

# 渤海湾盆地垦东地区新近系断裂特征及其控藏作用

武云云,马立驰,杨贵丽,刘晓林,王志英,赵约翰,谢传金

(中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院,山东东营 257015)

**摘要:**利用基础地质、钻、测、录井及三维地震资料,结合相干分析技术,对渤海湾盆地垦东地区断裂几何学和运动学特征进行了研究,在此基础上分析了断裂对成藏要素的控制作用。结果表明,研究区主要发育 NNE、NEE、NWW 走向断裂体系,受郯庐断裂早期活动影响,研究区断裂活动具有古近纪“西强东弱”、“南强北弱”,新近系“西弱东强”、“南弱北强”的特点。不同成因类型断裂对成藏要素的控制作用不同,拉张型断裂主要形成简单断块型圈闭,张扭(扭张)型断裂形成复杂断块和断层—岩性圈闭,压扭型断裂形成背斜构造圈闭;断裂对储层的控制,表现在储集砂体临近张性断层、远离扭性断层发育的一般规律;拉张型、张扭(扭张)型断层和压扭型断层封闭性依次增强,油气一般在封闭性较强的油源断层附近富集。

**关键词:**断裂特征;油气聚集;控藏作用;垦东地区;渤海湾盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

## Fault characteristics and their controls on hydrocarbon accumulations in Neogene, Kendong area, Bohai Bay Basin

Wu Yunyun, Ma Lichi, Yang Guili, Liu Xiaolin, Wang Zhiying, Zhao Yuehan, Xie Chuanjin

(Research Institute of Exploration and Development, SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong 257015, China)

**Abstract:** We studied the geometric and kinematic characteristics of faults in the Kendong area of the Bohai Bay Basin, and analyzed their controls on hydrocarbon accumulations, based on basic geology, well drilling, testing, logging and 3D seismic data. The study area mainly developed on NNE, NEE and NWW oriented fracture systems. Affected by the early activity of Tanlu Fault, faulting in the western and southern parts of the study area was stronger than that of the eastern and northern parts in the Paleogene, but the reverse in the Neogene. Different types of fractures had different controlling functions on hydrocarbon accumulation elements. Tensile fractures mainly formed simple fault block traps, transtensional (torsion) fractures formed complex fault block and fault-lithological traps, and compresso-shear fractures formed anticlinal structural traps. Reservoirs controlled by faults generally followed a principle that sand bodies developed near extensional faults and away from torsion faults. Sealing of extensional faults, transtensional (torsion) faults, compresso-shear faults enhanced in order, and hydrocarbon usually accumulated near the oil source faults with better sealing conditions.

**Key words:** fault characteristics; oil and gas accumulation; controlling reservoir; Kendong area; Bohai Bay Basin

断裂与油气成藏关系的研究,一直受到石油地质学家及油气勘探者的关注<sup>[1-2]</sup>。断裂研究一般包括断裂几何学、运动学及断层封闭性研究,其对成藏的控制作用研究主要包括2个层次,一是大规模边界断裂通过影响构造、沉积以及地层发育,制约区域油气地质条件的优劣,从而控制油气的富集情况<sup>[3-10]</sup>;二是断裂通过直接参与油气成藏过程,作为油气成藏的直接要素,控制油气成藏的有效性<sup>[11-21]</sup>。渤海湾盆地垦东地区也进行过断裂特征及其对油气成藏过程影响的研究<sup>[11-13]</sup>,然而不同级别、不同成因类型断裂对油气藏,特别是隐蔽性

油气藏形成的影响程度,及其内在机理还不清楚,制约了油气分布精细预测与勘探目标部署。为此,笔者以垦东地区为例,在对研究区的断裂特征认识的基础上,结合已有的勘探开发资料,分析断裂对油气成藏过程的控制方式和控藏程度,着重分析断裂对圈闭发育、储层分布、油气运聚的控制作用,以期对油气勘探提供参考借鉴。

## 1 区域概况

垦东地区构造上位于渤海湾盆地济阳坳陷与郯庐断裂带的交会处,属于NNW向的埕岛—桩西—

长堤—孤东—垦东潜山披覆构造带的南段。断裂是构造单位划分的自然边界<sup>[11-12]</sup>,垦东东断裂和垦东南断裂分别将垦东地区与东部的莱州湾凹陷和南部的青东凹陷分隔开,研究区内部的垦东 6—孤东断裂和垦东断裂又将该区从西向东分为孤南—富林洼陷带、孤东—红柳潜山披覆构造带、垦东凸起带 3 个二级构造单元。垦东地区四面环洼,具有相似且良好的油源、储盖及其组合、成藏过程及保存条件,不同地区不同部位断裂发育特征不同,控制形成了不同类型的油气藏。

## 2 断裂特征

### 2.1 断裂几何学特征

(1) 平面分布特征。垦东地区主要存在 3 个方向的断裂(图 1): NNE 向(垦东断层、孤东断裂带、垦东 6 断层等)、NEE 向(孤南断层东段、垦东 48 断层、垦东 47 断层等)和近 NWW 向(垦东南断层)。此外,垦东地区还发育大量更次一级断层,主要是垦东、孤东等边界断层的派生断层,其优势走向为 NEE 向。垦东地区总体表现为 3 条 NNE 向断裂平行排列,从西到东依次为垦东 6—孤东断裂、垦东断裂、垦东中断裂,其间被 NEE、NWW 向断层调节的断裂构造格局。其平面组合方式包括平行式、雁列式、羽列式、斜交式等组合类型,具有明显的分带性,除垦东东斜坡断层平面组合方式不明显外(初

步定为雁列式),垦东主体发育雁行式组合(垦东中断裂带),孤东—红柳地区发育斜交式组合,研究区北部主要为平行式组合。就断裂的剖面组合特征而言,主要表现为阶梯状、地堑和地垒、“Y”字形及花状构造,这些组合方式在研究区均有发育。

(2) 断裂变化特征。不同部位断层的变化特征不同(图 1),除孤南断裂带东段与垦东东斜坡发育 NWW 向断层外,研究区断层主要走向为 NNE、NEE 向,在垦东地区南部和西部(垦东主体、孤东—红柳披覆构造带与孤南—富林洼陷),主要发育 NNE 向的大规模断层,同时伴生 NEE 向的次级断层;研究区北部(孤东潜山东、北翼部、垦东北部斜坡带),断层走向逐渐向 NEE 向过渡。研究区同一走向的断层其几何形态从东向西具有大致一致的变化规律,即同一走向断层断距逐渐增大、断面形态由板状逐渐弯曲(过渡到曲面),断层组合逐渐由雁行式向平行式过渡,这一规律反映了研究区断层从东到西张性增强、扭性减弱的变化特征。

同一断层在不同部位具有不同的变化特征,主要表现为大规模断层在不同部位其走向发生变化,如垦东断层在南端其走向为 NNE 向,向北其走向变为 NEE 向,在平面上表现为向 NW 凸起的弧形;孤东断层北端分支断层走向从南向北由 NEE 向 NNE—SSW 过渡,表现为向 SE 方向凸起的弧形。同条断层走向的横向变化,反映了不同部位活动历史的差异及所受应力的变化。

依据断层切割层位的情况,并结合几何要素的变化特征,将断层纵向变化分为继承发育、后期改造、晚期发育与后期消亡等 4 种变化类型(图 2)。其中继承发育型主要指从(前)古近系一直延续至新近系的断层变化,反映(早)古近纪已存在的断层,在新近纪构造活动中继承发育的特征;后期改造型是指断层同时切割(前)古近系与新近系,但是在(前)古近系与新近系中断层的几何形态发生明显

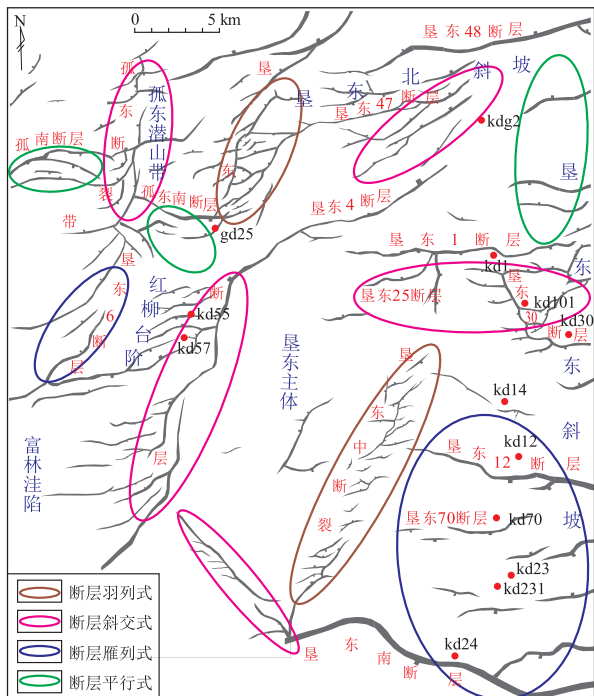


图 1 渤海湾盆地垦东、孤东地区断裂平面组合特征

Fig.1 Fracture plane distribution in Kandong and Gudong areas, Bohai Bay Basin

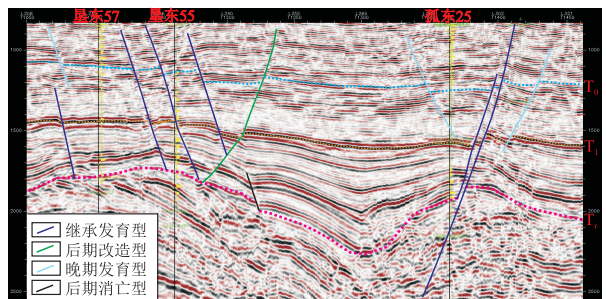


图 2 渤海湾盆地垦东、孤东地区断裂纵向变化类型

Fig.2 Longitudinal fracture types in Kandong and Gudong areas, Bohai Bay Basin

变化,反映老断层被新构造活动改造的特征;新生型断裂是指仅切割新近系的断层,反映新构造运动期间发育的特征;晚期消亡型是指仅在(前)古近系中存在,在新近系中消失的断层,反映在古近纪活动、在新构造运动中消亡的特征。继承发育型主要分布在垦东东斜坡、北斜坡及孤南—富林洼陷;后期改造型主要为垦东、垦东6及孤东等研究区二级单元的分界断裂;晚期发育型主要分布在各二级单元的内部;后期消亡型在孤东潜山内部发育。

## 2.2 断裂运动学特征

采用定量分析方法中断层生长指数法和断距法,利用断层在不同部位切割剖面方式,分析各部位运动特征的差异,统计计算得到同一断层不同部位的的生长指数与断距。利用其生长指数和断距分析断层的活动性,结果表明,垦东地区断层活动性具有如下规律:古近纪早期( $E_k-E_{s_4}$ 沉积时期)一级断层(垦东、孤东等断层,此时东部二级断层尚未发育)活动性具有“西强东弱”的特点,到新近纪西部一级断层活动性逐渐减弱,东部系列二级断层活动强烈,呈现“西弱东强”的特征。通过对研究区南部、北部断层活动性,以及垦东、孤东等断层不同部位活动性特征分析发现,研究区断层活动性从南向北也具有类似的变化特征,即古近纪早期“南强北弱”、新近纪“南弱北强”(图3)。

断层活动性的这些特征,受区域构造应力场变

化的控制。垦东地区古近纪处于断陷期,地幔上涌,垂直方向上为最大压应力,水平方向强烈拉张,与此同时,由于郯庐断裂的左旋走滑作用使研究区形成了张扭应力场;由于双重效应的叠加作用,研究区整体处于强拉张、弱走滑应力场。新构造运动阶段,郯庐断裂带的右旋走滑是研究区区域应力场的主控因素,其特点表现为以张扭为主,压扭不发育。强走滑、弱拉张是该区域的应力场特征,走滑断裂是该区域新构造运动阶段断裂的主要表现形式,各断裂带的性质与分布方向吻合于郯庐断裂带右旋走滑所控制的区域应力场。研究区新近系断裂按照成因类型可划分为4种成因类型,即拉张型、扭张型、张扭型和压扭型断层,这4种断层应力特征依次扭性逐渐增强、张性逐渐减弱。

## 3 断裂控藏作用

断裂控藏作用研究,就是从根本上分析断裂与生、储、盖、圈等成藏要素形成及分布的关系,研究断裂对烃类生成、运聚、保存等成藏过程的控制作用,进而揭示油气藏的分布与富集规律。针对垦东地区新近系成藏体系特征,本次主要开展断裂对圈闭形成、储层展布与油气运聚的控制作用研究,揭示不同成因断裂控藏作用的差别。

### 3.1 断裂对圈闭发育的控制作用

断裂对圈闭的控制作用,表现在不同断裂类型控制形成不同的圈闭类型。张性断层可以形成断块、断鼻等圈闭。如垦东斜68块馆上段5砂组被南、北2个NEE向拉张型三级断层切割,两断层共用一个上升盘(垦东斜68),形成地垒式圈闭。扭张、张扭型断层的应力性质相似,均属于张性与扭性的过渡状态,它们控制形成的圈闭类型也较为相似,主要形成断鼻、复杂断块和岩性—断层等圈闭。其中断鼻以垦东12块为代表,其形成受垦东12断层的控制,垦东12扭张断层切割垦东东部近SN向的鼻状构造,并形成侧向遮挡,形成垦东12断鼻圈闭。压扭型断层在挤压与扭应力作用下形成,在这种应力背景下,往往形成逆冲断层与背斜构造,如垦东凸起南北展布、东西相间的2个低缓背斜构造。在这种应力背景下,可以形成背斜型构造圈闭,如垦东中部的垦东18圈闭。

### 3.2 断裂对储层发育的控制作用

垦东新近系储层均为河流相砂体,具有埋藏浅、成岩作用弱、物性好的特征。因此,断裂对其物性是否改造对储层物性影响较小,断裂对储层的控制作用主要表现在通过控制沉积作用影响砂体展

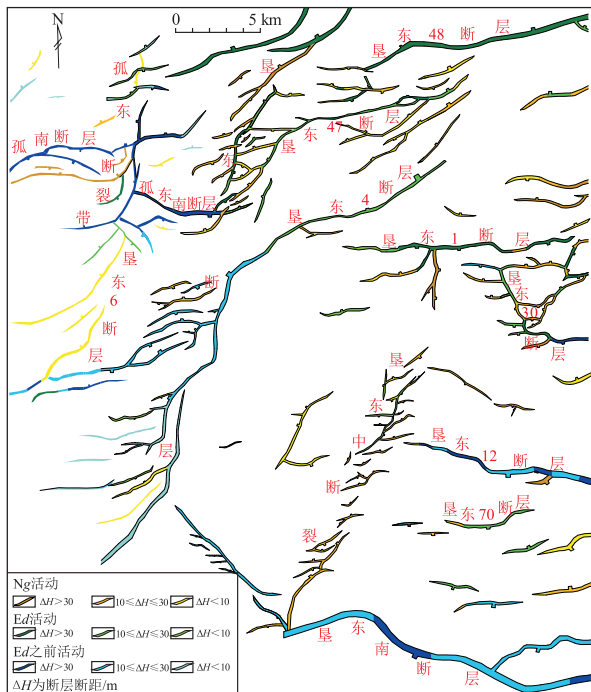


图3 渤海湾盆地垦东、孤东地区断层活动特征分布

Fig.3 Fault activity characteristics in Kending and Gudong areas, Bohai Bay Basin

布。该区河道砂体主要邻近张性断层,而与扭性断层距离较远。这主要是因为地层拉张作用(形成张性断层)常常形成沿断层走向的局部沟槽,这一条形低地常常发育新的河道,各类河道砂体沿断层发育。顺河流走向的张性断层破碎带本身就是河道之一,横切河流张性断层,反向断层局部改变河流流向,顺向断层断坡控砂。

### 3.3 断裂对油气运移的控制作用

断裂对油气运移控制作用表现在 2 个方面,一是控制油气运移方式,二是控制油气运移方向。垦东地区存在 2 种油气运移方式,即断裂输导体系输导和断裂+砂体(不整合面)复合输导。

断裂控制油气运移的方式有 2 种,一种是断裂直接沟通源岩与圈闭,油气沿断裂向上运移,并在上部合适圈闭中聚集成藏。垦东地区这类输导方式主要为孤东断层、孤东南断层及孤南断层东段,这类输导方式的形成不仅与断裂发育规模、发育早晚有关,还与断裂的活动特征与应力性质及油源充注动力有关,只有油气成藏期活动强烈的拉张型、扭张性断层,同时切割源岩和圈闭,且油气有充足的动力向上运移,才能形成主油源断层。另一种是断裂和砂体共同控制油气运移,由于新近系油气均来自古近系烃源岩,因此新近系油气成藏均为油气沿断裂向上运移的过程,油气纵向运移的输导要素可以是连通砂体,也可以是各种级别的不整合,或砂体和不整合 2 种。

断裂对油气运移方向的控制可从原油密度和黏度分布上得到证明,原油沿着油气运聚路径由深到浅、由近到远,原油密度和黏度逐渐增大。以垦东地区为例,该区原油密度呈现沿垦东北断层(垦东 48 断层)从下向上密度逐渐增大,横向上从北向南密度增大的特征(图 4)。这一特征说明垦东 48 等油源断层的存在,油气在油源断层的输导下纵向运移至上部输导层,然后再沿上部输导层进行

分配。

### 3.4 断裂对油气聚集的控制作用

断层具有开启性和封闭性双重特征,前者主要控制油气的运移,后者可对油气聚集起到有效遮挡。因此,揭示断层对油气聚集的控制作用,需通过断层封闭性研究来完成。垦东地区存在岩性配置封闭、泥岩涂抹封闭、断裂带性质封闭和产状配置封闭 4 种类型的断层封闭模式。

#### 3.4.1 岩性配置封闭模式

岩性配置关系是研究断裂封闭、特别是浅部断裂封闭的重要手段。通过断层两侧被断地层的净毛比来间接反映断层两侧储层与非储层的对置关系,其计算式为:

$$N/G = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{L}$$

式中: $N/G$  为净毛比; $h_i$  为被断开的第  $i$  层净储集层厚度,  $m$ ;  $n$  为净储集层层数;  $L$  为被断开的层段总厚度,  $m$ 。

对研究区主要断层的净毛比进行统计分析,建立依据净毛比确定断层封堵性的标准,即:在馆上段,当  $N/G < 0.35$  时,断层侧向封闭,能有效地封闭油气使之成藏;当  $N/G > 0.45$  时,断层侧向基本开启,不能有效封闭油气;而当  $N/G$  介于  $0.35 \sim 0.45$  之间时,断层随机封闭或开启。馆下段与馆上段相比,断层封闭的净毛比阈值要大于馆上段。

#### 3.4.2 泥岩涂抹封闭模式

由于垦东地区新近系主要发育河流相,故采用断层泥比率( $SGR$ )对泥岩涂抹带加以定量研究,其计算公式为:

$$SGR = \frac{\sum_{i=1}^n H_i S_i}{T}$$

式中: $H_i$  为第  $i$  岩层厚度,  $m$ ;  $S_i$  为第  $i$  岩层中泥岩百分比, %;  $T$  为断距,  $m$ 。

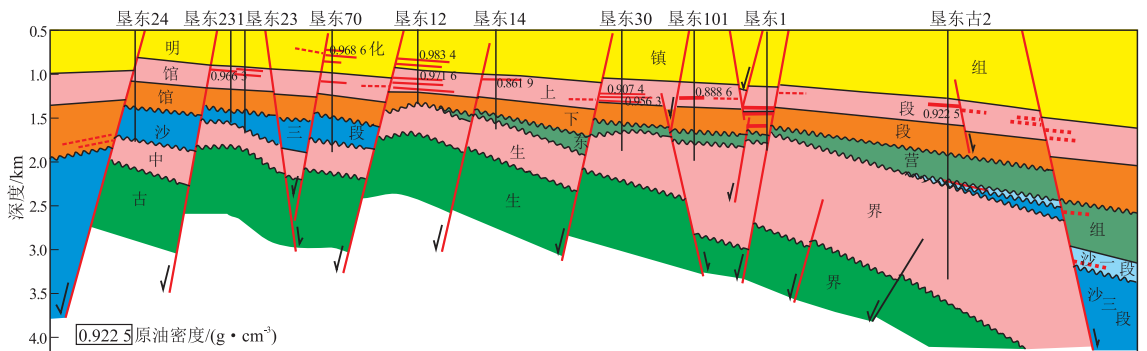


图 4 渤海湾盆地垦东地区原油密度

Fig.4 Crude oil density variation in Kending area, Bohai Bay Basin

对垦东地区主要断层的断层泥比率进行统计分析,发现对于同一条断层,馆上段的断层泥比率大于馆下段的,含油层段的断层泥比率大于非含油层段的;对于不同断层,相同层位泥岩涂抹差异明显,但是馆上段的断层泥比率总体大于 0.55。

经过统计断裂带断层泥比率与封堵油气的对比分析发现,油层的断层泥比率一般都大于 0.27,因此,将该区断裂封堵油气的断层泥比率下限值定为 0.27。当断层泥比率低于 0.27 时,表明断裂不具封闭性,而高于这个值时,断层具有较好的封堵性。

### 3.4.3 产状配置封闭模式

依据断层及其两盘岩层产状的配置关系,可将正断层细分为同向、反向、屋脊式和反向屋脊式 4 类。其中,反向断层封闭性最好,如垦东 12、垦东 14 断层等;而油气容易沿同向正断层断面储集层上倾方向运移,说明其封闭程度较弱。一般而言,反向和屋脊式正断层的封闭性要好于同向和反向屋脊式正断层。

### 3.4.4 断层性质封闭模式

断层性质影响其封闭性,一般情况下,压性断层、走滑断层、张性断层的封闭性依次减弱。垦东地区新近纪整体处于拗陷发育阶段,拉张作用不发育,郟庐断裂带活动成为研究区应力场的主控因素;NNE-SSW 向走滑作用强烈,同时存在 NEE-SWW 向弱拉张。因此垦东地区新近纪断层封闭性较好。

断层封闭性的强弱,决定了断层遮挡条件的好坏,是决定以断层为遮挡条件圈闭有效性的重要因素。参考断层输导性评价结果,将垦东地区断层按封闭性分为较强封闭—主油源断层、较弱封闭—主油源断层、强封闭—次油源断层、较弱封闭—次油源断层、强封闭—非油源断层、弱封闭—非油源断层等 6 类。从断层封闭类型与油气分布图上可以看出,目前发现的油气均分布在油源断层附近封闭性断层形成的圈闭之中(图 5)。其中孤东主油源断裂处,与较强封闭性断层有关的潜山、断块油藏最为富集;次油源断裂处,与强封闭断层有关的断鼻、复杂断块油藏聚集程度次之,如垦东 12 断鼻油藏、垦东 34 复杂断块油藏等;非油源断层处,由连通砂体等方式输导的油气也可在封闭性断层有关的圈闭中成藏,如红柳油田等;而弱封闭、较弱封闭断层,无论油气输导条件如何,均难以形成断层遮挡型油藏。

## 4 结论

(1) 垦东地区主要发育 NNE、NEE、近 NWW

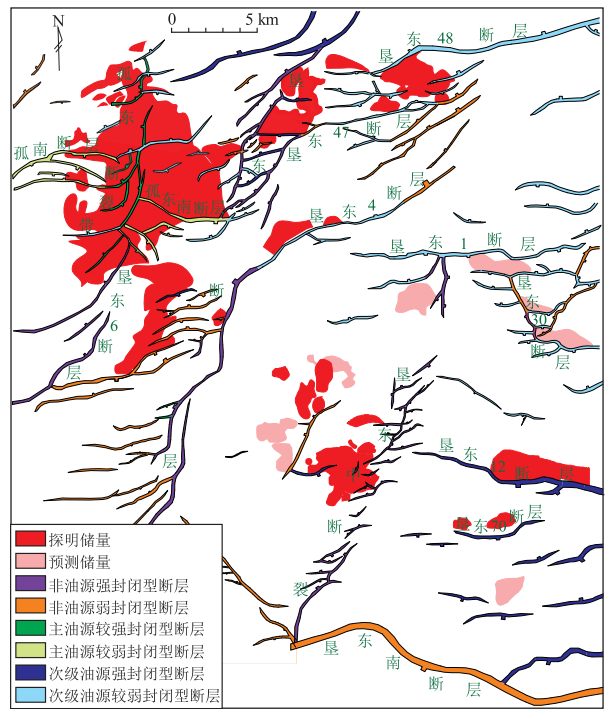


图 5 渤海湾盆地垦东、孤东地区断层封闭类型与油气分布  
Fig.5 Fault sealing types and distribution of oil and gas in Kending and Gudong areas, Bohai Bay Basin

等 3 种走向断裂,在平面上构成平行式、雁列式、羽列式、斜交式等多种组合类型。借助三维剖面并结合不同构造面相干分析成果对比,发现研究区不同断层或同一断层平面上不同部位其走向不同,纵向上存在继承发育、后期改造、晚期发育和后期消亡 4 种变化类型。受郟庐断裂带早期左旋剪切、晚期右旋张扭应力场的控制,研究区古近纪断裂活动具有“西强东弱”、“南强北弱”的特点,新近纪断裂活动具有“西弱东强”、“南弱北强”的特点。

(2) 不同成因断裂对新近系圈闭发育类型、储层展布及油气输导、封闭的控制作用不同。断裂对圈闭的控制作用,表现在不同断裂类型控制形成不同的圈闭类型,其中拉张型断裂主要形成简单断块型圈闭,张扭、扭张型断层则形成复杂断块和断层—岩性圈闭,而压扭型断层主要形成背斜型构造圈闭。断裂对新近系储层发育的控制主要通过影响河道走向控制砂体储层展布,其中砂体发育具有邻近张性断层、远离扭性断层的一般规律。断层封闭性影响油气的富集程度,断层封闭性强的部位油气富集程度高。

### 参考文献:

- [1] 庄培仁,常志忠.断裂构造研究[M].北京:地震出版社,1996.  
Zhuang Peiren, Chang Zhizhong. Structural study of fracture[M]. Beijing: The Seismological Press, 1996.

- [2] 陆克政.构造地质学教程[M].东营:石油大学出版社,1996:151-156.  
Lu Kezheng.Structural geology tutorial[M].Dongying:China University of Petroleum Press,1999:151-156.
- [3] 张厚福,方朝亮,张家弊.石油勘探构造分析[M].武汉:中国地质大学出版社,1995.  
Zhang Houfu,Fang Zhaoliang,Zhang Jiabi.Petroleum exploration and structure analysis[M].Wuhan:China University of Geosciences Press,1995.
- [4] 吴智平,李伟,郑德顺,等.沾化凹陷中、新生代断裂发育及其形成机制分析[J].高校地质学报,2004,10(3):405-417.  
Wu Zhiping,Li Wei,Zheng Deshun,et al.Analysis on features and origins of the Mesozoic and Cenozoic faults in Zhanhua Sag[J].Geological Journal of China Universities,2004,10(3):405-417.
- [5] 张善文,王永诗,石砥石,等.网毯式油气成藏体系:以济阳拗陷新近系为例[J].石油勘探与开发,2003,30(1):1-10.  
Zhang Shanwen,Wang Yongshi,Shi Dishu,et al.Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system:Taking Neogene of Jiyang Depression as an example[J].Petroleum Exploration and Development,2003,30(1):1-10.
- [6] 王玉秀,官大勇,张宏国,等.郯庐走滑断裂带消逝端断裂特征与油气成藏[J].特种油气藏,2015,22(2):56-58.  
Wang Yuxiu,Guan Dayong,Zhang Hongguo,et al.Fracturing features and oil/gas reservoir forming at the pinchout end of Tanlu strike-slip faulting belt[J].Special Oil & Gas Reservoirs,2015,22(2):56-58.
- [7] 韦阿娟.郯庐断裂带超压带超压特征、成因及其定量评价[J].石油实验地质,2015,37(1):47-52.  
Wei Ajuan.Characteristics, origin and quantitative evaluation of overpressure in strike-slip and compression[J].Petroleum Geology & Experiment,2015,37(1):47-52.
- [8] 陈华靖,周东红,吕丁友,等.渤海地区新生代走滑断裂特征及其对油气成藏的影响[J].断块油气田,2015,22(4):454-457.  
Chen Huajing,Zhou Donghong,Lyu Dingyou,et al.Characteristics of Cenozoic strike-slip faults in Eastern Bohai Sea and its influence on hydrocarbon accumulation[J].Fault-Block Oil and Gas Field,2015,22(4):454-457.
- [9] 马立驰,王永诗,杨贵丽.垦东一埕岛构造带古近纪断层活动特征[J].油气地质与采收率,2015,22(3):42-46.  
Ma Lichi,Wang Yongshi,Yang Guili.Features of Paleogene fault activity in the Kendong-Chengdao structural belt[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(3):42-46.
- [10] 杨贵丽,郑荣才,赵约翰,等.济阳拗陷垦东地区油气运聚规律再认识[J].油气地质与采收率,2015,22(3):10-15.  
Yang Guili,Zheng Rongcai,Zhao Yuehan,et al.New understanding of petroleum migration and accumulation law in Kendong area,Jiyang depression[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(3):10-15.
- [11] 邹激滢.垦东凸起构造特征及其对油气成藏的控制作用[J].油气地质与采收率,2008,15(4):27-29.  
Zou Lianyan.Structural features of Kendong Salient and its control on hydrocarbon accumulating[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2008,15(4):27-29.
- [12] 付兆辉,李敏.郯庐断裂对垦东地区构造和成藏的影响[J].海洋石油,2005,25(2):15-19.  
Fu Zhaohui,Li Min.The influence of Tancheng-Lujiang fault zone to the tectonization and stratification of Kendong area[J].Offshore Oil,2005,25(2):15-19.
- [13] 徐新军,石砥石,刘成彬.新滩油田馆上段油气藏特征研究[J].油气地质与采收率,2002,9(6):33-35.  
Xu Xinjun,Shi Dishu,Liu Chengbin.Oil-gas reservoir characteristics in upper Ng in Xintan oilfield[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2002,9(6):33-35.
- [14] 姜振学,庞雄奇,曾澹辉,等.油气优势运移通道的类型及其物理模拟实验研究[J].地学前缘,2005,12(4):507-516.  
Jiang Zhenxue,Pang Xiongqi,Zeng Jianhui,et al.Research on types of the dominant migration pathways and their physical simulation experiments[J].Earth Science Frontiers,2005,12(4):507-516.
- [15] 张善文,曾澹辉.断层对沾化凹陷馆陶组石油运移和聚集影响的模拟实验研究[J].地球科学(中国地质大学学报),2003,28(2):185-190.  
Zhan Shanwen,Zeng Jianhui.An experiment study on influence of fault on petroleum migration and accumulation in Guantao Formation,Zhanhua Depression[J].Earth Science(Journal of China University of Geosciences),2003,28(2):185-190.
- [16] 熊利平,孙自明,李磊.沾化凹陷东部油气成藏模式研究[J].西北大学学报(自然科学版),2004,34(6):708-712.  
Xiong Liping,Sun Ziming,Li Lei.Pool-forming pattern of hydrocarbon in the eastern Zhanhua Sag[J].Journal of Northwest University(Natural Science Edition),2004,34(6):708-712.
- [17] 詹润,朱光.渤海海域郯庐断裂带新生代活动方式与演化规律:以青东凹陷为例[J].地质科学,2012,47(4):1130-1150.  
Zhan Run,Zhu Guang.Cenozoic activity methods and evolution of the Tan-Lu fault zone in Bohai Bay:Evidence from the Qingdong Sag[J].Chinese Journal of Geology,2012,47(4):1130-1150.
- [18] 伍涛,陈建渝,田世澄.济阳拗陷孤南洼陷油气成藏系统[J].石油与天然气地质,1999,20(4):326-329.  
Wu Tao,Chen Jianyu,Tian Shicheng.Petroleum accumulation systems in Guan Sag,Jiyang Depression[J].Oil & Gas Geology,1999,20(4):326-329.
- [19] 田鹏,马庆佑,吕海涛.塔里木盆地北部跃参区块走滑断裂对油气成藏的控制[J].石油实验地质,2016,38(2):156-161.  
Tian Peng,Ma Qingyou,Lü Haitao.strike-slip faults and their controls on hydrocarbon reservoirs in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift,Tarim Basin[J].Petroleum Geology & Experiment,2016,38(2):156-161.
- [20] 柳永军,徐长贵,吴奎,等.辽东湾拗陷走滑断裂差异性与大中型油气藏的形成[J].石油实验地质,2015,37(5):555-560.  
Liu Yongjun,Xu Changgui,Wu Kui,et al.Different characteristics of strike-slip faults and the formation of large and medium-scaled oil and gas fields in the Liaodong Bay Depression[J].Petroleum Geology & Experiment,2015,37(5):555-560.
- [21] 柴永波,李伟,刘超,等.渤海海域古近纪断裂活动对烃源岩的控制作用[J].断块油气田,2015,22(4):409-414.  
Chai Yongbo,Li Wei,Liu Chao,et al.Controlling effect of fault activity on source rocks during Paleogene in Bohai sea area[J].Fault-Block Oil and Gas Field,2015,22(4):409-414.