

垦东—埕岛构造带古近纪断层活动特征

马立驰,王永诗,杨贵丽

(中国石化胜利油田分公司 地质科学研究院,山东 东营 257015)

摘要:垦东—埕岛构造带是济阳坳陷东北部重要的富油气带,通过对该区古近纪应力场和断层活动特征进行分析,明确了各个断层的形成机制,从而理清了各个凸起的形成原因和彼此之间的关系。研究表明,研究区存在北西向、北东东向与北北东向3组前新生代基底断层,前两者为中三叠世印支期前陆变形中形成的逆冲断层,而后者为晚侏罗世郯庐断裂带平移伴生的左行平移断层。在古近纪南北向区域拉张过程中,研究区北西向基底断层为左行张扭性复活,而北北东向基底断层为右行张扭性复活。至新生代,在南北向拉张应力作用下,新生断层表现为近东西向。在多期构造活动下,多方位断层使该构造带上的各个凸起呈现为张扭性的半地垒构造,它们共同复合构成了垦东—埕岛构造带。

关键词:基底断层 复活方式 张扭性活动 古近纪 垦东—埕岛构造带

中图分类号:TE111.2

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2015)03-0042-05

Features of Paleogene fault activity in the Kendong-Chengdao structural belt

Ma Lichi, Wang Yongshi, Yang Guili

(Geoscience Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257015, China)

Abstract: The Kendo-Chengdao structural belt is an important hydrocarbon-bearing belt in the northeast of the Jiyang depression. The formation mechanism of individual fault was determined through analyzing Paleogene stress field characteristics and fault activity features, thus the reasons for the formation of uplifts and their relationship were clarified. The results show that three series of pre-Cenozoic basement faults developed striking NW, NEE and NNE respectively in the area. The first two are thrust faults generating at middle Triassic-Indo during pre-continent deformation, while the last one is the strike-left-slip fault accompanying with Tan-Lu Fault System translation at the late Jurassic. During the regional tension in south and north at Paleogene in the area, the basement faults striking NW moved again in left-tensional-shear, while the basement fault striking NNE moved again in right-tensional-shear. To the Cenozoic, the new generating faults striking nearly WE developed under the force of tensile stress in the south and north. The uplifts are characterized by tension-torsional half horst structure resulted from multiple activities of multi-faceted fault, which constitute together a composite Kendong-Chengdao structural belt.

Key words: basement fault; reactivated pattern; tension-torsional activity; Paleogene; Kendoang-Chengdao structural belt

垦东—埕岛构造带位于济阳坳陷最东部,处于济阳坳陷与渤中坳陷之间,邻近郯庐断裂带,具有独特的石油地质特征,是济阳坳陷油气最为富集的聚集带之一。该构造带历经多年的勘探,在前古近系、古近系和新近系3套含油层系发现了埕岛、

桩西、五号桩、孤东、新北等多个大中型油气田。垦东—埕岛构造带为一个北西向披覆构造带,不同走向的断裂系统相互作用,形成现今凹凸相间的构造格局,控制了盆地构造样式和沉积样式的形成与演化,进而对油气成藏起到重要的控制作用。对于凹

收稿日期:2015-03-31。

作者简介:马立驰(1973—),男,黑龙江绥化人,高级工程师,从事油气勘探部署研究工作。联系电话:(0546)8716201, E-mail:malichislyt@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项“济阳坳陷油气富集机制与增储领域”(2011ZX05006-003),中国石化科技攻关项目“胜利滩海北西向构造带古近系油气成藏规律”(P13018)。

凸相间的各个单元的形成时间、形成的动力学原因、彼此之间的关系如何,一直缺乏系统且深入的研究^[1-10]。为此,笔者通过对垦东—埕岛构造带古近纪断层活动特征及成因进行系统分析,探讨了断层活动对各凸起形成的影响,以期为进一步沉积、成藏研究提供参考。

1 区域地质概况

垦东—埕岛构造带发育4组不同走向的断裂系统,将其内部分割成埕岛、长堤、孤东和垦东4个凸起(图1)。垦东凸起广泛缺失古近系,而其他凸起上存在较薄的古近系上部地层。凸起两侧为古近纪发育的洼陷或凹陷,其上共同披覆沉积了拗陷期发育的新近系。凸起内前新生界时代各异,在古近纪断块发育期被不均匀剥蚀,在垦东凸起主体这一剥蚀作用出现在整个古近纪,而在其他凸起上剥蚀作用主要发生在古近纪早期。垦东凸起新近系与下伏中生界为角度不整合接触,其他凸起古近系上部地层与下伏前新生界为角度不整合接触,其上又被新近系不整合披覆。

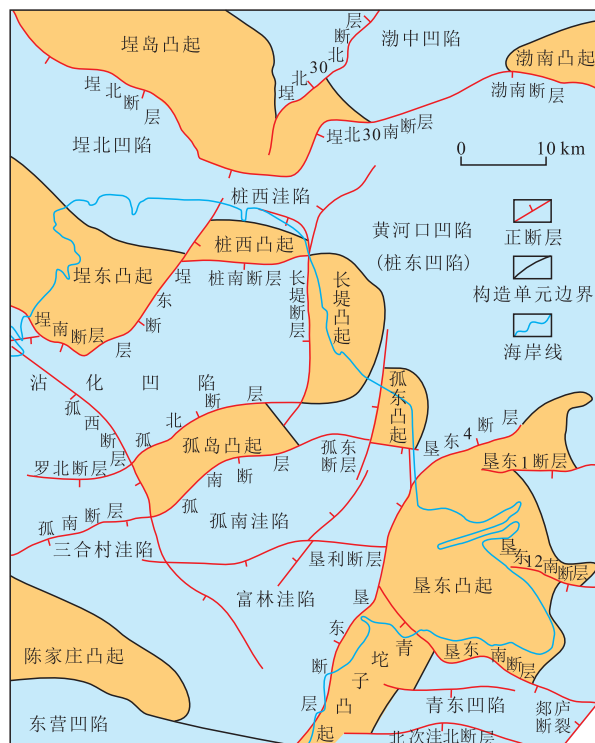


图1 垦东—埕岛构造带构造纲要

Fig.1 Structural map of the Kendong—Chengdao structural belt

2 基底断层特征与成因

垦东—埕岛构造带古近系是在前古近系基底

基础上发育演化而来的,前古近系的构造特征对其具有重要的影响。研究区存在北西、北东东和北北东3个方向的基底断层。北西向基底断层起源于中三叠世印支期南西至北东向挤压形成的前陆变形;北东东向基底断层主要为北西向褶皱的横向正断层或撕裂断层;北北东向基底断层为晚侏罗世郯庐断裂带左行平移活动形成的,属于旁侧伴生的左行平移断层。垦东断层、孤东断层、长堤断层、埕北30断层等基底断层就是晚侏罗世郯庐断裂带左行平移活动形成的,随着远离郯庐断裂带,北北东向断层的作用逐渐减弱。3组不同走向的基底断层控制了研究区的整体构造格局。基底断裂往往是构造薄弱带,在后期构造作用下易于再次活动,对后期构造的发育与演化起着重要的控制作用,直接影响着盆地的构造格局与断裂系统。

3 古近纪断层特征与成因

3.1 应力场特征

区域动力学状态是决定盆地内断裂系统形成、分布和活动方式的关键因素。从不同方向总伸展率对比(图2)可以看出,垦东—埕岛构造带处于南北向拉张应力状态,这种特征在断层性质、不同时期断层数量等方面有所体现。研究区古近纪只发育了正断层与张扭性平移断层,没有出现逆冲断层、压扭性平移断层与褶皱等构造,指示古近纪处于伸展动力学背景,即最大主应力(σ_1)直立或近直立,中间主应力(σ_2)和最小主应力(σ_3)水平或近水平,其中最小主应力为伸展方向。研究区古近纪形成了大量的近东西向断层,并且从早到晚数量不断增多,空间上广泛分布,常伴生在大型张扭性断层旁侧^[11-13]。这些现象皆指示近东西向断层具有新生性,是古近纪区域拉张直接作用的结果,从而指示了垦东—埕岛构造带古近纪的区域应力状态为近南北向拉张(包括了可能的NNW—SSE或NNE—SSW向)。垦东—埕岛构造带北北东向断层(如孤东断层)的左阶雁列状指示了右行,而北西向断层(如埕南断层)的右阶雁列状指示了左行,它们指示研究区在古近纪处于近南北向的拉张应力状态。

3.2 基底断层复活规律

根据基底断层与区域拉张方位的关系可以分为正向拉张与斜向拉张,两者的主要区别在于斜向拉张多发生在基底断层复活过程中,并且在斜向拉张过程中具有明显的平移分量,而正向拉张多形成

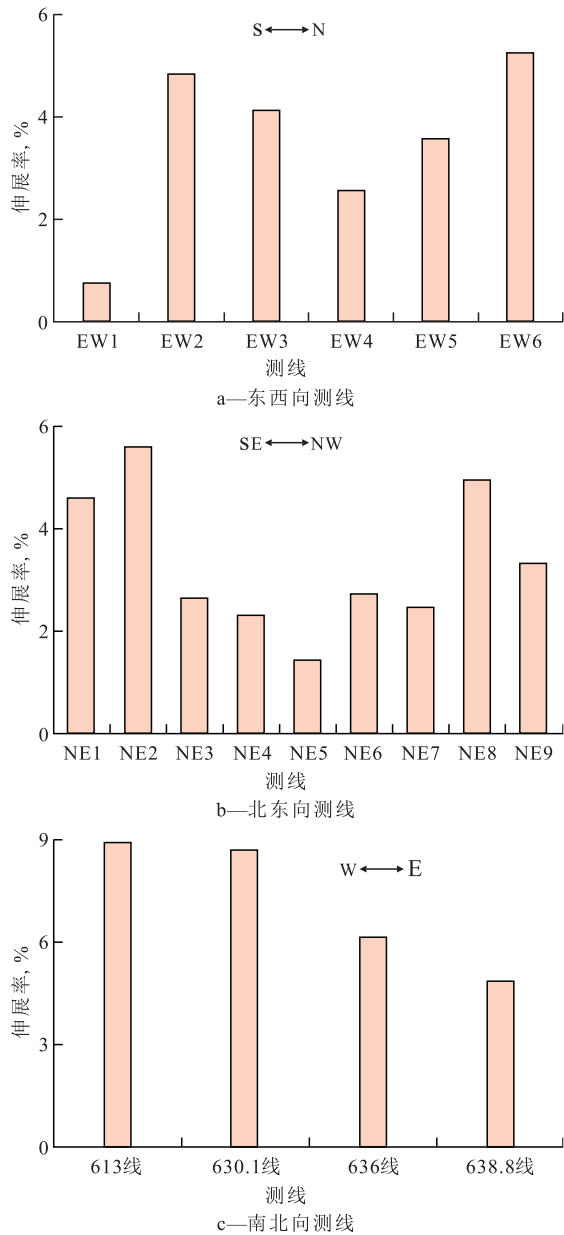


图2 垦东—埕岛构造带不同方向总伸展率对比

Fig.2 Contrast of total extension ratio in different directions of the Kendong-Chengdao structural belt

垂直拉张方向的新生正断层,且新生正断层以倾向滑动为主。在区域拉张过程中,基底断层的走向越垂直于拉张方向,就越容易复活或活动性越强;基底断层的走向越平行于拉张方向,则活动性变弱^[14-16]。垦东—埕岛构造带在古近纪处于近南北向拉张状态,而区内北西向与北北东或北东东向断层皆为基底断层,其中大量的新生断层是东西向的。无论是依据当时的区域应力状态,还是依据垦东—埕岛构造带基底复活断层本身的应力状态,都表明东西向断层为正向拉张的新生断层,北北东与北东东向断层具有右行平移分量,而北西向断层具有左行平移分量。

3.3 断层成因

3.3.1 新生断层

在古近纪近南北向拉张应力状态下,垦东—埕岛构造带新生的断层为垂直于区域拉张方向的近东西向断层,最常见的形式是独立的小型正断层,多出现在各次级洼陷内部,倾向多受控于旁侧较大的东西向正断层。这种近东西向小型正断层常与基底断层的活动互为消减。

3.3.2 基底断层复活

垦东—埕岛构造带基底断层呈现不同的复活方式。

追踪正断层 基底断层常由多组断层构成,相互交织,在区域拉张的过程中被复活。当不同方位基底断层同时复活并且连接成一条正断层时就成为了追踪正断层(图3a)。垦东—埕岛构造带垦东断层由北北东段、北东段与北东东段(垦东4断层)

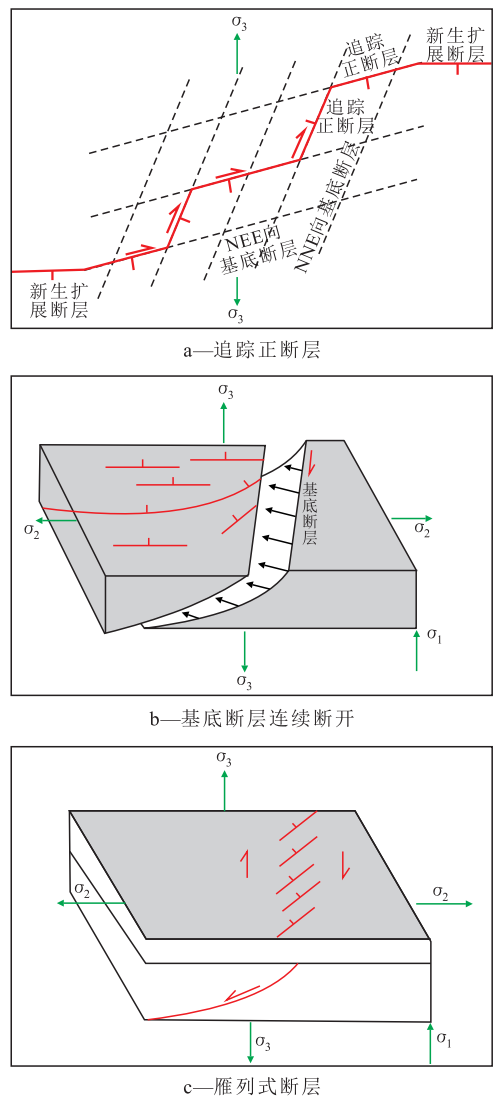


图3 垦东—埕岛构造带基底断层复活方式

Fig.3 Patterns for the reactivated basement fault of the Kendong-Chengdao structural belt

构成。南北向的长堤断层与北北东向的孤东断层，它们的南段(端)皆为北东向。研究区其他复活的基底断层常见平面上的波状弯曲现象，它们是2组或2组以上基底断层复活而成，从而成为追踪正断层。

连续断开与雁列式断层 垦东—埕岛构造带复活的基底断层具有连续断开与雁列式2种形式(图3b,图3c)。在古近系深层,这些基底断层皆以连续断开的形式出现。而在浅层,雁列式复活的基底断层较为常见。孤东断层与长堤断层这种现象最为突出。古近系较深反射层上累积整个古近纪的断层位移,而浅层累积位移量相对较小,这实际上指示了大位移情况下复活的基底断层为连续断开形式,而小位移情况下为雁列式。

基底断层扩展 基底断层在持续复活过程中平面上长度会增加,剖面上也会进一步向下、向上延伸,从而出现断层的扩展。垦东—埕岛构造带北西向的埕北断层东段变成东西向,北北东向的埕东断层南段转变为东西向,北东东向的孤南断层东段转变为近东西向,义东断层北段浅层变为近东西向,这些都是基底断层复活过程中一端扩展形成近东西向正断层的结果。

3.3.3 伴生与派生断层

张扭性断层活动时会影响旁侧应力场,所以就会派生与其小角度斜交的正断层以及平行的正断层。在区域应力作用下旁侧还会形成垂直区域拉张方向的小型正断层。当派生的斜列断层与区域应力作用下形成的伴生断层相连时就会形成旁侧弧形断层。垦东—埕岛构造带北北东向的垦东断层、孤东断层、长堤断层、埕东断层以及北西向的埕北断层、埕南断层等周围派生与伴生断层现象极为常见。这些派生与伴生断层规模小,远离主干基底断层就消失,而接近于正向拉张的北东东向孤北断层与孤南断层旁侧羽列式断层多不发育,常出现派生的平行断层。因此,伴生与派生的羽列式断层更易于发育在走滑分量大的张扭性断层旁,接近正向拉张的张扭性断层旁多发育平行的派生断层。

4 断层活动对凸起形成的影响

垦东—埕岛构造带各个凸起边界断层活动对各凸起的形成具有一定的影响(图4)。研究区垦东凸起的形成主要是因为其西边界上北北东向垦东断层的右行张扭性活动,其主体属于张扭性凸起构

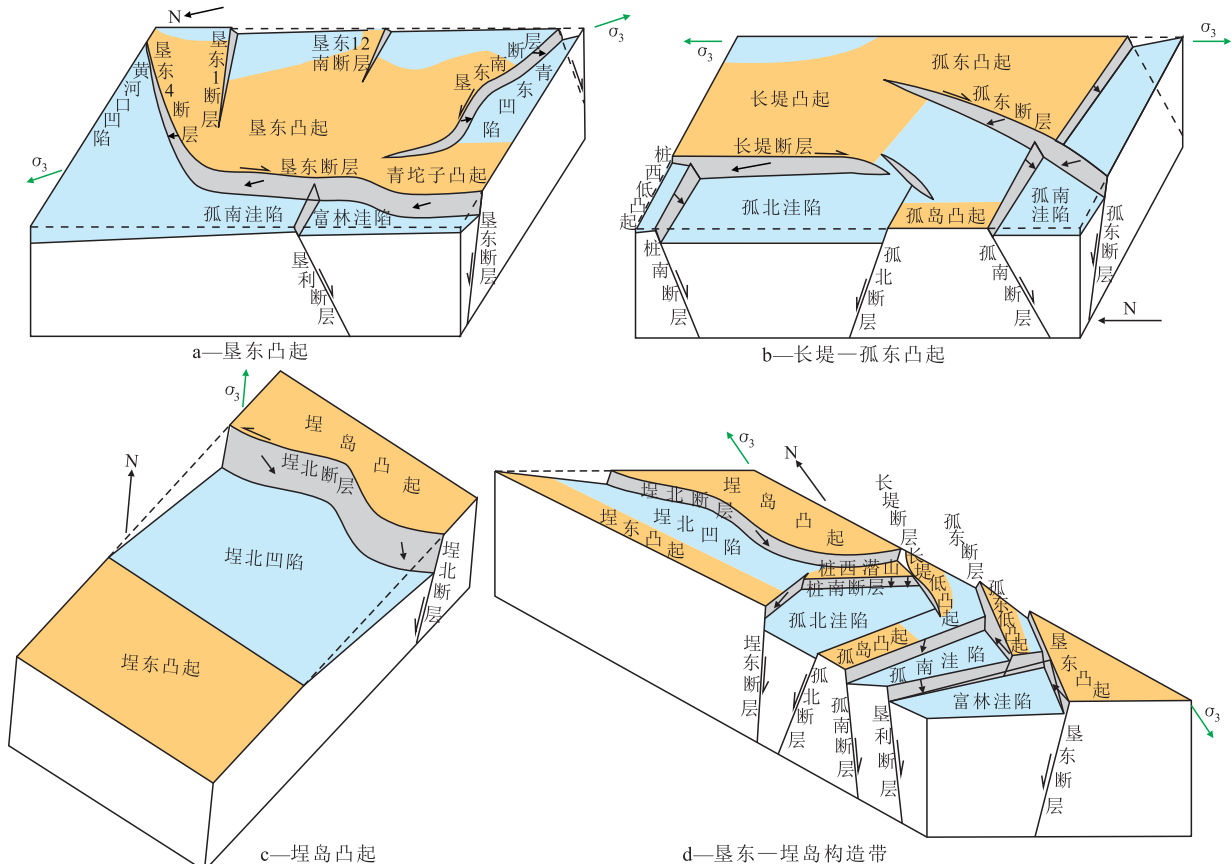


图4 垦东—埕岛构造带成因立体模式

Fig.4 Three-dimensional genetic model of the Kendong-Chengdao structural belt

造(图4a)。该凸起的北界与南界上还分别发育了垦东4断层与垦东南断层,不同于垦东一埕岛构造带上其他凸起。

孤东凸起与长堤凸起分别受控于西界北北东向的孤东断层与主体南北向的长堤断层(图4b)。这2个边界断层在古近纪近南北向拉张中皆为右行张扭性活动,控制发育的凸起为典型的张扭性凸起。古近纪期间这2个边界断层处于斜向拉张中的张扭性活动,所造成的垂直落差相对较小,其上升盘发育了凸起构造。

埕岛凸起为北西向埕北断层上升盘的半地垒构造,西南侧为半地堑式埕北凹陷。作为基底断层复活的埕北断层,在古近纪近南北向拉张中呈左行张扭性活动,所造成的垂直落差相对不大,控制发育形成张扭性凸起(图4c)。

5 结论

垦东一埕岛构造带南部是古近纪北北东向基底断层复活控制形成的垦东凸起与孤东凸起,中部为古近纪新生的南北向长堤断层控制形成的长堤凸起,而北部为北西向基底断层复活控制形成的埕岛凸起,显示了成因上的多样性与复杂性及多方位断层共同活动的结果。垦东一埕岛构造带中,北部总体为北西走向,沿着基底为北西向的埕北断层;其南部转变为北北东向延伸,长堤、孤东与垦东3个北北东向凸起呈左阶雁列状展布,是北北东向基底断层右行张扭性复活的结果。

参考文献:

- [1] 陈广军,张善文.试论埕岛和桩西之间低潜山的勘探[J].石油实验地质,2002,24(4):306-310.
Chen Guangjun, Zhang Shanwen. Discussion on the exploration of low buried-hills between Chengdao and Zhuangxi areas [J]. Experimental Petroleum Geology, 2002, 24(4): 306-310.
- [2] 陈清华,陈诗望,冷凤.胜利油区桩海地区前第三系断裂构造特征[J].断块油气田,2004,11(5):1-3.
Chen Qinghua, Chen Shiwang, Leng Feng. The structural feature of pre-Tertiary in Zhuangxi Area [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2004, 11(5): 1-3.
- [3] 方旭庆,林会喜,王智帮.垦东凸起“陀螺式”演化与油气成藏[J].西安石油大学学报:自然科学版,2007,22(4):13-16.
Fang Xuqing, Lin Huixi, Wang Zhibang. Gyro-type tectonic evolution and hydrocarbon accumulation of Kendong Uplift [J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2007, 22(4): 13-16.
- [4] 方旭庆.沾化凹陷凸起带旋扭运动及其与新近系油气聚集的关系[J].油气地质与采收率,2015,22(2):39-44,65.
Fang Xuqing. Rotation-shearing movement and its relationship with hydrocarbon accumulation of Neogene in uplift belts of Zhanhua sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(2): 39-44, 65.
- [5] 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.
- [6] 罗霞.垦东-桩海潜山披覆构造带油气分布规律及主控因素[J].石油天然气学报,2008,30(3):36-40.
Luo Xia. Hydrocarbon distribution rule and its main controlling factors in Kendong-Zhuangxi buried hill draping structure [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(3): 36-40.
- [7] 李伟,吴智平,周瑶琪,等.沾化凹陷东北部中生代盆地演化过程研究[J].煤田地质与勘探,2006,34(3):20-23.
Li Wei, Wu Zhiping, Zhou Yaoqi, et al. Evolutionary analysis of Mesozoic and Cenozoic basins in northeastern Zhanhua sag [J]. Coal Geology & Exploration, 2006, 34(3): 20-23.
- [8] 林会喜,方旭庆,李凌,等.鲁北济阳拗陷沾化凹陷东部潜山的发育及油气成藏控制因素[J].地质通报,2006,25(9/10):1160-1167.
Lin Huixi, Fang Xuqing, Li Lin, et al. Development of buried hills of the eastern Zhanhua subbasin, Jiyang depression, northern Shandong, China and controlling factors of the formation of petroleum accumulations [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(9/10): 1160-1167.
- [9] 马立驰.济阳拗陷青东凹陷油藏特征及分布规律[J].石油实验地质,2014,36(1):39-45.
Ma Lichi. Characteristics and distribution of reservoirs in Qingdong Sag, Jiyang Depression [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(1): 39-45.
- [10] 杨贵丽.青东凹陷走滑构造对油气成藏的控制作用[J].油气地质与采收率,2014,21(5):18-21,26.
Yang Guili. The strike slip structure and its influences on the formation of petroleum reservoir in Qingdong sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(5): 18-21, 26.
- [11] 彭存仓.沾化凹陷断层活动性及其叠合特征[J].油气地质与采收率,2009,16(5):37-39.
Peng Cuncang. Analysis of fault activity and structural type in Zhanhua Depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2009, 16(5): 37-39.
- [12] 隋凤贵,曹高社,毕磊,等.济阳拗陷古桩西断层的发现及其对桩西潜山形成的影响[J].地质论评,2013,59(6):1189-1198.
Sui Fenggui, Cao Gaoshe, Bi Lei, et al. Ancient Zhuangxi Fault: Discovery and its influence on the formation of the Zhuangxi Buried Hill in Jiyang Depression [J]. Geological Review, 2013, 59(6): 1189-1198.
- [13] 张克鑫,漆家福,林会喜.济阳地区埕岛一垦东构造带中生代的逆冲断层及其与郯庐断裂带的关系[J].地质科学,2006,41(2):270-277.