

# 东濮断陷盐湖盆地地下第三系 砂体类型及沉积模式

郑浚茂 王德发 孙永传

(武汉地质学院、北京研究生部)

东濮盆地是我国东部目前重点油气勘探地区之一，现已证实在下第三系各类砂岩体中聚集丰富的油气。查明盆地内砂体类型、特征、成因及分布规律，对今后油气勘探及开发有着十分重要的意义。

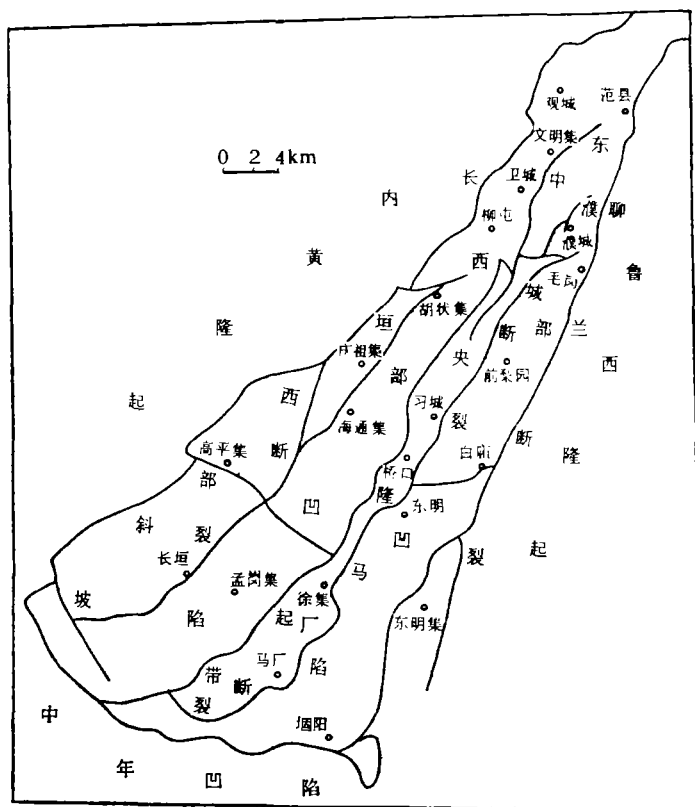


图1 东濮盆地地区构造图

Fig. 1 Regional structure map of Dongpu Basin.

### 一、区域背景

东濮盆地位于豫东北、鲁西南,走向北北东,为一南北长约150公里,东西长20—50公里的狭长盆地,面积约5300平方公里。它是中生代末期发生强烈断块活动形成的一个断陷盆地,其周围为基底断层所限(见图1)。盆地的发育及内部分带主要受北北东向断裂系统所控制,造成盆地两凹(东部凹陷和西部凹陷),一隆(中央隆起带),一斜坡(西部斜坡)的构造格局。其中东界聊兰断层活动时间最长,断裂幅度大,特别是早第三纪,它对沉积的控制很强,在其下降盘一侧发生持续大幅度沉降,从而形成结构不对称的箕状凹陷。一直到晚第三纪沉降中心才转向盆地的西南部分。

东濮盆地又是个盐湖盆地,在沉积主要发育时期从晚始新世到渐新世沉积了厚达7000米的陆相砂泥岩夹膏盐地层。根据以膏盐沉积作为沉积旋回结束的划分原则,其中可分两个旋回(图2)。第一旋回为沙四段,下部为红色粗碎屑沉积,中部为深灰色砂泥岩

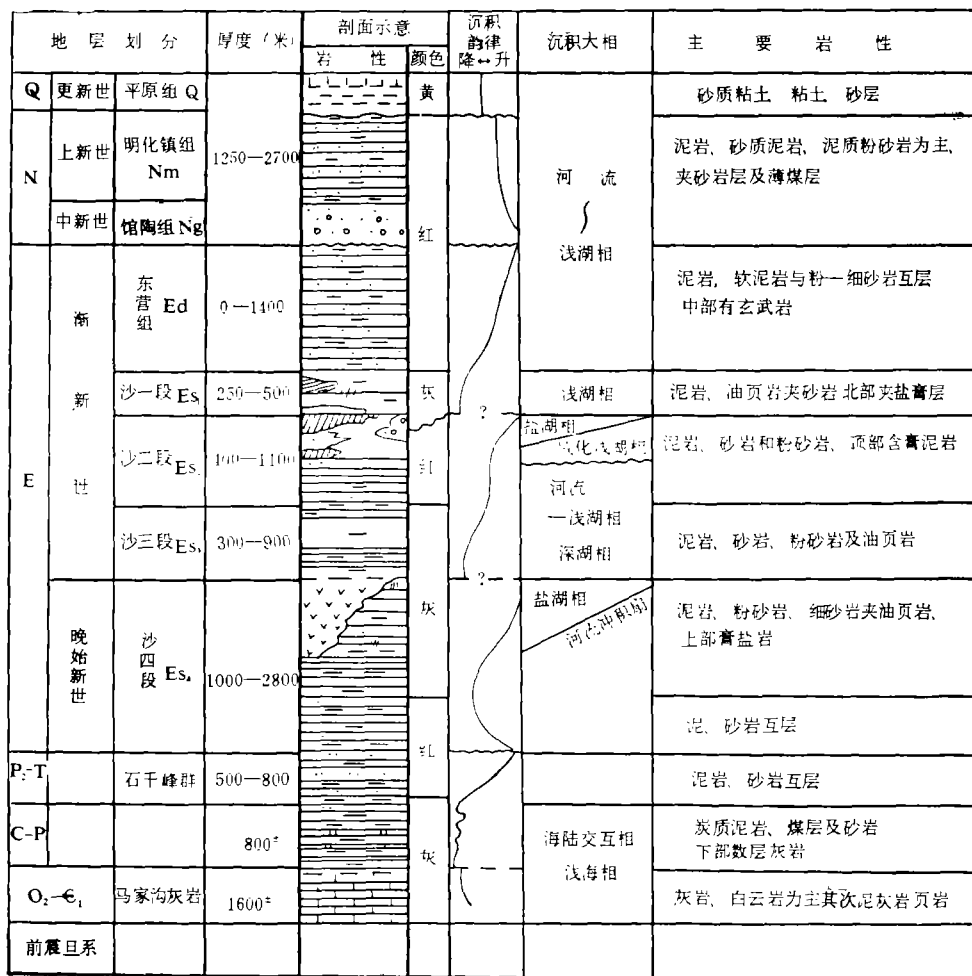


图2 东濮盆地沉积旋回划分图

Fig. 2 Map showing the division of sedimentary cycle of Dongpu Basin.

互层段，上部为厚层盐岩，石膏岩，属冲积充填—浅湖—盐湖沉积。第二旋回为沙三一沙二段，沙三段为深灰色泥岩夹薄层油页岩与粉砂岩、砂岩互层。沙二段为红色粉砂岩泥岩互层，其上部为红色泥岩及含膏泥岩，属淡化盐湖—盐湖沉积。

钻井资料所作岩性平面分布图表明(图 3)，沙四、沙二盐湖中心偏于湖盆陡坡一侧，在北部区域—文留—习城集一带，盐湖中心向外依次为泥岩、泥灰岩及泥岩、砂岩区，约成环带状分布。由于盆地的不对称性，以及周围物源供应程度的差异，砂岩区在边缘互不相连，而且各砂岩区向湖盆内延伸距离有很大的变化。沿聊兰断裂砂体最发育，主要砂岩区为：范县—濮城，桥口—马厂，白庙，埵阳等，以及西部的胡状集地区。

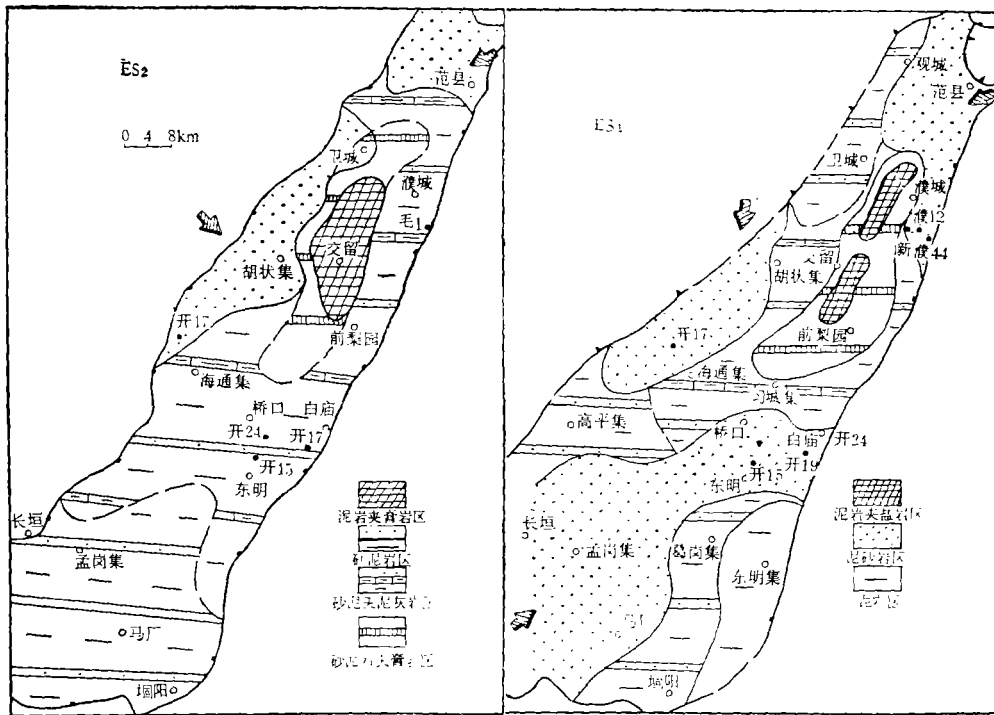


图 3 东濮盆地Es<sub>4</sub>、Es<sub>2</sub>岩性分区图  
(据地质部第二石油勘探指挥部地质大队开封组)

Fig. 3 Map showing the division of lithological characters of Sha-2 and Sha-4, Dongpu Basin.

## 二、砂体类型及沉积特征

根据大量的岩心观察以及对沉积构造序列、岩矿、粒度和电测等成因标志的综合分析，查明主要有四种砂体类型：1)小型水下冲积扇；2)水下冲积扇群砂坪；3)密度流水道；4)湖棚—台地浅滩等砂体。

### 1. 小型水下冲积扇砂体

盆地东西边缘，边界断层长期活动，地形高差较大，导致砾石质粗粒碎屑物由洪水直接

冲入岸边，形成平面上呈扇形、剖面上为楔状的碎屑岩体，面积由几平方公里到数十平方公里不等。根据钻井及地震地层资料，小型水下冲积扇的入口在西侧自北而南有文明寨、胡状集西、海通集西、余家及孟岗集西，其中胡状集是主要入口；在东侧水下冲积扇更为发育，其中小型水下冲积扇入口在白庙、埝阳等地。

(1) **沉积层序** (图4) 小型水下冲积扇沉积以砾岩及砂砾岩为主，在平面上及剖面上很快变为粉砂岩泥岩。砂岩段不发育，某些小型冲积锥，甚至是砾岩直接与泥岩相接触。因此小型水下冲积扇的扇根、扇中、扇端分带不明显。

层序中以递变层理砂砾岩为主，在冲刷面上，由下而上为：a) 递变层理砂砾岩，由含砾砂到中细砂至粉砂，递变快，有时在0.2米内就由含砾砂变至粉砂；b) 水平层理-波状层理粉细砂岩；c) 顶部为块状红色泥岩。由于洪水活动频繁，层序反复出现，故累积厚度较大，达110米。在电测曲线上形成低-中幅齿形密集平行组合。

(2) **粒度特征** (图5) 小型水下冲积扇的概率曲线在层序下部为粒度粗、各总体分异不明显的曲折曲线，上部基本上由单一分选差的悬浮总体所组成，说明小型水下冲积扇为高湍流洪水，入湖后形成浊流性质的沉积。

(3) **岩矿特征** 小型水下冲积扇沉积，结构成熟度低，分选差，分选系数一般为1.5—2，甚至大于2。砂岩类型主要为岩屑砂岩，岩屑含量一般为45—60%，最高可达70%。石英含量为25—45%。为颗粒支撑的混杂结构。根据电镜鉴定，其基质成分为水

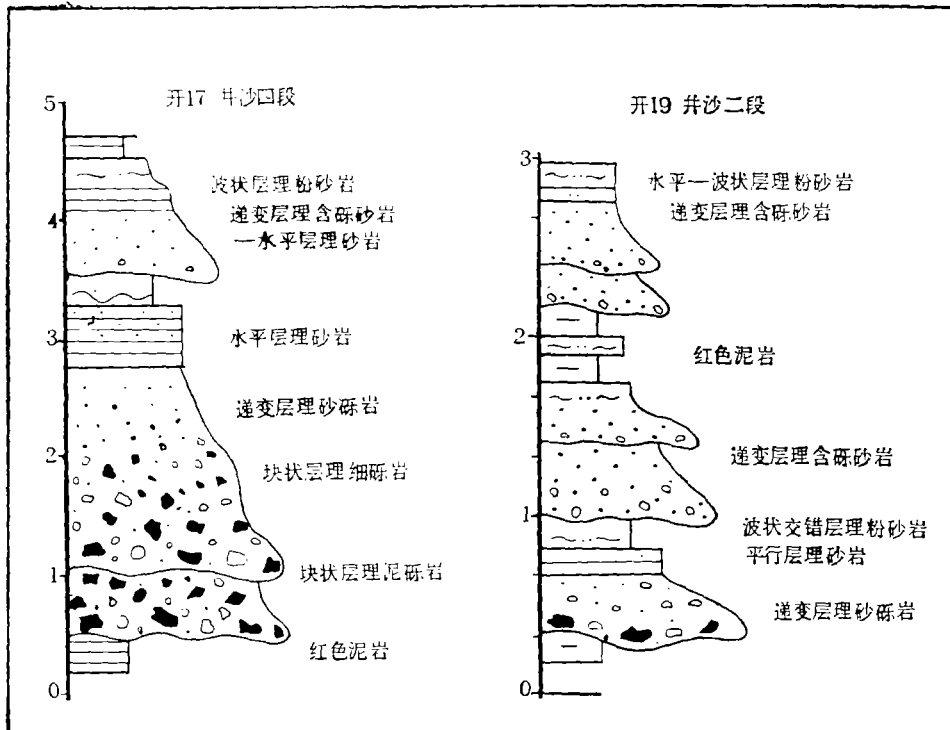


图4 小型水下冲积扇层序图

Fig. 4 Sequence of small subaqueous alluvial fan.

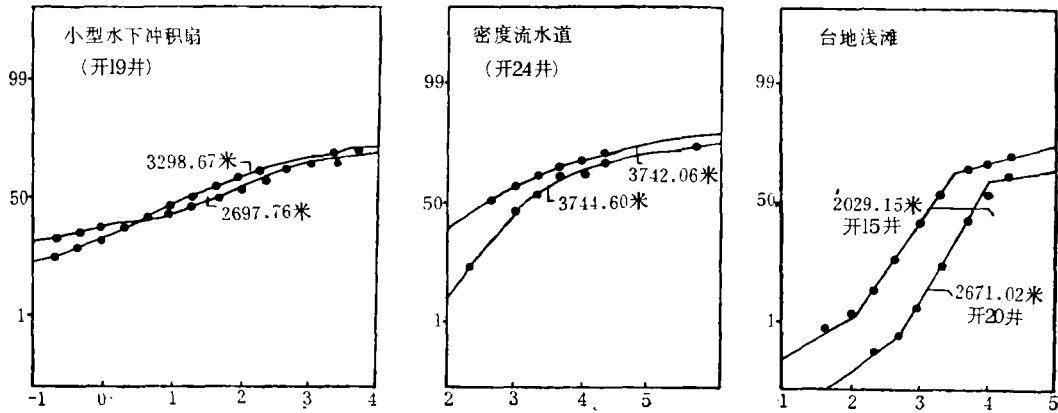


图5 东濮盆地不同环境的粒度概率曲线

Fig. 5 Grain-size probability curve of various environments of Dongpu Basin.

云母或绿泥石。岩屑成分复杂，由多到少依次为：水云母化泥岩、泥质粉砂岩、酸性喷出岩、灰岩、绿泥石化粉砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩及少量燧石、凝灰岩、中基性喷出岩等。它们主要来自盆地四周隆起（鲁西及内黄隆起）。从岩石结构，岩石类型及岩屑成分都充分说明小型水下冲积扇属近源沉积。

## 2. 扇群砂坪砂体

在盆地北部及东北边缘，在陈营—濮城一带，分布着盆地内最大的砂岩体，它是由几个水下冲积扇相连叠加成的扇群，面积达数百平方公里。据钻井及地震资料，这些水下冲积扇的主要入口为范县，其次为濮城东及毛岗。扇根部分为砂砾岩，成扇形。各个扇中部分相互连接成片，形成大片厚度变化不大的砂坪，砂坪在各扇主要入湖方向较宽（20公里），扇间砂坪较窄（约6公里），整体成裙边状。总观之，由东向西厚度减薄，粒度变细，并插入咸化浅湖沉积中。

(1) 沉积层序（图6） 扇群砂体亦可分为扇根、扇中和扇端，其层序分别为：

扇根层序（毛1井），以红色粗碎屑岩发育为特征，且以具大型交错层理的砾状砂—中砂岩为主，其层序由下而上为：a) 块状砾岩递变层理砂砾岩，粗—细砾，以石英岩、变质岩及泥岩砾石为主。砾石大小混杂，无定向排列。大量泥砂组成基质。b) 具交错层理的含砾砂岩，交错层由粒级纹理组成，砾石集中于下部，具不明显迭瓦状排列。该层呈韵律式反复出现，为层序主要部分。c) 具块状层理的泥质粉砂岩及粉砂质泥岩，大虫穴及生物扰动构造极发育，致使原始层理完全破坏。

扇中砂坪层序从下而上为：a) 递变—块状层理砂岩，底部有少量细砾。b) 平行层理细砂—粉砂岩，粒级显示层理，层面平整易裂开，裂线理极发育；c) 波状交错层理、水平纹理、块状层理粉砂岩—泥岩。

砂坪层序中平行层理砂岩十分发育，平行层理砂的成因，根据赖内克的研究，它是

在高流态中发生某种推移质的分异作用而形成。可见扇中砂体主要是由高流态漫流所形成。

扇端层序为：递变层理细砂岩，水平纹理粉砂岩（裂线理不发育），块状水平纹理或波状一波状交错层理泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩。该层序反映多期洪水浊流在末梢的叠加。

(2) 粒度特征 (图7) 扇群各不同部分粒度分布有较大变化,扇根CM图由P-Q

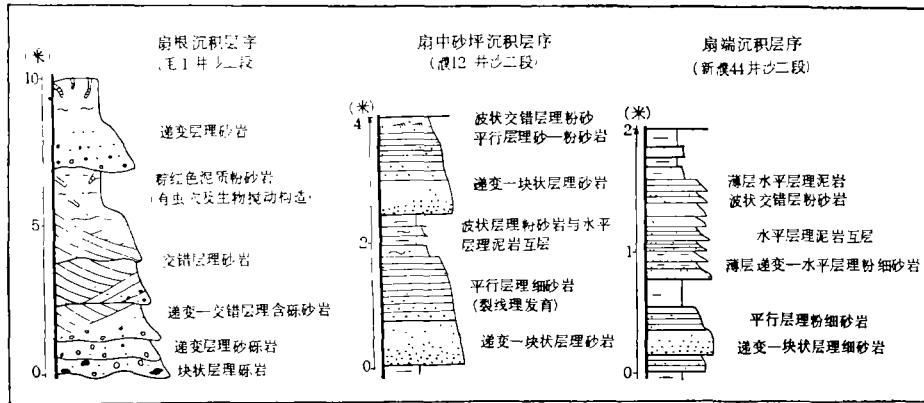


图6 扇群沉积层序图

Fig. 6 Sedimentary sequence of subaqueous alluvial fan group.

-R段组成,但主要为QR段,即基本上为递变悬浮搬运沉积。其概率曲线也主要由悬浮总体组成,属于洪水浊流型曲线。扇中砂坪CM图,图型平行C=M基线,C/M比值不大,均属密度流型。概率曲线层序下部递变-块状层理砂成弧形,层序上部平行层理砂岩曲线由明显的两总体组成,跳跃总体分选较好。由CM图所显示的搬运和沉积的总特点是有一定分选的密度流。从概率曲线上的变化反映出在砂坪带着密度流向牵引流转化的过程。扇端粒级细,以大量的均匀悬浮为特征。

(3) 岩矿特征 北部扇群砂体岩矿总特征是结构成熟度和成分成熟度均较低,有一定变化规律。从扇根到扇端,岩屑含量明显减少(从65—15%左右),石英含量明显增多(从30—60%),岩石类型由岩屑砂岩变为长石质岩屑砂岩,分选系数由>1.2到<1.2,由基质支撑变为颗粒支撑。这说明扇中砂坪及扇端沉积物经受一定的分选和改造。

3. 密度流水道砂体

东濮盆地在断陷早期,由于张裂运动在盆地中形成沟谷,沟谷平行盆地轴向分布。盆地边缘由于洪水等原因形成密度流,沿上述沟谷流向低洼处,随着水流能量减小而形成密度流水道沉积,因此它与拉张断块运动所造成的屋脊断块和抬斜断块有关,并集中分布在盆地南部的沙四—沙三段中。

(1) 沉积层序 (图8) 密度流水道沉积在宏观上表现为在一套较深水湖盆泥岩之间,夹一套递变-平行层理砂岩。在剖面上呈正旋回,电测曲线上呈桶状,平面上为

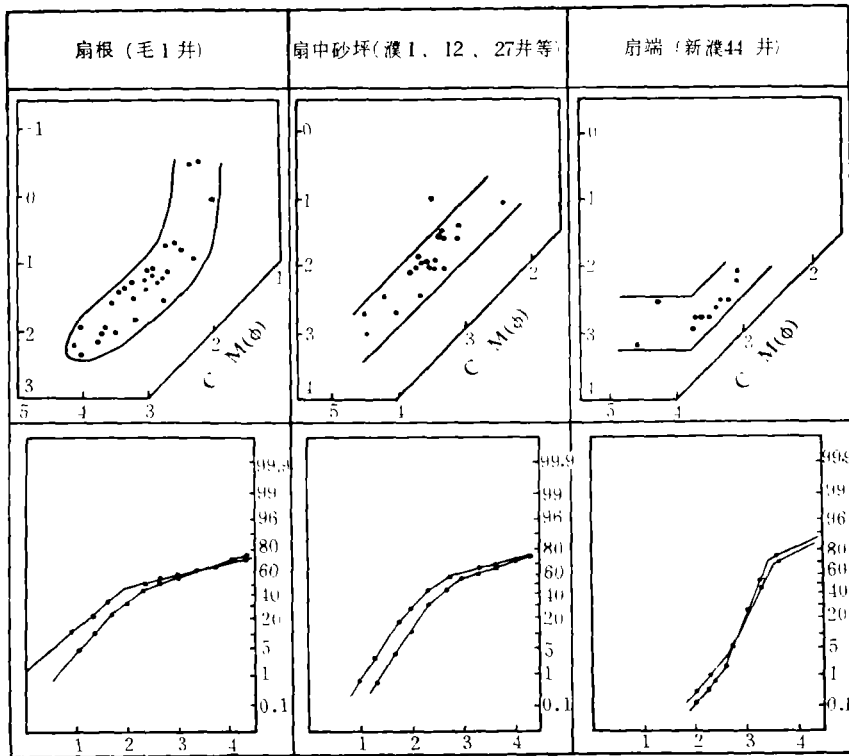


图 7 扇群粒度分布图

Fig. 7 Grain-size distribution of subaqueous alluvial fan group.

北东走向的长条分枝状。它与一般水道一样，分主流和支流。

密度流主水道层序为在深灰色泥岩之上依次为：a) 递变层理中一细砂岩，其底面具冲刷面及负荷构造，底部有大量泥岩扯裂片及泥砾。b) 交错层理砂岩，粒度显示纹理，层间偶含泥砾，底部有时有冲刷现象。c) 平行层理细砂岩，层面易裂开，裂开面上发育裂线理。d) 水平纹理泥质粉砂岩，层面上有大量碳屑，具滑塌变形构造，负荷构造以及泥岩贯入现象等。它与浊流层序类似，其中底痕构造，负荷构造、滑塌构造、扯裂片及液化现象的存在，以及层序下部广泛发育递变层理，无疑属密度流沉积，但从其砂体分布形态及内部结构上来看，下部冲刷面明显，泥砾及交错层发育，又具有水道冲刷性质。

密度流分支水道层序与主水道不同，其中递变层理及交错层理砂岩不发育，粒度较细，泥砾少见，水流冲刷能力较小。

密度流水道末梢为深灰色水平纹理泥岩与平行层理粉细砂岩互层，无冲刷现象。

(2) 粒度特征 密度流水道粒度CM图均为平行C=M基线的密度流型，其C/M比值较小(2—2.8)。概率曲线在层序下部成弧形，上部为由跳跃和悬浮两总体组成(图5)，以此表明沉积物是由密度流形成，并有一定分选，以及在沉积过程中由于密度流中粗粒悬浮负载首先大量卸载，能量及悬浮浓度降低，而显示有牵引流的性质。

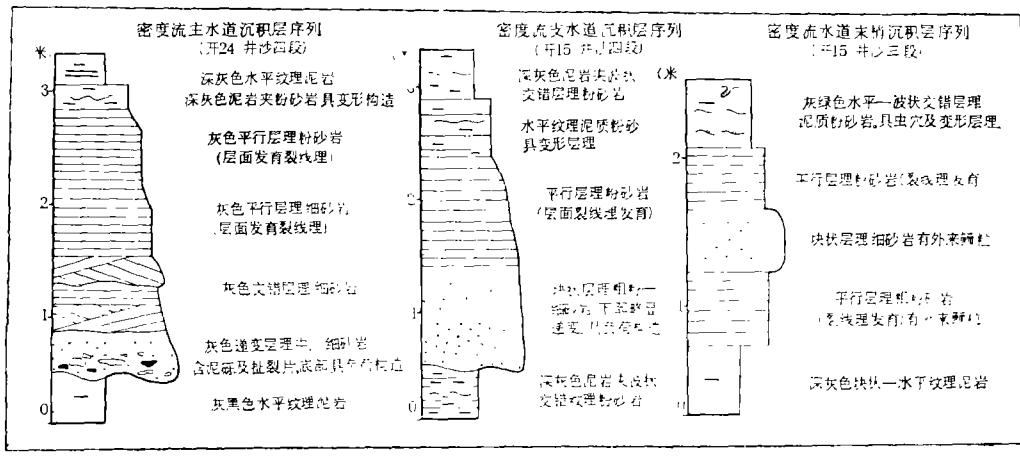


图 8 密度流水道沉积层序图

Fig. 8 Sedimentary sequence of density channel.

(3) **岩矿特征** 密度流水道的岩石成分较简单, 一般石英含量为50—60%, 长石含量为20%, 岩屑<20%, 故其岩石类型为岩屑质石英砂岩。岩屑成分虽较复杂, 但不稳定成分大大减少, 岩石结构成熟度较高, 主要为颗粒支撑的结晶结构和均匀结构, 分选较好, 磨圆中等, 次棱角—次圆, 并有外来鲕粒。上述特点与边缘水下冲积扇有较大不同, 其沉积物可能来自南部较远地区。

4. 湖棚-台地浅滩砂体

盆地中部, 沙三段沉积后, 随着沟谷填平, 构造隆起, 沙二时期湖水变浅, 西部斜坡坡度平缓, 成一浅水湖棚。此区形成了一套受波浪改造的沉积物, 统称之为湖棚-台地浅滩砂体。在宏观上, 为大致泥岩中孤立出现1—2米砂岩, 电测曲线显示薄层、光滑、中幅度、指状曲线。平面上呈席状, 分布在斜坡带及隆起台地上。

(1) **沉积层序** 其层序常呈对称旋回, 或构成反旋回沉积, 其上、下部为灰绿色波状, 透镜状—脉状层理及波状交错层理粉砂岩, 粉砂质泥岩和泥岩互层, 有虫穴及生物扰动构造, 为湖水不深、波浪作用活跃的浅滩边缘沉积。

中部为灰色块状—平行层理粉砂岩, 层面有裂线理。它们均系浅水波浪反复冲刷改造之产物, 属浅滩砂沉积。

(2) **粒度特征** 概率曲线均由三个总体组成, 其中跳跃总体为主, 是浅滩环境的典型曲线(图5)。

(3) **岩矿特征** 其岩石类型为岩屑质石英砂岩, 石英含量60%±, 结构成熟度较高, 分选系数0.5—0.75, 磨圆度为次圆, 为颗粒支撑的结晶结构。

三、沉积模式及沉积特点

东濮盆地上述各类砂体在时间和空间上具有一定分布规律, 它主要由盆地类型、构造发展历史, 古气候及物源条件等因素所决定。在第三纪早期东濮盆地为一狭长裂谷



盆地，沙四—沙三段时期处于强烈断陷阶段，周边特别是东部断裂活跃，北部断块活动强烈，南部屋脊断裂发育，因此在沙四—沙三阶段，盆地主要发育三类砂体，即东西边缘的小型水下冲积扇砂体，北部水下冲积扇群砂体，南部为密度流水道砂体（图 9）。

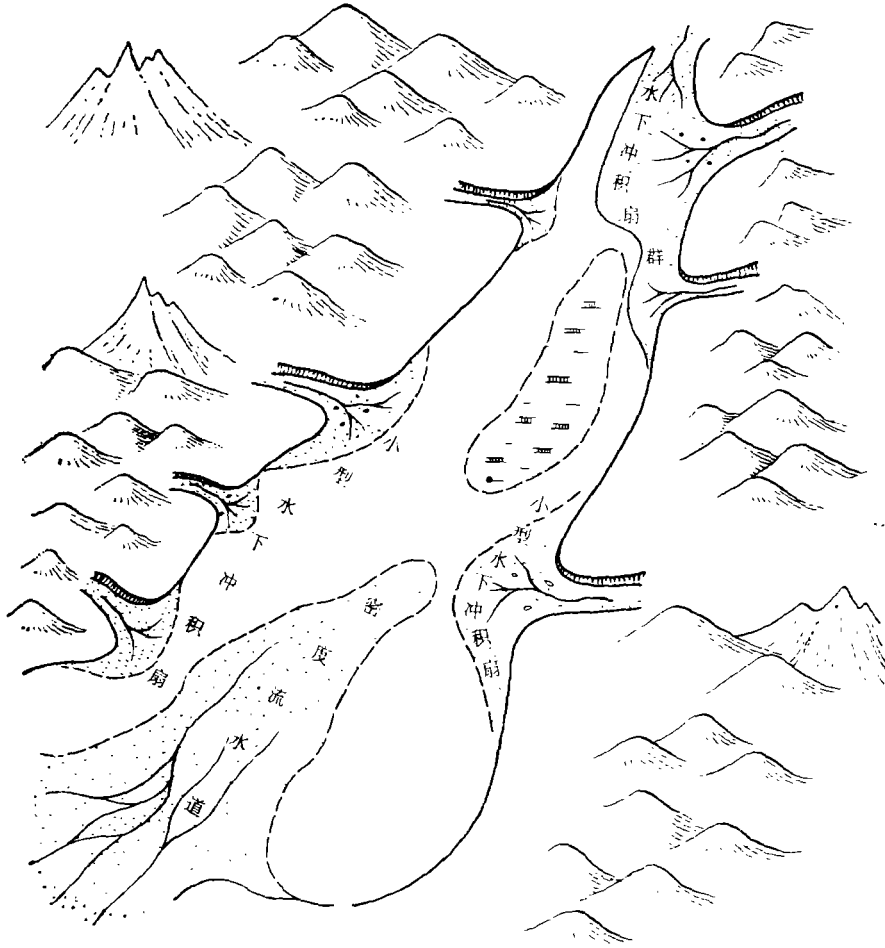


图 9 东濮盆地沉积模式图

Fig. 9 Sedimentary model of Dongpu basin

水下冲积扇都是由于断裂活动所造成的地形差异，使盆地边缘形成一定坡度为前提，较干旱气候下的间歇性洪水又为水下冲积扇提供了物质条件。范县—濮城扇群的发育有其具体的构造条件。根据基底资料，范县—濮城以东断层上升盘上升高度大，并被垂直于主断层的次级断层所横切，造成冲积扇出口较多，而断层下盘为不断下降的缓坡，为接受和保存沉积物创造了良好条件。此外其东北方向物源特别充足，这些均有利于形成大面积连片的扇群砂体。

桥口以南密度流水道砂体，主水道从南到北为开22井—开12井—桥1井，并分出支水道。水道向南延伸情况不清，向北伸至盐湖中尖灭。

主河道砂体与桥口构造上黄河东支断裂等相吻合,这说明密度流水道,是受断裂形成的沟谷所控制。

沙二阶段由于中央带隆起及沟谷趋于填平,地形变缓,因此在中央隆起带形成台地浅滩砂体。在盆地西部斜坡带也较平缓,发育了席状浅滩沉积。但东部聊兰断层仍十分活跃,以致继承性地发育小型水下冲积扇及扇群砂体。

从上述资料可以看出,东濮这种狭长的断陷盐湖盆地,其碎屑岩沉积有如下几个特点:

(1)砂体类型比较多样 根据砂体走向与盆地轴向关系,可分为平行轴向与垂直轴向两大类,二者有显著不同,垂直盆地方向砂体数量多,但规模小,以小型水下冲积扇为主。平行轴向的砂体规模大,顺轴向延伸远,盆地两端都有顺轴向向盆地中间延伸数十公里的砂坪或密度流水道砂体。

(2)物源来自周围隆起 东西两侧小型水下冲积扇都有由岸边山地直接供应的近物源;南北轴向砂体的物源则来自南北较远物源区,从白庙冲积扇与桥口密度流水道砂体之间关系可以证明这一点:(1)两砂体岩矿成分有较大差别,白庙砂体岩屑达60—70%,石英20—30%,而桥口砂体石英达50—60%,岩屑<20%,并含有受磨损表颧,显然两砂体的物质来源无密切连系。(2)两砂体各自成体系。从层序上看东部冲积扇向湖方向很快变为弱水流沉积,而湖中密度流砂体均为高流态沉积,并向南变粗,厚度增大,显然物源来自南部较远源区。只有当地形变得平缓时(沙二段),各个方向的物源才彼此混杂。

(3)形成砂体的流体主要为洪水密度流 洪水是沉积物搬运的主要动力,在携带大量碎屑物入湖时形成密度流,并快速堆积形成块状一递度层理砂砾岩。当洪水密度流在坡度大,冲刷力强时能冲蚀底部形成水道;当冲刷力减弱或遇到平缓斜坡就形成盆内漫流沉积;当湖底有沟谷存在,就形成密度流水道沉积。

(4)在地史发展过程中,东西两侧砂体有明显的继承性 小型水下冲积扇从沙四一沙二几乎是叠置的。但盆地中间是逐渐充填的过程,从沙四到沙二逐渐填平,分割性逐渐不明显,在沙二后期形成大片粉砂岩沉积。

#### 四、砂体与油气关系

东濮盆地的各类砂体已获得丰富的工业油气流。其中北部濮城、卫城、文留、文明寨等油田,油气主要储集在水下冲积扇的扇中砂坪及扇端砂体中。南部桥口、马厂等地工业油流产自密度流水道及浅滩砂体中,白庙油气产自小型水下冲积扇的前缘带。

勘探证明,东濮盆地有着丰富的生油岩,泥岩、盐膏作盖层,有各类砂体作储集岩,即有良好的生储盖组合,以及有着各种圈闭条件,无疑今后勘探可望找到更多的油气资源。

在今后勘探中,从砂体角度来说,应当注意:(1)在东部边缘,特别是在前梨园深凹东侧找寻小型水下冲积扇,(2)在西部胡状集,海通集地区寻找小型水下冲积扇及席状浅滩砂体,(3)在中央隆起带寻找砂岩超覆尖灭带,(4)对于深部沙四段密度流水道应充分重视,特别是南部地区,泥岩厚,生油条件好,其中密度流水道可望获得丰富油

气。此外，沙四段上有盐层作盖层，下伏石炭二叠系含煤地层，也是煤成气的重要储集层，现在已在拗陷北部沙四段发现干气。因此沙四段可作深部勘探的主要目的层。

研究工作得到地质部第二石油勘探指挥部地质大队以及东濮油田地质研究所的支持和指导，特此致谢。

收稿日期 1983年3月1日

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 赖内克等、1979, 陆源碎屑沉积环境(中译本) 石油工业出版社。  
 [ 2 ] 孙永传等、1980, 水下冲积扇——一个找油的新领域,《石油实验地质》第三期32—47。  
 [ 3 ] L.A, Hardie, J.P, Smoot, H.P.Eugster, 1978, Saline Lakes and their aeoposits; a sedimentological approach. Spec. publs. int. Ass. Sediment 2, 7-41.

## LOWER TERTIARY SANDBODY TYPES AND DEPOSITIONAL MODEL OF DONGPU FAULTED SALT LAKE BASIN

Zheng junmao ( 郑浚茂 ), Wang Defa ( 王德发 )  
SunYongchuan ( 孙永传 )

( Wuhan College of Geology )

### Abstract

Dongpu Basin is a faulted basin formed by the disintegration of North China platform due to the intense block movement in Late Mesozoic. Continental sandstone and mudstone interbedded with halite and gypsum rock, 7000m thick, were deposited in Early Tertiary. The centre of the salt lake is in the northern part of the basin, where sandbodies are well developed. According to the sandbody geometry, sedimentary sequence, grain size, rocks and minerals, as well as electric logging, four main types of sandbodies can be distinguished;

(1) The small subaqueous alluvial fans. They are fan-shaped in plane and covers a maximum area of only tens of square kilometers. The sedimentary sequence mainly consists of graded conglomerate and pebble sandstone which rapidly changes to wavy-evenly laminated siltstone. Petrologically, they belong to the low-maturity lithic sandstone with mixed texture. According to the analysis of grain size distribution, the initial dynamics resulting in small subaqueous alluvial fan comes from the intermittent flood.

(2) The subaqueous alluvial fans group——sand flats, the largest sandbodies in the basin, are composed of several coalescing fans. As a whole, these sandbodies are apron-shaped and occupy an area of hundreds of square kilometers. They may be subdivided into proximal, median and distal parts, with the median fan sand flat dominating. The sequence of sand flat consists of (from bottom to top) graded and mas-

sive sandstone, fine sandstone with parallel bedding, siltstone with wavy cross bedding, and evenly laminated muddy siltstone. The parallel bedding sandstone, formed by sheetflood under upper flow regime, is the main part in the sequence. The types of sandstone are lithic sandstone and feldspathic lithic sandstone with mixed texture. The characteristic of grain size distribution shows that the sand flat has the nature of flood turbidity.

(3) Density flow channels. They are striped and branched in plane. The sequence is composed of graded, cross and parallel bedding sandstones with sole mark dish structure and flame structure. Petrologically, they belong to lithic quartzose sandstone, with homogeneous texture. The grain size distribution clearly indicates the density flow deposition.

(4) Lake shelf shoal. They are sheet-shaped in plane. The sequence consists of massive-wavy bedding sandstone and wavy - slight wavy bedding siltstone. The type of sandstone is the higher maturity lithic quartzose sandstone resulting from the wave reworking.

The distribution of the sandbodies depends on the basin type, geologic history and material source. In Early Tertiary Dongpu Basin was a narrow rift-valley basin controlled by block movement. At Sha-IV--Sha-III-stage, only three types of sandbody developed as follows: (i) The small subaqueous alluvial fans were located both on east and west sides, perpendicular to the basin axis; (ii) the fans group was at the northern end, and (iii) the density flow channel at the southern end, both of them parallel to the basin axis. These deposits are related to the boundary fault activity and the development of valley, respectively. At sha-II stage, the lake shelf shoal sandbodies were formed in the central uplift zone and on its slope, because the valleys were fully filled and the central zone was uplifted. In the meanwhile, subaqueous alluvial fan successively developed on east and west sides of the basin, for the boundary faults continued to activate.

To sum up, sandbodies of Dongpu Basin have the following characteristics: (1) They are derived from nearby material sources, (ii) they are chiefly formed by flood turbidity current, and (iii) the subaqueous alluvial fans are dominant in the types of sandbody, and develop successively. Based on the basic conditions for the formation and distribution of sandbodies, the depositional model for the narrow faulted salt lake basin has been given.

At present, oil and gas resources have been found in every type of sandbodies, but the sand flat is the richest in accumulation. The density flow channel sandbodies in Sha-IV member should be considered seriously in the future exploration of the deep-seated oil and gas.