

文章编号:0253-9985(2011)04-0584-09

东濮凹陷复杂断块群及勘探潜力分析

谈玉明¹,程秀申^{1,2},陈书平³,何 锋¹

(1. 中国石化 中原油田分公司,河南 濮阳 457001; 2. 中国地质大学 能源学院,北京 100083;

3. 中国石油大学 资源与信息学院,北京 102249)

摘要:断块群是东濮凹陷最重要的油气圈闭类型,东濮凹陷特殊的构造位置和局部变形条件形成了复杂断块群。根据油田勘探开发资料,分析了东濮凹陷复杂断块群的特点、形成机制、成藏条件和勘探潜力。东濮凹陷复杂断块群除具有一般断块群的特点外,明显表现为上、下及左右的镜像关系和多变的转换关系,断块群的复杂性与多变的动力条件、多期次的伸展变形、复杂的局部条件和多类型的变形介质有关。东濮凹陷具有良好的生、储、盖条件,断块是其基本的聚油单元,虽然单个断块面积较小,但断块的成群出现形成了良好的圈闭条件,而断层又构成了主要的运移通道,因此东濮凹陷的复杂断块群勘探潜力大,仍是未来勘探的主要对象。

关键词:形成机制;油气藏;勘探潜力;复杂断块群;东濮凹陷

中图分类号:TE122.2 文献标识码:A

Complex fault-block groups in Dongpu Sag and their exploration potential

Tan Yuming¹, Cheng Xiushen^{1,2}, Chen Shuping³ and He Feng¹

(1. SINOPEC Zhongyuan Oil Company, Puyang, Henan 457001, China;

2. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. College of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Fault-block groups are the most important 'cradle' for oil/gas traps in Dongpu Sag whose distinctive tectonic setting and local deformation offered favorable conditions for the formation of complex fault-block groups. Based on exploration and development data, we studied the characteristics, formation mechanism, reservoir-forming condition, and exploration potential of the complex fault-block groups. Besides the general features of fault-block groups, the distinguishing characteristics of these groups in Dongpu Sag are of mirror image relationships both in vertical and horizontal directions. The complexity of the fault-block groups is related to varying dynamics, multi-phase extension, complicated local deformation condition and different deformation rocks. Dongpu Sag contains good source rocks, reservoirs and cap rocks. The fault blocks here serve as elementary oil/gas accumulation units. Although an individual fault block may be small, the fault-block groups form favorable traps with the faults acting as major migration paths. The fault-block groups in Dongpu Sag have great exploration potentials, and can still be regarded as major exploration targets in the future.

Key words: formation mechanism, hydrocarbon reservoir, exploration potential, complex fault-block group, Dongpu Sag

东濮凹陷位于渤海湾盆地南部,是一个新生代盆地,古近纪表现出裂陷盆地的特点,新近纪—第四纪表现为坳陷盆地,盆地裂陷发育阶段构造

活动强烈,断层发育,形成了复杂多样的断块群。近年来,断块群油气藏勘探理论和技术都取得了重大进展^[1],在指导东濮凹陷油气勘探中发挥着

收稿日期:2010-09-01;修订日期:2011-04-10。

第一作者简介:谈玉明(1963—),男,教授级高级工程师,油气勘探。

基金项目:中国石油化工股份有限公司科研项目(P02019)。

重要的作用。就断块群概念和分类来看,一些文献有所涉及,如地垒、地堑、“多米诺”式断块等^[2],胜利油田、江苏油田等在断块群油气藏勘探方面取得了重要成果,但不同盆地的地质结构、构造演化的差异,形成断块群的复杂程度差别较大。为了适应勘探需求,根据东濮凹陷构造演化特点和断块发育情况,结合油气勘探单元、勘探对象,开展东濮凹陷复杂断块群地质特点、形成机制及勘探潜力分析是非常必要的。

1 复杂断块群的概念

断块是指至少有一条断层为边界或由几条断层围限的地层块体,断块的组合形成断块群^[3]。根据东濮凹陷的勘探实践,研究认为:多条断层在空间上相互交切构成了复杂断层系,由多成因、多方向、多期次形成的断块在一定的构造部位叠加组合,形成具有相同或相似成藏条件的、小于三级局部构造且不易识别的断块组合称为复杂断块群。具体包括5个方面的含义:1)复杂断块群规模上满足勘探对象,一般为三级局部构造的二分之一至四分之一大小;2)一个复杂断块群油气成藏的主控因素相似;3)复杂断块群是三维空间的构造组合,切割断块群的多条断层的级别和展布方向可以相同、也可以不同,断层组合在一起构成多个构造层次;4)复杂断块群是长期构造演化形成的构造组合,切割断块群的多条断层可以是同一时期形成的、也可以是不同时期形成的;5)复杂断块群断块一般难以识别,内部断层关系不易理清。因此,复杂断块群应该属于一种特别的构造组合,并没有特定的运动学和成因意义,其几何学特征主要取决于各断块的边界断层的几何形态及其相互切割关系。尽管如此,仍然可以通过断层的几何学和运动学的精细解析,将复杂断块群中的断层的期次、成因及各期次断层活动相关的断块分离,从而揭示复杂断块群的形成过程。

2 复杂断块群的特点和形成机制

2.1 地质特点

东濮凹陷古近系基本构造特征可以概括为“东西分带和南北分段”^[4]。“东西分带”是指伸

展断陷呈NNE向带状分布,发育大量NNE向断裂,构成由3个NNE向断裂系统控制的NNE向延伸的“两凹夹一凸及一斜坡”的结构特征。“南北分段”是指盆地构造沿盆地走向有明显的差异,无论是古近系不同层序的沉积厚度分布、基底构造特征,还是构造图、主干剖面显示的古近系构造特征,大致沿柳屯—毛岗一线和南何家—白庙一线可以将东濮凹陷分为北、中、南3个各具特征的区段(图1)。不同区段横剖面上的构造样式、沉积格局、乃至油气聚集均有很大的差异,如凹陷中段沙河街组发育较好烃源岩和一定厚度的膏盐层,而南、北两段的烃源岩明显较差,也未见膏盐层发育;南、北两段的基底正断层发育,而中段的盖层构造变形更强烈。可见,东濮凹陷盆地结构、构造演化十分复杂,形成复杂的断块群^[5]。这些断块群具有其独特性,主要表现为复杂的镜像关系和多变的转换关系等。

2.1.1 复杂的镜像关系

东濮凹陷存在多尺度、多类型的镜像关系。就盆地结构等来看,东濮凹陷基底形态与深部莫霍面起伏及软流圈隆起总体呈镜像反映。

东濮凹陷内部,断块群表现出复杂的镜像关系。中央构造带是地质结构、演化过程最复杂的断裂带,主要发育叠置堑垒、并置堑垒和复式堑垒,在剖面上和平面上呈复杂多变的镜像关系。如中央构造带中段文留构造和刘庄构造,受文西断层和文东断层控制及反向调节断层的相互切割,构成复杂的“X”型断层系^[6](图2),垂向上形成五对规模较大的叠置堑垒,呈上下镜像反映,同时由于多条断层的联合控制,平面上(左右方向上)形成并置堑垒,呈左右镜像对应,上部为地堑、地垒、地堑、地垒结构,下部表现为地垒、地堑、地垒、地堑特征,组合成复杂多变呈镜像关系的断块群。

2.1.2 多变的转换关系

东濮凹陷存在多个尺度的转换,与邻区存在盆地级的转换关系。南与中牟凹陷间发育兰考—胙城凸起一级变换构造带,北端与临清东部的马陵—回隆镇凸起也为一级变换构造带^[7]。这两个NW向的一级变换构造带将东濮凹陷及邻区分隔成了3个不同类型、不同规模、不同性质的伸展域。

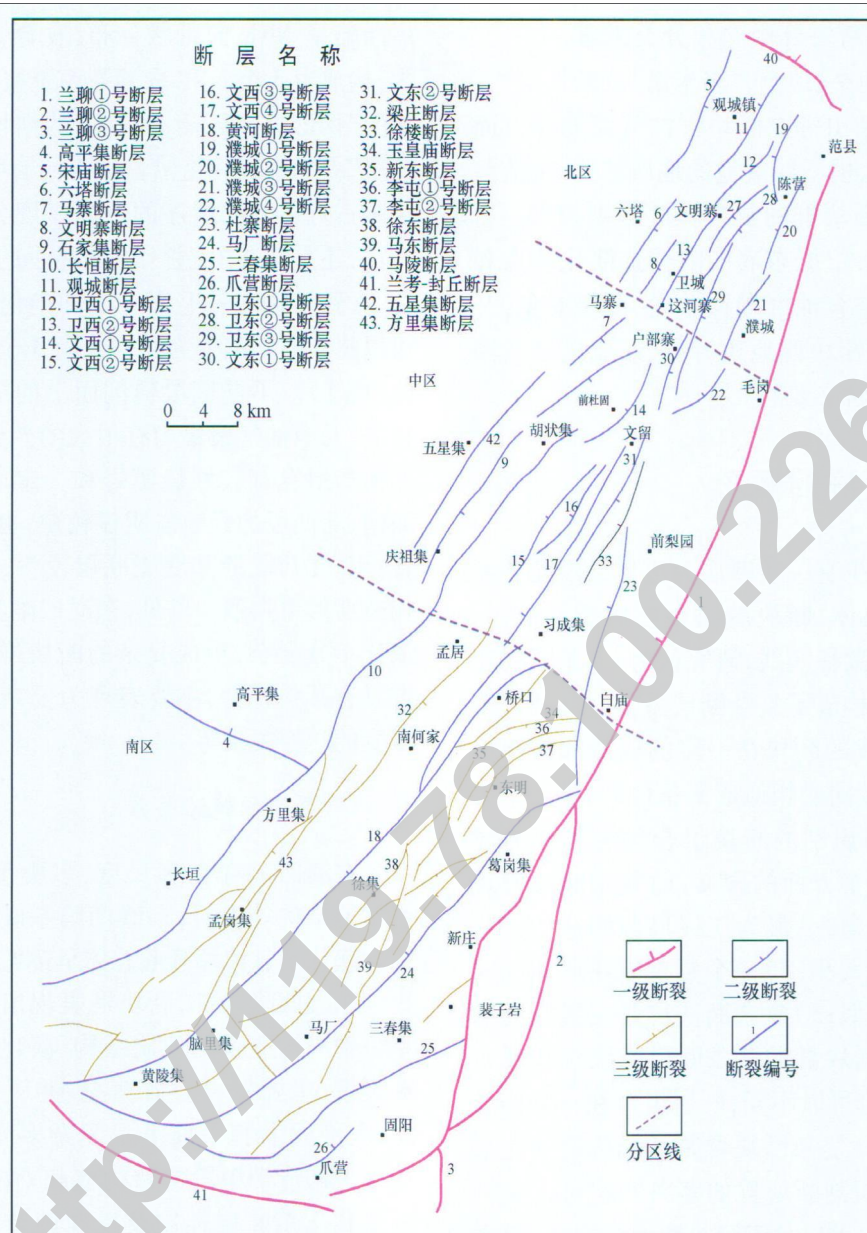


图1 东濮凹陷断裂系统

Fig. 1 Fault systems in Dongpu Sag

东濮凹陷内部存在两个较大规模的二级横向变换构造带,即白庙—桥口—南何家变换带和毛岗—户部寨—柳屯变换带,这些由多期、多种类型的变换构造联合而成的变换构造带使断裂系统之间实现了位移的传递,将东濮凹陷分为3个区段。次级变换带通常由次一级变换构造组成,沿其走向上在不同区段表现出不同的特征,马厂地区尤为典型。图3表明该区变换构造十分复杂,断裂系统多变,在黄河断裂、马厂断裂、三春集断裂等主控断层的控制下,主要发育马厂西掉断裂系、马

东东掉断裂系、厂东西掉断裂系,平面上多组断层走向近平行,而倾向发生频繁改变,在20 km范围内发生4次东、西倾断层的转换,并且断层的规模、断距大小、交切与交接关系多变,构成了复杂的多级次断裂构造体系,同时形成了4个构造变换带。如马79-1井区为8条NE向东掉断层,向南突然变为5条NE向西掉断层。总之,图3中构造变换带表现在它们两侧的断层延伸方向、不同断裂系的发育程度、断层倾向和剖面构造样式有明显的变化,从而构成复杂的断块群。

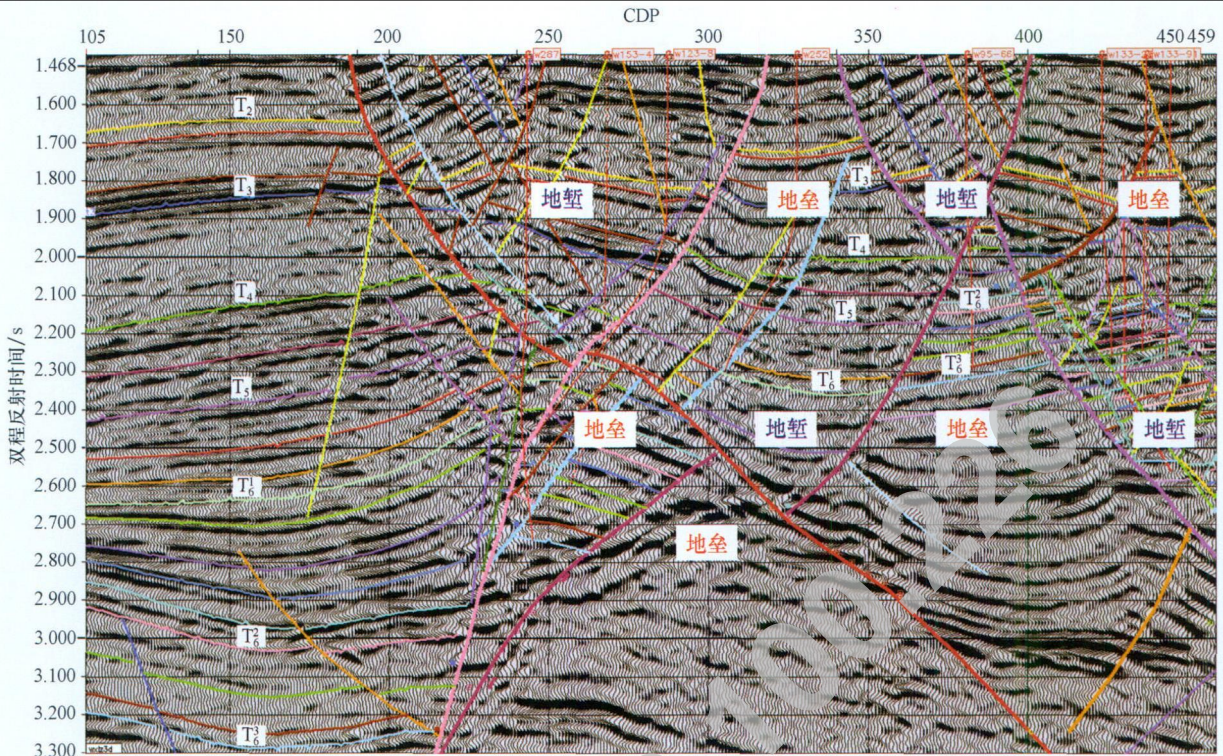


图2 东濮凹陷文西-刘庄三维 Inline785地震剖面上显示的具有镜像关系的断块群
 Fig. 2 Mirror image of fault-blocks on Wenxi-Liuzhuang 3D seismic Inline 785 in Dongpu Sag

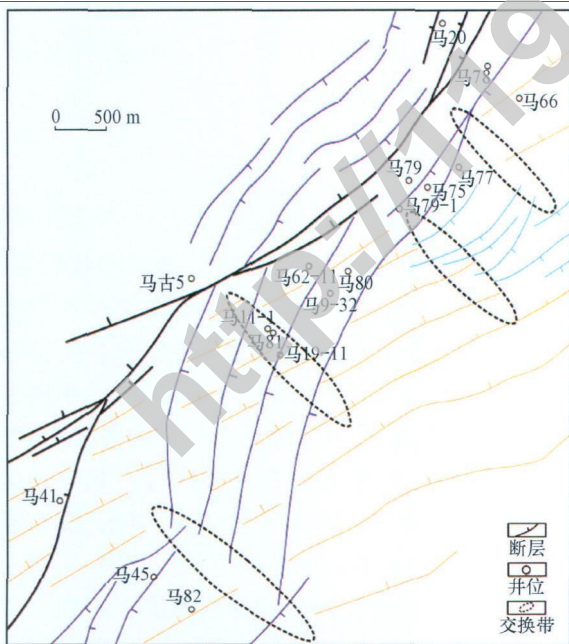


图3 东濮凹陷马厂地区主要构造变换带
 Fig. 3 Major structural transformation belts in the Machang area

2.2 复杂断块群的形成机理

2.2.1 多变的动力条件

新生代,东濮凹陷发育过程中经历了3个阶

段的应力场变化,第一阶段为始新世由地幔上隆引起的NWW-SEE向拉张应力场,第二阶段为渐新世地幔上隆与深断裂右旋走滑作用引起的NW-SE向或NNW-SSE向引张应力场(图4),第三阶段为新近纪-第四纪的NE-SW向弱挤压应力场。因动力学机制不同而导致产生不同方向、不同性质的断层活动,先期形成的复杂断块群受后期多变的动力的作用,结构形态更加复杂。

2.2.2 多期次的伸展变形叠加

东濮凹陷古近纪裂陷期具有幕式特点,且经历了构造应力场的转变,沙(河街组)四段-沙三段沉积期,盆地拉伸方向与各主要断层走向垂直,发育的正断层以侧列、平行式排列为,形成的断块群相对简单。这一时期断层的旋转运动明显,是伸展连锁断层活动的表现。沙二段、沙一段和东营组沉积期,由于盆地拉伸方向的改变或由于右旋走滑活动的影响,表现为发育NE向盖层左阶雁列正断层组合。多期次的伸展变形叠加组合,形成十分复杂的断块群。

2.2.3 多成因的构造转换

上述东濮凹陷存在多个尺度的转换,其成因

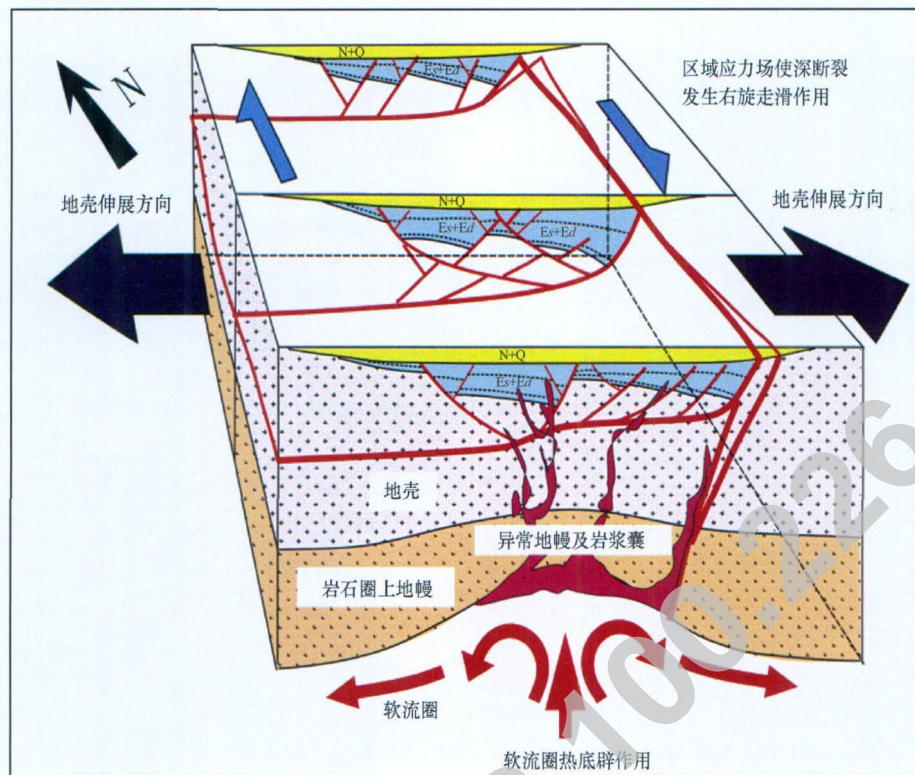


图4 东濮凹陷成盆动力学模式

Fig. 4 Geodynamic model of the formation of Dongpu Sag

主要有:1)受断裂基底先存构造带的控制。在东濮地区,裂隙前后期存在的 NWW 向(或近 EW 向)构造或断裂明显控制了盆地基底岩性差异,例如东濮凹陷南北两侧的马陵断层和兰考—胙城凸起控制了其两侧中生界的展布和厚度^[7];东濮凹陷中部以桑村集—南湖—桥口—白庙为界,南北基底磁异常差异大,可明显分为两大区块,推测也存在规模较大的 NWW 向基底构造。这种基底或先期存在的构造可能与该区规模较大的横向变换带的形成有关。2)与兰聊断层相关的滑脱面形态有关。兰聊断层在北区表现为平面式,向深层的拆离滑脱深度约为 9~12 km;中区总体上呈铲式形态,拆离断层滑脱深度约 14~16 km;南区总体表现为坡坪式特征,拆离断层在东部地区大致在 8~10 km 深度,而在西部地区大致为 12~13 km 深度(图 5)。总之,兰聊断层在走向上断面倾角陡缓的变化,以及下部拆离面深度的变化,影响了盆地长轴方向上不同构造部位发生不同的构造变形作用,在凹陷内形成上述两个较大规模的横向变换构造带。3)新生代不均匀伸展作用。由于在同一构造带和不同构造带之间,沿走向上伸展作用、伸展量、沉降量的不均一变化,使相邻构造单元间产生的构造形态出现变化,在统一伸展系统

中为保持位移和应变的守恒,因此发育了横向变换带^[8]。4)断层系间的扩展作用。断层之间的扩展也控制调节带的形成^[9]。

2.2.4 多性质的变形介质

从参与变形的岩石物理性质上看,东濮凹陷存在两种完全不同的变形层,即碎屑岩和盐岩等,其中碎屑岩表现为弹塑性变形,而盐岩表现为塑性变形,其流动性大。东濮凹陷的盐岩主要分布在北部地区沙三段和沙一段^[10],断层可沿不同层位的盐层滑脱,盐层作为滑脱面而影响盐上、盐下的构造变形,使变形具有分层次性。北部地区沿盐层发育多条滑脱断层(如马寨、卫东、文东断层等),形成上、下不同的断裂系统。另外,石炭—二叠系中的煤层和沙四段的异常压实泥岩也是重要的滑脱面,这在中央构造带东斜坡表现尤为突出,也使断块群进一步复杂化。

3 油气藏形成条件和勘探潜力

3.1 复杂断块群油气藏形成的基本条件

3.1.1 巨厚的烃源岩提供了充足的油气源

东濮凹陷发育上古生界和新生界古近系两套

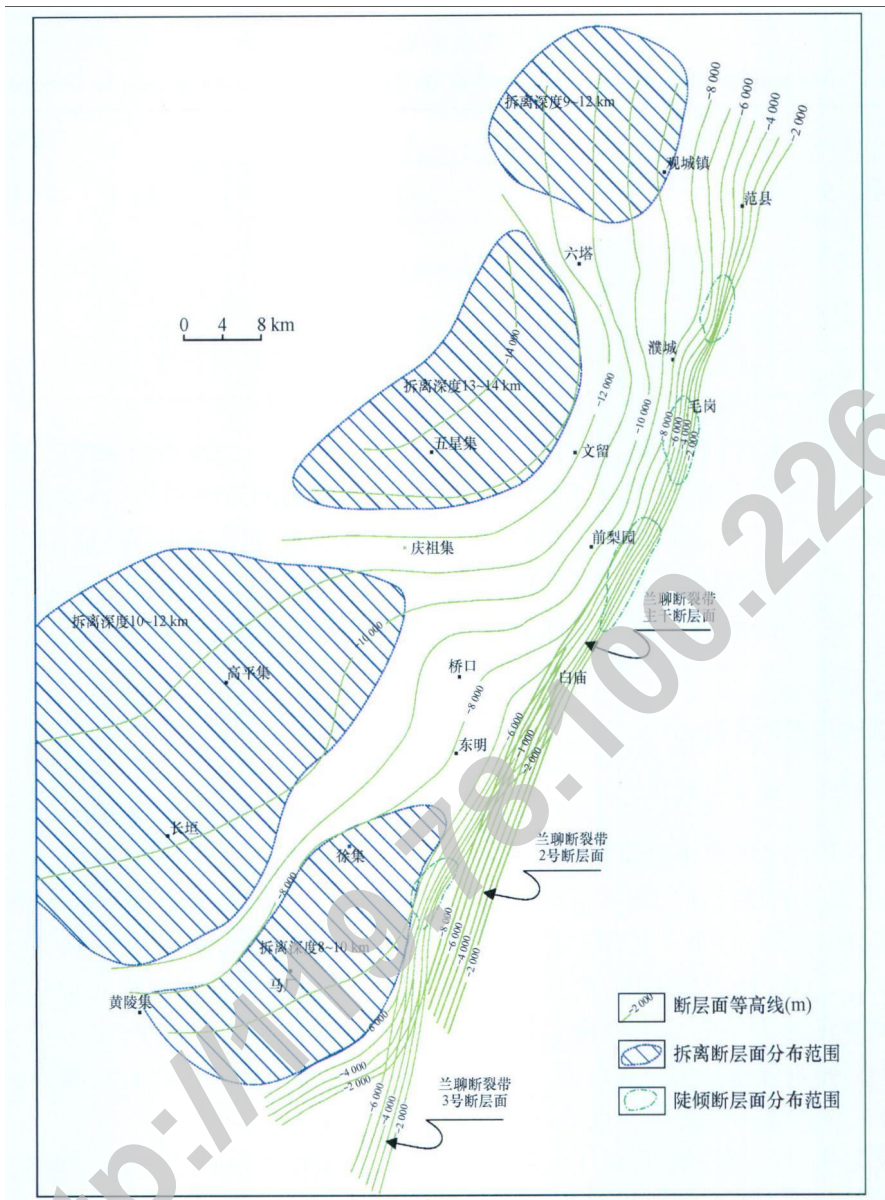


图5 兰聊断层主断层面及深层拆离断层面构造等高线

Fig. 5 Structural contour of the major fault plane and the deep detachment fault plane of the Lanliao fault (兰聊断裂带主干断层面指控制古近系沉积的盆地东部边缘断层面,其中,断层面 $\leq 8\ 000\text{ m}$ 的部分等高线为根据地震剖面解释得到的数据,断层面 $> 8\ 000\text{ m}$ 的等高线是根据剖面线层变形特征而推测的,并根据剖面面积和伸展量按平衡剖面原理计算拆离断层面深度。)

烃源岩,其中古近系具有烃源岩厚度大(最厚达2400 m)、生烃母质好(主要为I型和II型)的特点,且南北洼陷因沉积环境不同又有区别,为东濮凹陷既富油又富气提供了充足的油气源条件。

3.1.2 多期断裂提供好的构造、油气运移条件

东濮凹陷一、二级断层活动强度大,且二级断层多,垂直断距大于千米,其派生的三、四级断层发育,断距超过300 m(如徐楼、梁庄断层),东倾、西倾断裂系相互叠加,形成众多的复杂断块群构

造圈闭,它们共同组成了纵向上复杂的油气运移系统,为复杂小断块成藏提供了很好的油气运移输导体系^[11];同时构造幅度大也有利于油气向上运移,油气排运充分,充注效率高^[12],在正向构造顶部及负向构造翼部形成油气富集区^[13],形成上、下近3000 m长的含油气井段。

3.1.3 砂泥岩薄互层形成了多套储盖组合

东濮凹陷南北向狭长,东西方向较窄,受中央隆起的分割,来自东部鲁西隆起及西部内黄凸起

表1 东濮凹陷复杂断块群勘探潜力评价

Table 1 Assessment of exploration potential of the complex fault block groups in Dongpu Sag

地区	断块群数	断块总数	I类断块群			II类断块群			III类断块群		
			数量/个	油/(10 ⁴ t)	气/(10 ⁸ m ³)	数量/个	油/(10 ⁴ t)	气/(10 ⁸ m ³)	数量/个	油/(10 ⁴ t)	气/(10 ⁸ m ³)
北部	8	167	4	1 923	69	3	2 904	135			
南部	16	85	7	1 550	42	5	2 078	205	4	1 137	32.5
西部	6	55	3	1 328		4	2 295				
合计	30	307	14	4 801	111	12	7 277	340	4	1 137	32.5

的物源在盆地内延伸距离短,岩性粗;同时,受季节影响,沙河街组湖平面高频震荡(湖平面变化频率达1 000次/Ma),纵向上造成砂泥岩薄互层频繁,而且,泥质岩类和3套盐岩层为复杂断块群聚集成藏提供了优质的盖层条件,构成多套优质储盖组合^[14]。

3.2 复杂断块群油气藏勘探潜力

3.2.1 复杂断块群油气藏分布规律

东濮凹陷是一个油气资源十分丰富的凹陷,油气分布具有两个显著的特点:1)“北富南贫”,在已探明的油气储量中,95%分布在北部中央隆起带和西部斜坡带约2 000 km²范围内,而南部近3 000 km²的区域内仅占5%;2)“中央隆起带富油”,已探明储量的90%分布于中央隆起带,以复杂断块油气藏为主。其油气藏富集特点是:1)以复杂断块油气藏为主,规模较小,但油气藏数量多;2)垂向上含油层系多,侧向油层分布受断块群限制,高部位富集;3)油气分布不同层系叠合连片,断块群内各断块自成相对独立的油水关系;4)处于油气运移主方向的复杂断块群油气藏富集程度高。

3.2.2 勘探潜力

东濮凹陷石油地质条件优越,构造复杂、断块破碎,断块群十分发育。一个个零碎的断块圈闭勘探潜力不大,将一个个断块区内油气成藏条件相同或相似的断块组合成断块群,看作一个相互联系的整体,其油气藏规模就大了^[15]。按复杂断块群的概念分地区分层系进行了圈闭评价,本次共划分56个断块群,包括545个断块,其中已探明断块群26个,248个断块,分别为总数的46%和45%,待探明的断块群30个,307个断块,圈闭

总资源量油1.321 5 × 10⁸ t,天然气483.5 × 10⁸ m³。根据圈闭的各项条件对待探明的断块群进行综合评价,划分为I, II, III 3类(表1),主要分布在中央隆起带、翼部、倾没端、西部断裂带以及低幅度构造等复杂断块群中。

4 勘探实例

马厂断阶马10断块群是马厂半背斜构造南部一系列断阶的组合,面积约21 km²。以NE向马厂断层为西界,东倾地层被5条近平行排列的马东系列断层分割成4个SN向狭长的断阶条带,由东向西节节抬高,各断阶内部又被NE向西倾断层切割成菱形断块(图6)。圈闭类型主要为四周封闭的墙角式断块,断块面积小(0.03 ~ 0.90 km²)。

该断块群紧邻葛岗集南洼陷,处于油气向马厂构造运移的主通道上,储层发育,油气富集程度较高,既富油又含气,含油气面积较大。垂向上,连续含油井段长100 ~ 200 m,主力含油层系为沙Es³⁽²⁾, Es³⁽³⁾含气层系为Es^{4(下)}。平面上,油气在断块群东部断阶最富集(马11块、马19块),向西向高断阶富集程度降低。各含油断块呈独立油水系统,高部位为油、低部位变水,油藏高度50 ~ 100 m,油气藏类型主要为断块层状油气藏。

待探明的断块主要分布在马49、马30断块区,层系为Es³⁽²⁻³⁾,为西掉断层控制的反向屋脊断块,成藏条件优于马11块。原探井为直井,钻至断块的低部位,若沿西掉断层上升盘采用大斜度定向井钻探,可最大限度发现油气层,提高勘探效益。此类断块群在东濮凹陷分布广泛,勘探潜力大,是下步勘探的主要对象。

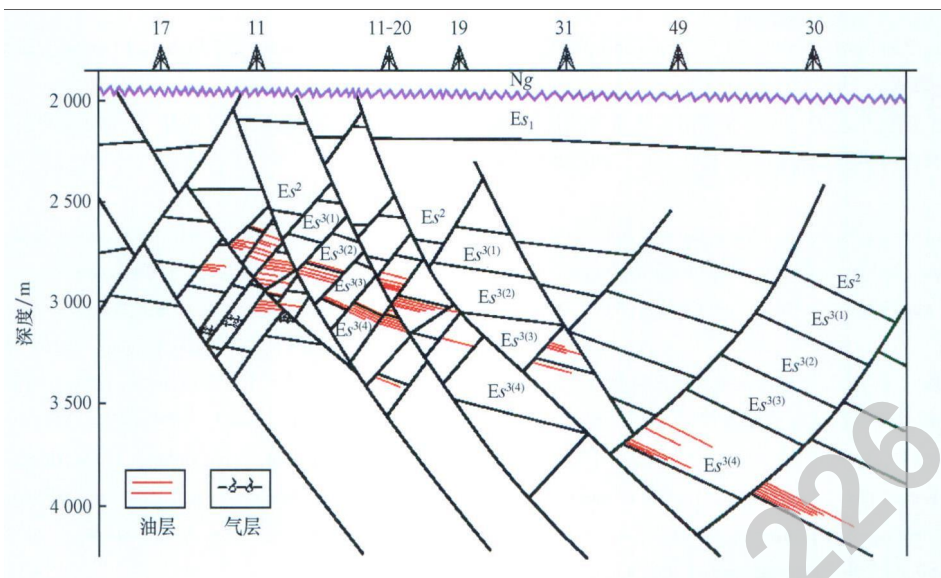


图6 东濮凹陷马厂地区断块群油藏剖面

Fig. 6 Reservoir profile across the Machang fault-block group

5 结论与认识

1) 东濮凹陷复杂断块群,表现出独特的纵横向的镜像关系和复杂多变的转换关系。这种复杂性与多种因素有关,包括多变的动力条件、多方向的断层切割、多期次的伸展变形叠加、多成因的构造转换、多性质的变形介质等。其中参加变形的岩石物理性质主要为碎屑岩、盐岩、煤层及异常压实的页岩。

2) 东濮凹陷发育多类型复杂断块群,具有较好的油气成藏条件,其油气藏特点为:以复杂断块油气藏为主,规模较小,油气藏数量多;垂向上含油气层系多,平面上油气层叠合连片;断块群内各断块自成独立的油水系统,高部位富集。总之,东濮凹陷复杂断块群具有较大的勘探潜力,仍将是主要的勘探对象。

参 考 文 献

- [1] 刘泽容,信荃麟. 断块群油气藏形成机制和构造模式[M]. 北京:石油工业出版社,1998: 18-26.
Liu Zerong, Xin Quanlin. Reservoir formation mechanism and structural mode of fault block group[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998: 18-26.
- [2] 陈发景,汪新文,陈昭年,等. 伸展盆地分析[M]. 北京:中国地质大学出版社,2004: 60-126.
Chen Fajing, Wang Xinwen, Chen Zhaonian, et al. Analysis of extensional basin [M]. Beijing: China Land Press, 2004: 60-126.
- [3] 陈书平,漆家福,程秀申. 裂陷盆地断块群类型——以东濮凹陷为例[J]. 断块油气田,2006,13(3):1-6.
Chen Shuping, Qi Jiafu, Cheng Xiushen. Category of fault block group in rift basin: example from Dongpu Depression [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2006, 13(3):1-6.
- [4] 程秀申. 河南东濮凹陷构造样式分析[J]. 现代地质, 2009,23(3):414-422.
Cheng Xiushen. Analysis of structural styles in Dongpu Sag, Henan Province[J]. Geoscience, 2009,23(3):414-422.
- [5] 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):43-49.
Chen Shuping, Qi Jiafu, Wang Deren, et al. Fault systems and transfer structures in Dongpu Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007,28(1):43-49.
- [6] 程秀申,陈发景,漆家福,等. 东濮凹陷伸展连锁断层系统及其演化作用[J]. 现代地质,2010,24(4):735-743.
Cheng Xiushen, Chen Fajing, Qi Jiafu, et al. Evolutional impacts of extensional linkage fault system in dongpu sag[J]. Geoscience, 2010,24(4):735-743.
- [7] 程秀申,漆家福,陈书平,等. 关于东濮凹陷构造单位的探讨[J]. 断块油气田,2009,16(4):15-18.
Cheng Xiushen, Qi Jiafu, Chen Shuping, et al. Discussion on structural units of Dongpu Depression[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2009,16(4):15-18.
- [8] 陈发景,贾庆素,张洪年. 传递带及其在砂体发育中的作用[J]. 石油与天然气地质,2004,25(2):144-148.
Chen Fajing, Jia Qingsu, Zhang Hongnian. Transfer zone and its relation distribution sand bodies[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 144-148.
- [9] 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 Hui Min

- Depression, ShanDong Province [J]. *Geoscience*, 2003, 17(2):203-209.
- [10] 黄建军, 纪友亮, 王改卫, 等. 东濮凹陷古近系含盐地层层序特征及成因分析[J]. *石油与天然气地质*, 2007, 28(4): 479-484.
Huang Jianjun, Ji Youliang, Wang Gaiwei, et al. Sequence characteristics and genesis of the Eogene salt-bearing formation in Dongpu depression[J]. *Oil & Gas Geology*, 2007, 28(4): 479-484.
- [11] 刘华, 任景伦, 蒋有录. 渤海湾盆地东营凹陷现河庄油田河31断块区输导体系特征与成藏规律[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(1): 41-46.
Liu Hua, Ren Jinglun, Jiang Youlu. Control effects of carrier systems on hydrocarbon pooling in the He-31 block of Xianhezhuang oilfield, the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(1): 41-46.
- [12] 刘晖, 操应长, 姜在兴, 等. 渤海湾盆地东营凹陷沙河街组四段膏盐层及地层压力分布特征[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(3): 287-293.
Liu Hui, Cao Yingchang, Jiang Zaixing, et al. Distribution characteristics of evaporates and formation pressure of the fourth member of the Shahejie Formation in the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(3): 287-293.
- [13] 李延钧, 宋国奇, 李文涛, 等. 济阳拗陷东营凹陷北带丰深1井区深层沙四下古油藏与天然气成因[J]. *石油与天然气地质*, 2010, 31(2): 173-179.
Li Yanjun, Song Guoqi, Li Wentao, et al. A fossil oil-reservoir and the gas origin in the Lower Sha-4 Member of the Well Fengshen-1 area, the North Dongying zone of the Jiyang Depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2010, 31(2): 173-179.
- [14] 刘小平, 周心怀, 吕修祥, 等. 渤海海域油气分布特征及主控因素[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(4): 497-502.
Liu Xiaoping, Zhou Xinhuai, Lü Xiuxiang, et al. Hydrocarbon distribution features and main controlling factors in the Bohai Sea waters [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(4): 497-502.
- [15] 夏庆龙, 庞雄奇, 姜福杰, 等. 渤海海域渤中凹陷源控油气作用及有利勘探区域预测[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(4): 398-404.
Xia Qinglong, Pang Xiongqi, Jiang Fujie, et al. Control of source rock on hydrocarbon accumulation and prediction of favorable plays in the Bozhong Depression of the Bohai Sea waters [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(4): 398-404.

(编辑 高岩)

(上接第583页)

- [15] 刘小琦, 邓宏文, 李青斌, 等. 鄂尔多斯盆地延长组剩余压力分布及油气运聚条件[J]. *新疆石油地质*, 2007, 82(2): 143-145.
Liu Xiaoqi, Deng Hongwen, Li Qingbin, et al. Distribution of residual pressure and oil-gas migration and accumulation conditions of Yanchang formation in Ordos Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2007, 82(2): 143-145.
- [16] 胡见义, 吴因业, 张静. 高海拔与超深地层石油地质若干问题[J]. *石油学报*, 2009, 30(2): 159-167.
Hu Jianyi, Wu Yinye, Zhang Jin. Discussion on petroleum geology theory for high-elevation and ultra-deep formations [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(2): 159-167.
- [17] 石亚军, 陈武杰, 曹正林, 等. 柴达木盆地西南区震积岩的发现及其引发的勘探启迪[J]. *地质学报*, 2009, 83(8): 1178-1187.
Shi Yajun, Chen Wujie, Cao Zhenglin, et al. Discovery of seismites in the Southwestern Qaidam Basin and its significance for exploration [J]. *Acta Geological Sinica*, 2009, 83(8): 844-849.
- [18] 郭祖军, 李永铁, 南征兵, 等. 羌塘盆地变形构造与油气聚集保存关系[J]. *石油勘探与开发*, 2008, 35(5): 563-568.
Guo Zujun, Li Yongtie, Nan Zhengbing, et al. Relationship between deformation structure and petroleum accumulation and preservation, Qiangtang Basin, Tibet [J]. *Petroleum Exploration And Development*, 2008, 35(5): 563-568.

(编辑 高岩)