

doi:10.3799/dqkx.2012.091

渤海湾盆地歧口凹陷扭动构造及其油气地质意义

卢刚臣^{1,2,3}, 吴振东², 李玉海², 李廷辉², 邱 鹏^{3,4}

1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074
2. 中石油东方地球物理公司研究院大港分院, 天津 300280
3. 中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室, 湖北武汉 430074
4. 中海油研究总院, 北京 100027

摘要: 受东部边界郯庐断裂和西部边界太行山前大型走滑断裂的影响, 渤海湾盆地中部歧口凹陷区处于伸展与走滑共同作用的地区, 利用最新连片采集的超大面积地震资料开展构造研究, 发现该区古近纪在发育伸展构造的同时也发育走滑扭动构造, 该类构造与古近系内伸展构造共存。在剖面上依据基底和盖层中断裂组合的不同可以分为4类构造样式: 走滑—复杂断裂褶皱型、走滑—简单花状构造型、逆冲—简单花状构造型和走滑—挠曲褶皱型。同时, 扭动构造带不仅对盆地基底物性的改造有着有利影响, 还控制了古物源的入口方式和有利砂体的展布。在前第三系、古近系和新近系构造层中形成了不同类型的有利油气藏, 其中古近系挠曲背斜、大型断鼻和地层岩性油气藏以及新近系逆牵引背斜和断鼻翼部都是重要的勘探领域。近两年沿走滑扭动带及其两侧进行的油气勘探已获得成功, 对该带研究具深远理论意义及现实意义。

关键词: 扭动构造; 构造样式; 古物源; 歧口凹陷; 沉积学; 油气地质。

中图分类号: P542.3

文章编号: 1000-2383(2012)04-0825-08

收稿日期: 2012-01-02

Characterization and Petroleum Geological Significance of the Wrench Structure in the Transtensional Region: A Case from Qikou Sag

LU Gang-chen^{1,2,3}, WU Zhen-dong², LI Yu-hai², LI Ting-hui², QI Peng^{3,4}

1. Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Dagang Branch of GRI, BGP Inc., CNPC, Tianjin 300280, China

3. Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

4. CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China

Abstract: The Qikou sag at the central of the Bohai bay basin lies in the superimposition of the extension and strike-slip, and is controlled by the eastern boundary Tanlu fault and the western boundary Taihang Mountain-front strike-slip fault. Through the detailed structural research of the latest large area 3D high precision seismic data, the wrench structures were found as well as the extensional structures in the Paleogene cover of the Qikou sag. On the seismic profiles, the wrench structure can be divided into four types based on the different combination styles of the faults in the basement and the Tertiary cover. They are the slip-complex faulted fold type, slip-simple flower structure type, thrust-simple flower structure type and the slip-deflecting fold type. Meanwhile, the wrench structure not only improved the physical property of the basement rock but also controlled the entrance of the ancient resource and the distribution of the sand. Different reservoirs formed in the pre-Tertiary, Paleogene and Neogene tectospheres. The Paleogene deflecting folds, huge faulted-noses and litho-stratigraphic reservoirs are important exploration fields and the same case with the Neogene reverse drag anticline and the flank of the faulted-noses. The research of the wrench belts is significant for the theory and practice because of the important petroleum exploration success beside the wrench structure belts in last two years.

Key words: wrench structure; structure style; ancient resource; Qikou sag; sedimentology; petroleum geology.

歧口凹陷位于渤海湾盆地黄骅坳陷的中部,面 积 $6\,640 \text{ km}^2$,是大港油田探区最有潜力的油气单 元,该凹陷被长约 250 km 的渤西海岸线分成西侧 的陆上地区和东侧的海域地区。控盆边界断裂沧东断 层呈 NE 向延伸,是发育于上地壳的上陡下缓的铲 式断层,并在深部发生滑脱。凹陷内断层主要为 NE 向或 NNE 向和近 EW 向(图 1)。

在区域上,歧口凹陷区正断层十分发育,具有很 明显的伸展断陷特征,但是受到东部郯庐走滑断裂 和西部太行山前走滑断裂的重要影响,同时近南北向发 育的兰聊走滑断裂从歧口凹陷基底穿过,使得歧口凹 陷区内的走滑活动十分活跃(王光奇等,2003;何书 等,2008)。前人也曾多次对这种构造现象进行过讨 论,但由于走滑带具有较大的隐蔽性,主要通过扭动

构造得以体现,在资料条件不具备的情况下很难对歧 口走滑带进行客观分析(樊敬亮等,2004;郝银全等, 2005;渠芳等,2006)。近几年大港油田在歧口凹陷区 内进行了地震连片采集,获得了覆盖凹陷主体区的高 精度三维大连片地震资料。本次工作就是在该资料的 基础上,通过对歧口凹陷主要扭动迹象、表征、结构分 类、精细解剖与油气藏关系进行系统分析,并希望以此 为突破口为油气勘探提供借鉴。

1 歧口凹陷区扭动构造存在的主要迹象

1.1 区域构造背景分析

受边界扭动机制影响,渤海湾盆地西部受大型

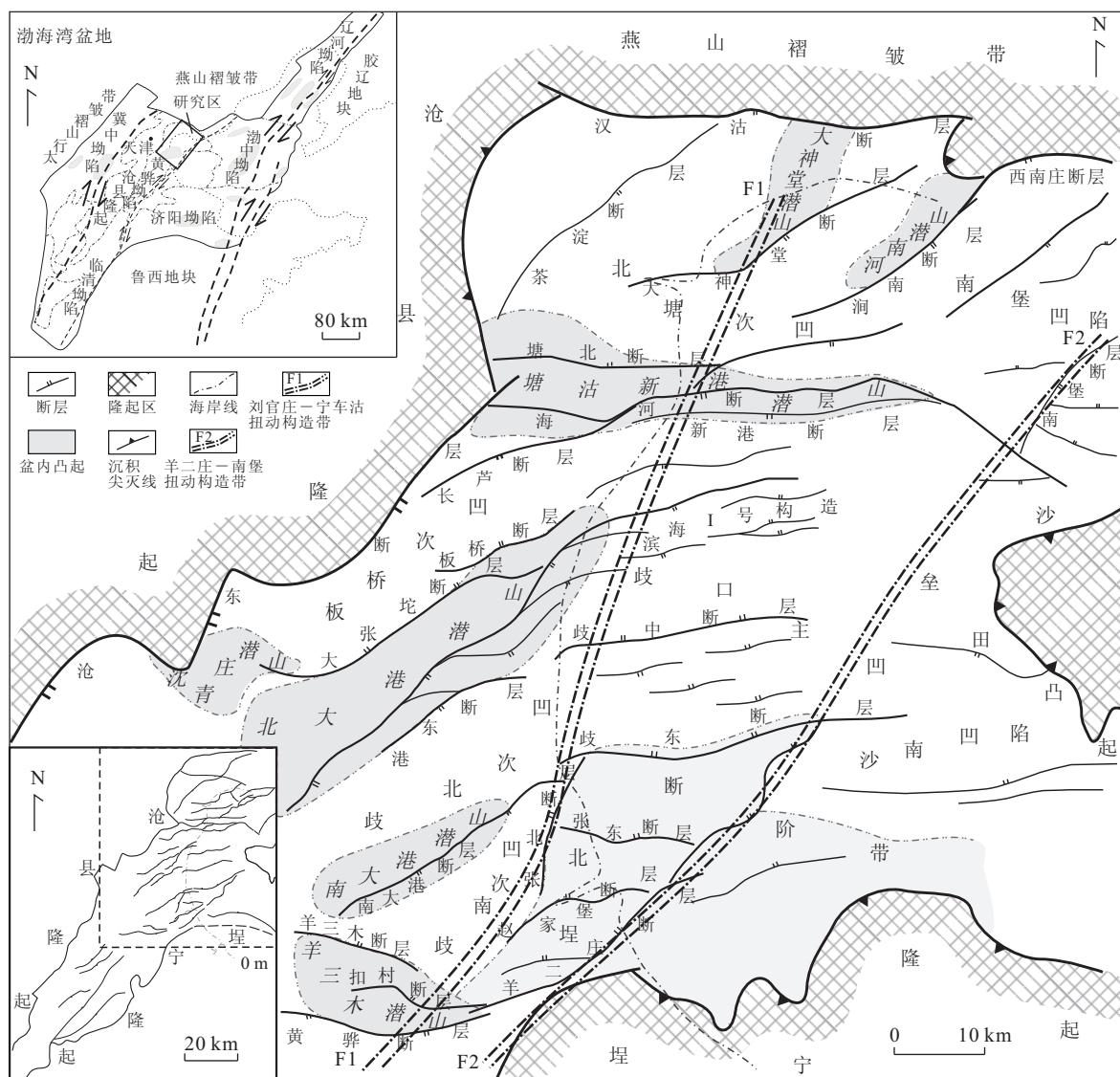


图 1 歧口凹陷构造位置和断裂分布

Fig. 1 Faults distribution and tectonic location of the Qikou sag

边界走滑断裂——太行山前断裂的影响,形成走滑伸展构造区,走滑迹象相对明显。渤海湾盆地东部受郯庐断裂控制,是以走滑为主的构造区,在辽西坳陷等多个构造单元发育明显的花状构造(王国纯,1998; Hsiao *et al.*, 2004)。歧口凹陷位于渤海湾盆地中部,由渤海湾盆地东、西部边界大型走滑断裂控制的走滑应力场在研究区内的影响相对减弱,主要表现为伸展拉分构造区。与兰聊走滑断裂位置相当的黄骅—德州—东明走滑构造带从歧口凹陷基底穿过(漆家福等,2003; 祁鹏等,2010a, 2010b),其走滑活动并非单条明显走滑断层的直观体现,而是通过空间扭动构造样式及其对两侧构造的分割作用反映的,该隐蔽性扭动带的影响范围较大。

1.2 深部地质背景分析

歧口凹陷的盆地结构在西部陆上和东部海域的

差异巨大,由于基底岩性和结构的差异,歧口凹陷沿岸带两侧显示出完全不同的航磁异常特征:左侧的鲁西基底表现为变化复杂的高值异常区,但总体上为NE走向的矩形地质块体;右侧的太行山基底以NNE和NE向的开阔正负交替的低值区为特征(大港油田石油地质志编辑委员会,1991)。在歧口凹陷之下是鲁西、太行山、燕山3大结晶基底的“三联点”部位,这种特殊构造位置的基底拼接缝是相对薄弱的,在区域走滑应力场的作用下易发生扭动。因此,在太行山山前断裂和郯庐断裂的走滑应力场作用下,歧口凹陷基底会发生走滑而形成扭动构造(图2)。

另一方面,张成科等(2002)通过对穿过黄骅坳陷的地震测深剖面资料的研究发现,在歧口凹陷沿岸带附近存在上地幔隆起,与凹陷内深陷区相对应,地壳厚度发生明显减薄,形成了地壳上地幔在横向

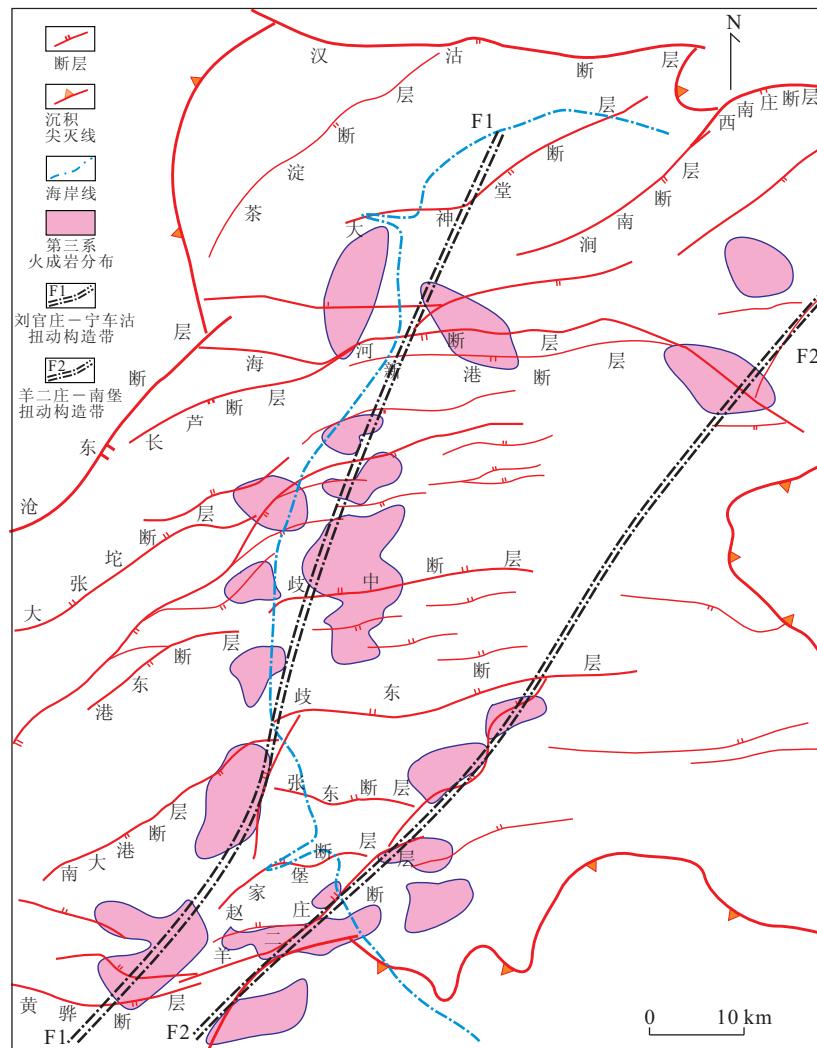


图2 歧口凹陷第三系火成岩分布和扭动构造的关系

Fig. 2 The relationship between the distribution of the Tertiary igneous rocks and the wrench structure in the Qikou sag

上的不均匀性。张岭等(2007)利用 P 波层析成像技术在地壳和上地幔顶部速度结构剖面上也发现了上隆的低速层,认为其与基底深大断裂有关。

1.3 构造样式的转换特征

对歧口凹陷的整体研究进一步证实,在扭动带两侧构造样式发生了明显变化,断层的极性发生反转,扭动带起到转换过渡的作用。平面上,在沿岸扭动带的西侧,断层走向以 NE 向为主,倾向以 SE 向为主;扭动带东侧断层主要表现为近 EW 向延伸,且倾向以近正北方向为主。扭动带两侧的断层一般终止于该构造带(图 2)。同时,前人的研究表明,该扭动带两侧的盆地结构也有很大的差异,西侧为北断南超的多米诺型单断箕状半地堑式结构,东侧为近南北向对掉的双断型地堑式结构(祁鹏等,2010a, 2010b;任建业等,2010)。

1.4 火成岩带的分布特征

一般而言,基底走滑断裂向下延伸较深,易于切割岩石圈从而沟通深部热源,成为诱导岩浆向地球表面运移的有利通道。因此,作为对深部基底走滑断裂活动的响应,盆地内部的扭动带附近常常伴有火成岩发育。通过对盆地的钻井资料和高精度 3D 连片地震资料的分析和识别,揭示了在歧口凹陷主要扭动带附近的第三系地层中有大量火成岩广泛分布(图 2)。这些火成岩整体上呈带状分布,与深部地球物理资料揭示的基底走滑带有很大的耦合关系,从而进一步证明了歧口凹陷内扭动构造的存在。

在平面上,走滑—复杂断裂褶皱型扭动构造表现为 SE-SSE 走向的断裂系,如驴驹河构造带、白水头构造带和唐家河构造带,这些断裂呈左阶斜列式展布,整体上为大型马尾状构造。显然,这也是新生代盖层对深部基底走滑断裂的构造响应。

1.5 地震剖面上的扭动迹象

扭动构造在地震剖面中由下至上表现出特殊的结构,受所处区域位置的影响,在歧口地区自下而上发育完整的花状结构并不十分常见,而以多套断裂联合形成的空间组合结构为特征,在本区规模较大的刘官庄—宁车沽南北扭动带和羊二庄—南堡北东向扭动带上得到很好体现,在下文将进行详细描述。

2 歧口凹陷扭动构造分类

多种地质与地球物理资料已经十分明确地揭示了歧口凹陷内存在扭动构造,且呈带状分布,其中, NNE 向扭动构造带主要沿歧口凹陷沿岸带分布,从

刘官庄向北延伸到宁车沽地区,而 NE 向扭动构造带在羊二庄构造带附近发育,并且一直延伸至南堡地区。

通过精细的构造解释发现,依据基底和盖层不同的断裂空间组合,刘官庄—宁车沽扭动构造带和羊二庄—南堡扭动带主要呈现出 4 种不同的构造样式:I 型(走滑—复杂断裂褶皱型)、II 型(走滑—简单花状构造型)、III 型(逆冲—简单花状构造型)和 IV 型(走滑—挠曲褶皱型)。

2.1 走滑—复杂断裂褶皱型

走滑—复杂断裂褶皱型扭动构造主要位于刘官庄—宁车沽扭动带中北部。在剖面上,前第三系基底中断裂破碎现象明显,发育典型的正花状结构,并被第三系底界面所围限(图 3a)。同时,基底中的走滑断层对盖层的新生代变形产生了重要影响,古近系地层发生明显的挠曲和错断,在重力作用下,一系列密集发育的正断层在深部发生滑脱,消失在沙河街组地层中,而新近系地层产状变化不大。但是,在基底断层对应的位置上,依附于古近纪主干的断裂发育了小型花状构造。

2.2 逆冲—简单花状构造型

逆冲—简单花状构造型扭动构造主要存在于羊二庄—南堡 NE 向扭动带上。在剖面上,前第三系基底中发育高陡压扭型古逆冲断层,形成两侧基底的较大落差。新生代发育的大型铲式断层,上陡下缓,下部滑脱于古近系底界面和前第三系主要不整合面之上。同时,这些大型铲式断层限制了基底中逆冲断层的发育,而在其上部发育了新近纪的小型紧闭花状构造(图 3b)。在平面上,这些新生代断层呈左阶斜列式展布。

2.3 走滑—简单花状构造型

走滑—简单花状构造型扭动构造主要位于刘官庄—宁车沽南北扭动带南部。在剖面上,与 I 型扭动构造相似,前第三系基底中发育典型的正花状构造并被第三系底界面围限,但是古近纪主干断层活动性较强,切入基底之中,新近纪发育的简单花状构造依附于主断层内侧(图 3c)。平面上,各主干断层左阶雁列展布,在主干断层下降盘派生的侧列次级断层与主干断层形成帚状组合断裂系。

2.4 走滑—挠曲褶皱型

走滑—挠曲褶皱型扭动构造主要位于歧口凹陷西部斜坡区。在剖面上,前第三系基底中发育多组陡直的正花状构造,从西向东形成了 3 个高、中、低依次排列的古台阶。基底走滑断层均终止于新生代底

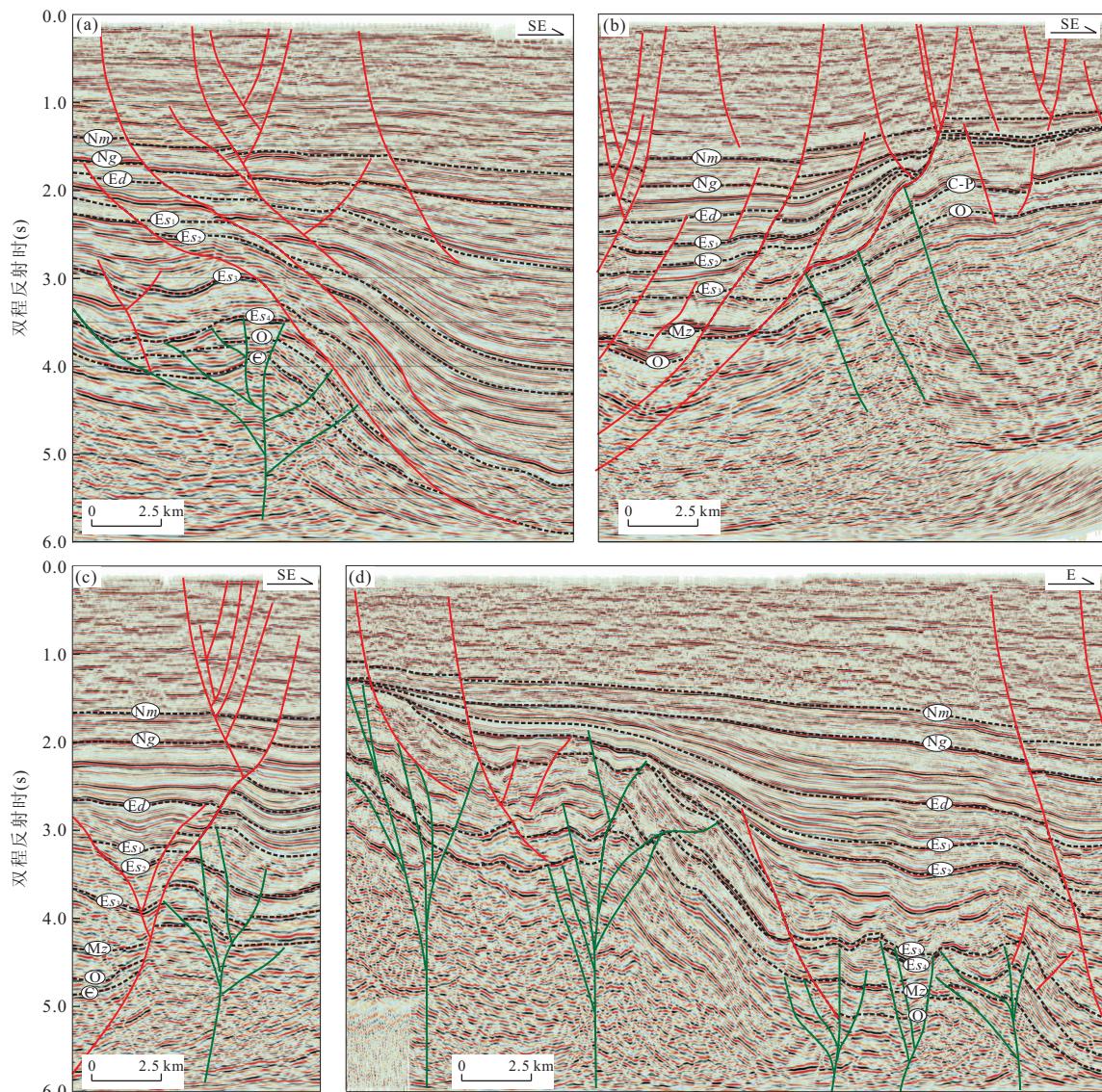


图3 歧口凹陷典型扭动构造样式

Fig. 3 The typical wrench structure in the Qikou sag

a. 走滑—复杂断裂褶皱型; b. 逆冲—简单花状型; c. 走滑—简单花状型; d. 走滑—挠曲褶皱型

部的剥蚀不整合界面。由于受到基底走滑断层的影响,新生代地层发生了强烈的挠曲变形,但基本上不发育断层,表现为东倾的多级挠曲型坡折(图3d)。显然,新生代坡折的形成与基底隐蔽走滑断层相关联,其展布方向与扭动带走向相一致,在平面上呈近SN走向。

3 扭动构造的石油地质意义

3.1 对盆地石油构造特征的影响

3.1.1 对歧口凹陷勘探分区的控制作用 大的扭动断裂带往往与基底块体的拼合缝位置对应,各块

体的边界条件不同,在不同地质时期发生不同的应变,进而形成不同的结构构造特征,因此扭动带在区域上除了具有独特的构造样式以外,还表现出对盆地构造分区的控制作用。刘官庄—宁车沽南北扭动构造带两侧的构造带走向和发育演化有很大不同,形成海域大型复杂地堑式结构和陆上多米诺式半地堑2种完全不同的构造格局;羊二庄—南堡北东向扭动带在歧口凹陷两侧分别对应着断阶区及斜坡区。

然而,不同构造分区的石油地质条件往往存在巨大差异,需要针对这些构造分区制定不同的勘探开发方案。例如,潜山披覆型油气藏是歧口凹陷陆上地区勘探的重要对象,而对于歧口凹陷海域则可能

在隐蔽岩性油气藏的寻找上取得重大突破。因此，扭动构造带控制了盆地构造格局，进而控制了油田勘探生产的区带划分。

3.1.2 对断裂的切割 当大断裂的走向与扭动带近于正交时,扭动带的持续活动对大断裂起到分隔破坏作用,同时受到破坏的断层的两部分在产状、演化、成藏模式上也有所差异。例如刘官庄—宁车沽扭动带对海河断层的切割迹象明显,无论是产状还是构造演化均存在较大的差异。海河断层西段断面陡倾,而东段倾角较小,同时西段的活动时期较东段晚。

3.2 对沉积特征的影响

3.2.1 对古物源入口位置的影响 扭动构造带是走滑背景上形成的构造破碎带, 纵向上影响层位较

多,横向延伸较长,在盆缘地区扭动带既为构造分隔带又为强风化剥蚀带,易形成物源碎屑通道,成为盆地边缘的古物源注入口。在歧口凹陷区主要体现为2种形式:(1)扭动带与盆缘近正交,正交点一般为注入点,扭动带向外延伸为盆缘的碎屑搬运通道(沟),如刘官庄—宁车沽扭动带对海河断裂的切割作用控制了北部物源向歧口深凹陷的运移,从而形成了沟谷—注入口—扇对应碎屑沉积体系(图4);(2)扭动带与盆缘近平行,可形成多个相对较小的注入口,尤其是扭动带为雁列断裂组合表征时,在断层间的转换部位形成注入口的可能性较大,如羊二庄—南堡扭动带南侧埕宁斜坡沟槽内搬运的碎屑通过在扭动带雁列断层(古近系沉积时发育)转换部位形成的注入点向盆内倾注(王华等,2009),形成一些

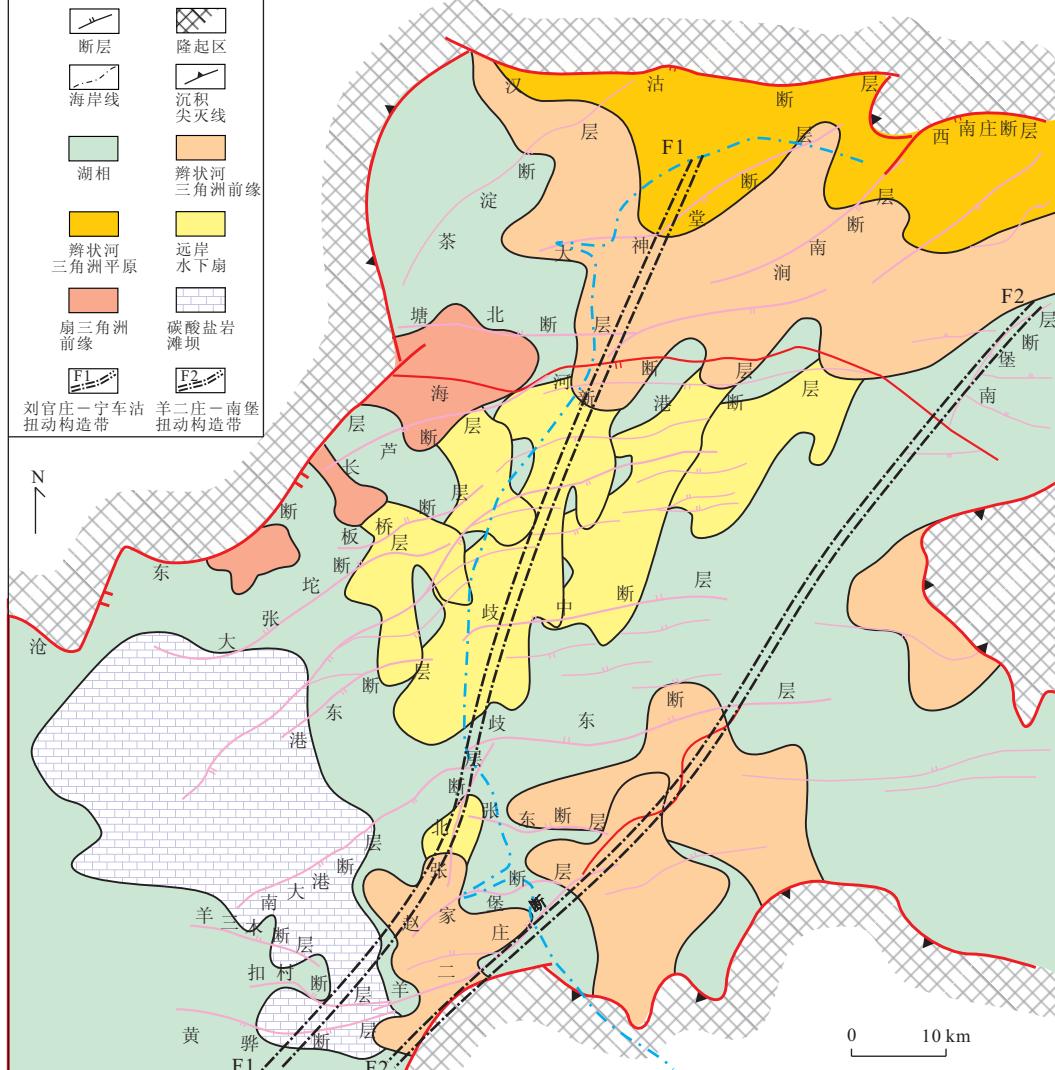


图 4 歧口凹陷扭动构造带对沉积体系展布的控制(以 E_{slr} 为例)(据吴永平等,2010 修改)

Fig. 4 The wrench structures control the distribution of the sedimentary systems in the Qikou sag

雁列的扇体沉积(图4)。

3.2.2 对盆内沉积体展布的影响 扭动带对盆内构造也具有明显的控制作用,从而影响着盆内沉积体的展布。歧口凹陷内发育的扭动带在古近系沉积演化过程中一般表现为正向拱升的特点,表现为2种沉积构造背景:(1)坡折,受基底走滑断裂影响,在歧口凹陷西部地区形成多级坡折,坡折带近SN走向,控制着砂体平行于坡折展布,利于形成岩性地层圈闭;(2)褶曲,歧口凹陷东部地区继承性发育的扭动带(近SN走向)表现为大型长轴背斜形态,其两侧大型长轴向斜利于南北长轴物源的碎屑作长距离搬运,在西侧形成上倾尖灭岩性圈闭带(图4)。

3.3 对油气成藏的影响

扭动带所呈现的构造组合样式对歧口凹陷的油气勘探产生了较为重要的影响。

在前第三系基底中,扭动带所体现的压扭破碎效果明显(往往具有正花状结构,尤其I、II型),奥陶系古潜山的构造改造作用突出,形成了大量的微裂缝,容易形成新生界古储型油气藏;同时所形成的前古近纪低幅突起带具有持续拱升的特点,对古近系沉积影响十分明显,地层发生强烈挠曲,是寻找不整合型岩性油气藏和披覆背斜型油气藏的有利场所(图5)。

古近系内发育的雁列式展布的断层除了能够沟通潜山的新生界油源外,往往自成体系,每个断层控制1个正向断鼻或背斜,使得扭动带在古近系形成有利的构造圈闭分布带,是油气的有利运移指向带。

新近系内发育的复“Y”型组合是在热沉降期形成的,扭动带一般位于大型基底块体的缝合线位置,两侧垂直沉降作用明显,造成新近系地层内形成的

受复“Y”型断层组合影响的逆牵引背斜或断鼻翼部产状往往较陡,圈闭的含油面积相对两侧同类圈闭较小,但由于油气运移条件优越,易于形成小而肥的油藏(图5)。

4 认识

通过对歧口凹陷主要扭动带研究,得到如下几点认识。

(1)通过对区域地质、航磁和地震数据等基础资料的分析,在歧口凹陷发现了近SN向的刘官庄—宁车沽扭动构造带和NE向的羊二庄—南堡扭动构造带。依据基底和盖层不同断裂组合特征,歧口凹陷的扭动构造可以分成4种基本类型:走滑—复杂断裂褶皱型(I型)、走滑—简单花状构造型(II型)、逆冲—简单花状构造型(III型)和走滑—挠曲褶皱型(IV型)。

(2)扭动构造带对歧口凹陷不同构造格局的形成有重要影响,其两侧的构造组合特征有较大的差异,从而影响了油气勘探的分区。扭动构造带与盆地边界的交角关系控制了歧口凹陷的古物源进入盆地的方式,且控制有利砂体的展布影响了不同构造层的成藏作用,在基底中可以寻找奥陶系古潜山之中的裂缝型油气藏,古近纪构造活动强烈,挠曲背斜和大型断鼻是勘探的重要场所,新近纪构造活动微弱,稳定的逆牵引背斜和断鼻翼部易于形成小而肥的优质油藏。

References

- Editorial Committee of Petroleum Geology of China of Dagang Oilfield, 1991. Petroleum geology of China (Vol. 4). Petroleum Industry Press, Beijing, 75 (in Chinese).
- Fan, J. L., Qi, J. F., Gao, A. H., et al., 2004. Genetic analysis of discontinuous of tectonic line on both sides of coastline in Huanghua basin. *Journal of China University of Mining & Technology*, 33 (3): 287—291 (in Chinese with English abstract).
- Hao, Y. Q., Pan, M., Chang, Y. W., et al., 2005. A discussion on the Pre-Tertiary structural system of Qikou coastal zone in Dagang oilfield. *Acta Geoscientica Sinica*, 26 (3): 223—228 (in Chinese with English abstract).
- He, S., Yang, Q., Qi, J. F., et al., 2008. Cenozoic fault systems and their genetic analysis in central area of the Huanghua depression. *Chinese Journal of Geology*, 43

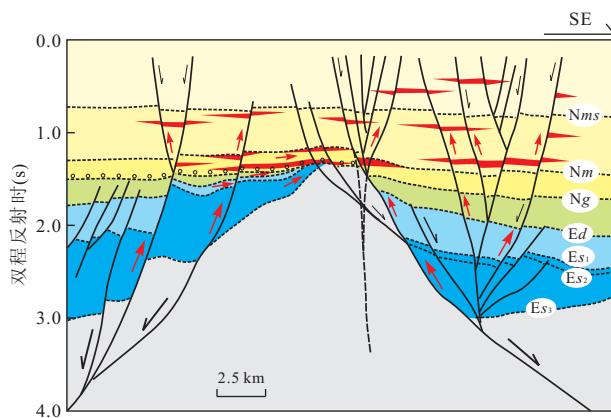


图5 歧口凹陷扭动构造带与油气成藏的关系

Fig. 5 The relationship of the wrench structures and hydrocarbon accumulation in the Qikou sag

- (3): 533—545 (in Chinese with English abstract).
- Hsiao, L. Y., Graham, S. A., Tilander, N., 2004. Seismic reflection imaging of a major strike-slip fault zone in a rift system: Paleogene structure and evolution of the Tanlu fault system, Liaodong bay, Bohai, offshore China. *AAPG Bull.*, 88 (1): 71—97. doi: 10.1306/09090302019
- Qi, J. F., Yu, F. S., Lu, K. Z., et al., 2003. Conspectus on Mesozoic basins in Bohai bay Province. *Earth Science Frontiers*, 10 (Suppl. 1): 199—206 (in Chinese with English abstract).
- Qi, P., Ren, J. Y., Lu, G. C., et al., 2010a. Cenozoic episodic subsidence in the middle and north part of Huanghua depression, Bohai bay basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 35 (6): 1041—1052 (in Chinese with English abstract).
- Qi, P., Ren, J. Y., Shi, S. S., et al., 2010b. Features of the Cenozoic structure of the coastal zone in Qikou sag and its formation mechanism. *Acta Petrolei Sinica*, 31 (6): 900—905 (in Chinese with English abstract).
- Qu, F., Chen, Q. H., Lian, C. B., et al., 2006. Faulted structure systems of Huanghua depression in Cenozoic era. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 13 (5): 7—10 (in Chinese with English abstract).
- Ren, J. Y., Liao, Q. J., Lu, G. C., et al., 2010. Deformation framework and evolution of the Huanghua depression, Bohai gulf. *Geotectonica et Metallogenesis*, 34 (4): 461—472 (in Chinese with English abstract).
- Wang, G. C., 1998. Relationship of Tanlu fault to the inversion and flower structures in Bohai bay. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 12 (5): 289—295 (in Chinese with English abstract).
- Wang, G. Q., Qi, J. F., Yue, Y. F., 2003. Formation and evolution of the Cenozoic tectonics within and surrounding the Qikou sag. *Chinese Journal of Geology*, 38 (2): 230—240 (in Chinese with English abstract).
- Wang, H., Bai, Y. F., Huang, C. Y., et al., 2009. Reconstruction and application of the Paleogene provenance system of the Dongying Formation in Qikou depression. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 34 (3): 448—456 (in Chinese with English abstract).
- Wu, Y. P., Yang, C. Y., Wang, H., et al., 2010. Integrated study of tectonics-sequence stratigraphy-sedimentology in the Qikou sag and its applications. *Geotectonica et Metallogenesis*, 34 (4): 451—460 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C. K., Zhang, X. K., Zhao, J. R., et al., 2002. Study and review on crust-mantle velocity structure in Bohai bay and its adjacent areas. *Acta Seismologica Sinica*, 24 (4): 428—435 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, L., Liu, J. S., Hao, T. Y., et al., 2007. Tomographic study on crust and upper mantle in Bohai bay basin and surrounding area. *Science in China (Ser. D)*, 37 (11): 1444—1455 (in Chinese).
- ### 附中文参考文献
- 大港油田石油地质志编辑委员会, 1991. 中国石油地质志: 卷四. 北京: 石油工业出版社, 75.
- 樊敬亮, 漆家福, 高爱华, 等, 2004. 黄骅盆地海岸线两侧构造线不连续之成因分析. 中国矿业大学学报, 33 (3): 287—291.
- 郝银全, 潘懋, 常毓文, 等, 2005. 大港歧口沿岸带前第三系构造体系探讨. 地球学报, 26 (3): 223—228.
- 何书, 杨桥, 漆家福, 等, 2008. 黄骅坳陷中区新生代断裂系统及其成因分析. 地质科学, 43 (3): 533—545.
- 漆家福, 于福生, 陆克政, 等, 2003. 渤海湾地区的中生代盆地构造概论. 地学前缘, 10 (增刊 1): 199—206.
- 祁鹏, 任建业, 卢刚臣, 等, 2010a. 渤海湾盆地黄骅坳陷中北区新生代幕式沉降过程. 地球科学——中国地质大学学报, 35 (6): 1041—1052.
- 祁鹏, 任建业, 史双双, 等, 2010b. 歧口凹陷沿岸带新生代构造特征及其形成机制. 石油学报, 31 (6): 900—905.
- 渠芳, 陈清华, 连承波, 等, 2006. 黄骅坳陷新生代断裂构造系统研究. 油气地质与采率, 13 (5): 7—10.
- 任建业, 廖前进, 卢刚臣, 等, 2010. 黄骅坳陷构造变形格局与演化过程分析. 大地构造与成矿学, 34 (4): 461—472.
- 王光奇, 漆家福, 岳云福, 2003. 歧口凹陷及周缘新生代构造的成因和演化. 地质科学, 38 (2): 230—240.
- 王国纯, 1998. 郊庐断裂与渤海海域反转构造及花状构造. 中国海上油气, 12 (5): 289—295.
- 王华, 白云风, 黄传炎, 等, 2009. 歧口凹陷古近纪东营期古生物源体系重建与应用. 地球科学——中国地质大学学报, 34 (3): 448—456.
- 吴永平, 杨池银, 王华, 等, 2010. 歧口凹陷构造—层序—沉积一体化研究及其应用. 大地构造与成矿学, 34 (4): 451—460.
- 张成科, 张先康, 赵金仁, 等, 2002. 渤海湾及其邻区壳幔速度结构研究与综述. 地震学报, 24 (4): 428—435.
- 张岭, 刘劲松, 郝天珧, 等, 2007. 渤海湾盆地及其邻域地区地壳与上地幔层析成像. 中国科学 (D辑), 37 (11): 1444—1455.