

二连盆地形成的地球动力学背景^{*}

肖安成,杨树锋,陈汉林

(浙江大学地球科学系,浙江杭州 310000)

摘要:内蒙东部盆地群是发育在海西褶皱基底上的中生代断陷盆地。目前的盆地面貌是多期次构造叠加的结果。盆地的构造演化经历了早-中侏罗世和早白垩世伸展断陷盆地期、晚侏罗世末和早白垩世晚期构造反转期及晚白垩世以来的整体抬升期5个不同阶段。早-中侏罗世断陷盆地的形成与东亚板块的差异运动和深部作用有关;晚侏罗世末期的构造反转与蒙古-鄂霍茨克洋闭合和大洋板块的俯冲相联系;早白垩世的断陷盆地源于太平洋构造俯冲过程中所产生的弧后深部作用;早白垩世末期的盆地反转可能是中国东部左旋走滑带作用的结果;而晚白垩世以来则属于区域性的稳定调整过程。

关键词:断陷;构造反转;动力学;中生代;内蒙

第一作者简介:肖安成,男,43岁,副教授(博士),构造地质

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

二连盆地位于内蒙古自治区中部,行政区划属锡林郭勒盟、乌兰察布盟和巴彦淖尔盟,所处区域构造位置:东起大兴安岭隆起,西至索伦山隆起,南北分别为温都尔庙隆起和巴音宝力格隆起,东西长1 000 km,南北宽20~40 km,面积约 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$,是一个在海西褶皱基底上发育起来的中新生代断陷盆地。

盆地基底是古生界变质岩。沉积盖层自下而上依次为:中下侏罗统阿拉坦合力群碎屑岩含煤建造,上侏罗统兴安岭火山岩夹碎屑岩建造,下白垩统巴彦花群碎屑岩含油建造及新生界松散沉积。二连盆地中生代的演化过程经历了多次断陷伸展和收缩反转的阶段,目前的盆地面貌是多期次构造叠加的结果。每一期盆地的活动均有不同的地球动力学背景。本文就盆地性质和动力学成因进行讨论,希望对二连盆地中生代的形成、演化有一个整体性和系统性的了解。

1 构造演化

1.1 早-中侏罗世

下-中侏罗统的分布表现出二连盆地为伸展构造背景下的断陷盆地。盆地边缘受断层控制,断陷NE走向,范围较小,平面上延伸距离短^[1]。岩

性以灰泥夹煤层为主。断陷内部有独立的边缘相带和沉积中心,每一个断陷就是一个独立的汇水盆地,各断陷的形态相近。

1.2 晚侏罗世末

晚侏罗世末期,强烈构造反转造成二连及内蒙东部地区上侏罗统的大面积缺失,目前残余的上侏罗统主要分布于盆地的南部(腾格尔凹陷)和东北部区,一些凹陷内下白垩统与古生界成角度不整合接触关系。在二连盆地的格日勒敖都公社等地发现中侏罗统的低角度逆掩断层,这些逆掩断层被下白垩统覆盖^[2]。这种构造反转不仅局限于二连盆地,整个内蒙东部晚侏罗世末期均普遍受到影响^[4-6]。

1.3 早白垩世

二连地区的早白垩世伸展断陷盆地为一系列半地堑和地堑以及复合地堑,盆地基底发生强烈断裂变形,构成了走向NE向的基底断块系统。盆地呈隆凹分割的断陷盆地群,各凹陷窄而长,面积、深度相差悬殊。以低伸展率和宽裂陷作用为特色^[7]。主断裂面向深处未见能收敛于一个统一的滑脱层。一些凹陷内的边界断裂呈阶梯状向深部延伸,在断面平缓部位的上方下白垩统发育逆牵引背斜和共轭断层系。

1.4 早白垩世晚期

二连盆地内早白垩世晚期的构造由伸展向收缩的反转作用定在下白垩统腾格尔组一段与二段之间,该期反转产生冲断作用,导致腾格尔组一段

^{*} 中国石油天然气集团公司“九五”科技工程项目:中国北方侏罗系石油地质综合研究与勘探目标选择(编号:970207-23)

收稿日期:2001-02-13

的褶皱抬升,在构造高点处受到剥蚀。早白垩世晚期形成的正反转构造在内蒙古盆地及邻区其它一些盆地中也可以见到。如海拉尔盆地内因反转而形成幅度较大的断层传播褶皱;南华北黄口盆地造成分水岭组与上覆地层间的不整合,在下白垩统中形成了一系列冲断构造^[8]。

1.5 晚白垩世以来

早白垩世末察汉塔拉组以后,二连盆地断块作用已大大减弱,表现为整体区域性抬升的趋势。新构造运动对中生代盆地内部的改造作用较弱,因此目前我们所了解的二连盆地的构造面貌是中生代就已经定型了的。

2 地球动力学特征

2.1 东亚板块的差异运动和深部作用

二连地区形成伸展型的小型断陷盆地群,据盆地内部资料,当时发育的盆地主要集中在现今二连盆地区的东北部,大致在乌里雅斯太,阿北等凹陷处,盆地的走向为 NE-SW 向,规模比之白垩纪盆地要小,而且断陷分割强烈。局部凹陷的厚度大于 3 000 m,反映出低伸展量和高垂直落差的特征。

诸多研究者注意到了早-中侏罗世盆地动力学成因问题^[2,6,9-14]。在早-中侏罗世断陷盆地的形成过程中,有两种机制是应该考虑的:一是这种低伸展量盆地的形成与深部作用的关系;第二种机制则是古生代末期,亚洲大陆东缘向环太平洋构造域的转变,亦即古太平洋板块的作用。

马杏垣等^[14]将深部隆起背景的主要原因归于太平洋板块对于大陆的俯冲作用;宋建国^[8]指出,东亚早-中侏罗世盆地的形成是碰撞后期造山作用过程中拉张环境的产物,是深部挤压导致地幔上隆,岩石圈热变薄或底辟变薄作用的反映。

中国东部地区开始进入太平洋演化域应该是从早侏罗世开始,在晚侏罗世进入了太平洋演化域的强盛时期^[3,10,13,15]。

洋底地磁条带的年代学研究表明,自三叠纪至中侏罗世时期,古太平洋板块向 NE 方向运动。东北地体群与华北板块拼贴后,在二叠纪—三叠纪期间快速向北运动,一直到晚侏罗世以前始终保持北移的态势,即东亚大陆向 NW 方向运动。由于拼贴后的东北地体群向北移动的速率(平均 1.0 cm/a)明显大于华北板块北移的速率(0.4 cm/a)^[12],因此在华北板块北缘形成了一条主要以拉张环境为特

征的构造变形带(图 1)。二连早-中侏罗世盆地位于这一拉张变形带上。东北地体群与华板块北移的速率差和深部地幔上隆共同控制了二连早-中侏罗世沉积盆地的走向和结构。

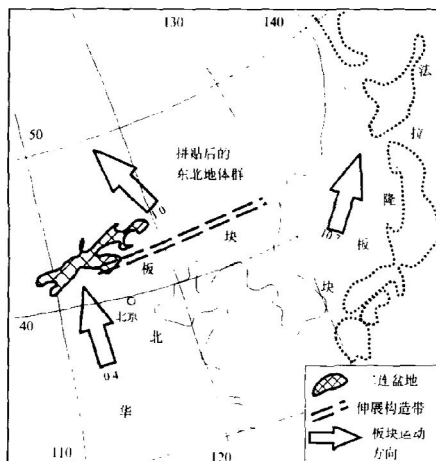


图 1 东亚晚三叠世至中侏罗世板块运动方向^[10]

(数字表示速率 cm/a)

Fig. 1 Direction of plate movement from Late Triassic to Middle Jurassic in East Asia

2.2 蒙古-鄂霍茨克洋闭合和大洋板块俯冲

进入晚侏罗世,二连地区乃至整个东亚表现出断裂活动和大面积的火山喷发,兴安岭群火山岩厚度一般 1 000~3 000 m,以基性和中性为主,岩石化学分析表明其为碱性火山岩序列^[16],即属于陆内裂谷火山岩。在二连地区油气勘探工作中,发现兴安岭群广泛存在于盆地基底。钻井揭示,上侏罗统下部仍有一套河湖相细-粗粒碎屑岩,中上部才反映出以火山熔岩及火山碎屑岩为主,说明晚侏罗世早期可能仍为与早-中侏罗世类似的断陷型盆地。

晚侏罗世晚期,内蒙东部地区产生大规模构造反转,即由早侏罗世以来持续的伸展环境转为收缩环境。构造反转的结果是造成上侏罗统的部分缺失和下-中侏罗统内大量逆冲断裂的形成^[2-6,17]。

晚侏罗世末的这种强烈的板内缩短变形,可能源于板块边缘的汇聚作用。从区域上研究最重大的构造事件是西伯利亚与布列亚地块碰撞形成蒙古-鄂霍茨克缝合带^[10,11]。

晚侏罗世从辽西到东天山地区形成东西走向的冲断-褶皱带^[18],同时伴有深成岩体的侵入。这与南东西伯利亚活动大陆边缘和布列亚地块碰撞形成的蒙古-鄂霍茨克缝合带有关。该缝合带距

二连地区逾 1 000 km,其对本区的影响类似于今印度板块与欧亚板块汇聚的远程效应对整个中亚地区的影响。

2.3 弧后深部作用

二连地区早白垩世形成了以盆地中部苏尼特隆起为中心,两侧分别为西北和东南断陷带的 NE 走向的断陷盆地群,次级凹陷以地堑、半地堑和复式地堑系为主^[2]。断陷的边界主断裂为高角度、没有区域性的主滑脱面。与美国西部盆岭省相比,表现出低的伸展量和伸展速率,这类似于北海 Viking 地堑的结构^[19]。这种盆地结构特征反映出受到深部活动的影响,即地幔物质的上涌导致断陷盆地的形成。

深部高热流作用与库拉-太平洋板块俯冲关系密切。最近的研究指出,在 130~100 Ma(早白垩世)之间,库拉板块相对于欧亚板块的运动速率平均为 16.5 cm/a,太平洋板块早白垩世相对于欧亚板块向 NW 方向运动,然后在早白垩世晚期(110 Ma)转向北运动。Maruyama^[20]和吴福元^[21]的研究指出,太平洋板块约以 30° 倾角俯冲下插到地幔内 400~600 km 处的范围内滞留富集;最近完成的西伯利亚地台南部山区上地幔三维构造研究中所获得的资料:在 300~400 km 和约 700 km 处存在巨大的地震异常带,400 km 深度附近是地幔粘度的变化界面。继续向下俯冲的大洋板块在到达 300~400 km 时,粘度降低、活动性增强,同时库拉-太平洋板块与欧亚板块东缘产生相对左旋拉张走滑断裂,为粘度降低了的地幔物质上涌提供了通道。所以在早白垩世时,地幔物质的快速向上运动形成了松辽大型裂谷盆地,而二连地区由于不在地幔物质隆升的中心,因此,张开的幅度也较位于隆升中心的松辽盆地来的小,尽管如此,仍形成了二连早白垩世断陷盆地群(图 2)。

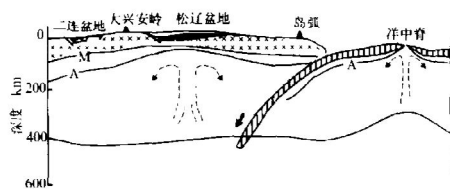


图 2 东北地区晚中生代裂陷活动深部作用图

Fig. 2 Deep-action of fault-depressing activity during Late Mesozoic in Northeast China

由于区域板块活动的制约,二连、海拉尔及松

辽等东亚早白垩世盆地的形成可能与板块俯冲导致的弧后伸展作用有关。另外晚侏罗世东亚区大规模的火山活动使断陷作用之前地壳处于高热流状态。火山活动导致软流圈物质减少产生亏空,后期地壳温度下降时物质的均衡补偿也可能是造成沉积盆地形成的动力条件^[22]。

2.4 中国东部左旋走滑带的作用

早白垩世末期,二连地区在早白垩世断陷作用后期形成了一幕正反转构造,该期活动导致了早白垩世以至侏罗世地层产生收缩冲断和地层被隆升剥蚀,从二连盆地地震测线上可以看到早白垩世腾格尔组二段(K_1t_2)角度不整合于较老地层之上^[8]。这期反转在邻区的海拉尔盆地和松辽盆地均有表现,反映出受区域性构造变动的影响。

太平洋板块中生代向欧亚板块作汇聚运动,运动方向在 110 Ma(早白垩世晚期)左右有一个变化,即从 NW 向转为向正北向,这一时期恰恰是二连及邻区盆地的构造反转期。其最大可能的是,由于太平洋板块的向北运动,导致中国东部乃至日本与朝鲜地区产生区域性的左旋剪切^[23],郯庐断裂中生代期间也在这一区域应力场作用下产生左旋剪切平移运动,但这种运动是脉动的和有一定期次的,盆地内部的 NE 向构造线的收缩反转,应该是近 NS 向郯庐断裂左旋走滑强烈活动的结果。

另外,蒙古-鄂霍茨克洋早白垩世末期的最终闭合,也可能是导致区域性盆地反转的动力因素之一^[11]。

2.5 稳定调整过程

晚白垩世以来,二连地区处于一种稳定的持续性的调整时期。主要表现为内部无差异性构造运动,沉积作用微弱,也可以说作为中生代的盆地已经处于静止和死亡状态,新生代亦无成盆历史。

这种作用的动力学机制可能与上地幔的热点向大洋方向后退,和东亚大陆边缘裂谷盆地发育和边缘海盆地形成有关^[10],形成盆地的深部地幔热点已逐步东移,在中国东部形成了一系列的新生代断陷盆地,如渤海湾盆地等。相对为陆内环境的内蒙东部地区则处于一种后期均衡调整的地球动力学状态下。

3 结论

二连盆地群主要发育在三叠纪后的中生代,是一个经历多期断陷和反转作用的叠加的盆地系统,

综合起来,可将盆地的发展历史概括成5个阶段,相对应每一个阶段均有不同的地球动力学背景。

下-中侏罗统和下白垩统是两套断陷的成盆层序,主要表现为断陷湖盆相的碎屑岩沉积体系,具有煤和油气能源层,各断陷基本特征相似,但独立成盆,早-中侏罗世盆地成因于东亚板块之间的差异运动所形成的伸展背景,同时也可能有深部的作用;早白垩世盆地则形成于太平洋板块俯冲作用所产生的弧后区域性伸展。

二连盆地在晚侏罗世末和早白垩世晚期产生正反转作用,使断陷期的层序产生冲断、褶皱和剥蚀。两期反转归属于两个不同的构造背景,晚侏罗世末的构造反转可能主要与蒙古-鄂霍茨克洋的闭合有关;早白垩世晚期的反转则可能是太平洋构造域的产物,太平洋板块的运动方向变化是导致其反转的主要原因。

晚白垩世以来,二连地区盆地的发育历史终止,处于稳定的调整阶段,这可能与东亚陆缘地幔热点的东移有关。

参 考 文 献

- 李正文,焦贵浩,董艳蕾.二连盆地断陷模型研究及其在新区评价中的应用[J].西安石油学院学报,1997,12(5):8~13
- 李思田,杨士恭,程守田.中国东部及邻区中生代裂陷作用的大地构造背景[A].见:王鸿祯,刘本培,李思田.中国及邻区构造古地磁和生物古地理[C].武汉:中国地质大学出版社,1990.109~124
- 郑亚东, Davis G A, 王棕,等.内蒙古大青山大型逆冲推覆构造[J].中国科学(D辑),1998,28(4):289~295
- 王建平,杨玉东.大青山及邻区冲断推覆构造形成机制的讨论[A].见:《构造地质论丛》编辑部.构造地质论丛(6)[C].北京:地质出版社,1986.1~16
- 朱绅玉.内蒙古色尔腾山-大青山地区推覆构造[J].内蒙古地质,1997,(1):41~47
- 内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993
- 任建业,李思田,焦贵浩.二连断陷盆地群伸展构造系统及其发展的深部背景[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,23(6):567~572
- 宋建国,窦立荣.中国东部中生代含油气盆地构造与油气系统[M].北京:石油工业出版社,1997
- 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
- 王骏,王东坡,乌沙科夫 CA,等.东亚沉积盆地的形成演化及其含油气远景[M].北京:地质出版社,1997
- Yin A, Nie S. A Phanerozoic palinspastic reconstruction of China and its neighboring regions[A]. In: Yin A, Harrison T M, eds. The tectonic evolution of Asia [C]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 442~486
- 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,1995.1~185
- 赵越,杨振宇,马醒华.东亚大地构造发展的重要转折[J].地质科学,1994,29(2):105~114
- 马杏垣,刘和甫,王维嘉,等.中国东部中生代裂陷作用和伸展构造[J].地质学报,1983,(10):22~32
- 王东坡,刘招君,刘立.松辽盆地演化与海平面升降[M].北京:地质出版社,1994
- 王东方.关于温都尔庙群内涵、时代问题的讨论及其板块会聚带在构造发展中的意义[J].地质论评,1985,31(5):461~468
- Zheng Y, Zhang Q, Wang Y, et al. Great thrusts in Beishan (North Mountains) - Gobi areas of China and southern Mongolia[J]. J. Str. Geo, 1996, 18(9): 111~126
- 辽宁省地质矿产局.辽宁省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989
- Kusznir N J, Marsden G, Egan S S. A flexural - cantilever simple - shear/pure - shear model of continental lithosphere extension: applications to the Jeanned' arc basin, Grand Banks and Viking Graben, North Sea [A]. In: Roberts A M, Yielding G, Freeman B. The geometry of normal faults [C]. Geological Society Special Publication, 1991, 56:41~60
- Mariyama S. Plume tectonics[J]. Jour Geol Japan, 1994, 100(1):24~49
- 吴福元,叶茂,张世红.中国满州里-绥芬河地学断面域的地球动力学模型[J].地球科学——中国地质大学学报,1995,20(5):535~539
- 郭占谦.火山活动与沉积盆地的形成和演化[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,23(1):59~64
- Otoh S, Yanai S. Mesozoic inverse wrench tectonics in far East Asia examples from Korea and Japan [A]. In: Yin A, Harrison T M, eds. The tectonic evolution of Asia [C]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 401~419

GEODYNAMIC BACKGROUND ON FORMATION OF ERLIAN BASIN

Xiao Ancheng Yang Shufeng Chen Hanlin

(Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang)

Abstract: The basin group in the east part of Nei Monggol are Middle Cenozoic fault-depressed basins developed on

(下转第145页)

DISTRIBUTION CHARACTERS OF RESERVOIR SPACE IN NANPU 35-2 OILFIELD

Wang Hui¹ Zhao Jianhui² Tong Lianxing³

(1. Research Center of China Offshore Oil Corporation, Beijing; 2. Petroleum University, Beijing; 3. Bohai Institute of CNOOC Research Center, Tianjin)

Abstract: Seismic inversion and geostatistic methods are two important methods for demonstrating reservoir space distribution. The seismic inversion method can properly describe the lateral distribution regularity of thick sand bodies; the geostatistic method can describe vertical changes of thin sand bodies. The combination of these two methods was used to study the reservoir space distribution of Nanpu 35-2 Oilfield, the results suggest that three kinds of contact relations could be found within fluvial facies sand bodies in the study area such as direct connection, superimposition and cut; the space distribution models include a thick sand body with continuous and extensive plane distribution and a thin sand body with banded vertical distribution. The first distribution model reflects the feature of river channel lateral shift and the superimposition and the second distribution model is the result of meandering stream cutoff.

Key Words: reservoir space; distribution; fluvial facies; seismic inversion; geostatistics; combination

(上接第140页)

Hercynian basement. The landform of the basins is the result of multiple superimposition of structures. The basin's structural evolution underwent five different evolution stages such as stretch-depressed stage in Early-Middle Jurassic and Early Cretaceous Periods, the reversion stage in late Late Jurassic and late Early Cretaceous and the complete uplift stage since Late Cretaceous. The formation of the Early-Middle Jurassic fault-depressed basin was related to the differential movement of the East Asian Plate; the reversion of the structures was the result of the close of Monggol-Okhotsk Ocean and the subduction of oceanic plate, the Early Cretaceous fault-depressed basin was derived from back-arc deep-seated action caused by the subduction of the Pacific tectonic tract; the late Early Cretaceous basin reversion might be resulted from sinistral strike-slip of East China.

Key Words: fault-depression; structural reversion; dynamics; Middle Cenozoic; Nei Monggol