

# 辽东湾 JZ27-33 区块伸展型 右行走滑双重构造系统

万桂梅<sup>1,2</sup> 汤良杰<sup>1,2</sup> 金文正<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 油气资源与探测国家重点实验室(中国石油大学(北京)), 北京 102249; 3. 中国地质大学(北京)能源学院, 海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:**辽东湾 JZ27-33 区块发育 3 条大型 NNE 向走滑断裂, 分别为辽中 3 号断裂(或者辽中 1 号断裂)、辽中 2 号断裂和辽东 2 号断裂, 在平面上, 3 条走滑断裂呈“雁行式”展布, 其间密集发育具有走滑性质的正断层, 这些正断层在平面上成 NE 或者 NEE 走向, 与主走滑断裂斜交, 其锐角的指向为本盘地层在平面上的位移方向; 在横剖面上, 负花状构造是研究区内的大型走滑断裂在横剖面上的重要特征, 综合分析认为, 研究区的断裂特征在平面上表现为“双重构造”特征, 在横剖面上表现为(负)花状构造, 构成了典型的“伸展型右旋走滑双重构造”系统, 并且认为, 形成这种构造样式的控制因素主要有: 郯庐断裂带的右旋走滑作用、平面展布特征、多期构造活动以及能干性特征明显的沉积地层。

**关键词:**走滑断裂; 花状构造; 走滑双重构造; 右行; 辽东湾

中图分类号: P542+.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)06-1584-08

多年来, 不同学者对渤海盆地的构造特征进行了大量细致的研究, 取得了许多研究成果, 比如郯庐断裂带是一条重要的强烈构造变形带, 该断裂是一条大规模的平移断层, 具有多期复杂的构造演化历史, 对中国东部区域构造、沉积古地理、含油气盆地的形成、岩浆活动等方面产生重要的影响<sup>[1-3]</sup>; 辽东湾的主干断裂在平面上呈“S”型弯曲或者反“S”型弯曲, 弯曲部位发育断鼻或者断槽构造<sup>[4]</sup>; 渤海湾地区不同方向断裂带具有不同的封闭性<sup>[5]</sup>; 断裂系统样式以及构造变换特征等<sup>[6]</sup>。这些成果极大地推动了渤海盆地的油气勘探工作。但由于郯庐断裂带对渤海盆地构造的改造作用, 使得渤海盆地新生代为伸展变形上叠加的走滑构造系统<sup>[7]</sup>, 构造变形非常复杂, 使得有必要对渤海盆地内走滑断裂及其次级断裂的时空分布规律进行进一步详细研究。本文是在现有的地震资料基础上, 利用走滑双重构造理论对辽东湾 JZ27-33 区块的断裂构造特征进行研究。

## 1 地质背景

### 1.1 构造背景

渤海盆地位于中国东部, 渤海海域是一个具有半封闭性质的陆表海, 总面积约  $7.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[8]</sup>。在地质构造上, 它位于华北新生代裂陷盆地内, 盆地内新生代活动断裂发育, NE 向展布的郯庐断裂带为区域性主导走滑断裂, 与之配套的有 NEE、近 EW 及 NW 向次级断裂。辽东湾位于渤海东北部海域, 南界大致为辽东半岛南端(老铁山), 面积  $2.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 为渤海湾盆地的一个次级构造单元<sup>[9]</sup>。研究区位于辽东湾东北部的 JZ27-33 区块, 郯庐断裂带正好穿过本区, 造成研究区内断裂构造特征复杂(图 1)。

### 1.2 沉积地层层序

渤海盆地主要沉积新生代地层, 自下而上依次发育孔店组( $E_{1-k}$ )、沙河街组( $E_{2-3s}$ )、东营组( $E_{3d}$ )、馆陶组( $N_{1g}$ )、明化镇组( $N_{1-2m}$ )和平原组( $Qp$ )。孔店

收稿日期: 2010-01-20; 改回日期: 2010-04-21

基金项目: 中海油天津分公司项目“渤海湾地区油气形成富集与分布预测”(SC06TJ-TQL-004)资助。

作者简介: 万桂梅, 女, 1978 年生, 博士后, 主要从事石油地质和含油气盆地分析; E-mail: wgm5888@163.com。

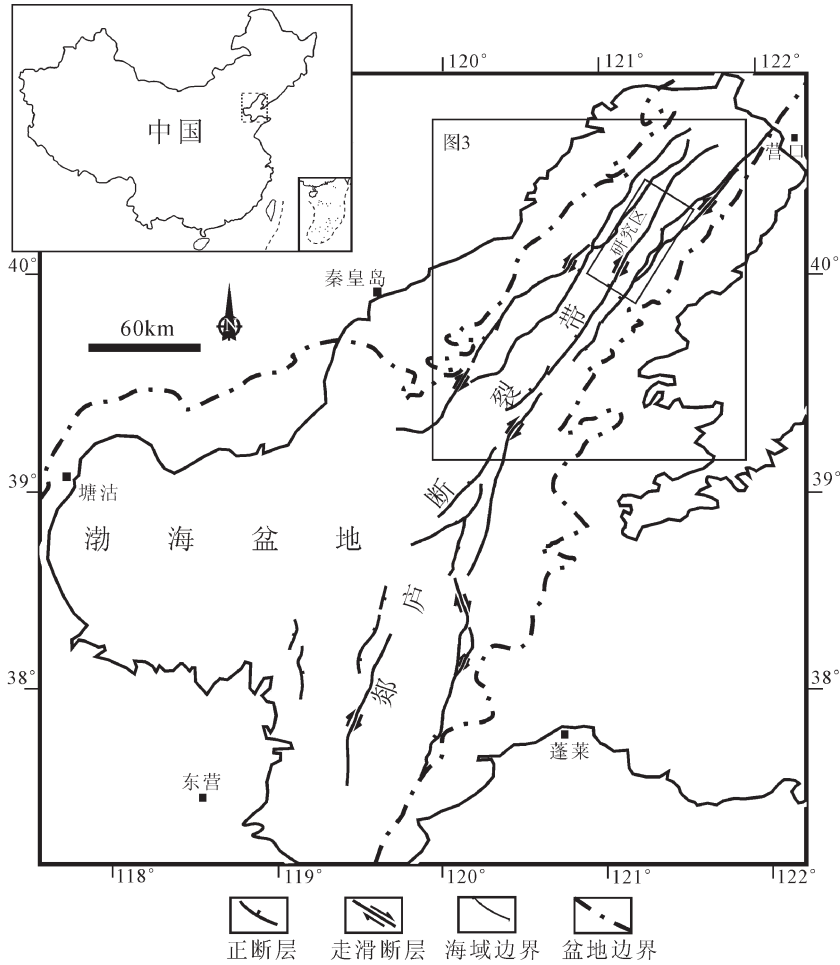


图 1 研究区构造背景图  
Fig.1 Geological setting of the study area

组是古近纪裂陷剧烈期的产物；中始新统沙河街组四段处于断陷发育的初始期，沙河街组三段为半深湖-深湖相暗色泥岩和油页岩，是海域最主要的生油层系之一，沙河街组二段沉积时期，缓坡带发育河流-三角洲沉积，陡坡发育扇三角洲沉积，局部发育砂、泥坪沉积，沙河街组一段局部发育碳酸盐岩沉积，在物源稳定的地区发育三角洲或扇三角洲、滨湖滩坝；东营组主要发育半深湖-深湖相泥岩夹滑塌浊积砂岩体；馆陶组主要发育辫状河流相沉积，主要为砂砾岩、粗砂岩、砂岩夹薄层泥岩；明化镇组主要发育曲流河沉积，以细砂岩为主。

## 2 关于走滑双重构造 (Strike Slip Duplex)

走滑断层作用中，在断裂的弯转、断错(或阶跃)

和非连续 Riedel 破裂等部位常发生汇聚走滑和离散走滑，形成一组次级的同向叠瓦状走滑断裂，形状类似于双重逆冲构造，两侧被主走滑断层所围限<sup>[9]</sup>，同时在断裂端部可能形成叠瓦扇构造，此类构造在平面上的表现形式称为走滑双重构造(图 2-a)，在剖面上则称为花状构造(图 2-b)<sup>[10-14]</sup>。根据主走滑断裂特征可以将走滑双重构造划分为左旋走滑双重构造和右旋走滑双重构造。根据形成走滑双重构造的应力特征，可以将走滑双重构造划分为压扭性走滑双重构造和张扭性走滑双重构造。张扭性走滑双重构造在横剖面上呈现负花状构造(图 2-b<sub>1</sub>)，压扭性走滑双重构造在横剖面上呈现正花状构造(图 2-b<sub>2</sub>)。

与双重构造相比，走滑双重构造是在平面上表现为两条走滑断层(主)和其间次级断层(次)的组合<sup>[15-21]</sup>，并且它主要是在平面图中进行描述，而双重逆冲表

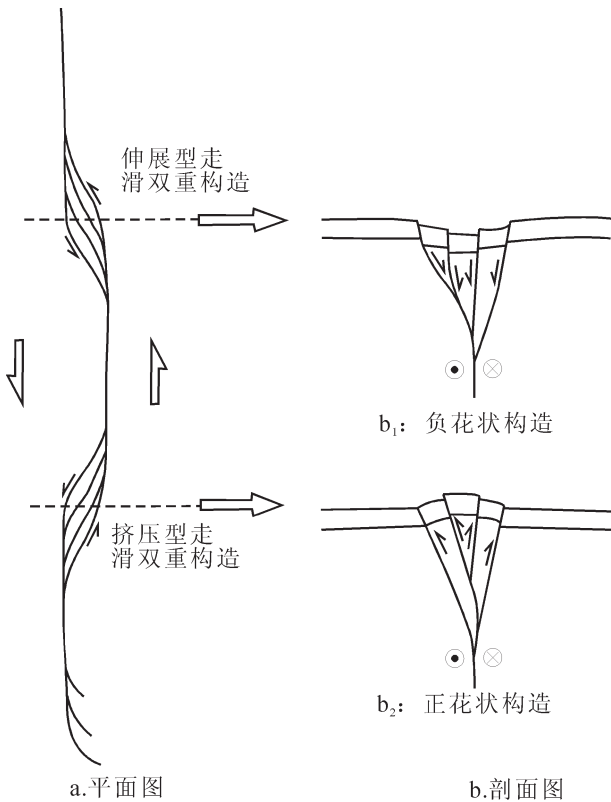


图2 走滑双重构造在平面上和剖面上的构造特征<sup>[24]</sup>  
Fig.2 Structural characteristics of the strike-slip duplex

现在剖面图上,即形成走滑双重构造的两条主走滑断裂可以类比为双重逆冲构造中的顶板和底板冲断层<sup>[15,21]</sup>。

### 3 研究区断裂特征

#### 3.1 断裂平面特征

研究区内发育3条大型NNE向走滑断裂,分别为辽中3号断裂(或者辽中1号断裂)、辽中2号断裂和辽东2号断裂(图3~4)。在平面上,3条走滑断裂的展布具有一定特征,即辽中3号与其研究区南端的辽中1号断裂相接,并且辽中1号断裂与南部的旅大1号断裂同为一条大型走滑断裂的两个组成部分,辽中3号断裂向北东方向位移量减小,通过一些次级走滑断层或者雁列式断层使辽中3号走滑断裂的走滑位移量逐渐被其相邻的辽中2号断裂所接替。位于辽中2号走滑断裂东侧的辽东2号走滑断裂和辽东1号走滑断裂与辽中3号及辽中1号断裂在平面上呈锐角相交,辽东1号断裂的南端归于辽中1号走滑断裂之上。

在上述主要走滑断裂之间的区域,密集发育具有走滑性质的正断层,这些正断层在平面上呈NE或者NEE走向,与辽中3号断裂、辽中2号断裂、辽东2号断裂斜交,角度在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,其锐角的指向为本盘地层在平面上的位移方向(图3~4)。比如,位于辽中3号断裂与其东侧的一些正断层所构成的锐角指向为SW,说明位于辽中3号断裂东侧与之相邻的地层在平面上的位移方向是SW。

#### 3.2 断裂剖面特征

地震测线解释成果图(图5)很好地展示了研究区内各条断裂在横向上的构造特征。在横剖面上,花状构造是研究区内的主要断裂变形特征。辽中1号断裂、辽中2号断裂和辽中3号断裂在横剖面上均表现为花状构造,其中辽中1号断裂和辽中2号断裂在剖面上表现为负花状构造,体现出伸展应力环境(图2),但是剖面CD上的辽中3号断裂在横剖面上表现为正花状构造。综合分析认为,造成这种现象的主要原因是该走滑断裂倾向发生转换的结果,在剖面AB上辽中3号断裂倾向为SEE,剖面EF上辽中3号断裂的倾向为NWW,该断裂的倾向在剖面CD处发生转换,致使剖面CD以北地区的辽中3号断层下盘向南逐渐转变为上盘(图5),所以在剖面CD上辽中3号断裂表现为直立,位于该断裂两侧的次级断裂在其两侧平均展布,位于断层间的地层断片可能未发生垂向上的位移,也可能形成正花状构造。走滑断层的倾向发生改变,这种现象称之为“丝带效应”。

#### 3.3 研究区断裂的三维空间模型及其主控因素

由上述分析得知,研究区的断裂特征在平面上表现为“双重构造”特征,在横剖面上表现为(负)花状构造,体现出“伸展型右旋走滑双重构造”特征(图6),结合该地区的构造演化特征、沉积地层特征,综合分析认为,研究区内“伸展型右旋走滑双重构造”的形成主要由以下因素控制:

(1) 郯庐断裂带的右旋走滑作用对该地区断裂构造的形成具有十分重要的控制作用,为研究区内的构造变形及演化提供了区域动力条件;

(2) 郯庐断裂带的分支断裂在平面上形成雁行式排列,并且在一定距离内具有一定宽度的叠置,这种叠置使一条走滑断裂上的位移传递到了其相邻的另一条走滑断层之上,形成“接力式”位移传递方式<sup>[24]</sup>,为研究区内形成了局部伸展应力环境,为“伸展型右

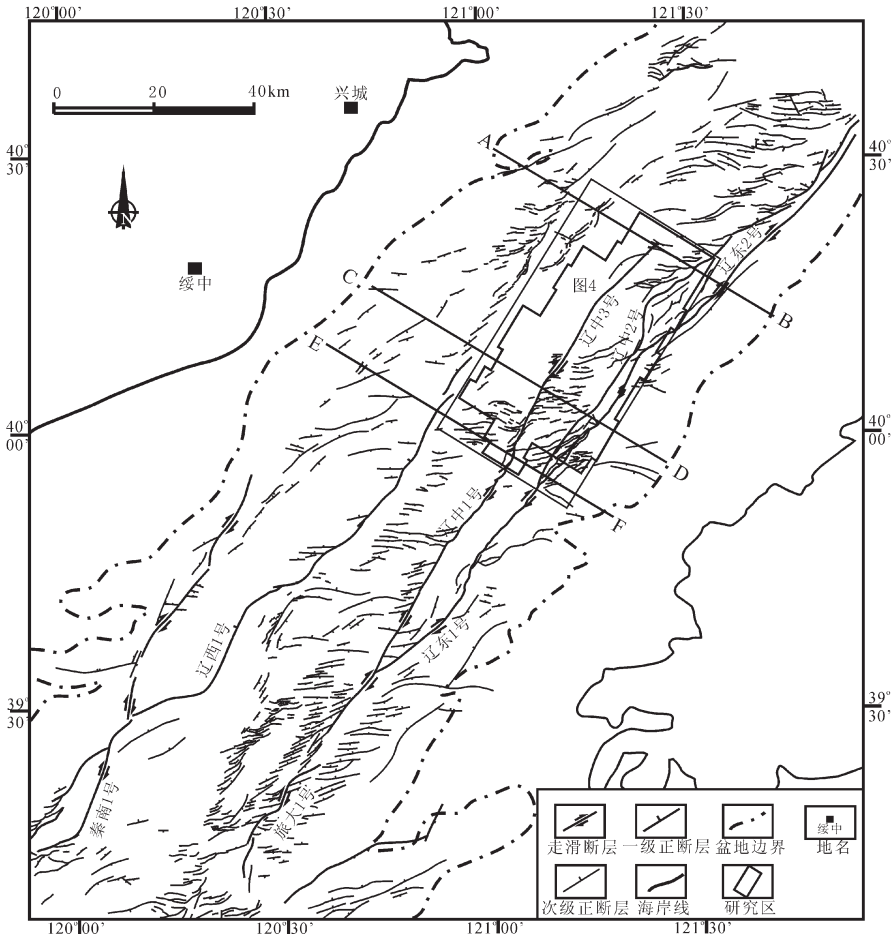


图 3 辽东湾馆陶组底界断裂平面展布特征

Fig.3 Distribution of faults at the bottom of Guantao Formation in Liaodong Bay

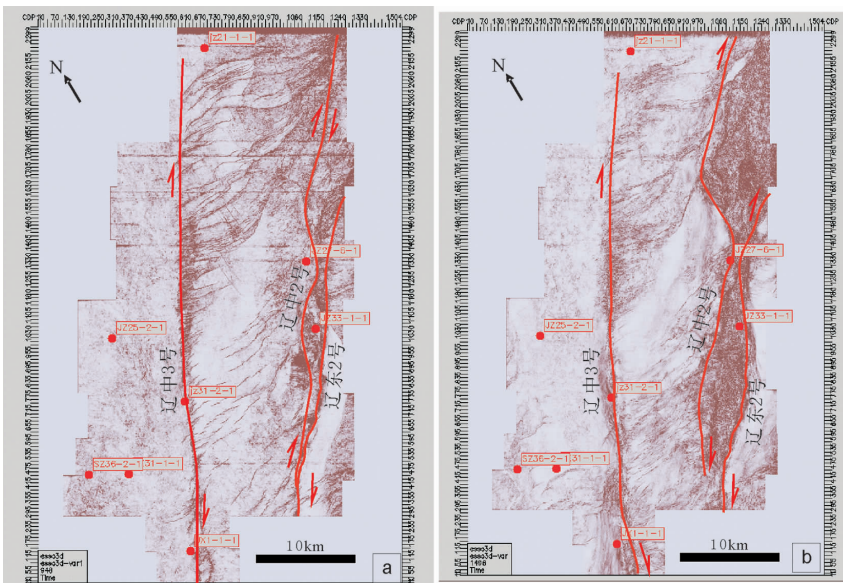


图 4 研究区(JZ27-33 区块)三维地震数据体时间切片(a-1000ms 时的切片;b-1500ms 的时间切片)

Fig.4 Time slice of 3-D data of JZ27-33 block (a-at 1000ms;b-at 1500ms)



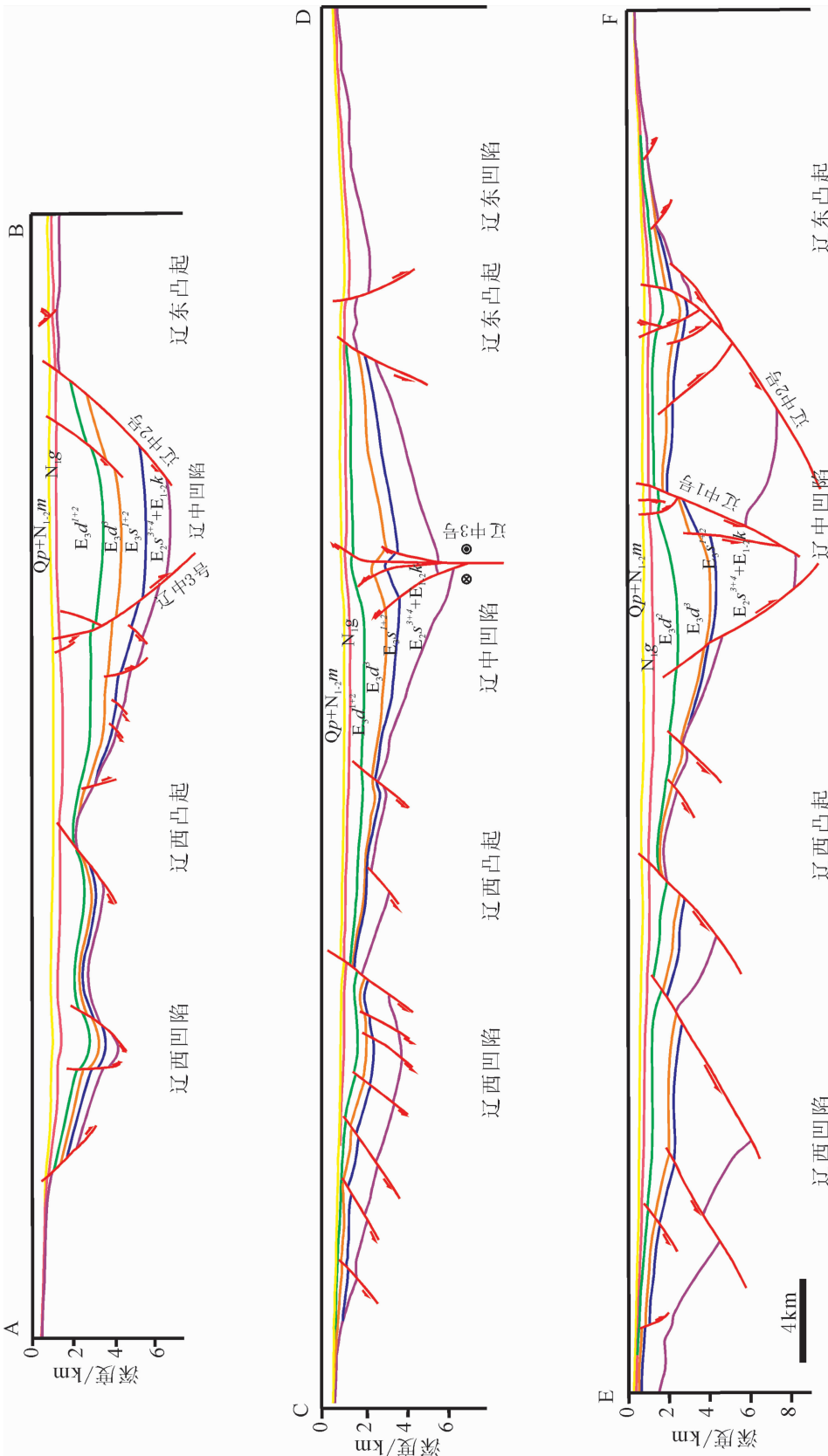


图5 地震测线解释成果图(位置见图3)  
 Fig.5 Interpreted sections of the study area (see Fig. 3 for the location)

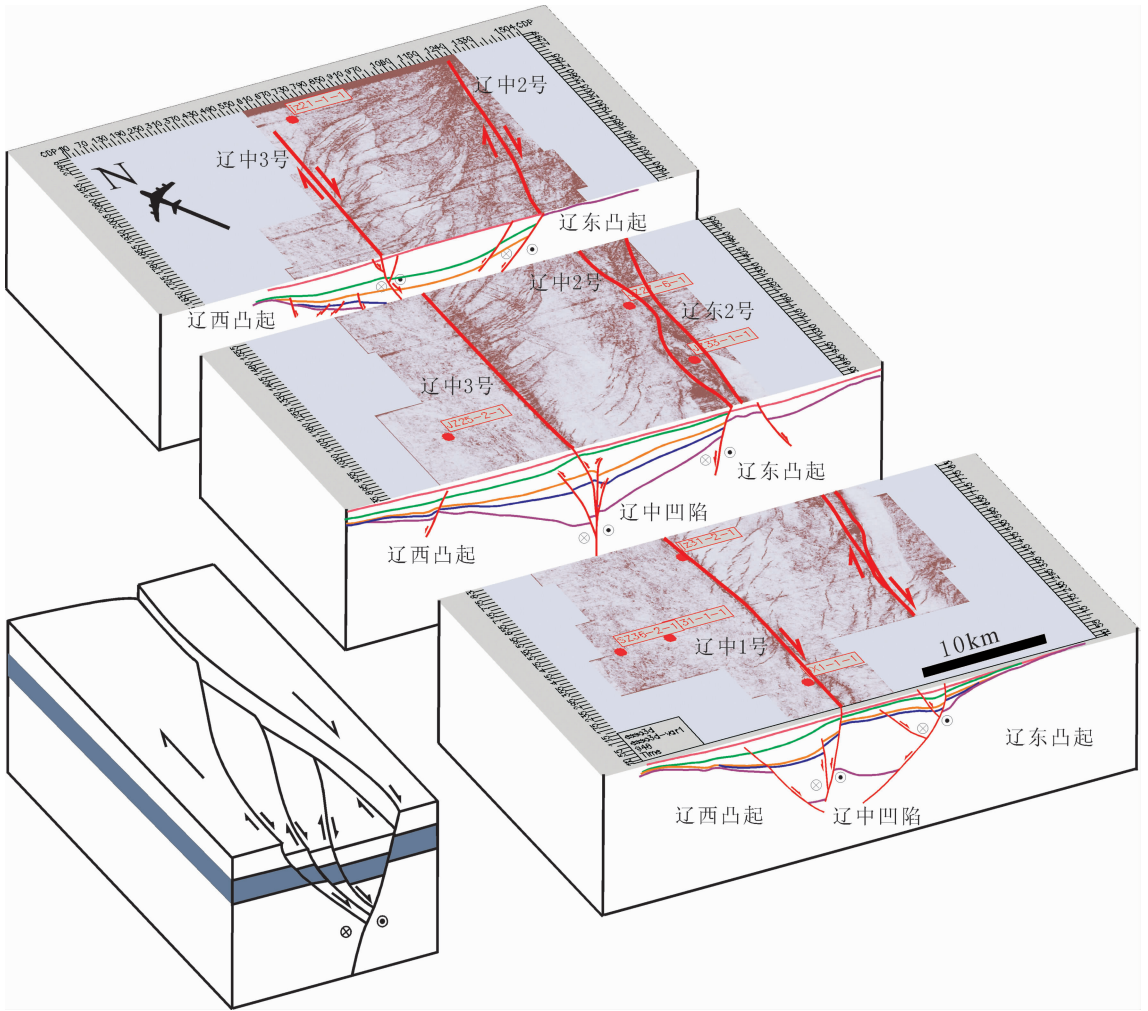


图 6 研究区 (JZ27-33 区块)断裂构造的三维空间模型

Fig.6 3-D model of the faults of the study area (JZ27-33)

“伸展型右行走滑双重构造”的形成提供了变形空间和伸展应力;

(3)多期构造活动对该地区的断裂活动也具有重要的影响,断层的平面和剖面特征表明这些断层是经历多期构造活动后形成的,并且早期形成的大型断裂对后期的局部性断裂具有重要的控制和影响作用。

### 4 结论

郯庐断裂带横贯研究区 (辽东湾 JZ27-33 区块)南北,使得研究区内发育 3 条大型 NNE 向走滑断裂,并且在走滑断裂之间发育众多具有走滑性质的正断层,使研究区的断裂具有典型“伸展型右行走

滑双重构造”特征:

(1)平面上,3 条大型走滑断裂,即辽中 3 号断裂(或者辽中 1 号断裂)、辽中 2 号断裂和辽东 2 号断裂成“雁列式”展布,在走滑断裂之间区域,密集发育具有走滑性质的正断层,这些正断层走向为 NE 或 NEE,与辽中 3 号断裂、辽中 2 号断裂、辽东 2 号断裂斜交,其锐角的指向为本盘地层在平面上的位移方向。在横剖面上,大型走滑断裂表现为负花状构造,体现出伸展的应力环境,如辽中 1 号断裂和辽中 2 号断裂,在局部可能形成正花状构造,可能是走滑断裂倾向发生改变所致。

(2)“伸展型右行走滑双重构造”的形成是多个因素共同作用的结果:一是郯庐断裂带的右行走滑

作用对该地区断裂构造的形成具有十分重要的控制作用；二是郯庐断裂带的分支断裂在平面上形成雁行式排列,并且在一定距离内具有一定宽度的叠置；三是多期构造活动对该地区的断裂活动也具有重要的影响；四是具有能干性的沉积地层为该地区断裂构造的形成提供了物质基础。

#### 参考文献(References):

- [1] Fletcher C J N, Fitches W R, Rundle C C, et al. Geological and isotopic constraints on the timing of the movements in the Tan-Lu fault zone [J]. *Journal of Southeast Asian Earth Science*, 1995, 11: 15-22.
- [2] Zhang Yueqiao, Dong Shuwen, Shi Wei. Cretaceous deformation history of the middle Tan-Lu fault zone in Shandong Province, eastern China[J]. *Tectonophysics*, 2003, 363:243-258.
- [3] Zhu Guang, Wang Yongsheng, Liu Guosheng, et al.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of strike-slip motion on the Tan-Lu fault zone, East China [J]. *Journal of Structural Geology*, 2005, 27:1379-1398.
- [4] 范军侠, 李宏伟, 朱筱敏. 辽东湾北部地区走滑构造特征与油气富集规律[J]. *古地志学报*, 2006, 8(3):415-418.  
Fan Junxia, Li Hongwei, Zhu Xiaomin, et al. Characteristics of strike-slip structure and rules of hydrocarbon accumulation in northern Liaodong Bay [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2006, 8(3): 415-418(in Chinese with English abstract).
- [5] 万天丰, 王明明, 殷秀兰, 等. 渤海湾地区不同方向断裂带的封闭性[J]. *地质科学*, 2004, 18(2):157-163.  
Wan Tianfeng, Wang Mingming, Yin Xiulan, et al. Sealing properties of different direction faults in the Bohai bay area [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2004,18(2):157-163(in Chinese with English abstract).
- [6] 陈书平, 漆家福, 王德仁, 等. 东濮凹陷断裂系统及变换构造[J]. *石油学报*, 2007, 28(1):43-49.  
Chen Shuping, Qi Jiafu, Wang Deren, et al. Fault systems and transfer structures in Dongpu Sag [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28 (1):43-49(in Chinese with English abstract).
- [7] 漆家福. 渤海湾新生代盆地的两种构造系统及其成因解释 [J]. *中国地质*, 2004, 31(1):15-22.  
Qi Jiafu. Two tectonic systems in the Cenozoic Bohai Bay basin and their genetic interpretation[J]. *Geology in China*, 2004, 31(1): 15-22(in Chinese with English abstract).
- [8] 陈国光, 徐杰, 马宗晋. 渤海盆地现代构造应力场与强震活动[J]. *地震学报*, 2004, 26(4):396-403.  
Chen Guoguang, Xu Jie, Ma Zongjin. Recent tectonic stress field and major earthquakes of the Bohai sea basin [J]. *Acta Seismologica Sinica*, 2004, 26(4):396-403(in Chinese with English abstract).
- [9] 姜向强, 钟大康, 张琼. 辽东湾地区古近系砂岩成岩作用与孔隙演化[J]. *西安石油大学学报(自然科学版)*, 2007, 22(6):14-20.  
Jiang Xiangqiang, Zhong Dakang, Zhang Qiong. Diagenesis and porosity evolution of the paleogene sandstone reservoirs in Liaodongwan Area [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University(Natural Science Edition)*, 2007, 22 (6):14-20 (in Chinese with English abstract).
- [10] Woodcock N H, Fisher M. Strike-slip duplexes [J]. *Journal of Structural Geology*, 1986, 8(7):725-735.
- [11] Laney S E, Gates A E. Three-dimensional shuffling of horses in a strike-slip duplex:an example from the Lambertville sill, New Jersey[J]. *Tectonophysics*, 1996, 258:53-70.
- [12] Stephens M B, Wahlgren C H, Weijermars R, et al. Left-lateral transpressive deformation and its tectonic implications, Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, southwestern Sweden [J]. *Precambrian Research*, 1996, 79:261-279.
- [13] 赵财胜, 孙丰月, 李碧乐, 等. 马来西亚沙撈越 Panda 走滑构造及其动力学成因[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2003, 33(4):419-423.  
Zhao Caisheng, Sun Fengyue, Li Bile, et al. Punda strike-slip faults in Sarawak Malaysia and its dynamic process [J]. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 2003, 33(4): 419-423(in Chinese with English abstract).
- [14] Wakabayashi J, Hengesh J V, Sawyer T L. Four-dimensional transform fault processes: progressive evolution of step-overs and bends[J]. *Tectonophysics*, 2004, 392:279-301.
- [15] 肖安成, 李景义, 张春生. 塔里木盆地色力布亚断裂系的走滑双重构造特征[J]. *江汉石油学院学报*, 1998, 20(2):6-12.  
Xiao Ancheng, Li Jingyi, Zhang Chunsheng. Structure and kinematic genesis of the selibuya Strike-slip duplex in the Tarim basin[J]. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 1998, 20(2):6-12 (in Chinese with English abstract).
- [16] Monaco C, Tortorici L, Paltrinieri W. Structural evolution of the Lucanian Apennines, Southern Italy [J]. *Journal of Structural Geology*, 1998, 20(5):617-638.
- [17] Taylor G K, Grocott J, Pope A, et al. Mesozoic fault systems, deformation and fault block rotation in the Andean forearc: a crustal scale strike-slip duplex in the coastal Cordillera of northern Chile[J]. *Tectonophysics*, 1998, 299:93-109.
- [18] Wang C, Allan L. Deformation conditions, kinematics, and displacement history of shallow crustal ductile shearing in the Norumbega fault system in the northern Appalachians, eastern Maine[J]. *Tectonophysics*, 2004, 384:129-148.
- [19] Cunningham D. Active intracontinental transpressional mountain building in the Mongolian Altai: Defining a new class of orogen[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2005, 240:436-444.
- [20] Cembrano J, Gonzalez G, Arancibia G, et al. Fault zone development and strain partitioning in an extensional strike-slip duplex: A case study from the Mesozoic Atacama fault system, Northern Chile[J]. *Tectonophysics*, 2005, 400:105-125.
- [21] 张长厚, 宋鸿林, 王根厚, 等. 燕山板内造山带中段近东西向中生代右行走滑构造系统[J]. *地球科学*, 2001, 26(5):464-472.  
Zhang Changhou, Song Honglin, Wang Genhou, et al. Mesozoic dextral strike-slip structural system in middle segment of intraplate Yanshan orogenic belt, Northern China [J]. *Earth Science-Journal*

- of China University of Geosciences, 2001, 26 (5):464-472 (in Chinese with English abstract).
- [22] Woodcock N H, Rickards B. Transpressive duplex and flower structure: Dent Fault System, NW England [J]. *Journal of Structural Geology*, 2003, 25:1981-1992.
- [23] 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义 [J]. *海相油气地质*, 2007, 12(4):43-50.
- Qi Jiafu. Structural Transfer Zones and Significance for Hydrocarbon Accumulation in Rifting Basins [J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2007, 12(4):43-50.

## The extensional dextral strike-slip duplex of JZ27-33 Block in Liaodong Bay

WAN Gui-mei<sup>1,2</sup>, TANG Liang-jie<sup>1,2</sup>, JIN Wen-Zheng<sup>3</sup>

(1. Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. State Key Laboratory for Petroleum Resource and Prospecting, Beijing 102249, China; 3. School of Energy Resources; Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Three main NNE-striking strike-slip faults are developed in JZ27-33 block of Liaodong Bay, i.e., Liaozhong 3 fault (or Liaozhong 1 fault), Liaozhong 2 fault and Liaodong 2 fault. These 3 faults assume an echelon distribution on the plane, with many secondary normal faults of strike-slipping nature developed between them. These normal faults strike NE or NEE and obliquely intersect main strike-slip faults, and the sharp angle between them indicates the corresponding stratigraphic moving direction on the plane. Negative flower structure is another important feature of the giant strike-slip faults. It is therefore concluded that the faults of the study area have characteristics of “duplex” on the plane and negative flower structure on the cross-section, and that the faults in JZ27-33 block of Liaodong Bay formed a typical “extensional dextral strike-slip duplex system”, with the main controlling factors composed of the dextral strike-slip and plane distribution of Tanlu fault, the multi-phase tectonic movement and the brittle sedimentary layers.

**Key words:** Liaodong Bay; strike-slip fault; flower structure; strike-slip duplex; dextral

---

**About the first author:** WAN Gui-mei, female, born in 1978, postdoctoral researcher, mainly engages in the study of petroleum geology and basin analysis; E-mail: wgm5888@163.com.