

东北地区前中生代花岗岩类年龄与时空分布

陈会军, 付俊彧, 钱程, 庞雪娇, 钟辉

CHEN Huijun, FU Junyu, QIAN Cheng, PANG Xuejiao, ZHONG Hui

中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034

Shenyang Center, China Geological Survey, Shenyang 110034, Liaoning, China

摘要:通过东北1:150万、1:250万地质编图,系统梳理总结了东北地区花岗岩类时空格局。东北地区的花岗岩类岩石分布广泛,活动时代漫长,从太古宙直到新生代呈多幕式展现。收集、梳理了394件前中生代花岗岩类同位素测年数据,锆石年龄总体上出现3350 Ma, 3150 Ma, 2550~2450 Ma, 2200 Ma, 1800 Ma, 950 Ma, 800 Ma, 500 Ma和300 Ma九个明显高峰值和大于3600 Ma, 2900~2700 Ma, 2400~2250 Ma, 2100~1900 Ma, 1700~1500 Ma, 1400~1300 Ma,和1150~950 Ma 7个空白年龄段,年龄数据的高峰值恰好与研究区基底形成、陆壳生长、超大陆汇聚及分离、地块俯冲、碰撞、拼贴等主要构造事件时间点吻合,反映了研究区构造演化历史。在时空分布上,太古宙花岗岩类主要分布于华北古陆区的辽东鞍山、本溪、清原、辽西建平、锦州,辽南大连和吉南地区;加里东期花岗岩类集中分布在额尔古纳、佳木斯、张广才岭、大兴安岭北端,但在华北古陆上较少;华力西期花岗岩类分布在额尔古纳、大兴安岭主脊、张广才岭—小兴安岭、延边—绥芬河及沿索伦—西拉木伦—长春—延吉一线两侧。

关键词:东北地区;花岗岩;前中生代;同位素年龄

中图分类号: P534.5; P588.12⁺¹ **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2021)06-0827-18

Chen H J, Fu J Y, Qian C, Pang X J, Zhong H. Chronology and spatiotemporal distribution of Pre-Mesozoic granites in northeast China. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(6): 827-844

Abstract: Based on the 1:1 500 000 scale and 1:2 500 000 scale geological mapping, the spatial and temporal pattern of granitoids in northeast China is systematically summarized. The granitoids in northeast China are characterized by wide distribution and long active age with multistage from Archean to Cenozoic. The zircon dating of 394 samples reveals 9 distinct peaks of ages, namely 3350 Ma, 3150 Ma, 2550~2450 Ma, 2200 Ma, 1800 Ma, 950 Ma, 800 Ma, 500 Ma, and 300 Ma, and seven blank segments, namely > 3600 Ma, 2900~2700 Ma, 2400~2250 Ma, 2100~1900 Ma, 1700~1500 Ma, 1400~1300 Ma and 1150~950 Ma. The peak value of data coincides with the time points of major tectonic events such as basement formation, continental crust growth, supercontinental convergence and separation, subduction, collision and collage, reflecting the tectonic evolution history of the study area. In terms of spatial and temporal distribution, Archean granites are mainly distributed in Anshan, Benxi, Qingyuan of eastern Liaoning, Jianping and Jinzhou in western Liaoning, Dalian in southern Liaoning and southern Jilin. Caledonian granitoids are concentrated in the northern part of Erguna, Jiamusi, Zhangguangcailing and Greater Khingan Range, but a few in the North China craton. Variscan granitoids are distributed in Erguna, Daxinganling main ridge, and two sides of Zhangguangcailing-Xiaoxinganling line, Yanbian-Suifen River line and Soren-Silamulun-Changchun-Yanji line.

Key words: northeast China; granite; Pre-Mesozoic; isotopic age

收稿日期:2020-03-01;修订日期:2020-05-29

资助项目:中国地质调查局项目《东北地区花岗岩地质编图》(编号:1212011121084)、《东北地区重大岩浆事件及其成矿作用和构造背景综合岩浆》(编号:12120114085601)、《国家地质大数据汇聚与管理项目》(编号:DD20190415)、《东北基础地质综合调查与片区总结》(编号:1212011220435)、《辽东—吉中地区区域地质调查项目》(编号:DD20190042)和《东北地区自然资源动态监测与风险评估》(编号:202005000000200010)

作者简介:陈会军(1967-),男,博士,教授级高工,从事区域地质调查、含油气盆地分析及油页岩资源评价工作。E-mail:chjcc@126.com

中国花岗类岩石出露面积约 $86 \times 10^4 \text{ km}^2$ [1]。其中,东北地区出露面积达 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占东北地区(包括辽宁省、吉林省、黑龙江省和内蒙古自治区的东四盟)陆地面积的 16%, 与华南花岗岩构成中国 2 个最大的花岗岩区, 堪称花岗质岩石的海洋。东北地区花岗岩类活动频繁, 时间跨度大, 太古宙—新生代皆有发育。

东北地区古亚洲洋构造域时期属于古中亚造山带东段的重要组成部分, 经历了多岛洋、弧盆系的发展演化 [2-3]。深成侵入岩的时空分布特征, 是正确理解东北地区构造演化及地球动力学过程的重要依据。以往由于年龄测试方法及精度限制, 制约了对构造单元划分及其演化的认识, 地质大调查以来, 在中国地质调查局统一部署下, 东北地区开展了大量的地质调查科研工作, 获得了一大批侵入岩高精度测年数据及岩石地球化学数据。对这些资料的系统分析总结, 无疑对提高东北地区区域构造背景的认识具有重要意义。本文利用近年东北地区 1:150 万及 1:250 万地质图编图获得的数据, 对东北地区前中生代花岗岩的时空分布特征进行系统分析。

1 前中生代花岗岩类年龄格架

东北地区在晚古生代末拼贴为统一的块体之前, 由额尔古纳、兴安、松嫩、佳木斯地块及华北古陆块北段组成, 属于古亚洲洋构造域范畴。笔者在花岗岩编图工作的基础上, 将收集到的花岗岩类(包括少量辉长岩、辉绿岩、斜长角闪岩等基性岩)数据进行梳理总结, 论述东北地区花岗岩类年龄格架及其时空分布和主要特征。

1.1 前寒武纪花岗岩类年龄

1.1.1 太古宙花岗岩类年龄

辽南、辽北地块的太古宙花岗岩类主要为闪长质片麻岩和奥长花岗岩, 古太古代花岗岩年龄主要集中在 $3321 \sim 3265 \text{ Ma}$ [4-11], 中太古代花岗岩年龄集中在 $3157 \sim 2914 \text{ Ma}$ [12-15] 之间, 新太古代年龄集中在 $2676 \sim 2501 \text{ Ma}$ [16-20]。

吉南太古宙花岗岩类主要为英云闪长质片麻岩类、辉石花岗岩类, 其 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 $2417 \pm 121 \text{ Ma}$, $2346 \pm 232 \text{ Ma}$, Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $2416 \pm 127 \text{ Ma}$, $2440 \pm 159 \text{ Ma}$ [21-24]。

近年在额尔古纳地块发现片麻状二长花岗岩

的锆石 U-Pb 年龄为 $2606 \pm 17 \text{ Ma}$ [25]。在兴安地块发现碎裂岩化花岗岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 $2579 \pm 15 \text{ Ma}$ [26]。

1.1.2 元古宙花岗岩类年龄

辽吉古裂谷带主要为沉积于古元古代的辽河群, 并在 1.85 Ga 时发生变质 [27-30]。辽吉古元古代花岗岩主要形成于 $2479 \sim 1841 \text{ Ma}$ [31-48]。

吉南地区元古宙花岗岩主要形成于中元古代, 锆石 U-Pb 测年获得清河岩体石英闪长岩年龄为 $1872 \pm 11 \text{ Ma}$, 卢家堡子岩体球斑状花岗岩年龄为 $1773 \pm 59 \text{ Ma}$, 巨斑花岗岩年龄为 $1841 \pm 12 \text{ Ma}$; 双岔岩体条痕状花岗岩的年龄为 $1890 \pm 21 \text{ Ma}$; 夹皮沟—金城洞地区花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 1617 Ma [49-51]。

额尔古纳地块元古宙已发表资料的岩石多为变质岩, 其原岩为花岗岩类, 主要形成于 1847 Ma 、 $1574 \sim 1017 \text{ Ma}$ 和 $927 \sim 737 \text{ Ma}$ [52-59]。

兴安地块元古宙花岗岩类主要形成于 $1837 \sim 624.1 \text{ Ma}$ [60-71], 佳木斯地块元古宙花岗岩类形成年龄为 $1820 \sim 706 \text{ Ma}$ [72-80], 松嫩地块基底岩石获得了一些前寒武纪的年龄数据, 其时代从古元古代至新元古代皆有分布, 形成年龄为 $1873 \sim 757 \text{ Ma}$ [81-86]。

1.2 古生代花岗岩类年龄

在古生代, 东北地区的地块、微陆块碰撞拼贴活跃, 岩浆活动频繁。

1.2.1 早古生代花岗岩类年龄

早古生代寒武纪在古亚洲洋范围内发生过一次波及范围较广、规模较大的造山运动, 这次造山作用使额尔古纳、中蒙古、图瓦等地块拼贴增生到西伯利亚板块南缘, 形成一条规模宏大的早古生代增生、拼贴造山带。此时期, 华北克拉通处于稳定阶段, 岩浆活动较弱。早古生代花岗岩类主要形成于寒武纪、奥陶纪, 志留纪花岗岩出露较少。

佳木斯地块寒武纪花岗岩类形成于 $530 \sim 486 \text{ Ma}$ [87-100], 奥陶纪花岗岩类形成于 $481 \sim 474 \text{ Ma}$ [87-100]。松嫩地块小兴安岭—张广才岭寒武纪花岗岩类形成于 $500 \sim 492 \text{ Ma}$ [101-107], 奥陶纪花岗岩类形成于 $477 \sim 447 \text{ Ma}$ [101-107]。兴安地块大兴安岭地区主要为奥陶纪花岗岩, 寒武纪花岗岩类形成于 $501 \sim 499 \text{ Ma}$, 奥陶纪花岗岩类形成于 $485 \sim 446 \text{ Ma}$ [108-114]。额尔古纳地块寒武纪花岗岩类形成于 $517 \sim 490 \text{ Ma}$, 奥陶纪花岗岩类形成于 $485 \sim 447 \text{ Ma}$,

志留纪花岗岩类时代为 443~440 Ma^[115-120]。

1.2.2 晚古生代花岗岩类年龄

晚古生代花岗岩类年龄主要集中于二叠纪和石炭纪,泥盆纪较少。这与古洋盆汇聚、石炭纪—二叠纪岩浆岛弧形成、弧陆碰撞,以及晚古生代末期华北板块与西伯利亚板块的拼贴相关^[121]。

辽吉地区晚古生代花岗岩类形成于 338~262 Ma^[56, 122-130]。兴安地块南部的林西地区花岗岩类主要形成于 358~251 Ma^[56, 59, 131-141]。额尔古纳地块晚古生代花岗岩类形成于 417~254 Ma^[56, 59, 142]。兴安地块的大兴安岭地区晚古生代花岗岩类发育,分布面积广,时代为 381~259 Ma^[56, 59, 143-168]。小兴安岭—张广才岭地区晚古生代花岗岩类形成于 419~251 Ma^[56, 59, 169-173]。佳木斯地块晚古生代花岗岩类主要形成于 312~254 Ma^[56, 59, 173-188]。

1.3 前中生代花岗岩类年龄格架

笔者收集、梳理了东北地区 394 件前中生代花岗岩类样品,约 7880 个同位素测年点的数据。其中,额尔古纳地块 64 件样品数据,佳木斯地块 56 件样品数据,兴安地块 114 件样品数据,兴安地块南部林西地区 33 件样品数据,松嫩地块 59 件样品数据,辽吉古陆块 68 件样品数据。这些数据中包括 Rb—Sr、Sm—Nd 全岩等时线年龄和蒸发—沉积法测得的年龄,本次统计剔除了这些数据后,以 20 Ma 为间距进行年龄频谱分析(图 1-a)。结果显示,东北地区花岗岩类的锆石年龄数据总体上出现 3350 Ma, 3150 Ma, 2550~2450 Ma, 2200 Ma, 1800 Ma, 950 Ma, 800 Ma, 500 Ma 和 300 Ma 九个明显高峰值,以及大于 3600 Ma, 2900~2700 Ma, 2400~2250 Ma, 2100~1900 Ma, 1700~1500 Ma, 1400~1300 Ma 和 1150~950 Ma 7 个空白年龄段。而且,年龄的高峰值恰好与研究区基底形成、陆壳生长、超大陆汇聚及分离、地块俯冲、碰撞、拼贴等主要构造事件时间点吻合,反映了研究区的构造演化历史。

根据构造—岩浆事件旋回划分,前中生代花岗岩类包括迁西期(3600~3200 Ma)、阜平期(3200~2800 Ma)、五台期(2800~2500 Ma)、辽河期(2500~1800 Ma)、晋宁期(1800~780 Ma)、兴凯期(780~541 Ma)、加里东期(541~416 Ma)和华力西期(416~235 Ma)。而东北地区构造—岩浆事件旋回表现为:迁西期 3321~3265 Ma,阜平期 3157~2914 Ma,五台期 2676~2501 Ma,辽河期 2479~1808 Ma,

晋宁期 1769~792 Ma,兴凯期 777~624 Ma,加里东期 530~427 Ma,华力西期 419~251 Ma。其中以晚古生代华力西期岩浆活动最活跃,其次为早古生代加里东期。然而,具体到不同的构造单元、不同时期,侵入岩浆作用的强弱表现有差别。

在辽吉古陆块上(图 1-b),太古宙迁西期峰值发生在 3350 Ma;阜平期有 2 期峰值,分别发生在 3150 Ma、2950 Ma;五台期峰值发生在 2650 Ma;元古宙辽河期有 3 期峰值,分别是 2450 Ma、2200 Ma、1800 Ma,且频次逐渐增强;在晋宁期、兴凯期则趋于平静;早古生代加里东早期仅有微弱岩浆活动,随后又趋于平静;在晚古生代华力西晚期岩浆活动爆发,峰值发生在 325 Ma。

在兴安地块南部的林西地区(图 1-c),只在华力西期有 1 期峰值年龄,为 275 Ma,表现了西伯利亚板块与华北板块对接带内的岩浆活动。

在额尔古纳地块上(图 1-d),新太古代五台期有 1 期小峰值,发生在 2650 Ma;在元古宙晋宁期有 4 期峰值,分别是 1750 Ma、1500 Ma、1200 Ma、850 Ma;在 400~600 Ma 之间有 1 期峰值为 500 Ma;华力西期有 1 期峰值,为 350 Ma。

在佳木斯地块上(图 1-e),没有太古宙侵入岩年龄发现。元古宙辽河期有 1 期峰值年龄,为 1850 Ma;晋宁期有 2 期峰值,为 1400 Ma、800~900 Ma;兴凯期有 1 期峰值,为 700 Ma;在 400~600 Ma 之间有 1 期峰值,为 525 Ma;华力西期有 1 期峰值,为 300 Ma。

在兴安地块上(图 1-f),新太古代五台期有 1 期小峰值,发生在 2600 Ma;在元古宙辽河期有 1 期峰值,为 1850 Ma;晋宁期有 2 期峰值,分别是 1750 Ma、850 Ma;兴凯期有 1 期峰值,为 650 Ma;加里东期有 1 期峰值,为 500 Ma;华力西期是该构造单元岩浆活动最活跃的时期,其峰值在 250~350 Ma 之间。

在松嫩地块上(图 1-g),未有太古宙侵入岩年龄发现。元古宙辽河期有 1 期峰值,为 1850 Ma;晋宁期有 1 期峰值,为 850 Ma;加里东期有 1 期峰值,为 500 Ma;华力西期有 1 期峰值,为 300 Ma。

根据以上数据,建立了东北地区前中生代岩浆—构造事件格架(图 2)。太古宙(3321~2501 Ma)是华北克拉通基底形成与生长时期,额尔古纳地块和兴安地块基底形成则是在新太古代末期。辽吉

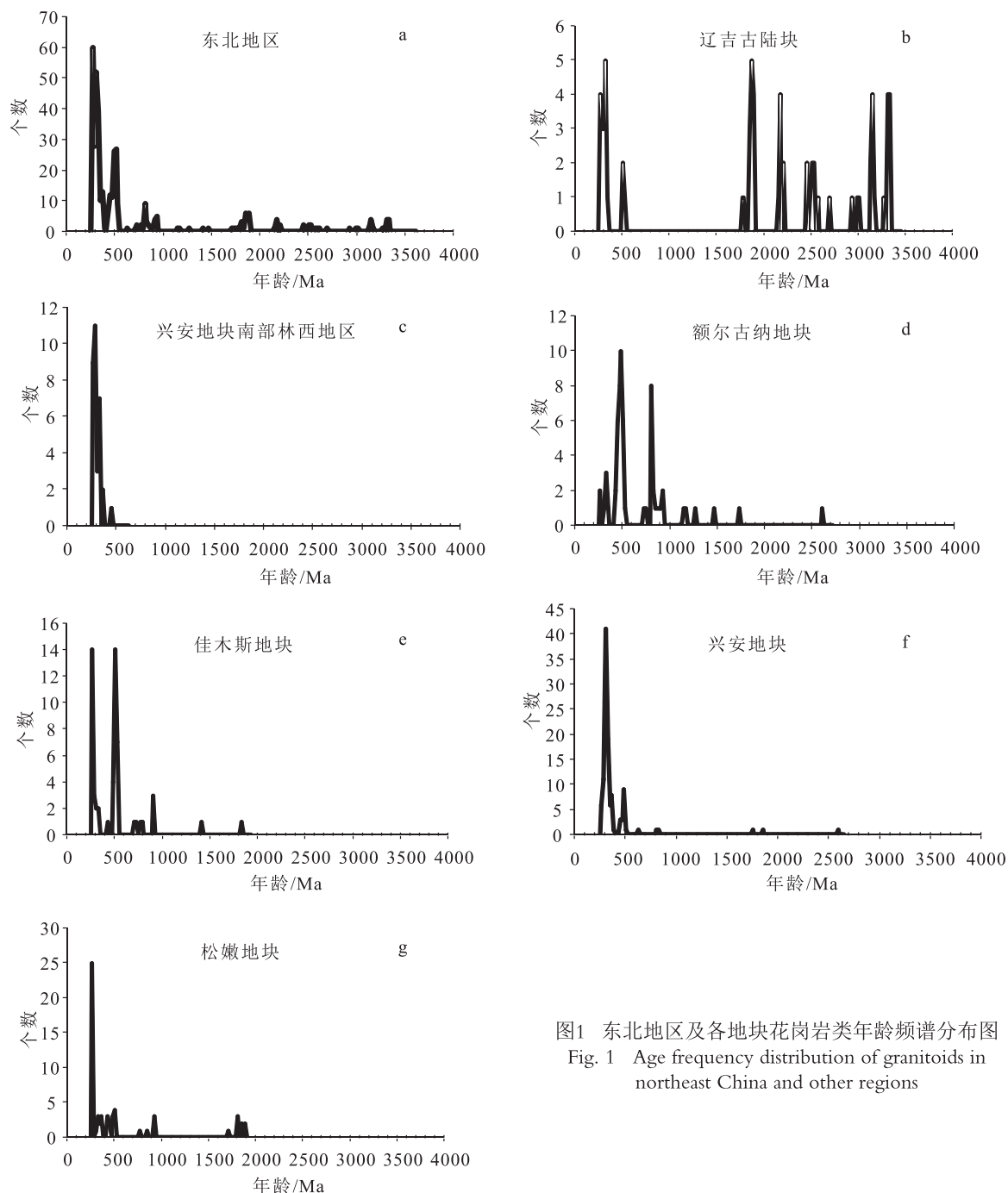


图1 东北地区及各地块花岗岩类年龄频谱分布图

Fig. 1 Age frequency distribution of granitoids in northeast China and other regions

古陆块辽河期(2479~1841 Ma)岩浆活动是辽南—辽北地块碰撞拼合时期。兴安地块、松嫩地块和佳木斯地块1800 Ma左右的岩浆活动是哥伦比亚超大陆聚合或裂解事件的产物。由此推测,额尔古纳地块也一定存在该时期的岩浆活动,只是目前还没有发现。东北地区元古宙晋宁期(892~792 Ma)、兴凯期岩浆活动(777~624.1 Ma)与罗迪尼亚超大陆裂解事件时间点相契合。进入早古生代加里东期,

辽吉古陆块岩浆活动趋于平静。东北西部在早古生代早期(517~490 Ma)额尔古纳地块与兴安地块碰撞拼合,至奥陶纪(485~447 Ma)二者拼贴完成。东北东部的佳木斯地块同时期(530~480 Ma)经历了泛非期变质造山运动,其后,与松嫩地块碰撞拼合,至志留纪(442~427 Ma)二者拼贴完成。晚古生代是东北地区岩浆最活跃时期。泥盆纪开始(419~360 Ma),额尔古纳—兴安联合地块与松嫩—佳木斯

地质年代	构造-岩浆事件旋回	辽吉古陆块	兴安地块南部地区	额尔古纳地块	兴安地块	松嫩地块	佳木斯-兴凯地块	构造演化阶段及构造-岩浆事件
古生代	晚古生代 华力西期 416~235 Ma	262~293 Ma	251~296 Ma	254~259 Ma	259~299 Ma	251~267 Ma	252~296 Ma	古亚洲洋闭合
		302~338 Ma	301~358 Ma	304~336 Ma	300~359 Ma	305~352 Ma	306~312 Ma	额尔古纳-兴安地块与 佳木斯-松嫩地块碰撞拼合
		—	417 Ma	416~417 Ma	360~381 Ma	361~419 Ma	415 Ma	
早古生代	加里东期 541~416 Ma	—	—	440~443 Ma	435~441 Ma	427~442 Ma	—	佳木斯与松嫩 地块碰撞拼合
		—	—	447~485 Ma	446~485 Ma	447~477 Ma	474~481 Ma	
		499~517 Ma	—	490~517 Ma	501 Ma	492~500 Ma	486~530 Ma	额尔古纳与兴安 地块碰撞拼合
新元古代	兴凯期 780~541 Ma	—	—	725~737 Ma	624.1 Ma	757 Ma	706~777 Ma	1.0~0.75 Ga 罗迪尼亚超大陆汇聚及裂解
中元古代	晋宁期 1800~780 Ma	1769~1773 Ma	—	792~1729 Ma	808~1741 Ma	841~1709 Ma	892~1400 Ma	
古元古代	辽河期 2500~1800 Ma	1841~2479 Ma	—	—	1837 Ma	1808~1873 Ma	1820 Ma	2.0~1.8 Ga 哥伦比亚超大陆汇聚及裂解
新太古代	五台期 2800~2500 Ma	2501~2676 Ma	—	2606 Ma	2579 Ma	—	—	额尔古纳地块、兴安地块 基底形成
中太古代	阜平期 3200~2800 Ma	2914~3157 Ma	—	—	—	—	—	华北克拉通基底 形成与陆壳生长
古太古代	迁西期 3600~3200 Ma	3265~3321 Ma	—	—	—	—	—	

图2 东北地区前中生代花岗岩类岩浆-构造事件格架
Fig. 2 Pre-Mesozoic granitoid magma-tectonic event framework in northeast China

联合地块碰撞拼合,至晚石炭世(304~312 Ma)二者拼贴完成。同时,东北全区经历了古亚洲洋闭合演化,兴安地块南部地区岩浆活动是古亚洲洋在东北地区从西向东闭合的反应,至晚二叠世—早三叠世西伯利亚板块与华北板块拼贴完成,古亚洲洋完全闭合。

2 前中生代花岗岩类空间分布

2.1 前寒武纪花岗岩类分布

前寒武纪侵入岩主要指迁西期、阜平期、五台期、辽河期、晋宁期、兴凯期花岗岩类,集中分布于东北地区西北角的额尔古纳,南部的辽东、辽西,东部的吉南、佳木斯一带,其中,太古宙花岗岩类主要分布在辽吉古陆块,新元古代花岗岩类则主要在佳木斯地块、兴安地块、松嫩地块和额尔古纳地块(图3)。

太古宙花岗岩类(3600~2500 Ma)包括迁西期、阜平期、五台期花岗岩类,其典型岩体见表1^[4-26]。迁西期、阜平期花岗岩类分布于华北古陆之上的辽东鞍山、本溪、清原,辽西建平、锦州,辽南大连地区和吉南地区桦甸县的会全栈、老金厂、靖宇大院一带。迁西期花岗岩类主要为闪长质片麻岩和奥长花岗岩,阜平期花岗岩类为片麻状花岗岩和奥长花岗岩。五台期花岗岩类除出露于华北克拉通的冀辽陆块及龙岗陆块外,近年在额尔古纳地块^[31]、松嫩张广才岭地块西缘^[32]也有发现,主要岩石组合为石英闪长质片麻岩、奥长花岗岩、片麻状花岗岩、辉石花岗岩、片麻状二长花岗岩,说明这些地块存在前寒武纪基底。

元古宙花岗岩类(2500~541 Ma)包括辽河期、晋宁期、兴凯期花岗岩类,主要分布于辽吉古陆块、额尔古纳地块、兴安地块和松嫩地块上,其分布范围见图3,典型岩体见表2^[27-86]。

辽吉古陆块上的辽河期、晋宁期花岗岩类主要分布于辽南金州、盖县、营口、丹东等地区。分布于牌坊店、亮甲店和清园一带的花岗岩类岩石组合有石英闪长质片麻岩;分布于泉山村、钱桌沟、虎皮峪、高家沟、连山关、后仙峪一带的花岗岩类岩石组合有角闪正长花岗岩、正长花岗岩、条痕状花岗岩、中粒白云母花岗岩等;中晚期分布于卢家堡子、矿洞沟、卧龙泉和吉南的双岔、清河及夹皮沟—金城洞一带,岩石组合有球斑状花岗岩、巨斑花岗岩、角闪辉石正长岩、正长岩、闪长岩、二云二长片麻岩、黑

云母二长花岗岩等。

额尔古纳地块的辽河期花岗岩类分布于满归一带,主要岩石组合为黑云斜长片麻岩;晋宁期花岗岩类集中分布于地块西北部洛古河—额尔古纳一带,岩石组合为二长花岗岩、碱长花岗岩、片麻岩和二云母片岩。

兴凯期花岗岩类主要分布在洛古河、阿龙山、奇乾、碧水、太平川等地区,岩石组合为正长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩等。兴安地块花岗岩类分布于地块北部的韩家园子地区,主要岩石组合为英云闪长岩、片麻状花岗岩。

晋宁期、兴凯期花岗岩类分布于韩家园子、新林、塔河及大兴安岭北部凤凰山、阿龙山等地区,主

表1 东北地区太古宙典型花岗岩体分布
Table 1 Statistics of typical granite of Archean in northeast China

地区	年龄/Ma	代表性岩体	
		时代	岩体
松嫩地块	2579±15	Ar ₃	龙江山泉
额尔古纳地块	2606±17	Ar ₃	额尔古纳比列亚铅锌多金属矿区钻孔
辽吉古陆块	3321~2501	Ar ₃	东山、小莱河、上马乡、汤圆、董家沟、会全栈、老金厂、北甸子、大荒顶子
		Ar ₂	白家坟、陈台沟、东山、铁架山
		Ar ₁	白家坟、铁架山、东山

注:Ar₃—新太古代;Ar₂—中太古代;Ar₁—古太古代

表2 东北地区元古宙典型花岗岩体分布
Table 2 Statistics of typical granite of Proterozoic in northeast China

地区	年龄/Ma	代表性岩体	
		时代	岩体
辽吉古陆块	2479~1769	Pt ₁	牌坊店、亮甲店、清园、坊店、亮甲店、泉山村、钱桌沟、清河、双岔、卢家堡子、矿洞沟、后仙峪、连山关、高家沟、清原、金城洞
		Pt ₁	满归
额尔古纳地块	1847~791	Pt ₂ -Pt ₃	满归
		Pt ₃	洛古河、奇乾、碧水、太平川、
兴安地块	1837~601	Pt ₁ -Pt ₃	韩家园子
佳木斯地块	1004~627	Pt ₃	穆稜、东风山、楚山、西北楞
松嫩地块	1808±14	Pt ₁	龙江马山

注:Pt₃—新元古代;Pt₂—中元古代;Pt₁—古元古代

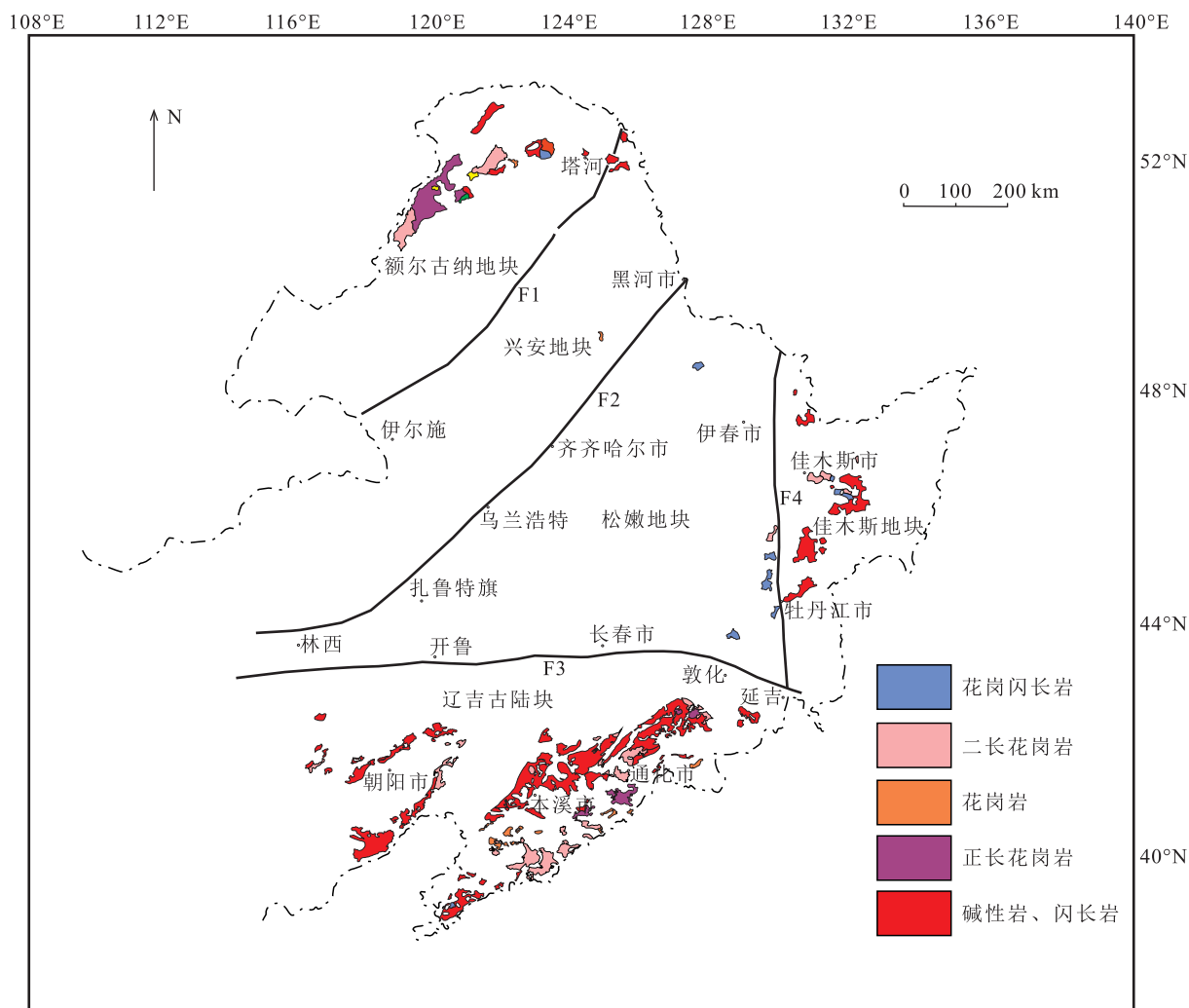


图 3 东北地区前寒武纪花岗岩分布示意图

Fig. 3 Distribution of Precambrian granite in northeast China

F1—塔源—喜桂图断裂; F2—贺根山—黑河断裂; F3—索伦—西拉木伦河—延吉断裂; F4—嘉荫—牡丹江断裂

要岩石组合有片麻状花岗岩、角闪斜长片麻岩、英云闪长岩等。佳木斯地块兴凯期花岗岩类分布在穆棱、牡丹江一带,主要岩石组合有斜长角闪片岩、黑云母花岗片麻岩、黑云混合花岗岩、花岗闪长岩、条痕花岗岩。松嫩地块兴凯期花岗岩类主要分布在地块东北部的晨明镇及松辽盆地南部地区的钻孔中,岩石组合为变辉长岩、变花岗岩和变闪长岩等。最近在松嫩地块西缘龙江地区有辽河期花岗岩类的发现^[86]。

2.2 古生代花岗岩类分布

东北地区古生代花岗岩类以晚古生代为主,尤其是石炭纪—二叠纪出露广泛。

2.2.1 加里东期花岗岩类分布

加里东期花岗岩类集中分布于东北地区的北端,在额尔古纳和大兴安岭分布于漠河—塔河—呼玛一带,在佳木斯和小兴安岭—张广才岭分布于双鸭山—宝清—密山—鸡东、伊春等地(图 4),其代表性岩体及年龄分布范围见表 3^[33, 59, 87-120]。

额尔古纳地块上加里东期花岗岩类主要出露于北部。其中,寒武纪花岗岩类(504~491 Ma)构造环境背景为额尔古纳地块与兴安地块沿着塔源—喜桂图缝合带拼合,表现为同碰撞 I 型花岗岩,岩石组合为正长花岗岩、二长花岗岩和石英闪长岩,主要分布在哈拉巴奇、西门都里河、十九站、塔河和洛

表 3 东北地区早古生代典型花岗岩体分布
Table 3 Statistics of typical granite of Early Paleozoic in northeast China

地区	年龄/Ma	代表性岩体	
		时代	岩体
额尔古纳地块	504~491	ϵ_3	哈拉巴奇、西门都里河、洛古河
		ϵ_4	十九站、塔河
	485~440	O ₁	兴华渡口、塔河、满归、查拉班河
		O ₂	莫尔道嘎、哈拉巴河、管护站、十八站
		O ₃	佳疙瘩、永庆林场、洛古河、阿龙山、十八站
大兴安岭地区兴安地块	417~416	S ₄	管护站南
	501~499	ϵ_3	韩家园子、十八站、内河
		O ₁	多宝山、大岭、霍龙门、查拉班河
	485~441	O ₂	九三站、查拉班河
		O ₃	霍龙门、九三站
小兴安岭—张广才岭松嫩地块	517~492	ϵ_2	孟山
		ϵ_3	鸡岭岩、东风山岩、乌拉嘎老沟林场、黄泥岭
		ϵ_4	鸡岭、小北湖岩体
	474~442	O ₁	汤旺河、朝鲜屯、英城子
		O ₃	尚志黑龙宫、小龙宫
佳木斯地块	433~432	S ₁	晨明岩体
	534~491	ϵ_1	东麻山、柳毛
		ϵ_2	萝北、虎头
		ϵ_3	虎头、三兴村、双鸭山、柳毛、三道沟、西麻山马家街、鸡西
	485~474	O ₁	佳木斯、勃利、新兴村、虎头

注： ϵ_4 、 ϵ_3 —晚寒武世； ϵ_2 —中寒武世； ϵ_1 —早寒武世；O₃—晚奥陶世；O₂—中奥陶世；O₁—早奥陶世；S₄—晚志留世；S₁—早志留世

古河等地。奥陶纪花岗岩类(485~440 Ma)主要表现为后碰撞 A 型花岗岩,岩石组合为闪长岩-石英闪长岩-花岗闪长岩和正长花岗岩-二长花岗岩-碱长花岗岩,分布在兴华渡口、塔河、满归、莫尔道嘎、哈拉巴河、管护站、佳疙瘩、永庆林场、洛古河、阿龙山等地。志留纪花岗岩类(417~416 Ma)出露少,主要分布在管护站南,岩石组合为闪长岩和二长花岗岩。

大兴安岭地区加里东期花岗岩出露较少。寒武纪花岗岩类(501~499 Ma)分布于韩家园子一带,岩石组合为二长花岗岩、花岗闪长岩。奥陶纪

花岗岩类(485~441 Ma)形成于活动大陆边缘弧环境,其与松嫩地块隔洋相望,岩石组合为石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母正长花岗岩、闪长岩等,分布于多宝山、大岭、霍龙门、查拉班河和九三站一带。

松嫩地块小兴安岭—张广才岭地区寒武纪花岗岩类(517~492 Ma)主要为高钾钙碱性系列和钾玄岩系列,成因类型组合为 I+A 型,岩石组合为二长花岗岩和花岗闪长岩,分布在东风山、乌拉嘎、鸡岭岩体和小北湖一带。中晚奥陶世为佳木斯地块与松嫩地块沿嘉荫—牡丹江缝合带拼合时期,沿缝合带有零星镁铁-超镁铁质岩出露,但规模都很小。奥陶纪花岗岩类(474~442 Ma)表现为同碰撞和后碰撞型花岗岩,岩石组合为花岗闪长岩、正长花岗岩和碱长花岗岩,岩体有英城子、朝鲜屯、汤旺河、尚志黑龙宫岩体和小西林岩体。

佳木斯地块加里东期花岗岩可划分为 3 套不同的岩石组合,包括 534~515 Ma,岩石组合为花岗闪长岩、二长花岗岩、片麻状花岗岩,成因类型为 I 型;505~491 Ma 为强过铝质 S 型花岗岩组合;485~474 Ma 演变为具有 A 型花岗岩地球化学特征的含白云母二长花岗岩和正长花岗岩组合。上述岩石组合的演变规律表明,佳木斯地块在早古生代曾发生过陆-陆碰撞造山事件。其中 534~515 Ma 的岩石组合对应的可能是大洋俯冲-闭合阶段,500 Ma 左右强过铝质 S 型花岗岩组合可与陆-陆碰撞造山环境相类比(寒武纪碰撞型花岗岩很可能指示佳木斯地块与兴凯地块的拼合),485~474 Ma 花岗岩的地球化学性质显示为后造山 A 型花岗岩的地球化学特征,指示碰撞造山进入后造山岩石圈伸展演化阶段(指示佳木斯地块与松嫩地块的拼合)。寒武纪花岗岩类(534~491 Ma)主要分布在柳毛、东麻山、虎头、萝北、鸡西、西麻山、三道沟、双鸭山、三星村一带。奥陶纪花岗岩类(485~474 Ma)主要分布在新兴村、勃利、佳木斯一带。

2.2.2 华力西期花岗岩类分布

东北地区华力西期花岗岩类相对于加里东期非常发育,除松辽盆地外,额尔古纳、大兴安岭主脊、小兴安岭—张广才岭、延边—绥芬河及沿索伦—西拉木伦—长春—延吉一线两侧均有出露(图 5)。该时期典型岩体分布见表 4^[56, 59, 122~189]。

辽吉地区是华北地块北缘增生的一部分,华北北缘晚古生代岩浆岩在形成时代、岩石组合及空间

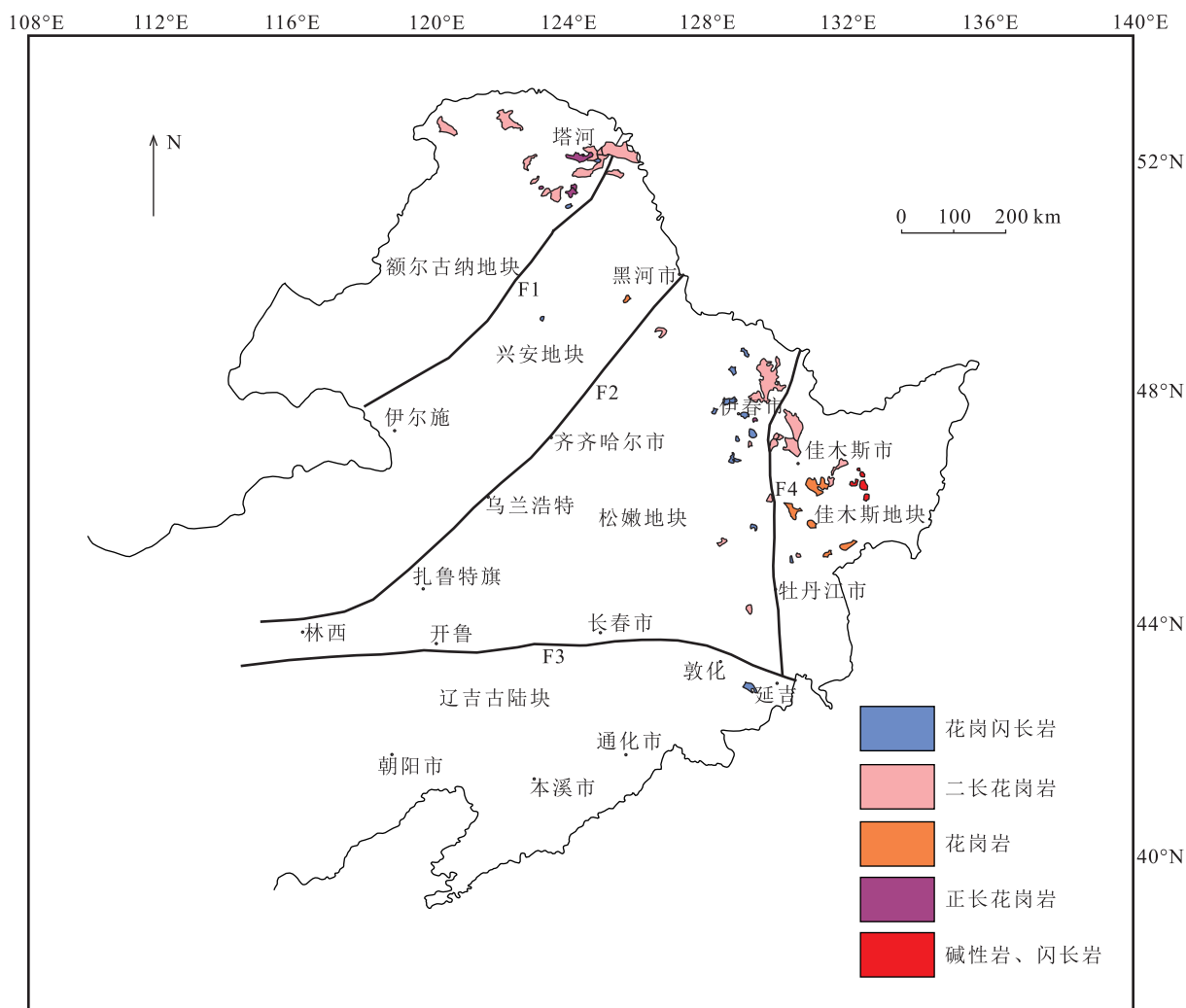


图 4 东北地区早古生代花岗岩分布示意图

Fig. 4 Distribution of Early Paleozoic granite in northeast China

F1—塔源—喜桂图断裂; F2—贺根山—黑河断裂; F3—索伦—西拉木伦河—延吉断裂; F4—嘉荫—牡丹江断裂

分布上均有明显的规律,其侵位时间主要集中在早石炭世—二叠纪。早石炭世(320~338 Ma)花岗岩类岩性主要为闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩及花岗岩,其次为英云闪长岩及辉长岩,分布在海沟、小梨河一带;晚石炭世花岗岩类(302 Ma)分布在雁脖岭;早二叠世末—中二叠世(260~285 Ma)岩石组合除闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩及辉长岩外,还出现较多的花岗岩(黑云母花岗岩、二长花岗岩及碱长花岗岩),特别是在华北地块北缘中段及西段地区较明显,花岗岩以同碰撞 I 型花岗岩为主,晚期出现少量后碰撞 A 型花岗岩。早二叠世花岗岩类分布于百里坪,中二叠世花岗岩类分布于小捕屯、六颗松、大顶子,晚二叠世花岗岩类分布于龙岩洞。

晚古生代,大兴安岭地区兴安地块与额尔古纳地块已经拼贴为一体,其东部的佳木斯地块与松嫩地块也完成了拼贴,2 个联合地块在早石炭世沿黑河—嫩江—贺根山缝合带开始由北向南拼合。在兴安地块南部的林西地区存在与俯冲带有关的火山弧环境花岗岩。早石炭世(321~354 Ma)花岗岩类分布在杜社也图、金星、白音高勒、达其浑迪、林西—赤峰一带,岩石组合为二长花岗岩、石英闪长岩、中粒含黑云母正长花岗岩、中粒花岗闪长岩、中粒二长花岗岩。二叠纪伴随着古亚洲洋的闭合,华北板块和西伯利亚板块沿索伦—西拉木伦河一线碰撞拼贴,在该地区以同碰撞 I 型花岗岩为主。早二叠世花岗岩类(280~287 Ma)分布在特勒古特、

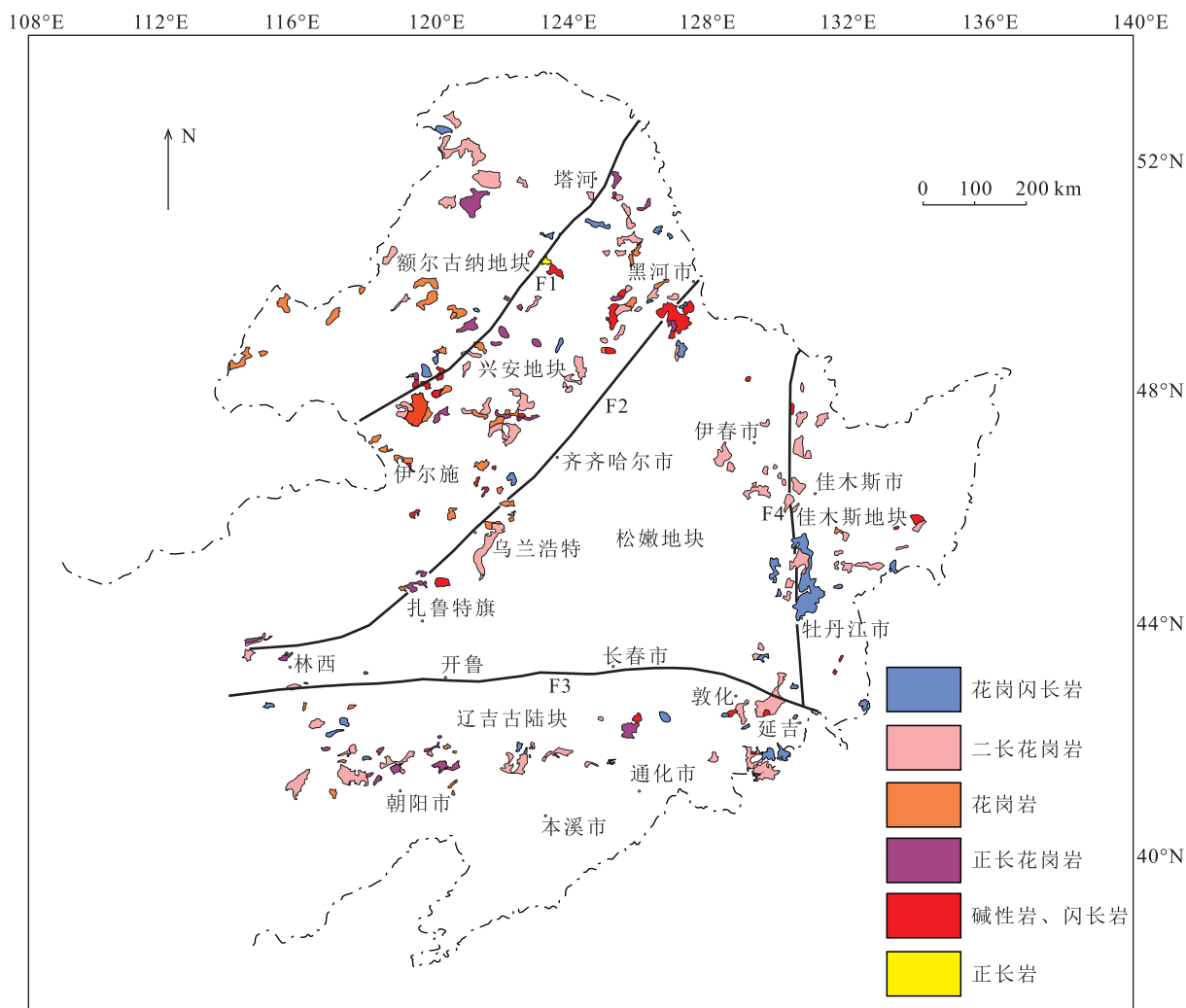


图5 东北地区晚古生代花岗岩分布示意图

Fig. 5 Distribution of Late Paleozoic granite in northeast China

F1—塔源—喜桂图断裂; F2—贺根山—黑河断裂; F3—索伦—西拉木伦河—延吉断裂; F4—嘉荫—牡丹江断裂

板山图,岩石组合为二长花岗岩、正长花岗岩、闪长岩脉;中二叠世花岗岩类(259~276 Ma)分布在下海苏沟、林西—赤峰、元宝山、前进场、房框子沟、达青牧场、锡林浩特,岩石组合为片麻岩、中细粒二长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩、细粒二长花岗岩;晚二叠世花岗岩类(250~254 Ma)分布在林西—赤峰、东荒、双井,岩石组合为中粒含白云母二长花岗岩、花岗岩、辉长岩、二云母花岗岩。

额尔古纳地块早泥盆世花岗岩类分布于管护站,岩性为二长花岗岩和闪长岩;早石炭世花岗岩类(322~336 Ma)具有辉长岩和花岗闪长岩、二长花岗岩组成的类双峰式岩石组合的杂岩体,形成于大陆弧环境,主要分布于抓洛古、塔源;晚石炭世花

岗岩(304~318 Ma)以高 Sr、低 Yb 为特征,指示该区晚石炭世处于加厚地壳背景,主要分布于塔源、甘河,岩性组合为二长花岗岩、片麻状花岗闪长岩和二长花岗岩;中、晚二叠世花岗岩类(254~260 Ma)分布于查干、白鹿岛、八道卡,岩石组合为花岗岩、二长花岗岩、石英闪长岩。

兴安地块晚古生代花岗岩主要形成于2个时期,一是泥盆纪,出露面积较少;二是石炭纪—二叠纪(352~259 Ma),规模较大,多属于I型花岗岩,沿黑河—贺根山缝合带呈北东向展布。兴安地块的大兴安岭地区中泥盆世花岗岩类(384 Ma)分布于博克图,岩性为闪长岩;晚泥盆世花岗岩类(356~364 Ma)分布于罕达气—新开岭、九三站、罕达盖,岩石

表 4 东北地区晚古生代典型花岗岩体分布
Table 4 Statistics of typical granite of Late Paleozoic in northeast China

地区	年龄/Ma	代表性岩体	
		时代	岩体
辽吉古陆块	320~338	C ₁	海沟、小梨河岩体
	302	C ₂	雁脖岭
	285	P ₁	百里坪岩体
	260~277	P ₂	小捕屯岩、六颗松岩、万宝、大顶子岩体
	251~253	P ₃	龙岩洞岩体
兴安地块 南部林西 地区	358.7	D ₃	林西-赤峰
	321~354	C ₁	杜社也图、金星、白音高勒、达其浑迪、毛山东
	301~316	C ₂	梅林达巴、米生庙、乌兰沟、锡林格勒
	280~287	P ₁	特勒古特、板山图
	259~276	P ₂	下海苏沟、毛山东、元宝山、前进场、房框子沟、达青牧场、锡林浩特
	250~254	P ₃	毛山东、东荒、双井
额尔古纳 地块	322~-336	C ₁	塔源、抓洛古
	304~318	C ₂	甘河、伊和乌拉、塔源
	259~260	P ₂	白鹿岛、查干银矿
	254	P ₃	八道卡
兴安地块 大兴安岭 地区	381	D ₁	博克图
	356~364	D ₃	罕达气-新开岭、九三站、罕达盖
	320~352	C ₁	塔尔其、梅山岩体、嫩江、狼峰、罕达气-新开岭、博克图-扎兰屯、霍龙门 霍龙门、宝力格、大狼沟、兴安岭顶、免渡河林场、十二站、罕达气-新开岭、宝山、扎兰屯、兴安
	296~319	C ₂	岭西、阿日盖岩体、塔尔气铁矿、兴安、塔尔气、依克特、梅山岩体、原林钼矿、检查站、正达山、卧 都河
	278~295	P ₁	红花尔基二道桥、四站林场、小山屯、劲松桥东、东方红、大黑山、嫩江、霍龙门、五道沟、多宝山、 免渡河林场、博克图-扎兰屯
	259~267	P ₂	松木山、查干银矿、固固河、噶仙镍钴矿、兴安
松嫩地块 小兴安岭- 张广才岭 地区	366~400	D	新田、磐石县呼兰北
	323~352	C ₁	泉眼沟、榆树川、新村屯岩体、后庙岭、新田、磐石县呼兰北
	310~320	C ₂	棉田、梨树、四楞山岩体、伊春新青南沟、海沟岩体
	293	P ₁	大洞
	258~267	P ₂	鹰嘴砬子、青阳岩体、四号林场、三道林场、大架山、鹤岗大驾山、大红石砬子、大岭、白云林场、 放牛沟岩体、大砬子、丰林林场、红石屯岩体、大炕山
	251~257	P ₃	大红石砬子、安逸岩体、石人岩体、柳树河岩体、宝山、尖山子岩体、西大河岩体
佳木斯地块	306~312	C ₂	大安屯、山洞村、柴河、石场
	278~290	P ₁	萝北杜家河、光复屯、岗子沟
	258~275	P ₂	岗子沟、美作、石场、青山、金厂、萝北杜家河
	254~257	P ₃	柴河、岗子沟、楚山、杨田寨南山

注: D—泥盆纪; D₂—晚泥盆世; D₁—早泥盆世; C₂—晚石炭世; C₁—早石炭世; P₃—晚二叠世; P₂—中二叠世; P₁—早二叠世

组合为黑云斜长变粒岩、碎裂岩化二长花岗岩、碱长花岗岩、黑云母角岩、碱长花岗岩、正长花岗岩、黑云母花岗岩;早石炭世花岗岩类(320~352 Ma)分布于塔尔其、梅山岩体、嫩江、狼峰、罕达气—新开岭、博克图—扎兰屯、霍龙门,岩石组合有花岗闪长岩、浅肉红色斜长花岗岩、二长花岗岩、碱长花岗岩、二长花岗岩、片麻岩、中粒角闪花岗岩、正长花岗岩、黑云母长英质糜棱岩、中细粒花岗岩。晚石炭世花岗岩类(296~319 Ma)分布于霍龙门、宝力格、大狼沟、兴安岭顶、免渡河林场、十二站、罕达气—新开岭、宝山、扎兰屯、兴安岭西、阿日盖岩体、塔尔气铁矿、兴安、塔尔气、依克特、梅山岩体、原林钼矿、检查站、正达山、卧都河,岩石组合有二长花岗岩、碱长花岗岩、正长花岗岩、黑云母花岗岩、中粒碱长花岗岩、碎裂闪长岩、碱性花岗岩、似斑状中粒正长花岗岩、中细粒二长花岗岩、粗粒文象花岗岩、灰色石英闪长岩。该区二叠纪花岗岩构造背景表现为后造山地壳伸展减薄的构造环境。早二叠世花岗岩类(278~295 Ma)分布于红花尔基二道桥、四站林场、小山屯、劲松桥东、东方红、大黑山、嫩江、霍龙门、五道沟、多宝山、免渡河林场、博克图—扎兰屯,岩石组合有黑云母花岗岩、二长花岗岩、正长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩、片理化二云绿帘浅粒岩、石英二长闪长岩、似斑状花岗岩、黑云母二长花岗岩、钾长花岗岩;中二叠世花岗岩类(259~267 Ma)分布于松木山、查干银矿、固固河、噶仙镍钴矿、兴安,岩石组合有白云母二长花岗岩、正长花岗岩、花岗岩、正长斑岩、二长花岗岩。

早石炭世松嫩—佳木斯地块与额尔古纳—兴安地块碰撞拼贴,小兴安岭—张广才岭地区早石炭世花岗岩类(323~352 Ma)为同碰撞花岗岩,岩石组合为石英二长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩,分布于泉眼沟、榆树川、新村屯岩体、后庙岭。晚石炭世花岗岩类(310~320 Ma)为陆内弧后环境,指示联合地块拼贴完成,岩石组合为花岗闪长岩、碱长花岗岩、二长花岗岩,分布于棉田、梨树、四楞山、伊春新青南沟、海沟;早二叠世花岗岩类主要分布于大洞;中二叠世花岗岩类(258~267 Ma)分布于鹰嘴砬子、青阳、四号林场、三道林场、大架山、鹤岗大驾山、大红石砬子、大岭、白云林场、放牛沟、大砬子、丰林林场、红石屯岩体、大炕山,岩石组合有花岗岩、正长花岗岩、二长花岗岩、碱长花岗岩、蚀变闪

长岩、石英正长岩、似斑状细粒黑云二长花岗岩、中细粒黑云二长花岗岩;晚二叠世花岗岩类(251~257 Ma)分布于大红石砬子、安逸、石人、柳树河、宝山、尖山子、西大河,岩石组合有碱长花岗岩、二长花岗岩、石英闪长岩、细中粒二长花岗岩。

佳木斯地块晚石炭世花岗岩类(306~312 Ma)形成于后碰撞环境,岩性组合为黑云母花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩、花岗岩,分布在大安屯、山洞村、柴河、石场。二叠纪花岗岩类表现为同碰撞型花岗岩,形成于大陆弧环境,可能与西拉木伦河—长春—延吉缝合带发生的同碰撞过程有关。早二叠世花岗岩类(278~290 Ma)分布在萝北杜家河、光复屯、岗子沟,岩石组合为二长花岗岩、文象花岗岩、中细粒似斑状含黑云母二长花岗岩、细中粒二长花岗岩;中二叠世花岗岩类(258~275 Ma)分布于岗子沟、美作、石场、青山、金厂,岩石组合有花岗闪长岩、二长花岗岩;晚二叠世花岗岩类(254~257 Ma)分布于柴河、岗子沟、楚山、杨田寨南山,岩石组合有片麻状花岗岩、二长花岗岩、正长花岗岩、花岗闪长岩。

3 前中生代花岗岩类时空分布特点

(1)太古宙(2501~3265 Ma)是华北克拉通基底形成与生长时期,额尔古纳地块和兴安地块基底形成于新太古代末期。迁西期花岗岩类(3321~3265 Ma)分布于华北古陆之上的辽东鞍山、清原、辽西建平、锦州、辽南大连地区和吉南地区,岩石组合主要为英云闪长岩—奥长花岗岩—花岗闪长岩的TTG岩系。阜平期花岗岩类(3157~2914 Ma)亦分布于华北古陆之上,岩石组合为片麻状花岗岩和奥长花岗岩。五台期花岗岩类(2676~2501 Ma)空间上除出露于华北克拉通的冀辽陆块及龙岗陆块外,近来在位于松嫩地块上的龙江县大泉子屯也有发现。

(2)辽河期花岗岩类(2479~1808 Ma)岩浆活动是哥伦比亚超大陆聚合和裂解事件的产物,分布于辽吉古陆、兴安地块北部、松嫩地块西缘及佳木斯地块之上,岩石组合为TTG系列、条痕状花岗杂岩,以及以黑云母—白云母二长花岗质为代表的G1G2花岗岩组合。

(3)晋宁期花岗岩类(1773~792 Ma)空间上分布在辽吉古陆块、额尔古纳地块、兴安地块、松嫩地

块、佳木斯地块之上,岩石组合为石英闪长岩、辉石正长岩、二长花岗岩和巨斑花岗岩。辽吉古陆块花岗岩类时代分布于 1769~1773 Ma 之间;额尔古纳地块上时代主要分布于 927~792 Ma 之间;兴安地块上时代主要分布于 816~808 Ma;松嫩地块上时代主要分布于 917~841 Ma 之间。

(4)兴凯期花岗岩类(777~624.1 Ma)空间上零星分布于各地块之上。额尔古纳地块花岗岩类时代分布于 737~725 Ma 之间;兴安地块目前只有 624.1 Ma 数据,松嫩地块只有 757 Ma 数据,佳木斯地块时代分布于 777~706 Ma 之间;岩石组合有闪长岩、石英闪长岩、石英二长闪长岩、花岗岩、二长花岗岩、辉长岩等。

(5)加里东期花岗岩类(530~435 Ma)主要分布于东北地区的北部,这主要与北部额尔古纳地块与兴安地块的碰撞拼贴和佳木斯地块与松嫩地块的碰撞拼贴相关。额尔古纳地块花岗岩形成时代为 517~447 Ma;兴安地块花岗岩形成时代为 501~435 Ma,主要为奥陶纪;松嫩地块花岗岩形成时代为 500~427 Ma;佳木斯地块花岗岩形成时代为 530~474 Ma。寒武纪—奥陶纪岩浆侵入活动在额尔古纳、小兴安岭—张广才岭和佳木斯地区形成的,岩石组合有辉长岩、石英闪长岩、石英二长岩、闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩、碱长花岗岩等;在大兴安岭北端塔河一带岩石组合有花岗闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩等。

(6)华力西期花岗岩类(416~251 Ma)在空间上几乎遍布于东北地区,时代上主要分布于石炭纪—二叠纪(359~251 Ma)。这与晚古生代经历了额尔古纳—兴安地块与松嫩—佳木斯地块碰撞拼合,以及华北、西伯利亚两板块最终的汇聚闭合相关。空间上主要沿大兴安岭主脊及黑河—嫩江—贺根山缝合带和索伦—西拉木伦—长春—延吉缝合带形成了北东向和东西向岩浆岩带,岩石组合主要有二长花岗岩、花岗闪长岩、正长花岗岩、碱长花岗岩、花岗岩,以及少量的中性岩、基性岩、超基性岩和蛇绿岩。

致谢:本文以东北地区花岗岩地质编图、东北地区重大岩浆事件及其构造背景和成矿作用综合研究和东北显生宙岩浆事件及其构造背景调查与研究3轮项目的基础资料和成果报告为基础写作而成;3轮项目实施历时8年,得到了东北地区长期从事地质工作的李之彤、赵春荆、王五力、张允平等先

生的亲切关怀和指导,吉林大学葛文春教授团队、迟效国教授团队,黑龙江省地质研究总院唐臣、梁科伟,吉林省区域地质矿产调查所于宏斌等同志的参与、帮助,也得到了中国地质调查局科技外事部(前期)及中国地质科学院地质所王涛研究员及其团队张磊、黄河等同志(后期)的指导和大力支持,积累了丰富的资料,提炼了丰硕的成果。笔者谨以此文向多年来一直给予支持和帮助的老师、领导和同志们表示真挚的感谢;同时,向杜玉春博士生和刘洋硕士在 CDR 图件处理上给予的帮助表示感谢。

参考文献

- [1] 洪大卫,王涛,童英.中国花岗岩概述[J].地质评论,2007,53(增刊): 9-16.
- [2] 潘桂棠,陆松年,肖庆辉,等.中国大地构造阶段划分和演化[J].地质学前沿,2016,23(6): 1-23.
- [3] 王五力,郭胜哲.中国东北古亚洲与古太平洋构造域与转换[J].地质与资源,2012,21(1): 27-34.
- [4] 周红英,刘敦一,万渝生,等.鞍山地区 3.3 Ga 岩浆热事件——SHRIMP 年代学和地球化学新证据[J].岩石矿物学杂志,2007,26(2): 123-130.
- [5] 周红英,刘敦一,Nemchik A,等.鞍山地区 3.8Ga 变质石英闪长岩遭受 3.0Ga 构造热事件叠加——来自磷灰石 SHRIMP U-Th-Pb 定年证据[J].地质评论,2007,53(1): 120-124.
- [6] 周红英,刘敦一,万渝生,等.辽宁鞍山地区东山杂岩带 3.3~3.1Ga 期间的岩浆作用——锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J].地质通报,2008,27(12): 2122-2127.
- [7] 万渝生,刘敦一,伍家善,等.辽宁鞍山—本溪地区中太古代花岗质岩石的成因——地球化学及 Nd 同位素制约[J].岩石学报,1998,14(3): 278-288.
- [8] 万渝生,董春艳,颜强,等.华北克拉通早前寒武纪条带状铁建造形成时代——SHRIMP 锆石 U-Pb 定年[J].地质学报,2012,86(9): 1447-1478.
- [9] 李斌,金巍,张家辉,等.鞍山陈台沟地区太古宙花岗岩组成与构造特征[J].世界地质,2013,32(2): 191-200.
- [10] 朱凯,刘正宏,徐仲元,等.鞍山地区东鞍山花岗岩年代学、地球化学特征及成因研究[J].岩石学报,2016,32(2): 590-604.
- [11] 郑培玺,金巍,周燕,等.辽西地区台子里花岗质片麻岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2009,39(3): 455-461.
- [12] 万渝生,耿元生,沈其韩,等.鞍山中太古代铁架山花岗岩中表壳岩包体的地球化学特征及地质意义[J].地质科学,2002,37(2): 143-151.
- [13] 李锦轶,牛宝贵,宋彪,等.黑龙江省东部中太古代碎屑岩浆锆石的发现及其地质意义[J].地球学报,1995,3: 331-333.
- [14] 李俊建,沈保丰.辽吉地区早前寒武纪大陆壳的地质年代学[J].前寒武纪研究进展,2000,23(4): 244-250.

- [15] 万渝生,刘敦一.辽宁弓长岭中太古代片麻状花岗岩和铬云母石英岩的锆石年龄[J].地质论评,1993,39(2): 124-129.
- [16] 万渝生,宋彪,杨淳,等.辽宁抚顺—清原地区太古宙岩石 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J].地质学报,2005,79(1): 78-87.
- [17] 路孝平,吴福元,林景仟,等.辽东半岛南部早前寒武纪花岗岩质岩浆作用的年代学格架[J].地质科学,2004,39(1): 123-138.
- [18] 李俊建,沈保丰,李双保,等.辽北—吉南地区太古宙花岗岩—绿岩带地质地球化学[J].地球化学,1996,25(5): 458-467.
- [19] 李俊建,沈保丰,李双保,等.辽北—吉南早前寒武纪大陆壳的地质特征和演化[J].中国区域地质,1998,17(1): 30-38.
- [20] 徐文权,姜宝军.铁岭地区太古宙花岗岩系地质特征[J].辽宁地质,1994,1/2: 185-190.
- [21] 吴福元,葛文春,孙德有,等.吉林南部太古代花岗岩 Sm-Nd, Rb-Sr 同位素年龄测定[J].岩石学报,1997,13(4): 499-506.
- [22] 葛文春,吴福元,孙德有,等.吉林省南部辉石花岗岩类的构造意义[J].吉林地质,1997,16(2): 51-55.
- [23] 毕守业,张殿发,杨豹.吉林省南部太古宙花岗岩质岩石及其成因探讨[J].吉林地质,1991,3: 12-23.
- [24] 葛文春,孙德有,林强,等.吉林太古宙花岗岩类构造—岩浆演化[J].地质找矿论丛,1996,11(2): 35-43.
- [25] 邵军,李永飞,周永恒,等.中国东北额尔古纳地块新太古代岩浆事件——钻孔片麻状二长花岗岩锆石 LA-ICPMS 测年证据[J].吉林大学学报(地球科学版),2015,45(2): 364-373.
- [26] 钱程,陈会军,陆露,等.黑龙江省龙江地区新太古代花岗岩的发现[J].地球学报,2018,39(1): 27-36.
- [27] 张旗,翟明国.太古宙 TTG 岩石是什么含义?[J].岩石学报,2012,28(11): 3446-3456.
- [28] 林强.太古宙花岗岩研究进展[J].国外前寒武纪地质,1994,67(3): 68-75.
- [29] 沈保丰,彭晓亮,骆辉,等.中国太古宙绿岩带[J].地质学报,1993,67(3): 208-219.
- [30] 邓晋福,吴宗黎,赵国春,等.华北地台前寒武纪花岗岩类、陆壳演化与克拉通形成[J].岩石学报,1999,15(2): 190-198.
- [31] 陈树良,郇彦清,郇志波.辽东地区古元古代侵入岩特征及构造岩浆大陆动力学演化[J].辽宁地质,2001,18(1): 43-52.
- [32] 陈树良,郇彦清,裴世俊.辽宁元古宙侵入岩岩石谱系单位[J].辽宁地质,2001,17(3): 206-212.
- [33] 周建波,张兴洲, Wilde S A, 等.中国东北~500Ma 泛非期孔兹岩带的确定及其意义[J].岩石学报,2011,27(4): 1235-1245.
- [34] 苑风华,彭玉鲸,周晓东,等.中国东北兴蒙—吉黑造山带贝加尔运动、萨拉伊尔运动、兴凯运动及泛非运动等之比较[J].吉林地质,2012,31(4): 1-7.
- [35] 钟富道.我国华北及东北地区前寒武纪岩石 K-Ar 等时年龄[J].地球化学,1975,2: 114-121.
- [36] 程裕淇,钟富道,苏泳覃.中国华北和东北地区的前震旦系[J].地质学报,1973,1: 72-81.
- [37] 张秋生.阿鲁沙国际前寒武纪矿床与构造学术讨论会[J].长春地质学院学报,1988,18(2): 121-123.
- [38] 路孝平,吴福元,林景仟,等.辽东半岛南部早前寒武纪花岗岩质岩浆作用的年代学格架[J].地质科学,2004,39(1): 123-138.
- [39] 路孝平,吴福元,张艳斌,等.吉林南部通化地区古元古代辽吉花岗岩的侵位年代与形成构造背景[J].岩石学报,2004,20(3): 381-392.
- [40] 任云伟,王惠初,康健丽,等.辽宁营口虎皮峪地区古元古代岩浆事件及地质意义[J].地质学报,2017,91(11): 2456-2472.
- [41] 韩军,夏毓亮.连山关—高家沟花岗岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].铀矿地质,2009,25(4): 214-221.
- [42] 付燕刚,胡古月,李延河,等.辽宁后仙峪硼矿区混合岩的 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄: 对硼矿成矿演化的制约[J].地质论评,2018,64(2): 405-417.
- [43] 林景仟,魏代江,谭东娟,等.辽宁矿洞沟—梁屯元古宙正长岩体的地球化学及成因[J].岩石矿物学杂志,2000,19(1): 19-26.
- [44] 蔡剑辉,阎国翰,牟保磊,等.辽宁盖县梁屯—矿洞沟碱性正长岩杂岩体的 U-Pb 和 Sm-Nd 年龄及其地质意义[J].岩石学报,2002,18(3): 349-354.
- [45] 杨进辉,吴福元,谢烈文,等.辽东矿洞沟正长岩成因及其构造意义: 锆石原位微区 U-Pb 年龄和 Hf 同位素制约[J].岩石学报,2007,23(2): 263-276.
- [46] 赵岩,张朋,吕骏超.辽东盖县矿洞沟地区四张碾子花岗岩锆石 U-Pb 年龄及意义[J].地质学报,2015,89(增刊): 56-57.
- [47] 彭游博,王恩德.辽南梁屯—矿洞沟古元古代岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及岩石地球化学特征[J].科学技术与工程,2018,18(20): 41-50.
- [48] 辽宁省地质矿产局.辽宁省区域地质志 [M].北京:地质出版社,1989.
- [49] 路孝平,吴福元,郭敬辉,等.通化地区古元古代晚期花岗岩质岩浆作用与地壳演化[J].岩石学报,2005,21(3): 721-736.
- [50] 杨明春,陈斌,闫聪.吉南地区古元古代双岔巨斑状花岗岩成因及其构造意义: 岩石学、年代学、地球化学和 Sr-Nd-Hf 同位素证据[J].岩石学报,2015,31(6): 1573-1588.
- [51] 曾庆栋,沈远超,戴新义,等.吉林省金城洞地区元古宙花岗岩地质地球化学特征[J].地质勘探,2001,37(1): 19-81.
- [52] 秦秀峰,刘旭光,匡永生,等.德尔布干成矿带中段新元古代正长岩—花岗岩岩体的地球化学特征及成因[J].兰州大学学报(自然科学版),2007,43(5): 11-18.
- [53] 李彦珍,陈能松,夏小平,等.莫河花岗岩的锆石 U-Pb 和 Lu-Hf 同位素研究: 柴北欧龙布鲁克微陆块始古元古代岩浆作用年龄和地壳演化约束[J].岩石学报,2007,23(2): 513-522.
- [54] 王忠,安春杰,邵军,等.大兴安岭莫尔道嘎地区新元古代巨斑状碱长花岗岩地球化学特征[J].地质与资源,2005,14(3): 187-192.
- [55] 表尚虎,郑卫政,周兴福.大兴安岭北部锆石 U-Pb 年龄对额尔古纳地块构造归属的制约[J].地质学报,2012,86(8): 1262-1272.
- [56] Wu F Y, Sun D Y, Ge W C, et al. Matthew L. Grant, Simon A. Wilde, Bor-Ming Jahn. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41: 1-30.
- [57] Gou J, Sun D Y, Ren Y S, et al. Petrogenesis and geodynamic setting of Neoproterozoic and Late Paleozoic magmatism in the Manzhouli-Erguna area of Inner Mongolia, China: Geochronological, geochemical and Hf isotopic evidence [J]. Journal of Asian Earth

- Sciences, 2013, 67/68: 114–137.
- [58] 赵硕, 许文良, 王枫, 等. 额尔古纳地块新元古代岩浆作用: 锆石 U-Pb 年代学证据[J]. 大地构造与成矿学, 2016, 40(3): 559–573.
- [59] 余宏全, 李进文, 向安平, 等. 大兴安岭中北段原岩锆石 U-Pb 测年及其与区域构造演化关系[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 571–594.
- [60] 陈岳龙, 李大鹏, 刘长征, 等. 大兴安岭的形成与演化历史: 来自河漫滩沉积物地球化学及其碎屑锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成的证据[J]. 地质学报, 2014, 88(1): 1–14.
- [61] 那福超, 宋维民, 刘英才, 等. 大兴安岭扎兰屯地区前寒武纪变质岩系年龄及其构造意义[J]. 地质通报, 2018, 37(9): 1607–1619.
- [62] 孙巍, 迟效国, 宋维民, 等. 对兴安地块前寒武纪变质基底的质疑——来自大兴安岭地区“前寒武纪”变质岩系锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学证据[J]. 地质评论, 2017, 63(增刊): 293–294.
- [63] 张明, 王忠, 孟二根, 等. 内蒙古大兴安岭北部新元古代花岗岩岩石地球化学特征及构造意义[J]. 地质与资源, 2006, 15(2): 98–107.
- [64] 徐备, 赵盼, 鲍庆中, 等. 兴安造山带前中生代构造单元划分初探[J]. 岩石学报, 2014, 30(7): 1841–1857.
- [65] 赵海滨, 韩振哲, 刘旭光. 大兴安岭阿龙山地区花岗片麻岩的同位素年龄与超大陆[J]. 华东理工学院学报, 2005, 28(4): 313–316.
- [66] 表尚虎, 李仰春, 何晓华, 等. 黑龙江省塔河绿林林场一带兴华渡口群岩石地球化学特征[J]. 中国区域地质, 1999, 18(1): 28–33.
- [67] 苗来成, 刘敦一, 张福勤, 等. 大兴安岭韩家园子和新林地区兴华渡口群和扎兰屯群锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J]. 科学通报, 2007, 52(5): 591–601.
- [68] 周建波, 王斌, 曾维顺, 等. 大兴安岭地区扎兰屯变质杂岩的碎屑锆石 U-Pb 年龄及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 2014, 30(7): 1879–1888.
- [69] 郭宇飞, 杨言辰, 韩世炯, 等. 大兴安岭北部凤凰山地区英云闪长岩地球化学特征与锆石 U-Pb 定年[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(5): 1406–1417.
- [70] 孙立新, 任邦方, 赵凤清, 等. 额尔古纳地块太平川巨斑状花岗岩的锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素特征[J]. 地学前缘, 2012, 19(5): 114–122.
- [71] 孙立新, 任邦方, 赵凤清, 等. 内蒙古额尔古纳地块古元古代末期的岩浆记录——来自花岗片麻岩的锆石 U-Pb 年龄证据[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 341–352.
- [72] Tang J, Xu W L, Wang F, et al. Geochronology and geochemistry of Neoproterozoic magmatism in the Erguna massif, NE China: Petrogenesis and implications for the breakup of the Rodinia supercontinent[J]. Precambrian Research, 2013, 224: 597–611.
- [73] 吴福元, Wilde S A, 孙德有. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针 U-Pb 年龄[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 443–452.
- [74] Wilde S A, 吴福元, 张兴洲. 中国东北麻山杂岩晚泛非期变质的锆石 SHRIMP 年龄证据及全球大陆再造意义[J]. 地球化学, 2001, 30(1): 35–50.
- [75] 颜炳强, 张福勤, 苗来成, 等. 东北牡丹江地区“黑龙江群”中斜长角闪岩与花岗岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质学意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(6): 1237–1250.
- [76] 颜炳强, 苗来成, 陈福坤, 等. 黑龙江东南部穆棱地区“麻山群”的特征及花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年——对佳木斯地块最南缘地壳演化的制约[J]. 地质通报, 2008, 27(12): 2127–2137.
- [77] 吴才来, 陈安泽, 高前明, 等. 东北伊春地区桃山古元古代花岗岩的发现[J]. 地质学报, 2010, 84(9): 1324–1332.
- [78] 吕长禄, 冯俊岭, 郑卫政, 等. 佳木斯地块角闪黑云花岗质片麻岩的锆石定年及其地质学意义: 新元古代结晶基底的证据[J]. 地球学报, 2014, 23(增刊 2): 127–132.
- [79] 杨浩, 葛文春, 赵国春, 等. 佳木斯-兴凯地块新元古代花岗片麻岩及泛非期 S 型花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2015, 45(S1): 1503–1544.
- [80] Yang H, Ge W C, Chen H J, et al. The Neoproterozoic-early Paleozoic evolution of the Jiamusi Block, NE China and its East Gondwana connection: Geochemical and zircon U-Pb-Hf isotopic constraints from the Mashan Complex [J]. Gondwana Research, 54 (2018): 102–121.
- [81] 裴福萍, 许文良, 杨德彬, 等. 松辽盆地基底变质岩中锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 科学通报, 2006, 51(24): 2881–2887.
- [82] 王颖, 张福勤, 张大伟, 等. 松辽盆地南部变闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 科学通报, 2006, 51(15): 1811–1816.
- [83] 权京玉, 迟效国, 张蕊, 等. 松嫩地块东部新元古代东风山群碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 353–365.
- [84] 章凤奇, 陈汉林, 董传万, 等. 松辽盆地北部存在前寒武纪基底的证据[J]. 中国地质, 2008, 35(3): 421–429.
- [85] 郑庆道. 松嫩地块北缘新元古代花岗岩类构造环境的地球化学研究[J]. 地质力学学报, 2001, 7(2): 116–122.
- [86] 张超, 吴新伟, 刘正宏, 等. 松嫩地块西缘前寒武岩浆事件——来自龙江地区古元古代花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学证据[J]. 岩石学报, 2018, 34(10): 3137–3152.
- [87] 周建波, 曾维顺, 曹嘉麟, 等. 中国东北地区的构造格局与演化: 从 500Ma 到 180Ma[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(5): 1298–1329.
- [88] Wilde S A, Dorsett-Bain H L, Liu J. The identification of a Late Pan-African granulite facies event in northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon dating of the Mashan Group at Liu Mao, Heilongjiang Province, China [C]//Proceedings of the 30th International Geological Congress, Beijing, Amsterdam: VSP International Science Publishers, 1997, 17: 59–74.
- [89] Wilde S A, Dorsett Bain H L, Lennon R G. Geological setting and controls on the development of graphite, sillimanite and phosphate mineralisation within the Jiamusi Massif: An exotic fragment of Gondwanaland located in northeastern China? [C]//Dissanayake CB. Gondwana [J]. Gondwana Res., 1999, 2: 21–46.
- [90] Wilde S A, Wu F Y, Zhang X Z. The Mashan complex: SHRIMP U-Pb zircon evidence for a Late Pan-African metamorphic event in NE China and its implications for global continental reconstructions [J]. Geochimica, 2001, 30(1): 35–50.
- [91] Wilde S A, Wu F Y, Zhang X Z. Late Pan-African magmatism in northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon evidence from granitoids in the Jiamusi Massif [J]. Precambrian Research, 2003, 122: 311–327.
- [92] Wilde S A, Wu F, Zhao G. The Khanka Block, NE China, and its

- significance for the evolution of the Central Asian Orogenic Belt and continental accretion [M]. Geological Society, London, Special Publications, 2010, 338: 117–137.
- [93] Zhou J B, Wilde S A, Zhao G C, et al. Was the easternmost segment of the Central Asian Orogenic Belt derived from Gondwana or Siberia: An intriguing dilemma? [J]. Journal of Geodynamics, 2010, 50: 300–317.
- [94] 任留东, 王彦斌, 杨崇辉, 等. 麻山杂岩的两种变质作用及其与花岗岩的关系[J]. 岩石学报, 2012, 28(9): 2855–2865.
- [95] 宋彪, 牛宝贵, 李锦轶, 等. 牡丹江—鸡西花岗岩类同位素地质年代学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 1994, 13(3): 204–213.
- [96] 任留东, 王彦斌, 杨崇辉, 等. 麻山杂岩的变质-混合岩化作用和花岗岩岩浆活动[J]. 岩石学报, 2010, 26(7): 2005–2014.
- [97] 牛延宏, 王兴, 李旭东, 等. 黑龙江省伊春地区中寒武世细中粒二长花岗岩 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 中国地质调查, 2015, 2(6): 26–33.
- [98] 乔健, 梁金鹏, 许文良, 等. 佳木斯地块北部早古生代沉积建造的时代与物源: 来自岩浆和碎屑锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素的制约[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2018, 48(1): 118–131.
- [99] 温泉波, 刘永江, 李伟民, 等. 佳木斯地块花岗岩片麻岩的独居石年龄及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38(2): 187–1193.
- [100] 万渝生, 颜炳强, 王惠初, 等. 冀东地区始太古代早期-冥古宙锆石发现[J]. 地质学报, 2021, 95(2): 277–291.
- [101] 许文良, 王枫, 孟恩, 等. 黑龙江省东部古生代—早中生代的构造演化: 火成岩组合与碎屑锆石 U-Pb 年代学证据[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(5): 1378–1389.
- [102] 陈雷, 孙景贵, 陈行时, 等. 张广才岭东侧英城子金矿区花岗岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 地质学报, 2009, 83(9): 1327–1334.
- [103] 刘建峰, 迟效国, 董春燕, 等. 小兴安岭东部早古生代花岗岩的发现及其构造意义[J]. 地质通报, 2008, 27(4): 534–544.
- [104] 魏连喜, 孙丰月, 薛明轩, 等. 小兴安岭东南部晨明地区早古生代花岗岩锆石 U-Pb 年龄及岩石地球化学特征[J]. 世界地质, 2013, 32(2): 229–236.
- [105] 陈行时, 张朋, 孙景贵, 等. 张广才岭英城子金矿区早古生代花岗岩的元素地球化学特征、岩石成因及构造意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(2): 440–447.
- [106] Wang F, Xu W L, Meng E, et al. Early Paleozoic amalgamation of the Songnen - Zhangguangcai Range and Jiamusi massifs in the eastern segment of the Central Asian Orogenic Belt: Geochronological and geochemical evidence from granitoids and rhyolites[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 49: 234–248.
- [107] 陈雷, 孙景贵, 陈行时, 等. 张广才岭东侧英城子金矿区花岗岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 地质学报, 2009, 83(9): 1327–1334.
- [108] 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.
- [109] 隋振民, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭东北部哈拉巴奇花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其成因[J]. 世界地质, 2006, 25(3): 229–237.
- [110] 汪岩, 任风和, 周幸福, 等. 黑龙江省呼中地区早寒武世花岗岩构造环境的地球化学研究[J]. 现代地质, 2005, 19(1): 141–146.
- [111] 张炯飞, 庞庆邦, 朱群, 等. 内蒙古白音宝力道花岗岩斑岩锆石 U-Pb 定年——白音宝力道金矿成矿主岩的形成时代[J]. 地质通报, 2004, 23(2): 189–194.
- [112] 刘敦一, 简平, 张旗, 等. 内蒙古图林凯蛇绿岩中埃达克岩 SHRIMP 测年: 早古生代洋壳消减的证据[J]. 地质学报, 2003, 77(3): 317–327.
- [113] 崔根, 王金益, 张景仙, 等. 黑龙江多宝山花岗闪长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 世界地质, 2008, 27(4): 387–397.
- [114] 赵忠海, 曲晖, 李成禄, 等. 黑龙江霍龙门地区早古生代花岗岩的锆石年龄、地球化学特征及构造意义[J]. 中国地质, 2014, 41(3): 773–783.
- [115] 李大鹏, 陈岳龙, 王忠, 等. 内蒙古不同时代花岗岩类 Nd、Pb 同位素特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2010, 24(5): 821–831.
- [116] 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(20): 2278–2288.
- [117] 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): 1239–1247.
- [118] 秦秀峰, 郭原生, 刘旭光, 等. 大兴安岭北部兴凯期花岗岩地球化学特征及构造意义[J]. 甘肃地质学报, 2004, 13(2): 31–38.
- [119] 任邦方, 孙立新, 程银行, 等. 大兴安岭北部永庆林场—十八站花岗岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征[J]. 地质调查与研究, 2012, 35(2): 109–117.
- [120] 秦秀峰, 尹志刚, 汪岩, 等. 大兴安岭北端漠河地区早古生代埃达克质岩特征及地质意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(6): 1501–1511.
- [121] 徐备, 陈斌. 内蒙古北部华北板块与西伯利亚板块之间中生代造山带的结构及演化[J]. 中国科学(D 辑), 1997, 27(3): 227–232.
- [122] 方文昌. 吉林省花岗岩类及成矿作用[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1992.
- [123] 于宏斌, 陈会军, 聂立军, 等. 吉林省中泥盆世变质火山岩系的发现: 来自原机房沟(岩)组(群)中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年的证据[J]. 世界地质, 2017, 36(2): 381–391.
- [124] 徐公愉, 李西昆. 延边东南地区晚古生代花岗岩及其与矿化作用的关系[J]. 地质学报, 1966, 46(2): 213–223.
- [125] 范振华, 李绪俊, 梁本胜, 等. 吉林安图海沟岩体岩石地球化学特征及其成岩构造环境[J]. 世界地质, 2012, 31(1): 9–19.
- [126] 时溢, 刘正宏, 徐仲元, 等. 吉林勇新海西期花岗质岩石的同位素年代学及地球化学[J]. 地质与资源, 2013, 22(1): 6–14.
- [127] 张松, 王永彬, 褚少雄. 华北克拉通北缘东段海沟岩体的锆石 U-Pb 年龄、Sr-Nd-Hf 同位素组成及其动力学背景[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 544–566.
- [128] 李超, 马超, 刘东伟, 等. 华北板块北缘东段晚二叠世构造属性: 小梨河高分异 I 型花岗岩地球化学的制约[J]. 吉林地质, 2016, 35(3): 6–11.
- [129] 周静, 李本仙, 梁一鸿, 等. 吉林东部塔东铁矿区雁脖岭岩体和朱敦店岩体的形成时代与构造背景分析[J]. 世界地质, 2016, 35(1): 142–152.
- [130] 张艳斌, 吴福元, 翟明国, 等. 和龙地块的构造属性与华北地台北缘东段边界[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34(9): 795–806.

- [131] 朱永峰,孙世华,毛骞,等.内蒙古锡林格勒杂岩的地球化学研究:从 Rodinia 聚合到古亚洲洋闭合后碰撞造山的历史记录[J]. 高校地质学报,2004,10(3): 343-355.
- [132] 刘建峰,迟效国,张兴洲,等.内蒙古西乌旗南部石炭纪石英闪长岩地球化学特征及其构造意义[J].地质学报,2009,83(3): 365-376.
- [133] 鲍庆中,张长捷,吴之理,等.内蒙古白音高勒地区石炭纪石英闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学及其意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2007,37(1): 15-23.
- [134] 王金芳,李英杰,李红阳,等.内蒙古乌兰沟埃达克岩锆石 U-Pb 年龄及构造环境[J].地质通报,2018,37(10): 1933-1943.
- [135] 关庆彬,刘正宏,陈煜嵩.内蒙古林西地区西耳子黑云母二长花岗岩成因及其地质意义[J].地质论评,2017,63(增刊): 249-250.
- [136] 邵济安,田伟,唐克东,等.内蒙古晚石炭世高镁玄武岩的成因和构造背景[J].地学前缘,2015,22(5): 171-181.
- [137] 江思宏,梁清玲,聂凤军,等.内蒙古林西双井子杂岩锆石 LA-ICP-MS 测年初步研究[J].中国地质,2014,41(4): 1108-1123.
- [138] 鲍庆中,张长捷,吴之理,等.内蒙古东南部晚古生代裂谷区花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].中国地质,2007,34(5): 790-799.
- [139] 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]. Chemical Geology, 2002, 187(1/2): 143-173.
- [140] 江小均,柳永清,彭楠,等.内蒙古克什克腾旗广兴源复式岩体 SHRIMP U-Pb 定年及地质意义讨论[J].地质学报,2011, 85(1): 114-126.
- [141] 徐佳佳,赖勇,崔栋,等.内蒙古前进场岩体岩石学与锆石 U-Pb 年代学研究[J].北京大学学报(自然科学版),2012, 48(4): 617-628.
- [142] 张振强.内蒙古呼伦贝尔盟北部地区花岗岩特征与金矿化的关系[J].贵金属地质,2000,9(4): 206-210.
- [143] 李成禄,曲晖,赵忠海,等.黑龙江霍龙门地区早石炭世花岗岩的锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及构造意义[J].中国地质,2013,40(3): 859-868.
- [144] Ji Z, Ge W C, Yang H, et al. Late Carboniferous-Early Permian high- and low-Sr/Y granitoids of the Xing'an Block, northeastern China: Implications for the late Paleozoic tectonic evolution of the eastern Central Asian Orogenic Belt[J]. Lithos, 2018, 322: 179-196.
- [145] Tian D X, Yang H, Ge W C, et al. Petrogenesis and tectonic implications of Late Carboniferous continental arc high-K granites in the Dongwuqi area, central Inner Mongolia, North China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2018, 167: 82-102.
- [146] 钱程,陆露,秦涛,等.大兴安岭北段扎兰屯地区晚古生代早期花岗岩岩浆作用——对额尔古纳-兴安地块和松嫩地块拼合时限的制约[J].地质学报,2018,92(11): 2190-2213.
- [147] 赵迪,纪政,杨浩,等.大兴安岭北段博克图地区晚石炭世花岗岩的成因:来自锆石 U-Pb 年龄、地球化学及 Lu-Hf 同位素证据[J].世界地质,2018,37(3): 712-724.
- [148] 谢健,景妍,纪政,等.大兴安岭北段免渡河地区早二叠世二长花岗岩地球化学特征及构造意义[J].世界地质,2018,37(2): 352-363.
- [149] 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.
- [150] 梁科伟,李成禄,张立东,等.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[J].地质与资源,2012,21(2): 181-187.
- [151] 崔芳华,郑常青,徐学纯,等.大兴安岭全胜林场地区晚石炭世岩浆活动研究:对兴安地块与松嫩地块拼合时间的限定[J].地质学报,2013,87(9): 1247-1263.
- [152] 张超,刘正宏,徐仲元,等.大兴安岭五一林场花岗岩体地球化学特征及成因[J].地质通报,2013,32(3): 365-373.
- [153] 郭奎城,张文龙,杨晓平,等.黑河市五道沟地区早二叠世 A 型花岗岩成因[J].吉林大学学报(地球科学版),2011,41(4): 1077-1083.
- [154] 代宇,刘江领,刘旭光,等.黑龙江多宝山地区大岔子正长花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].地质与资源,2012,21(2): 188-196.
- [155] 张立东,李成禄,徐国战,等.黑龙江多宝山地区二长闪长岩元素地球化学、SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学及构造背景研究[J].矿物学报,2011, (S1): 664-665.
- [156] 鞠文信,苏士杰,白翠霞,等.大兴安岭乌尔旗汉地区晚石炭世半拉山序列侵入岩特征[J].地质与资源,2005,14(3): 161-166.
- [157] 郑萍,张永正,李振祥,等.大兴安岭中段牙都乌拉山地区石炭纪辉长岩特征及形成环境[J].地质与资源,2008,17(4): 250-255.
- [158] 高峰,郑常青,姚文贵,等.大兴安岭北段扎兰屯哈多河“花岗质糜棱片麻岩”年代学及地球化学特征研究[J].地质学报,2013, 87(9): 1277-1292.
- [159] 赵芝,迟效国,刘建峰,等.内蒙古牙克石地区晚古生代弧岩浆岩:年代学及地球化学证据[J].岩石学报,2010,26(11): 3245-3258.
- [160] 张磊,吕新彪,刘阁,等.兴蒙造山带东段大陆弧后 A 型花岗岩特征与成因[J].中国地质,2013,40(3): 869-885.
- [161] 王子进,许文良,裴福萍,等.兴蒙造山带南缘东段中二叠世末—早三叠世镁铁质岩浆作用及其构造意义——来自锆石 U-Pb 年龄与地球化学的证据[J].地质通报,2013,32(2-3): 374-388.
- [162] 许文良,孙德有,尹秀英.大兴安岭海西期造山带的演化:来自花岗质岩石的证据[J].长春科技大学学报,1999,29(4): 319-323.
- [163] 赵芝.大兴安岭北部晚古生代岩浆作用及其构造意义[D].吉林大学博士学位论文,2011.
- [164] 任子慧,和钟铎,王清海,等.大兴安岭中北段雅尔根楚地区晚古生代花岗岩的成因及其地质意义[J].世界地质,2017,36(1): 41-53.
- [165] 张健,陈井胜,李泊洋,等.内蒙古塔尔气地区晚古生代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素特征[J].世界地质,2011,30(4): 521-531.
- [166] 费平,邵学峰,刘爽,等.内蒙古头道桥地区古生代花岗岩成因及形成环境[J].地质与资源,2014,25(增刊): 96-101.
- [167] 汪岩,付俊彧,杨帆,等.嫩江-黑河构造带收缩与伸展——源自晚古生代花岗岩类的地球化学证据[J].吉林大学学报(地球科学版),2015,45(2): 374-388.
- [168] 郭峰,白志达,李路路.兴安岭伊尔施地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].中国矿业,2014,23(5): 82-89.
- [169] 郭支涛,梁一鸿,冯坚,等.小兴安岭东段晚古生代花岗岩体的厘定及其地质意义[J].地质通报,2015,34(5): 877-883.
- [170] 赵院冬,赵君,王奎良,等.小兴安岭西北部晚石炭世造山后达音河岩体的特征及其地质意义[J].岩石矿物学杂志,2013,32(1): 63-72.
- [171] 赵寒冬,刘勇,邓晋福,等.小兴安岭伊春地区环斑花岗岩组合特征及其地质意义[J].中国地质,2009,36(3): 658-668.

- [172] 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.
- [173] 李竞妍, 郭锋, 李超文, 等. 东北地区晚古生代-中生代 I 型和 A 型花岗岩 Nd 同位素变化趋势及其构造意义[J]. 岩石学报, 2014, 30(7): 1995-2008.
- [174] 华永成, 赵振荃, 熊鹏磊, 等. 黑龙江宝清地区早二叠世二长花岗岩年代学及地球化学特征[J]. 现代矿业, 2016, 565(5): 136-141.
- [175] 朱莹, 杨浩, 董玉, 等. 黑龙江东部依兰珠山变辉长岩的年代学、地球化学及其构造意义[J]. 世界地质, 2017, 36(2): 413-427.
- [176] 黄映聪, 任东辉, 张兴洲, 等. 黑龙江省东部桦南隆起美作花岗岩的锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38(4): 631-638.
- [177] 赵亮亮, 王宗起, 张兴洲. 黑龙江省东部马家街群碎屑锆石年代学及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 2014, 30(6): 1769-1779.
- [178] 赵立国, 王建民, 王磊, 等. 黑龙江省东部依兰地区金沟花岗岩的锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 地质与资源, 2016, 25(5): 436-442.
- [179] 孟恩, 许文良, 裴福萍, 等. 黑龙江省东部中泥盆世火山作用及其构造意义——来自岩石地球化学、锆石 U-Pb 年代学和 Sr-Nd-Hf 同位素的制约[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(5): 883-900.
- [180] 杨文鹏, 赵超, 尹国良, 等. 黑龙江塔溪地区晚古生代后造山花岗岩特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2016, 30(6): 1244-1253.
- [181] 吕长禄, 肖庆辉, 冯俊岭, 等. 黑龙江依兰地区变玄武岩及变堆晶辉长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 2016, 35(7): 1081-1094.
- [182] 于介江, 侯雪刚, 葛文春, 等. 佳木斯地块东北缘早二叠世六连岩体的岩浆混合成因: 岩相学、年代学和地球化学证据[J]. 岩石学报, 2013, 29(9): 2971-2986.
- [183] 蒲建彬, 张兴洲, 郭冶, 等. 佳木斯地块东部二叠纪方山花岗岩体的锆石 U-Pb 年代学、地球化学特征及其地质意义[J]. 世界地质, 2015, 34(4): 903-913.
- [184] 毕君辉, 葛文春, 张彦龙, 等. 佳木斯地块东部二叠纪锦山花岗岩杂岩体的成因及其地质意义[J]. 地球科学与环境学报, 2014, 36(4): 16-31.
- [185] 张磊, 李秋根, 史兴俊, 等. 佳木斯地块中部二叠纪永清花岗闪长岩的锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2013, 32(6): 1022-1036.
- [186] 杨浩, 张彦龙, 陈会军, 等. 兴凯湖花岗杂岩体的锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 世界地质, 2012, 31(4): 621-630.
- [187] 邵济安, 王友, 唐克东. 有关内蒙古西拉木伦带古生代—早中生代构造环境的讨论[J]. 岩石学报, 2017, 33(10): 3002-3011.
- [188] 曾振, 张兴洲, 周建波, 等. 跃进山杂岩中二叠纪变玄武岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2017, 42(2): 365-378.
- [189] 陈会军, 钱程, 庞雪娇, 等. 东北地区花岗岩地质图(1: 150 000 0)编图及其说明[J]. 地质与资源, 2016, 25(6): 505-520.