

## 大兴安岭北段三根河林场新民组流纹岩锆石 U-Pb 定年及地球化学特征

李中会<sup>1</sup>, 李 阳<sup>2</sup>, 李睿杰<sup>1</sup>, 李 凯<sup>1</sup>

1. 黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036;
2. 黑龙江省齐齐哈尔地质勘查总院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006

**摘 要:** 三根河林场新民组火山岩主要由流纹岩、流纹质熔结凝灰岩组成, U-Pb 定年结果表明流纹岩形成于 165.71±0.83 Ma 的中侏罗世. 岩石地球化学分析结果显示, SiO<sub>2</sub> 含量 71.05%~76.77%, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 含量 6.66%~8.49%, 铝饱和指数(A/CNK) 1.02~1.17, 相对富硅、碱、过铝质, 稀土元素总量中等, 轻、重稀土元素分馏明显, 具有较强的 Eu 负异常( $\delta\text{Eu}=0.39\sim0.66$ )和 Dy 负异常, 大离子亲石元素 Ba、Sr 相对亏损, 高场强元素 Th、U 相对富集, Nb、Dy、Ti 相对亏损, 岩石具有 A 型流纹岩的特征. 岩石地球化学研究表明, 岩浆来源于地壳物质的部分熔融作用. 空间上, 新民组沿大兴安岭火山岩带中北段均有分布, 显示大兴安岭火山岩带于中侏罗世处于张性构造环境.

**关键词:** 新民组; 流纹岩; 锆石 U-Pb 年龄; 地球化学; 构造背景; 大兴安岭

开放科学标志码(OSID):



DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2020.04.002

## ZIRCON U-Pb DATING AND GEOCHEMISTRY OF THE RHYOLITES FROM XINMIN FORMATION IN SANGENHE FOREST FARM, NORTHERN DAXINGANLING MOUNTAINS

LI Zhong-hui<sup>1</sup>, LI Yang<sup>2</sup>, LI Rui-jie<sup>1</sup>, LI Kai<sup>1</sup>

1. Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin 150036, China;
2. Qiqihar Institute of Geological Exploration, Qiqihar 161006, Heilongjiang Province, China

**Abstract:** The volcanic rocks of Xinmin Formation in Sangenhe forest farm are mainly composed of rhyolites and rhyolitic ignimbrites. The U-Pb dating results indicate the rhyolites were formed in Middle Jurassic, with the age of 165.71±0.83 Ma. The petrogeochemical analysis shows that the rhyolites are characterized by relatively high silicon, alkali and peraluminous, with the SiO<sub>2</sub> content of 71.05%~76.77%, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O of 6.66%~8.49% and A/CNK of 1.02~1.17. The rocks present medium total REE content, significant fractionation of HREEs and LREEs, strong negative Eu anomaly ( $\delta\text{Eu}=0.39\sim0.66$ ) and negative Dy anomaly, relative depletion of LILEs (Ba and Sr), enrichment of HSFES (Th and U) and relative depletion of Nb, Dy and Ti, with the characteristics of A-type rhyolites. The study shows the magma is derived from partial melting of crustal materials. The Xinmin Formation is spatially distributed along the middle-north section of Daxinganling volcanic belt, revealing the volcanic belt was in a tensional tectonic environment in Middle Jurassic.

**Key words:** Xinmin Formation; rhyolite; zircon U-Pb age; geochemistry; tectonic setting; Daxinganling Mountains

收稿日期: 2019-09-25; 修回日期: 2020-04-03. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局“内蒙古 1:5 万哈达岭、1254.9 高地、三根河林场二段、三根河林场幅区域地质调查”(1212011220429).

作者简介: 李中会(1965—), 男, 高级工程师, 主要从事区域地质调查及矿产勘查工作, 通信地址 黑龙江省哈尔滨市香坊区中山路 65 号, E-mail//lizhonghui135@163.com

## 0 引言

大兴安岭火山岩带是我国东部中生代巨型火山岩带的重要组成部分,大地构造属兴蒙造山带<sup>[1]</sup>。在大兴安岭火山岩带中北段,有关火山岩的划分主要为中晚侏罗世塔木兰沟组基性火山岩及晚侏罗世—早白垩世满克头鄂博组、玛尼吐组、白音高老组、龙江组、光华组酸性—中酸性火山岩和梅勒图组基性火山岩<sup>[2-6]</sup>。近年随着高精度锆石 U-Pb 同位素测年技术的发展,大兴安岭火山岩带中北段陆续发现中侏罗统新民组中酸性—酸性火山岩<sup>[7-8]</sup><sup>①②③</sup>,从内蒙古科右中旗扎木钦地区向北至大兴安岭北段牙克石市三根河林场、满归林业局地区,目前仅有中南段新民组火山岩有过专门介绍与研究<sup>[9-10]</sup>,人们对中北段新民组火山岩岩石学、岩石地球化学特征尚缺乏认识,有关这一时期火山活动区域构造背景研究不够深入。为此本文以 1:5 万区域地质调查资料为基础,通过对大兴安岭北段内蒙古三根河林场新民组流纹岩开展岩石学、地球化学、锆石 U-Pb 年代学研究,分析岩石成因、构造环境,结合区域近同一时期岩浆时空分布,期望能为大兴安岭火山岩的研究提供新的参考资料。

## 1 地质概况

研究区地处大兴安岭火山岩带北段,大地构造位置处于额尔古纳地块,行政区划属内蒙古自治区牙克石市免渡河林业局三根河林场。地理坐标 49°10′~49°20′N, 121°45′~122°00′E。研究区内出露的地层主要有上泥盆统大民山组变砂岩、大理岩,中侏罗统新民组流纹岩、流纹质熔结凝灰岩,中—上侏罗统塔木兰沟组玄武岩、玄武安山岩,上侏罗统满克头鄂博组流纹质熔结凝灰岩、流纹岩、流纹质凝灰角砾岩和流纹质角砾凝灰岩,玛尼吐组英安质熔结凝灰岩、英安岩和英安质凝灰岩。侵入岩以早石炭世中粒英云闪长岩、早侏罗世细粒碱长花岗岩、晚侏罗世中细粒正长花岗岩和早白垩世花岗斑岩为主,分布于研究区中南部。地质构造主要发育 NE 向和 NW 向脆性断裂,显示早白垩世晚期构造特征(图 1)。

## 2 岩石学特征

流纹岩新鲜面呈灰色—紫红色,局部“红顶绿底”岩流特征明显(图 2a)。斑状结构,基质球粒结构,流纹构造。显微镜下(图 2b)岩石由斑晶透长石(10%)、斜长石(5%~10%)、石英(5%~20%)、少量黑云母和基质(60%~70%)组成。斑晶:透长石、斜长石,大小 0.5~1 mm,宽板状;石英,细粒镶嵌集合体,呈浑圆状;黑云母,大小 0.5 mm,片状。基质:钾长石,呈显微球粒状带状分布,少量细粒状石英分布于球粒之间。

## 3 样品分析方法

### 3.1 锆石 U-Pb 定年

锆石分选、制靶在河北省区域地质调查研究院地质实验室完成。锆石阴极发光照相和 LA-ICP-MS 同位素测定在中国地质调查局天津地质调查中心实验室完成,利用 193 mm 激光器对锆石进行剥蚀,激光剥蚀束斑直径为 35  $\mu\text{m}$ ,采用标准锆石 TEMORA 作为外标校正 U-Pb 同位素分馏,利用 NIST612 玻璃标样作为外标计算锆石样品的 U、Th、Pb 含量,详细的实验原理和流程见文献<sup>[11]</sup>。采用 ICP-MS DataCal 程序<sup>[12]</sup>和 Isoplot (ver3.0)程序<sup>[13]</sup>进行数据处理。

### 3.2 全岩化学分析方法

主量元素、稀土元素和微量元素测试分析在自然资源部呼和浩特矿产资源监督检测中心(内蒙古自治区矿产实验研究所)完成,整个过程均在无污染设备中进行。主量元素采用全谱直读等离子体发射光谱仪(IRIS Intrepid II)测定,稀土元素和微量元素采用 Xseries2 型等离子质谱仪测定,全岩主量元素、稀土元素和微量元素的分析精度分别优于 5% 和 10%。

## 4 锆石 U-Pb 年龄

测年样品中锆石颗粒在透射光和反射光下大部分为浅黄色—无色,半透明—透明。锆石粒径为 30~165  $\mu\text{m}$ ,晶形呈次浑圆柱状、半自形双锥柱状及短柱状,长宽比为 1.2:1~4:1。阴极发光图像显示锆石内部结构清晰,均发育典型的振荡环带结构(图 3),表明为

①黑龙江省地质调查研究总院. 1:25 万漠河、漠河县幅区域地质调查报告. 2014.

②内蒙古自治区地质调查院. 1:5 万哈达岭、1254.9 高地、三根河林场二段、三根河林场幅区域地质调查报告. 2015.

③黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1:5 万内蒙古布日都大队、马尼特、迪彦苏木、昌图希勒斯特台幅区域地质矿产调查报告. 2016.

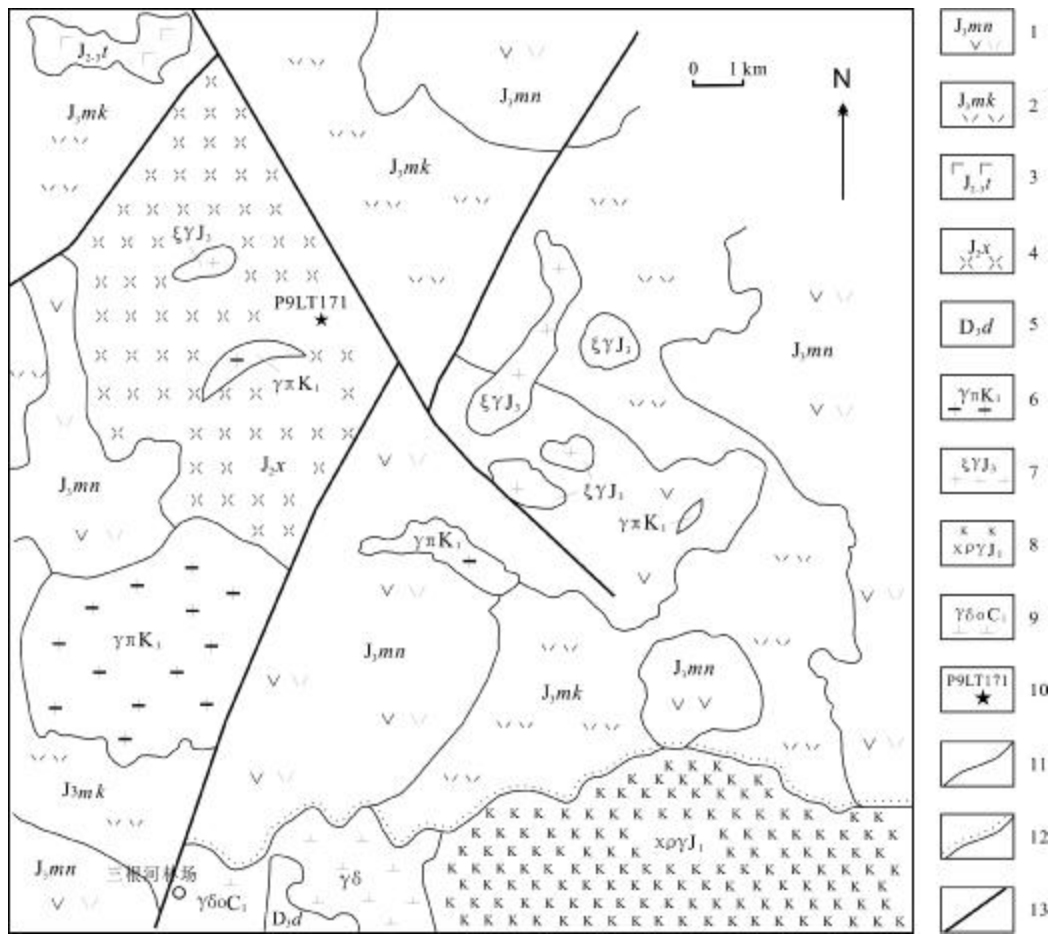


图1 研究区地质图

Fig. 1 Geological sketch map of the study area

1—上侏罗统玛尼吐组 (Upper Jurassic Manitu fm.); 2—上侏罗统满克头鄂博组 (Upper Jurassic Manketou'ebo fm.); 3—中-上侏罗统塔木兰沟组 (Middle-Upper Jurassic Tamulangou fm.); 4—中侏罗统新民组 (Middle Jurassic Xinmin fm.); 5—上泥盆统大民山组 (Upper Devonian Daminshan fm.); 6—早白垩世花岗斑岩 (Early Cretaceous granite porphyry); 7—晚侏罗世正长花岗岩 (Late Jurassic syenogranite); 8—早侏罗世碱长花岗岩 (Early Jurassic alkali-feldspar granite); 9—早石炭世英云闪长岩 (Early Carboniferous tonalite); 10—同位素样品采样位置 (isotope sampling location); 11—地质界线 (geological boundary); 12—不整合界线 (unconformity); 13—断层 (fault)

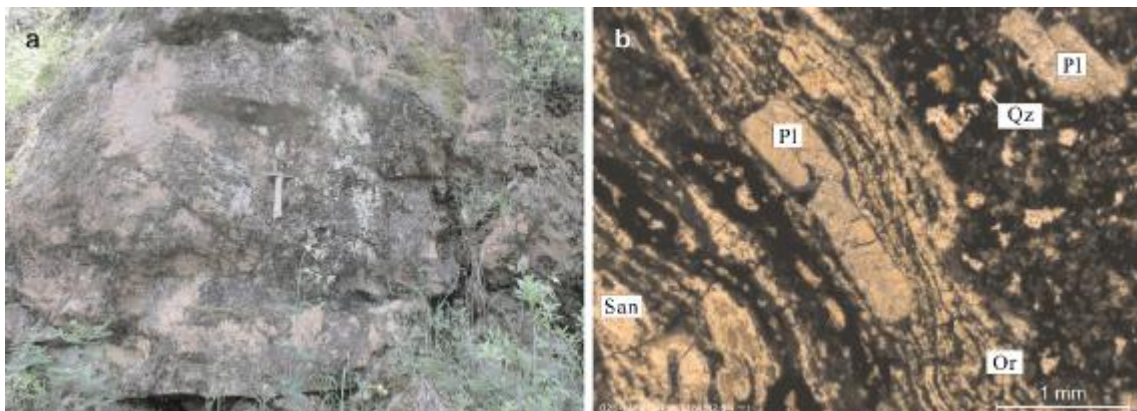


图2 流纹岩(P9LT171)野外露头 and 显微照片

Fig. 2 Outcrop and microphotograph of rhyolite sample P9LT171

Qz—石英 (quartz); Pl—斜长石 (plagioclase); Bi—黑云母 (biotite); San—透长石 (sanidine); Or—钾长石 (potash feldspar)



图 3 流纹岩样品(P9LT171)锆石 CL 图像

Fig. 3 CL images of the zircons in rhyolite sample P9LT171

表 1 流纹岩样品(P9LT171)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测试结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb isotopic test results of rhyolite sample P9LT171

| 测点 | 含量/10 <sup>-6</sup> |      | 同位素比值                                |                                     |                                     |                                      |                                     | 年龄 / Ma                              |                                     |                                     |
|----|---------------------|------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|    | Pb                  | U    | <sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb | <sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U | <sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U | <sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th | <sup>232</sup> Th/ <sup>238</sup> U | <sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb | <sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U | <sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U |
| 1  | 5                   | 158  | 0.0496±0.0030                        | 0.1801±0.0111                       | 0.0264±0.0003                       | 0.0100±0.0001                        | 1.1154±0.0033                       | 174±143                              | 168±10                              | 168±2                               |
| 2  | 18                  | 500  | 0.0501±0.0011                        | 0.1777±0.0040                       | 0.0257±0.0003                       | 0.0099±0.0000                        | 1.3623±0.0055                       | 197±50                               | 166±4                               | 164±2                               |
| 3  | 3                   | 99   | 0.0492±0.0041                        | 0.1782±0.0152                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0109±0.0002                        | 0.6136±0.0052                       | 159±193                              | 166±14                              | 167±2                               |
| 4  | 9                   | 286  | 0.0488±0.0013                        | 0.1785±0.0048                       | 0.0265±0.0003                       | 0.0109±0.0001                        | 0.6127±0.0017                       | 138±62                               | 167±4                               | 169±2                               |
| 5  | 3                   | 87   | 0.0494±0.0059                        | 0.1782±0.0214                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0096±0.0002                        | 1.2715±0.0030                       | 165±281                              | 167±20                              | 167±2                               |
| 6  | 9                   | 321  | 0.0492±0.0017                        | 0.1752±0.0061                       | 0.0258±0.0003                       | 0.0097±0.0001                        | 0.6105±0.0037                       | 160±80                               | 164±6                               | 164±2                               |
| 7  | 6                   | 188  | 0.0494±0.0025                        | 0.1792±0.0094                       | 0.0263±0.0003                       | 0.0103±0.0001                        | 0.8876±0.0041                       | 167±119                              | 167±9                               | 167±2                               |
| 8  | 19                  | 656  | 0.0495±0.0010                        | 0.1765±0.0038                       | 0.0259±0.0003                       | 0.0086±0.0000                        | 0.8055±0.0008                       | 170±48                               | 165±4                               | 165±2                               |
| 9  | 9                   | 297  | 0.0497±0.0016                        | 0.1795±0.0058                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0087±0.0001                        | 0.7715±0.0044                       | 180±74                               | 168±5                               | 167±2                               |
| 10 | 86                  | 3129 | 0.0491±0.0007                        | 0.1785±0.0026                       | 0.0264±0.0003                       | 0.0138±0.0002                        | 0.2867±0.0029                       | 1541±33                              | 167±2                               | 168±2                               |
| 11 | 12                  | 379  | 0.0506±0.0208                        | 0.1775±0.0270                       | 0.0255±0.0003                       | 0.0135±0.0005                        | 0.7355±0.0050                       | 222±952                              | 166±25                              | 162±2                               |
| 12 | 7                   | 238  | 0.0495±0.0023                        | 0.1766±0.0086                       | 0.0259±0.0003                       | 0.0086±0.0001                        | 0.8678±0.0015                       | 172±108                              | 165±8                               | 165±2                               |
| 13 | 11                  | 347  | 0.0499±0.0022                        | 0.1781±0.0081                       | 0.0259±0.0003                       | 0.0078±0.0000                        | 1.0935±0.0018                       | 193±104                              | 166±8                               | 165±2                               |
| 14 | 6                   | 192  | 0.0496±0.0024                        | 0.1788±0.0086                       | 0.0261±0.0003                       | 0.0084±0.0001                        | 0.7051±0.0014                       | 177±111                              | 167±8                               | 166±2                               |
| 15 | 13                  | 414  | 0.0494±0.0017                        | 0.1781±0.0078                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0090±0.0002                        | 0.8292±0.0015                       | 167±82                               | 166±7                               | 166±2                               |
| 16 | 9                   | 330  | 0.0494±0.0017                        | 0.1789±0.0063                       | 0.0263±0.0003                       | 0.0088±0.0001                        | 0.5742±0.0006                       | 165±80                               | 167±6                               | 167±2                               |
| 17 | 14                  | 388  | 0.0501±0.0009                        | 0.1783±0.0033                       | 0.0258±0.0003                       | 0.0106±0.0001                        | 1.4567±0.0048                       | 200±41                               | 167±3                               | 164±2                               |
| 18 | 39                  | 930  | 0.0494±0.0008                        | 0.1808±0.0034                       | 0.0265±0.0003                       | 0.0269±0.0002                        | 0.7435±0.0046                       | 167±36                               | 169±3                               | 169±2                               |
| 19 | 8                   | 232  | 0.0497±0.0015                        | 0.1794±0.0055                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0129±0.0001                        | 0.7799±0.0038                       | 181±68                               | 168±5                               | 167±2                               |
| 20 | 17                  | 477  | 0.0493±0.0014                        | 0.1780±0.0052                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0131±0.0001                        | 1.0189±0.0021                       | 164±66                               | 166±5                               | 167±2                               |
| 21 | 5                   | 132  | 0.0493±0.0038                        | 0.1784±0.0138                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0147±0.0002                        | 1.0506±0.0026                       | 164±180                              | 167±13                              | 167±2                               |
| 22 | 68                  | 1879 | 0.0498±0.0006                        | 0.1795±0.0025                       | 0.0262±0.0003                       | 0.0149±0.0000                        | 0.9556±0.0034                       | 184±29                               | 168±2                               | 167±2                               |
| 23 | 17                  | 509  | 0.0506±0.0017                        | 0.1767±0.0060                       | 0.0253±0.0003                       | 0.0169±0.0001                        | 0.7345±0.0027                       | 224±77                               | 165±6                               | 161±2                               |
| 24 | 8                   | 179  | 0.0503±0.0020                        | 0.1767±0.0072                       | 0.0255±0.0003                       | 0.0210±0.0002                        | 1.0671±0.0033                       | 207±91                               | 165±7                               | 162±2                               |
| 25 | 26                  | 697  | 0.0496±0.0014                        | 0.1765±0.0049                       | 0.0258±0.0003                       | 0.0168±0.0001                        | 0.9449±0.0036                       | 176±64                               | 165±5                               | 164±2                               |

测试单位: 中国地质调查局天津地质调查中心实验室.

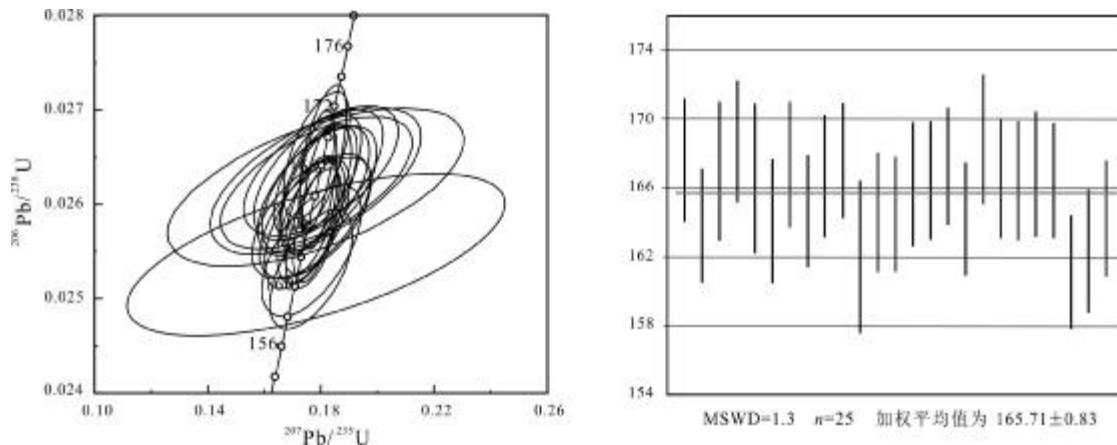


图4 锆石谐和年龄图

Fig. 4 The concordia diagram of zircons

岩浆成因锆石. 选择了 25 颗自形程度和透明度均较好的锆石进行 LA-ICP-MS U-Pb 分析, 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测定结果见表 1. 25 个测试点的 U-Pb 年龄均落于谐和曲线之上 (图 4), 其测年结果为  $165.71 \pm 0.83$  Ma, 表明岩石形成于中侏罗世.

5 地球化学特征

5.1 主量元素

样品地球化学分析结果列于表 2. 流纹岩以高硅、碱、过铝质为特征,  $\text{SiO}_2$  在 71.05%~76.77% 之间, 平均值 74.14%,  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  在 6.66%~8.49% 之间, 平均值 7.72%. 铝饱和指数 (A/CNK) 在 1.02~1.17 之间. 在 TAS 分类图 (图 5) 中, 样品点全部落入亚碱性系列区, 具全部投入流纹岩分类区; 在  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解 (图 6) 中, 样品点全部落入高钾钙碱性系列区. 因此该套火山岩属于亚碱性系列高钾钙碱性过铝质流纹岩.

5.2 稀土和微量元素

流纹岩稀土元素总量 ( $\Sigma\text{REE}$ ) 中等, 为  $135.76 \times 10^{-6}$ ~ $299.62 \times 10^{-6}$ , 平均值为  $190.51 \times 10^{-6}$ , 球粒陨石标准化稀土元素配分型式为右倾“海鸥式” (图 7).  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  值为 13.47~21.98, 显示流纹岩轻重稀土元素分馏明显, 轻稀土元素相对富集, 重稀土元素相对亏损. 轻稀土元素具明显的 Eu 亏损, 重稀土元素具明显的 Dy 亏损, 反映源区具有与 Eu 关系密切的斜长石及与 Dy 关系密切的独居石矿物相的残留或岩浆演化过程中经历了斜长石和独居石的分离结晶作用. 微量元素原始地幔标准化模式图 (图 7) 中, 所有样品的分布

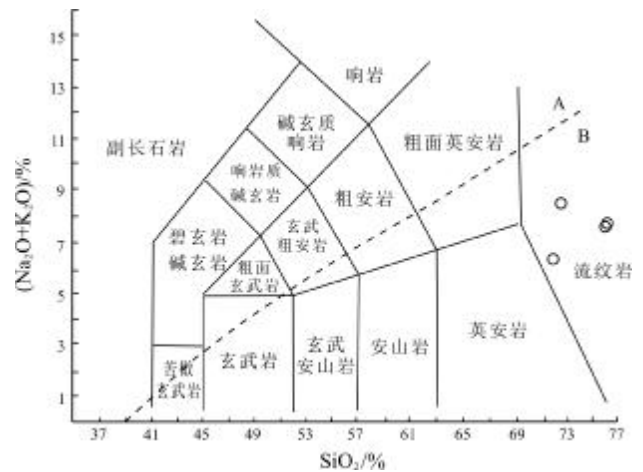


图5 流纹岩 TAS 分类图解

Fig. 5 The TAS diagrams of rhyolites

A—碱性系列区 (alkaline series); B—亚碱性系列区 (subalkaline series)

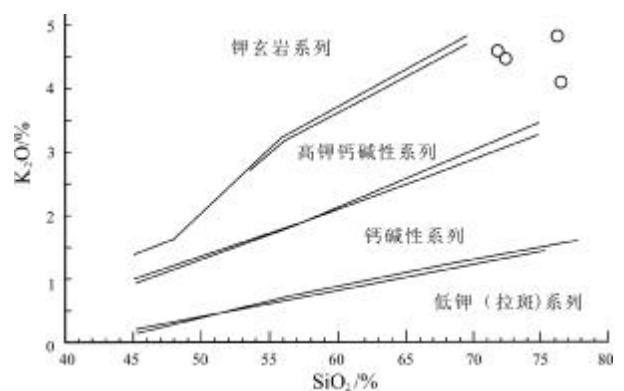


图6 流纹岩  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  判别图解

Fig. 6 The  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  discrimination diagram of rhyolites

形式相似, 大离子亲石元素 Ba, Sr 相对亏损, 高场强元素 Th, U 相对富集, Nb, Ti, Dy 相对亏损. 曲线具有 Ba、

表 2 流纹岩主量元素和微量元素组成  
Table 2 Contents of major and trace elements  
in rhyolite samples

| 样品编号                           | P <sub>9</sub> LT187B2 | P <sub>9</sub> LT171 | P <sub>9</sub> LT238 | P <sub>9</sub> LT20 |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 76.77                  | 71.05                | 72.35                | 76.38               |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.19                   | 0.2                  | 0.4                  | 0.13                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11.41                  | 12.46                | 13.58                | 12.17               |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.24                   | 1.18                 | 1.82                 | 0.62                |
| FeO                            | 0.23                   | 0.12                 | 0.24                 | 0.3                 |
| MnO                            | 0.03                   | 0.12                 | 0.03                 | 0.03                |
| MgO                            | 0.22                   | 0.27                 | 0.3                  | 0.16                |
| CaO                            | 0.3                    | 1.73                 | 0.26                 | 0.14                |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.68                   | 2.06                 | 3.98                 | 2.99                |
| K <sub>2</sub> O               | 4.24                   | 4.6                  | 4.51                 | 4.83                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.03                   | 0.04                 | 0.1                  | 0.03                |
| LOI                            | 1.15                   | 5.67                 | 1.73                 | 1.75                |
| A/CNK                          | 1.02                   | 1.08                 | 1.14                 | 1.17                |
| Rb                             | 133.98                 | 131.6                | 87.3                 | 140.62              |
| Sr                             | 37.25                  | 65.27                | 13.1                 | 81.74               |
| Ba                             | 379.92                 | 725.15               | 168                  | 367.97              |
| Nb                             | 8.57                   | 10.18                | 13.1                 | 14.21               |
| Zr                             | 211.72                 | 229.31               | 648                  | 236.07              |
| Th                             | 19.92                  | 20.01                | 11                   | 8.96                |
| Hf                             | 7.03                   | 7.69                 | 15.1                 | 9.5                 |
| Ga                             | 17.29                  | 23.25                | 23.1                 | 25.23               |
| Ti                             | 1140                   | 1200                 | 2400                 | 780                 |
| U                              | 2.6                    | 4.08                 | 4.12                 | 2.23                |
| La                             | 31.5                   | 36.9                 | 59.5                 | 25.3                |
| Ce                             | 64.3                   | 71.1                 | 119                  | 50                  |
| Pr                             | 6.48                   | 6.94                 | 14.3                 | 6.85                |
| Nd                             | 25.4                   | 27                   | 54.7                 | 21.8                |
| Sm                             | 4.14                   | 4.8                  | 9.04                 | 4.63                |
| Eu                             | 0.71                   | 0.89                 | 1.72                 | 0.55                |
| Gd                             | 3.5                    | 3.63                 | 6.62                 | 3.86                |
| Tb                             | 0.55                   | 0.55                 | 0.94                 | 0.61                |
| Dy                             | 1.38                   | 1.46                 | 2.45                 | 1.52                |
| Er                             | 1.46                   | 1.67                 | 2.87                 | 1.72                |
| Tm                             | 0.28                   | 0.3                  | 0.43                 | 0.33                |
| Yb                             | 1.63                   | 1.68                 | 2.92                 | 1.88                |
| Lu                             | 0.21                   | 0.26                 | 0.44                 | 0.29                |
| Y                              | 12.6                   | 14.4                 | 23.8                 | 15.9                |
| ΣREE                           | 154.58                 | 172.05               | 299.62               | 135.76              |
| (La/Yb) <sub>N</sub>           | 19.32                  | 21.98                | 20.37                | 13.47               |
| δEu                            | 0.56                   | 0.63                 | 0.66                 | 0.39                |

测试单位: 自然资源部呼和浩特矿产资源监督检测中心. 含量单位: 主量元素为%, 微量元素为 10<sup>-6</sup>.

Sr、Nb、Ti、Dy 明显负异常.

## 6 讨论

### 6.1 火山岩岩石类型

流纹岩高硅、富碱、过铝质,与 A 型花岗岩常量元素组成特征相似<sup>[14]</sup>. Rb/Sr 均值 3.50,与 A 型花岗岩 Rb/Sr 平均值 3.52 相当<sup>[15]</sup>. Zr 值  $211.72 \times 10^{-6} \sim 648 \times 10^{-6}$ , 平均值  $331.26 \times 10^{-6}$  ( $>250 \times 10^{-6}$ ), Zr+Nb+Ce+Y 值  $293.16 \times 10^{-6} \sim 739.2 \times 10^{-6}$ , 平均值  $430.41 \times 10^{-6}$  ( $>350 \times 10^{-6}$ ),均高于典型非造山 A 型花岗岩含量<sup>[15]</sup>,反映流纹岩具 A 型花岗岩的特征,属 A 型流纹岩. 在流纹岩岩石成因类型判别图(图 8)中,样品点均投入 A 型花岗岩区. 主量元素与微量元素均反映本区新民组流纹岩为 A 型流纹岩.

### 6.2 岩浆成因

关于 A 型流纹岩成因,主要观点有<sup>[16]</sup>: 1)幔源玄武岩浆的结晶分异作用; 2)深部岩石的部分熔融; 3)壳幔岩浆混合. 研究表明,本区流纹岩为一套亚碱性系列酸性火山岩,微量元素 Rb/Sr 值 1.72~6.66 ( $>0.5$ ), Ti/Y 值 49.06~100.84 ( $<100$ ), Ti/Zr 值 3.30~5.38 ( $<20$ ),显示其壳源的特点<sup>[17]</sup>.

葛文春等<sup>[18]</sup>在对大兴安岭中生代流纹岩成因的地球化学研究中划分出两类流纹岩: I 型流纹岩与 II 型流纹岩. 其中 II 型流纹岩具有与大陆裂谷流纹岩一致的稀土和不相容元素分布模式,以 Ba、Sr 的强烈亏损与 I 型流纹岩相区别,与碱性系列玄武岩类构成双峰式火山岩组合,成因与地壳岩石的非理想熔融作用相联系. 显然本研究流纹岩稀土与微量元素特征与上述 II 型流纹岩近一致,暗示为地壳部分熔融作用的产物,其形成可能与地幔岩浆上涌引起的地壳物质的部分熔融有关. 流纹岩明显的 Eu、Dy 负异常和 Ba、Sr 的强烈亏损表明源区为斜长石和独居石的稳定区.

在流纹岩微量元素 Th/Yb-Ba/La 比值图(图 9)中,样品投点反映,岩浆形成与流体交代无关,暗示其不是由俯冲作用引起,排除了岩浆起源与蒙古-鄂霍次克缝合带俯冲-碰撞有关系的猜想.

综上,本文研究的流纹岩是由地壳物质部分熔融形成,源区部分熔融残留物为斜长石和独居石.

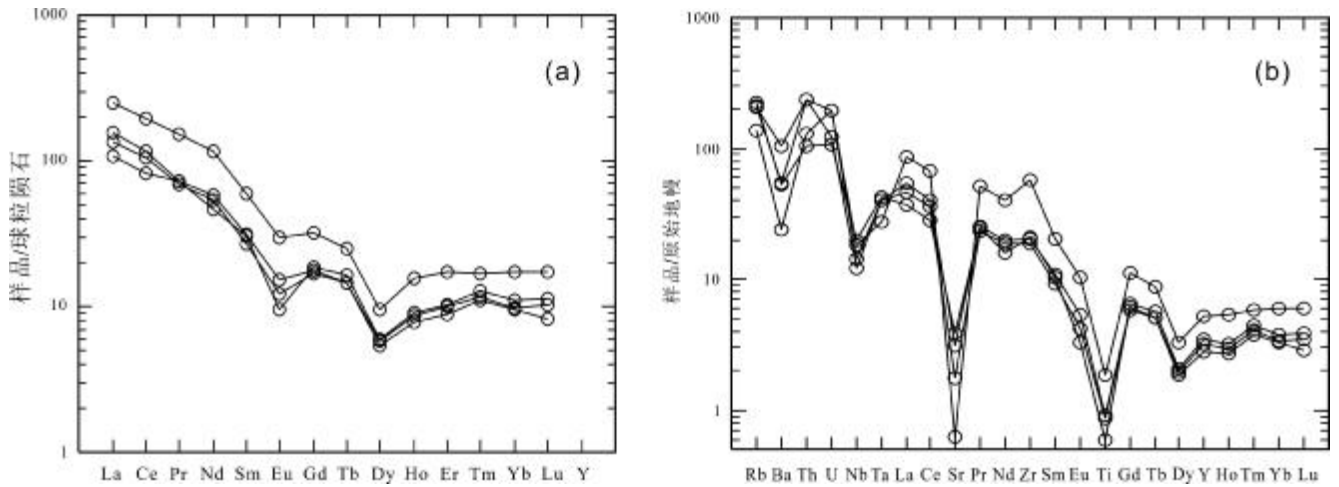


图7 流纹岩稀土元素和微量元素标准化模式图

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns and primitive mantle-normalized trace element spidergrams of rhyolites

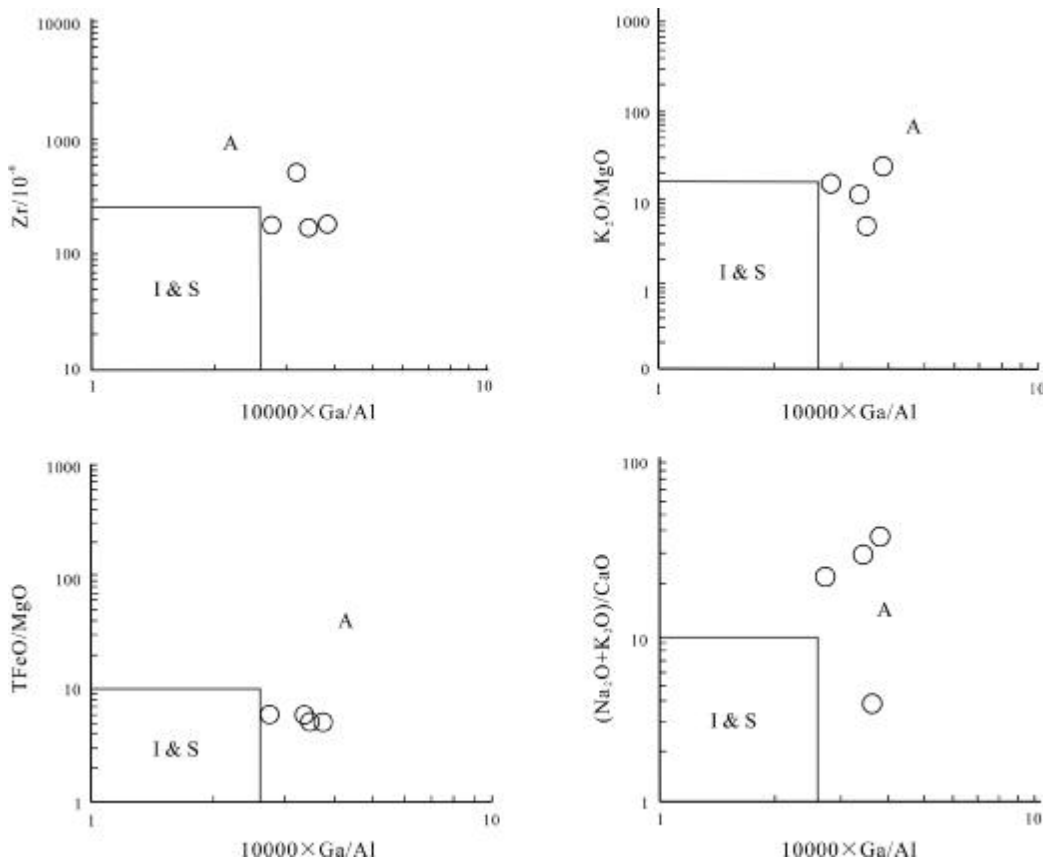


图8 流纹岩岩石成因类型判别图

Fig. 8 The discrimination diagram for petrogenesis of rhyolites

### 6.3 构造背景

本区流纹岩属 A 型流纹岩, 在流纹岩的 Y-Nb-3Ga 和 Y-Nb-Ce 三角图解(图 10)中, 投影点基本落入非造山花岗岩区, 其形成与张性构造环境有关。

近年在大兴安岭火山岩带中北段—中南段陆续发现了多处中侏罗世新民期酸性火山岩, 主要有: 1) 大兴安岭呼中区飞虎山流纹质岩屑晶屑角砾凝灰岩 (167 Ma, LA-ICP-MS)<sup>[8]</sup>; 2) 大兴安岭满归镇北岸林

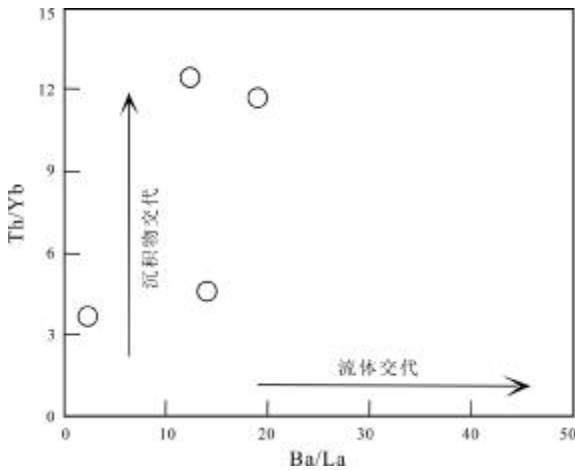


图 9 流纹岩微量元素 Th/Yb-Ba/La 比值图

Fig. 9 The Th/Yb-Ba/La diagram for trace elements of rhyolites

场英安岩(166 Ma, LA-ICP-MS)<sup>①</sup>; 3)本文三根河林场流纹岩(165.71±0.83 Ma, LA-ICP-MS)<sup>②</sup>; 4)内蒙古东乌珠沁旗布日都公社流纹质凝灰岩(165.0 Ma, LA-ICP-MS)<sup>③</sup>; 5)大兴安岭中南部中侏罗统新民组(161.6 Ma, LA-ICP-MS)<sup>[9]</sup>; 6)内蒙古科右中旗扎木钦地区新民组(162.1±1.3 Ma, LA-ICP-MS)<sup>[10]</sup>. 空间上与大兴安岭南段新民组火山岩形成 NE 向带状展布,表明整个大兴安岭火山岩带在中侏罗世处于张性构造环境.

包括研究区在内大兴安岭中北段,分布有与新民

组同一时期塔木兰沟组碱性-亚碱性基性火山岩<sup>[19]</sup><sup>④</sup>. 通过前述成因讨论可以看出,本区新民组酸性火山岩具有与碱性系列玄武岩类构成双峰式火山岩组合的可能,因此,本区新民组酸性火山岩很可能与塔木兰沟组基性火山岩构成双峰式火山岩组合.塔木兰沟组形成于张性裂谷构造环境<sup>[19]</sup><sup>④</sup>,但多年来其构造背景与大兴安岭火山岩带的关系一直不明晰,与南段新民组更无任何关联,甚至有观点认为大兴安岭南段新民组仅分布在华北地层大区内、塔木兰沟组仅分布于北疆-兴安地层大区内,二者向北和向南均不过西乌珠沁旗-霍林郭勒市-乌兰浩特市一线<sup>[2]</sup>.现在看来这种认识有待商榷.

新民组火山岩以其鲜明的 NE 走向横跨在古亚洲域不同构造单元之上,新民组在大兴安岭南段发育于陆相含煤盆地中,在大兴安岭中北段常见于高大山体中,而同时期在大兴安岭中北段有南平组小型断陷盆地或山间凹陷盆地发育.强烈的火山喷发和一系列小型断陷盆地的发育,形成了这一时期盆岭构造格局,显示了这一时期大兴安岭火山岩带的火山构造活动特点.

### 7 结论

1)锆石 U-Pb 同位素定年结果表明,流纹岩形成

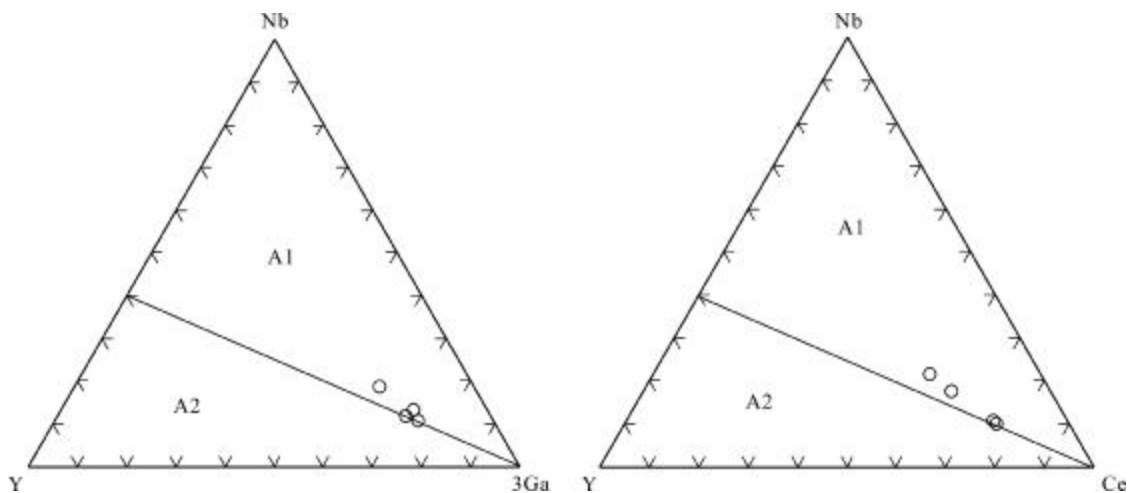


图 10 流纹岩 Y-Nb-3Ga 和 Y-Nb-Ce 三角图解

Fig. 10 The Y-Nb-3Ga and Y-Nb-Ce triangular diagrams of rhyolite

A1—非造山花岗岩(anorogenic granite); A2—造山后花岗岩(post-orogenic granite)

①黑龙江省地质调查研究总院. 1:25 万漠河、漠河县幅区域地质调查报告. 2014.

②内蒙古自治区地质调查院. 1:5 万哈达岭、1254.9 高地、三根河林场二段、三根河林场幅区域地质调查报告. 2015.

③黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1:5 万内蒙古布日都大队、马尼特、迪彦苏木、昌图希勒斯特台幅区域地质矿产调查报告. 2016.

④黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1:25 万呼中镇幅区域地质调查报告. 2000.



于  $165.71 \pm 0.83$  Ma, 属中侏罗世。

2) 地球化学分析显示, 流纹岩为地壳物质经部分熔融作用而成, 属非造山 A 型流纹岩。

3) 流纹岩构造环境研究表明, 大兴安岭火山岩带于中侏罗世处于张性构造环境。

4) 区域上新民组在大兴安岭火山喷发带呈 NE 向发育, 强烈的火山喷发和一系列小型断陷盆地的发育, 形成了这一时期盆岭构造格局。

### 参考文献:

- [1] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化——1:400 万中国大地构造图简要说明[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-124.
- [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: 10-11.
- [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: 142-149.
- [4] 刘凯, 吴涛涛, 刘金龙, 等. 大兴安岭北段图里河地区满克头鄂博组火山岩年代学及地球化学[J]. 中国地质, 2018, 45(2): 367-376.
- [5] 杨海星, 高利东, 高玉石, 等. 内蒙古霍林河地区晚石炭世本巴图组火山岩年代学、地球化学特征及构造背景[J]. 中国地质, 2020, 47(4): 1173-1185.
- [6] 秦涛, 崔天日, 李林川, 等. 大兴安岭北段扎兰屯地区林西组碎屑锆石 U-Pb 年代学特征及其地质意义[J]. 地质与资源, 2018, 27(4): 337-348, 359.
- [7] 陈会军, 崔天日, 钱程, 等. 大兴安岭北段巴升河岩体锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 地质与资源, 2019, 28(5): 405-412.
- [8] 周其林, 王献忠, 吉峰, 等. 大兴安岭中生代火山岩地层对比[J]. 地质论评, 2013, 59(6): 1077-1084.
- [9] 丁秋红, 王杰, 李晓海, 等. 大兴安岭东南部中侏罗统新民组研究新进展[J]. 地质与资源, 2017, 26(5): 425-438.
- [10] 周国武, 林敏, 丘国春, 等. 内蒙古科右中旗扎木钦地区新民组地层的厘定及其地质意义[J]. 地质通报, 2018, 37(9): 1579-1587.
- [11] 耿建珍, 李怀坤, 张健, 等. 锆石 Hf 同位素组成的 LA-MC-IP-MS 测定[J]. 地质通报, 2011, 30(10): 1508-1513.
- [12] Liu Y S, Hu Z C, Zong K Q, et al. Reappraisal and Refinement of zircon U-Pb isotope and trace element analyses by LA-ICP-MS[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(15): 1535-1546.
- [13] Ludwig K R. User's manual for isoplot (ver.3.0): A geochronological toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, 2003: 1-55.
- [14] 孙德有, 吴福元, 高山, 等. 吉林中部晚三叠世和早侏罗世两期铝质 A 型花岗岩的厘定及对吉黑东部构造格局的制约[J]. 地学前缘, 2005, 12(2): 263-275.
- [15] Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 95(4): 407-419.
- [16] 李杰, 吕新彪, 陈超, 等. 大兴安岭中段塔尔气地区流纹岩年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质通报, 2016, 35(6): 906-918.
- [17] 苟军, 孙德有, 赵忠华, 等. 满洲里南部白音高老组流纹岩锆石 U-Pb 定年及岩石成因[J]. 岩石学报, 2010, 26(1): 333-344.
- [18] 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.
- [19] 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, 1993.
- [10] 王楫, 李双庆, 王保良, 等. 狼山-白云鄂博裂谷系[M]. 北京: 北京大学出版社, 1992: 1-136.
- [11] Zhai M G, Santosh M. The early Precambrian odyssey of the North China Craton: A synoptic overview[J]. Gondwana Research, 2011, 20(1): 6-25.
- [12] Zhao G C, Cawood P A, Li S Z, et al. Amalgamation of the North China Craton: Key issues and discussion[J]. Precambrian Research, 2012, 222-223: 55-76.
- [13] Wang Z Z, Han B F, Feng L X, et al. Tectonic attribution of the Langshan area in western Inner Mongolia and implications for the Neoproterozoic-Paleoproterozoic evolution of the western North China Craton: evidence from LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the Langshan basement[J]. Lithos, 2016, 261: 278-295.
- [14] 初航, 王惠初, 魏春景, 等. 内蒙古狼山巴音前达门地区黑云斜长片麻岩年代学研究及板块归属[J]. 地质学报, 2018, 92(12): 2410-2419.
- [15] 周建波, 胡克, 孙加鹏, 等. 韧性剪切带的地球化学变异研究——以胶南造山带北缘剪切带为例[J]. 地质地球化学, 1994(4): 27-32.
- [16] 杨福新. 内蒙狼山地区糜棱岩岩石特征及构造意义[J]. 西北地质, 1998, 19(1): 1-8.
- [17] 彭润民, 翟裕生, 韩雪峰, 等. 内蒙古狼山造山带构造演化与成矿响应[J]. 岩石学报, 2007, 23(3): 679-688.
- [18] Hu J M, Gong W B, Wu S J, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the Langshan Group in the northeast margin of the Alxa block, with tectonic implications[J]. Precambrian Research, 255: 756-770.
- [19] 彭润民. 内蒙东升庙矿区狼山群中石英角斑岩的发现及意义[J]. 矿床地质, 1993, 12(3): 273-283, 286.
- [20] Peng R M, Zhai Y S, Wang Z G, et al. Discovery of double-peaking potassic volcanic rocks in Langshan Group of the Tanyaokou hydrothermal-sedimentary deposit, Inner Mongolia, and its indicating significance[J]. Science China Series D: Earth Sciences, 2005, 48(6): 822-833.
- [21] Darby B J, Ritts B D. Mesozoic structural architecture of the Lang Shan, North-Central China: Intraplate contraction, extension, and synorogenic sedimentation[J]. Journal of Structural Geology, 2007, 29(12): 2006-2016.
- [22] Dan W, Li X H, Wang Q, et al. An Early Permian (ca. 280 Ma) silicic igneous province in the Alxa Block, NW China: A magmatic flare-up triggered by a mantle-plume? [J]. Lithos, 2014, 204: 144-158.
- [23] 刘耀荣. 湘中雪峰坡脆韧性剪切构造岩地球化学特征[J]. 中国区域地质, 1997, 16(1): 3-8.

(上接第 326 页 /Continued from Page 326)