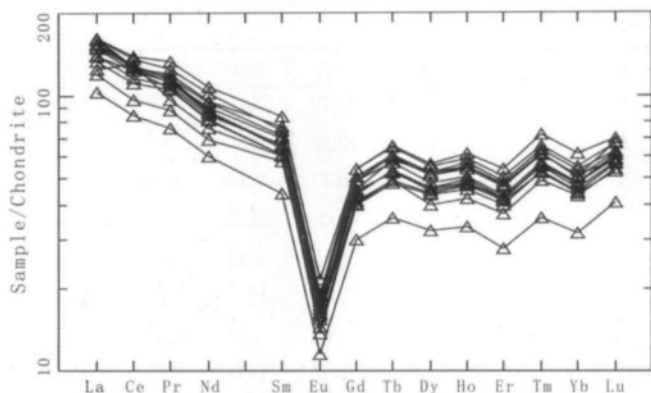


图4 色日崩地区白音高老组流纹岩稀土元素球粒陨石标准化
配分曲线

(标准值据 Boynton, 1984)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the
rhyolites of Baiyingaolao Formation in Seribeng area
(after Boynton, 1984)

中等重稀土分布相对平缓, $\delta\text{Eu}=0.27\sim0.33$, 显示明显的钕负异常, 这与斜长石的分离结晶作用有关^[3]. 这些特征与大多数 A 型花岗质岩石的地球化学特征和典型的大陆裂谷流纹岩的稀土曲线一致^[4-6].

3.4 微量元素特征

微量元素分析结果(表 1)及原始地幔标准化配分曲线(图 5)显示:(1)亲石元素 Cs、Ba、Rb、Th、U 相对富集(分别为原始地幔的 1081~118 倍), 但 Sr(26.42×10^{-6})、Eu(0.97×10^{-6})明显亏损, Rb/Sr 比值平均为 7.65,

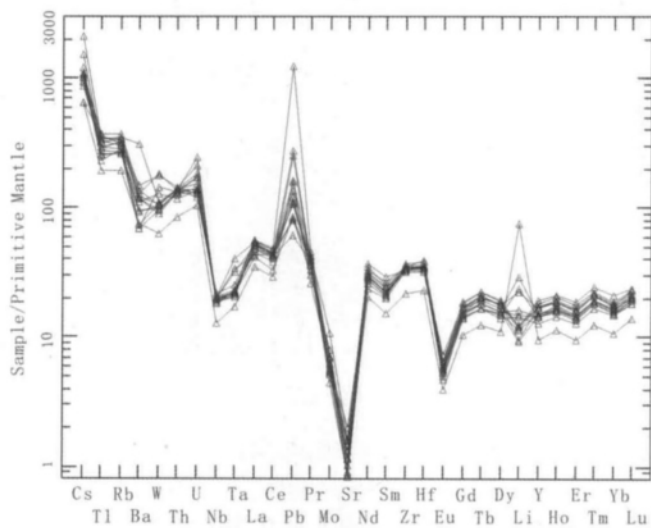


图5 色日崩地区白音高老组流纹岩微量元素原始地幔标准化
配分曲线

(标准值据 Sun and McDonough, 1989)

Fig. 5 Primitive mantle-normalized trace element distribution
patterns of the rhyolites of Baiyingaolao Formation in Seribeng area
(after Sun and McDonough, 1989)

明显高于 I 型和 S 型花岗岩的 Rb/Sr 比值平均值(分别为 0.61 和 1.81), 甚至是 A 型花岗岩(3.52)(Whalen et al., 1987) 的 2 倍;(2) 高场强元素较为富集, Zr 为 $243.6\times 10^{-6}\sim 419.8\times 10^{-6}$ (平均值为 373.95×10^{-6}), Hf 为 $7.17\times 10^{-6}\sim 12.07\times 10^{-6}$ (平均值为 10.05×10^{-6}), 但 Ta 较低, 为 $0.71\times 10^{-6}\sim 1.41\times 10^{-6}$ (平均值为 1.02×10^{-6}), Nb 也较低, 为 $7.17\times 10^{-6}\sim 15.72\times 10^{-6}$ (平均值为 13.75×10^{-6}). 值得注意的是这些流纹岩没有明显的 Nb(Ta)亏损, 表明它们没有受到明显的地壳物质混染^[7].

4 讨论

4.1 岩石成因

本区流纹岩 Ti 含量较低, $Ti/Y<100$, 且变化大, 为 29.16~49.84, 平均为 36.48; $Ti/Zr<10$, 为 5.90~8.66, 平均为 6.80. 表明本区流纹岩为典型的壳源岩浆系列, 是陆壳岩石局部熔融的产物^[8].

流纹岩强烈亏损 Sr 和 Eu 的微量元素地球化学特征表明:(1)该套火山岩应起源于斜长石稳定的地壳源区, 其起源深度应小于 35 km^[9]; (2)岩浆源区起源的原生岩浆在上升过程中, 应经历了较为显著的结晶分异作用过程, 斜长石可能产生较强的分离结晶作用^[10]. 正是由于这种特定的成因机制和演化过程, 造成岩石中微量元素 Sr、Eu 的强烈亏损. 本区流纹岩低的 Sr/Y 值(<1.70 , 0.21~0.65, 平均 0.39)和较高的 Y 含量($>32.5\times 10^{-6}$, $43.1\times 10^{-6}\sim 88.48\times 10^{-6}$, 平均 70.53×10^{-6})的地球化学特征, 同样印证了上述事实.

鉴于各类岩石中单个微量元素丰度变化较大, 而元素取适当的“元素对”比值进行比较, 从而为判明成岩物质来源提供一定的地球化学佐证. 据 Hildreth 等(1991)研究, Rb/Nb 比值从地幔岩石向上地壳岩石有增高的趋势: 平均洋脊玄武岩(N-MORB)为 0.36, 平均下地壳为 0.88, 平均上地壳为 4.5. 色日崩地区白音高老组平均 Rb/Nb 比值为 13.81. Y 是各类岩石中丰度值较高, 而变化范围较小的高场强元素(HFSE). 因而可以利用 Rb/Y-Nb/Y 比值特征来判明岩源物质来源或受混染的程度. 白音高老组流纹岩 Rb/Y 值高, 介于 1.87~3.77, 变化范围大, Nb/Y 值低(表 1), 为 0.17~0.24, 其投影点在 Nb/Y-Rb/Y 图(图略)上落入上地壳演化区, 这为白音高老组流纹岩的上地壳成因提供了一定的佐证.

4.2 构造环境

火山活动总是受区域地质环境控制的, 因此可用火成岩类的地球化学特征来判别其形成时的构造环

境. 西乌旗白音高老组流纹岩在 Whalen 等 (1987) 的分类图解上, 该区流纹岩与高度分异的 I、S 型花岗岩明显不同, 全部落入 A 型花岗岩范围(图略). 虽然 A 型花岗岩可以在各个地质时期、不同构造背景产出, 不一定指示非造山或裂谷环境, 但 A 型花岗岩的形成总是与张性环境相联系这一点已是人们的共识(Eby, 1990; 王德滋和赵广涛, 1995; 吴才来等, 1998). 在花岗岩类的微量元素构造判别图解上, 西乌旗白音高老组流纹岩基本落在板内伸展非造山环境(图 6), 说明本区火山岩形成于板内拉张的大地构造环境, 反映了西乌旗地区在早白垩世处于岩石圈伸展减薄的作用阶段.

参考文献:

- [1] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
[2] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国

地质大学出版社, 1996.

- [3] 葛文春, 林强, 孙德有, 等. 大兴安岭中生代两类流纹岩成因的地球化学研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25(2): 172—178.
[4] Creaser R A, Price R C, Wormald R J. A-type granites revisited: Assessment of a residual-source model [J]. *Geology*, 1991, 19: 163—166.
[5] Eby G N. The A-type granitoids: A reviews of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis [J]. *Lithos*, 1990, 26: 115—134.
[6] Eby G N. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications [J]. *Geology*, 1992, 20: 641—644.
[7] 葛文春, 李献华, 林强, 等. 呼伦湖早白垩世碱性流纹岩的地球化学特征及其意义[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 176—183.
[8] 林强, 葛文春, 孙德有, 等. 大兴安岭中生代两类流纹岩与玄武岩的成因联系[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(4): 322—328.
[9] 林强, 葛文春, 曹林, 等. 大兴安岭中生代双峰式火山岩的地球化学特征[J]. 地球化学, 2003, 32(3): 208—222.
[10] 刘俊杰, 鞠文信, 赵九峰, 等. 大兴安岭根河岩区晚侏罗世火山岩特征及构造环境探讨[J]. 华南地质与矿产, 2006, 22(1): 38—46.

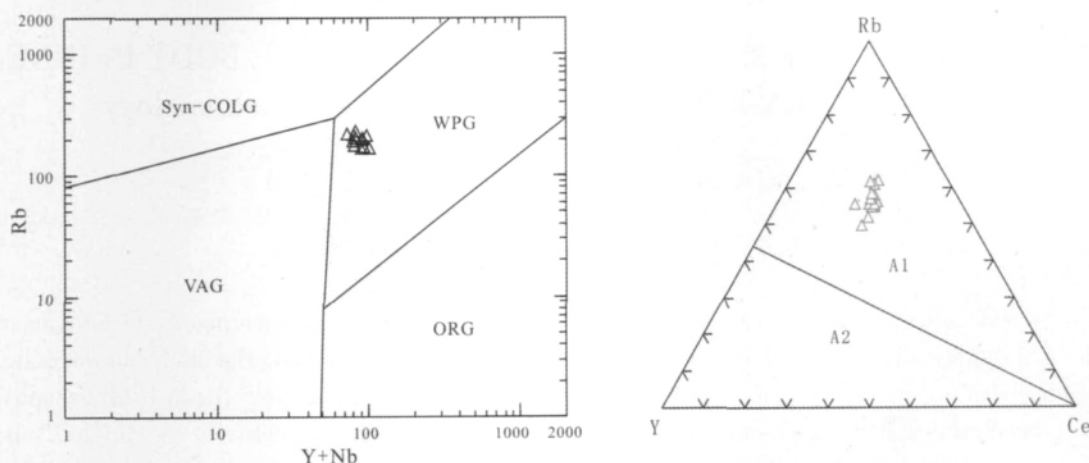


图 6 色日崩地区白音高老组流纹岩构造判别图解

(据 Pearce et al., 1984; Eby, 1992)

Fig. 6 Tectonic discrimination of the rhyolites of Baiyingaolao Formation in Seribeng area

(after Pearce et al., 1984; Eby, 1992)

WPG—板内花岗岩; ORG—洋脊花岗岩; VAG—火山弧花岗岩; Sny—COLG—同碰撞花岗岩; A1—非造山环境(anorogenic); A2—造山环境(orogenic)