塔木查格盆地南贝尔凹陷构造特征

郝慧[1],漆家福[1],周建勋[1],万百龙[2]

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院,北京 102249
2. 中国石油天然气股份有限公司大庆油田分公司采油二厂,黑龙江大庆 163414

摘要 海拉尔—塔木查格盆地为一中、新生代裂陷盆地,受后期构造作用强烈影响,盆地结构及演化过程十分复杂,基础地质研究进展较慢,严重阻碍了油气勘探进程。本文以南贝尔凹陷的三维地震资料为基础,在系统解释三维地震资料基础上,对工区进行构造解析,查明凹陷结构特征,总结构造演化规律,分析构造形成机制,将南贝尔凹陷构造样式划分为铺展、收缩和走滑3类,进而识别出中生代以来构造演化分为初始裂陷期、强烈断陷期、挤压反转期、张扭沉降期、扭压反转期5个阶段,研究结果对加强南贝尔凹陷乃至整个海拉尔—塔木查格盆地的地质认识、加快南贝尔凹陷的油气勘探进程有重要意义。

关键词 南贝尔;构造解析;结构特征;形成机制

中图分类号 P548 **文献标识码** A **doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.09.004

Structural Feature of South Beir Sag

HAO Hui[1], QI Jiafu[1], ZHOU Jianxun[1], WAN Bailong[2]

1. *School of Resources and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China*
2. *No. 2 Oil Production Plant, Daqing Oilfield Company, China National Petroleum Corporation, Daqing 163414, Heilongjiang Province, China*

Abstract Because Hailar-Tamtsag Basin is a Mesozoic-Cenozoic rift basin, and developed on the basis of Tianshan-Xing´an Variscan orogenic system. And Hailar-Tamtsag Basin was strongly influenced by the late tectonism, the architecture of the basin and its evolution is very complicated, the advances in fundamental geological researches are slow, and seriously impede the progress of oil and gas exploration. Based on the 3D seismic data of Nanbeier Sag, a structural analysis for the working block is conducted, the architecture characteristic of the sag is found out, the regularity of the tectonic evolution is summarized, and the tectonic formation mechanism is analyzed on the basis of the system interpretation of 3D seismic data. And the structural styles of Nanbeier depression can be divided into five groups, that is, weakly rifting stage, intensely rifting stage, reversely compressing stage, transtensional depression stage, and transpressional depression stage. It has an important significance for the geologic understanding of Nanbeier sag and even the whole Hailar-Tamtsag Basin, and accelerates the oil and gas exploration process of Nanbeier sag.

Keywords South Beir; structural analysis; architecture characteristic; formation mechanism

0 引言

海拉尔—塔木查格盆地是在天山—兴安华力西造山系基础上发育的一个中、新生代裂陷盆地[1],裂陷作用是指既裂又陷造成沟、槽的作用,是与造山作用相对应的构造作用[2],据裂与陷的时空关系可形成两类不同结构的张性盆地,即断陷盆地与下断上坳的叠合盆地。前者地裂与基底沉降同步,形成不对称的半地堑或对称的地堑。后者是前者的进一步发展,地裂之后断陷区因岩石圈热冷却继续沉降形成下断上坳的叠合型盆地。伸展构造最基本的要素是正断裂,基本结构单元是半地堑或者地堑和半地垒或地垒[3-4]。因此断裂产状及滑脱面深度与地堑结构的时空分布特征是分析伸展构造区变形机制的主要构造之一。中国东北部的油气与煤炭主要赋存于晚中生代所形成的断陷和坳陷盆地中。油气主要生成并聚集在坳陷期所形成的白垩系内[5-7],塔木查格盆地就是一个

收稿日期:2010-10-18;修回日期:2011-02-23

作者简介:郝慧,博士研究生,研究方向为构造地质学,电子信箱:haohui_hh@163.com;漆家福(通信作者),教授,研究方向为构造地质学,电子信箱:Qijiafu@cup.edu.cn

中生代陆相断陷盆地,前人对该盆地区研究较少,资料贫乏,本文对该地区进行初步探索。

1　南贝尔凹陷结构特征

南贝尔凹陷位于塔木察格东部,与中国的海拉尔盆地接壤,面积超过 3000km², 为北东向长条状凹陷,其中发育 6 个三级构造单元,即西部南、北两个洼槽,中央次凸起,东部南、北洼槽和南部潜山披覆带(图 1)。西洼槽南次洼以不对称双断为主,向北逐渐转变为东断西超,断层均为北东向,南部潜山披覆背斜带断层走向与西次洼一致,也为北东走向,东次洼比较复杂,主要是西断东超的半地堑与张扭、压扭叠加结构,受北东向断层控制,包括控陷断层在内有若干条北东向断层晚期呈现左旋走滑性质,并且在晚期形成了相当数量的近南北向甚至是北北西向断层,这与西部有很大差异,中央次凸起约 300km²,北部凸起较高,凸起上只有伊敏组二段及更新地层沉积,南部凸起较低处有伊敏组一段地层,甚至有些地方有大磨拐河组、南屯组地层,地层厚度明显较两侧凹陷中减薄,说明凸起在大磨拐河组、南屯组沉积期甚至之前就开始隆升,但当时还处在水下隆升阶段,因此接受沉积,后来隆升到水面以上遭受剥蚀,形成现今形态。

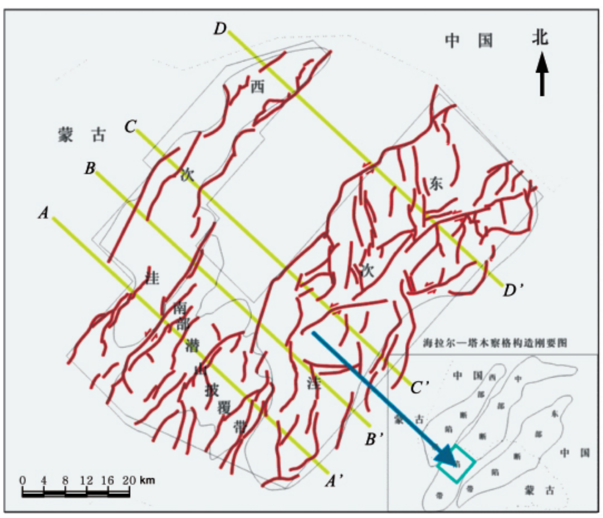


图 1　南贝尔凹陷构造示意

Fig. 1　Tectonic units of South Beir Sag

2　构造样式特征

由于该区受到以上几个期次复杂构造的影响,导致构造样式多样化,两种甚至更多中构造样式叠合在一起,难以辨认, 通过对该区块进行精细构造解析并研究构造发育史,揭示出以下类型的构造样式。

2.1　伸展构造样式

南贝尔凹陷以张应力为主,伴随多次短而剧烈的挤压应力作用,因此该区仍以伸展构造样式最为普遍,伸展构造又因各个期次的活动性质而不同。从构造发育史可以看到(图 2),铜钵庙组—南屯组沉积期,在剧烈的拉张应力影响下,盆地形成了多个断块,即盆地西部形成对称或不对称地堑;盆地东部形成半地堑。随着盆地的继续发育,一些断层停止活动,另外一些形成控制整个盆地沉积的控陷断层, 并渐变为铲式正断层,上盘均有不同程度的旋转,大磨拐河组—伊敏组沉积期拉张应力明显减弱,形成一系列 V 形断裂带,断裂较为密集。这些 V 形断裂其实是 X 形断裂的一种表现形式,也就是说每一条这样的断裂都能够找到一条与其共轭的正断层与之对应,只是有些断裂不明显,这些断层多在褶皱的轴部,是由于晚期的挤压应力消失,松弛产生的垮塌构造。

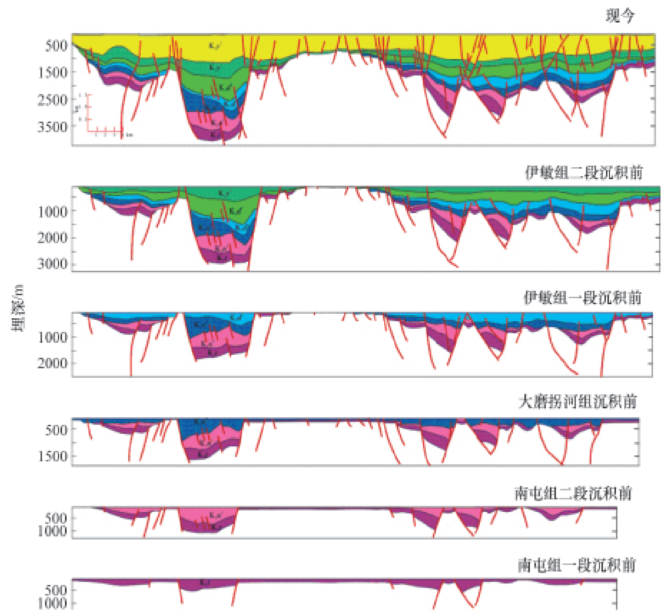


图 2　南贝尔凹陷典型剖面构造发育史

Fig. 2　Typical tectonic development history for the section map of South Beir Sag

2.2　收缩构造样式

多期挤压应力对盆地的影响明显, 主要表现为反转构造、褶皱变形和不整合面的存在,南屯组沉积期末,大磨拐河组沉积前的一次挤压应力使南屯组顶面局部遭受剥蚀,并形成局部断距不大的逆冲断层,由于古地貌的影响,这一期的挤压应力并没有使全区遭受剥蚀,在高部位地层形成不整合接触,低部位为整合接触;伊敏组末期,受到较强的近南北向的挤压应力影响,在南东向控陷断层的控制下,形成了左旋走滑构造样式,在剖面上有明显的花状构造,同时形成了南东雁列式褶皱,全区遭受剥蚀,局部地区剥蚀量近 700m,这一期挤压构造除控陷断层发生反转之外,在大磨拐河组以下构造变形不明显,说明为薄皮挤压构造。

2.3　走滑构造样式

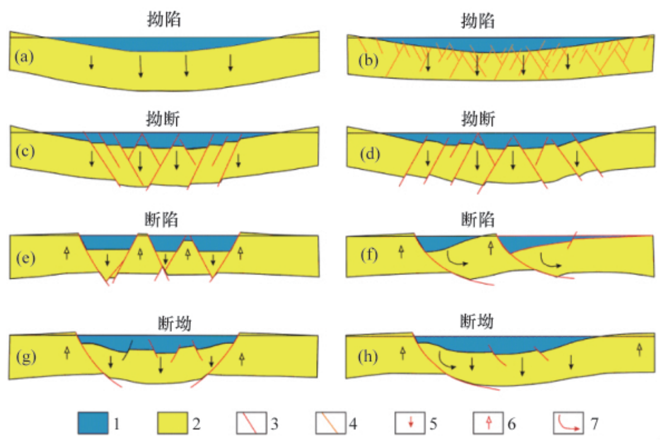
值得一提的是该区走滑断层的表现形式特别,有明显的花状构造,但不能确定为正花状构造或者负花状构造,因为在走滑断裂带上有正断层,也有逆断层,这也是由多期构造叠合所致,走滑构造是由于盆地受到近南北向挤压应力影响

而形成的,所以应该是正花状构造,断裂带上应该是逆断层[8],但由于晚期的引张松弛,使一些逆断层上盘垮塌下掉形成了现今正、逆断层混合型构造样式。

3　南贝尔凹陷构造演化特征

该凹陷经过多期拉张和挤压作用，伴随扭动应力作用，构造十分复杂,因此需要对该区进行构造期次的划分,东次洼北洼槽大体由北东向控陷断层控制,自北向南依次出现北部西断东超,中部断裂带,南部不对称双断的构造格局,该区基底为侏罗系地层。侏罗纪晚期,盆地受到挤压应力的影响,使大部分区域出露地表遭受剥蚀,因此早白垩纪地层与基底成高角度不整合接触。白垩纪早期,铜钵庙组沉积期,盆地受北西—南东向拉张应力影响,出现大量北东向断层,分布较广,断距大都较小,延伸一般不长,极少数断距较大,并充当盆地早期控陷断层，有学者称该时期为初始拉张–断陷孕育阶段[9],盆地中发育有少量对盆地沉降–沉积有控制作用的基底断层,这个时期盆地是在拗陷的基础上发生断裂,总体上为碟状宽缓向斜构造,盆地边界不受断层限制,由热沉降引起的拗陷作用仍然是控制整个盆地沉降–沉积作用的主控因素，但是盆地内部也发育有若干对盆地局部沉降–沉积作用有一定影响的基底断层,因此这个时期也为“拗断”阶段[10](图3(c)),为初始裂陷期。铜钵庙组沉积末期,盆地不同地区出现不同程度的抬升,使部分地区受到剥蚀,形成局部低角度不整合,同时也有一些逆断层出现,也就是该区的第一期反转构造,剥蚀量较小,部分地区明显。

南屯组沉积时期，北西—南东向拉张应力明显增强,在铜钵庙组小断层基础上形成了大量的北东向正断层,沉积充



1—盆地沉积盖层;2—盆地基底;3—主干正断层;4—透入性小位移正断层;5—盆地基底沉降;6—盆地基底均衡上升;7—盆地基底断块旋转

图3　伸展盆地结构模型

Fig. 3　Structural models of an extensional basin

填物充足，地堑—地垒广泛出现，称其为强烈断陷期（图3(e))。南屯组分为两段,南一段沉积期,东次洼内断块掀斜程度较强,表现出明显的不对称半地堑构造,东侧断层活动强烈,西次洼断层活动也很强烈,断块呈对称式地堑构造沉降,沉降幅度大,沉积厚度大;南二段沉积期,东西两个次洼内断块均出现不对称掀斜,一些断层活动开始减弱,南屯组末期经历了一次强烈而短暂的北西—南东向挤压隆升反转作用,在构造低部位隆升速率小于沉积速率,与上覆地层接触关系为整合接触,在构造高部位隆升速率大于沉积速率,遭受剥蚀,形成挤压反转阶段(图4)。

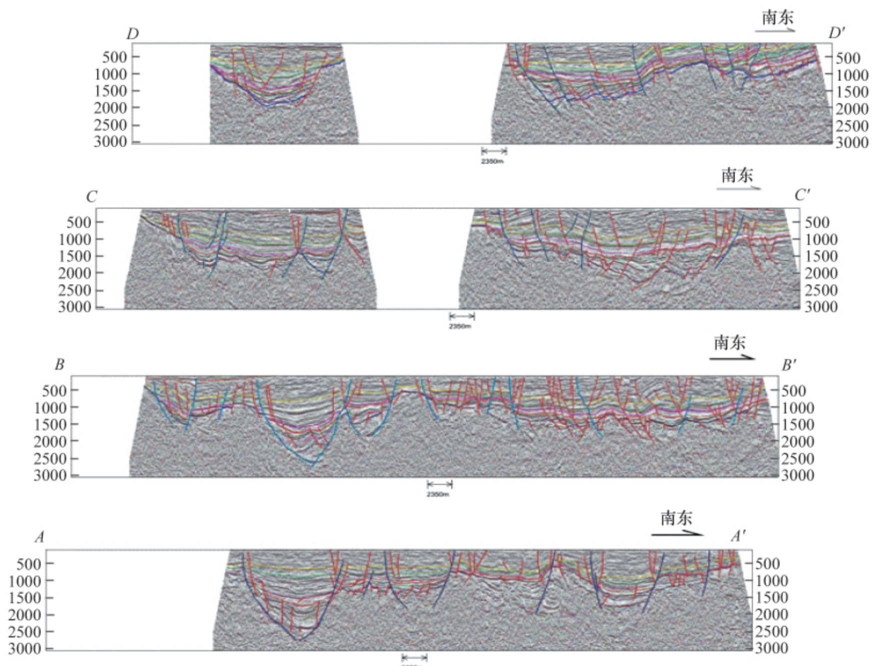


图4　南贝尔凹陷联合剖面

Fig. 4　Typical section map of South Beir Sag

大磨拐河组沉积时期,拉张应力减弱,并且方向发生转变,由北西西—南东东方向应力转变为近东西向拉张应力,因此出现了大量的近北南向断层,断层活动明显减弱,包括大部分的控陷断层,生长系数变小,甚至有很多断层停止活动,只有少数大型控陷断层仍在活动,这个时期的沉降-沉积作用仍为由控陷断层所控制,但是沉降-沉积中心在一定程度上不受基底断层控制,这个时期被称为断拗期(图3(h)),也被称为断-坳转换期[10]。由于南屯组末期的隆升,受古地形的影响,大磨拐河组一段沉积厚度有明显差异,构造高部位沉积厚度相对较小,构造低部位沉积厚度较深,大磨拐河组二段地层分布范围和厚度明显增大。

伊敏组沉积期与大磨拐河组二段沉积期相似,断陷活动萎缩,整体进入拗陷阶段,地层厚度基本不受断层影响,而受到热沉降作用的控制。伊敏组末期的一次强烈的挤压反转是这一时期的标志性构造,挤压应力来自北北西—南南东方向。早在铜钵庙组沉积时期形成的、大磨拐河组沉积期已经不活动了的大型控陷断层,由于受到强烈挤压应力的影响,并且存在一定的角度,又重新开始活动起来,沿着这些早期控陷断层,形成了左旋走滑断层,尤其是东西两条控盆的东西向断层走滑位移最大。由于全区受到压扭作用影响,所以所有断层发生反转,反转率有所不同,早期形成的滚动背斜高点在反转的作用下大幅度抬升,并且曲率较大,剥蚀现象明显,局部地区剥蚀厚度达到600—700m,在褶皱的顶部晚期垮塌形成了一些密集的、断距极小的正断层系,这个时期被称为扭压反转期。

在该凹陷西次洼和南部潜山披覆带变形过程有些不同,盆地形成初期,同东次洼北洼槽一样受到北西—南东向的拉张作用影响,形成北东向正断层系,而后期拉张应力方向并没有像北洼槽一样改变应力方向,而是一直处在北西—南东的应力状态下,这是因为坚硬的中央隆起带对区域应力产生影响,使得局部应力与区域应力不符形成的,因此,并没有形成近南北向正断层系。

由此可将该地区划分为以下4个构造层,即:① 铜钵庙组—南屯组为拉张应力逐渐加强,形成一系列北东向次级洼陷;② 南屯组末期为北西—南东向挤压隆升期,形成构造高-低部位不同的不整合-整合接触;③ 大磨拐河组—伊敏组为断陷转化为坳陷,凹陷局部应力方向发生变化,形成东次洼北洼槽与其他地区断层走向的差异;④ 伊敏组末期整个凹陷受到进南北向挤压应力影响,使早期断层再次活动形成左旋走滑断层以及相关褶皱,并且遭到严重剥蚀。该区块各演化阶段应力场变化模式如图5所示。

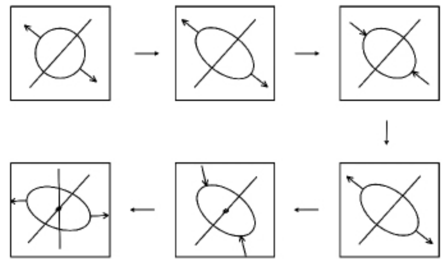


图5　南贝尔凹陷应力场变化模式

Fig. 5　Model graph of the changes of the stress field Changes of South Beir Sag

4　构造特征对油气运移的控制作用

裂陷盆地的油气运移和聚集主要受构造作用影响。构造作用控制了油气运移通道的形成和分布,油气在储层中运移至圈闭中的过程。首先,构造作用控制了沉积体系、地层岩性、断层和不整合面的分布,而这些因素决定了油气运移通道的时空配置;其次,沉降引起的压实作用、构造应力作用等构造作用为油气运动提供了动力源,控制着地下流体势的分布,构造作用也直接影响油气聚集。

研究区的油气运移主要通过油气沿着断层垂向运移、沿区域不整合面侧向运移两种方式[11],这两种方式在该区都起着非常重要的作用。首先该区断层非常发育,尤其是继承性持续活动的断层,岩石在张应力作用下发生破裂,使得油气可以沿断层进行垂向运移,并且断层对附近的裂缝产状也有一定控制作用,因此断层是油气运移的优势通道之一。与断层起同样重要作用的还有区域性不整合面,研究区内由于多次挤压隆升作用的影响,形成4套大型不整合面,即基底顶面不整合,铜钵庙组顶面不整合,南屯组二段顶面不整合和伊敏组顶面不整合,其中除基底顶面不整合以外,其他3套对油气运移起着非常重要的作用,地层沉积后受到挤压隆升作用影响,使地层长期出露地表,接受大气降水淋滤、溶蚀、风化作用,形成了具有一定渗透能力的岩层,分布范围广,并且把不同年代、不同岩性的地层联系在一起[12],是油气侧向-斜向运移的重要通道[13]。研究区内不整合面形成以后,由于受到断层的影响而发生掀斜,油气可沿不整合面运移,并在有利圈闭聚集成藏,这将是该区下一个重点勘探目标。

5　结论

(1) 南贝尔凹陷经受多期构造运动的影响,构造样式丰富,主要以拉张型构造样式为主,挤压、走滑构造样式并存,标志走滑构造样式的花状构造由于经历了多次张扭与压扭的转换,因此形成了复杂的花状构造,正断层与逆断层共存,西次洼和南部潜山披覆带晚期平面断裂组合由于中央隆起带的影响与东次洼产生明显差异,表现了区域应力与局部应力之间的差别,凹陷可以划分为4个构造期次:① 铜钵庙组沉积期,初始拉张,凹陷孕育阶段;② 南屯组沉积期,强烈拉张,断陷阶段;③ 大磨拐河组沉积期,拉张减弱,萎缩阶段;④ 伊敏组沉积期,稳定沉降阶段。其中包括4次短而强烈的挤压隆升阶段,形成了基地顶面、铜钵庙组顶面、南屯组顶面、伊敏组顶面4套不同程度的不整合面,以伊敏组末期挤压作

用最为强烈,剥蚀厚度极大,对盆地结构影响最大。

(2)通过对井资料分析得出,断层活动性和不整合面分布情况是盆地油气运移的主要控制因素,滚动背斜、反转背斜、岩性圈闭是该区主要油气聚集区带,断层两盘岩性对接也形成了很多有利油气圈闭,几种圈闭在井上均有发现。

参考文献(References)

[1] 王鸿祯, 杨森南, 刘本培, 等. 中国及邻区构造古地理和生物古地理[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989: 137-154.
Wang Hongzhen, Yang Sennan, Liu Benpei, *et al.* The tectonic palaeography and biogeograophy of China and adjacent areas[M]. Wuhan: China Univertityof Geosiciences, 1989, 3(2): 137-154.

[2] 马杏垣, 刘和甫, 王维襄, 等. 中国东部中、新生代裂陷作用和伸展构造[J]. 地质学报, 1983(1): 22-32.
Ma Xingyuan, Liu Hefu, Wang Weixiang, *et al. Acta Gedogica Sinica*, 1983(1): 22-32.

[3] 陈发景, 汪新文, 张光亚, 等. 中国中新生代含油气盆地构造和动力学背景[J]. 现代地质, 1992, 6(3): 317-327.
Chen Fajing, Wang Xinwen, Zhang Guangya, *et al. Geoscience*, 1992, 6(3): 317-327.

[4] Jackson A. Active normal faulting and crustal extension[C]//Coward M P, Dewey J F, Hancock P L, ed. Continental Extensional Tectonics. London: Geological Society of London Special Publication, 1987.

[5] 张功成. 中国东北部晚中生代裂陷作用与伸展构造[J]. 长春科技大学学报, 1998, 28(3): 266-272.
Zhang Gongcheng. *Jouranl of Changchun University of Science and Technology*, 1998, 28(3): 266-272.

[6] 张功成, 朱德丰, 周章保. 松辽盆地伸展与反转构造样式[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(2): 16-20.
Zhang Gongcheng, Zhu Defeng, Zhou Zhangbao. *Petroleum Exploration and Development*, 1996, 23(2): 16-20.

[7] 王胜利, 卢华复, 李刚, 等. 南黄海盆地北部凹陷古近纪伸展断层转折褶皱作用[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 495-503.
Wang Shengli, Lu Huafu, Li Gang, *et al. Oil & Gas Geology*, 2006, 27(4): 495-503.

[8] 何明喜, 杜建波, 古哲, 等. 下扬子北缘前陆盆地构造变形样式 [J]. 石油实验地质, 2006, 28(4): 322-329.
He Mingxi, Du Jianbo, Gu Zhe, *et al. Petroleum Geology & Experiment*, 2006, 28(4): 322-329.

[9] 陈均亮, 吴河勇, 朱德丰, 等. 海拉尔盆地构造演化及油气勘探前景[J]. 地质科学, 2007, 42(1): 147-159.
Chen Junliang, Wu Heyong, Zhu Defeng, *et al. Chinese Journal of Geology*, 2007, 42(1): 147-159.

[10] 漆家福, 杨桥. 伸展盆地的结构形态及其主控动力学因素[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 634-640.
Qi Jiafu, Yang Qiao. *Oil & Gas Geology*, 2007, 28(5): 634-640.

[11] 高名修. 东北晚新生代地裂运动与浅震深震及火山活动[J]. 东北地震研究, 1988, 4(3): 17-28.
Gao MingXiu. *Seismological Research of Northeast China*, 1988, 4(3): 17-28.

[12] 赵忠新, 王华, 郭齐军. 油气输导体系的类型及其输导性能在时空上的演化分析[J]. 石油实验地质, 2002, 24(6): 527-536.
Zhao Zhongxin, Wang Hua, Guo Qijun. *Experimental Petroleum Geology*, 2002, 24(6): 527-536.

[13] 王立社, 夏林圻, 董云鹏. 天山地区下石炭统与下伏地层角度不整合接触的地质意义[J]. 西北地质, 2005, 38(1): 26-30.
Wang Lishe, Xia Linqi, Dong Yunpeng. *Northwestern Geology*, 2005, 38(1): 26-30.

(责任编辑 刘志远)