

文章编号: 1001 - 6112(2005)01 - 0055 - 07

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

林会喜¹, 鄢继华², 袁文芳², 陈世悦²

(1. 中国石化 胜利油田地质科学研究院, 山东 东营 257015; 2. 石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要:综合运用地质、测井、地震等资料对渤海湾盆地东营凹陷古近系沙河街组三段的沉积相类型及其平面分布特征进行了全面系统的研究。结果表明, 研究区古近系沙三段发育三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇、滨浅湖、半深湖和深湖等 7 种沉积相类型。从沉积相平面分布来看, 沙三早、中期东营凹陷北部陡坡带发育扇三角洲和近岸水下扇相, 南部缓坡带发育三角洲和扇三角洲相, 东西轴向发育东营三角洲和高青三角洲沉积, 盆地内部半深湖—深湖环境内发育湖底扇相。沙三晚期湖盆萎缩, 深湖、半深湖范围缩小, 各类骨架砂体自盆缘向盆内形成有利的油气储集体。

关键词:有利砂体; 沉积相; 沙河街组; 古近系; 东营凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

1 地质概况

东营凹陷是渤海湾盆地济阳拗陷南部的次级构造单元, 东西长 90 km, 高北宽 65 km, 面积约 5 700

km²。在古近纪时期, 东营凹陷为四周有凸起环绕的箕状断陷盆地, 具有北断南超的特点^[1, 2]。内部包括北部陡坡带、利津洼陷、民丰洼陷、中央隆起带、牛庄洼陷、博兴洼陷及南部缓坡带等二级构造单元(图 1)。

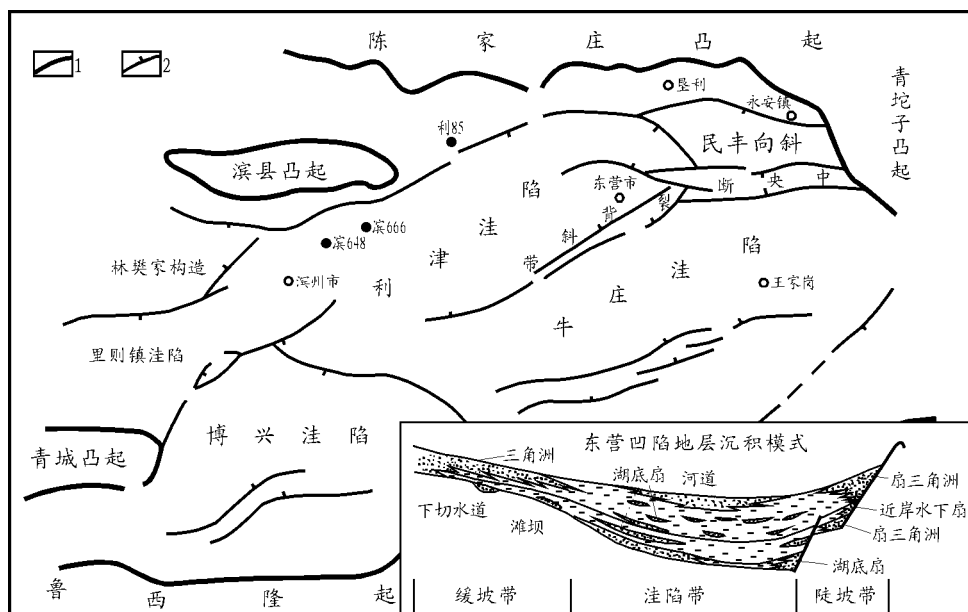


图 1 东营凹陷构造区划略图

1. 下第三系; 2. 主要断层

Fig. 1 A schematic map showing the tectonic regionalism of the Dongying Depression

收稿日期: 2004 - 05 - 11; 修订日期: 2004 - 12 - 02。

作者简介: 林会喜(1969—), 男(汉族), 山东济宁人, 高级工程师, 主要从事油气成藏及分布规律研究。

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA605A09)。

研究区古近纪地层由老至新为孔店组和沙河街组,沙河街组包括沙四段、沙三段、沙二段、沙一段和东营组。本文研究的沙三段地层不仅是东营凹陷中烃源岩最发育的层段,也是目前油气勘探中寻找岩性圈闭最有利的层段。沙三段进一步分为下、中、上 3 个亚段。下亚段主要为深灰色深湖—半深湖相泥岩与灰褐色油页岩的不等厚互层,夹少量灰岩及油页岩,在近北部陡坡带的边缘部位发育厚层砾岩、砂岩,厚度在 100 ~ 150 m 左右;中亚段以泥岩、泥质粉砂岩、灰质泥岩为主,夹砂岩薄层,沉积厚度为 400 ~ 500 m;上亚段以泥岩为主,含泥质灰岩,沉积厚度为 400 ~ 450 m。沙三段的化石组合为 *Huobainia chinensis*, *H. Obscura*, *H. Costatispinata* 和 *Liratina tuozhuangensis*。

2 沉积相类型及特征

通过 40 余口探井的岩心观察以及大量地震、测井等资料的详细分析,认为东营凹陷沙三期发育三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇、滨浅湖、半深湖和深湖等 7 种沉积相。

2.1 三角洲相

研究区的三角洲包括轴向的东营三角洲和高青三角洲以及南部缓坡带的金家三角洲等,其中以东营三角洲最为典型。从湖盆的演化阶段来看,东营三角洲从沙三早期到沙三晚期自东南向西北不断向湖盆内进积^[3],至沙三晚期整个牛庄洼陷以及中央隆起带、利津洼陷和博兴洼陷的部分地区都被东营三角洲所覆盖。高青三角洲发育于东营凹陷青城凸起的东部、博兴洼陷之中,其发展演化与东营三角洲具同步性。但由于博兴洼陷早期特有的持续沉降,以及高青三角洲入盆口的生长坡折带,使得高青三角洲的平面迁移弱、垂向加积强,主体显示为自西向东迁移的特征。

三角洲的岩性主要为中、细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥岩以及灰色、深灰色泥岩等,并具有较强的碳质页岩及碳化植物碎片夹层,发育各种类型的层理,C-M 图上主要由 PQ、QR、RS 3 段组成;垂向上为向上变厚变粗的序列,从下向上依次由前三角洲亚相泥岩、粉砂岩变化为三角洲前缘亚相的中—细砂岩夹泥岩,再变为三角洲平原亚相的中砂岩、细砂岩、粉砂岩及泥岩,电测曲线上从下到上也依次为平直基线—指形—漏斗形—箱形—钟形—齿形,反映了三角洲不断前积的特点(图 2)。此外,在三角洲平原亚相中可见到 *Macaronichnus*, *Planolites* 和 *Rhizoliths* 的遗迹化石组合,三角洲前缘亚相中可见到 *Macaronichnus*, *Planolites*, *Monocraterion* 和 *Skolithos* 的遗迹化石组合。

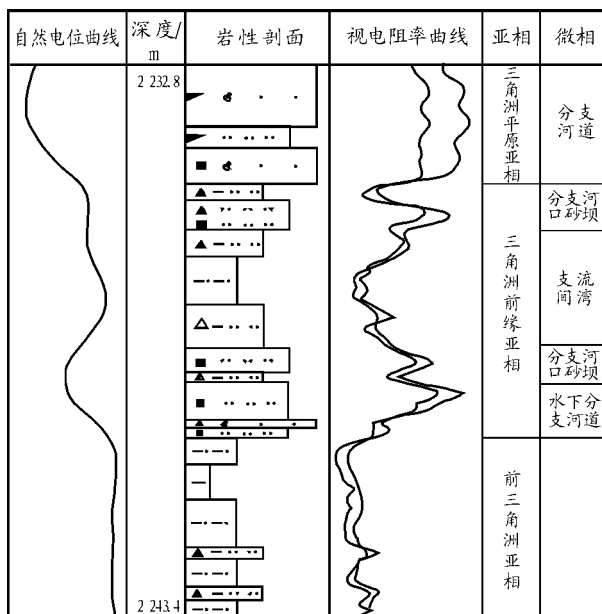


图 2 三角洲相垂向沉积序列(营 12—检 176 井)

Fig. 2 Vertical sedimentary succession of delta facies (well Ying 12-Jian 176)

2.2 扇三角洲相

东营凹陷北部陡坡带古近纪沟梁相间^[4,5],沙三期扇三角洲沿北部凸起边缘广泛发育,除此以外,沙三中、晚期南部缓坡带的局部地区也有所发育。研究区的扇三角洲具有近缘、坡陡、快速沉积的特点,可将其分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲 3 个亚相区,其中主要发育前缘亚相(图 3)。

扇三角洲平原亚相以大套的杂色砾岩、砂砾岩、

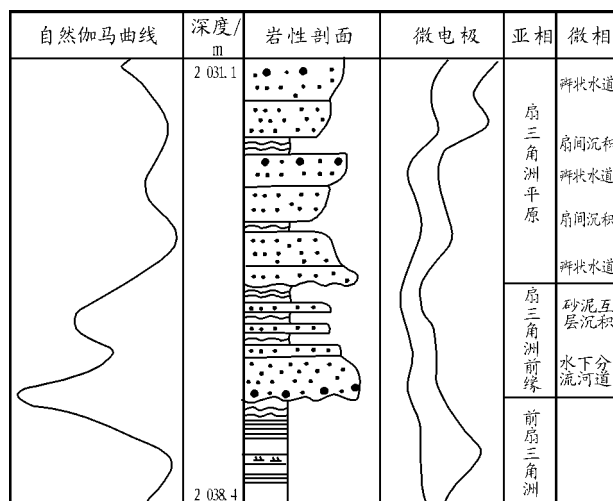


图 3 扇三角洲相垂向沉积序列(利 561 井)

Fig. 3 Vertical sedimentary succession of fan delta facies (well Li 561)

砂岩为主,夹红褐色、紫杂色泥岩、粉砂质泥岩。其中砾岩砾石成分复杂、分选磨圆差、碎屑(砂、砾)支撑,发育块状层理和粒序层理。部分井段可见到带氧化圈的砾石和直立的片麻岩砾石,反映了暴露环境沉积和近缘快速堆积的特点。扇三角洲平原亚相在沙三段不是很发育,仅在滨南利津断裂带附近可以见到。

扇三角洲前缘亚相以大套的灰色、灰绿色砾状砂岩、含砾砂岩;砂砾岩和中粗砂岩为主,夹薄层粉砂岩、泥岩;砂砾岩结构成熟度低、杂基支撑,颗粒多为次棱角状,分选差—中等;沉积物粒度概率曲线具有反映重力流沉积的单段式及反映牵引流沉积的两段式和三段式的双重特征;SP曲线以高幅箱形、齿化箱形、钟形和高幅指形为主;发育平行层理、槽状层理、楔状层理、沙纹层理、波状层理以及冲刷构造和滑塌变形构造。

前扇三角洲亚相已经延伸到深湖—半深湖之中,沉积物以深灰色泥岩、粉砂质泥岩和油页岩为主,可见水平层理、块状层理及生物扰动构造,电测曲线为低幅值曲线。

2.3 近岸水下扇相

近岸水下扇是发育在断陷盆地陡坡带控盆边界断层下降盘的砂砾岩体,断层的强烈活动以及斜坡上部补给水道或湖缘峡谷的存在是近岸水下扇形成的重要条件之一^[6]。它直接形成于深湖—半深湖环境中,具有近物源、近距离搬运、分选差等特点。

近岸水下扇的岩石类型主要包括砾岩、砂砾岩、含砾粗砂岩、细砂岩和深灰色泥岩。砾石成分复杂,以灰岩为主,亦有泥砾、碎屑岩砾石,多在 1~5 cm 间,最大可达 15 cm;磨圆差,多为次棱角状,反映近源快速堆积的特点。近岸水下扇垂向上具有向上变细的正旋回结构(图 4),常见冲刷构造、强烈的同生变形构造以及小型的同生正断层等断裂活动的遗留标志。

近岸水下扇自然电位曲线上表现为中幅度箱形、齿化钟形、齿形及低幅度指形^[7];地震剖面上为连续性差、变振幅或杂乱反射丘状,向盆地方向过渡为弱振幅、平行—亚平行反射地震相^[8]。

2.4 湖底扇相

湖底扇相在沙三段各个时期均有发育。在洼陷内部深水区,由于三角洲前缘的重力滑塌作用和深水扇三角洲远端的洪水浊流沉积作用,可以形成湖底扇沉积(图 5)。在中央隆起带上远离物源区的地方,由于断层的存在,也可以形成这种浊积砂体。湖底扇相垂向层序表现为推进式复合叠置的向上变厚

变粗层序;其特点是扇相砂体、砂砾岩体与深水泥页岩间互出现,相应的岩石类型为颗粒支撑或杂基支撑的砾岩、砂砾岩—卵石质砂岩或块状砂岩—典型浊积岩;总的变化趋势是沟道浊积岩减少,典型浊积岩增加,呈现连续变化的过程。

2.5 滨浅湖相

滨浅湖相位于湖盆边缘至波基面以上的地带,水体深度不大或周期性暴露地表,水动力条件复杂,沉积物受波浪和湖流作用的影响较强,岩性为灰色泥岩、砂质泥岩夹暗色碳质页岩、灰色泥质灰岩和泥质白云岩,发育有 *Scoyenia* 和 *Beaconites* 的痕迹组合,且伴生泥裂。

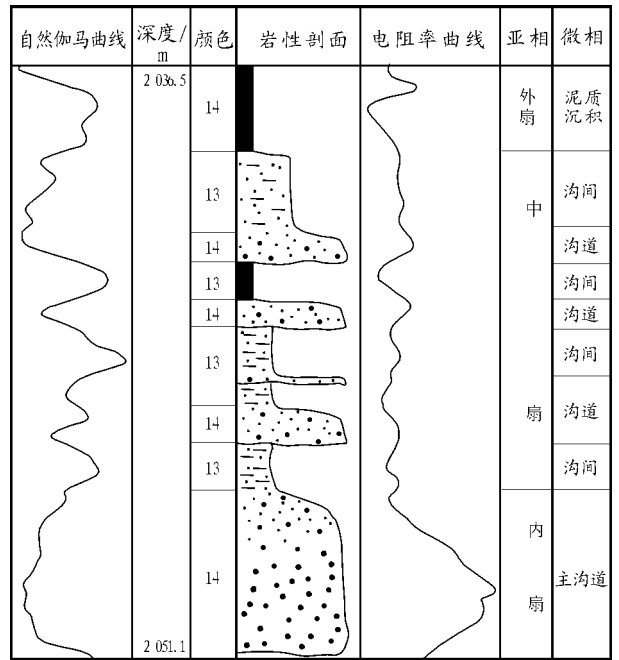


图 4 近岸水下扇相垂向沉积序列(利 561 井)

Fig. 4 Vertical sedimentary succession of inshore subaqueous fan facies (well Li 561)

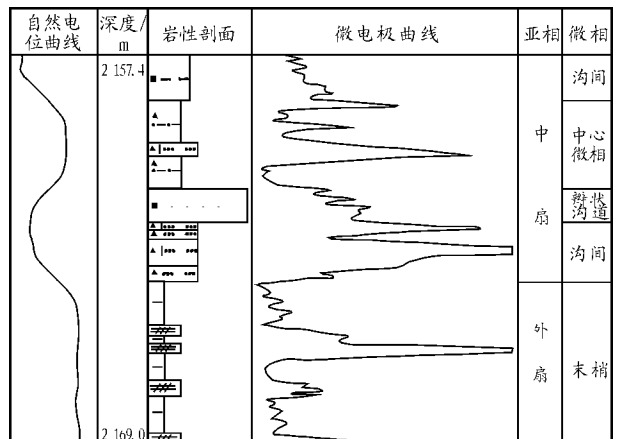


图 5 湖底扇相垂向沉积序列(滨 648 井)

Fig. 5 Vertical sedimentary succession of subaqueous fan facies (well Bin 648)

2.6 半深湖、深湖相

研究区半深湖、深湖相沉积在沙三早、中期最为发育,岩性为暗色泥岩、油页岩,发育水平层理,常见介形虫等浮游生物化石,保存完好。黄铁矿是常见的自生矿物,多呈分散状分布于暗色泥岩中。

3 沉积相平面分布特征

3.1 编图原则与方法

为了客观、准确地反映东营凹陷沙三期沉积相的平面分布特征,根据大量岩心观察和砂岩、砂砾岩资料统计,初步确定了沉积相平面分布的编图原则和方法。这一方法可概括为以取心井段和单井沉积相分析为立足点,以连井沉积相分析为桥梁,以砂岩百分含量和砂砾岩百分含量为依据,由点到线、由线

到面,定量编制不同时期的沉积相平面分布图,进而查明有利砂体的展布位置。编图的原则充分考虑了砂岩百分含量、砂砾岩百分含量的地质意义以及各类沉积相发育的构造带位置和形成机制(表 1),据此编制不同时期基本定量的沉积相平面分布图。在这种沉积相平面分布图中,各环境单元的确定主要依据确切的定量资料,与过去的“示意性”沉积相图不同,相边界是由定量数据确定的,这就使东营凹陷的沉积相研究发展到了定量化阶段,亦使得编图方法更具有可操作性。

3.2 沙三早期沉积相平面分布特征

沙三早期以深湖、半深湖沉积为主,湖盆分为东、西两个沉积中心。滨浅湖在南部缓坡沿盆地边缘有所发育,而在北部陡坡带不发育或很少发育(图 6)。沿着北部陡坡带的滨县凸起、陈家庄凸起和青

表 1 定量沉积相平面分布划分原则

Table 1 Fundamentals for plotting out quantitative sedimentary facies distribution on the plane

沉积相类型	砂岩百分含量, %	砾岩百分含量, %	构造带位置	水深环境	形成机制
近岸水下扇	20 ~ 100	20 ~ 100	陡坡带	浪基面以下	洪水重力流
扇三角洲	20 ~ 80	20 ~ 100	陡坡带、缓坡带	陆上一半深湖	重力流 - 牵引流
湖底扇	10 ~ 50	> 0 ~ 20	洼陷带	半深湖 - 深湖	洪水及滑塌重力流
三角洲	10 ~ 60	> 5	缓坡带	陆上一半深湖	牵引流
砂质滩坝	10 ~ 50	0	缓坡带及洼陷外带	浪基面以上	沿岸流、湖流
滨浅湖	< 20	0	洼陷外带	浪基面以上	较动荡水体
半深湖 - 深湖	< 10	0	洼陷内带	浪基面以下	安静水体

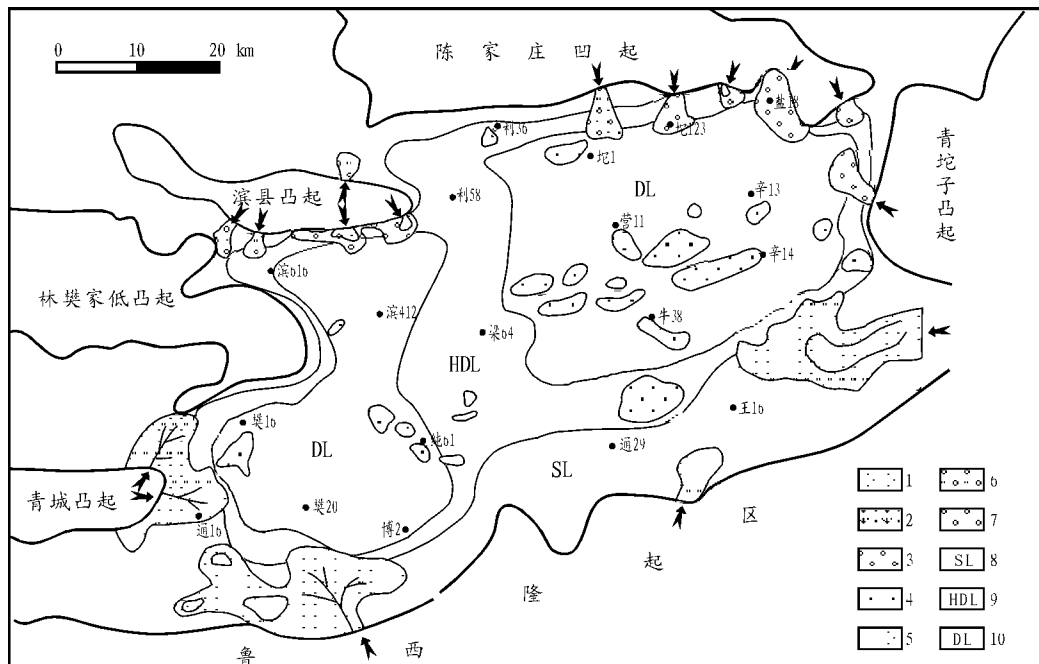


图 6 东营凹陷沙三下段沉积相图

1. 三角洲前缘; 2. 三角洲平原; 3. 近岸水下扇; 4. 湖底扇; 5. 砂坝; 6. 扇三角洲; 7. 冲积扇; 8. 滨浅湖; 9. 半深湖; 10. 深湖

Fig. 6 Map of sedimentary facies in the Lower Sha-3 Member of the Dongying Depression

坨子凸起发育有一系列小规模扇三角洲沉积,在单家寺地区和永安镇北部紧邻凸起的半深湖-深湖之中发育有近岸水下扇沉积。东营三角洲在该时期开始形成,但规模有限。此外,青城凸起右侧发育高青三角洲,南部缓坡带以金家三角洲为主,广饶北缓坡也有小规模的三角洲相发育。湖底扇相沉积主要集中在中央隆起带、纯化地区以及牛庄洼陷内部,砂体规模小,沉积厚度薄。该时期沉积相的总体特征为水体深、砂体少,单个骨架砂体相规模小,且彼此孤立。

3.3 沙三中后期沉积相平面分布特征

沙三中期仍以深湖、半深湖沉积为主,东侧沉积中心向西扩张,西侧沉积中心向南萎缩至博兴洼陷(图7)。该时期的骨架砂体相主要为东西轴向的东营三角洲和高青三角洲相、北部陡坡带的扇三角洲相和近岸水下扇相、南部缓坡带的三角洲相和扇三角洲相以及中央隆起带及盆地内部小规模的湖底扇相。与沙三早期相比,东营三角洲范围明显扩大,至东向西延伸至牛庄洼陷内部。南部缓坡带金家地区坡度较陡,形成扇三角洲沉积。

3.4 沙三晚期沉积相平面分布特征

沙三晚期湖盆明显萎缩,深湖、半深湖范围减小,两个沉积中心范围也相应减小(图8)。该时期骨架砂体相非常发育,北部的扇三角洲相在部分地区几乎连接成片向洼陷内部延伸,东营三角洲进一

步扩大,其延伸范围几乎包括了整个牛庄洼陷以及纯化地区和中央隆起带的大部分地区。高青三角洲和金家三角洲的范围也有所扩大。广饶南缓坡坡度相对较陡处形成扇三角洲沉积。湖底扇仅发育在民丰洼陷内,与北带的扇三角洲和东营三角洲组成(扇)三角洲-湖底扇沉积体系。该时期由于构造活动的减弱,北带不发育近岸水下扇沉积。

4 有利沉积相带及砂体分析

4.1 北部陡坡带的砂砾岩体

北部陡坡带的砂砾岩体包括扇三角洲和近岸水下扇。其中扇三角洲在沙三期,尤其是沙三晚期沿着北部陡坡带广泛发育。由于其有较发育的水下辫状河道,具有近物源和短距离搬运的特点,砂砾岩百分含量相对较高,前缘砂质粒度适中、物性较好,而且扇三角洲多与生油凹陷相邻、油源充足,是良好的油气储集体,现在已经成为寻找隐蔽油气藏的有利勘探目标之一^[9~11]。通过岩心观察,扇三角洲平原主水道以及前缘的分流河道和河口坝是最有利的含油相带。

近岸水下扇仅发育在沙三早、中期北带控盆断层强烈活动的地区,形成于断层的下降盘,直接进入深湖—半深湖相沉积之中,或者直接夹于生油岩之中,或者通过断层与生油岩构成一个输导系统,是断

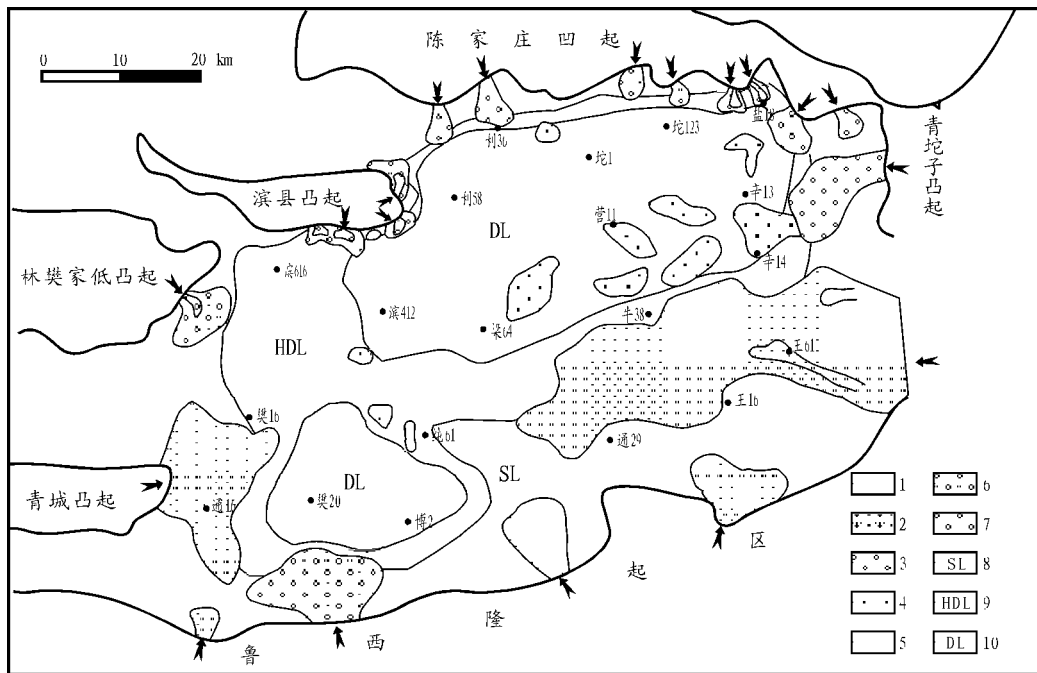


图7 东营凹陷沙三中段沉积相图

1. 三角洲前缘; 2. 三角洲平原; 3. 近岸水下扇; 4. 湖底扇; 5. 砂体; 6. 扇三角洲; 7. 冲积扇; 8. 滨浅湖; 9. 半深湖; 10. 深湖

Fig. 7 Map of sedimentary facies in the Middle Sha3 Member of the Dongying Depression

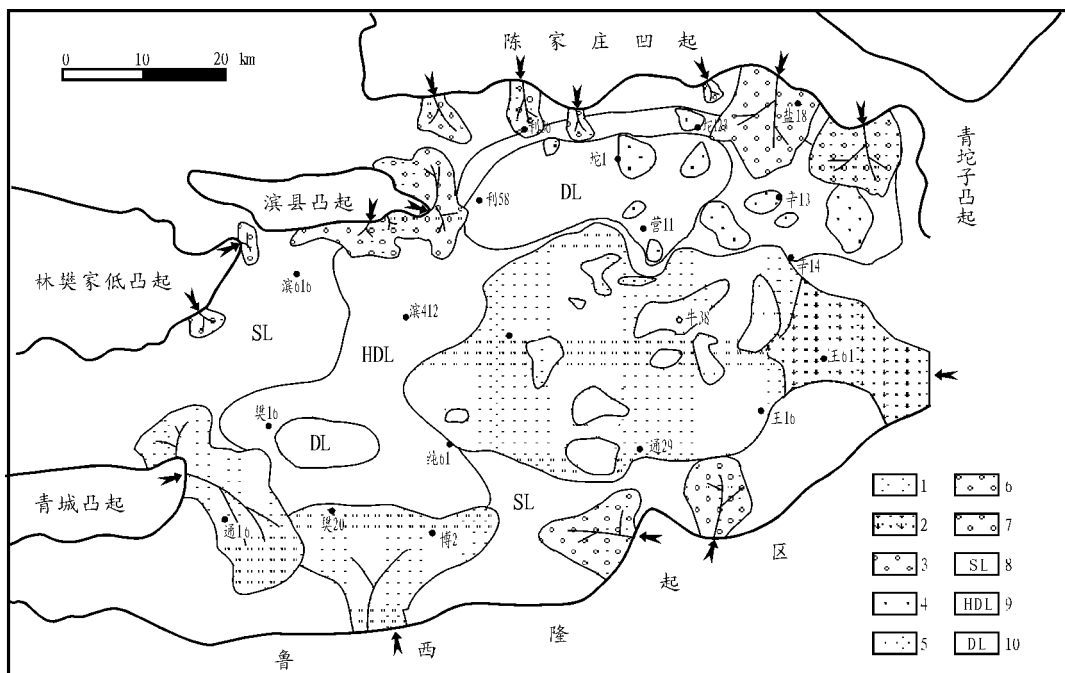


图 8 东营凹陷沙三上段沉积相图

1. 三角洲前缘; 2. 三角洲平原; 3. 近岸水下扇; 4. 湖底扇; 5. 砂坝; 6. 扇三角洲; 7. 冲积扇; 8. 滨浅湖; 9. 半深湖; 10. 深湖

Fig. 8 Map of sedimentary facies in the Upper Sha-3 Member of the Dongying Depression

陷盆地陡坡带一类重要的油气储集体。

4.2 轴向的东营三角洲砂体

东营三角洲为一强进积型三角洲,随着湖盆的不断萎缩、湖盆断陷活动的减弱以及物源的不断供应,三角洲不断向盆地内部推进,至沙三晚期分布范围广、沉积厚度大。由于三角洲砂体具有较高的结构成熟度和成分成熟度,分选较好,已经成为东营凹陷内油气赋存的主要储层之一。三角洲前缘的分支河道和河口砂坝沉积是主要的储油砂体^[12]。

4.3 洼陷内部和中央隆起带上的湖底扇砂体

研究区湖底扇具有粒度细、分选好的特点,成分成熟度和结构成熟度均较高,具有较好的储集物性。尽管湖底扇砂体分布范围小、沉积厚度薄,但是它们与生油岩直接接触或被其包围,与断层等配合,可以构成岩性圈闭或构造-岩性圈闭,一旦有油气聚集即形成小而肥的油气藏。

5 结论

东营凹陷古近纪沙三期发育有扇三角洲、三角洲、近岸水下扇、湖底扇、滨浅湖、半深湖和深湖等 7 种沉积相类型。沙三早、中期以深湖、半深湖沉积为主,北部陡坡带发育扇三角洲相和近岸水下扇相,南部缓坡带发育三角洲和扇三角洲相,东西轴向发育东营三角洲和高青三角洲,盆地内部半深湖、深湖环

境内发育湖底扇相。沙三晚期湖盆萎缩,深湖、半深湖范围缩小,各类骨架砂体相自盆缘向盆内进积,以北带的扇三角洲相和东营三角洲相进积最为明显。北部陡坡带的砂砾岩体、轴向的东营三角洲砂体以及洼陷内部和中央隆起带上的湖底扇砂体均可成为有利的油气储集砂体。

参考文献:

- 1 李丕龙,姜在兴,马在平. 东营凹陷储集体与油气分布[M]. 北京:石油工业出版社,2000. 1
- 2 尚明忠,李秀华,王文林等. 断陷盆地斜坡带油气勘探——以东营凹陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(4):324~32
- 3 范代读,邱桂强,李从先. 东营三角洲的古流向研究[J]. 石油学报,2000,21(1):29~33
- 4 孔凡仙. 东营凹陷北部陡坡带砂砾岩体的勘探[J]. 石油地球物理勘探,2000,35(5):669~676
- 5 孔凡仙. 东营凹陷北带砂砾岩扇体勘探技术与实践[J]. 石油学报,2000,21(5):27~31
- 6 孙连浦,刘招君,李本才等. 水下扇岩相特征及形成机制[J]. 世界地质,2001,20(3):249~256
- 7 田景春. 箕状断陷湖盆陡坡带砂体特征、演化及控制因素——以胜利油区东营凹陷北带沙河街组为例[J]. 矿物岩石,2001,21(3):56~63
- 8 毕义泉. 陡坡带砂砾岩体油气成藏模式[M]. 东营:石油大学出版社,2002. 118
- 9 伍涛,武法东,陈建渝等. 滨南油田毕家断块扇三角洲储层沉积学特征[J]. 石油与天然气地质,1997,18(2):145~150
- 10 杨剑萍,石德文. 东营凹陷北部永 921 地区渐新世沙三段和沙

- 四段扇三角洲沉积[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(1): 10 ~ 17
- 11 宗国洪. 同沉积断裂带砂岩岩隐蔽油藏研究——以东营凹陷胜

- 北断裂带为例[J]. 石油实验地质, 2003, 25(3): 274 ~ 279
- 12 孙龙德. 东营凹陷中央隆起带沉积体系及隐蔽油气藏[J]. 新疆石油地质, 2002, 21(2): 123 ~ 127

SEDIMENTARY FACIES TYPES OF THE THIRD MEMBER OF THE SHAHEJIE FORMATION IN THE PALEOGENE OF THE DONGYING DEPRESSION, THE BOHAIWAN BASIN AND THEIR DISTRIBUTION CHARACTERS ON PLANE

Lin Huixi¹, Yan Jihua², Yuan Wenfang², Chen Shiyue²

- (1. *Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China;*
2. *Faculty of Earth Resources and Information, University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China*)

Abstract : Based on the synthetical analysis of geological, logging and seismic data, the sedimentary facies types of the third member of the Shahejie Formation in the Paleogene of the Dongying Depression, the Bohaiwan Basin and their distribution characters on plane were studied roundly and systematically. The results showed that seven types of sedimentary facies were developed in this area, that is, fan delta, delta, inshore subaqueous fan, sublacustrine fan, shore shallow lake, half-deep lake and deep lake facies. During the Early and Middle Sha-3 periods, fan delta facies and inshore subaqueous fan facies were developed on the northern steep slope zone of the Dongying Depression, delta facies and fan delta facies on the southern gentle slope zone, the Dongying and the Gaoqing delta deposits along the east-west axis, and sublacustrine fan facies in half-deep lake and deep lake environments within the basin. During the Late Sha-3 period, the lake basin shranked. With various skeleton sandbodies expanding from basin margins to interior of the basin, the range of half-deep lakes and deep lakes reduced gradually to form favorable hydrocarbon reservoirs.

Key words : favorable sandbody; sedimentary facies; the Shahejie Formation; Paleogene; the Dongying Depression; the Bohaiwan Basin

(continued from page 54)

magmatic rocks in the studied area are discussed in this paper. Relations between the hydrocarbon generation and accumulation and the Early Permian magmatic activity in the area are shown. The activity does not destroy oil and gas formation and accumulation, but is favorable for a large quantity of hydrocarbon to generate from source rocks, as the high thermal fluid brought by magma activity could increase ancient geothermal gradient, and accelerate the evolution history of source rocks. Also, magmatic activity could result in the formation of more channels for oil and gas migration and accumulation, and form many secondary pores and fissures. In addition, magmatic rocks could seal hydrocarbons in traps and pools.

Key words : magmatic activity; hydrocarbon accumulation; the Early Permian; the Central Tarim