

# 义东油田义东断裂带成藏规律分析

吕优良<sup>1</sup>, 刘雅利<sup>2</sup>, 汤达桢<sup>1</sup>, 陶树<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(北京)煤层气国家工程中心煤储层实验室;中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083
2. 中石化胜利油田地质研究院,山东东营 257013
3. 中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室,北京 100083

**摘要** 受义东断裂带控制,四扣洼陷北部发育了多种类型油气藏,且义东断裂带南北构造差异明显,造成成藏模式存在较大差异。研究义东断裂带成藏条件及成藏规律,对该区的进一步油气勘探具有重要的意义。根据岩心、录井、钻井、地震等资料,对四扣洼陷义东断裂带成藏条件及成藏规律进行综合研究。结果表明,与义东断裂带相邻的四扣洼陷沙三、四段具有丰富的烃源岩条件、良好的储盖组合及封闭性,成藏条件十分优越。义东断裂带发育有多个岩性及构造-岩性油气藏。油藏具有沿断裂带分布及“浊积扇”式等特征。其中沙四段油气成藏特征为南部断阶带以礁灰岩储集层形成的岩性油藏,北部为碎屑岩储集层形成的构造-岩性油藏;沙三段发育小规模近岸水下扇、浊积扇构造-岩性油藏和浊积水道砂体岩性油藏;沙二段发育扇三角洲和砂质滩坝,常形成构造-岩性油藏。

**关键词** 四扣洼陷;义东断裂带;成藏条件;成藏模式

**中图分类号** P618.13

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.15.008

## Reservoir Patterns of Yidong Fault Zone in Yidong Oilfield

LÜ Youliang<sup>1</sup>, LIU Yali<sup>2</sup>, TANG Dazhen<sup>1</sup>, TAO Shu<sup>3</sup>

1. Coal Reservoir Laboratory of National CBM Engineering Center, School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
2. Geological Scientific Research Institute of Shengli Oil Field Corporation, China Petroleum and Chemical Corporation, Dongying 257013, Shandong Province, China
3. State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

**Abstract** Under the control of Yidong fault zone, many kinds of oil reservoirs are formed in the north of Sikou sag. Meanwhile, because of the significant tectonic differences exist between the north and the south structures of Yidong fault zone, the reservoir-forming patterns are quite different. Therefore, studying reservoir-forming conditions and patterns has the important significance for further hydrocarbon exploration. Based on the data of core, well logging, well drilling, and seismic analyses, the reservoir-forming conditions and patterns of Yidong fault zone are discussed. The results show that due to abundant source rocks, good reservoir-cap assemblage, and sealing property, the reservoir-forming conditions are quite superior, and many lithologic reservoirs and structural lithologic reservoirs are formed, that have the pattern feature of "turbidite fan" and distribute along the faulted zone. The feature of the fourth member of Shahejie Formation ( $E_{s4}$ ) are that the reef limestone lithologic reservoirs are developed upon the south fault terrace, and clastic structural lithologic reservoirs are formed in the north part. In the third member of Shahejie Formation ( $E_{s3}$ ), some small nearshore subaqueous fan, turbidite fan structural lithologic reservoirs, and turbidite channel lithologic reservoirs are developed. Nevertheless, fan delta and sandy beach bar structural lithologic reservoirs are mainly developed in the second member of Shahejie Formation ( $E_{s2}$ ).

**Keywords** Sikou sag; Yidong fault zone; reservoir condition; reservoir pattern

## 0 引言

勘探数据表明义东地区义东断裂带沙三、四段发育了岩

性圈闭、构造-岩性圈闭、构造圈闭等多种圈闭类型,已发现的油藏类型以构造和构造-岩性为主。成藏的关键因素取决

收稿日期: 2012-08-28;修回日期: 2013-03-08

基金项目: 大型油气田及煤层气开发国家科技重大专项(2011ZX05034-001);油气沉积地质教育部创新团队项目(IRT0864)

作者简介: 吕优良,工程师,研究方向为盆地分析、层序地层、储层预测、油藏评价和井位设计等,电子信箱:lyl2208@163.com;汤达桢(通信作者),教授,研究方向为煤、油气地质,电子信箱:tang@cugb.edu.cn

于储层发育程度、圈闭的独立性、断层的输导或封堵作用等因素。针对不同的油藏类型,需从典型油藏解剖、油气分布规律、控藏因素和成藏模式4个方面分析,以明确成藏的主要控制因素。

自 20 世纪 70 年代新沾 4 井获工业油流并实现开发以来,义东油田勘探开发程度得到提高,在油源条件、储集及沉积特征等方面的地质理论研究也逐渐成熟<sup>[1-6]</sup>,而对于东部深洼带(义深 8 块)研究程度相对较低,特别是对于沙二段构造岩性油藏、沙三段的构造岩性油藏或岩性油藏、沙四段砂砾岩体与礁灰岩岩性油藏研究较少,对成藏及其规律方面的具体研究鲜见报道。本文在总结义东地区成藏条件的基础上,依据该区实际勘探资料,分析油气成藏的主控地质因素,建立该区沉积-成藏模式。

## 1 区域地质背景

义东油田处于义和庄凸起和四扣洼陷的交界处,是在古生界基地上发育的新生界超覆直至披覆构造油藏<sup>[7,8]</sup>。义东断裂带是控制义东油田沉积、储层及油藏分布的主要断层,该断层向南与义南断层相交,向北东倾伏于四扣洼陷北部(图1)。义东断裂带南北构造差异明显。南部以狭窄的二台阶断层过渡至四扣洼陷;北部义东断层逐渐消亡,发育一组近东西走向的南倾断层并与义东主断层组成帚状断裂体系。受不同方向断裂系统同时发育的影响,在断裂交汇的构造位置山体破碎严重,碎屑物质多,易于形成规模较大的扇体<sup>[1]</sup>。义东地区北部近岸水下扇整个沙河街组都比较发育,特别是沙三时期,最为发育。沙四上时期该区南部则发育礁灰岩沉积。

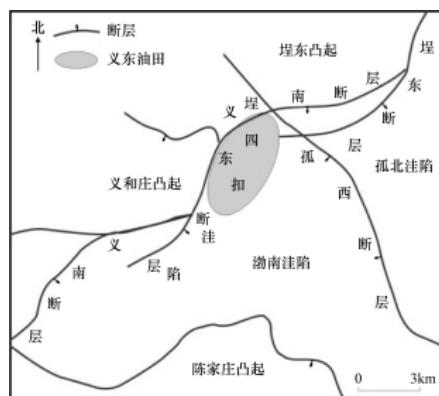


图 1 义东地区构造简图

Fig. 1 Sketch for the tectonic setting of Yidong area

义东地区自下而上发育的地层有太古界、古生界、中生界、古近系沙河街组、东营组、新近系馆陶组、明化镇组及第四系。其中新近系地层厚 700~1000m，古近系厚多为 100~1100m，于洼陷中心厚度增大。岩性均以陆源砂岩和泥岩为主，古近系沙河街组是本次研究的目标层系，自下而上可分为沙四段、沙三段、沙二段和沙一段。

## 2 成藏条件分析

与义东断裂带相邻的四扣洼陷沙三、四段具有丰富的烃源岩条件、良好的储盖组合及封闭性，成藏条件十分优越<sup>[8,9]</sup>。

## 2.1 油源条件

四扣洼陷是一个典型的富生油源洼陷,古近系主要发育了沙四上段( $E_{s4}$ 上)、沙三段( $E_{s3}$ )及沙一段( $E_{s1}$ )3套烃源岩。

沙四上段烃源岩主要为半深湖相-浅湖相的含灰质及含膏的暗色泥岩,有机碳含量较高,埋深较大,主要为Ⅱ<sub>1</sub>型成熟-高熟烃源岩。沙三段烃源岩主要集中在沙三中、下段,为半深湖-深湖相油页岩、油泥岩以及暗色泥岩。沉积厚度大,有机碳含量高,为Ⅰ型优质成熟烃源岩。沙一段也为半深湖-深湖相沉积环境,岩性以油泥岩和油页岩为主,夹有薄层白云岩。有机碳含量高,沉积厚度大,埋深相对较浅,为Ⅰ型低熟烃源岩。综合上述分析可知,洼陷中心深湖-半深湖相沉积的沙三段和沙一段烃源岩性质最好,有机碳含量高,干酪根为Ⅰ型,具有强烈的生油潜力。结合成熟度和生烃贡献,认为沙三段为最主要的源岩,沙四上段是次要的源岩,沙一段只能提供低熟油。

## 2.2 储盖组合

四扣洼陷沙三、四段是目前发现的主要储集层，储层发育包括近岸水下扇、远岸冲积扇和滩坝等沉积类型砂砾岩体。由于储层发育规模较小，储层物性通常控制了储集层的储集能力。受多期次构造活动的影响，区内储集层的次生孔隙与裂隙较为发育，形成了良好的储集条件。

沙三下主力生油层具有很强的生油能力,同时又是很好的区域及局部盖层和遮挡层。在沙三下亚段沉积时期,四扣洼陷处于断陷湖盆发育的鼎盛期,气候湿热,湖盆水域较沙四段有所扩大。沙三下早期13砂组、中期10砂组和沙三中早期8砂组分别沉积了一套深湖相灰色泥岩和油页岩夹浊积砂体,泥岩迭合厚度为300m,埋藏深度大于3000m,泥岩较纯,黏土矿物成分以蒙伊混层矿物为主,岩石脆性较强。在平面上,泥岩分布稳定,连续性好。在纵向上,泥岩呈厚层状,特别是沙三下中部10砂组泥岩连续厚度达80m以上,即使在斜坡部位,其连续厚度也达50m以上。因此,沙三段泥岩是良好的油气盖层,对沙四段顶部礁灰岩油藏和沙三段水下扇体岩性油藏具有良好的封堵性,这可从钻井及试油情况得到证实。

## 2.3 断层作用

四扣-渤海洼陷自早第三纪形成以来，其构造形态经历了一系列变化，归结起来有如下几个阶段。孔店—沙四期伸展半地堑充填阶段、沙二下—沙三期断块强烈活动阶段、沙二上—东营期断块活动复杂化阶段、晚第三纪和第四纪坳陷阶段(断层活动基本停止)，为古近纪的油气生、聚提供了良好的地质条件。断层对油气的分布与聚集起着重要的控制作用(图2)。

断层的作用可以概况为以下3点：①断层可以做为油气运移的通道；②对断裂带的古地貌形态进行改造，使断裂带形成沟梁相间的构造格局，在此基础上形成小型鼻状构造；

③ 同沉积断层的发育往往造成斜坡带地形的突变,在断层的下降盘坡度变缓处水流速度降低,河流携带的泥砂极易堆积形成各种各样的扇体,成为良好的储集体。对于本区沙河街组受断层影响的构造、岩性-构造和构造-岩性圈闭而言,断层活动性对油气成藏起到关键作用,本区最大的断层——义东断层从沙四沉积时期开始活动,沙三、沙二、沙一阶段活动性很强,沙一时达到最大,自东营组沉积时期义东断层的活动性逐渐减弱(图 2),而渤海、四扣洼陷排烃是从东营晚期开始,于馆陶、明化镇组沉积时期达到最大,因此义东断层在油气大规模运移之前活动性减弱,对油藏起保存作用。

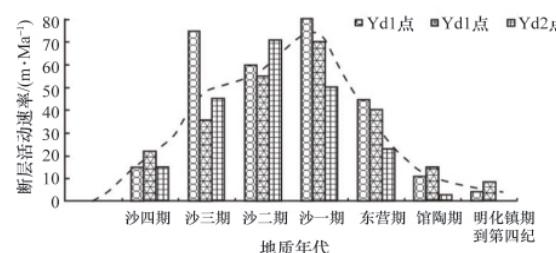


图 2 义东断层活动速率随时间变化直方图

Fig. 2 Histogram for the activity of Yidong fault rate changing with the time

#### 2.4 侧向封堵作用

沙三、四段的水下扇体沉积物粒度小、物性好,即使在扇根部位仍具有良好的渗透性,因此成藏的关键取决于义东断层上升盘对接的古生界地层是否形成侧向封堵。扇根部位通过义东断层与义和庄凸起的太古界和古生界地层相接,为致密的非渗透层,能够形成侧向封堵,在义东断裂带下降盘高部位形成构造-岩性油藏。如义深 7 井在沙四段的水下扇扇根钻遇了 5.86t/d 工业油流,向西以义东断层对接太古界致密的花岗岩或花岗片麻岩,对油气形成良好的侧向封堵而成藏(图 3)。

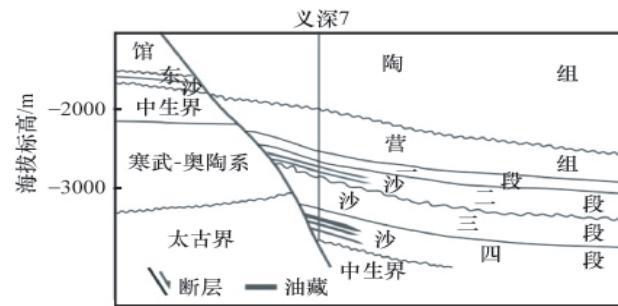


图 3 断层上盘对接地层的封堵性与缓坡水下扇成藏的关系

Fig. 3 Relationship between the plugging property of docking strata in the up wall of faults and the gentle slope underwater fan reservoirs

### 3 成藏特征

义东断裂带断距较大,并伴生多个台阶断层,断裂带向

东发育了多条东西向小断层和沟道。义东断裂带沙河街组在此背景上发育有多个岩性及构造-岩性油气藏。油藏具有沿断裂带分布及“浊积扇”式等特征。

#### 3.1 沿断裂带条带状展布

义东断裂带与其他陡坡带相比,储层发育程度较低,尤其是碎屑岩储层数量较少,沉积相带规模较小,往往就近在义东段层下降盘堆积,延伸距离较小,基本在 2~3km 内,这就造成油藏沿义东断裂带呈条带状展布,并在垂向上呈叠合连片的特点(图 4)。

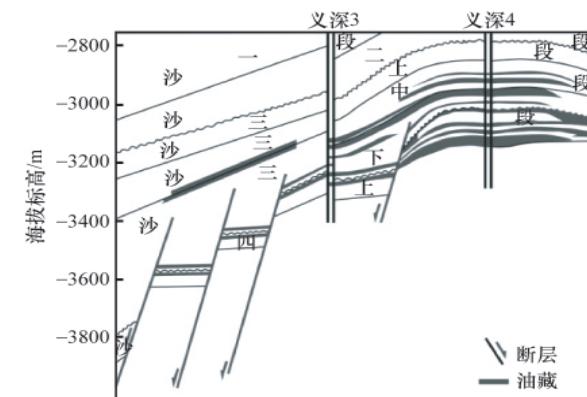


图 4 沿义东断裂带沙三、四段南北向油藏剖面

Fig. 4 Profile of reservoir from north to south in the Es<sub>3</sub> and Es<sub>4</sub> along the Yidong fault zone

#### 3.2 类似于“浊积扇”式成藏特点

义东断裂带沙三、四段发育的近岸水下扇扇体不大,扇根、扇中物性好,薄层砂岩被厚层泥岩和油泥岩包围,具有丰富的油源条件和充注条件,同时厚层泥岩和油泥岩又可作为优良的盖层,因此,义东断裂带水下扇利于形成岩性构造油藏和岩性油藏,使得义东断裂带储层具有类似于“浊积扇”的成藏特点(图 5)。

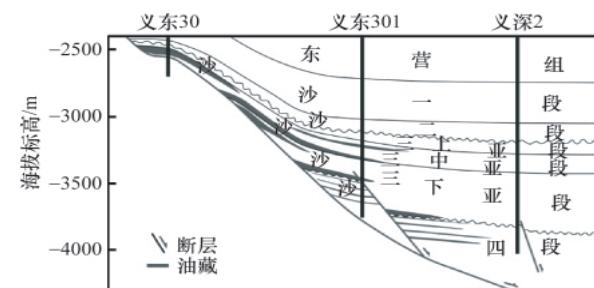


图 5 义东断裂带沙三、四段东西向油藏剖面

Fig. 5 Profile of reservoir from east to west in the Es<sub>3</sub> and Es<sub>4</sub> along the Yidong fault zone

#### 3.3 沙二段为断层、储层控制的构造岩性油藏

义东地区沙二段受沉积影响,主要形成水下扇和滨浅湖相沉积,砂岩滩坝、砂砾岩储层比较发育,油藏受控于断层和岩性,在好储层和断层发育处富集(图 6)。

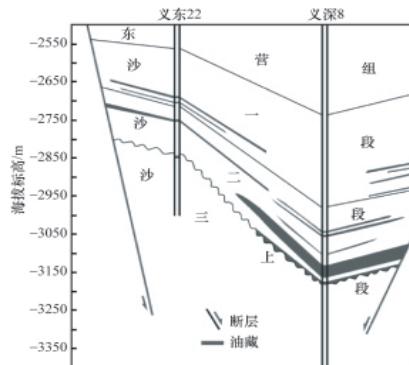


图 6 义东 22—义深 8 井沙一、二段东西向油藏剖面

Fig. 6 Profile of reservoir form east to west in the Es<sub>1</sub> and Es<sub>2</sub> of well Yidong 22 and well Yishen 8

#### 4 成藏模式

四扣洼陷生成的油气在义东断裂带聚集成藏,由于断裂带南部和北部构造存在差异,这就造成沉积相带和成藏模式有很大不同。

义东断裂带南部成藏模式(图 7):①受不整合面控制的地层圈闭油藏;在断层上升盘,古近系地层超覆于古地貌之上,可形成地层超覆油藏;②受断层及潜山控制的潜山油藏和内幕层状油藏;③古近系地层沿台阶断层发育多期水下扇体,沙四段发育礁灰岩,可形成礁灰岩等岩性油藏、构造油藏和构造-岩性油藏。

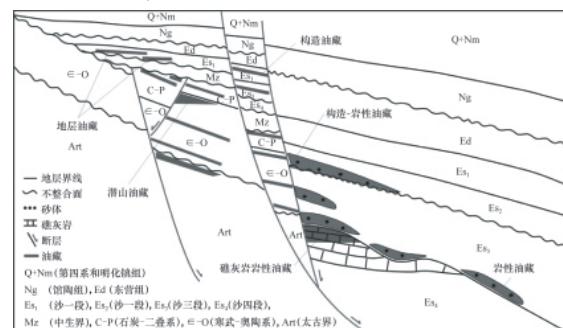


图 7 义东断裂带南部成藏模式图

Fig. 7 Reservoir patterns in the southern area of Yidong fault zone

与断裂带南部相比,义东断裂带北部成藏模式有很大不同,由于缺少二台阶断层对沉积和成藏的控制作用,北部古近系只沿台阶断层发育多期水下扇体,可形成构造-岩性油藏(图 8)。

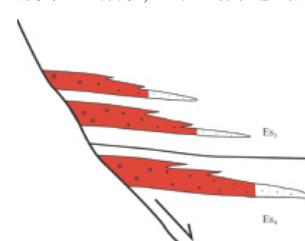


图 8 义东断裂带北部成藏模式图

Fig. 8 Reservoir patterns in the northern Yidong fault zone

#### 5 结论

(1) 义东断裂带具有良好的成藏条件。构造活动一方面促使储集层孔隙发育,增强储集性能;另一方面,在油气大规模运移之前构造活动性减弱,对油藏起保存作用。义东断层西部对接太古界致密的花岗岩或花岗片麻岩,对油气形成良好的侧向封堵而成藏。

(2) 义东断裂带南北构造差异明显,造成沉积相带和油气聚集成藏模式有很大不同。义东断裂带南部成藏模式有潜山油藏、地层油藏、礁灰岩岩性油藏、构造油藏及构造-岩性油藏等。北部古近系沿台阶断层发育多期水下扇体,可形成构造-岩性油藏。

#### 参考文献 (References)

- [1] 张善文, 王永诗, 纪友亮. 义东地区陡岸扇体沉积特征及相模式[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(2): 41–45.  
Zhang Shanwen, Wang Yongshi, Ji Youliang. Petroleum Exploration and Development, 1997, 24(2): 41–45.
- [2] 吴花果, 李纯, 钱峰. 义东油田大 81-4 块咸化湖泊生物礁储集层特征[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 43–45.  
Wu Huagu, Li Chun, Qian Zheng. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(4): 43–45.
- [3] 张凡芹, 王伟锋, 戴俊生. 沾化凹陷断层活动性及其对层序发育的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 253–258.  
Zhang Fanqin, Wang Weifeng, Dai Junsheng. Oil and Gas Geology, 2003, 24(3): 253–258.
- [4] 蔡忠东, 单保杰, 张冲. 沾化凹陷四扣洼陷油源对比[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(4): 11–14.  
Cai Zhongdong, Shan Baojie, Zhang Chong. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2005, 24(4): 11–14.
- [5] 刘向军, 陈昭年, 林娟. 义东油田沾四区“双低”储层改造措施研究[J]. 断块油田, 2002, 9(3): 52–53.  
Liu Xiangjun, Chen Zhaonian, Lin Juan. Fault-Block Oil and Gas Field, 2002, 9(3): 52–53.
- [6] 张凡芹, 王伟锋, 张晶, 等. 沾化凹陷断层对沉积的控制作用 [J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2005, 29(5): 1–6.  
Zhang Fanqin, Wang Weifeng, Zhang Jing, et al. Journal of the University of Petroleum: Nature Science Edition, 2005, 29(5): 1–6.
- [7] 王秉海, 钱凯. 胜利油区开发研究与实践 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1993: 10–38.  
Wang Binghai, Qian Kai. The study of development and its practice in Shengli Oil field [M]. Dongying: China University of Petroleum Press, China, 1993: 10–38.
- [8] 朱光有, 金强, 戴金星, 等. 东营凹陷油气成藏期次及其分布规律研究 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 209–215.  
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Dai Jinxing, et al. Oil and Gas Geology, 2004, 25(2): 209–215.
- [9] 朱光有, 金强, 周建林, 等. 济阳坳陷胜坨油田原油物性及其成因探讨 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 9–13.  
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Zhou Jianlin, et al. Oil and Gas Geology, 2004, 25(1): 9–13.

(责任编辑 岳臣)