

文章编号: 1004-5589 (2010) 04-0553-08

深大断裂对松辽断陷盆地群南部的控制作用

郝福江¹, 杜继宇², 王璞珺², 程日辉², 卢忠琼³

1. 吉林大学 应用技术学院, 长春 130022; 2. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061;
3. 华北油田二连分公司 地质研究所, 锡林浩特 内蒙古 026017

摘要: 通过野外地质调查及对各断陷典型地震剖面和构造发育史剖面的综合研究, 系统探讨了研究区深大断裂对断陷盆地群的控制作用。以西拉木伦河-长春-延吉板块拼接带、赤峰-开原超岩石圈断裂为边界, 将研究区自南向北分为辽西盆地区、辽北盆地区和吉西盆地区等3个一级构造分区; 根据控盆断裂及其断陷盆地群的时空分布、断陷构造样式、不同时期伸展量等特征将辽北盆地区分为西部、中西部、中东部等3个二级断陷区。西拉木伦河断裂控制了西部区断陷的形成和分布; 嫩江-八里罕断裂和孙吴-大庆-阜新断裂对中西部断陷区的控盆效应大体相近; 孙吴-大庆-阜新断裂与佳木斯-伊通断裂共同对中东部断陷区起着重要的控制作用; 昌图断陷主要受佳木斯-伊通断裂所控制。辽北盆地区主要表现为双断式地堑, 断陷群的形成和分布不仅受北北东向断裂控制, 也受到近东西向的西拉木伦河断裂和赤峰-开原断裂重新活动的控制。中西部断陷区伸展率具有从九佛堂组沉积期-沙海组沉积期-阜新组沉积期依次减小的变化规律。中东部断陷区与中西部断陷区存在明显差异, NNE向与近EW向深大断裂对两区构造分区控制程度不同。

关键词: 松辽断陷盆地群南部; 深大断裂; 构造分区; 断陷; 伸展率

中图分类号: P542.3 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1004-5589.2010.04.004

Control of deep-large fault to southern Songliao fault basin group

HAO Fu-jiang¹, DU Ji-yu², WANG Pu-jun², CHENG Ri-hui², LU Zhong-qiong³

1. College of Applications, Jilin University, Changchun 130022, China;
2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;
3. Geology Research Institute of Erlian Branch of Huabei Oilfield, Xilinhaote 026017, Inner Mongolia, China

Abstract: By the field geological survey and comprehensive study of typical seismic and structural history profiles, the authors systematically discussed on the control of deep-large fault to fault basin group. The target region is divided into three first-class tectonic regions from south to north, including western Liaoning basin, northern Liaoning basin and western Jilin basin by the Xilamulunhe-Changchun-Yanji suture belt and the translithospheric fracture in Chifeng-Kaiyuan. The northern Liaoning basin is divided into three second-class fault depression regions, including west, mid-west and mid-east regions based on the basin-control fault, the spatial and temporal distribution of the fault basin group, the structure type of fault depression and the stretching quantity in different periods. The formation and distribution of western fault depression was controlled by Xilamulunhe fault. The effect of controlling basin between Nenjiang-Balihan and Sunwu-Daqing-Fuxin faults to the fault depression in mid-west was relatively same. Both the Sunwu-Daqing-Fuxin and Jiamusi-Yitong faults performed a very important control-

收稿日期: 2010-10-08; 改回日期: 2010-11-14

基金项目: 科技部国家重点基础研究发展规划项目 (2009CB219305)

ling function to the mid-east fault depression region. Changtu fault depression was mainly controlled by Jiamusi-Yitong fault. The northern Liaoning basin region, as a graben, has the fault depression group not only controlled by the fault in NNE direction but also by the re-movement of Xilamulunhe fault and Chifeng-Kaiyuan fault in near EW direction. The stretch rate of fault depression region in the mid-west diminished gradually from the deposit period of Jiufutang Group to Shahaig Group and then to Fuxin Group. There was a great difference between the mid-east and mid-west fault depression regions, which was caused by the deep-large faults in NNE and near EW directions in different control degree.

Key words: southern Songliao fault basin group; deep-large fault; tectonic regionization; fault depression; stretch rate

松辽断陷盆地群南部系指早白垩世早期形成的松辽断陷盆地群的南部地区,其范围包括现今的松辽盆地南部及其以南的辽宁西部地区。主要分布有陆家堡、张三园子、八仙筒、茫汉、龙湾筒、钱家店、东胜、东大坝、张强、昌图、北票和阜新等四十余个大小不同的断陷(图1)。在断陷盆地群不同构造分区,断陷形态、展布方向、构造样式、基底组成及其性质、岩石圈厚度及其结构、断陷的构造演化史等具有显著的差异^[1-3]。制约不同构造分区差异的原因以及各个分区构造特征是否具有时空分布规律,是长期困扰着石油工作者对松辽断陷盆地群南部的构造格架和油气分布规律进行正确认识的关键课题。笔者较系统地探讨了深大断裂对断陷盆地群不同构造分区的控制作用,并对产生不同构造分区差异的原因以及各个分区构造特征和时空分布规律进行讨论。

1 松辽断陷盆地群南部及邻区深大断裂特征

松辽断陷盆地群南部深大断裂十分发育,既分布有近东西向的西拉木伦河—长春—延吉板块拼接带、赤峰—开原断裂和北东向的嫩江—八里罕断裂、佳木斯—伊通断裂等多条岩石圈断裂,又分布有孙吴—大庆—阜新断裂、突泉—四平断裂等数条规模较大的壳断裂(图1)。深大断裂活动不仅控制了区域构造格局,而且还严格控制了研究区中、新生代构造—沉积分区、盆地性质和盆地构造演化,其主要特征及其控盆作用见表1。

2 松辽断陷盆地群南部构造分区

研究区岩石圈断裂和壳断裂是分割不同构造—沉积分区的分界断裂。依据西拉木伦河—长春—延吉板块拼接带和赤峰—开原岩石圈断裂两侧的岩石

圈厚度及其结构、基底组成及其性质、盆地构造及其演化历史的差别,并结合前人的研究成果^[1,3],将研究区自南向北分为辽宁西部(简称辽西)盆地地区、辽宁北部(简称辽北)盆地地区和吉林西部(简称吉西)盆地地区3个一级构造分区(图1)。

辽西盆地地区岩石圈厚度大,平均厚度为65~90 km;辽北盆地地区岩石圈厚度一般为62 km;吉西盆地地区岩石圈厚度在50~60 km之间变化,由南向北岩石圈厚度变小^[2]。岩石圈厚度越小,拆离带的深度也越小,岩石圈的强度也随之降低。在大陆伸长盆地拗陷阶段,岩石圈挠曲幅度在很大程度上取决于岩石圈的强度。当岩石圈的强度降低时,在沉积负荷和热负荷作用下,岩石圈容易发生挠曲变形。大地电磁测深结果已经证实由南向北拆离带深度变浅^[1,3],因此,吉西和辽北盆地地区较之辽西盆地地区更容易发生挠曲变形而形成拗陷盆地。这解释了为什么在盆地演化的晚期辽西盆地地区缺乏拗陷阶段的沉积,辽北区形成幅度不大的拗陷,而吉西—松北区则形成了面积宽广、沉降幅度巨大的拗陷型盆地^[1]。

辽西盆地地区基底为华北板块型,基底主要由华北板块太古界和古元古界古老结晶岩组成。基底刚性强,结构稳定均一;辽北盆地地区基底属于活动大陆边缘型,基底由太古界和古元古界古老结晶岩和其上代表活动大陆边缘的古生界不同类型和不同变质程度的岩石所组成,结构不均一,地幔热流易于扩散,使其刚性程度减弱,塑性程度增加,在应力作用下易沿断裂或结构不均匀处发生拆离作用;吉西盆地地区基底属于松嫩地块型,主要是由浅变质—未变质的古生代地层和古生代—中生代的花岗岩所组成,没有大规模的前寒武纪结晶基底出露^[14]。

表1 松辽断陷盆地群南部及邻区深大断裂特征及其控盆作用
Table 1 Characteristics and basin-control process of deep-large fault in southern Shongliao fault basin group and adjacent area

断裂名称	国内长度	本区产状		主要演化史	研究区控盆作用
		走向	倾向		
西拉木伦河—延吉断裂	1440 km	近 EW	S	晚二叠世—三叠纪挤压逆冲, 231 ± 10 Ma, 165 ± 4.3 Ma 右旋挤压走滑 ^[1, 2, 4, 5] , 早白垩世早期右旋拉张	构成了辽北盆地区和吉西盆地区一级构造分区界限。断裂两侧的岩石圈厚度、基底组成及其性质、断陷期控盆断裂及断陷展布方向、早白垩世晚期—晚白垩世坳陷盆地的发育程度显著不同。
赤峰—开原断裂	560 km	近 EW	N	形成于早古生代, 晚二叠世—三叠纪挤压逆冲 ^[6, 7] , 早白垩世早期右旋拉张	是辽北盆地区和辽西盆地区一级构造分区界限。断裂两侧的岩石圈厚度、基底组成及其性质、断陷期控盆断裂及断陷展布方向、早白垩世晚期—晚白垩世坳陷盆地的发育程度显著不同。
嫩江—八里罕断裂	1100 km	NNE	WS	127 ~ 117 Ma 左旋走滑拉张、早白垩世晚期—晚白垩世拉张正断裂, 断裂以西隆升, 以东沉降 ^[5, 8, 9]	构成了松辽盆地西界以及西部与中西部断陷区界限。也是大兴安岭与松辽盆地的盆山界线。控制了中西部断陷的形成、构造样式及分布特征。
孙吴—大庆—阜新断裂	880 km	NNE	W	早白垩世早期走滑拉张, 登一、二段时期、泉三、四段—青山口组沉积时期拉张, 嫩末、明末挤压逆冲 ^[10] 。	是中西部与中东部断陷区界限。对中西部、中东部断陷的形成、构造样式及其分布特征均有明显控制作用。
佳木斯—伊通断裂	900 km	NNE	NW SE	早白垩世早期左旋走滑、嫩末挤压逆冲, 古新世右旋断陷, 渐新世末挤压反转 ^[11-13]	是松辽盆地东界断裂。控制了中东部断陷形成的构造样式及其分布特征以及伊通地堑、汤原地堑和方正地堑的形成。

基底刚性程度相对较低。不同基底的物质组成, 尤其是基底断裂直接控制了控盆断裂的分布和断陷盆地群的分布特征。辽西盆地区的断陷和构造线方向以近 EW-NE 向为主; 辽北盆地区断陷和断裂方向以 EW 向、SN 向和 NNE 向为主 (图 1); 而吉西盆地区以 NNE 向和 NW 向为主。

由于松南断陷盆地大部分位于辽北区, 其构造特征从西向东存在明显的差异。因此, 本文根据控盆断裂时空分布、断陷群的分布、盆地构造样式和不同时期盆地的伸展量等特征进一步将辽北区从东向西分为西部、中西部、中东部 3 个二级断陷区 (图 1)。

3 深大断裂对松南断陷盆地群的控制作用

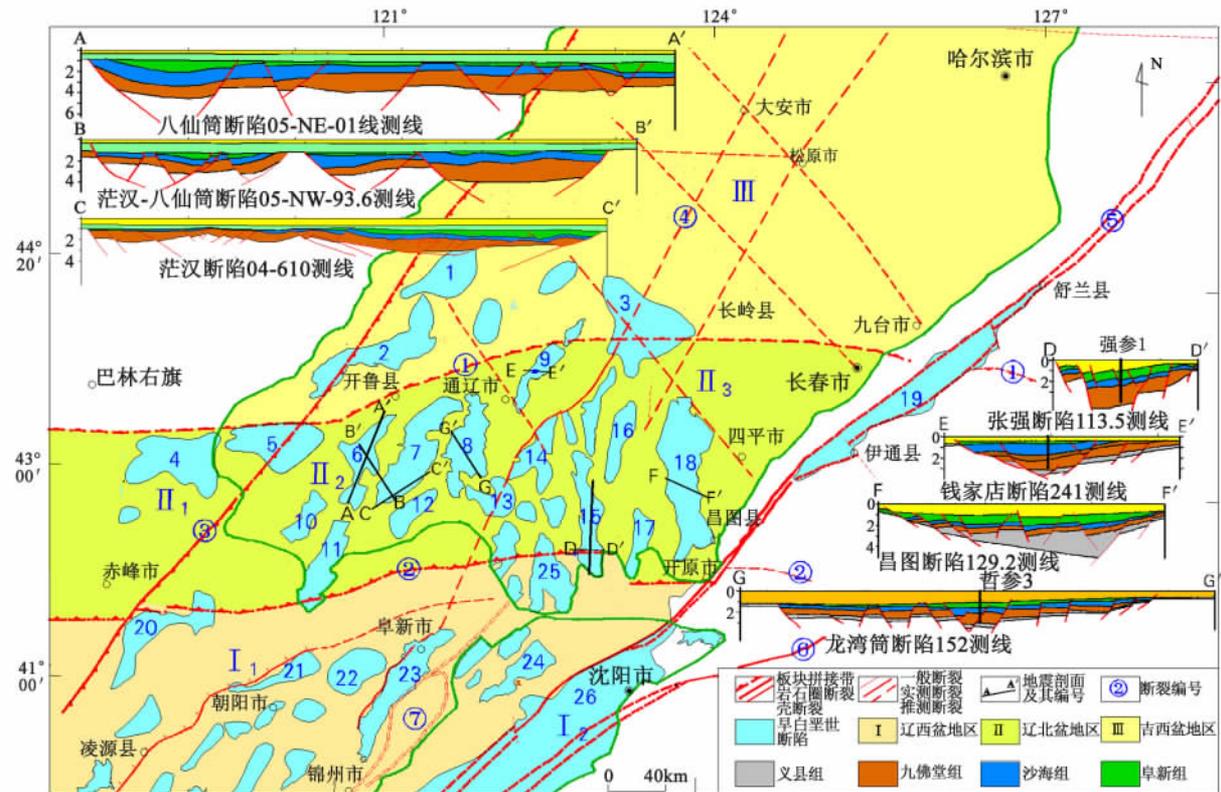
3.1 对辽西盆地区控制作用

辽西盆地区分布在赤峰—开原断裂以南地区。

受燕山陆内造山作用的影响, 中侏罗世—白垩纪形成的一系列 NE 向褶皱和断裂叠加在前侏罗纪 EW 向断裂之上, 并将辽西地区分割为由太古界—古生界组成的基底隆起和中新世盆地相间的构造格局。该区在中侏罗世晚期髫髻山组和土城子组沉积期, 发育一条从西向东由 EW 向→NE 向延展的燕山—阴山大型推覆构造带, 其南缘形成由一系列中侏罗世晚期盆地断续分布而组成的特大型狭长坳陷带^[15-17], 如金岭寺—羊山盆地、汤神庙盆地、北票盆地等, 它们叠加在三叠纪—早侏罗世近 EW 向盆地之上。下白垩统下部由义县组、九佛堂组、沙海组和阜新组所组成, 呈 NNE 向展布, 属于火山—沉积断陷盆地, 是早白垩世松辽断陷盆地群南部的组成部分。已证明, 燕山—辽西盆地区从中侏罗世晚期—白垩纪, 断裂具有从早至晚从 EW 向→NE 向→NNE 向偏转迁移特征^[18]。与吉西—松北

盆地区相比，下白垩统上部—上白垩统构造层不发育，即盆地拗陷阶段的沉积不发育。这是因为辽西

盆地区岩石圈厚度、强度和拆离带的深度都较大，岩石圈不容易发生挠曲变形所致。



一级构造分区：I 辽西盆地；II 辽北盆地；III 吉西盆地；二级构造分区：II₁ 辽北西部区；II₂ 辽北中西部区；II₃ 辽北东部区；断裂名称：①西拉木伦河板块拼接带；②赤峰—开原断裂；③嫩江—八里罕断裂；④孙吴—大庆—阜新断裂；⑤佳木斯—伊通断裂；⑥敦化—密山断裂；⑦医巫闾山变质核杂岩体；1. 白音花断陷；2. 陆家堡断陷；3. 保康断陷；4. 张三园子断陷；5. 新庙断陷；6. 八仙筒断陷；7. 茫汉断陷；8. 龙湾筒断陷；9. 钱家店断陷；10. 奈曼断陷；11. 东胜断陷；12. 东大坝断陷；13. 甘旗卡断陷；14. 宝格断陷；15. 张强断陷；16. 扎兰营子断陷；17. 三家子断陷；18. 昌图断陷；19. 伊通地堑；20. 平庄断陷；21. 北票断陷；22. 金岭寺—羊山断陷；23. 阜新断陷；24. 大红旗断陷；25. 后新秋断陷；26. 辽河盆地

图1 松辽断陷盆地群南部构造分区图^①

Fig. 1 Map of tectonic regionization of southern Shongliao fault basin group

3.2 对辽北区控制作用

辽北区构造特征在东西方向上存在明显差异，这种差异主要受 NNE 向嫩江—八里罕断裂、孙吴—大庆—阜新断裂和佳木斯—伊通断裂所控制。同时该区还受西拉木伦河断裂与赤峰—开原断裂共同影响（图1）。

西部断陷区 分布在嫩江断裂以西地区，包括张三园子断陷和新庙断陷；断陷紧邻西拉木伦河断裂，其长轴顺断裂呈东西向分布，与南北两侧北东向展布的断陷截然不同，暗示出断陷主要受西拉木伦河控制（图1）。目前因勘探程度很低，缺乏断

陷内部地震资料，其构造样式尚不清楚。

中西部断陷区 分布在嫩江—八里罕断裂和孙吴—大庆—阜新断裂之间，包括八仙筒、奈曼、东胜、茫汉、钱家店、龙湾筒和东大坝断陷等。断陷呈 NNE 方向展布，控盆断裂延展方向是以 NNE 和 EW 向为主。在垂直或斜切断陷长轴的横剖面上可见断陷两侧均发育控盆断裂，而且两侧断裂活动强度相近，构造样式均主要表现为对称或较为对称的双断式地堑（图1B；1E；1G），表明嫩江—八里罕断裂和孙吴—大庆—阜新断裂对中西部断陷区控盆效应大体相近。

①地震资料来自中石化松辽盆地南部区块石油地质评价。中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院，吉林大学，2006。

对八仙筒、茫汉、钱家店和龙湾筒 4 个断陷早白垩世不同时期不同方向的伸展量和伸展率进行了计算, 尽管不同盆地在同一时期伸展率不同, 但具有明显的变化规律: 义县组沉积期伸展率相对较小, 至九佛堂组伸展率猛然增大, 陡增到最大值, 如钱家店断陷 241 测线九佛堂组沉积期伸展率高达 28.70%, 茫汉—八仙筒断陷 SNNMQ 05 - NW - 93.6 测线伸展率也高达 16.4%, 说明此时断陷幅度最大, 是断陷盆地最主要的形成时期 (表 2); 沙海组沉积期伸展率比九佛堂组沉积期小, 在 8.78% ~ 4.69% 之间变化; 阜新组沉积期伸展率更小, 为 3.08% ~ 0.35%。九佛堂组沉积期—沙海组沉积期—阜新组沉积期伸展率依次减小。

将茫汉断陷相互垂直的两条地震测线

(SNNMQ 05 - NW - 93.6 测线和 KT04 - 610 测线) 早白垩世不同时期伸展率进行对比可以看出, 同一断陷九佛堂组沉积期—沙海组沉积期 NW 向伸展率大于 NE 向, 而阜新组沉积期伸展率相近 (表 2)。将本区不同断陷九佛堂组沉积期—沙海组沉积期的伸展率进行对比, 也不难看出近 EW 向测线和 NW 向测线的伸展率大于 NNE 向和 NE 向。沿断陷长轴的地震剖面上, 断陷两侧也发育控盆断裂, 构造样式均主要表现为对称或较为对称的双断式地堑 (图 1A; 1C)。这些都说明中西部断陷区不仅有近于垂直断陷长轴的 NW-SE 向伸展, 而且在平行断陷长轴的 NNE-SSW 向 (或 SN 向) 也有拉伸, 但前者的伸展率明显大于后者。

表 2 松辽断陷盆地群南部典型地震测线断陷期伸展率

Table 2 Stretching rate of typical seismic profile in fault period of southern Songliao fault basin group

层位	八仙筒断陷 SNDP - DCXC - 05 - NE - 01 测线			茫汉—八仙筒断陷 SNNMQ 05 - NW - 93.6 测线 (NW 向)			茫汉断陷 04 - 610 测线 (NE 向)		
	剖面长	伸展量/km	伸展率/%	剖面长	伸展量/km	伸展率/%	剖面长	伸展量/km	伸展率/%
九佛堂组沉积前	49.51			39.36			40.79		
九佛堂组沉积期	52.99	3.48	7.03	45.82	6.46	16.4	44.77	3.98	9.77
沙海组沉积期	56.24	3.25	6.14	49.44	3.62	7.90	46.8	72.10	
阜新组沉积期	57.92	1.73	3.08	50.94	1.05	2.12	48.20	1.33	2.83

层位	钱家店断陷 241 测线 (近 EW 向)			张强断陷 702 测线 (SN 向)			张强断陷 113.5 测线 (EW 向)		
	剖面长	伸展量/km	伸展率/%	剖面长	伸展量/km	伸展率/%	剖面长	伸展量/km	伸展率/%
九佛堂组沉积前	14.52			47.92			11.45		
九佛堂组沉积期	18.69	4.17	28.7	53.86	5.95	12.4	11.99	0.52	4.54
沙海组沉积期	20.40	1.71	8.78	54.82	0.96	1.78	12.23	0.23	1.95
阜新组沉积期	20.47	0.072	0.35	56.07	1.25	2.28	12.57	0.34	2.79

中东部断陷区 分布在孙吴—大庆—阜新断裂和佳木斯—伊通断裂之间, 包括甘旗卡、张强、后新秋、扎兰营、三家子、昌图等断陷。该区构造特征与中西部断陷区显著不同, 主要表现在: ①断陷长轴均呈近 SN 向分布, 从西向东, 断陷与隆起带相间分布 (图 1); ②控盆断裂延展方向是以 EW 向和 SN 向为主, NNE 向和 NW 向次之; ③张强断陷 SN 向 (702) 和 EW 向 (113.5) 测线都反映出九佛堂组沉积期伸展率最大, 沙海组沉积期和阜新组沉积期不同方向伸展率近似, 都相对较小 (表

2, 图 2), 不具有中西部断陷区那种伸展率依次减小的规律。

在垂直张强断陷长轴的 EW 向剖面上, 断陷两侧均发育控盆断裂, 控盆断裂活动强度相近, 构造样式主要表现为对称的双断式地堑 (图 1D); 表明佳木斯—伊通断裂和孙吴—大庆—阜新断裂共同对断陷的形成起着控制作用。在沿断陷长轴的地震剖面上, 构造样式也表现为较为对称的双断式地堑, 并且同一断陷 SN 向测线伸展率大于 EW 向 (表 2), 这些都说明中东部断陷区断陷形成时不仅

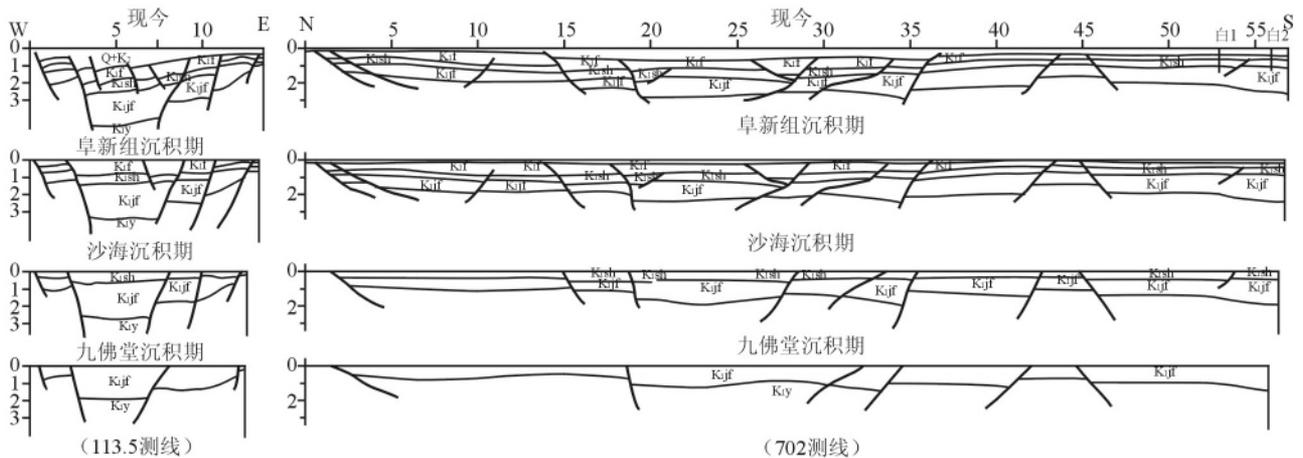


图2 张强断陷 113.5、702 测线剖面构造演化史

Fig. 2 Structure evolution of 113.5 and 702 measuring line profiles in Zhangqiang fault depression

有 EW 向伸展, 而且在 SN 向上也有拉伸, 并且 SN 向伸展率大于 EW 向伸展率。

在靠近佳木斯—伊通断裂的昌图断陷, 横剖面形态呈箕状断陷 (图 1F), 断陷东侧控盆边界断裂活动强度很大, 而西侧不强, 这主要是由于东侧控盆边界断裂靠近佳木斯—伊通走滑断裂, 受其控制所致。

综上所述, 辽北区断陷形成时不仅受 NNE 向深大断裂控制, NEE 向—近 EW 向的西拉木伦河断裂和赤峰—开原断裂对断陷群的形成和分布也起着重要的控制作用。地学断面、大地电磁测深和多条地震剖面显示, 西拉木伦河断裂带和赤峰—开原断裂带在海西末期—印支期—燕山早期经强烈的挤压推覆形成一系列北倾或南倾的逆冲走滑构造^[2]。它们在早白垩世由于岩石圈地幔拆沉作用而重新活动, 这为南北向伸展创造了有利条件。早白垩世九佛堂期和沙海期, 辽北区南部沿赤峰—开原断裂带次级基底断裂向北滑移伸展, 北部沿西拉木伦河断裂次级基底断裂向南滑移伸展, 形成现今偏对称的箕状断陷构造样式, 并造成断陷期 NNE—SSW (或 SN) 纵向上也具有较大的伸展率。

对中东部与中西部断陷区构造差异的原因, 本文认为是由于 EW 向和 NNE 向深大断裂对不同分区控制程度不同所致。中西部断陷区 NNE 向断裂控盆作用强于 EW 向断裂, 造成断陷呈 NNE 方向展布以及 NW 向伸展率大于 NNE 向; 中东部断陷区 EW 向断裂伸展作用强于 SN 向断裂, 造成断陷

呈 SN 方向展布、控盆断裂以 EW 向和 SN 向为主, SN 向伸展率大于 EW 向伸展率。

3.3 对吉西盆地区的控制作用

该区在构造特征以及断陷形成演化阶段与松辽盆地北部具有很大的相似性。深大断裂以 NNE 向和 NW 向为主。陆家堡断陷南北两端延展方向为 NNE 向, 中间呈近 EW 向, 总体呈现反“S”型 (图 1), 盆地内部优势断裂走向也呈反“S”型分布, 这是由于在成盆期受嫩江断裂走滑拉张和西拉木伦河断裂右旋走滑联合影响所致。保康断陷位于西拉木伦河、孙吴—大庆—阜新和突泉—四平三组不同方向断裂的交叉部位, 受多组断裂的共同控制, 断陷呈三角形分布 (图 1)。

4 结论

(1) 以西拉木伦河—长春—延吉拼接带、赤峰—开原超岩石圈断裂为界, 将研究区自南而北分辽西盆地区、辽北盆地区和吉西盆地区 3 个一级构造分区。根据控盆断裂及其断陷群的时空分布、盆地构造样式、不同时期断陷盆地伸展量等特征将辽北盆地区分为西部、中西部、中东部 3 个二级断陷区。

(2) 西拉木伦河断裂控制了西部区断陷的形成和分布; 嫩江—八里罕断裂和孙吴—大庆—阜新断裂对中西部断陷区控盆效应大体相近; 孙吴—大庆—阜新断裂与佳木斯—伊通断裂共同对中东部断陷区起着重要的控制作用; 昌图断陷主要受佳木斯

—伊通断裂所控制。

(3) 辽北盆地区在 NNE—SSW 向或 SN 向, NW—SE 向或 EW 向地震测线中总体上都有较大的伸展率, 盆地构造样式主要表现为对称或偏对称的双断式地堑, 说明断陷形成时不仅遭受到 NW—SE 向伸展, 而且在 SN 向也有拉伸, 反映了断陷群的形成和分布不仅受 NNE 向断裂控制, 而且也受到近 EW 向的西拉木伦河断裂和赤峰—开原断裂重新活动的控制。

(4) 辽北盆地区中西部断陷区伸展率具有从九佛堂组沉积期—沙海组沉积期—阜新组沉积期依次减小的变化规律。中东部断陷区在断陷延展方向、控盆断裂分布特征以及不同时期伸展率等特征上与中西部区存在明显差异, 这是由于 EW 向和 NNE 向深大断裂对不同构造分区控制程度不同所致。

参考文献:

- [1] 王东坡, 薛林福, 刘立, 等. 中国东北中生代盆地形成的地球动力学机制 [J]. 长春地质学院学报, 1997, 27 (增刊): 1-7.
WANG Dong-po, XUE Lin-fu, LIU Li, et al. Geodynamic mechanism of Mesozoic basin formation on Northeast China [J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 1997, 27 (Suppl.): 1-7.
- [2] 许敏, 薛林福, 王东坡. 辽西地区中生代火山-沉积盆地群特征及成因机制 [J]. 世界地质, 1997, 16 (2): 34-38.
XU Min, XUE Lin-fu, WANG Dong-po. The characteristics and mechanism of Mesozoic volcanic-sedimentary basin group of western Liaoning [J]. Global Geology, 1997, 16 (2): 34-38.
- [3] 王东坡, 许敏, 薛林福, 等. 沉积盆地地球动力学系统的研究—以辽西辽北松辽盆地南部为例 [J]. 石油天然气地质, 1999, 20 (4): 273-279.
WANG Dong-po, XU Min, XUE Lin-fu, et al. Studies on geodynamic systems of sedimentary basins: taking West Liaoning, North Liaoning and South Songliao Basin for example [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20 (4): 273-279.
- [4] 王玉净, 樊志勇. 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 Yu-jing, FAN Zhi-yong. Discovery of Permian radiolarians in ophiolite belt on northern side of Xar Moron river, Neimonggol and its geological significance [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1997, 36 (1): 58-69.
- [5] 刘伟, 杨进辉, 李潮峰. 内蒙赤峰地区若干主干断裂带的构造热年代学 [J]. 岩石学报, 2003, 19 (4): 717-728.
LIU Wei, YANG Jin-hui, LI Chao-feng. Thermochronology of three major faults in the Chifeng area, Inner Mongolia of China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19 (4): 717-728.
- [6] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1987, 679-684.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Liaoning Province. Regional geology of Liaoning Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 679-684.
- [7] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1988: 551-562.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Jilin Province. Regional geology of Jilin Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 551-562.
- [8] 孙晓猛, 张梅生, 刘财, 等. 嫩江断裂构造特征及其研究意义 [J]. 长春科技大学学报, 1999, 29 (增刊): 79-82.
SUN Xiao-meng, ZHANG Mei-sheng, LIU Cai, et al. The structure features and research significance of the Nenjiang faulted [J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 1999, 29 (Suppl.): 79-82.
- [9] 孙晶, 薛林福, 孟庆龙, 等. 松辽盆地西缘断陷盆地特征及油气远景—以大杨树盆地为例 [J]. 世界地质, 2009, 28 (3): 326-333.
SUN Jing, XUE Lin-fu, MENG Qing-long, et al. Characteristics and hydrocarbon potential of the fault basins in western Songliao Basin—a case study of Dayangshu Basin [J]. Global Geology, 2009, 28 (3): 326-333.
- [10] 迟元林, 云金表, 蒙启安, 等. 松辽盆地深部结构及成盆动力学与油气聚集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 8-32.
CHI Yuan-lin, YUN Jin-biao, MENG Qi-an, et al. Basin into the basin deep structure and dynamics and hydrocarbon accumulation [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 8-32.
- [11] 孙晓猛, 龙胜祥, 张梅生, 等. 佳木斯—伊通断裂带大型逆冲构造带的发现及形成时代讨论 [J]. 石油天然气地质, 2006, 27 (5): 637-643.
SUN Xiao-meng, LONG Sheng-xiang, ZHANG Mei-sheng, et al. Discovery and discussion of formation ages

- of large-scale thrust tectonic zone in Jiamusi-Yitong fault zone [J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27 (5): 637-643.
- [12] 朱光, 刘国生, 牛漫兰, 等. 郯庐断裂带的平移运动与成因 [J]. *地质通报*, 2003, 22 (3): 200-207.
ZHU Guang, LIU Guo-sheng, NIU Man-lan, et al. Transcurrent movement and genesis of the Tan-Lu fault zone [J]. *Geological Bulletin of China*, 2003, 22 (3): 200-207.
- [13] 孙晓猛, 王淑琴, 王英德, 等. 郯庐断裂北段构造特征及构造演化序列 [J]. *岩石学报*, 2010, 26 (1): 165-176.
SUN Xiao-meng, WANG Shu-qin, WANG Ying-de, et al. The structural feature and evolutionary series in the northern segment of Tancheng-Lujiang fault zone [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26 (1): 165-176.
- [14] 吴福元, 孙德有, 李惠民, 等. 松辽盆地基底岩石的锆石 U-Pb 年龄 [J]. *科学通报*, 2000, 45 (6): 565-660.
WU Fu-yan, SUN De-you, LI Hui-min, et al. U-Pb zircon dating of the basement rock of Songliao Basin [J]. *Science Bulletin*, 2000, 45 (6): 565-660.
- [15] 张长厚, 王根厚, 王国胜, 等. 辽西地区燕山板内造山带东段中生代逆冲推覆构造 [J]. *地质学报*, 2002, 76 (1): 64-76.
ZHANG Chang-hou, WANG Gen-hou, WANG Guo-sheng, et al. Thrust-nappe tectonics in the eastern segment of the intraplate Yanshan orogenic belt, western Liaoning Province, North China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2002, 76 (1): 64-76.
- [16] 马寅生, 崔盛芹, 曾庆利, 等. 燕山地区燕山期的挤压与伸展作用 [J]. *地质通报*, 2002, 21 (4/5): 218-223.
MA Yin-sheng, CUI Sheng-qin, ZENG Qing-li, et al. Yanshanian compression and extension in the Yanshan area [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21 (4/5): 218-223.
- [17] 和政军, 李锦轶, 牛宝贵, 等. 燕山—阴山地区晚侏罗世强烈推覆—隆升事件及沉积响应 [J]. *地质论评*, 1998, 44 (4): 407-417.
HE Zheng-jun, LI Jin-yi, NIU Bao-gui, et al. A Late Jurassic intense thrusting-uplifting event in the Yanshan-Yinshan area, northern China, and its sedimentary response [J]. *Geological Review*, 1998, 44 (4): 407-417.
- [18] 孙晓猛, 王璞珺, 郝福江, 等. 中国东部陆缘中区中—新生代区域断裂系统时空分布特征、迁移规律及成因类型 [J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2005, 35 (5): 554-563.
SUN Xiao-meng, WANG Pu-jun, HAO Fu-jiang, et al. Distribution feature, migration regularity and derivation type of Mesozoic-Cenozoic regional fault systems of central continental margin in eastern China [J]. *Journal of Jilin University: Earth Sciences Edition*, 2005, 35 (5): 554-563.