

文章编号: 1000-0550(1999)03-0449-05

# 东濮断陷湖盆下第三系沙二段的冲积扇沉积

吴智勇 郭建华 吴东胜 何 宏

(江汉石油学院 湖北荆州 434102)

**摘要** 东濮凹陷西洼南段沙二段是该区主要的勘探目的层之一。根据地震、测井及岩心分析等资料的综合分析表明, 该区沙二段属于干旱气候条件下的冲积扇沉积。由于沙二段沉积时期长垣断层的活动减缓, 研究区与西斜坡构成一个共同的沉积区域, 研究区内主要发育扇中前缘和扇端亚相等细粒沉积部分, 扇根和扇中主体等粗粒部分主要堆积在西斜坡上。在地震剖面 and 测井曲线上可以看出, 该区沙二段由 3 个沉积旋回构成, 总体上呈现向上变细的粒序特征。这些旋回在研究区各井中可以进行对比, 表明冲积扇的活动受构造和气候因素的影响。

**关键词** 冲积扇 沉积旋回 沙二段 断陷湖盆 东濮凹陷

**第一作者简介** 吴智勇 男 1964 年生 工学硕士 副教授 沉积学与旋回地层学

**中图分类号** P588.2 **文献标识码** A

## 1 区域地质概况

东濮凹陷是渤海湾盆地南端的一个凹陷, 南北分别与中牟凹陷和莘县凹陷相邻, 东西分别以兰聊断层和长垣断层为界(图 1)。凹陷呈长条形沿 NE 向展布, 北窄南宽。依据基底形态及断裂特征, 东濮凹陷自西向东可划分为西部斜坡带、西部洼陷带、中央隆起带、东部洼陷带及东明集断阶带等 5 个二级构造单元, 沿凹陷长轴方向并排发育, 纵贯南北, 呈现“两洼一隆一斜坡”的构造格局<sup>①</sup>。本文研究区域位于西部洼陷带南部(简称西洼南部), 面积约 1000 km<sup>2</sup>, 东西分别以黄河断层和长垣断层为界(图 1), 属于地堑式断陷湖盆。

已有研究表明<sup>[1~5]</sup>, 东濮凹陷从形成到消亡经历了初期裂陷(E<sub>k</sub>-E<sub>s4</sub>)、强烈裂陷(E<sub>s3</sub>)、萎缩(E<sub>s2</sub>)、稳定下沉(E<sub>s1</sub>)、收缩(E<sub>d</sub>)和消亡-坳陷(N)等 6 个阶段, 这是一个裂谷盆地演化的完整的构造沉积旋回。本文所研究的沙二段是在湖盆强烈裂陷之后的萎缩期沉积形成的, 此时长垣断层和黄河断层的活动性减缓, 湖盆沉降速率小于沉积物供给速率, 致使湖水变浅直至干涸, 整个研究区成了一个几乎无水的沉积洼地, 由此沉积了一套水上冲积扇。这套较粗粒的沉积物处于沙三段和沙一段的裂

陷期细粒沉积物的包围之中, 是该区最主要的储集层之一<sup>[1]</sup>, 因而具有极为重要的研究价值。

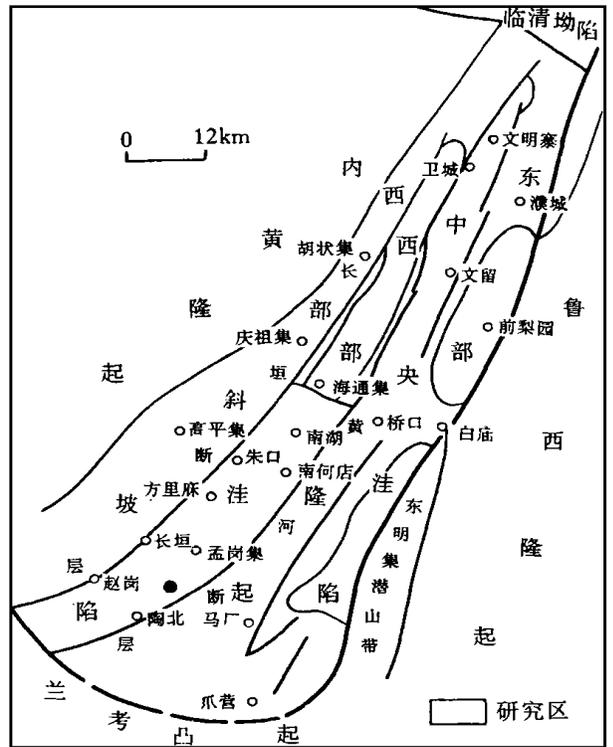


图 1 研究区位置及构造简图

Fig. 1 Position and structural sketch map of the study area

① 刘秋生, 谢秀祥, 苏惠. 东濮凹陷西洼南段石油地质讨论. 断块油气田

## 2 冲积扇的沉积特征

### 2.1 岩石学特征

西洼南部沙二段分布较广,厚度由 200 m 至 1200 m 不等,岩性主要为一套棕色、灰棕色岩屑长石粗砂岩—细砂岩、细砂岩、粉砂岩与褐色、褐红色泥岩及粉砂质泥岩互层,部分钻井的沙二段顶、底部还分别夹有灰色—深灰色泥岩薄层和条带。砂岩成分以石英为主,长石次之,颗粒分选较好,磨圆度为次棱角状至次圆状,泥质胶结为主,胶结较疏松;局部出现灰质和石膏胶结物,石膏含量最高可达 10%。显微镜下石膏呈微晶—中晶(嵌晶)结构,团斑状分布,方解石呈微—细晶结构,斑点状分布。

### 2.2 粒度特征

与典型的陆上冲积扇沉积物<sup>[6]</sup>相比,该区沙二段的冲积扇沉积物的粒度普遍较细,一般不超过细砂级,这主要是因为冲积扇的扇根和扇中粗粒部分位于西斜坡上,进入研究区内的主要是较细粒的漫流沉积和扇中前缘沉积的缘故。

对该区沙二段冲积扇沉积的粒度概率曲线的统计分析可以看出,沙二段的粒度概率曲线主要有 3 种不同类型,反映了不同的水动力条件。

类型 I:曲线中各总体分异不明显,粒度相对较粗,分选很差,具有密度流沉积性质,属于扇中河道的洪水急流沉积(图 2(a))。

D 类型 II:曲线由两个总体组成,其中以跳跃总体为主,分选较好;悬浮总体分选差,细截点在  $3\phi$  左右,有些有过渡段。这类曲线属于中等水流沉积(图 2(b)曲线 1, 2)。

类型 III:曲线呈略向上凸的弧形,粒度细,泥质含量占 40%左右,属于冲积扇沉积末期的弱水流沉积(图 2(b)曲线 3, 4)。

根据这些粒度分析资料所作的 C—M 图(图 3)同样反映出密度流沉积的特点。从图 3 可以看出,沙二段的样点主要分布于平行  $C=M$  线的长条形区域,亦即发育 QR 段,这反映出 C 和 M 成比例地增大,代表分选较好的浅的面状水流沉积,即漫流沉积<sup>[4]</sup>。这与研究区主要发育冲积扇扇中前缘和扇端亚相的特点相一致。

### 2.3 沉积构造特征

从沙二段岩心观察可见,岩心普遍呈棕色、紫色、暗红色等代表水上沉积的色调,与其他层段的岩心颜色截然不同。在岩心剖面上,明显见有砂岩底

面的冲刷面,冲刷面上含泥砾;这些泥砾呈扁平状平行层面不定向排列,向上泥砾变小直至消失,呈现出与粒级序列相似的沉积特征,向上具有断续水平层理和小型交错层理,每个韵律层的顶部为泥岩和泥质粉砂岩,出现虫孔。另外,在岩心中还频繁出现泥裂、块状层理、沙纹层理、滑动变形等沉积构造。这些沉积构造反映出干旱气候条件下大量物理风化产生的碎屑物质在季节性洪水携带下进入干涸湖盆后的快速沉积过程。

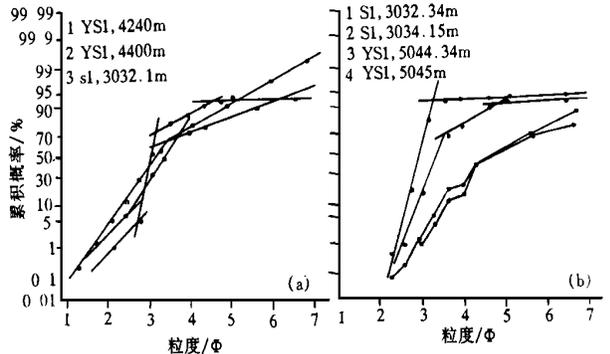


图 2 研究区冲积扇沉积物粒度概率曲线

Fig. 2 Grain size cumulative probability curves of alluvial fan deposits in the study area

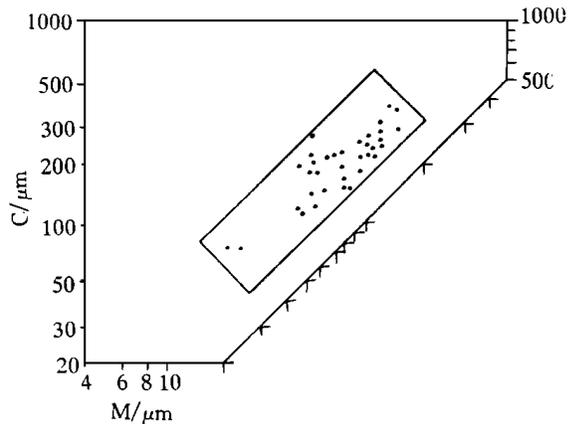


图 3 研究区沙二段 C—M 图

Fig. 3 C—M map of Es2 in the study area

## 3 冲积扇的地震—测井响应特征

### 3.1 地震反射特征

在地震剖面上(图 4(a)),冲积扇以一系列的中振幅、弱连续、弱平行的前积反射结构为主,由长垣断层向黄河断层一侧前积,代表了扇体向前推进的过程。在垂向上,沙二段由三个旋回段构成,每一旋回又包括代表湖侵的 T 段和代表湖退或冲积扇沉积的 R 段。从地震剖面(图 4(a))和地层断面解释图(图 4(b, c))可以清楚地看到,各旋回层中的 T 段

由黄河断层一侧向长垣断层一侧上超于下伏旋回或地层之上, 并逐步尖灭; 而 R 段则由长垣断层一侧向黄河断层一侧下超于 T 段或下伏旋回之上。这三对 T-R 旋回段相互穿插, 代表了三次冲积扇活动过程和三次残余湖水的湖进过程。

### 3.2 测井响应特征

西洼南段沙二段的测井曲线在不同的层段有所不同: 沙二段下部的砂层数量和单层厚度明显高于上部, 其自然伽马曲线呈指状和钟形中高幅, 单砂层厚度一般为 3~8 m, 最大厚度可达 20 m, 表明这一层段主要以扇中亚相为主; 沙二段上部自然伽马曲线明显不同于下部(图 5), 主要以中低幅指形为主, 砂层大多为不足 1 m 的薄层, 反映出向上粒度变细

的总体趋势。

纵向上, 该区沙二段测井曲线亦显示出 3 个大的旋回(图 5), 这 3 个旋回及其内部的次级旋回属于向上变粗旋回, 代表着冲积扇的活动过程。从该区各井的连井对比剖面上可以看出, 这些旋回在盆地内可以对比(图 5)。以豫深 1 井为例, 其 4 788~5 198.5 m 为第 I 旋回, 4 672 m~4 788 m 为第 II 旋回, 4 235~4 672 m 为第 III 旋回(图 5)。

第 I 旋回是湖盆由沙三段的深陷期转为平缓的初始时期, 湖盆沉降速率开始小于沉积物堆积速率, 整个湖盆水体变浅干涸, 仅在靠近黄河断层一侧的低洼地带仍残留有湖水, 冲积扇幕式活动产生的冲积层夹在湖相地层中, 形成一个厚度及粒度各不

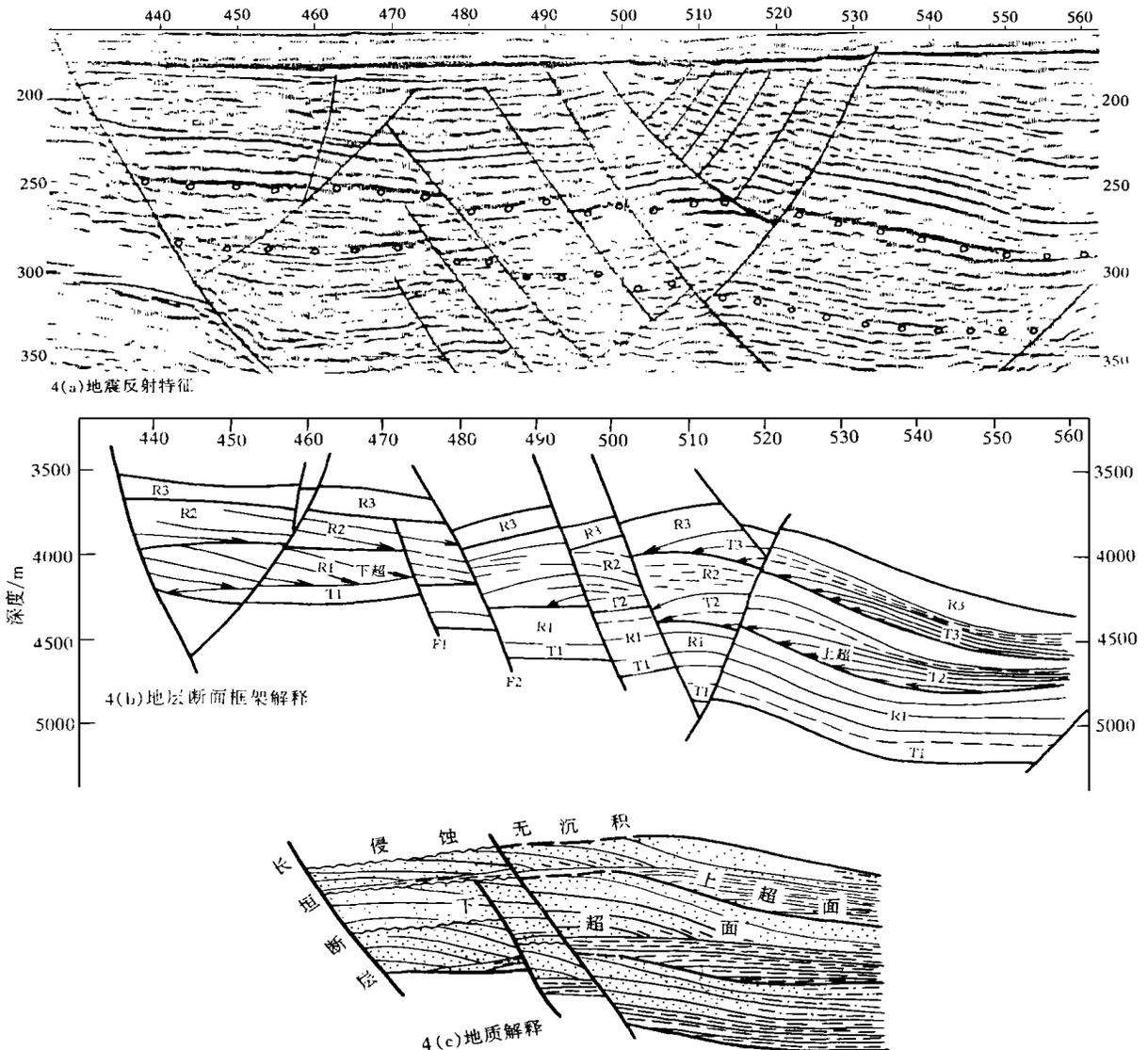


图 4 西洼南部沙二段冲积扇剖面图(84-266 剖面)  
Fig. 4 Profiles of alluvial fan ( $E_{s2}$ ) in the southern West sag

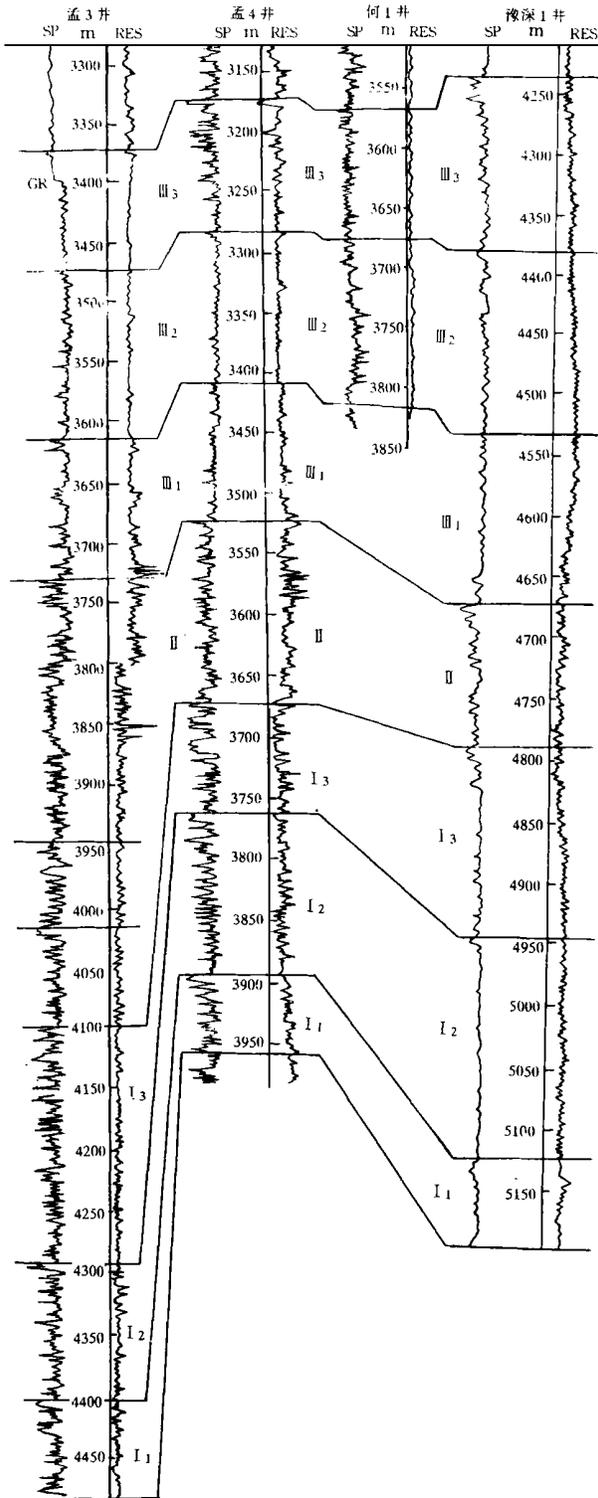


图 5 孟 3 井—豫深 1 井沙二段沉积旋回对比图

Fig. 5 Sedimentary cycle correlation  
from well Meng 3 to well Yushen 1

相同的韵律层。由于此时水体范围相对 II、III 旋回而言仍较大,且地形高差也较大,使得冲积扇主体部分位于长垣断层一侧,粗粒物质难以冲积到黄河断

层一侧来,因此豫深 1 井中该旋回沉积主要表现为扇端亚相的远端沉积和近端沉积,夹有部分湖相沉积。该旋回的测井曲线为大段平直或微齿化的泥岩基线中夹有少量中低凸起,砂层呈钟形和箱形,该井第十二筒取芯即位于该旋回顶部的粗粒沉积部分,根据岩心描述确定为扇中前缘或近端沉积。

第 II 旋回为大套的砂层夹少量泥层,反映在自然电位曲线上为密集的中高凸起,形态以指形为主,应属扇中沉积。另外,从钻井及岩心观察资料来看,该层段中所夹的湖相沉积比第 I 旋回少得多,这也表明此时湖盆已基本被填满,地势平坦,因而冲积扇体能直达黄河断层一侧,粗粒物质也较多地搬运至这一侧。

第 III 旋回沉积时,断层活动及湖盆沉降速率开始增大,地形高差也增大。此时的沉积比第 I 旋回粗,但比第 II 旋回要细一些,主要以扇中和近端沉积为主,自然电位曲线以大套低凸起夹中—中高凸起为特征,反映出粒度介于 I、II 旋回之间的特征。

这三个沉积旋回构成了细—粗—细的次一级旋回,总体上呈现出向上变细的沉积型式。在沙二段顶部,出现了一套厚约 25m 的泥质沉积,在 84—266 测线上(图 4),这套中强振幅、中连续的泥质沉积向长垣断层方向上超,反映的是沙二段末期的湖进沉积,表明在第 III 旋回的后期随着沉降速率的增大,黄河断层一侧又出现了小范围的集水区。由此也可以认为,沙二段是沙四—沙二段以及沙二段—东营组两大沉积旋回的分界。

## 4 沉积相分析

根据沉积物粒度分析资料、岩心观察及测井曲线特征,我们在该区沙二段冲积扇沉积中识别出了扇中和扇端亚相,研究区缺乏扇根部分。根据位于西斜坡上的老 2 井沙二段岩心观察可知,冲积扇扇根部分主要位于西斜坡上,进入研究区域的主要是扇中和扇端亚相。

1) 扇中亚相 扇中亚相的主体部分是辫状河道沉积,其粒度分布具有明显的河流搬运沉积的特征,但在部分样品中,还可见到密度流沉积的性质,反映出密度流和牵引流交替作用的结果。扇中亚相的沉积特征在不同的沉积部位有所不同:在辫状河道的中心部位,河道沉积多期叠加形成厚砂层,剖面上砂多泥少,呈现出“砂包泥”的特点,测井曲线表现为齿化的箱形,间夹低幅齿形;在非主河道区,砂层相对

变薄变少, 间夹泥岩层增多增厚, 逐渐呈现“泥包砂”的特点, 测井曲线为箱形至钟形, 并由齿化至微齿向光滑曲线过渡; 在非河道区则以泥质沉积为主, 测井曲线呈低平微齿状。

2) 扇端亚相 根据泥岩层中所夹砂层数目的多少, 可将其进一步细分为近端微相和远端微相。该亚相主要分布于冲积扇体的前方和侧翼, 一般位于干涸湖盆平原部分, 地势宽展平缓, 以红色、棕红色

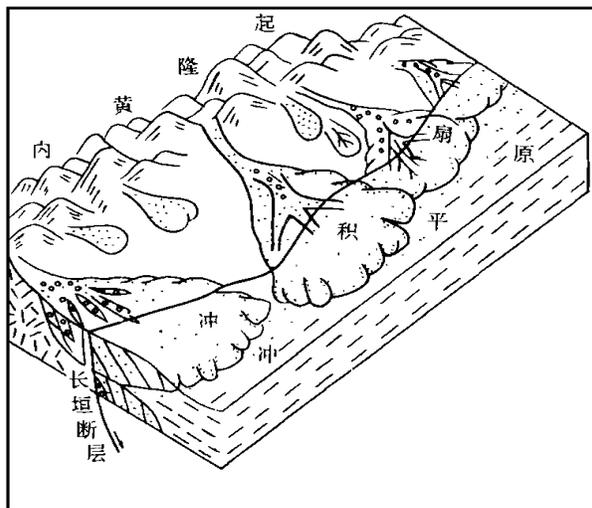


图 6 西洼南段沙二段冲积扇沉积模式图

Fig. 6 Depositional model of alluvial fan of Es<sub>2</sub> in the southern West sag

及紫红色泥岩沉积为主, 夹薄层砂岩和粉砂岩。测井曲线为大套低平齿形夹薄层高幅值曲线, 代表扇

端亚相中河道分岔现象减少及河床逐渐变浅直至消失的沉积特点。

根据上述分析, 同时结合地震相研究成果, 我们认为该区沙二段沉积时期的物源主要来自西侧的内黄隆起, 南端的兰考凸起也向研究区内供给碎屑。由此我们归纳出该区沙二段冲积扇沉积模式(图 6)。在沙二段沉积时期, 研究区的两条边界断层(尤其是长垣断层)的活动减缓, 可容纳空间增长速率降低, 此时各个方向的物源供给非常充足, 沉积物不断向前推进, 导致湖盆完全萎缩, 湖水干涸, 湖盆被大致填平。这时, 西洼南段与西斜坡之间的分界基本消失, 两个不同的构造沉积单元融合在一起, 共同接受来自内黄隆起的冲积扇沉积。因此在沙二段沉积时期, 西洼南段只是冲积扇沉积体系的一部分, 主要发育扇中和扇端亚相(图 6)。

参 考 文 献

- 1 陈晓东, 周济之, 邱阳辉等. 东明凹陷石油地质特征[J]. 石油与天然气地质, 1984, 5(4): 373~383
- 2 寿建峰, 王生朗, 袁政文. 东濮凹陷第三系碎屑岩储层研究及其评价[A]. 见: 中原油田科技论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 51~61
- 3 赵澄林, 刘孟慧, 纪友亮. 东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积体系与成岩作用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992
- 4 中原油田石油地质志编辑委员会编. 中原·南阳油田. 见: 中国石油地质志(卷七)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993
- 5 李思田. 断陷盆地分析与聚煤规律[M]. 北京: 地质出版社, 1988

Alluvial Fan in Paleogene Shahejie Formation, Dongpu Faulted-basin

WU Zhi-yong GUO Jian-hua WU Dong-sheng HE Hong

(Jiangnan Petroleum Institute Jingzhou 434102)

Abstract

The No.2 member of Shahejie Formation(Paleogene) is one of the major target beds in Dongpu depression. An investigation based on seismic, well-logging and core data indicates that the member consists of alluvial fan sediments in the southern west sag. The sediments are mostly brown-grey brown finer lithic arkose and coarse siltstone, interbedded with brown mudstone, with medium-low compositional and textural maturation. Some sedimentary structures, such as graded bedding, small-scale cross bedding, ripple lamination and horizontal bedding caused by density and traction flow deposition, and such as mud crack, burrow, swash mark and curty bedding caused by exposure and others, are seen in cores, and scatters are distributed along a line parallel to C=M line in CM plot. The features show that the sediments are deposited under the influence of density and traction flow. The study area is combined into a depositional unit with the West Slope because

(Continued on page 457)