

文章编号: 1009-3850(2014)04-0013-11

东营凹陷北带古近系沙四段砂砾岩体沉积特征 及沉积模式

操应长¹, 金杰华¹, 王艳忠¹, 刘 晖²

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580; 2. 中国地质科学院
矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要: 综合岩心观察、薄片鉴定、砂砾岩厚度及百分含量等资料, 对东营凹陷北带沙四段砂砾岩的沉积特征、成因类型及沉积演化模式进行了系统研究。结果表明, 东营凹陷北带沙四段砂砾岩储层中块状层理、粒序层理、平行层理、叠覆冲刷构造、交错层理发育, 同时变形构造、泥岩撕裂屑、重荷模和火焰构造常见。碎屑颗粒表现为无分选-中等分选、棱角状-次棱角状到次圆状的近物源沉积特征。岩相类型以块状层理砾岩相、递变层理砾岩相、递变层理砂质砾岩相、交错层理砾质砂岩相、平行层理砾质砂岩相、块状层理砾质砂岩相、块状砂岩相、平行层理砂岩相、块状层理砂岩相、变形层理砂岩相、泥质撕裂变形砂岩相、薄层透镜状或压扁层理砂岩相为主。综合古地貌、砂砾岩沉积特征及沉积机制等, 认为东营凹陷北带沙四段主要发育近岸水下扇、湖底扇和扇三角洲等成因类型的砂砾岩扇体。在沉积演化上, 沙四下亚段沉积时期, 胜坨地区和民丰地区发育近岸水下扇沉积, 利津地区发育扇三角洲沉积, 扇体规模较小, 横向连续性较差; 沙四上亚段沉积时期, 胜坨地区和民丰地区广泛发育近岸水下扇、湖底扇沉积, 利津西部地区发育扇三角洲沉积, 扇体规模较大, 横向连片发育。

关键词: 砂砾岩; 沉积特征; 成因类型; 沉积演化; 沉积模式

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

东营凹陷北带是由控盆边界断裂陈南断裂所控制的陡斜坡构造带, 西起滨县凸起, 东到青坨子凸起, 南邻利津洼陷和民丰洼陷, 北靠陈家庄凸起, 呈近东西向展布, 面积约 2000 km²^[1]。陈南断裂早期是由北东向和北西向两组断裂形成的齿状组合断裂, 在后期的构造运动及风化剥蚀的共同作用下, 演化成断坡陡峭、山高谷深、沟梁相间的古地貌^[2]。沙四段沉积时期, 大量的碎屑物质由季节性洪水携带沿古冲沟入湖, 在北带断面(或基岩面)上发育了多期以近岸水下扇、湖底扇和扇三角洲等沉

积为主、紧邻洼陷中心烃源岩分布的砂砾岩扇体沉积^[3-4]。近几年来, 东营凹陷北带沙四段砂砾岩油气勘探取得了重大突破, 如丰深 1 井 4316.6 ~ 4343 m 日产石油 81.7 t、日产天然气 11.8 × 10⁴ m³; 坨 764 井 3947.5 ~ 3970 m 日产石油 15.21 t、日产天然气 1043 m³^[5]。但是, 由于对砂体分布规律及油气成藏模式等认识不清, 导致东营凹陷北带砂砾岩体勘探成功率较低, 目前日产油大于 5 吨/天的探井成功率仅为 10% 左右。因此, 详细分析东营凹陷北带沙四段砂砾岩体的沉积特征与沉积模式, 对于总结砂体分布规律、提高勘探成功率具有重要意义。

收稿日期: 2014-03-28; 改回日期: 2014-06-16

作者简介: 操应长(1969-)男, 教授, 博士生导师。专业: 沉积学、层序地层学及油气储层地质学。E-mail: cyc8391680@163.com

通讯作者: 金杰华(1990-)男, 硕士研究生。专业: 沉积储层地质。E-mail: jinjiehuaupc@163.com

资助项目: 国家自然科学基金石油化工联合基金重点项目(U1262203)、国家科技重大专项(2011ZX05009-003)、中央高校基本科研业务费专项资金项目(14CX06013A)

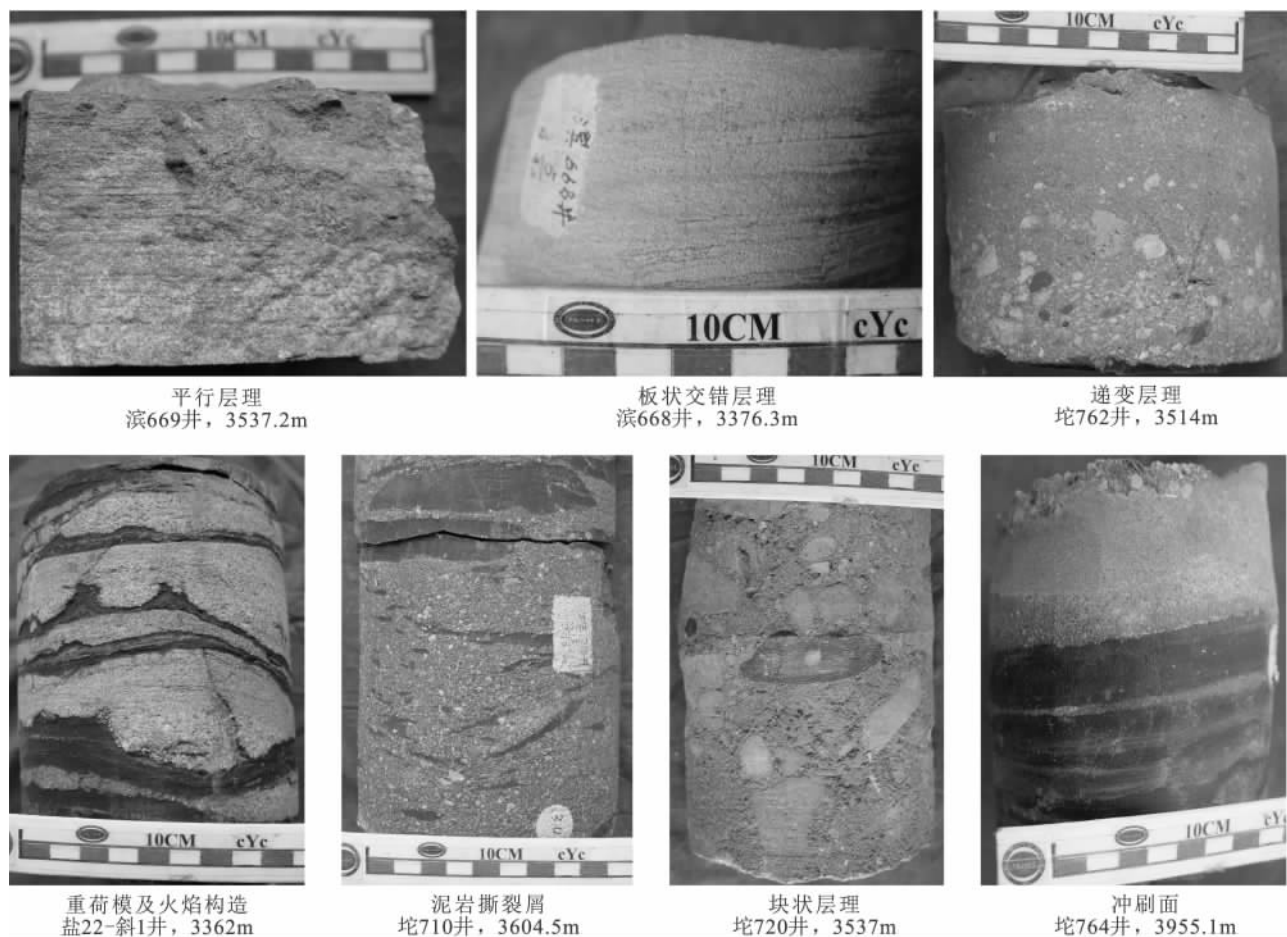


图1 东营凹陷北带沙四段典型沉积构造

Fig. 1 Representative sedimentary structures in the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation, northern Dongying depression

1 沉积特征

东营凹陷北带砂砾岩扇体具有物源近、堆积速率快、沉积物粒度粗和沉积相变快等沉积特征,综合岩心观察、岩矿分析等多种资料,总结了其沉积构造、岩相类型、粒度结构和岩石成分等特征。

1.1 沉积构造

东营凹陷北带沙四段砂砾岩扇体发育多种类型的沉积构造,包括多种类型的层理、层面以及同生变形构造。研究区广泛发育平行层理、交错层理等反映水道沉积特征的层理,同时如块状层理、递变层理、叠覆冲刷构造、滑塌变形构造、泥岩撕裂屑、重荷模与火焰构造、球枕构造等反映重力流沉积特征的沉积构造也十分发育(图1)。

1.2 岩相类型

岩相以其岩石结构特征为主来反映沉积砂体形成过程的古水动力条件。东营凹陷北带沙四段砂砾岩沉积体中,岩相类型以块状层理砾岩相、递变层理砾岩相、递变层理砂质砾岩相、交错层理砾

质砂岩相、平行层理砾质砂岩相、块状层理砾质砂岩相、块状砂岩相、平行层理砂岩相、块状层理砂岩相、变形层理砂岩相、泥质撕裂变形砂岩相、薄层透镜状或压扁层理砂岩相为主。

块状层理砾岩相和递变层理砾岩相主要发育在近岸水下扇扇根、湖底扇扇根和扇三角洲平原;递变层理砂质砾岩相、交错层理砾质砂岩相、平行层理砾质砂岩相、块状层理砾质砂岩相、块状砂岩相、平行层理砂岩相、块状层理砂岩相主要发育在近岸水下扇扇中辫状水道、湖底扇扇中辫状水道和扇三角洲前缘水下分流河道;变形层理砂岩相、泥质撕裂变形砂岩相在近岸水下扇扇中辫状水道、湖底扇扇中辫状水道发育;薄层透镜状或压扁层理砂岩相主要发育在近岸水下扇和湖底扇扇中水道间以及外扇。

杂基支撑块状砾岩相主要为洪水型水下泥石流成因,砾岩中发育相对较大的“漂砾”,整体上表现为粒序特征不明显的块状特征,为典型的杂基支撑。砾质砂岩相底界常呈冲刷特征,印痕规模大,

且单层内粒序层理发育,可从底部向上变为中砂岩,局部发育交错层理和碟状构造;而块状砂岩相可仿照鲍玛序列解释为 AAAA 序列,在岩层底界常见工具模及槽模,层内往往呈块状,一般不具粒序层理。经典浊积岩相以鲍玛序列为其典型序列特征,最完整的可分为 ABCDE 共 5 段,在研究区多见 ABC 段。岩心观察砾石多为椭圆状或次圆状,表明其经过较长距离的搬运。可清楚地见到重荷模构造、包卷层理、揉皱和泥岩撕裂等典型的浊流沉积构造。

1.3 粒度特征

东营凹陷北带沙四段砂砾岩扇体碎屑颗粒表现为无分选到中等偏差分选、棱角状到次棱角状的近物源沉积特征,粒度概率累积曲线主要有以下 3 种类型(图 2):

I 型上拱式: 该类型粒度概率累积曲线总体上滚动和跳跃总体几乎不发育,悬浮总体占绝对优势,分选差,粒度区间跨度大,整体上为上拱型曲线。该类粒度概率累积曲线反映重力流(如泥石流和浊流)沉积物特点。根据粒度概率累积曲线上最小 ϕ 值的差异,可以将上拱式进一步划分为 I_1 型上拱弧形式及 I_2 型宽缓上拱式两个亚类。 I_1 型上拱弧形式粒度概率累积曲线区间范围为 $0.5 \sim 8\phi$,缺乏粗碎屑组分,水动力条件不是很强,反映近岸水下扇、扇三角洲、湖底扇等沉积环境的扇缘或扇中水道间沉积; I_2 型宽缓上拱式粒度区间范围大,达到 $-1 \sim 8\phi$,曲线形态较之上拱弧形更为宽缓,反映强水动力条件下的重力流沉积。该类粒度概率累积曲线常反映洪积扇、近岸水下扇、扇三角洲、湖底扇等沉积环境的扇中辫状水道或内扇主水道沉积。

II 型两段式: 概率累积曲线表现为两条直线段,代表着两种不同的搬运方式(即跳跃和悬浮)。该区两段式累积曲线总体斜率较低,分选差,粒度变化范围也较大,反映出较强的水动力条件。根

据粒度概率曲线 ϕ 值变化范围及直线段斜率上的差异,可以将该区的两段式进一步划分为 II_1 型低斜两段式和 II_2 型典型两段式两个亚类。 II_1 型低斜两段式由两条斜率较低的跳跃总体和悬浮总体组成,粒度区间变化范围大($-1 \sim 8\phi$)。跳跃总体含量 $60\% \sim 80\%$,斜率 $25 \sim 45^\circ$,分选差;悬浮总体含量 $10\% \sim 30\%$,与跳跃总体交切点 ϕ 值为 $2 \sim 3$ 。该类曲线显著特点是粒度粗、分选差,但跳跃组分含量较高,兼具重力流和牵引流特征,反映季节性洪水后期,水动力减弱的沉积特点;该类累积曲线主要出现在近岸水下扇中辫状水道、内扇主水道、扇三角洲分流河道、湖底扇辫状水道等沉积环境。 II_2 型典型两段式由较高斜率的跳跃总体及悬浮总体组成,粒度区间要比低斜两段式窄, ϕ 值变化范围为 $0.5 \sim 8$ 。跳跃总体含量 $50\% \sim 70\%$,斜率 $45 \sim 60^\circ$;悬浮组分含量较高,达 $30\% \sim 50\%$,与跳跃组分的交切点为 $2.5 \sim 3$ 。该类型曲线与典型河流砂特点相似,反映一种牵引流沉积环境,可以出现在扇三角洲河道间、近岸水下扇中水道间及前缘等沉积环境中。

III 型低斜多段式: 总体形态与宽缓上拱式相似,但具有曲线形态发生明显变化的拐点。曲线大致可以划分为多条直线段,其中跳跃总体含量少,小于 10% ;悬浮总体占绝对优势,粒度区间变化大。低斜多段式反映了重力流沉积特点,但水动力条件不稳定,水流强度时强时弱。这类曲线常出现在近岸水下扇中辫状水道及水道间,扇三角洲辫状水道,湖底扇辫状水道等沉积环境中。

1.4 岩石成分特征

研究区砂砾岩岩石类型主要为岩屑质长石砂砾岩、长石质岩屑砂砾岩,其次为长石砂砾岩(图 3)。统计结果表明,本区砂岩碎屑颗粒中石英含量为 $5\% \sim 80\%$,平均为 37.11% 。石英颗粒总体上表

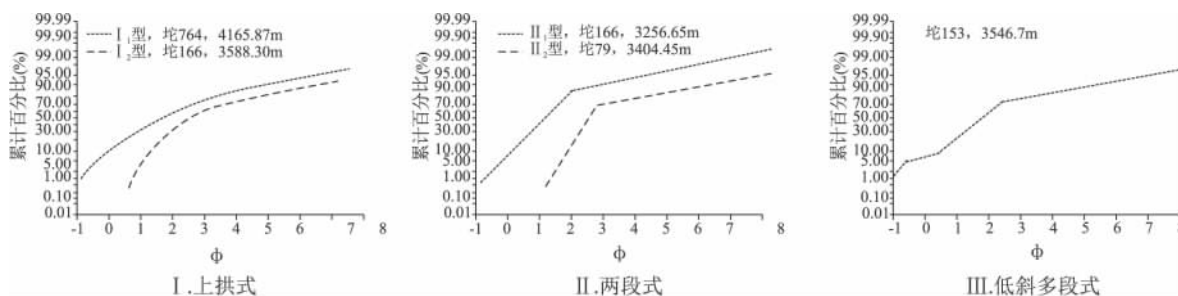


图 2 东营凹陷北带沙四段砂砾岩扇体粒度概率累积曲线

Fig. 2 Grain-size probability accumulation curves for the sandstones and conglomerates in the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation, northern Dongying depression

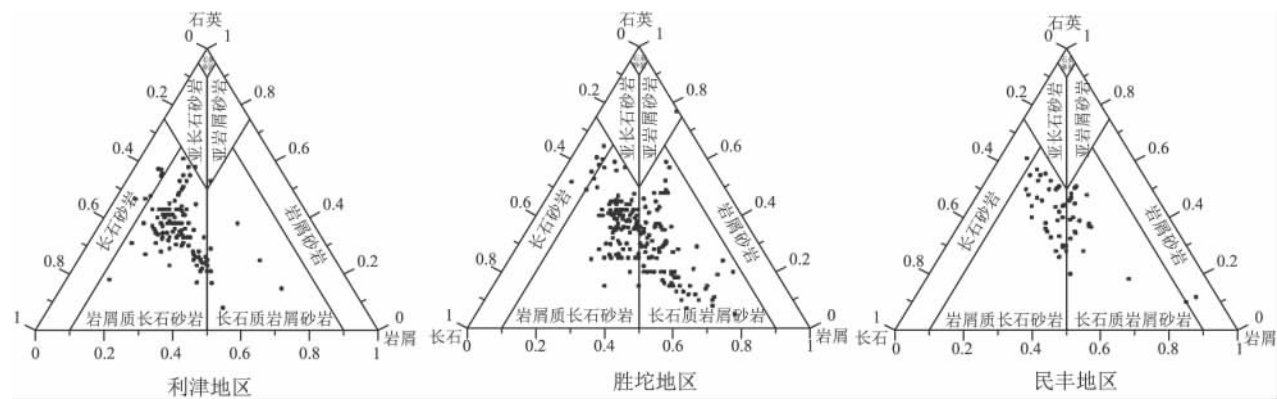


图3 东营凹陷北带砂砾岩岩矿组分三角图解

Fig. 3 Triangular diagrams for the sandstone and conglomerate compositions in the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression

面干净,但颗粒表面常见裂纹。部分见波状消光现象,有时可见次生加大现象;钾长石含量 4% ~ 22% ,斜长石含量 1% ~ 35% ,长石总含量平均值为 33.65%。长石多发生绢云母化和高岭土化,表面呈土状。该地区长石加大现象较明显,溶解现象也常见,溶蚀强烈时使长石颗粒呈网格状或仅剩残余;岩屑含量在 5% ~ 80% 之间,平均为 25.98% ,以变质岩碎屑为主,其次是沉积岩岩屑和岩浆岩岩屑,其中沉积岩岩屑主要为灰岩岩屑,其次为泥岩岩

屑。碎屑颗粒含量在东营凹陷北带不同地区具有一定差异(表 1)。杂基一般为泥质,平均含量为 6.41% ,个别样品为泥灰质或泥质。

砾岩常具有复杂的双模态结构或复模态结构,即以砾石为骨架的孔隙空间全部或部分被砂级颗粒充填,而在由砂粒组成的孔隙中,又被粘土颗粒充填。砾石成分包括各类岩石碎屑,颗粒呈次棱角状。胶结类型主要为基底式和孔隙式。

表 1 东营凹陷北带沙四段砂岩碎屑含量统计表

Table 1 Statistics of the sandstone compositions in the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression

地区	石英 /%	钾长石 /%	斜长石 /%	长石 /%	岩屑 /%
民丰地区	10 ~ 47/41.88	4 ~ 24/13.86	6 ~ 27/17.0	10 ~ 43/30.86	8 ~ 80/26.12
胜坨地区	5 ~ 80/39.0	5 ~ 23/15.49	1 ~ 30/17.42	1 ~ 53/32.76	5 ~ 65/28.61
利津地区	30 ~ 61/48.25	12 ~ 18/15.78	10 ~ 20/15.25	22 ~ 38/31.03	10 ~ 38/20.72

注: 10 ~ 47/41.88 = 百分含量区间/平均值

2 沉积相类型

根据砂砾岩体形成的沉积环境、沉积特征及形成机制,东营凹陷北带沙四段沉积时期主要发育近岸水下扇、湖底扇和扇三角洲等沉积相类型。

2.1 近岸水下扇

近岸水下扇是邻近高地的沉积物直接进入湖泊深水沉积区的重力流沉积扇体,一般多发育于断陷湖盆的断层所控制的陡坡带,多靠近断层面呈扇形分布。研究区沙四段特别是沙四上亚段近岸水下扇沉积广泛发育,在盆地边缘“连片”展布^[15]。

近岸水下扇内扇主水道发育,沉积以厚层块状的砂砾岩、砾质砂岩为主。基本不发育沉积构造,沉积物杂乱堆积,以块状砂砾岩为主;扇中辫状水

道发育,由含砾粗-中砂岩组成,砾岩减少、泥岩夹层增多。各种沉积构造均较为发育,常见粒序层理、平行层理和水平层理。依扇体的推进,垂向上组成向上变细的正韵律(图 4),从下向上依次为:底冲刷构造、块状层理或粒序层理、平行层理、波状交错层理、沙纹层理和水平层理。扇端主要为泥岩夹薄层粉砂岩、粉细砂岩,主要发育球枕、砂岩脉等变形构造。在粒度分布特征上,近岸水下扇具有深水重力流的沉积特征,分选之差,颗粒以次棱角状为主。岩石的成分成熟度低,反映了近距离搬运和高密度流的快速堆积,是深水重力流的重要标志。因研究区沙四段沉积时期,湖盆水体快速扩张,近岸水下扇多发育于湖盆高水位和湖侵体系域,所以在垂向剖面上呈现向上变细的层序,由下往上依次为扇根

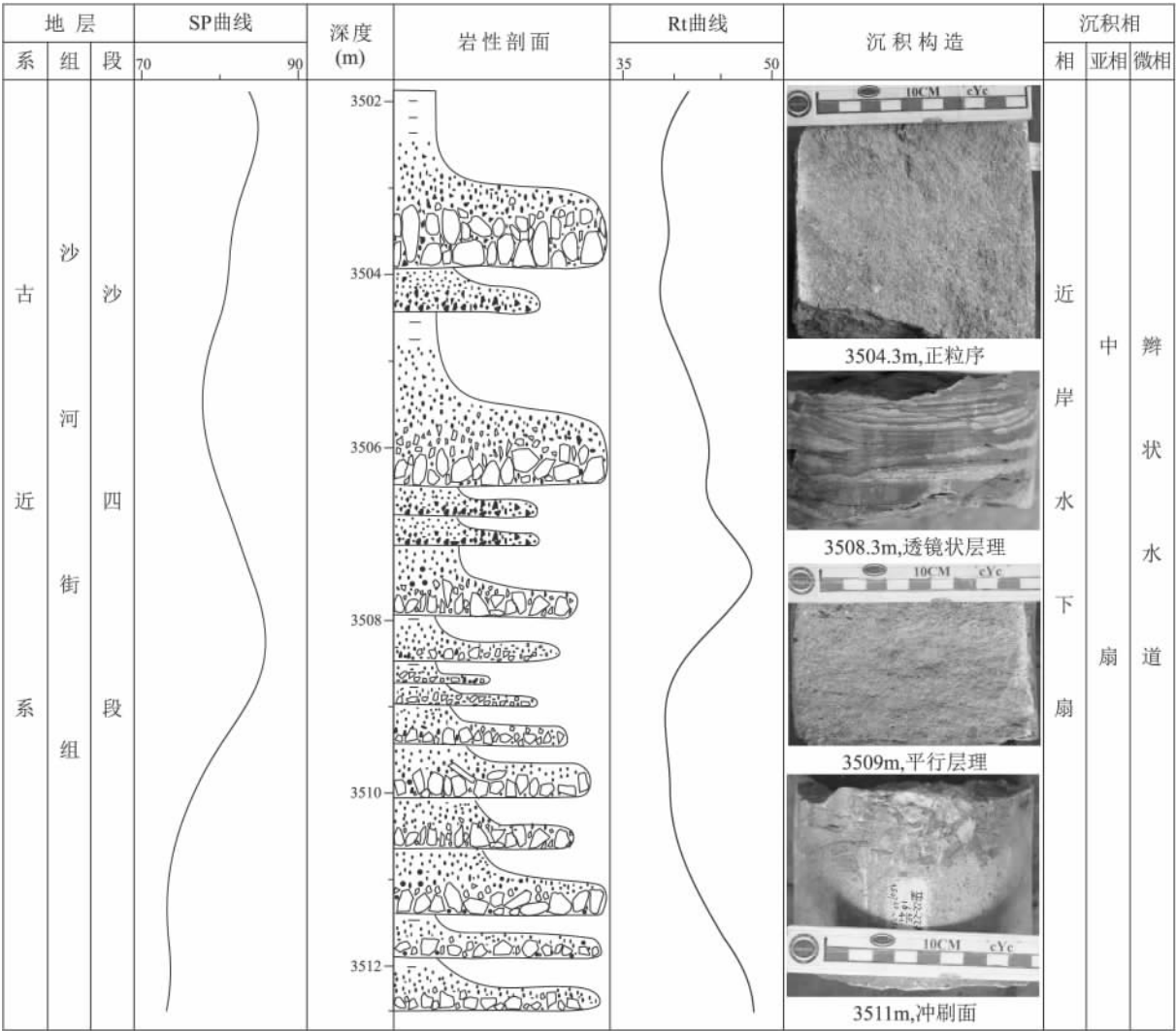


图 4 近岸水下扇中扇辫状水道沉积特征(盐 22-22 井)
Fig. 4 Vertical sequence of the braided channel deposits in the nearshore submarine fan facies (Yan 22-22 well)

-扇中-扇端, 显示出退积序列。

2.2 湖底扇

湖底扇概念是由海底扇引伸而来,在湖泊中一般指有较长供给水道的重力流沉积扇^[15]。研究区沙四上亚段沉积时期,湖底扇沉积在坨胜永断层下降盘广泛发育,并且是北带重要的储集砂体类型。例如坨 764 井 3947.5 ~ 3970m 湖底扇砂体,试油日产石油 15.21t、日产天然气 1043m³。

湖底扇内扇主要为一套杂基支撑的混杂砾岩、颗粒支撑的砾岩,分选性差,砾石突出层理面,发育块状混杂结构,见扁平状砾石竖立;中扇是扇体的主体部分,主要由含砾砂岩、块状砂岩夹薄层泥岩组成,辫状水道递变层理和变形层理发育,底部具冲刷面,正递变层理多见,为鲍玛层序的 A、B 段。水道间较细粒沉积物中多见不完整的鲍玛序列、砂纹交错层理、同生变形构造,缺乏大型交错层理;外

扇主要为暗色泥岩夹粉砂岩、细砂岩薄层,显示鲍马层序 C、D、E 段的特点,泥质沉积物中沉积构造以平行层理为主(图 5)。粒度概率分布曲线表现为不同的形态,其中以平缓向上拱起的弧形为主,是为本区深水重力流沉积中最常见的类型。总体上近源湖底扇纵向上自下而上内扇、中扇、外扇依次叠加,多表现为由粗变细的正旋回特征,在其内部发育多期辫状水道,每期辫状水道在垂向上都呈现正递变的特征。

2.3 扇三角洲

扇三角洲(fan delta)最早由 Helmes(1965)将其定义为“从临近高地进入稳定水体中的冲积扇”,在中国东部陆相断陷盆地中广泛发育这种沉积体系,其与物源区近及边缘断裂的同沉积活动有关^[15]。东营凹陷北带利津断裂带沙四段广泛发育扇三角洲沉积,在平面和纵向上多期叠置,形成厚层

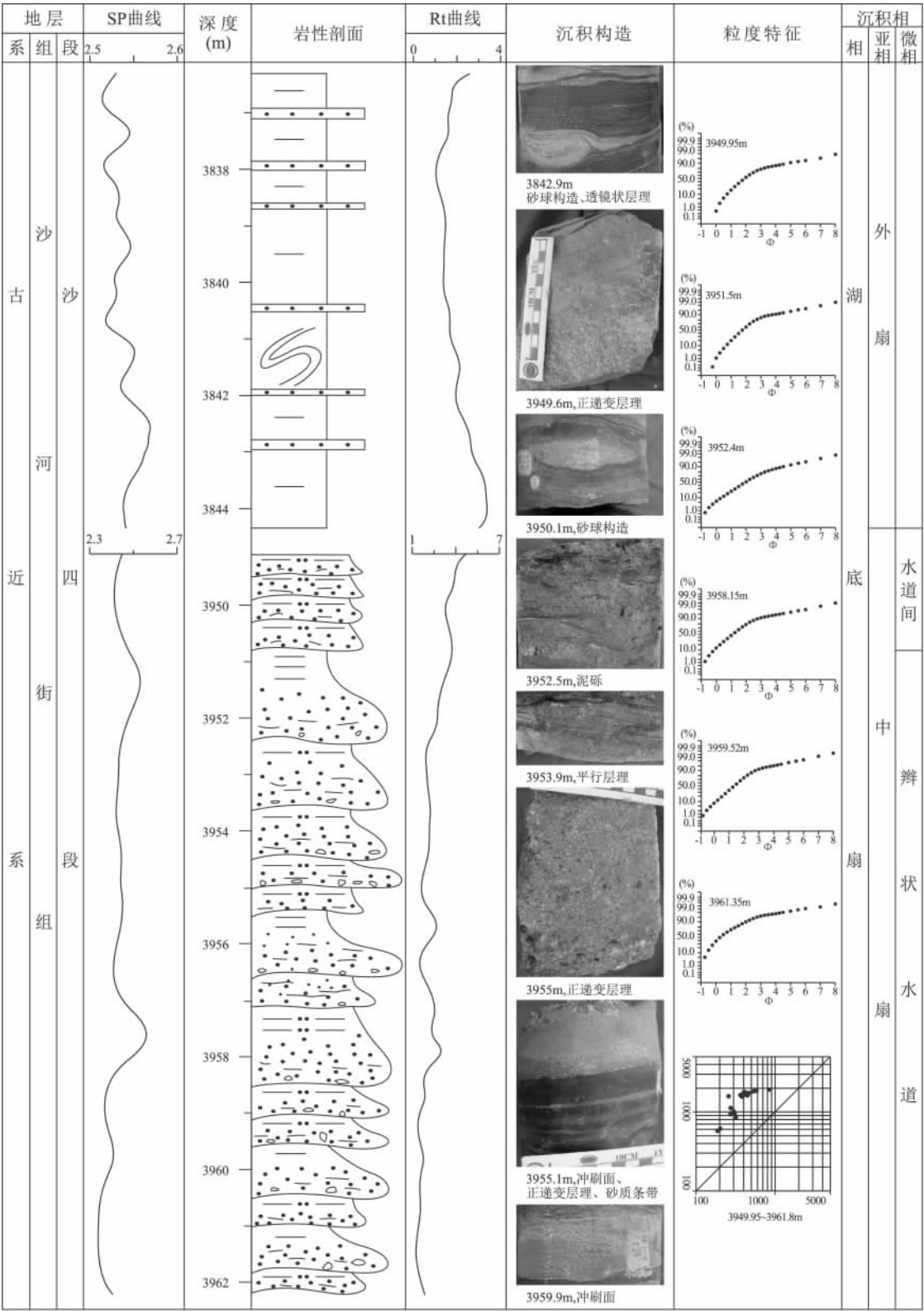


图5 湖底扇沉积特征(坨764井)

Fig.5 Vertical sequence of the sublacustrine fan deposits (Tuo-764 well)

砂砾岩沉积。

扇三角洲平原亚相以砾岩、砂质砾岩、含砾砂岩、砾质泥岩以及各粒级砂岩为主,纵向上呈正韵律特征,以分支河道沉积为主,具有不明显的平行层理和交错层理。粒度概率图以二段式为主,C-M图发育多种组合段(OP、PQ、QR),反映沉积水动力

律特征,以分支河道沉积为主,具有不明显的平行层理和交错层理。粒度概率图以二段式为主,C-M图发育多种组合段(OP、PQ、QR),反映沉积水动力

具有牵引流和重力流的双重作用。扇三角洲前缘岩性以含砾砂岩、砂岩为主,牵引流构造发育,常见大、中型交错层理,其它沉积构造有水平层理、平行层理、波状层理,细粉砂岩和砂岩中还可见变形层理。水下分流河道微相粒度曲线以三段式和二段式为主,反映河道特征,前缘砂坝及席状砂微相概率曲线上亦见以悬浮作用为主的单段式。前扇三角洲位于扇三角洲前缘的前方,沉积物主要为受扇三角洲直接影响的浅湖至半深湖粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩及灰质页岩和油页岩,以不规则分布的泥、

砂和砾石的透镜状层为特点,含较多介形虫、菱镁矿,具块状层理和水平层理(图6)。

3 平面分布及演化

东营凹陷北带紧邻陈家庄凸起,具有近物源、窄相带的特点,在沉积充填过程中古地貌特征、物源演化以及水体深度的变化对沉积体系的空间展布和演化起着控制作用。

3.1 沙四下亚段
东营凹陷北带沙四下亚段沉积时期,盆地处于

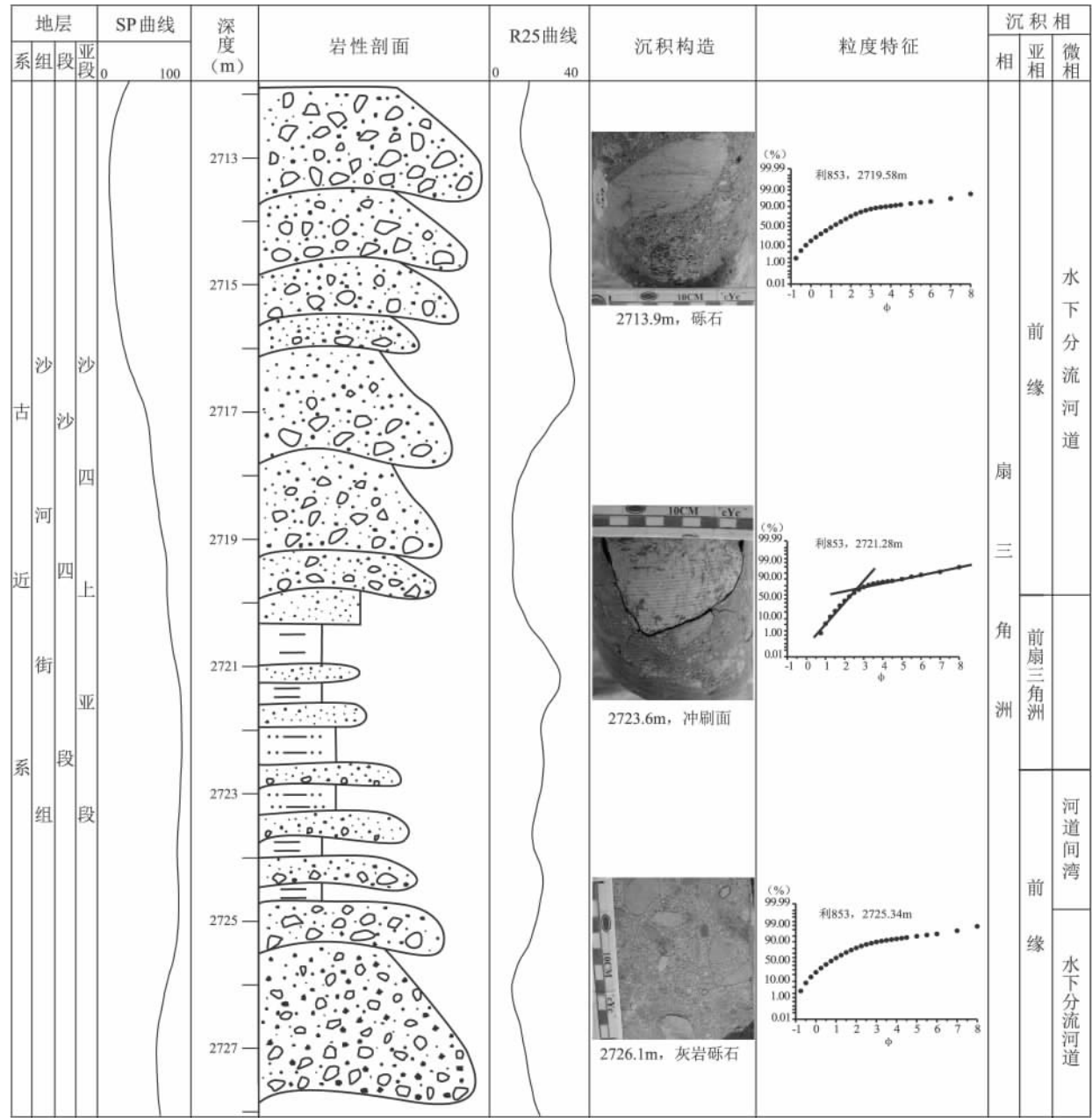


图6 扇三角洲沉积特征(利853井)

Fig.6 Vertical sequence of the fan delta deposits (Li-853 well)

体系。横向上沉积相带展布范围较宽,纵向上多期次加积,厚度较大(图9)。晚期继承了早期的沉积格局,湖泊进一步扩张,水体普遍加深。胜坨及民丰地区发育连片的近岸水下扇-湖底扇沉积。在利

津西部地区湖盆水体较浅,地形坡度较缓,发育扇三角洲沉积,与近岸水下扇相比其相带较宽,垂向厚度相对较薄,在扇三角洲的前部发育滑塌浊积扇沉积(图10)。

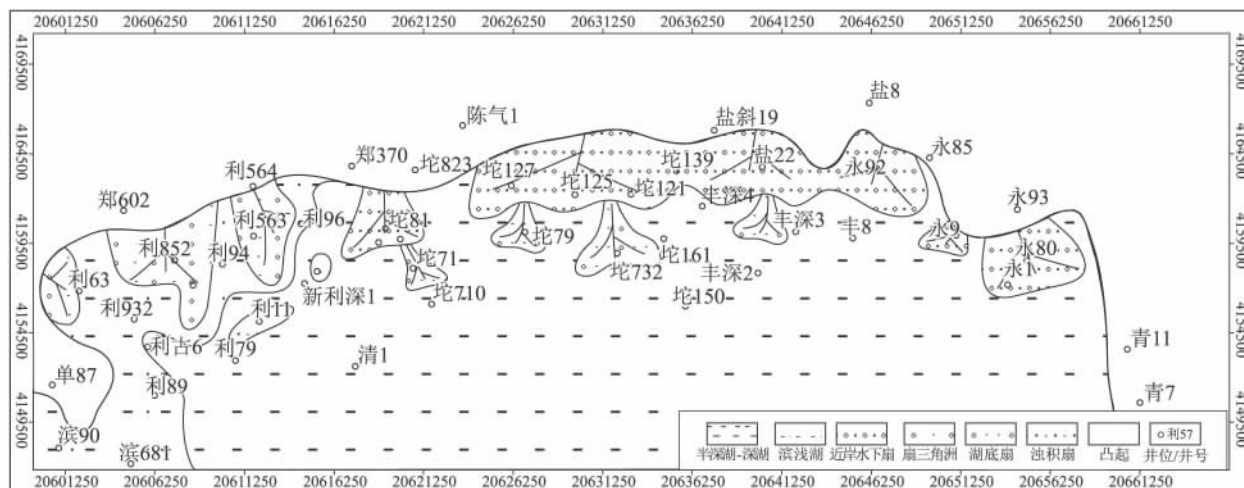


图9 东营凹陷北带沙四上亚段沉积早期沉积体系平面展布图

Fig.9 Planar distribution of the sedimentary systems during the early stage of the deposition of the upper submember of the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression

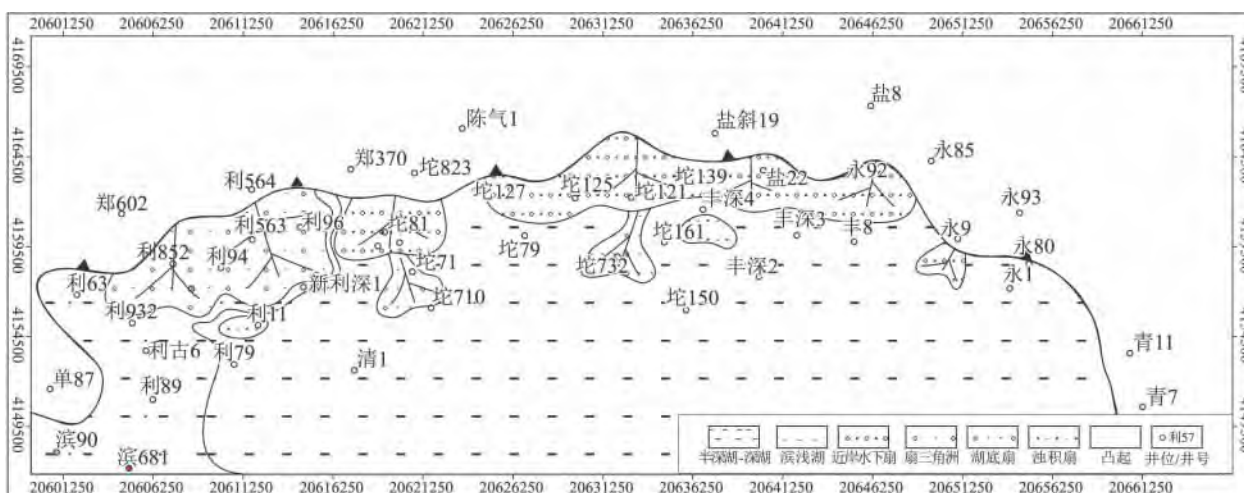


图 10 东营凹陷北带沙四上亚段沉积晚期沉积体系展布图

Fig.10 Planar distribution of the sedimentary systems during the late stage of the deposition of the upper submember of the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression

3.3 沉积模式

岩屑类型能够直接反应物源区母岩性质,是物源分析最直接、最有效的方法。通过统计东营凹陷北部陡坡带沙四段砂砾岩中岩屑类型,对其物源进行了系统分析。民丰北带沙四段岩屑类型主要为变质岩(片麻岩)岩屑;胜坨北带沙四下亚段岩屑类型以变质岩为主,发育部分碳酸盐岩岩屑,沙四上亚段岩屑成分主要为变质岩岩屑;利津北带沙四下亚段岩屑成分主要为白云岩岩屑和灰岩岩屑,利深

101 井 4406 ~ 4412m 砾岩中的砾石成分 90% 以上为白云岩, 沙四上亚段岩屑成分主要为灰岩岩屑, 利 911 井沙四上亚段发育大量鲕粒灰岩岩屑。通过东营凹陷北带不同地区岩屑类型与可能提供物源的地层的对比分析认为, 民丰北带沙四段沉积物物源主要为陈家庄突起太古界片麻岩; 胜坨地区沙四下亚段沉积物物源主要陈家庄凸起片麻岩和寒武系灰岩, 而沙四上亚段沉积物物源主要为太古界片麻岩; 利津北带沙四下亚段沉积物物源主要为奥陶

系白云岩和灰岩,而沙四上亚段沉积物物源主要为寒武系灰岩。结合东营北带古地形和构造演化分析认为:民丰北带陈南断裂为高角度板式断裂^[19],沙四段主要发育了近岸水下扇砂砾岩体;胜坨地区边界断层坡度较陡,并在沙四上亚段时期发育二台

阶断层,因此胜坨地区沙四下亚段以近岸水下扇沉积为主,而沙四上亚段以近岸水下扇和湖底扇沉积为主;利津北带边界断层坡度较缓,沙四段主要沉积扇三角洲砂砾岩扇体(图11)。

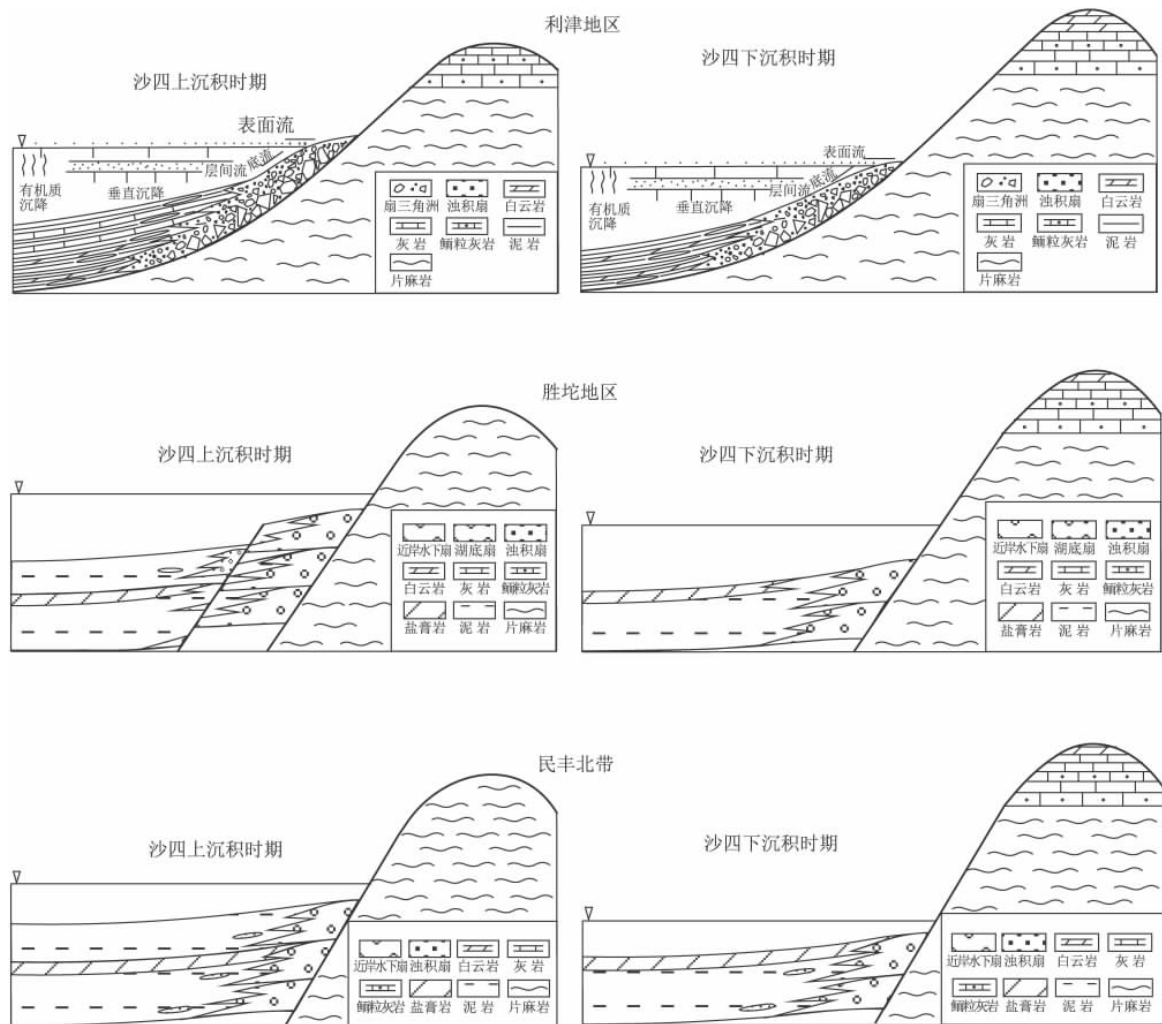


图11 东营凹陷北带沙四段沉积模式

Fig. 11 Sedimentary model for the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation, northern Dongying depression

4 结论

(1) 沙四段沉积时期,东营凹陷北带主要发育近岸水下扇、湖底扇和扇三角洲等类型的砂砾岩扇体。

(2) 沙四下亚段沉积时期,胜坨地区和民丰地区陈南边界断层呈高角度板式特征,紧贴断面发育近岸水下扇沉积。利津地区陈南边界断层呈低角度铲式特征,发育扇三角洲沉积,扇体规模较小,横向连续性较差;沙四上亚段沉积时期,胜坨地区和民丰地区陈南边界断层呈高角度板式特征,紧贴断

层广泛发育近岸水下扇,胜坨地区二台阶之下发育湖底扇沉积。利津西部地区陈南边界断层呈低角度铲式特征,发育扇三角洲沉积,扇体规模较大,横向连片发育。

参考文献:

- [1] 王艳忠. 东营凹陷北带古近系次生孔隙发育带成因机制及演化模式[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2010.
- [2] 远光辉, 操应长, 王艳忠. 东营凹陷民丰地区沙河街组沙四段-沙三中亚段沉积相与沉积演化特征[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 277-286.

- [3] 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.
- [4] 孙龙德. 东营凹陷北部斜坡带沙三-四段砂砾岩体与油气聚集[J]. 沉积学报 2003 21(2): 278-282.
- [5] 李延钧, 宋国奇, 李文涛, 等. 济阳坳陷东营凹陷北带丰深 1 井区深层沙四下古油藏与天然气成因[J]. 石油与天然气地质, 2010 31(2): 173-179.
- [6] 牟雪梅, 赵卫卫, 查明. 东营凹陷胜坨地区岩性油气藏物理模拟[J]. 石油与天然气地质 2010 31(2): 219-224.
- [7] 刘晖, 王升兰. 渤海湾盆地东营凹陷胜坨地区沙四上亚段物源方向对储集砂体的控制作用[J]. 石油与天然气地质 2010 31(5): 602-609.
- [8] 钟建华, 王国壮, 高祥成, 等. 东营凹陷北部陡坡带丰 1 扇背斜的特征、成因及其与油气的关系[J]. 地质科学 2008 43(4): 625-636.
- [9] 高翔成, 钟建华, 雷敏, 等. 东营凹陷北部陡坡带深层砂砾岩体沉积特征及控制因素—以丰深 1 地区为例[J]. 石油地质与工程 2008 22(1): 5-8.
- [10] 王居峰, 陆相断陷盆地陡坡带沉积相类型与沉积演化特征—以东营凹陷民丰地区沙三段、沙四段为例[J]. 天然气地球科学 2008 19(5): 611-617.
- [11] 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.
- [12] 王蛟, 姜在兴, 操应长, 等. 山东东营凹陷永 921 地区沙四上亚段扇三角洲沉积与油气[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005 35(6): 725-731.
- [13] 鄢继华, 陈世悦, 姜在兴. 东营凹陷北部陡坡带近岸水下扇沉积特征[J]. 石油大学学报(自然科学版) 2005 29(1): 12-21.
- [14] 王化爱. 东营凹陷古近系岩性地层油气藏层序地层学特征[J]. 石油与天然气地质 2010 31(2): 158-164.
- [15] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. 312-314.
- [16] 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.
- [17] 徐磊, 操应长, 王艳忠, 等. 东营凹陷古近系膏盐岩成因模式及其与油气藏的关系[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2008 32(3): 30-39.
- [18] 张升平, 吕宝凤, 夏斌, 等. 东营凹陷新生代构造转型及其控油意义[J]. 大地构造与成矿学 2007 31(7): 281-287.
- [19] 马莉娟, 何新贞, 王淑玲, 等. 东营凹陷沉降史分析与构造充填演化[J]. 石油地球物理勘探 2000 35(6): 786-794.

Sedimentary characteristics and model for the sandstones and conglomerates in the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression , Shandong

CAO Ying-chang¹ , JIN Jie-hua¹ , WANG Yan-zhong¹ , LIU Hui²

(1. School of Geosciences , China University of Petroleum , Qingdao 266580 , Shandong , China; 2. Institute of Mineral Resources , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100037 , China)

Abstract: Sedimentary characteristics , genetic types and sedimentary model are treated in detail for the sandstones and conglomerates in the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression. Sedimentary structures in the sandstones and conglomerates are common , including massive bedding , graded bedding , parallel bedding , superimposed scour structure , cross bedding , deformational structure , rip-up clasts , load cast and flame structure. The clastic grains are primarily derived from proximal sources , and non-sorted to moderately sorted and angular-subangular to sub-rounded. The lithofacies consist of the massive-bedded conglomerate facies , graded-bedded conglomerate facies , graded-bedded sandy conglomerate facies , cross-bedded gravelly sandstone facies , parallel-bedded gravelly sandstone facies , massive-bedded gravelly sandstone facies , massive sandstone facies , parallel-bedded sandstone facies , massive-bedded sandstone facies , deformational-bedded sandstone facies , rip-up deformational sandstone facies , and thin-bedded lenticular or flaser bedded sandstone facies. During the deposition of the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , the nearshore submarine fan , sublacustrine fan and fan delta sandstones and conglomerates are accentuated in northern Dongying depression. The examination of the sedimentary characteristics and model for the 4th member of the Palaeogene Shahejie Formation , northern Dongying depression in this paper is important to the understanding of the sandstone distribution and future exploration of hydrocarbons in the study area.

Key words: sandstone and conglomerate; sedimentary characteristics; genetic type; sedimentary evolution; sedimentary model