

东北地区北西向构造的成因与特征

孙中任¹,赵雪娟¹,张晓丽²,冯雨林¹,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. 沈阳市规划和国土资源局浑南分局,辽宁 沈阳 110179

摘 要: 通过对以往重磁数据重新处理,对以往不被人们关注,至少是少为人们关注的东北地区北西向构造有了新的认识. 研究认为:东北地区北西向构造不仅大规模存在,而且还对东北地区的地质构造格架、东北地区的矿产资源的产出与分布都有着不可忽视的作用. 讨论了北西向构造在重磁场上证据以及北西向构造的地质应力条件,证明北西向构造晚于北东向、北北东向构造,是一组独立的构造体系.

关键词: 东北地区;重力;航磁;北西向构造

ORIGIN AND CHARACTERISTICS OF THE NW STRUCTURES IN NORTHEAST CHINA

SUN Zhong-ren¹, ZHAO Xue-juan¹, ZHANG Xiao-li², FENG Yu-lin¹, JIAO Li-guo¹

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

2. Hunnan Branch, Shenyang Bureau of Planning and Land Resources, Shenyang 110179, China

Abstract: By reprocessing the previous gravity and magnetic data, the paper gains a new understanding about the NW structures in Northeast China, which was ignored or less attended before. It is thought that such structures not only exist in large numbers, but also play important roles in the geotectonic framework and mineral resources distribution in the region. Based on the discussion of the NW-trending characteristics of gravity magnetic field and geological stress conditions, the structures prove to be a set of independent tectonic system later than NE and NNE structures.

Key words: Northeast China; gravity; aeromagnetic; NW structure

0 前言

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”项目重新按成矿带、构造分区,使用最新的工作成果和数据处理方法,让我们重新认识了东北地区重磁场的宏观展布特征,也让我们对东北地区的构造格架等诸多问题有了新的认识. 本文讨论的

东北地区北西向构造就是该项目的工作成果之一. 通过对以往数据的重新处理,我们对以往不被人们关注,至少是少为人们关注的东北地区北西向构造有了新的认识. 研究认为:东北地区北西向构造不仅大规模存在,而且还对东北地区的地质构造格架、东北地区的矿产资源的产出与分布都有着不可忽视的作用.

收稿日期:2018-03-30;修回日期:2018-10-23. 编辑:张哲.

作者简介:孙中任(1963—),男,综合地球物理博士,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@cgs.cn

1 东北地区大地构造基本特征

东北地区在大地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^[1-2]. 中生代时期, 受到滨太平洋构造域(库拉、太平洋板块)发展演化的影响, 东北地区形成了与俯冲带大致平行的北东—北北东向叠加构造带^[3-5]. 晚中生代时期, 由于太平洋板块与欧亚板块之间的相互作用, 大陆边缘地区的地幔上隆, 大陆地壳向东弥散, 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^[6-8]. 自西向东分别为大兴安岭—太行山构造隆起带、松辽—华北中生代盆地拗陷带、老爷岭—胶辽构造—岩浆带^[9-10]. 在大陆内部形成了北东向大兴安岭深源富钾的火山岩带, 在大陆边缘形成钙碱系列的火成岩带^[11-13].

东北地区可见断裂体系自西向东包括德尔布干断裂和伊利克德断裂控制的海—塔断裂系统, 嫩江断裂和佳依断裂控制的松辽盆地断裂系统和佳依断裂与敦密断裂控制的东北东部断裂系统. 这些断裂体系展布方向主要为北北东向、北东向, 次要为东西向. 断裂发育时间以北北东向最早, 其次为北东向和东西向^[14-16]. 东北地区深部构造体系一般是指使用地球物理手段划分的构造体系. 与深部构造体系相关, 主要利用地球物理手段推算的莫霍面等深线总体上呈北北东、北东向展布(图1). 同时, 莫霍面等深线图有一条北东向的依兰—伊通深度陡变带和另一北西向的北安—鸡西扭曲带两条交叉深度特征带, 两带在依兰相交形成“X”型, 将东北东部地区分割成相互对顶分布的两个上地幔隆起区和两个上地幔塌陷区^[17-24].

2 东北地区重磁场特征

2.1 重力场特征

宏观看, 东北地区布格异常以乌兰浩特经扎兰屯到黑河北的北东向连线为界, 形成东西两大区. 该界线也是著名的重力场太行山—大兴安岭重力梯级带. 其西为西部地区重力低, 这是东北地区布格异常最低区, 布格异常从 $-25 \times 10^{-5} \text{ kg/s}^2$ 到 $-100 \times 10^{-5} \text{ kg/s}^2$. 整体走向是北北东向, 仅在满洲里、海拉尔一带异常呈北西西向. 其东为“田”字型重力异常区, 该区在东北地区布格异常图上也十分抢眼. 南部以东乌珠穆沁旗、通辽北、

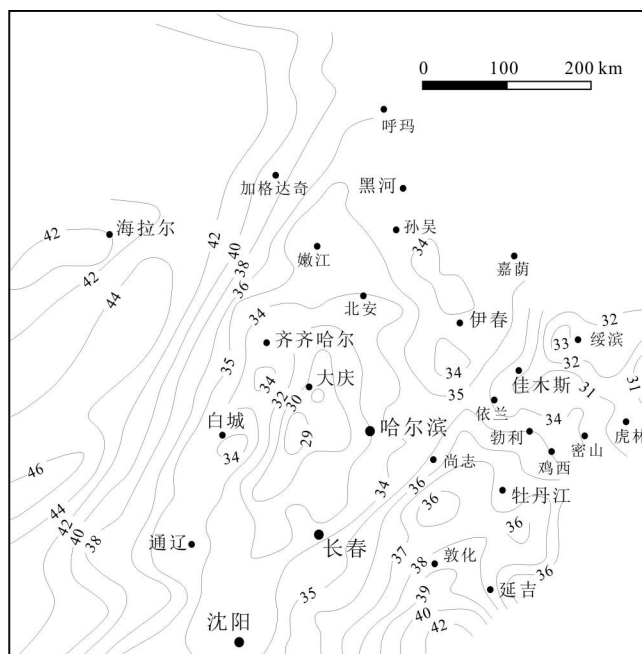


图1 东北地区莫霍面等深图

(据文献[17])

Fig. 1 Moho depth contour of Northeast China

(From Reference [17])

开原到通化为界. 该“田”字型重力异常区南北以北安—鸡西连线为界, 东西以吉林—佳木斯连线为界, 以两高两低相互交错形式展现. 重力高者一般布格异常高于 $-15 \times 10^{-5} \text{ kg/s}^2$, 低者可低至 $-60 \times 10^{-5} \text{ kg/s}^2$. “田”字型重力异常区南部两异常值总体正于北部两异常, 也就是南部异常重力低比北部更低, 南部异常重力高比北部偏低. 最东部三江平原区的重力高区布格异常值以大于 0 kg/s^2 为标志.

东北地区南部东乌珠穆沁旗、通辽北、四平到延吉崇善为界, 在东北布格异常图上对应着杂乱重力高, 我们称之为南部重力高区. 这里发育了杂乱的、小规模的重力局部异常. 总体呈现重力高, 也发育了全东北地区最高的布格异常. 该异常带布格异常值一般从 0 kg/s^2 到 $-25 \times 10^{-5} \text{ kg/s}^2$ 变化.

2.2 磁场特征

东北地区的磁异常与重力异常大同小异. 与重力异常不同的是划分出6个特征分区(图2): ①东北西部地区乱磁异常区; ②中北部平稳磁异常区; ③南部的乱磁场区; ④中部地区中等磁场区; ⑤东部三江平原区的平缓磁异常区; ⑥中东部的乱磁场区. 这与重力场相对应.

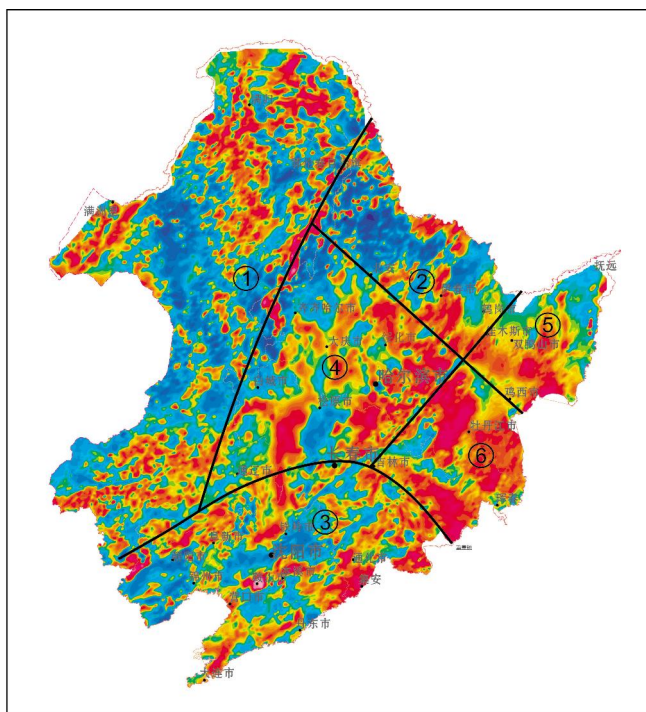


图 2 东北地区化极航磁异常等值色阶图

Fig. 2 Aeromagnetic anomaly equivalence levels of Northeast China

东北西部地区乱磁异常区以乌兰浩特经扎兰屯到黑河北的北东向连线为界线,这一乱磁异常区是东北地区较为醒目的一处异常区,磁异常杂乱、幅值高、梯度大是其主要特征,一般异常幅值都在 300 nT 左右,许多区域达到了 500 nT,甚至更高,与重力一样的东部“田”字型异常区在磁力异常图上依然存在,只是磁力图上异常差异不是表现在幅值上,而更多地是在异常的展布特征上,重力异常“田”字型异常区在磁异常图上则表现为南北泾渭分明,东西界线清晰,但特征差异不大,总体上北部磁异常较南部磁异常平缓,东部三江平原区的平缓磁异常区最显著特征就是磁场变化不大,磁场幅值低,磁场值一般在-100~0 nT,这种变化不大的磁场使东部三江平原区的平缓磁异常区的异常曲线平滑而稀疏,而中部地区中等磁场区一般磁异常值在-150~+150 nT,尽管总体平缓程度略逊于东部三江平原区的平缓磁异常区,但平缓仍不失为其特征,显示出松辽平原(或松辽盆地)的沉积特征。

南部为以朝阳北-长春-珲春为界线(该界线实际是一条宽上百千米的杂乱异常区组成的带,另文讨论),并延出区外的乱磁场区,与东北西部地区乱磁异常区有着相似的特征,同样是磁异常杂乱,异常幅值

高,异常梯度大,但就局部异常而言,规模明显大于西部异常,在这一区域又发育了建平磁力高、朝阳西磁力高、鞍山磁力高、本溪磁力高等几个令人瞩目的磁力高,这些磁力高显然与这一地区发育的基性岩和铁磁矿物有直接关系。

3 北西向构造

尽管受板块应力,以及业已形成的几大超深构造(主要是北东-北北东向的海-塔断裂系统德尔布干断裂和伊利克德断裂)以及郯庐断裂北延的佳依断裂与敦密断裂的控制影响,东北地区重磁异常宏观呈北东-北北东向展布特征,东北地区的北西向构造虽然以往也做过推断,划分了一系列北西向断裂,但多是延伸有限规模相对较小的三级断裂,通过中国地质调查部署开展的长达近 8 年的“全国重要矿产资源潜力预测评价及综合”项目,笔者有机会对东北地区重磁数据做全面的梳理,并重新整理、改算、滤波、成图和研究^[25],笔者认为东北地区的北西向重磁异常,进而扩展到东北地区北西向构造特征不容忽视,从重磁场特征研究分析,区内的北北西向断裂构造从其延伸和规模看,不少亦应属区域性大断裂,研究和重视东北地区北西向构造十分重要和必要。

3.1 重磁异常之北西向特征

正因为北西构造非东北地区的主导构造,所以无论重力场,抑或磁力场的北西向特征均不明显,这也是一直以来东北地区北西向构造不被重视原因之一,笔者发现将东北重磁场分为南、中、北几大分区的界线均为北西向,这包括了南部东乌珠穆沁旗-通辽,以及开原-通化、吉林-延吉崇善的几条北西向不同场分界线,北部的北安-鸡西界线,而这一特征在异常水平梯度模图上表现得尤为突出,众所周知,水平梯度模是表征线性构造的最佳图件之一,考虑到我们讨论的构造规模,本文引用了重力上延 5 km 的水平梯度模,将综合推出的几条较大规模北西向构造叠加上去(图 3),图上不仅南部东乌珠穆沁旗-通辽北、开原到通化界线,北部的北安-鸡西界线有良好的、明显的反映,同时一些非界线的北西向构造也同时反映出来,由于剩余图更多是反映地表上的密度特征,因此在重力剩余异常图上这些北西向构造反映特征更多的是不同区的界线(图 4)。

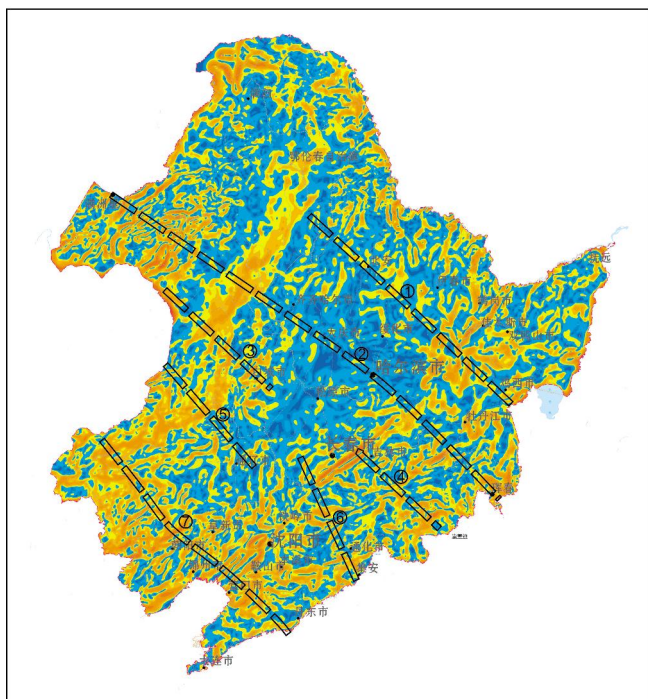


图3 东北地区重力上延 5 km 水平梯度模等值色阶图

Fig. 3 Gravity 5 km-upward continuation horizontal gradient mode equivalence levels of Northeast China

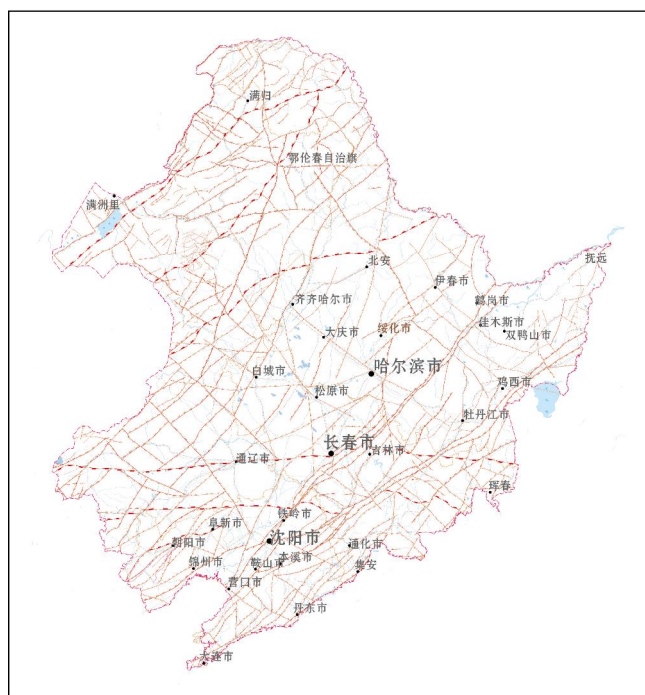


图5 东北地区遥感解译构造图

Fig. 5 Remote sensing-interpreted structure map of Northeast China

需要说明的是, 这些北西向断裂在重力布格异常图上反映更加明显. 在本次研究工作中, 其他的重磁滤波后重磁线性异常图、线性异常增强图等数据图也均有反映. 这些北西向构造有些地质上有过描述, 但地质上认识的规模远非可比, 比如义县-大洼断裂.

3.2 推断北西向构造

依据重磁异常推断较大规模北北西向深断裂 7 条, 各断裂间近乎平行排列. 其中两条与地质上嫩江-铁力-勃利断裂(本文称嫩江-北安-鸡西断裂)及滨洲断裂(本文称碾子山-哈尔滨-林口断裂)相呼应, 其余 5 条断裂为本次新推断断裂.

1) 嫩江-北安-鸡西断裂: 沿小兴安岭南侧山前分布, 呈北西向, 贯穿东北大区向东西两侧延出国境, 为重磁场区分界线.

2) 碾子山-哈尔滨-林口断裂: 贯穿中国大陆的著名北西向大断裂. 先由地球物理资料推断, 后被认可. 走向北西.

3) 阿尔山-白城断裂: 过阿尔山东至白城, 与其东部的另一条北西向断裂极可能为同一构造. 因为其存在, 重力场在其经过处扭曲严重. 磁力场因其存在将宏观北东走向的整体特征, 扭曲为线性的北西走向.

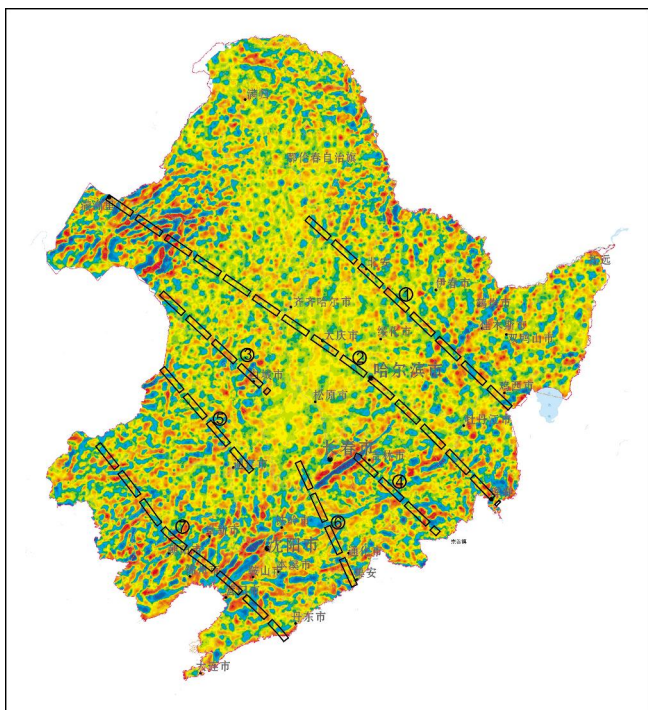


图4 东北地区重力剩余等值色阶图

Fig. 4 Residual gravity equivalence levels of Northeast China

北西向构造在另一研究课题的遥感解译成果中^①, 也体现得淋漓尽致(图 5).

① 冯雨林. 东北地区资源潜力评价遥感应用研究. 2013.

4)吉林-延吉崇善断裂:极可能与阿尔山-白城断裂连成一个大的构造体系。地质上见零碎局部北西向断裂。重力、磁力场均由于其存在而扭曲错动。

5)四平-通化断裂:经四平,过通化东至集安,并延出区外。重磁场因其分界明显而将其划为北西向断裂。由于其主体主要发育在华北地块与西伯利亚地块的分界带上,因此其附近北西向异常明显。

6)林西-义县-庄河断裂:地质上仅见描述有经义县-大洼北西向断裂。重磁场明确显示断裂生长区的异常错动扭曲。我们认为该断裂规模大,两侧延出区外。

7)东乌旗-通辽断裂:经东乌珠穆沁旗过通辽北,东可推至过开原的北西向断裂。地质上暂没有论述。重磁场被错动特征明显,尤其是重力场异常线在该断裂处被截断错位。

上述几条北西向断裂从其规模分析均应为壳内大断裂。从错断北东向断裂的这一特征断定,北西向断裂发育时间普遍晚于北东向断裂。而北西向断裂也绝不仅仅是上述几条,更多更小规模的北西向断裂还有待于更深、更大比例尺的工作研究。

东北地区之北东向(北北东向)及北西向断裂组成其棋盘网格主体构造格局。

4 北西向构造之影响

既然以揭示深部和宏观构造特征参量为主的重力和磁力都显示了北西构造的存在,那么,北西向构造的出现必然要有北西的地质应力存在。其实,北西向应力的存在早已无需讨论了。笔者也利用了北西向应力存在为依据解释过大地电磁异常^[26]。北西应力在存在也在电性上被予以证实。现在公认的北西向应力拉张和挤压性质的改变时期为晚白垩世^[27]。

从形成时间上,东北区域性近东西向大断裂为古生代形成的断裂体系,北北东向、北西向应主要是中生代受一系列构造运动的影响形成的一组剪切断裂。正是由于该构造运动北东向的强裂挤压作用使北北东向断裂普遍具有走滑性质,重力场常常形成线性展布的布格重力异常梯级带或窄条状、串珠状重磁异常带。北北西向断裂为共扼断裂,走滑特性不显著,断裂带多以重磁场区分界线为特征。

李四光先生^[28]就曾提出北东和北西两组断裂相互交叉构成棋盘格式构造体系,在全球发育。在我国

东部、东南部沿海地区,这样的构造格局尤其明显。张文佑先生^[29]提出,地球上主要有北北西、北北东和北西西、北东东两套剪切断裂,组成行星式断裂网格,西部是以北西西、北东东为主导组成菱形网格,东部以北北东、北北西为主导组成菱形网格。

东北地区北东(北北东)向构造与北西(北北西)向构造共同作用才有了东北地区现在的地质环境和成矿环境。不能厚此薄彼,更不能顾此失彼。

越来越多的资料文献证实了北西向构造的重要作用。小伊诺盖沟金矿、下吉宝沟金矿北西构造是重要的容矿构造^[30];三和铅锌矿、上护林铅锌矿、二道河子铅锌矿、得耳布尔铅锌矿等也都不同程度地受北西向构造控制;黄花沟铅锌矿、闹牛山铜多金属矿的矿体产出也受北西向构造控制^[31];著名的多宝山铜金矿,以及三矿沟铜金矿、争光金矿都受北西向三矿沟-多宝山-裸河断裂控制。这些北西向断裂不仅控制了矿体的产出,同时也控制了华力西期花岗闪长岩、花岗闪长斑岩的产出^[32]。还有的学者认为,在大兴安岭中段主应力场就是东西、北西、北北西向^[33]。那么无疑这些构造与控矿、导矿、赋矿都有直接的关系。

在辽吉黑东部地区,北西向断裂构造也逐渐被认知。最早就有专家表明,黑龙江双鸭山煤矿煤层厚度,以及煤顶埋深和构造线的等高线都受北西向构造控制^[34]。最近有的专家直接表明了被忽视了的小兴安岭北西向构造的影响^[35]。这些北西向构造不仅影响了黑龙江、吉林东部的地形地貌,更影响了该地区的地质特征和矿产分布特征,包括东安、鹿鸣、霍吉河、翠宏山、板石沟等等一大批金、铁、铜铅锌多金属大型—超大型的矿床产出。还有的专家认为辽东地区北西向构造是控矿的主要构造之一,尽管北西向断裂构造在地质图上表现不明显,但是搞清楚北西向构造有着十分重要的意义^[36]。甚至有地震专家认为北西向构造直接影响了东北地区的某些地震的发生和发展^[37]。

更可喜的是最近的在大兴安岭北部面积超过 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ 区域性小比例尺地质调查工作,利用航磁异常推测出了北西向大型构造,而且均为新推测(北西向受到重视)、大型(重大影响力)和多条(大规模)^[38]。

5 结论

由前述分析可见,区内北北西向断裂从重磁场特

征分析是客观存在的。在研究区南部一组北西向断裂分布区,对应大兴安岭梯级带的扭曲部位,该组断裂也使研究区中部呈北东向展布、规模巨大的重力高值区呈现北西-南东的明显错动,从布格重力异常图上看,其错动距离近 200 km。这一特征应在今后的研究工作中引起足够的重视,进一步研究其形成机理及其地质意义。另外由内蒙古延伸进入东北地区的二连-东乌旗断裂,在大兴安岭以西向北收敛还是穿过梯级带呈北北东向延伸,这一点在今后工作中也需进一步研究和探讨。

北西向构造晚于北东向、北北东向构造,是一组独立的构造体系。其存在不仅具有地球物理意义,更具有地质意义和成矿意义,是极具研究意义的构造体系,应当正视和重视它们的存在。

一般认为,这种全球性、区域性“X”型大断裂系,具有走向滑动性质。理论上棋盘格式断裂应是在地质均一单元内统一应力场形成的共扼剪切系。但是由于性质不同、形态各异、形成发展时代不同,实际形成的断裂体系是极其复杂的。其重磁场面貌常常很不清晰,需要从宏观到微观利用计算机技术和重磁位场理论结合地质及其他相关学科地震、电法、遥感等进行多手段多角度的深入研究和总结。

随着北西向构造逐渐被认识、被重视,越来越多的迹象表明了东北地区矿产与北西向构造的相关性。相信会有更多的信息表明北西向构造对于认识大型矿床的特殊成矿背景、成矿作用及其时空演化规律的作用。这势必影响“深部探测”和“透明地球”等一系列工程建设。

参考文献:

- [1]程裕祺. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [2]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.
- [3]江为为,郝天珧,刘少华,等. 中国东海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.
- [4]王友勤,苏养正,刘尔义. 东北区区域地质[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [5]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.
- [6]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,1996.
- [7]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.
- [8]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.
- [9]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):269-275.
- [10]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,2008,26(28):58-60.
- [11]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.
- [12]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.
- [13]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.
- [14]马杏垣. 中国前寒武纪大地构造格架及研究方法[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [15]弗鲁布列夫斯基 A A,赵春荆. 俄远东-中国东北的构造特点及岩石圈深部的不均一性[J]. 辽宁地质,1995(4):241-256.
- [16]张庸,王锡魁. 中国东北现今主导构造[J]. 长春地质学院学报,1995,25(2):144-148.
- [17]刘财,孟令顺,吴燕冈,等. 东北地球物理场及地壳演化[M]. 北京:地质出版社,2009.
- [18]丁燕云,李占奎. 中国北部深层构造之我见[J]. 物探与化探,2000,24(1):17-22.
- [19]邓晋福,滕吉文,彭聪,等. 中国地球物理场特征及深部地质与成矿[M]. 北京:地质出版社,2008.
- [20]江为为,周立宏,肖敦清,等. 东北地区重磁场与地壳结构特征[J]. 地球物理学进展,2006,21(3):730-738.
- [21]涂广红,江为为,朱东英,等. 中国东北地区剩余重磁异常特征与地质构造及成矿带的关系[J]. 地球物理学进展,2006,21(3):746-755.
- [22]张凤旭,邵振华,张兴洲,等. 中国东北地区重力场研究——剩余重力场与重点油气勘探盆地的关系及油气勘探新领域[J]. 地球物理学进展,2011,26(2):424-432.
- [23]杜晓娟,孟令顺,张明仁. 利用重力场研究东北地区断裂分布及构造分区[J]. 地球科学与环境学报,2009,31(2):200-206.
- [24]吴咏敬,董平,王良书,等. 东北地区构造分区与深断裂研究——基于重力场小波多尺度分解[J]. 地球物理学进展,2012,27(1):45-57.
- [25]孙中任,赵雪娟,黄永卫. 浅谈常规数据处理在地面高精度磁测工作中的应用[J]. 地质与勘探,2004,40(Z1):250-256.
- [26]孙中任. MT 测深结果对松辽盆地西缘可能存在前陆盆地的认识[J]. 地球物理学进展,2013,28(3):1329-1335.
- [27]江为为,郝天珧,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.
- [28]李四光. 地质力学概论[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [29]张文佑. 中国大地构造纲要[M]. 北京:科学出版社,1959.

(下转第 56 页 /Continued on Page 56)

- [12]金振奎,张响响,邹元荣,等. 青海砂西油田古近系下干柴沟组下部沉积相定量研究[J]. 古地学报,2002,4(4):100-107.
- [13]金振奎,苏奎,张永生,等. 湿地的沉积特征及石油地质意义[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2011,35(3):1-5.
- [14]吴崇筠,刘宝珩,王德发,等. 碎屑岩沉积相模式[J]. 石油学报,1981,2(4):1-9.
- [15]张莉,鲍志东,林艳波,等. 浅水三角洲砂体类型及沉积模式——以松辽盆地南部乾安地区白垩系姚家组一段为例[J]. 石油勘探与开发,2017,44(5):727-735.
- [16]朱筱敏,邓秀芹,刘自亮,等. 大型坳陷湖盆浅水辫状河三角洲沉积特征及模式:以鄂尔多斯盆地陇东地区延长组为例[J]. 地学前缘,2013,20(2):19-28.

(上接第 6 页 /Continued from Page 6)

- [30]邵军,王世称,马晓龙,等. 大兴安岭北段多金属矿床区域成矿特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2003,33(1):32-36.
- [31]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.
- [32]武子玉,孙有才,王保全. 黑龙江争光金矿地质地球化学研究[J]. 地质与勘探,2006,42(1):38-42.
- [33]孙忠实,刘四川,郑常青,等. 大兴安岭柴—磨地区控矿构造特征及赋矿规律[J]. 中国地质,2013,40(2):529-537.
- [34]邵云惠. 试论我国东部的北西向构造及其理论意义[J]. 中国地质科学院 562 综合大队分刊,1980,1(1):19-27.
- [35]谭成印,杜杨松,赵寒冬,等. 黑龙江右岸北西向有色、贵金属构造—成矿带的确立及其地质意义[J]. 地质与资源,2009,18(4):256-264,278.
- [36]孟庆余. 浅谈辽宁东北地区北西向断裂构造[J]. 有色矿冶,2007,23(4):12-13,23.
- [37]李继业. 黑龙江及邻近地区北西向断裂与滨州断裂地震活动特征分析[J]. 地震磁观测与研究,2006,27(3):56-61.
- [38]郑广如,卢建中,余学中. 内蒙古得耳布尔北部地区航磁反映的断裂构造和岩性特征[J]. 物探与化探,2004,28(5):388-393.
- [39]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):854-865.
- [40]孙中任,赵雪娟,王丽娜. 地面磁测数据正常场改正现行方法探讨[J]. 地质与勘探,2011,47(4):679-685.
- [41]李锦轶,莫申国,和政军,等. 大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演化重建的制约[J]. 地学前缘,2004,11(3):157-168.
- [42]李春昱. 再谈板块构造[J]. 西北地质科技情报,1973,6(5):1-26.