

文章编号: 1001- 6112(2003) 04- 0366- 05

# 渤海湾盆地东营—惠民凹陷油气成藏 模式和油气富集控制因素

谭丽娟, 蒋有录

(石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

**摘要:** 东营凹陷和惠民凹陷作为济阳拗陷南部两个相邻的、构造格局相似的陆相箕状断陷, 其石油地质特征有相似之处, 但油气富集程度有明显差异。控制油气富集的主要因素有油源条件、构造特征、火山活动以及生储盖组合与构造的配置等。生储盖组合与构造特征的配置, 是造成不同构造部位主要储油气层位和油气藏类型差异性的直接原因。结合油源特征、生储盖组合和输导系统特征, 东营、惠民凹陷的油气成藏模式可归为 5 种类型: 洼陷带自生自储—侧向运移成藏模式、洼陷区上生下储—垂向运移成藏模式、中央隆起带和北部陡坡带下生上储—垂向运移成藏模式、南部斜坡带下生上储—复合运移成藏模式和周边凸起区新生古储—复合成藏模式。

**关键词:** 油气成藏模式; 油气富集; 控制因素; 东营凹陷; 惠民凹陷; 济阳拗陷; 渤海湾盆地

**中图分类号:** TE122. 1

**文献标识码:** A

东营和惠民凹陷是渤海湾盆地济阳拗陷南部两个相邻的中新生代箕状凹陷, 内部构造格局相似, 中部均发育有油气非常富集的中央隆起带(图 1), 石油地质特征也有一定的相似性。其中, 东营凹陷面积 5 700km<sup>2</sup>, 平面上呈“三凸两凹”的构造格局, 在陈家庄凸起和中央隆起带之间是利津—民丰洼陷即北部洼陷带, 在鲁西隆起—广饶凸起与中央隆起带之间为博兴—牛庄洼陷即南部洼陷带; 惠民凹陷面积约 7 000km<sup>2</sup>, 以中央隆起带为界, 临南、里则镇、庙北次洼构成南部洼陷带, 滋镇和阳信两个次洼构成北部洼陷带<sup>[1]</sup>。与东营凹陷中央隆起带不同的是, 惠民凹陷临商中央隆起带是一个水下古隆起, 沙四末期已初步形成, 后经改造断层发育。

截至目前为止, 惠民凹陷的各级石油地质储量均远小于东营凹陷, 两者油气富集程度存在很大差别。作为中国东部典型的富油气断陷, 分析其油气富集的主控因素, 归纳油气成藏的模式, 不仅对其自身的油气勘探实践有重要的实用价值, 对研究类似断陷盆地的油气成藏机理也有重要的理论意义。

## 1 油气富集特征及成藏模式

### 1.1 油气富集特点

东营、惠民凹陷发育有各种成因的圈闭, 并存在与各种圈闭对应的油气藏类型。两个凹陷的构造油气藏均分布在下第三系, 以沙三上亚段—沙二段最为重要。受断裂和正向同沉积构造控制, 生油洼陷内及周边的正向构造体系是两凹陷主要的油气分布聚集区, 油气以生油洼陷为中心向四周放射状运移, 形成以生油洼陷为中心的复环带状分布的特点。透镜体岩性油气藏集中分布于深洼陷区, 上倾尖灭岩性油气藏和断层<sup>4</sup>/岩性复合型油气藏主要分布于远离物源的近洼陷斜坡带, 断层油气藏主要分布于中央隆起带和邻近生油洼陷区的其它断裂带, 滚动背斜油气藏主要分布于控凹或控洼主干断层的下降盘, 潜山油气藏、披覆背斜油气藏、地层不整合遮挡油气藏和构造<sup>4</sup>/地层复合型油气藏往往分布于生油洼陷周边的凸起区和斜坡区。因此, 自生油洼陷区向外, 依次分布有岩性油气藏带、岩性<sup>4</sup>/构造复合型油气藏带、断层油气藏带、地层油气藏带和地层<sup>4</sup>/构造油气藏带。

目前, 东营凹陷在太古界、下古生界、中生界以及新生界共发现 14 套含油气层系, 油气主要分布在下第三系(沙三、沙二)地层中, 其次为前第三系和上第三系。前第三系油气藏主要以潜山油气藏存在, 上第三系主要为稠油和浅层气藏。平面上, 油气聚

收稿日期: 2003- 02- 11; 修订日期: 2003- 06- 03.

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA605A09).

作者简介: 谭丽娟(1968—), 女(汉族), 辽宁大连人, 博士生、讲师, 主要从事石油地质的教学与研究工作.

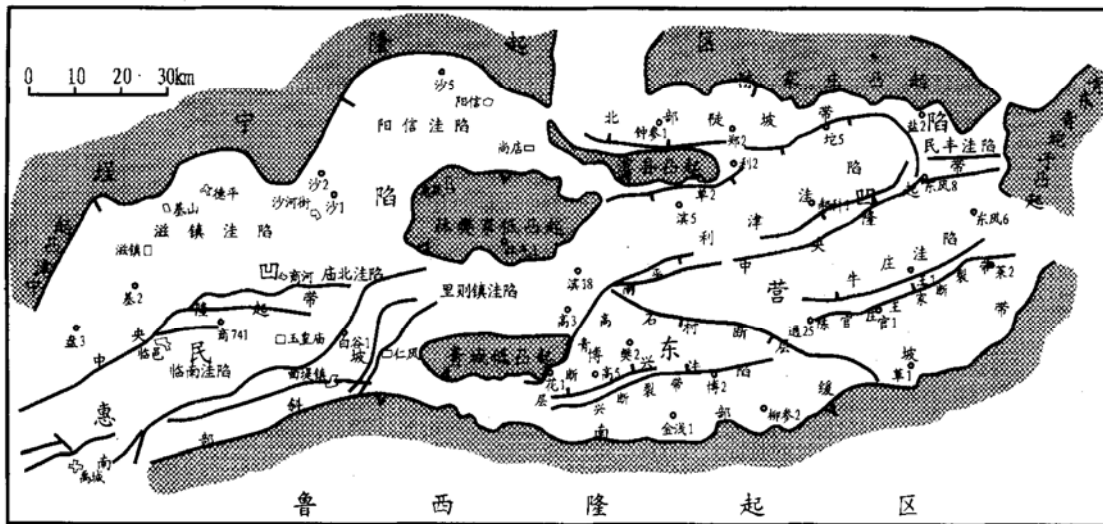


图 1 东营凹陷和惠民凹陷构造格架图

Fig. 1 Structural framework of the Dongying and the Huimin Sags

集不局限于某一地区, 整个凹陷均有分布, 4 个小洼陷周围都聚集了大量的油气, 围绕各个生油洼陷油气的环带状分布特征明显, 其中凹陷中央隆起带和断裂带附近油气最为富集。惠民凹陷已在第三系的明化镇至孔店组中发现了 8 套含油层系, 油气主要集中在下第三系的馆陶组、沙二—沙三段和沙四上亚段 3 套含油层系之中。受有利生油洼陷区的限制, 惠民凹陷 90% 以上的油气都分布在临南洼陷周围, 北部的阳信、滋镇洼陷仅有极少量油气分布; 沿中央隆起带自北向南, 含油断块呈阶梯状分布, 油藏逐渐变浅, 含油层位也呈变新趋势。对比两凹陷的油气储量发现, 惠民凹陷第三系的油气资源丰富程度远逊于相邻的东营凹陷(图 2)。

1.2 油气成藏模式

结合油源特征、生储盖组合、输导系统特征和动力学特征, 可将东营和惠民凹陷的油气成藏模式归为五类(图 3、图 4), 即洼陷带自生自储—侧向运移型、洼陷区上生下储—垂向运移型、中央隆起带和

北部陡坡带下生上储—垂向运移型、南部斜坡带下生上储—复合运移型以及周边凸起区新生古储—复合型成藏模式。

1.2.1 洼陷带自生自储—侧向运移成藏模式

这种模式在两凹陷都比较常见, 其特点为沙三中下、沙四上亚段为主要的烃源岩系, 烃源层、储层、盖层形成于同一地质时期, 其内及其侧缘发育的砂体是主要的储油单元, 形成沙三段、沙四上亚段两套主要含油层系。一种情况是深洼区沙三段成熟烃源岩排出后的油气就近进入浊积砂体及三角洲前缘的孤立砂体中形成岩性油气藏, 因该类砂体孤立发育, 被巨厚的烃源层包围, 故一般不发生油气的二次运移, 油藏一般具有异常高压, 如惠民凹陷夏 38 井透镜体岩性油气藏、东营凹陷牛庄等洼陷中心区沙三段油气就近进入本层内砂岩透镜体中成藏形成的营 11 向斜油藏等。另一种情况是储层与烃源层交互成层, 形成自生、自储的配置关系, 油气首先进入本层系内的分枝状砂体, 之后汇聚或沿砂层向低势区运移, 在断层的作用下, 至同层圈闭中形成构造油藏, 如惠民凹陷临南洼陷沙三段油源层排出的油气沿自身的砂层向临南斜坡低势区沙三段储层的运移聚集、东营凹陷博兴油田沙四上亚段生成的油气沿本层段砂体侧向运移至有圈闭处形成的油气聚集以及永安镇地区沙三段三角洲前缘席状砂和指状砂坝深入深湖泥岩之中形成的油气聚集(图 3、图 4)。

1.2.2 洼陷区上生下储—垂向运移成藏模式

这种情况比较少, 其特点是储集岩系早于主要烃源岩系而存在, 二者直接接触, 上生下储, 油气向下运移直接进入储集层, 烃源岩既是油源也是盖层, 在古构造背景和断层的作用下形成油藏, 如在惠民

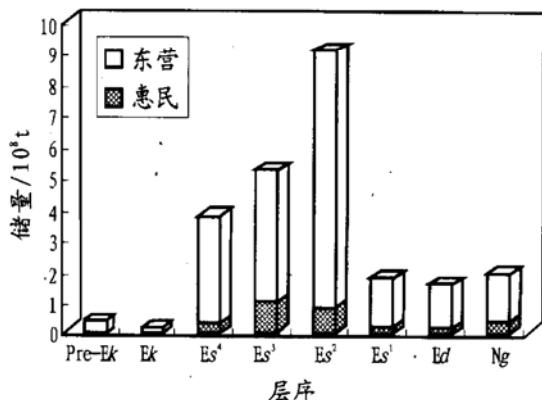


图 2 东营凹陷和惠民凹陷探明石油地质储量直方图

Fig. 2 Histogram of explored petroleum geological reserves in the Dongying and the Huimin Sags

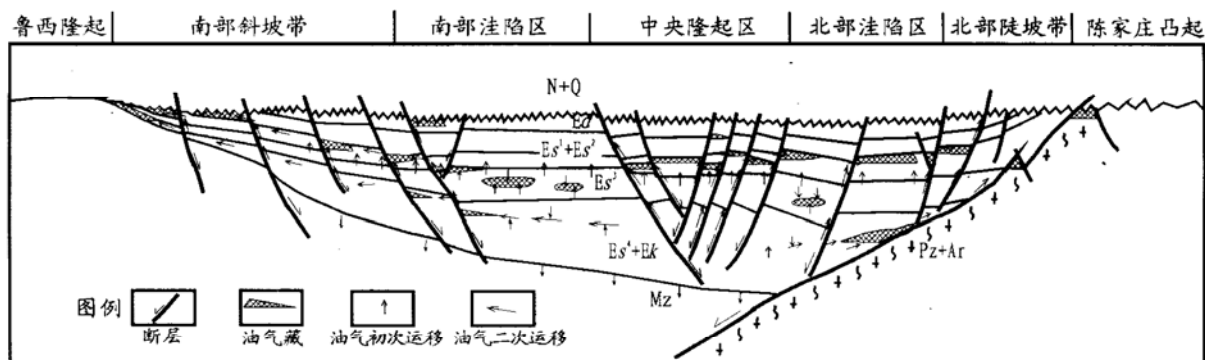


图 3 东营凹陷油气成藏模式示意图

Fig. 3 Schematic map of pool-forming patterns in the Dongying Sag

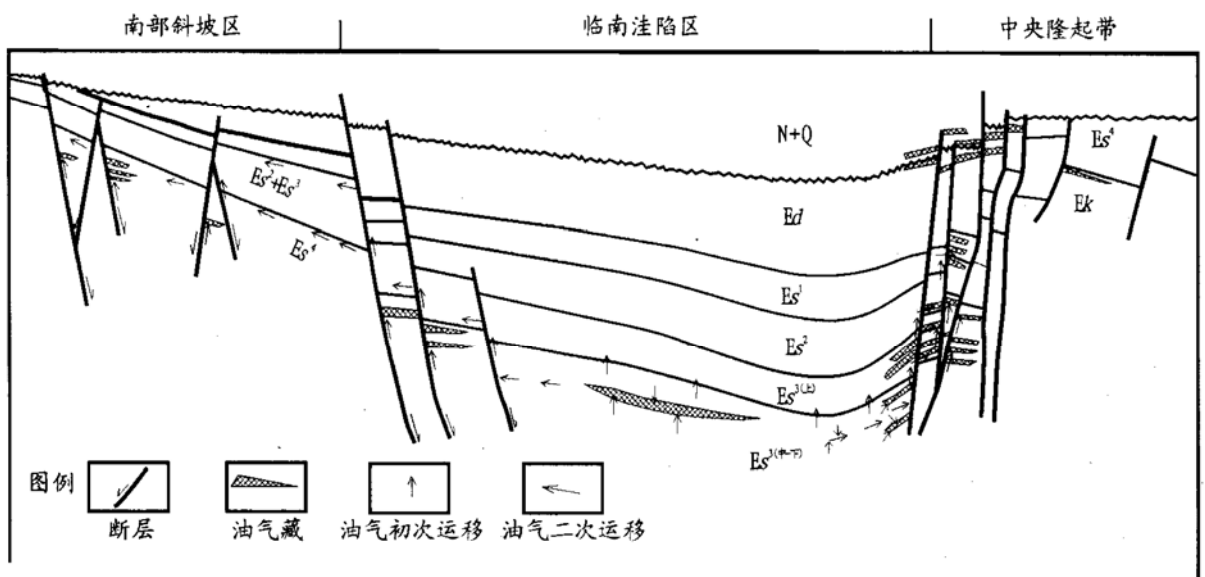


图 4 惠民凹陷临南洼陷油气成藏模式示意图

Fig. 4 Schematic map of pool-forming patterns in the Linnan subsag of the Huimin Sag

凹陷临南洼陷沙四烃源层系生成的油气以孔二段为储层形成的油气聚集(图 3、图 4)。

1. 2. 3 中央隆起带和北部陡坡带下生上储- 垂向运移成藏模式

这是两凹陷最特征的一种成藏模式, 主要表现为储集层系位于主要烃源岩系之上, 主要以断裂为输导通道, 洼陷中的成熟烃源岩生成的油气沿切穿源层的油源断层向浅部运移, 并在断层两侧合适的圈闭中聚集成藏, 常造成含油层位多且上下叠置以及含油气井段长的特点。东营凹陷断层多, 各生油洼陷中心区内切入沙三、沙四段的油源断层都是油气垂向运移的通道, 如东营凹陷胜坨等油田; 惠民凹陷中这种模式形成的油气藏多沿临邑断层和商河断层分布(图 3、图 4)。

1. 2. 4 南部斜坡带下生上储- 复合运移成藏模式

储层位于主要烃源岩系之上, 即下生上储, 洼陷中的成熟烃源岩生成的油气首先沿伸入洼陷的分枝状砂体并以此作为输导网络进行侧向运移, 至断层后向上或再进入断面另一侧砂体继续侧向运移, 形

成阶梯状运移或螺旋状运移方式; 或沿不整合面向上运移, 在不整合面上下的圈闭中聚集成藏。其成藏特点是运移通道多(断层、连通砂体、不整合面), 运移过程复杂, 运移距离长(图 3)。

1. 2. 5 周边凸起区新生古储- 复合成藏模式

储层为前第三系潜山, 油源为下第三系烃源岩, 基岩储层通过断层或不整合面与新生代源岩沟通, 油气运移通道为断层及不整合面, 油气藏主要分布于凹陷周边的凸起上, 如东营凹陷高青中生界潜山油藏、郑家-王庄前震旦系潜山油藏和草桥下古生界潜山油藏(图 3)。

2 油气富集控制因素分析

东营和惠民凹陷油气藏类型和成藏模式复杂多样, 但油气分布具有一定的规律性。归纳起来, 油气富集的主要控制因素有油源条件、储盖条件、构造特征、生储盖组合与构造配置、火山活动等。

2. 1 油源条件

油源是否充足是成藏的首要条件。根据前人的研究<sup>[2]</sup>,东营、惠民凹陷的主力烃源岩都是下第三系沙河街组第三、四段暗色泥岩和油页岩,其干酪根类型基本一致,有机质丰度方面东营凹陷也无明显优势。但东营凹陷烃源岩分布广、厚度大,4个小洼陷都是烃源岩富集带;相比之下惠民凹陷烃源条件先天不足,除了沙四上亚段外,烃源岩厚度都比东营凹陷小,而且分布范围也只局限于滋镇、阳信和临南3个洼陷。因此,从原始成油条件上看,两个凹陷最大的区别仅在于主力烃源岩的范围和厚度,即烃源岩的体积。但根据胜利石油管理局第二轮油气资源评价结果,两个凹陷中各次级洼陷的生、排烃强度也有很大区别,从而造成两凹陷供油条件的较大差异(表1)。

作为陆相湖盆沉积的东营和惠民凹陷,和海相盆地相比,油源相对不足,这样油源区对油气聚集区的控制作用更明显,圈闭距离油源越近越有利于成藏。因此,油田主要围绕生油洼陷、分布于紧邻生油洼陷的正向构造带或岩性、岩相变化带中,离洼陷较远的构造带(如惠民凹陷的仁风潜山带和林樊家构造带)油气较少。

## 2.2 储集层系和储集岩体

东营凹陷和惠民凹陷的主要储油气层均集中于下第三系孔店组的沙河街组、东营组和上第三系的馆陶组地层中,其中孔店组储层钻穿很少,主要限于凹陷边缘凸起和斜坡区。两凹陷最主要的储集岩体都是碎屑砂岩储集体。但是惠民凹陷中火成岩也是一种十分重要的储集体(主要分布于商河—玉皇庙地区),还发育有少量的碳酸盐岩储层;而东营凹陷也或多或少地发育了另外3种岩性的储集体,即变质岩储层(如凹陷北部的王庄潜山油藏)、碳酸盐岩储层(下古生界潜山、沙四上生物礁灰岩)和火成岩

储层(如凹陷西南部的草桥、金家、高青、滨南等地区)。由于有效烃源岩分布情况特殊,油气供应不足,在惠民凹陷只有中央隆起带及其南部地区的储集层能够成为有效的储油层位。

虽然两凹陷油气赋存的主要储集体岩性、时代基本一致,但砂体成因类型不尽相同。东营凹陷储集体类型比惠民凹陷丰富,除了发育同惠民凹陷相同类型的储集体外,还发育了独有的储集体——河道砂岩储集体和变质岩储集体。总的来看,东营凹陷的储集潜力优于惠民凹陷。

## 2.3 盖层

盖层在油气运聚和保存过程中起着非常重要的作用,其好坏直接影响着油气在储集层中的聚集和保存,决定了研究区的油气勘探前景。东营—惠民凹陷均发育有3套区域性泥质岩盖层。沙三段泥岩是两凹陷内部沙四段油气聚集的重要遮挡条件;沙一段泥岩是两区最重要的盖层,决定了大部分油气分布于沙一段下伏地层中,在惠民凹陷主要集中分布于临南洼陷、阳信洼陷、庙北洼陷和中央隆起带部分地区,在东营凹陷分布很普遍且厚度远远大于惠民凹陷;作为第二区域盖层的东营凹陷明化镇组泥岩也比惠民凹陷馆三段泥岩厚,是浅层次生油气藏的区域性盖层,同时覆盖于所有前上第三系地层之上,有效避免了全区油气的逸散。

## 2.4 构造特征和沉积相

关于构造特征对东营、惠民凹陷油气富集的控制作用,前人曾有过一些研究<sup>[3-9]</sup>。本次通过分析亦发现,构造特征背景对油气聚集起着明显的控制作用,凹陷的继承性正向构造体系是油气运移的重要指向区。如惠民凹陷,由于沙四期水下古隆起的抬升,中央隆起带逐渐形成,临南洼陷沙三段的油气形成后,正好向这个高地形运移,形成油气富集的临

表1 东营—惠民凹陷生烃强度(A)和排烃强度(B)(单位:10<sup>4</sup>t/km<sup>2</sup>)

Table 1 Generation strength(A) and expulsion strength(B) of hydrocarbon in the Dongying and the Huimin Sags

凹陷	洼陷	主要烃源岩层位					
		沙三中亚段		沙三下亚段		沙四上亚段	
		A	B	A	B	A	B
东营凹陷	利津	100~ 800	30~ 200	400~ 1 600	150~ 350	60~ 1 600	50~ 400
	牛庄	100~ 800	30~ 200	50~ 400	50~ 150	100~ 800	20~ 150
	博兴	100~ 200	10~ 50	100~ 600	50~ 100	100~ 600	20~ 150
	民丰	100~ 800	30~ 200	50~ 400	50~ 150	100~ 800	20~ 150
惠民凹陷	临南	50~ 400	30~ 150	50~ 1 200	50~ 350	50~ 200	10~ 40
	滋镇			50	10	50~ 200	10~ 20
	阳信			50~ 250	10~ 50	50~ 200	10~ 20

盘和商河油田。断裂构造通常是控制油气分布的一个重要因素,东营凹陷下第三系沙二段北东方向展布的断裂构造直接控制了东营凹陷平面上 4 个北东向的构造油气带,而沿惠民凹陷临南洼陷的夏商断裂带也分布了大量的构造油气藏;同时,断层活动性还控制了油气在纵向上的分布,在油气大规模运移期仍然强烈活动的断层在纵向上常具有开启性,促使烃源岩生成的油气运移到多套层系中,甚至造成早期形成的油气藏中油气的重新分配。

沉积相是决定烃源岩、储集岩和盖层平面分布的决定性因素;而生储盖组合与构造配置的好坏直接影响到能否成藏,是成藏的必要条件。在储层发育局限的层段,沉积相带就成了决定油气分布的关键因素;而在储层发育广泛的层段(盆地裂陷收敛期),构造圈闭因素就成为控制油气平面分布的关键。

## 2.5 火山活动

东营凹陷和惠民凹陷都广泛分布了火山岩。其中前者有 6 期火山运动:馆陶期火山运动发生在生油期后,对早期油有破坏作用,但对第二期生油提供了热能、储集空间和运移通道;其它 5 期均发生在第一期生油之前。后者火山活动集中于沙三段—东营组沉积时期即生烃期之前,因此利于有机质的成烃,对油气成藏无破坏作用。有的火成岩气孔或裂缝发育,可以成为良好的储集层和运移通道;致密的火山岩则是良好的盖层;同时还可形成多种与火山岩有关的圈闭,在火山岩发育并存在烃源岩的地方往往存在火山岩油气藏,如商 741 油藏<sup>[10,11]</sup>。

## 3 结论

a) 东营、惠民凹陷油气藏类型在平面分布上有一定的规律性,自生油洼陷区向外依次分布有岩性油气藏带、岩性 $\Delta$ 构造复合型油气藏带、断层油气藏带、地层油气藏和地层 $\Delta$ 构造油气藏带。油气纵向分布层位众多,但主力含油层系突出,主要为下第三系沙三、沙二段。总体来看,东营凹陷的成藏基本地

质条件优于惠民凹陷,造成两个凹陷油气资源丰富程度巨大差异的根本原因是油源条件的差异。

b) 结合油源特征、生储盖组合和输导系统特征,东营、惠民凹陷的油气成藏模式分为 5 类:洼陷带自生自储—侧向运移成藏模式、洼陷区上生下储—垂向运移成藏模式、中央隆起带和北部陡坡带下生上储—垂向运移成藏模式、南部斜坡带下生上储—复合运移成藏模式和周边凸起区新生古储—复合成藏模式。

c) 油气富集的控制因素主要有油源条件、构造特征、火山活动以及生储盖组合与构造的配置等。其中,生储盖组合与构造特征的配置是控制油气富集区的关键因素,这是造成不同构造部位主要储油层位和油气藏类型差异性的直接原因。

## 参考文献:

- [1] 王秉海,钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 山东东营:石油大学出版社,1992. 103-127.
- [2] 张林峰,张春荣. 低熟油生成机理及成油体系——以济阳拗陷牛庄南斜坡为例[M]. 北京:地质出版社,1999. 20-50.
- [3] 蒋有录,荣启宏. 高青地区油气成藏模式及富集规律[J]. 石油实验地质,1998,20(1):14-19.
- [4] 查明. 断陷盆地油气二次运移与聚集[M]. 北京:地质出版社,1997. 48-80.
- [5] 赵密福,信荃麟,等. 惠民凹陷临南洼陷滑塌浊积岩的分布规律及其控制因素[J]. 石油实验地质,2001,23(4):268-271.
- [6] 赵密福,刘泽容,等. 惠民凹陷临南地区断层活动特征及控油作用[J]. 石油勘探与开发,2000,27(6):9-11.
- [7] 张勇,等. 惠民凹陷临南斜坡带油气纵向运移及其控制因素[J]. 石油勘探与开发,2000,27(6):21-22.
- [8] 付广. 断陷盆地油气成藏模式及分布特征[J]. 石油实验地质,2001,23(4):408-411.
- [9] 付金华. 惠民凹陷夏口断裂带油气成藏机制研究[J]. 石油实验地质,2002,24(2):136-139.
- [10] 操应长,姜在兴,等. 山东惠民凹陷商 741 块火成岩油藏储集空间类型[J]. 岩石学报,1999,15(1):129-136.
- [11] 曾广策,王方正,等. 东营凹陷新生代火山岩及其与盆地演化、油藏的关系[J]. 地球学报——中国地质大学学报,1997,22(2):158-164.

(下转第 374 页)

## CHARACTERISTICS OF FRACTURES AND THEIR HYDROCARBON RESERVOIR MEANINGS FOR THE ARCHEAN OUTCROP IN LAIWU AREA, SHANDONG PROVINCE

ZHANG Jir-xuan<sup>1</sup>, JIN Qiang<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257015, China;

2. School of Earth Resources and Information, University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China)

**Abstract:** Metamorphic rock, whose reservoir space is dominated by fractures, is often the reservoir rock for bedrock buried-hill oil pools. The scale and distributive rules of fractures in reservoirs are difficult problems to petroleum geological research, and the study on surface outcrop will be helpful to the understanding of underground reservoirs. In this paper, the outcrop fractures which having the same horizon, structural background and lithology with buried-hill oil pools were analysed qualitatively and quantitatively, and the fracture description parameters obtained took a directive role in revealing the distribution of reservoir space in the bedrock buried-hill fractures of Shengli oilfield.

**Key words:** gneiss; outcrop; fracture; reservoir description; Archean; Shengli oilfield

(continued from page 370)

## POOL-FORMING PATTERNS OF HYDROCARBON AND CONTROLLING FACTORS OF HYDROCARBON ENRICHMENT IN THE DONGYING AND THE HUIMIN SAGS

TAN Li-juan, JIANG You-lu

(School of Earth Resources and Information, Petroleum University, Dongying, Shandong 257061, China)

**Abstract:** As two adjacent continental listric faults in the southern part of the Jiyang Depression, the Dongying and the Huimin sags have similar tectonic framework. They have similar petroleum geological characteristics, but their hydrocarbon-enrichment degree is apparently different. The major factors controlling hydrocarbon enrichment include oil-source conditions, structural features, volcanic activities and the collocation of source rock-reservoir-caprock assemblages to structures. Among them, the collocation of source rock-reservoir-caprock assemblages to structures is the direct reason to result in the differences of major hydrocarbon-bearing horizons and hydrocarbon-pool types in different tectonic position. Combined with oil-source features, source rock-reservoir-caprock assemblages and conveyance system characteristics, the pool-forming patterns of hydrocarbon in the Dongying and the Huimin Sags can be classified as five kinds, that is, the self-generating and self-reserving lateral migration pool-forming pattern in swale zones, the upper-generating and lower-reserving vertical migration pool-forming pattern in swale areas, the lower-generating and upper-reserving vertical migration pool-forming pattern in central uplift and northern steep-slope zones, the lower-generating and upper-reserving composite migration pool-forming pattern in southern slope zones and the new-generating and paleo-reserving composite pool-forming pattern in circumferential convex areas.

**Key words:** pool-forming pattern of hydrocarbon; hydrocarbon enrichment; controlling factor; the Dongying Sag; the Huimin Sag; the Jiyang Depression; the Bohaiwan Basin