

doi:10.3969/j.issn.1005-3026.2016.09.027

辽东矿洞沟地区四张碾子古元古代 花岗岩识别及意义

张朋¹, 赵岩², 杨宏智², 寇林林²

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034)

摘 要: 为深入研究辽宁盖州四张碾子花岗岩的形成时代、地质特征及意义, 通过锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年系统和 X 射线荧光光谱仪, 对四张碾子花岗岩进行年龄测试和主微量元素分析。锆石定年结果表明, 四张碾子花岗岩侵位年龄为 $(1\ 871.2 \pm 9.3)\text{Ma}$, 属于古元古代产物。主微量元素结果表明, 四张碾子花岗岩与矿洞沟正长岩及闪长岩的 SiO_2 与 K_2O 及 Na_2O 基本呈现正相关, 与 TiO_2 , Al_2O_3 , TFe_2O_3 , CaO , MgO , MnO 呈负相关, 表明 3 种岩体可能具有亲缘关系。结合前人研究, 认为四张碾子花岗岩与矿洞沟正长岩、闪长岩可能具有同一岩浆来源, 四张碾子花岗岩为古元古代侵位的花岗岩体。

关键词: 锆石 U-Pb 年龄; 四张碾子花岗岩; 矿洞沟岩体; 古元古代; 克拉通化

中图分类号: P 588 文献标志码: A 文章编号: 1005-3026(2016)09-1349-04

Discrimination and Its Significance of the Sizhanggunzi Granite in Kuangdonggou Area, Eastern Liaoning Province

ZHANG Peng¹, ZHAO Yan², YANG Hong-zhi², KOU Lin-lin²

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. Shenyang Center of Geological Survey, China Geology Survey, Shenyang 110034, China. Corresponding author: ZHAO Yan, E-mail: cugzhaoyan@126.com)

Abstract: To better understand the formation age, geological features and significance of the Sizhanggunzi granite in Gaizhou, Liaoning Province, formation age and major trace elements were studied by zircon LA-ICP-MS U-Pb dating system and X-ray fluorescence spectrometers. Zircon U-Pb dating yielded the emplacement age of $(1\ 871.2 \pm 9.3)\text{Ma}$, which indicates Sizhanggunzi granite is the product of Paleoproterozoic magmatism in Gaizhou. The results of major trace element testing on the target granite revealed the Sizhanggunzi granite and Kuangdonggou intrusions all intruded in Paleoproterozoic. In the Sizhanggunzi granite and syenite and diorite in Kuangdonggou region, SiO_2 had a relevant positive correlation with K_2O and Na_2O and good negative correlations with TiO_2 , Al_2O_3 , TFe_2O_3 , CaO , MgO and MnO . This also represent the three intrusions probably have genetic relationship. Combining with previous studies, this study indicates Sizhanggunzi granite intruded in Paleoproterozoic and evolved from the identical magma of Kuangdonggou syenite and diorite.

Key words: zircon U-Pb dating; Sizhanggunzi granite; Kuangdonggou intrusions; Paleoproterozoic; cratonization

辽宁盖州地区矿洞沟岩体(或称梁屯-矿洞沟岩体)是国内报道发现较早的碱性正长岩及闪长岩岩体,前人进行了锆石 U-Pb 及全岩 Sm-Nd, Rb-Sr 等年龄测试^[1-2]。四张碾子花岗

岩与矿洞沟岩体具有密切的空间产出位置关系,前人认为四张碾子与周围较大面积出露的岩体均为中生代花岗岩体^[1]。本次研究通过详细的野外实地考察,发现四张碾子花岗岩与矿洞沟正长岩

及闪长岩空间产出关系密切。通过典型标本岩相学观察、主微量元素分析及锆石 U - Pb 年龄测试,研究四张碾子岩体成岩年龄,揭示四张碾子花岗岩与矿洞沟岩体的关系。本次研究同时探讨四张碾子花岗岩体产出的地质背景。

1 地质背景

辽东半岛位于华北克拉通东部,根据岩石建造又可划分为北部的太古宙鞍山 - 抚顺杂岩与南部金州太古宙杂岩及中部辽吉花岗岩带和辽河群变质沉积岩。辽东花岗岩带又分为三套岩石组合:以虎皮峪为代表的片麻状角闪正长花岗岩,侵位于 2.16 Ga 左右;以卧龙泉岩体为代表的似斑状花岗岩 U - Pb 年龄为 (1853 ± 13) Ma;以矿洞沟岩体为代表的正长岩、花岗岩岩体,正长岩侵位年龄为 $1879 \sim 1870$ Ma^[3-4]。关于最古老的正长岩体之一的矿洞沟岩体已有研究,本次研究的四张碾子花岗岩体呈岩株状侵位于矿洞沟碱性正长岩体与辽河群变质岩之中,出露面积约 45 km^2 。

2 分析方法

主量及微量元素的分析测试在核工业北京地质研究院测试分析中心处完成。主量元素由 X 射线荧光光谱法 (XRF) 测定,采用等离子光谱和化学法测定进行相互检测。微量元素在电感耦合等离子质谱仪 (ICP - MS) 上测定。实验测试精度优于 5%。

锆石单矿物分选在河北省区域地质矿产调查研究所实验室通过标准重矿物分选技术完成,最后在双目镜下手工挑纯。将锆石样品放在玻璃板上用环氧树脂固定,抛光到锆石的中心面,经反射光与透光照相,后镀金,拍摄阴极发光 (CL) 图像来反映锆石颗粒内部结构及裂隙分布情况。锆石 U - Pb 同位素测年在天津地质矿产研究所同位素实验室完成,详细实验流程见文献 [5]。

3 分析结果

3.1 主量元素地球化学

四张碾子花岗岩具有高铝、高钾、低镁的特征,岩石 A/CNK 比值为 $0.99 \sim 1.07$, 铝质弱饱和, $Mg^\#$ 介于 $25.12 \sim 29.72$ 之间。本次研究与前人在矿洞沟岩体获得的主量元素含量作 Harker 图解分析,四张碾子花岗岩与矿洞沟闪长岩、正长岩主

量元素显示很好的相关性,总体上 SiO_2 与 Na_2O 和 K_2O 呈现正相关性,与 TiO_2 , Al_2O_3 , TFe_2O_3 , CaO , MgO 和 MnO 呈现很好的负相关性。

3.2 微量元素地球化学

将稀土元素分析结果结合前人数据,经球粒陨石标准化之后作配分曲线如图 1a 所示。从稀土元素配分曲线来看,四张碾子花岗岩与矿洞沟正长岩及闪长岩配分模式一致,均为轻稀土富集、重稀土亏损的“右倾型”配分模式。岩石总稀土 ($\sum \text{REE}$) 质量分数为 $144.6 \times 10^{-6} \sim 159.12 \times 10^{-6}$, 平均为 152.72×10^{-6} ; $m(\text{La})/m(\text{Yb})_N$ 为 $39.02 \sim 44.53$ 。轻稀土 (LREE) 强烈富集,重稀土 (HREE) 极度亏损,轻重稀土元素分馏明显, δ_{Eu} 值为 $0.84 \sim 0.901$ 。四张碾子花岗岩及矿洞沟岩体原始地幔标准化微量元素蛛网图列入图 1b。四张碾子花岗岩的微量元素含量均较接近,富集大离子亲石元素 (如 Rb, Ba, Sr 等) 及活泼的不相容元素 (Th, U), 亏损高场强元素 (如 Nb, Ta, HREE)。

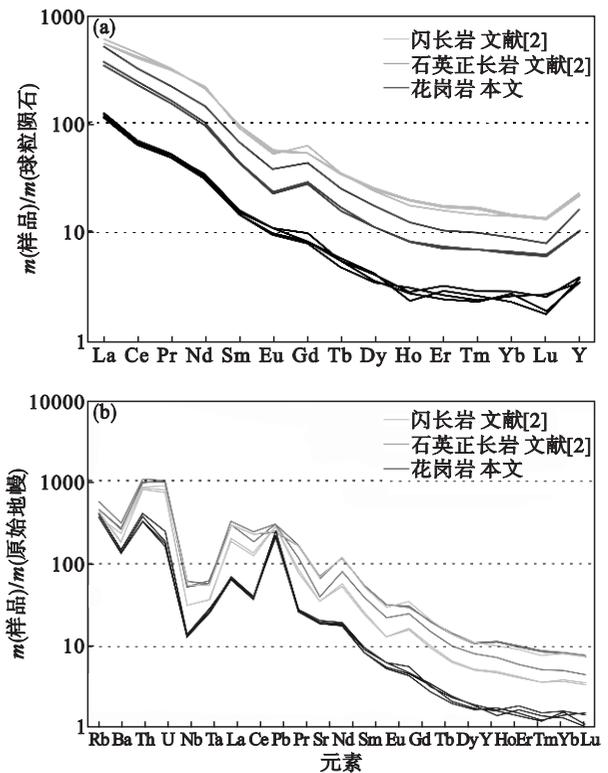


图 1 矿洞沟地区古元古代侵入岩稀土元素配分模式图及微量元素蛛网图

Fig. 1 Chondrite-normalized REE distribution patterns and primitive mantle-normalized trace element spider diagrams of the Kuangdonggou intrusions

(a) — 标准化数据来自文献 [6];

(b) — 标准化数据来自文献 [2, 7].

3.3 锆石 LA - ICP - MS 年代学

花岗岩锆石 CL 图像显示岩石样品中锆石晶

型较好,多数呈长柱状,少数呈短柱状、浑圆状,可见明显的结晶环带和条带结构,为典型的岩浆锆石^[8]。本次研究共选择了 24 个测点的 U-Pb 同位素组成,其中单个数据点的误差均为 1σ ,所有样品均采用 $m(^{206}\text{Pb})/m(^{238}\text{U})$ 加权平均年龄,加权平均值的置信度为 95%。在锆石 U-Pb 年龄谐和图上锆石点位数据均落在谐和线上及附近, $m(^{206}\text{Pb})/m(^{238}\text{U})$ 的加权平均年龄为 $(1871.2 \pm 9.3)\text{Ma}$, MSWD = 0.79 (见图 2)。测试结果表明四张砬子花岗岩的侵位时代是古元古代,与前人^[2]报道的矿洞沟正长岩与石英闪长岩侵位时代(1879~1870 Ma)一致。

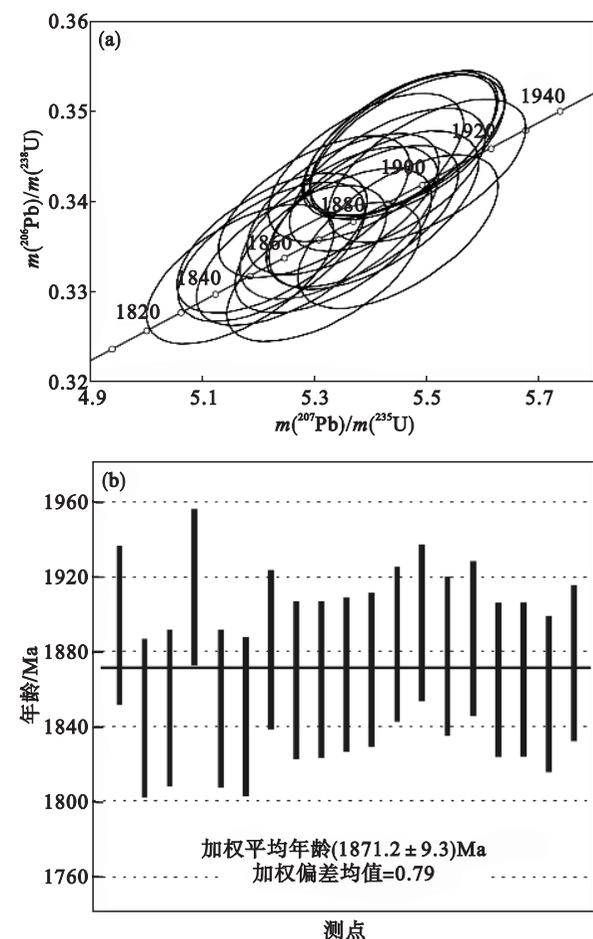


图 2 四张砬子花岗岩 U-Pb 年龄谐和图及加权平均年龄

Fig. 2 Zircon U-Pb concordia diagram and weighted average ages diagram from the Sizhanggunzi granite

(a)—锆石 U-Pb 年龄谐和图;

(b)—锆石 U-Pb 加权平均年龄图。

4 讨 论

4.1 岩浆源区与演化

辽东盖州矿洞沟地区四张砬子花岗岩体属高

钾钙碱性系列, Al_2O_3 质量分数介于 14.07% ~ 14.71% 之间, Na_2O 质量分数为 3.97% ~ 4.21%, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ 为 1.41 ~ 1.51。花岗岩呈轻稀土元素富集,重稀土元素亏损的“右倾型”配分模式, δ_{Eu} 异常不明显,且富集大离子亲石元素,亏损高场强元素,上述特征指示岩石可能来自深部地壳。四张砬子花岗岩与矿洞沟正长岩及闪长岩 Harke 图解显示: SiO_2 与 Na_2O 和 K_2O 基本呈现正相关性,与 TiO_2 , Al_2O_3 , TFe_2O_3 , CaO , MgO 和 MnO 呈现很好的负相关性。这显示三者具有同一岩浆来源的特征,从闪长岩到正长岩、花岗岩反映了岩浆结晶分异演化的趋势。

在矿洞沟地区古元古代侵入岩稀土元素配分模式图中(见图 1a),可以看出,虽然 ΣREE 含量有差别,但是矿洞沟闪长岩、正长岩与四张砬子花岗岩的 3 种地质体稀土配分模式很接近。同样的情况在微量元素原始地幔标准化蛛网图(见图 1b)体现更为明显。稀土元素以在各种低级变质作用及风化作用中的惰性而被认为可以反映岩石的地球化学特征,只有在高级变质及强烈蚀变的岩石中才存在一定偏差^[9]。精确的年龄测试是研究地球上古老岩石的有效方法,3 种岩石中锆石 U-Pb 年龄极为一致,矿洞沟正长岩与闪长岩的冷却年龄为 1879~1870 Ma,本次研究发现四张砬子花岗岩的冷却年龄为 $(1871.2 \pm 9.3)\text{Ma}$ 。故而推测矿洞沟地区古元古代侵位的闪长岩-正长岩-花岗岩为同一岩浆来源,可能是同一岩浆演化的产物。

杨进辉等^[2]认为矿洞沟正长岩与闪长岩可能来自不同源区,原因是二者具有不均一的锆石 Hf 组成。但根据其研究矿洞沟闪长岩与正长岩的锆石 Hf 元素含量其实差别不大,在 Hf 同位素组成及演化线图中有体现^[2],且正长岩与花岗岩具有很一致的 Sr-Nd 同位素含量组成,推测闪长岩与正长岩应为同一岩浆来源。根据本次研究,很可能是早期岩浆在经历了岩浆结晶分异作用后,形成了稍早的矿洞沟正长岩、闪长岩,之后岩浆演化为四张砬子花岗岩。

4.2 四张砬子岩体成岩时代与意义

辽东矿洞沟地区四张砬子花岗岩体过去未进行高精度岩石成岩时代研究,Xu 等^[1]曾认为该岩体为中生代侵入岩。根据野外实地考察,认为四张砬子花岗岩与毗邻的矿洞沟闪长岩关系密切,锆石 $m(^{206}\text{Pb})/m(^{238}\text{U})$ 的加权平均年龄为 $(1871.2 \pm 9.3)\text{Ma}$, MSWD = 0.79 (见图 2),与

文献 [2] 报道的矿洞沟正长岩与石英闪长岩侵位时代(1 879 ~ 1 870 Ma) 极为一致. 研究表明四张碾子花岗岩与矿洞沟正长岩与闪长岩的侵位时代同为古元古代.

四张碾子花岗岩归属古元古代辽吉花岗岩带内, 该花岗岩带与华北克拉通形成初期裂谷发育及微板块碰撞有关. 华北克拉通在 ~ 2.5 Ga 早期克拉通化之后经历了一次内陆裂谷事件, 形成裂谷带^[10-11]. 裂谷带形成之后经历了后期碰撞造山作用, 形成了稳定的华北克拉通^[12-14]. 辽吉古元古代花岗岩带内矿洞沟碱性正长岩岩体的产出可能反映了一种地块拼合或者裂谷闭合后区域伸展作用, 标志了造山作用的结束^[15], 进而反映了华北克拉通北部辽东地区克拉通化的完成.

5 结 论

1) 获得辽东矿洞沟地区四张碾子花岗岩中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 加权平均年龄为 (1 871.2 ± 9.3) Ma, MSWD 为 0.79, 为古元古代侵位岩体.

2) 四张碾子花岗岩与矿洞沟正长岩、闪长岩可能为同一岩浆来源, 起源于深部地壳.

参考文献:

- [1] Xu B L, Yan G H, Mu B L, et al. The Rb-Sr age and geological implication of alkaline syenitic complex from Liangtun-Kuangdonggou at Gaixian, eastern Liaoning Province[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1998, 44(8): 723 - 725.
- [2] 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.
(Yang Jin-hui, Wu Fu-yuan, Xie Lie-wen, et al. Petrogenesis and tectonic implications of Kuangdonggou syenites in the Liaodong Peninsula, east North China Craton: constraints from in-situ zircon U-Pb ages and Hf isotopes[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(2): 263 - 276.)
- [3] 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.
(Cai Jian-hui, Yan Guo-han, Mu Bao-lei, et al. U-Pb and Sm-Nd isotopic ages of an alkaline syenite complex body in Liangtun-Kuangdonggou, Gai County, Liaoning Province, China and their geological significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18(3): 349 - 354.)
- [4] 路孝平, 吴福元, 郭敬辉, 等. 通化地区古元古代晚期花岗岩岩浆作用与地壳演化[J]. *岩石学报*, 2005, 21(3): 721 - 736.

(Lu Xiao-ping, Wu Fu-yuan, Guo Jing-hui, et al. Late Paleoproterozoic granitic magmatism and crustal evolution in the Tonghua region, Northeast China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21(3): 721 - 736.)

- [5] 李怀坤, 耿建珍, 郝爽, 等. 用激光烧蚀多接受器等离子质谱仪(LA-MC-ICP-MS)测定锆石 U-Pb 同位素年龄的研究[J]. *矿物学报*, 2009, 29(增刊 1): 600 - 601.
(Li Huai-kun, Geng Jian-zhen, Hao Shuang, et al. Study on the determination of zircon U-Pb ages by LA-MC-ICP-MS [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2009, 29(sup 1): 600 - 601.)
- [6] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies[M]// Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 1984: 63 - 114.
- [7] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes[J]. *Geological Society Special Publication*, 1989, 42: 313 - 345.
- [8] Weaver B L. The origin of ocean island basalt end-member compositions: trace element and isotopic constraints [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1991, 104(2/3/4): 381 - 397.
- [9] Rollison H R. Using geological data: evaluation, presentation, interpretation[M]. London: Longman Scientific & Technical Limited, 1993: 110.
- [10] Liu S W, Pan Y M, Xie Q L, et al. Geochemistry of the Paleoproterozoic Nanying granitic gneisses in the Fuping complex: implications for the tectonic evolution of the central zone, North China Craton [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2005, 24(5): 643 - 658.
- [11] Xia X P, Sun M, Zhao G C, et al. LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detrital zircons from the Jining Complex, North China Craton and its tectonic significance [J]. *Precambrian Research*, 2006, 144(3/4): 199 - 212.
- [12] Zhao G C, Wilde S A, Sun M, et al. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the Huai'an complex: constraints on late Archean to Paleoproterozoic magmatic and metamorphic events in the Trans-North China Orogen [J]. *American Journal of Science*, 2008, 308(3): 270 - 303.
- [13] Peng P, Zhai M G, Zhang H F, et al. Geochronological constraints on the Paleoproterozoic evolution of the North China Craton: SHRIMP zircon ages of different types of mafic dikes [J]. *International Geology Review*, 2005, 47(5): 492 - 508.
- [14] Tang J, Zheng Y F, Wu Y B, et al. Geochronology and geochemistry of metamorphic rocks in the Jiaobei terrane: constraints on its tectonic affinity in the Sulu orogen [J]. *Precambrian Research*, 2007, 152(1/2): 48 - 82.
- [15] Bonin B, Azzouni B A, Bussy F, et al. Alkali-calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: petrologic constraints and geodynamic settings [J]. *Lithos*, 1998, 45: 45 - 70.