

华北板块北缘东段古生代沉积特征 及盆地演化研究进展

韩作振^{1,2}, 宋志刚^{1,2}, 高丽华^{1,2}, 郭志平^{1,2}, 刘固耀^{1,2}, 钟文建^{1,2}

(1. 山东科技大学 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266590;

2. 国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室(山东科学大学), 山东 青岛 266590)

摘要:通过对吉林伊通、长春、永吉、桦甸等野外实地考察,结合前人研究成果,总结华北板块与西伯利亚板块碰撞拼贴方式、古亚洲洋南支洋闭合过程以及华北板块北缘沉积特征与盆地演化。研究区地质构造错综复杂,沉积体系保存不全;受中新生代构造的影响,叠加了中新生代构造变形、岩浆活动和成矿作用;地层被破坏,多为哑地层,上述原因导致对古亚洲洋闭合之前盆地的性质及演化认识不一,制约了对有关重要科学问题的深入研究。采用沉积学的方法,结合构造地质学、地球化学、古生物地层学、同位素测年等理论和方法,依据现存古生代地层和不同构造部位的沉积盆地类型及其基本特征,开展古生代构造古地理演化研究,恢复沟弧盆体系的分布以及岛弧的类型、时代,探讨古亚洲洋的闭合过程,将是探讨华北板块北缘东段构造演化特征的新思路。

关键词:华北板块北缘;构造演化;沉积特征;盆地演化;古亚洲洋

中图分类号:P542

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2014)02-0001-10

Advances of Sedimentary Characteristics and Basin Evolution of Paleozoic in the North Eastern Margin of the North China Block

Han Zuozhen^{1,2}, Song Zhigang^{1,2}, Gao Lihua^{1,2}, Guo Zhiping^{1,2}, Liu Guyao^{1,2}, Zhong Wenjian^{1,2}

(1. Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Mineral of Shandong Province, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China; 2. Key Laboratory for Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, Ministry of Land and Resources (SDUST), Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: The paper surveyed the historical study of the collision of the Siberian plate and the north China plate, the closure of south Paleo-Asian Ocean and the sedimentary characters and basin evolution in the north margin of north China plate based on field data in Yitong, Changchun, Yongji and Huadian city of Jilin Province. The Structures of the area were found to be complicated and the sedimentary system incomplete, both of which baffled further research. Accordingly, a new research thought was proposed to explore the structural evolution features of the eastern of the northern margin of the North China plate, to restore the distribution of the trench arc basin system and the types and epoches of the arcs, and to discuss the closure process of the Paleasian. This involves the comprehensive use of sedimentology, structural geology, geochemistry, palaeobiology and stratigraphy, isotopic dating, the research of lithofacies and paleogeography as well as structural paleogeography evolution in the Paleozoic in the central Jilin.

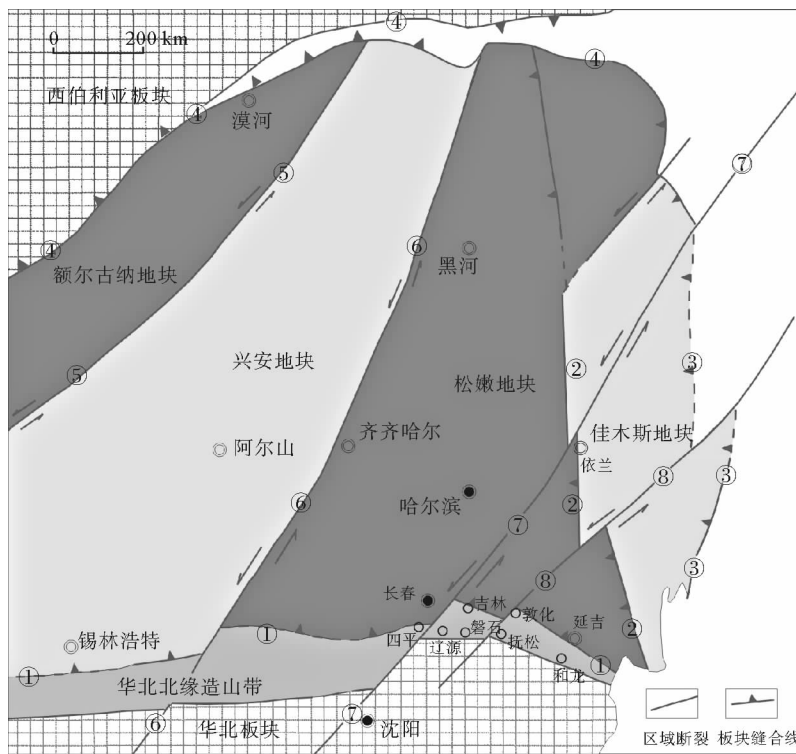
收稿日期:2014-02-25

基金项目:国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2012CB723104);国家自然科学基金项目(41372108,41372134);高等学校博士学科点专项科研基金项目(20133718130001);山东省高校优秀科研创新团队计划与山东科技大学科研创新团队计划项目(2010KYTD103);山东省科技发展计划项目(2013G0020403)

作者简介:韩作振(1965—),男,河南新乡人,教授,博士生导师,主要从事沉积地层学方面的研究。E-mail:hannz@163.com

Key words: the northern margin of the north China platform; tectonic evolution; sedimentary characters; basin evolution; the Paleo-Asian Ocean

华北板块北缘增生带,西起内蒙狼山,向东穿越吉林延边,直达朝鲜东海岸的清津,全长近 3 000 余千米^[1]。华北板块北缘西段位于内蒙中西部,西起狼山,东至集二线及其以西地区,南部属于阴山山系,北至中蒙边界;中段位于内蒙中部,西起内蒙集二线东至吉林中部佳木斯-伊通断裂;华北板块北缘东段位于佳木斯-伊通断裂附近及以东沿四平-桦甸-和龙-延吉一线,为一条东西向展布的陆缘增生带,它被松辽地块所隔,与西部的温都尔庙-西拉木伦河增生带相分离(图 1)。以往针对华北板块北缘的研究多集中在西段和中段,而对东段的研究相对较少。华北板块北缘东段是古亚洲洋南支洋古生代闭合后华北板块与东北联合地块碰撞的陆缘增生带,为增生型造山带,对于华北板块和东北联合地块碰撞的时间、地点以及方式,仍存在分歧^[2-7]。



①拉木伦河—长春—延吉缝合带;②牡丹江缝合带;③同江—月季山缝合带;④蒙古—鄂霍茨克缝合带;
⑤德尔布干断裂;⑥嫩江—开鲁断裂;⑦佳木斯—伊通断裂;⑧敦化—密山断裂

图 1 中国东北及邻区构造单元(据周建波,2009 修改)^[8]

Fig. 1 The geological structure units of Northeast China and adjacent regions(modified by Zhou Jianbo,2009)

前人^[9-13]针对华北板块北缘增生带从构造划分和演化、岩浆活动、构造变形、古生物以及古地磁等方面开展了大量研究工作。认为古亚洲洋南支洋古生代自西向东逐渐闭合,东段是古亚洲洋南支洋最后闭合的地段^[14-16]。但由于华北板块北缘东段的古生代岩层后期遭受了较强烈的构造变形(如图 2,位于吉林省伊通县大黑山东南 500 m 的岩体,遭受构造挤压变形并伴有糜棱岩化,前人把该地层划分在志留系大黑山火山岩中)和变质作用(如图 3,位于吉林省伊通县景台镇东南后岗杨屯附近,流纹岩发生了强烈的变质作用,前人将其划归志留系桃山组),以及第四系覆盖严重导致野外露头残缺不齐,并缺乏系统精确的岩石地球化学和年代学研究。因此,对古亚洲洋南支洋沉积和构造演化历史的认识还存在分歧,制约了对有关重要科学问

题的深入研究。主要有以下两种观点:①晚奥陶世—志留纪或中志留世末期—晚志留世早期华北板块与西伯利亚板块对接,后期演化成为泥盆纪和石炭纪裂陷槽^[17-19];②早古生代志留纪—早石炭世可能属于被动大陆边缘^[20],中石炭世—中二叠世转化为安第斯型活动大陆边缘^[10-13],晚古生代至早中生代古亚洲洋南支洋最终沿西拉木伦河-长春-延吉缝合带闭合^[15,20-22]。



图2 伊通县大黑山东南构造挤压变形

Fig. 2 The tectonic deformation and mylonitization to the southeast of Daheishan in Yitong

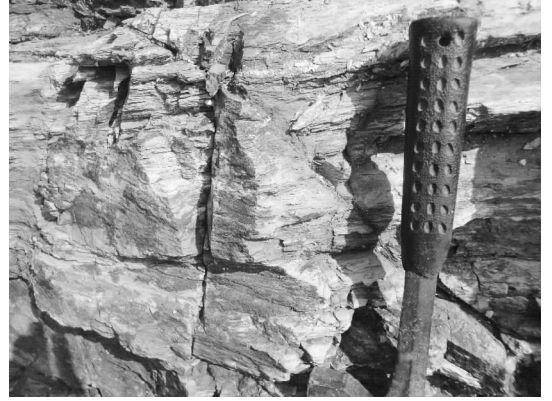


图3 伊通县景台镇流纹岩的糜棱岩化

Fig. 3 The mylonitization of rhyolite from Jingtai Town in Yitong

自20世纪中期以来,对该区开展了大量研究,如华北板块与西伯利亚板块碰撞拼贴方式、古亚洲洋南支洋闭合过程以及华北板块北缘沉积特征与盆地演化特征等。但是研究区地质构造错综复杂,沉积体系保存不全,受中生代构造的影响,叠加了中生代构造变形、岩浆活动和成矿作用,地层被破坏,多为哑地层,导致对古亚洲洋闭合之前盆地的性质及演化认识不一,需继续开展深入研究。

1 古亚洲洋及周围板块格局

早古生代早期,华北板块与西伯利亚板块相隔很远,其间为广阔海洋并有许多规模各异的小地块,排列成近乎平行的两列陆岛链,南列为吐哈-早山-明水-锡林浩特-小兴安岭-佳木斯陆岛链,北列为阿尔泰-图瓦-中蒙-额尔古纳陆岛链,把古亚洲洋分为互隔互通的三大洋域:

①北支洋盆(萨彦-北蒙古-鄂霍茨克洋),北支洋盆蛇绿岩形成于晚元古代到侏罗纪,洋盆自早寒武世起自西向东关闭,俯冲极性向北,之后在西伯利亚陆块南缘形成自老而新的增生造山带。

②中央洋盆(西起准噶尔,经二连、贺根山至黑龙江畔黑河),中央洋盆持续时间相对较短,从晚元古代形成持续到泥盆纪,晚古生代之前关闭;蛇绿岩的形成时代主要是泥盆纪,在佳木斯、小兴安岭和准噶尔间分别存在晚元古代-奥陶纪时代的蛇绿岩。

③南支洋盆(天山-北山-西拉木伦洋),南支洋盆蛇绿岩断续出露几千米,西端延出国境与哈萨克斯坦的伊萨克湖-巴尔喀什湖蛇绿岩连接,向东依次经过唐巴勒、中天山北麓米什沟、北山、索伦、温都尔庙、内蒙古西拉木伦河北岸,进入吉林省长春、安图。其中,唐巴勒、中天山米什沟、北山和温都尔庙等地蛇绿岩出露比较完整,几乎包括了地幔岩、洋中脊型基性岩浆分异的全体成员以及深海-半深海硅质岩、细浊积岩和硅泥质岩^[23]。南支洋的闭合时代和位置仍有分歧。

2 华北板块与西伯利亚板块碰撞拼贴

对于西伯利亚板块和华北板块的碰撞拼合过程及其夹持区域属性的研究,始于20世纪中期。依据槽台学说活动和稳定两种大地构造单元的比较大地构造学思想,黄汲清^[5]先生将西伯利亚地台与华北地台两个稳定块体之间的广大区域界定为地槽褶皱带,把东北地区划于东亚海西地槽褶皱带,并命名为“兴蒙海槽”。

20 世纪 90 年代随板块构造理论的引入,一些学者^[23-26]在研究区发现并确定了一些能够作为板块构造作用证据的蓝片岩、蛇绿岩及与板块俯冲、碰撞有关的火山-深成岩带,认为华北板块与西伯利亚板块的碰撞拼贴大致经历了以下过程:

早古生代末期两列陆岛链部分拼合,中央洋盆消失,佳木斯、松嫩-张广才岭和兴凯地块形成了东北联合地块^[27-30]。泥盆—石炭纪,随着欧美古陆和潘基亚联合古陆的形成,东北联合地块逐渐向西伯利亚陆块靠近。

晚石炭世—中二叠世,该区自北而南形成西伯利亚板块、蒙古-鄂霍茨克洋、东北联合地块、古亚洲洋南支洋和华北板块,以及东临古太平洋的洋陆格局^[31]。

蒙古-鄂霍茨克洋从寒武纪早期起自西向东关闭,在西伯利亚板块南侧形成自老而新的增生造山带:中、西段造山带中保存有晚元古代—早寒武世蛇绿岩,东段主要分布中生代早期蛇绿岩^[23]。

晚二叠世至中三叠世古亚洲洋南支洋逐渐消失,华北板块与东北联合地块,沿索伦-西拉木伦河-长春一线碰撞形成了近东西走向的巨型造山带^[19,32-33]。

3 古亚洲洋南支洋闭合过程

对于古亚洲洋南支洋的最终闭合时间和位置,由于其所在区域存在多条断续出露的不同时代蛇绿岩带(图 4,吉林省永吉县芹菜沟西南超基性岩,发生蛇纹石化,围岩为二叠纪范家屯组地层,因此该岩体时代不早于二叠系)、构造杂岩带、高压变质岩带(蓝片岩)、岩浆岩带(如图 5,吉林省桦甸市大河深火山岩,其形成时代为早二叠世),此外,还夹杂着性质不明零散分布的古老岩块,使这一问题变得更为复杂,一直存在争议。

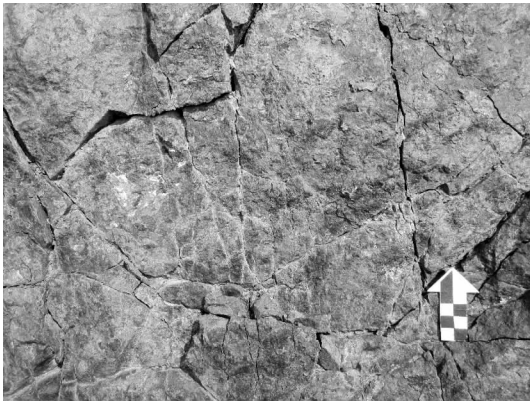


图 4 永吉县芹菜沟西南蛇纹石化超基性岩
Fig. 4 The serpentinized ultrabasic rock from the southwest of village Qincaigou in Yongji



图 5 吉林省桦甸市大河深村火山岩
Fig. 5 Volcanic rocks of Daheshen in Huadian of Jilin Province

古亚洲洋南支洋缝合线的位置,目前较为一致的意见以王鸿祯、李春昱、王荃为代表^[8,12]将华北地台北缘的西拉木伦河-长春-延吉一线作为华北板块与西伯利亚板块的缝合线。

关于古亚洲洋南支洋的闭合时间,主要有以下观点:①古生代前。赵春荆、彭玉鲸等^[16,34]从古生代岩石建造的角度出发,提出古亚洲洋南支洋应在古生代就已完成洋陆的拼合。②二叠纪。部分学者^[35-37]根据本区二叠纪岩相古地理及沉积构造背景分析,提出西拉木伦河-长春-延吉板块缝合带最终闭合于晚二叠世。③早三叠世。最新研究表明,古亚洲洋最终的闭合时间不早于早三叠世,如李承东^[38]、曹花花^[39]、刘金玉^[40]、Lin^[41]、Zhang^[42]、郗爱华^[43]等分别得到色洛河群高镁安山岩、大河深火山岩、红旗岭角闪岩 SHRIMP U-Pb 锆石测年以及多硅白云母的冷却时代等数据,共同制约了华北板块与西伯利亚板块的最终拼合时代为早三叠世。

尽管目前对古亚洲洋南支洋最终闭合时间还存在争议,但大量的多角度多学科研究结果均支持该时间

大约为二叠纪末—三叠纪初期,且最终缝合带位于索伦-西拉木伦河-长春-延吉一线。而从空间上来看,古亚洲洋沿索伦-西拉木伦河-长春-延吉闭合的时间自西向东可能存在一定差异,西侧可能早于东侧。

4 华北板块北缘东段沉积特征与盆地演化

对于华北板块北缘东段构造背景以及最终闭合时间和位置的认识存在分歧:一部分学者^[44-45]认为其大地构造背景属于大陆裂谷型,并经历了早期伸展作用和晚期裂陷衰减过程;另一部分学者^[46-48]认为沉积时其大地构造背景与俯冲-碰撞作用的消减过程有关,其沉积基底应属于岛弧型。

多年来,众多学者通过各种方法及手段,从多个角度对华北板块北缘增生带古生代岩层进行了详细研究:①段吉业^[49]分析了吉林中部永吉县中—上志留统张家屯组与二道沟组三叶虫群的分布,认为吉林中部地区是华北板块北缘志留纪沉积-生物古地理区所在;②黄本宏^[50]把华北板块北缘增生带划为古生代期间特提斯生物大区与北方生物大区、华夏植物群与安加拉植物群的分界线,认为西拉木伦蛇绿岩带和贺根山蛇绿岩带的古洋壳在早二叠世之前已经闭合;③Muller等^[51-52]通过古地磁研究,提出华北板块最初沿贺根山-黑河断裂与蒙古大陆拼合,再沿蒙古-鄂霍茨克海带与西伯利亚克拉通碰撞;④曹花花^[39]等基于华北板块北缘东段吉中地区火山岩的锆石年代以及地球化学分析,认为华北板块北缘吉中地区早二叠世(275 Ma左右)处于古亚洲洋板块的俯冲作用之下,为活动大陆边缘的构造环境;⑤刘永江^[53]认为晚二叠世末(250 Ma左右)华北板块北缘最终沿西拉木伦河缝合线与北侧佳-蒙地块碰撞拼贴,转入陆内演化阶段;⑥张松等^[54]通过海沟岩体的锆石 U-Pb 年龄(320 Ma左右)和 Sr-Nd-Hf 元素组成分析,认为晚古生代,华北板块北缘东段古亚洲洋板块仍然在向华北板块进行俯冲,古亚洲洋的闭合过程可能持续到二叠纪末;⑦冯光英等^[55]通过吉林红旗岭超基性岩的锆石 U-Pb 年龄(220 Ma左右)和 Sr-Nd-Hf 元素组成分析,推测华北克拉通和佳木斯地块的碰撞可能发生在早三叠世;⑧李红霞等^[56]对珲春前山铁镁质岩进行了锆石 U-Pb 年代学(273 Ma左右)和地球化学分析,认为中亚造山带东段,古亚洲洋的俯冲作用至少持续到二叠纪。

研究发现,古生代华北板块北缘位于古亚洲洋南缘,伴随古亚洲洋向华北板块俯冲以及微陆块之间的碰撞,华北克拉通北缘与东北联合地块逐渐形成近东西向展布的巨型陆缘俯冲-碰撞造山带,形成细碧角斑岩建造、复理石建造(图 6,位于吉林省永吉县双河镇腰岭子南,为典型的浊积岩,底部为厚层状砂岩,上部发育鲍马序列,前人将其划在二叠系范家屯组)、硅质建造(图 7,位于吉林省石头口门水库北路边,该套硅质岩中可见滑塌角砾以及变形层理,前人将其划归二叠系范家屯组或大河深组,说明当时存在深水沉积)、混杂堆积、磨拉石建造(图 8,位于吉林省松花湖金龟岛的一套磨拉石建造,片岩中夹有复杂的砾石,砾石种类包括花岗岩、大理岩、砂岩、灰岩等,前人认为属于二叠系杨家沟组)、枕状熔岩与双变质带等板缘造山带常见的建造类型。从古亚洲洋向南,依次为深海盆地、俯冲带、岛弧带、弧后盆地、活动大陆边缘、稳定克拉通,构造变



图 6 永吉县腰岭子浊积岩(鲍马序列)

Fig. 6 The turbidite from Yaolingzi(Bouma sequence) in Yongji



图 7 长春九台市石头口门水库硅质岩中变形层理

Fig. 7 The deformation bedding in siliceous from Shitoukoumen reservoir in Jiutai of Changchun

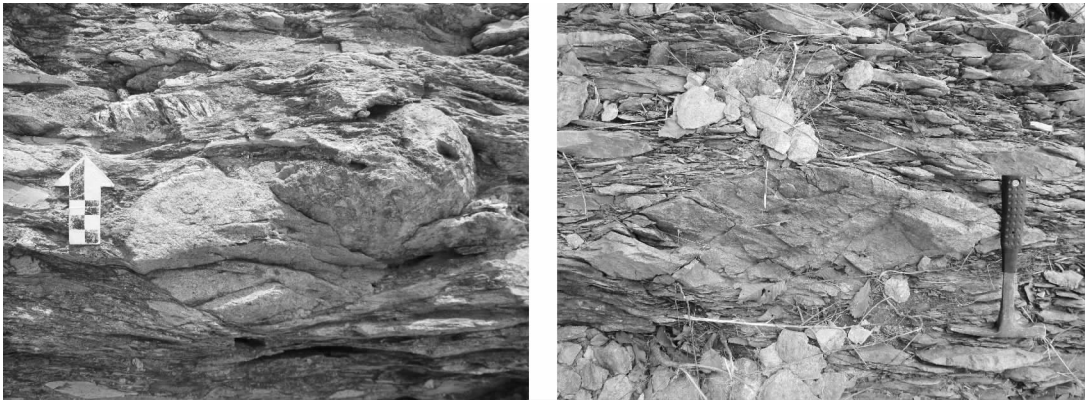
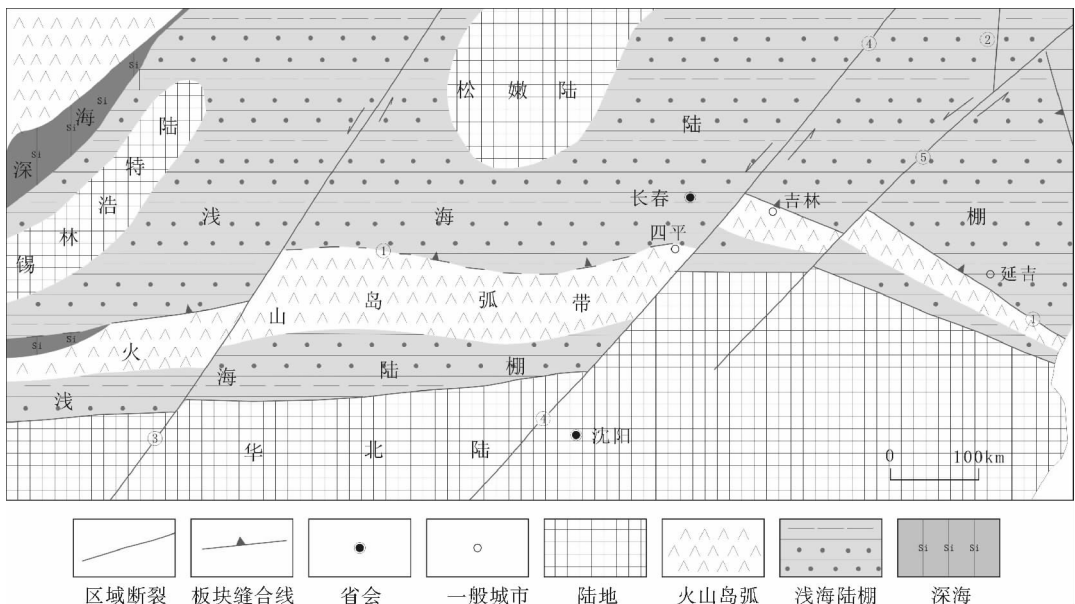


图 8 吉林松花湖金龟岛磨拉石建造

Fig. 8 The molasse formation of Jingui island in Songhua Lake

形为近东西向逆冲推覆、韧性剪切及褶皱等构造,区内发育多期中基性-中性-中酸性火山岩系及基性-超基性火山岩系^[57]。

早古生代伊通放牛沟为岛弧沉积,伊通与华北板块之间的四平地区为一套以火山-沉积岩系为主的弧后盆地沉积。晚古生代,中志留世张家屯组是最早的陆缘区浅海地层,其上为泥盆系一二叠系;晚石炭世末,吉中地区处于南海北陆的古地理环境,以西拉木伦河断裂东段为界,南部为浅海、次深海环境,沉积了石嘴子组碳酸盐岩;北部为陆相环境,大部分处于剥蚀状态,只有少部分地区存在山间盆地,沉积了含植物化石的杨木岗组和珍珠山组;早二叠世,古地理格局基本继承了晚石炭世的特点,南北差异较大,发育了寿山沟组碳酸盐岩陆架沉积体系和次深海沉积体系,海盆相对较为开阔,具有被动大陆边缘海盆地特征^[58]。华北板块北缘东段晚奥陶世的岩相古地理简图(图 9)中,华北板块北缘由南往北依次为浅海陆棚沉积、火山岛弧带和深海盆地,以北为华北板块与东北联合地块的缝合线。



①西拉木伦-长春-延吉缝合带;②牡丹江缝合带;③嫩江-开鲁断裂;④佳木斯-伊通断裂;⑤敦化-密山断裂

图 9 华北板块北缘东段晚奥陶世岩相古地理简图

Fig. 9 Schematic map of the Late Ordovician Lithofacies paleogeographic in north eastern margin of the North China Block

5 问题讨论与展望

对华北板块北缘西段和中段的研究成果较多,主要集中在造山带碰撞拼合的时间和位置研究,争议相对较少;但对于华北板块北缘东段的研究相对薄弱,尤其在沉积方面研究较少。由于研究区地质构造错综复杂,沉积体系保存不全;受中生代构造的影响,叠加了中生代构造变形、岩浆活动和成矿作用;以及地层被破坏,多为哑地层。上述原因导致对古亚洲洋南支洋闭合之前盆地的性质及演化认识不一。

近年来,众多地质学家采取地质、地球化学和地球物理等多学科方法,对吉林伊通、四平、长春、辽源、延吉等地区开展了一系列专项研究和区域地质调查工作,使得被严重覆盖的研究区基础地质研究取得了较大进展,不断有元古代—古生代的地质体被发现,活动带内许多长期对其属性看法不一的变质哑地层被重新厘定,积累了大量的实际资料。随着科学技术的飞速发展,地质实验测试技术不断提高,精确度以及可信度也相应的提高,学科交叉和新技术应用对地学研究的促进,结合各种方法和手段对研究区系统的研究,通过探索和讨论一些重要基础地质问题,可以深化对东北地区大地构造性质及其演化规律的认识,丰富大陆增生理论,并为拓展矿产资源勘查领域和思路提供基础地质理论依据。

沉积体系是构造活动过程最完整的地质记录。采用沉积学的方法,结合构造地质学、地球化学、古生物地层学、同位素测年等理论和方法,在前人研究的基础上,依据现存古生代地层,根据不同构造部位的沉积盆地类型及其基本特征,对吉林中东部地区古生代岩相古地理及构造古地理演化进行研究,恢复沟弧盆体系的分布以及岛弧的类型、时代,重建古生代不同时期的构造-岩相古地理,探讨古亚洲洋的闭合过程,将是探讨华北板块北缘东段构造演化特征的新思路。

参考文献:

- [1]刘正宏,刘雅琴,冯本智.华北板块北缘中元古代造山带的确立及其构造演化[J].长春科技大学学报,2000,30(2):110-114.
Liu Zhenghong, Liu Yaqin, Feng Benzhi. The establishment and tectonic evolution of Proterozoic orogenic belt in the north margin of north China plate[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(2): 110-114.
- [2]Sengör A M C, Natal' in B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia [J]. Nature, 1993, 36(4): 299-307.
- [3]Sengör A M C, Natal' in B A. Paleotectonics of Asia: Fragments of synthesis[M]//The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 486-640.
- [4]黄汲清.中国地质构造基本特征初步总结[J].地质学报,1960(2):1-37.
- [5]黄汲清,任纪舜,姜春发,等.中国大地构造基本轮廓田[J].地质学报,1977(2):117-235.
Huang Jiqing, Ren Jishun, Jiang Chunfa, et al. An outline of the tectonic characteristics of China[J]. Acta Geologica Sinica, 1977(2): 117-235.
- [6]王鸿祯.从活动论观点论中国大地构造分区[J].地球科学,1981(1):42-66.
Wang Hongzhen. Geotectonic units of China from the view-point of mobilism[J]. Journal of Earth Science, 1981(1): 42-66.
- [7]王鸿祯.亚洲地质构造发展的主要阶段[J].中国科学,1979(12):1187-1197.
- [8]周建波,张兴洲,马志红,等.中国东北地区的构造格局与盆地演化[J].石油与天然气地质,2009,30(5):530-538.
Zhou Jianbo, Zhang Xingzhou, Ma Zhihong, et al. Tectonic framework and basin evolution in Northeast China[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(5): 530-538.
- [9]王鸿祯,何国琦,张世红.中国与蒙古之地质田[J].地学前缘,2006,13(6):1-13.
Wang Hongzhen, He Guoqi, Zhang Shihong. The geology of China and Mongolia[J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(6): 1-13.
- [10]任纪舜,姜春发,张正坤,等.中国大地构造及其演化[M].北京:科学出版社,1980:1-124.
- [11]任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等.从全球看中国大地构造:中国与邻区大地构造图及简要说明[M].北京:地质出版社,1999:1-50.
- [12]李春昱,王荃,刘雪亚,等.亚洲大地构造图(1:800万)[M].北京:地质出版社,1982:24-29.
- [13]李春昱,王荃.我国北部边陲及邻区的古板块构造与欧亚大陆的形成[M]//中国北方板块构造文集(第1集).北京:地质

出版社,1983:3-17.

[14]李春昱,汤耀庆. 亚洲古板块划分以及有关问题[J]. 地质学报,1983(1):1-10.

Li Chunyu, Tang Yaoqing. The division of Asian palaeoslabs and related issues[J]. ACTA Geological Sinica, 1983(1):1-10.

[15]Wu F Y, Zhao G C, Sun D Y, et al. The Hulan group: Its role in the evolution of the Central Asian Orogenic Belt of NE China[J]. Journal Asian Earth Science, 2007, 30: 542-556.

[16]Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis[J]. Chemical Geology, 2002, 187: 73-143.

[17]赵春荆,彭玉鲸,党增欣,等. 吉黑东部构造格架及地壳演化[M]. 沈阳:辽宁大学出版社,1996:1-186.

[18]王友勤,苏养正. 东北区区域地层发育与地壳演化[J]. 吉林地质,1996,15(3/4):118-132.

Wang Youqin, Su Yangzheng. Northeast China regional stratigraphic and crustal evolution[J]. Jilin Geology, 1996, 15(3/4):118-132.

[19]周晓东. 吉林省中东部地区下三叠统—下三叠统地层序列及构造演化[D]. 长春:吉林大学,2009:35-42.

[20]李锦轶,张进,杨天南,等. 北亚造山区南部及其毗邻地区地壳构造分区与构造演化[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2009, 39(4):584-605.

Li Jinyi, Zhang Jin, Yang Tiannan, et al. Crustal tectonic division and evolution of the southern part of the North Asian orogenic region and its adjacent areas[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2009, 39(4):584-605.

[21]张拴宏,赵越,刘建民,等. 华北板块北缘晚古生代—早中生代岩浆活动期次、特征及构造背景[J]. 岩石矿物学杂志,2010, 29(6):824-842.

Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Liu Jianmin, et al. Geochronology, geochemistry and tectonic setting of the Late Paleozoic—Early Mesozoic magmatism in the northern margin of the North China Block: A preliminary review[J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 2010, 29(6):824-842.

[22]赵越,陈斌,张拴宏,等. 华北克拉通北缘及邻区前燕山期主要地质事件[J]. 中国地质,2010,37(4):900-915.

Zhao Yue, Chen Bin, Zhang Shuanhong, et al. The main geological events in Yanshan age in northern margin of the North China craton and its adjacent areas[J]. Geology in China, 2010, 37(4):900-915.

[23]高长林,黄泽光,叶德燎,等. 中国早古生代三大古海洋及其对盆地的控制[J]. 石油实验地质,2005,27(5):439-448.

Gao Changlin, Huang Zeguogang, Ye Deliao, et al. Three Paleo-oceans in the Early Paleozoic and their control to basins in China[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(5):439-448.

[24]梁日暄. 内蒙古中段蛇绿岩特征及地质意义[J]. 中国区域地质,1994(1):37-45.

Liang Rixuan. The characteristics and geological significance of ophiolite in Middle-Inner Mongolia[J]. Regional Geology of China, 1994(1):37-45.

[25]白吉文,杨经綏,胡旭峰,等. 内蒙古贺根山蛇绿岩岩石成因和地壳增生的地球化学制约[J]. 岩石学报,1995(s1):112-124.

Bai Jiwen, Yang Jingsui, Hu Xufeng, et al. Geochemical constraints on petrogenesis and crustal accretion of the Hegenshan Ophiolite, Northern China[J]. ACTA Petrologica Sinica, 1995(s1):112-124.

[26]邵济安,唐克东. 吉林省延边开山屯地区蛇绿混杂岩[J]. 岩石学报,1995(11):212-220.

Shao Ji'an, Tang Kedong. The ophiolite melange in Kaishantun, Jilin Province, China[J]. ACTA Petrologica Sinica, 1995(11):212-220.

[27]张兴洲. 黑龙江岩系—古佳木斯地块加里东缝合带的证据[J]. 长春地质学院学报,1992,22(s):94-101.

[28]李锦轶,牛宝贵,宋彪,等. 长白山北段地壳的形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1999:12-19.

[29]谢鸣谦. 拼贴板块构造及其驱动机理:中国东北及邻区的大地构造演化[M]. 北京:科学出版社,2000:46-54.

[30]顿颜强,苗来成,陈福坤,等. 黑龙江东南部穆稜地区麻山群的特征及花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年对佳木斯地块最南缘地壳演化的制约[J]. 地质通报,2008,27(12):2127-2137.

Xie Hangqiang, Miao Laicheng, Chen Fukun, et al. Characteristics of the "Mashan Group" and Zircon SHRIMP U-Pb dating of granite in Muling area, southeastern Heilongjiang Province, China: Constraint on crustal evolution of the southern most of Jiamusi Massif[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(12):2127-2137.

[31]Li J Y. Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions: Closure of the Paleo-Asian Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Plate[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006, 26:207-224.

- [32]李锦轶,高立明,孙桂华,等. 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[J]. 岩石学报,2007,23(3):565-582.
Li Jinyi,Gao Liming,Sun Guihua,et al. 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[J]. Acta Petrologica Sinica,2007,23(3):565-582.
- [33]王五力,郭胜哲. 中国东北古亚洲与古太平洋构造域演化与转换[J]. 地质与资源,2012,21(1):27-34.
Wang Wuli,Guo Shengzhe. The evolution and transformation of Paleo-asia and Paleo-pacific tectonic domain of northeast China[J]. Geology and Resources,2012,21(1):27-34.
- [34]彭玉鲸,苏养正. 吉林中部地区地质构造特征[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所集刊,1997(5/6):335-376.
- [35]王玉净,攀志勇. 内蒙古西拉木伦河北部蛇绿岩带中二叠纪放射虫的发现及其地质意义[J]. 古生物学报,1997,36(1):58-69.
Wang Yujing,Pan Zhiyong. Discovery of Permian radiolarians in ophiolite belt on northern side of Xar Moron River,Nei Monggol and its geological significance[J]. Acta Palaeontologica Sinica,1997,36(1):58-69.
- [36]张炯飞. 延边地区渤海地块与兴凯地块之间古缝合带的初步研究[J]. 吉林地质,1997,16(2):30-37.
Zhang Jiongfei. A preliminary study on the paleosuture zone between the Xingkai Block and the Pohai Block in the Yanbian area[J]. Jilin Geology,1997,16(2):30-37.
- [37]杨宝忠,夏文臣,杨坤光. 吉林中部地区二叠纪岩相古地理及沉积构造背景[J]. 现代地质,2006,20(1):61-68.
Yang Baozhong,Xia Wenchen,Yang Kunguang. Permian sedimentary facies,palaeogeography and tectonic background in central Jilin Province,China[J]. Geoscience,2006,20(1):61-68.
- [38]李承东,张福勤,苗来成,等. 色洛河晚二叠世高镁安山岩 SHRIMP 锆石年代学及其地球化学特征[J]. 岩石学报,2007,23(4):767-776.
Li Chengdong,Zhang Fuqin,Miao Laicheng,et al. Zircon SHRIMP geochronology and geochemistry of Late Permian high-Mg andesites in Seluohe area,Jilin Province,China[J]. Acta Petrologica Sinica,2007,23(4):767-776.
- [39]曹花花,许文良,裴福萍,等. 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[J]. 岩石学报,2012,28(9):2733-2750.
Cao Huahua,Xu Wenliang,Pei Fuping,et al. 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[J]. Acta Petrologica Sinica,2012,28(9):2733-2750.
- [40]刘金玉,郝爱华,葛玉辉,等. 红旗岭 3 号含矿岩体地质年龄及其岩石学特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2010,40(2):321-326.
Liu Jinyu,Xi Aihua,Ge Yuhui,et al. Mineralization age of the No. 3 ore-bearing intrusion and its petrological significance in Hongqiling Cu-Ni sulfide deposits,Jilin Province[J]. Journal of Jilin University;Earth Science Edition,2010,40(2):321-326.
- [41]Lin W,Faure M,Nomade S,et al. Permian-Triassic amalgamation of Asia:Insights from Northeast China Sutures and their place in the final collision of North China and Siberia[J]. Comptex Rendus Geoscience,2008,340:190-201.
- [42]Zhang X H,Wilde S A,Zhang H F,et al. Geochemistry of hornblende gabbros from Sonidzuqi,Inner Mongolia,North China:Implication for magmatism during the final stage of suprasubduction zone ophiolite formation[J]. International Geology Review,2009,51:345-373.
- [43]郝爱华,任洪茂,张宝福,等. 吉林中部呼兰群同位素年代学及其地质意义[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2003,33(1):15-18.
Xi Aihua,Ren Hongmao,Zhang Baofu,et al. Isotopic chronology of the Hulan Group and its geological significance in the central Jilin Province[J]. Journal of Jilin University;Earth Science Edition,2003,33(1):15-18.
- [44]林建平,万天丰,冯明. 吉林省大黑山条垒南段古生代晚期—中生代构造演化[J]. 现代地质,1994,8(4):467-473.
Lin Jianping,Wan Tianfeng,Feng Ming. The evolution of Late Paleozoic-Mesozoic in southern daheishan horst,Jilin Province[J]. Modern Geology,1994,8(4):467-473.
- [45]汪新文,刘友元. 东北地区前中生代构造演化及其与晚中生代盆地发育的关系[J]. 现代地质,1997,11(4):434-443.
Wang Xinwen,Liu Youyuan. Pre-Mesozoic tectonic evolution and its relation with development of Late Mesozoic basins in

- Northeastern China[J]. *Modern Geology*, 1997, 11(4): 434-443.
- [46] 文琼英, 张川波, 汪筱林, 等. 吉林省晚古生代造山带二叠纪移置地体及古地理原型[J]. *长春地质学院院报*, 1996, 26(3): 265-272.
Wen Qiongying, Zhang Chuanbo, Wang Xiaolin, et al. The migrated Geobodies and their Palaeogeographic prototype of the permianat the orogenic belt of the Late Palaeozoic Jilin province[J]. *Journal of Changchun University of Earth Sciences*, 1996, 26(3): 265-272.
- [47] 张梅生, 彭向东, 孙晓猛. 中国东北地区古生代构造古地理格局[J]. *辽宁地质*, 1998(6): 91-96.
Zhang Meisheng, Peng Xiangdong, Sun Xiaomeng. The Paleozoic tectonic Geographical pattern of Northeast China[J]. *Liaoning Geology*, 1998(6): 91-96.
- [48] 彭向东, 张梅生, 李晓敏. 吉黑造山带古生代构造古地理演化[J]. *世界地质*, 1999(3): 24-28.
Peng Xiangdong, Zhang Meisheng, Li Xiaomin. The evolution of Paleozoic tectonic Paleogeography in Jilin and Heilongjiang orogenic belt[J]. *World Geology*, 1999(3): 24-28.
- [49] 段吉业, 安素兰. 吉林中部中—上志留统三叶虫动物群[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2004, 34(S1): 1-11.
Duan Jiye, An Sulan. Silurian Trilobites from central Jilin Province, China[J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2004, 34(S1): 1-11.
- [50] 黄本宏, 丁秋红. 中国北方安加拉植物群[J]. *地球学报*, 1998, 19(1): 97-104.
Huang benhong, Ding QiuHong. The Angara Flora from Northern China[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1998, 19(1): 97-104.
- [51] Muller J F, Rogers J J W, Jin Y G, et al. Late Carboniferous to Permian sedimentation in Inner Mongolia, China, and tectonic relationships between North China and Siberia[J]. *Journal of Geology*, 1991, 99: 251-263.
- [52] Kravchinsky V A, Cogne J P, Harbert W P, et al. Evolution of the Mongol-Okhotsk Ocean as constrained by new Palaeomagnetic data from the Mongol-Okhotsk Suture Zone, Siberia[J]. *Geophysical Journal International*, 2002, 148: 34-57.
- [53] 刘永江, 张兴洲, 金巍, 等. 东北地区晚古生代区域构造演化[J]. *中国地质*, 2010(4): 943-951.
Liu Yongjiang, Zhang Xingzhou, Jin Wei, et al. Late Paleozoic tectonic evolution in Northeast China[J]. *Geology in China*, 2010(4): 943-951.
- [54] 张松, 王永彬, 褚少雄. 华北克拉通北缘东段海沟岩体的锆石 U-Pb 年龄、Sr-Nd-Hf 同位素组成及其动力学背景[J]. *岩石学报*, 2012, 28(2): 544-556.
Zhang Song, Wang Yongbin, Zhu Shaoxiong. Zircon U-Pb ages and Sr-Nd-Hf isotopic composition of the Haigou granitoids at the northeastern margin of North China Craton: Implications for geodynamic setting[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(2): 544-556.
- [55] 冯光英, 刘燊, 冯彩霞, 等. 吉林红旗岭超基性岩体的锆石 U-Pb 年龄、Sr-Nd-Hf 同位素特征及岩石成因[J]. *岩石学报*, 2011, 27(6): 1594-1606.
Feng Guangying, Liu Shen, Feng Caixia, et al. Zircon U-Pb ages, Sr-Nd-Hf isotope geochemistry and the petrogenesis of the ultramapic pluton in Hongqiling, Jilin Province[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(6): 1594-1606.
- [56] 李红霞, 郭锋, 李超文, 等. 晚古生代古亚洲洋俯冲作用: 来自珲春前山镁铁质侵入岩的年代学和地球化学记录[J]. *岩石学报*, 2010, 26(5): 1530-1540.
Li Hongxia, Guo Feng, Li Chaowen, et al. Late Paleozoic subduction of Paleo-Asian Ocean: Geochronological and geochemical records from Qianshan mafic intrusion in Hunchun area, NE China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(5): 1530-1540.
- [57] 吴珍汉. 略论华北地块北缘显生宙三类不同的造山作用[J]. *地质力学学报*, 2000, 6(1): 44-51.
Wu Zhenhan. Three different types of Phanerozoic orogenesis of northern area of North China Craton[J]. *Jouranal of Geomechanics*, 2000, 6(1): 44-51.
- [58] 贾大成, 卢焱. 吉林中部早古生代弧后盆地地质特征[J]. *吉林地质*, 1999, 18(1): 19-25.
Jia Dacheng, Lu Yan. The geological features of the Early Paleozoic backarc basin the central part of Jilin Province[J]. *Jilin Geology*, 1999, 18(1): 19-25.