

# 东濮断陷湖盆兰聊陡坡带扇体形成机制 及成藏规律研究

陈业全<sup>1,2,4</sup>, 陈发亮<sup>2,3,4</sup>, 杨小波<sup>4</sup>

(1. 中国科学院贵阳地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071; 4. 中原油田分公司物探研究院, 濮阳 457001)

**摘要** 陆相断陷湖盆陡坡带由于具有特殊的构造背景,在下降盘易发育各种类型的砂砾岩扇体,且具有很好的含油气前景,近几年各大油田也都将其作为增储上产的重要勘探领域。但由于这些扇体一般都具有一定的隐蔽性,而且控制影响因素复杂,尤其是对于为数较多的受高角度大断层控制的断陷湖盆,在陡坡带进行砂砾岩扇体的勘探具有更大的风险性。本文运用层序地层学、地震精细描述等勘探新理论、新技术和新方法,结合生产实际,对东濮凹陷高角度兰聊陡坡带砂砾岩扇体形成机制及成藏规律进行了多学科综合研究,查明了扇体的成因机制、控制因素、分布规律,并进一步探讨了扇体成藏机理和成藏规律,为下一步勘探指明了有利方向和钻探目标,期望为国内外同类盆地陡坡带油气资源的勘探也提供了一定的借鉴。

**关键词** 砂砾岩扇体,高角度陡坡带,坡折带,油气成藏规律,兰聊大断层,东濮凹陷

中图分类号 P631

文献标识码 A

文章编号 1004-2903(2004)02-0348-09

## Research on the origin of the deposit fans and their reservoir formation in lanliao steep slope zone of dongpu depression

CHEN Ye-quan<sup>1,2,4</sup>, CHEN Fa-liang<sup>2,3,4</sup>, YANG Xiao-bo<sup>4</sup>

(1. Guiyang Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Institute of graduate, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039; 3. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 2660701, China;  
4. Geophysical Research Institute of Zhongyuan Oil Field Company, SINOPEC, Puyang 457001, China)

**Abstract** Because of the peculiar structure characteristics of the steep slope zone of continental fault-trough lake basin, there are many more styles sand-conglomerate fans bearing hydrocarbon at the downthrow. More and more petroleum corporations found large-scale reserves in these fans. But the exploration to fan reserves will run a larger risk, especially in a fault-trough lake basin controlled by high-angle fault. The sand-conglomerate fans belongs to subtle traps and controlled or influenced by many more factors. After integrated research on the Lanliao steep slope zone of Dongpu depression using sequence stratigraphy and seismic interpretation, the author analyzed the forming mechanism, controlled factors and distribution rules of the sand-conglomerate fans. The paper indicates that there are 6 kinds of fault structure models of Lanliao fault, and so formed 6 slope-break styles. Combined the result of sequence stratigraphy analysis, the author found alluvial fans, fan deltas, near-bank subaqueous fans, deepwater turbidity fans and slump turbidity fans in Lanliao steep slope zone, and the last 3 kinds of these fans which formed in 3 section of Shahejie formation have the best condition of bearing hydrocarbon. The paper also indicates that Maogang and Baimiao areas are the main exploration aims and have already found many oil and gas. These areas will be the important exploration hotspots in the future. The results of this research will also provide a useful reference to the other basins in home or overseas.

**Keywords** sand-conglomerate fans, high-angle steep slope zone, slope break, hydrocarbon accumulation rule, lanliao fault, dongpu depression

收稿日期 2004-01-10; 修回日期 2004-03-10.

基金项目 中国石油化工集团总公司“十五”重点科技开发项目(P03039)资助。

作者简介 陈业全,男,高级工程师,1966年生,1986年毕业于长春地质学院应用地球物理系,1989年毕业于石油大学(北京)勘探系,获硕士学位,长期从事地震资料采集、处理、解释及地质综合研究工作,多次获部、局级科技进步奖,已发表论文多篇,现为中国科学院贵阳地球化学研究所在读博士。

## 0 引言

在陆相沉积地层中,三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、滑塌浊积扇等沉积砂体一般具有较好的储集空间,同时紧邻深湖-半深湖相烃源岩,具有形成圈闭和油气藏的有利条件,多年勘探实践也表明一些大规模隐蔽油气藏多与此类砂体有关。陆相断陷湖盆陡坡带因具有坡度陡、物源多、物源近、水体深和古地形起伏大、构造活动强等特点而发育较多的扇三角洲、近岸水下扇、滑塌浊积扇等砂砾岩储集体,通过认真研究砂砾岩扇体的形成机制、控制因素、沉积特征和分布规律,可以更好地为这些扇体油气藏的勘探提供足够的理论依据和技术保证。东濮凹陷是我国东部一个典型的新生代断陷湖盆,构造上位

于渤海湾裂谷盆地的西南端,湖盆内发育了巨厚的下第三系盐湖相沉积,其东侧的兰聊大断裂对整个湖盆的发展演化及盆地内地层的沉积发育起着决定性的控制作用,对烃源岩演化及油气聚集也发挥着极为重要的影响。早期研究认为兰聊陡坡带坡度陡,断层倾角大(一般 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ),横向范围窄,不利于砂砾岩扇体发育,因此陡坡带的勘探也未得到足够重视。笔者通过对该陡坡带毛岗-白庙段砂砾岩扇体发育规律和成藏条件进行深入研究,认为并非如此,象兰聊断层这样的高角度大断层下降盘一样可以发育砂砾岩扇体沉积。

兰聊断裂整体呈 NNE 向延伸,总长约 300 km,在东濮凹陷内长约 140 km,是东濮凹陷的东侧控盆大断裂<sup>[1]</sup>。兰聊陡坡带东为鲁西隆起物源区,西为东濮凹陷的主要生烃洼陷带(图 1),具有很好的砂砾岩发育和油气成藏条件,勘探程度低,资源潜力大,目前仅在白庙地区发现一油气田,前 1 井见商业油流,毛 4 井见低产油流,其它各区经钻探只见到比较丰富的油气显示。为了加快该带的油气勘探步伐,中原油田加大了对该区的勘探投入,自 2000 年起先后在该区实施了三块近 600 km<sup>2</sup> 的三维地震,通过加强陡坡带扇体成藏方面的科技攻关,取得了较大的勘探突破,见到了较好的成效。

## 1 基本构造特征

### 1.1 区域构造特征

在东濮凹陷,兰聊断裂整体表现为西掉东抬的张性正断层,形成于早第三纪初期,其构造活动具有长期性(整个新生代)和不均衡性(纵向分期、横向分段)的特点,受早期基底断裂系的影响,在兰聊断裂带中部形成了白庙和毛岗两个大的构造转换带,受其分割,在兰聊断层下降盘分别形成了濮城、前梨园、葛岗集三个大型生油气洼陷(图 1),其中前梨园洼陷是沉陷幅度最大的洼陷;基底最大埋深达 8 000 m。

### 1.2 兰聊断裂样式

由于受复杂构造应力场的综合作用,兰聊断层在不同地区、不同层段具有不同的断裂结构样式。在毛岗-白庙段兰聊断裂主要具有六大类结构模式(图 2)。

#### 1.2.1 犁状结构

一般表现为上陡( $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ )、下缓( $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ),呈犁状,主要发育在兰聊断层活动强烈段。

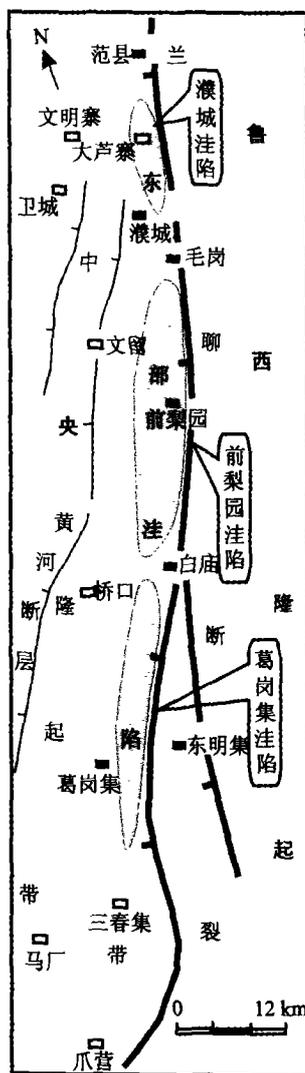


图 1 兰聊陡坡带区域构造略图

Fig. 1 Structure map of Lanliao steep slope zone

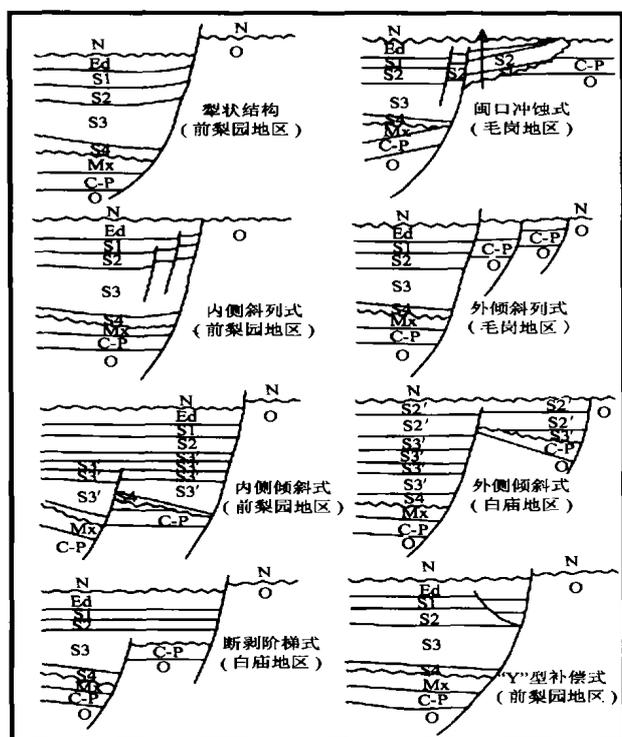


图2 兰聊断层结构样式

Fig. 2 Structure models of Lanliao fault

### 1.2.2 河口冲蚀式

兰聊断层上升盘鲁西隆起物源区的季节性洪水携带大量陆源碎屑物质进入湖盆时对老地层冲刷剥蚀,极易形成入湖河口,如毛2井区<sup>[2]</sup>,这种情况下在下降盘常发育规模较大的砂砾岩扇体。

### 1.2.3 斜列式

受上下盘的牵引作用,在兰聊断层附近发育一系列与之平行的补偿性断层,根据这些补偿性断层的位置又可分为内侧斜列式和外侧斜列式。内侧斜列式补偿性断层主要发育在兰聊下降盘新生界地层中,外侧斜列式补偿性断层主要发育在兰聊上升盘前第三系地层中。

### 1.2.4 翘倾式

兰聊主断层两侧常与其伴生发育一系列同向补偿性断层,一些大的断块常沿断层面绕倾斜或水平轴旋转而使一端翘起,形成翘倾式断块。根据该翘倾断块发育在主断裂的不同位置又将其分为内侧翘倾式和外侧翘倾式,这种断裂结构模式易于形成潜山,且翘倾式断块常位于生油岩中间,成藏条件非常优越。

### 1.2.5 断剥阶梯式

兰聊断层在一些地区往往发育一系列断层,呈阶梯状向隆起区抬升,这些断层一般不是同期的,早

期断层位于洼陷中,埋藏较深,后期各级断层的上升盘逐步向隆起区依次抬起,遭受剥蚀时间逐渐加长,老地层残余厚度逐渐减薄,这种断裂样式在白庙和毛岗两个低隆地区较发育。由于这种样式的断层构造活动相对较弱,整体断距较小,一般发育水下低隆起,在兰聊断裂下降盘是最为有利的油气聚集区。

### 1.2.6 “Y”型补偿式

大断距长期活动的兰聊断层下降盘也发育大量反向的补偿性断层,与主断裂组成“Y”字型,这种断层样式比较利于对油气的封堵,当发育有利储集层时,与地层相配合,容易形成断层遮挡油气藏。

## 2.3 坡折带类型

坡折带是个地貌学概念,是指地形坡度发生突变的地带,近几年在层序地层学中应用比较广泛<sup>[3,4]</sup>,它对沉积发育和地层层序都有着重要的控制意义。地形坡度的变化必然导致水动力条件的改变,因此在断陷湖盆坡折带对陡岸带砂砾岩扇体的沉积有着非常重要的影响,控制着扇体的类型及发育位置。研究发现,在东濮凹陷东部兰聊陡坡带,兰聊断层的结构样式决定着该区坡折带类型和特征,根据其形成机制和形态特征,结合兰聊断层结构样式和区域构造特征,可以将兰聊陡坡带的坡折带分为以下几种类型:

### 2.3.1 冲蚀河道型

主要发育在兰聊断层上升盘老地层中,表现为剥蚀区不整合面上地形坡度的突然变化,这种类型的坡折带主要发育在河口冲蚀式断层发育段,如毛岗地区。这种坡折带常形成大型、长期的物源区河流入口,在其前方湖盆内部多发育规模较大的砂砾岩扇体。

### 2.3.2 断层错位型

这种类型的坡折带主要受斜列式和断剥阶梯式断层的控制,如白庙地区。多级活动的断层形成阶梯式地貌,横向展布范围相对较大,地形整体坡降相对较小,类似于东营凹陷的北部陡坡带。这种坡折带控制的砂砾岩扇体分布范围较大、迭合期次多、砂岩分选及储集物性也相对较好。

### 2.3.3 正向牵引型

由于兰聊断层的大幅度活动,其下降盘沉积的下第三系地层受其牵引、上抬,与兰聊断层共同构成坡度相对较缓的坡折带。这种坡折带常控制深水浊积扇沉积,扇体多呈土豆状,成藏条件很好,如白庙地区杜寨断层下降盘和前1井区。

### 2.3.4 差异沉积型

由于陡坡带扇体比较发育,而这些砂质含量高的扇体常受控于固定位置的点物源,导致陡坡带沉积作用的不均衡,改变了盆底地形,形成这种差异沉积型坡折带,而且这些扇体压实幅度较小,其周边沉积的泥岩压实程度比较高,从而造成差异压实,加剧了这种坡折带幅度,后期扇体的沉积位置和展布形态将受其影响和制约。

2.3.5 古地貌型

由于兰聊断层的不均衡活动以及构造转换带的影响,在转换带附近,兰聊断层活动减弱,在上升盘常形成低洼区,在下降盘则形成洼中低隆,组合成这种古地貌型坡折带,如白庙和毛岗地区。这种长期存在的大型洼中低隆区对砂砾岩扇体的分布及成藏起

着重要控制作用。

2.3.6 陡直峭壁型

在兰聊断层强烈活动段,断面倾角较大,可达 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ,形成这种陡直峭壁型坡折带,这种坡折带多控制一些小型、近源的近岸水下扇沉积。

不同类型坡折带对砂砾岩扇体的控制作用不同,在兰聊陡坡带所形成的多种类型扇体中,以断层错位型坡折带控制的滩式砂体和正向牵引型坡折带控制的壁(悬)挂式砂体的成藏条件最为优越。

3 地层发育特征

兰聊断层上升盘主要为中、古生界地层,且遭受不同程度的剥蚀,其上直接覆盖有上第三系和第四

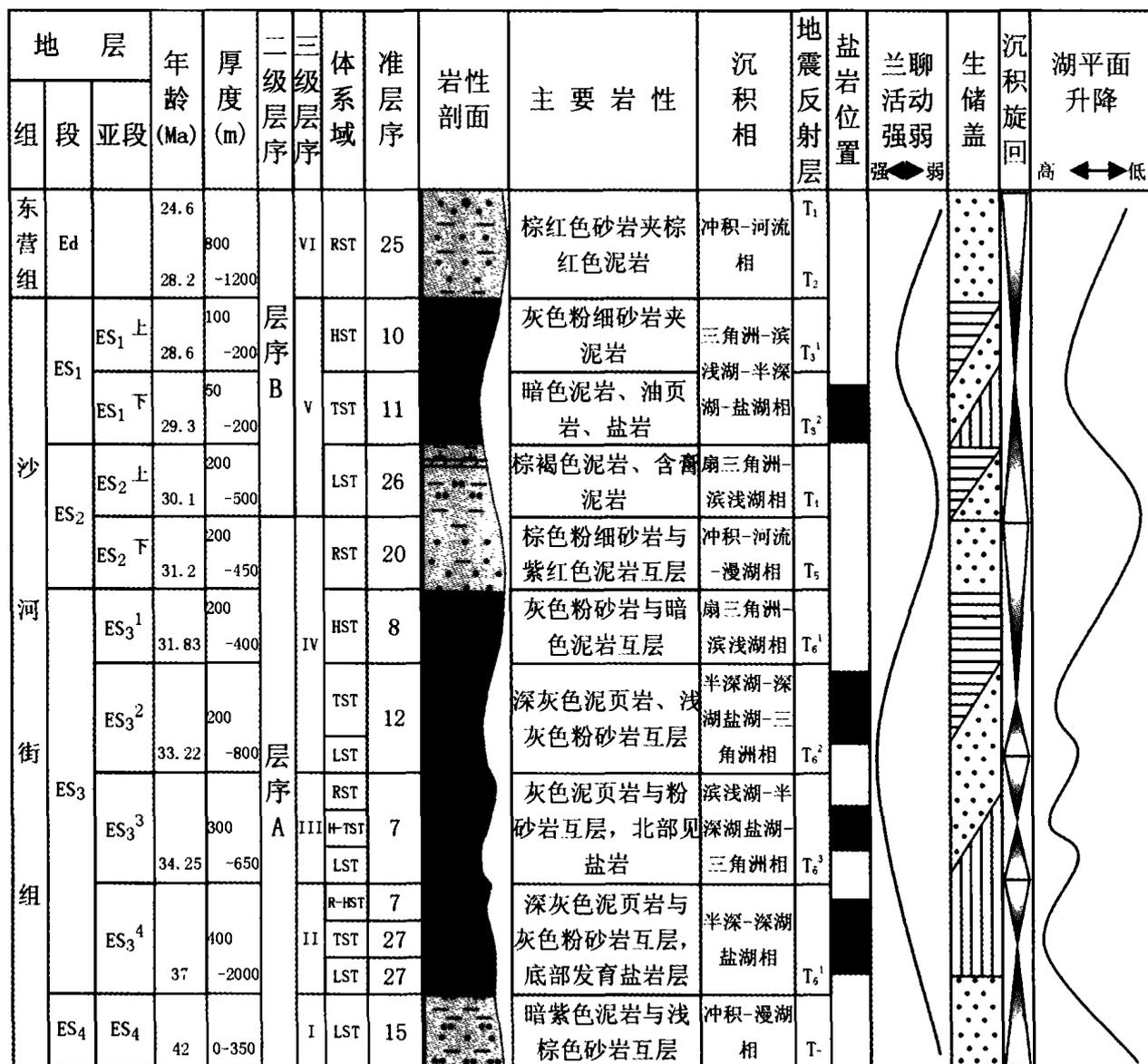


图3 东濮凹陷层序地层划分综合图  
Fig. 3 Comprehensive map of sequence stratigraphy in Dongpu depression

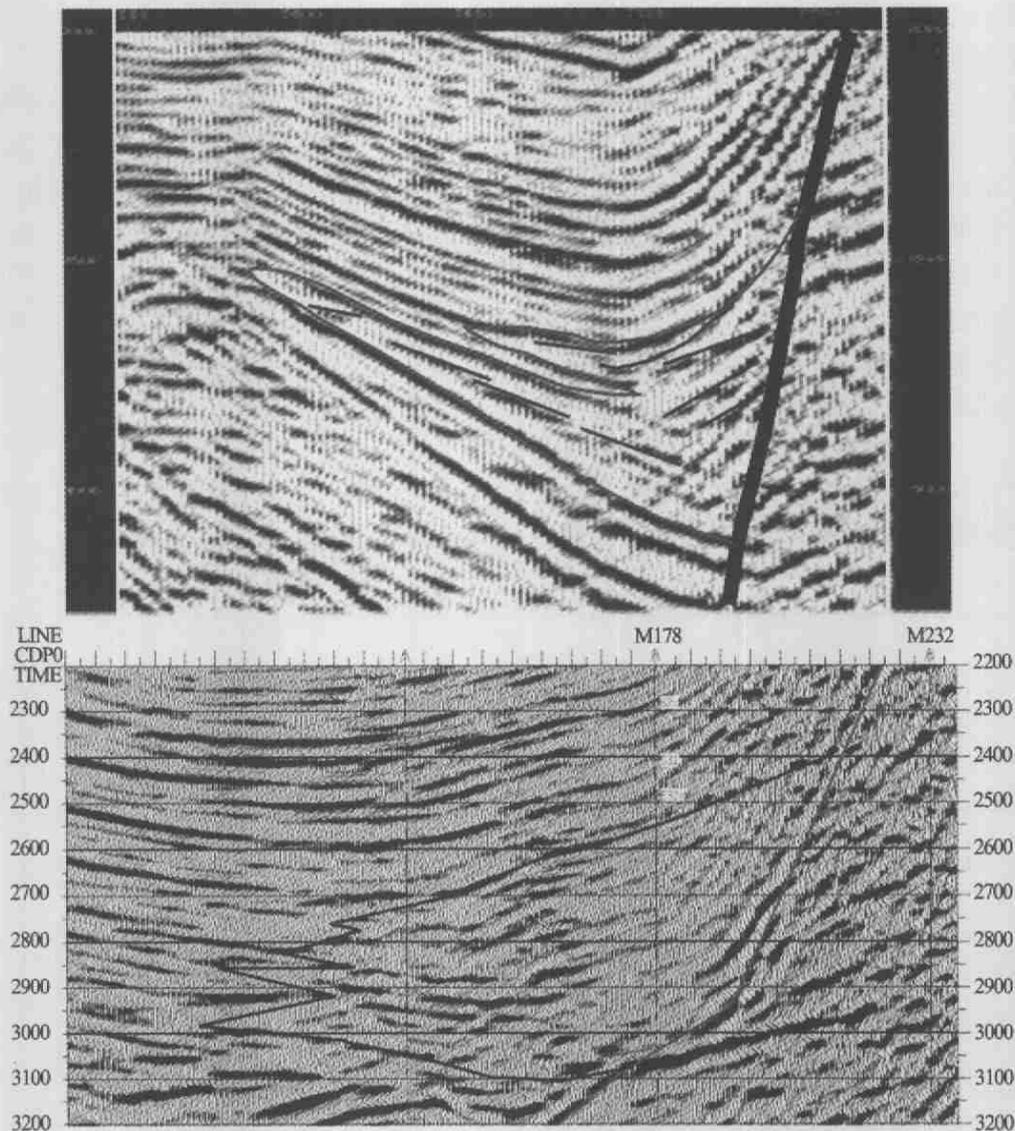


图4 扇体地震响应特征

Fig. 4 Seismic characteristics of fanbody

系地层,兰聊断层下降盘则发育较厚的下第三系地层.

### 3.1 层序地层特征

层序地层学理论注重的是沉积地层的成因和周期性的旋回变化,东濮凹陷层序地层的发育与兰聊断层活动和气候的变化密切相关.本文根据钻井、录井、测井、岩心资料,结合构造分析和地震解释,将东濮凹陷下第三系地层划分为两个二级层序、六个三级层序和17个体系域(图3).由层序地层分析结果可知,沙三<sup>4</sup>、沙三<sup>2</sup>、沙一<sup>下</sup>三个亚段属于湖侵体系域(TST),湖盆扩张范围最大,以深湖相泥页岩和盐岩沉积为主,沙四段、沙二段和东营组属于低位体系域(LST)和湖退体系域(RST),浅水红色地层沉积为主,沙三<sup>3</sup>、沙三<sup>1</sup>和沙一<sup>上</sup>三个亚段属于高位体系域

(HST),以灰色砂泥岩地层沉积为主.不同体系域,由于其沉积环境不同,所发育的扇体类型、规模和成藏条件也都有很大差异.

### 3.2 沉积岩相特征

层序地层学研究认为,在兰聊下降盘下第三系地层主体表现为两期大的沉积旋回,主要沉积相类型包括有河流相、冲积-漫湖相、盐湖相、湖泊相等.在这些大规模主体沉积岩相发育的同时,兰聊陡坡带由于其独特的构造背景条件,还发育有(扇)三角洲、近岸水下扇、冲积扇、深水浊积扇和前缘滑塌浊积扇等扇体沉积.

#### 3.2.1 扇体沉积的地质背景

兰聊陡坡带东侧紧邻鲁西隆起物源区,下降盘水体比较深,具有坡度陡、物源近、古地形起伏大、构

造活动强等特点,因此为各类扇体的发育提供了很好的地质条件.兰聊断层下降盘钻井揭示的氧化环境下的紫红色、红褐色地层比较发育,甚至沙三<sup>2-3</sup>亚段也出现多套红色地层,反映了该区靠近物源、陆源碎屑快速堆积、多套扇体迭合沉积的特点,并导致水体变浅,氧化条件有所增强.

### 3.2.2 扇体沉积岩相特征

通过对研究区钻录井资料、岩心、分析化验资料进行综合分析,发现兰聊断层下降盘沉积地层也表现出扇体沉积的基本特征,比如很多取心资料都见到了粗粒砂岩、砂砾岩等(前6、前11、白7、毛2等井),多见冲刷构造、挤压变形构造,地层沉积岩性混杂,颗粒分选、磨圆差,岩屑等不稳定组分含量高,砂岩成分成熟度和结构成熟度都较低,粒度概率曲线多呈一段和两段式,总体反映了一种近物源快速堆积的沉积岩相特征.

### 3.2.3 扇体地震相特征

在地震资料上,兰聊断层下降盘扇体响应特征也很清晰<sup>[5-7]</sup>,地震剖面上可见到楔形、迭瓦形前积反射,扇体内部常表现为杂乱、连续性差、相对较弱的反射(图4).

## 4 扇体发育规律

### 4.1 扇体主要类型

由于兰聊断层属于高角度控盆断层,导致兰聊陡坡带分布范围比较窄,湖岸到深湖中心距离很短,这决定了其难以发育大规模三角洲,而只发育一些近源扇体,表现为多点物源、横向相变快、相带比较窄,以重力流扇体为主,牵引流扇体相对不发育的特征.根据扇体形态、沉积特征、发育时期、分布位置、控制因素等几方面综合考虑,可以将兰聊陡坡带砂砾岩扇体划分为洪水冲积扇、(扇)三角洲、近岸水下扇、深水浊积扇和前缘滑塌浊积扇五种类型(表1).

### 4.2 扇体形成机制及控制因素

我国东部地区早第三纪张性湖盆比较发育,且都有个共同的特点,就是至少有一个控制湖盆发育的大断裂,表现为单断箕状或双断式断陷湖盆.控盆断裂活动强烈,落差大,上升盘多为稳定地块,形成剥蚀物源区,下降盘多为沉降中心,形成深水沉积区,这种构造背景非常利于各类扇体的沉积<sup>[7-9]</sup>.研究认为,在兰聊陡坡带,各种扇体的沉积类型、大小、形态、分布位置主要与兰聊断层的断裂结构、活动强度、转换带位置、物源区古地貌、坡折带类型、盆底沉

积地形、盐湖沉积中心位置、基准面升降、沉积可容空间大小、古水系以及古气候的变化等因素密切相关.一般情况下,在下降盘发育大规模扇体的有利因素包括强烈的构造活动、湿润多雨的气候、较高的湖平面、低洼的古地形和好的构造位置.

#### 4.2.1 兰聊断层性质

在早第三纪,兰聊断裂活动存在强-弱、强-弱两个周期,在活动强烈期,构造运动会导致上升盘物源区大规模山体垮塌、滑坡,为湖盆沉积提供更多的物质基础,而兰聊断层下降盘的大幅度沉降则会为陆源碎屑物质的沉积提供更多的沉积可容空间.当然兰聊断层在不同位置、不同时期其断裂结构也有较大差别,会影响到扇体的发育规模和分布位置.

#### 4.2.2 物源区古地貌

一般情况下,陡坡带扇体的分布符合沟-扇对应关系<sup>[7-9]</sup>,因此物源区古地貌对扇体的发育也有着重要影响.三维地震解释发现,兰聊上升盘发育较多的古冲沟(图5),导致物源区地形起伏变化,容易形成沟梁相间的古地貌特征(图6).根据三维地震解释成果,发现在兰聊断层上升盘毛岗至白庙一带近60 km的距离就发育有13个山梁和12个沟谷,这些沟梁相间的古地貌将决定着兰聊下降盘扇体的发育位置.

#### 4.2.3 构造转换带及坡折带类型

毛岗和白庙两个构造转换带不仅影响着兰聊断层的断裂结构、坡折带类型,并可进一步控制着各类扇体的发育规模和位置.在兰聊陡坡带发育的6种类型的坡折带也控制着扇体发育的位置、类型、大小、形态和含油气性.

#### 4.2.4 基准面升降与可容空间变化

沉积基准面的上升和下降影响着沉积可容空间的大小,决定着地层的沉积和剥蚀.高分辨层序地层学理论特别强调基准面的升降,研究认为不同类型的扇体发育于沉积基准面升降的不同时期.

#### 4.2.5 古气候与古水系

气候的变化对扇体的发育有着决定性的影响,温热潮湿的气候会造成季节性的降雨和大规模的山洪,形成诸多季节性河流,将大量物源区剥蚀的碎屑搬运到湖盆,形成扇体沉积.

#### 4.2.6 盆底沉积地形和盐湖沉积中心位置

构造转换带不仅影响着上升盘的沟梁地貌,对下降盘湖盆地形也有重要影响,受其控制,在兰聊下降盘发育的次级断层形成的断阶以及水下古隆起区对扇体的发育也有决定性的影响.另外东濮凹陷属

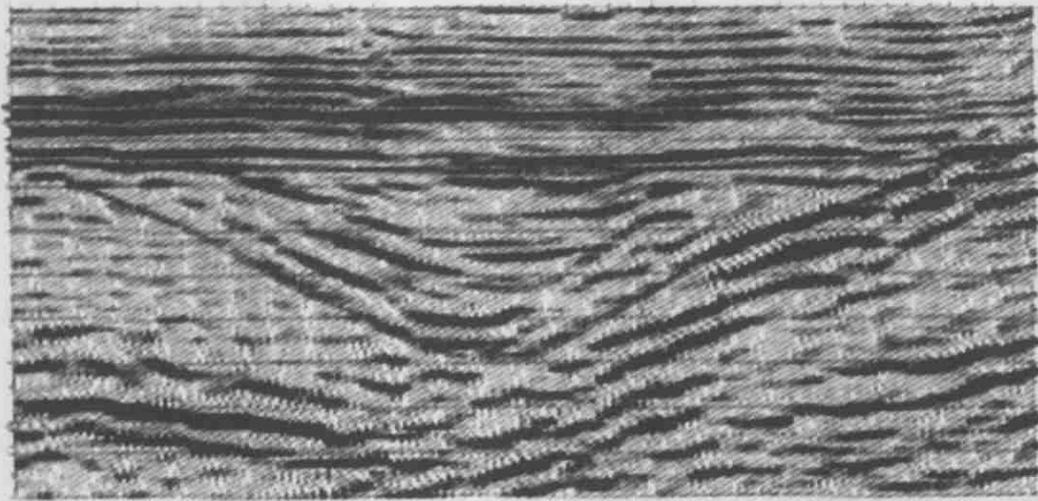


图5 物源区冲沟发育

Fig. 5 Seismic characteristics of incised valley in denudation areas

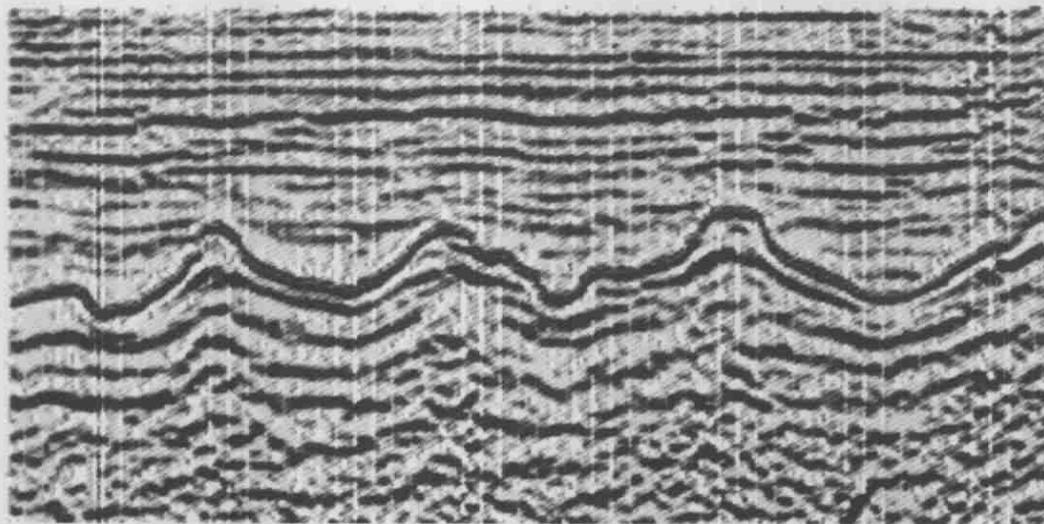


图6 源区沟物梁相间古地貌剖面特征

Fig. 6 Channels and ridges in positive areas

表1 兰聊陡坡带扇体类型及发育特征

Table 1 Types and characteristics of fanbodies in Lanliao steep slope zone

类型	岩性组合	沉积构造	形成条件	测井曲线	地震响应	层位	实例
洪水冲积扇	紫红色砾岩、含砾砂岩、粉砂岩、泥岩混杂	块状层理、粒序层理、正韵律	较大的地势高差,湖盆水体浅	齿化钟形、箱形及复合形	楔形、锥形短波状、杂乱反射	Ed ES <sub>2</sub> <sup>F</sup> ES <sub>4</sub> 早期	毛岗 ES <sub>2</sub> <sup>F</sup>
扇三角洲	灰色、棕褐色砾岩、含砾砂岩、粗砂岩、粉砂岩、泥岩互层	块状层理、平行层理、槽状交错层理、递变层理	较强烈的构造活动,适宜的地形坡度和水深	箱形、漏斗形、钟形及复合形	楔形、“S”形亚平行反射	ES <sub>1</sub> <sup>上</sup> ES <sub>2</sub> <sup>上</sup> ES <sub>3</sub> <sup>1</sup> 上部	毛岗 ES <sub>2</sub> <sup>上</sup> 前梨园 ES <sub>3</sub> <sup>1</sup>
近岸水下扇	泥岩、粉细砂岩、含砾砂岩互层	平行层理、粒序层理、正韵律	近源、山高、坡陡、水深	钟形、指状、齿化箱形	楔形杂乱反射	ES <sub>4</sub> <sup>上</sup> ES <sub>3</sub> ES <sub>1</sub> <sup>F</sup>	白庙 ES <sub>3</sub> 毛岗 ES <sub>3</sub>
深水浊积扇	灰色块状砂岩夹薄层泥岩	正韵律、具鲍马序列	湖盆深陷期,在深水平缓区沉积	箱形、钟形、指状	楔形波状反射	ES <sub>3</sub> <sup>3-4</sup>	前梨园
前缘滑塌浊积扇	灰色泥岩夹砂岩	正韵律、块状层理、粒序层理	前缘砂体不稳定	齿化箱形、钟形	楔状、透镜状,波状反射	ES <sub>3</sub> <sup>4</sup>	白庙、杜寨 ES <sub>3</sub> <sup>3-4</sup>

于典型的盐湖沉积,盐度较大的高密度卤水对陆源来的淡水会起到顶托阻碍作用,影响着扇体的形状和分布位置。

### 4.3 扇体分布规律

通过前面的分析可以发现,对于兰聊这种高角度陡坡带,其扇体的时空展布主要与周期性构造活动、断裂结构特征和湿热的气候有关。在不同时期,以及同一时期不同部位形成了成因各异、形态各异的砂砾岩扇体,在平面上组成了多套沟-扇沉积体系。

#### 4.3.1 横向平面分布规律

砂砾岩扇体在平面上的分布主要受控于区域构造格局和物源区沟梁相间的古地貌<sup>[8]</sup>,在兰聊断层强烈活动期,由于受构造转换带的影响,在转换带位置断层活动相对减弱,上升盘地形相对低,下降盘地形相对高,是沟扇体系发育的最有利位置,而且下降盘的构造高可形成水下低隆,不仅控制物源区沿冲沟过来的水系向两侧改道,导致扇体大多堆积在其两侧,而且该位置因地形相对较高、水体较浅、水动力较强,湖水可以对堆积其上的砂泥混杂的沉积物进行淘洗、分选,形成物性条件较好的储集体,如白庙和毛岗两个低隆区控制了毛岗扇体和前8扇体。

#### 4.3.2 纵向组合演化关系

扇体发育的最有利条件是强烈的构造运动、山高坡陡、沟梁相间的古地貌特征和湿热的气候提供的季节性洪流<sup>[8,9]</sup>。分析认为这种条件在东濮凹陷早第三纪沙三期最为具备,亦即沙三段是各类扇体发育的最佳层位,形成了众多的(扇)三角洲、近岸水下扇、深水浊积扇、前缘滑塌浊积扇等扇体沉积。

层序地层分析认为东濮凹陷下第三系两大沉积旋回都是从冲积河流—滨浅湖—深湖—滨浅湖—冲积河流的旋回式周期演变,由此也决定了陡坡带砂砾岩扇体纵向组合关系的演变规律,形成了冲积扇—近岸水下扇—深水浊积扇、前缘滑塌浊积扇—扇三角洲—冲积扇两期旋回式扇体迭置关系。

## 5 陡坡带扇体成藏规律

### 5.1 扇体成藏条件

众所周知,我国东部张性断陷湖盆控盆大断裂下降盘都是湖盆的主要沉降中心,水体深,生油岩发育,多为主力生烃洼陷发育的位置,因此陡坡带发育的扇体都邻近油气源,具有“近水楼台”的优势,成藏条件都比较好,当然针对具体的某个扇体,其成藏特征还受以下几种因素控制。

#### 5.1.1 分布层位

层序地层演化的不同时期沉积环境明显不同,强烈断陷期发育的沉积层序延续时间长、沉积厚度大,扇体成藏条件好;断陷萎缩期发育的层序延续时间短、沉积厚度小,扇体成藏条件相对较差。当然在不同体系域位置扇体成藏条件也不一样,一般情况下发育在湖侵体系域和高位体系域的扇体成藏条件要好于低位体系域和湖退体系域中的扇体。综合分析认为,在东濮凹陷扇体成藏条件最有利的层位是沙三段。

#### 5.1.2 成因类型

扇体成藏条件的优劣主要取决于自身储集物性的好坏、与生油岩的接触关系以及横向上的封堵条件。而针对不同类型的砂砾岩扇体,这些条件是有很大差异的。从以上因素考虑,研究认为最利于成藏的砂砾岩扇体主要有近岸水下扇、深水浊积扇和前缘滑塌浊积扇,其次是扇三角洲,冲积扇一般远离烃源岩,成藏条件最差。

#### 5.1.3 沉积相带

砂砾岩扇体一般都具有比较强的非均质性,不同相带储集物性差别也比较大,特别是扇三角洲和近岸水下扇,扇根亚相一般粗细混杂,物性都比较好,可以作为横向遮挡层。而扇中亚相储集物性则比较好,与扇根相配合可以形成含油气条件比较好的岩性油气藏。

#### 5.1.4 构造条件

除了浊积扇可以自行成藏外,其它砂砾岩扇体一般都要与一定的构造条件相配合,构成上倾岩性尖灭或遮挡,才能形成比较好的油气富集条件。

### 5.2 扇体油气藏分布规律及有利目标查证

综合分析认为,在兰聊这样的高角度断层控制下的陡坡带同样可以发育扇三角洲、近岸水下扇、冲积扇、深水浊积扇和前缘滑塌浊积扇等砂砾岩扇体。根据中原油田三次资源评价结果和目前的勘探情况,认为兰聊断裂带附近尚有石油资源量  $4\ 100 \times 10^4$  t,天然气资源量  $595 \times 10^8$  m<sup>3</sup> 待于发现,具有较大的资源潜力,这些潜在的油气资源在很大程度上就赋存于这些扇体之中。研究认为在东濮凹陷兰聊陡坡带最利于成藏的扇体主要有近岸水下扇、深水浊积扇和前缘滑塌浊积扇,扇体成藏条件最好的层段是沙三段,成藏条件最好的位置是白庙和毛岗低隆区及其两侧,濮城洼陷和前梨园洼陷中发育的扇体虽然规模较小,成藏条件也比较有利。

根据以上分析,对一些有利目标实施了钻探,在

白庙北翼实施的前8井钻在扇中有利相带,沙三<sup>2-3</sup>亚段综合解释油层12.53 m/8层,气层8.8 m/3层,3 981.9~4 095.0 m中途测试获气38 746 m<sup>3</sup>/d,油77.25 m<sup>3</sup>/d,完井求产获油12.2 m<sup>3</sup>/d,气3 750 m<sup>3</sup>/d,新增探明石油储量719 × 10<sup>4</sup> t,溶解气储量14.09 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>;在白庙西翼实施的白58井钻遇深水浊积扇,在沙三<sup>2-3</sup>亚段发现气层56.6 m/24层,在4 225.8~4 233.8 m试获气12 000 m<sup>3</sup>/d,3 900~3 939 m试获气15 000 m<sup>3</sup>/d,油20.5 t/d,探明天然气储量39.67 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,凝析油195.7 × 10<sup>4</sup> t。但是由于砂砾岩扇体成藏的复杂性,对这些扇体油气藏的勘探具有更大的风险,尤其是对一些扇体含油气性的预测估计不足,造成一些探井的失利,如在毛岗扇体钻探的前6井,虽然发现了多套含砾砂岩、砂砾岩,证实了该扇体的存在,但钻在了扇根亚相,沙三段砂岩含量高达56%以上,仅见到了1.72 m/1层荧光显示;在前1构造实施的前11井虽然钻遇了多套砂砾岩,沙三段砂砾岩含量达35%以上,但由于构造位置过低,也仅见到7.82 m/6层荧光显示。

根据以往勘探工作中取得的经验和教训,认为今后对兰聊陡坡带砂砾岩扇体的勘探,除了继续加强对白庙和毛岗两个低隆区周边扇体进一步探索外,还应重视对前梨园洼陷和濮城洼陷中的扇体进行精细描述,尤其是要加强对扇体的地震储层预测和含油气性分析,以期降低钻探风险,提高钻探成功率。

#### 参 考 文 献 (References):

- [1] 刘光鼎,宋海斌,张福勤. 中国近海前新生代残留盆地初探[J]. 地球物理学进展,1999,14(3):1~8.
- [2] 刘光鼎,郝天珧,祝靛谊. 环渤海地区油气资源探查的思考[J]. 地球物理学进展,2002,17(4):559~563.
- [3] 刘光鼎. 前新生代海相残留盆地[J]. 地球物理学进展,2001,16(2):1~7.
- [4] 刘光鼎,祝靛谊. 近期油气勘探地球物理的一些新进展[J]. 地球物理学进展,2003,18(3):363~367.
- [5] 祝靛谊. 油气勘探综合地球物理研究方法综述[J]. 地球物理学进展,2003,18(1):19~23.
- [6] 刘秋生,李火车等. 兰聊断裂带“横向三分”结构及其意义[J]. 石油地球物理勘探,1998(增刊):89~99.
- [7] 陈振中,李治等,毛岗地区兰聊断层新认识[J]. 断块油气田,1998,4:16~19.
- [8] 王英民,金武弟,刘书会,等. 断陷湖盆多级坡折带的成因类型、展布及其勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2003,24(3):199~203.
- [9] 李思田,潘元林,陆永潮等. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2002,27(5):592~598.
- [10] 刘传虎,砂砾岩扇体发育特征及地震描述技术[J]. 石油物探,2001,40(1):64~72.
- [11] 刘书会,宋国奇,赵铭海,复杂砂岩储集体地震地质综合解释技术[J]. 石油物探,2003,(42)3:302~305.
- [12] 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.
- [13] 付瑾平,刘玉浩等. 箕状凹陷陡坡带砂砾岩扇体空间展布及成藏规律——以东营凹陷为例[J]. 复式油气田,1998,3:8~11.
- [14] 姜素华,林红梅,王永诗. 陡坡带砂砾岩扇体油气成藏特征——以济阳拗陷为例[J]. 石油物探,2003,42(3):313~317.
- [1] 刘光鼎,宋海斌,张福勤. 中国近海前新生代残留盆地初探