

东北地区花岗岩地质图(1:1 500 000)编图及其说明

陈会军¹, 钱 程¹, 庞雪娇¹, 赵春荆¹, 李之彤¹, 刘世伟¹, 崔天日¹, 孙 巍¹,
迟效国², 葛文春², 张彦龙², 王利民², 于宏斌³, 唐 臣⁴, 梁科伟⁴

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心(沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110034);

2. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 3. 吉林省区域地质矿产调查所, 吉林 长春 130012;

4. 黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036

摘 要 在收集前人资料和最新区调及科研成果文献的基础上, 梳理厘定公开发表文献的花岗岩岩体同位素年龄数据 1093 个, 硅酸盐数据 772 套, 微量元素数据 627 套, 稀土元素数据 653 套。依据这些数据及最新调查成果编制东北地区花岗岩地质图(1:1 500 000)。该图突出了构造-花岗岩区划作用。此次研究将前中生代构造-花岗岩类划分为 2 个构造花岗岩域、2 个构造花岗岩省和 7 个构造花岗岩区(带), 将中生代构造-花岗岩类划分为 2 个构造花岗岩域、3 个构造花岗岩省和 7 个构造花岗岩区(带), 使得花岗岩类的时空演化特征更加明显。

关键词 东北地区; 花岗岩; 编图 构造花岗岩; 区划

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2016.06.001

COMPILATION AND EXPLANATION OF THE GEOLOGICAL MAP OF GRANITE IN NORTHEAST CHINA (1:1 500 000)

CHEN Hui-jun¹, QIAN Cheng¹, PANG Xue-jiao¹, ZHAO Chun-jing¹, LI Zhi-tong¹, LIU Shi-wei¹, CUI Tian-ri¹, SUN Wei¹,
CHI Xiao-guo², GE Wen-chun², ZHANG Yan-long², WANG Li-min², YU Hong-bin³, TANG Chen⁴, LIANG Ke-wei⁴

1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110034, China; 2. College of Earth Sciences, Jilin University,

Changchun 130061, China; 3. Jilin Institute of Regional Geological and Mineral Resources Survey, Changchun 130012, China;

4. Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin 150036, China

Abstract: The Geological Map of Granite in Northeast China (1:1 500 000) is compiled on the basis of previous literatures and latest achievements of regional geological survey, with 1093 data of isotopic ages of granite, 772 groups of major element analysis data, 627 groups of microelement data and 653 groups of rare earth element data. The map highlights the role of tectonic granite zonation. By this study, the pre-Mesozoic tectonic granite is divided into 2 tectonic granite domains, including 2 tectonic granite provinces and 7 tectonic granite zones. The Meso-Cenozoic tectonic granite is divided into 2 tectonic granite domains, with 3 tectonic granite provinces and 7 tectonic granite zones. With this result, the spatial and temporal evolution characteristics of the granite are more obvious.

Key words: Northeast China; granite; map compilation; tectonic granite; zonation

收稿日期: 2016-03-13 修回日期: 2016-04-29 编辑: 张哲

基金项目: 中国地质调查局项目“东北地区花岗岩地质编图”(1212011121084); “东北重大岩浆事件及其成矿作用与构造背景综合研究”(12120114085601)。

作者简介: 陈会军(1967—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查工作, 通信地址: 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//

chjcc@126.com

0 引言

东北地区岩浆岩分布广泛. 20 世纪 50~70 年代开展的中小比例尺区域地质调查工作中, 对岩浆岩的调查研究, 因找矿需要, 只对基性-超基性岩类曾作过较深入的调查研究, 而对广泛分布的花岗岩类进行较全面的调查研究, 则陆续开展于 20 世纪 70 年代后期至 90 年代. 辽宁 (1981~1985) 对全省侵入岩与矿产作了专题研究, 共划分出鞍山、吕梁、四堡、兴凯、加里东、华力西、印支、燕山期各时代侵入岩, 将花岗岩成因类型划分为幔源型、同熔型和重熔型 3 种^[1]. 此间, 刘敦一等在鞍山发现了 3.8 Ga 亿年的花岗岩质变质深成侵入体^[2], 对前寒武纪花岗岩类也有较多研究与论述. 方文昌等发表了“吉林省花岗岩类图”^[3]. 吉林省对全省显生宙以来的花岗岩类及成矿作用专门立项研究, 参加单位除局属队所外, 还有长春地质学院. 他们将花岗岩类划分为 I 型、S 型、A 型以及 I-S 型的过渡型, 并讨论了形成环境^[4]. 黑龙江省开展了有关岩浆岩与内生矿产关系的研究^[5]. 沈阳地质矿产研究所李之彤、赵春荆等对东北地区不同时代花岗岩类的分布、时代划分的地质-同位素年龄证据, 岩石学、成因矿物学、岩石-地球化学特征, 稳定同位素组成, 成因类型划分, 形成环境及形成条件等作了全面系统的深入分析和论述^[6-12]. 张理刚和李之彤等根据中生代花岗岩长石铅同位素等资料将东北地区划分为 2 个岩石圈板块和 5 个铅同位素省, 指出花岗岩类铅同位素省的不同取决于基底和地幔组成, 从而拓展了花岗岩类研究的新领域^[13].

进入 21 世纪以来, 许多学者对东北地区的额尔古纳地块、兴安地块、松嫩-张广才岭地块、佳木斯地块、饶河地体、辽源地体以及华北北缘分布的花岗岩类进行了研究, 并发表了大量的研究论文^[14-25]. 本次工作共收集整理花岗岩同位素年龄数据 1 093 个, 硅酸盐数据 772 套, 微量元素数据 627 套, 稀土元素数据 653 套. 这些文献发布的同位素年代数据为编制东北地区花岗岩地质图 (1:1 500 000) 提供了丰富的基础资料.

1 图幅范围

本次编图范围为东经 115~135°, 北纬 39~54°, 中央经线 125°E, 标准纬线 41°N. 编图采用 MapGIS 成图. 行政区划包括辽宁省、吉林省、黑龙江省以及内蒙

古自治区的赤峰市、通辽市、乌兰浩特市和呼伦贝尔市, 面积约 $125 \times 10^4 \text{ km}^2$.

2 编图方法

2.1 编图指导思想

编图项目隶属于“晚古生代以来重大地质事件及成矿研究”计划项目. 因此, 更加重视晚古生代以来的花岗岩时空演化特征.

编图工作的重点是在计划项目总体部署框架内, 以社会经济发展及地质工作的需求为研究导向, 在 GIS 技术支持下, 收集整理分析已有花岗岩资料和地质调查、综合研究的最新成果, 以板块构造学说为指导, 以研究大陆块体离散、汇聚、碰撞、造山的大陆动力学过程为主线, 编制东北地区花岗岩地质图.

2.2 编图遵循的原则

(1) 以板块构造观点和大陆动力学思维为指导思想, 坚持自主创新, 选择既符合我国现阶段工作实际, 又可进行国际交流和对比的原则. 重视分析花岗岩类构造岩石组合与区域大地构造环境及演化的关系, 重视花岗岩形成、演化与成矿作用的关系, 为区域内重大地质问题以及成矿规律与区域矿产资源评价提供基础地质支撑.

(2) 突出地球动力学研究主线, 从侵入岩建造与花岗岩实体出发, 剖析地质作用的时间、空间、物质组成及其动力学环境, 研究其与成矿的关系. 运用将今论古的比较地质学方法论, 突出依据不同尺度、不同建造组合及岩石构造组合划分不同演化阶段的大地构造环境.

(3) 编图工作坚持统一思路、统一方法和统一标准的原则. 图面上表示各种地质体均按有关编制地质图件的规定 (GB 958-99《区域地质图图例》和《1:25 万区域地质调查技术要求》中附录 C) 执行. 对于出露面积过于小的重要地质体或者长度不足表示的重要线状地质体, 采用相对夸大的方法表示.

(4) 花岗岩类的演化过程及其演化阶段的时间尺度, 采用相应的地质时代或同位素年代表示其演化过程及其演化阶段.

(5) 对主图、辅图、图例及图廓外相关的文字说明, 要在有限的平面范围内进行合理配置, 以求结构合理、疏密得当、整洁美观.

(6) 图件在突出专业内容的基础上, 充分注意到服

务于社会的要求,表示方法尽量生动活泼,通俗易懂,尽可能扩大为社会服务的功能。

(7) 图件的计算机编制过程及技术要求要点,严格遵照中国地质调查局制定的《地质图空间数据建库工作指南》有关要求执行。

(8) 主图图面除表示构造单元外,同时表示主要断裂、褶皱及重磁、遥感解译主要断裂。此外,叠加各类矿产要素,编制了东北地区花岗岩类与矿产分布图。花纹、图示、图例、色标、数据库建设均执行“技术要求”。

2.3 编图流程

本次编图以东北地区地质图(1:1 500 000)为底图,综合应用东北三省和大兴安岭地区1:500 000地质图及最新的1:250 000或1:50 000区域地质调查成果基本数据,选取最新、最详细的图件地图资料,提取、核对和修编花岗岩体的边界等信息,合并缩编成新的1:1 500 000比例尺的东北地区花岗岩地质图。

花岗岩体的时代划分标准采用2013年1月发布的国际地层表,将花岗岩体采用的同位素年龄标注于采样位置,未采用的年龄在数据库内存储。然后,将花岗岩体按不同时代和类型,用不同颜色和花纹充填。

此外,根据区内主要地质事件对地层和岩层以时代进行划分归并。

2.4 资料收集

编图所依据的地质资料来源主要如下。

(1) 图面范围内的区域地质报告及附图。其中包括20世纪60~90年代1:200 000区调图幅200幅,1:50 000区调图幅558幅,以及“十五”以来已完成的1:50 000区调图幅60幅和1:250 000区调实测图幅11幅,修测图幅4幅(未收集全)辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古4省、自治区的区域地质志及附图^[1,4-5,25]以及1:250 000潜力评价与花岗岩相关的资料(未公开发表)。

(2) 有关与东北地区花岗岩研究相关的专著^[3,259-267]:《吉林省花岗岩类及成矿作用》与附图,《吉林中部古生代构造-岩浆活动与金银成矿作用》《东亚岩石圈块体地质:上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学》《中国同位素地球化学研究》《中国东部花岗岩》《中国北方花岗岩及其成矿作用论文集》《中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿》《中国典型造山带花岗岩与大陆地壳生长研究》《中国东南部及邻区中新生

代岩浆作用与成矿》《花岗岩 地球动力学意义》等。

(3) 已完成的与花岗岩研究相关的科研报告(未公开发表):《大兴安岭地区成矿带北段基础地质综合研究报告》《辽东-吉南成矿带基础地质综合研究报告》《东北经济区基础地质综合研究报告》《东北地区超基性岩分布及其含矿性报告》《我国北方几省基性超基性岩型磷矿的基本特征报告》《东北地区地质调查基础图件编制与应用综合研究报告》《东北地区1:1 500 000地质图及数据库报告》《大兴安岭地区1:500 000地质图及数据库报告》《辽东-吉南成矿带1:500 000地质图及数据库报告》《吉黑东部花岗岩类地球化学研究报告》等。

(4) 在相关的学术期刊上已发表的论文。主要收集了1989~2013年之间发表的论文。

2.5 资料采用原则

编图主要是展示图幅内花岗岩的时空展布、演化序列。资料主要涉及花岗岩体的出露界线、岩性、出露面积、全岩主量元素和形成时代(同位素年龄值)。将这些资料以统一样式编录于数据库之中,对复杂岩体和不同来源的资料主要采用以下原则进行甄别和选用。

(1) 单个岩体只采用一组数据;复式岩体按不同时代分成多个岩体进行数据收录,并表述于数据库中;同一时代岩性有变化的岩体,尽可能地按不同岩性收录,或者选择出露面积最大者收录。

(2) 花岗岩体的出露边界主要依据1:500 000、1:250 000或1:50 000区域地质调查成果数据,选取最新、最详细的图件地图资料提取。

(3) 鉴于全岩主量元素测试技术在20世纪60年代前已成熟,因此花岗岩体的主量元素数据主要来源于区调报告,以相关专著和论文中的数据资料作为补充;对于目前仍无数据的岩体,则根据“同时期”相邻岩体的属性暂行标注,有待于进一步确认。本次所利用的岩石化学、稀土、微量元素等分析测试结果来自不同时间、不同测试单位,因此其测试结果会有些误差,在利用时酌情进行了处理。

(4) 同位素年龄值的应用和计算参数根据已有的同位素年龄值数据,综合分析各种方法所测定的年龄值来看,虽有差异,但总体上均限定在一定的时间段范围内。

本次原则上采用近10年来的同位素年龄测试数

据来确定或更新时代不确定 (有争议) 岩体的形成时限,如锆石的离子探针法 (SHRIMP U-Pb) 年龄、锆石激光剥蚀法 (LA-ICP-MS U-Pb) 年龄。

另外还采用了少量锆石稀释法 (TIMS) 年龄、全岩 Ar-Ar 法年龄和全岩 K-Ar 法年龄数据,其中 Ar-Ar 法年龄和 K-Ar 法年龄对较新的岩体是可靠的。

对于一些岩体有确切的地质依据,又与年龄相吻合的仍采用了部分锆石、独居石 U-Th-Pb 法模式年龄数据。在未特别说明情况下,锆石均是用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 值,独居石用 $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ 值。

全岩或全岩-矿物 Sm-Nd 法等时线年龄和全岩或全岩-矿物 Rb-Sr 法等时线年龄,原则上不采用。在全岩或全岩-矿物 Rb-Sr 法等时线年龄应用中,在岩体未经后期热蚀变、岩石新鲜、样点 Rb/Sr 比值合乎要求、线性关系好、样点在线上分布合理且没有更可靠的其他年龄数据的情况下,可个别采用。全岩或全岩-矿物 Sm-Nd 法等时线年龄,对于一些时代较老的基性岩,Sm-Nd 等时线法成为可选择的测年方法之一。编图区内有少量全岩或全岩-矿物 Sm-Nd 法等时线年龄分析结果,通过对比,虽然准确性稍差,但部分可供参考利用。

(5) 对同一岩体先后有多次测试方法和测试数据的,选用先进的测试方法和相对可靠的年龄数据,如 SHRIMP U-Pb 年龄、锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄应优先利用。

(6) 同一岩体的同位素年龄值有多种方法或同种方法先后有不同测试数据的,且在地质上尚无法判断其年龄值是否可靠时,暂均列出,供以后工作中参考。

3 图面表达

3.1 岩体的表达

岩体表示方法为“颜色+花纹+符号”的标注方法:

(1) 岩体字体大小为 2×2 ,字体为宋体 (汉字字体为 1 号),黑色。

(2) 岩体时代以填充颜色和符号进行表达,如侏罗纪闪长岩填充颜色为图 1a 所示,侏罗纪闪长岩可以表示为 δJ ,且如有更精确的年龄可以进一步表示到世,如 δJ_1 或 δJ_2 。

(3) 岩性命名及依据参照国标“岩石分类和命名方案—火成岩岩石分类和命名方案 (GB/T 17412.1-1998)”,即 QAPF 分类图。岩体类型由花纹表示,如二长花岗岩

为图 1b 所示。

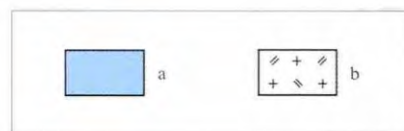


图 1 岩体在花岗岩地质图中的表示

Fig. 1 Legends of rocks in the geological map

a—侏罗纪闪长岩 (Jurassic diorite) b—二长花岗岩 (monzogranite)

(4) 避免岩体名称等地质信息的叠加,必要时以引线表达。

(5) 特殊岩体的表示。在参照“岩石分类和命名方案 QAPF 图”的基础上,对特殊岩体进行表示,原则上仅以代号,即“岩性+时代+特征性矿物名称缩写”表示,不做花纹或颜色的单独填充。此外,这些特征岩体要求代号进行统一,如将含过铝质矿物的岩体代号和碱性暗色矿物岩体的代号统一区分于其余普通岩体的代号。

3.2 地理信息的表达

图中保留基本的地理要素并以单独的文件表示,如保留海洋、湖泊等水系和山峰名称和重要的居民点名称。

3.3 其他地质信息的表达

(1) 区内的地层和岩层以时代进行统一划分,分别表达为太古宇 (A)、元古宇 (P)、下古生界 (P_z)、上下古生界 (P_z)、中生界 (M_z) 和新生界 (C_z)。此外对新生代的特殊地质体进行表达,如新生代玄武岩类 (βC_z) 和新生代粗面岩类 (τC_z)。不同的时代填充不同的颜色表示。最终归并的地 (岩) 层单独以点线面文件表示。

(2) 主要的缝合带和断层保留,其余断层根据图面表达情况进行删减或保留。根据岩体、地质实体的图面表达适当保留不整合界线。断层等重大地质界线单独以点线文件表示。

(3) 应用的测年结果,在图面上标注出采样位置、测年结果及测试方法,最终以单独的点文件表示。

3.4 角图的表达

主要有 3 张角图,分别为东北地区构造单元略图、东北地区新生代构造花岗岩区划图、东北地区前中生代构造花岗岩区划图。

(1) 东北地区构造单元略图根据赵春荆 (2013) 及近年来的潜力评价资料、1:25 万和 1:5 万区域地质调查成果综合研究编制。最终单独以点线面文件表示。

(2) 东北地区前中生代构造区划图和东北地区中新代构造区划图是根据区域构造格架划分、重大地质历史演化及岩浆岩岩石组合、岩浆演化及旋回特征编制,划分构造花岗岩域、构造花岗岩省、构造花岗岩区(带)三级单元(详细论述见④),以不同颜色形式表达岩体的时代。最终单独以点线面文件表示。

4 东北地区构造花岗岩类区划

4.1 构造花岗岩区划思路

随着花岗岩类的成因、形成构造环境的研究逐步深入,其研究成果使我们认识到花岗质岩石的形成与板块构造有着紧密关系。花岗岩类主要生成于威尔逊旋回板块构造模式的中(洋脊形成)、晚(俯冲-造山)、末(碰撞-对接)期(阶段)。中期(阶段)为基性辉长岩类分异生成的极少量大洋斜长花岗岩。晚期(阶段)远离洋中脊的岩石圈(洋壳)不断冷却变重向下沉陷。最后这种大洋边缘岩石圈(洋壳)在挤压作用下破裂,俯冲于被动大陆边缘之下。随后出现了洋缘的海沟和板块俯冲带,被动大陆边缘转化成为活动大陆边缘。在这一构造活动中,俯冲带的出现和俯冲成就了花岗岩类的生成。研究表明,花岗岩大都形成于较大深度,是地壳物质深熔作用的产物,也可能有部分花岗岩是通过热液交代作用使原岩发生花岗岩化而成。其所需的成岩热液(K_2O 、 Na_2O 、 SiO_2 、 H_2O)和热能量是来自板块汇聚地带的俯冲带。这些富含碱和二氧化硅的热流体与俯冲带上覆板块的大陆壳物质发生花岗岩化作用,形成具有一定深度的花岗岩体^[268]。所以可以认为板块的俯冲作用是花岗岩生成的重要条件。板块俯冲作用具有阶段性和俯冲速度变化,表现为在一段地质时期俯冲速度时快时慢,总是向增速方向发展,相应的俯冲作用则随之变化,到了一定时期俯冲速度达到最高,即俯冲作用亦达到最强而发生造山。在这一巨大能量释放之后,俯冲速度转为缓慢、静止,酝酿着下一次的强烈俯冲造山。这一过程即是一个构造旋回或称构造阶段。花岗岩类即生成于构造旋回的末期,标志着这一阶段板块构造活动的结束。末期(阶段)大洋闭合陆-陆对接,发生碰撞造山,生成碰撞花岗岩类,即是陆-陆碰撞造山作用。这时仍有岩浆活动的伴生,其中的侵入岩就会叠加在原有的俯冲岩浆弧之上,常呈分散状的空间分布,有时这些碰撞侵入岩组合亦可能独立成带(即不是分散状分布叠加于岩浆弧之上)。最后,

伴随挤压的碰撞造山作用的结束,陆壳急剧加厚之后,整个造山系必然会隆升和局部伸展,主要以分散状分布于造山系中的过碱性花岗岩-碱性花岗岩组合,这也是碰撞造山过程结束的标志,被称为后造山侵入岩构造组合。上述板块构造旋回与花岗岩类生成关系的观点,是此次构造花岗岩类区划首要参考依据之一。

应该说明的是,本区广泛分布于华北古陆的太古宙花岗岩类受强烈变质作用呈片麻岩状岩石呈现。关于它们的成因,用板块构造理论难于解释。普遍的认识是:它们为“花岗岩化”产物,称其为“变质深成侵入体”。这次构造花岗岩类区划,我们将它们和古生代花岗岩类做统一考虑,没有把它们单独区划出来。

其次,本区构造花岗岩类区划考虑了东北地区的构造格架特征。通过对东北地区的构造格架特征研究,本区前中生代构造格架总体特征显示出一“块带镶嵌结构”构造格局和中生代的“盆岭构造”构造格局。这一研究结果为本区构造花岗岩类区划、区域空间展布研究,提供了基础资料和信息。

第三,本区构造花岗岩类区划还考虑了东北地区构造阶段划分研究特征。划分了3个构造发展阶段,10个构造阶段。自老而新为古陆形成发展阶段,它包含太古宙、元古宙2个构造阶段;古亚洲洋构造域发展阶段,它包含南华纪-震旦纪、早寒武世-晚志留世、末志留世-早石炭世、晚石炭世-早三叠世4个构造阶段;滨太平洋、蒙古-鄂霍次克构造域发展阶段,它们包含中三叠世-早侏罗世、中侏罗世-早白垩世、晚白垩世-古新世、始新世-全新世4个构造阶段。板块构造各构造阶段制约着花岗岩类的生成,花岗岩类则相应地生成于各构造阶段晚期。这为构造花岗岩类区划提供了重要的时空分布研究信息和理论基础。

4.2 构造花岗岩类区划

按照上节所述思路,我们在具体区划中,依据花岗岩时空分布特征、所处大地构造位置、与区域地质构造关系、岩石成因联系、构造岩石类型组合特征等因素,按构造域、构造省、构造区(带)三级单位进行构造花岗岩区划。

为了防止中生代构造花岗岩类区划对前中生代构造花岗岩类区划的干扰,影响后者构造地质内容的表达,我们将本区构造-花岗岩区划按照前中生代和新生代两个断代进行划分。

(i) 前中生代构造花岗岩类区划

本区前中生代经历了古陆形成发展阶段和古亚洲洋构造域发展阶段. 前中生代构造花岗岩类区划由 2 个构造花岗岩域、2 个构造花岗岩省和 7 个构造花岗岩区(带) 构成. 它们是:

华北构造花岗岩域 I

东华北构造花岗岩省 I_a

辽吉构造花岗岩区 I_a¹

林西构造花岗岩区 I_a²

吉中构造花岗岩区 I_a³

西伯利亚构造花岗岩域 II

兴蒙构造花岗岩省 II_a

额尔古纳构造花岗岩区 II_a¹

大兴安岭构造花岗岩区 II_a²

张广才岭构造花岗岩区 II_a³

佳木斯构造花岗岩区 II_a⁴

各构造花岗岩区空间展布表现了华北、西伯利亚两个构造花岗岩域的花岗岩类自南而北、自北而南相向构造增生演化的特征. 其中, 东华北构造花岗岩省(I) 的辽吉构造花岗岩区(I_a) 以赤峰-开原-桦甸-和龙一线为北界, 构造岩石组合为 TTG 和 TG. 林西构造花岗岩区(I_a) 南界为赤峰-法库一线, 东界为开鲁-高力板一线, 北界为阿日昆都楞-白音胡硕一线, 岩石类型有花岗闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩、闪长岩, 构造岩石组合为 GG. 吉中构造花岗岩区(I_a) 北界为长春-吉林-敦化一线, 西界为长春-四平一线, 南界为开原-桦甸-和龙一线, 构造岩石组合为 GG. 兴蒙构造花岗岩省(II) 的额尔古纳构造花岗岩区(II_a) 以呼玛-鄂伦春-海拉尔一线为东界, 构造岩石组合为 GG. 大兴安岭构造花岗岩区(II_a) 的南界为阿日昆都楞-白音胡硕一线, 东界为呼玛-嫩江-白城一线, 构造岩石组合为 TTG 和 TG. 张广才岭构造花岗岩区(II_a) 东界为汤旺河-牡丹江-春化一线, 南界为长春-吉林-敦化一线, 西界为呼玛-嫩江-北安-哈尔滨-长春一线, 构造岩石组合为 TG. 佳木斯构造花岗岩区(II_a) 西界为汤旺河-牡丹江-春化一线, 构造岩石组合为 TTG.

(2) 中生代构造花岗岩类区划

中、新生代构造花岗岩类的生成受滨太平洋构造域所制约, 是众家研究者所公认的. 对东北地区存在蒙古-鄂霍次克构造域这一地质事实, 是近年来对新西伯利亚、东北亚地区地质构造研究中所认识到的. 上黑龙江地区隶属于蒙古-鄂霍次克构造带“上黑龙

江前陆盆地”的存在及三叠纪花岗岩类的确立等也佐证了这一认识^[269]. 因此, 大兴安岭西部地区花岗岩类的生成与蒙古-鄂霍次克构造域的成生关系, 即是此次区划所必须考虑的. 研究表明, 蒙古-鄂霍次克构造域和滨太平洋构造域两者在大兴安岭地区表现有构造叠覆特征. 至今我们还不能确切地划定两者的界线. 根据目前的认识, 我们把内蒙古库都尔地区所出露的侏罗-白垩纪偏碱性花岗岩类(石英正长岩、碱长花岗岩、正长花岗岩) 认为是蒙古-鄂霍次克构造花岗岩域和滨太平洋构造花岗岩域叠加区域, 将蒙古-鄂霍次克构造花岗岩域东部边缘笼统地划在开库康-乌尔其汉-海拉尔-贝尔湖一线.

中新代构造花岗岩类区划由 2 个构造花岗岩域、3 个构造花岗岩省和 7 个构造花岗岩区(带) 构成. 它们是:

滨太平洋构造花岗岩域 I

大兴安岭构造花岗岩省 I_a

蒙东构造花岗岩区 I_a¹

辽西构造花岗岩区 I_a²

东辽吉黑构造花岗岩省 I_b

张广才岭构造花岗岩区 I_b¹

辽东构造花岗岩区 I_b²

太平岭构造花岗岩区 I_b³

完达山构造花岗岩带 I_b⁴

蒙古-鄂霍次克构造花岗岩域 II

蒙古构造花岗岩省 II_a

额尔古纳构造花岗岩带 II_a¹

5 东北地区花岗岩类时空演化特征概述

5.1 太古宙花岗岩类演化特征

太古宙侵入岩分布于华北古陆之上的辽东鞍本、清原, 辽西建平、锦州, 辽南大连地区和吉南地区. 侵入岩以花岗岩类为主体, 伴有基性-超基性岩. 花岗岩类以变质深成侵入体面貌出现于始太古代、古太古代、中太古代及新太古代, 最古老的花岗岩类是始太古代的白家坟奥长花岗岩(3800 Ma)^[2]. 古太古代、中太古代及新太古代的花岗岩类原岩以富钠 TTG 岩系为主, 伴有石英闪长岩. 在新太古代出现了二长花岗岩、碱长花岗岩、正长花岗岩等富钾花岗岩类. 目前, 各家对太古宙的构造环境认识尚不统一, 有的研究者认为新太古代已出现板块构造^[270-274]. 但多数研究者还是认为

地壳形成早期是以广泛分布的硅铝壳为主, 花岗岩类则是受花岗岩化而成^[275-279]。太古宙花岗岩类从老至新表现了从富钠向富钾演化规律, 并具双峰式特征。

5.2 元古宙花岗岩类演化特征

(1) 古元古代花岗岩类演化特征

古元古代在区域伸展构造作用下, 辽东地区随着华北古陆裂解, 形成多岛洋盆。古元古代早期为盆山转换阶段, 地壳处于伸展机制。其后, 构造运动进入高潮, 北部陆块向南部陆块俯冲, 弧-弧碰撞, 洋盆闭合转换成陆, 形成华北古陆第二层克拉通基底。在这一造山过程中, 辽东地区发育大规模岩浆侵入, 其外带发育的 TTG 系列岩性多为条痕状花岗杂岩, 主要沿大石桥-通远堡-宽甸向东延入吉林集安一带呈带状展布。内带分布以黑云母-白云母二长花岗质为代表的 G1G2 花岗岩组合。岩浆演化具 TTG (奥长花岗岩演化趋势) 特点, 由基性-酸性, 并具多次喷发、多韵律演化特点。碰撞造山期 (主造山期), 在挤压收缩机制下, 伴随有大规模岩浆侵入, 岩浆演化由中酸性演化为酸性。造山后期地幔基性岩浆上拱, 并经陆壳混染及分异后形成富碱、酸性岩浆, 显示由基性-酸性演化特点。其早期为拉斑玄武岩系列, 晚期为钙碱性系列, 并由钠质向钾质演化, 这一演化特点标志着陆壳高度成熟。至此古元古代构造岩浆活动结束。华北古陆侵入活动一共发生了 3 次, 大致分为: 基性-超基性, 为最早一次的侵入活动; 第二次为中基性闪长岩类和片麻状石英闪长岩, 构成最强的一次侵入活动。第三次是以中酸性侵入岩为主的侵入活动, 岩性包括英云闪长岩、黑云母正长岩、似斑状石英正长岩、中粗粒石英闪长岩、片麻状石英闪长岩、含斜长石辉石角闪岩。

(2) 中元古代花岗岩类演化特征

中元古代岩浆演化具多旋回特点。岩浆的侵入活动发生了 3 次, 第一次为辉长岩、辉绿岩基性岩墙组合。第二次为双峰式侵入岩组合, 岩石类型为辉长岩、角闪石英岩、石英二长岩、二长花岗岩。第三次以中酸性岩为主, 见有碱性花岗岩分布。岩浆岩沿华北陆块北缘近东西向展布, 以 A 型花岗岩为主体, 并伴随有海相基性火山喷发, 形成于非造山板内拉张环境, 反映此期华北陆块北缘曾发生过裂解。由于壳幔拆离作用, 地幔岩浆上拱, 基底裂解, 在此背景下, 阿哈来 (位于阜新蒙古族自治县) 基性-超基性岩浆和断石洼 (位于朝阳建平县) 偏碱性岩浆上侵形成幔源型花岗岩类。

晚期阶段出现以太平沟 (位于阜新蒙古族自治县)、房胜沟 (位于葫芦岛建昌县) 岩体为代表的碰撞型侵入岩, 标志着裂谷夭亡。岩浆由超基性-基性-中性-碱性-酸性演化。

(3) 新元古代花岗岩类演化特征

新元古代侵入岩处于陆缘活动带构造背景。早期岩浆具拉斑玄武岩系列演化特征, 并由铁质向镁质演化, 晚期岩浆具钙碱系列演化特点, 并由铁镁质向碱质演化。岩浆演化由基性-中性-中酸性-酸性, 由拉斑玄武岩系列向钙碱系列演化。

此时兴蒙造山系侵入岩浆活动比较弱, 但是在局部或者构造活动部位的侵入活动还是比较强烈的, 如额尔古纳-黄火地一带, 分布有大量的闪长岩、石英闪长岩、石英二长闪长岩、花岗岩、二长花岗岩及辉长岩。构成了辉长-闪长岩组合。另有少量石英正长岩、黑云母正长岩、角闪正长岩构成了 G1G2 组合。它们侵入古元古代兴华渡口岩群和南华纪佳疙瘩组, 并被后期侵入岩侵入。

5.3 古生代花岗岩类演化特征

本区古生代为古亚洲洋构造域发展阶段, 经历了华北、西伯利亚板块相向增生-聚合-碰撞-拼合-古亚洲大陆形成历程。与此同时相应的发生了大规模岩浆侵入活动。岩浆演化特点与所处大地构造背景密切相关, 不同构造背景具有不同的演化特征。

早古生代早寒武世-晚志留世构造阶段的寒武纪-奥陶纪岩浆侵入活动, 在额尔古纳构造花岗岩区、张广才岭构造花岗岩区和佳木斯构造花岗岩区, 形成的岩石类型有辉长岩、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寒武纪-奥陶纪侵入岩分布较广, 岩性包括花岗闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩等。花岗闪长岩 U-Pb 年龄为 500 Ma, 岩石普遍糜棱岩化, 为高钾钙碱系列, 岩石组合为 G1G2, 构造环境为活动的陆边缘弧。志留纪到早泥盆世的侵入岩多以中酸性花岗质岩石为主, 少量的辉长岩、角闪辉长岩、蛇纹岩等, 岩石类型主要有蛇绿岩、超基性岩、辉长岩、石英闪长岩、石英二长岩、闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩、碱长花岗岩。

在赤峰市西南存在志留纪侵入岩, 岩性以二长花岗岩和正长花岗岩为主, 呈小岩株分布于山嘴子、赤峰红山英金河北岸。

晚古生代可能是地球发展史中最为活跃时期,本区经历了华北、西伯利亚两板块的会聚碰撞,板块会聚边界即是最重要的侵入岩浆活动范围。在这个发展过程中,有大量的侵入岩活动,致使侵入岩类较为发育。在造山带中可划分出 3 次重要的侵入活动期。

(1) 早石炭世侵入活动期

早石炭世侵入活动多表现在大兴安岭构造花岗岩区内,其他地方所见零星。根据岩石构造组合判断,出露在内蒙古中部地区的中酸性侵入岩,包括花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩及碱性花岗岩,属 G1G2 花岗岩组合和钾质、超钾质的花岗岩组合。推测成岩于陆缘弧的构造环境。

(2) 晚石炭世侵入活动期

晚石炭世侵入岩浆活动达到高潮,所以在多数构造花岗岩区(带)内都见有分布,不论在造山带还是陆块区,该活动期内有 3 次活动。造山带内的活动范围远高于陆块区。造山带中,中酸性侵入岩多分布于大兴安岭构造花岗岩区。

(3) 二叠纪侵入活动期

整个二叠纪处在陆-陆会聚超碰撞构造阶段,致使二叠纪侵入浆活动极其发育。早二叠世,本区中东部发育了大量的中酸性的侵入岩组合,以见有 TTG 组合为代表。中二叠世侵入活动范围进一步扩大,多数岩体呈岩基状分布,少数呈岩株出露。造山系中共有 4 次侵入活动,地块区内同样也存在有 4 次侵入活动的岩石记录。造山系、地块区内的岩性,无大的区别。但是造山系内的岩体分布相对地块区来说比较零散,而地块区内的岩体分布集中,排列也较有规律,大多近东西向排列。晚二叠世侵入活动,在造山带中活动范围趋于增大,活动强度也开始增强。岩性仍以中酸性为主,所见岩性有二长花岗岩、花岗闪长岩、正长花岗岩、碱长花岗岩、碱性花岗岩,以及少量的中性、基性、超基性岩和蛇绿岩。地块区的环境变化较大,岩性由中酸性的 TTG 组合变为二长花岗岩、花岗岩、斑状花岗岩和似斑状二长花岗岩及少量的花岗闪长岩。

5.4 中生代花岗岩类演化特征

(1) 三叠纪花岗岩类演化特征

三叠纪本区已由古亚洲构造域转向环太平洋构造域,在古亚洲板块和泛太平洋板块相互作用下,构造上处于大陆边缘活动带环境,侵入岩浆活动发育。早三叠世形成了正长花岗岩、碱长花岗岩、碱性花岗岩以及

少量的中性、基性、超基性岩。花岗岩类显示生成于拉张环境的过碱性花岗岩-钙碱性花岗岩组合特点。中三叠世侵入岩浆活动不发育,所见侵入岩寥寥。晚三叠世侵入岩浆活动强烈,分布广泛。在张广才岭构造花岗岩区构成一巨大北东走向的花岗岩带。岩石组合为二长花岗岩、花岗闪长岩、花岗岩,以及少量的中性、基性、超基性岩和蛇绿岩。三叠纪侵入岩的构造背景似为造山前富集地幔基性岩浆上涌-陆内造山岩浆分异-地壳重熔-钙碱性岩浆上侵就位-造山后构造崩塌-幔源碱性岩浆上侵等序列性构造岩浆演化的连续过程。

(2) 侏罗纪—白垩纪花岗岩类演化特征

这一时期本区仍处于古亚州板块与泛太平洋板块相互作用的构造背景,是中国东部构造动力体制转换、构造格局改变的重要时期。侏罗纪太平洋板块斜向俯冲至本区之下,本区主要表现为活动大陆边缘性质,板块的持续俯冲造成岩石圈的加厚,并诱发岩石圈拆沉作用,导致大量幔源岩浆底侵,促使地壳发生大规模的部分熔融及地壳深部的韧性变形作用。至白垩纪岩石圈拆沉结束,开始进入造山后伸展构造体制阶段,形成广为发育的变质核杂岩,并形成以北北东向郯庐断裂为代表的变形构造。而岩浆活动主要表现为拉张性质,大量出现双峰模式侵入岩、非造山碱性花岗岩、辉绿岩等。如辽西、辽北地区早、中侏罗世由基性-中性-酸性岩组成,岩性为辉长岩、辉绿岩-闪长岩,石英闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩序列。晚侏罗世至晚白垩世,岩石由中性-中酸性-酸性岩组成,岩性为闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩或花岗闪长岩-花岗岩序列。岩浆具钙碱性演化特征,早、晚侏罗世向钾质演化,中侏罗世早期向钙质演化,晚期向钾质演化。

本区新生代仅见有两个碱性岩体,一个是吉林桦甸南部永胜屯古近纪碱性岩体,规模不大,出露面积为 18 km²,岩石类型为含霓辉石霞石正长岩,Ar-Ar 同位素年龄为 31.7 Ma。另一个是平顶山渐新世碱性岩体,出露面积约为 50 km²,岩石类型为正长斑岩。碱性岩体生成于拉张环境。

致谢:此次编图工作是中国地质调查局下达的地质保障工程“东北地区晚古生代以来重要地质事件与资源前景研究”计划项目所属工作项目。工作过程中得到了中国地质调查局科技外事部的指导和大力支

持,同时也得到了吉林大学地球科学学院、内蒙古自治区、黑龙江省、吉林省、辽宁省诸地调院及其所承担的地调项目有关部门的支持和帮助,沈阳地质调查中心领导和科技外事管理部门为此次编图研究工作的顺利开展提供了支持和保证条件,谨此一并表示深切谢意。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 刘敦一. 中国 38 亿年古陆壳的发现 [J]. 中国地质, 1991 (5): 30-33.
- [3] 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.
- [4] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [5] 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.
- [6] 李之彤, 赵春荆. 内蒙古中部古生代花岗岩类的成因类型及其产出的构造环境 [C]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, 1987 (16): 68-83.
- [7] 赵春荆, 李之彤. 花岗岩类与构造迁移 [J]. 长春地质学院学报, 1988, 18 (1): 35-42.
- [8] 陈作文, 赵春荆, 李之彤, 等. 吉林南部加里东期花岗岩带 [C]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, 1982 (3): 29-46.
- [9] 王有勤, 殷长健, 赵春荆, 等. 黑龙江省东宁县闹枝沟印支期花岗岩的发现及其地质意义 [C]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, 1983 (6): 57-67.
- [10] 李之彤. 吉黑东部地区花岗岩类的时代划分和空间分布 [C]. 中国地质科学院文集, 1981.
- [11] 李之彤, 赵春荆. 黑龙江省东部楚山兴凯期花岗岩闪长岩体的特征和成因 [J]. 岩石学报, 1987, 3 (1): 3-16.
- [12] 李之彤, 赵春荆. 东北北部三叠纪 A 型花岗岩的初步研究 [C]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所集刊, 1992 (1): 96-108.
- [13] 张理刚, 王可法, 陈振胜, 等. 中国东部中生代花岗岩长石铅同位素组成与铅同位素省划分 [J]. 科学通报, 1993, 38 (3): 254-257.
- [14] 葛文春, 林强, 李献华, 等. 大兴安岭北部伊列克得组玄武岩的地球化学特征 [J]. 矿物岩石, 2000, 20 (3): 14-18.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] SUN De-you, WU Fu-yuan, LI Hui-min, et al. Emplacement age of the post-orogenic A-type granites in Northwestern Lesser Xing'an Ranges, and its relationship to the eastward extension of Suolushan-Hegenshan-Zhalaite collisional suture zone [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46 (5): 427-432.
- [18] 赵成弼, 靳克, 齐成栋, 等. 珲春地区早印支期 I-A 型花岗岩系的特征及其大地构造意义 [J]. 吉林地质, 2001, 20 (1): 1-11.
- [19] 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]. 地质与勘探, 2001, 37 (1): 79-81.
- [20] 吴福元, Wilde S A. 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.
- [21] 罗镇宽, 苗来成, 关康, 等. 辽宁阜新排山楼金矿区岩浆岩锆石 SHRIMP 定年及其意义 [J]. 地球化学, 2001, 30 (5): 483-490.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 张艳斌, 吴福元, 李惠民, 等. 吉林黄泥岭花岗岩体的单颗粒锆石 U-Pb 年龄 [J]. 岩石学报, 2002, 18 (4): 475-481.
- [25] 张艳斌, 吴福元, 孙德有, 等. 延边“早海西期”棉花花岗岩和仲坪紫苏辉石闪长岩的单颗粒锆石 U-Pb 定年 [J]. 地质论评, 2002, 48 (4): 424-429.
- [26] SHI Guang-hai, LIU Dun-yi, ZHANG Fu-qin, et al. SHRIMP U-Pb zircon geochronology and its implications on the Xilin Gol complex, Inner Mongolia, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48 (2): 2742-2748.
- [27] 苗来成, 范蔚茗, 翟明国, 等. 金厂沟梁-二道沟金矿田内花岗岩类侵入体锆石的离子探针 U-Pb 年代学及意义 [J]. 岩石学报, 2003, 19 (1): 71-80.
- [28] 武广, 李忠权, 李之彤. 辽西地区早中生代火山岩地球化学特征及成因探讨 [J]. 矿物岩石, 2003, 23 (3): 44-50.
- [29] 武广, 李忠权, 李之彤. 辽西中侏罗统海房沟组埃达克质岩的确认及地质意义 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2003, 30 (5): 457-461.
- [30] 李晓彦, 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元古代岩浆作用年龄和地壳演化约束 [J]. 岩石学报, 2003, 23 (2): 513-522.
- [31] 张炯飞, 朱群, 邵军, 等. 内蒙古八道卡石英闪长岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2003, 33 (4): 430-433.
- [32] 苗来成, 范蔚茗, 张福勤, 等. 小兴安岭西北部新开岭-科洛杂岩锆石 SHRIMP 年代学研究及其意义 [J]. 科学通报, 2003, 48 (22): 2315-2323.
- [33] 施光海, 刘敦一, 张福勤, 等. 中国内蒙古锡林郭勒杂岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学及意义 [J]. 科学通报, 2003, 48 (20): 2187-2192.
- [34] 路孝平, 吴福元, 赵成弼, 等. 通化地区印支期花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其与大别-苏鲁超高压带碰撞造山作用之间的关系 [J]. 科学通报, 2003, 48 (8): 843-849.
- [35] SHI Guang-hai, MIAO Lai-cheng, ZHANG Fu-qing, et al. Emplacement age and tectonic implications of the Xilinhot A-type granite in Inner Mongolia, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49 (7): 723-729.
- [36] MIAO Lai-cheng, FAN Wei-ming, ZHANG Fu-qing, et al. Zircon SHRIMP geochronology of the Xinkailing-Kele complex in the northwestern Lesser Xing'an Range, and its geological implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49 (2): 201-209.
- [37] 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): 31-39.

- [38] 林强,葛文春,吴福元,等. 大兴安岭中生代花岗岩类的地球化学[J]. 岩石学报,2004,20(3): 403-412.
- [39] 李三忠,郝德峰,赵国春,等. 丹东花岗岩的地球化学特征及其成因[J]. 岩石学报,2004,20(6): 116-122.
- [40] 肖成东,张忠良,赵利青. 东蒙地区燕山期花岗岩 Nd-Sr-Pb 同位素及其岩石成因[J]. 中国地质,2004,31(1): 57-63.
- [41] 路孝平,吴福元,张艳斌,等. 吉林南部通化地区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.
- [42] 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浆作用的年代学格架[J]. 地质科学,2004,39(1): 123-138.
- [43] 罗镇宽,李俊建,关康,等. 辽宁凌源柏杖子金矿区花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质调查与研究,2004,27(2): 82-85.
- [44] 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): 189-192.
- [45] 施光海,苗来成,张福勤,等. 内蒙古锡林浩特 A 型花岗岩的时代及区域构造意义[J]. 科学通报,2004,49(4): 384-389.
- [46] 孙德有,吴福元,张艳斌,等. 西拉木伦河—长春—延吉板块缝合带的最后闭合时间——来自吉林大玉山花岗岩体的证据[J]. 吉林大学学报 地球科学版,2004,34(2): 174-181.
- [47] 孙德有,吴福元,高山. 小兴安岭东部清水岩体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定[J]. 地球学报,2004,25(2): 213-218.
- [48] 石玉若,刘敦一,张旗,等. 内蒙古苏左旗地区闪长—花岗岩类 SHRIMP 年代学[J]. 地质学报,2004,78(6): 789-799.
- [49] GE Wen-chun, WU Fu-yuan, ZHOU Chang-yong, et al. Emplacement age of the Tahe granite and its constraints on the tectonic nature of the Ergun block in the northern part of the Da Hinggan Range[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(18): 2097-2105.
- [50] 杜利林,杨淳,万渝生,等. 鞍山小岭子花岗岩地球化学及锆石 SHRIMP 年代学[J]. 岩石矿物学杂志,2005,24(4): 279-285.
- [51] 赵海滨,韩振哲,刘旭光. 大兴安岭阿龙山地区花岗岩片麻岩的同位素年龄与超大陆[J]. 东华理工学院学报,2005,28(4): 313-316.
- [52] 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.
- [53] 周长勇,葛文春,吴福元,等. 大兴安岭北段塔河辉长岩的岩石学特征及其构造意义[J]. 吉林大学学报 地球科学版,2005,35(2): 143-149.
- [54] 葛文春,吴福元,周长勇,等. 大兴安岭中部乌兰浩特地区中生代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 岩石学报,2005,21(3): 749-762.
- [55] 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): 96-106.
- [56] 汪岩,任凤和,周兴福,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.
- [57] 张广良,吴福元. 吉林红旗岭地区造山后镁铁—超镁铁岩体的年代测定及其意义[J]. 地震地质,2005,27(4): 600-608.
- [58] 孙德有,铃木和博,吴福元,等. 吉林省南部荒沟山地区中生代花岗岩 CHIME 定年[J]. 地球化学,2005,34(4): 305-314.
- [59] 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]. 地质前缘,2005,12(2): 263-275.
- [60] 吴福元,杨进辉,柳小明. 辽东半岛中生代花岗岩质浆作用的年代学格架[J]. 高校地质学报,2005,11(3): 305-317.
- [61] 王秀萍,李睿,杨志猛,等. 辽宁省清源县放牛沟含榴白云母花岗岩地质特征及构造环境探讨[J]. 吉林地质,2005,24(3): 3-6.
- [62] 王晓蕊,高山,柳小明,等. 辽西四合屯早白垩世义县组高镁安山岩的地球化学:对下地壳拆沉作用和 Sr-Y 变化的指示[J]. 中国科学 D 辑(地球科学),2005,35(8): 700-709.
- [63] 刘宝山,马永强,吕军,等. 伊春地区上游新村晚三叠世二长花岗岩体成因及就位机制[J]. 地质与资源,2005,14(3): 170-175.
- [64] 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): 187-191.
- [65] 王万军,孙振家,胡祥昭. 内蒙古前进场花岗岩体的地质特征及其构造环境[J]. 地质与勘探,2005,41(2): 35-40.
- [66] 石玉若,刘敦一,张旗,等. 内蒙古苏左旗白音宝力道 Adakite 质岩类成因探讨及其 SHRIMP 年代学研究[J]. 岩石学报,2005,21(1): 143-150.
- [67] 祝洪臣,庞庆邦. 内蒙古中部昌特敖包花岗岩闪长岩单颗粒锆石 U-Pb 定年[J]. 地质与资源,2005,14(1): 5-7.
- [68] 石玉若,刘敦一,简平,等. 内蒙古中部苏尼特左旗富钾花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J]. 地质通报,2005(5): 424-428.
- [69] 路孝平,吴福元,郭敬辉,等. 通化地区元古代晚期花岗岩质浆作用与地壳演化[J]. 岩石学报,2005,21(3): 721-736.
- [70] WANG Ying, ZHANG Fu-qin, ZHANG Da-wei, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of meta-diorite from the basement of the Songliao Basin and its geological significance[J]. Chinese Science Bulletin, 2006,51(15): 1877-1883.
- [71] 张玉涛,张连昌,英基丰,等. 大兴安岭北部扎兰屯脉岩群的地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石学报,2006,22(11): 2733-2742.
- [72] 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): 229-236.
- [73] 张永北,孙世华,毛骞. 大兴安岭南段东麓中生代 O 型埃达克质火山岩及其成因、古构造环境和找矿意义[J]. 岩石学报,2006,22(9): 2289-2304.
- [74] 程瑞玉,吴福元,葛文春,等. 黑龙江省东部饶河杂岩的就位时代与东北东部中生代构造演化[J]. 岩石学报,2006,22(2): 353-376.
- [75] 李伍平. 辽西北票早侏罗世兴隆组英安岩的地球化学特征[J]. 岩石学报,2000,22(6): 1608-1616.
- [76] 吴福元,杨进辉,张艳斌,等. 辽西东南部中生代花岗岩时代[J]. 岩石学报,2006,22(2): 315-325.
- [77] 张晓晖,张宏福,汤艳杰,等. 内蒙古中部锡林浩特—西乌旗早三叠世 A 型酸性火山岩的地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石学报,2006,22(11): 2769-2780.
- [78] 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.
- [79] GAO Fu-hong, XU Wen-liang, YANG De-bin, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating from granitoids in southern basement of Songliao basin: Constraints on ages of the basin basement[J]. Science in China (Series D (Earth Sciences)), 2007,50(7): 995-1004.
- [80] 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.

- [81] 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.
- [82] 隋振民, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭东北部侏罗纪花岗岩类锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及成因 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (2): 461-480.
- [83] 刘伟, 潘小菲, 谢烈文, 等. 大兴安岭南段林西地区花岗岩类的源岩地壳生长的时代和方式 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (2): 441-460.
- [84] 杨进辉, 吴福元, 柳小明, 等. 辽东半岛小黑山岩体成因及其地质意义: 锆石 U-Pb 年龄和铅同位素证据 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2007, 26 (1): 29-43.
- [85] 杜建军, 马寅生, 赵越, 等. 辽西医巫闾山花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义 [J]. 中国地质, 2007, 34 (1): 26-33.
- [86] 李锦轶, 高立明, 孙桂华, 等. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩的确定及其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (3): 565-582.
- [87] 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): 90-98.
- [88] 张春艳, 张兴洲, 邱殿明. 延边地区青龙村群斜长角闪岩中锆石 U-Pb 同位素年龄及地质意义 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37 (4): 672-677.
- [89] 郭锋, 范蔚茗, 李超文, 等. 延吉地区古新世埃达克岩捕获锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素和微量元素地球化学对区域中酸性岩浆演化的指示 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (2): 413-434.
- [90] 刘宝山, 任凤和, 李仰春, 等. 伊春地区晚印支期 I 型花岗岩带特征及其构造背景 [J]. 地质与勘探, 2007, 43 (1): 74-78.
- [91] 张臣, 刘树文, 韩宝福, 等. 内蒙古商都大石沟花岗岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其意义 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (3): 591-596.
- [92] 王兴光, 王颖. 松辽盆地南部北带基岩岩浆岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 地质科技情报, 2007, 26 (1): 23-27.
- [93] 高福红, 许文良, 杨德彬, 等. 松辽盆地南部基底花岗岩类锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年: 对盆地基底形成时代的制约 [J]. 中国科学 D 辑, 2007, 37 (3): 331-335.
- [94] 石玉若, 刘敦一, 张旗, 等. 内蒙古中部苏尼特左旗地区三叠纪 A 型花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其区域构造 [J]. 地质通报, 2007, 26 (2): 183-189.
- [95] 章邦桐, 吴俊奇, 凌洪飞, 等. “花岗岩锆石 U-Pb 年龄能代表花岗岩侵位年龄”质疑 [J]. 地质评论, 2008, 54 (6): 775-785.
- [96] 武广, 陈衍景, 孙丰月, 等. 大兴安岭北端晚侏罗世花岗岩类地球化学及其地质和找矿意义 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (4): 899-910.
- [97] 张彦龙, 葛文春, 柳小明, 等. 大兴安岭新林镇岩体的同位素特征及其地质意义 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2008, 38 (2): 177-186.
- [98] 范蔚茗, 郭锋, 高晓峰, 等. 东北地区中生代火成岩 Sr-Nd 同位素区划及其大地构造意义 [J]. 地球化学, 2008, 37 (4): 361-372.
- [99] 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.
- [100] 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.
- [101] 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.
- [102] 裴福萍, 许文良, 于洋, 等. 吉林南部晚三叠世蚂蚱河岩体的成因: 锆石 U-Pb 年代学和地球化学证据 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2008 (3): 351-362.
- [103] 温泉波, 刘永江, 李伟民, 等. 佳木斯地块花岗质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): 187-193.
- [104] 孙翌, 周凯, 花艳秋, 等. 辽北-吉西南地区早白垩世富碱花岗岩地质特征 [J]. 吉林地质, 2008, 27 (4): 20-25.
- [105] 代军治, 毛景文, 赵财胜, 等. 辽西兰家沟钼矿床花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及岩石化学特征 [J]. 地质学报, 2008, 82 (11): 1555-1564.
- [106] 孟凡雪, 高山, 柳小明. 辽西凌源地区义县组火山岩锆石 U-Pb 年代学和地球化学特征 [J]. 地质通报, 2008, 27 (3): 364-373.
- [107] 肖高强, 高山, 黄华, 等. 辽西彰武大四家子地区中生代火山岩锆石 U-Pb 年代学及地球化学特征 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2008, 33 (2): 151-164.
- [108] 张万益, 聂凤军, 江思宏, 等. 内蒙古查干敖包石英闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27 (3): 177-184.
- [109] 陈志广, 张连昌, 吴华英, 等. 内蒙古西拉木伦成矿带碾子沟钼矿区 A 型花岗岩地球化学和构造背景 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (4): 879-889.
- [110] 赵庆英, 李春峰, 李殿超, 等. 延边地区五道沟群辉长岩岩脉的锆石年龄及其地质意义 [J]. 世界地质, 2008, 27 (2): 150-155.
- [111] 孙景贵, 陈雷, 赵俊康, 等. 延边小西南岔富金铜矿田燕山晚期花岗岩杂岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 矿床地质, 2008, 27 (3): 319-328.
- [112] 许文良, 裴福萍, 高福红, 等. 伊舒地堑基底花岗岩的锆石 U-Pb 年代学及其构造意义 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2008, 33 (2): 145-150.
- [113] 隋振民, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭北部察哈彦岩体的 Hf 同位素特征及其地质意义 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2009, 39 (5): 849-856.
- [114] 武广, 陈衍景, 赵振华, 等. 大兴安岭北端洛古河东花岗岩的地球化学、SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和岩石成因 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (2): 233-247.
- [115] 曹正琦, 侯光久. 大兴安岭北段晚中生代碱性侵入岩岩石地球化学特征及其意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28 (3): 209-216.
- [116] 于峻川, 韩振哲, 尹志刚, 等. 大兴安岭东北部早白垩世秀山火山-侵入杂岩体特征及成因 [J]. 世界地质, 2009, 28 (4): 414-423.
- [117] 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.
- [118] 高阳, 张招崇, 杨铁铮. 黑龙江宝山一带海西晚期强过铝花岗岩地质地球化学及岩石成因 [J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28 (5): 433-449.
- [119] 李真真, 李胜荣, 张华锋. 黑龙江东宁县金厂金矿围岩蚀变和成矿年代学特征 [J]. 矿床地质, 2009, 28 (1): 83-92.
- [120] 鲁颖淮, 张宇, 赖勇, 等. 黑龙江金厂金矿岩浆和成矿作用的 LA-ICPMS 锆石定年 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (11): 2902-2912.
- [121] 韩振哲, 赵海玲, 王盘喜, 等. 黑龙江伊春地区晚三叠世—早侏罗

- 世铝质 A 型正长-碱长花岗岩地球化学特征及其构造意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28 (2): 97-108.
- [122] 肖本万, 谷浩. 黑龙江伊春红星地区碱性花岗岩的地球化学及其构造指示意义 [J]. 华南地质与矿产, 2009 (3): 19-27.
- [123] 刘燊, 胡瑞忠, 冯彩霞, 等. 吉林东部大蒲柴河 adakites 锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其意义 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (12): 3153-3164.
- [124] 任云生, 牛军平, 王辉, 等. 吉林四平孟家岭含钨花岗岩体锆石 LA-ICP-MS 年龄及其地质意义 [J]. 矿物岩石, 2009, 29 (3): 100-105.
- [125] 纪沫, 刘俊来, 胡玲, 等. 辽南变质核杂岩饮马湾山和赵房岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (1): 173-181.
- [126] 郑培玺, 金巍, 周燕, 等. 辽西地区台子里花岗岩质片麻岩锆石 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): 455-460.
- [127] 韩振哲, 王洪杰, 李中会, 等. 内蒙古东北部阿龙山地区早白垩世 A 型花岗岩特征及其意义 [J]. 华南地质与矿产, 2009 (4): 1-9.
- [128] 张玉清, 许立权, 康小龙, 等. 内蒙古东乌珠穆沁旗京格斯台碱性花岗岩年龄及意义 [J]. 中国地质, 2009, 36 (5): 988-995.
- [129] 赵院冬, 迟效国, 车继英, 等. 延边-东宁地区晚三叠世花岗岩地球化学特征及其大地构造背景 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2009, 39 (3): 425-434.
- [130] 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.
- [131] 薛怀民, 郭利军, 侯增谦, 等. 中亚-蒙古造山带东段的锡林郭勒杂岩 造山作用的产物而非古老陆块?——锆石 SHRIMP U-Pb 年代学证据 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (8): 2001-2010.
- [132] 宋维民, 邢德和, 郭胜哲, 等. 内蒙古金厂沟梁西对面沟岩体岩石地球化学特征及意义 [J]. 地质与资源, 2009, 18 (2): 134-139.
- [133] 张玉清. 内蒙古苏尼特左旗巴音乌拉二叠纪埃达克质花岗闪长岩类地球化学特征及其地质意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28 (4): 329-338.
- [134] 鲁颖淮, 李文博, 赖勇. 内蒙古镶黄旗哈达庙金矿床含矿斑岩体形成时代和成矿构造背景 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (10): 2615-2620.
- [135] 张术根, 刘南, 丁俊, 等. 内蒙古元宝山区花岗岩的地球化学特征及构造环境初探 [J]. 地质找矿论丛, 2009, 24 (4): 341-348.
- [136] 章永梅, 张华锋, 刘文灿, 等. 内蒙古中部四子王旗大庙岩体时代及成因 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (12): 3165-3181.
- [137] 张术根, 魏黎, 丁存根, 等. 内蒙元宝山侵入岩地球化学特征及其与成矿的关系 [J]. 矿产与地质, 2009, 23 (6): 558-563.
- [138] 王冬兵, 刘勇胜, 宗克清, 等. 内蒙古林西早中生代 O 型高镁埃达克质安山岩的发现及其意义 [J]. 地质科技情报, 2009, 28 (6): 31-38.
- [139] 李大鹏, 陈岳龙, 王忠, 等. 内蒙古乌拉山地区大桦背岩体中锆石 LA-ICPMS 研究与成岩过程模拟 [J]. 自然科学进展, 2009, 19 (4): 400-411.
- [140] 张彦龙, 赵旭晁, 葛文春, 等. 大兴安岭北部塔河花岗岩杂体的地球化学特征及成因 [J]. 岩石学报, 2010, 26 (12): 3507-3520.
- [141] 隋振民, 徐学纯. 大兴安岭东北部侏罗纪花岗岩类 Sr-Nd 同位素特征及其地质意义 [J]. 中国地质, 2010, 37 (1): 48-55.
- [142] 王召林, 金凌, 李占龙, 等. 大兴安岭中北段莫尔道嘎地区含矿斑岩的锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及成矿意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29 (6): 796-810.
- [143] 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.
- [144] 李旭平, 孔凡梅, 郑庆道, 等. 黑龙江萝北地区黑龙江杂岩年代学研究 [J]. 岩石学报, 2010, 26 (7): 2015-2024.
- [145] 王宏博, 刘桂香, 邢彩霞. 黑龙江漠河县洛古河含钨花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及地质意义 [J]. 地质与资源, 2010, 19 (2): 186-190.
- [146] 宋维民, 卞雄飞, 邢德和, 等. 辽宁北票地区江沟山岩体锆石 U-Pb 年代学和地球化学 [J]. 地质与资源, 2010, 19 (4): 339-345.
- [147] 张彦龙, 葛文春, 高妍, 等. 龙镇地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素及地质意义 [J]. 岩石学报, 2010, 26 (4): 1059-1073.
- [148] 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.
- [149] 曾庆栋, 刘建明. 西拉沐伦钼矿带半拉山斑岩钼矿床花岗岩斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2010, 40 (4): 827-835.
- [150] 杨长江, 王亚春. 小兴安岭东南部伊春中生代花岗岩的锆石 U-Pb 测年及其地质意义 [J]. 吉林地质, 2010, 29 (4): 1-5.
- [151] 李舫, 王涛, 童英. 中亚造山系中南段早中生代花岗岩类时空分布特征及构造环境 [J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29 (6): 642-662.
- [152] 周振华, 吕林素, 杨永军, 等. 内蒙古黄岗锡铁矿区早白垩世 A 型花岗岩成因 锆石 U-Pb 年代学和岩石地球化学制约 [J]. 岩石学报, 2010, 26 (12): 3521-3537.
- [153] 付乐兵, 魏俊浩, 魏启荣, 等. 内蒙古金厂沟梁地区晚三叠世脉岩地球化学特征及成岩动力学背景 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2010, 35 (6): 933-946.
- [154] 郝百武, 蒋杰. 内蒙古镶黄旗哈达庙金矿杂岩体年代学、地球化学及其形成机制 [J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29 (6): 750-762.
- [155] 赵芝, 迟效国, 刘建峰, 等. 内蒙古牙克石地区晚古生代弧岩类: 年代学及地球化学证据 [J]. 岩石学报, 2010, 26 (11): 3245-3258.
- [156] 高福红, 王枫, 曹花花, 等. 三江盆地绥滨陷基底花岗岩的锆石 U-Pb 年代学及其构造意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2010, 40 (4): 955-960.
- [157] 尹西君. 乌云盆地林海花岗岩体地球化学特征及其与成矿的关系 [J]. 黄金科学技术, 2010, 18 (5): 47-51.
- [158] LIU Jian-feng, CHI Xiao-guo, ZHAO Zhi, et al. Geochemical characteristics and geological significance of Early Permian Baya'ertuhushuo gabbro in south Great Xing'an Range [J]. ACTA Geological Sinica, 2011, 85 (1): 116-129.
- [159] WU Fu-yuan, SUN De-you, GE Wen-chun, et al. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41: 1-30.
- [160] 隋振民, 陈跃军. 大兴安岭东部花岗岩类锆石饱和温度及其地质意义 [J]. 世界地质, 2011, 30 (2): 162-172.
- [161] 周漪. 大兴安岭中部乌兰浩特地区中生代花岗岩的成因、地球化学及 Sr-Nd-Hf 同位素制约 [J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30 (5): 901-923.
- [162] 曾涛, 王涛, 郭磊, 等. 东北新开岭地区晚中生代花岗岩类时代、成因及地质意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2011, 41 (6): 1881-1900.
- [163] 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

- 岗成因 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2011, 41 (4): 1077-1083.
- [164] 邵军, 李秀荣, 杨宏智. 黑龙江翠宏山铅锌多金属矿区花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义 [J]. 地球学报, 2011, 32 (2): 163-170.
- [165] 陈静, 孙丰月. 黑龙江三道湾子金矿床锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 黄金, 2011, 32 (5): 18-22.
- [166] 孟恩, 许文良, 杨德彬, 等. 满洲里地区灵泉盆地中生代火山岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2011, 27 (4): 1209-1226.
- [167] 解惠, 田景春, 武利文, 等. 内蒙古阿尔山地区成矿花岗岩形成时代及其找矿意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2011, 41 (5): 1432-1440.
- [168] 邹滔, 王京彬, 王玉往, 等. 内蒙古敖伦花斑岩铜钼矿床花岗岩类地质地球化学特征 [J]. 地质学报, 2011, 85 (2): 213-223.
- [169] 刘昊, 杨欣德, 郝彬, 等. 内蒙古赤峰北部晚侏罗世花岗岩地球化学特征及构造背景 [J]. 地质力学学报, 2011, 17 (3): 286-294.
- [170] 吕博, 杨岳清, 孟贵祥, 等. 内蒙古东七山碱长花岗岩的地球化学特征和成因 [J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30 (3): 543-552.
- [171] 徐学纯, 李雪菲, 赵庆英, 等. 内蒙古哈马尔乌拉花斑岩的锆石 U-Pb 定年及其岩石地球化学特征 [J]. 地质与资源, 2011, 20 (3): 161-166.
- [172] 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.
- [173] 江思宏, 聂凤军, 刘翼飞, 等. 内蒙古孟恩陶勒盖银多金属矿床及其附近侵入岩的年代学 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2011, 41 (6): 1755-1769.
- [174] 杨永胜, 孙柏年, 康鸿杰, 等. 内蒙古苏尼特左旗北达布锡勒图岩体主微量元素地球化学特征及成因探讨 [J]. 中国地质, 2011, 38 (2): 301-316.
- [175] 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.
- [176] 周振华, 吕林素, 王挨顺. 内蒙古黄岗锡铁矿床花岗岩深部源区特征与构造岩浆演化 Sr-Nd-Pb-Hf 多元同位素制约 [J]. 地质科技情报, 2011, 30 (1): 1-14.
- [177] 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): 114-128.
- [178] 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.
- [179] 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.
- [180] 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.
- [181] 王兴安, 徐仲元, 刘正宏, 等. 大兴安岭中部柴河地区钾长花岗岩的成因及构造背景: 岩石地球化学、锆石 U-Pb 同位素年代学的制约 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (8): 2647-2655.
- [182] 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.
- [183] 李益龙, 周汉文, 肖文交, 等. 古亚洲构造域和西太平洋构造域在索伦缝合带东段的叠加: 来自内蒙古林西县西拉木伦断裂带内变形闪长岩的岩石学地球化学和年代学证据 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2012, 37 (3): 433-450.
- [184] 郑全波, 汪岩, 张广宇, 等. 黑龙江东部晚三叠世 A 型花岗岩的厘定及其构造环境的地球化学制约 [J]. 世界地质, 2012, 31 (3): 471-478.
- [185] 代宇, 刘江领, 刘旭光, 等. 黑龙江多宝山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): 188-193.
- [186] 李娟娟, 赵焕利, 韩彦东, 等. 黑龙江多宝山区碱性花岗岩地球化学特征及其构造意义 [J]. 内蒙古科技与经济, 2012 (10): 53-55.
- [187] 胥嘉, 邢德和, 杨浩, 等. 黑龙江虎林岩体的锆石 U-Pb 年龄及地质意义 [J]. 世界地质, 2012, 31 (4): 631-637.
- [188] 陈静, 孙丰月, 潘彤, 等. 黑龙江霍吉河钼矿成矿地质特征及花岗岩闪长岩年代学、地球化学特征 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2012 (5): 207-215.
- [189] 钱辉, 孙丰月, 李碧乐, 等. 黑龙江金厂金矿花岗岩斑岩锆石地球化学、U-Pb 年代学及地质意义 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2012, 39 (4): 362-371.
- [190] 赵玉锁, 杨立强, 陈永福, 等. 黑龙江金厂铜金矿床闪长玢岩地球化学及锆石 U-Pb 年代学 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2): 451-467.
- [191] 马顺清, 陈静. 黑龙江鹿鸣钼矿区花岗岩锆石年龄、地球化学特征及其地质意义 [J]. 中国地质, 2012, 39 (5): 1162-1171.
- [192] 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.
- [193] 王永彬, 刘建明, 孙守格, 等. 黑龙江省乌拉嘎金矿赋矿花岗岩闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄、岩石成因及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2): 557-570.
- [194] 郭佳, 黄永卫, 孙景贵, 等. 黑龙江四山林场金矿床闪长玢岩中锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 世界地质, 2012, 31 (1): 20-27.
- [195] 吕长禄, 徐东海, 李新鹏, 等. 黑龙江太平岭早侏罗世花岗岩成因及壳幔混合作用 [J]. 现代地质, 2012, 26 (4): 635-646.
- [196] 史鹏会, 杨言辰, 叶松青, 等. 黑龙江五道岭钼铁矿床地质地球化学特征及成因 [J]. 世界地质, 2012, 31 (2): 262-270.
- [197] 赵娟, 彭玉鲸, 丁明广, 等. 吉辽边界梅河口—开原地段晚海西—早印支期岩浆旋回及构造意义 [J]. 地质与资源, 2012, 21 (4): 371-375.
- [198] 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.
- [199] 秦亚, 梁一鸿, 胡兆初, 等. 吉林省集安县上绿水桥铝质 A 型花岗岩体的地球化学特征及其构造意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2012, 42 (4): 1076-1083.
- [200] 赵丽君, 吕晓瑜, 王岐. 辽东地区新太古代变质深成岩岩石化学特征及构造背景 [J]. 地质与资源, 2012, 21 (6): 501-507.
- [201] 孟恩, 刘福来, 刘建辉, 等. 辽东南长海地区花岗岩质片麻岩类的地球化学特征: 对其原岩性质及形成环境的制约 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (9): 2793-2806.
- [202] 段晓侠, 刘建明, 王永彬, 等. 辽宁青城子铅锌多金属矿田晚三叠世岩浆岩年代学、地球化学及地质意义 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2): 595-606.
- [203] 王伟, 许文良, 王枫, 等. 满洲里—额尔古纳地区中生代花岗岩的锆

- 石 U-Pb 年代学与岩石组合 对区域构造演化的制约 [J]. 高校地质学报, 2012 (1) 88-105.
- [204] 赵利刚, 冉峰, 张庆红, 等. 内蒙古阿巴嘎旗奥陶纪岩体的发现及地质意义 [J]. 世界地质, 2012, 31 (3) 451-461.
- [205] 郭志军, 周振华, 李贵涛, 等. 内蒙古敖尔盖铜矿中-酸性侵入岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年与岩石地球化学特征研究 [J]. 中国地质, 2012, 39 (6) 1486-1500.
- [206] 谷丛楠, 周志广, 张有宽, 等. 内蒙古白乃庙地区白音都西群的碎屑锆石年龄及其构造意义 [J]. 现代地质, 2012, 26 (1) 1-9.
- [207] 张万益, 聂凤军, 高延光, 等. 内蒙古查干敖包三叠纪碱性石英闪长岩的地球化学特征及成因 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2) 525-534.
- [208] 杨言辰, 韩世炯, 孙德有, 等. 小兴安岭-张广才岭成矿带斑岩型钼矿床岩石地球化学特征及其年代学研究 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2) 379-390.
- [209] 魏红艳, 孙德有, 叶松青, 等. 小兴安岭东南部伊春-鹤岗地区花岗质岩石锆石 U-Pb 年龄测定及其地质意义 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2012 (S1) 50-59.
- [210] 谭红艳, 舒广龙, 吕骏超, 等. 小兴安岭鹿鸣大型钼矿 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2012, 42 (6) 1757-1770.
- [211] 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.
- [212] 牛延宏, 王兴, 董国臣, 等. 伊春地区斑状二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 世界地质, 2012, 31 (2) 247-254.
- [213] 李蓉, 孙德有, 苟军, 等. 张广才岭北部苇河花岗岩基的地球化学特征与岩石成因 [J]. 世界地质, 2012, 31 (3) 462-470.
- [214] 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.
- [215] 秦亚, 梁一鸿, 邢济麟, 等. 内蒙古正镶白旗地区早白垩世 A 型花岗岩锆石 LA-ICP-MS 测年、地球化学特征及其地质意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2012, 42 (S3) 154-165.
- [216] 周振华, 武新丽, 欧阳荷根. 内蒙古莲花山铜银矿斜长花岗斑岩 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年同位素研究及其地质意义 [J]. 中国地质, 2012, 39 (6) 1472-1485.
- [217] 范中林, 柯于富, 陈文, 等. 内蒙古锡林浩特 I 型花岗岩的时代及构造意义 [J]. 资源调查与环境, 2012, 33 (3) 191-197.
- [218] WANG Jian-guo, HE Zhong-hua, CHAO Lin, et al. Petrogenesis of Early Cretaceous riebeckite granophyres in southern Da Hinggan Mts. [J]. Global Geology, 2013, (1) 26-34.
- [219] ZHOU Zhen-hua, LI Bo-yan, WANG Ai-shun, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating and geochemical characteristics of Late Variscan granites of the Daitongshan copper deposit and Lamahanshan poly metallic-silver deposit, Southern Daxing'anling, China [J]. Journal of Earth Science, 2013, 24 (5) 772-795.
- [220] 李仰春, 张克信, 吴淦国, 等. 大-小兴安岭接合部早-中侏罗世侵入岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及成因 [J]. 地质通报, 2013, 32 (5) 717-729.
- [221] 刘军, 毛景文, 武广, 等. 大兴安岭北部岔路口斑岩钼矿床岩浆岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 地质学报, 2013, 87 (2) 208-226.
- [222] 高源, 郑常青, 姚文贵, 等. 大兴安岭北段哈多河地区骆驼脖子岩体地球化学和锆石 U-Pb 年代学 [J]. 地质学报, 2013, 87 (9) 1293-1310.
- [223] 李永飞, 郜晓勇, 卞雄飞, 等. 大兴安岭北段龙江盆地中生代火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义 [J]. 地质通报, 2013, 32 (8) 1195-1211.
- [224] 徐久磊, 郑常青, 施璐, 等. 大兴安岭北段雅尔根楚 I 型花岗岩年代学、岩石地球化学及其地球动力学意义 [J]. 地质学报, 2013, 32 (9) 1311-1323.
- [225] 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.
- [226] 戴慧敏, 杨忠芳, 马振东, 等. 大兴安岭查巴奇地区中生代侵入岩岩石地球化学特征及构造背景 [J]. 中国地质, 2013, 40 (1) 232-247.
- [227] 聂凤军, 孙振江, 刘翼飞, 等. 大兴安岭岔路口矿区中生代多期岩浆活动与钼成矿作用 [J]. 中国地质, 2013, 40 (1) 273-286.
- [228] 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.
- [229] 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 (2) 365-373.
- [230] 施璐, 郑常青, 姚文贵, 等. 大兴安岭中段五岔沟地区蛤蟆沟林场 A 型花岗岩年代学、岩石地球化学及构造背景研究 [J]. 地质学报, 2013, 87 (9) 1264-1276.
- [231] 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.
- [232] 王林, 杨言辰, 张国宾, 等. 黑龙江秋皮沟铜矿床年代学与地球化学特征及成因 [J]. 世界地质, 2013, 32 (1) 24-34.
- [233] 张森, 寇林林, 韩仁萍, 等. 黑龙江省霍吉河钼矿成矿特征及赋矿花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄 [J]. 地质与资源, 2013, 22 (3) 169-173.
- [234] 秦亚, 梁一鸿, 胡兆初, 等. 吉林南部荒沟山地区侏罗纪花岗岩地球化学特征及构造意义 [J]. 成都理工大学学报 自然科学版, 2013, 40 (1) 97-105.
- [235] 时溢, 刘正宏, 徐仲元, 等. 吉林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) 6-13.
- [236] 秦亚, 梁一鸿, 胡兆初, 等. 吉南老岭地区早白垩世铝质 A 型花岗岩的厘定及其构造意义 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2013, 38 (4) 677-688.
- [237] 张增杰, 邢树文, 马玉波, 等. 辽宁红透山铜锌矿围岩黑云斜长角闪岩锆石 U-Pb 定年及其块状硫化物指示意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2013, 43 (4) 1159-1168.
- [238] 孟恩, 刘福来, 施建荣, 等. 辽宁省丹东地区“前震旦纪”侵入岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其构造意义 [J]. 岩石学报, 2013, 29 (2) 421-436.
- [239] 张立仕, 孙丰月, 张雅静, 等. 辽宁省开封沟金矿流体特征、锆石 U-Pb 年龄及矿床成因研究 [J]. 地质与资源, 2013, 22 (2) 94-96.
- [240] 王旭, 雷广新, 程培起, 等. 辽宁岫岩地区晚侏罗世侵入岩地质特征及岩浆演化 [J]. 吉林地质, 2013, 32 (1) 1-9.
- [241] 王治华, 孙磊, 黄再兴, 等. 内蒙古 1017 高地银多金属矿区二长花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地球化学 [J]. 矿物岩石, 2013,

- 33 (2) :72-84.
- [242] 刘建峰,迟效国,赵芝,等. 内蒙古巴林右旗建设屯埃达克岩锆石 U-Pb 年龄及成因讨论 [J]. 岩石学报,2013,29 (3) :827-839.
- [243] 梁玉伟,余存林,沈国珍,等. 内蒙古东乌旗索纳嘎铅锌银矿区花岗岩地球化学特征及其构造与成矿意义 [J]. 中国地质,2013,40 (3) :767-779.
- [244] 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.
- [245] 高福红,王枫,许文良,等. 小兴安岭“古元古代”东风山群的形成时代及其构造意义:锆石 U-Pb 年代学证据 [J]. 吉林大学学报:地球科学版,2013,43 (2) :440-456.
- [246] 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) :229-235.
- [247] 李超,孙国胜,杨乃峰,等. 小兴安岭石林林场 A 型花岗岩地球化学特征及构造环境 [J]. 世界地质,2013,32 (1) :1-7.
- [248] 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.
- [249] 徐美君,许文良,王枫,等. 小兴安岭中部早侏罗世花岗质岩石的年代学与地球化学及其构造意义 [J]. 岩石学报,2013,29 (2) :354-368.
- [250] 王子进,许文良,裴福萍,等. 兴安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 [J]. 地质通报,2013,32 (2/3) :374-387.
- [251] 张阔,孙丰月,赵小亮,等. 内蒙古贺根山北乌兰德勒花岗岩体锆石 U-Pb 测年、地球化学特征及其构造意义 [J]. 世界地质,2013,32 (2) :244-254.
- [252] 张明,付俊或,肖剑伟,等. 内蒙古孟恩陶勒盖岩体的成岩时代——LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年代学 [J]. 地质与资源,2013,22 (1) :36-40.
- [253] 王新宇,侯青叶,王瑾,等. 内蒙古维拉斯托床花岗岩类 SHRIMP 年代学及 Hf 同位素研究 [J]. 现代地质,2013,27 (1) :67-78.
- [254] 孙立新,任邦方,赵凤清,等. 内蒙古锡林浩特地块中元古代花岗片麻岩的锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素特征 [J]. 地质通报,2013,32 (2/3) :327-340.
- [255] 张成,李诺,陈衍景,等. 内蒙古兴阿钼铜矿区侵入岩锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素组成 [J]. 岩石学报,2013,29 (1) :217-230.
- [256] 苟军,孙德有,李蓉,等. 孙吴—嘉荫地区早中生代花岗岩的年代学、地球化学与成因 [J]. 吉林大学学报:地球科学版,2013,43 (1) :119-133.
- [257] 于介江,张彦龙,葛文春,等. 三江盆地北缘晚白垩世花岗质岩石的年代学、地球化学及其构造意义 [J]. 岩石学报,2013,29 (2) :369-385.
- [258] 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.
- [259] 马俊孝,李之彤,张允平,等. 吉林中部古生代构造—岩浆活动与金银成矿作用 [M]. 北京:地质出版社,1998.
- [260] 张理刚. 东亚岩石圈块体地质——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学 [M]. 北京:科学出版社,1995.
- [261] 于津生,李耀松. 中国同位素地球化学研究 [M]. 北京:科学出版社,1997.
- [262] 张德全,孙桂英. 中国东部花岗岩 [M]. 武汉:中国地质大学出版社,1998.
- [263] 李之彤,编. 中国北方花岗岩及其成矿作用论文集 [M]. 北京:地质出版社,1991.
- [264] 任纪舜,陈延愚,牛宝贵,等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿 [M]. 北京:科学出版社,1992.
- [265] 肖庆辉,王涛,邓晋福,等. 中国典型造山带花岗岩与大陆地壳生长研究 [M]. 北京:地质出版社,2009.
- [266] 毛建仁,等. 中国东南部及邻区中生代岩浆作用与成矿 [M]. 北京:科学出版社,2013.
- [267] 张旗,李承东. 花岗岩:地球动力学意义 [M]. 北京:海洋出版社,2012.
- [268] 金性春. 板块构造学基础 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1984.
- [269] 赵春荆,马俊孝,苏养正,等. 到大兴安岭北端中生代火山岩浆作用及构造背景 [C]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所,1998:1-124.
- [270] 叶玉江,吴淦国,张达. 地球的起源与演化研究进展 [J]. 现代地质,2003,17 (2) :119-124.
- [271] 钱祥麟,李江海,程素华. 前寒武纪大陆地壳地质构造演化研究进展与问题 [J]. 高校地质学报,2005,11 (2) :145-153.
- [272] 李江海,侯贵廷,黄雄南,等. 华北克拉通对前寒武纪超大陆旋回的基本制约 [J]. 岩石学报,2001,17 (2) :177-186.
- [273] 李承东,许雅雯,张庆红,等. 吉南新太古代高镁安山岩及其地质意义 [J]. 吉林大学学报:地球科学版,2014,44 (1) :186-197.
- [274] 蔡春红,赵国春,任留东,等. 辽西建平杂岩中新太古代变质基性岩的地球化学、年代学及其地质意义 [J]. 现代地质,2015,29 (4) :844-854.
- [275] 谭运金. 两类重熔花岗岩的地质地球化学特征 [J]. 地质地球化学,1980 (11) :1-13.
- [276] 鲁德尼克 B A,李耀光. 花岗岩形成作用及产物的主要概念、定义与分类 [J]. 世界地质,1982 (2) :100-114.
- [277] 张秋生. 辽东半岛早元古宙地壳的演化 [J]. 地球学报,1987 (2) :155-163.
- [278] 洪大卫,王式,谢锡林,等. 兴安造山带正 $\varepsilon(\text{Nd})$ 值花岗岩的成因和大陆地壳生长 [J]. 地学前缘,2000,7 (2) :441-457.
- [279] 许效迭,徐强,潘桂棠,等. 中国南大陆地理与 Pangea 对比 [J]. 岩相古地理,1996 (2) :1-23.