中国东北中生代构造体制与区域成矿背景：
来自中生代火山岩组合时空变化的制约[*]

许文良[1]　王枫[1]　裴福萍[1]　孟恩[2]　唐杰[1]　徐美君[1]　王伟[1]

XU WenLiang[1], WANG Feng[1], PEI FuPing[1], MENG En[2], TANG Jie[1], XU MeiJun[1] and WANG Wei[1]

1. 吉林大学地球科学学院，长春　130061
2. 中国地质科学院地质研究所，北京　100037
1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China*
2. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*
2012-10-01 收稿，2013-01-02 改回.

Abstract　　　This paper summarizes geochronology and association of Mesozoic volcanic rocks and their spatial and temporal variations, with the aim of constraining evolutionary history, and ore-forming background of the circum Pacific and Mongol-Okhotsk tectonic systems in NE China. Zircon U-Pb dating results indicate that Mesozoic volcanisms in NE China can be subdivided into six stages, i. e., Late Triassic (200 ~ 228Ma), Early-Middle Jurassic (173 ~ 190Ma), Middle-Late Jurassic (158 ~ 166Ma), early Early Cretaceous (138 ~ 145Ma), late Early Cretaceous (106 ~ 133Ma), and Late Cretaceous (88 ~ 97Ma). Late Triassic volcanic rocks in NE China mainly distribute in the eastern Jilin-Heilongjiang provinces and the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Ranges. The former consists of A-type rhyolite, the latter is composed of bimodal volcanic rocks, implying that they formed under an extensional environment after the final closure of the Paleo-Asian Ocean. Early-Middle Jurassic volcanic rocks occur in the eastern Jilin-Heilongjiang provinces, the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Ranges, and the Erguna district. Those in the eastern Jilin- Heilongjiang provinces and the Erguna district are composed of calc-alkaline volcanic rocks, suggesting that they formed under the subductions of the Paleo-Pacific plate beneath the Eurasian continent and of the Mongol-Okhotsk oceanic plate beneath the Erguna Massif, respectively. However, those in the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Ranges are a set of bimodal volcanic rocks, implying that they formed under an extensional environment similar to a back-arc setting of double-direction subduction. Middle-Late Jurassic and early Early Cretaceous volcanic rocks only distribute to the west of the Songliao basin, including the Great Xing'an Range and northern Hebei-western Liaoning provinces. Middle-Late Jurassic volcanic rocks consist of basaltic trachy-andesite, trachy-andesite, and trachyte, whereas early Early Cretaceous volcanic rocks are composed of A-type rhyolite and alkali rhyolite, which formed under an extensional environment related to the collapse or delamination of the thickened lower crust. The late Early Cretaceous volcanic rocks are widespread in NE China, those in the eastern Jilin-Heilongjiang provinces belong chemically to a set of calc-alkaline series, whereas those from the Songliao basin and the Great Xing'an Range are a bimodal volcanic rocks. The former marks the subduction of the Paleo-Pacific plate beneath the Eurasian continent, the latter could form under an extensional environment related to the delamination of the thickened lower crust and/or a back-arc setting. Late Cretaceous volcanic rocks mainly occur in the eastern margin of the Eurasian continent, and consist of calc-alkaline series in the continental margin and alkali basalts in intracontinent, suggesting that they formed under the subduction of the Paleo-Pacific plate. Taken together, we conclude: 1) that the subduction of the circum Pacific tectonic system beneath the Eurasian continent began in the Early Jurassic and took place in three times (Early Jurassic, late Early Cretaceous, and Late Cretaceous) during Mesozoic; the influencing spatial extent of the circum Pacific tectonic system mainly include the Songliao basin and its to east; the active continental margin and Paleo-subduction zone are favorable sites in search of porphyry ore deposits,

第一作者简介：许文良，男，1959 年生，博士，教授，主要从事火成岩成因与岩石圈动力学研究，E-mail：xuwl@jlu.edu.cn

whereas an extensional regions within intracontinent are favorable for the formation of the epithermal hydrothermal ore deposits in the eastern Jilin-Heilongjiang provinces；2）that the Mongol-Okhotsk tectonic system experienced Early Mesozoic subduction beneath the Erguna Massif，and Middle Jurassic and early Early Cretaceous thrusting events；the influencing spatial extent of the Mongol-Okhotsk tectonic system include to west of the Songliao basin and northern margin of the North China Craton；the Early Mesozoic subduction of the Mongol-Okhotsk oceanic plate beneath the Erguna Massif is favorable for the formation of porphyry deposits，whereas the extensional environment related to the collapse or delamination of the thickened lower crust in Late Jurassic and Early Cretaceous are favorable for formation of polymetallic deposits.

Key words   Northeast China；Mesozoic volcanic rocks；Spatial and temporal variation；Circum-Pacific tectonic system；Mongol-Okhotsk tectonic system；Ore-forming background

摘　要　　本文系统总结了东北地区中生代火山岩的年代学、岩石组合及其时空分布规律，以便对环太平洋构造体系和蒙古-鄂霍茨克构造体系中生代的演化历史及其东北地区中生代区域成矿背景给出制约。基于火山岩中锆石 U-Pb 定年结果，东北地区中生代火山作用可划分成六期：晚三叠世（200～228Ma）、早-中侏罗世（173～190Ma）、中-晚侏罗世（158～166Ma）、早白垩世早期（138～145Ma）、早白垩世晚期（106～133Ma）和晚白垩世（88～97Ma）。晚三叠世火山作用主要分布在吉黑东部和小兴安岭-张广才岭地区，前者为 A 型流纹岩，后者为双峰式火山岩组合，它们共同揭示了古亚洲洋最终闭合后的伸展环境；早-中侏罗世火山岩主要分布在吉黑东部、小兴安岭-张广才岭和额尔古纳地区，吉黑东部和额尔古纳地区早-中侏罗世钙碱性火山岩的存在分别标志着古太平洋板块和蒙古-鄂霍茨克洋板块俯冲作用的发生，而小兴安岭-张广才岭早-中侏罗世火山岩则以双峰式火成岩组合为特征，反映了双向俯冲的弧后伸展环境；中-晚侏罗世和早白垩世早期火山岩主要分布在松辽盆地以西和冀北-辽西地区，前者为碱性-亚碱性的过渡系列，主要由玄武粗安岩、粗安岩和少量粗面岩组成，后者为 A 型流纹岩或碱性流纹岩组成，这些火山岩形成于加厚陆壳的坍塌或拆沉阶段；早白垩世晚期火山岩广泛分布于东北地区，吉黑东部为钙碱性火山岩组合，而松辽盆地和大兴安岭地区则主要为双峰式火山岩组合，前者标志着古太平洋板块的俯冲，后者与早期加厚陆壳的拆沉和/或类似弧后的伸展环境有关；晚白垩世火山岩主要分布在吉黑东部和陆内，前者为钙碱性火山岩组合，后者为碱性玄武岩，反映了来自东部环太平洋构造体系的俯冲作用。综合上述中生代火山岩的岩石组合及时空分布特征，可以判定：1）环太平洋构造体系对东亚大陆下的俯冲始于早侏罗世，中生代期间存在早侏罗世、早白垩世晚期和晚白垩世三次俯冲事件，其影响的空间范围主要在松辽盆地及其以东地区，陆缘和古俯冲带是寻找斑岩型矿床的有利场所，而陆内的伸展区域主要与浅成低温热液矿床有关；2）蒙古-鄂霍茨克构造体系经历了中生代早期的俯冲事件和中侏罗世及早白垩世早期两次陆内推覆事件，其影响的空间范围主要在松辽盆地以西地区和华北地块北缘，中生代早期的俯冲事件主要与活动陆缘背景下的斑岩型矿床关系密切，而晚侏罗世和早白垩世两次与加厚陆壳拆沉有关的伸展背景有利于多金属矿床的形成。

关键词　　东北地区；中生代火山岩；时空变化；环太平洋构造体系；蒙古-鄂霍茨克构造体系；成矿背景

中图法分类号　　P588.14；P597.3

1　引言

　　东北地区位于中亚造山带的东段，在古生代期间，该区经历了古亚洲洋构造体系的演化，以多个微陆块（自西向东包括额尔古纳地块、兴安地块、松嫩-张广才岭地块、佳木斯地块和兴凯地块）之间的拼合和古生代晚期-中生代早期古亚洲洋的最终闭合为特征（Sengör and Natalin，1996；Li，2006；Tang et al.，2013）（图1a）。在中生代期间，东北地区不仅经历了环太平洋构造体系的叠加与改造，而且又有蒙古-鄂霍茨克构造体系的叠加与改造（Xu et al.，2009；Wu et al.，2011；孟恩等，2011）。近年来，在东北地区区域找矿方面已经取得了重大突破，尤其是大型-超大型斑岩型钼矿的发现，已经使东北成为我国重要的有色及贵金属资源基地（陈衍景等，2012）。目前，对东北地区中生代区域成矿背景的认识，多数强调环太平洋构造体系的影响（Ge et al.，2007），而忽略了蒙古-鄂霍茨克构造体系对东北地区的影响（图1b）（孟恩等，2011）。即使在对环太平洋构造体系的研

究中，目前仍有一些关键科学问题没有得到解决，比如，目前对环太平洋构造体系开始的时间还有争论（是晚三叠世？还是早-中侏罗世？）（吉林省地质矿产局，1988；黑龙江省地质矿产局，1993；赵越等，1994；赵春荆等，1996；孙德有等，2005；Wu et al.，2007；裴福萍等，2008；Zhou et al.，2009），对环太平洋构造体系中生代的演化历史还不是很清楚，如中生代有几次俯冲事件？环太平洋构造体系影响的空间范围如何？等等。与环太平洋构造体系研究相比，对蒙古-鄂霍茨克构造体系对我国境内的影响研究更少，目前还多数强调该大洋板块的向北俯冲，对其是否存在向南俯冲和中生代的演化历史了解更少。虽然近年来在对东北地区花岗岩的时代、成因与陆壳增生研究中已经取得了突破性进展（Wu et al.，2011），但由于花岗岩成因类型的多样性以及岩浆源区性质的制约，使其在成分极性变异方面难以得到很好地表现，与之相比，火山岩具有更好的成分变化极性，这对揭示大洋板块的俯冲历史更具有重要的指示意义。鉴于此，本文系统总结了东北地区中生代火山作用的年代学以及不同期次火山岩组合的时空变异，以此来揭示东北地区中生代不
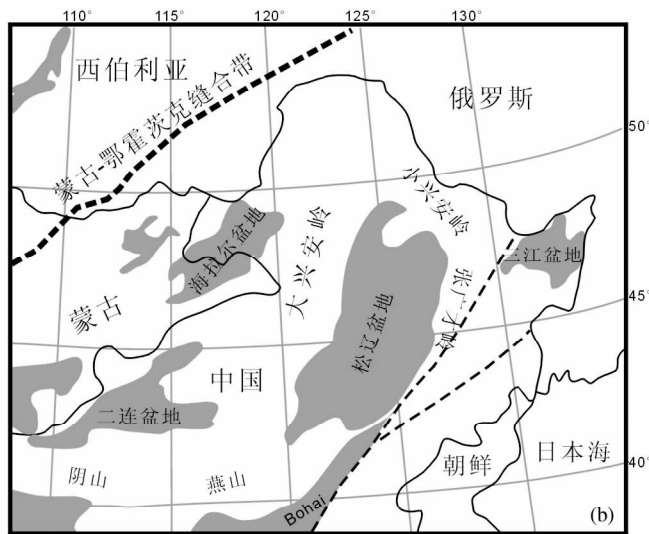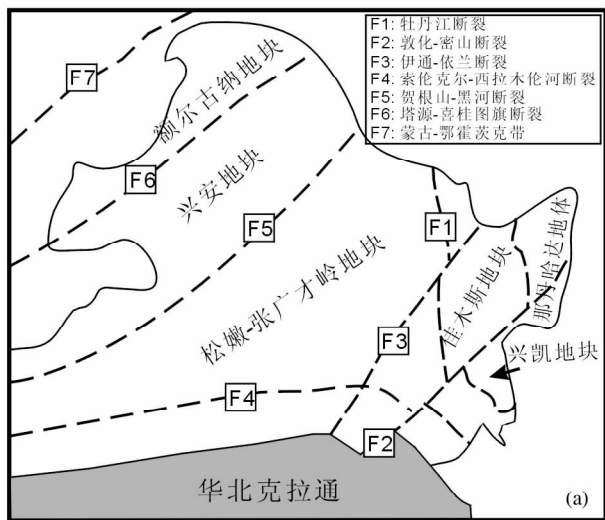
图 1　东北地区的构造分区（a，据 Wu *et al.*，2011）和东北的主要地理单元（b，据 Meng，2003）

Fig. 1　Tectonic subdivisions of northeastern（NE）China（a，after Wu *et al.*，2011）and main topographical units in NE China（b，after Meng，2003）

同构造体系的演化历史及其影响的空间范围，这对全面了解和揭示中生代区域成矿背景和指导东北地区的区域找矿均具有重要意义。

2　东北地区古亚洲洋构造体系结束的时限

在讨论东北地区中生代构造体制之前，首先应了解影响该区的古生代构造体制——古亚洲洋构造体系的演化历史和该构造体系的结束时间。目前多数学者认为东北地区多个微陆块的拼合过程主要在加里东期完成，如额尔古纳地块与兴安地块的拼合在早古生代早期已经完成拼合（葛文春等，2007）、松嫩-张广才岭地块与佳木斯地块的拼合于加里东晚期已经拼合（Wang *et al.*，2012），而兴安地块与松嫩-张广才岭地块的拼合于早石炭世完成（黑龙江省地质矿产局，1993）。这些微陆块作为一个整体（称为阿穆尔地块，Sengör and Natalin，1996；或佳蒙地块，Wang *et al.*，2009）与华北地块的拼合过程以及古亚洲洋的最终闭合时间可以从华北地块北缘晚古生代-早中生代的演化历史得到回答。

首先，从华北地块北缘中部晚古生代的岩浆作用历史可以看出，在泥盆纪，该区发育了一套碱性杂岩和基性-超基性杂岩体，前者以 A 型花岗岩为主，它们共同构成了双峰式火成岩组合，揭示了华北地块北缘伸展构造环境的存在（Zhang *et al.*，2009）。

其次，华北地块北缘晚石炭世-早二叠世钙碱性火成岩组合的存在，揭示了该区古亚洲洋向南俯冲于华北地块之下的发生（Zhang *et al.*，2009），吉林中部-延吉地区早二叠世钙碱性火山岩的存在也进一步证明了早二叠世期间古亚洲洋向南俯冲作用的发生（曹花花等，2012）。

第三，进入到晚二叠世，松嫩-张广才岭地块东缘和佳木斯地块西缘以及华北克拉通北缘双峰式火成岩组合的出现，表明该区处于伸展环境（Liu *et al.*，2010；王子进等，2013；Yu，2013），这与中二叠世过铝质石榴石二长花岗岩所揭示的碰撞作用之后的伸展环境相适应（Cao *et al.*，2013）。

第四，至早-中三叠世，兴蒙造山带南缘碰撞型花岗岩的产生标志着古亚洲洋的最终闭合（孙德有等，2004；李锦轶等，2007；Cao *et al.*，2013）。

综合上述研究成果，可以看出，在东北地区，古亚洲洋的最终闭合时间最晚可能发生在中三叠世，自此以后，该区进入到环太平洋构造体系和蒙古-鄂霍茨克构造体系的演化阶段。

3　东北地区中生代火山作用的时空格架

根据对东北地区中生代火山岩锆石 U-Pb 定年结果的统计，可以将东北地区中生代火山作用划分成六期（图2），晚三叠世（200～228Ma）、早-中侏罗世（173～190Ma）、晚侏罗世（158～166Ma）、早白垩世早期（138～145Ma）、早白垩世晚期（106～133Ma）、晚白垩世（88～97Ma），这六期火山岩的分布如（图3）所示（Xu *et al.*，2013）。

1）晚三叠世（200～228Ma）：该期火山岩主要分布在吉黑东部和小兴安岭-张广才岭地区，前者主要为一套 A 型流纹岩组合（Xu *et al.*，2009），后者为一套双峰式火山岩组合（Wang *et al.*，2011a）。
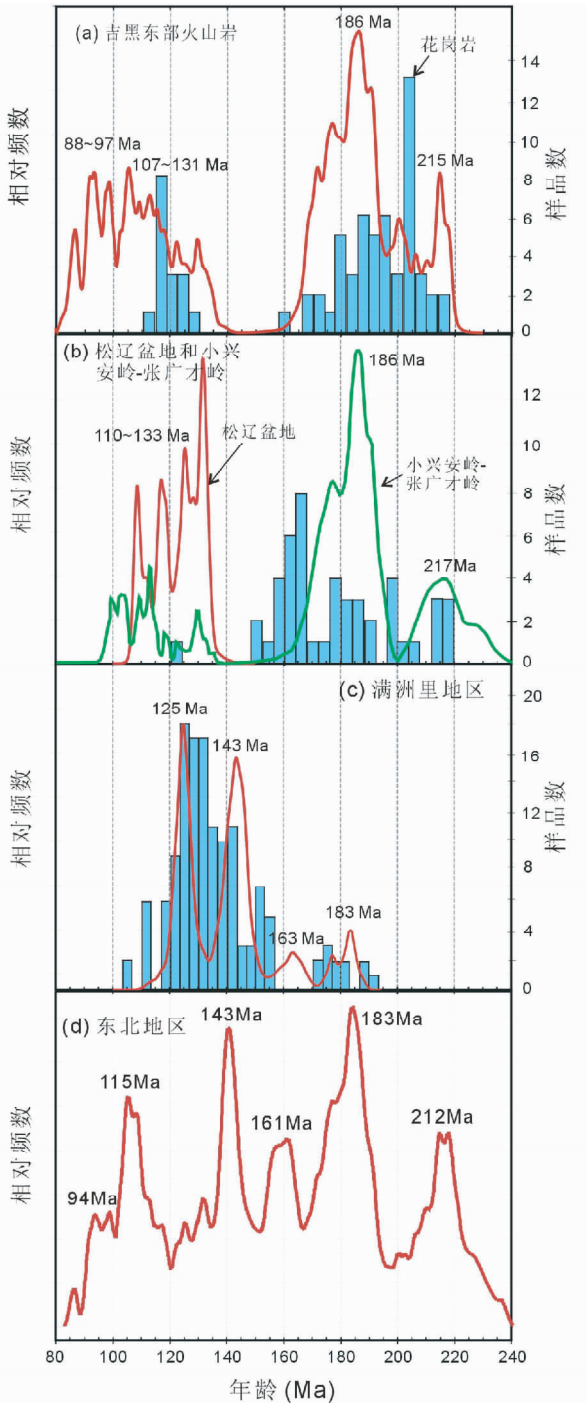
2）早-中侏罗世（173～190Ma）：该期火山岩主要分布在吉黑东部、小兴安岭-张广才岭和额尔古纳地区。吉黑东部

图2　中国东北中生代火山岩锆石 U-Pb 年龄频数图
（a）-吉黑东部区；（b）-松辽盆地和小兴安岭-张广才岭；（c）-满洲里地区；（d）-整个东北地区．直方图部分为东北地区中生代花岗岩，引自 Zhang et al.（2010）. LXZR-小兴安岭-张广才岭
Fig. 2　Probability plots of the zircon U-Pb ages for the Mesozoic volcanic rocks in NE China
（a）-the eastern Heilongjiang-Jilin provinces；（b）-the Songliao basin and the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Ranges；（c）-the Manzhouli area；（d）-NE China. Age data for Mesozoic granitoids in NE China after Zhang et al.（2010）. LXZR-the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Ranges

（敦-密断裂东南区）和额尔古纳地区早-中侏罗世火山岩主要为钙碱性火山岩系列（许文良等，2008；裴福萍等，2009；Xu et al.，2013），而小兴安岭-张广才岭则为一套双峰式火成岩组合（唐杰等，2011；Yu et al.，2012；徐美君等，2013）。

3）中-晚侏罗世（158～166Ma）：从目前的定年结果来看，该期火山岩只分布在松辽盆地以西地区，主要为一套亚碱性-碱性的过渡类型。岩石组合为：玄武粗安岩-粗安岩-少量粗面岩（Wang et al.，2006；Yang and Li，2008；Zhang et al.，2008a，2010；孟恩等，2011；徐美君等，2011）。

4）早白垩世早期（138～145Ma）：该期火山岩的分布范围与晚侏罗世火山岩类似，目前在松辽盆地以东地区尚未发现，主要为一套 A 型流纹岩，在个别地区为碱性流纹岩（其中存在大量的钠铁闪石）（孟恩等，2011；徐美君等，2011；王建国等，2013）。

5）早白垩世晚期（106～133Ma）：该期火山岩不仅在大兴安岭和吉黑东部广泛分布（Wang et al.，2006；Zhang et al.，2008a，2010；孟恩等，2011；徐美君等，2011），而且在松辽盆地底部断陷层也广泛产出（裴福萍等，2008；章凤奇等，2009）。

6）晚白垩世（88～97Ma）：该期火山岩主要分布在吉黑东部（Ji et al.，2007；张磊等，2009；Zhang et al.，2012；于介江等，2013），在松辽盆地中也发现该期岩浆事件（王璞珺等，2009）。此外，在辽西阜新（许文良等，1999）、辽南曲家屯（王微等，2006）也有该期火山岩的发现。

4　东北地区中生代环太平洋构造体系的演化历史与区域成矿

4.1　古太平洋构造体系俯冲于欧亚大陆之下开始时间的确定

在东北乃至整个中国东部环太平洋构造体系中生代的演化历史并不是很清楚。首先，古太平洋板块俯冲开始的时间一直是个争论的问题，目前主要有两种观点，一种认为是晚三叠世（彭玉鲸和陈跃军，2007），而另一种认为是早-中侏罗世（Xu et al.，2009；Wu et al.，2011）。吉黑东部晚三叠世 A 型流纹岩的存在（Xu et al.，2009）和张广才岭晚三叠世双峰式火山岩的存在（Wang et al.，2011a），与张广才岭晚三叠世碱长花岗岩一起（Wu et al.，2011），表明该区晚三叠世期间处于一种伸展环境，并不代表古太平洋构造体系俯冲作用的开始。

钙碱性火山岩组合的存在可作为判定古俯冲作用发生的有效标志。近年来，吉黑东部（东宁-汪清-珲春一线）早-中侏罗世（173～190Ma）钙碱性火山岩组合的发现，为判定古太平洋构造体系开始俯冲的时间提供了可信的证据（许文良等，2008；裴福萍等，2009），而小兴安岭-张广才岭地区同时代双峰式火成岩组合的存在（唐杰等，2011；Yu et al.，2012；徐美君等，2013），揭示了自陆缘向陆内火山岩成分极性的变
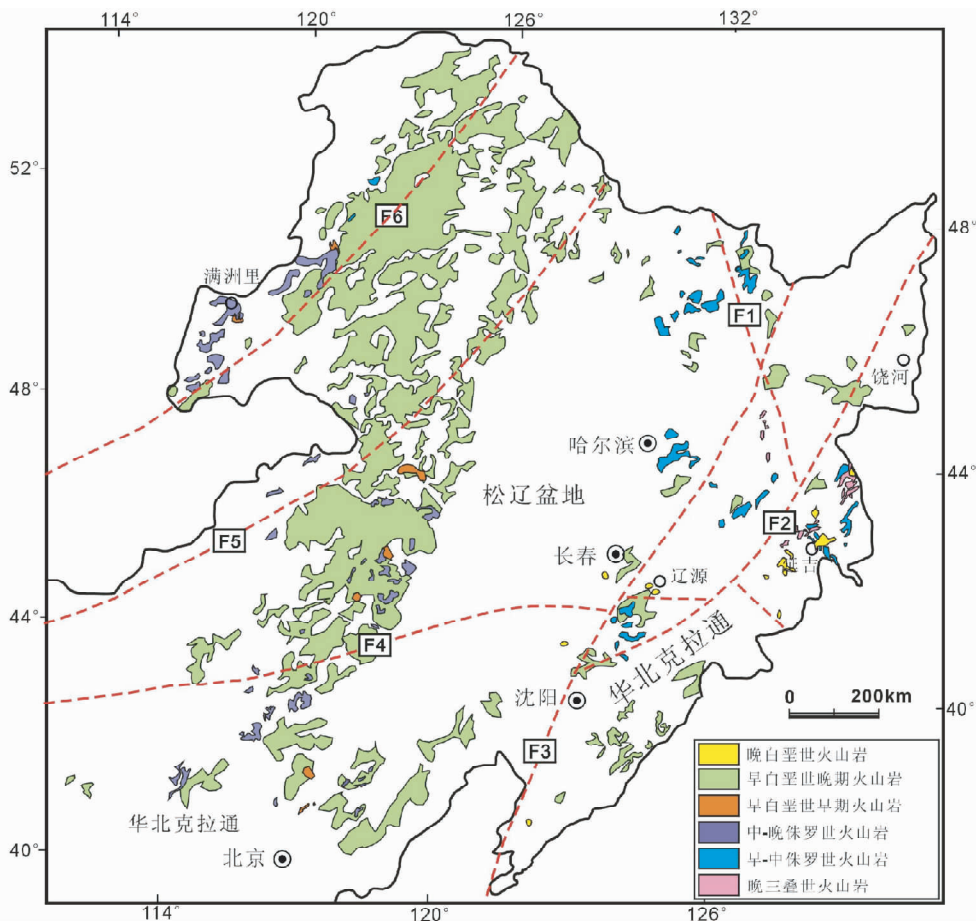
图3　东北地区中生代火山岩的分布图

Fig. 3　Distribution map of Mesozoic volcanic rocks in NE China

化——即揭示了来自东部俯冲作用的开始(许文良等,2012),这一俯冲作用也导致了位于松嫩-张广才岭地块与佳木斯地块之间黑龙江杂岩的构造就位(李锦轶等,1999;Wu et al., 2007;Zhou et al., 2010)。

4.2　中侏罗世晚期-早白垩世早期:古太平洋板块俯冲的间歇期

首先,从已有的火山岩定年结果来看,目前在吉黑东部尚未发现140~165Ma的火山岩,而这一阶段的火山岩主要分布在松辽盆地以西地区,这暗示此阶段的岩浆事件与古太平洋板块的俯冲作用无关。

其次,位于东北东部的那丹哈达地体蛇绿混杂岩中存在中侏罗世晚期(166Ma左右)的火山岩和辉长岩(赵海玲等,1996;程瑞玉等,2006),表明该期欧亚大陆陆缘东侧是一个处于拉张环境的海盆,而地体拼贴时间发生在晚侏罗世-早白垩世之间,蛇绿混杂岩已被早白垩世花岗岩所穿切就证明了这一点(程瑞玉等,2006)。

综上所述,在中侏罗世晚期-早白垩世早期阶段,古太平洋板块对欧亚大陆下并没有发生俯冲作用。

4.3　早白垩世晚期和晚白垩世:古太平洋板块对欧亚大陆下的两次俯冲作用

早白垩世晚期(106~133Ma)在东北地区,该期火山作用广泛而强烈,然而,在东北地区的不同区域该期火山岩的成分具有明显变异。在吉黑东部(包括华北地块东北缘)代表性地层有:自北向南包括皮克山组、裴德组、东山组、金沟岭组、泉水村组、二股砬子组,除出露于佳木斯地块上的部分样品具有相对较高的碱性组分外,该期火山岩主要由一套钙碱性火山岩所组成(Yu et al., 2009),代表了古太平洋板块(Izanagi)俯冲作用的存在。而同时代的火山岩,在松辽盆地和大兴安岭地区主要表现为双峰式火山岩组合(葛文春等,1999;Wang et al., 2006;Zhang et al., 2008a, 2010;裴福萍等,2008;孟恩等,2011),相应时代的花岗岩主要为一套碱性或碱长花岗岩(Wu et al., 2011)。自陆缘向陆内,火山岩中的碱性组分具有增高的成分极性变化,表明了来自东部板块俯冲作用的发生。

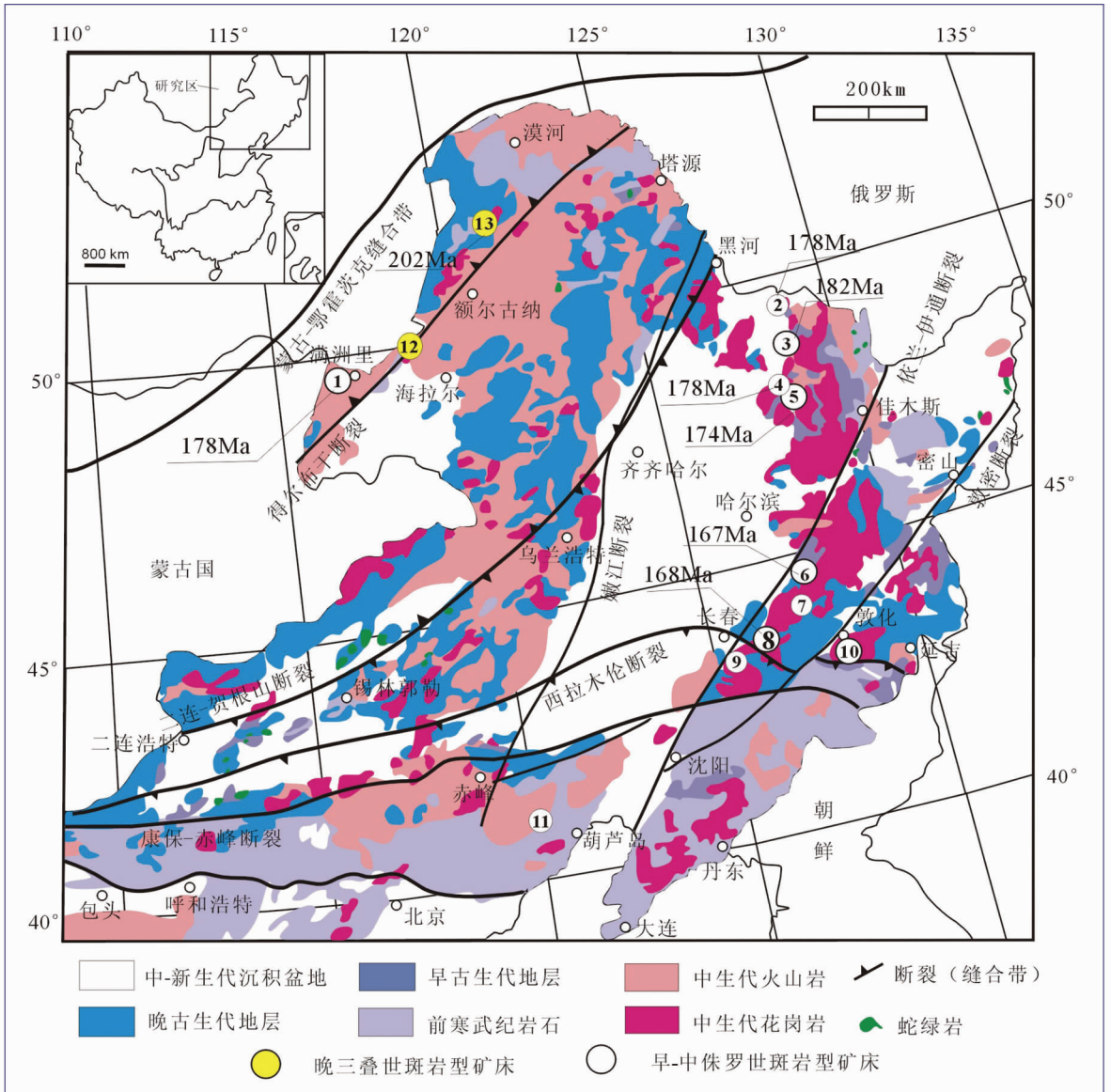晚白垩世(88~97Ma)晚白垩世火山岩主要分布在东北的东部,在陆缘区(东宁-珲春一线)代表性火山岩地层有绥芬河组(Ji et al., 2007)和屯田营组(Xu et al., 2013),它们主要

图 4 东北地区早中生代斑岩型矿床分布图（据白令安等，2012；孙景贵等，2012；陈衍景等，2012 修改）
矿床名称：1-乌努格吐山；2-翠宏山；3-霍吉河；4-翠岭；5-鹿鸣；6-福安堡；7-季德屯；8-大黑山；9-后倒木；10-刘生店；11-杨家杖子；12-八大关；13-太平川
Fig. 4 Distribution map of Early Mesozoic porphyry-type ore deposits in NE China (modified after Bai *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2012)

由一套钙碱性火山岩所组成，而在陆内辽西的阜新、辽南的曲家屯，同时代的火山岩主要为一套碱性玄武岩（许文良等，1999；Yan *et al.*，2003；王微等，2006），在佳木斯地块上，同时代的侵入岩为一套碱性辉长岩（张磊等，2009）。自陆缘向陆内火山岩碱性组分的增高，表明来自东部俯冲作用的发生。

4.4 古太平洋板块中生代对欧亚大陆下的俯冲作用与区域成矿

从吉黑东部中生代火山作用的时代与性质可以看出，在中生代期间，古太平洋板块向欧亚大陆下的俯冲作用主要发生在三个阶段：即早-中侏罗世、早白垩世晚期和晚白垩世。这三个阶段，欧亚大陆的东北部陆缘处于活动大陆边缘的构造背景，是我国东北地区东部寻找斑岩型铜钼矿床、浅成热液金铜矿床的有利场所。近年来，吉黑东部早-中侏罗世斑岩型钼矿正是古太平洋板块俯冲之下的产物（图4）（Ge *et al.*，2007；孙景贵等，2012；陈衍景等，2012）。与早-中侏罗世相比，在吉黑东部，早白垩世晚期和晚白垩世岩浆作用的强度明显减弱，尤其是后者，在靠近陆缘的外侧（如东宁-珲春一线），主要以寻找富金斑岩型铜矿床、高硫化型金矿床为主（Han *et al.*，2013），而进入到陆缘的内侧，主要表现为类
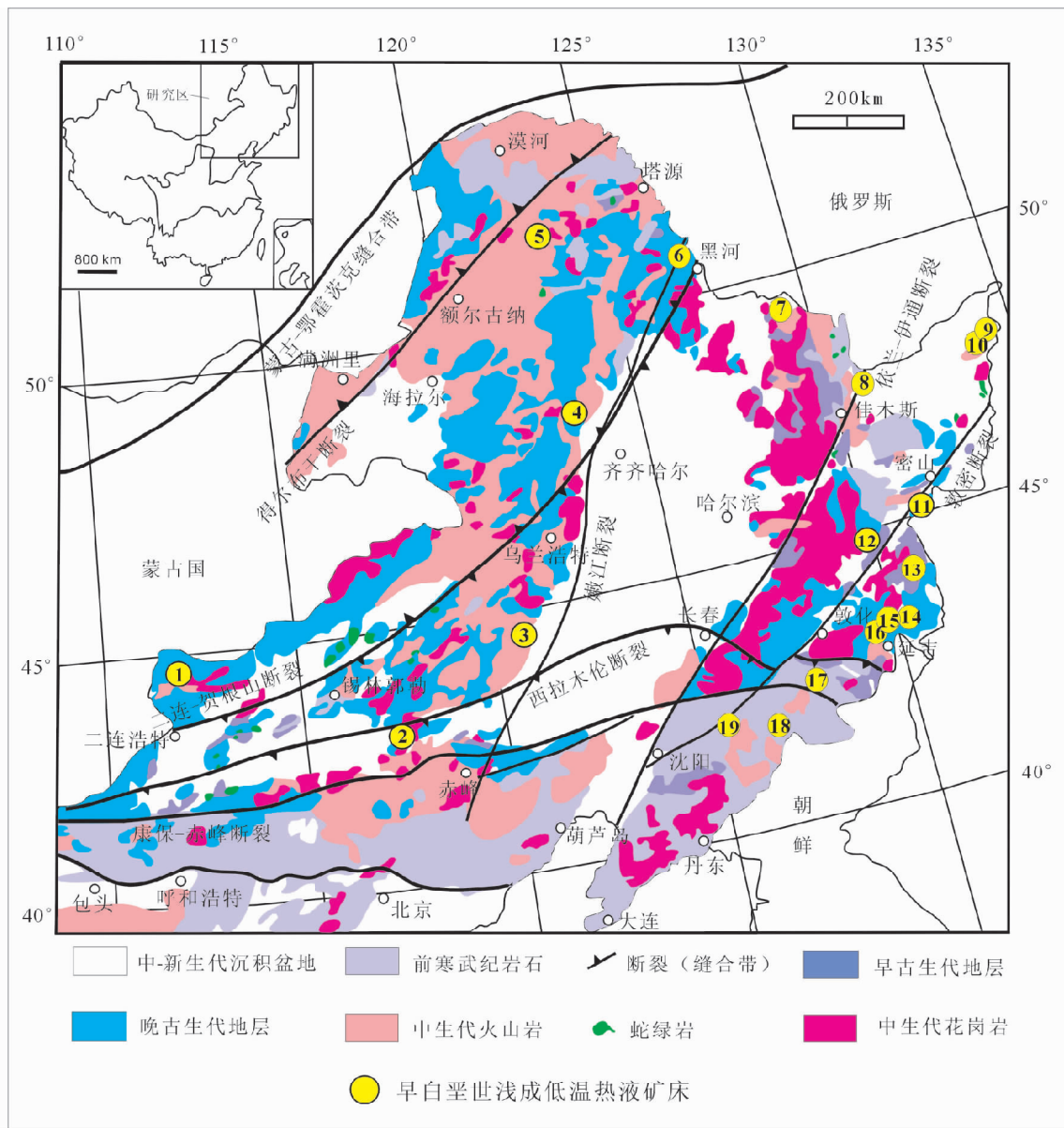
图 5　东北地区早白垩世浅成热液矿床分布图（据白令安等,2012;孙景贵等,2012;Han *et al.*, 2013; 陈衍景等,2012 修改）
矿床名称:1-乌兰德勒;2-小东沟;3-敖仑花;4-太平川;5-兴阿;6-三道湾子;7-东安;8-平顶山;9-四平山;10-大王砬子;11-金场沟;12-砍缘沟;13-九坶沟;14-小西南岔;15-杜荒岭;16-闹枝;17-天宝山;18-板庙子;19-香炉碗子

Fig. 5　Distribution map of Early Cretaceous epithermal deposits in NE China（modified after Bai *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2012; Han *et al.*, 2013; *Chen et al.*, 2012）

似弧后的伸展环境,与之相对应的矿产主要以浅成低温热液型金矿床为主(图5)(孙景贵等,2009)。

5　蒙古-鄂霍茨克构造体系中生代的演化历史与区域成矿

5.1　蒙古-鄂霍茨克缝合带演化历史概述

　　蒙古-鄂霍茨克缝合带从蒙古的杭爱山脉一直延伸到鄂霍茨克海的乌达海湾,长约3000km,宽约300km,古生代和早

中生代时期位于西伯利亚板块、华北板块和古太平洋板块之间。它是东亚北部一条具有较长地质历史的造山带,它在东亚大陆形成演化的历史上占有极为重要的位置(李锦轶等,2009)。由于该造山带主要位于俄罗斯和蒙古境内,对其演化历史的研究,尤其是该构造带对我国境内影响的研究较少。目前主要认识是,蒙古-鄂霍茨克洋在晚古生代末期较为宽广(Cogné *et al.*,2005),局部已经存在俯冲(Tomurtogoo *et al.*,2005;Mazukabzov *et al.*,2010),并延续至三叠纪;由于西伯利亚板块相对于中蒙地块的旋转,造成了鄂霍茨克板

块从西向东的剪刀式关闭，西部晚三叠世开始闭合、向东部在晚侏罗世闭合（Zonenshain et al.，1990；Zorin，1999；Sorokin et al.，2004），也有人认为东段的碰撞可以持续到晚侏罗世-早白垩世（Kravchinsky et al.，2002）。就蒙古-鄂霍茨克洋的俯冲方向而言，多数学者认为该大洋板块向北俯冲（Zorin，1999），是否存在着向南俯冲一直存在争议（Wu et al.，2011）。近年来，虽然对额尔古纳地块中早中生代花岗岩的成因和斑岩型矿床的成因一直强调该构造带的影响（秦克章等，1999；陈志广等，2010；Wu et al.，2011；王伟等，2012；佘宏全等，2012），但是，对蒙古-鄂霍茨克缝合带的演化历史及其对我国境内影响的时空范围并不清楚。大兴安岭及燕辽地区中生代火山岩的岩石组合及其时空分布，结合与吉黑东部中生代火山岩组合与时空分布特征的对比，可以对蒙古-鄂霍茨克缝合带中生代的演化历史给出限定。

5.2　三叠纪：蒙古-鄂霍茨克大洋板块向南俯冲作用的确定

在已有的研究中，中生代早期蒙古-鄂霍茨克洋的演化主要强调向北俯冲作用，而近年来在蒙古国和我国境内额尔古纳地块早中生代花岗岩和成矿作用的研究，揭示该大洋板块中生代早期存在向南俯冲的构造演化历史。如在蒙古国额尔登特发育了岛弧环境的侵入杂岩，形成特大型斑岩铜-钼矿床，成矿成岩时代为240Ma左右（江思宏等，2010）；在中蒙古形成的Hangayan岩基（255～230Ma），属安第斯型大陆边缘弧环境（Tomurtogoo et al.，2005；Orolmaa et al.，2008）；此外，在我国境内额尔古纳地块中的太平川斑岩型铜钼矿床形成于晚三叠世（锆石U-Pb年龄为202±6Ma），该矿床形成于鄂霍茨克洋板块向额尔古纳地块之下俯冲的活动陆缘弧环境（陈志广等，2010）；Wu et al.（2011）对额尔古纳地块北段早中生代花岗岩的研究也认为，它们的形成也与蒙古-鄂霍茨克带的演化有关。综合上述研究成果，可以判定，在中生代早期，我国境内已经受到了蒙古-鄂霍茨克缝合带的影响，并主要表现为蒙古-鄂霍茨克大洋板块向额尔古纳地块和中蒙古地块之下的俯冲作用。位于内蒙古自治区林西中三叠世高镁adakitic安山岩的形成应是北部鄂霍茨克洋板块向额尔古纳-中蒙古地块之下俯冲作用的远程效应，即在伸展环境下早期俯冲板片熔融的熔体与地幔橄榄岩反应的结果（Liu et al.，2012）。

5.3　早侏罗世（180～185Ma）：蒙古-鄂霍茨克大洋板块对额尔古纳地块下的俯冲作用

Zorin（1999）的研究认为早侏罗世期间蒙古-鄂霍茨克大洋板块主要表现为向北的俯冲作用，还有部分学者认为此时在西部已经发生蒙古-鄂霍茨克洋的闭合（Metelkin et al.，2007）。那么，该期是否存在蒙古-鄂霍茨克大洋板块对额尔古纳地块之下的俯冲作用？额尔古纳地块上该期的岩浆作用性质对此给予了回答。首先，在额尔古纳地块上的额尔古纳-根河地区确定了一套早侏罗世玄武岩-玄武安山岩钙碱性

火山岩组合（Zhang et al.，2008a；Xu et al.，2013），该套火山岩组合反映了活动陆缘的构造背景；其次，在满洲里地区与乌奴格吐山斑岩型铜钼矿床密切相关的花岗岩和具有矿化的蚀变花岗岩的形成时代也为早侏罗世（180～183Ma，王伟等，2012），而反映成矿时代的Re-Os同位素年龄为178Ma（佘宏全等，2012）。综合上述特征，可以判定，在早侏罗世期间，额尔古纳地块西缘处于活动陆缘的构造背景。此时，小兴安岭-张广才岭存在同时代的双峰式火成岩，由此可以排除额尔古纳地块上发育的早侏罗世钙碱性火山岩并不是古太平洋板块俯冲作用的产物，而应是蒙古-鄂霍茨克大洋板块向额尔古纳地块下俯冲作用的结果。

5.4　中侏罗世（165～170Ma）：蒙古-鄂霍茨克洋的闭合与区域陆壳加厚事件

从已有的研究成果中可知，中生代期间，蒙古-鄂霍茨克洋的闭合自西向东具有剪刀式闭合的特征，东部闭合的时间可能持续到晚侏罗世-早白垩世（Kravchinsky et al.，2002；Sorokin et al.，2010）。对于额尔古纳地块而言，其西北侧蒙古-鄂霍茨克洋的闭合时间应发生在中侏罗世，证据有：1）在位于兴安地块与松嫩-张广才岭地块之间黑河-孙吴地区发现了具有"S"型花岗岩地球化学属性的白云母花岗岩，其形成时代为168±2Ma，我们认为该白云母花岗岩形成于陆壳加厚的背景（作者未发表资料），这与在该区发现的二云母花岗岩的形成时代相吻合（Wu et al.，2011）；2）在冀北-辽西地区，广泛存在一个区域性的地层不整合——即在海房沟组之下存在的自北向南的逆冲构造，表明了陆壳加厚过程的存在（赵越等，1994，2004；Zhang et al.，2008b），其发生的时间可以从海房沟组之上的蓝旗组和髫髻山组火山岩的形成时代（155～158Ma）得到限制（Gao et al.，2004；刘健等，2006；Yang and Li，2008）；3）在满洲里-额尔古纳地区形成了一套具有碱性-亚碱性过渡属性的火山岩组合，以塔木兰沟组玄武粗安岩-粗安岩-粗面岩为代表，而在冀北辽西地区则以蓝旗组和髫髻山组为代表，前者形成于158～166Ma之间（其峰期时代为162Ma）（Wang et al.，2006；Zhang et al.，2008a；孟恩等，2011；徐美君等，2013；Xu et al.，2013），后者形成于155～158Ma之间，它们都形成于与加厚陆壳垮塌阶段相对应的伸展环境（Xu et al.，2013）；4）该期火山岩（155～166Ma）只分布在松辽盆地以西地区，反映其形成应与蒙古-鄂霍茨克缝合带的演化有关，而与环太平洋构造体系无关，而该期火山岩自北向南时代变新的迁移趋势（Zhang et al.，2008a，2010）再次证明它们的形成应是蒙古-鄂霍茨克缝合带演化的产物。

综合上述特征，可以得出在中侏罗世期间，大兴安岭西坡-冀北-辽西地区存在一次重要的陆壳加厚过程，这一过程恰恰是蒙古-鄂霍茨克缝合带闭合的时间，而广泛发育的中-晚侏罗世火山岩应是这次加厚陆壳坍塌或拆沉阶段的产物（孟恩等，2011；Xu et al.，2013）。

5.5　早白垩世早期(138～145Ma)：区域伸展事件与A型流纹岩的形成

早白垩世早期火山岩的分布与中-晚侏罗世火山岩的分布类似——只分布在松辽盆地以西地区(包括大兴安岭西坡和冀北-辽西地区)，代表性地层包括大兴安岭北段的吉祥峰组和南段的玛尼吐组、冀北-辽西的张家口组，前者主要形成于138～145Ma之间(峰期年龄为142Ma，Wang et al.，2006；Zhang et al.，2008a；Ying et al.，2010；孟恩等，2011；徐美君等，2011；王建国等，2013)，后者主要形成于135～136Ma之间(牛宝贵等，2003；张宏等，2005)。自北向南，该期火山岩形成的时间具有变新的趋势(Xu et al.，2013)。在地球化学属性上，该期火山岩具有A型流纹岩的特征，在大兴安岭南段该期火山岩(142Ma)呈不整合覆盖在满克头鄂博组(162Ma)之上，并为富含钠铁闪石的碱性流纹岩(王建国等，2013)。上述岩石组合揭示该区在早白垩世早期处于伸展环境。从冀北-辽西该期火山岩的分布可知，它们不整合产于土城子组之上，而土城子组之上发育的区域性不整合代表了另一次自北向南的推覆事件(Zhang et al.，2008b)，该期火山岩就是在这次推覆事件之后形成的，这表明该期火山岩的形成应与这次陆壳加厚时间的坍塌或拆沉阶段相对应——即伸展的构造背景(韦忠良等，2008)。

5.6　早白垩世晚期(110～131Ma)：区域伸展与双峰式火山岩形成

早白垩世晚期火山岩在东北地区广泛分布，尤其是大兴安岭地区，在其北部以上库力组流纹岩和伊列克得组玄武岩为代表，在南部以白音高老组流纹岩和梅勒图组玄武岩为代表，它们形成于114～131Ma之间(峰期年龄为125Ma；林强等，1999；葛文春等，2001；Wang et al.，2006；Zhang et al.，2008a，2010；Ying et al.，2010；孟恩等，2011；徐美君等，2011)。在冀北-辽西地区，该期火山岩以义县组为代表，形成于120～126Ma(韦忠良等，2008)。该期火山事件表现为典型的双峰式火山岩组合，揭示了区域性伸展环境的存在，这也得到了早白垩世晚期广泛发育的变质核杂岩、A型花岗岩和裂谷盆地的支持(Davis et al.，2001；Wu et al.，2002；Wang et al.，2011b)。该期火山事件既可与古太平洋板块俯冲于欧亚大陆之下的弧后伸展环境相联系，又可与蒙古-鄂霍茨克缝合带闭合后加厚陆壳的拆沉过程相联系，对于大兴安岭地区早白垩世双峰式火山岩组合的形成应与后者关系更为密切(Xu et al.，2013)。

5.7　蒙古-鄂霍茨克缝合带中生代的构造演化与区域成矿

从我国境内的大兴安岭北段、南段和冀北-辽西地区中生代岩浆作用的时空格架以及岩石组合特征可以看出，蒙古-鄂霍茨克缝合带中生代期间对我国的影响是强烈的，其大致可以划分成以下几个阶段：

1)早中生代(240～180Ma)蒙古-鄂霍茨克大洋板块向额尔古纳地块之下的俯冲阶段：依据该区花岗岩的岩浆作用期次与性质及其成矿特征(秦克章等，1998；陈志广等，2010；Wu et al.，2011；王伟等，2012；佘宏全等，2012)，大致可以划分成三次俯冲事件(245Ma±，200Ma±和185Ma±)，与之相对应的成矿作用主要表现为活动陆缘背景下的斑岩型(铜)钼和铜铅锌多金属矿床的形成(图4)。

2)中生代晚期(160～120Ma)该阶段主要表现为两次陆壳加厚过程(170Ma左右和145Ma左右)和与之相对应的陆壳伸展环境(162Ma、142～120Ma)，该期成矿作用主要表现为伸展背景下的浅成热液型金矿、多金属矿床和稀有、稀土金属矿床的形成(图5)(白令安等，2012；王建国等，2013)。

6　古缝合带的再活化与区域成矿

东北地区处于中亚造山带的东段，该区古生代期间主要表现为多个微陆块之间的拼合过程和多岛弧的弧陆拼合过程(Sengör and Natalin，1996；Li，2006)。在古生代晚期-早中生代早期，该区经历了古亚洲洋的最终闭合，完成了中亚造山带的演化历程，之后进入到了蒙古-鄂霍茨克构造体系和环太平洋构造体系的叠加演化阶段，这些晚期的构造体系对古亚洲洋构造体系时期形成的古俯冲带(缝合带)有何影响？对区域成矿作用有何指示意义？这可从东北地区近年来不同类型矿床的发现得到回答。

6.1　环太平洋构造体系对古俯冲带(或缝合带)的影响与成矿

基于吉黑东部中生代火山岩的研究，可知环太平洋构造体系在欧亚大陆东北缘中生代的演化主要表现为三次重要的俯冲事件：即早-中侏罗世(173～190Ma)、早白垩世晚期(106～133Ma)和晚白垩世(88～97Ma)。而位于东北地区东部的古俯冲带主要有松嫩-张广才岭地块与佳木斯地块之间南北向展布的加里东期缝合带(Wang et al.，2012)和位于华北地块北缘东西向展布的晚古生代缝合带(Zhang et al.，2009；曹花花等，2012)。在古太平洋板块俯冲于欧亚大陆之下的过程中，这些古老的俯冲带再次复活，形成了具有活动陆缘构造背景以钼为主的斑岩型矿床，如小兴安岭-张广才岭早侏罗世斑岩型矿床(霍吉河钼矿，184Ma，陈静等，2012；鹿鸣斑岩型钼矿，176Ma，杨言辰等，2012；翠岭钼矿，178Ma，杨言辰等，2012)的形成、华北地块北缘早-中侏罗世斑岩型钼矿床(大黑山斑岩型钼矿，168Ma，王成辉等，2009；福安堡斑岩型钼矿，167Ma，李立兴等，2009)的形成都应与古太平洋板块俯冲作用下的古缝合带活化有关(图4)。从目前对东北地区成矿年龄的统计可以看出，这些古俯冲带上的成矿作用主要发生在早-中侏罗世，而早白垩世晚期(106～133Ma)和晚白垩世(88～97Ma)两次俯冲作用对古俯冲带的影响较小，东部陆缘陆内一侧主要表现为类似弧后的伸展环境，而对应的成矿作用主要以富金斑岩型铜矿和浅成低温热

液型金矿为主（图5）（Han *et al.* ，2013）。

6.2 蒙古-鄂霍茨克构造体系对古俯冲带（或缝合带）的影响与成矿

6.2.1 中生代早期俯冲阶段

从中生代火山岩的空间展布可以判定，蒙古-鄂霍茨克构造体系对对我国的影响主要在松辽盆地以西地区（包括冀北-辽西地区）。中生代早期，蒙古-鄂霍茨克大洋板块俯冲于额尔古纳地块之下，其影响空间范围可以达到华北地块的北缘，其东西向展布的早侏罗世南大岭组玄武岩（赵越等，2006）应是这次俯冲作用产生的远程效应，这主要表现为对华北地块北缘晚古生代缝合带的影响。此外，华北地块北缘东西向展布的早侏罗世以钼为主的斑岩型矿床的形成（如新台门钼矿，183Ma，张遵忠等，2009；蓝家沟钼矿，187Ma，黄典豪等，1996；杨家杖子钼矿，187Ma，黄典豪等，1996）也可能与蒙古-鄂霍茨克大洋板块向额尔古纳地块下俯冲的远程效应有关（图4），位于华北陆块之下的古亚洲洋板块的复活可能是导致这些斑岩型矿床形成的主要动力学背景。

6.2.2 晚中生代蒙古-鄂霍茨克洋的闭合碰撞与伸展阶段

在中侏罗世（海房沟组之下的区域不整合）和早白垩世早期（土城子组之上的区域不整合）两期构造推覆事件（Zhang *et al.* ，2008b）对古俯冲带的影响主要表现为陆壳加厚过程的发生和古俯冲带的再活化，前者主要表现为adakitic 火山岩的形成（Yang and Li，2008），后者主要表现在华北地块北缘中-晚侏罗世矽卡岩型矿床的形成（如肖家营子钼矿，170Ma，代军治等，2008；姚家沟钼矿，169Ma，方俊钦等，2012）。而区域成矿作用主要发生在加厚陆壳坍塌或拆沉阶段伸展背景下，以浅成低温热液金矿床为主，同时在古俯冲大洋板片存在的部位，具有稀有-稀土矿床的形成，比如与吉祥峰组（或玛尼吐组）A 型流纹岩或碱性花岗岩有关的稀土矿产的形成，应是已经发生细碧-角斑岩化的古俯冲大洋板片，在伸展环境下部分熔融的产物（王建国等，2013）。

7 结论

基于对东北地区中生代火山岩的年代学与岩石组合的时空变化规律研究，得出如下结论：

（1）东北地区中生代火山作用可划分成六期：晚三叠世（200～228Ma）、早-中侏罗世（173～190Ma）、晚侏罗世（158～166Ma）、早白垩世早期（138～145Ma）、早白垩世晚期（106～133Ma）和晚白垩世（88～97Ma）。

（2）环太平洋构造体系对欧亚大陆下的俯冲作用始于早侏罗世，中生代期间存在三次（早侏罗世、早白垩世晚期和晚白垩世）俯冲事件，其成矿作用主要表现为俯冲阶段的斑岩型矿床和陆内伸展背景下的浅成低温热液矿床，同时在早侏罗世俯冲阶段，对古俯冲带的改造与活化也是寻找斑岩型矿床的主要区域。

（3）蒙古-鄂霍茨克构造体系中生代的演化经历了中生代早期（245～180Ma）的俯冲作用和中生代晚期两次（～170Ma 和～145Ma）重要的陆壳加厚过程和与之相对应的两次区域性的伸展事件（早白垩世早期：～142Ma 和晚期：～125Ma）。在额尔古纳地块和兴安地块的北段是寻找与俯冲时间有关斑岩型矿床的主要区域，而在华北地块北缘以及大兴安岭南段是寻找伸展背景下浅成低温热液矿床和多金属矿床的重点区域。

（4）环太平构造体系中生代对东北亚大陆影响的空间范围主要在松辽盆地及以东地区；而蒙古-鄂霍茨克构造体系影响的空间范围主要在松辽盆地以西（可能包括松辽盆地的西部斜坡区）以及华北地块北缘。

References

Bai LA，Sun JG，Zhang Y，Han SJ，Yang FC，Men LJ，Gu AL and Zhao KQ. 2012. Genetic type，mineralization epoch and geodynamical setting of endogenous copper deposits in the Great Xing'an Range. Acta Petrologica Sinica，28（2）：468 – 482 （in Chinese with English abstract）

Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province （BGMRH）. 1993. Regional Geology of Heilongjiang Province. Beijing：Geological Publishing House，1 – 734 （in Chinese）

Bureau of Geology and Mineral Resources of Jilin Province （BGMRJ）. 1988. Regional Geology of Jilin Province. Beijing：Geological Publishing House，1 – 698 （in Chinese）

Cao HH，Xu WL，Pei FP，Guo PY and Wang F. 2012. Permian tectonic evolution of the eastern section of the northern margin of the North China Plate：Constraints from zircon U-Pb geochronology and geochemistry of the volcanic rocks. Acta Petrologica Sinica，28（9）：2733 – 2750 （in Chinese with English abstract）

Cao HH，Xu WL，Pei FP，Wang ZW，Wang F and Wang ZJ. 2013. Late Paleozoic-Early Mesozoic tectonic evolution in of the eastern segment of the northern margin of the North China Block：Evidence from zircon U-Pb geochronology and geochemistry of intrusive rocks. Lithos，under revision

Chen J，Sun FY，Pan T，Wang J and Huo L. 2012. Geological features of Huojihe molybdenum deposit in Heilongjiang，and geochronology and geochemistry of mineralized granodiorite. Journal of Jilin University（Earth Science Edition），42（Suppl. ）：207 – 215 （in Chinese with English abstract）

Chen YJ，Zhang C，Li N，Yang YF and Deng K. 2012. Geology of the Mo deposits in Northeast China. Journal of Jilin University（Earth Science Edition），42（5）：1223 – 1268 （in Chinese with English abstract）

Chen ZG，Zhang LC，Lu BZ，Li ZL，Wu HY，Xiang P and Huang SW. 2010. Geochronology and geochemistry of the Taipingchuan copper-molybdenum deposit in Inner Mongolia，and its geological significances. Acta Petrologica Sinica，26（5）：1437 – 1449 （in Chinese with English abstract）

Cheng RY，Wu FY，Ge WC，Sun DY，Liu XM and Yang JH. 2006. Emplacement age of the Raohe complex in eastern Heilongjiang

Province and the tectonic evolution of the eastern part of Northeastern China. Acta Petrologica Sinica, 22(2): 353 – 376 (in Chinese with English abstract)

Cogné JP, Kravchinsky VA, Halim N and Hankard F. 2005. Late Jurassic-Early Cretaceous closure of the Mongol-Okhotsk Ocean demonstrated by new Mesozoic palaeomagnetic results from the Trans-Baikal area (SE Siberia). Geophysical Journal International, 163 (2): 813 – 822

Dai JZ, Mao JW, Zhao CS, Li FR, Wang RT, Xie GQ and Yang FQ. 2008. High salinity fluid characteristic and evolution of Xiaojiayingzi Mo (Fe) deposit, Liaoning Province. Acta Petrologica Sinica, 24 (9): 2124 – 2132 (in Chinese with English abstract)

Davis GA, Zheng YD, Wang C, Darby BJ, Zhang CH and Gehrels G. 2001. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning provinces, northern China. Memoirs-Geological Society of America, 194: 171 – 197

Fang JQ, Nie FJ, Zhang K, Liu Y and Xu B. 2012. Re-Os isotopic dating on molybdenite separates and its geological significance from the Yaojiagou molybdenum deposit, Liaoning Province. Acta Petrologica Sinica, 28 (2): 372 – 378 (in Chinese with English abstract)

Gao S, Rudnick RL, Yuan HL, Liu XM, Liu YS, Xu WL, Ling WL, Ayers J, Wang XC and Wang QH. 2004. Recycling lower continental crust in the North China Craton. Nature, 432(7019): 892 – 897

Ge WC, Lin Q, Sun DY, Wu FY, Yuan ZK, Li WY, Chen MZ and Yin CX. 1999. Geochemical characteristics of the Mesozoic basalts in Da Hinggan Ling: Evidence of the mantle-crust interaction. Acta Petrologica Sinica, 15 (3): 396 – 407 (in Chinese with English abstract)

Ge WC, Li XH, Lin Q, Sun DY, Wu FY and Yin CX. 2001. Geochemistry of Early Cretaceous alkaline rhyolites from Hulun Lake, Daxing'anling and its tectonic implication. Chinese Journal of Geology, 36(2): 176 – 183 (in Chinese with English abstract)

Ge WC, Wu FY, Zhou CY and Zhang JH. 2007. Porphyry Cu-Mo deposits in the eastern Xing'an-Mongolian Orogenic Belt: Mineralization ages and their geodynamic implications. Chinese Science Bulletin, 52(24): 3416 – 3427

Ge WC, Sui ZM, Wu FY, Zhang JH, Xu XC and Cheng RY. 2007. Zircon U-Pb ages, Hf isotopic characteristics and their implications of the Early Paleozoic granites in the northeastern Da Hinggan Mts., northeastern China. Acta Petrologica Sinica, 23(2): 423 – 440 (in Chinese with English abstract)

Han SJ, Sun JG, Bai LA, Xing SW, Chai P, Zhang Y, Yang F, Men LJ and Li YX. 2013. Geology and ages of porphyry and medium-to high-sulphidation epithermal gold deposits of the continental margin of Northeast China. International Geology Review, 55 (3): 287 – 310

Huang DH, Du AD, Wu CY, Liu LS, Sun YL and Zou XQ. 1996. Metallochronology of molybdenum (copper) deposits in the North China Platform: Re-Os age of molybdenite and its geological significance. Mineral Deposits, 15(4): 365 – 373 (in Chinese with English abstract)

Ji WQ, Xu WL, Yang DB, Pei FP, Jin K and Liu XM. 2007. Chronology and geochemistry of volcanic rocks in the Cretaceous Suifenhe formation in eastern Heilongjiang, China. Acta Geologica Sinica, 81(2): 266 – 277

Jiang SH, Nie FJ, Su YJ, Bai DM and Liu YF. 2010. Geochronology and origin of the Erdenet Superlarge Cu-Mo deposit in Mongolia. Acta Geoscientica Sinica, 31 (3): 289 – 306 (in Chinese with English abstract)

Kravchinsky VA, Cogné JP, Harbert WP and Kuzmin MI. 2002. Evolution of the Mongol-Okhotsk Ocean as constrained by new palaeomagnetic data from the Mongol-Okhotsk suture zone, Siberia. Geophysical Journal International, 148(1): 34 – 57

Li JY, Niu BG, Song B, Xu WX, Zhang YH and Zhao ZR. 1999. Crustal Formation and Evolution of Northern Changbai Mountains, Northeast China. Beijing: Geological Publishing House, 1 – 137 (in

Chinese with English abstract)

Li JY. 2006. Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions: Closure of the Paleo-Asian Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Plate. Journal of Asian Earth Sciences, 26(3 – 4): 207 – 224

Li JY, Gao LM, Sun GH, Li YP and Wang YB. 2007. Shuangjingzi Middle Triassic syn-collisional crust-derived granite in the east Inner Mongolia and its constraint on the timing of collision between Siberian and Sino-Korean paleo-plates. Acta Petrologica Sinica, 23 (3): 565 – 582 (in Chinese with English abstract)

Li JY, Zhang J, Yang TN, Li YP, Sun GH, Zhu ZX and Wang LJ. 2009. Crustal tectonic division and evolution of the southern part of the North Asian Orogenic Region and its adjacent areas. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 39(4): 584 – 605 (in Chinese with English abstract)

Li LX, Song QH, Wang DH, Wang CH, Qu WJ, Wang ZG, Bi SY and Yu C. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Fu'anpu molybdenum deposit of Jilin Province and discussion on its metallogenesis. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 269 – 273 (in Chinese with English abstract)

Lin Q, Ge WC, Sun DY and Wu FY. 1999. Geomechanical significance of the Mesozoic volcanics in Northeast Asia. Chinese Journal of Geophysics, 42 (Suppl.): 75 – 84 (in Chinese with English abstract)

Liu J, Zhao Y and Liu XM. 2006. Age of the Tiaojishan Formation volcanics in the Chengde basin, northern Hebei Province. Acta Petrologica Sinica, 22(11): 2617 – 2630 (in Chinese with English abstract)

Liu S, Hu RZ, Gao S, Feng CX, Feng GY, Coulson IM, Li C, Wang T and Qi YQ. 2010. Zircon U-Pb age and Sr-Nd-Hf isotope geochemistry of Permian granodiorite and associated gabbro in the Songliao Block, NE China and implications for growth of juvenile crust. Lithos, 114(3 – 4): 423 – 436

Liu YS, Wang XH, Wang DB, He DT, Zong KQ, Gao CG, Hu ZC and Gong FJ. 2012. Triassic high-Mg adakitic andesites from Linxi, Inner Mongolia: Insights into the fate of the Paleo-Asian ocean crust and fossil slab-derived melt-peridotite interaction. Chemical Geology, 328: 89 – 108

Mazukabzov AM, Donskaya TV, Gladkochub DP and Paderin IP. 2010. The Late Paleozoic geodynamics of the West Transbaikalian segment of the Central Asian fold belt. Russian Geology and Geophysics, 51 (5): 482 – 491

Meng E, Xu WL, Yang DB, Qiu KF, Li CH and Zhu HT. 2011. Zircon U-Pb chronology, geochemistry of Mesozoic volcanic rocks from the Lingquan basin in Manzhouli area, and its tectonic implications. Acta Petrologica Sinica, 27 (4): 1209 – 1226 (in Chinese with English abstract)

Meng QR. 2003. What drove Late Mesozoic extension of the northern China-Mongolia tract? Tectonophysics, 369(3 – 4): 155 – 174

Metelkin DV, Gordienko IV and Klimunk VS. 2007. Paleomagnetism of Upper Jurassic basalts from Transbaikalia: New data on the time of closure of the Mongol-Okhotsk Ocean and Mesozoic intraplate tectonics of Central Asia. Russian Geology and Geophysics, 48 (10): 825 – 834

Niu BG, He ZJ, Song B and Ren JS. 2003. SHRIMP dating of the Zhangjiakou volcanic series and its significance. Geological Bulletin of China, 22(2): 140 – 141 (in Chinese with English abstract)

Orolmaa D, Erdenesaihan G, Borisenko AS, Fedoseev GS, Babich VV and Zhmodik SM. 2008. Permian-Triassic granitoid magmatism and metallogeny of the Hangayn (central Mongolia). Russian Geology and Geophysics, 49(7): 534 – 544

Pei FP, Xu WL, Yang DB, Ji WQ, Yu Y and Zhang XZ. 2008. Mesozoic volcanic rocks in the southern Songliao basin: Zircon U-Pb ages and their constraints on the nature of basin basement. Earth Science, 33(5): 603 – 617 (in Chinese with English abstract)

Pei FP, Xu WL, Yang DB, Yu Y and Meng E. 2009. Heterogeneity of Late Mesozoic deep lithosphere beneath the northeastern North China Craton: Evidence from elemental and Sr-Nd isotopic geochemistry of

Mesozoic volcanic rocks in the southern Jilin Province, China. Acta Petrologica Sinica, 25 (8): 1962 – 1974 (in Chinese with English abstract)

Peng YJ and Chen YJ. 2007. Location of structural boundary between Ji-Hei orogenic zone and Kaiyuan-Shancheng Town section of North China Platform. Global Geology, 26 (1): 1 – 6 (in Chinese with English abstract)

Qin KZ, Tian ZLL, Li WS and Shi YSS. 1998. The discovery of Indo-Sinian granites in Manzhouli area: Evidence from Rb-Sr Isochrons. Acta Petrologica et Mineralogica, 17 (3): 235 – 240 (in Chinese with English abstract)

Qin KZ, Li HM, Li WS and Ishihara S. 1999. Intrusion and mineralization ages of the Wunugetushan porphyry Cu-Mo deposit, Inner Mongolia, northwestern China. Geological Review, 45 (2): 180 – 185 (in Chinese with English abstract)

Sengör AMC and Natalin BA. 1996. Paleotectonics of Asia: Fragments of a synthesis. In: Yin A and Harrison M (eds.). The Tectonic Evolution of Asia. London: Cambridge University Press, 486 – 640

She HQ, Li JW, Xiang AP, Guan JD, Yang YC, Zhang DQ, Tan G and Zhang B. 2012. U-Pb ages of the zircons from primary rocks in middle-northern Daxinganling and its implications to geotectonic evolution. Acta Petrologica Sinica, 28 (2): 571 – 594 (in Chinese with English abstract)

Sorokin AA, Yarmolyuk VV, Kotov AB, Sorokin AP, Kudryashov NM and Li JY. 2004. Geochronology of Triassic-Jurassic granitoids in the southern framing of the Mongol-Okhotsk fold belt and the problem of Early Mesozoic granite formation in central and eastern Asia. Doklady Earth Sciences, 399 (8): 1091 – 1094

Sorokin AA, Sorokin AP, Ponomarchuk VA and Travin AV. 2010. The age and geochemistry of volcanic rocks on the eastern flank of the Umlekan-Ogodzha volcanoplutonic belt (Amur region). Russian Geology and Geophysics, 51 (4): 369 – 379

Sun DY, Wu FY, Zhang YB and Gao S. 2004. The final closing time of the west Lamulun River-Changchun-Yanji plate suture zone: Evidence from the Dayushan granitic pluton, Jilin Province. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 34 (2): 174 – 181 (in Chinese with English abstract)

Sun DY, Wu FY, Gao S and Lu XP. 2005. Confirmation of two episodes of A-type granite emplacement during Late Triassic and Early Jurassic in the central Jilin Province, and their constraints on the structural pattern of eastern Jilin-Heilongjiang area, China. Earth Science Frontiers, 12 (2): 263 – 275 (in Chinese with English abstract)

Sun JG, Men LJ, Chen D, Chen L, Feng W, Liang SN, Chang Y, Zhang P and Nie XT. 2009. Constraints of magmatism on the ore-forming process of magmatic hydrothermal gold-rich copper deposits as recorded from the element geochemistry and zircon CL image features: A case study of the Xiaoxinancha gold-rich copper deposit, Yanbian, Jilin Province. Journal of Mineralogy and Petrology, 29 (3): 43 – 52 (in Chinese with English abstract)

Sun JG, Zhang Y, Xing SW, Zhao KQ, Zhang ZJ, Bai LA, Ma YB and Liu YS. 2012. Genetic types, ore-forming age and geodynamic setting of endogenic molybdenum deposits in the eastern edge of Xing-Meng orogenic belt. Acta Petrologica Sinica, 28 (4): 1317 – 1332 (in Chinese with English abstract)

Tang J, Xu WL, Wang F, Gao FH and Cao HH. 2011. Petrogenesis of bimodal volcanic rocks from Maoershan Formation in Zhangguangcai Range: Evidence from geochronology and geochemistry. Global Geology, 30 (4): 508 – 520 (in Chinese with English abstract)

Tang J, Xu WL, Wang F, Wang W, Xu MJ and Zhang YH. 2013. Geochronology and geochemistry of Neoproterozoic magmatism in the Erguna Massif, NE China: Petrogenesis and implications for the breakup of the Rodinia supercontinent. Precambrian Research, 224: 597 – 611

Tomurtogoo O, Windley BF, Kröner A, Badarch G and Liu DY. 2005. Zircon age and occurrence of the Adaatsag ophiolite and Muron shear zone, central Mongolia: Constraints on the evolution of the Mongol-Okhotsk ocean, suture and orogen. Journal of the Geological

Society, 162 (1): 125 – 134

Wang CH, Song QH, Wang DH, Li LX, Yu C, Wang ZG, Qu WJ, Du AD and Ying LJ. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Daheishan molybdenum deposit of Jilin province and its geological significance. Rock and Mineral Analysis, 28 (3): 269 – 273 (in Chinese with English abstract)

Wang CW, Sun YW, Li N, Zhao GW and Ma XQ. 2009. Tectonic implications of Late Paleozoic stratigraphic distribution in Northeast China and adjacent region. Science in China (Series D), 52 (5): 619 – 626

Wang F, Zhou XH, Zhang LC, Ying JF, Zhang YT, Wu FY and Zhu RX. 2006. Late Mesozoic volcanism in the Great Xing'an range (NE China): Timing and implications for the dynamic setting of NE Asia. Earth and Planetary Science Letters, 251 (1 – 2): 179 – 198

Wang F, Xu WL, Meng E, Gao FH and Cao HH. 2011a. Late Triassic bimodal magmatism in the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Range, NE China: Constraints on the timing of transformation of Paleo-Asian Ocean into circum-Pacific ocean tectonic systems. Mineralogical Magazine, 75: 2116

Wang F, Xu WL, Meng E, Gao FH and Cao HH. 2012. Early Paleozoic amalgamation of the Songnen-Zhangguangcai Range and Jiamusi massifs in the eastern segment of the Central Asian Orogenic Belt: Geochronological and geochemical evidence from granitoids and rhyolites. Journal of Asian Earth Sciences, 49: 234 – 248

Wang JG, He ZH and Xu WL. 2013. Petrogenesis of riebeckite rhyolites in the southern Da Hinggan Mts.: Geohronological and geochemical evidence. Acta Petrologica Sinica, 29 (3), in press (in Chinese with English abstract)

Wang PJ, Gao YF, Ren YG, Liu WZ and Zhang JG. 2009. ^{40}Ar/^{39}Ar age and geochemical features of mugearite from the Qingshankou Formation: Significances for basin formation, hydrocarbon generation and petroleum accumulation of the Songliao Basin in Cretaceous. Acta Petrologica Sinica, 25 (5): 1178 – 1190 (in Chinese with English abstract)

Wang T, Zheng YD, Zhang JJ, Zeng LS, Donskaya T, Guo L and Li JB. 2011b. Pattern and kinematic polarity of Late Mesozoic extension in continental NE Asia: perspectives from metamorphic core complexes. Tectonics, 30 (6): 1 – 27

Wang W, Xu WL, Ji WQ, Yang DB and Pei FP. 2006. Late Mesozoic and Paleogene basalts and deep-derived xenocrysts in eastern Liaoning Province, China: Constraints on nature of lithospheric mantle. Geological Journal of China Universities, 12 (1): 30 – 40 (in Chinese with English abstract)

Wang W, Xu WL, Wang F and Meng E. 2012. Zircon U-Pb chronology and assemblages of Mesozoic granitoids in the Manzhouli-Erguna Area, NE China: Constraints on the regional tectonic evolution. Geological Journal of China Universities, 18 (1): 88 – 105 (in Chinese with English abstract)

Wang ZJ, Xu WL, Pei FP and Cao HH. 2013. Middle Permian-Early Triassic mafic magmatism and its tectonic implication in the eastern section of the southern margin of the Xing'an-Mongolian Orogenic Belt, NE China: Constraints from zircon U-Pb geochronology and geochemistry. Geological Bulletin of China, 32 (2 – 3): 28 – 41 (in Chinese with English abstract)

Wei ZL, Zhang H, Guo WM and Liu XM. 2008. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating: Constraints on Late Mesozoic regional unconformity timing in the northern Hebei-western Liaoning provinces. Progress in Natural Science, 18 (10): 1119 – 1127 (in Chinese)

Wu FY, Sun DY, Li HM, Jahn BM and Wilde SA. 2002. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis. Chemical Geology, 187 (1 – 2): 143 – 173

Wu FY, Yang JH, Lo CH, Wilde SA, Sun DY and Jahn BM. 2007. The Heilongjiang Group: A Jurassic accretionary complex in the Jiamusi Massif at the western Pacific margin of northeastern China. The Island Arc, 16 (1): 156 – 172

Wu FY, Sun DY, Ge WC, Zhang YB, Grant ML, Wilde SA and Jahn BM. 2011. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China. Journal of Asian Earth Sciences, 41 (1): 1 – 30

Xu MJ, Xu WL, Meng E and Wang F. 2011. LA-ICP-MS Zircon U-Pb chronology and geochemistry of Mesozoic volcanic rocks from the Shanghulin-Xiangyang basins in Ergun area, northeastern Inner Mongolia. Geological Bulletin of China, 30(9): 1321 – 1338 (in Chinese with English abstract)

Xu MJ, Xu WL, Wang F, Gao FH and Yu JJ. 2013. Geochronology and geochemistry of the Early Jurassic granitoids in the northwestern Lesser Xing'an Range, NE China and its tectonic implications. Acta Petrologina Sinica, 29 (2): 354 – 368 (in Chinese with English abstract)

Xu WL, Zheng CQ and Wang DY. 1999. The discovery of mantle-and lower crust-derived xenoliths in Mesozoic trachybasalts from western Liaoning, and their geological implications. Geological Review, 45 (Suppl.): 444 – 449 (in Chinese with English abstract)

Xu WL, Ge WC, Pei FP, Meng E, Yu Y and Yang DB. 2008. Geochronological frame of Mesozoic volcanism in NE China and its significance. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 27(Suppl.): 286 – 287 (in Chinese)

Xu WL, Ji WQ, Pei FP, Meng E, Yu Y, Yang DB and Zhang XZ. 2009. Triassic volcanism in eastern Heilongjiang and Jilin provinces, NE China: Chronology, geochemistry, and tectonic implications. Journal of Asian Earth Sciences, 34(3): 392 – 402

Xu WL, Wang F, Meng E, Gao FH, Pei FP, Yu JJ and Tang J. 2012. Paleozoic-Early Mesozoic tectonic evolution in the eastern Heilongjiang Province, NE China: Evidence from igneous rock association and U-Pb geochronology of detrital zircon. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 42 (5): 1378 – 1389 (in Chinese with English abstract)

Xu WL, Pei FP, Wang F, Meng E, Ji WQ, Yang DB and Wang W. 2013. Spatial-temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: constraints on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic systems. Journal of Asian Earth Sciences, under review

Yan J, Chen JF, Xie Z and Zhou TX. 2003. Mantle xenoliths from Late Cretaceous basalt in eastern Shandong Province: New constraint on the timing of lithospheric thinning in eastern China. Chinese Science Bulletin, 48(19): 2139 – 2144

Yang W and Li SG. 2008. Geochronology and geochemistry of the Mesozoic volcanic rocks in Western Liaoning: Implications for lithospheric thinning of the North China Craton. Lithos, 102 (1 – 2): 88 – 117

Yang YC, Han SJ, Sun DY, Guo J and Zhang SJ. 2012. Geological and geochemical features and geochronology of porphyry molybdenum deposits in the Lesser Xing'an Range-Zhangguangcai Range metallogenic belt. Acta Petrologica Sinica, 28(2): 379 – 390 (in Chinese with English abstract)

Ying JF, Zhou XH, Zhang LC, Wang F and Zhang YT. 2010. Geochronological and geochemical investigation of the Late Mesozoic volcanic rocks from the Northern Great Xing'an Range and their tectonic implications. International Journal of Earth Sciences, 99 (2): 357 – 378

Yu JJ, Wang F, Xu WL, Gao FH and Pei FP. 2012. Early Jurassic mafic magmatism in the Lesser Xing'an-Zhangguangcai Range, NE China, and its tectonic implications: Constrains from zircon U-Pb chronology and geochemistry. Lithos, 142 – 143: 256 – 266

Yu JJ, Zhang YL, Ge WC and Yang H. 2013. Geochronology, geochemistry and its tectonic implications of the Late Cretaceous granitoids in the northern margin of the Sanjiang basin, NE China. Acta Petrologina Sinica, 29(2):369 – 385 (in Chinese with English abstract)

Yu JJ, Wang F, Xu WL, Gao FH and Tang J. 2013. Late Permian granitic magmatism at the southeastern margin of the Songnen-Zhangguangcai Range Massif, NE China: Geochronology, geochemistry and tectonic implications. Gondwana Research, in press

Yu Y, Xu WL, Pei FP, Yang DB and Zhao QG. 2009. Chronology and geochemistry of Mesozoic volcanic rocks in the Linjiang area, Jilin Province and their tectonic implications. Acta Geologica Sinica, 83

(2): 245 – 257

Zhang FQ, Cheng XG, Chen HL, Dong CW, Yu X, Xiao J, Xu Y, Pang YM and Shu P. 2009. Zircon chronological and geochemical constraints on the Late Mesozoic volcanic events in the southeastern margin of the Songliao Basin, NE China. Acta Petrologica Sinica, 25 (1): 39 – 54 (in Chinese with English abstract)

Zhang FQ, Chen HL, Yang SF, Feng ZQ, Wu HY, Batt GE, Zhao XQ, Sun MD, A MN, Wang SH and Yang JG. 2012. Late Mesozoic-Cenozoic evolution of the Sanjiang Basin in NE China and its tectonic implications for the West Pacific continental margin. Journal of Asian Earth Sciences, 49: 287 – 299

Zhang H, Liu XM, Zhang YQ, Yuan HL and Hu ZC. 2005. Zircon U-Pb ages and significance of bottom and top beds of Zhangjiakou Formation in Liaoning and Hebei provinces. Earth Science, 30(4): 387 – 401 (in Chinese with English abstract)

Zhang JH, Ge WC, Wu FY, Wilde SA, Yang JH and Liu XM. 2008a. Large-scale Early Cretaceous volcanic events in the northern Great Xing'an Range, northeastern China. Lithos, 102(1 – 2): 138 – 157

Zhang JH, Gao S, Ge WC, Wu FY, Yang JH, Wilde SA and Li M. 2010. Geochronology of the Mesozoic volcanic rocks in the Great Xing'an Range, northeastern China: Implications for subduction-induced delamination. Chemical Geology, 276(3 – 4): 144 – 165

Zhang L, Han BF, Zhu YF, Xu Z, Chen JF and Song B. 2009. Geochronology, mineralogy, crystallization process and tectonic implications of the Shuangyashan monzogabbro in eastern Heilongjiang Province. Acta Petrologica Sinica, 25(3): 577 – 587 (in Chinese with English abstract)

Zhang SH, Zhao Y, Kröner A, Liu XM, Xie LW and Chen FK. 2009. Early Permian plutons from the northern North China Block: Constraints on continental arc evolution and convergent margin magmatism related to the Central Asian Orogenic Belt. International Journal of Earth Sciences, 98(6): 1441 – 1467

Zhang YQ, Dong SW, Zhao Y and Zhang T. 2008b. Jurassic tectonics of North China: A synthetic view. Acta Geologica Sinica, 82(2): 310 – 326

Zhang ZZ, Wu CZ, Gu LX, Feng H, Zheng YC, Huang JH, Li J and Sun YL. 2009. Molybdenite Re-Os dating of Xintaimen molybdenum deposit in Yanshan-Liaoning metallogenic belt, North China. Mineral Deposits, 28 (3): 313 – 320 (in Chinese with English abstract)

Zhao CJ, Peng YJ, Dang ZX and Zhang YP. 1996. Tectonic Framework and Crust Evolution of Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces. Shenyang: Liaoning University Publishing House, 1 – 186 (in Chinese)

Zhao HL, Deng JF, Chen FG, Hu Q and Zhao SK. 1996. Cenozoic volcanism, deep interior processes and continental rift basin formation in the northeastern China. Earth Science, 21(6): 615 – 619 (in Chinese with English abstract)

Zhao Y, Yang ZY and Ma XH. 1994. Geotectonic transition from Paleoasian system and Paleotethyan system to Paleopacific active continental margin in Eastern Asia. Scientia Geologica Sinica, 29 (2): 105 – 119 (in Chinese with English abstract)

Zhao Y, Xu G, Zhang SH, Yang ZY, Zhang YQ and Hu JM. 2004. Yanshanian movement and conversion of tectonic regimes in East Asia. Earth Science Frontiers, 11(3): 319 – 328 (in Chinese with English abstract)

Zhao Y, Song B, Zhang SH and Liu J. 2006. Geochronology of the inherited zircons from Jurassic Nandaling basalt of the Western Hills of Beijing, North China: Its implications. Earth Science Frontiers, 132(2): 184 – 190 (in Chinese with English abstract)

Zhou JB, Wilde SA, Zhang XZ, Zhao GC, Zheng CQ, Wang YJ and Zhang XH. 2009. The onset of Pacific margin accretion in NE China: Evidence from the Heilongjiang high-pressure metamorphic belt. Tectonophysics, 478(3 – 4): 230 – 246

Zhou JB, Wilde SA, Zhao GC, Zhang XZ, Zheng CQ and Wang H. 2010. New SHRIMP U-Pb zircon ages from the Heilongjiang high-pressure belt: Constraints on the Mesozoic evolution of NE China. American Journal of Science, 310(9): 1024 – 1053

Zonenshain LP，Kuzmin ML and Natapov LM. 1990. Geology of the USSR：A Plate-tectonics Synthesis. Washington DC：American Geophysical Union，Geodynamics Series，21：1 – 242

Zorin YA. 1999. Geodynamics of the western part of the Mongolia-Okhotsk collisional belt，Trans-Baikal region（Russia）and Mongolia. Tectonophysics，306（1）：33 – 56

附中文参考文献

白令安，孙景贵，张勇，韩世炯，杨凤超，门兰静，古阿雷，赵克强. 2012. 大兴安岭地区内生铜矿床的成因类型、成矿时代与成矿动力学背景. 岩石学报，28（2）：468 – 482

曹花花，许文良，裴福萍，郭鹏远，王枫. 2012. 华北板块北缘东段二叠纪的构造属性：来自火山岩锆石 U-Pb 年代学与地球化学的制约. 岩石学报，28（9）：2733 – 2750

陈静，孙丰月，潘彤，王瑾，霍亮. 2012. 黑龙江霍吉河钼矿成矿地质特征及花岗闪长岩年代学、地球化学特征. 吉林大学学报（地球科学版），42（增刊）：207 – 215

陈衍景，张成，李诺，杨永飞，邓轲. 2012. 中国东北钼矿床地质. 吉林大学学报（地球科学版），42（5）：1223 – 1268

陈志广，张连昌，卢百志，李占龙，吴华英，相鹏，黄世武. 2010. 内蒙古太平川铜钼矿成矿斑岩时代、地球化学及地质意义. 岩石学报，26（5）：1437 – 1449

程瑞玉，吴福元，葛文春，孙德有，柳小明，杨进辉. 2006. 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. 岩石学报，22（2）：353 – 376

代军治，毛景文，赵财胜，李省让，王瑞廷，谢桂青，杨富全. 2008. 辽宁肖家营子矽卡岩型钼（铁）矿床高盐度流体特征及演化. 岩石学报，24（9）：2124 – 2132

方俊钦，聂凤军，张可，刘勇，徐备. 2012. 辽宁姚家沟钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄测定及其地质意义. 岩石学报，28（2）：372 – 378

葛文春，林强，孙德有，吴福元，元钟宽，李文远，陈明植，尹成孝. 1999. 大兴安岭中生代玄武岩的地球化学特征：壳幔相互作用的证据. 岩石学报，15（3）：396 – 407

葛文春，李献华，林强，孙德有，吴福元，尹成孝. 2001. 呼伦湖早白垩世碱性流纹岩的地球化学特征及其意义. 地质科学，36（2）：176 – 183

葛文春，隋振民，吴福元，张吉衡，徐学纯，程瑞玉. 2007. 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. 岩石学报，23（2）：423 – 440

黑龙江省地质矿产局. 1993. 黑龙江省区域地质志. 北京：地质出版社，1 – 734

黄典豪，杜安道，吴澄宇，刘兰笙，孙亚莉，邹晓秋. 1996. 华北地台钼（铜）矿床成矿年代学研究——辉钼矿铼-锇年龄及其地质意义. 矿床地质，15（4）：365 – 373

吉林省地质矿产局. 1988. 吉林省区域地质志. 北京：地质出版社，1 – 698

江思宏，聂凤军，苏永江，白大明，刘翼飞. 2010. 蒙古国额尔登特特大型铜-钼矿床年代学与成因研究. 地球学报，31（3）：289 – 306

李立兴，松权衡，王登红，王成辉，屈文俊，汪志刚，毕守业，于城. 2009. 吉林福安堡钼矿中辉钼矿铼-锇同位素定年及成矿作用探

讨. 岩矿测试，28（3）：269 – 273

李锦轶，牛宝贵，宋彪，除文喜，张雨红，赵子然. 1999. 长白山北段地壳的形成与演化. 北京：地质出版社，1 – 137

李锦轶，高立明，孙桂华，李亚萍，王彦斌. 2007. 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. 岩石学报，23（3）：565 – 582

李锦轶，张进，杨天南，李亚萍，孙桂华，朱志新，王励嘉. 2009. 北亚造山区南部及其毗邻地区地壳构造分区与构造演化. 吉林大学学报（地球科学版），39（4）：584 – 605

林强，葛文春，孙德有，吴福元. 1999. 东北亚中生代火山岩的地球动力学意义. 地球物理学报，42（增刊）：75 – 84

刘健，赵越，柳小明. 2006. 冀北承德盆地髫髻山组火山岩的时代. 岩石学报，22（11）：2617 – 2630

孟恩，许文良，杨德彬，邱坤峰，李长生，祝洪涛. 2011. 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. 岩石学报，27（4）：1209 – 1226

牛宝贵，和政军，宋彪，任纪舜. 2003. 张家口组火山岩 SHRIMP 定年及其重大意义. 地质通报，22（2）：140 – 141

裴福萍，许文良，杨德彬，纪伟强，于洋，张兴洲. 2008. 松辽盆地南部中生代火山岩：锆石 U-Pb 年代学及其对基底性质的制约. 地球科学，33（5）：603 – 617

裴福萍，许文良，杨德彬，于洋，孟恩. 2009. 华北克拉通东北缘岩石圈深部物质组成的不均一性：来自吉林南部中生代火山岩元素及 Sr-Nd 同位素地球化学的证据. 岩石学报，25（8）：1962 – 1974

彭玉鲸，陈跃军. 2007. 吉黑造山带与华北地台开原-山城镇段构造边界位置. 世界地质，26（1）：1 – 6

秦克章，田中亮吏，李伟实，石原舜三. 1998. 满洲里地区印支期花岗岩 Rb-Sr 等时线年代学证据. 岩石矿物学杂志，17（3）：235 – 240

秦克章，李惠民，李伟实，Ishihara S. 1999. 内蒙古乌奴格吐山斑岩铜钼矿床的成岩、成矿时代. 地质论评，45（2）：180 – 185

佘宏全，李进文，向安平，关继东，杨郁城，张德全，谭刚，张斌. 2012. 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. 岩石学报，28（2）：571 – 594

孙德有，吴福元，张艳斌，高山. 2004. 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. 吉林大学学报（地球科学版），34（2）：174 – 181

孙德有，吴福元，高山，路孝平. 2005. 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. 地学前缘，12（2）：263 – 275

孙景贵，门兰静，陈冬，陈雷，逄伟，梁树能，常艳，张鹏，聂喜淘. 2009. 岩浆作用对岩浆热液金铜成矿制约的元素地球化学和锆石 CL 图像记录——以延边小西南岔富金铜矿床为例. 矿物岩石，29（3）：43 – 52

孙景贵，张勇，邢树文，赵克强，张增杰，白令安，马玉波，刘勇胜. 2012. 兴蒙造山带东缘内生钼矿床的成因类型、成矿年代及成矿动力学背景. 岩石学报，28（4）：1317 – 1332

唐杰，许文良，王枫，高福红，曹花花. 2011. 张广才岭帽儿山组双峰式火山岩成因：年代学与地球化学证据. 世界地质，30（4）：508 – 520

王成辉,松权衡,王登红,李立兴,于城,汪志刚,屈文俊,杜安道,
　　应立娟. 2009. 吉林大黑山超大型钼矿辉钼矿铼-锇同位素定年
　　及其地质意义. 岩矿测试, 28(3): 269 – 273

王建国,和钟铧,许文良. 2013. 大兴安岭南部钠闪石流纹岩的岩石
　　成因:年代学和地球化学证据. 岩石学报, 29(3),出版中

王璞珺,高有峰,任延广,刘万洙,张建光. 2009. 松辽盆地青山口
　　组橄榄粗安岩:⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄、地球化学及其成盆、成烃和成藏
　　意义. 岩石学报, 25(5): 1178 – 1190

王微,许文良,纪伟强,杨德彬,裴福萍. 2006. 辽东中生代晚期和
　　古近纪玄武岩及深源捕房晶——对岩石圈地幔性质的制约. 高
　　校地质学报, 12(1): 30 – 40

王伟,许文良,王枫,孟恩. 2012. 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.
　　高校地质学报, 18(1): 88 – 105

王子进,许文良,裴福萍,曹花花. 2013. 兴蒙造山带南缘东段中二
　　叠世末-早三叠世镁铁质岩浆作用及其构造意义:锆石 U-Pb 年
　　代学与地球化学证据. 地质通报, 32(2 – 3): 28 – 41

韦忠良,张宏,郭文敏,柳小明. 2008. LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年
　　对辽西-冀北地区晚中生代区域性角度不整合时代的约束. 自
　　然科学进展, 18(10): 1119 – 1127

徐美君,许文良,孟恩,王枫. 2011. 内蒙古东北部额尔古纳地区上
　　护林-向阳盆地中生代火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄和地球
　　化学特征. 地质通报, 30(9): 1321 – 1338

徐美君,许文良,王枫,高福红,于介江. 2013. 小兴安岭西北部早
　　侏罗世花岗岩岩石的年代学和地球化学及其构造意义. 岩石学
　　报, 29(2): 354 – 368

许文良,郑常青,王冬艳. 1999. 辽西中生代粗面玄武岩中地幔和
　　下地壳捕房体的发现及其地质意义. 地质论评, 45(增刊): 444
　　– 449

许文良,葛文春,裴福萍,孟恩,于洋,杨德彬. 2008. 东北地区中
　　生代火山作用的年代学格架及其构造意义. 矿物岩石地球化学
　　通报, 27(增刊): 286 – 287

许文良,王枫,孟恩,高福红,裴福萍,于介江,唐杰. 2012. 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. 吉林大学学报(地球科学版), 42(5): 1378
　　– 1389

杨言辰,韩世炯,孙德有,郭嘉,张苏江. 2012. 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. 岩石
　　学报, 28(2): 379 – 390

于介江,张彦龙,葛文春,杨浩. 2013. 三江盆地北缘晚白垩世花岗
　　岩的年代学、地球化学及其构造意义. 岩石学报, 29(2): 369
　　– 385

章凤奇,程晓敢,陈汉林,董传万,余星,肖骏,徐岩,庞彦明,舒
　　萍. 2009. 松辽盆地东南缘晚中生代火山事件的锆石年代学与
　　地球化学制约. 岩石学报, 25(1): 39 – 54

张宏,柳小明,张晔卿,袁洪林,胡兆初. 2005. 冀北滦平-辽西凌源
　　地区张家口组火山岩顶、底的单颗粒锆石 U-Pb 测年及其意义.
　　地球科学, 30(4): 387 – 401

张磊,韩宝福,朱永峰,徐钊,陈家富,宋彪. 2009. 黑龙江省东部
　　双鸭山二长辉长岩的年代学、矿物学、结晶过程及其地质意义.
　　岩石学报, 25(3): 577 – 587

张遵忠,吴昌志,顾连兴,冯慧,郑远川,黄建华,李晶,孙亚莉.
　　2009. 燕辽成矿带东段新台门钼矿床的 Re-Os 同位素年龄及其
　　地质意义. 矿床地质, 28(3): 313 – 320

赵春荆,彭玉鲸,党增欣,张允平. 1996. 吉黑东部构造格架及地壳
　　演化. 沈阳:辽宁大学出版社, 1 – 186

赵海玲,邓晋福,陈发贵,胡泉,赵世柯. 1996. 东北地区新生代火
　　山作用、深部作用与大陆裂谷型盆地. 地球科学, 21(6): 615 –
　　619

赵越,杨振宇,马醒华. 1994. 东亚大地构造发展的重要转折. 地质
　　科学, 29(2): 105 – 119

赵越,徐刚,张拴宏,杨振宇,张岳桥,胡健民. 2004. 燕山运动与
　　东亚构造体制的转变. 地学前缘, 11(3): 319 – 328

赵越,宋彪,张拴宏,刘健. 2006. 北京西山侏罗纪南大岭组玄武岩
　　的继承锆石年代学及其含义. 地学前缘, 13(2): 184 – 190