

## 渤海湾盆地南部走滑构造带发育特征及其控油气作用

周心怀<sup>1</sup>,张新涛<sup>1</sup>,牛成民<sup>1</sup>,刘豪<sup>2</sup>,黄江波<sup>1</sup>

[1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司,天津 300452; 2. 中国地质大学(北京)海洋学院,北京 100083]

**摘要:** 郯庐走滑断裂带穿过渤海湾盆地黄河口凹陷和莱西构造带,为了探讨走滑构造带内断裂发育特征、成因机制及其对油气控制作用,依据方差切片、三维可视化及精细地震解释技术对走滑构造带进行研究。结果表明,渤海湾盆地南部走滑构造带内发育“云梯式”和“栅栏式”两种断裂体系,断裂演化主要经历了中生代左旋走滑、古近纪伸展-走滑和新近纪强烈右旋走滑3个阶段。走滑构造带不仅控制了圈闭的形成,而且还影响了中、深层沉积体系的分布和油气的富集层位。结合不同构造部位油气富集特征,建立了走滑构造带内“中转站式”、“网毯式”、“复合式”及“阶梯式”等4类油气成藏模式,近些年指导发现了一系列大中型油气田,为下一步油气勘探指明了方向。

**关键词:** 成藏模式;走滑构造带;郯庐断裂;渤海湾盆地

**中图分类号:** TE122

**文献标识码:** A

## Growth of strike-slip zone in the southern Bohai Bay Basin and its significances for hydrocarbon accumulation

Zhou Xinhui<sup>1</sup>, Zhang Xintao<sup>1</sup>, Niu Chengmin<sup>1</sup>, Liu Hao<sup>2</sup>, Huang Jiangbo<sup>1</sup>

[1. CNOOC Tianjin Branch Company, Tianjin 300452, China; 2. School of Ocean Sciences, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China]

**Abstract:** Tanlu strike-slip fault zone transverses the Huanghekou Sag and Laixi structural belt in the southern Bohai Bay Basin. We studied the characteristics and genetic mechanism of faults within the strike-slip zone, as well as its controlling effect on hydrocarbon accumulation, by using variance slicing, 3D visualization and fine seismic interpretation technologies. The results show that there are two kinds of fault systems in the strike-slip fault zone in the southern Bohai Bay Basin: the “aerial ladder” type and the “palisade” type. The fault evolution has experienced three stages including sinistral strike-slip in the Mesozoic, extension-strike-slip in the Paleogene and intensive dextral strike-slip in the Neogene. The strike-slip belt not only controls the formation of traps, but also affects the distribution of sedimentary system in medium-to-deep layers as well as the horizons of hydrocarbon accumulation. According to the characteristics of hydrocarbon enrichment at different structural locations, four types of hydrocarbon accumulation patterns within the strike-slip belt were established, namely the transfer-station, meshwork-carpet, composite and ladder types, which have contributed to the successive discovery of large- or medium-sized oil and gas fields in recent years and will serve as a practical guidance for future hydrocarbon exploration.

**Key words:** accumulation pattern, strike-slip structural zone, Tanlu fault, Bohai Bay Basin

郯庐断裂带是位于中国东部地区的一条巨型线性构造带,也是切割岩石圈深大断裂,沿NE向延伸约2400 km,自南向北切过华南板块、大别-苏鲁造山带、华北克拉通和兴蒙造山带等4个一级大地构造单元<sup>[1-2]</sup>。郯庐断裂带沿线发育松辽盆地、渤海湾盆地等多个含油气盆地,并对盆地的形成演化和油气聚集

成藏等产生了重要影响<sup>[3-8]</sup>。近年来,渤海湾盆地郯庐断裂带与油气聚集成藏的密切关系被勘探实践不断证实,先后提出了许多创新性认识,如“晚期成藏理论”、“近源晚期优势成藏”<sup>[9-12]</sup>。渤海南部海域黄河口凹陷中央构造带、莱西构造带的油气分布与走滑构造带的发育密切相关,如渤中28-2S、渤中34-1及

收稿日期:2017-09-13;修订日期:2018-12-04。

第一作者简介:周心怀(1970—),男,教授级高级工程师,油气勘探研究与管理。E-mail:zhouhx3@cnooc.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05023-002)。

垦利9-1大中型油田都是分布在走滑断层叠覆区的走滑构造带内,但对走滑构造带的发育特征、成因机制及其控油气作用的研究尚显薄弱。本文主要在高分辨率三维地震资料精细解释基础上,对渤海南部海域走滑构造带进行精细解剖,明确其几何特征,探讨走滑构造带成因机制及其对油气聚集成藏的影响作用,以指导渤海走滑构造带内的油气勘探。

## 1 地质背景

黄河口凹陷位于渤海湾盆地济阳坳陷的东北部,北侧为渤南低凸起,南侧为垦东凸起和莱北低凸起,东侧为庙西凹陷,西邻沾化凹陷,面积约3 300 km<sup>2</sup> (图1)。郯庐断裂带穿过黄河口凹陷中央构造带,向南分割垦东凸起和莱北低凸起,向北穿过渤南低凸起后进入渤中凹陷。黄河口凹陷古构造面貌表现为西深东浅、北陡南缓、凹中有隆,总体上为北断南超的箕状凹陷。新生代构造运动经历了古近纪的裂陷期和新近纪的裂后拗陷期。裂陷期进一步可划分为初始断陷、扩张断陷、稳定发展、衰减4个阶段<sup>[13]</sup>。裂后拗陷期构造稳定,沉降缓慢,地形平缓,浅水湖泊水域范围大。黄河口凹陷发育沙河街组、东营组、馆陶组、明化镇组及平原组,其中沙河街组三段(沙三段)、沙一段、沙二段和东营组三段(东三段)等主力烃源

岩<sup>[11,14]</sup>。纵向上发育两套储盖组合,分别为古近纪沙河街组、东营组辫状河三角洲、滩坝砂体与滨浅湖泥岩储盖组合,新近系浅水三角洲砂体与浅水湖泊泥岩储盖组合。新近纪以来,黄河口凹陷主力源岩生烃高峰期与新构造运动同步进行,是浅层油气大发现的重要原因。目前,黄河口凹陷已成为渤海海域重要的油气勘探开发与生产基地之一。黄河口凹陷中央构造带相继发现了渤中34-2/4、渤中28-2S及渤中34-1油田,以及南部缓坡带的垦利3-2油田和垦东凸起倾没端的垦利9-1等大中型油田,总探明储量超过 $2 \times 10^8$  t。

## 2 走滑构造带特征及成因

### 2.1 走滑断层识别标志

Harding<sup>[15]</sup>最早提出了走滑断层的识别标志。Sylvester<sup>[16]</sup>根据走滑断层构造位置及卷入深度,对走滑断层进行了详细分类。国内学者也总结走滑断层的相关特征,包括断面陡立而狭窄,沿走向断面倾向多变,常无显著的垂直升降,不同力学性质的构造在同一条断层共存,形成复杂的“花状构造”等<sup>[17]</sup>。本文主要在三维地震资料精细解释基础上,利用三维可视化、方差切片等技术,对研究区内的走滑断层进行精细识别。

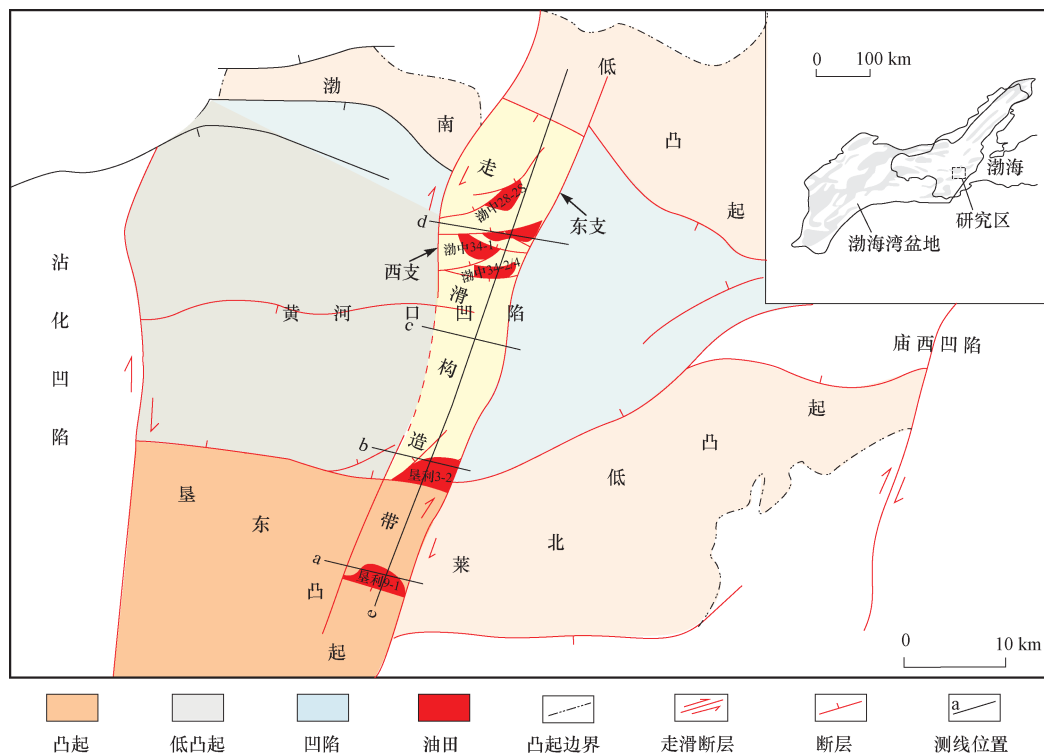


图1 黄河口凹陷位置及构造纲要图

Fig. 1 Location and the tectonic outline map of the Huanghekou Sag

在 1 200 ms 方差切片上,两条主干走滑断层呈 NNE 向线性延伸(图 2)。东支走滑断层特征清晰,从凸起区穿过凹陷区,一直延伸至渤中凹陷;西支走滑断层在凸起区明显,在凹陷区呈断续特征。与东支走滑断裂相伴生的调节断层规模较大、数量多,近 EW 向雁列式分布;与西支走滑断裂相伴生的调节断层规模较小、数量少,主干走滑断层和调节断层在平面上共同组成“云梯式”断裂分布特征。在三维可视化图上,走滑

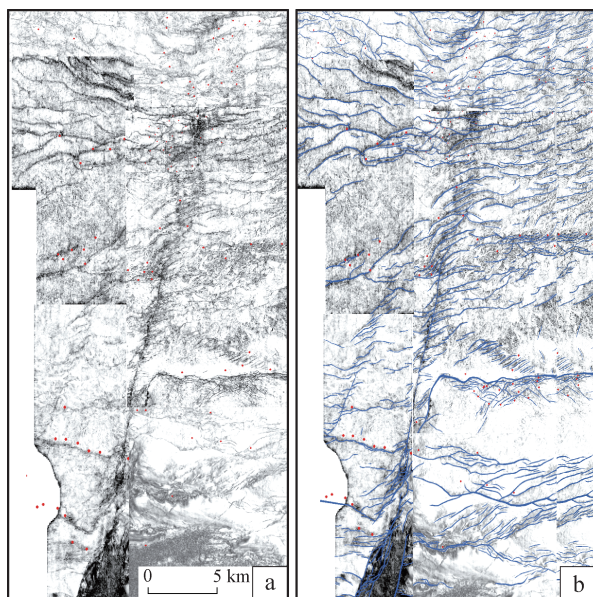


图 2 渤海湾盆地南部断裂结构特征  
a. 未解释;b. 解释

Fig. 2 Fault structure characteristics of the southern Bohai Bay Basin

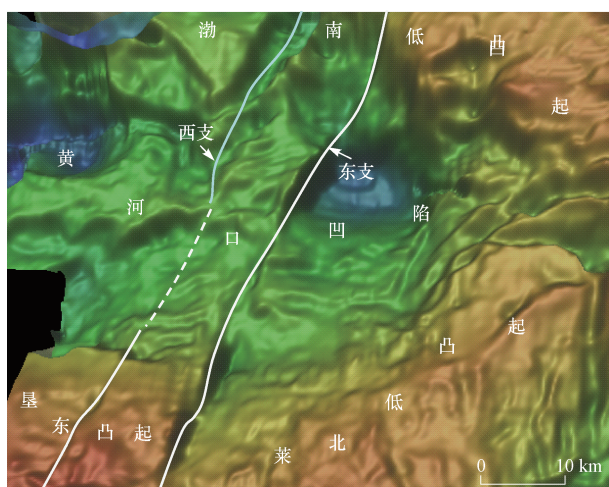


图 3 渤海湾盆地南部走滑构造带三维可视化特征  
Fig. 3 3D visualization characteristics of the strike-slip structural zone in the southern Bohai Bay Basin

a. 中生界基底左旋走滑阶段;b. 古近纪伸展-走滑阶段;  
c. 新近纪强右旋走滑阶段

构造带内两条 NNE 向主干走滑断层清晰可见,分割了垦东凸起与莱北低凸起,向北穿过渤南低凸起(图 3)。

在地震剖面上,主走滑断层两侧的同向轴是连续的,表明走滑断层并没有明显的垂向位移。但在不同构造部位,走滑断层活动性存在差异性,整体表现为东强西弱,凸起强、凹陷弱特征。在垦东凸起区,中生界中发育一系列直立“栅栏式”走滑断层,绝大部分向上中止于新生界底界(图 4)。在这些早期左旋走滑断层中,仅有东、西两侧的主走滑断层受到了新构造活动的影响,一直持续活动至今。在黄河口凹陷区,走滑断层南北活动差异较大。在南部缓坡带,主干走滑断层活动性东强西弱,古近纪走滑断层发育、呈直立状,浅层发育花状构造;中部凹陷区,走滑断层活动性弱、地震剖面上未见明显地层错动现象,方差切片上走滑特征不清楚,但东支走滑断层所在部位发育一系列调节断层,调节断层成对出现,走向一致、倾向相反,两条调节断层交汇部位为深层走滑发育带(图 3);北部陡坡区,走滑断层活动性增强,尤其是西支走滑断层,逐步演化成为两条走滑断层。

## 2.2 走滑构造带演化

走滑断裂体系具有双重力学性质,走滑-挤压、走滑-伸展分别对应压扭性正花状构造和张扭性负花状构造,在走滑断层两端则易形成马尾状拉张或挤压构造。在走滑应力场的影响下,受限制作用、释放作用环境形成的断层间的连接关系以及走滑双重构造具有不同的特点。渤海黄河口-莱西走滑构造带可以认为是基底走滑断裂影响和晚期应力方向改变叠加的结果。本文通过分析不同时期、不同构造带地质特征,并结合方差切片和地震剖面解释结果,建立了渤海黄河口-莱西走滑构造带演化模式,将其演化过程划分为 3 个阶段(图 5)。

第一阶段为中生界基底左旋走滑阶段(图 5a)。由于中生界较厚(一般大于 1 000 m),潜山内幕地层地震反射特征清晰,NNE 向走滑断层呈“栅栏式”分布,并终止于新生界底界(图 4)。该阶段走滑断层左旋走滑活动发生于古近纪之前,与前人对郯庐走滑断裂带早期活动的认识相同<sup>[18]</sup>。另外,该时期只有 NNE 向主走滑断层比较发育,调节断层很少。

第二阶段为古近纪伸展-走滑阶段(图 5b)。渐新世时,郯庐断裂带等 NNE 向深断裂受日本海扩张派生的 NE-SW 向挤压影响而发生右旋走滑位移,使渤海湾盆地表现出主压应力轴为 NE-SW 或 NEE-SWW 向的复杂区域应力场特征<sup>[19]</sup>,局部地区形成了

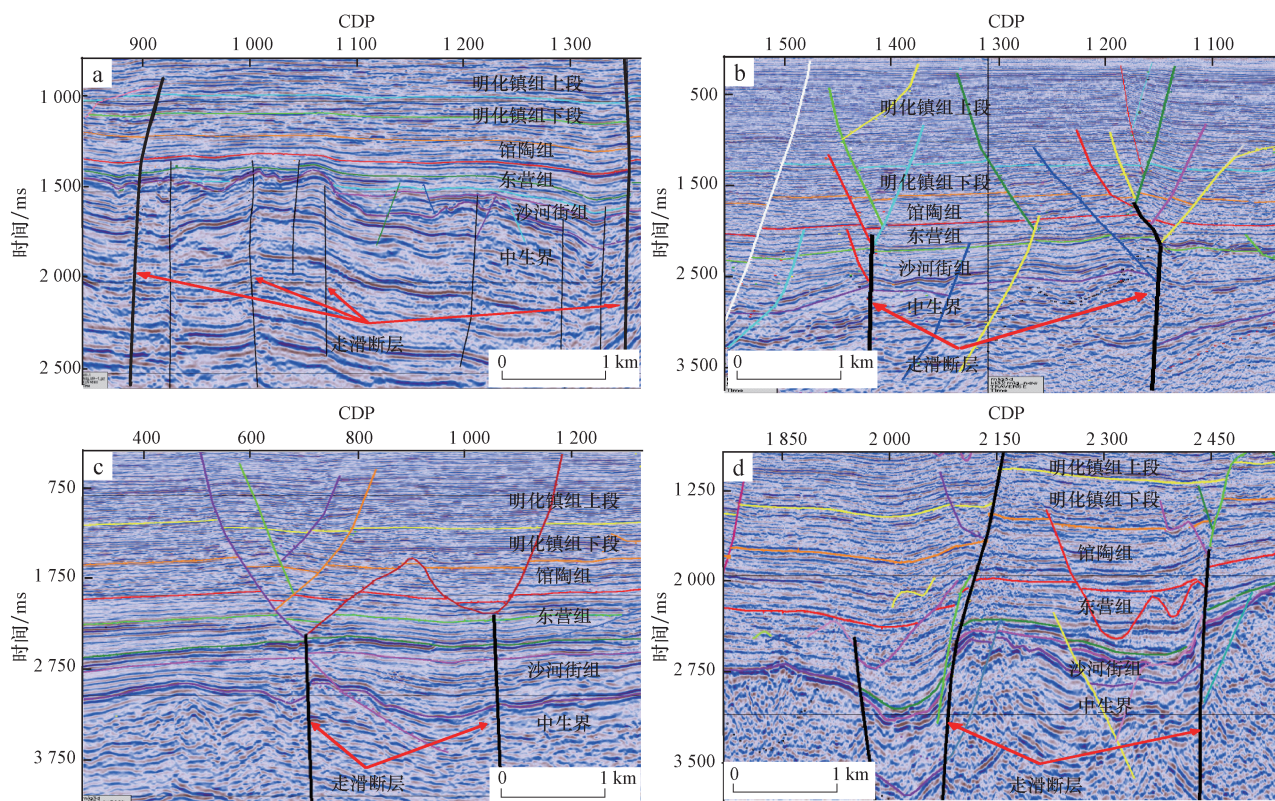


图4 渤海湾盆地南部中生界走滑断裂识别标志(测线位置见图1)

Fig. 4 Identification marks of the Mesozoic strike-slip faults in the southern Bohai Bay Basin (see Fig. 1 for the line location)

a. 测线 a; b. 测线 b; c. 测线 c; d. 测线 d

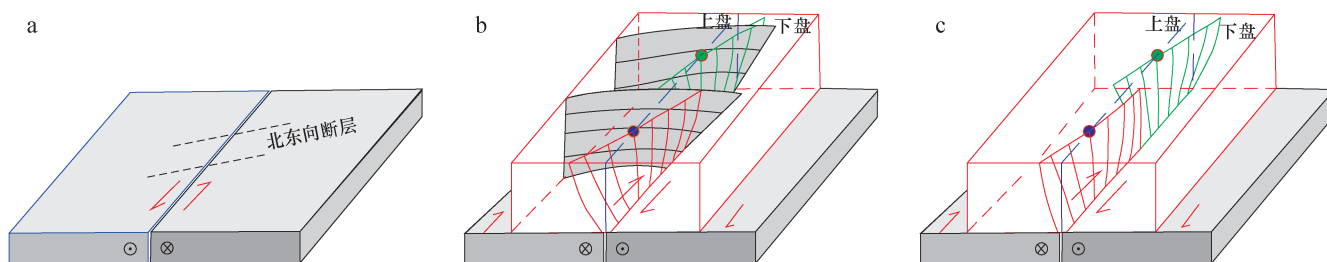


图5 渤海湾盆地南部走滑构造带演化模式

Fig. 5 Evolution pattern of the strike-slip structural zone in the southern Bohai Bay Basin

a. 中生界基底左旋走滑阶段; b. 古近纪伸展—走滑阶段; c. 新近纪强右旋走滑阶段

较明显的走滑构造形迹,如青东凹陷、莱州湾凹陷和辽西凹陷<sup>[6,20]</sup>。位于垦东凸起东侧的郯庐断裂带内发育两条 NNE 向走滑断层,其中东支走滑断层清晰,伴生断层少,并都收敛到主走滑断层上,是主走滑断层向上延伸后断面扭动的结果。

第三阶段为新近纪强烈右旋走滑阶段(图5c)。新近纪时,渤海湾盆地在前期裂陷基础上进入拗陷演化阶段,断裂活动和褶皱作用都较弱。但随着太平洋板块与欧亚板块发生强烈碰撞作用,郯庐断裂带发生右旋走滑活动,形成了渤海右旋走滑断裂体系。在方差切片上,两条 NNE 向主干走滑断层清晰可见,而且由于浅层近 EW 向断层都依附于主走滑

断层分布,形成“云梯式”断裂体系(图3),可以确定晚期浅层断层的形成与走滑断层形成的区域破碎带有直接关系,是区域上南北伸展应力作用和右旋走滑剪切作用的综合反映。晚期右旋走滑断层与渤海新构造运动是同步的,控制了渤海海域新近系的油气勘探发现<sup>[10]</sup>。

### 3 走滑构造带控油气作用

#### 3.1 控制圈闭形成和分布

在凸起区,受早期“栅栏式”走滑断裂与近 EW 向

张性、张扭性伸展断裂双重影响,主要发育地层圈闭及断块圈闭。新近纪,走滑断裂右旋走滑分量增大,断层倾角由陡变缓,断距由小变大,形成大型披覆背斜构造。缓坡带部位的走滑断裂与盆缘断层组合,易形成墙角断块圈闭。在洼陷区,沿 NNE 向基底走滑断层上覆的馆陶组和明化镇组中发育大量斜列的近 EW 调节正断层,形成“X”型、“包心菜式”和“Y”型等一系列组合样式,易形成断块和断鼻圈闭<sup>[21-24]</sup>。但不同地区受走滑断层活动差异性影响,圈闭类型差异较大。在黄河口凹陷南缘,断层发育较少,深层仅仅发育与主走滑断层相伴生的小型断块、断鼻圈闭,浅层圈闭不发育,如渤中 34-5 构造区。而北部走滑断层活动性强,深、浅层均发育一系列大型断块、断鼻和断背斜圈闭,如渤中 34-1、渤中 34-2/4 构造区(图 6)。

### 3.2 控制中、深层沉积体系分布

走滑构造带控制沉积体系从凸起物源区和盆缘到

盆内的沉积、搬运过程(图 7)。在垦东凸起区,早期发育“栅栏式”走滑断层,形成了“沟壑相间”古地貌背景,为垦东凸起区沉积物源提供了良好的输砂通道。在盆地边缘,NNE 向走滑断层与近 NW 向控边断层构成走滑-坡折体系,控制了垦东凸起大型辫状河三角洲沉积体系入湖方向和沉积厚度。在盆内,受两条走滑断裂影响,中央构造带发育水下古隆起。根据滩坝砂体成因机制<sup>[25-26]</sup>,并结合滩砂成片、坝砂成带的分布规律,认为来自于盆地南缘的辫状河三角洲沉积体系在水下古隆起区发育大面积的滩坝砂。滩坝砂具有分布面积广、单层厚度薄(一般为 5~8 m)、油品性质好、产能高等特征。钻井已经证实渤中 34-2/4 构造区东营组广泛发育滩坝砂体。

### 3.3 控制油气运移方向和聚集层位

受走滑应力场变化及断层组合样式、活动强度和等因素的影响,走滑构造带内的油气分布存在差

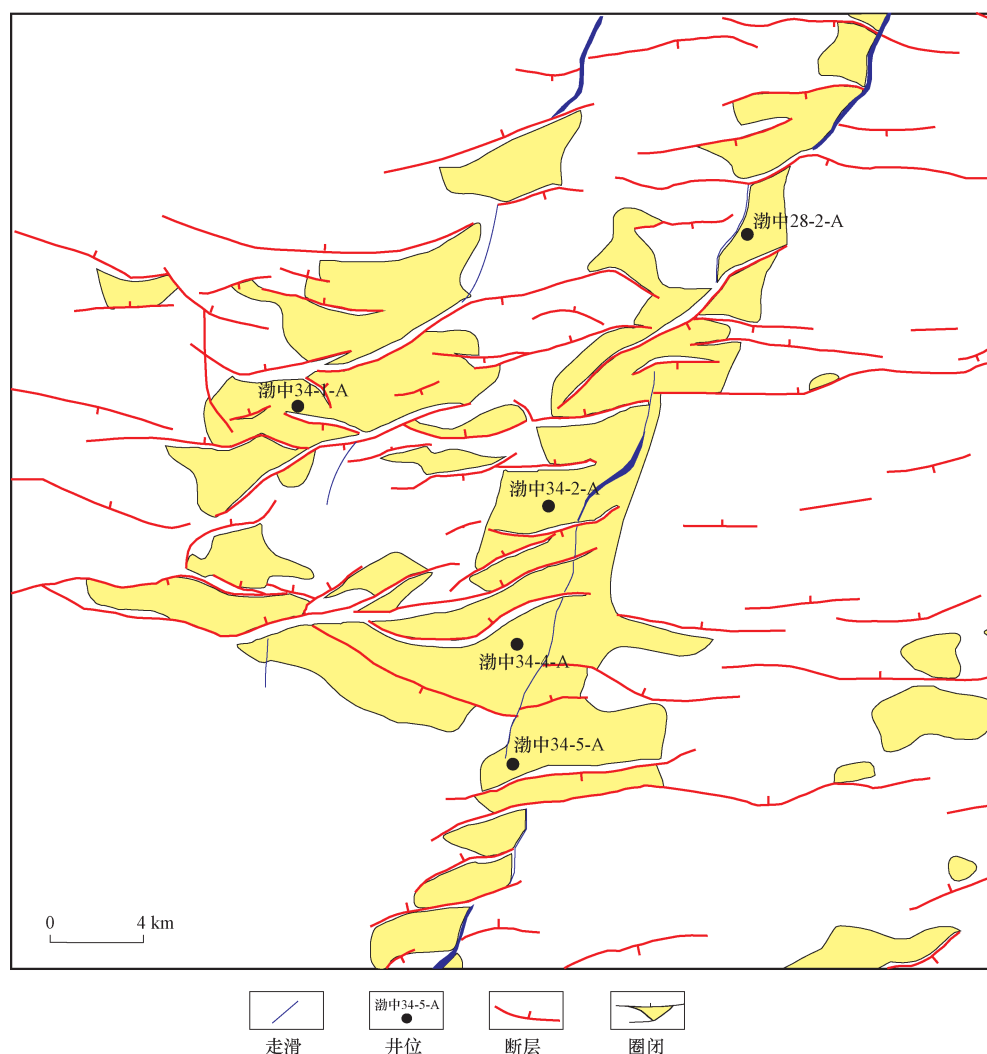


图6 黄河口凹陷走滑构造带内沙河街组圈闭发育特征

Fig. 6 Distribution of traps in the Shahejie Formation within the strike-slip structural zone in the Huanghekou Sag

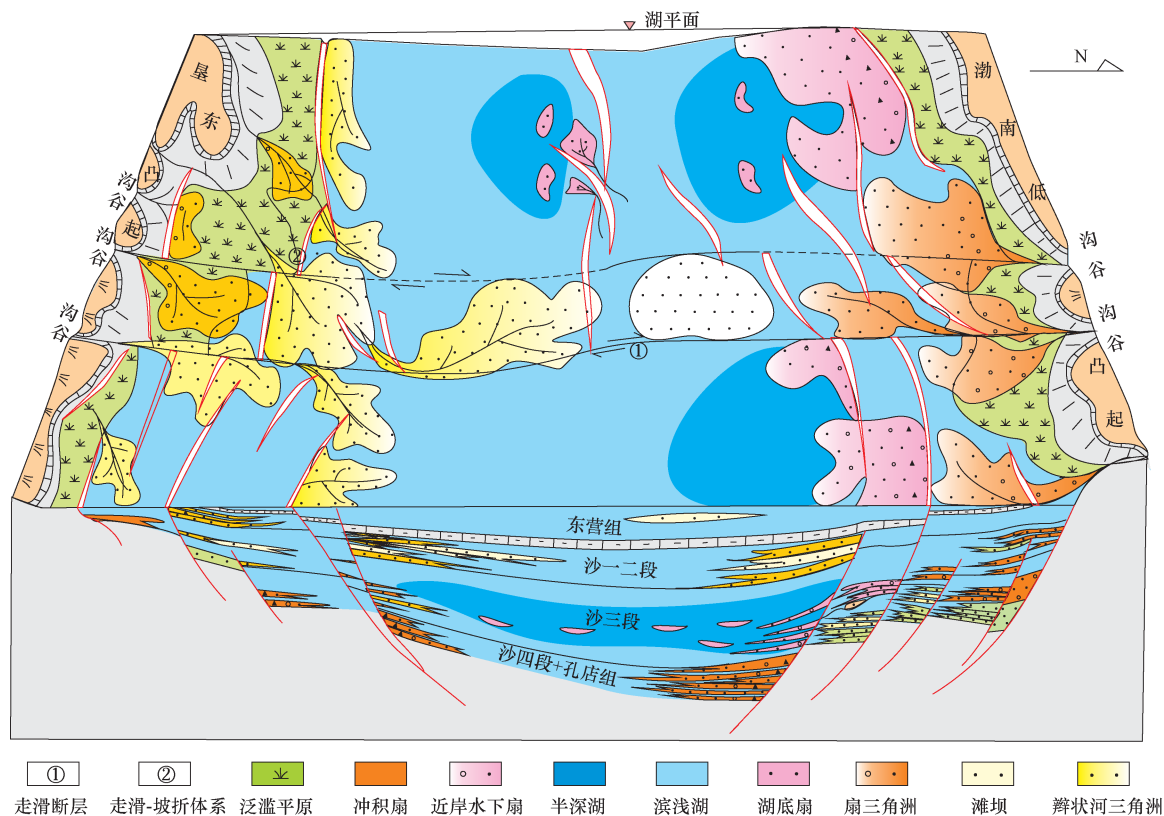


图7 黄河口凹陷-莱西走滑构造带控砂模式

Fig. 7 Model showing controls of the Huanghekou Sag-Laixi strike-slip structural zone on the distribution of sandstones

异性。走滑应力场变化控制了油气的宏观分布,走滑挤压区的油气主要赋存在深层,而走滑伸展区的油气可以通过调节断层向浅层运移。断层组合样式则控制了油气优势的运移方向,如“X”型、“包心菜”型、“Y”型断层组合等都对油气运移起到了重要的控制作用<sup>[21]</sup>。断层活动强度控制了油气时空分布,但断层活动性强、断距大的地区,油气充注能力强、丰度高,反之油气充注能力弱、丰度低。断层活动时间与储盖组合共同控制了油气聚集层位,一方面新构造运动形成大量晚期调节断层,在垂向上形成一系列运移通道,另一方面新近纪浅水三角洲砂体广泛发育,且砂泥比配置合理,使其成藏条件更为优越<sup>[11]</sup>。

### 3.4 油气成藏模式

通过对黄河口凹陷走滑构造内沙河街组-明化镇组油气成藏组合的特点、分布层系及其成藏主控因素进行分析,并结合不同构造带的油气富集特征,建立了黄河口凹陷4类油气成藏模式(图8)。

陡坡带“中转站”成藏模式,该模式强调断层下降盘砂体的作用。从烃源岩中初次运移来的油气在砂体内聚集,就如一个油气运移临时聚集“中转站”。随着晚期断裂的持续活动,断层沟通了深层“中转站”油气向

浅层运移,形成复式成藏模式。渤中25-1-5井证实在运移断层附近,沙三段发育巨厚的砂体(40~260 m),沙三段砂体起到了吸收烃源岩中生成的分散油气后运移到明化镇组的“中转站”作用。

中央构造带“网毯式”成藏模式,该模式指出油气在“输导网”运移过程中,向馆陶组厚层块状砂砾岩又称为“仓储层”中横向输导,而切穿“仓储层”中次级断裂网可以将油气垂向输导进入上部的油气聚集带,在有圈闭条件的部位形成次生油气藏。渤中34-B、渤中34-C区为黄河口-莱西走滑构造带夹持隆起区,近年来,拓展构造背景下岩性油气藏勘探领域,新发现了渤中34-A西,渤中34-B两个商业性油田和一批含油气构造。尤其是渤中34-A油田的1井区,由于缺乏深切沙河街组的油源断层,但切穿馆陶组的断层可以作为次级油源断层,连通馆陶组砂砾岩作“网毯式”横向油气输导,在浅层明下段聚集成藏。

缓坡带“复合式”成藏模式是指油气浅层的油气运移受中深层层“中转站”与馆陶组“网毯式”输导体系双重因素的控制。垦利3-A构造位于黄河口凹陷南缘缓坡带边界断层下降盘,为依附边界断层形成断鼻型圈闭,是油气长期汇聚指向区。垦利3-2-A井

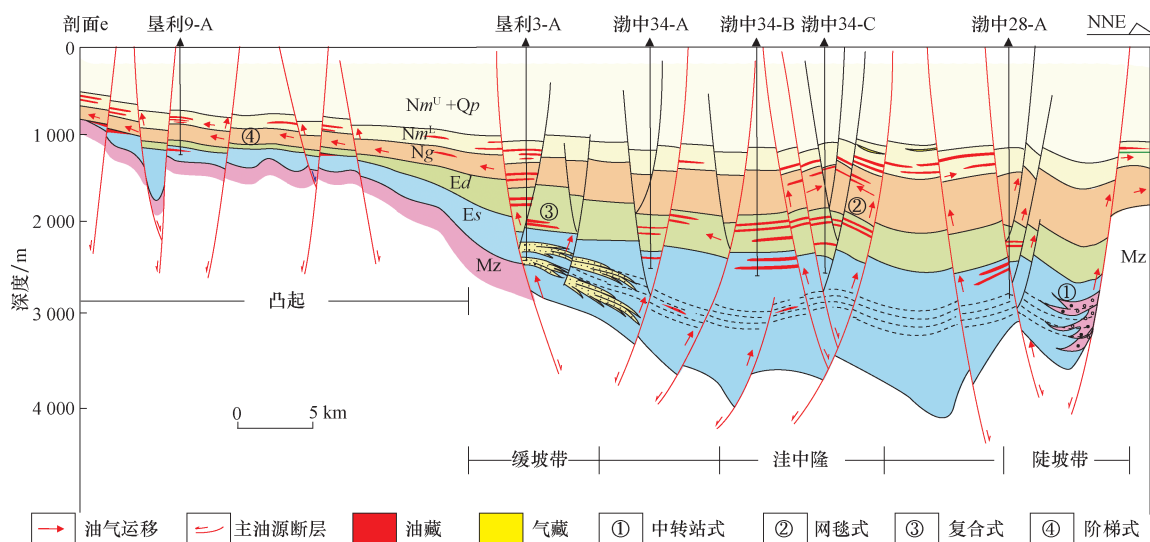


图8 黄河口凹陷—莱西走滑构造带油气差异成藏模式(剖面位置见图1)

Fig. 8 Differential hydrocarbon accumulation pattern in the Huanghekou Sag-Laixi strike-slip structural zone (see Fig. 1 for the profile location)

钻后证实明化镇组、馆陶组、东营组及沙河街组均发现良好的油气显示。

凸起带“阶梯式”成藏模式。该模式是指由断层和骨架砂岩组成的油气输导体系统,由低势区向高势区连续运移,油气沿着北部边界断层向上运移,沿着馆陶组砂砾岩横向输导,遇到顺向正断层向上运移并成藏,并呈现由北向南“阶梯式”侧向和垂向运移,含油气层位逐渐变浅特征。垦东凸起斜坡带发现大型岩性—构造圈闭,如垦利9-1、垦利9-5/6构造,钻探已经获得近亿吨的储量规模,展现了良好的勘探前景。

## 4 结论

1) 郯庐断裂带穿过渤海南部黄河口凹陷和莱西构造带,形成两条 NNE 向主干走滑断层,主干断层与近 EW 向调节断层构成了复杂的走滑构造带。走滑构造带内发育平面上“云梯式”和纵向上“栅栏式”两种断裂体系。走滑构造带形成演化经历了早中生界左旋走滑阶段、古近纪伸展—走滑阶段和新近纪强烈右旋走滑阶段等 3 个阶段。

2) 黄河口—莱西走滑构造带控制了圈闭的形成分布、中深层沉积体系分布及油气运移方向和聚集层位。走滑构造带内发育“中转站式”“网毯式”、“复合式”及“阶梯式”等油气成藏模式。不同构造带油气成藏模式差异性决定了油气富集层位,先后指导了中央构造带、凸起斜坡带一系列大中型油气的勘探发现。

## 参 考 文 献

- [1] 万天丰. 郯庐断裂带的延伸与切割深度[J]. 现代地质, 1996, 10(45): 518-52.
- [2] 朱光, 宋传中, 牛漫兰, 等. 郯庐断裂带的岩石圈结构及其成因分析[J]. 高校地质学报, 2002, 8(3): 248-256.
- [3] 邓运华. 郯庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制作用[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(5): 301-305.
- [4] 张云银. 郯庐断裂带含油气性研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 28-32.
- [5] 杨占宝. 郯庐断裂带中生代演化与含油气盆地形成分布综述[J]. 地质力学学报, 2006, 12(1): 43-48.
- [6] 龚再升, 蔡东升, 张功成. 郯庐断裂对渤海海域东部油气成藏的控制作用[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 1-10.
- [7] 万桂梅, 周东红, 汤良杰. 渤海海域郯庐断裂带对油气成藏的控

- 制作用[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 450–454.
- Wang Guimei, Zhou Donghong, Tang Liangjie. Control of the TanLu fault zone on hydrocarbon accumulation in the Bohai Sea waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 450–454.
- [8] 余一欣, 周心怀, 徐长贵, 等. 渤海海域断裂相互作用及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(1): 11–19.
- Yu Yixin, Zhou Xinhui, Xu Changgui, et al. Fault interactions and their significances for hydrocarbon accumulation in offshore Bohai Bay Basin, eastern China. [J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(1): 11–19.
- [9] 陈斌, 邓运华, 郝芳, 等. 黄河口凹陷 BZ34 断裂带油气晚期快速成藏模式[J]. 石油学报, 2006, 27(1): 37–41.
- Chen Bin, Deng Yunhua, Hao Fang et al. Late-stage rapid petroleum accumulation model of BZ34 fault zone in Huanghekou Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(1): 37–41.
- [10] 龚再升, 王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏[J]. 石油学报, 2001, 22(2): 1–7.
- Gong Zaisheng, Wang Guochun. New tectonism control late hydrocarbon accumulation in the Bohai sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(2): 1–7.
- [11] 彭文绪, 孙和风, 张如才, 等. 渤海海域黄河口凹陷近源晚期优势成藏模式[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 510–518.
- Peng Wenxu, Sun Hefeng, Zhang Rucai, et al. Late-stage near-source preponderant hydrocarbon pooling pattern in the Huanghekou Sag of the Bohai Sea waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 510–518.
- [12] 陈书平, 吕丁友, 王应斌, 等. 渤海盆地新近纪–第四纪走滑作用及油气勘探意义[J]. 石油学报, 2010, 31(6): 894–899.
- Chen Shuping, Lv Dingyou, Wang Yingbin, et al. Neogene-Quaternary strike-slip movement in Bohai Basin and its significance in petroleum exploration [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(6): 894–899.
- [13] 万桂梅, 汤良杰, 周心怀, 等. 渤海海域新近纪–第四纪断裂特征及形成机制[J]. 石油学报, 2010, 31(4): 591–595.
- Wan Guimei, Tang Liangjie, Zhou Xinhui, et al. Neogene-Quaternary fault characteristics and its formation mechanism in Bohai Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(4): 591–595.
- [14] 孙和风, 周心怀, 彭文绪, 等. 渤海南部黄河口凹陷晚期成藏特征及富集模式[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(3): 307–311.
- Sun Hefeng, Zhou Xinhui, Peng Wenxu, et al. Late-stage hydrocarbon accumulation and enrichment in the Huanghekou Sag, southern Bohai Sea [J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(3): 307–311.
- [15] Harding T. P. Identification of wrench faults using subsurface structural data: criteria and pitfall [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(10): 1590–1609.
- [16] Sylvester A. G. Strike-slip faults [J]. GSA Bulletin, 1988, 100(11): 1666–1703.
- [17] 单家增, 张占文, 肖乾华. 辽河凹陷古近纪两期构造演化的构造物理模拟实验[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 14–17.
- Shan Jiazeng, Zhang Zhanwen, Xiao Qianhua. Modeling experiments of two-phase structural evolution in the Liaohe Depression, Paleogene [J]. Petroleum exploration and development, 2004, 31(3): 14–17.
- [18] 万天丰, 朱鸿. 庐断裂带的最大左行走滑断距及其形成时期[J]. 高校地质学报, 1996, 2(1): 14–27.
- Wan Tianfeng, Zhu Hong. The maximum sinistral strike-slip and its forming age of Tancheng-Lujiang fault zone [J]. Geological Journal of Universities, 1996, 2(1): 14–27.
- [19] 杨明慧. 渤海湾盆地变换构造特征及其成藏意义[J]. 石油学报, 2009, 30(6): 816–823.
- Yang Minghui. Transfer structure and its relation to hydrocarbon exploration in Bohai Bay Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(6): 816–823.
- [20] 彭文绪, 辛仁臣, 孙和风, 等. 渤海海域莱州湾凹陷的形成和演化[J]. 石油学报, 2009, 30(5): 654–660.
- Peng Wenxu, Xin Renchen, Sun Hefeng, et al. Formation and evolution of Laizhou Bay Sag in Bohai Bay [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(5): 654–660.
- [21] 王应斌, 黄雷, 王强, 等. 渤海浅层油气富集规律—以黄河口凹陷为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(5): 637–641.
- Wang Yingbin, Huang Lei, Wang Qiang, et al. Hydrocarbon accumulation in the shallow reservoirs of the Bohai Bay Basin: a case study of the Huanghekou Sag [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(5): 637–641.
- [22] 朱秀香, 吕修祥, 王德英, 等. 渤海海域黄河口凹陷走滑转换带对油气聚集的控制[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 476–483.
- Zhu Xiangxiu, Lv Xiuxiang, Wang Deying. Controlling effect of a strike-slip transform belt on hydrocarbon accumulations in the Huanghekou Sag, the Bohai Sea waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 476–483.
- [23] 余一欣, 周心怀, 徐长贵, 等. 渤海海域断裂相互作用及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(1): 11–19.
- Yu Yixin, Zhou Xinhui, Xu Changgui, et al. Fault interactions and their significances for hydrocarbon accumulation in offshore Bohai Bay Basin, eastern China [J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(1): 11–19.
- [24] 胡明, 姜宏军, 付广, 等. 似花状断裂密集带富油差异性——以渤海湾盆地南堡凹陷中浅层为例[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37(4): 528–537.
- Hu Ming, Jiang Hongjun, Fu Guang, et al. Characterization of petroleum pooling patterns in dense flower-like fault belts: Taking the middle and shallow layers in Nanpu Sag of Bohai Bay Basin as an example [J]. Oil & Gas Geology, 2016, 37(4): 528–537.
- [25] 徐长贵, 杜晓峰, 徐伟, 等. 沉积盆地“源–汇”系统研究新进展[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(1): 1–11.
- Xu Changgui, Du Xiaofeng, Xu Wei, et al. New advances of the “Source-to-Sink” system research in sedimentary basins [J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(1): 1–11.
- [26] 邓宏文, 马立祥, 姜正龙, 等. 车镇凹陷大王北地区沙二段滩坝成因类型、分布规律与控制因素研究[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 715–724.
- Deng Hongwen, Ma Lixiang, Jiang Zhenglong, et al. Sand bank generation types and its controls on their distribution, the second member of Shahejie Formation, Lower tertiary, Dawangbei, Chezheng Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(5): 715–724.