

松辽盆地大庆长垣以东地区深层断陷构造特征及成因分析

梁正中

(中国科学院边缘海地质重点实验室,中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640)

摘 要:大庆长垣以东地区断陷的发育规模较大,是松辽盆地北部深层天然气勘探的重点地区。西断东超的箕状断陷是长垣以东地区断陷的重要特征。晚侏罗世—早白垩世早期,各控陷断裂均经历了由多个区段独立发育、相互作用、最终连为一条断裂的动态发育过程。深层断陷的发育经历了火石岭组的初始断裂期、沙河子组的强烈断陷期和营城组的断陷萎缩期,其间遭受了多期重要的改造作用。伸展型构造是松辽盆地油气成烃、成藏的根本要素,也是油气较富集的重要因素。

关键词:大庆长垣;断陷;控陷断裂;改造作用;松辽盆地

晚侏罗世—早白垩世早期,东北亚地区广泛发育了中小型断陷盆地,松辽盆地北部深层断陷即是这一区域性断陷群的一部分。早白垩世中期,由于东北亚地区地质格局的变革,松辽地区发育了大型拗陷盆地,自此拉开了与周边地区差异性的地质发展历史。深层中小型断陷盆地在松辽地区也被埋藏于厚逾数千米的拗陷期地层之下。随着天然气勘探的突破,深层断陷研究已引起广泛关注^[1-3]。

1 大庆长垣以东地区断陷几何特征

1.1 构造单元划分

松辽地区整个盆地的断陷和断裂分布,呈现了东西分带、南北分块的面貌,包括西部、中部与东部断陷带。大庆长垣以东地区断陷的发育规模较大,是松辽盆地北部深层天然气勘探的重点地区^[4]。该区自西向东包括安达—肇州背斜带、徐家围子断陷、肇东—朝阳沟背斜带和莺山断陷带2个正向深层二级构造单元和2个负向深层二级构造单元,面积约为9500 km²。

晚侏罗世—早白垩世大庆长垣以东地区徐西断裂、徐中断裂、四站断裂、临江断裂、太平庄断裂、朝阳断裂的发育,控制了该地区断陷盆地的发育。虽然由于各条控陷断裂发展演化的程度不同,相应所控制的断陷规模也有大有小,但断陷都有独立的沉降中心,从构造区划的角度来讲都应是独立的区域性地质单元。以沙河子组地层的超覆展布范围作为这些断陷的边界,可在大庆长垣以东地区划分出4个相对独立的

中小型断陷盆地:徐家围子断陷、莺山断陷、双城断陷、任民镇断陷(图1)。

1.2 断陷盆地概述

徐家围子断陷受徐西断裂和徐中断裂控制,近北北西向展布。该断陷的沉降中心位于杏山地区。盆地内

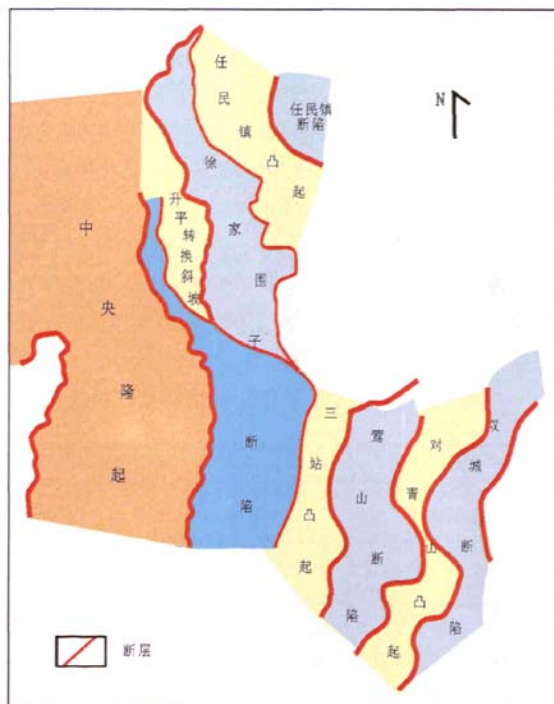


图1 大庆长垣以东地区构造单元示意图

Fig. 1 Sketch map of tectonic units on the east of Daqing area

收稿日期:2008-11-26; 修回日期:2009-01-10. 张哲编辑.

基金项目:大庆有限责任公司攻关项目(DQYT-12-1002-2007-11812)资助.

火山作用强烈,沉积厚度巨大,基底界面起伏明显。盆地可划分为总体面貌差异较大的3个二级构造单元,包括安达次拗、杏山次拗和薄荷台次拗。

莺山断陷是临江断裂与四站断裂共同作用的产物,走向近南北,沉降中心位于断陷南部。古地理景观南低北高,总体上呈双断结构,但断陷南部在沙河子组早期曾存在过东断西超的古地形。

双城断陷的西界为太平庄断裂,东界为朝阳断裂,总体走向北北东。该断陷是太平庄断裂与朝阳断裂共同作用的产物,沉降幅度小,沉降中心不明显。

任民镇断陷受宋东断裂控制而发育,控陷断裂倾角较缓。在控陷断裂沙河子期的伸展活动下,火石岭组地层强烈掀斜,地层倾角较大。在断陷东部,火石岭组和沙河子组的削截现象明显,呈大角度与上伏登娄库组地层接触。

1.3 构造样式特点

从断陷的几何学特征考虑,可将松辽盆地北部深层断陷划分为2种:单断型凹陷(箕状断陷)(图2)、双断型凹陷(地堑)(图3)。西断东超的箕状断陷是长垣以东地区断陷的重要特征^[5]。

徐家围子大型箕状断陷表现为断陷规模大,断陷期地层厚度大。断陷往往主要受一条边界断裂控制,断陷期的沉降中心沿控陷断裂展布,断陷期地层在控陷断裂根部最厚。由控陷断裂根部向远端不断变薄,断陷期地层在控陷断裂远端或者超覆尖灭,或者终止于另一条控陷断裂。控陷断裂的走向在平面上变化较大。

属于小型箕状断陷的有任民镇断陷。断陷的规模小,断陷期地层薄。该类断陷的控陷断裂联合程度低,延伸长度短,断裂走向在平面上变化小,断陷往往由单条断裂控制,箕状特征明显。

中型双断式地堑主要有莺山断陷和双城断陷。断

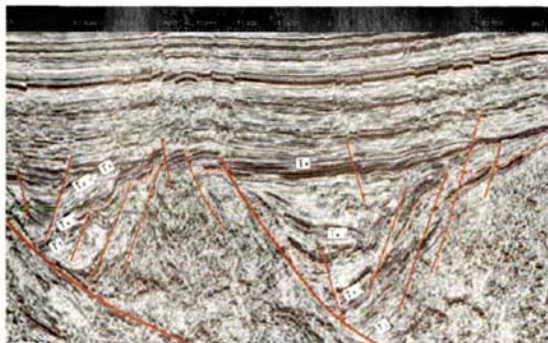


图2 徐家围子地区典型地震解释剖面

Fig. 2 Seismic profile of Xujiaweizi area

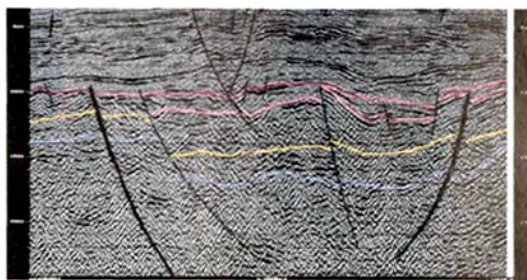


图3 莺山地区典型地震解释剖面

Fig. 3 Seismic profile of Yingshan area

陷规模中等,断陷期地层厚度并不大,断陷往往受对倾的具有相对对称性的边界断裂控制。两条控陷断裂对断陷期地层的沉积基本上起到了同等的控制作用,断陷期并没有明显的主沉降中心发育。控陷断裂的走向在平面上变化并不大。

1.4 变换构造特征

在盆地伸展构造中起着传递应变和协调构造样式的构造带即为变换带,变换带可在不同尺度和不同型式发生。连接基底主断层的一些横向、斜向断层是典型的变换带。断层间也可发育走向斜坡、凸起带等多种样式的变换带。升平转换斜坡是徐家围子断陷徐西断裂与徐中断裂在沙河子组沉积时期相互作用、相互影响形成的。其原形特征表现为斜坡古地形,强烈的掀斜作用使用使沙河子组在斜坡部位底超现象清楚,地层厚度西厚东薄的现象突出,构造位置见图1。

从断凹整体结构来看,莺山断凹和双城断凹均属于共轭平行相向型变换构造^[6]。其发生在2条相向断层相互平行的地方,位移是沿断层的迹线而不是沿断层的端部被变换的。一侧断层下降盘沉降幅度大,而与其相对应的另一侧断层下降盘的构造位置、基底沉降幅度则小。从次一级构造角度来看,研究区发育多类变换构造如共轭平行相向型变换带和同向趋近型变换带。同向趋近型变换带,断层相互趋近连锁,但不超接。在断层接近处断陷深度明显变浅,地层倾斜程度降低,一般在接近此处发育夹角较大的鼻状或断鼻构造,如朝阳断裂带内五家构造。

2 断陷演化特征

2.1 控陷断层演化

正断层作为伸展背景下的一种主要构造,其生长发育过程影响着伸展区的构造格架和沉积作用,特别是控陷正断层,对于了解断陷构造及断陷发育历史具

有重要的意义。位移-长度关系研究,是研究正断层孕育、发展和最终形成的一种有效方法。通过全面地研究一条断层沿走向位移的变化规律,对大庆长垣以东地区控陷断层进行了分析^[5]。

大庆长垣以东的控陷断裂均经历了由多个区段独立发育、相互作用、通过新的断裂连为一条断裂的动态发育过程。就目前的残留现状来看,各条断裂的演化程度参差不齐。在大庆长垣以东控陷断层演化程度由高到低依次为:徐西断裂—徐中断裂—四站断裂—临江断裂—太平庄断裂—朝阳断裂。演化程度最高的徐西断裂,具有似椭圆形的位移-长度曲线,断层的主要活动时间为沙河子期和营城期。平面上断裂走向的变化小,控制了大庆长垣以东地区幅度最大的断陷——徐家围子断陷西部的发育(图1)。

演化程度仅次于徐西断裂的徐中断裂,其特征表现为具有似钟状位移-长度曲线,但各区段转换斜坡的硬连接程度不及徐西断裂,断裂平面上断裂走向的变化略大于徐西断裂,控制了安达-杏山断陷的发育。与徐中断裂相比较,四站断裂和临江断裂各区段的演化程度较低,为锯齿状位移-长度曲线。四站断裂和临江断裂平面上断裂走向的变化大,共同控制的莺山断陷沉降幅度较小,这些特点也说明了这2条断裂虽然在沙河子期已完成了联合,但演化程度并不高。太平庄断裂同四站断裂、临江断裂相比较,其演化程度更低。位移-长度曲线呈锯齿状,并且断裂整体活动规模更小,平面上断裂走向的变化大,与东界朝阳断裂共同控制了双城断陷的发育。如前所述,该断陷沉降幅度很小,且沉降中心分散。

2.2 断陷演化阶段

松辽盆地北部的构造演化过程经历了3个演化阶段,即中小型断陷盆地发育阶段、大型拗陷盆地发育阶段和新近纪盆岭伸展盆地发育阶段。其中断陷盆地火石岭组、沙河子组、营城组3套地层的成因机制、分布规律都存在着明显差异^[7]。结合控陷正断层生长发育,可进一步将大庆长垣以东断陷盆地划分出初始裂陷期(火石岭期)、强烈断陷期(沙河子期)和断陷萎缩期(营城期)等3个阶段,分别代表断陷盆地的孕育、伸展裂陷和萎缩覆盖3个地质阶段(图4)。

2.2.1 初始裂陷期

该期是松辽盆地盖层火山岩大量发育时期,沉积环境主要为火山岩台地。虽有部分断裂活动,但火石岭组并不受控陷断裂控制,其厚度在古地形低凹处较

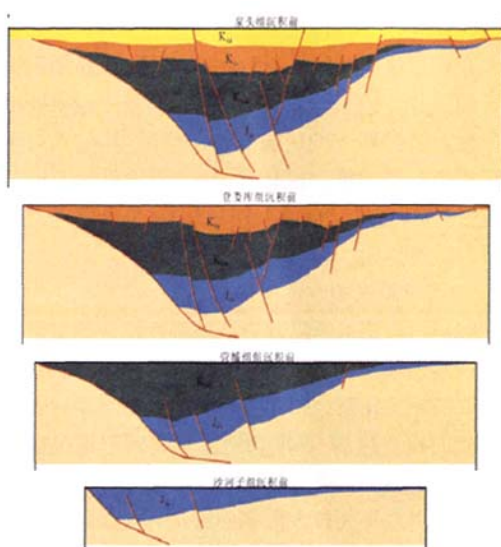


图4 徐家围子北部构造演化示意图

Fig. 4 Sketch of tectonic evolution in the north of Xujiaweizi area

厚,而在古地形较高处则沉积较薄。断裂活动并没有控制并形成断陷,只是伴随着基底断裂的活动,在研究区形成了以裂隙式喷发为主的火山岩沉积。其中以中基性火山岩为主,其沉积特征是以深水粗碎屑及火山岩相分布为主,岩性为火山岩,局部夹黑色泥岩、砂岩、中酸性凝灰角砾岩、凝灰熔岩等。

2.2.2 强烈断陷期

沙河子组沉积时期,盆地进入了强烈断陷发育时期。该期是以构造沉降为主的时期,沉积地层以大断层为边界,断陷不断扩展,并使地层掀斜,该期盆地以持续伸展沉降为特点,是湖相泥岩的主要发育时期。沙河子组以湖相碎屑为主,夹有少量火山岩。上段为砂泥岩,局部地区见有蓝灰、黄绿色酸性凝灰岩,靠断陷边缘砂砾岩增多;下段砂泥岩夹煤层,常为稳定的可开采煤层。

2.2.3 断陷萎缩期

断陷盆地萎缩时期即断拗转化时期,区域性沉积-沉降格局发生了变化。不仅沙河子组沉积区发生沉积作用,有些隆起地区也下降接受沉积,断陷间隆起区变窄。营城组地层并不严格受控陷断层控制,地层最厚处分布于断陷中心部位,但远离断层。营城组主要为以砂泥岩及火山岩沉积为主。火山岩的喷发可分为早晚2期:早期以酸性岩为主,岩石类型主要有流纹岩、英安岩和酸性火山碎屑岩;晚期以中、基性为主,局部有酸性火山岩存在,岩石类型主要有玄武岩、安山质玄武岩、安山岩和火山碎屑岩。

3 断陷期改造作用

在松辽盆地北部，断陷盆地期的挤压作用可识别出3期，即沙河子期末的局部挤压、营城一段末的局部挤压以及营城期末的区域性挤压作用。从前人对大庆长垣以东构造的解释成果看^[5,8]，不论是徐家围子地区，还是莺山地区，晚侏罗世—早白垩世断陷均遭受了重要的改造作用。

3.1 沙河子期末的改造格局

沙河子组期末断陷改造以局部性挤压褶皱凸起并伴生次级逆断层为其基本特征。沙河子组地层顶部普遍存在的剥蚀现象，表明沙河子组沉积结束后曾发生过强烈的构造运动。该期构造运动是断陷期大庆长垣以东地区遭受的最强烈的改造阶段。在这一背景下，沙河子组的剥蚀尖灭较大面积分布于背斜顶部(图5)。

徐家围子断陷的挤压构造形迹见于徐西断裂及徐中断裂的右阶右弯曲处即北西转向东北的拐弯处。如升平—兴城断弯褶皱发育于徐西断裂北端的右阶右弯曲处(图6)，徐中断裂中段的右阶右弯曲结构导致了宋站鼻状构造的派生。

莺山断陷主要表现在断裂的反转及新逆断层的产生，造成断裂上盘地层上隆遭受局部剥蚀，北部的挤压

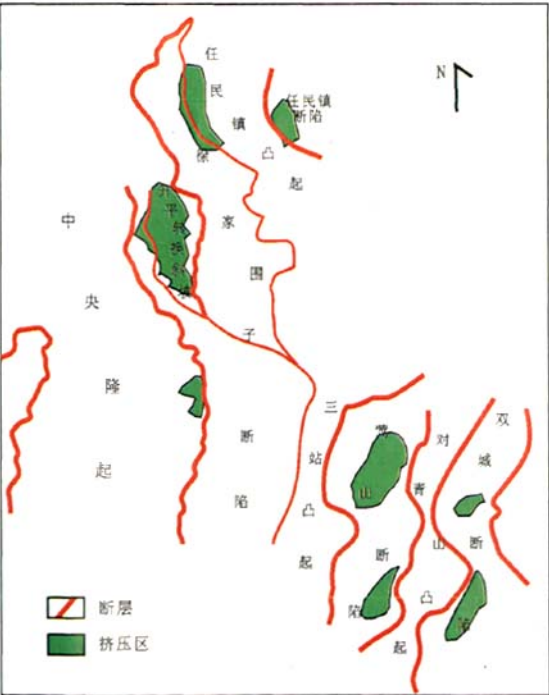


图5 大庆长垣以东断陷挤压改造分布区

Fig. 5 Distribution of the compressional reformed areas on the east of Daqing

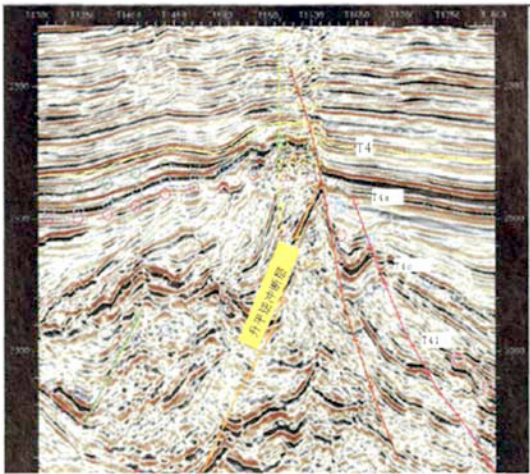


图6 徐家围子升平逆冲断层剖面

Fig. 6 Profile of the Shengping thrust in Xujiaweizi area

构造形迹主要发育于四站断裂的右阶右弯曲处，南部的挤压构造形迹主要发育于临江断裂的右阶右弯曲处。双城断陷的挤压构造形迹主要发育于太平庄断裂的右阶右弯曲处。

3.2 营一段沉积结束后的改造作用

大庆长垣以东地区大面积缺失营二—四段地层，说明营一段沉积后的构造改造作用不容忽视。徐家围子断陷营一段时古地形低平，营一段全区覆盖，但厚度总体较薄。营一段沉积结束后，发生了规模较大的挤压作用。该期构造运动在徐家围子地区东部形成一系列的逆断层，并造成了营一段的局部剥蚀。但该期构造运动并没有改变断陷的整体构造格局。该期挤压作用形成了徐中断裂以东的向斜构造，在向斜部位营二段及三段的充填厚度大，同时该向斜与榆西断裂控制的东部背斜组成斜歪向斜—背斜对(图7)。

莺山地区总体上营城组沉积时期，古地貌反差较小。在中部存在一北西西向隆起，隆起部位营城组地层较薄，甚至在五深1—庄深1井区、四深1井区缺失。

3.3 营城期末区域性的剥蚀夷平作用

在滨北的林甸—黑鱼泡地区，营城组地层明显变薄。而且地震剖面揭示，营城组地层的顶面的不整合现象明显，主要表现为营城组的顶削和上覆登娄库组地层的超覆。在滨北的其他地区，营城组地层基本全区缺失。虽然徐家围子地区地层呈整合接触，营城期顶面的剥蚀现象在地震剖面上不易识别，但镜质体反射率提供了这种剥蚀存在的证据^[9]。

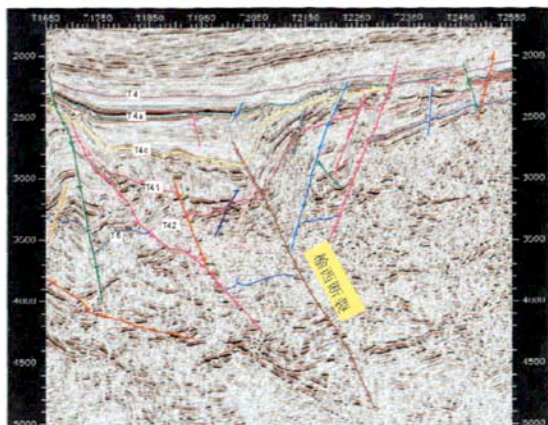


图7 徐家围子榆西断裂剖面图

Fig. 7 Profile of the Yuxi fault in Xujiaweizi area

4 伸展构造成因分析

松辽中生代盆地的发育演化是太平洋构造域板块间的相互作用和深部热力作用发育演化的结果^[7]。晚侏罗世以来,太平洋板块向中国大陆板块发生强烈俯冲碰撞,引起东部地区地壳伸展减薄,地幔隆起,岩浆喷发,地壳上部裂陷成盆并形成一系列北东向展布的隆起与拗陷格局,同生断层较为活跃。晚侏罗世—早白垩世是该区断陷盆地发育和岩浆喷发的极盛时期。在区域伸展作用过程中,在伊泽奈岐板块北北西向运动的作用下,研究区内产生了近南北向挤压、近东西向拉张的区域构造应力场(图8)。随着主干边界断裂伸展拆离,盆地基底快速大幅度沉降,同时断裂上盘块体发生翘倾掀斜。

随着区域伸展作用的减弱,原先隆升的地幔差异回落,凹陷基底也开始慢速差异沉降,这种沉降迅速加剧了盆地区与造山区重力不均衡,但不均衡是短暂的。在重力均衡调整的过程中,造山区的不均衡重力逐渐转换为侧向收缩挤压力,在逐渐转换的过程中重力达到均衡。同时由于区域应力场的改变,在收缩挤压应力场作用下,凹陷开始收缩反转,早期构造选择

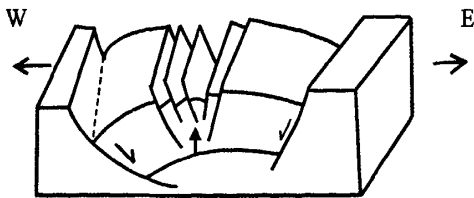


图8 在伸展作用下地堑或半地堑及变换带发育模式

Fig. 8 Developing model of graben/half graben and transforming belt in extension

性反转活动,产生了反转构造,并叠加在早期伸展构造上,产生复合叠加构造。从形成时期上分析,本阶段挤压改造作用形成于北方鄂霍茨克海于早白垩世末关闭产生的挤压碰撞。

5 构造控制天然气成藏的讨论

伸展型构造是松辽盆地油气成烃、成藏的根本要素,也是油气较富集的重要因素^[11]。构造发育演化的周期旋回性直接控制着油气系统的多期叠加。大庆长垣以东地区的主干控陷断裂的活动控制着烃源岩的分布、生油凹陷的形成和发育^[12-14]。构造可通过控制沉积、热史来控制油气的生成和聚集,同时断裂还可作为油气运移的通道。沙河子期徐家围子断陷原型盆地的沉降沉积中心,偏靠断陷主控陷断层,沙河子组沉积厚度最大达3800 m,沙河子组暗色泥岩和煤系地层厚度达500~700 m以上,是最好的烃源区。沿基底主干断层集中分布的火石岭组、营城组火山岩,是深层最好的储层。同时该区的断裂活动既改善了储层物性,也有利于天然气从沙河子组烃源岩向储层运移和深部无机成因天然气就近富集,在基底断层和变换带控制的构造或岩性圈闭内成藏。因此,进一步研究断陷构造和断裂活动对于确定有利的替代天然气勘探目标意义重大。

参考文献:

- [1]陈均亮. 松辽盆地北部断陷盆地构造特征与幕式演化[J]. 石油学报, 1999, 20(4): 14—18.
- [2]宋建国, 窦立荣, 李建忠. 中国东北区晚中生代盆地构造与含油气系统[J]. 石油学报, 1996, 17(4): 1—7.
- [3]胡望水, 王家林. 松辽裂陷盆地伸展构造演化与油气[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(3): 30—33.
- [4]黄翠叶, 申维. 松辽盆地东南隆起区深层断陷的构造特征及其对油气勘探的意义[J]. 地质通报, 2007, 26(7): 841—848.
- [5]侯启军. 松辽盆地北部深层断陷地质结构及演化研究[D]. 中国科学院广州地球化学研究所, 2006.
- [6]胡望水, 王肇培. 松辽盆地北部变换构造及其石油地质意义[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(2): 164—172.
- [7]殷进根, 刘和甫, 迟海江. 松辽盆地徐家围子断陷构造演化[J]. 石油学报, 2002, 23(2): 26—29.
- [8]任延广. 松辽盆地徐家围子断陷地质特征与天然气聚集规律[D]. 吉林大学, 2004.
- [9]张吉. 松辽盆地的地层变形及反转剥蚀厚度的求取[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(2): 9—10.
- [10]张晓东, 余青, 陈发景, 等. 松辽盆地变质核杂岩和伸展断陷的构造特征及成因[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 411—419.
- [11]刘喜武, 党毅敏. 松辽盆地北部大庆长垣以东地区深层沉积特征

- [J]. 大庆石油地质与开发, 1998(5): 16—18.
- [12] 赵国连, 何顺利. 松辽盆地徐家围子裂陷式盆地的层序发育特点 [J]. 西北地质, 2002, 35(1): 28—40.
- [13] 任延广, 朱德丰. 松辽盆地北部深层地质特征与天然气勘探方向 [J]. 中国石油勘探, 2004, 9(4): 12—18.
- [14] 付广, 薛永超, 付晓飞. 大庆长垣以东地区深层天然气成藏的控制因素及成藏模式[J]. 沉积学报, 2001, 19(4): 617—621.

THE DEEP FAULT DEPRESSIONS AND THEIR GENESIS ON THE EAST OF DAQING PLACANTICLINE IN SONGLIAO BASIN

LIANG Zheng-zhong

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The extensional fault-depressions occurring broadly on the east of Daqing placanticline are the advantageous areas for natural gas exploration in the deep-layer of northern Songliao Basin. The fault-depressions are characterized by half-graben basins. From Late Jurassic to Early Cretaceous, the depression-controlling faults experienced the developing processes from independence, interaction to the unification. The deep fault-depressions in northern Songliao Basin went through three developing stages, i.e. the initial faulting stage in Huoshiling Period, the strong downfaulting stage in Shahezi Period, and the fault-depression depauperization stage in Yingcheng Period. The fault-depressions also underwent several compressive tectonic activities. The extensional structures provide excellent traps for oil and gas accumulations in the Songliao Basin.

Key words: Daqing placanticline; fault-depression; depression-controlling fault; reformation; Songliao Basin

作者简介: 梁正中(1978—), 男, 博士生, 2003年毕业于石油大学(北京), 研究方向 盆地分析、储层描述, 通信地址 广东广州五山中科院广州地球化学研究所边缘海实验室, 邮政编码 510640.

(上接第 114 页 /continued from Page 114)

GEOCHEMISTRY AND PROSPECTING IMPLICATION OF THE MAFIC-ULTRAMAFIC ROCKS IN CHAJIAN ORE DISTRICT, JILIN PROVINCE

ZHOU Shu-liang, WAN Wen-zhou, SUN Xue-feng, ZHANG Jian, DU Yan-qiu

(No. 607 Geologic Party, Jilin Nonferrous Metallic Geological Survey, Jilin 132105, Jilin Province, China)

Abstract: The Hongqiling nickel orefield is one of the main concentrated metallogenic regions of magmatic copper-nickel sulfide deposits in China. The Chajian ore district is a significant component of the Hongqiling orefield. There occur more than 20 mafic-ultramafic rock bodies in the ore district, in which a few small copper-nickel deposits and mineralized bodies have been found. The characteristics of lithology, alteration and mineralization, macroelements, microelements and rare earth elements are analyzed. By comparisons of the characteristics between Hongqiling and Chajian ore districts, it is concluded that the mafic-ultramafic rocks are affinity, with common deposits of liquation-injection type. The hydrothermal fluid superimposition is the unique ore-forming character in the Chajian ore district. The prospect implications are decided with the analysis and comparison.

Key words: prospect implication; geochemistry of rock; Chajian ore district; Jilin Province

作者简介: 周树亮(1963—), 男, 辽宁开原人, 高级工程师, 副总工程师, 1982年毕业于长春冶金地质学校, 主要从事镍矿找矿工作, 通信地址 吉林省吉林市吉丰东路 226 号 吉林省有色金属地质勘查局 607 队, 邮政编码 132105, E-mail//aliang1963@126.com