

大兴安岭东部地区下白垩统龙江组新认识

丁秋红¹,陈树旺¹,商翎²,李永飞¹,王杰¹

(1. 沈阳地质矿产研究所/中国地质调查局 沈阳地质调查中心 辽宁 沈阳 110034 ;
2. 辽宁省地质矿产研究所 辽宁 沈阳 110032)

摘 要 对龙江地区龙江组建组剖面进行了岩石地层、生物地层、同位素年代和岩石地球化学等多方面的研究,重新厘定了龙江组的含义。新义龙江组岩石组合由安山岩、英安岩及其火山碎屑岩、流纹质火山碎屑岩和沉积碎屑岩组成;生物化石属于 *Eosesthesia-Lycoptera-Ephemeropsis trisetalis* 热河生物群中期生物化石组合,其中叶肢介化石以 *Eosesthesia opima-E. (Dongbeiestheria) guanghuaensis* (丰满东方叶肢介-光华东北东方叶肢介)组合为代表;火山岩的岩石地球化学 SiO_2 含量在 59.71%~75.65% 之间,具有高 Al_2O_3 (12.19%~19.39%) 和高 Na_2O (1.04%~5.24%) 较富碱性 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 3.65%~6.25%) 的特点,火山岩属于高钾钙碱性岩系列,轻稀土(LREE)富集。全岩激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄等时线年龄值为 125.4 ± 1.8 Ma。

关键词 龙江组;大兴安岭东部;岩石地球化学;同位素年龄

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2014.03.003

NEW UNDERSTANDING OF THE LOWER CRETACEOUS LONGJIANG FORMATION IN THE EASTERN DAXINGANLING REGION

DING Qiu-hong¹, CHEN Shu-wang¹, SHANG Ling², LI Yong-fei¹, WANG Jie¹

(1. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110034, China;*
2. *Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110032, China*)

Abstract : On the basis of field survey, the stratotype section of Longjiang Formation is researched particularly on the lithostratigraphy, biostratigraphy, isotope chronology and lithogeochemistry. The meaning of Longjiang Formation is redefined. The neologism of Longjiang Formation consists of andesite and dacite with its pyroclastic rocks, rhyolitic pyroclastic rocks and sedimentary clastic rocks. The paleontological fossils belong to *Eosesthesia-Lycoptera-Ephemeropsis trisetalis* fossil assemblage of the Middle Jehol Biota. Among them, Conchostracans are represented by the *Eosesthesia opima-E. (Dongbeiestheria) guanghuaensis* assemblage. The volcanic lithogeochemistry is characterized by SiO_2 contents between 63.88% and 75.65%, high Al_2O_3 (12.19% to 19.39%), high Na_2O (1.04% to 5.24%), rich alkalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 3.65% to 6.25%) and strong enrichment in light rare earth elements (LREE). The isotopic age of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ is 125.4 ± 1.8 Ma.

Key words : Longjiang Formation; Eastern Daxinganling; lithogeochemistry; isotopic age

近年,笔者在“松辽外围地区中生代盆地群油气地质综合调查”项目实施中,对大兴安岭龙江地区原龙江组建组剖面^[1]进行了多重地层划分研究。根据新资料,重新厘定了龙江组的含义,为在大兴安岭地区进一步划分对比与龙江组相当的地质提供了基础资料。

1 龙江组划分沿革及重新厘定

龙江组的划分及其含义经过多次变动,至今仍无定论。黑龙江省区调队(1972)在 1:20 万的扎赉特旗幅中建立了“中兴安岭火山岩组”和“上兴安岭火山岩组”。1974 年,大庆中生代地层讨论会议决定,将上述两组合并为

收稿日期 2013-01-28;修回日期 2014-03-24;编辑 张哲。

基金项目:中国地质调查局“松辽外围中生代盆地群油气地质综合调查”项目(编号 1212010782001)资助。

作者简介:丁秋红(1964—),女,博士,研究员,从事中生代地层古生物研究及区域地质调查工作,通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//1109251593@qq.com

龙江组,即将以中性、中酸性火山岩为主夹沉积碎屑岩层,且含热河生物群化石的地层称为龙江组.黑龙江省区调二队(1976)在华安幅及布特哈旗幅中的南平组(现已改称万宝组)之上、九峰山组之下的中性、中酸性和酸性熔岩及其火山碎屑岩夹沉积岩地层全部划归了龙江组.黑龙江省地层表编写组(1979)采纳了大庆中生代地层讨论会议的划分方案并正式发表^[1].黑龙江省区域地质志编写组(1993)把龙江组的含义修订为仅相当于原来的“中兴安岭火山岩组”,且将其上的“上兴安岭火山岩组”改建为光华组^[2].黑龙江省地质矿产局(1997)在《黑龙江省岩石地层》一书中沿用了黑龙江省地质志的划分方案^[3],并指定龙江县山泉镇光华大队剖面(P₁₉剖面)的下部加上邵家窝棚剖面(P₁₆剖面)的上部作为龙江组的正层型,而将 P₁₉剖面的上部指定为光华组的正层型.

笔者对龙江盆地的龙江组剖面进行了野外观测,采集了岩石、古生物、岩石地球化学和同位素等样品,开展了岩石地层、生物地层、同位素年代和岩石地球化学等多重地层划分与对比研究工作.通过研究认为,P₁₆剖面本身的1~9层,加上P₁₉剖面的1~6层,为龙江组下段,其与下伏地层中侏罗统万宝组呈平行不整合接触.P₁₉剖面的第7层(即灰绿色凝灰质细砾岩),向上接“光华组”的层型剖面(7~21层)为龙江组上段,这样将“光华组”并入龙江组之中,并将龙江组定义为分布于大兴安岭地区,不整合在白音高老组或更老的地层之上,被甘河组不整合覆盖,其岩性为中性、中酸性、酸性火山岩与沉积碎屑岩组合,含 *Eosetheria-Lycoptera-Ephemeropsis trisetalis* 热河生物群中期生物化石组合(表1).

2 剖面位置及描述

2.1 下白垩统龙江组下段

龙江县山泉林场—邵家窝棚下白垩统龙江组下段(K_{3l}¹)剖面描述如下(图1):

龙江组下段	总厚度 >1300 m
16. 灰绿色英安岩,被浅黄白色二长花岗岩侵入,岩体出露宽度约 69 m	>109 m
15. 灰黑色粗面英安岩,被 1 条出露宽度约 35 m 的灰黑色安山玢岩岩脉侵入	>61 m
14. 灰绿色、灰白色与灰绿色薄层状流纹质沉凝灰岩互层,夹含角砾晶屑玻璃屑凝灰岩、凝灰质砂岩	193 m
13. 灰黄色英安质熔结角砾岩夹灰白色凝灰岩、灰绿色凝灰质砂岩	147 m
12. 灰紫色英安岩,夹灰绿色中厚层状英安质含角砾凝灰岩、灰白色薄层流纹质沉凝灰岩、凝灰岩,见 1 条出露宽度约 15 m 的灰黑色安山玢岩岩脉侵入	>54 m
11. 灰紫色流纹质熔结凝灰岩	35 m
10. 灰黄色、灰黑色英安岩	>63 m
9. 灰白色、灰褐色流纹岩	84 m
8. 灰绿色蚀变英安岩夹蚀变安山玢岩岩脉	132 m
7. 灰紫色流纹质熔结凝灰岩	73 m
6. 灰白色流纹岩	38 m
5. 灰绿色含砾蚀变安山质凝灰岩	5 m
4. 黄灰色、深灰色粗面安山岩	153 m
3. 灰绿色蚀变安山质凝灰岩熔岩	32 m
2. 灰绿色蚀变安山岩夹含砾沉凝灰岩	73 m
1. 灰绿色蚀变安山岩夹灰白色轻蚀变流纹质凝灰岩	87 m
----- 平行不整合 -----	
下伏地层 中侏罗统万宝组含砾粗砂岩	

上述剖面相当于 1:20 万所测的邵家窝棚剖面(P₁₆剖面)1~9 层中兴安岭火山岩组的下部地层.在龙江盆地,龙江组下段岩石组合以英安岩、粗面安山岩为主,夹中酸性火山碎屑岩和流纹岩.中性火山熔岩普遍轻微蚀变,表现为绿帘石化,认为与后期的火山岩岩脉的

表 1 龙江盆地地层划分沿革表

Table 1 Historical review of the stratigraphic division in Longjiang Basin

时代	1:20 万区域地质调查扎赉特旗幅 (L-51-09) ^①	1:20 万区域地质调查华安公社幅 (L-51-03) ^②	东北地区区域地层表 (黑龙江分册)	黑龙江省区域地质志	黑龙江省岩石地层	本文
早白垩世	K ₁ 上兴安岭火山岩组		J ₃ 甘河组	甘河组	甘河组	甘河组(含九峰山组)
			J ₃ 九峰山组	九峰山组	九峰山组	
	J ₃ 中兴安岭火山岩组	九峰山组 龙江组	J ₃ 龙江组	光华组 龙江组	光华组 龙江组	龙江组
晚侏罗世						
中侏罗世	J _{3d} 大磨拐河含煤组	南平组	南平组			万宝组
		太平川组	太平川组			
早侏罗世						

①黑龙江区测队. 1:20 万扎赉特旗幅(L-51-09)区域地质调查报告. 1972.

②黑龙江区测二队. 1:20 万华安公社幅(L-51-03)区域地质调查报告. 1976.

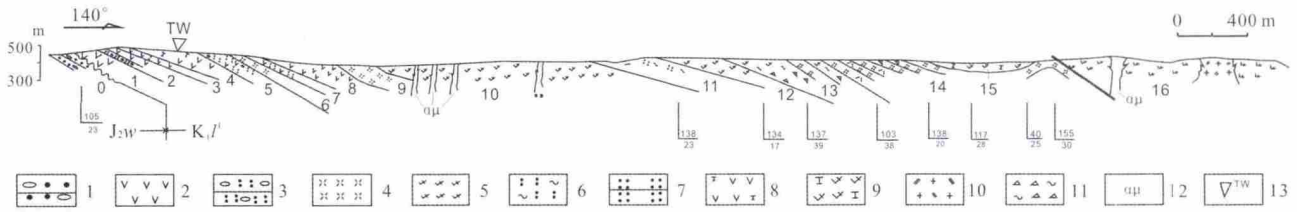


图 1 龙江县山泉林场—邵家窝棚下白垩统龙江组下段实测剖面图

Fig. 1 Section of Lower Longjiang Formation from Shanquan Forestry Center to Shaojiawopeng in Longjiang County

1—含砾粗砂岩(pebbly sandstone) 2—安山岩(andesite) 3—含砾沉凝灰岩(conglomeratic tuffite) 4—流纹岩(rhyolite) 5—英安岩(dacite) 6—熔结凝灰岩(ignimbrite) 7—凝灰岩(tuff) 8—粗面安山岩(trachyandesite) 9—粗面英安岩(trachydacite) ;10—二长花岗岩(monzogranite) ;11—熔结角砾岩(welded breccia) ;12—安山玢岩(andesite porphyrite) ;13—同位素样品(isotope sample spot)

侵入有关. 原邵家窝棚剖面所列的蚀变安山玢岩系后期的贯入岩脉. 本组地层呈喷发不整合覆盖在中侏罗统或更老的地质体之上.

2.2 下白垩统龙江组上段

龙江县山泉公社—光华一队下白垩统龙江组上段(K₁l²)剖面描述如下(图 2) :

上覆地层	甘河组火山岩	
-----	平行不整合	-----
龙江组上段		总厚度 577.41 m
21.	灰绿色流纹质凝灰岩	10.20 m
20.	灰绿色含砾不等粒长石质杂砂岩	36.30 m
19.	灰紫色安山质凝灰熔岩	15.30 m
18.	灰白色黏土岩, 产植物化石 <i>Cladophlebis browniana</i>	54.40 m
17.	灰紫色玻基安山玢岩	20.50 m
16.	灰白色黏土岩, 产植物化石 <i>Equisetum</i> sp., <i>Pityophyllum</i> sp.; 叶肢介 <i>Pseudograptia murchisoniae</i> <i>Plocesteria damiaoensis</i> , <i>P. chifengensis</i> , <i>P. zhangjiagouensis</i> , <i>Asioesteria hamakengensis</i> <i>Dongbeiestheria guanghuaensis</i> , <i>D. shanquanensis</i> , <i>Longjiangestheria opima</i> ; 腹足类 <i>Bithynia</i> sp.	40.00 m
15.	灰紫色安山玢岩	22.60 m
14.	灰白色流纹质凝灰岩	13.30 m
13.	灰白色黏土岩, 产昆虫化石 <i>Ephemeropsis trisetalis</i>	14.90 m
12.	灰白色流纹质凝灰岩	34.20 m
11.	灰白色沉凝灰岩, 产昆虫化石 <i>Ephemeropsis trisetalis</i> , <i>Coptaclava longipoda</i> ; 叶肢介 <i>Longjiangestheria opima</i> , <i>Pseudograptia murchisoniae</i> , <i>Plocesteria damiaoensis</i> ; 双壳类 <i>Ferganoconcha subcentralis</i> , <i>F.</i>	

<i>sibirica</i> ; 腹足类 <i>Valvata</i> aff. <i>suturalis</i> ; 介形类 <i>Cypridea</i> sp., <i>Darwinula contracta</i> , <i>Ziziphocypris simakovi</i> , <i>Z.</i> sp.	40.00 m
10. 灰绿色安山质含砾凝灰岩	31.00 m
9. 黄褐色硅化含砾安山质凝灰熔岩	40.60 m
8. 灰绿色安山质含砾凝灰岩	68.60 m
7. 灰绿色凝灰质细砾岩	152.20 m
-----	平行不整合

龙江组下段	总厚度 525.4 m
6. 灰紫色巨厚层状英安质含角砾岩屑晶屑熔结凝灰岩	18.5 m
5. 灰紫色—灰绿色凝灰岩 局部含角砾凝灰质细砂岩	22.6 m
4. 上部为灰紫色粗面英安岩, 下部为灰紫色凝灰质角砾岩、灰褐色英安质熔结凝灰岩	163.9 m
3. 灰紫色、灰褐色粗面英安岩, 灰紫色含砾凝灰岩	147.8 m
2. 灰绿色多斑粗面安山岩	123.3 m
1. 灰紫色、灰褐色多斑英安岩	49.3 m
未见底	

1:20 万所测的山泉公社光华大队剖面 (P₁₉ 剖面) 的 7~21 层, 即上兴安岭火山岩组的下、中部地层即为龙江组上段. 龙江组上段岩性以灰白色凝灰岩为主夹凝灰质泥岩、粉砂岩, 产动植物化石. 在龙江盆地, 龙江组平行不整合覆盖在万宝组或不整合覆盖在更老的地层之上.

上述剖面的 13 层, 产叶肢介 *Eosetheria opima*

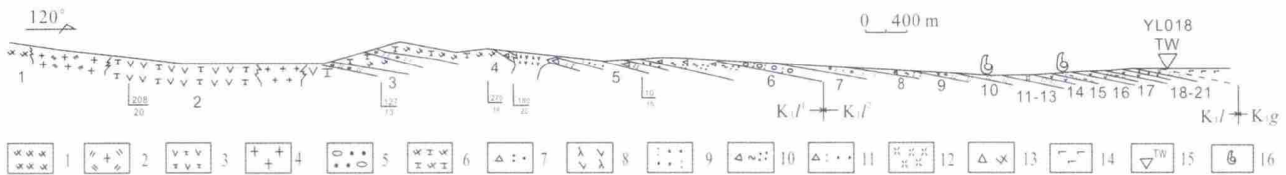


图 2 龙江县山泉公社—光华一队下白垩统龙江组上段实测剖面图

Fig. 2 Section of Upper Longjiang Formation from Shanquan to Guanghua in Longjiang County

1—英安岩(dacite) 2—二长花岗岩(monzogranite) 3—粗面安山岩(trachyandesite) 4—花岗岩(granite) 5—含砾粗砂岩(pebbly sandstone) 6—粗面英安岩(trachydacite) 7—含角砾凝灰质砂岩(breccia tuffaceous sandstone) 8—安山玢岩(andesite porphyrite) 9—凝灰质砂岩(tuffaceous sandstone) ;10—含角砾熔结凝灰岩(breccia ignimbrite) ;11—含角砾凝灰质粉砂岩(breccia tuffaceous siltstone) ;12—流纹岩(rhyolite) ;13—英安质角砾岩(dacitic breccia) ;14—玄武岩(basalt); 15—同位素样品(isotope sample spot) ;16—化石(fossil)

(=Longjiangestheria opima W. Wang, 1980), Eosestheria (Dongbeiestheria) shanquanensis (=Dongbeiestheria shanquanensis W. Wang, 1980), E. (Dongbeiestheria) guanghuaensis (=Dongbeiestheria shanquanensis W. Wang, 1980), Eosestheria sp. (=Pseudograptia murchisoniae), Neimongolestheria (=Plocestheria); 昆虫 Ephemeroptera tristetalis, Coptoclava longipoda; 虾类 Liaoningograptus quadripertitus 等. 第 11 层产介形类 Cypridea (Cypridea) cf. luanpingensis, Damonella sp., Darwinula contracta 等; 双壳类 Ferganoconcha subcentralis (有的研究者认为该种当改为 Arguniella subcentralis), F. sibirica; 尚有腹足类和少量植物化石

Cladophlebis browniana Dunrer, Pityophyllum sp., Equisetites sp.

在剖面的上部灰紫色粗面英安岩采集了同位素样品, 用全岩激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法测试结果等时线年龄值为 $125.4 \pm 1.8 \text{ Ma}$ (图 3).

3 岩石地球化学特征

龙江组代表性火山岩样品的分析结果见表 2、3.

经过去烧失量计算后, 龙江组火山岩及凝灰岩, 在 Le Bas 等^[4]的 TAS 火山岩分类图解上绝大部分落入亚碱性系列、中性-酸性岩的流纹岩、英安岩和粗面英安岩区, 少部分落入安山岩(图 4). 在 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 图解

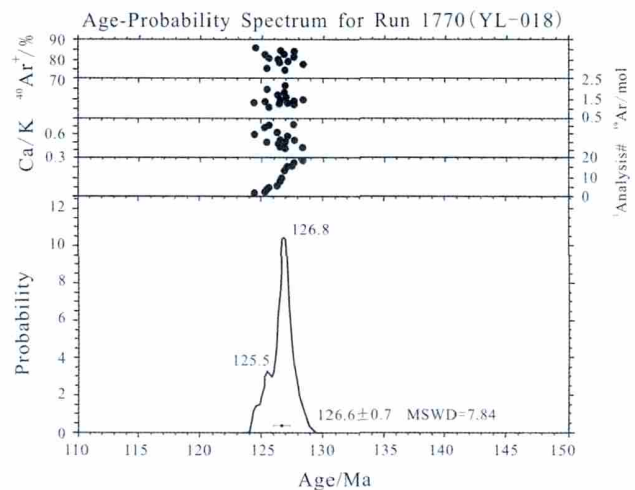
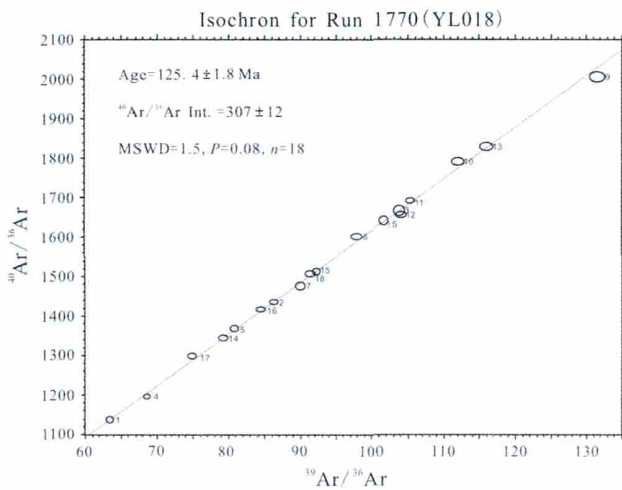


图 3 龙江组火山岩样品全岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年分析结果

Fig. 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotope age of the volcanic rocks of Longjiang Formation

表 2 龙江组火山岩主量元素分析结果

Table 2 Major element contents in the volcanic rocks of Longjiang Formation

岩性	粗面英安岩	流纹岩	安山岩	流纹岩	英安岩	流纹岩	英安岩	粗安岩	粗面英安岩	粗面英安岩	粗面英安岩	粗面英安岩	流纹岩	流纹岩	流纹岩
样品号	YL020	YL021	YL023	YL024	YL038	YL040	YL042	YL006	YL008	YL009	YL013	YL015	YL018	YL046	YL049
SiO ₂	61.91	68.92	58.13	72.78	64.80	71.46	64.33	57.74	67.03	63.4	62.95	61.69	70.68	74.98	72.81
Al ₂ O ₃	16.77	15.54	17.37	14.23	16.08	15.47	17.07	18.38	15.75	16.4	16.22	16.18	13.54	13.64	11.50
CaO	3.19	1.52	3.92	0.84	3.47	0.39	2.63	3.41	1.39	3.14	3.01	2.7	2.04	0.00	2.07
MgO	1.43	0.32	2.38	0.22	1.33	0.29	1.70	2.02	0.87	1.13	1.21	0.92	0.73	0.02	0.81
Fe ₂ O ₃	2.55	2.18	3.05	1.76	3.62	2.04	2.94	3.18	2.59	3.71	4.21	4.93	3.18	1.21	0.92
FeO	3.05	1.44	3.79	0.38	1.15	0.27	1.85	3.14	1.53	1.53	1.12	1.48	1.5	0.30	0.27
Na ₂ O	4.57	4.03	3.33	2.99	2.65	3.45	3.74	5.07	4.32	4.44	3.85	3.83	3.24	3.37	1.10
K ₂ O	2.9	4.39	2.69	4.78	3.76	4.34	3.04	2.45	4.43	2.64	3.76	3.73	2.99	5.33	2.25
TiO ₂	0.94	0.34	0.97	0.22	0.66	0.30	0.59	0.91	0.36	0.6	0.75	1.28	0.55	0.21	0.08
MnO	0.12	0.079	0.12	0.05	0.10	0.05	0.10	0.11	0.095	0.1	0.06	0.095	0.049	0.02	0.03
P ₂ O ₅	0.35	0.083	0.30	0.07	0.23	0.06	0.21	0.29	0.071	0.24	0.24	0.5	0.14	0.03	0.01
LOS	1.74	0.95	3.76	1.20	1.73	1.65	1.48	2.76	1.15	2.32	2.33	2.34	1.07	0.50	7.73
total	99.52	99.792	99.80	99.51	99.59	99.76	99.67	99.46	99.586	99.65	99.71	99.675	99.709	99.61	99.58

注: 由沈阳地质矿产研究所实验室用 ICP-AES 方法和 ICP-MS 方法测定. 含量单位: % (质量分数).

表3 龙江组火山岩微量元素和稀土元素分析结果

Table 3 Trace element and REE contents in the volcanic rocks of Longjiang Formation

岩性	玛尼吐组								龙江组						
	粗面 英安岩	流纹岩	安山岩	流纹岩	英安岩	流纹岩	英安岩	粗安岩	粗面 英安岩	粗面 英安岩	粗面 英安岩	粗面 英安岩	流纹岩	流纹岩	流纹岩
样品号	YL020	YL021	YL023	YL024	YL038	YL040	YL042	YL006	YL008	YL009	YL013	YL015	YL018	YL046	YL049
Rb	59.90	106.00	59.70	104.40	77.60	106.90	66.40	53.60	112.00	57.40	122.00	90.20	83.50	133.10	150.60
Zr	212.00	299.00	176.97	214.00	212.26	298.55	195.13	166.00	394.00	190.00	143.00	501.00	126.00	666.57	140.35
Th	7.70	10.30	3.08	5.60	5.56	3.72	5.04	8.35	10.80	7.00	12.40	8.40	14.20	6.32	12.17
Nb	8.80	9.90	7.06	9.19	7.74	9.72	6.89	6.80	11.10	7.50	5.40	23.90	5.30	32.2	36.97
Sr	662.00	245.00	619.10	196.50	550.10	242.80	504.10	879.00	267.00	561.00	479.00	381.00	433.00	13.30	384.00
Hf	5.30	7.64	5.50	6.89	6.31	7.33	5.32	3.80	5.12	2.92	2.46	3.98	2.33	16.25	6.76
Ta	0.56	0.58	0.42	0.71	0.52	0.68	0.50	0.52	1.22	0.90	0.71	1.62	0.52	2.14	2.60
U	0.37	0.39	0.43	1.11	0.76	0.72	0.82	0.16	1.90	1.49	2.30	1.54	1.89	1.81	3.62
Cs	3.37	3.74	2.3	1.4	1.9	2.5	1.6	6.96	6.46	3.21	6.79	3.66	6.37	1.1	14.7
Ba	865.00	1075.00	706.86	1095.58	1046.62	1115.78	920.55	835.00	1025.00	816.00	705.00	1172.00	567.00	48.35	70.38
La	33.00	41.60	20.19	25.23	24.17	32.54	23.71	23.60	37.40	24.90	23.00	51.80	23.10	60.65	42.11
Ce	67.80	78.80	43.15	50.51	55.70	48.05	51.25	48.30	76.00	49.10	45.30	106.00	43.00	116.10	82.76
Pr	8.68	9.96	6.14	6.62	7.33	9.75	6.51	6.48	9.08	6.26	5.54	13.00	5.29	16.30	12.39
Nd	35.60	37.70	25.71	24.03	29.01	37.43	24.75	27.60	33.80	25.00	22.10	47.60	20.90	57.74	44.94
Sm	7.18	7.03	5.11	4.23	5.61	6.56	4.49	5.43	6.18	4.32	3.75	9.38	3.19	10.15	9.24
Eu	1.57	1.45	1.30	0.66	1.30	1.17	1.10	1.36	1.23	1.09	0.96	1.63	0.87	0.35	0.10
Gd	5.95	6.35	4.40	3.46	4.46	4.84	3.67	4.94	5.67	4.31	3.91	7.13	3.57	7.95	6.75
Tb	1.03	1.04	0.71	0.53	0.70	0.73	0.56	0.80	0.84	0.60	0.50	1.10	0.42	1.24	1.17
Dy	5.97	6.22	3.77	3.00	3.63	3.74	3.03	4.33	4.05	2.55	1.75	4.92	1.23	6.73	6.39
Ho	1.20	1.28	0.72	0.58	0.65	0.70	0.58	0.86	0.82	0.51	0.34	0.92	0.23	1.25	1.17
Er	3.47	3.97	2.01	1.75	1.79	1.99	1.73	2.45	2.53	1.48	0.93	2.75	0.58	3.63	3.45
Tm	0.56	0.68	0.31	0.30	0.30	0.33	0.28	0.38	0.40	0.21	0.13	0.37	0.07	0.59	0.61
Yb	3.70	4.73	1.90	2.03	1.84	2.15	1.90	2.56	2.68	1.56	0.94	2.34	0.64	3.77	4.52
Lu	0.59	0.76	0.30	0.34	0.27	0.34	0.30	0.42	0.43	0.26	0.18	0.35	0.13	0.61	0.72
Y	20.60	20.80	22.02	18.16	18.51	20.07	17.32	17.40	21.70	16.50	11.60	36.80	8.56	36.78	33.51
∑REE	196.90	222.37	137.74	141.43	155.26	170.41	141.19	146.91	202.81	138.65	120.93	286.09	111.78	323.84	249.83
∑LREE	153.83	176.54	101.60	111.28	123.11	135.52	111.81	112.77	163.69	110.67	100.65	229.41	96.35	261.29	191.54
∑HREE	43.07	45.83	36.14	30.15	32.15	34.89	29.38	34.14	39.12	27.98	20.28	56.68	15.43	62.55	58.29
∑L/∑H	3.57	3.85	2.81	3.69	3.83	3.88	3.81	3.30	4.18	3.96	4.96	4.05	6.24	4.18	3.29
Sm/Nd	0.20	0.19	0.20	0.18	0.19	0.18	0.18	0.20	0.18	0.17	0.17	0.20	0.15	0.18	0.21
La/Yb	8.92	8.79	10.63	12.43	13.14	15.13	12.48	9.22	13.96	15.96	24.47	22.14	36.09	16.09	9.32
Gd/Yb	1.61	1.34	2.31	1.70	2.42	2.25	1.93	1.93	2.12	2.76	4.16	3.05	5.58	2.11	1.49
La/Sm	4.60	5.92	3.95	5.96	4.31	4.96	5.28	4.35	6.05	5.76	6.13	5.52	7.24	5.97	4.56
Eu/Sm	0.22	0.21	0.25	0.16	0.23	0.18	0.25	0.25	0.20	0.25	0.26	0.17	0.27	0.03	0.01
(La/Yb) _N	6.03	5.94	7.18	8.40	8.88	10.23	8.43	6.23	9.43	10.79	16.53	14.96	24.39	10.87	6.29
(Gd/Yb) _N	1.30	1.09	1.88	1.38	1.96	1.82	1.57	1.56	1.71	2.24	3.37	2.47	4.52	1.71	1.21
(La/Lu) _N	5.81	5.68	6.96	7.81	9.33	9.85	8.15	5.83	9.03	9.94	13.27	15.36	18.45	10.36	6.07
(La/Sm) _N	2.89	3.72	2.49	3.75	2.71	3.12	3.32	2.74	3.81	3.63	3.86	3.48	4.56	3.76	2.87
δEu	0.71	0.65	0.82	0.51	0.77	0.61	0.81	0.79	0.62	0.76	0.76	0.59	0.79	0.11	0.04
δCe	0.92	0.89	0.90	0.90	0.98	0.63	0.96	0.90	0.94	0.90	0.92	0.94	0.88	0.85	0.84

注:由沈阳地质矿产研究所实验室用 ICP-AES 方法和 ICP-MS 方法测定.含量单位:10⁻⁶.

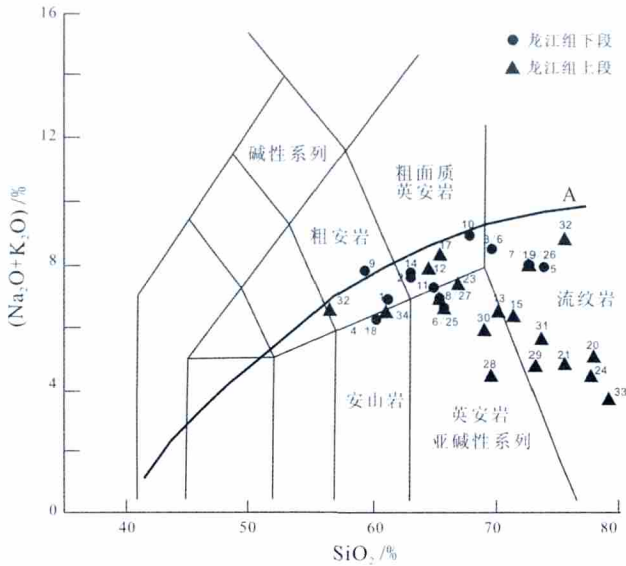


图4 龙江组火山岩分类 TAS 图解
(据 La Bas 等, 1986)

Fig. 4 Total alkali vs. SiO₂ diagram for the volcanic rocks of Longjiang Formation
(After La Bas et al, 1986)
A 线为碱性亚碱性岩区界线

(图5)上, 火山岩主要为高钾钙碱性系列。

龙江组下段火山岩的 SiO₂ 含量在 59.71%~74.03%之间, 显示了高 Al₂O₃(14.47%~19.01%)和高 Na₂O(2.71%~5.24%) , 较富碱性(Na₂O+K₂O 6.25%)的特点. TiO₂ 含量为 0.22%~1.01%. 龙江组上段火山岩的 SiO₂ 含量在 63.88%~75.65%之间, 也显示了高 Al₂O₃(12.19%~19.39%)和高 Na₂O(1.04%~4.48%) , 较富碱

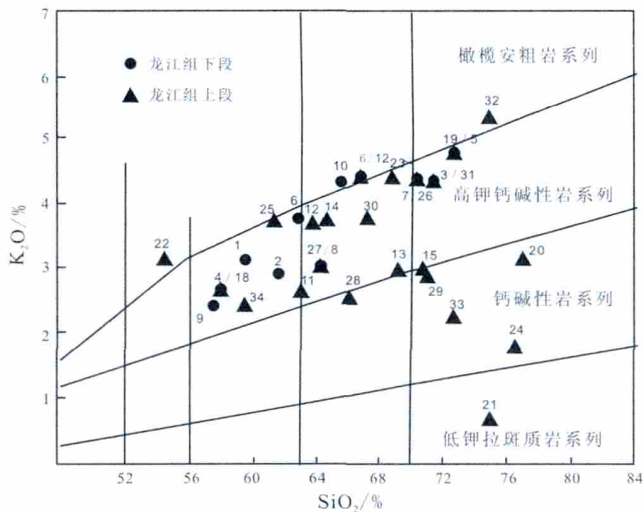


图5 K₂O-SiO₂ 图解
(分类据 Pecerrillo and Taylor, 1976)

Fig. 5 K₂O-SiO₂ diagram
(Classification after Pecerrillo and Taylor, 1976)

性 (Na₂O+K₂O>3.65%) 的特点. TiO₂ 含量为 0.09%~1.32%.

在 Pecerrillo 和 Taylor^[5]K₂O-SiO₂ 图解(图 5)中, 大部分落入高钾钙碱性岩系列, 少量为钙碱性岩系列和橄榄安粗岩系列, 只有零星落入低钾拉斑质岩系列范围. 结果表明, 在龙江组中属于爆发相的凝灰岩和属于溢流相的熔岩具有相同的演化趋势.

从稀土元素分析数据(表 3)看, 龙江组火山岩稀土元素总量(REE)介于 111.78~323.84 之间. 在球粒陨石标准化的稀土元素配分曲线图(图 6)上, 曲线形态为明显的右倾形式, 所有样品表现出相同的演化趋势, 都具有轻稀土富集, 轻、重稀土元素具有较强的分馏作用, 轻稀土元素内部之间发生了一定的分馏作用, 重稀土元素分馏不明显. δEu=0.04~0.82, 除龙江组中的流纹岩表现为明显的 Eu 负异常外, 总体来看 Eu 略呈现负异常.

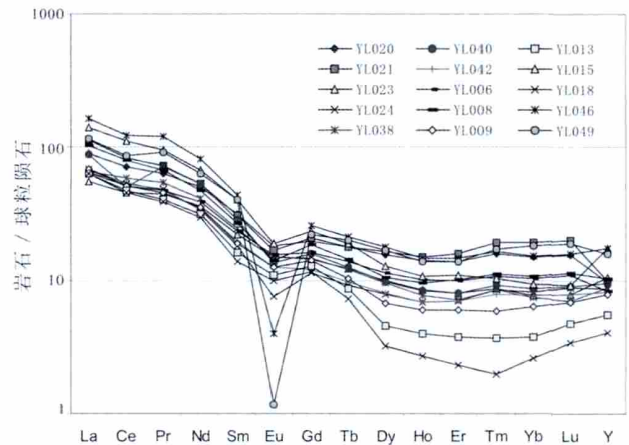


图6 龙江组火山岩 REE 配分模式
(球粒陨石参考值 据文献[6])

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of the volcanic rocks of Longjiang Formation
(chondritic meteorite reference value after Taylor et al., 1985)

4 同位素年代

选择了山泉公社光华大队 P₁₉ 剖面龙江组的流纹岩 YL018 样品, 进行了全岩 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 测年(图 3、表 4), 样品由北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室分析测试. ⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素等时线年龄值为 125.4±1.8 Ma.

5 区域地层对比

大兴安岭地区中北部和东、西坡各地, 如龙江县山泉镇光华大队、扎兰屯市柞木梁子、阿荣旗那克塔

表4 龙江组火山岩激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学数据Table 4 Laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating results for the Mesozoic volcanic rocks of the Longjiang Formation

序号	$^{40}\text{Ar}^*/\%$	年龄/Ma	误差/ \pm	$^{39}\text{Ar}/\text{mol}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	误差/ \pm	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	误差/ \pm	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	误差/ \pm	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	误差/ \pm	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	误差/ \pm
1770-01	74.0	126.99	0.80	2.12E-14	4.332	0.002	0.24207	0.00036	0.057886	0.037000	0.0497	0.0010	0.003852	0.000011
1770-02	79.4	126.33	0.75	1.63E-14	3.083	0.002	0.18582	0.00021	0.004282	0.000070	0.0580	0.0007	0.002170	0.000008
1770-03	82.3	126.69	0.78	1.13E-14	2.081	0.003	0.12958	0.00018	0.002907	0.000048	0.0334	0.0007	0.001259	0.000007
1770-04	75.2	125.51	0.78	1.96E-14	3.887	0.003	0.22360	0.00038	0.005206	0.000088	0.0551	0.0008	0.003271	0.000011
1770-05	78.4	127.20	0.77	1.19E-14	2.294	0.001	0.13559	0.00019	0.002669	0.000052	0.0389	0.0006	0.001688	0.000008
1770-06	80.4	126.54	0.76	1.38E-14	2.596	0.002	0.15827	0.00020	0.003717	0.000063	0.0415	0.0008	0.001730	0.000008
1770-07	80.0	125.62	0.77	1.03E-14	1.923	0.002	0.11743	0.00018	0.002397	0.000042	0.0414	0.0007	0.001315	0.000007
1770-08	81.5	127.65	0.76	1.17E-14	2.183	0.001	0.13367	0.00019	0.002704	0.000044	0.0487	0.0006	0.001378	0.000007
1770-09	85.2	124.53	0.73	1.25E-14	2.177	0.001	0.14301	0.00019	0.003252	0.000053	0.0428	0.0007	0.001099	0.000007
1770-10	82.0	126.90	0.74	1.77E-14	3.264	0.001	0.20225	0.00023	0.004136	0.000069	0.0488	0.0006	0.002002	0.000009
1770-11	82.5	126.87	0.74	1.54E-14	2.825	0.001	0.17614	0.00015	0.003763	0.000061	0.0381	0.0008	0.001684	0.000008
1770-12	82.1	125.33	0.74	1.33E-14	2.415	0.001	0.15188	0.00020	0.002957	0.000055	0.0518	0.0008	0.001475	0.000008
1770-13	83.8	126.61	0.74	1.43E-14	2.576	0.001	0.16357	0.00018	0.003172	0.000069	0.0355	0.0006	0.001420	0.000008
1770-14	78.0	126.51	0.82	1.17E-14	2.267	0.003	0.13406	0.00026	0.002801	0.000048	0.0325	0.0007	0.001698	0.000008
1770-15	80.4	126.91	0.74	1.42E-14	2.681	0.001	0.16281	0.00012	0.003092	0.000060	0.0365	0.0008	0.001791	0.000008
1770-16	79.1	127.02	0.75	1.56E-14	2.989	0.001	0.17855	0.00020	0.003524	0.000069	0.0458	0.0009	0.002125	0.000009
1770-17	77.3	128.39	0.79	1.38E-14	2.735	0.002	0.15780	0.00024	0.003194	0.000064	0.0336	0.0006	0.002114	0.000008
1770-18	83.5	127.74	0.74	1.32E-14	2.405	0.001	0.15073	0.00010	0.003017	0.000051	0.0399	0.0007	0.001356	0.000008

注:由北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室用全时标全自动高精度高灵敏度激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年系统测定。样品号:YL-018。

石油矿、阿荣旗查巴奇东山根、呼伦贝尔市伊列克得北山、奈吉公社图幅乌里西北、莫尔道嘎镇金林达赖沟林场西北、额尔古纳右旗上库力、拉布达林农牧场良种站东山、阿尔哈沙特、罕达盖林场东南等剖面,均以中性、中酸性火山岩和碎屑沉积岩为主^[7-10],常含叶肢介化石 *Eosestheria opima*, *E. (Dongbeiestheria) shanquanensis*, *E. (Dongbeiestheria) guanghuaensis* 等,昆虫化石 *Ephemeropsis trisetalis*, 部分地区尚见鱼类 *Lycoptera davidi*, *L. sinensis*, 且与下伏地层呈角度不整合接触。尽管往昔不同单位、不同时间、不同地点分别采用龙江组、光华组等组级或段级岩石地层单位名称,但它们的基本层位是相当的(表1)。根据《地层规范》地层名称选取和使用的原则,本文统一采用龙江组一名。

大兴安岭中北部火山岩地区化石稀少,但在沉积夹层中可以见到少量叶肢介和植物化石。这些沉积岩夹层无论是自然露头还是槽探揭露都非常薄,最厚也不过十几米。含叶肢介的化石层更薄,往往只有几厘米厚,且属种非常单调。含热河生物群中晚期类群的化石组合包括叶肢介 *Eosestheria* sp., *Eosestheria (Dongbeiestheria) sp.*; 昆虫 *Ephemeropsis trisetalis*, *Coptoclaia* sp.; 双壳类 *Ferganoconcha sibirica*, *F. subcentralis*; 介形虫 *Darwinula contracta*, *Cypridea cf. lunpingensis* 等。从生物地层对比的角度看,龙江组生

物化石总体组合特征与辽西地区义县组下部的生物组合面貌基本相似,只不过龙江组的生物化石类型单调。本次工作采集了同位素样品,用激光 Ar-Ar 法测试结果 125.4 ± 1.8 Ma。因此,根据生物地层、岩石组合以及下伏地层间的区域性角度不整合面的接触关系,均显示龙江组与辽西地区的义县组下部基本上可以对比。

6 结论

(1)新义龙江组是指岩石组合由安山岩、英安岩及其火山碎屑岩、流纹质火山碎屑岩和沉积碎屑岩组成,底部通常以凝灰质砾岩或砂砾岩呈角度不整合覆在白音高老组或更老的地层之上,其上被甘河组以平行不整合或喷发不整合覆盖。生物化石属于 *Eosestheria-Lycoptera-Ephemeropsis trisetalis* 热河生物群中期生物化石组合,其中叶肢介化石以 *Eosestheria opima-E. (Dongbeiestheria) guanghuaensis* (丰满东方叶肢介-光华东北东方叶肢介)组合为代表。

(2)火山岩的岩石地球化学 SiO_2 含量在 59.71%~75.65%之间,具有高 Al_2O_3 (12.19%~19.39%) 和高 Na_2O (1.04%~5.24%) 较富碱性 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 3.65%~6.25%) 的特点,火山岩属于高钾钙碱性岩系列。

(3)龙江组 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄为 125.4±1.8 Ma。

(下转第 234 页 /Continued on Page 234)

仅在基底岩石中见铀黑和铀硅酸盐类矿物。与铀伴生的元素有镓、铈、钼、锆等。

在五一铀矿外围地区,发现多处铀矿(化)体,主要赋存于区内第四含铀矿层(淘淇河组)中,矿(化)体主要呈似层状和透镜状产于花岗质砂砾层中的细碎屑岩中,赋矿岩性主要为含炭质或有机质的泥岩和泥质粉砂岩中,产状比较平缓。

4 找矿方向分析

研究区为隆起区内稳定的山间盆地,其西缘海西期花岗岩为铀成矿提供了丰富的铀源。区内自西缘花岗岩隆起区向义气松河方向倾斜,利于地下水的运移。含矿层建兴组一段、二段上部、四段及淘淇河组均发育有利成矿的砂体,有机质丰富,利于铀沉淀富集。总结本区铀矿化特征,笔者认为铀矿化主要为成岩同生沉积及后生淋滤叠加形成。本区铀矿主要富集于距蚀源区相对较近的基底凸起东翼陡坡变缓处及港湾式沉积环境中。

根据以上特点,结合本区已有的铀矿化信息,笔者

认为本区铀找矿工作应注意区内基底构造变化,应侧重寻找距离蚀源区较近的基底凸起东翼陡坡变缓处及古河道拐弯处。初步认为宝山洼陷自西缘至 F_1 断裂上盘及五场洼陷西缘为本区找矿的远景区。其距蚀源区较近,具有丰富的铀源,区内基底构造总体表现为向义气松河方向凸凹不平的构造斜坡,局部呈港湾式沉积环境。区内发育数条断裂构造,断裂为地下水补给-排泄主要通道,补-迳-排水动力体系发育完善。同时目的层建兴组、淘淇河组有利成矿的砂体发育,有机质丰富。综上,远景区具备了本区砂岩型铀成矿所需的有利条件与找矿前景,继续加强区内铀矿找矿工作,有望取得较好的工作成果。

参考文献:

- [1]黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1982: 537—540.
[2]张羽翔. 黑龙江省绥棱五一地区铀矿点地层及构造浅析[J]. 科技信息, 2009(3): 1184.

(上接第 221 页 /Continued from Page 221)

致谢: 本文所涉及的同位素样品数据由北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室分析测试, 岩石地球化学数据由沈阳地质调查中心实验室分析测试; 共同参加野外工作的还有沈阳地质矿产研究所张立君研究员、刘世伟教授级高级工程师、庞庆帮研究员, 中国地质科学院资源所张永生研究员。对他们的辛勤劳动和支持表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1]黑龙江省地层表编写组. 东北地区区域地层表·黑龙江省分册[M]. 北京:地质出版社, 1979.
[2]黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1993.
[3]黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997.

- [4]Le Bas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. J Petro, 1986, 27: 745—750.
[5]Pecerrillo A, Taylor S R. Geochemistry of Eocene calcoalkaline volcanic rocks from the Kastamonu Area, northern Turkey [J]. Contrib Mineral Petrol, 1976, 58: 63—81.
[6]Taylor S R, McLennan S M. The continental crust: Its composition and evolution [M]. Oxford Blackwell, 1985: 1—312.
[7]王莹. 大兴安岭侏罗—白垩系研究新进展[J]. 地层学杂志, 1985, 9(3): 203—209.
[8]王惠, 郭灵俊, 白翠霞, 等. 大兴安岭中北部晚侏罗世—早白垩世地层新认识[J]. 地质通报, 2005, 24(9): 867—871.
[9]邵积东, 王惠, 安存杰, 等. 大兴安岭北部地区晚侏罗世—早白垩世地层划分有关问题的讨论[J]. 地层学杂志, 2005, 29(增刊): 573—577.
[10]刘世伟. 大兴安岭地区中生代火山岩岩石地层的划分与对比问题[J]. 地质与资源, 2009, 18(4): 241—244.