

# 辽东青城子矿田煌斑岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

张朋<sup>1</sup>, 赵岩<sup>2</sup>, 寇林林<sup>2</sup>, 杨宏智<sup>2</sup>

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110034)

**摘要:** 为了深入了解辽东青城子矿集区煌斑岩岩石成因、形成的大地构造环境和地质意义, 通过单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年系统和 X 射线荧光光谱仪, 对青城子矿集区煌斑岩进行锆石 U-Pb 年代学和主量元素地球化学方面研究。结果表明, 煌斑岩具有低硅、富镁铁的特点, 煌斑岩侵位年龄为  $(226.0 \pm 1.0) \text{Ma} \sim (227.7 \pm 1.3) \text{Ma}$ , 属于晚三叠世岩浆活动的产物。结合区域构造背景和前人研究, 推测煌斑岩是扬子克拉通-华北克拉通深俯冲过程的板片断离的产物, 扬子克拉通的深俯冲和陆-陆碰撞可能是华北克拉通东部在中生代破坏的主要原因。

**关键词:** 煌斑岩; 年代学; 晚三叠世; 青城子; 辽东

中图分类号: P 588; P 588.13

文献标志码: A

文章编号: 1005-3026(2016)07-1056-05

## Zircon U-Pb Dating and Its Geological Significance of Lamprophyres from Qingchengzi Orefield, Liaodong

ZHANG Peng<sup>1</sup>, ZHAO Yan<sup>2</sup>, KOU Lin-lin<sup>2</sup>, YANG Hong-zhi<sup>2</sup>

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110034, China. Corresponding author: ZHANG Peng, E-mail: geozhangpeng2010@163.com)

**Abstract:** To better understand the petrogenesis, tectonic environment, and geological significance of the lamprophyres in Qingchengzi, Liaodong. Zircon U-Pb dating and major elements were studied by LA-ICP-MS U-Pb and X-ray fluorescence spectrometers. Results show that characteristics of the lamprophyres have low silicon and high ferrum and magnesium. Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating yields ages of  $(226.0 \pm 1.0) \text{Ma} \sim (227.7 \pm 1.3) \text{Ma}$ , which indicate lamprophyres are the product of late Indosinian magmatism in North China Craton (NCC). Combined with regional tectonic evolution, results indicate that the lamprophyreas originated from slab break-off during the process of Yangtze Craton and North China Craton continental deep subduction. The deep subduction of Yangtze continental crust and continent-continent collision could be the main reason for the late Mesozoic decratonization of the North China Craton.

**Key words:** lamprophyres; geochronology; late Triassic; Qingchengzi; Liaodong

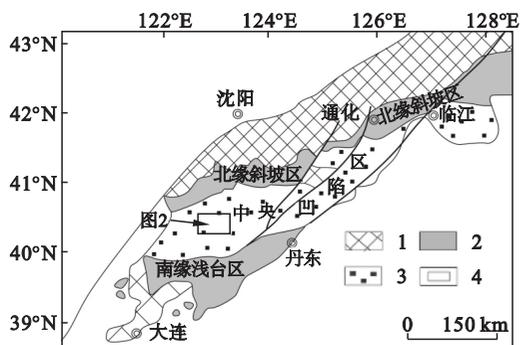
煌斑岩是成分和成因复杂的一组中至暗色的斑状脉岩, 通常以岩脉、岩墙的形式分布不同时期不同类型的大地构造环境中。在一些大型、超大型铅锌金银矿集区中, 煌斑岩还呈现与其密切的时空关系。因此对煌斑岩进行研究, 不仅具有探讨地幔富集、同化混染和岩浆混合等岩石学意义, 同时还显示巨大的矿床学研究价值。因此本文拟对辽

东青城子矿集区广泛展布的煌斑岩开展系统的锆石 U-Pb 年代学研究, 探讨其地质意义, 以丰富该地区成岩成矿理论研究。

### 1 区域地质背景

青城子矿集区位于辽东古元古裂谷带轴部的

一个断陷盆地,辽东裂谷区是在太古代克拉通基底上形成的,经历了地壳的拉张裂陷—快速沉降—慢速沉降—回返挤压—收缩上隆 5 个主要演化阶段.裂谷区横向上划分为北缘斜坡、轴部凹陷和南缘浅台 3 个构造岩相带(图 1).裂谷在经历了挤压碰撞造山和后造山作用后,形成了塑流变形—塑性变形—塑—脆变形产生的变形构造带和由塑性变形—塑—脆性变形—脆性变形产生的线性构造带.



1—太古代基底;2—裂谷边缘带;  
3—裂谷中央带;4—工作区.

图 1 辽东裂谷区简图

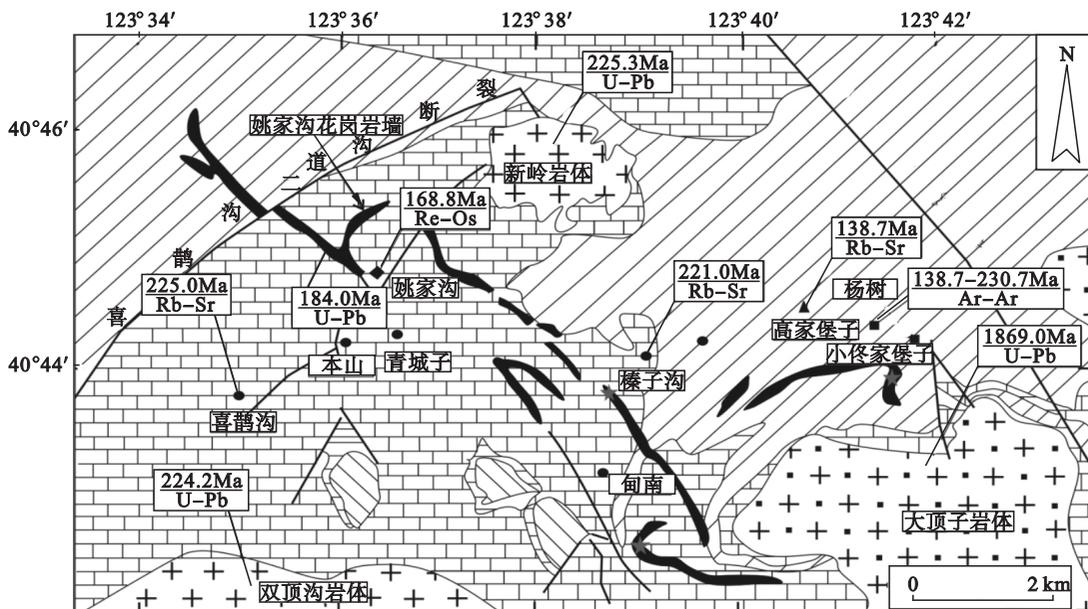
Fig. 1 Sketch map of Liaodong rift

区内侵入岩分布较为广泛,主要分布有古元古代和中生代侵入岩,其中古元古代侵入岩以大顶子岩体为代表,主要岩性为钠质黑云母斜长花岗岩.

中生代侵入岩北侧有新岭岩体和姚家沟岩体产出,岩性分别为黑云母花岗岩和花岗斑岩.新岭岩体侵入时代为 224.2 Ma,姚家沟斑状花岗岩锆石 SHRIMP U - Pb 年龄为  $(183.5 \pm 1.6) \text{Ma}^{[1]}$ ,南侧有双顶沟岩体,主要岩性为黑云母二长花岗岩,锆石 LA - ICPMS U - Pb 年龄为  $(224.2 \pm 1.2) \text{Ma}$ .同时区内分布大量的闪长玢岩、煌斑岩、石英斑岩等脉岩.

## 2 样品采集及分析方法

本文研究的煌斑岩样品分别产自榛子沟、甸南和小佟家堡子地区(图 2).其中榛子沟和甸南地区煌斑岩呈 NNW 向脉状展布侵入大石桥大理岩中,小佟家堡子地区煌斑岩呈近 EW 向展布侵入盖县组片岩中,煌斑岩为深灰色,煌斑结构,主要矿物组合为普通辉石 + 黑云母 + 钾长石,样品新鲜,没有明显蚀变.测得 3 件煌斑岩化学成分  $w(\text{SiO}_2)$  为 40.05% ~ 46.82%,  $w(\text{TiO}_2)$  为 0.10% ~ 1.99%,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  为 12.56% ~ 15.76%,  $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  为 7.23% ~ 13.33%,  $w(\text{MgO})$  为 6.98% ~ 8.47%,  $w(\text{FeO})$  为 0.96% ~ 7.29%,  $w(\text{MnO})$  为 0.10% ~ 0.15%,  $w(\text{CaO})$  为 4.03% ~ 5.29%,  $w(\text{Na}_2\text{O})$  为 0.98% ~ 1.40%,  $w(\text{K}_2\text{O})$  为 2.94% ~ 4.82%,  $w(\text{P}_2\text{O}_5)$  为 0.33% ~ 1.08%.



1—辽河群盖县组片岩;2—辽河群大石桥组大理岩;3—辽河群浪子山组火山碎屑岩;4—辽河群于家堡子组火山碎屑岩;5—元古代花岗岩;6—三叠纪花岗岩;7—岩墙;8—断层;9—金矿床;10—钼矿床;11—铅锌矿床;12—银矿床;13—采样位置.

图 2 青城子矿集区地质简图<sup>[2]</sup>

Fig. 2 Geological sketch map of the Qingchengzi orefield<sup>[2]</sup>

测试样品采用常规方法进行粉碎,经过淘洗、磁选和重液分离,在双目镜下选出晶型和透明度好的单颗粒锆石,进行锆石制靶和阴极发光图像分析,在天津地质矿产研究所进行锆石 LA-ICP-MS 定年。

### 3 锆石特征及测试结果

锆石阴极发光图像显示(图略),3 个地区煌斑岩锆石晶型较好,主要呈长柱状,长宽比值较大,长轴长介于  $90 \sim 120 \mu\text{m}$ ,短轴宽  $50 \sim 80 \mu\text{m}$ ,具有典型的环带结构,为典型的岩浆锆石<sup>[3]</sup>。锆石分析结果显示,小佟家堡子地区煌斑岩样品共计 22 个分析点进行测试,测试点均落在协和线上及其附近, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $(226.0 \pm 1.0)\text{Ma}$ (图 3a); 甸南地区煌斑岩样品共计 19 个分析点进行测试, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $(227.3 \pm 2.1)\text{Ma}$ (图 3b); 榛子沟地区煌斑岩样品共计 20 个分析点进行测试,获得协和度较好的锆石年龄, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $(227.7 \pm 1.3)\text{Ma}$ (图 3c)。上述获得的锆石年龄均代表岩浆结晶年龄。

## 4 讨 论

### 4.1 成岩年代学

有关辽东地区煌斑岩的成岩年龄前人做过大量研究,刘国平等<sup>[4]</sup>获得桃园-小佟家堡子地区煌斑岩黑云母 K-Ar 年龄  $84 \sim 100 \text{Ma}$ ; 姜耀辉等<sup>[5]</sup>获得辽东半岛煌斑岩的成岩年龄为  $(155 \pm 4)\text{Ma}$ ,因此该地区煌斑岩侵位时代为晚中生代。

本次获得青城子矿集区煌斑岩高精度锆石 U-Pb 谐和年龄  $(226.0 \pm 1.0)\text{Ma} \sim (227.7 \pm 1.3)\text{Ma}$ ,明显不同于前人的测试结果。众所周知,煌斑岩中原生岩浆锆石含量有限,所以本次测得的锆石是否为捕获锆石,是否真实反映煌斑岩的成岩年龄还需深入探讨。研究区围岩成岩时代为  $2.0 \sim 2.2 \text{Ga}$ ,本次测试尚未获得该阶段年龄,矿集区的双顶沟岩体成岩时代与本次测得煌斑岩相同,但锆石大小、内部构造和锆石微量元素等方面两者均存在不同<sup>[2]</sup>,因此本次获得的锆石年龄非捕获锆石年龄。煌斑岩锆石 CL 图像显示锆石具有典型的岩浆震荡环带,为典型的岩浆锆石<sup>[3]</sup>,代表岩浆结晶年龄,尽管前人对研究区内煌斑岩进行 K-Ar 定年,但考虑到 K-Ar 法易受到后期热事件影响,造成 Ar 的丢失,从而使 K-Ar 表面年

龄跨度过大<sup>[6]</sup>,具有一定的局限性。因此本次获得的锆石 U-Pb 年龄能够更精确反映青城子矿集区煌斑岩的成岩时代。

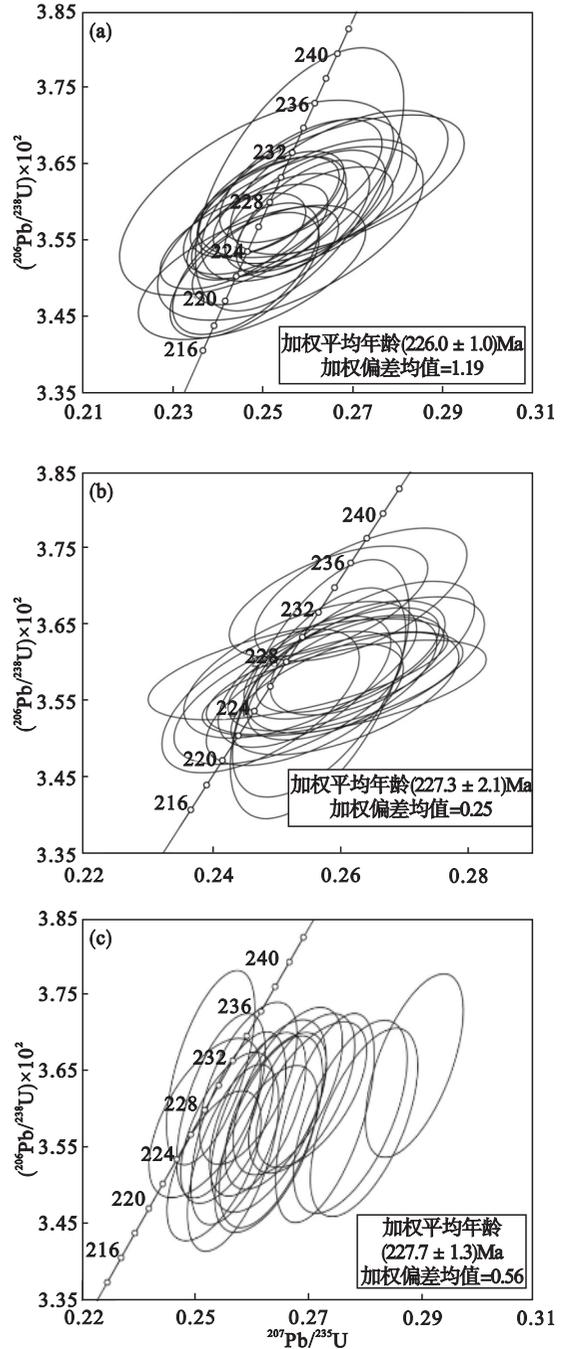


图 3 青城子矿集区煌斑岩锆石 U-Pb 协和图  
Fig. 3 U-Pb concordia diagram of zircon from lamprophyres in Qingchengzi orefield  
(a) 小佟家堡子; (b) 甸南; (c) 榛子沟。

### 4.2 地质意义

研究区位于华北克拉通北缘东段,这一地区的成岩、成矿及构造演化可能受到中亚造山带、苏鲁大别造山带和滨太平洋构造域的影响。前人研究表明,滨太平洋俯冲时间为早-中侏罗世<sup>[7]</sup>,就晚三叠世而言并未对研究区构成影响,苏鲁大

别超高压变质带形成于 238 ~ 218 Ma<sup>[8]</sup>,同煌斑岩的成岩时代相近;古亚洲洋闭合及碰撞发生在晚二叠世至早三叠世,并且东部碰撞时间晚于西部碰撞<sup>[9]</sup>,研究区在晚三叠世可能受中亚造山域后碰撞伸展阶段的影响,因此研究区可能受到中亚造山域与苏鲁大别造山带后碰撞伸展岩浆活动的影响。晚石炭世—早二叠世,古亚洲洋板块向南俯冲于华北板块之下,华北克拉通之下的岩石圈地幔为富集状态,晚二叠—早三叠世,古亚洲洋板块发生后碰撞事件<sup>[10]</sup>,岩石圈发生变形,软流圈上涌,至晚三叠世,岩石圈地幔由富集状态转变为亏损状态。段晓侠等<sup>[11]</sup>对该地区同时代双顶沟黑云二长花岗岩进行研究,认为其为同碰撞花岗岩。本区煌斑岩地球化学特征显示其主要来源于富集的岩石圈地幔而软流圈物质并未参与其成岩。这些特征均与该时期中亚造山带处于后碰撞伸展及大量软流圈地幔演化的特征不相符。因此中亚造山域可能并未对本区晚三叠世岩浆活动造成影响。

华北克拉通东部自胶东—辽东—吉南分布一条北东向展布的晚三叠世岩浆岩带,该带向北延伸直至朝鲜半岛,岩性主要为碱性侵入岩和镁铁质岩石,晚三叠世碱性岩石与本次研究的煌斑岩具有相似的地球化学特征,同样被认为是来源富集岩石圈地幔,并有扬子克拉通壳源物质的加入<sup>[12]</sup>,苏鲁大别造山带同该岩浆带平行分布,表明该岩浆带与扬子—华北俯冲相关。同时在辽东晚三叠世中发现新元古代的捕获锆石,新元古代岩浆事件在华北克拉通很少见,但在扬子克拉通岩浆活动事件却常见<sup>[13]</sup>,因此认为晚三叠世该地区岩浆源区存在扬子克拉通基底物质。通过上述分析,青城子矿集区煌斑岩形成于扬子克拉通和华北克拉通碰撞的构造背景。岩浆形成机制有两种解释,即:加厚的岩石圈拆沉和俯冲的板片断离。前人对该地区双顶沟岩体年代学和元素地球化学的研究排除岩石圈拆沉成因机制<sup>[11]</sup>。因此板片断离可能是榛子沟煌斑岩形成的主要机制。

有关华北克拉通的破坏时间前人做了大量研究,大部分学者认为华北克拉通在晚侏罗世开始破坏,一些学者认为克拉通东北缘在早侏罗世就开始破坏<sup>[14-15]</sup>;Zhang 等<sup>[16]</sup>认为华北克拉通岩石圈减薄在晚三叠世开始;Yang 等<sup>[15]</sup>指出华北克拉通东部晚三叠世后碰撞侵入岩反映强烈的壳幔相互作用和岩石圈减薄;本次研究的晚三叠世榛子沟煌斑岩同胶东—辽东—吉南—朝鲜地区的碱性岩石共同认证华北克拉通破坏的时间为晚三

叠世,扬子克拉通深俯冲和陆—陆碰撞可能是华北克拉通东部在早侏罗世破坏的主要原因。

## 5 结 论

1) 锆石 U-Pb 年龄显示青城子矿集区煌斑岩形成于(226.0 ± 1.0)Ma ~ (227.7 ± 1.3)Ma,属于早中生代岩浆活动的产物。

2) 结合前人研究及区域构造背景,认为青城子地区煌斑岩是扬子克拉通—华北克拉通深俯冲过程的板片断离的产物,扬子克拉通深俯冲和陆—陆碰撞可能是华北克拉通东部在中生代早期破坏的主要原因。

### 参考文献:

- [1] Yu G, Chen J F, Xue C J, et al. Geochronological framework and Pb, Sr isotope geochemistry of the Qingchengzi Pb-Zn-Ag-Au orefield, Northeastern China [J]. *Ore Geology Reviews* 2009, 35: 367-382.
- [2] Duan X X, Zheng Q D, Yang J H, et al. Geochronology, geochemistry and Hf isotope of Late Triassic magmatic rocks of Qingchengzi district in Liaodong peninsula, Northeast China [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2014, 91: 107-124.
- [3] Koschek G. Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon [J]. *Journal of Microscopy* 1993, 171: 223-232.
- [4] 刘国平, 艾永富, 洗伟胜. 辽宁桃源—小佟家堡子金矿带煌斑岩的地球化学特征及地质意义 [J]. *岩石矿物学杂志*, 1997, 16(4): 324-330.  
(Liu Guo-ping, Ai Yong-fu, Xian Wei-sheng. Geochemical characteristics of lamprophyre from the Taoyuan-Xiaotongjiapuzi gold ore belt and their geological significance [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 1997, 16(4): 324-330.)
- [5] 姜耀辉, 蒋少涌, 赵葵东, 等. 辽东半岛煌斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其对中国东部岩石圈减薄开始时间制约 [J]. *科学通报* 2005, 50(19): 2612-2620.  
(Jiang Yao-hui, Jiang Shao-yong, Zhao Kui-dong, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating for lamprophyres from Liaodong Peninsula, constraints on the initial timing of Mesozoic lithosphere thinning beneath eastern China [J]. *Chinese Science Bulletin* 2005, 50(19): 2612-2620.)
- [6] 陈文, 万渝生, 李华芹, 等. 同位素地质年龄测定技术及应用 [J]. *地质学报* 2011, 85(11): 1917-1947.  
(Chen Wen, Wan Yu-sheng, Li Hua-qin, et al. Isotope geochronology technique and application [J]. *Acta Geologica Sinica* 2011, 85(11): 1917-1947.)
- [7] Wu F Y, Yang J H, Lo C H, et al. Jiamusi Massif in China: a Jurassic accretionary terrane in the western Pacific [J]. *The Island Arc* 2007, 16: 156-172.
- [8] Wan Y S, Li R W, Wilde S A, et al. UHP metamorphism and

- exhumation of the Dabie Orogen, China, evidence from SHRIMP dating of zircon and monazite from UHP granitic gneiss cobble from the Hefei Basin [ J ]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 2005 69 :4333 - 4348.
- [ 9 ] Xiao W J, Windley B F, Huang B C, et al. End-Permian to Mid-Triassic termination of the accretionary processes of the southern Altai, implications for the geodynamic evolution, Phanerozoic continental growth, and metallogeny of Central Asia [ J ]. *International Journal of Earth Sciences* 2009 98 : 1189 - 1217.
- [ 10 ] Meng Q R. What drove late Mesozoic extension of the Northern China Mongolia tract? [ J ]. *Tectonophysics* 2003, 369 :155 - 174.
- [ 11 ] 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.  
( Duan Xiao-xia, Liu Jian-ming, Wang Yong-bin, et al. Geochronology, geochemistry and geological significance of Late Triassic magmatism in Qingchengzi orefield, Liaoning [ J ]. *Acta Petrologica Sinica* 2012 28( 2 ) :595 - 606. )
- [ 12 ] Yang J H, Chung S L, Wilde S A, et al. Petrogenesis of post-orogenic syenites in the Sulu Orogenic Belt, East China, geochronological, geochemical and Nd-Sr isotopic evidence [ J ]. *Chemical Geology* 2005 214 :99 - 125.
- [ 13 ] 郑永飞. 新元古代岩浆活动与全球变化 [ J ]. *科学通报*, 2003 48( 16 ) :1705 - 1720.  
( Zheng Yong-fei. Magmatic activities and global change of Neoproterozoic [ J ]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48 ( 16 ) :1705 - 1720. )
- [ 14 ] Yang J H, Wu F Y. Triassic magmatism and its relation to decratonization in the eastern North China Craton [ J ]. *Science in China ( Series D)* 2009 52( 9 ) :1319 - 1330.
- [ 15 ] Yang J H, O'Reilly S, Walker R J, et al. Diachronous decratonization of the Sino-Korean Craton, geochemistry of mantle xenoliths from North Korea [ J ]. *Geology*, 2010 38 : 799 - 802.
- [ 16 ] Zhang S H, Zhao Y, Ye H, et al. Early Mesozoic alkaline complexes in the northern North China Craton, implications for cratonic lithospheric destruction [ J ]. *Lithos*, 2012, 155 : 1 - 18.

( 上接第 1049 页 )

#### 参考文献 :

- [ 1 ] 吴爱祥, 刘晓辉, 王洪江, 等. 考虑时变性的全尾膏体管输阻力计算 [ J ]. *中国矿业大学学报* 2013 42( 5 ) :736 - 740.  
( Wu Ai-xiang, Liu Xiao-hui, Wang Hong-jiang, et al. Calculation of resistance in total tailings paste piping transportation based on time-varying behavior [ J ]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2013, 42( 5 ) : 736 - 740. )
- [ 2 ] Boger D V. Rheology of slurries and environmental impacts in the mining industry [ J ]. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering* 2013 4( 1 ) :239 - 257.
- [ 3 ] Pornillos E U. A technique for measuring the reduction of yield stress of thickened tailings [ C ] // Jewell R, Fourie A. Proceedings of the 14th International Seminar on Paste and Thickened Tailings. Perth: Australian Centre of Geomechanics 2011 :167 - 173.
- [ 4 ] 胡文达, 焦华茹, 王贻明, 等. 基于 H - B 指数的谦比希铜矿全尾砂浆临界浓度确定 [ J ]. *现代矿业*, 2013( 5 ) : 17 - 19.  
( Hu Wen-da, Jiao Hua-ru, Wang Yi-ming, et al. Confirmation of critical concentration of full tailings slurry of the Chambishi copper mine which based on H-B index [ J ]. *Morden Mining* 2013( 5 ) :17 - 19. )
- [ 5 ] Wang X M, Zhao B, Zhang C S, et al. Paste-like self-flowing transportation backfilling technology based on coal gangue [ J ]. *Mining Science and Technology* 2009, 19( 2 ) :137 - 143.
- [ 6 ] 李海洲, 杨天鸿, 夏冬, 等. 基于软岩流变特性的边坡动态稳定性分析 [ J ]. *东北大学学报(自然科学版)*, 2013, 34( 2 ) :293 - 296.  
( Li Hai-zhou, Yang Tian-hong, Xia Dong, et al. Slope stability analysis based on soft-rock rheological characteristics [ J ]. *Journal of Northeastern University ( Natural Science )*, 2013 34( 2 ) :293 - 296. )
- [ 7 ] Bohme G. Non-Newtonian fluid mechanics [ M ]. Amsterdam Elsevier 2012 :25 - 30.
- [ 8 ] Cheng X, McCoy J H, Israelachvili J N, et al. Imaging the microscopic structure of shear thinning and thickening colloidal suspensions [ J ]. *Science* 2011, 333( 6047 ) :1276 - 1279.
- [ 9 ] Chen L, Xu X, Wu J, et al. Characteristics variation of tailings using cemented paste backfill technique [ J ]. *Water, Air & Soil Pollution* 2014 225( 5 ) :1 - 7.
- [ 10 ] 王劫, 杨超, 张军, 等. 膏体充填管道输送阻力损失计算方法 [ J ]. *金属矿山* 2011( 12 ) :33 - 36.  
( Wang Jie, Yang Chao, Zhang Jun, et al. Calculation method of the resistance loss in pipeline transportation of paste filling slurry [ J ]. *Metal Mine* 2011( 12 ) :33 - 36. )