

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U-Pb年龄、地球化学特征及构造意义[J]. 中国地质, 2014, 41(3):773-783.
Zhao Zhonghai, Qu Hui, Li Chenglu, et al. Zircon U-Pb ages, geochemical characteristics and tectonic implications of the Early Paleozoic granites in Huolongmen area, Heilongjiang Province[J]. Geology in China, 2014, 41(3):773-783(in Chinese with English abstract).

黑龙江霍龙门地区早古生代花岗岩的 锆石U-Pb年龄、地球化学特征及构造意义

赵忠海 曲晖 李成禄 徐国战 王卓

(黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要:黑龙江霍龙门地区位于兴蒙造山带东部的兴安地块和松嫩地块接触带上, 区内发育有早古生代花岗岩, 岩性主要为二长闪长岩、石英二长闪长岩。对研究区内的2个二长闪长岩进行SHRIMP锆石U-Pb定年, 结果分别为 $(440.6 \pm 5.8)\text{Ma}$ 、 $(471.3 \pm 8.7)\text{Ma}$, 表明其形成于中—晚奥陶世。该时代花岗岩的主量元素具有高钠、中—高钾、略富铝、富镁、钙的特征; 微量元素表现出K、Ba、Rb明显富集, 而Nb、Ta、P、Ti明显亏损的特征; 稀土元素具有明显的轻稀土元素富集、重稀土元素相对亏损的特征, 呈弱的负Eu异常, 轻重稀土元素分馏程度较弱, 稀土配分曲线较为平缓。花岗岩的 R_1-R_2 构造环境判别图解与微量元素(Yb+Nb)-Rb、Y-Nb构造环境判别图解显示, 该期发育的早古生代花岗岩为后造山或碰撞后环境, 结合本区所处的构造环境推测研究区内早古生代花岗岩应为兴安地块向北移动拼贴额尔古纳地块俯冲、挤压过程中形成的后造山或碰撞后阶段的产物。

关键词:花岗岩; 锆石U-Pb年龄; 地球化学; 霍龙门地区; 黑龙江

中图分类号: P588.12; P597; P595 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2014)03-0773-11

位于兴蒙造山带东段的大兴安岭地区, 自北向南主要由额尔古纳、兴安和松嫩地块组成。该区花岗岩分布广泛, 前人对其中发育的古生代花岗岩的岩石成分、同位素年代学、地球化学及其形成的构造背景, 尤其对该区地块的构造属性、边界以及相互间碰撞拼合历史^[1-18]等进行了大量细致的研究工作。近些年亦有学者对大兴安岭北部地区古生代花岗岩进行了报道^[19-22]。对于额尔古纳地块与兴安地块的边界的认识出现了2种观点: 一部分学者认为, 2地块应以塔源—喜桂图断裂为界, 新林镇附近的新林蛇绿岩、伊敏河的头道桥和额尔古纳右旗东南的蓝片岩^[23-24]可能为2地块的分界标志; 另一部分学者^[25-28]把得尔布干断裂带作为额尔古纳地块与兴安

地块的分界线。由于对研究区内额尔古纳基底性质以及与南侧兴安地块的拼合位置、拼合时间和相关的花岗岩成因特征等诸多问题研究程度较低, 在一定程度上制约了对兴蒙造山带整体构造格架和构造演化的认识。本文从大兴安岭东北部兴安地块与松嫩地块相接触的霍龙门地区花岗岩入手, 通过对该区早古生代具有代表性的中奥陶世闪长岩进行锆石U-Pb同位素年代学研究, 并结合与其同期的石英闪长岩、石英二长闪长岩的综合研究, 讨论花岗岩的地球化学特征及其形成构造背景。所获得的年龄为讨论额尔古纳地块和兴安地块的拼合时间及归属提供年代学支持, 进而为东北地区的区域构造格架和构造演化研究提供一些有益资料。

收稿日期: 2013-08-04; 改回日期: 2014-04-02

基金项目: 中国地质调查局“黑龙江多宝山地区矿产远景调查”项目(1212010781024)资助。

作者简介: 赵忠海, 男, 1984年生, 工程师, 主要从事矿产勘查研究与找矿工作; E-mail: zhaozhonghai_99@163.com。

1 地质概况

研究区位于黑龙江省嫩江县东北部约 70 km 处,大地构造上位于兴蒙造山带东段的兴安与松嫩地块晚古生代拼合带附近(图 1)。区内出露的地质体主要包括古生代多宝山组、裸河组、泥鳅河组、腰桑南组和中生代、新生代火山岩及一系列时代、特征不同的花岗岩体。其中多宝山组为一套蚀变安山岩、英安岩;裸河组、泥鳅河、腰桑南组为一套互层的砂板岩;中生代火山岩主要为下白垩统龙江组、光华组、甘河组的流纹岩、安山岩、玄武岩及火山碎屑岩等;新生代火山岩主要为大熊山气孔状玄武岩。花岗岩主要由二长花岗岩、正长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩及二长闪长岩等组成,结合

1:20 万区域地质调查报告^①及本项目所获得的年龄数据^②将本区侵入岩划分为 3 个侵入时期,即早古生代、晚古生代和中生代。早古生代花岗岩主要由二长闪长岩、石英二长闪长岩组成,分布在研究区中部霍龙门沟村西和依克特北东方向,呈岩株状侵入于古生代多宝山组蚀变安山岩中,岩石发育较弱的绿泥石化、绢云母化蚀变,出露面积约为 23 km²,锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 440.6~471.3 Ma;晚古生代花岗岩主要由二长花岗岩、正长花岗岩组成,有少量的碱长花岗岩、花岗闪长岩、石英二长岩等,岩体分布范围较广,在霍龙门乡南部、霍龙门北岗北侧和依克特北部、东部大量出露,主要呈岩株产出,出露面积约为 104 km²,岩石较新鲜,基本未发生蚀变,锆石 SHRIMP U-Pb 年龄在 291.5~351.5 Ma;中生代

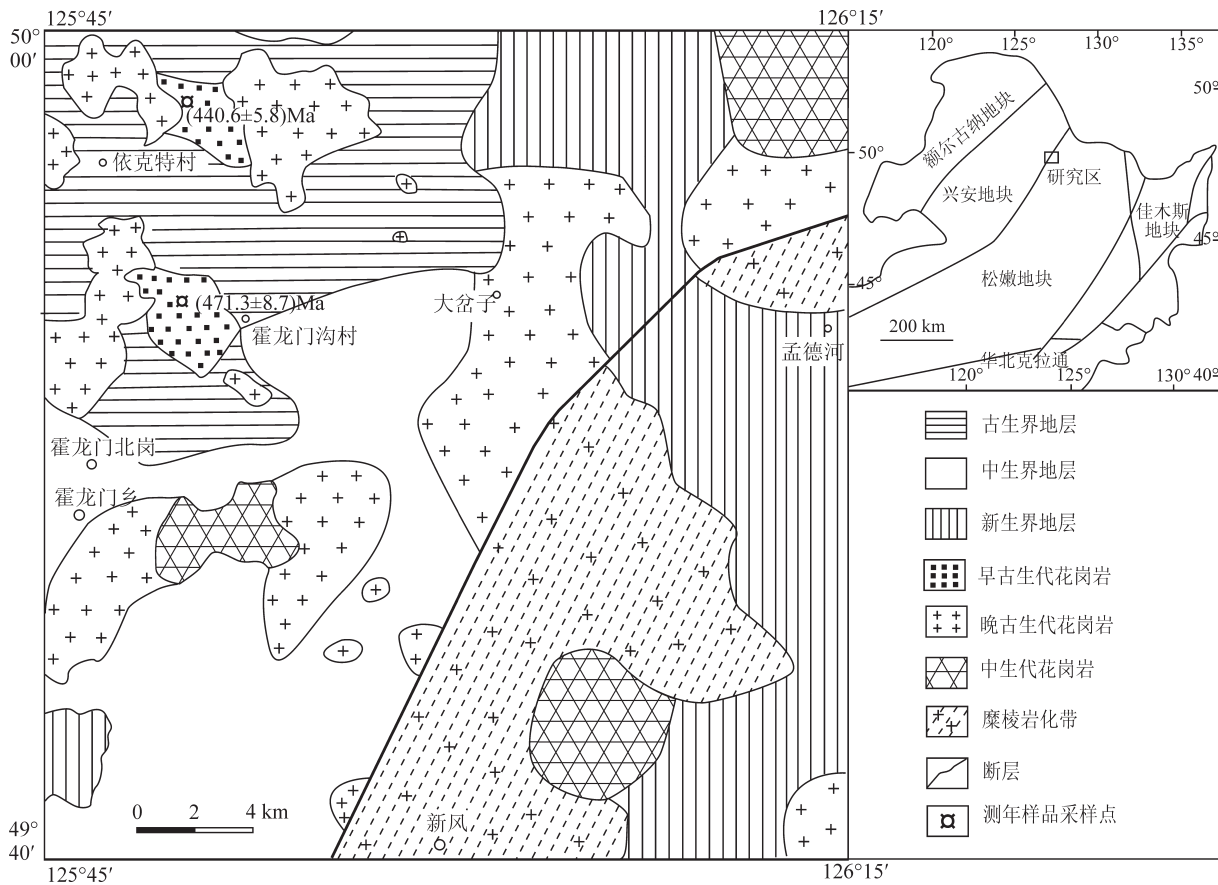


图 1 霍龙门地区地质简图
Fig.1 Simplified geological map of Huolongmen area

①黑龙江省地质矿产局第一区域地质调查队. 1:20 万霍龙门公社幅区域地质调查报告. 1984.

②黑龙江省地质调查研究总院. 黑龙江多宝山地区矿产远景调查项目报告. 2010.

花岗岩主要分布在霍龙门乡东侧约4 km,呈小的岩株产出,面积约为12 km²,主要由二长花岗岩和花岗闪长岩组成,锆石SHRIMP U-Pb年龄为175.2 Ma。

2 早古生代花岗岩岩相学特征

二长闪长岩:岩石呈浅灰色,中细粒半自形粒状结构,块状构造,岩石主要由角闪石、黑云母、斜长石和钾长石组成。角闪石:绿色,不规则柱状和粒状,多色性Ng'-绿色,Np'-浅黄绿色,粒径0.1~0.3 mm,含量15%,柱面一组节理C∧Ng'=22°,横切面具角闪石式解理;黑云母:片状,或呈小片叠加在角闪石中,褐色,多色性Ng'-褐色,Np'-浅黄色,个别沿解理绿泥石化,粒度1 mm以下,含量约5%;斜长石:板状,半自形粒状,聚片双晶,弱环带构造发育,粒径0.6~1 mm,含量50%;钾长石:他形粒状,充填于斜长石空隙,包裹多个斜长石小晶体,个别呈微纹长石、条纹长石,粒径0.3~0.8 mm,含量30%。副矿物有磁铁矿和磷灰石。

石英二长闪长岩:岩石呈灰色,中粗粒二长结构,块状构造,岩石主要由角闪石、黑云母、斜长石、钾长石和石英组成。角闪石:绿色,粒状,有溶蚀现象,多色性Ng'-绿色,Np'-浅黄绿色,粒度0.2~2 mm,含量10%,柱面一组节理C∧Ng'=19°,横切面具角闪石式解理;黑云母:褐色,片状,多已绿泥石化,粒度0.2~0.5 mm,含量5%;斜长石:板状,半自形粒状,聚片双晶,环带构造发育,晶面浑浊,变面有零星的绢云母交代,粒径0.3~1.5 mm,含量55%;钾长石:他形粒状,充填于斜长石空隙,包裹多个斜长石小晶体,个别呈微纹长石、条纹长石,粒径1~2 mm,含量20%;石英:他形粒状,充填于斜长石空隙,个别包裹斜长石小晶体,波状消光,粒径0.2~1 mm,含量10%。副矿物有锆石、磷灰石和磁铁矿。

3 锆石U-Pb年龄

3.1 分析方法

本次工作对该研究区的2个早古生代二长闪长岩岩石样品进行了锆石U-Pb年龄测试。

用自来水和刷子将岩石样品表面刷洗干净。然后将岩石样品破碎至能够通过60目筛网。将过筛后的岩石粉末进行淘洗,去除轻矿物部分,保留重砂部分。将所留下的重砂矿物经过电磁选,得到

纯度较高的单矿物样品,然后在双目镜下挑选出纯的锆石晶体。将锆石晶体与标准样品TEM一起置于环氧树脂中制成样品靶。打磨并抛光至靶上锆石的中心部位暴露出来。对样品靶上的锆石进行透射光、反射光和阴极发光照相,以便在进行SHRIMP测定时选取合适的分析部位及测定完成后进行合理的数据解释。锆石阴极发光拍摄和U-Th-Pb同位素分析在北京离子探针中心完成。使用SHRIMP II进行U-Th-Pb同位素分析的分析流程及常用实验参数见宋彪等^[29]。在样品测定过程中,根据锆石可见光图像和阴极发光图像,尽量选择阴极发光图像中无包裹体以及无裂纹,图像大体一致的锆石部位进行测定。标准样品和未知样品按照1:3的比例交替测定。原始数据处理和锆石U-Pb谐和图的绘制采用Ludwig博士编写的Squid程序和Isoplot程序^[30]。

3.2 锆石特征及分析结果

锆石SHRIMP U-Th-Pb测定数据见表1,U-Pb谐和图见图2~3。

二长闪长岩样品(样品编号:0573)采自依克特村东北(地理坐标:北纬49°58'44",东经125°49'14"),样品中挑选出来的锆石多呈无色透明,金刚光泽,晶体多为规则的自形柱状,个别为混圆状和短柱状。经统计,该类型锆石长为160~300 μm,宽为100~180 μm,长宽比多数为2:1或3:1;透射光下可见到锆石内部发育较多的裂纹和细长条状的包裹体。阴极发光(CL)图像(图2-a)显示,锆石的韵律环带一般,锆石的U、Th含量分别变化于 91×10^{-6} ~ 719×10^{-6} 和 102×10^{-6} ~ 493×10^{-6} (表1),Th/U比值为0.67~1.15,均大于0.4^[31],表明本次分析的锆石为典型的岩浆成因锆石,为同一岩浆体系中结晶的产物。在二长闪长岩(0573)样品中,分析了8个锆石颗粒各1个点,²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄加权平均值为(440.6 ± 5.8)Ma,MSWD=0.92(图2-b)。这一年龄解释为二长闪长岩的结晶年龄,即岩体为晚奥陶世侵入体。

二长闪长岩样品(样品编号:1127)采自霍龙门沟村西北(地理坐标:北纬49°53'32"东经125°50'52"),样品中挑选出来的锆石多无色透明,金刚光泽,晶体多为规则的自形柱状,个别为混圆状和短柱状。经统计,该类型锆石的长为100~160 μm,宽为50~80 μm,长宽比多数为2:1;透射光下可见到锆

表1 霍龙门地区花岗岩类锆石 SHRIMP U-Th-Pb 同位素数据
Table 1 U-Th-Pb composition of zircon samples from the granite in Huolongmen area as measured by SHRIMP

点号	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	年龄/Ma	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	±%	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	±%	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	±%
0573-1.1	3.48	102	1.16	5.46	421.3	± 9.2	399	± 310	± 23	0.0547	14	0.509	14
0573-2.1	1.90	136	1.19	7.25	437.3	± 8.8	851	± 160	± 18	0.0674	7.9	0.653	8.1
0573-3.1	4.40	107	1.15	6.20	447	± 10	871	± 370	± 34	0.0680	18	0.670	18
0573-4.1	1.11	319	250	0.81	19.9	± 7.9	549	± 110	± 15	0.0585	5.2	0.581	5.5
0573-5.1	0.53	719	493	0.71	43.7	± 7.2	449	± 66	± 9.7	0.0559	3.0	0.542	3.4
0573-6.1	3.30	120	107	0.92	7.61	± 9.8	1094	± 230	± 37	0.0760	12	0.745	12
0573-7.1	1.15	289	276	0.99	17.8	± 7.9	578	± 91	± 14	0.0593	4.2	0.581	4.6
0573-8.1	0.57	575	388	0.70	35.5	± 7.4	463	± 83	± 10	0.0563	3.8	0.555	4.1
1127-1.1	0.16	1297	1657	1.32	82.9	± 5.8	450	± 29	± 5.2	0.0559	1.3	0.573	1.8
1127-2.1	0.61	1635	1772	1.12	109	± 6.0	474	± 61	± 7.1	0.0565	2.8	0.603	3.1
1127-3.1	0.37	1670	1813	1.12	111	± 9.9	412	± 23	± 10	0.0550	1.0	0.585	2.4
1127-4.1	0.61	1418	976	0.71	91.2	± 7.3	543	± 40	± 8.7	0.0583	1.9	0.599	2.5
1127-5.1	0.35	2948	3464	1.21	196	± 6.5	529	± 23	± 6.9	0.0580	1.0	0.617	1.8
1127-6.1	0.10	9427	11785	1.29	612	± 5.7	430.7	± 8.3	± 8.3	0.0555	0.37	0.577	1.3

注: Pbc 为普通铅, ^{206}Pb 占全部 ^{206}Pb 的百分比, Pb^* 代表放射成因铅, 用于校正待测样品并与之同时测定的标准样品的误差为 0.39% (1σ), 普通铅校正采用实用 ^{206}Pb 不谐和性 $\% = \left(\frac{^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(\text{Ma}) - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}(\text{Ma})}{^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(\text{Ma})} \right) \times 100$ 。

石内部发育较多的裂纹和细长条状的包裹体。阴极发光 (CL) 图像 (图 3-a) 显示, 锆石的韵律环带一般, 锆石的 U、Th 含量分别变化于 $1418 \times 10^{-6} \sim 9428 \times 10^{-6}$ 和 $976 \times 10^{-6} \sim 11785 \times 10^{-6}$ (表 1), Th/U 比值为 0.69~1.28, 均大于 0.4, 表明本次分析的锆石为典型的岩浆锆石。在二长闪长岩 (1127) 样品中, 分析了 6 个锆石颗粒的各 1 个点, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 $(471.3 \pm 8.7)\text{Ma}$, $\text{MSWD} = 1.6$ (图 3-b)。这一年龄解释为二长闪长岩的结晶年龄, 即岩体为早—中奥陶世侵入体。

4 岩石地球化学特征

本次采集的二长闪长岩和石英二长闪长岩样品均采自研究区内依克特村东北及霍龙门沟村西的早古生代花岗岩岩体, 经薄片显微镜下鉴定后, 选择新鲜或弱蚀变样品用于地球化学测试。岩石主量、稀土和微量元素测试分析全部在国土资源部哈尔滨矿产资源监督检测中心完成。主量元素采用 X 射线荧光光谱法 (XRF) 测试, 检测下限为 0.01% (FeO 为 0.05%); 稀土、微量元素使用电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 方法测试, 检测下限为 $0.05 \times 10 \mu\text{g/g}$ 。

4.1 主量元素特征

岩石 SiO_2 含量介于 49.12%~59.86%; K_2O 含量为 0.98%~3.71%, 平均为 2.1%, ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) 含量介于 3.64%~9.1%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1.23 \sim 3.16$, 平均为 2.1, 相对富钠而贫钾; Al_2O_3 含量偏高, 介于 14.59%~19.38%, 样品 A/CNK 主要集中于 0.75~1.16, 平均为 0.93。里特曼指数 σ 为 2.16~5.17, 平均值为 3.44 (表 2)。通过 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ 、A.R-SiO₂、 $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 等特征图解显示该套花岗岩属钙碱性、中钾-高钾、准铝质花岗岩, 并具有 Fe、Mg、Ca 氧化物含量偏高、相对贫磷贫钛, 但变化相对较稳定; 结合矿物特征与 Barbarin^[32] 花岗岩类分类标准对比, 相当于岛弧拉斑玄武花岗岩类 (ATG)。分异指数 DI 为 28.81~72.9, 显示岩石结晶分异程度不均匀。总结以上特点显示研究区花岗岩具有高钠、中-高钾、富铝、镁、钙的特征。

4.2 稀土微量元素特征

岩石稀土元素总量 ΣREE 在 $70.30 \times 10^{-6} \sim 280.41 \times 10^{-6}$, 平均值 177.39×10^{-6} , 略高于大陆上地壳

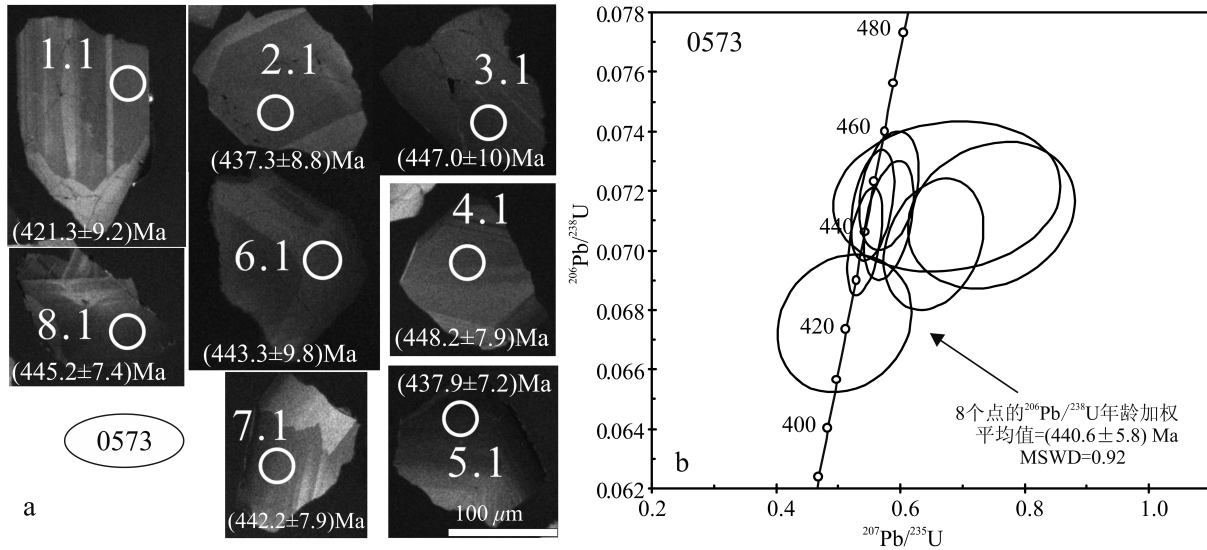


图2 霍龙门地区二长闪长岩(0573)锆石阴极发光图像(a)及U-Pb谐和图(b)

Fig.2 CL images (a) and U-Pb concordia diagram of zircons (b) from monzodiorite (0573) in Huolongmen area

岩石的稀土总量 Σ REE丰度值(146.37×10^{-6}), 稀土总量相对较低。轻稀土相对富集(Σ Ce/ Σ Y为2.99~8.07); 轻重稀土分馏不明显, (La/Sm)_N=1.44~3.59, (Gd/Yb)_N=1.03~1.97, δ Eu=0.74~0.97, 具弱的负铕异常, 说明在岩浆演化过程中斜长石的结晶分异作用并不明显, 主要以部分熔融作用为主, 岩浆的分异作用发生在较深的位置^[33]。稀土配分曲线特征显示为平缓右倾型(图4-a), 反映了轻稀土较富集且稀土总量较低、弱的负铕异常的特征。

研究区花岗岩微量元素中的Nb含量为 3.5×10^{-6} ~ 20×10^{-6} , 整体偏低, 平均值为 9.17×10^{-6} ; Y含量为 18.24×10^{-6} ~ 51.43×10^{-6} , 平均为 29.65×10^{-6} ; Zr含量为 61×10^{-6} ~ 387×10^{-6} , 平均为 222.2×10^{-6} ; Nd含量为 10.97×10^{-6} ~ 53.01×10^{-6} , 平均为 31.19×10^{-6} ; Rb/Sr比值为0.05~0.17; Sr/Ba比值为0.59~1.78, 微量元素含量变化较为稳定, 富集大离子亲石元素(LILE)K、Ba、Rb, 而高场强元素(HFSE)Nb、Ta、P、Ti明显亏损(图4-b), 显示出后造山I型花岗岩的地球化学特征^[34-35]。

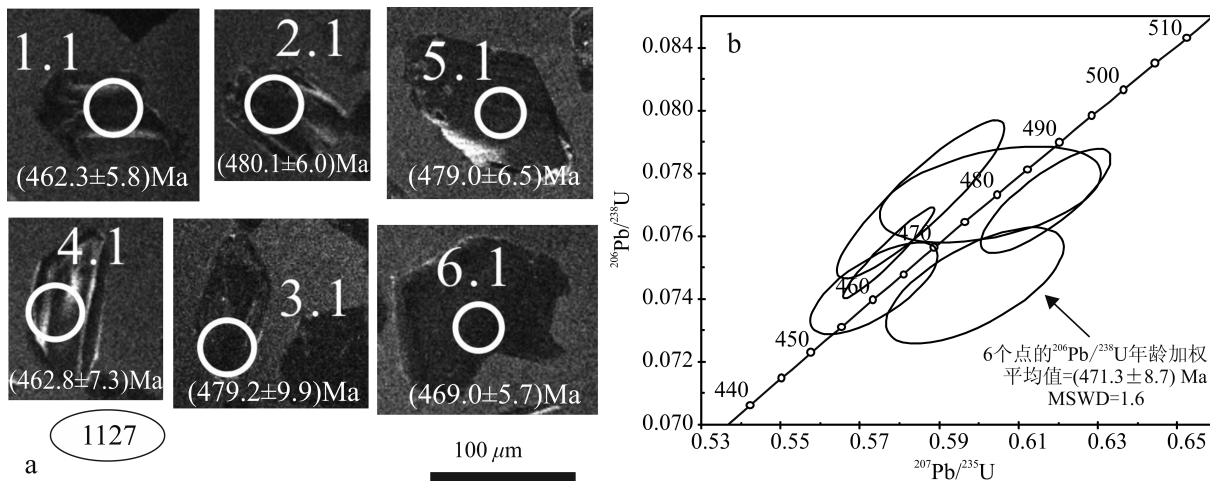


图3 霍龙门地区二长闪长岩(1127)锆石阴极发光图像(a)及U-Pb谐和图(b)

Fig.3 CL images (a) and U-Pb concordia diagram of zircons (b) from monzodiorite (1127) in Huolongmen area

表2 霍龙门地区花岗岩类主要元素(%)、微量元素(10^{-6})和稀土元素(10^{-6})分析结果
 Table 2 Major elements (%), trace elements and REE (10^{-6}) compositions of the granites in Huolongmen area

样号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total	σ	D/I	A/CNK
0573	二长闪长岩	57.4	0.9	19.38	0.45	4.94	0.07	3.03	2.27	6.88	2.22	0.3	2.28	100.12	5.75	72.90	1.09
554	二长闪长岩	49.54	1.21	15.88	3.92	5.32	0.15	8.28	7.42	2.48	1.87	0.37	2.94	99.38	2.89	33.24	0.81
1109	二长闪长岩	49.3	0.71	18.41	3.71	5.37	0.18	5.56	9.19	3.1	0.98	0.15	3.2	99.86	2.64	33.17	0.81
1127	二长闪长岩	49.12	0.74	14.59	2.61	5.62	0.17	12.67	7.75	2.52	1.12	0.12	2.8	99.83	2.16	28.81	0.75
1202	二长闪长岩	56.84	1.34	16.03	0.5	6.98	0.14	4.42	5.7	4.08	2.68	0.42	1.08	100.21	3.30	52.94	0.80
1210	石英二长闪长岩	56.7	1.18	17.76	1.45	5.36	0.16	3.08	3.98	4.55	3.71	0.38	1.06	99.37	4.98	62.27	0.95
331	石英二长闪长岩	56.24	0.66	16.52	2.84	3.57	0.11	5.84	5.47	4.26	1.85	0.26	2.06	99.68	2.82	51.85	0.87
1207	石英二长闪长岩	54.08	1.22	17.38	3.17	5.44	0.19	5.4	3.69	4.04	1.9	0.47	3.3	100.28	3.18	52.98	1.13
1607	石英二长闪长岩	59.84	1.23	16.7	3.66	3.26	0.11	3.38	2.07	4.81	2.57	0.48	2.26	100.37	3.23	69.63	1.16
样号	岩性	Rb	Ba	Th	Nb	Ta	Sr	Zr	Ti	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
0573	二长闪长岩	50	568	8.0	10.1	0.90	334	387	9559	26.960	94.37	11.45	43.72	8.42	1.942	7.21	1.16
554	二长闪长岩	52	424	4.24	7.6	0.73	497	137	6852	30.520	33.17	5.06	22.46	5.35	1.419	4.82	0.87
1109	二长闪长岩	35	249	3.66	3.9	0.40	438	61	4722	7.136	15.11	2.44	11.37	3.12	0.925	3.03	0.57
1127	二长闪长岩	29	163	3.86	3.5	0.33	223	70	4607	7.781	15.55	2.40	10.97	3.13	0.895	3.02	0.61
1202	二长闪长岩	60	433	7.72	11.2	1.24	446	278	10304	35.570	75.22	10.88	45.85	10.29	2.423	9.14	1.67
1210	石英二长闪长岩	34	402	3.43	12.6	1.22	492	312	7938	45.770	92.25	12.59	53.01	10.15	2.543	8.45	1.34
331	石英二长闪长岩	29	352	4.90	4.0	0.44	625	147	4931	28.130	38.47	6.85	27.14	5.10	1.176	4.20	0.70
1207	石英二长闪长岩	54	687	4.34	9.6	0.79	435	328	9221	33.230	64.07	8.49	35.03	6.88	2.063	5.85	0.97
1607	石英二长闪长岩	64	560	10.04	20.0	1.85	369	280	6879								
样号	岩性	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	Σ Ce/ Σ Y	δ Eu	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	(Ce/Yb) _N	Rb/Sr	Sr/Ba
0573	二长闪长岩	6.20	1.30	3.54	0.61	3.23	0.50	33.13	243.75	7.87	0.74	5.63	2.01	1.81	7.56	0.15	0.59
554	二长闪长岩	5.01	1.09	2.79	0.50	2.77	0.39	27.25	143.45	5.38	0.84	7.44	3.59	1.41	3.11	0.10	1.17
1109	二长闪长岩	3.38	0.72	1.83	0.34	1.83	0.29	18.21	70.3	3.34	0.91	2.62	1.44	1.34	2.13	0.08	1.76
1127	二长闪长岩	3.68	0.84	2.29	0.43	2.37	0.39	21.68	76.02	2.99	0.88	2.22	1.56	1.03	1.70	0.13	1.37
1202	二长闪长岩	9.07	1.97	5.25	0.94	5.31	0.86	51.43	265.87	5.27	0.75	4.52	2.18	1.39	3.67	0.13	1.03
1210	石英二长闪长岩	7.00	1.48	3.80	0.66	3.48	0.56	37.32	280.41	8.08	0.82	8.87	2.84	1.97	6.87	0.07	1.22
331	石英二长闪长岩	3.75	0.80	2.14	0.38	2.11	0.33	20.09	141.36	7.42	0.75	9	3.47	1.62	4.73	0.05	1.78
1207	石英二长闪长岩	5.36	1.13	2.87	0.51	2.93	0.45	28.11	197.94	7.46	0.97	7.65	3.04	1.62	5.67	0.12	0.63
1607	石英二长闪长岩															0.17	0.66

注:数据由中国国土资源部哈尔滨矿产资源监督检测中心测定(2010);*缺失1607号样稀土分析结果,后期作图去掉了1607号样品。

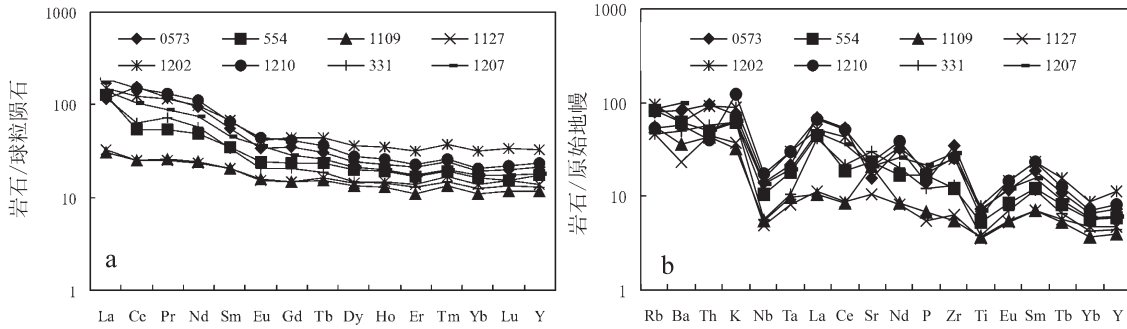


图4 霍龙门地区花岗岩稀土配分曲线(a)和微量元素蛛网图(b)
Fig.4 Chondrite-normalized REE patterns (a) and primitive mantle-normalized trace element spidergrams (b) of Huolongmen area

5 讨论与结论

5.1 构造环境

霍龙门地区位于兴蒙造山带东段,大小兴安岭的结合部位,位于额尔古纳地块最东南缘,同时位于兴安地块和松嫩地块的北东向的接触部位,区域上的北东向贺根山—黑河蛇绿混杂岩带经过本区^[36-38]。

葛文春等^[23]将大兴安岭北部大量的原岩锆石U-Pb测年结果与研究区的主要构造事件的时间相结合,讨论了额尔古纳地块的构造归属,认为额尔古纳地块与兴安地块的拼贴是沿着塔源—喜桂图断裂,拼贴时间为480~494 Ma。由于大兴安岭地区早古生代花岗岩主要分布在额尔古纳地块上,推测应为兴安地块向北移动拼贴到额尔古纳地块之上^[39],而兴安地块与松嫩地块的碰撞拼合时代是从晚古生代开始,并且认为额尔古纳地块与兴安地块的碰撞拼合时间明显早于兴安地块与松嫩地块间的拼合时间,两地块是沿着贺根山—嫩江—黑河缝合带拼合。余宏全等^[40]同样认为,在泥盆纪—早石炭期间,松嫩地块和兴安地块之间为分隔状态,至早石炭世末,两个地块沿着贺根山—嫩江缝合带碰撞拼贴在一起。

本文研究在霍龙山地区取得的早古生代花岗岩年龄分别为440.5 Ma和471.3 Ma,两个岩体呈北西向展布,沿着研究区西北向至塔河地区。近几年在该区亦取得了较多的早古生代花岗岩U-Pb年龄:余宏全等^[40]在多宝山铜矿地区发现的早古生代花岗岩年龄为460~483 Ma,赵换利等^[41]获得多宝山铜

矿床花岗闪长岩岩体成岩年龄为453.2~486.9 Ma、在鄂伦春—头道桥断裂最北端发现了十八站岩体年龄为499 Ma、查拉班河岩体年龄为465~481 Ma)、白银纳岩体年龄为460 Ma、内河岩体为500 Ma、韩家园子岩体年龄为500 Ma^[42]、塔河地区岩体年龄为485~494 Ma^[23]以及哈拉巴奇岩体461~500 Ma^[43],在德尔布干断裂的西北部洛古河地区发现了465~517 Ma的碰撞花岗岩以及风水山、莫尔道嘎地区439.7~459.8 Ma早古生代花岗岩,显示了在研究区周边存在大量的早古生代花岗岩,年龄时限为440~500 Ma^[40]。该年龄基本反映了大兴安岭早古生代花岗岩岩浆活动的时间,本次所取得的早古生代花岗岩年龄也在此年龄区间。

研究区早古生代花岗岩类在 R_1 - R_2 构造环境判别图解(图5)上呈现出从板块碰撞前—板块碰撞后

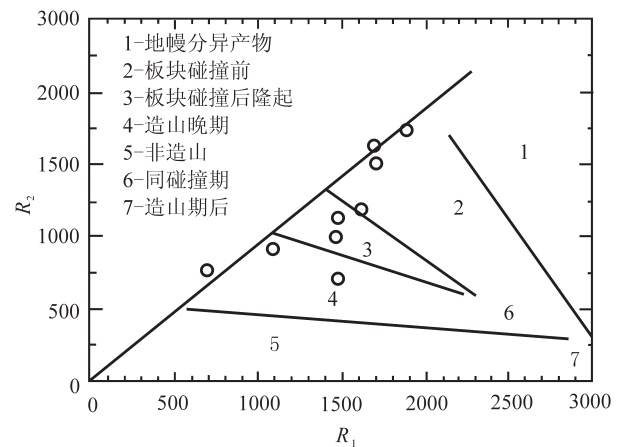


图5 霍龙门地区花岗岩形成的构造环境图解^[44]
Fig.5 Diagram of tectonic setting for granites in Huolongmen area^[44]

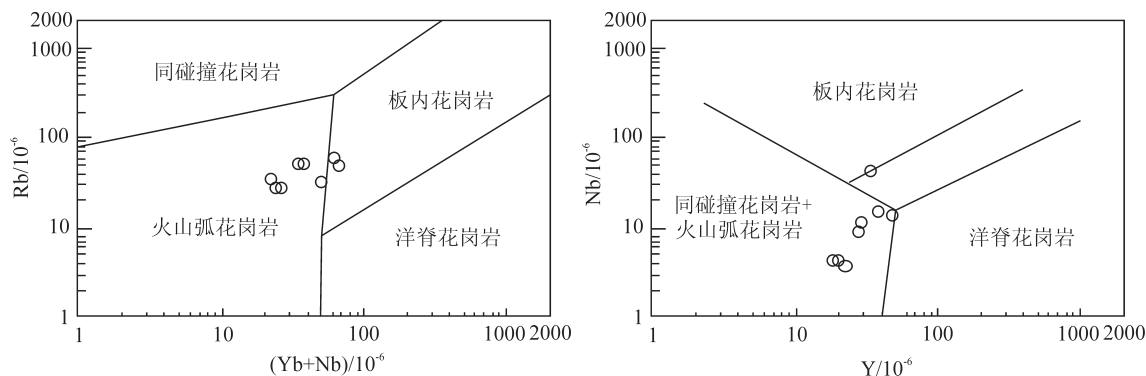


图6 霍龙门地区花岗岩的(Yb+Nb)-Rb和Y-Nb图解^[45]
Fig.6 (Yb+Nb)-Rb and Y-Nb diagrams of granites in Huolongmen area^[45]

隆起-造山晚期多样性分布,而在微量元素(Yb+Nb)-Rb、Y-Nb构造环境判别图解(图6)中则主要落在火山弧花岗岩区,向板内花岗岩区靠近。综合考虑认为本研究区内北西向展布的早古生代花岗岩,应属于后造山或碰撞后环境,是兴安地块向北移动拼贴额尔古纳地块俯冲、挤压过程中形成的后造山或碰撞后阶段的产物。

5.2 结论

(1)霍龙门地区二长闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $(440.6 \pm 5.8) \sim (471.3 \pm 5.8)$ Ma, 为中—晚奥陶世。该岩石具有高钠(Na_2O 含量平均值为 4.08%)、中钾—高钾(K_2O 含量平均值为 2.1%)、高镁和铁($\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{TiO}_2 = 9.32\% \sim 21.64\%$, 平均值为 14.34%)、准铝质(A/CNK 平均为 0.93)的特征,总体属于中—高钾钙碱性准铝质花岗岩。

(2)霍龙门地区早古生代花岗岩岩石总体明显亏损 Nb、Ta、P、Ti 和富集 K、Ba、Rb 和轻稀土元素,具弱的负铕异常($\delta\text{Eu} = 0.74 \sim 0.97$),显示岩浆演化过程中斜长石的结晶分异作用并不明显,主要以部分熔融作用为主,岩浆的分异作用发生在较深的位置。

(3)该区古生代花岗岩在 R_1-R_2 、Rb-Yb+Nb、Nb-Y 的构造环境判别图解上均处于后造山或碰撞后环境中,结合本区的区域构造背景特点,综合显示该区的早古生代花岗岩应为兴安地块向北移动拼贴额尔古纳地块俯冲、挤压过程中形成的后造山或碰撞后阶段的产物。

致谢: 锆石 SHRIMP 年龄测试过程及结果分析得到了北京离子探针中心宋彪先生、刘建辉先生的大力帮助,在此表示诚挚的感谢!

参考文献(References):

- [1] 吴福元, 孙德有, 林强. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生[J]. 岩石学报, 1999, 15(2): 181-189.
Wu Fuyuan, Sun Deyou, Lin Qiang. Petrogenesis of the Phanerozoic granites and crustal growth in Northeast China[J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15(2): 181-189(in Chinese with English abstract).
- [2] 邵济安, 刘福田, 陈辉, 等. 大兴安岭—燕山晚中生代岩浆活动与俯冲作用关系[J]. 地质学报, 2001, 75(1): 56-63.
Shao Jian, Liu Futian, Chen Hui, et al. Relationship between Mesozoic magmatism and subduction in Da Hinggan-Yanshan area[J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(1): 56-63(in Chinese with English abstract).
- [3] Fan W M, Guo F, Wang Y J et al. Late Mesozoic calcalkaline volcanism of post-orogenic extension in the northern Da Hinggan Mountains, northeastern China[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2003, 121: 151-135.
- [4] 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.
Lin Qiang, Ge Wenchun, Wu Fuyuan, et al. Geochemistry of Mesozoic granites in Da Hinggan ranges[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(3): 403-412(in Chinese with English abstract).
- [5] 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.
Wu Guang, Chen Yanjing, Sun Fengyue, et al. Geochemistry of the Late Jurassic granitoids in the northern end area of Da Hinggan Mountains and their geological and prospecting implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(4): 899-910(in Chinese with English abstract).
- [6] 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.
Wu Guang, Chen Yanjing, Zhao Zhenhua, et al. Geochemistry,

- zircon SHRIMP U-Pb age and petrogenesis of the East Luoguhe granites at the northern end of the Great Hinggan Range[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2009, 25(2): 233-247(in Chinese with English abstract).
- [7] 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.
Sui Zhenmin, XU Xuechun. Sr-Nd isotopic characteristics of Jurassic granites in northeastern Da Hinggan Mountains and their geological implications[J]. *Geology in China*, 2010, 37(1): 48-55 (in Chinese with English abstract).
- [8] 韩振哲, 金哲岩, 吕军, 等. 小兴安岭东南鹿鸣-兴安-前进地区早中生代含矿花岗岩成岩成矿特征[J]. *地质与勘探*, 2010, 46(5): 852-862.
Han Zhenzhe, Jin Zheyang, Lv Jun, et al. Characteristics of Diagenesis and mineralization of The ore-bearing granite and its tectonic setting in the Early Mesozoic Era in the Luming-Xing'an-Qianjin area, southeast of the Lesser Hinggan Mountains[J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(5): 852-862(in Chinese with English abstract).
- [9] 吴福元, 孙德有, 李惠民, 等. 松辽盆地基底岩石的锆石 U-Pb 年龄[J]. *科学通报*, 2000, 45(6): 656-660.
Wu Fuyuan, Sun Deyou, Lin Huimin, et al. Zircon U-Pb ages of the basement rocks beneath the Songliao Basin, NE China[J]. *China Science Bulletin*, 2000, 45(16): 656-660(in Chinese).
- [10] Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. The nature of basement beneath the Songliao Basin in NE China: Geochemical and isotopic constraints. *Phys. Chem. Earth(A)*, 2001, 26: 793-803.
- [11] 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.
Shi Guanghai, Miao Laicheng, Zhang Fuqin, et al. Emplacement age and tectonic implications on the Xilinhaote A-type granites in Inner Mongolia[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(4): 384-389(in Chinese).
- [12] 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.
Sun Deyou, Wu Fuyuan, Li Huimin, et al. Emplacement age of the postorogenic A-type granites in Northwestern Lesser Xing'an Ranges, and its relationship to the eastward extension of Suolunshan-Hegenshan-Zhalaithe collisional suture zone[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(20): 2217-2222(in Chinese).
- [13] Chen B, Jahn B M, Wilde S, et al. Two contrasting Paleozoic magmatic belts in northern Inner Mongolia, China: Petrogenesis and tectonic implications[J]. *Tectonophysics*, 2000, 328: 157-182.
- [14] Nozaka T, Liu Y. Petrology of the Hegenshan ophiolite and its implication for the tectonic evolution of northern China[J]. *Earth Planet Sci. Lett.*, 2002, 202: 89-104.
- [15] Zhou M F, Zhang H F, Robinson P T. Comments on "Petrology of the Hegenshan ophiolite and its implication for the tectonic evolution of northern China" [J]. *Earth Planet Sci. Lett.*, 2003, 217: 207-210.
- [16] 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.
Shi Guanghai, Miao Laicheng, Zhang Fuqin, et al. Emplacement age and tectonic implications on the Xilinhaote A-type granites in Inner Mongolia[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(4): 384-389(in Chinese).
- [17] 李锦轶. 中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识[J]. *地质论评*, 1998, 44(4): 339-347.
Li Jinyi. Some New ideas on tectonics of NE China and its neighboring areas[J]. *Geological Review*, 1998, 44(4): 339-347 (in Chinese with English abstract).
- [18] 李锦轶, 莫中国, 和政军, 等. 大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演化重建的制约[J]. *地学前缘*, 2004, 11(3): 157-168.
Li Jinyi, Mo Shenguo, He Zhengjun, et al. The timing of crustal sinistral strike slip movement in the northern Great Khing' an ranges and its constraint on reconstruction of the crustal tectonic evolution of NE China and adjacent areas since the Mesozoic[J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11(3): 157-168(in Chinese with English abstract).
- [19] 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.
Miao Laicheng, Fan Weiming, Zhang Fuqin, et al. Zircon SHRIMP geochronology of the Xinkailing-Keluo complex in the northwestern Lesser Xing' an Range, and its geological implications[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(22): 2315-2323 (in Chinese).
- [20] 葛文春, 吴福元, 周长勇, 等. 兴蒙造山带东段斑岩型 Cu、Mo 矿床成矿时代及其地球动力学意义[J]. *科学通报*, 2007, 52(20): 2407-2417.
Ge Wenchun, Wu Fuyuan, Zhou Changyong, et al. Porphyry Cu, Mo oreforming age and its geodynamic implications in east of Xing-Meng orogenic belt[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52(20): 2407-2417(in Chinese).
- [21] 曲晖, 李成禄, 赵忠海, 等. 大兴安岭东北部多宝山地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄及岩石地球化学特征[J]. *中国地质*, 2011, 38(2): 292-300.
Qu Hui, Li Chenglu, Zhao Zhonghai, et al. Zircon U-Pb ages and Geochemical characteristics of the granites in Duobaoshan area, Northeast Da Hinggan Mountain[J]. *Geology in China*, 2011, 38(2): 292-300(in Chinese with English abstract).
- [22] 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.
Li Chenglu, Qu Hui, Zhao Zhonghai, et al. Zircon U-Pb ages,

- geochemical characteristics and tectonic implications of Early Carboniferous granites in Huolongmen area, Heilongjiang Province[J]. *Geology in China*, 2013, 40(3): 859–868(in Chinese with English abstract).
- [23] 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): 1239–1246.
Ge Wenchun, Wu Fuyuan, Zhou Changyong, 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(12): 1239–1246(in Chinese).
- [24] 叶慧文, 张兴洲, 周裕文. 从蓝片岩及蛇绿岩特点看满洲里—绥芬河断面岩石圈结构与演化[C]//M-SGT地质课题组. 中国满洲里—绥芬河地学断面域内岩石圈结构及其演化的地质研究论文集. 北京: 地震出版社, 1994: 73–83.
Ye Huiwen, Zhang Xingzhou, Zhou Yuwen. The texture and evolution of Manzhouli–Suifenhe lithosphere—study based on features of blueschists and ophiolites[C]//Geological Group of M-SGT (ed.). *Geological Study Symposium on Structure of Lithosphere and Its Evolution of Manzhouli–Suifenhe Geoscience Transect Region in China*. Beijing: Seismological Press, 1994: 73–83(in Chinese with English abstract).
- [25] 李春昱, 等. 亚洲大地构造图说明书[M]. 北京: 地质出版社, 1982: 50–88.
Li Chunyu, et al. *Manual of Asian Geotectonic Map*[M]. Beijing: Geology Publishing House, 1982: 50–88(in Chinese with English abstract).
- [26] 李双林, 欧阳自远. 兴蒙造山带及邻区的构造格局与构造演化[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1998, 18(3): 45–54.
Li Shuanglin, QuYang Ziyuan. Tectonic framework and evolution of Xing'anling–Mongolian orogenic Belt (Xmob) and its adjacent region[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1998, 18(3): 45–54(in Chinese with English abstract).
- [27] 王道永, 王成善, 杜思清. 内蒙古东北部及周边地区前中生代构造发展演化史[J]. *成都理工学院学报*, 1998, 25(4): 529–536.
Wang Daoyong, Wang Chengshan, Du Siqing. The tectonic evolution of the northeast of Nei Mongol and its adjacency in Pre-mesozoic era[J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 1998, 25(4): 529–536(in Chinese with English abstract).
- [28] 余和中, 李玉文, 韩守华, 等. 松辽盆地古生代构造演化[J]. *大地构造与成矿学*, 2001, 25(4): 389–396.
Yu Hezhong, Li Yuwen, Han Shouhua, et al. Tectonic evolution of Song–Liao basin in the Palaeozoic[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2001, 25(4): 389–396(in Chinese with English abstract).
- [29] 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.
Miao Laicheng, Fan Weiming, Zhang Fuqin, et al. Zircon SHRIMP geochronology of the Xinkailing–Keluo complex in the northwestern Lesser Xing'an Range, and its geological implications[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(22): 2315–2323 (in Chinese).
- [30] 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. *地质论评*, 2002, 48(增刊): 26–30.
Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. Mount making and procedure of SHRIMP dating[J]. *Geological Review*, 2002, 48 (Suppl.): 26–30(in Chinese with English abstract).
- [31] 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U–Pb 年龄解释的制约[J]. *科学通报*, 2004, 49(16): 1589–1604.
Wu Yuanbao, Zheng Yongfei. Zircon genetic mineralogy research and interpretation of U–Pb dating restriction[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(16): 1589–1604(in Chinese).
- [32] Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments[J]. *Lithos*, 1999, 46: 605–626.
- [33] 谭绿贵, 周涛发, 袁峰, 等. 新疆萨吾尔地区二叠纪火山岩成岩机制: 来自稀土元素的约束[J]. *中国稀土学报*, 2007, 25(1): 97.
Tan Lvgui, Zhou Taofa, Yuan Feng, et al. Mechanism of formation of the Permian volcanic rocks in Sawu'er area, Xinjiang: Constraints from Rare Earth Elements[J]. *Journal of the Chinese Rare Earth Society*, 2007, 25(1): 97(in Chinese with English abstract).
- [34] 肖庆辉, 邱瑞照, 邓晋福, 等. 中国花岗岩与大陆地壳生长方式初探研究[J]. *中国地质*, 2005, 32(8): 343–352.
Xiao Qinghui, Qiu Ruizhao, Deng Jinfu, et al. Granitoids and continental crustal growth modes in China[J]. *Geology in China*, 2005, 32(8): 343–352(in Chinese with English abstract).
- [35] 肖庆辉, 邓晋福, 邱瑞照, 等. 花岗岩类与大陆地壳生长初探——以中国典型造山带花岗岩类岩石的形成为例[J]. *中国地质*, 2009, 36(3): 594–622.
Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Qiu Ruizhao, et al. A preliminary study of the relationship between granitoids and the growth of continental crust: A case study of the formation of key orogen granitoids in China[J]. *Geology in China*, 2009, 36(3): 594–622 (in Chinese with English abstract).
- [36] 李仰春, 张昱, 姜义, 等. 大兴安岭呼中地区倭勒根岩群变形特征及构造地层单位的建立[J]. *中国地质*, 2003, 30(4): 388–393.
Li Yangchun, Zhang Yu, Jiang Yi, et al. Deformation features of the Wolegen Group–complex and establishment of tectonostratigraphic units in the Huzhong area, Da Hinggan Mountains[J]. *Geology in China*, 2003, 30(4): 388–393(in Chinese with English abstract).
- [37] 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质岩石锆石 SHRIMP U–Pb 定年及其地质意义[J]. *中国地质*, 2007, 34(5): 790–798.
Bao Qingzhong, Zhang Changjie, Wu Zhili, et al. Zircon SHRIMP U–Pb dating of granitoids in a Late Paleozoic rift area,

- southeastern Inner Mongolia, and its implications[J]. *Geology in China*, 2007, 34(5): 790-798(in Chinese with English abstract).
- [38] 刘永江, 张兴洲, 金巍, 等. 东北地区晚古生代区域构造演化[J]. *中国地质*, 2010, 37(4): 943-951.
Liu Yongjiang, Zhang Xingzhou, Jin Wei, et al. Late Paleozoic tectonic evolution in Northeast China[J]. *Geology in China*, 2010, 37(4): 943-951(in Chinese with English abstract).
- [39] 隋振民. 大兴安岭东北部花岗岩类锆石U-Pb年龄、岩石成因及地壳演化[D]. 长春: 吉林大学, 2007: 15-21.
Sui Zhenmin. Zircon U-Pb Ages, Petrogenesis and Crustal Evolution of the Granites in Northeastern Part of the Great Xing'an Range[D]. Changchun: Jilin University, 2007: 15-21(in Chinese with English abstract).
- [40] 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.
She Hongquan, Li Jinwen, Xiang Anping, et al. U-Pb ages of the zircons from primary rocks in middle-northern Daxinganling and its implications to geotectonic evolution[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(2): 571-594(in Chinese with English abstract).
- [41] 赵焕利, 朱红艳, 刘海洋, 等. 黑龙江多宝山铜矿床中花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其构造意义[J]. *地质与资源*, 2012, 21(5): 421-424.
Zhao Huanli, Zhu Hongyan, Liu Haiyang, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating and its tectonic implications of the granodiorite in Duobaoshan copper deposit, Heilongjiang Province[J]. *Geology and Resources*, 2012, 21(5): 421-424(in Chinese with English abstract).
- [42] 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.
Ge Wenchun, Sui Zhenmin, Wu Fuyuan, et al. Zircon U-Pb ages, Hf isotopic characteristics and their implications of the Early Paleozoic granites in the northeastern Da Hinggan Mts, northeastern China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(2): 423-440(in Chinese with English abstract).
- [43] 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.
Sui Zhenmin, Ge Wenchun, Wu Fuyuan, et al. U-Pb chronology in zircon from Harabaqi granitic pluton in northeastern Daxing'anling area and its origin[J]. *Global Geology*, 2006, 25(3): 229-236(in Chinese with English abstract).
- [44] Batchelor R A, Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multication[J]. *Chemical Geology*, 1985, 48(1): 43-55.
- [45] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. *Journal of Petrology*, 1984, 25: 956-983.

Zircon U-Pb ages, geochemical characteristics and tectonic implications of the Early Paleozoic granites in Huolongmen area, Heilongjiang Province

ZHAO Zhong-hai, QU Hui, LI Cheng-lu, XU Guo-zhan, WANG Zhuo

(Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin 150036, Heilongjiang, China)

Abstract: Huolongmen area in Heilongjiang Province is tectonically located between the Xing'an block and Songnen block along eastern Xingmeng orogenic belt. Early Paleozoic granites comprising monzodiorite and quartz monzodiorite are distributed in this area. The zircon SHRIMP U-Pb ages of two samples from monzodiorite are (440.6±5.8) Ma and (471.3±8.7) Ma, respectively, indicating that the monzodiorite was generated in Middle-Late Ordovician. Major element analyses show high Na, Al, Mg and Ca content and medium-high K content. Trace element studies demonstrate the enrichment of K, Ba, Rb and depletion of Nb, Ta, P, Ti. The samples are enriched in LREE and depleted in HREE with pronounced Eu anomalies, suggesting a high degree of fractionation. In the R_1-R_2 structural setting discrimination diagram and $Rb-Yb+Nb$ versus $Rb-Yb+Ta$ discrimination diagram, most early Paleozoic granites fall in the post-orogenic zone and the volcanic arc granite zone, respectively, suggesting that the Xing'an block probably shifted northward, and then experienced collage, collision and suturing with Erguena block during Late Paleozoic.

Key words: granite; zircon U-Pb age; geochemical characteristics; Huolongmen area; Heilongjiang

About the first author: ZHAO Zhong-hai, male, born in 1984, master candidate, engineer, engages in mineral exploration and prospecting work; E-mail: zhaozhonghai_99@163.com.