

文章编号: 1006-6616 (2008) 03-0221-10

山东东营凹陷东部浊积扇油藏成藏条件与模式

孙海宁¹, 夏景生², 钟建华^{3,4}, 王志坤²

(1. 中石化胜利油田东辛采油厂地质科学研究所, 山东东营 257094;

2. 中国石油冀东油田分公司勘探开发研究院, 河北唐山 063004;

3. 中国石油大学(华东), 山东东营 257061; 4. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640)

摘要: 岩性油气藏已成为东营凹陷油气勘探重点。东营凹陷东部在沙三、沙四段沉积时期发育了大量厚层烃源岩, 为圈闭成藏提供了充足的油气资源。勘探证实, 东营凹陷东部发育三角洲前缘滑塌浊积、深水浊积扇等砂体类型, 同时发育断裂型、砂体型、不整合面型等多种输导体系 and 良好的泥岩盖层。生、储、盖条件在时间、空间上具有良好的组合关系, 为形成砂岩透镜体岩性油气藏和构造—岩性油气藏提供了良好条件。

关键词: 成藏条件; 成藏模式; 浊积扇油藏; 岩性油气藏; 东营凹陷东部

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

0 引言

东营凹陷是渤海湾盆地济阳拗陷内的一个次级负向构造单元, 在渐新世沙三段沉积时期沿长轴方向发育了大型的复合三角洲——东营三角洲。东营三角洲位于东营凹陷的东部, 是陆相湖盆典型的建设性三角洲^[1-3], 在其形成的过程中由于气候湿润、雨量充沛、碎屑物质供应充足加之该时期区域构造活动强烈, 因而在三角洲前缘半深湖—深湖地带发育了许多滑塌浊积扇体^[4-5] (图 1)。

经过 30 余年勘探、开发, 东营凹陷已进入高勘探程度阶段, 寻找大型的整装构造油气藏的可能性已经越来越小, 油气勘探方向已逐渐由构造油藏转向岩性油藏和构造—岩性油藏^[6], 浊积扇砂体以其有利生储盖组合条件而成为油田最具潜力勘探目标之一。为此, 本文从油气的成藏条件、成藏机理及成藏模式对东营凹陷东部沙三和沙四段的浊积扇油藏进行综合分析、研究, 为深层隐蔽油气藏^[7] 勘探开发提供了详细的基础地质资料和新的勘探开发思路。

1 成藏条件分析

1.1 油源条件

在渐新世的沙三中、下和沙四上亚段沉积时期东营凹陷的东部除盆地坡折带外, 还有牛

收稿日期: 2008-01-15

作者简介: 孙海宁 (1969-), 女, 高级工程师, 1989 年毕业于石油大学 (华东) 勘察技术与工程专业, 现主要从事油气勘探开发、地质科研工作。

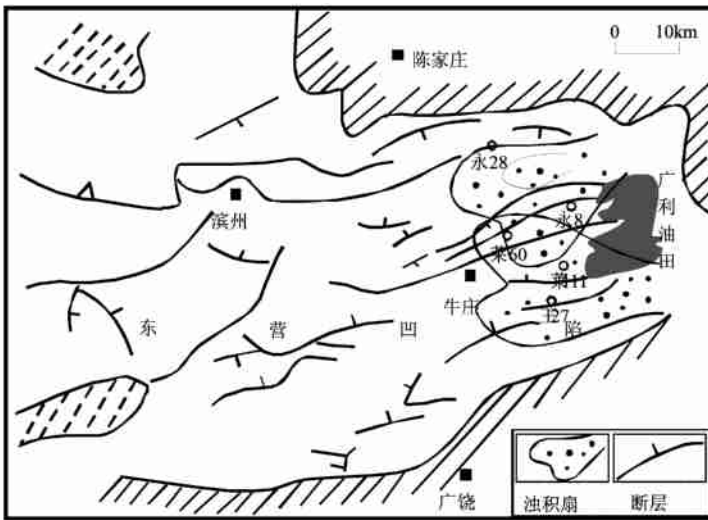


图1 东营凹陷东部浊积扇体分布示意图

Fig.1 A sketch showing distribution of turbidite fan in eastern Dongying depression

庄洼陷都处于深湖一半深湖的沉积环境，该地区暗色泥岩厚度在沙河街组下部达 1000 ~ 1500m，有机碳含量大于 0.5%，因此该地区内有丰富的烃源岩^[8]，

东营凹陷东部沙四上亚段以深灰色泥岩和灰褐色钙质页岩为主，夹薄层白云岩或泥质白云岩，近顶部发育薄层褐灰色油页岩，下部发育条带状膏盐等蒸发岩，总体上为浅湖一半深湖咸水沉积环境。有机碳丰度为 1.5% ~ 4%，干酪根以 I 型和 II₁ 型为主，烃源岩有机质主要来源为水生生物，饱和烃呈“单峰型”分布。除洼陷边缘外，沙四上埋深普遍大于 3000m，接近生油高峰，镜质体反射率 (R_o) 大于 0.90%，为优质烃源岩^[9]。如辛斜 164、王 70 等井在沙四上及沙三中亚段钻遇的浊积扇油藏的油源即来自沙四上亚段的深灰色泥岩。

沙三下亚段烃源岩主要为深灰色泥岩、钙质泥岩和褐灰色油页岩，为深湖半咸水环境沉积。烃源岩有机质丰度较高，有机碳含量 (TOC) 一般为 2% ~ 5%，油页岩 TOC 可达 5% ~ 19%，有机质组成表明水生生物和陆源高等植物均是烃源岩有机质的来源^[10]。干酪根以 II₁ 型为主，正构烷烃呈双峰型。沙三下段埋藏深度一般大于 2800m，镜质体反射率 (R_o) 平均为 0.67%，为优质烃源岩。如永 8 井在沙三中、下亚段钻遇的浊积扇油藏的油源即为沙三下亚段的暗色泥岩。

沙三中亚段主要为灰色—深灰色泥岩夹暗棕色薄层泥岩及杂色泥岩，砂岩较发育。为典型开放型湖泊^[11]沉积。暗色泥岩有机碳含量为 0.1% ~ 4%，样品有机碳含量一般为 0.2% ~ 1.2%。有机母质主要为陆生高等植物，干酪根类型以 II₂ 和 II 型为主，生烃潜力一般小于 190mg/g。沙三中亚段总体上为淡水弱还原、弱氧化条件沉积，有机质沉积和保存环境较差。沙三段中亚段上部埋藏较浅，镜质体反射率 (R_o) 值一般小于 0.6，生烃量相对较小，成为牛庄洼陷主力烃源岩的可能性较小。沙三段中亚段下部埋藏较深，该相带形成的泥岩厚度较大，属于湖退阶段半深湖还原环境成因类型，有机碳含量 (TOC) 一般为 2% ~ 4%，有机质类型为 I - II₁ 型，属于较好的烃源岩^[12]。如莱 111、永 89 井在沙三中亚段钻遇的浊积扇油藏的油源主要来自沙三中亚段的深灰色泥岩。

综上所述，该地区深部主力烃源岩为沙三下和沙四上亚段半深湖—深湖相暗色泥岩。对

该区的牛庄—六户局部地区 (约 300km^2) 进行盆地生烃史模拟, 计算出沙三中、下和沙四上亚段生烃总量为 $9 \times 10^8\text{t}$, 排烃量为 $2.27 \times 10^8\text{t}$, 取聚集系数^[13] 为 $0.40 \sim 0.50$, 则牛庄洼陷油气资源量为 $8.92 \times 10^7 \sim 1.115 \times 10^8\text{t}$, 因此该地区深部油气资源量非常丰富。

1.2 输导体系

根据输导体系组成元素及其在油气运移中所起作用, 可以将东营凹陷东部地区深部地层的输导体系划分为断裂型输导体系、砂体型输导体系、不整合面型输导体系和复合型输导体系 (图2)。

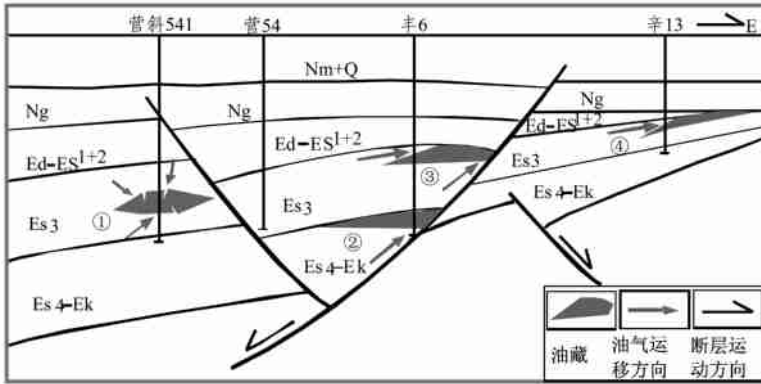


图2 东营凹陷东部深部浊积扇油藏的疏导体系模式图

Fig. 2 Carrier system model of deep turbidite fan reservoir in eastern Dongying depression

①砂体型输导体系; ②断裂型输导体系; ③复合型输导体系; ④不整合面型输导体系

由于该地区浊积扇砂体较为发育, 并且与断层对接较好, 油气可以通过砂体—断层呈阶梯式运移, 为油气成藏提供了优质输导系统。砂体—断层 (开启的) 型输导系统中, 断层两盘砂体的接触程度的大小直接影响到输导体系输导能力, 若断层两盘砂体完全接触或接触面很大, 则该输导体系的输导能力较强, 反之则较差。东营凹陷东部坡折带输导系统的输导能力较强, 油气较为富集。

对东营凹陷东部坡折带输导动力研究发现, 该地区深部超压为油气运移提供了充足动力, 使得油气生成后可以在油源断层、优质砂体及不整合面等组成的输导系统顺利地向着部或侧向运移。油气运移过程中受次级断层和层内砂岩非均质性影响, 运移路径不断复杂化。但主要的运移路径仍为断裂系统和浊积砂体本身, 断裂系统是最主要的运移通道, 由于莱60井区断裂系统非常发育 (图1), 且该井钻遇的沙四上和沙三中亚段的浊积扇油藏的含油饱和度较高。由于该区位于断陷湖盆东营凹陷的东坡折带的边缘, 控盆断裂控制下, 次级生长断层以及相关的裂缝非常发育, 为凹陷内部深层烃源岩生成的油气向浅部运移提供了良好的通道。另外, 被泥岩包围的浊积砂体本身也为周围油气的进入提供了非常优质的通道。

总之, 本区发育的断层与浊积扇体在空间上相互匹配、组合, 构成了研究区内油气运移的立体通道。油气在各种动力的作用下可沿着优质输导系统进行运移, 并最终在合适的圈闭中聚集成藏。

1.3 储集条件

东营凹陷东部深层浊积扇油藏的储集层主要为三角洲前缘滑塌形成的滑塌浊积扇砂体和带有物源补给通道的浊积扇砂体。该区浊积扇砂体的形成主要通过两种途径: 1) 沙三中亚段沉积时期, 物源充足, 东营三角洲大规模的发育, 三角洲快速的向前进积。由于三角洲前

缘的快速堆积,在其前方逐渐形成角度较大的斜坡,当沉积物倾斜角超过休止角,或由于该时期强烈构造活动,致使三角洲前缘砂体向湖盆深部滑塌、再沉积形成大量的滑塌浊砂体,辛斜 164、莱 60 井在沙四上亚段钻遇的浊积扇体即为该类型的砂体;2)沙三中、下亚段沉积时期,降雨充沛,气候湿润,东营凹陷东部的部分支流携带大量的碎屑物质沿下切水道直接注入湖盆,在湖盆深处形成带有补给通道的浊积扇(深水浊积扇),永 97 井在沙四上、沙三中亚段钻遇的浊积扇体即为该类型的砂体。

根据统计对研究区的 150 口井进行统计可知,该区浊积扇砂体储层占油田总储层的 80% 以上,层位上对应于沙三中、下和沙四上亚段。凹陷内,自东向西已发现东科 1、牛 21 井等富含油的深水浊积扇体。牛 81 井附近三角洲前缘滑塌浊积扇较为发育。随着三角洲自东向西的推进,东营凹陷东部深层滑塌浊积体及深水浊积扇砂体的分布自下而上由东向西不断的迁移,浊积砂体的展布规律充分显示了三角洲沉积体系在该区油气成藏中储集体的宏观分布规律^[14~19]。

研究区内沙三中、下及沙四上亚段储集层埋深多为 2900~3350m,岩性以细砂岩为主,粉砂岩次之,含有少量粗砂岩和不等粒砂岩,并具有下粗上细沉积特征。通过对莱 59、辛斜 164 等井岩心的精细观察和分析发现该区浊积扇砂体的底部往往发育大段的中、细砂岩,多见平行层理;中部以细砂岩为主偶见粗砂岩,常见泥岩撕裂屑;上部主要发育粉砂岩和泥质粉砂岩互层,有时可见细小的水平层理。与典型的具有鲍马序列的浊积岩相比,该区的浊积砂的 B、C、D 段或 B、D 段较为发育。

该区浊积砂体宏观上主要表现为:数量多、个体小(厚度一般不超过 20m)、储层厚度变化较大,为 0.5~15m,且多发育泥岩或砂质泥岩夹层。微观特征上主要表现为:储层具有低孔隙度、低渗透率特点。据统计^[19],含油性较好的砂岩储层孔隙度一般为 10%~25%,渗透率一般 $10 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。而含油较差的砂岩储层,孔隙度一般小于 10%,渗透率一般也小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。笔者对该区 1865 块样品进行统计、分析,并计算出样品孔隙度平均为 18.7%,渗透率平均为 $56.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,渗透率小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品占 31%, $5 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的占 10% 左右, $10 \times 10^{-3} \sim 30 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的大约占 40%,大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 占 20% 左右,储层类型多为中孔、中一低渗储层。压汞资料分析表明,砂岩孔喉半径最大为 2~3 μm ,一般为 0.1~0.5 μm ,孔喉半径中值一般在 0.4~0.7 μm 之间,砂岩非均质性较强,变异系数一般在 1.1 左右,空隙类型以微孔隙为主。

1.4 盖层条件

可作盖层的岩性很多,泥岩是其中最重要的一类,东营凹陷东部深层岩性油气藏即以泥岩为盖层。研究区泥岩沉积中粘土矿物含量约为 60%,根据其他矿物成分不同,可分为泥岩、灰质泥岩和粉砂质泥岩等。

区内沙三段盖层主要为半深湖—深湖相泥岩沉积,沙三中、下段泥岩厚度为 500~700m,占地层厚度的 70%~80%,局部地区整个沙三下亚段全部为泥岩。以牛 38 取心井为例:沙三下亚段泥岩厚度为 150~200m,占地层厚度的 60%~90%,砂岩单层最大厚度为 15m,一般为 5~10m。沙三中亚段下部泥岩厚度为 100~150m,占地层厚的 70%~80%,砂岩单层最大厚度为 30m,一般为 3~5m;沙三中亚段中部泥岩厚度为 150~250m,占地层厚的 90% 左右,砂岩单层最大厚度为 14m,一般为 3~5m;沙三中亚段上部泥岩厚度为 50~100m,占地层厚度的 60%~75%,砂岩单层最大厚度为 23m,一般为 3~10m。沙三上亚段泥岩厚度为 100~150m,占地层厚度的 50%,砂岩单层最大厚度为 30m,一般为 10~20m。

利用泥岩压力差方法对该区沙三段泥岩进行了盖层评价。评价结果显示: 该层段地层封盖能力仅为中~差(表 1)。原因分析: 1) 沙三段泥岩中的孔隙结构、层间孔的定向性、粘土矿物的不均质性、局部微裂隙的发育等因素对评价方法的影响, 使得评价的结果偏差; 2) 沙三中、下亚段地层的微溶孔、层间孔的发育以及储层的异常高压等对盖层封盖能力要求较高, 也影响了评价结果。虽然评价的结果不理想, 但沙三段泥岩单层厚度较大(一般大于 50m), 空间展布范围大且稳定(可由凹陷中心延展至凹陷斜坡带), 并与各储集砂体呈离散型配置关系(即泥包砂), 使盖储孔隙分布几乎无叠置, 很大程度上弥补了因泥岩层间孔定向性、粘土矿物非均质性及局部微裂隙等所造成的局部盖层条件的不佳。综上所述, 沙三段泥岩作为该区浊积扇油藏的盖层和封堵层是非常充分的。牛庄、广利和东辛等油田目前勘探开发的实践也客观地证实了该地区沙三段泥岩盖层具有良好的封盖性能。如莱 60、永 89 和辛斜 164 等井区虽有断裂系统发育, 但这些井所钻遇的沙四上和沙三中亚段的浊积扇油藏的含油饱和度却较高, 也就证实了该区沙三段泥岩作为浊积扇油藏的盖层是充分的。

表 1 牛庄洼陷泥岩封盖性能评价

Table 1 Evaluation of sealing ability of mudstone in Niuzhuang Sag

| 深度 | 层位 | 岩性 | 突破压力 (MPa) | 压力差 (MPa) | 盖层评价 |
|---------|-------------------|-------------|------------|-----------|------|
| 1980.0 | E _{s3} 上 | 粉砂质泥岩 | 10.71 | 5.01 | 中 |
| 2248.0 | E _{s3} 上 | 含菱铁矿含粉砂含灰泥岩 | 10.98 | 5.28 | 中 |
| 2486.0 | E _{s3} | 含菱铁矿粉砂质泥岩 | 10.12 | 4.42 | 差 |
| 2604.26 | E _{s3} | 含菱铁矿含粉砂灰泥岩 | 11.88 | 6.18 | 中 |
| 2183.0 | E _{s3} | 含粉砂灰质泥岩 | 10.86 | 5.16 | 中 |
| 3060.0 | E _{s3} 下 | 含粉砂灰质泥岩 | 6.33 | 0.63 | 非 |
| 2804.4 | E _{s3} | 含膏粉砂质灰泥岩 | 11.08 | 5.38 | 中 |
| 2874.88 | E _{s3} | 含粉砂泥岩 | 13.73 | 8.03 | 中 |
| 2918.51 | E _{s3} | 含纤铁矿含粉砂泥岩 | 9.93 | 4.23 | 差 |
| 3046.28 | E _{s3} 下 | 含菱铁矿含粉砂含灰泥岩 | 10.36 | 4.66 | 差 |
| 3281.57 | E _{s3} | 含粉砂灰质泥岩 | 0.80 | -4.9 | 非 |
| 3340.9 | E _{s3} | 含粉砂白云质泥岩 | 0.48 | -5.22 | 非 |
| 2932.2 | E _{s3} | 含菱铁矿含砂含灰泥岩 | 8.86 | 3.16 | 差 |

注一: 以埋深 3000m, 原始地层压力为 35.7MPa 的超压油气藏为例, 剩余压力为 5.7MPa 计算。

注二: 上表中的“非”为非盖层。

1.5 生、储、盖组合

油气田的勘探开发实践证明, 生油层、储集层、盖层的密切配合, 是油气聚集成藏的必不可少的条件之一。有利的生、储、盖组合其含义是指生油层中生成的油气能及时地运移到储集层中, 即具有良好的运输通道, 畅通的排出条件; 同时盖层的质量和厚度又能保证运移至储集层中的油气不会逸散。

由上述对研究区生、储、盖条件的分析可知该区具有丰富的生油岩、较好的储集层和良好的盖层。该区巨厚的深湖相泥岩(一般为 800~1500m)既是生油岩又是良好的盖层; 该区的浊积砂体大多发育在生油层内(被烃源岩包裹或距烃源岩较近), 且该区在沙四、三段沉积时期构造活动强烈、断裂系统非常发育^[17], 错综分布的断层、裂缝为油气的运移、聚

集提供良好的运输通道。

根据研究区烃源岩层、储集层和盖层在时间和空间上的组合关系，可将该区生、储、盖组合分为自生、自储、自盖，下生、上储和上生、下储 3 种组合方式，并且都能构成较有利的组合。

2 浊积扇油藏成藏机理及成藏模式

东营凹陷东部发育的浊积扇油藏主要是砂岩透镜体岩性油气藏和构造—岩性油气藏。砂岩透镜体油藏特征为储集岩体四周被烃源岩包围，构成自成封闭系统的岩性圈闭，生油岩在向岩性圈闭供油的同时，又起到了封盖的作用，油气在进入砂岩透镜体后，在水重力分异作用下向砂体高部位聚集成藏。在断层—岩性油藏中起封堵作用的是闭合的断层。

2.1 砂岩透镜体岩性油气藏

根据砂岩透镜体与泥岩的接触关系可将研究区内砂岩透镜体油藏分为自生、自储、自盖式，下生、上储和上生、下储式 3 种油气藏。

2.1.1 自生、自储、自盖式

自生、自储、自盖式油藏是指砂岩透镜体在生油层内，油气生成后经过一次运移就直接在本地聚集、成藏。该类油藏最主要的特点是储集砂体被烃源岩包围，油气由烃源岩至储集体运移距离短。在异常高压及毛细管力等的作用下，油气首先由砂体中较大孔隙或边缘裂缝进入砂岩透镜体，使砂体内的流体压力急剧增加，将润湿相的孔隙水通过断层（裂缝）排出，而非润湿相油气则停留在砂体中。随着源岩中的油气向透镜砂岩体的“间歇性”充注，砂岩透镜体中的孔隙水不断被排替出，砂岩透镜体最终将被油气饱和，完成了油驱水过程^[8]（图 3）。

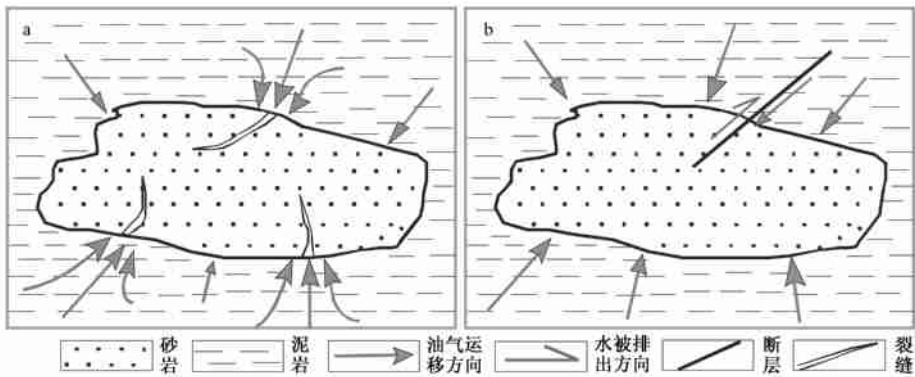


图 3 自生、自储、自盖式砂岩透镜体岩性油气藏成藏模式图

Fig 3 Forming model of self-generation, self-accumulation and self-sealing lenticular sandstone oil/gas reservoirs

研究区沙三中下亚段为东营凹陷东部主要烃源岩系，厚层的深湖相泥岩内发育大量的浊积砂体，这些浊积砂体大多呈孤立状被烃源岩包围。加之该区断裂系统较发育，在断层（裂缝）的匹配下，这种生、储、盖组合方式极易成藏且一般具有异常高压，断层和微裂缝成为油气聚集成藏的主要通道。如辛斜 164 井、牛 871 井等分别在沙三中、下亚段钻遇的油页岩中的浊积砂体油藏即为该类型油藏。

2.1.2 下生、上储式

下生、上储式成藏是指储集层体位于烃源岩之上，烃源岩生成的油气，通过输导体系（连通砂体、断层、不整合面等）运移至上覆储集层，并被区域性盖层封盖而聚集于储集层内^[19]。该种油藏浊积砂体位于烃源岩之上，由于沙三、沙四段沉积时期，东营凹陷构造运动强烈，使得研究区大部分的断层呈张性或开启状态^[20]，烃源岩生成的油气在油柱高度的浮力作用下沿断层运移到浊积体中，浊积砂体中原有的水以断层为通道被排出（图 4）。由于浮力起主导作用，砂体中的油水容易分异，能较好的成藏。如牛 81 井在沙三中亚段钻遇的油藏就属于该种类型。

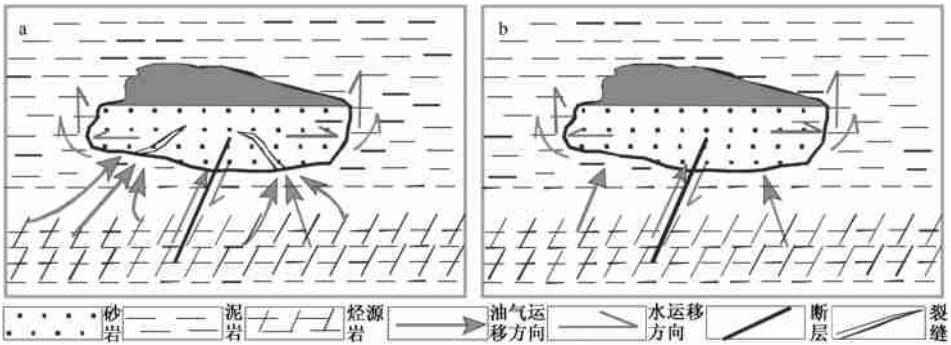


图 4 下生上储式砂岩透镜体岩性油气藏成藏模式图

Fig 4 Forming model of lenticular sandstone oil/gas

reservoir of injection migration from lower part

2.1.3 上生、下储式

上生、下储式成藏是指储集层体位于烃源岩之下，烃源岩生成的油气，通过断层或裂缝运移至下伏储集层，并被其上覆烃源岩层封盖而聚集于储集层内。研究区该类油藏的储层——浊积砂体位于烃源岩之下，由于沙三、沙四沉积时期，东营凹陷构造运动强烈，使得研究区大部分的断层呈张性或开启状态^[20]，烃源岩生成的油气在烃源岩超压作用下沿断层运移到浊积体中，浊积砂体中原有的水以断层为通道被排出^[21]（图 5）。该类油藏成藏过程是由超压产生的压力差起主导作用，砂体中的油水不容易分异，一般也能够形成油气藏，但含油饱和度较低。如莱 60 井在沙四上亚段钻遇的浊积扇油藏是属于该种类型。

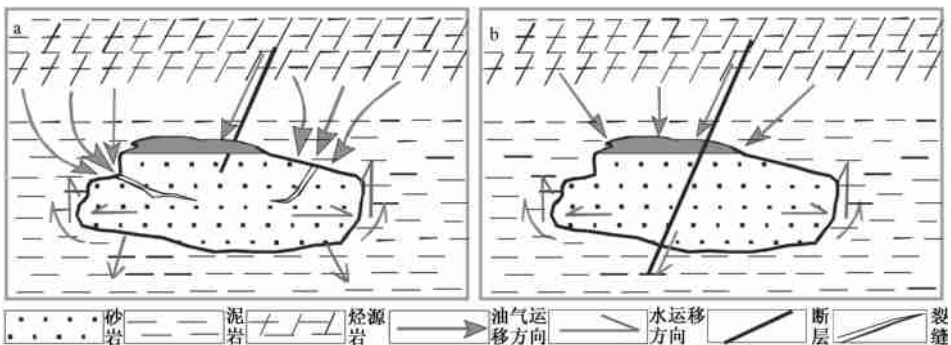


图 5 上生下储式砂岩透镜体岩性油气藏成藏模式图

Fig 5 Forming model of lenticular sandstone oil/gas reservoir of injection migration

2.2 构造—岩性油气藏

研究区内的构造—岩性油气藏是由断层和浊积扇砂体组合而成的油气藏。在该类油气藏油气聚集成藏的过程中,断层即可以作为运移通道又可遮挡条件。当浊积扇砂体的上倾方向受断层遮挡时即可形成断层—岩性圈闭。断层能否阻止油气运移并使其聚集成藏主要取决于以下几点:①储层排替压力小于断层另一盘对置岩层的排替压力;②断层两侧的渗透层不直接接触;③具有适当的填隙物或断层本身被泥岩涂抹;④断层位于储集层的上倾方向。

东营凹陷东部沙三中、下亚段及沙四段发育了大量的滑塌浊积砂体,浊积砂体后期被断层切割、移位,形成断层—岩性圈闭。油气沿砂体或断层面进入上述圈闭被断层封闭,即可形成断块、断层—岩性、砂岩上倾尖灭等油气藏类型(图6a、b、c)。这类砂岩体在牛庄油田储层中80%以上,所以由这类砂体形成的油藏在整个东营凹陷东部占较大比例。

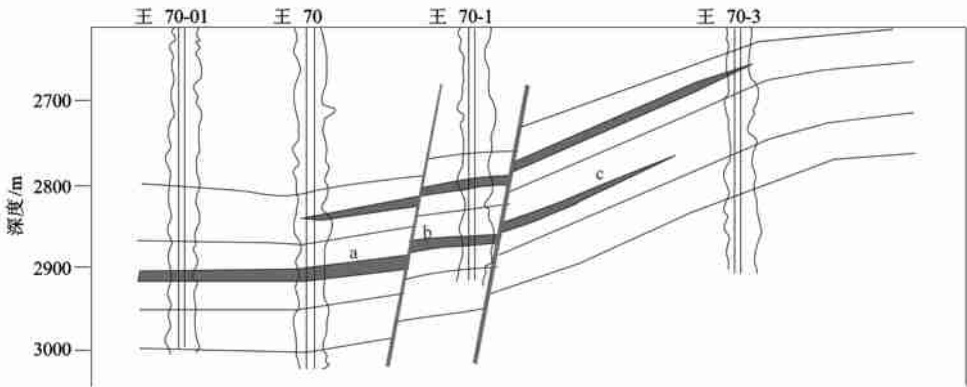


图6 a 断层—岩性油藏; b 断块油藏; c 砂岩上倾尖灭岩性油藏

Fig 6 a. Fault-lithologic reservoir; b. Fault block reservoir; c. Lenticular sandstone reservoir

3 结论

(1) 东营凹陷东部沙四段及沙三段中下部发育了巨厚的半深湖—深湖相暗色泥岩(1000~1500m),且大部分为成熟度较高优质烃源岩,为该区浊积扇砂体成藏提供了丰富的油气资源。

(2) 东营凹陷东部发育了大量的浊积扇体,该区积砂体的岩性较细,主要由细粒砂岩、粉砂岩与泥岩互层组成,砂岩的结构成熟度和成分成熟度均较低。储层类型大多为中孔、中—低渗储层。

(3) 研究区发育了断裂型输导体系、砂体型输导体系、不整合面型输导体系和复合型输导体系,油气运移条件良好。

(4) 研究区沙三、沙四段巨厚的泥岩为该区浊积砂体成藏提供了良好的盖层。

(5) 东营凹陷东部浊积扇油藏主要有自生自储、下生上储和上生下储三种砂岩透镜体岩性油藏和构造—岩性油气藏四种模式,石油地质储量多在千万吨以上,成为东营凹陷油气勘探新领域。

参 考 文 献

- [1] 邱桂强, 王居峰, 李从先. 东营凹陷沙三中东营三角洲地层格架与油气勘探 [J]. 同济大学学报, 2001, 29 (10): 1195~1199.
- [2] 李阳, 蔡进功, 刘建民. 东营凹陷下第三系高分辨率层序地层研究 [J]. 沉积学报, 2002, 20 (2): 210~216.
- [3] 范代读, 邱桂强, 李从先, 等. 东营三角洲的古流向研究 [J]. 石油学报, 2000, 21 (1): 29~33.
- [4] 严进荣, 陈东, 郭勤涛, 等. 洼陷中浊积岩沉积特征及油气富集规律研究 [J]. 沉积与特提斯地质, 2002, 22 (3): 19~24.
- [5] 侯明才, 田景春, 陈洪德, 等. 东营凹陷牛庄洼陷沙三段浊积扇特征研究 [J]. 成都理工学院学报, 2002, 29 (5): 506~510.
- [6] 丁翠平, 雷安贵. 岩性油藏预测技术 [J]. 石油勘探与开发, 1999, 26 (1): 6~9.
- [7] 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2002, 27 (5): 592~596.
- [8] Katz B J. Factors controlling the development of lacustrine petroleum source rocks: an update [J]. AAPG Studies in Geology, 1995, 40: 61~79.
- [9] 黄第藩. 陆相有机质演化和成烃机理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984: 163~170.
- [10] 张海峰, 刘庆, 张林晔, 等. 山东东营凹陷古近系沙河街组湖盆演化及烃源岩赋存相带 [J]. 古地理学报, 2005, 7 (3): 383~397.
- [11] Carroll A R, Bohacs K M. Lake-type controls on petroleum source rock potential in nonmarine basins [J]. AAPG Bull, 2001, 85 (6): 1033~1053.
- [12] 孔凡仙, 张林晔, 周文. 济阳坳陷优质烃源岩层地球化学特征及成烃潜力 [J]. 复式油气田, 2000, 7 (3): 13~15.
- [13] 程克明, 王铁冠, 钟宁宁, 等. 烃源岩地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 254~265.
- [14] Robert R. Berg 著. 信荃麟译. 储集层砂体 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1992: 135~142.
- [15] 王海潮, 王余泉, 秦云龙, 等. 渤海湾盆地沉积斜坡及其含油气性 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 23~30.
- [16] 许金慧, 史桂生, 彭海军. 渤南一区油流储层特征 [J]. 断块油气田, 2004, 11 (6): 28~30.
- [17] 祝厚勤, 庞雄奇, 姜振学, 等. 东营凹陷岩性油藏成藏期次与成藏过程 [J]. 地质科技情报, 2007, 26 (1): 65~70.
- [18] 张俊, 庞雄奇, 姜振学, 等. 东营凹陷砂岩透镜体油气成藏机理及有利区预测 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2006, 31 (2): 250~256.
- [19] 宋国奇. 成藏理论研究中的系统论——从“含油气系统”谈起 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (2): 111~115.
- [20] 孔凡群, 李亚辉. 永8地区断层控油作用研究 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27 (6): 12~13.
- [21] 赵国连, 赵澄林, 叶连俊. 渤海湾盆地“四扇一沟”沉积体系及其油气意义 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (3): 245~258.

THE CONDITION AND PATTERN OF TURBIDITE FAN RESERVOIR FORMATION IN EASTERN DONGYING DEPRESSION, SHANDONG PROVINCE

SUN Hai-ning¹, XIA Jing-sheng², ZHONG Jian-hua^{3,4}, WANG Zhi-kun²

(1. Faculty of Geoscience, Dongxin Production Factory, Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying 257094 China;

2. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Jidong Oilfield Company, Tangshan 063004 China;

3. Faculty of Geo-Resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, China;

4. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640 China)

Abstract: Lithologic hydrocarbon reservoir has been thought of a focal point of exploration in Dongying depression. A great amount of massive source rocks developed in Members 3 and 4 of the Shahejie Formation (S₃ and S₄) in eastern Dongying depression provide sufficient hydrocarbon resources for lithologic traps. In this area there are well developed fluxoturbidite in front of delta, deep-water turbidite fan and other little sand body, and such transportation systems as sand bodies, rifts, and unconformities, as well as mudstone seal, are often met with. There are good matching source rocks, reservoir bed and seal display a good match spatially and temporally, which provided a favourable conditions for formation of lithologic hydrocarbon reservoir and structure-lithologic hydrocarbon reservoir.

Key words: accumulation condition; accumulation model; turbidite fan; lithologic hydrocarbon reservoir; eastern Dongying depression