

辽河断陷盆地西部凹陷西斜坡齐欢地区同生断层发育特征及其控制作用

曹彤, 王延斌

中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

摘要 辽河拗陷西部断陷西斜坡齐欢地区同生断裂十分发育,为弄清单层与构造、储层和油藏的关系,研究了该区同生断层发育特征及其控制作用。沙三段至东营组时期,该区发育了一系列的顺凹陷方向倾斜及滑动的同生正断层,断层产状呈铲式,走向为北东向,其控制了区域构造格局。分析了同生断层的生长指数与圈闭类型的关系,认为断裂活动越强,越利于形成局部构造。同生断层下降盘往往是滚动背斜、断鼻等局部构造和砂体发育区域,也是油气聚集的有利地区。同生断层附近往往井网控制程度低,剩余油富集,是老区挖潜剩余油的有利目标区域。

关键词 齐欢地区;同生断层;滚动背斜;砂体展布;剩余油

西斜坡齐欢地区位于辽河断陷盆地西部凹陷西侧的二级构造单元的中段(图1),是辽河油田西部凹陷中的一个重要产区。经过30多年的勘探开发,通过岩石地层学、生物地层学、地震地层学等多种研究手段和方法,从区域对比的角度,已经建立起各时代地层的层序。研究区地层有太古界、元古界、中生界、新生界和第四系,其中新生界下第三系沙河街组是本次研究的目的层系,自下而上划分为沙四段、沙三段、沙二段及沙一段(图2)。沙四段主要为盆地裂陷拉张初期的沉积物,以扇三角洲沉积为主,发现了杜家台油层;沙三段形成于盆地沉降幅度最大时期,在深水湖盆环境下,沉积了分布范围广、厚度巨大的砂砾岩及暗色泥岩,纵向上分为莲花、大凌河和热河台油层;沙二段为盆地沉积演化第

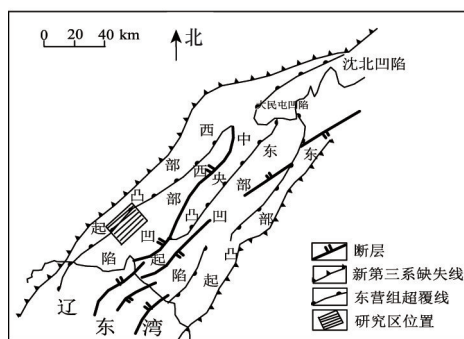


图1 研究区位置示意

Fig. 1 Location of research area

二旋回下降初期的粗碎屑沉积,以中厚砂岩、含砂砾岩夹薄层泥岩沉积为主,砂体发育,发育有兴隆台油层;沙一段下部发育钙质页岩,中部见油页岩和砂泥岩互层,上部为泥岩段夹砂岩,发育有于楼油层^[1,2]。

受郯庐断裂的影响,该区域内断裂活动强烈^[3]。断层对该区油藏的控制作用也非常明显,如已发现大量受断层控制的断鼻构造、滚动背斜、断层遮挡等构造油藏^[4,5]。在这一系列断层中,有一种断层活动与沉积作用同时进行的断层,称之为同生断层。该断层的下降盘沉积层的厚度往往比上升盘对应层的厚度大。同生断层样式、形成机制以及对油藏的控制作用,国内外学者已经有大量研究^[6-15]。但是关于断层生长强度与局部构造类型关系、断层对砂体沉积控制以及断层对剩余油分布控制等方面的研究文献少之又少^[16]。此外,虽说同生断层在齐欢地区普遍发育,但由于该地区构造复杂,人们的目标大多是寻找新的断块油藏。关于同生断层对该区局部构造的形成、储层的分布、油气的聚集以及剩余油的分布未曾做过详细研究。因此,系统分析该区同生断层特征及其对构造、砂体、油藏分布的控制作用,在最大限度地挖潜老油田剩余油中显得尤为重要。

1 断层发育特征

齐欢地区下第三系地层,在地震剖面上,自下而上能识别出下第三系底界(S4)、沙四段顶界(S3)、沙三段莲花油层

收稿日期:2015-05-29;修回日期:2015-09-03

作者简介:曹彤,博士,研究方向为油气储层预测与评价和油藏描述,电子信箱:caotong1023@qq.com

引用格式:曹彤,王延斌. 辽河断陷盆地西部凹陷西斜坡齐欢地区同生断层发育特征及其控制作用[J]. 科技导报, 2016, 34(2): 116-120; doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2016.2.018

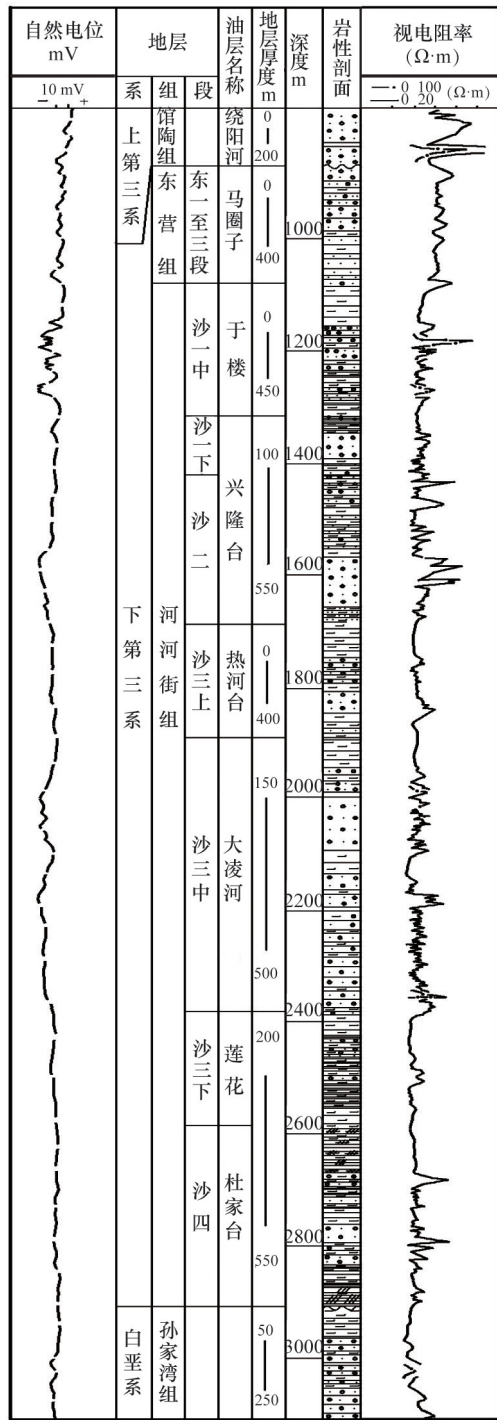


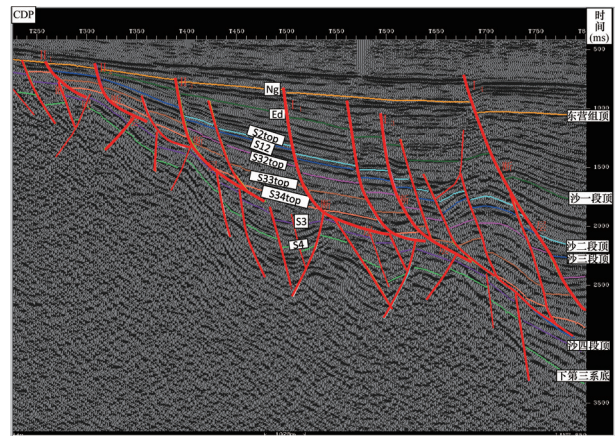
图2 研究区地层综合柱状图

Fig. 2 Synthesis columnar section in research area

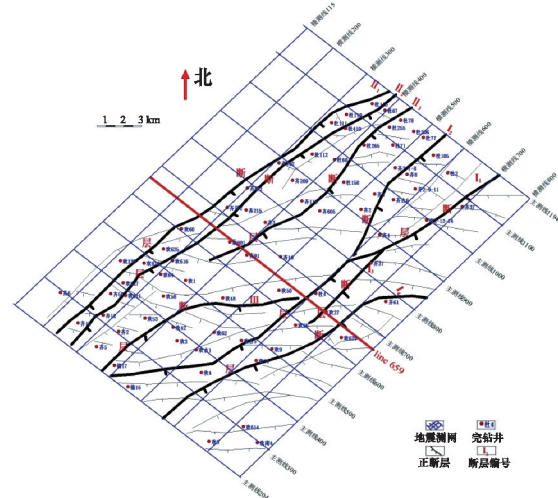
顶界(S34top)、大凌河下油层顶界面(S33top)、大凌河上油层顶界面(S32top)、沙三段顶界(S12)、沙二段顶界(S2top)、沙一段顶界(Ed)和东营组顶界(Ng)9个地震层序界面。地震剖面解释断裂的发育呈明显两期,在沙四段顶界面之下,正向和反向的断层剖面组合形式,形成下部沙四段垒堑相间断裂构造体系,构造活动在沙四段以块断运动为主;沙三段及以上各段,发育了一系列的顺凹陷方向倾斜及滑动的同生断

层,形成上部滚动背斜、断鼻发育的构造体系,沙三段沉积以来以盆倾运动为主(图3(a))。

上部构造层同生断裂,呈顺盆倾斜的东掉正断层,断层产状呈铲式,随着深度的增加,断层面倾角变缓,沉积层内滑脱,断层向深部消失塑性泥岩中。平面上呈北东走向同生断裂束,与东西走向南掉为主的正断层,形成梳形断裂(图3(b))。



(a) 主测线659地震地质解释剖面



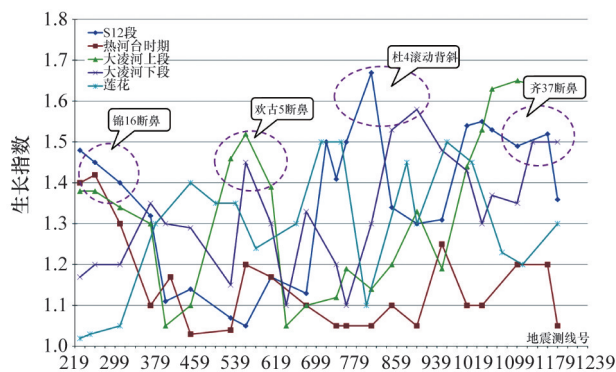
(b) 齐欢地区大凌河油层断裂展布特征

图3 齐欢地区下第三系地震地质解释剖面及断裂展布
Fig. 3 Low triary seismic interpretation profile and the fault distribution in Qihuan Area

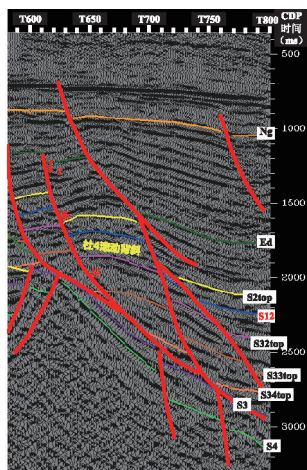
2 同生断层活动强弱制约着局部构造的形成

齐欢地区同生断层的形成是盆倾运动时,在重力作用下,下倾方向某部位地层不堪沉积物负荷产生滑脱形成断裂,伴随断裂的持续活动,下降盘的同期沉积地层厚度要大于上升盘的同期厚度。断层生长指数是衡量同生断层不同时期活动强度的重要指标,本次研究是依据地震剖面解释的断层上、下盘地层厚度之比,计算断层生长指数。当比值大

于1时,说明断层在该时期是活动的,且比值越大,活动越强烈。以 I_2 断层为例,同生断层的生长指数在1.0~1.7(图4(a))。该断层从沙三段至东营组时期一直处于活动状态,大凌河沉积时期活动最强烈,之后活动逐渐减弱,在东营组沉积末期结束。此外,与同生断层伴生的沉积物向断层方向加厚,因地层发生弯曲而形成局部构造。分析该断层生长指数与局部构造的相关性,生长指数在1.4~1.6形成断鼻,大于1.6即可形成滚动背斜。从各时期生长指数分析,大凌河上段沉积时期,在579地震测线位置上是生长指数最大,在此处形成了欢古5断鼻。沙二段沉积时期,在809测线处生长指数达到1.67,形成了杜4滚动背斜(图4(b))。锦16滚动断鼻沙一期生长指数为1.45左右。北部的齐37井处生长指数在1.5左右,形成了齐37断鼻。可见,同生断层活动越强烈,形成局部构造的可能性越大。



(a) I_2 同生断层各时期生长指数



(b) 主测线809地震解释剖面

图4 I_2 同生断层生长指数及典型地震剖面

Fig. 4 No. I_2 contemporaneous fault growth index and seismic profile

3 同生断层控制储层的分布

在西斜坡箕状湖盆的沉积过程中,湖盆西侧高部位沉积物过剩,凹陷中心深陷部位沉积物不足,在这种不平衡的填

充过程中,通过同生断层的滑脱向凹陷中心补充沉积物,也就是边沉积边断,以求达到平衡。在齐欢地区同生断裂束控制下,形成的地貌急剧变化地带,对沉积物,特别是对砂体具有分散作用。这种控制作用是由于断裂坡折带具有引导沉积物(特别是砂岩)搬运或是再分配的作用(图5)。以沙三段大凌河下段为例,从大凌河下油层组主干同生断裂与砂岩厚度关系图分析,砂体具有南北两个大规模的砂体,砂岩厚度在不同的断裂下盘都具有明显加厚的趋势,砂体的展布明显受到同生断裂的控制(图6)。

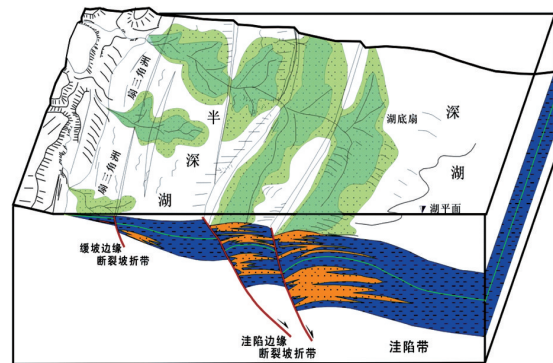


图5 齐欢地区断裂与沉积体系关系示意

Fig. 5 Relation between faults and sedimentary system in Qihuan Area

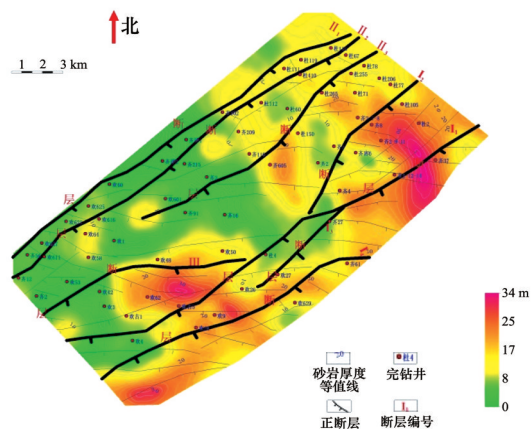


图6 大凌河油层同生断裂与砂岩厚度关系

Fig. 6 Relation between contemporaneous faults and the sand thickness of Dalinghe Formation

4 同生断层附近往往是剩余油富集区域

在齐欢地区坡折带下倾部位,堆积的砂层往往为滚动背斜或鼻状构造的形成创造了条件,堆积的砂层越厚,形成的滚动背斜就越大,使构造与砂体有效地匹配在一起,形成油气聚集的有利构造岩相带。已发现的沙二、三段中具千万吨级储量的欢26、欢24、齐27-欢629等滚动背斜,及齐古6、杜2、齐4、锦17等鼻状构造均属于同生断层下降盘滚动构造。

而在这一系列同生断层下降盘附近,往往也是剩余油富集区域。断层附近逆牵引形成的微幅度断鼻和背斜,多数为局部构造的高部位,是油气运移聚集的指向区。此外,同生断层附近往往井网控制程度低,油水井注采关系矛盾突出。可见,发现和落实同生断层是挖潜此类剩余油的关键,区内三维地震为该项工作提供了可靠的依据。图7是借助地震剖面发现和落实同生断层的一个典型例子。齐2-23-3109、齐2-23-09、齐2-23-308这3口井在大凌河油层均钻遇油层段,而

上倾方向齐2-23-7井没有钻遇油层。在没有地震的情况下,单纯依据井对比,很容易解释成图7(b)中砂岩上倾尖灭的油藏类型。依据图7(a)连井地震剖面构造解释,实际上在齐2-23-308与齐2-23-7两口井之间有一条同生断层。齐2-23-308、齐2-23-09及齐2-23-3109这3口油井位于同生断层下降盘的滚动背斜(断鼻)上,可以解释成图7(c)中滚动背斜(断鼻)油藏类型。而这条新发现的同生断层下降盘附近区域往往剩余油富集,也是下步挖潜剩余油的潜力目标区域。

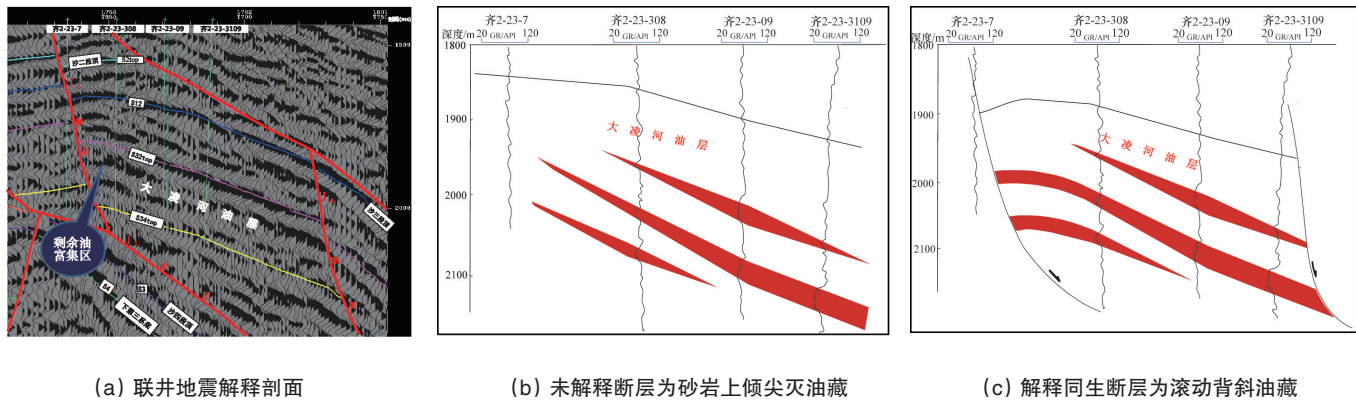


图7 齐2-23-7、齐2-23-308等井大凌河油层地震、油藏解释剖面

Fig. 7 Cross-well seismic and reservoir interpretation profiles of Dalinghe Formation

5 结论

1) 辽河断陷盆地西部凹陷齐欢地区,在沙三段至东营组时期,发育一系列顺向倾斜和滑动的同生断裂。在系统分析断层生长指数与圈闭类型的相关性后,认为该区同生断裂活动越强,越有利于形成滚动背斜、断鼻、断块等局部构造。

2) 通过大凌河下油层组同生断层与砂体展布关系分析可以看出,齐欢地区砂体的发育明显受同生断层控制。同生断层下盘的地层厚度增加往往是砂体较为发育的结果,同生断层的生长活动对砂体的分散、搬运或沉积具有引导作用。

3) 同生断层附近多数情况下为逆牵引构造的高部位,是油气聚集的指向区。此外,同生断层附近往往井网控制程度低,剩余油富集程度高。所以,充分结合三维地震资料解释发现齐欢地区同生断层发育情况,并分析其对构造、砂体和油藏控制作用,有利于寻找该区剩余油分布和挖潜剩余油。

参考文献(References)

- [1] 耳闯,牛嘉玉,顾家裕,等. 辽河坳陷双台子构造带沙三段沉积相展布特征与沉积主控因素[J]. 沉积学报, 2013, 31(6): 1105-1113.
Er Chuang, Niu Jiayu, Gu Jiayu, et al. Characteristics of main sedimentary facies distribution and depositional controls of E₂S₃ in Shuangtaizi Structure Belt, Liaohe Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(6): 1105-1113.
- [2] 漆家福,童亨茂,于福生,等. 辽河西部凹陷构造演化及其对成藏区域地质条件的控制作用[R]. 北京: 中国石油大学(北京), 2008.
Qi Jiafu, Tong Hengmao, Yu Fusheng, et al. Structure evolution and its

influence on the regional petroleum accumulation condition in west Sag Liaohe depression[R]. Beijing: China University of Petroleum, 2008.

- [3] 漆家福,李晓光,于福生,等. 辽河西部凹陷新生代构造变形及“郯庐断裂带”的表现[J]. 中国科学: 地球科学, 2013, 43(8): 1324-1337.
Qi Jiafu, Li Xiaoguang, Yu Fusheng, et al. Cenozoic structural deformation characteristics and the Tanlu Fault Zone style in Western Sag, Liaohe Depression[J]. Scientia Sinica Terrae, 2013, 43(8): 1324-1337.
- [4] 李明刚,漆家福,童亨茂,等. 辽河西部凹陷新生代断裂构造特征与油气成藏[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(3): 281-289.
Li Minggang, Qi Jiafu, Tong Hengmao, et al. Cenozoic fault structure and hydrocarbon accumulation in Western Sag, Liaohe Depression[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(3): 281-289.
- [5] 于福生,董月霞,童亨茂,等. 渤海湾盆地辽河西部凹陷古近纪变形特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(1): 51-60.
Yu Fusheng, Dong Yuexia, Tong Hengmao, et al. Characteristics and origins of structural deformation in the Paleogene in the Western Sag of Liaohe Depression, Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(1): 51-60.
- [6] 朱海龙,杜威,李晓庆. 济阳坳陷车镇凹陷大王庄缓坡带同生断层与油气聚集[J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2010, 27(5): 29-33.
Zhu Hailong, Du Wei, Li Xiaoqing. The Contemporaneous faults and oil-gas accumulation in Dawangzhuang Gentle Slope in the Chechen Sag, Jiyang Depression[J]. Journal of Guizhou University: Natural Sciences, 2010, 27(5): 29-33.
- [7] 李尊芝,杨志军,纪友亮,等. 商河油田古近系碎屑岩储层及同沉积断层对其控制作用[J]. 海洋石油, 2010, 30(3): 34-41.
Li Zunzhi, Yang Zhijun, Ji Youliang, et al. Paleogene clastic reservoir which mainly controlled by the syndepositional faults in Shanghe Oil-

- field[J]. *Offshore Oil*, 2010, 30(3): 34-41.
- [8] 沈忠山, 李云飞, 王龙. 杏北油田葡萄花油层同生断层特征及控砂模式[J]. *大庆石油地质与开发*, 2012, 31(4): 7-11.
Shen Zhongshan, Li Yunfei, Wang Long. Characteristics of contemporaneous fault and sand controlled model by fault for Putaohua oil reservoirs in Xingbei oilfield[J]. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 2012, 31(4): 7-11.
- [9] Knut B, Kaare H, Jan L F, et al. When do faults in sedimentary basins leak? Stress and deformation in sedimentary basins: Examples from the North Sea and Haltenbanken, offshore Norway[J]. *AAPG Bulletin*, 2005, 89(8): 1019-1031.
- [10] Thomas L P. Sandbox models of downward steepening normal faults[J]. *AAPG Bulletin*, 2005, 89(6): 781-797.
- [11] 商晓飞, 侯加根, 董越, 等. 板桥凹陷同沉积断层主控的滩坝砂体沉积机制与分布样式[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2014, 38(6): 32-39.
Shang Xiaofei, Hou Jiagen, Dong Yue, et al. Sedimentary mechanism and distribution pattern of beach-bar sandbodies mainly dominated by contemporaneous faults in Banqiao Sag[J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2014, 38(6): 32-39.
- [12] Cooper J A G, Smith A M, Green AN. Backbeach deflation aprons: Morphology and sedimentology[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2013, 83(5): 395-405.
- [13] 谭丽娟, 郭松. 东营凹陷博兴油田沙四上亚段滩坝砂岩油气富集特征及成藏主控因素[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2011, 35(2): 25-31.
Tan Lijuan, Guo Song. Hydrocarbon accumulation features and main controlling factors of beach bar sandstone in upper Es₄ Formation in Boxing Oilfield, Dongying Depression[J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2011, 35(2): 25-31.
- [14] Qi J F, Yang Q. Cenozoic structural deformation and dynamic processes of Bohai Bay basin province[J]. *China Marine and Petroleum Geology*, 2010, 27(4): 757-771.
- [15] 董月霞, 王建伟, 刁帆, 等. 陆相断陷湖盆层序构成样式及砂体预测模式—以南堡凹陷东营组为例[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(1): 96-102.
Dong Yuexia, Wang Jianwei, Diao Fan, et al. Sequence stratigraphic patterns and sand body prediction models of fault-depressed lacustrine basins: a case study from the Dongying Formation in the Nanpu Sag, Bohai Bay Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2015, 36(1): 96-102.
- [16] 王立军, 刘强, 李红军, 等. 同生断层和微构造对油井产能和剩余油分布的影响[J]. *大庆石油地质与开发*, 2011, 30(2): 61-64.
Wang Lijun, Liu Qiang, Li Hongjun, et al. Influence of contemporaneous fault and microstructure on oil well productivity and remaining oil distribution[J]. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 2011, 30(2): 61-64.

Reservoir control of contemporaneous faults in Qihuan Area of Western Slope in the western depression of Liaohe River Rifted Basin

CAO Tong, WANG Yanbin

College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China

Abstract The contemporaneous faults are well-developed in the Qihuan Area of the Western Slope in the western depression of the Liaohe River Rifted Basin. Therefore, one should study the development characteristics and the control of these faults in order to make clear how these faults can influence the structures and reservoirs. These contemporaneous normal faults, characterized by the north-east strike listric faults tilting and sliding in the direction of sag, control the regional structure patterns. Furthermore, from the 3D seismic data, the contemporaneous fault growth index is computed. The relations between the fault growth index and the trap types are analyzed. Finally the general conclusion for this area is that the more intense the fault tectonic activity is, the more advantageous for the formation of local structures. The rollover anticline and the fault nose always develop in a down-dropped block of contemporaneous faults, and these areas are in favour of the hydrocarbon accumulation because of the fine sand distribution in these structures. The conventional well pattern of the oil development is not effective near the contemporaneous faults as their down-dropped block may be overlooked. The research of the contemporaneous faults shows that the areas near these fault down-dropped block have also the potential prospects of the existence of residual oil.

Keywords Qihuan Area; contemporaneous faults; rollover anticline; sand distribution; residual oil

(责任编辑 刘志远)