

文章编号:0253-9985(2012)05-0859-08

渤中凹陷古近系石南断层活动性及其对油气成藏条件的控制作用

王冠民¹, 庞小军², 张雪芳², 刘占博², 刘博奥³

[1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555;

2. 中海石油(中国)有限公司 天津分公司 渤海油田勘探开发研究院, 天津 300452;

3. 中国石化 胜利油田西部新区研究中心, 山东 东营 257000]

摘要:针对渤中凹陷石南地区古近系钻遇井稀少及烃源岩分布、储层类型及展布、油气的运移及油气藏类型模糊等问题, 利用三维地震、钻井、测井和分析化验等数据, 结合沉积背景, 运用断层活动速率法详细研究了古近系石南断层的活动特征, 并探讨了断层活动性与油气聚集的关系。结果表明: 古近系石南断层活动性呈“弱—强—弱—强—强—最弱”的变化特点; 沙河街组三段及东营组三段、东营组二段沉积期断层活动性强, 是烃源岩发育期, 而沙河街组一段—沙河街组二段、东营组一段沉积期断层活动性弱, 是储层发育期, 且东营组二段沉积期为强烈拗陷期, 发育了大型的远源三角洲前缘沉积, 亦是较好的储层发育期; 断层活动性强的位置形成断层—背斜油气藏与断层—岩性油气藏, 断层活动性弱的位置形成岩性油气藏及断层—岩性油气藏。

关键词: 油气藏分布; 油气运移; 断层活动性; 石南断层; 古近系; 渤海湾盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

Activity of Shinan fault and its control on hydrocarbon accumulation in the Paleogene in Bozhong Depression

Wang Guanmin¹, Pang Xiaojun², Zhang Xuefang², Liu Zhanbo² and Liu Boao³

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

2. Institute of Exploration and Development Research, Bohai Oilfield Company, Tianjin Branch of CNOOC, Tianjin 300452, China;

3. Western District Research Center, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: The Paleogene in Shinan area of Bozhong depression is encountered by only a few wells, constraining the understanding of its source rock distribution, reservoir type and distribution, and hydrocarbon migration as well as reservoir types. Based on integration of 3D seismic, drilling, logging and laboratory data and in combination with sedimentary settings, we studied the features of activity of Shinan fault in the Paleogene in Bozhong Depression and discussed the relationship between fault activity and hydrocarbon accumulation by using fault slip rate method. The activity of the Shinan fault features in regular change pattern of “weak-strong-weak-strong-strong-weak”. It was the strongest during the deposition of the third member of Shahejie Fm and the 2nd and 3rd members of Dongying Fm when source rocks were developed. It was weak during the deposition of the 1st and 2nd members of Shahejie Fm and the 1st member of Dongying Fm when reservoirs were developed. In addition, strong depression occurred during the deposition of the 2nd member of Dongying Fm when relatively good reservoirs were developed in the large distal delta front deposits. Fault-anticline reservoirs and fault-lithologic reservoirs occur in locations with strong fault activity, while fault-lithologic reservoirs and lithologic reservoirs occur in places with weak fault activity.

Key words: reservoir distribution, oil and gas migration, faulting activity, Shinan fault, Paleogene, Bohai Bay Basin

收稿日期: 2011-09-12; 修订日期: 2012-09-12。

第一作者简介: 王冠民(1969—), 男, 博士、教授, 沉积学和储层地质学。

基金项目: 国家“十一五”科技重大专项(2008ZX05023-001-004-002); 国家“十二五”科技重大专项(2011ZX05023-001-013)。

渤中凹陷古近系属于钻井稀少的低勘探区,浅层新近系油气潜力有限,中深层古近系油气勘探显得日趋重要,其也是目前油气勘探的主攻方向。因此,如何利用地震资料确定渤中凹陷中深层有利油气勘探目标显得尤其重要。渤中凹陷整体研究程度低,前人在沉积、构造演化、烃源岩及油气勘探潜力等方面做过一些研究^[1-7];但是,对渤中凹陷断层活动性与烃源岩的关系、储层分布、油气运移及油气藏类型方面的研究还不够深入。文中充分利用地震资料,结合钻井、测井及分析化验等数据,通过对渤中凹陷古近系石南断层的活动性进行研究,探讨断层活动性及其与油气聚集的关系,对于预测整个渤中凹陷古近系有利勘探目标具有重要意义。

1 研究区概况

渤中凹陷是渤海海域内呈北东向展布的一个凹陷,位于渤海湾盆地中心,构造上属于渤海湾中、新生代含油气盆地中部的一级负向构造单元,是在华北古地台基底上发育起来的中、新生代沉积凹陷,面积最大,约 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,是渤海湾盆地的沉积中心,其东、南、西、北分别与渤东低凸起、渤南低凸起、埕北低凸起、沙垒田凸起和石臼坨凸起相邻,凹陷西南宽,向北东逐渐变窄^[1]。北面以“二台阶”形式和石臼坨凸起断层接触;东以北北东向大断裂和渤东低凸起相隔;南部向渤南凸起超覆,总体表现为一斜坡;西与沙垒田凸起与

石臼坨凸起之间的鞍部呈超覆接触,局部为断阶接触。凹陷总体开阔、平缓,东侧沉降最深,第三系沉积厚度最大,是渤中凹陷的主要烃源岩及储层。渤中凹陷古近系发育孔店组(孔)、沙河街组(沙)和东营组(东),且孔店—沙河街组为断陷期,东营组为坳陷期。研究区石南断层位于渤中凹陷的东北部,即石臼坨凸起东南缘(图1)。石南断层是渤中凹陷的控盆断层,对烃源岩、储层分布、油气运聚及油气藏类型具有明显的控制作用,并且在整个断陷盆地的油气聚集规律的研究中具有一定的代表性。

2 石南断层分布特征及活动性

2.1 分布特征

在渤中凹陷石南地区断层活动性的研究中,笔者选取石南断层进行阐述。在平面上,石南断层由西向东可分为3段,走向依次为近东西向(倾向南)、北北东向(倾向南东)、东西向(倾向南)的断层(图2)。西部近东西向展布的分支断层亦由一系列延伸较短的小分支相交组成,且东部向凹陷延伸,西部向凸起延伸;东部东西向分支断层延伸长度大于西部,其西部亦向凹陷延伸,东部向凸起延伸;中部北北东向分支断层将东部分支与西部分支相连接,具有调节两侧分支断层的作用,使得西部近东西向分支断层东部向凹陷逐渐尖灭,而东部东西向分支断层西部向凸起方向逐渐尖灭。在垂向上,各分支断层相交点附近发育一

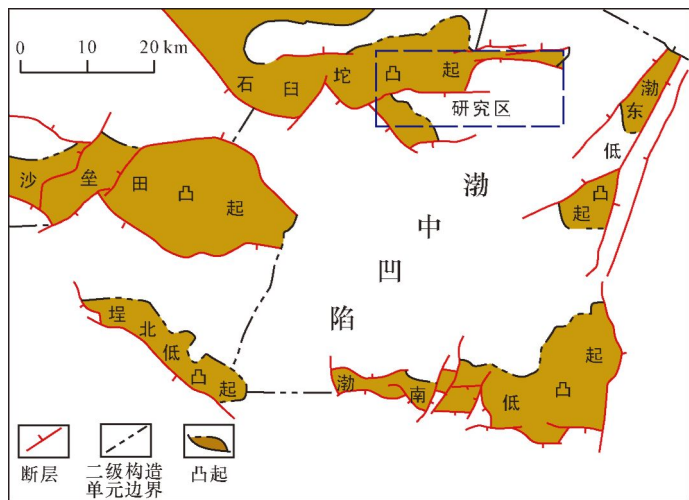


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area

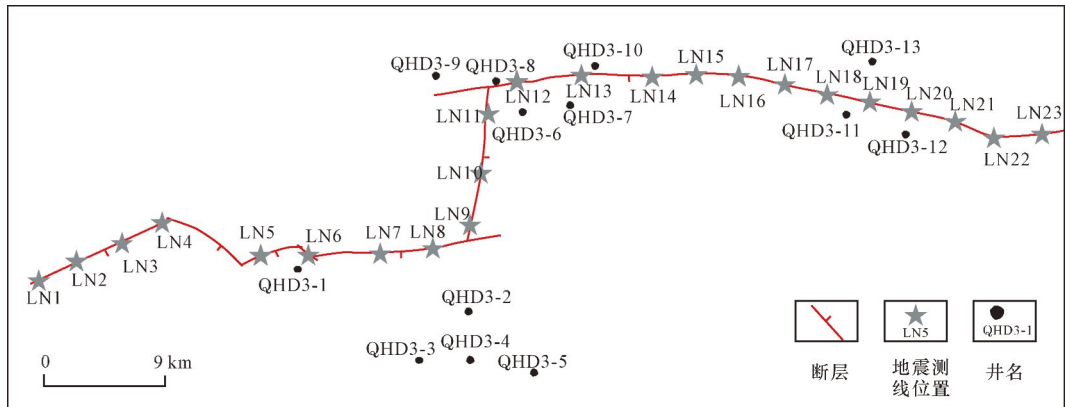


图2 石南断层平面展布及地震测线分布

Fig. 2 Map showing distribution of Shinan fault and seismic lines

系列次生断层,与主断层呈倾斜的反“Y”字形组合;在远离分支断层相交点的位置,以单断式铲式控盆断层或顺向排列断层组合为主。总之,石南断层的平面分布及垂向组合样式造成石南地区南部凹陷与北部凸起的古地理格局,且不同位置所发育的地层厚度、储层类型及分布、圈闭类型不同。

2.2 活动性

断层活动性的分析主要有断层活动速率法^[8-15];因此,笔者基于该方法,定量研究了石南断层在不同沉积期的活动特征。通过三维地震剖面,对石南断层古近系各沉积时期不同位置的测线落差和活动速率进行了计算,由西向东,编制了石南断层不同位置不同层位活动速率柱状图(图3)及各沉积期的不同分支断层的活动速率曲线图(图4),总结出古近系石南断层的活动特征。

1) 不同沉积期不同位置的活动性存在差异。石南断层古近系沉积时期,由于同一时期断层在活动的过程中存在不统一性,导致不同位置的断层活动性不同,并且在相邻分支断层的交界处以及分支断层与无断层的盆地边界交界处的断层活动速率小,如测线 LN1, LN9 及 LN12(图3),而不同沉积时期断层活动的强度迥异,进而造成不同时期的断层活动性不同(图4)。

2) 不同分支断层在不同沉积时期的断层活动性不同。石南断层的北北东向分支断层具有调节两侧断层的作用,且其活动性在古近系呈“弱—强—弱—强—最弱”的特征,而近东西向与东西向断层均呈“弱—强—弱—强—最强—最弱”的特征。因此,在孔店组至东营组沉积期,各分支断层的活动性变化趋势均保持一致,而在东营组沉积期,北北东向分支断层的活动性整体迅速减弱,其他两个分支断层迅速增加。

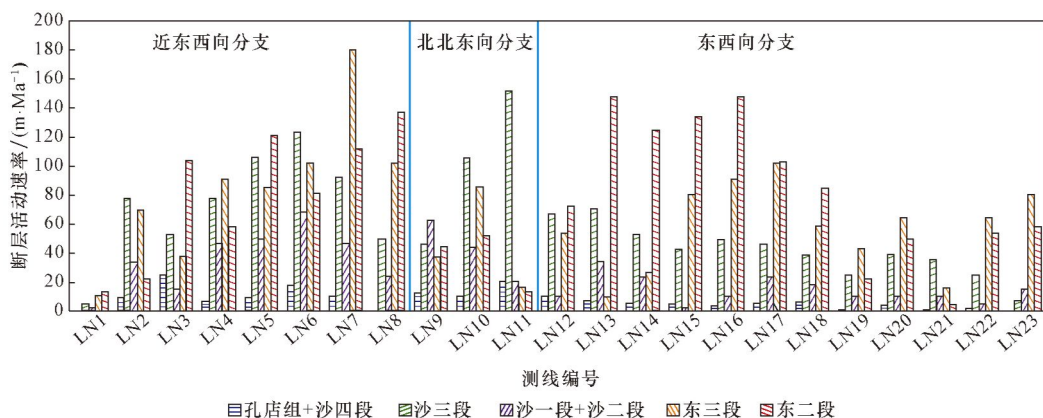


图3 石南断层不同位置不同层位断层活动速率柱状图

Fig. 3 Map showing slip rates of Shinan fault at different locations and in different layers of Bozhong Depression

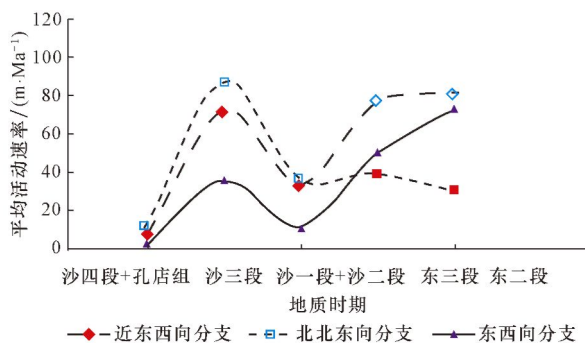


图4 石南断层各沉积期不同分支断层平均活动速率曲线

Fig. 4 Average slip rate curves of different branches of Shinan fault in different deposition periods of Bozhong Depression

3) 不同构造演化阶段的断层活动性具有相似性。孔店组与沙河街组沉积时期为湖盆的断陷期,北北东向断层活动速率最大,近东西向断层次之,东西向断层最小;东营组沉积时期为湖盆拗陷期,近东西向断层活动速率最大,东西向断层次之,北北东向断层最小。

总之,在平面上,古近系同一沉积期不同位置断层活动性不同;在垂向上,孔店组—沙河街组四段沉积期,石南断层活动性较弱;沙河街组三段沉积期活动性最强;沙河街组一段—沙河街组二段沉积期活动性减弱;东营组三段沉积期活动性增强;东营组二段沉积期继承了东三段沉积时期的断层活动特点,活动性强;至东营组一段沉积时期,地层遭受剥蚀,远离断层沉积,其活动性迅速变得最弱直至断层停止活动。整体上,古近系石南断层呈“弱—强—弱—强—强—最弱”的变化趋势。

3 断层活动性与油气成藏的关系

渤中凹陷古近系沉积期,沙三段、东三段、东二段下亚段的湖相泥岩为主要的烃源岩^[3-5],沙一段—沙二段、东二段及东一段沉积期为主要的储层发育期^[6]。基于上述断层活动性的定量研究,笔者分析了研究区石南断层活动性与烃源岩、储层及油气藏类型的匹配关系。

3.1 断层活动性对烃源岩分布的控制

石南断层是渤中凹陷的控盆断裂,断层的活动控制了沉降—沉积中心的发育,从而控制了烃源岩的分布。渤中凹陷石南地区的烃源岩主要为湖相暗色泥岩^[3-5],在地震上,以高连续强振幅反射为特征;在均方根振幅属性上,表现为振幅值较低;在测井上,以高有机碳含量的暗色泥岩为主。依据地震属性分析,结合测井、录井及地球化学资料,编制了石南地区古近系不同沉积期的烃源岩分布图(图5)。在平面上,断层活动性强的位置容易形成沉降中心,发育的烃源岩厚度较大,反之,则烃源岩厚度较小;在垂向上,沙三段、东三段和东二段下亚段沉积时期,断层活动性强,沉降中心向断层活动性强的位置偏移,石南地区整体上继承了整个渤中凹陷的沉积特点,其烃源岩主要为沙三段、东三段和东二段下亚段的暗色泥岩。东营组末期至新近纪的断层活动引起的沉降作用、热作用加快了有机质的演化,最终导致烃源岩的成熟演化^[4],并在后期的幕式构造作用下发生排烃、成藏作用。

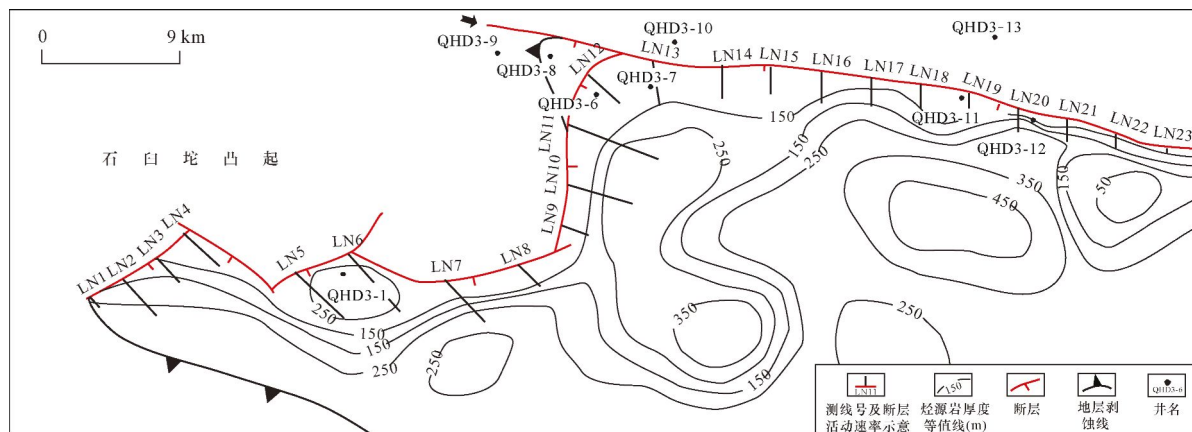


图5 石南地区沙三段烃源岩分布

Fig. 5 Distribution of hydrocarbon source rocks in the 3rd member of Shahejie Fm in Shinan area of

3.2 断层活动性对储层分布的控制

渤中凹陷古近系储层主要为沙一段—沙二段、东二段及东一段^[1-2,6]。分析断层活动性对储层分布的控制作用主要表现在断层对砂体分布的控制。以沙一段—沙二段为例,在地震剖面上,发育坡度较缓的叠瓦状前积反射为辫状河三角洲前缘亚相沉积,其岩性以砂岩与泥岩的互层为主,因此在地震属性上均方根振幅值较大。根据前积反射的延伸长度、钻井、录井、岩心及各种地震属性值的范围,笔者制作了沙一段—沙二段的砂体平面展布图,再结合断层活动速率制作了砂体与断层活动速率、沉降速率的关系图(图6)。其他层位砂体预测方法类似。

3.3 断层活动性对油气藏类型的控制

油气成藏的控制因素较多^[16-22],断层活动是形成不同油气藏类型的重要因素之一。在东营组末期烃源岩成熟并开始排烃后,渤中凹陷发生多次幕式构造运动^[4],每次幕式构造运动至停止的一段时间内为油气运移的最佳时期。渤中凹陷石南地区古近系发育构造油气藏、岩性油气藏及复合油气藏^[4]。基于地震剖面,结合钻井等资料,绘制了油藏剖面图,分析了石南地区断层活动强弱所对应的油气藏类型。石南地区古近系断层活动性强的位置可形成断层—背斜油气藏及断层—岩性油气藏(图7),而在断层活动性弱的位置容易形成岩性油气藏及断层—岩性油气藏(图8)。总

之,古近系控盆断裂的活动性控制了烃源岩、储层的分布,也导致各种油气藏类型的形成。在东营组末期烃源岩成熟并开始排烃,并且在新近系至第四系构造运动的影响下,每次幕式的断层活动使得断层处于前期的开启与后期的闭合交替的状态下,可使油气沿断裂运移并进入储层中并保存,最终形成各种油气藏。

4 结 论

1) 在平面上,不同位置断层活动性迥异,古近系石南断层活动性呈“弱—强—弱—强—强—最弱”的变化特点。

2) 断层活动性控制了石南地区烃源岩及储层的发育。平面上,各沉积期断层活动性强的部位容易形成较厚的湖相泥岩,为较好的烃源岩发育区;活动性中等—弱的部位容易形成有利储层,如三角洲前缘及滩坝等砂体。垂向上,沙三段及东三段、东二段沉积期断层活动性强,是烃源岩发育期;沙一段—沙二段、东一段沉积期断层活动性弱,是储层发育期,且东二段沉积期为强烈拗陷期,发育了大型的远源三角洲前缘沉积,亦是较好的储层发育期。

3) 断层活动性控制了石南地区油气藏类型的发育。断层活动性强的位置,容易形成断层—背斜油气藏、断层—岩性油气藏;活动性弱的位置,易形成岩性油气藏及断层—岩性油气藏。在东营组末期至第四纪幕式构造运动过程中,烃源岩与储

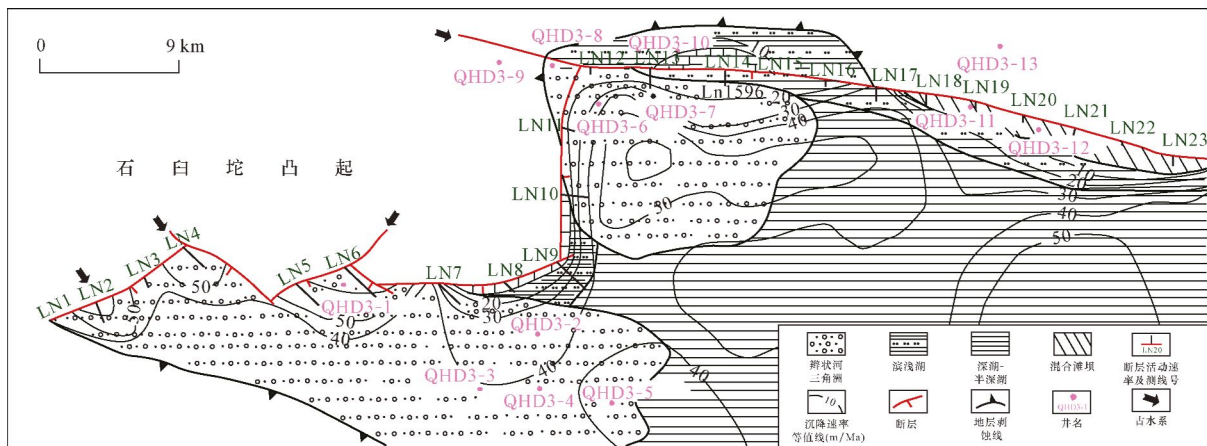


图6 石南地区沙一段+沙二段沉积相展布与断层活动性、沉降速率的关系

Fig. 6 Relations between the sedimentary facies, fault activity and settlement rates of the 1st and 2nd members of Shahejie Fm in Sinan area

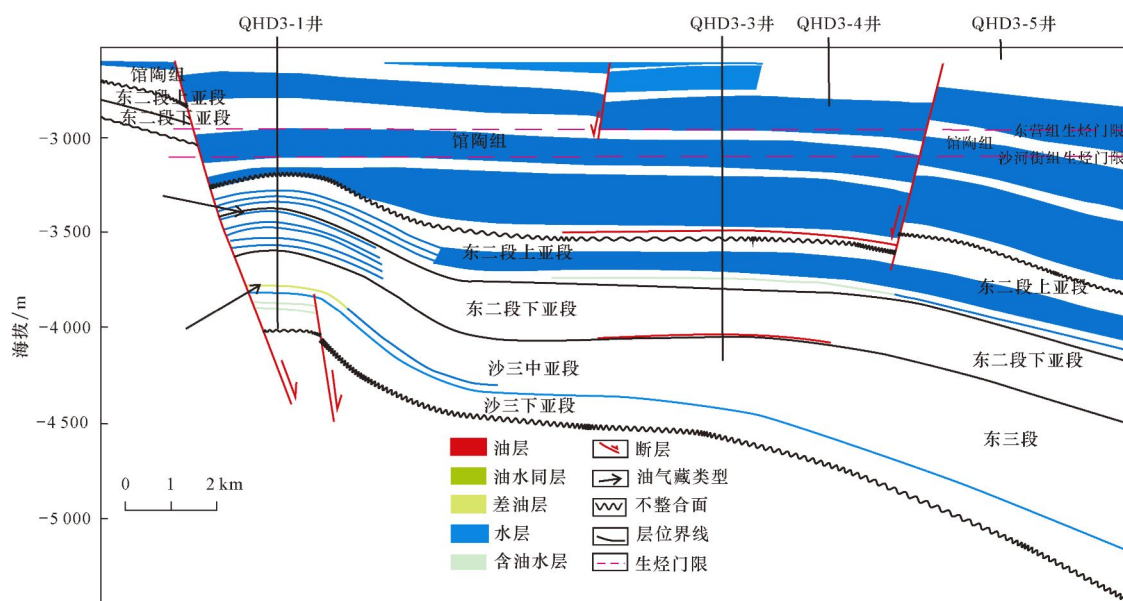


图7 石南地区古近系强断层活动位置油气藏类型

Fig. 7 Reservoir types at locations with strong fault activity in the Paleogene of the Shinan area
(图中箭头所示为断层-背斜油气藏及断层-岩性油气藏。)

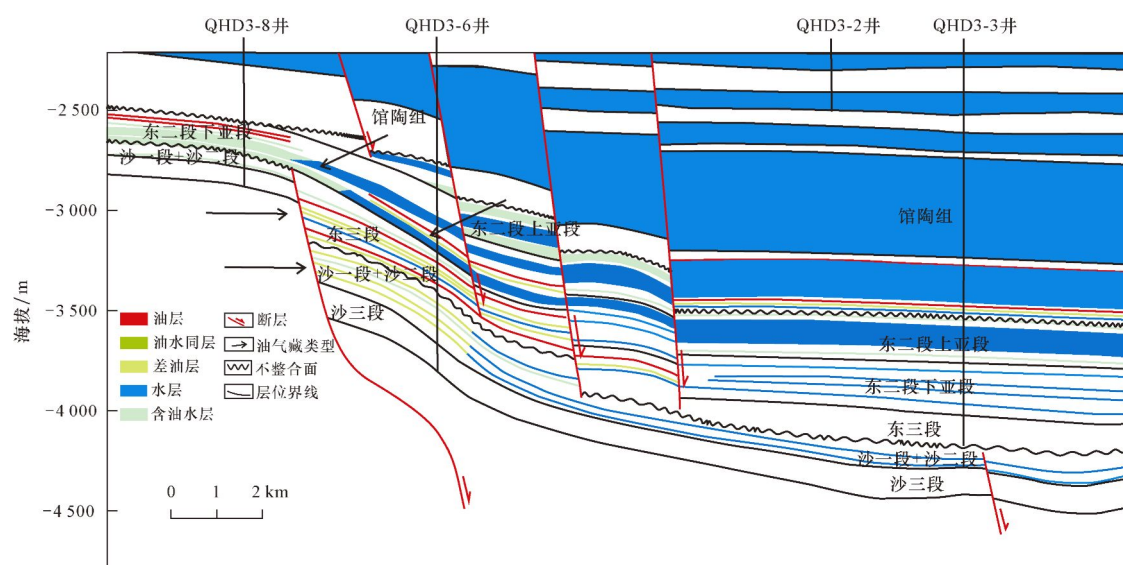


图8 石南地区古近系弱断层活动位置油气藏类型

Fig. 8 Reservoir types at locations with weak fault activity in the Paleogene of the Shinan area
(图中箭头所示为岩性油气藏及断层-岩性油气藏。)

层沟通并进入圈闭成藏,从而形成各种类型的油气藏。因此,石南断层带附近为渤中凹陷的有利勘探区带,并在应用中已得到证实。

参考文献

[1] 吴磊,徐怀民,季汉成. 渤海湾盆地渤中凹陷古近系沉积体

系演化及物源分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(1): 81-88.

Wu Lei, Xu Huaimin, Ji Hancheng. Evolution of sedimentary system and analysis of sedimentary source in paleogene of BoZhong sag, Bohai Bay[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2006, 26(1): 81-88.

[2] 徐长贵. 渤海古近系坡折带成因类型及其对沉积体系的控

- 制作用[J]. 中国海上油气, 2006, 18(6): 365-371.
- Xu Changgui. Genetic types of Paleogene slope-break zones and their controls on depositional system in Bohai offshore[J]. China Offshore Oil and Gas, 2006, 18(6): 365-371.
- [3] 高喜龙, 肖贤明, 赵必强, 等. 渤海湾盆地渤中凹陷下第三系烃源岩生烃史[J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 359-364.
- Gao Xilong, Xiao Xianming, Zhao Biqing, et al. Petroleum generation history of lower tertiary source rocks from the Bozhong depression of the Bohai Bay Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(2): 359-364.
- [4] 孙永河, 漆家福, 吕延防, 等. 渤中坳陷断裂构造特征及其对油气的控制[J]. 石油学报, 2008, 29(5): 669-675.
- Sun Yonghe, Qi Jiafu, Lü Yanfang, et al. Characteristics of fault structure and its control to hydrocarbon in Bozhong Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(5): 669-675.
- [5] 吴小红, 吕修祥, 周心怀, 等. 渤中凹陷石南地区东营组烃源岩特征及油气勘探意义[J]. 石油学报, 2010, 31(3): 394-407.
- Wu Xiaohong, Lü Xiuxiang, Zhou Xinhui, et al. Characteristics of Dongying Formation source rock and its significance for hydrocarbon exploration in Shinan area of Bozhong Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(3): 394-407.
- [6] 谢武仁, 邓宏文, 王洪亮. 渤中凹陷古近系储层特征及其控制因素[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(3): 101-107.
- Xie Wuren, Deng Hongwen, Wang Hongliang, et al. Palaeogene reservoir rocks in central Bohai Gulf depression and their controls[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2008, 28(3): 101-107.
- [7] 徐长贵, 周心怀, 杨波, 等. 渤中凹陷石南陡坡带构造-岩性复合圈闭的形成及分布规律[J]. 现代地质, 2009, 23(5): 887-893.
- Xu Changgui, Zhou Xinhui, Yang Bo, et al. Forming and distribution regularity of the structural-lithologic composite traps in the Shinan steep slope zone, Bozhong Sag[J]. Geoscience, 2009, 23(5): 887-893.
- [8] 姜华, 王华, 刘军, 等. 珠江口盆地珠三坳陷神狐组-恩平组沉积时期南断裂活动性对沉积的控制作用[J]. 地质科技情报, 2009, 28(2): 49-53.
- Jiang Hua, Wang Hua, Liu Jun, et al. Activity of south fault of Zhu III depression and its controlling on sedimentation during Shenhu formation to Enping formation in Pearl River Mouth Basin[J]. Geological Science and Technology Information, 2009, 28(2): 49-53.
- [9] 郭新安, 吴智平, 李伟, 等. 青东地区新生代断层发育特征及其对沉积的控制作用[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(4): 13-16.
- Guo Xin'an, Wu Zhiping, Li Wei, et al. Development characteristics of Cenozoic faults and its control over deposition in Qingdong area[J]. 2010, 17(4): 13-16.
- [10] 冯艳红, 向芳, 王元君, 等. 渤中凹陷石南斜坡区古近系中深层优质储层形成机理[J]. 断块油气田, 2012, 19(4): 418-422.
- Feng Yanhong, Xiang Fang, Wang Yuanjun, et al. Formation mechanism of Paleogene high-quality reservoir in mid-deep strata in Shinan slope of Bozhong Depression[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2012, 19(4): 418-422.
- [11] 周立宏, 蒲秀刚, 周建生, 等. 黄骅坳陷歧口凹陷古近系坡折体系聚砂控藏机制分析[J]. 石油实验地质, 2011, 33(4): 371-377.
- Zhou Lihong, Pu Xiugang, Zhou Jiansheng, et al. Sand-gathering and reservoir-controlling mechanisms of Paleogene slope-break system in Qikou Sag, Huanghua Depression, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(4): 371-377.
- [12] 蔡佳, 姜华, 甘华军, 等. 南阳凹陷南部边界大断裂活动性及其对沉积的控制[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2009, 24(4): 9-12.
- Cai Jia, Jiang Hua, Gan Huajun, et al. Activities of the boundary major fault in the south of Nanyang Sag and their control effect on deposition[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2009, 24(4): 9-12.
- [13] 渠芳, 陈清华. 对孤岛油田西南缘断层活动性的新认识[J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(4): 394-422.
- Qu Fang, Chen Qinghua. New recognitions about fault activity of the southwestern margin of Gudao Oilfield[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2009, 31(4): 394-422.
- [14] 李伟, 李文涛, 柳军. 临清拗陷东部断层发育及其对沉积的控制作用[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2009, 31(3): 39-44.
- Li Wei, Li Wentao, Liu Jun. Development of the faults and its controlling to the deposition in the east area of Linqing depression[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2009, 31(3): 39-44.
- [15] 蔡佳, 姜华, 甘华军, 等. 南阳凹陷南部边界大断裂活动性及其对沉积的控制[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2009, 24(4): 9-12.
- Cai Jia, Jiang Hua, Gan Huajun, et al. Activities of the boundary major fault in the south of Nanyang Sag and their control effect on deposition[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2009, 24(4): 9-12.
- [16] 尹伟, 郑和荣, 胡宗全, 等. 鄂南镇泾地区延长组油气富集主控因素及勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 159-165.
- Yin Wei, Zheng Herong, Hu Zongquan, et al. Main factors controlling hydrocarbon accumulation and favorable exploration targets for the Yanchang Formation in Zhenjing area, south Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 159-165.
- [17] 焦里力. 苏北盆地张家垛油田阜三段油气富集规律[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 166-173.
- Jiao Lili. Hydrocarbon enrichment patterns of the 3rd member of Funing Formation in Zhangjiaduo oilfield, Subei Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 166-173.

- [18] 李建平,郭永华,周东红. 辽中凹陷 JZ20-A 构造油气成藏特征[J]. 石油与天然气地质,2012,33(2):174-182.
Li Jianping, Guo Yonghua, Zhou Donghong. Characteristics of hydrocarbon accumulation in JZ20-A structure in Liaozhong Sag[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(2):174-182.
- [19] 于学敏,姜文亚,何炳振,等. 歧口凹陷古近系天然气藏主要特征[J]. 石油与天然气地质,2012,33(2):183-189.
Yu Xuemin, Jiang Wenya, He Bingzhen, et al. Characteristics of the Paleogene gas reservoirs in Qikou Sag[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(2):183-189.
- [20] 王伟. 东营凹陷新近系馆陶组油气成藏条件分析[J]. 石油地质与工程,2012,26(3):28-31.
Wang Wei. Condition potential analysis of hydrocarbon accumulation of Neogene Guantao formation in Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Engineering,2012,26(3):28-31.
- [21] 李志明,郑伦举,马中良,等. 烃源岩有限空间油气生排模拟及其意义[J]. 石油实验地质,2011,33(5):447-459.
Li Zhiming, Zheng Lunju, Ma Zhongliang, et al. Simulation of source rock for hydrocarbon generation and expulsion in finite space and its significance[J]. 石油实验地质,2011,33(5):447-459.
- [22] 张震,李浩武,段宏臻,等. 扎格斯盆地新生界 Asmari-Gachsaran 成藏组合地质特征及成藏模式[J]. 石油与天然气地质,2012,33(2):190-199.
Zhang Zhen, Li Haowu, Duan Hongzhen, et al. Geological characteristics and hydrocarbon accumulation model of the Cenozoic Asmari-Gachsaran play, Zagros Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(2):190-199.

(编辑 高 岩)

(上接第 858 页)

- [14] 林小云,高慧婷,魏慧娟,等. 资福寺洼陷烃源岩特征与生烃潜力评价[J]. 石油地质与工程,2011,25(2):1-4.
Lin Xiaoyun, Gao Huiping, Wei Tanjuan, et al. Hydrocarbon source rock characteristics and hydrocarbon generation potential analysis in Zifusi sag[J]. Petroleum Geology and Engineering,2011,25(2):1-4.
- [15] 蒋宜勤,高岗,柳广弟,等. 塔城盆地石炭系烃源岩特征及其生烃潜力[J]. 石油实验地质,2011,33(4):427-431.
Jiang Yiqin, Gao Gang, Liu Guangdi, et al. Characteristics and hydrocarbon-generating potential of Carboniferous source rock in Tacheng Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment,2011,33(4):427-431.
- [16] 侯明才,万梨,傅恒,等. 塔河南盐下地区上奥陶统良里塔格组沉积环境分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(5):509-516.
Hou Mingcai, Wan Li, Fu Heng, et al. Study on the sedimentary environment of the Upper Ordovician Lianglitage Formation in the south of Tarim River, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition),2006,33(5):509-516.
- [17] 顾亿,赵永强,贾存善,等. 塔里木盆地阿瓦提坳陷油气资源潜力分析[J]. 石油实验地质,2012,34(3):257-269.
Gu Yi, Zhao Yongqiang, Jia Cunshan, et al. Analysis of hydrocarbon resource potential in Awati Depression of Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment,2012,34(3):257-269.
- [18] 李坤. 塔里木盆地卡塔克隆起古生界油气运移体系与成藏演化[J]. 石油实验地质,2011,33(4):364-371.
Li Kun. Hydrocarbon migration system and accumulation evolution in Paleozoic, Katake Uplift, Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment,2011,33(4):364-371.
- [19] 马学军,费建博,王建斌,等. 塔中奥陶系缝洞系统成像的配套处理技术研究[J]. 石油物探,2011,50(6):583-588.
Ma Xuejun, Fei Jianbo, Wang Jianbing, et al. Study on the supporting processing techniques for the imaging of Ordovician fracture-cavity system in Tazhong area[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum,2011,50(6):583-588.
- [20] 王志杰. 高青—平方王潜山带原油地化特征及油源分析[J]. 断块油气田,2012,19(3):289-294.
Wang Zhijie. Geochemical characteristics of crude oil and oil source analysis of Gaoqing-Pingfangwang buried hill belt[J]. Fault-Block Oil & Gas Field,2012,19(3):289-294.
- [21] 王飞宇,边立曾,张水昌,等. 塔里木盆地奥陶系海相源岩中两类生烃母质[J]. 中国科学(D 辑),2001,31(2):96-102.
Wang Feiyu, Bian Lizeng, Zhang Shuichang, et al. Two hydrocarbon generating parent materials in the Ordovician marine source rocks in the Tarim Basin[J]. Science in China (Series D),2001,31(2):96-102.
- [22] 赵孟军,张宝民,边立曾,等. 奥陶系类Ⅲ型烃源岩及其生成天然气的特征[J]. 科学通报,1999,44(21):2333-2336.
Zhao Mengjun, Zhang Baomin, Bian Lizeng, et al. The characteristics of natural gas generated from the Ordovician para-type Ⅲ source rocks[J]. Science Bulletin,1999,44(21):2333-2336.

(编辑 高 岩)