

doi: 10.12029/gc20220219

梁帅, 翟富荣, 戴慧敏, 张艳飞, 刘凯, 仲米山, 陈垚, 刘金庆, 于新洋. 2022. 黑龙江南部大贵屯一带地质构造特征及其构造期次的厘定[J]. 中国地质, 49(2): 631–642.

Liang Shuai, Zhai Furong, Dai Huimin, Zhang Yanfei, Liu Kai, Zhong Mishan, Chen Yao, Liu Jinqing, Yu Xinyang. 2022. Geological structural characteristics and tectonic period in Daguitun area, southern Heilongjiang[J]. Geology in China, 49(2):631–642 (in Chinese with English abstract).

黑龙江南部大贵屯一带地质构造特征 及其构造期次的厘定

梁帅¹, 翟富荣², 戴慧敏¹, 张艳飞¹, 刘凯¹, 仲米山³, 陈垚³, 刘金庆⁴, 于新洋⁵

(1. 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110000; 2. 辽宁省地质矿产研究院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000; 3. 辽宁省地质勘查院有限责任公司, 辽宁 大连 116600; 4. 山东科技大学, 山东 青岛 266000; 5. 佛罗里达大学, 迈阿密 霍姆斯特德 33031)

摘要:【研究目的】黑龙江南部大贵屯一带位于松嫩—张广才岭地块东部, 为古亚洲洋构造域与太平洋构造域的叠加与转换部位, 开展小型或微观构造形迹特征的研究, 对进一步解析二大构造域的叠加与转换背景具有重要的理论意义。【研究方法】基于系统的野外调查和镜下矿物变形特征识别, 结合前人研究成果, 讨论研究区的构造演化历史以及两大构造体系叠加与转换的时限。【研究结果】提出大贵屯一带存在 3 期构造作用: 一是早古生代古亚洲洋开裂扩张作用, 二是晚二叠世—早三叠世古亚洲洋闭合挤压造山作用, 三是晚三叠世—早侏罗世太平洋板块对欧亚板块俯冲挤压造山作用。太平洋板块对欧亚大陆的俯冲期形成褶皱与古亚洲洋闭合挤压期形成褶皱明显不同, 不仅体现构造层次的显著差别, 也体现了区域应力场转换过程。【结论】太平洋板块对欧亚大陆的俯冲期不仅形成褶皱, 还形成了与此相匹配的脆性断裂, 为研究古亚洲洋与环太平洋构造域的转换作用, 特别是古太平洋板块向欧亚大陆的俯冲历史提供重要的科学依据。

关键词:古亚洲洋; 古太平洋构造域; 构造演化; 构造置换; 地质调查工程; 黑龙江省

创新点:基于系统的野外地质调查和镜下矿物变形特征观察, 识别小型或微型变形构造形迹, 运用解析构造学原理, 为古亚洲洋与环太平洋构造域的转换作用, 特别是古太平洋板块向欧亚大陆的俯冲历史提供重要的科学依据。

中图分类号: P542 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2022)02-0631-12

Geological structural characteristics and tectonic period in Daguitun area, southern Heilongjiang

LIANG Shuai¹, ZHAI Furong², DAI Huimin¹, ZHANG Yanfei¹, LIU Kai¹, ZHONG Mishan³,
CHEN Yao³, LIU Jinqing⁴, YU Xinyang⁵

收稿日期: 2019-08-16; 改回日期: 2019-12-30

基金项目: 中国地质调查局项目“东北黑土地 1:25 万土地质量地球化学调查”(121201007000161312)和“兴凯湖平原及松辽平原西部土地质量地球化学调查”(DD20190520)资助。

作者简介: 梁帅, 男, 1986 年生, 博士, 高级工程师, 从事基础地质和土地调查研究; E-mail: ls476476@163.com。

通讯作者: 翟富荣, 女, 1981 年生, 硕士, 高级工程师, 从事基础地质和遥感地质研究; E-mail: zfr750@163.com。

(1. *Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110000, Liaoning, China*; 2. *Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources Co., Ltd., Shenyang 110000, Liaoning, China*; 3. *Liaoning Geological Exploration Institute Co., Ltd., Dalian 116600, Liaoning, China*; 4. *Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266000 Shandong China*; 5. *University of Florida, Homestead 33031, Miami, USA*)

Abstract: This paper is the result of geological survey engineering.

[Object] Daguitun area in the southern of Heilongjiang Province is located in the eastern part of the Songnen–Zhangguangcailing block, which is the superposition and transformation site of Paleo–Asian oceanic tectonic domain and Pacific tectonic domain. It is of great theoretical significance to further analyze the superposition and transformation background of the two tectonic domains by studying the features of small or micro structures. **[Methods]** Based on systematic field investigation and microscopic identification of mineral deformation characteristics, combined with previous research results, this paper discusses the tectonic evolution history of the study area and the time limit for superposition and transformation of the two tectonic systems. **[Results]** There are three stages of tectonics in the area of Guitun: First, the Early Paleozoic paleo–Asian ocean cracking and expansion, second, the Late Permian–Early Triassic paleo–Asian ocean closing and compression orogeny, third, the Late Triassic–Early Jurassic subduction and compression orogeny of the Pacific plate on the Eurasian plate. The folds formed during the subduction period of the Pacific plate to Eurasia are obviously different from those formed during the closing compression period of the ancient Asian ocean, which not only reflects the significant differences in structural levels, but also reflects the transformation process of regional stress field. **[Conclusion]** During the subduction period of the Pacific plate to Eurasia, not only folds were formed, but also brittle fractures matched with them were formed, which provided an important scientific basis for studying the transformation between the paleo–Asian Ocean and the circum–Pacific tectonic domain, especially the subduction history of the paleo–Pacific plate to Eurasia.

Key words: Ancient Asian Ocean; Ancient Pacific tectonic domain; structural evolution; structural replacement; geological survey engineering; Heilongjiang Province

Highlights: Based on systematic field geological investigation and microscopic observation of mineral deformation characteristics, small or micro deformed structures are identified, and the principle of analytical tectonics is used to provide important scientific basis for the transformation between paleo–Asian Ocean and circum–Pacific tectonic domain, especially the subduction history of paleo–Pacific plate to Eurasia.

About the first author: LIANG Shuai, male, born in 1986, doctor, senior engineer, majors in basic geological and land survey research; E-mail: ls476476@163.com.

About the corresponding author: ZHAI Furong, female, born in 1981, master, senior engineer, engages in basic geological and remote sensing in geological research; E-mail: zfr750@163.com.

Fund support: Supported by the project of China Geological Survey "1:250,000 Land Quality Geochemical Survey of Black Land in Northeast China" (No.121201007000161312) and "Land Quality Geochemical Survey of Xingkai Lake Plain and Western Songliao Plain" (No.DD20190520).

1 引 言

东北地区大地构造位置处于兴蒙造山带东段,古生代—中生代期间主要表现为多个微陆块之间的拼合、古亚洲洋的闭合及太平洋板块对欧亚板块俯冲挤压造山作用(Wilde et al., 2003; Wu et al., 2007; 王五力等, 2014; 李三忠等, 2016)。古生代期间古亚洲洋构造域的演化基本奠定了本区的构造格架(谢鸣谦等, 2000); 中—新生代又叠加了太平洋构造域的影响(Wu et al., 2000, 2007, 2011)。特

殊的大地构造位置、复杂的地质演化历史使得该区成为国内外地质学者研究地体拼贴、古亚洲洋构造域与太平洋构造域叠加与转换过程的理想地区。

黑龙江南部大贵屯一带变质岩区广泛发育着各式各样的小型或微型变形构造形迹, 均十分典型。小型或微型变形构造形迹与大型构造或区域构造格架有密切的几何和成因联系, 研究中小型或微型构造可以提供大量的应变历史及构造格架的有关信息, 如大型构造的几何特征和构造格架、局部和区域的构造运动方向和性质、变形地质体内应

变特征和构造环境、构造序列和区域构造变形历史。因此研究小型构造或微型构造,是区域地质构造研究工作的重要组成部分。基于系统的野外地质调查和镜下对矿物变形特征的观察解析,开展区域构造属性和背景的研究,对进一步厘定古亚洲洋构造域与太平洋构造域的叠加与转换时限和构造背景具有重要的理论意义。

2 区域地质背景

黑龙江南部大贵屯一带大地构造位置处于松

嫩—张广才岭地块的东南缘,西拉木伦—长春—延吉缝合线北部,西侧是伊通—舒兰断裂,东侧为牡丹江断裂,东南侧为敦化—密山断裂(许文良等,2012;仲米山等,2017),区内褶皱和断裂构造发育,构造形迹复杂多样(图1)。研究区内地层发育有古生界、中生界及新生界,自下而上出露地层有晚古生界上二叠统杨家沟岩组、中生界下侏罗统二浪河岩组及第四系松散堆积层;杨家沟岩组岩性主要为板岩类、石英砂岩类和角岩类。研究区处于小兴安岭—张广才岭岩浆弧带之上(邓晋福等,2015),岩

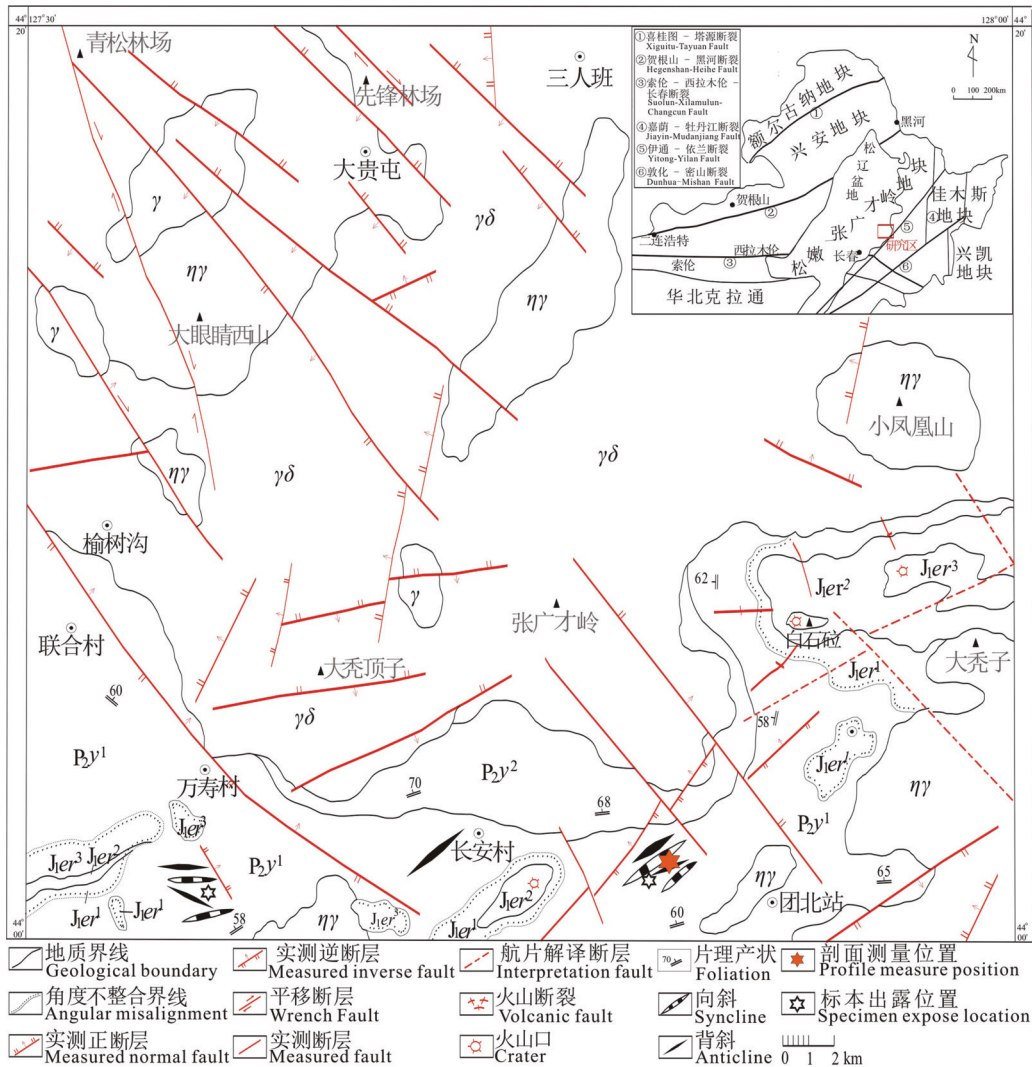


图1 张广才岭区域地质构造纲要图

J_{er}^1 —下侏罗统二浪河岩组一段; J_{er}^2 —下侏罗统二浪河岩组二段; J_{er}^3 —下侏罗统二浪河岩组三段; P_{y^1} —上二叠统杨家沟岩组一段; P_{y^2} —上二叠统杨家沟岩组二段; $\eta\gamma$ —二长花岗岩; γ —花岗岩; $\gamma\delta$ —花岗闪长岩

Fig. 1 Outline of regional geological structure in the Zhangguangcailing

J_{er}^1 —Lower Jurassic Erlanghe Petrofabric first section; J_{er}^2 —Lower Jurassic Erlanghe Petrofabric second section; J_{er}^3 —Lower Jurassic Erlanghe Petrofabric third section; P_{y^1} —Upper Permian Yangjiagou Petrofabric first section; P_{y^2} —Upper Permian Yangjiagou Petrofabric second section; $\eta\gamma$ —Feldspar granite; γ —Granite; $\gamma\delta$ —Granodiorite

浆活动强烈,侵入岩非常发育,中生代花岗岩在该区大面积分布(Wu et al., 2011),区内存在2个岩浆活动时期,晚三叠世侵入期和早侏罗世侵入期(许文良等,2012;孟凡超等,2014;王忠江等,2015),相比后者更强烈,岩性主要为二长花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩和英云闪长岩等。

3 地质构造特征

3.1 褶皱构造特征

大贵屯一带分布的变质岩系为晚古生界上二叠统杨家沟岩组,系遭受强变形、轻度变质作用的浅变质岩,主要为板岩,个别地段叠加了热接触变质作用而变成了角岩。无论露头域、标本域或者薄片域(尤其是后者)均可见到纵弯等斜褶皱、纵弯等斜掩卧褶皱(图2),褶皱规模较小,幅宽以几毫米到几厘米为主,褶皱轴的方向主体呈近东西向,少量呈北东东向。面理构造是杨家沟岩组中分布最广泛、意义最重要的构造形迹。杨家沟岩组中有4种面理:(1)原始沉积面理(韵律层或称成分层);(2)置换面理;(3)韧性冲断剪切面理;(4)变质构造分异面理(图3)。其中最有意义的、区域上透入性面理是置换面理。

杨家沟岩组中置换面理的形成是个递进变形过程,在变形历史的任何一瞬间都可以把当时的应变分成两部分:一部分是已经发生的有限应变,另一部分是正在发生的无限小应变(或增量应变),这样就可以利用大区域应变的不均匀性,将空间上变形较弱的部分看成是较早阶段生成的,变形较强的

部分看成较晚阶段生成的,借此来反演杨家沟岩组的变形演化历史。为了深入研究杨家沟岩组的构造演化特征,于全面观察的基础上,选择野外有代表性的长安村东部南分水岭地区,于150多米延长的露头上进行详细观察与研究,并进行素描(图3)。经过详细观察研究与构造解析,初步查明杨家沟岩组的岩石组合特征(主体为板岩,夹少量砂岩)及构造演化规律。在野外观察中,发现虽然面理置换已经比较彻底,仔细寻找,也找到了一些没完全置换掉的残留构造现象,尤其在微观尺度。

为更清楚说明这段构造演化历史,辨明变形形迹及其世代关系,仿照特纳、韦斯的做法(Turner et al., 1963),将本来连续的递进变形过程分成5个阶段来讲述:

(1)层状岩系在横向挤压作用下,开始出现纵弯褶皱(图4),在图3a的第20层见到了这种现象;实际上图4d纵弯同斜褶皱的右翼有被拉断现象,说明发生了构造-岩浆热液事件,同时开始发生变质作用。

(2)纵弯褶皱受进一步压扁,两翼平行化,并减薄,成为纵弯同斜褶皱或纵弯同斜平卧褶皱,轴面劈理发育(图5)。图5c纵弯同斜褶皱两翼均有被拉断现象,在图3b的28层可以见到这种现象;在图5a中可以看出,在褶皱转折端,板理和韵律层是直交的。

(3)褶皱两翼能干性较强岩石被拉断,常常残留褶皱转折端、无根钩,岩石的原始沉积层理已经逐渐被轴面劈理(板理)所取代(图6)。这种构造现象见于图3c的34层,褶皱转折端、无根钩状褶皱的广泛发育是构造置换的重要标志之一。

(4)有的能干性较强岩石在岩石中呈透镜体存在(图7a、b),有时呈岩性条带存在(图7c、d)它们的长轴平行轴面劈理(板理),岩石的主体面理已经被轴面劈理(板理)所取代。这种构造现象见于图3a的22层和24层、图3b的27层、图3c的32层。

(5)上述残留的构造现象几乎消失殆尽,轴面劈理(板理)几乎成了岩石中唯一的面状构造。实际上,杨家沟岩组,轴面劈理(板理)就是区域上透入性的面状构造。总体来看,板理的走向基本是近东西的,作者认为其形成与西伯利亚板块和华北板块之间的挤压(古亚洲洋闭合挤压)递进变形作用有关。

在长安林场地区杨家沟岩组地层中观察到南



图2 杨家沟岩组内部纵弯同斜褶皱(手标本)
Fig.2 Longitudinal bending and oblique folds in the Yangjiagou rock group (hand specimen)

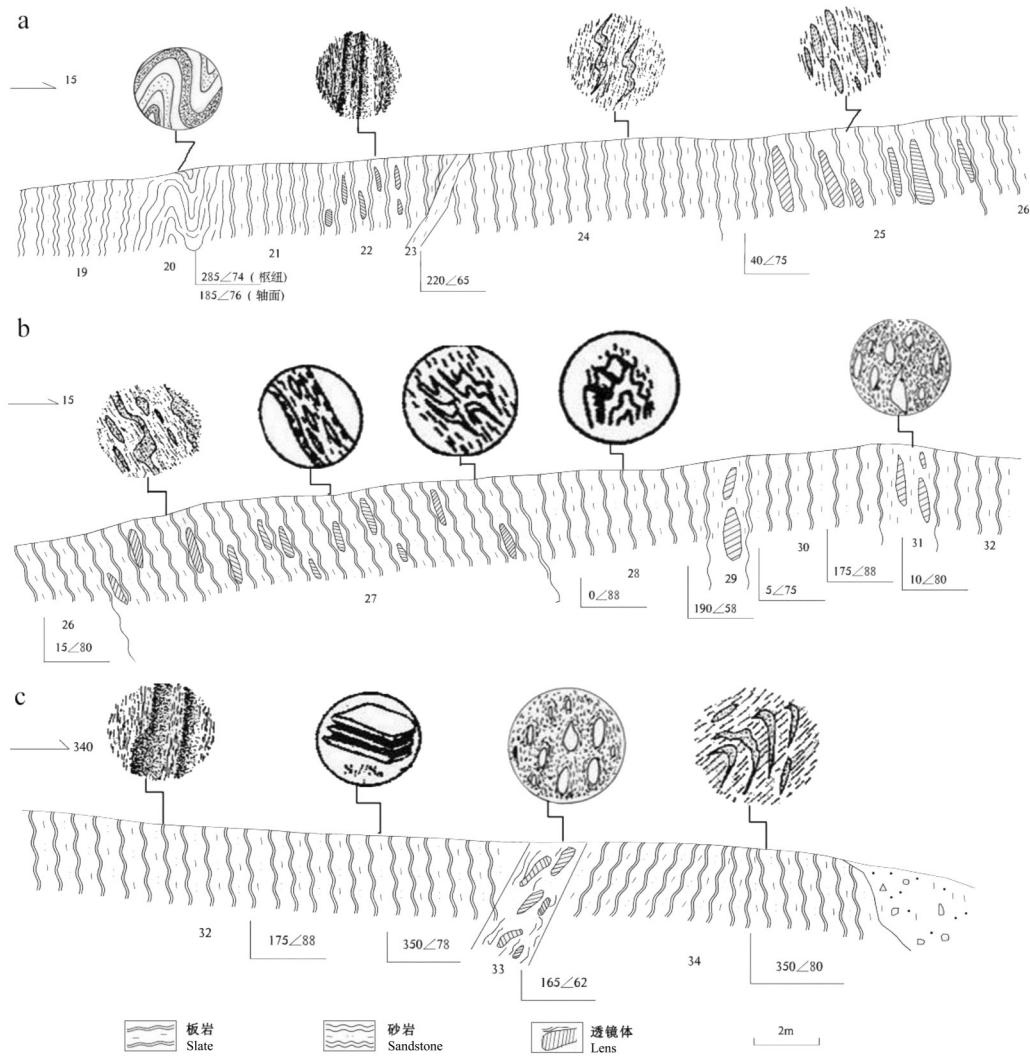


图3 长安林场南分水岭处晚古生界杨家沟岩组露头素描图

a—剖面19-26层; b—剖面26-32层; c—剖面32-34层

Fig.3 Sketch map of outcrop of Yangjiagou Formation in the south watershed of Chang'an Forest Farm
a—Section 19-26 Layers; b—Section 26-32 Layers; c—Section 32-34 Layers

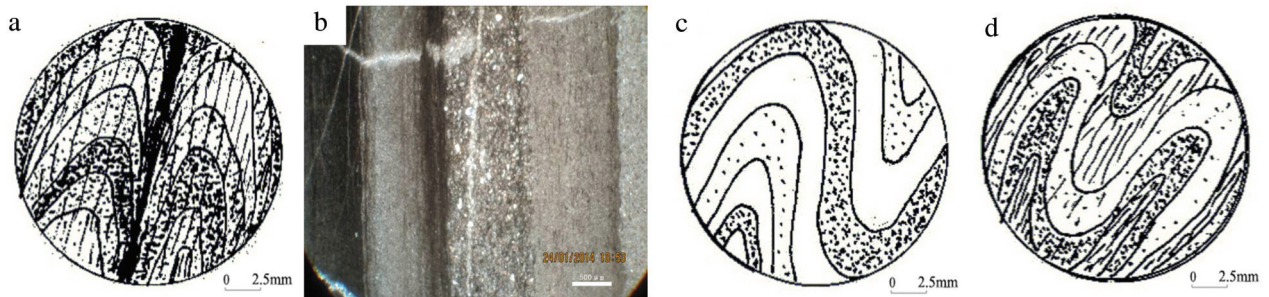


图4 构造形迹空间变形特征与演化过程(一)

a—成分层、褶皱、韧性冲断镜下素描; b—残留的原始沉积韵律层; c—纵弯褶皱镜下素描; d—纵弯同斜褶皱镜下素描

Fig.4 Structural deformation space characteristics and evolution process (One)

a—The layer, wrinkles, and toughness of the punching mirror sketch; b—Residual original sedimentary rhythm layer; c—Longitudinally curved pleat mirror sketch; d—Longitudinal bending and oblique pleat mirror sketch

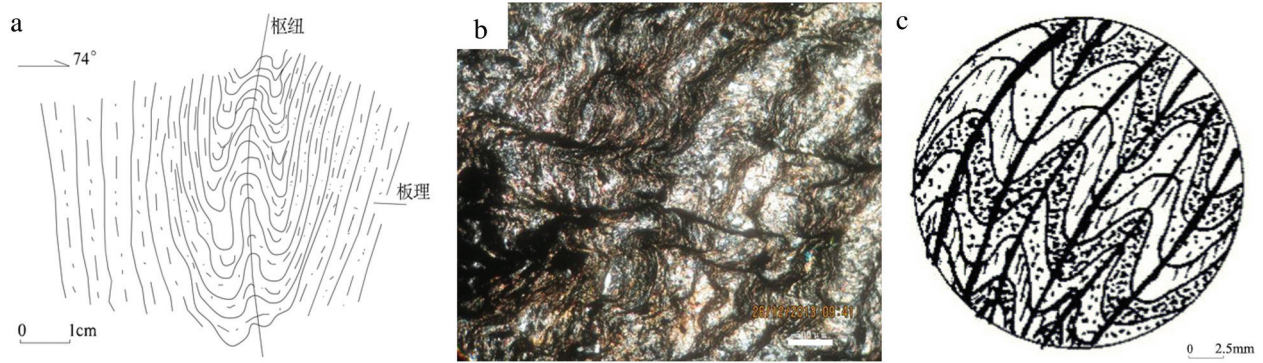


图5 构造形迹空间变形特征与演化过程(二)

a—纵弯褶皱露头素描;b—褶皱转折端处,板理与沉积韵律直交;c—轴面劈理发育的褶皱镜下素描

Fig.5 Structural deformation space characteristics and evolution process (Second)

a—Sketch of the pleated outcrop; b—At the turning end of the fold, the symmetry and deposition rhythm are orthogonal; c—Sketch of the pleated mirror under the axial surface

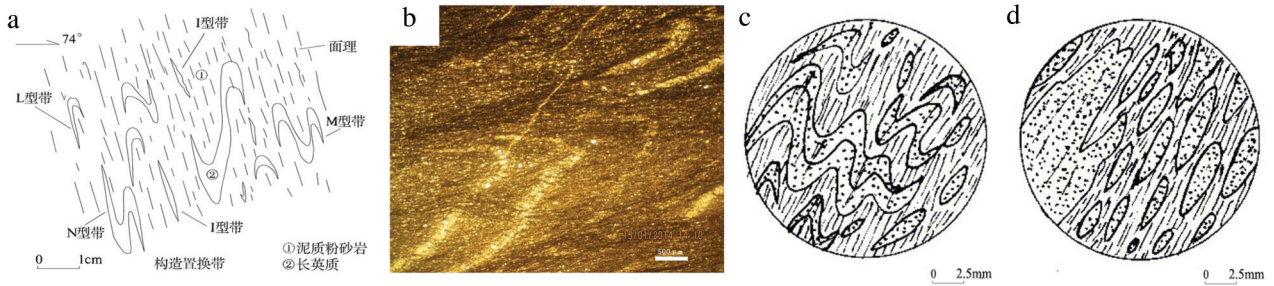


图6 构造形迹空间变形特征与演化过程(三)

a—置换残留的无根钩、转折端、透镜体露头素描;b—面理置换形成转折端及无根钩;c—有褶皱转折端残留镜下素描;d—残留的无根钩镜下素描

Fig.6 Structural deformation space characteristics and evolution process (Third)

a—Replaces the residual rootless hook, turning end, lens body outcrop sketch; b—Formed replacement and rootless hook; c—Pleat-to-end residual mirror sketch; d—Residual rootless mirror sketch

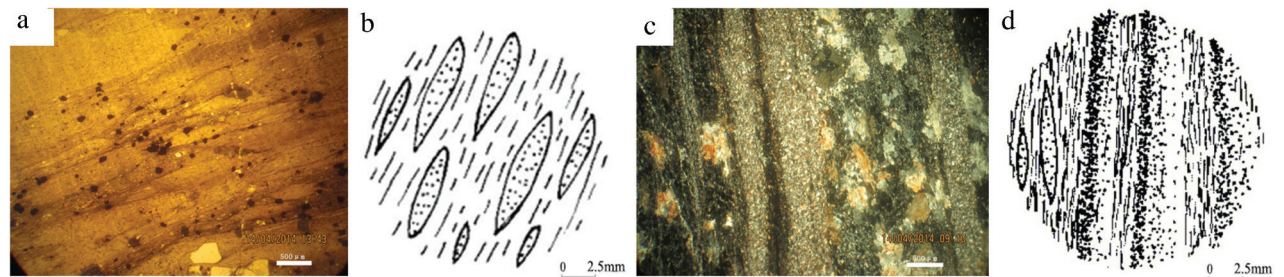


图7 构造形迹空间变形特征与演化过程(四)

a—面理置换形成的透镜体;b—残留的透镜体镜下素描;c—面理置换形成的岩性条带状构造;d—面理置换形成的条带状构造镜下素描

Fig.7 Structural deformation space characteristics and evolution process (Fourth)

a—Lens body formed by surface replacement; b—Remaining lens endoscope mirror sketch; c—Lithologic strip structure formed by face replacement; d—Lithologic strip structure formed by face replacement mirror sketch

北轴向的褶皱系,由两个平缓向形构造中间夹一个平缓背形构造组成(图8),均以板理为变形面,暂称之为长安林场褶皱系,该褶皱系展布面积约510 km²(东西长30.5 km,南北宽16.7 km),3个褶皱具体形态描述如表1。纵弯等斜褶皱、纵弯等斜掩卧褶皱进一步发展,出现了比较广泛的纵向面理置换作用,体现挤压的运动状态,代表一种是活动大陆边缘造山带的典型区域构造样式(白瑾,2003)。

3.2 断裂构造特征

黑龙江大贵屯一带脆性断裂构造比较发育(图1),达到1:5万填图规模的脆性断裂有48条,其中东西向3条,南北向2条,北东向11条,北西向22条,与火山机构相关的断裂有10条。通过野外观察和镜下鉴别,发现在这些断裂中南北向断裂形成较早,常被其他方向断裂切割;北东向断裂常被北西向断裂切割,说明北西向断裂形成较晚。从研究区内出现的一系列脆性断裂构造来看,东西向断裂以扭性为主;南北向断裂以压性为主;北东向断裂和北西向断裂以扭性为主(个别的为张扭性或压扭性),它们都切割了早侏罗世花岗岩(图1),它们主要形成于中生代,作者认为与太平洋板块对欧亚大陆地俯冲作用有关。

从大区域来看,太平洋板块对欧亚大陆地的俯冲作用,形成一系列的北北东(或近南北)走向的盆岭构造,二者相间排列,自东而西为:太平洋(盆)—

日本列岛(岭)—日本海(盆)—长白山(岭)—松辽平原(盆)—大兴安岭(岭)。与盆岭构造相应地形成一系列北北东(或近南北)走向火山岩带,如小兴安岭火山岩带、松辽盆地火山岩带、张广才岭火山岩带和长白山火山岩带等。研究区处在小兴安岭—张广才岭火山岩带上,有早侏罗世二浪沙河组的火山喷发作用,邻幅有晚侏罗世帽山组的火山喷发作用、早白垩世宁远组的火山喷发作用、晚白垩世海浪组的火山喷发作用、古近纪宝泉组基性火山喷发作用和新近纪船底组基性火山喷发作用。长白山、小兴安岭和松辽盆地的长轴皆呈北北东走向,研究区内的山脊(长白山脉的组成部分)也多为北北东走向。因此,笔者认为太平洋板块对欧亚大陆的俯冲对形成东北地区盆岭构造格局起主要作用,也造就了调查区的基本地貌特征。

4 构造背景讨论

4.1 区域构造演化历史

黑龙江南部地区古生代—中生代期间经历了复杂的地球动力学过程(李三忠等,2016),构造演化主要体现为古亚洲洋构造域闭合挤压与太平洋构造域之间的叠加与转换过程(孙德有等,2005;裴福萍等,2008;周建波等,2009;杜兵盈等,2018)。

褶皱和断裂的样式是构造环境的重要物质表现,二者既是造山带环境性质的标志之一,又可形象

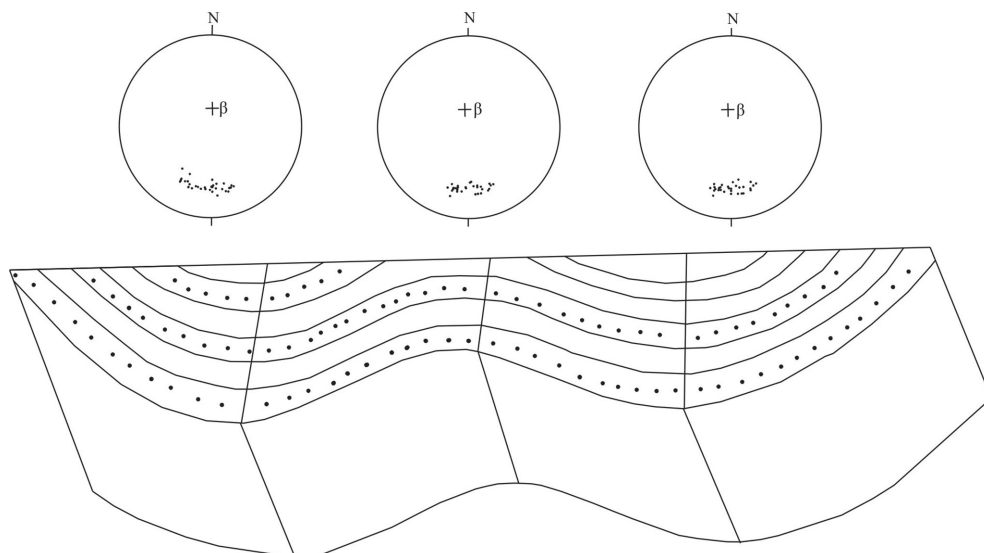


图8 长安林场褶皱系立体模式图及赤平投影图

Fig.8 Stereoscopic model and stereographic projection of folds in the Chang'an Forest Farm

表1 长安林场褶皱系特征

Table 1 Characteristics of folds in Chang'an Forest Farm

褶皱名称	西翼位置	轴部位置	东翼位置	两翼夹角	轴面产状	枢纽产状
西部向形构造	榆树沟—万寿村	长安村	老梁沟—长安林场	134°	93°∠90°	3°∠68°
中部背形构造	老梁沟—长安林场	错草顶子—二道河子	错草顶子—张广才岭 (883高地)	143°	100°∠90°	350°∠68°
东部向形构造	错草顶子—张广才 岭(883高地)	张广才岭(883高地)	白石砬子—二秃子	141°	80°∠90°	350°∠68°

地指示造山运动的运动学过程。依据野外和镜下观察到的构造形迹特征,结合区域已有的年代学资料(裴福萍等,2008;许文良等,2012;唐杰等,2016),笔者认为对区域上构造格局影响较明显的有3期构造作用。第一期构造作用是古亚洲洋的开裂扩张作用,形成洋盆,产生沉积作用,为后来的构造变形提供了空间及物质基础,岩石是构造形迹的载体(李三忠等,2016);第二期构造作用是古亚洲洋闭合挤压造山作用,使古亚洲洋中火山沉积岩系发生了变质、变形(周建波等,2013,2016);第三期构造作用是太平洋板块对欧亚板块的俯冲作用,引起了构造特征的强烈改造与置换(耿树方等,2012;黄秘伟等,2015;Dmitrienko et al.,2017),宏观体现主要为在松嫩—张广才岭地块内带,形成了宏伟的北东走向火山岩带、盆地和陆缘山脉,在外带形成弧后盆地和火山岛链;其中,对研究区具体构造影响最厉害的是后两期构造作用,奠定了这一地区基本构造格局。因此,本次研究将本区构造演化主要划分为两个阶段:古亚洲洋闭合挤压造山阶段和太平洋板块对欧亚板块的俯冲挤压阶段。

4.2 古亚洲洋封闭挤压造山作用

古亚洲洋构造域是欧亚大陆内部的一个巨型复合造山带,产生于罗迪尼亚超大陆裂解时期,洋内微陆块众多,在早古生代主要表现为洋—陆俯冲和弧—陆碰撞的增生造山过程,各增生造山带的发生时代也不尽相同(李三忠等,2016)。目前,对古亚洲洋的闭合时限主流观点为晚二叠世—早三叠世(吴福元等,2003;Wu et al.,2007;Miao et al.,2008;关庆彬等,2016),少数学者认为闭合时限为三叠纪(许文良等,2012;周建波等,2016)、二叠纪(孙德有等,2004;李朋武等,2009;刘永江等,2010)。

古亚洲洋沿索伦山—西拉木伦河—长春一带闭合,自西而东形成了一个剪刀差,整体挤压造山

作用结束可能要持续到晚二叠世—早三叠世(任收麦等,2002),经历了漫长的递进变形过程,最终在西伯利亚板块与华北板块之间形成一个广域增生造山带,两大板块之间始终没有达到真正意义上的碰撞,且具有典型的增生造山带特征,主要表现为露头尺度及显微尺度的小型褶皱构造和区域上透入性板理(置换面理),其次为原始沉积面理、韧性冲断剪切面理、变质构造分异面理等面状构造。

4.3 太平洋板块向欧亚板块俯冲挤压作用

研究区位于松嫩—张广才岭地块的东缘(兴蒙造山带东缘),是古太平洋构造域作用的覆盖区域,因此古太平洋板块持续的俯冲作用对陆缘地壳的影响相当强烈,区域上分布的一系列南北向分布的岩浆—变质岩带则是该构造体系最直接产物(邵济安等,2013;刘恺等,2016)。古太平洋板块俯冲的起始时间,主流观点是晚三叠世—早侏罗世已经开始,最直接的证据包括小兴安岭—张广才岭巨型花岗岩—火山岩带、黑龙江杂岩带和饶河杂岩、图们基性岩(俯冲相关的橄榄苏长岩、辉长岩)等(Wilde et al.,2003;Wu et al.,2011;许文良等,2012;邵济安等,2013;Xu et al.,2013;唐杰等,2016;Dmitrienko et al.,2017;唐杰等,2018),同时早侏罗世的高压蓝片岩也支持中生代早期牡丹江断裂附近发生了洋壳俯冲(周建波等,2009)。

本次调查研究所采集的岩体年龄样,测试工作由中国科学院地质与地球物理研究所离子探针实验室完成(激光剥蚀测年法),获得研究区团北林场一带的中细粒黑云母二长花岗岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $(229.8\pm 0.75)\text{Ma}$)、响水林场东北及青松林场北部等地的中细粒角闪石黑云母花岗闪长岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $(224.3\pm 1.4)\text{Ma}$)、中西部含斑中细粒角闪石黑云母花岗闪长岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $(217.9\pm 0.91)\text{Ma}$)、柳树河林场西北、凤凰山—横山子一带的细粒角闪石黑云母花岗闪长岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $(200.3\pm$

1.7)Ma)、先锋林场、大奔麓山及大甲楔子附近的细粒角闪石黑云母石英闪长岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为(199.7±2.6)Ma)、曙光林场—青松林场一带似斑状中细粒角闪石黑云母二长花岗岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为(199.7±0.73)Ma)和大眼睛西山—青松林场一带似斑状中细粒黑云母花岗岩($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为(182.9±0.67)Ma)等岩体的成岩年龄均为晚三叠世—早侏罗世(王忠江等, 2015; 敖光, 2016; 仲米山等, 2017)。

因此,古太平洋板块对欧亚大陆的俯冲作用开始于晚三叠世—早侏罗世,俯冲作用一方面导致的构造—热液事件形成一系列火山岩带,如小兴安岭火山岩带、松辽盆地火山岩带、张广才岭火山岩带、长白山火山岩带等。研究区处在张广才岭火山岩带上,主要响应有三叠纪岩浆侵入作用(王忠江等, 2015);晚三叠世—中侏罗世,古太平洋俯冲带持续向西迁移,板块俯冲产生的挤压应力影响到了松嫩—张广才岭地块内部,发生广泛构造变形,构造体制从受E-W向古亚洲洋构造域控制逐渐向受NE向的古太平洋构造域控制转变(Dmitrienko et al., 2017);另一方面,工作区内出现填图尺度的南北轴向的平缓褶皱系及脆性断裂构造。

5 结 论

(1)基于变形构造解析、已有年代学数据以及区域构造事件的分析,提出大贵屯一带存在3期构造作用:一是早古生代古亚洲洋开裂扩张作用;二是晚二叠世—早三叠世古亚洲洋闭合挤压造山作用;三是晚三叠世—早侏罗世太平洋板块对欧亚板块俯冲挤压造山作用。第一期构造作用为嗣后的构造作用提供了空间和物质基础,后两期构造作用造就了大贵屯一带基本构造格局。

(2)首次确认大贵屯一带发育露头尺度的叠加褶皱,由近东西向等斜褶皱与南北向或北东向直立倾伏褶皱叠加而成,是区域上叠加褶皱的主要表现型式。太平洋板块对欧亚大陆的俯冲期形成褶皱与古亚洲洋闭合挤压期形成褶皱明显不同。古亚洲洋闭合挤压期形成褶皱是轴部加厚的等斜褶皱,枢纽近水平,轴向近东西,并且轴面面理十分发育,面理置换现象普遍。太平洋板块对欧亚大陆的俯冲期形成褶皱的总体特征是,两翼夹角大于 120° ,

轴面呈直立、枢纽倾伏角较大,为直立倾伏褶皱,形成机制为纵弯作用(纵弯褶皱),成因特征属浅部层次无劈理等厚褶皱,褶皱轴和轴面为南北或北东走向,叠加在早期的等斜褶皱之上。

(3)两期褶皱对比,不仅体现构造层次的显著差别,也体现了区域应力场转换过程,由于太平洋板块对欧亚板块的俯冲作用,使原本近东西走向的北倾的倾角较陡的板理形成褶皱。即由近南北向挤压变成近东西向挤压,亦即由西伯利亚古板块和中朝古板块之间的挤压作用转换成太平洋板块对欧亚板块的俯冲作用。太平洋板块对欧亚大陆的俯冲期不仅形成褶皱,还形成了与之相匹配的脆性断裂,为研究古亚洲洋与环太平洋构造域的转换作用,特别是古太平洋板块向欧亚大陆的俯冲历史提供重要的科学依据。

致谢:在论文撰写过程中,镜下素描和构造解析得到原辽宁省区域地质调查大队教授级高级工程师郭洪方的指导和帮助,在此表示诚挚感谢。

References

- Ao Guang. 2016. Zircon U-Pb LA-ICP-MS age of the intrusive rock in southern Zhangguangcailing area[J]. *Geology and Resources*, 25(6):533-538(in Chinese with English abstract).
- Bai Jin. 2003. Restoration of the tectonic style of the orogenic belt and its tectonic environment significance [J]. *Geological Survey and Research*, 26(1):38-45(in Chinese with English abstract).
- Deng Jinfu, Feng Yanfang, Di Yongjun, Liu Cui, Xiao Qinghui, Su Shanguo, Zhao Guochun, Meng Fei, Che Rufeng. 2015. The intrusive spatial-temporal evolutionary framework in the Paleosian tectonic domain[J]. *Geological Review*, 61(6):1212-1224(in Chinese with English abstract).
- Dmitrienko L V, Wang Pengcheng, Li Sanzhong, Cao Xianzhi, Zhou Zaizheng, Hu Mengying, Suo Yanhui, Guo Lingli, Wang Yongming, Li Xiyao, Liu Xin, Yu Shengyao. 2017. Meso-Cenozoic evolution of Earth surface system under the east asian tectonic super convergence[J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 37(4):33-64.
- Du Bingying, Pu Quansheng, Liu Yuwei, Zhao Mingshen, Xu Junlu, Zhao Yusheng, Liu Yuqi, Luo Jiabin. 2018. Open, Evolution and extinction history of The Paleo-asian ocean: Records from the continuous sedimentation of Paleozoic strata (O_1-C_1) in northwestern Heilongjiang Province[J]. *Geology and Resources*, 27(1):16-21(in Chinese with English abstract).
- Geng Shufang, Liu Ping, Zheng Hongwei, Wang Zhengyang, Ju Yuanjing. 2012. A tentative discussion and new recognition of

- Mesozoic geodynamic mechanism in eastern China[J]. Geological Bulletin of China, 31(7):1061–1068 (in Chinese with English abstract).
- Guan Qingbin, Li Shichao, Zhang Chao, Shi Yi, Li Pengchuan. 2016. Zircon U–Pb dating, geochemistry and geological significance of the I–type granites in Helong area, the eastern section of the southern margin of Xingmeng orogenic belt[J]. Acta Petrologica Sinica, 32(9):2690–2706 (in Chinese with English abstract).
- Huang Miwei, Guo Feng, Zhao Liang, Li Jingyan. 2015. Nd isotope constraint on crustal replacement induced by subduction of Paleo–Pacific Plate in the Yanbian Area, NE China[J]. Geotectonics and Mineralization, 39(3): 3446–459 (in Chinese with English abstract).
- Li Pengwu, Gao Rui, Guan Ye, Li Qiusheng. 2009. The closure time of the Paleo–Asian Ocean and the Paleo–Tethys Ocean: Implication for the tectonic cause of the End–Permian mass extinction[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 39(3): 521–527 (in Chinese with English abstract).
- Li Sanzhong, Yang Zhao, Zhao Shujuan, Li Xiyao, Suo Yanhui, Guo Lingli, Yu Shan, Dai Liming, Li Shaojun, Mu Dunling. 2016. Global Early Paleozoic Orogens(II): Subduction–accretionary–type orogeny[J]. Journal of Jilin University, 46(4): 968–1004 (in Chinese with English abstract).
- Liu Kai, Zhang Jinjiang, Ge Maohui, Li Yiyun. 2016. Mesozoic subduction of the paleo–acific Plate along the Eastern margin of the Xingmeng Orogenic Belt[J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 35(6):1098–1108 (in Chinese with English abstract).
- Liu Yongjiang, Zhang Xingzhou, Jin Wei, Chi Xiaoguo, Wang Chengwen, Ma Zhihong, Han Guoqing, Wen Quanbo, Zhao Yingli, Wang Wendi, Zhao Xifeng. 2010. Late Paleozoic tectonic evolution in Northeast China[J]. Geology in China, 37(4): 943–951 (in Chinese with English abstract).
- Meng Fanchao, Liu Jiaqi, Cui Yan, Gao Jinliang, Liu Xiang, Tong Ying. 2014. Mesozoic tectonic regimes transition in the northeast China: Constraints from temporal–spatial distribution and associations of volcanic rocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 30(12): 3569–3586 (in Chinese with English abstract).
- Miao Laicheng, Fan Weiming, Liu Dunyi, Zhang Fuqin, Shi Yuruo, Guo Feng. 2008. Geochronology and geochemistry of the Hegenshan ophiolitic complex: Implications for late–stage tectonic evolution of the Inner Mongolia–Daxinganling orogenic belt, China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 32(5/6):348–370.
- Pei Fuping, Xu Wenliang, Meng En, Yu Yang. 2008. The Beginning of the Subduction of Paleo–Pacific Plate: Geochronological and Geochemical Evidence from Early Middle Jurassic Volcanic Rocks in Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 27(Supp.):268 (in Chinese).
- Shao Ji'an, Li Yongfei, Tang Kedong. 2013. Restoration of the orogenic processes of Zhangguangcai Range[J]. Acta Petrologica Sinica, 29(9):2959–2970 (in Chinese with English abstract).
- Sun Deyou, Wu Fuyuan, Zhang Yanbin, Gao Shan. 2004. The Final Closing Time of the West Lamulun River–Changchun–Yanji Palte Suture Zone: Evidence from the Dayushan Granitic Pluton, Jilin Province[D]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 34:174–181 (in Chinese with English abstract).
- Sun Deyou, Wu Fuyuan, Gao Shan, Lu Xiaoping. 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[J]. Earth Science Frontiers, 12(2): 263–275 (in Chinese with English abstract).
- Tang Jie, Xu Wenliang, Wang Feng, Gao Fuhong, Cao Huahua. 2011. Petrogenesis of Bimodal volcanic rocks from Maoershan Formation in Zhangguangcai Range: Evidence from geochronology and geochemistry[J]. Global Geology, 30(4): 508–513.
- Tang Jie, Xu Wenliang, Wang Feng, Ge Wenchun. 2018. Subduction history of the Paleopacific slab beneath Eurasian continent: Mesozoic–Paleogene magmatic records in Northeast Asia[J]. Science China Earth Sciences, 61: 527–559 (in Chinese with English abstract).
- Tang Jie, Xu Wenliang, Wang Feng. 2016. Rock associations and their spatial temporal variations of the Early Mesozoic igneous rocks in the NE Asia: Constraints on the initial subduction timing of the Paleopacific Plate[J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 35(6): 1181–1205 (in Chinese with English abstract).
- Wang Wuli, Li Yongfei, Guo Shenghe. 2014. The northeast china block group and its tectonic evolution[J]. Geology and resources, 23(1): 4–21.
- Wang Zhongjiang, Ao Guang, Zhong Mishan, Wang Qi, Zhai Furong, He Zhenqing, Guo Hongfang. 2015. Heilongjiang 1: 50, 000 Daguantun (L52E023007), Three–Person Class (L52E023008), Yushugou (L52E024007), Baishilai (L52E024008) Regional Geological and Mineral Survey Report[R]. Dalian: Liaoning Provincial Institute of Geological Exploration.
- Wilde S A., Wu Fuyuan, Zhang Xingzhou. 2003. Late Pan–African Magmatism in Northeastern China: SHRIMP U–Pb zircon evidence from granitoids in the Jiamusi Massif[J]. Precambrian Research, 122:311–327.
- Wu Fuyuan, Jahn Borming, Wilde S A, Sun Deyou. 2000. Phanerozoic crustal growth: U–Pb and Sr–Nd isotopic evidence from the granites in Northeastern China[J]. Termonophysics, 328:

- 89–113.
- Wu Fuyuan, Sun Deyou, Ge Wenchun, Zhang Yanbin, Matthew L. Grant, Wilde S A., Bor-Ming Jahn. 2011. Geochronology of the Phanerozoic Granitoids in Northeastern China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41:1–30.
- Wu Fuyuan, Wilde S A, Sun Deyou. 2001. Zircon SHRIMP U–Pb Ages of gneissic granites in Jiamusi Massif, northeastern China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 17(3): 443–452 (in Chinese with English abstract).
- Wu Fuyuan, Zhao Guochun, Sun Deyou, Wilde S A, Yang Jinhui. 2007. The Hulan Group: Its role in the evolution of the Central Asian Orogenic Belt of NE China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30: 542–556.
- Xu Wenliang, Wang Feng, Meng En, Gao Fuhong, Pei Fuping, Yu Jiejiang, Tang Jie. 2012. Paleozoic– Early Mesozoic tectonic evolution in the Eastern Heilongjiang Province, NE China: Evidence from igneous rock association and U–Pb geochronology of detrital zircons[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 42(5):1378–1389(in Chinese with English abstract).
- Xu Wenliang, WangFeng, Pei Fuping, Meng En, Tang Jie, Xu Meijun, Wang Wei. 2013. Mesozoic tectonic regimes and regional oreforming background in NE China: Constraints from spatial and temporal variations of Mesozoic volcanic rock associations[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29(2):339– 353 (in Chinese with English abstract).
- Zhong Mishan, Wang Zhongjiang, Ao Guang, Zhai Furong, Wang Fenli, Wang Qi, Tan Chao, Yang Yunlai. 2017. Zircon U– Pb chronology and geochemical characteristics of the volcanic rocks from Erlanghe formation in Zhangguangcai range[J]. *Geological Survey and Research*, 40(3): 161– 170 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Jianbo, Han Jie, Wilde S A, Guo Xiaodan, Guo Weishun, Cai Jialin. 2013. A primary study of the Jilin– Heilongjiang high– pressure metamorphic belt: Evidence and tectonic implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29 (2):386–398 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Jianbo, Pu Xiangang, Hou Hechen, Han Wei, Cao Jialin, Li Gongyu. 2018. The Mesozoic accretionary complex in NE China and its tectonic implications for the subduction of the Paleo–acific plate beneath the Eurasia[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 34(10): 2845–2856.
- Zhou Jianbo, Zhang Xingzhou, Wilde S A, Zheng Changqing, Jin Wei, Chen Hong, Han Jie. 2009. Detrital zircon U–Pb dating of Heilongjiang complex and its implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(8):1924–1936(in Chinese with English abstract).
- Zhou Zhongbiao, Shi Aiguo, Jing Yan. 2016. The final closure time of the ancient Asian Ocean in the central and eastern Jilin Province: Constraints of the Upper Permian– Triassic detrital zircon chronology [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 46(4):1042–1055(in Chinese with English abstract).
- Zhu Jingbin, Ren Yongjian, Yang Hongtu, Cao Guangyuan, Wang Bo. 2017. Zircon U– Pb chronology and geochemical characteristics of volcanic rocks from Erlanghe Formation in Nanhalazezi district of Heilongjiang Province[J]. *Chemical Mineral Geology*, 39 (3): 129– 139 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 敖光. 2016. 张广才岭南部侵入岩锆石 U–Pb LA–ICP–MS 年代[J]. *地质与资源*, 25(6): 533–538.
- 白瑾. 2003. 造山带构造样式的恢复及其构造环境意义[J]. *地质调查与研究*, 26(1): 38–45.
- 邓晋福, 冯艳芳, 狄永军, 刘翠, 肖庆辉, 苏尚国, 赵国春, 孟斐, 车如风. 2015. 古亚洲构造域侵入岩时空演化框架[J]. *地质论评*, 61(6):1212–1224.
- Dmitrienko Liudmila Valerevna, 王鹏程, 李三忠, 曹现志, 周在征, 胡梦颖, 索艳慧, 郭玲莉, 王永明, 李玺瑶, 刘鑫, 于胜尧. 2017. 东亚大汇聚与中—新生代地球表层系统演变[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 37(4):33–64.
- 杜兵盈, 浦全生, 刘宇威, 赵明胜, 许君禄, 赵雨生, 刘宇奇, 罗佳欣. 2018. 古亚洲洋的发生—发展—消亡的历史——来自黑龙江省西北部古生代(O₁–C₁)地层的连续沉积记录[J]. *地质与资源*, 27(1):16–21.
- 耿树方, 刘平, 郑洪伟, 王振洋, 尉远景. 2012. 对中国东部中生代动力学机制的新认识[J]. *地质通报*, 31(7):1061–1068.
- 关庆彬, 李世超, 张超, 时溢, 李鹏川. 2016. 兴蒙造山带南缘东段和龙地区 I 型花岗岩锆石 U–Pb 定年、地球化学特征及其地质意义[J]. *岩石学报*, 32 (9): 2690–2706.
- 黄秘伟, 郭锋, 赵亮, 李竞妍. 2015. 古太平洋板块俯冲对延边地区深部地壳的置换作用: 显生宙花岗岩的 Nd 同位素制约[J]. *大地构造与成矿学*, 39(3): 3446–459.
- 李朋武, 高锐, 管焯, 李秋生. 2009. 古亚洲洋和古特提斯洋的闭合时代——论二叠纪末生物灭绝事件的构造起因[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 39(3): 521–527.
- 李三忠, 杨朝, 赵淑娟, 李玺瑶, 索艳慧, 郭玲莉, 余珊, 戴黎明, 李少俊, 牟墩玲. 2016. 全球早古生代造山带(II): 俯冲–增生型造山[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 46(4): 968–1004.
- 刘恺, 张进江, 葛茂卉, 凌逸云. 2016. 中生代兴蒙造山带东缘的古太平洋板块俯冲[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 35(6): 1098–1108.
- 刘永江, 张兴洲, 金巍, 迟效国, 王成文, 马志红, 韩国卿, 温泉波, 赵英利, 王文弟, 赵喜峰. 2010. 东北地区晚古生代区域构造演化[J]. *中国地质*, 37(4): 943–952.
- 孟凡超, 刘嘉麒, 崔岩, 高金亮, 刘祥, 童英. 2014. 中国东北地区中生代构造体制的转变: 来自火山岩时空分布与岩石组合的制

- 约[J]. 岩石学报, 30(12): 3569–3586.
- 裴福萍, 许文良, 孟恩, 于洋. 2008. 古太平洋俯冲作用的开始: 来自吉黑东部早一中侏罗世火山岩的年代学及地球化学证据[J]. 矿物岩石地球化学通报, 27(增刊): 268.
- 任收麦, 黄宝春. 2002. 晚古生代以来古亚洲洋构造域主要块体运动学特征初探[J]. 地球物理学进展, 17(1): 113–120.
- 邵济安, 李永飞, 唐克东. 2013. 张广才岭造山过程的重构及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 29(9): 2959–2970.
- 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[J]. 地学前缘, 12(2): 263–275.
- 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[D]. 吉林大学学报(地球科学版), 34(2): 174–181.
- 唐杰, 许文良, 王枫, 葛文春. 2018. 古太平洋板块在欧亚大陆下的俯冲历史: 东北亚陆缘中生代—古近纪岩浆记录[J]. 中国科学: 地球科学, 48(5): 549–583.
- 唐杰, 许文良, 王枫. 2016. 东北亚早中生代火成岩组合的时空变异: 对古太平洋板块俯冲开始时间的制约[J]. 矿物岩石地球化学通报, 35(6): 1181–1205.
- 王五力, 李永飞, 郭胜哲. 2014. 中国东北地块群及其构造演化[J]. 地质与资源, 23(1): 4–21.
- 王忠江, 敖光, 仲米山, 王岐, 翟富荣, 何振清, 郭洪芳. 2015. 黑龙江1:5万大贯屯(L52E023007)、三人班(L52E023008)、榆树沟(L52E024007)、白石砬(L52E024008)幅区域地质矿产调查报告[R]. 大连: 辽宁省地质勘查院.
- 吴福元, Wilde S A, 孙德有. 2001. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针U–Pb年龄[J]. 岩石学报, 17(3): 443–452.
- 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[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 42(5): 1378–1389.
- 许文良, 王枫, 裴福萍, 孟恩, 唐杰, 徐美君, 王伟. 2013. 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[J]. 岩石学报, 29(2): 339–353.
- 仲米山, 王忠江, 敖光, 翟富荣, 王粉丽, 王岐, 谭超, 杨运来. 2017. 张广才岭二浪河组火山岩的锆石U–Pb年代学及地球化学特征[J]. 地质调查与研究, 40(3): 161–170.
- 周建波, 韩杰, Wilde S A., 郭晓丹, 曾维顺, 曹嘉麟. 2013. 吉林—黑龙江高压变质带的初步厘定: 证据和意义[J]. 岩石学报, 29(2): 386–398.
- 周建波, 蒲先刚, 侯贺晨, 韩伟, 曹嘉麟, 李功宇. 2018. 东北中生代增生杂岩及对古太平洋向欧亚大陆俯冲历史的制约[J]. 岩石学报, 34(10): 2845–2856.
- 周建波, 石爱国, 景妍. 2016. 东北地块群: 构造演化与古大陆重建[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 46(4): 1042–1055.
- 周建波, 张兴洲, Wilde S A, 郑常青, 金魏, 陈红, 韩杰. 2009. 黑龙江杂岩的碎屑锆石年代学及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 25(8): 1924–1936.
- 朱敬宾, 任永健, 杨宏图, 曹光远, 王博. 2017. 黑龙江南哈拉河子地区二浪河组火山岩的锆石U–Pb年代学及地球化学特征[J]. 化工矿产地质, 39(3): 129–139.