

东营凹陷营 26 断层调节带特征 及其对油气分布的控制作用

田 飞¹ 金 强¹ 曾 翔¹ 王端平² 杨 勇²

(1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555; 2 中国石化股份胜利油田分公司, 山东 东营 257061)

摘要:为揭示复杂断块油田小型断层调节带的特征并明确其对油气分布的控制作用,笔者利用高精度三维地震资料结合油田地质资料分析了营 26 块内断层的几何学、运动学和动力学特征,认为其为近东西向展布的对向叠覆—同向叠覆复合型断层调节带。西侧主断层(营 1 断层)与调节断层在剖面上呈多级反“Y”字形组合样式,东侧主断层(营 8 断层、营 31 断层)与调节断层为包心菜状组合;营 1 断层活动性减弱时,将位移量传递给营 8 断层、营 31 断层和调节断层,使区域位移有规律变化;通过力学分析认为营 26 北部断层调节带是在左旋张扭构造应力场作用下形成的,营 26 南部断层调节带是在右旋张扭构造应力场作用下形成的。结合营 26 块油气分布、油气来源及断裂活动性与封闭性研究,阐明了主断层沟通烃源灶和储集层,成为油源断层;调节断层停止活动时间早,封闭性好形成断块圈闭,是遮挡断层;建立了营 26 断层调节带油气成藏模式,预测营 13 井、营 24 井和营 26 井附近为有利滚动勘探开发区。

关键词:断层调节带;构造样式;构造力学性质;滚动勘探开发;东营凹陷

中图分类号:TE111.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2013)04-1150-09

1 前 言

断层调节带是指两条断裂结合部因断距等运动学和应力场的变化导致两断层间新生一系列次级断层而形成的特殊构造现象^[1-3]。国内外学者对伸展盆地内的断层调节带进行了广泛研究,认为它对区域的构造样式、沉积建造、油气的聚集与保存等具有一定的控制作用。断层调节带通过调节断裂沿走向的位移量变化来保持区域应变和位移量守恒^[4],是伸展构造沿走向具有分段性的构造要素^[5];它连接不同构造单元,将盆地和凹陷划分为不同的构造格局^[6]。断层调节带控制古水系,易形成粗碎屑沉积体^[7];其位于较高部位,形成的岩性和构造圈闭是油气有利聚集区^[8-9]。

盆地和凹陷范围的一级和二级断层调节带前人研究较多,但局部构造内的小型断层调节带研究较

为少见^[10]。经研究表明,控制局部构造形成的三级和四级断层也具有调节性,并对局部油气分布具有明显的控制作用^[11]。笔者利用高精度三维地震资料结合油田相关地质资料对营 26 井区内内部断裂的几何学、运动学和动力学特征进行了精细分析,揭示其为对向叠覆—同向叠覆复合型断层调节带;对断层调节带内油气成藏过程进行剖析,建立了营 26 断层调节带油气成藏模式,以期为该区和相似复杂断块油田滚动勘探开发提供理论指导。

2 地质背景

营 26 块位于近东西、近南北和北西向 3 组断裂交汇的东营构造内,东西长 3 km,南北宽 4 km,面积 12 km²,目前探明石油储量 6 142×10⁴ t(图 1)。经过多年,开发营 26 井区内的许多断块(营 13 断块、营 26 断块、营 31 断块、营 8 断块等)已进入高含水

收稿日期:2012-07-17;改回日期:2012-11-23

基金项目:国家重大基础研究发展计划(973)项目(2011CB201001)和中国石化重点研究项目(P09037)联合资助。

作者简介:田飞,男,1987年生,博士生,主要从事油区构造解析和碳酸盐岩缝洞储层研究;E-mail:upc_tianfei@126.com。

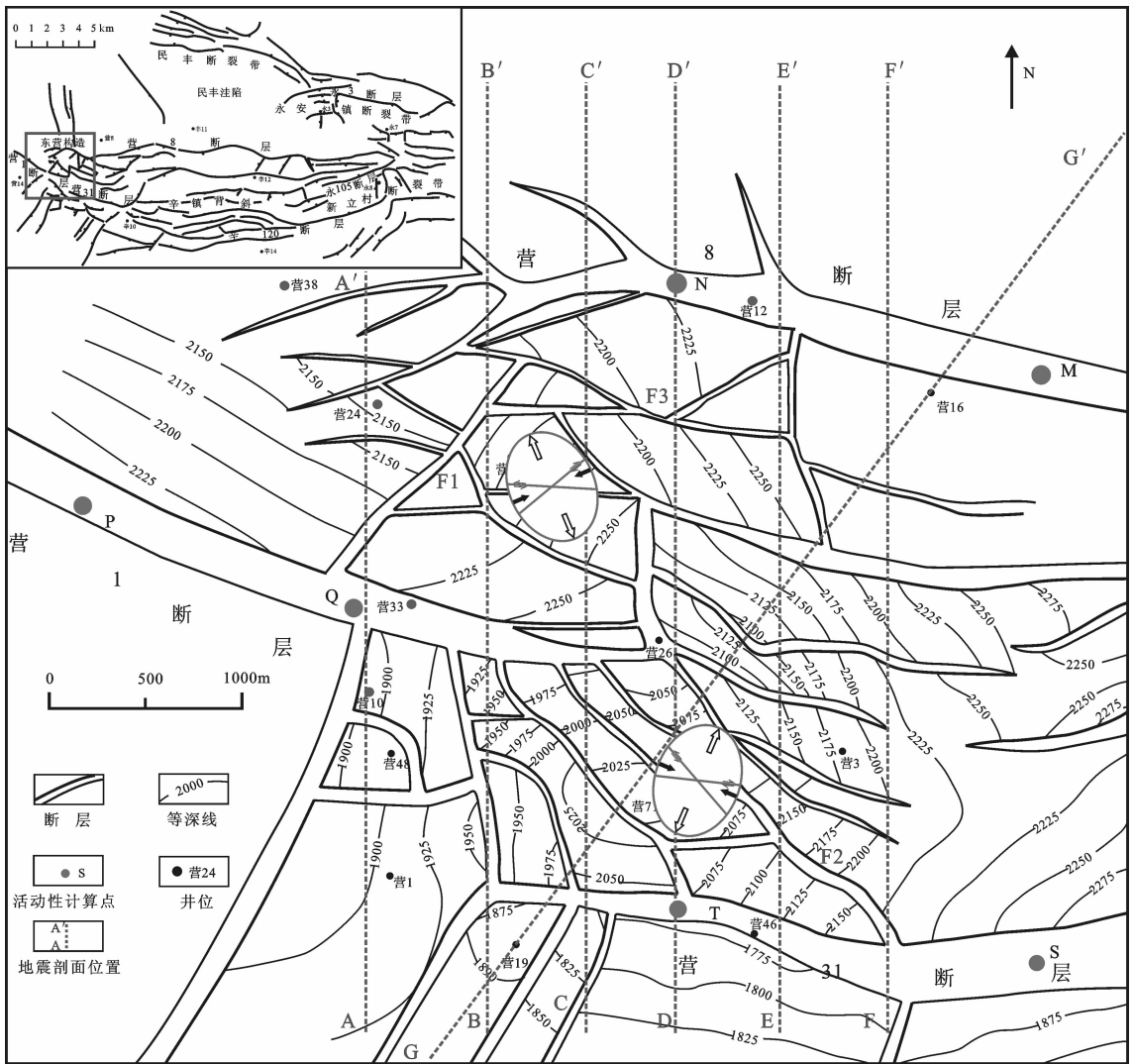


图 1 营 26 块沙二段顶面构造图

Fig.1 Structural map of Es₂ in Ying 26 block

开发中晚期^[12],对断块内部含油层位及附近断裂已有很多描述。前人研究认为本区油气聚集和保存受断层控制明显,油气运移成藏主要发生在中新世馆陶期—上新世明化镇期(Ng-Nm)^[13],营 1 和营 8 断层间发育对向叠覆型断层调节带^[14]。由于未从整体上考虑断层间的组合和成因关系,至今仍存在断裂构造样式、断块构造力学性质、断块成藏规律不清楚等问题,导致滚动井成功率越来越低。

3 营 26 断层调节带特征及成因

3.1 断层调节带识别和划分

断层调节带的主要识别标志有:(1)两侧剖面构造样式不同,主控断层发生改变;(2)平面构造样式发生

变化,主断层在断层调节带内消失,并可以通过断裂纲要图确定其类型;(3)主断层在同一时期内活动^[15];(4)主断层的活动性减弱、垂直位移和生长指数在断层调节带内部变小,将位移量传递给调节断层,区域总位移量守恒或有规律变化。通过精细分析东营构造断层几何学、运动学和动力学特征,重点剖析小断层与高级序断层之间的组合和成因关系、断层的活动性,认为营 1 断层、营 8 断层、营 31 断层间发育对向叠覆—同向叠覆复合型的营 26 断层调节带。

3.2 几何学特征

本文首先利用高精度三维地震资料精细解释断裂剖面构造样式,重点剖析小断层与高级序断层的配置关系,然后分析不同反射层断裂平面组合样式,

从而得出研究区几何学特征:营 26 断层调节带西侧主控断层为营 1 断层,剖面构造样式为反“Y”字形;东侧主控断层是营 8 断层,呈包心菜式构造样式;平面组合显示营 1 断层和营 8 断层形成对向叠覆型营 26 北部调节带,营 1 断层和营 31 断层形成同向叠覆型营 26 南部调节带。

(1) 剖面构造样式

营 26 断层调节带西侧(Line3389,图 2A-A'),断层剖面样式为反“Y”字形(图 2)。营 1 断层(131 m, $E_{s1}-E_d$ 垂直断距,下同)为主控断层,呈上陡下缓的铲状,上盘发育规模较小的反向次级断层。

营 26 断层调节带西部(Line3413,图 2B-B'),次级断层数目开始增多,营 31 断层(40 m)和营 8 断层(10 m)开始发育,营 1 断层规模变小(87 m)。营 31 断层和营 1 断层之间发育北倾阶梯状组合的调节断层,营 8 断层和营 1 断层之间发育斜向半背斜,次级断层以反“Y”字形剖面样式与营 1 断层相交。

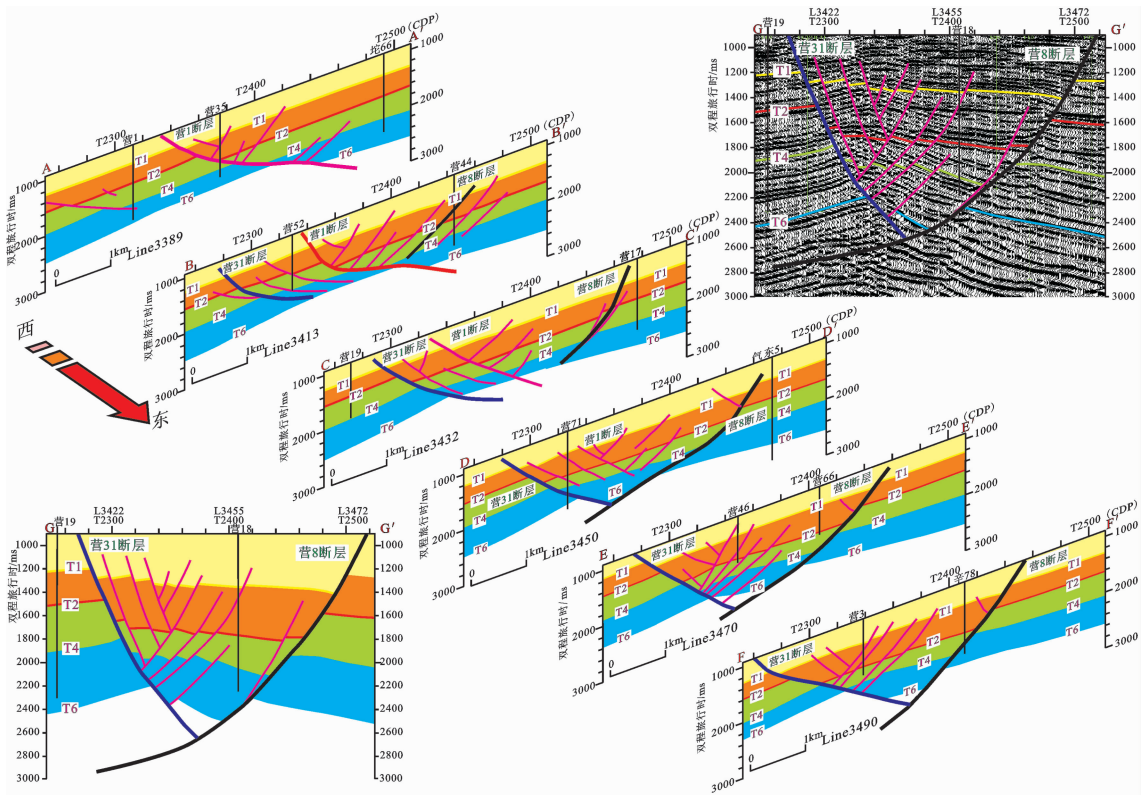
营 26 断层调节带中部(Line3432,图 2C-C'),营 31 断层(145 m)和营 8 断层(79 m)规模变大,营 1 断

层(45 m)规模继续变小。营 31 断层和营 1 断层之间的调节断层呈阶梯状,营 8 断层和营 1 断层间的半背斜规模减小,调节断层以反“Y”字形的剖面样式与营 1 断层相交。

营 26 断层调节带东部(Line3450,图 2D-D'),营 1 断层(37 m)规模继续变小,未切穿沙三下亚段(E_{s3}),营 8 断层(85 m)成为主控断层。营 31 断层和营 1 断层间阶梯状的调节断层数目减少,营 31 断层(186 m)和营 1 断层之间发育反“Y”字形次级断层搭在营 1 断层上。

营 26 断层调节带东侧(Line3470,图 2E-E'),营 1 断层消失,营 31 断层(240 m)和营 8 断层(87 m)规模继续增大,剖面构造样式为包心菜式,与断层调节带西侧(图 2A-A')完全不同。

营 26 断层调节带内过营 19 井和营 16 井的 NE-SW 向剖面(图 2G-G')的剖面组合类型为包心菜式。次级断层倾向具有明显分组性,营 31 断层附近的次级断层皆北倾,营 8 断层附近的次级断层皆南倾。



剖面位置见图 1, T1:馆陶组(N_0)底, T2:沙一下亚段(E_{s1})底, T4:沙三上亚段(E_{s3})底, T6:沙三中下亚段底($E_{s3^{2+3}}$)

图 2 营 26 断层调节带剖面构造样式图

Fig.2 Section structural pattern of Ying 26 fault accommodation zone

(2) 平面组合样式

营 26 断层调节带 $E_{S_3}^{z+x}$ 内营 1 断层和营 8 断层并未叠覆,营 8 断层和营 31 断层走向平行,二者之间发育小型地堑(图 3)。 $E_{S_3}^{z+x}$ — E_{S_2} 内营 1 断层和营 8 断层叠覆,并派生次级断裂,断层调节带开始发育。 E_{S_1} — E_d 内断层调节带发育最强烈,营 26 调节带分为南北两个部分。营 1 断层与营 8 断层间发育斜向半背斜,并发育 NNE 和 NW 走向的调节断层,形成营 26 北部对向叠覆型断层调节带;营 1 断层和营 31 断层间发育 NW 走向 NE 倾向的阶梯状调节断层,且调节断层在营 1 断层附近走向发生微弱改变,变为 NNW 向,形成营 26 南部同向叠覆型断层调节带,并且营 27 井以北发育近东西走向的南倾次断层,与调节断层具有明显差别。 E_d 以上断层调节带规模减弱,主断层间仅发育规模很小的调节断层。

3.3 运动学特征

调节带是主断层间运动学和动力学的过渡区,主要通过主断层之间的位移传递和内部派生的次级断层调节应变^[16-17]。断层的生长指数和断层垂直位移能定量表征应变传递情况和划分断层调节带范围。

(1) 断层生长指数

本文分别计算了 3 条主断层在调节带内部和外部的生长指数(图 1,图 4)。对比断层调节带内外主断层的生长指数发现同一地质时期内主断层的活动性在断层调节带外部大于内部 (M 点大于 N 点,P 点大于 Q 点,S 点大于 T 点),并且主断层在断层调节带内部具有开始活动时间晚和停止活动时间早的特点(图 4)。断层调节带内部发育次级断层数目多,与主断层相比层规模小,断穿层位少,活动时间短(图 5)。F1 断层活动性比 F2 断层大,受主控断层活动时期影响,两断层强烈活动期不同。营 26 北部断层调节带内 F1 断层在 E_{S_1} 沉积期才开始活动,Nm 沉积期停止活动, E_d 期活动最剧烈。营 26 南部断层调节带内 F2 断层是在 E_{S_1} 期开始活动,一直持续到 Nm 期才停止活动,活动最剧烈的时期是 Ng 期。

(2) 主断层位移

断层调节带通过传递主断层之间的伸展应变,使应变在三维空间里保持应变守恒或有规律的变化^[18]。断层垂直位移比生长指数更能精确指示断裂活动量^[19],本文每隔 500 m(20 道)计算主断层 E_{S_1} — E_d 垂直位移(图 5),在 Line3370~Line3510 范围区域

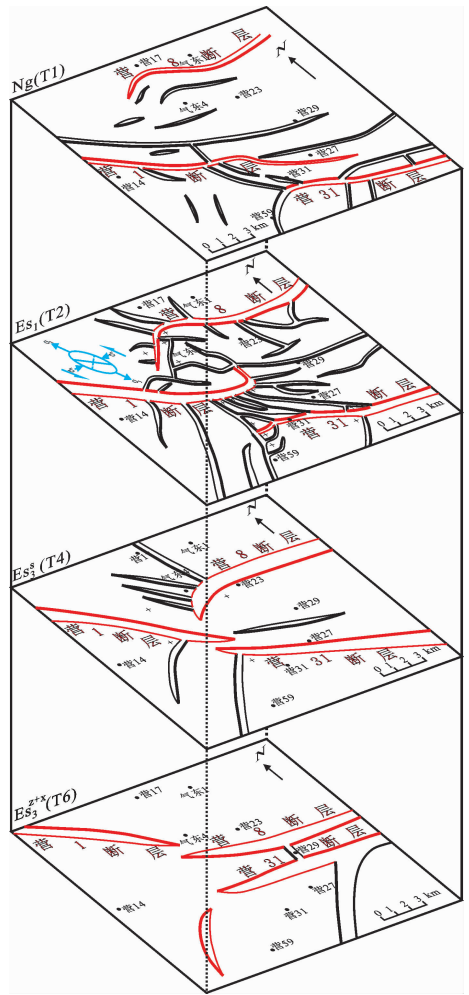


图 3 营 26 断层调节带不同层位构造纲要图
Fig.3 Structural schematic map of Ying 26 fault accommodation zone

总垂直位移呈自西向东略增大,营 1 断层垂直位移自西向东减小,营 8、营 31 断层垂直位移自西向东从无到有逐渐增大。在 Line3389~Line3450 范围内,三条主断层垂直位移都较小,但总垂直位移并未减小而是保持自西向东平缓增大的趋势,是断层调节带内调节断层调节位移的效果。

3.4 动力学特征

断层调节带属于构造强应变带^[20],两条主断层作为边界条件,导致断层调节带内的局部应力场与区域应力场有所不同。营 26 块在断层调节带最发育的 E_{S_1} 期主要受到近南北向的拉张力,但内部的局部应力场发生变化。营 26 北部断层调节带受营 1 断层和营 8 断层的控制,形成左旋张扭的局部应力场,导致主断层末端走向发生改变(图 1),并且使内部调

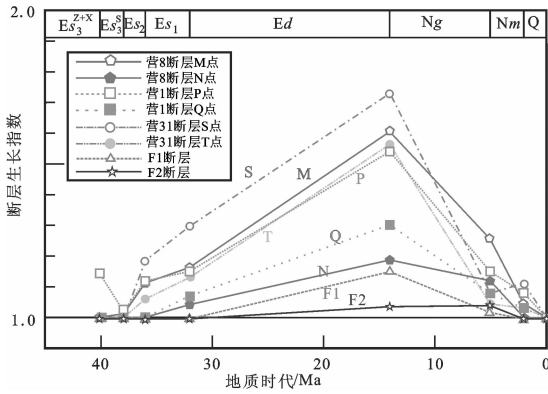


图4 营26断层调节带内断层生长指数图

Fig.4 Growth indexes of Ying 26 fault accommodation zone

节断层具有部分走滑分量。营26南部断层调节带受营1断层和营31断层的控制，形成了右旋张扭的局部应力场，营31断层的走向在断层调节带内发生微弱变化，形成的调节断层也具有部分走滑分量，且在靠近营1断层处走向由NW向变为NNW向(图1)。

4 主断层和调节断层对成藏的控制作用

烃源岩、油源断层和遮挡断层在时空上的组合关系，决定了从烃源岩中经油源断层输导出的油气是否能够有效地运移和保存到储集层中^[21]。营26断层调节带位于较高部位，主断层有效沟通烃源灶和储集层，调节断层停止活动时间早，可以成为遮挡断层，形成有利断块圈闭，是油气聚集的有利部位。

4.1 断层输导和封堵性分析

断层输导性和封闭性是断块成藏的关键因素^[21]，

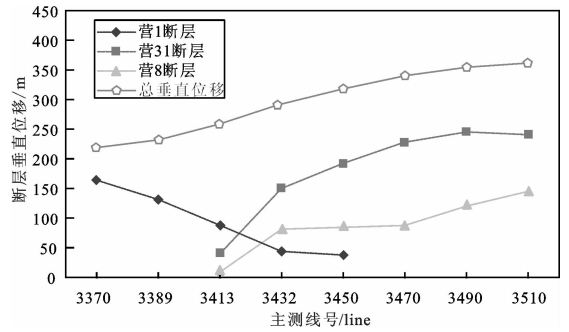


图5 营26断层调节带内断层垂直位移图

Fig.5 Vertical shifts of different faults in Ying 26 fault accommodation zone

利用断层生长指数和活动速率表征断层活动强度和活动历史，断裂带泥质含量(Rm)、断面紧闭程度表征断层封闭性^[23]，对营26断层调节带内主断层和调节断层有较好的应用效果。

营1断层、营31断层在油气大规模运移的Ng期主力储层(Ed)对应的断面正压力为4.51 MPa和4.66 MPa，具有一定的输导能力，现今断面正压力达10.24 MPa和10.46 MPa(表1)，断裂带内泥质含量为81.27%和80.15%，成为良好的封堵断层。调节断层在Ng期具有一定的活动性，Nm期停止活动，并受调节带张扭应力作用，断面正压力22.87 MPa和23.95 MPa^[24]，断裂带泥质含量为67.34%和66.89%，成为良好的遮挡断层。

4.2 与油气成藏的时空组合关系

(1) 与烃源岩和储层的空间组合关系

营1断层沟通了民丰洼陷Es4烃源岩和储层，

表1 营26断层调节带内断层活动性及断裂带泥质含量

Table 1 Fault activity and content of mud in Ying 26 fault accommodation zone

断面层位	断层名称	断层倾角 /°	断面正压力/MPa	断层泥比率 Rm/%	断层名称	断层倾角 /°	断面正压力/MPa	断层泥比率 Rm/%
Nm	营31断层	59.03	4.85	73.71	营1断层	65.12	4.1	78.92
Ng	营31断层	58.91	5.73	68.69	营1断层	64.38	5.8	71.86
Ed	营31断层	56.24	10.24	81.27	营1断层	61.28	10.46	80.15
Es1	营31断层	55.75	11.98	76.04	营1断层	54.39	11.58	72.08
Es2	营31断层	54.84	13.49	61.35	营1断层	45.79	14.69	63.47
Es3 ^s	营31断层	53.72	15.12	72.74	营1断层	36.22	18.78	75.06
Es3 ^{Z-X}	营31断层	45.59	19.39	78.86	营1断层	26.58	24.78	79.73
Ng	F1断层	66.24	19.70	72.53	F2断层	65.49	18.71	59.34
Ed	F1断层	64.37	22.87	67.34	F2断层	62.85	23.95	66.89
Es1	F1断层	63.15	27.60	58.19	F2断层	61.48	29.34	78.61

成为营 26 北部断层调节带的油源断层。储层内发育的较多调节断层与油源断层组成油气输导格架,能很好地输导油气;调节断层停止活动后封闭性好,形成较多断层遮挡圈闭,且伴生的斜向半背斜也有利于聚集油气。

营 31 断层和营 8 断层作为营 26 南部断层调节带油源断层沟通民丰洼陷烃源岩和上覆储层,与之呈包心菜式剖面组合的调节断层可以输导通过油源断层运移上来的油气,调节带断层停止活动后断面正压力大、封闭性好,形成的断块圈闭能够聚集油气。

(2) 与成藏期的时间匹配关系

油气在断层调节带内聚集成藏,不仅要求油源断层在空间上能够相互连通,还需要油源断层、遮挡断层活动时间和油气成藏期相互匹配。营 1 断层在 N_g-N_m 期仍然活动,调节断层(F1 等) N_g 期活动性较弱可以输导油气, N_m 期已经停止活动,作为遮挡断层封堵油气。营 26 南部断层调节带内也有相似的活动性特征, N_g-N_m 期营 31 断层继续活动,且 N_m 期活动性比 N_g 期强烈,有利于输导从烃源岩内部排出的油气,调节断层(F2 等)活动性一直不强,

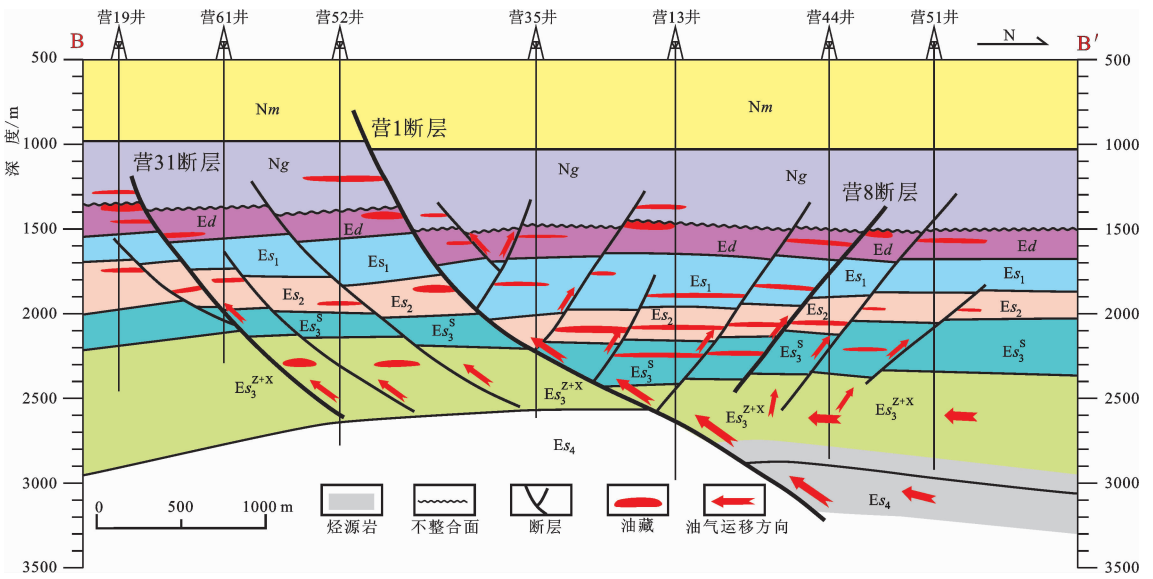


图 6 营 26 北部断层调节带油气成藏模式图

Fig.6 Reservoir-forming model of Ying 26 north fault accommodation zone

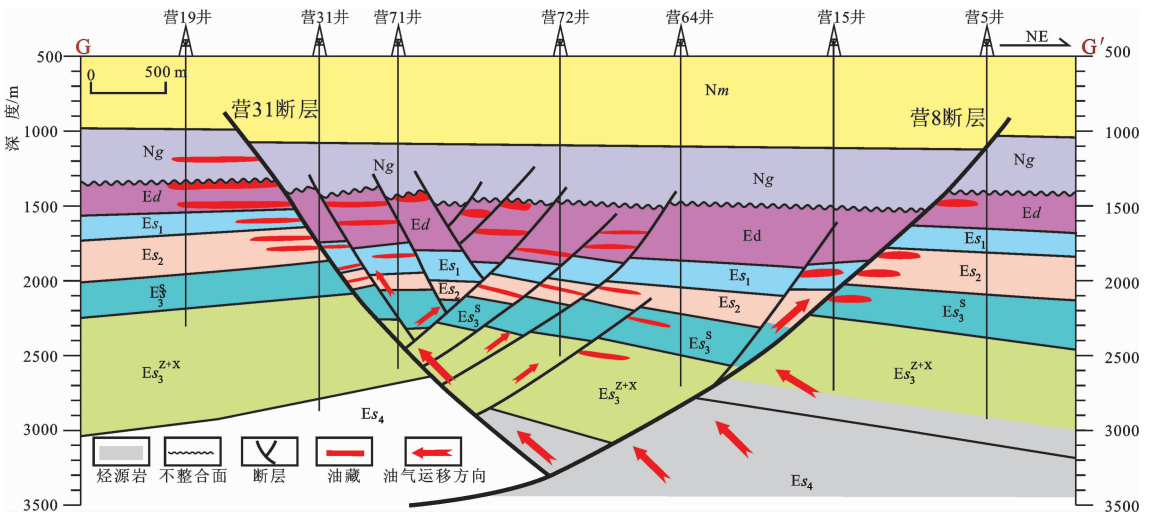


图 7 营 26 南部调节带油气成藏模式图

Fig.7 Reservoir-forming model of Ying 26 south fault accommodation zone

N_m 期已停止活动,能有效封堵油气。

4.3 断层调节带内油气成藏模式

营 26 断层调节带毗邻烃源灶,主断层断至民丰洼陷 E_4 烃源岩,油气大规模排烃期具有较强的活动性和较好的输导性,成为油源断层;调节断层与油源断层组成有利油气输导格架,可以输导经油源断层运移的油气, N_m 期停止活动,受张扭的局部应力场作用封闭性好,形成较多断块圈闭,使油气在断层调节带内聚集成藏。营 26 北部调节带内的调节断层数目多,封闭性好,同时发育斜向半背斜,使油气在营 1 断层上盘大量聚集(图 6)。营 26 南部断层调节带内发育的多条阶梯状调节断层,受走滑分量的作用封闭性好,形成大量断块圈闭,使油气在营 31 断层上盘的调节断层附近富集(图 7)。

4.4 在东辛油田勘探开发中的应用

综合以上分析,认为断层调节带是油气富集有利部位。营 26 北部断层调节带内营 1 断层上盘半背斜内的营 13 井附近、调节断层附近的局部高点营 24 井附近是油气富集区;营 26 南部断层调节带内的营 26 井区由于阶梯状调节断层受较强走滑分量控制封闭性好,也是油气有利富集区;断层调节带外部的 F_2 断层以北、营 31 断层西侧和营 8 断层西侧不利于油气聚集。近年来在这些油气有利富集区所打滚动井均钻遇油气藏,验证了断层调节带对复杂断块勘探的指导意义。东辛油田在三级断层间的断层调节带内有针对性地布置探井和滚动井^[25],迄今已经发现小型断块油藏 12 处,新增探明储量 430×10^4 t,有效提高了复杂断块油田滚动井成功率。

5 结 论

营 26 块内的营 1、营 8 和营 31 三条三级断层间发育对向叠覆—同向叠覆复合型营 26 断层调节带。西侧主断层(营 1 断层)与调节断层在剖面上呈多级反“Y”字形组合样式,东侧主断层(营 8 断层、营 31 断层)与调节断层为包心菜状组合,内部构造样式属过渡型;自西向东营 1 断层活动性减弱,营 8 断层、营 31 断层和调节断层活动性增强,使区域位移逐渐增大;力学分析认为断层调节带内应力场有所变化,营 26 北部断层调节带是在左旋张扭构造应力场作用下形成的,营 26 南部断层调节带是在右旋张扭构造应力场作用下形成的。

综合分析营 26 断层调节带内油藏形成机理,建立了其内部油气成藏模式:成藏期主断层作为油源断层沟通了烃源灶和储层,并能有效输导油气;调节断层停止活动时间早、封闭性好形成断块圈闭,成为遮挡断层。营 1 断层上盘的斜向半背斜内的营 13 井附近、营 8 断层西部的营 24 井附近以及营 31 断层上盘阶梯状调节断层内的营 26 井附近是油气有利富集区。

控制局部构造形成的三级和四级断层间也发育断层调节带,主断层作为油源断层、调节断层作为遮挡断层,对油气分布具有明显的控制作用。通过对复杂断块进行精细构造解释,首先从成因上整体分析低级序断层与高级序断层间的配置关系,然后明确主断层、调节断层和断层调节带范围,进而分析断裂的输导和封堵性,最终确定油气富集区,对复杂断块区下一步滚动勘探开发具有重要理论指导意义和实际应用价值。

参考文献(Reference):

- [1] Dahlstrom C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains [J]. Bull. of Canadian Petroleum Geology, 1970, 187(3):332-406.
- [2] Morley C K, Nelson R A, Patton T L. Transfer zones in the East African Rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts[J]. AAPG,1990, 74(8):1234-1253.
- [3] Faults J E, Varga R J. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes[G]// Faults J E, Stewart J H. Accommodation Zones and Transfer Zones: The Regional Segmentation of the Basin and Range Provinces. Boulder Colorado: The Geology Society of America, 1998, 323:1-45.
- [4] Peacock D C P, Knipe R J, Sanderson D J. Glossary of normal faults [J]. Journal of Structural Geology, 2000, 22(3):291-305.
- [5] Jinbao Su, Wenbin Zhu, Jia Wei, et al. Fault growth and linkage: Implications for tectonosedimentary evolution in the Chezheng Basin of Bohai Bay, Eastern China[J]. AAPG, 2011, 95(1):1-26.
- [6] 王家豪, 王华, 任建业, 等. 黄骅坳陷中区大型斜向变换带及其油气勘探意义[J]. 石油学报, 2010, 31(3):354-360.
Wang Jiahao, Wang Hua, Ren Jianye, et al. A great oblique transition zone in the central Huanghua Depression and its significance for petroleum exploration[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(3):354-360(in Chinese with English abstract).
- [7] 李宝刚. 高邮凹陷断裂调节带发育特征及其石油地质意义 [J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2008, 32(1):19-25.
Li Baogang. Development characteristics of fault accommodation zone and its significances of petroleum geology in Gaoyou depression [J].

- Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2008, 32(1):19-25 (in Chinese with English abstract).
- [8] 王纪祥, 陈发景, 李趁义. 山东惠民凹陷伸展构造及调节带特征[J]. 现代地质, 2003, 17(2):203-209.
Wang Jixiang, Chen Fajing, Li Chenyi. Character of the extensional structures and accommodation zones in the Huimin Depression, Shandong Province [J]. Geoscience, 2003, 17 (2):203-209 (in Chinese with English abstract).
- [9] 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):44-49.
Chen Shuping, Qi Jiafu, Wang Deren, et al. Fault systems and transfer structures in Dongpu Sag [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28 (1):44-49 (in Chinese with English abstract).
- [10] 金强, 王端平, 何瑞武, 等. 小型断块油藏识别和描述石油学报[J]. 石油学报, 2009, 30(3):367-371.
Jin Qiang, Wang Duanping, He Ruiwu, et al. Identification and description of small faulted-block reservoirs [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(3):367-371 (in Chinese with English abstract).
- [11] 田飞, 金强, 王端平, 等. 东营凹陷永 8 断块断层调节带及其对油气分布的控制作用[J]. 高校地质学报, 2012, 18(2):358-364.
Tian Fei, Jin Qiang, Wang Duanping, et al. Fault Accommodation zones and their controlling effects on hydrocarbon distribution in Yong 8 Fault Block, Dongying Sag [J]. Geological Journal of China Universities, 2012, 18(2):358-364 (in Chinese with English abstract).
- [12] 王端平, 柳强. 复杂断块油田精细油藏描述 [J]. 石油学报, 2000, 21(6):111-116.
Wang Duanping, Liu Qiang. Fine reservoir description of complex fault block reservoir [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(6):111-116 (in Chinese with English abstract).
- [13] 朱光有, 金强, 戴金星, 等. 东营凹陷油气成藏期次及其分布规律研究[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2):209-215.
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Dai Jinxing, et al. A study on Periods of hydrocarbon accumulation and distribution pattern of oil and gas pools in Dongying Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2):209-215 (in Chinese with English abstract).
- [14] 孙思敏, 黄述旺, 彭仕宓, 等. 东辛油田营 13 断块区调节带特征及成因探讨[J]. 中国海上油气, 2005, 17(4):225-227.
Sun Simin, Huang Shuwang, Peng Shimi, et al. A discussion on characteristics and origin of an accommodation zone in Ying 13 Fault-Block, Dongxin Oilfield [J]. China Offshore Oil and Gas, 2005, 17(4):225-227 (in Chinese with English abstract).
- [15] Morley C K. Developments in the structural geology of rifts over the last decade and their impact on hydrocarbon exploration [J]. Structural Geology of Rifts, 1995, 80(1):1-32.
- [16] Sun S M, Wu X S, Liu H T, et al. Genetic models of structural traps related to normal faults in the Putaohua Oilfield, Songliao Basin [J]. Petroleum Science, 2008, 5:302-307.
- [17] Elena A K, Lyal B H, Jimmy P, et al. Transfer zones and fault reactivation in inverted rift basins: Insights from physical modeling [J]. Tectonophysics, 2007, 80(1):1-26.
- [18] 余一欣, 周心怀, 汤良杰, 等. 渤海海域辽东湾坳陷正断层联接及其转换带特征[J]. 地质论评, 2009, 55(1):79-84.
Yu Yixin, Zhou Xinhui, Tang Liangjie, et al. Linkages of normal faults and transfer zones in the Liaodongwan Depression, offshore Bohai Bay Basin [J]. Geological Review, 2009, 55 (1):79-84 (in Chinese with English abstract).
- [19] 陈刚, 戴俊生, 叶兴树, 等. 生长指数与断层落差的对比研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(3):20-24.
Chen Gang, Dai Junsheng, Ye Xingshu, et al. A comparison of the fault growth index with fault throw [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2007, 29(3):20-24 (in Chinese with English abstract).
- [20] 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 (in Chinese with English abstract).
- [21] 宋明春, 付广, 郭忠文, 等. 断层垂向封闭性研究及应用实例[J]. 中国石油勘探, 2003, 8(2):55-59.
Song Mingchun, Fu Guang, Guo Zhongwen, et al. A method studying the vertical sealing of fault and its application [J]. China Petroleum Exploration, 2003, 8(2):55-59 (in Chinese with English abstract).
- [22] 赵贤正, 金强, 张亮, 等. 渤海湾盆地冀中坳陷北部石炭—二叠系煤成油气成藏条件及勘探前景 [J]. 石油实验地质, 2010, 32 (5):459-464.
Zhao Xianzheng, Jin Qiang, Zhang Liang, et al. Accumulation conditions and perspectives of coal-derived hydrocarbon of Carboniferous-Permian in Northern Jizhong Depression, Bohai Bay Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(5):459-464 (in Chinese with English abstract).
- [23] 吕延防, 黄劲松, 付广, 等. 砂泥岩薄互层段中断层封闭性的定量研究[J]. 石油学报, 2009, 30(6):824-829.
Lv Yanfang, Huang Jinsong, Fu Guang, et al. Quantitative study on fault sealing ability in sandstone and mudstone thin interbed [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(6):824-829 (in Chinese with English abstract).
- [24] 徐建春, 戴俊生. 利用声发射研究东营凹陷新生代构造期次[J]. 地质力学学报, 2004, 10(2):172-178.
Xu Jianchun, Dai Junsheng. Application of acoustic emission in the study of the number of Cenozoic tectonic phases in the Dongying Subbasin [J]. Journal of Geomechanics, 2004, 10 (2):172-178 (in Chinese with English abstract).
- [25] 史文东, 彭尚谦, 姜凤玖. 东辛油田断层转换带与油气聚集[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5):14-17.
Shi Wendong, Peng Shangqian, Jiang Fengjiu. Relationship between petroleum accumulation and transfer zone in Dongxin Oilfield [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(5):14-17 (in Chinese with English abstract).

The Ying 26 fault accommodation zone and its control effects on hydrocarbon distribution in Dongying sag

TIAN Fei¹, JIN Qiang¹, ZENG Xiang¹, WANG Duan-ping², YANG Yong²

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao 266555, Shandong, China;

2. Shengli Oilfield Branch, Sinopec, Dongying 257061, Shandong, China)

Abstract: To reveal the characteristics of the fault accommodation zone and interpret its control effects on hydrocarbon distribution in the complex fault block oilfield, the authors conducted the study of faults geometry, kinematics and dynamics in Ying 26 block using 3D high-precision seismic data together with oil field geological data, and discovered that it is a typical EW-striking convergent-overlapping and synthetic-overlapping compound fault accommodation zone. The section structural patterns of the west-side major fault (Ying 1 fault) and adjustment faults are of the multiple-stage reverse Y style, and the east-side major faults (Ying 8 fault, Ying 31 fault) and adjustment faults are of the cabbage-appearance style. When the activity of Ying 1 fault became weak, the displacement accommodated Ying 8 fault, Ying 31 fault and adjustment faults, which made the total throw change regularly. The stress field of Ying 26 accommodation zone was complex: the northern part was left-lateral extension-tensional and the southern part was right-lateral extension-tensional. Through the analysis of distribution and source of Ying 26 block structure, characteristics of fault activities and fault sealing properties, the authors recognized the accumulation model of Ying 26 fault accommodation zone. The major fault was an oil source fault which connected the source kitchen and the reservoir, and hydrocarbon migrated during the main hydrocarbon accumulation period, whereas adjustment faults stopped activities in the earlier period, formed fault traps, and became barrier faults. The authors have constructed the reservoir forming model of Ying 26 fault accommodation zone, and pointed out that Ying 13 well, Ying 24 well and Ying 26 well areas are areas favorable for progressive exploration and development.

Key words: fault accommodation zones; structural style; structural stress properties; progressive exploration and development; Dongying sag

About the first author: TIAN Fei, male, born in 1987, doctor candidate, mainly engages in the study of structure geology and paleokarst reservoirs; E-mail: upc_tianfei@126.com.