

华北板块与西伯利亚板块缝合带之重磁证据

孙中任¹, 赵雪娟¹, 段会升², 贾立国¹

1. 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034; 2. 烟台东方冶金设计研究院, 山东 烟台 264006

摘 要: 通过对东北地区重磁数据重新处理, 从重磁场特征角度分析和讨论目前地质界一直争论的华北板块与西伯利亚板块缝合带的位置问题, 并得出了新的认识. 认为华北板块与西伯利亚板缝合带为约 240 km 宽的近似等宽带. 该缝合带的走向自东北地区西部朝阳北、通辽南, 走向北东东, 过沈阳北、长春北折向南东东, 直到通化北和珲春南. 这样的认识主要来自区域重、磁资料的综合分析, 包括原始数据、垂向及水平各方向导数、水平梯度模、不同上延高度、小波、小子域及插值等多种滤波、信号提取及增强等多种处理后反映出的异常特征. 该带南与北、内与外的重磁异常存在明显差异. 通常表现为带内与带外的异常错动、曲线扭曲、走向改变、规模差异、特征冲突. 比如松辽盆地就在带的南北宽度上发生重大变化, 甚至包括山势也因其存在而变得内外有别.

关键词: 东北地区; 重力; 航磁; 华北板块; 西伯利亚板块; 缝合带

开放科学标志码(OSID):



DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2020.05.008

GRAVITY AND MAGNETIC EVIDENCES FOR THE SUTURE ZONE BETWEEN NORTH CHINA PLATE AND SIBERIAN PLATE

SUN Zhong-ren, ZHAO Xue-juan, DUAN Hui-sheng, JIA Li-guo

1. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China;

2. Yantai Oriental Metallurgy Design and Research Institute Co., Ltd., Yantai 264006, Shandong Province, China

Abstract: By reprocessing the gravity and magnetic data in Northeast China, the paper discusses the location of suture zone between North China Plate and Siberia Plate, which has been controversial for long, and gains a new understanding. It is considered that, in Northeast China, the suture is with an approximately equal width about 240 km, starting from north Chaoyang-south Tongliao in the west with NEE trend, turning SEE through north Shenyang-north Changchun, to north Tonghua-south Hunchun. Such understanding mainly comes from the comprehensive analysis of regional gravity and magnetic data, including the primary data, vertical and horizontal derivatives, horizontal gradient mode, different upper continuation heights, several filtering such as wavelet, small subdomain and interpolation, and anomaly characteristics reflected by various processing like signal extraction and enhancement. There are obvious differences in gravity and magnetic anomaly between the south and north, inside and outside of the zone, commonly showing anomaly dislocation, curve distortion, trend change, scale difference and feature interaction between inside and outside. For example, the Songliao Basin has undergone significant changes in the north-south width, and even the terrains and mountains are differentiated due to the existence of the suture zone.

Key words: Northeast China; gravity; aeromagnetic; North China Plate; Siberian Plate; suture zone

收稿日期: 2020-04-15; 修回日期: 2020-06-30. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局项目“东北地区重要矿产资源潜力评价”(编号 1212010633901).

作者简介: 孙中任(1963—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事地质勘查工作中物化遥的应用研究工作, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//sunzhongren@mail.cgs.gov.cn

0 前言

分析利用区域重磁资料一直以来就是研究区域地质构造的重要方法之一。近些年,通过中国地质调查局部署的“区域地球物理成果集成与方法技术研究”“全国矿产资源潜力评价”等项目,笔者较系统地对中国东北及毗邻地区的重磁数据重新进行了分析和研究,重新认识了东北地区重磁场的宏观展布特征,对东北地区的构造格架等诸多问题有了新的认识^[1]。本文试图从重磁场特征角度分析和讨论目前地质界一直争论的华北板块与西伯利亚板块缝合带的位置问题。笔者认为:1)该缝合带不是一条线,而是很宽的带;2)其走向不是单向的,而是复向的。

1 东北地区大地构造基本特征

东北地区在地质构造上属滨太平洋构造域,经历的地质演化历史主要是前中生代和中生代以来发育的多次地质构造变动^[2-3]。一般认为,新太古代众多小洋板块的不断俯冲逐步造成较大规模的陆壳形成,因此是古大陆壳增生的最快速时期,这一时期因而成为华北陆块区最重要的成铁期。在晚古生代以前,西伯利亚板块和华北板块之间是广泛的古亚洲洋,其中发育有许多规模各异的小陆块^[4]。晚古生代古亚洲洋向西伯利亚大陆俯冲消减。早石炭世末—晚石炭世初,古中国陆块与西伯利亚板块碰撞。后期,松辽—佳木斯地块拼贴增生到西伯利亚板块南缘。

晚三叠世末期,古亚洲陆块分离出来的陆块相继与亚洲陆块碰撞、增生,形成了广阔的印支期造山带,从此古中国大陆最终固结并向外增生。在前中生代总体上表现为南部为华北陆块区东段,北部为兴蒙复合造山区,并以微地块和造山带交织分布为特征。早侏罗世,由于库拉板块向古亚洲大陆俯冲,微地块拼贴,形成了东北地区广泛分布的北北东向或近南北向深大断裂,以及随之而来的火山构造^[5-7]。晚中生代时期,太平洋板块与欧亚板块之间相互作用,大陆边缘地区地幔上隆,导致大陆地壳的向东弥散,形成一系列北东向的盆地与陆缘山脉。地质构造变动的结果,总体上表现为巨型断裂构造带、构造—岩浆带和盆—山体系^[4,8-11]。在大陆内部形成了北东向大兴安岭深源富钾的火山岩带、造山带,在大陆边缘形成钙碱系列的火成岩带^[12-14]。

2 东北地区岩性概况

由于东北地区处于特殊的地质环境,受多个地质块体影响,也受多个构造体系影响,因此各地区岩性颇为复杂。相关内容笔者另一篇文章已有阐述^[1]。东北地区的地质层出露齐全,包括从早前寒武纪到第四纪的各个时代的地层均有发育,但其分布很不均匀^[15-18]。

东北地区因其南部为中朝准地台,北部为兴蒙造山带,东部有滨太平洋构造体系叠加,以地质构造复杂、地层分布不均、火成岩发育为主要特征。

3 东北地区重磁场特征

东北地区重力场在宏观上呈现出东南低、中部高、西北低的两低夹一高的特征,明显具有北北东—北东向展布,沿北西向分区的基本格局。大致以北东向依兰—依舒巨型重力梯级带、线性重力低异常带和大兴安岭巨型北北东向重力梯级带为界,可划分为东部低、中部较高、西部低 3 个强度不同的重力场区。在南部的大连北侧和兴凯湖北东侧分别出现两处重力异常最大值,分别为 $27.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 和 $24.9 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;在巴彦呼热牧场东南部出现重力异常最低值,为 $-158 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

纵观东北地区航磁异常图,宏观上呈现出东南高、中部低、西北高的两高夹一低的磁场特征。航磁异常沿北北东—北东向展布。西北部大兴安岭弧盆系航磁异常分布面积大,局部正磁异常规模小,强度高,梯度陡,以北北东走向为主。松辽盆地东部边界到东南部长白山区,航磁异常分布面积较大,局部正磁异常比大兴安岭地区规模大、强度高、梯度陡,以北东走向为主。中部松辽盆地以低缓负磁异常区为背景,叠加有规模较大的局部正磁异常,以北北东、南北走向为主。西部扎鲁特旗和东北部佳木斯—完达山地区为两处面积较大的负磁异常分布区。在南部华北陆块分布区,正、负交错分布,异常规模不大,以东西走向为主,反映了古亚洲东西向构造痕迹。大兴安岭东缘北北东向线性中生代火山岩异常和北东向依兰—依舒巨型磁异常梯度带、线性低磁异常带尤为醒目,反映了本区北北东、北东向两条巨大线性构造。

东北地区重、磁异常图揭示的是现代重、磁场特征,是大地构造演化阶段内地壳物质再均衡、构造展布及磁性物质分布的综合反映。特别是中生代以来滨太平洋活动,大陆边缘演化阶段的构造形态和具有继

承性活动的构造或地质遗迹,在布格重力异常图、航磁异常图上都得到鲜明的反映。

4 华北板块与西伯利亚板块缝合带

华北板块与西伯利亚板块缝合带,公认的是东北地区主要由兴蒙造山带和华北板块,以及东北地区东部佳木斯地块和兴凯地块等微地块联合组成。但是,目前仍有许多基础地质问题尚无公论。华北板块与西伯利亚板块缝合带位置问题就是其中之一^[5,7,17,19]。多数学者认为最终闭合的位置沿索伦山缝合带^[20-21],但也有学者认为在贺根山一带^[22],还有一部份认为紧沿西拉木伦河展布^[23]。综合起来主要有以“线”为界和以“带”为界两种观点。

以线表示拼接位置又有5种假说:1)西伯利亚与华北两大板块的最终闭合位置在林西地区以南,即索伦—西拉木伦断裂一线,并向东延伸至长春—延吉;2)位于林西县盖家店—八棱山一线;3)西拉木伦河、二连—贺根山一线;4)沿狼山—白云鄂博—化德—赤峰一线;5)沿蒙古—鄂霍次克一线。

以带表示拼接位置有2种假说:1)古缝合带位置大致在西乌旗以南、锡林浩特至巴林左旗一线以北;2)从贺根山向东至乌拉乌利—托托尚山,南界则从西乌旗以南的白音尚勒,经锡林浩特、苏尼特左旗到索伦山地区。

笔者从东北地区重磁异常特征分析认为:西伯利亚板块南缘与华北板块北缘之间是广泛的兴蒙造山带。其中有佳木斯—兴凯地块、松辽地块、兴安地块、额尔古纳地块等微地块。这些微地块的南缘与华北板块的缝合带是多数地质学家讨论的华北板块与西伯利亚板块缝合带。

我们认为,华北板块与西伯利亚板缝合带为宽约240 km的带状(下文简称为“带”)较为合理。这样的认识,主要是综合分析了区域重、磁资料后得出的。它们包括了原始数据、垂向及水平各方向导数、水平梯度模、不同上延高度、小波、小子域及插值等多种滤波、信号提取及增强等多种处理后所反映出的异常特征,如图1、图2所示。

从这些图上明显看到该带南与北、内与外的重磁异常存在明显差异。通常表现为带内与带外的异常错动、曲线扭曲、走向改变、规模差异、特征冲突。比如松

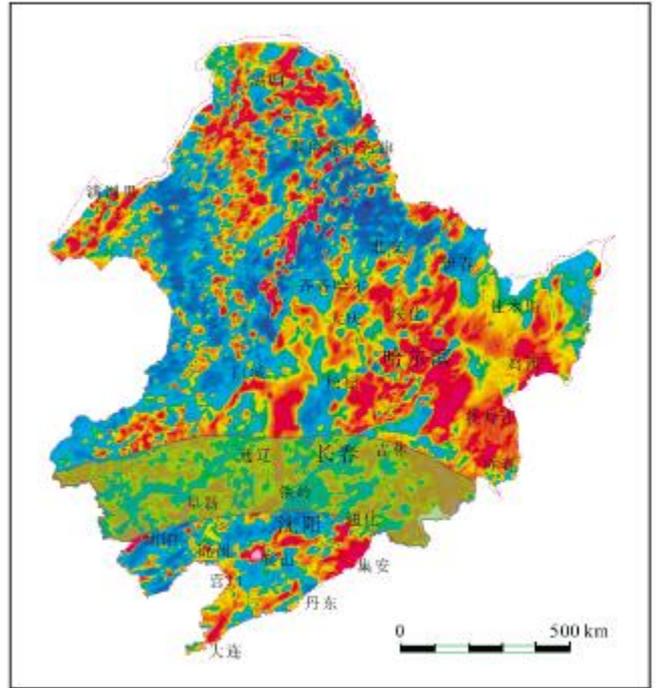


图1 东北地区航磁 ΔT 化极等值线平面图

Fig. 1 Aeromagnetic ΔT reduction-to-pole contour plan of Northeast China

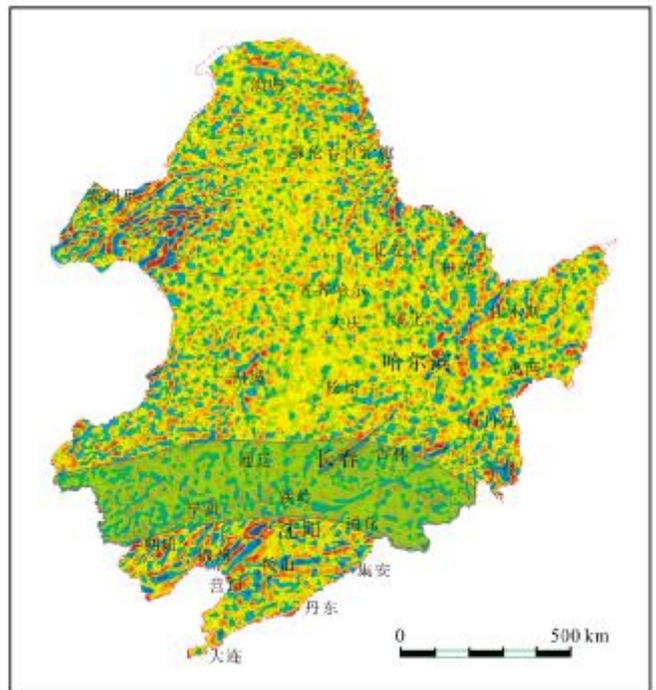


图2 东北地区重力布格剩余异常等值线平面图

Fig. 2 Bouguer residual gravity anomaly contour plan of Northeast China

辽盆地就在带的南北宽度上发生重大变化,甚至地形山势也因其存在而变得内外有别。

图1为航磁 ΔT 化极等值线平面图. 带外异常走向以北东向为主, 这与东北地区受太平洋板块挤压应力环境有关. 带内异常尽管也受北东向构造影响, 但是, 沿带走向明显存在. 带的西段为近东西向, 带中段为南北向, 带东段为北西西向. 当然, 郯庐断裂的影响依然明显. 同时, 带的南北异常差异显著. 其南部异常以相对平缓、小块为特点, 北部异常则以杂乱、分区为特点, 充分反映了造山带、缝合带的地质特征. 带内则表现为杂繁无章、扭曲错乱、波动尖锐、正负相间, 以正为主的磁场特征.

布格异常图能够反映更深部地质信息. 布格异常等值线受该带影响明显, 清晰刻画出了该带宽度和位置. 因为该带的存在, 西段重力低向东错动了30 km甚至更多. 中段跨越了东北地区最大规模的重力高, 该重力高在缝合带北的宽度大于200 km, 带内缩变成不足50 km, 而且异常扭曲明显且陡变. 带的东段重力异常受其影响, 走向改变, 位置错动. 而重力布格剩余异常等值线平面图(图2)则反映了更浅部的地质信息, 与布格异常受该构造带的影响相似, 西部和东部布格异常错动段, 剩余异常形态和走向都表现出其错动变化. 中段异常与其北部相比, 缩变极其醒目. 带南与带内剩余异常走向改变突出, 由较大规模异常变成了琐碎杂乱异常.

上述异常特征的变化几乎反映到了所有的重磁数据及其滤波以后的数据上. 可以认为这样的异常变化不是偶然的、单一的. 图3是重力布格上延2 km, 并求其梯度模, 为的是求取更深部的磁信息. 从图上可明显观察到带内和带外、带南和带北异常的错动和形态变化. 图4是重力布格上延5 km, 并求其梯度模, 观察更深层次的地质体磁参数的变化, 同样可发现上述改变.

5 缝合带的影响

东北地区处于环太平洋板块、西伯利亚板块和华北板块的叠加部位, 受到古亚洲洋构造域和环太平洋构造域的双重影响, 构造背景极为复杂, 具有重要的研究价值.

三大板块在东北地区碰撞的形式是什么? 何时开始拼接? 拼接的部位在哪里? 过程怎样? 规模几许? 结束与否? 未来趋势如何? 带来的影响是什么? 这一系列

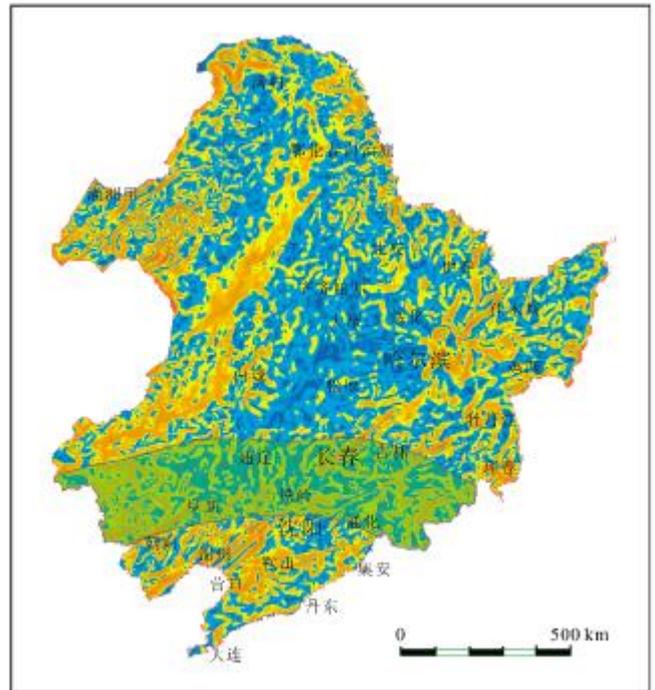


图3 东北地区重力布格上延2 km 梯度模等值线平面图
Fig. 3 Contour plan for 2 km upward continuation of Bouguer gravity of Northeast China

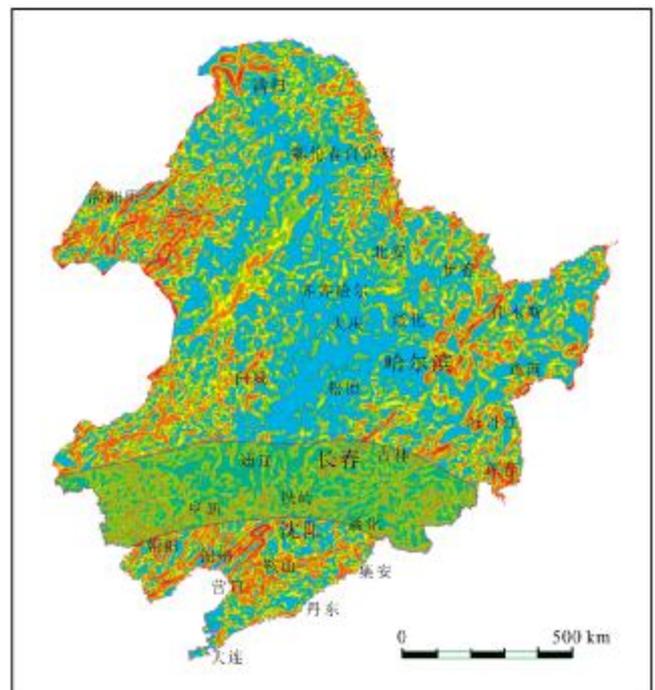


图4 东北地区重力布格上延5 km 梯度模等值线平面图
Fig. 4 Contour plan for 5 km upward continuation of Bouguer gravity of Northeast China

的问题是多年来地质界一直在讨论的问题, 有的甚至分歧很大, 争论不休. 最近有许多专家学者更倾向于

南部索伦-西拉木伦-长春的东北微地块南与华北板块的缝合带作为华北板块与西伯利亚板块的缝合带[24-28].

笔者通过重磁资料分析,除赞同上述缝合的地理位置以外,同时提出:该带宽度约 240 km;带的走向自东北地区西部朝阳北-通辽南走向北东东,过沈阳北-长春北折向南东东,在东北境内终于通化北-琿春南.

与本文观点相近的学者专家很多,像前文引用过的周建波教授、李锦轶研究员等等.笔者与其不同之处在于缝合带的确切位置、走向和宽度.

图 5 是笔者与周建波等[25]研究成果的对比.可以看到西段两种观点吻合较好;东段吻合稍差,尤其是位置、走向、宽度都有所不同.

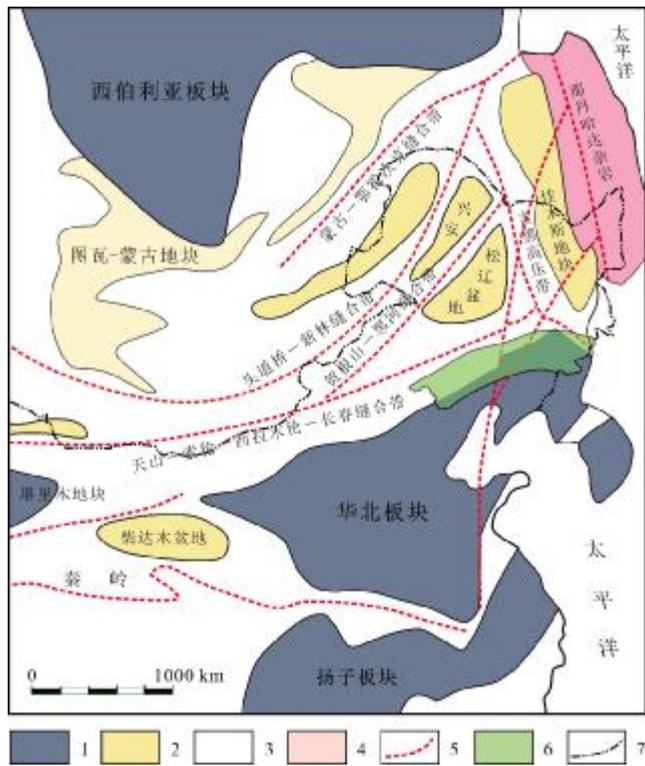


图 5 前人划分的缝合带与本文对比

Fig. 5 Comparison of suture zone between previous study and this study

1—板块 (plate); 2—微陆块 (microcontinent); 3—造山带 (orogenic belt); 4—环太平洋火山岩带 (circum-Pacific volcanic rock zone); 5—缝合带或断裂带 (suture or fault zone); 6—本文支持的缝合带 (suture zone supported by this study); 7—国界 (national boundary); 底图据文献[25] 修编 (Base map modified from Reference [25])

对笔者观点提供支持的前人文献以地球物理方面为主, 尽管确切结论稍有不同, 但是总体是相互支持

的. 这包括袁天梦、韩江涛等大地电磁工作成果所展示的 250 km 杂岩带[29-30];董泽义博士的研究成果也揭示了该缝合带于大地电磁剖面上的宽度[31];李英康等[32]于东北地区相邻的张家口一带所作的地震剖面, 认为该缝合带宽 130 km;石玉涛等[33]从地震的角度佐证了笔者推断缝合带走向的合理性(图 6).

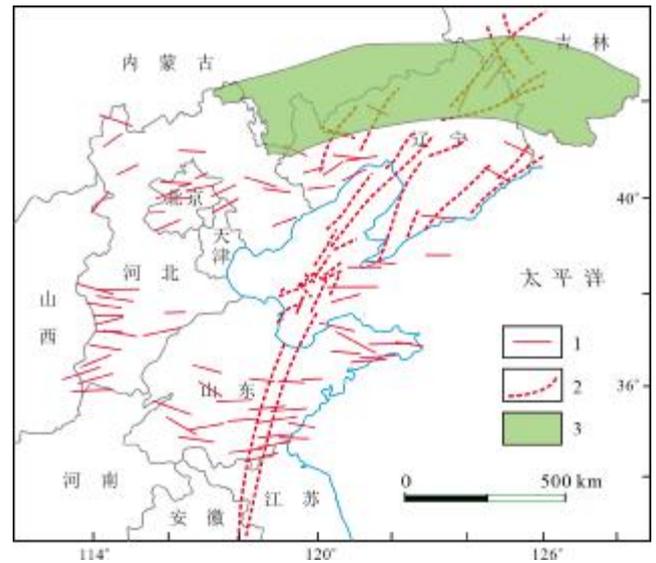


图 6 东北地区地震剪切波极化方向

Fig. 6 Polarization direction of seismic shear wave in Northeast China

1—地震剪切波极化方向 (polarization direction of seismic shear wave); 2—断裂带 (fault zone); 3—本文支持的缝合带 (suture zone supported by this study); 底图据文献 [34] 简化 (Base map simplified from Reference [34])

探讨华北板块与西伯利亚板块缝合带的空间位置具有重要的地质意义. 关于华北板块与西伯利亚板块间拼接的发生、发展、消亡时空演化历史, 几十年来地质学者一直不断探索, 相信这样的探索还将继续下去. 随着有些问题逐步得到解决, 很多地质现象也正重新被解释, 地质认识也逐步趋于统一. 相信包括大地构造、地质时代、成矿环境, 及至自然环境等诸多理论都可能重新认识和评价.

6 结论

本文通过重新整理、处理并分析东北地区重磁数据, 对华北板块与西伯利亚板块的缝合带有了新的认识: 缝合带为一宽约 240 km 的宽带; 该带近似等宽; 其在东北地区的位置与以往学者“索伦-西拉木伦-长春-

延吉”的观点相近,差异在于宽度和确切位置;缝合带东段在走向上不存在前人一般认为的陡变,应当是圆滑的,总体上表现出大板块的运动特点。

本文仅从重磁数据入手讨论了华北板块与西伯利亚板块缝合带这一地质问题,也很难全面参考其他参数(地层、古生物等)作宏观分析。因此,结论是单方面的,尚存很多可商讨之处。作者试图从重磁的角度对华北板块与西伯利亚板块缝合带这一地质问题做一个全新的解释,当然更希望有专家学者参与讨论这一问题,指教本文。

参考文献:

- [1]孙中任,赵雪娟,张晓丽,等. 东北地区北西向构造的成因与特征[J]. 地质与资源,2019,28(1):1-6,56.
- [2]程裕祺. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [3]云金表,庞庆山,方德庆. 大地构造学与中国区域地质[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2002.
- [4]宋均秋. 板块运动对松辽盆地构造演化的影响[J]. 科技创新导报,2008(30):59-60.
- [5]江为为,郝天眺,刘少华,等. 中国东部大陆与东海海域地质构造的相关性分析[J]. 地球物理学进展,2004,19(1):75-90.
- [6]王友勤,苏养正,刘尔义. 东北区区域地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [7]李春昱. 关于划分大陆古板块的商榷[J]. 中国地质,1985,22(1):13-16.
- [8]邵济安,唐克东. 中国东北地体与东北亚大陆边缘演化[M]. 北京:地震出版社,1995.
- [9]任纪舜,陈廷愚,牛宝贵,等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M]. 北京:科学出版社,1990.
- [10]王五力,郑少林,张立君,等. 中国东北环太平洋带构造地层学[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [11]刘建明,张锐,张庆洲. 大兴安岭地区的区域成矿特征[J]. 地学前缘,2004,11(1):269-277.
- [12]林强,葛文春,孙德有,等. 中国东北地区中生代火山岩的大地构造意义[J]. 地质科学,1998,33(2):129-139.
- [13]李锦轶. 中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识[J]. 地质论评,1998,44(4):339-347.
- [14]郭胜哲. 中朝板块与西伯利亚板块拼合时限的确定及其生物地层学依据[J]. 沈阳地质矿产研究所所刊,1986,14:127-136.
- [15]王友勤,苏养正,刘尔义. 东北区区域地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [16]王友勤. 关于中国东北区地层区划的意见[J]. 吉林地质,1996,15(3/4):15-22.
- [17]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.
- [18]隋振民,葛文春,徐学纯,等. 大兴安岭十二站晚古生代后造山花岗岩的特征及其地质意义[J]. 岩石学报,2009,25(10):2679-2686.
- [19]苏美霞,赵文涛,张慧聪,等. 华北板块与西伯利亚板块缝合带之地球物理特征[J]. 物探与化探,2014,38(5):949-955.
- [20]田昌烈,曹从周,杨芳林. 中朝陆台北侧褶皱带(中段)蛇绿岩的地球化学特征[J]. 地球学报,1989,11(1):107-129.
- [21]徐备,陈斌. 内蒙古北部华北板块与西伯利亚板块之间中生代造山带的结构及演化[J]. 中国科学 D 辑:地球科学,1997,27(3):227-232.
- [22]邵济安,张丽莉,周新华,等. 对内蒙古贺根山蛇绿岩的新认识[J]. 岩石学报,2019,35(9):2864-2872.
- [23]李锦轶. 长白山北段地壳的形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [24]周建波,曾维顺,曹嘉麟,等. 中国东北地区的构造格局与演化:从500Ma到180Ma[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2012,42(5):1298-1316,1329.
- [25]周建波,石爱国,景妍. 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),2016,46(4):1042-1055.
- [26]李朋武,高锐,管焯,等. 华北与西伯利亚地块碰撞时代的古地磁分析——兼论苏鲁-大别超高压变质作用的构造起因[J]. 地球学报,2007,28(3):234-252.
- [27]赵磊. 华北板块北缘中段晚古生代镁铁-超镁铁岩的岩石地球化学特征及其构造意义[D]. 北京:北京大学,2008.
- [28]李朋武,高锐,管焯,等. 内蒙古中部索伦-林西缝合带封闭时代的古地磁分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,36(5):744-758.
- [29]袁天梦,韩江涛,刘文玉. 西伯利亚板块与华北克拉通缝合带位置研究——来自查干敖包-化德大地电磁测深数据的约束[C]//2018年中国地球科学联合学术年会论文集. 北京:中国地球物理学会,2018:183-184.
- [30]韩江涛,袁天梦,刘文玉,等. 西伯利亚板块与华北克拉通碰撞带地电结构及对深部缝合边界的讨论[J]. 地球物理学报,2019,62(3):1159-1171.
- [31]董泽义,汤吉,陈小斌,等. 华北克拉通东北边界带深部电性结构特征[J]. 地震地质,2016,38(1):107-120.
- [32]李英康,高锐,姚聿涛,等. 华北克拉通北缘-西伯利亚板块南缘的地壳速度结构特征[J]. 地球物理学报,2014,57(2):484-497.
- [33]Shi Y T, Gao Y, Tai L X, et al. The shear-wave splitting in the crust and the upper mantle around the Bohai Sea, North China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2015,111:505-516.