

文章编号: 0253-9985(2007)02-0235-05

东营凹陷民丰洼陷沙河街组三段岩性油藏控制因素

张 晶¹, 王伟锋¹, 荣启宏², 赵密福²

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东东营 257061;

2. 中国石油化工股份有限公司 胜利油田有限公司 东辛采油厂, 山东东营 257094)

摘要: 通过对民丰洼陷的油气成藏特点、油气富集规律及主控因素进行研究, 表明该区处在凹陷东北边缘的特殊位置, 成藏条件优越。古近系岩性油藏主要包括砂岩透镜体油藏、砂体上倾尖灭油藏和砂体被断层切穿的岩性油藏 3 种类型。三角洲前缘砂体、滑塌浊积岩砂体的性质和分布, 砂体分布范围内有利的构造位置和有利的沉积储集相带成为控制岩性油藏形成的主要因素。油气勘探方向应围绕不同时期、不同部位两种成因的储集砂体展开。

关键词: 岩性油藏; 控制因素; 三角洲; 浊积岩; 民丰洼陷; 济阳坳陷

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Factors controlling the Es₃ Lithologic Oil Reservoir in Minfeng sag Dongying depression

Zhang Jing¹, Wang Weifeng¹, Rong Qihong², Zhao Mifu²

(1. China University of Petroleum • East China, Dongying, Shandong 257061;

2. Dongxin Production Plant, Shengli Oilfield, Sinopec, Dongying, Shandong 257094)

Abstract A study on the characteristics, patterns and controlling factors of hydrocarbon pooling in Minfeng sag reveals that the sag occupies an advantageous place for oil pooling in the northeastern margin of Dongying depression. The Paleogene lithologic oil reservoirs are mainly sand lens reservoirs, up-dip pinchout sandbody, and sandbody reservoirs cut through by faults. Major controlling factors of the lithologic oil reservoirs include the properties and distribution of delta front sandbodies and fluxoturbidite sandbodies, the favorable structural location within the distributions of sandbodies, and the prospective sedimentary reservoir facies belts. It is suggested that the exploration be focused on the delta front and fluxoturbidite reservoir sandbodies of different ages formed in difference structural positions.

Key words lithologic oil reservoir; control factors; delta; fluxoturbidite; Minfeng sag; Jiyang depression

“九五”以来, 隐蔽型油气藏已逐渐成为东营凹陷重要的勘探对象^[1]。民丰洼陷位于东营凹陷东北部, 西与胜坨油田相邻, 南靠东辛油田, 北邻盐家气田, 东邻永安镇油田, 面积约 200 km², 主要含油层位为古近系沙河街组三段 (图 1)。民丰洼陷具有生油洼陷最基本的特征, 古近系沙河街组三、四段沉积了巨厚的生油岩系, 同时受陈家庄凸

起、东营三角洲和永安三角洲等多向物源的影响, 三角洲前缘砂和滑塌浊积砂两种成因的砂体较为发育, 拥有良好的生储盖配置和有利的圈闭构造条件, 具备形成隐蔽性岩性油气藏的潜力和可能性。但目前研究区属典型的“低成熟”区带, 勘探程度仅为 0.12 口井/km², 探井密度不及东营凹陷平均水平的五分之一, 近年钻探效果也不理

收稿日期: 2007-01-09

第一作者简介: 张晶 (1977—), 女, 博士研究生, 油气成藏与油气田开发

基金项目: 中国石油化工集团公司科技攻关项目 (P02084)

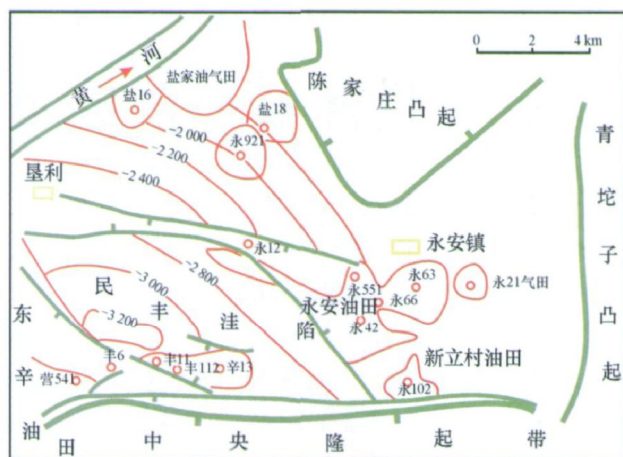


图 1 永北地区区域构造位置图

Fig. 1 Location of regional structures of Yongbei subsag

想。自 1966 年该区钻第一口探井—辛 13 井,在沙河街组三段中亚段见到较好的油气显示以来,油气勘探一直处于徘徊不前的局面。王宏语 (1998)、杨剑萍 (2001) 等分别针对民丰洼陷的地层格架、沉积体系展开研究,从宏观上探讨了砂体展布及其成因机制,并初步分析了岩性油藏分布。但是,对于岩性油藏富集规律和控制因素方面缺乏系统分析和认识,这直接制约了该区的勘探进程。

1 岩性油藏类型及分布

岩性油藏是研究区主要的油藏类型。根据圈闭的成因、形态和遮挡条件^[2],主要分为砂岩透镜体油藏、砂体上倾尖灭油藏、砂体被断层切穿的油藏 3 种主要类型。后者根据断层的特征及作用,又可细分为断层侧向沟通的砂体形成的岩性-构造油藏和断层上倾封堵的砂体形成的构造-岩性油藏两种类型^[3] (图 2)。

1.1 砂岩透镜体油藏

主要发育层位为古近系沙河街组三段中、下亚段。该类型油气藏以夹于生油岩之中的规模相对较小的滑塌浊积透镜体作为储集层,其四周的沙河街组三段中、下亚段深灰色的泥岩为烃源岩,油气在浊积透镜体内部聚集成藏。该类油气藏发育有利区主要是洼陷内断层下降盘的较低洼处或古地形的低洼处,油藏受岩性控制。该类油气藏规模虽然不大,但由于其处于生油岩包围之中,往往形成“小而肥”的特点,是研究区

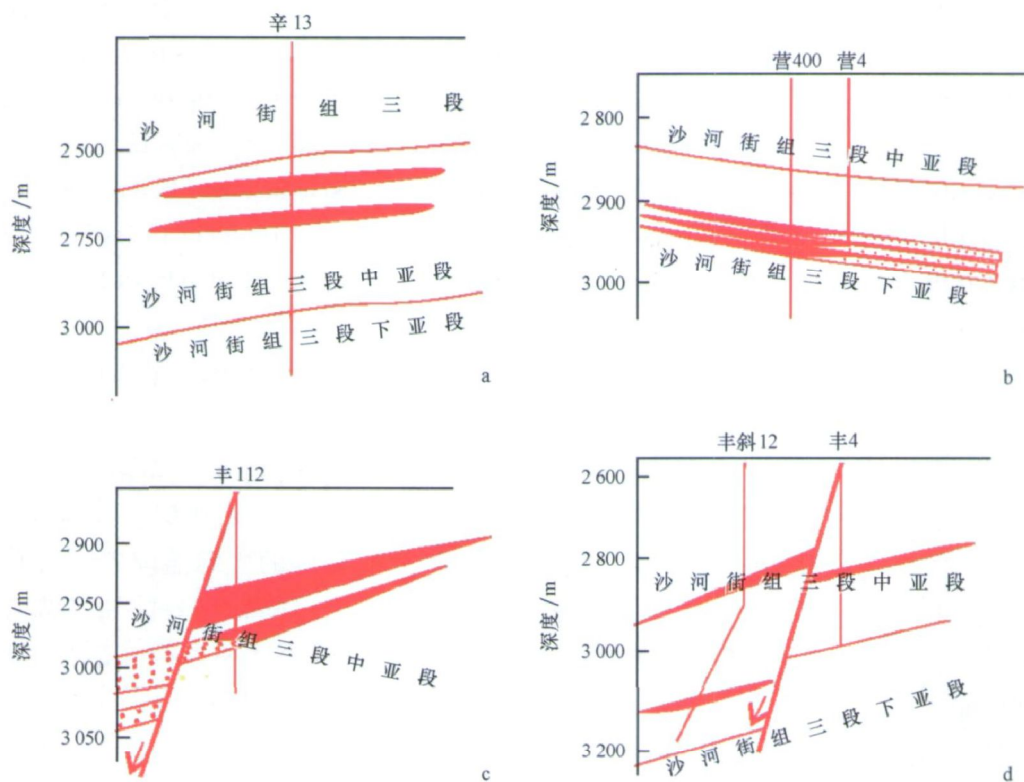


图 2 岩性油藏类型

Fig. 2 Types of lithologic oil reservoirs

今后岩性油藏勘探的主要类型之一,目前已发现的丰 11、辛 13 及营 541 沙河街组三段中亚段油藏均属于此类型(图 2a)。

1.2 砂岩上倾尖灭油藏

主要发育层位为古近系沙河街组三段中、上亚段。分布于民丰洼陷周缘斜坡带,该类油气藏的储层主要是三角洲前缘砂体和滑塌浊积砂体。主要发育区一是滑塌浊积扇体发育区,主要是各扇体的上倾部位;另为辫状三角洲前缘砂体的上倾尖灭部位。位于民丰洼陷西坡坨 142 井区已经在该类油藏中上报探明石油优质储量 $1\,000 \times 10^4$ t 以上。这也是研究区今后岩性油藏勘探的主要类型之一(图 2b)。

1.3 砂体被断层切穿的油藏

其中以岩性控制为主,断层侧向沟通的砂体形成的岩性-构造油藏中,断层仅起到沟通油源和通道的作用,为输导体系的重要构成部分(图 2c);另一种断层上倾封堵的砂体形成的构造-岩性油藏,断层起封堵作用,岩性封闭和断层封堵共同起作用(图 2d)。

该种油气藏在古近系沙河街组三段的各个层位均有可能发育,是由构造和岩性共同起作用而形成的圈闭。由下伏或自身的烃源岩提供油气,通过断层、不整合面或渗透性砂岩运移,在圈闭中聚集油气而成藏。该种油气藏形成的关键是砂体和构造的配合形成的有利圈闭。因此,在研究区滑塌浊积扇砂体、辫状三角洲前缘砂体发育的位置,只要具有有利的构造条件,又有油气的运移聚集,均可形成该类油气藏。

2 岩性油藏控制因素

岩性油藏形成的石油地质条件与其他类型油藏本质上没有区别,必须具备油气成藏的静态要素和动态过程^[4]。根据研究区已发现油气藏分布特征分析,结合现有勘探成果,认为构造、沉积相、储层、异常压力和盖层等条件是研究区油气富集的重要影响因素,油气成藏是各种因素综合作用和有利时空匹配的结果。

2.1 储集砂体的性质和分布是关键

储集层的质量影响油气藏的形成,尤其是储

层临界物性是决定能否成藏的关键。通过统计东营凹陷岩性圈闭与含油性的关系,发现含油砂体的储集物性存在一个临界值,即当砂体的孔隙度大于 12%,渗透率大于 1×10^{-3} 时,才有油气的充注。含油砂体主要分布在孔隙度为 14%~22%、渗透率为 $2 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 储集体内,其深度范围为 2 000~4 000 m,且在该范围内具有随砂体物性条件变好圈闭充满度变高的趋势^[5,6,9]。

研究区沙河街组三段中、下亚段处在成岩演化的晚成岩 A 亚期,主要是发育原生孔隙和次生孔隙混合带。埋深大于 2 800 m 时,出现次生孔隙发育带,同时随着埋深在特定条件下出现封闭性成岩环境的超压异常带。丰 11 井、丰 112 井分别在 2 980.5~2 982.5 m 和 2 898.0~3 076.0 m 深度段出现次生孔隙,有效地改善了储层物性,利于油气的聚集(图 3)。因此次生孔隙发育带可成为下一步勘探的有利地带。

民丰洼陷沙河街组三段上亚段三角洲前缘砂体单层厚度较大,横向连续性好,普遍覆盖该地区;而沙河街组三段中、下砂体具有埋藏深、砂体薄、横向变化快等特点,应用宽带约束波阻抗反演技术结合地层精细划分对比结果对沙河街组三段中、下亚段砂体进行预测,研究结果表明,沙河街组三段中部砂体多于沙河街组三下部,在沙河街组三段中亚段预测出营斜 541 井西南区域,丰 11-辛 13 井区域等砂体有利分布区,砂体主要发育在断层下降盘的较低洼处或古地形的低洼处;沙河街组三段下亚段预测出丰 6 井北区域,丰斜 5 井周围区域,丰 11-辛 13 井区域等砂体有利分布区。丰 11 井与丰 112 井沙河街组三段中亚段见到了良好的油气显示层,丰 111 井仅见到少量的油气显示,沙三中储层发育很差,均说明了油藏受岩性控制,砂体的分布范围就是圈闭的面积。油气富集于砂岩厚度大,储层物性好的较靠近同沉积断层下降盘的砂岩中。

2.2 储集砂体分布范围内的相对高部位或有断层切割的砂体对油气聚集最有利

有些储集砂体自身可形成圈闭,直接就是岩性油气藏勘探的目标,如浊积透镜体。有些砂体由于范围较大,需要寻找砂体分布范围内油气聚集的有利部位,以确定勘探的具体目标。由试油结果可以看出,油气在运移过程中,构造高点成为

井 号			丰 11 井		丰 112 井		
取样深度 /m			2 980.5	2 982.5	2 889.3	2 898.0	3 076.0
取样层段			沙河街组三段中亚段 沙河街组三段中亚段		沙河街组三段中亚段	沙河街组三段中亚段	沙河街组三段中亚段
沉 积 相			滑塌浊积扇		滑塌浊积扇		
岩石名称			细粒岩屑长石 石英砂岩	长石粗粉 杂砂岩	长石质 粉砂岩	细粒长石 砂岩	细粒长石 砂岩
组 成	碎 屑 颗 粒	石英	63%~70%	60%~65%	60%~65%	20%~25%	40%~45%
		长石	15%~20%	30%~35%	25%~30%	65%~70%	35%~40%
		岩屑	10%~15%	<5%	5%	5%	10%~15%
		其它	<5%	5%~10%	5%	5%~10%	5%~10%
	填 隙 物	杂基 胶结 物	<15% <20%	25% <15%	5%~10% <15%	5%~10% <20%	10%~15% <20%
孔隙类型 及其发育			次生孔隙较发育, 原生孔隙大部分被充填	次生孔隙发育一般, 原生孔隙发育较差	次生孔隙发育一般, 原生孔隙被充填	次生孔隙为主, 原生孔隙大部分被充填	次生孔隙较发育, 原生孔隙大部分被充填
颗粒结构			点接触至 线接触	排列微定向、 漂浮接触至 点接触	线接触至 缝合接触	线接触至 凸凹接触	点接触至 线接触
成岩作用			压实, 石英稍溶蚀, 长石沿解理有被溶解显现, 碳酸质、粘土质胶结晚成岩阶段 A 期	压实, 石英稍溶蚀, 长石粘土化严重, 碳酸质、粘土质、菱铁质胶结晚成岩阶段 A 期	压实强, 石英裂缝较发育, 长石部分被碳酸盐岩交代, 碳酸岩质胶结晚成岩阶段 A 期	压实强, 石英稍溶蚀, 长石部分被粘土化, 碳酸质, 粘土质胶结, 晚成岩阶段 A 期	压实, 石英被压溶并见自生加大, 长石部分粘土化, 碳酸质, 硅质胶结, 晚成岩阶段 A 期

图 3 民丰洼陷滑塌浊积砂体成岩演化阶段

Fig. 3 The diagenetic stages of the fluxoturbidite sandbodies in M infeng sag

其运移的主要指向, 但许多油藏尤其是砂岩透镜体岩性油藏, 其地质要素对油气成藏都十分有利, 但钻探只出水未见油, 经研究, 证实与透镜体中局部构造高点有关, 透镜体的顶部油气较为富集。考虑到成藏作用, 油气往往是从低部位向高部位运移, 如果储集砂体内的油气不能充满整个砂体, 则往往是砂体构造位置较高部位充满油气, 而低部位则油气富集程度相对较差。因此, 储集砂体分布范围内的相对高部位或砂体上倾部位对油气聚集有利, 为岩性油气藏勘探的首选目标。

断层提供了有效油源通道和侧向封堵条件, 在部署探井时应选择埋深相对较浅且有断层切割的砂体, 并应钻探砂体的高部位。近期结合沙河街组三段中亚段、沙河街组三下段下亚段砂体分别在丰 112、丰 11 井区部署 2~3 口探井, 砂体埋深均在 3 000 m 左右, 具有断层切割, 成油有利。预测含油面积 4 km²、地质储量 800 × 10⁴ t。

2.3 沉积相带控制岩性油藏的类型和富集

沉积相带的展布控制储集砂体的分布, 从而决定油气藏的类型。三角洲前端滑塌作用形成的滑塌浊积砂体, 处于烃源岩的包围之中, 若具独立性则能形成砂岩透镜体和上倾尖灭岩性圈闭。三角洲前缘砂体与构造及其斜坡配合多形成砂体上倾尖灭型圈闭、岩性-构造圈闭或构造-岩性圈闭。受沉积相带控制, 由三角洲前缘至前三角洲相、深湖相, 岩性油藏类型呈规律性地变化。从三角洲前缘的砂体被断层切穿的油藏依次过渡为三角洲前缘的砂体上倾尖灭油藏和前三角洲相的砂岩透镜体、三角洲前缘滑塌浊积岩和浊积扇油藏, 油藏类型呈现出有规律分布。

在大量岩心及沉积亚相研究的基础上, 发现沙河街组三段中、下亚段东营三角洲主前积方向的前方滑塌浊积扇中扇水道及水道间、朵叶体微相对油气起明显的控制作用(图 4)。沙河街组三段上亚段沉积时期形成的局部油藏或油气显示也

- letin, 1975, 59(2): 292~ 302
- 9 Berg R R. Capillary pressures in stratigraphic traps[J]. AAPG Bulletin, 1975, 59(5): 939~ 956
 - 10 Stainforth J G. Primary migration of hydrocarbons by diffusion through organic matter networks and its effect on oil and gas generation [J]. Geochemistry, 1990, 16(1): 1~ 3
 - 11 陈荷立. 油气运移研究的有效途径 [J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 126~ 130
 - 12 王 斌. Discuss on oil-bearing mechanism of sand lens in mudstone[J]. 石油地质, 1995, (2): 41~ 45
 - 13 张云峰, 付广. 砂岩透镜体油藏聚油机理及成藏模式 [J]. 断块油气田, 2000, 7(2): 12~ 14
 - 14 庞雄奇, 金之钧, 左胜杰. 油气成藏动力学模式成因与分类 [J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 507~ 514
 - 15 姜振学, 陈冬霞, 苗胜, 等. 济阳坳陷透镜状砂岩成藏模拟实验 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 223~ 226
 - 16 万晓龙, 邱楠生, 张善文, 等. 岩性油气藏成藏的微观控制因素探讨——以东营凹陷牛 35 砂体为例 [J]. 天然气地球科学, 2004, 14(3): 261~ 265
 - 17 陈冬霞, 庞雄奇, 邱楠生, 等. 砂岩透镜体成藏机理 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(4): 484~ 488
 - 18 曾溅辉, 张善文, 邱楠生, 等. 济阳坳陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 729~ 732
 - 19 曾溅辉, 张善文, 邱楠生, 等. 东营凹陷岩性圈闭油气充满度及其主控因素 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 219~ 222
 - 20 张善文, 曾溅辉, 肖焕钦, 等. 济阳坳陷岩性油气藏充满度大小及分布特征 [J]. 地质论评, 2004, 50(4): 365~ 369
 - 21 万晓龙, 邱楠生, 张善文, 等. 济阳坳陷岩性油气藏充满度主控因素及其模糊综合评价 [J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(3): 25~ 30
 - 22 万晓龙, 邱楠生, 石硕, 等. 东营凹陷超压体系中的岩性油气藏充满度机理 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2004, 34(3): 373~ 376
 - 23 陈冬霞, 庞雄奇, 翁庆萍, 等. 岩性油藏三元成因模式及初步应用 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 228~ 232
 - 24 刘震, 赵阳, 金博, 等. 沉积盆地岩性地层圈闭成藏主控因素分析 [J]. 西安石油大学学报, 2006, 21(4): 1~ 5
 - 25 杜金虎. 二连盆地隐蔽油气藏勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003
 - 26 刘震, 梁全胜, 肖伟, 等. 内蒙古二连盆地岩性圈闭早期形成和多期形成特征分析 [J]. 现代地质, 2005, 19(3): 403~ 408
 - 27 Hunt J M. Petroleum geology and geochemistry [M]. 2nd ed San Francisco: Freeman Company, 1996
 - 28 方杰. 二连盆地白垩统油气运移特征 [J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 181~ 187
 - 29 郝芳, 邹华耀, 杨旭升, 等. 油气幕式成藏及其驱动机制和识别标志 [J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413~ 424

(编辑 李 军)

(上接第 239 页)

砂体侧向被断层切穿的油藏一般位于三角洲—滑塌浊积沉积体系中封闭性强的断层附近。

3) 三角洲前缘砂体、滑塌浊积砂体的性质和分布, 砂体分布范围内有利的构造位置和有利的沉积储集相带成为控制岩性油藏形成的主要因素。

4) 下一步油气勘探应围绕不同时期、不同部位两种成因的储集砂体展开。

参 考 文 献

- 1 李素梅, 庞雄奇, 邱桂强, 等. 东营凹陷北部陡坡带隐蔽油气藏形成与分布 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 416~ 421
- 2 李丕龙. 胜利油田油气勘探新进展 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 24(4): 472~ 477
- 3 曾溅辉, 张善文, 邱楠生. 东营凹陷岩性圈闭油气充满度及其主控因素 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 219~ 222
- 4 杜金虎, 易士威. 二连盆地岩性地层油气藏形成条件与油气分布规律 [J]. 中国石油勘探, 2004, 9(3): 1~ 5
- 5 曾溅辉, 张善文. 济阳坳陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 729~ 732
- 6 庞雄奇, 陈冬霞, 李丕龙, 等. 砂岩透镜体成藏门限及控油气作用机理 [J]. 石油学报, 2003, 24(3): 38~ 45
- 7 曾溅辉, 郑和荣, 王宁. 东营凹陷岩性油气藏成藏动力学特征 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 326~ 329
- 8 万晓龙, 邱楠生, 张善文. 东营凹陷岩性油气藏动态成藏过程 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 448~ 451
- 9 林会喜, 鄢继华, 袁文芳, 等. 渤海湾盆地东营凹陷古近系沙河街组三段沉积相类型及平面分布特征 [J]. 石油实验地质, 2004, 27(1): 55~ 61

(编辑 陈喜禄)