

文章编号: 1009-3850(2002)02-0058-06

# 濮城油田沙三中亚段水下扇的特征

尹艳树<sup>1</sup>, 张昌民<sup>1</sup>, 张尚峰<sup>1</sup>, 尹太举<sup>2</sup>

(1. 江汉石油学院 地质系, 湖北 荆州 434100; 2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 濮城油田沙三中亚段为水下扇沉积, 具牵引流和重力流的双重特征。沉积物粒度较细, 以细砂岩和粉砂岩为主。垂向层序为正粒序。沙三中亚段具沟道、沟道间、席状砂和泥石流等微相沉积的特征。

**关键词:** 水下扇; 沉积模式; 沙三中亚段; 濮城油田

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

## 1 前言

东濮凹陷是中国东部渤海湾盆地最西南端的一个新生代断陷沉积凹陷。沙三时期(ES<sub>3</sub>), 其东部边界在兰聊断裂的控制下, 凹陷稳定下沉, 水体变深。

由于研究程度低, 开采时间不长, 对研究区沙三中沉积环境的研究一直存在争论。主要有两种观点, 一种认为属扇三角洲沉积, 另一种认为是水下扇沉积。笔者通过对本段地层取心井的系统观察发现, 本区沙三中缺乏水上沉积环境的标志, 而水下沟道沉积比较常见; 重力流特征的构造如泄水构造、火焰状构造、滑塌构造等比较发育, 而且还发育典型的鲍马序列和水下泥石流沉积; 砂泥比低, 泥岩中夹有粉砂岩的事件性沉积, 未见河口坝微相。粒度分析表明, 研究区具有重力流沉积与牵引流沉积的双重特点。研究区内的沙三中亚段应属于水下扇的沉积。

水下扇是指完全在湖泊水体之下的一种扇形沉积, 其沉积物粒度粗, 一般以砾质砂岩、粗砂岩为主, 成分成熟度较低。通过对本区水下扇沉积特征进行精细描述, 发现其主要以细砂岩、粉砂岩等细粒沉积为主, 成分成熟度较高, 其沉积有一定的特点。

## 1 岩石学特征

### 1.1 岩石成分

通过对濮城油田沙三中 9 口取心井的观察, 研究区沉积以细砂岩、粉砂岩为主, 中粗砂岩、砾岩极少, 砂岩单层厚度小, 底部冲刷现象不明显, 为多个正粒序的沉积序列, 单个序列顶部大都有厚度不一的泥岩层, 泥岩多为深灰色, 表明其沉积时粗粒沉积物供应不足, 水体较深, 水动力较弱。对岩石样品的分析表明(表 1), 砂岩中碎屑成分以石英为主, 基本上为石英砂岩, 含少量的长石砂岩和岩屑砂岩; 岩屑主要为硅质岩屑及部分泥质岩屑和喷出岩屑, 以硅质为主; 填隙物主要为泥质、灰质和云质胶结物及极少量的重晶石、硬石膏、铁质等。

### 1.2 岩石粒度特征

沉积物的粒度结构是沉积物源岩性质、水动力特征、搬运距离的反映, 在一定程度上反映出沉积时的环境。濮城油田沙三中岩石样品粒度分析表明, 粒度中值在 0.037~0.28mm 之间, 平均为 0.085mm, 粒度中值大于 0.125mm 的样品不到 2%, 反映出研究区以细粒沉积为主。岩石样品粒度概率曲线有两种类型, 即①两段式: 以跳跃总体和悬浮总体为主, 缺

乏滚动总体,反映一种牵引流沉积的特点;②上凸式:表现为一上突的弧形曲线,反映具有浊流成因的特征(图1)。岩石粒度C-M图发育Q-R段,缺乏P-Q和R-S段(图2),说明研究区具有浊流沉积特征。

2 沉积特征

2.1 微相类型及特征

根据岩石类型、粒度及沉积构造特征<sup>[1]</sup>,研究区

表 1 岩石碎屑及胶结物成分(w<sub>B</sub>/%)  
Table 1 Clastic and cement compositions from the studied rocks (w<sub>B</sub>/%)

井名 碎屑及胶结物	63井(样品数146)			6-33井(样品数78)		
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
石英	78.6	67	87	77.7	60.9	87
钾长石	14.8	4	25	14.8	4	27.9
岩屑	6.49	2	20	7.35	2	20
胶结物总量	19.8	8	40	21.2	10	40
泥质胶结物	9.75	1	35	9.85	1	35
灰质胶结物	5.88	1	30	6.45	2	30
云质胶结物	3.95	1	25	4.87	1	25

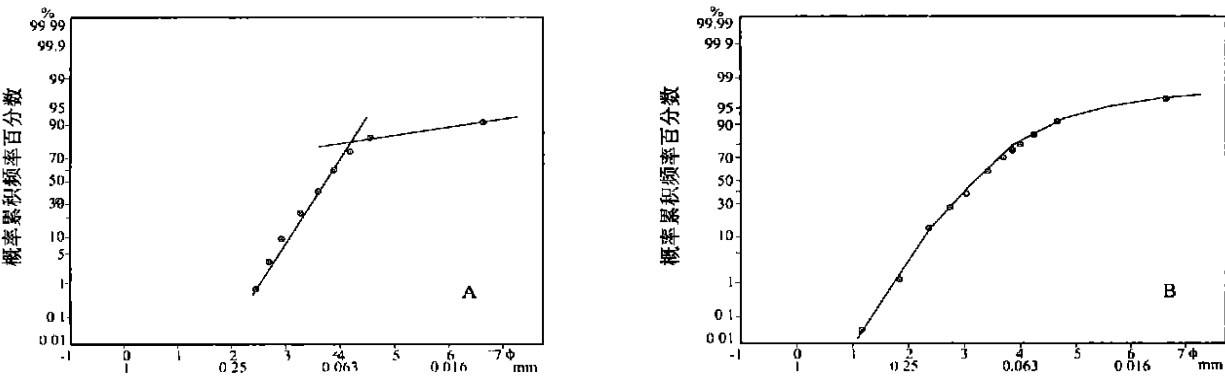


图 1 沙三中粒度概率曲线  
A. P6-65 井(牵引流特征); B. P120 井(浊流特征)

Fig. 1 Grain-size probability cumulative curves for the sandstones in the middle submember of the third member of the Shahejie Formation, Pucheng Oil Field

A. P6-65 well (tractional current deposits); B. P120 well (turbidity current deposits)

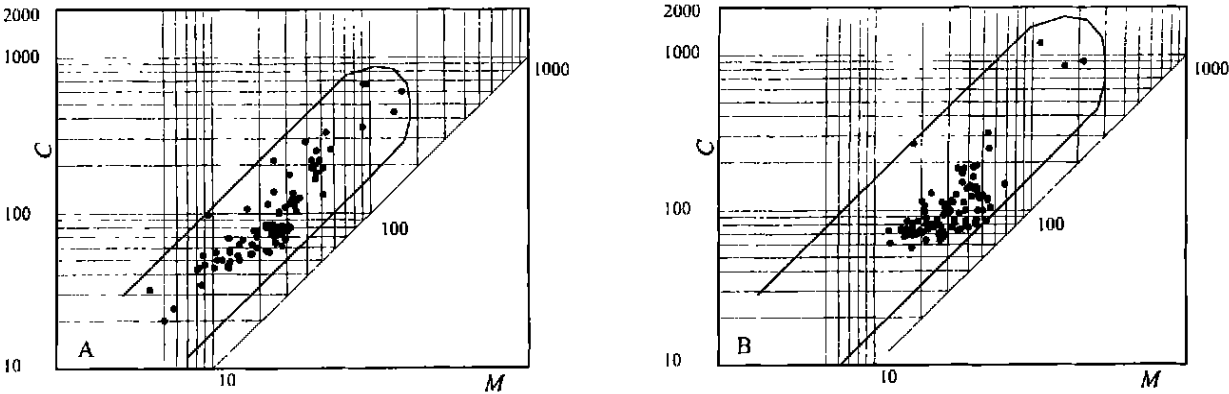


图 2 沙三中 C-M 图  
A. P63 井; B. P6-65 井

Fig. 2 C-M patterns for the sandstones in the middle submember of the third member of the Shahejie Formation, Pucheng Oil Field  
A. P63 well; B. P6-65 well

可识别出20余种岩石相, 它们的不同垂向组合构成了研究区沟道、沟道间、席状砂、深湖-半深湖等微相。由于研究区主要位于扇中到扇缘一带, 沉积物在自身的重力作用下, 往往沿斜坡下滑, 形成泥石流和滑塌沉积, 因此把它们单独列出, 作为研究区的两种微相沉积来看。在研究区内未见河口坝微相沉积, 这可作为研究区不是扇三角洲沉积的一个重要的证据。

1. 沟道微相

沟道沉积的水动力最强, 但是受区内整体水动力较弱的影响, 沉积物粒度较细, 主要以细砂岩沉积为主, 中粗砂岩、砾岩少见; 层理类型丰富, 多为小型槽状交错层理、板状交错层理、平行层理和沙纹层理。沟道底部隐约可见冲刷面, 冲刷面上有时见泥砾的定向排列。沟道微相岩石相组合下部为具板状交错层理、槽状交错层理、块状层理、平行层理的细砂岩; 上部为具沙纹层理、水平纹理的粉砂岩(图3), 整体显示一向上变细的正粒序。在部分沟道可见较典型的鲍玛序列。测井曲线上, 沟道微相

常呈钟型、箱型, 幅度较大。

沟道沉积具有多期性, 前期沟道顶部泥岩段有时被后期沟道侵蚀掉。单期沉积的砂体厚度不大, 一般不超过3m, 反映沟道规模不大, 搬运物质能力较差; 在纵向上, 由于沉积时凹陷稳定下沉, 湖水逐渐加深, 并向岸推进, 造成沟道向湖岸方向退积, 细粒沉积物覆盖于先期沉积的粗粒沉积物之上, 形成正粒序的叠加样式; 当湖平面暂时性下降时, 沟道向湖心方向进积, 粗粒沉积物覆盖于先期较细粒沉积物之上, 形成反粒序的叠加样式。

2. 沟道间微相

沟道间微相所处位置的水动力较弱, 主要以细粒沉积的粉砂岩和泥质粉砂岩为主。在洪泛期, 水动力相对较强时, 细砂岩也会在沟道间沉积。沟道间的层理类型较单一, 主要为沙纹层理和水平层理。单期沟道序列厚度不大, 一般在20~30cm之间, 最大不超过50cm。沟道间微相岩石相自下而上依次为: 沙纹层理、水平层理粉砂岩, 泥质粉砂岩和泥岩(图3)。在测井曲线上, 沟道间微相多呈漏斗型,

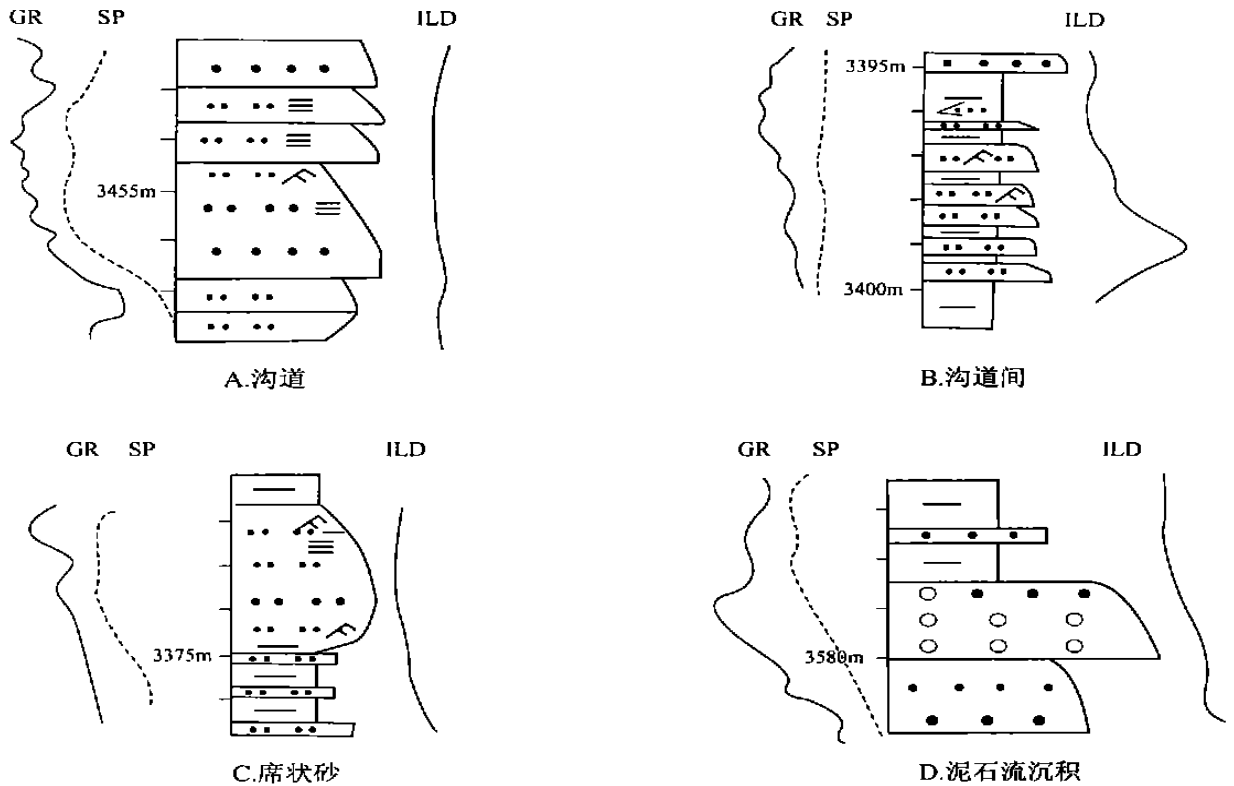


图3 各种微相岩石相组合特征

A. 沟道; B. 沟道间; C. 席状砂; D. 泥石流沉积

Fig. 3 Vertical sequences of the petrologic associations in individual sedimentary microfacies  
A. channel deposits; B. interchannel deposits; C. sheet sandstone; D. debris flow deposits

齿化严重,幅度较小。

### 3. 席状砂微相

一般席状砂为原有沉积物被湖浪冲刷,筛选后形成的连片分布的薄层状砂体。由于湖浪将其中的泥质淘洗出来,因而沉积物的分选、物性较好。但是本区的席状砂发育于较深水区,湖水能量较弱,对沉积物的改造作用不是很明显,在岩心中并未发现湖浪作用的证据。经分析认为,本区的席状砂为沟道携带的沉积物在沟道水体与湖水充分混合后,其中较粗粒的物质在湖水分散、悬移,最终在沟道侧翼及前端水动力较弱区沉积而成。由于没有受到湖水的筛选作用,大多分选较差,含有大量的泥质成分,以粉砂岩、泥质粉砂岩为主,发育沙纹层理,水平层理,泄水构造、火焰状构造等在岩心中比较常见。

席状砂砂体单层厚度较小,一般为2m,部分大于5m。席状砂微相岩石相特征为变形层理、水平层理、沙纹层理粉砂岩,泥质粉砂岩和粉砂质泥岩互层(图3)。在测井曲线上,席状砂微相以指型和漏斗型为主。

在垂向上,席状砂多呈正韵律的特征。在局部,由于湖平面的下降,席状砂以反韵律形式出现。

### 4. 深湖-半深湖微相

深湖-半深湖微相沉积一套深色页(泥)岩、膏岩、云质泥岩,夹有粉砂岩、粉砂岩条带,粉砂岩中常见沙纹、变形、水平层理。泥岩段厚度较大,一般大于5m,为研究区较明显的对比标志层。

### 5. 泥石流沉积

泥石流是水和粘土杂基支撑的块体流<sup>[4]</sup>,本区观察到的泥石流为一大套砾岩到砾状砂岩沉积(图3),砾石大小混杂,成分复杂,既有形态复杂的同生泥砾,又有外源的岩屑和矿屑。整体上呈正粒序,自下而上砾石含量减少,砾石直径变小。

### 6. 滑塌重力流

滑塌沉积为快速堆积的沉积物在重力作用下发生崩塌、滑动至其它地方形成。在岩心中可辨识出两类滑塌沉积,一类是厚度较大可看到明显变形特征及冲刷泥砾的近源滑塌重力流沉积,泥砾为灰色,直径在0.3~2.5cm之间。另一类为位于大套深灰色泥岩中间的薄粉砂层,粉砂岩多为块状,砂层厚度在20cm以下。这种沉积主要在扇缘部位快速堆积的沉积物由于坡度较陡,在自身的重力作用下滑移至半深湖-深湖中形成。

### 2.2 微相垂向层序及平面展布特征

在岩心柱状图上(图4),总体上表现为向上变

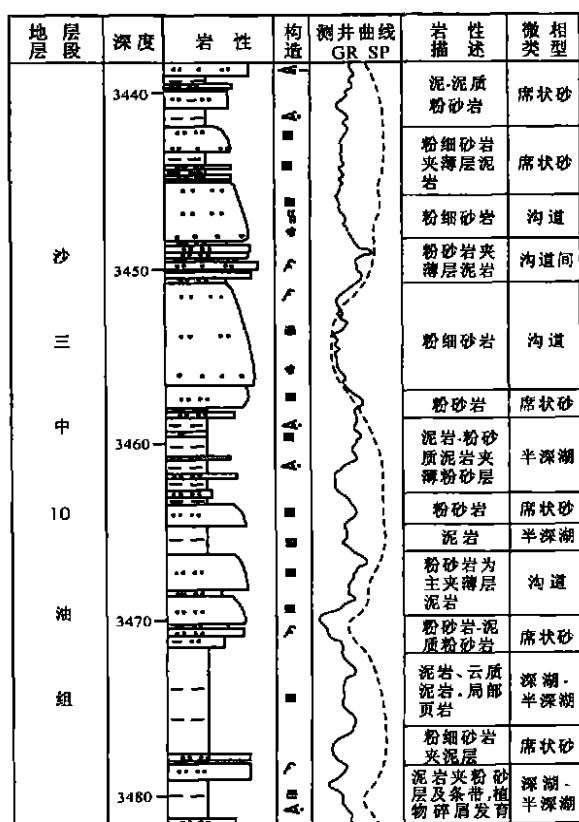


图4 P120岩心柱状图

Fig. 4 Columnar section through the P120 well

细的韵律特征;反映了湖泊水体逐渐加深,向湖岸线推进。单个微相大多呈正粒序的特征。反映水体多次向湖岸推进的过程,每一次的推进在纵向上反映为一向上变细层序,微相也由沟道变为道间、席状砂乃至深湖沉积。

由于水体的频繁运动,前期沟道沉积的细粒沉积物被后期沟道改造,形成多期沟道叠置。由于沟道能量差异,携带沉积物能力不同,搬运距离以及沉积部位不同,有时造成研究区一种反韵律的沉积特征。

从勾绘的沉积微相图(图5)中可以看出,沟道微相主要分布于东北部和东南部,反映出沉积物源有东北缘和东南缘两个方向。研究区的东北部沟道自东北-东向南西-西方向延伸,东南部沟道自东南部向北西方向流动;在沟道之间往往发育较细粒的沟道间砂体。在沟道末稍向湖方向,发育分布广泛的席状砂沉积,在向湖心方向,为深湖-半深湖泥岩沉积。总体来看,水下扇的扇形沉积结构还是比较明显的。扇中部分以沟道及道间沉积为主,向湖心方向变为较广泛的扇缘席状砂沉积,席状砂沉积前

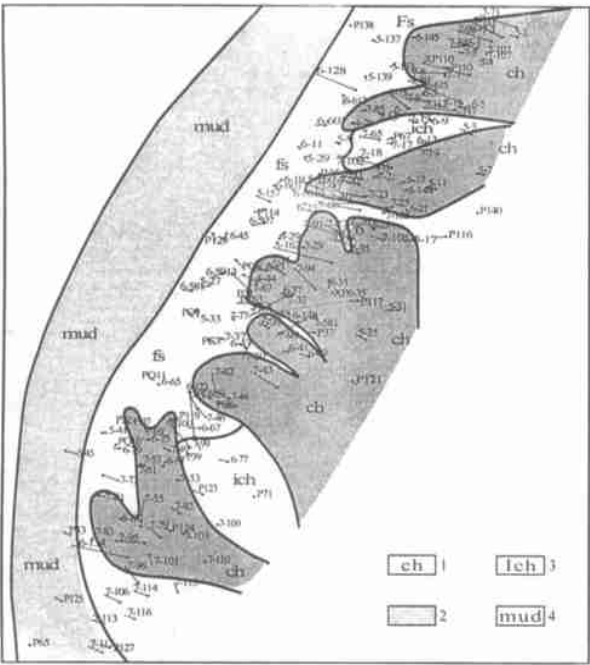


图5 沙三中 $10^3$ 微相平面分布

1. 沟道; 2. 沟道间; 3. 席状砂; 4. 深湖-半深湖泥

Fig.5 Planar distribution of the  $10^3$  sedimentary microfacies in the middle submember of the third member of the Shahejie Formation, Pucheng Oil Field

1= channel deposits; 2= interchannel deposits; 3= sheet sandstone; 4= abyssal-bathyal lake mudstone

方为深湖-半深湖泥岩区, 未见扇根沉积。

3 沉积模式

据单井沉积相序和微相的平面展布, 结合研究区沉积背景及沉积特征, 沙三中水下扇沉积模式如图6。

沙三中期, 东濮凹陷持续稳定下降, 水体逐渐加深。受东部边界断裂的控制, 来自濮城和毛岗地区的水道在很短距离内直接进入湖泊水下, 形成水下扇。水下扇的三个区带呈扇形展布, 依次为扇根、扇中和扇端, 研究区位于扇中到扇缘一带。扇中主要发育沟道及道间沉积, 扇缘为席状砂区, 在研究区未见扇根沉积。由于湖泊水体较深, 沟道延伸不远, 下切侵蚀能力大大减弱, 造成研究区内主要以细粒沉积为主的特征。在扇缘地带, 快速堆积的沉积物在水流及重力作用往往形成滑塌重力流沉积。

在垂向上, 每个扇朵叶体均为一向上变细的韵律, 韵律底部为具有冲刷面的较粗的沟道微相, 向上变为较细的道间、席状砂或深湖-半深湖泥岩沉积, 而整个水下扇总体也显示为正韵律特征。

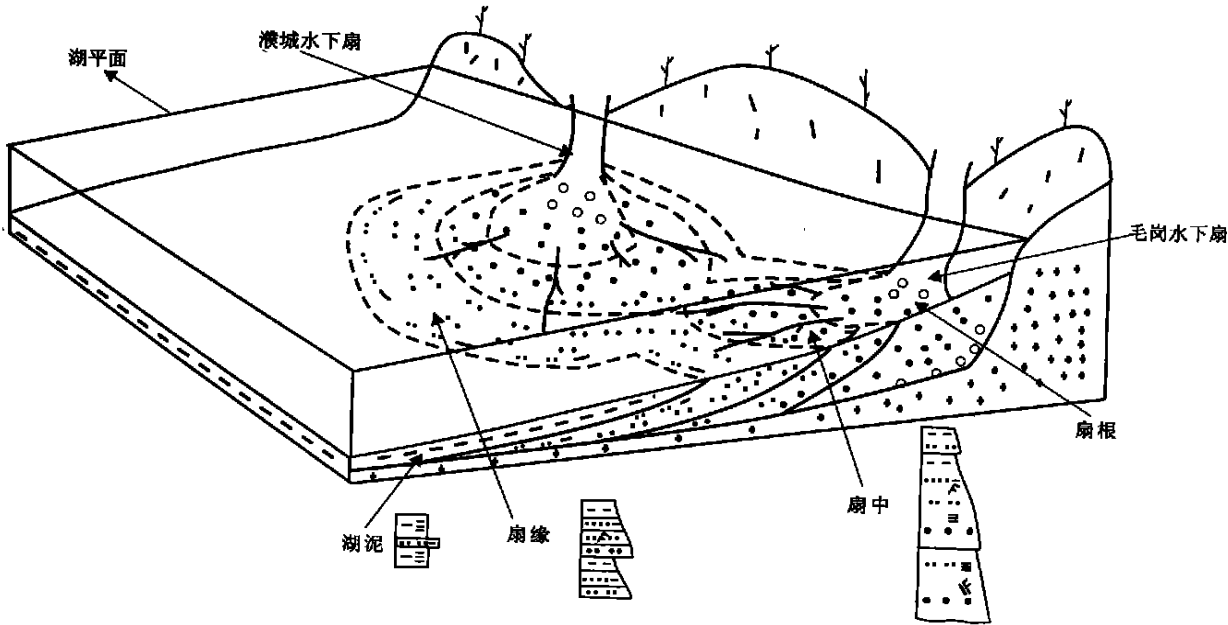


图6 沙三中沉积模式

Fig.6 Sedimentary model for the middle submember of the third member of the Shahejie Formation, Pucheng Oil Field

## 参考文献:

- analysis applied to fluvial deposits [J]. *Earth Science Reviews*, 1985, 22(4): 261—308.
- [1] MIALL A D. Architecture-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits [J]. *Earth Science Reviews*, 1985, 22(4): 261—308.
- [2] 冯增昭. 沉积岩石学(下)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 168—190.
- [1] MIALL A D. Architecture-element analysis: A new method of facies

## Submarine fan sediments in the middle submember of the third member of the Shahejie Formation in the Pucheng Oil Field, Henan

YIN Yan-shu<sup>1</sup>, ZHANG Chang-min<sup>1</sup>, ZHANG Shang-feng<sup>1</sup>, YIN Tai-ju<sup>2</sup>

(1. *Jiangnan College of Petroleum, Jingzhou 434100, Hubei, China*; 2. *China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China*)

**Abstract:** The middle submember of the third member of the Shahejie Formation in the Pucheng Oil Field, Henan is interpreted to be the submarine fan sediments, which are characteristic of both the tractional current and gravity flow deposits. These sediments are dominantly fine-grained, and composed significantly of fine-grained sandstones and siltstones with normally-graded vertical sequences. Twenty lithofacies have been identified, on the basis of rock types, sediment grain sizes and sedimentary structures and textures, and vertically may be arranged into the following microfacies such as channel, interchannel, sheet sandstone, abyssal lake and bathyal lake, debris flow and slump deposits. A sedimentary model is presented in this study, showing the planar distribution of the vertical facies sequences and sedimentary microfacies in the study area.

**Key words:** subaqueous fan; sedimentary model; the middle submember of the third member of the Shahejie Formation; Pucheng Oil Field