

文章编号:1672-6561(2012)01-0009-11

## 高邮凹陷古近系戴南组扇三角洲 沉积体系及其沉积相模式

纪友亮<sup>1</sup>, 李清山<sup>1</sup>, 王 勇<sup>2</sup>, 胡 斌<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249;

2. 中国石油化工股份有限公司江苏油田分公司物探研究院, 江苏 南京 210046)

**摘要:** 扇三角洲是苏北盆地高邮凹陷戴南组较为发育的一种沉积类型, 集中分布在凹陷南部陡坡带一侧, 是该区一个重要的勘探领域。根据岩芯、测井、地震、粒度等资料, 对高邮凹陷古近系戴南组扇三角洲的沉积特征进行了研究, 建立了高邮凹陷戴南组的沉积相模式。根据单井沉积相、连井沉积相分析以及地震剖面反射特征和砂地比图综合分析, 确定了戴南组各亚段沉积相的平面展布, 编制了戴南组各亚段沉积相分布图。结果表明: 高邮凹陷南部陡坡带地形陡, 存在扇三角洲发育的条件, 也存在反映浅水环境的岩性特点, 成分成熟度和结构成熟度低反映了近物源的条件, 还发现反映牵引流和重力流共存的沉积构造特点; 从地震反射特征上看, 反射结构不稳定, 并发现向盆地边缘加厚的楔形地震相。在此基础上, 重点对戴南组扇三角洲相各微相进行了分析, 共划分出扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲亚相, 并进一步划分出水上分流河道、漫滩沼泽、水下分流河道、分流河道间和席状砂等微相, 最后详细阐述了各微相的沉积特征。

**关键词:** 沉积体系; 沉积相; 模式; 扇三角洲; 戴南组; 古近系; 高邮凹陷; 苏北盆地

**中图分类号:** P618.13; TE121.3 **文献标志码:** A

## Fan delta sedimentary system and facies models of Dainan Formation of Paleogene in Gaoyou Sag

Ji You-liang<sup>1</sup>, Li Qing-shan<sup>1</sup>, Wang Yong<sup>2</sup>, Hu Bin<sup>2</sup>

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Geophysical Exploration Scientific Research Institute, Jiangsu Oilfield Company, Sinopec, Nanjing 210046, Jiangsu, China)

**Abstract:** Fan delta, which is developed on the steep slope belt on the south side of the sag, is an important sedimentary facies of Dainan Formation in Gaoyou Sag of Subei Basin. It is a very important oil exploration area in Gaoyou Sag. According to the data of core, well-log, seismic, granularity analysis and other information, a comprehensive study on fan delta sedimentary characteristics of Dainan Formation of Paleogene in Gaoyou Sag were conducted, and the sedimentary facies models of Dainan Formation were established. According to single well and cross well sedimentary facies analysis, seismic profile reflection and sand ratio contour map analysis, planar distributions of sedimentary facies in different submembers of Dainan Formation were confirmed, and the distribution maps of sedimentary facies in different submembers were drawn. The results showed that the steep slope paleogeography in the southern part of Gaoyou Sag was a suitable condition for the development of fan delta, and the lithologic characters

收稿日期: 2011-05-17

基金项目: 国家科技重大专项研究项目(2011ZX05009-003)

作者简介: 纪友亮(1962-), 男, 教授, 博士研究生导师, 工学博士, 从事层序地层学与沉积学教学和研究, E-mail: jiyouliang@cup.edu.cn。

reflecting shallow water environment were discovered, and the low component and textural maturities reflected the conditions of near provenance of sediments, and sedimentary structures reflecting traction flow and gravity flow were found; based on the seismic reflection profile, the reflection configuration was unstable, wedge shaped seismic facies toward the edge of the basin was developed. Finally, fan delta was divided into three parafacies including fan delta plain, fan delta front and fore fan delta, and further divided into some microfacies including distributary channel on water, back marsh, underwater distributary channel, inter distributary channel, sheet sand and so on; the sedimentary characteristics of the microfacies were detailedly explained.

**Key words:** sedimentary system; sedimentary facies; model; fan delta; Dainan Formation; Paleogene; Gaoyou Sag; Subei Basin

## 0 引言

扇三角洲是指冲积扇或辫状河直接进入浅水体形成的一类砂体<sup>[1]</sup>。其平面形态一般呈扇形,水上部分为扇三角洲平原,水下部分为扇三角洲前缘,在其上游方向缺失曲流河沉积<sup>[2-6]</sup>。目前多数学者研究认为,湖盆扇三角洲多发育在地形高差大的湖泊短轴方向上,物源区距湖盆水体近,甚至直接接触<sup>[7-8]</sup>。扇三角洲可以发育在盆地的收缩期和低位期,也可以发育在湖盆发育的高水位期。

本研究的层段是高邮凹陷古近系戴南组。在高邮凹陷南部陡坡带发育含泥砾的砂级和细砂级碎屑岩体是该区的重要油气勘探领域<sup>[9-11]</sup>,这套碎屑岩体究竟是远源三角洲、近岸湖底扇还是扇三角洲沉积,一直存在争议<sup>[12-18]</sup>。不同的沉积相类型,其砂体展布模式和储层质量不同,因此有必要对高邮凹陷古近系戴南组的沉积相类型做详细研究。经过本次研究,确定扇三角洲体系是高邮凹陷南部陡坡带戴南组最为发育的一种沉积类型。戴一段早期,凹陷处于裂陷初始期,盆地规模较小,南部断裂带距物源较近,周缘物源沉积体系很快进入湖泊,形成广泛分布的扇三角洲沉积体系类型;戴二段时期,构造活动趋于平缓,沉积

物供应充足,在南部断阶带形成了大型的扇三角洲沉积。受到古构造、古地形、水动力条件等不同因素的控制,不同扇三角洲的分布范围、形态等表现出不同情况。扇三角洲各种亚相(平原、前缘、前扇三角洲等)的识别标志较多<sup>[7,19-20]</sup>,各种标志的综合应用,可以较为准确地识别出扇三角洲沉积体系类型。

## 1 扇三角洲相标志

扇三角洲发育的基本条件是物源区地势高,坡降陡,这样由碎屑流和辫状河携带的碎屑物质进入浅水环境,形成扇三角洲沉积。因此,从扇三角洲发育的沉积背景来看,其具有多种识别标志。

### 1.1 沉积水体环境及岩性特征

扇三角洲是在浅水环境中沉积的砂体,其岩性特征主要由棕色、浅紫色、暗紫色泥岩(图1),浅灰色泥岩夹粉细砂岩,中—粗砂岩和含砾砂岩组成(图2),这种岩性特征能反映浅水氧化环境。仅在扇三角洲前缘和前扇三角洲有灰色泥岩沉积,反映了水下的弱还原环境(图3)。

### 1.2 粒度特征及成分和结构特征

由于扇三角洲上游的山区河流流程短,所以河流带来的碎屑沉积物得不到充分的磨圆和分选,很

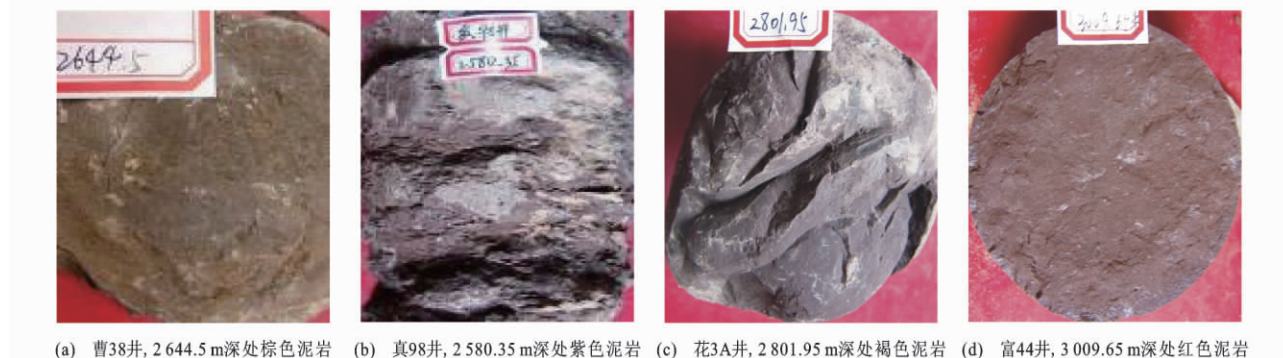


图1 戴南组氧化色泥岩照片

Fig. 1 Photos of light colored mudstones of Dainan Formation

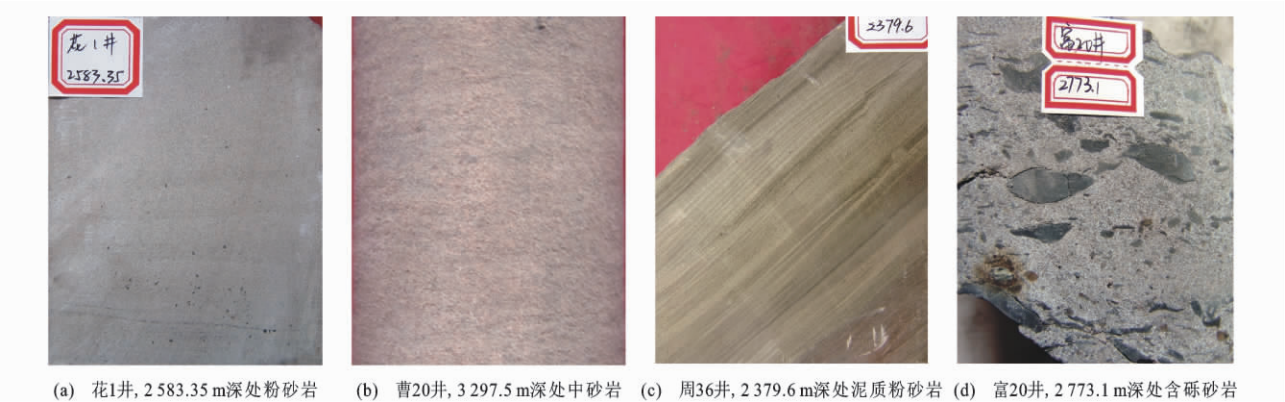


图 2 戴南组各种砂岩照片

Fig. 2 Photos of different sandstones of Dainan Formation

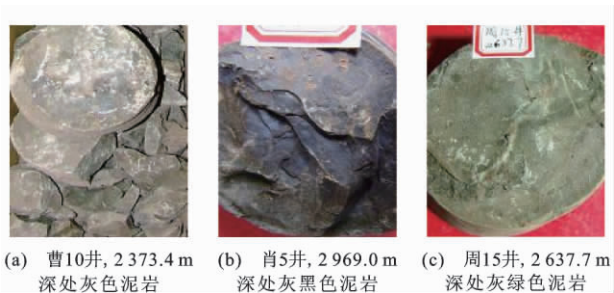
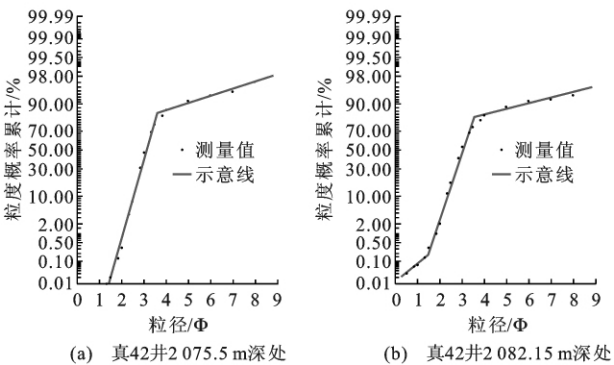


图 3 戴南组还原色泥岩照片

Fig. 3 Photos of dark colored mudstones of Dainan Formation

快沉积下来。这使得扇三角洲沉积物粒度较粗, 结构和成分成熟度应较低<sup>[2,4,21]</sup>。但高邮凹陷戴南组发育的扇三角洲规模较大, 沉积碎屑物质所经受的搬运距离较长, 得到了相对较强的分选和磨圆, 因此分选、磨圆度及成熟度达到了中等的程度。

从真 42 井的粉砂岩和细砂岩的粒度概率曲线可以看出, 主要发育“两段式”和“三段式”(图 4)。



注: 粒径单位  $\Phi$  是 Krumbein 根据 Udden-Wentworth 的粒级标准, 以 1 mm 作为基数乘以或除以 2 来分级的, 并将其转化为单位为  $\Phi$  的粒径; 其定义为:  $D_2 = -\log_2 D_1$ ,  $D_1$  为粒径/mm,  $D_2$  为粒径/ $\Phi$ 。

图 4 真 42 井粒度概率累计曲线特征

Fig. 4 Accumulative curves of probability distribution of granularity of Well Zhen42

其中跳跃组分含量(质量分数)较高, 基本大于 70%, 且跳跃斜率较陡, 表明分选度中等, 而滚动组分(小于 0.1 mm)发育较少, 这反映其沉积环境为扇三角洲前缘水下分流河道。图 5 反映了戴南组扇三角洲具有重力流和牵引流过渡的特点。

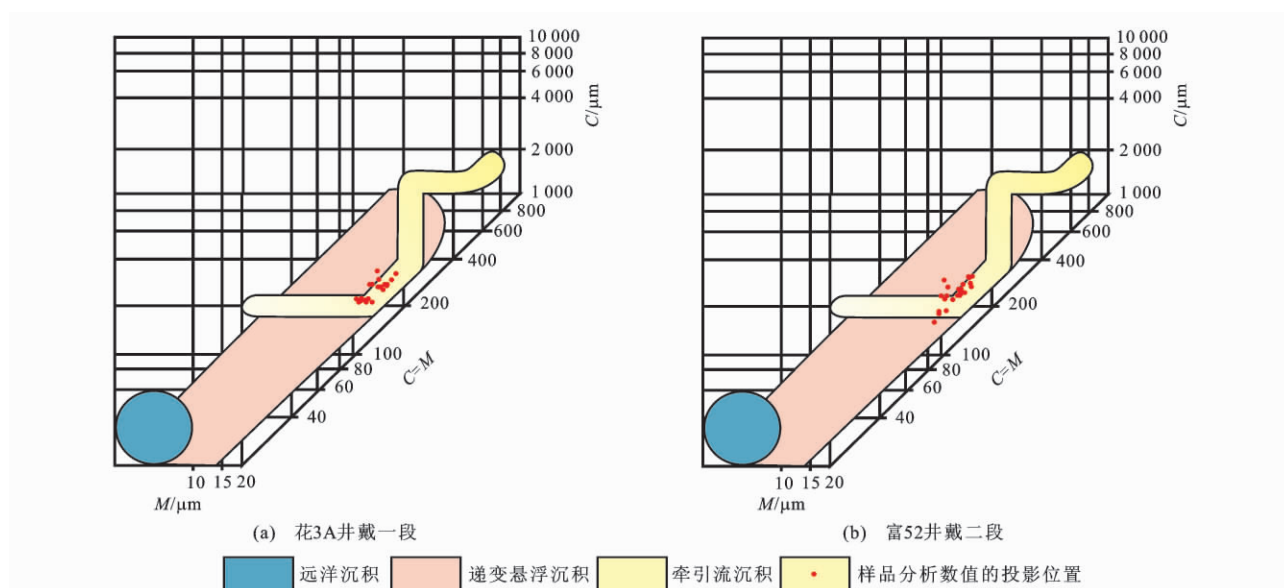
1.3 沉积构造特征

扇三角洲的沉积构造类型多样, 以牵引流形成的沉积构造为主, 也发育重力流成因的沉积构造, 通过戴南组岩芯观察描述, 很多井(如真 42 井、富 31 井)钻遇到了扇三角洲水下分流河道沉积, 岩芯上见砾石呈叠瓦状定向排列, 亦多见底砾冲刷面(图 6), 反映牵引流形成的河道砂砾滞留沉积。当物质供给充分, 单向水流作用又很强时, 多形成以平行层理或块状层理为主的粉(细)砂岩相厚层, 并且发育凹凸不平的冲刷充填沉积构造, 这些都是牵引流成因的沉积构造特征。当物源供给不充分时, 且双向的湖浪作用较强时, 会形成波状层理粉砂岩相、斜层理或交错层理细砂岩相(图 7~9)。

1.4 地震剖面的反射特征

从高邮凹陷戴南组南北向地震剖面来看, 扇三角洲不同亚相的地震反射特征差异较大。扇三角洲平原亚相本身的反射结构在横向上也是变化的, 有无反射的空白地震相, 有杂乱反射地震相, 也有低振幅、低连续性的平行地震相, 总体反射结构形态是楔形的, 表现为盆地边缘厚、盆地中心薄。例如在富 21 井附近, 地震反射特征为楔状杂乱反射(图 10), 代表扇三角洲沉积特征。扇三角洲前缘亚相和前扇三角洲亚相的地震反射结构在横向上也是变化的, 包括强振中连平行-亚平行地震相, 微发散或倾斜前积反射地震相, 总体表现为向盆地方向反射层数增加, 振幅增强, 连续性变好。





注:  $C$  为概率累计曲线上 1% 处对应的粒径;  $M$  为概率累计曲线上 50% 处对应的粒径。

图 5 戴南组牵引流沉积  $C-M$  图

Fig. 5  $C-M$  maps reflecting traction flow of Dainan Formation

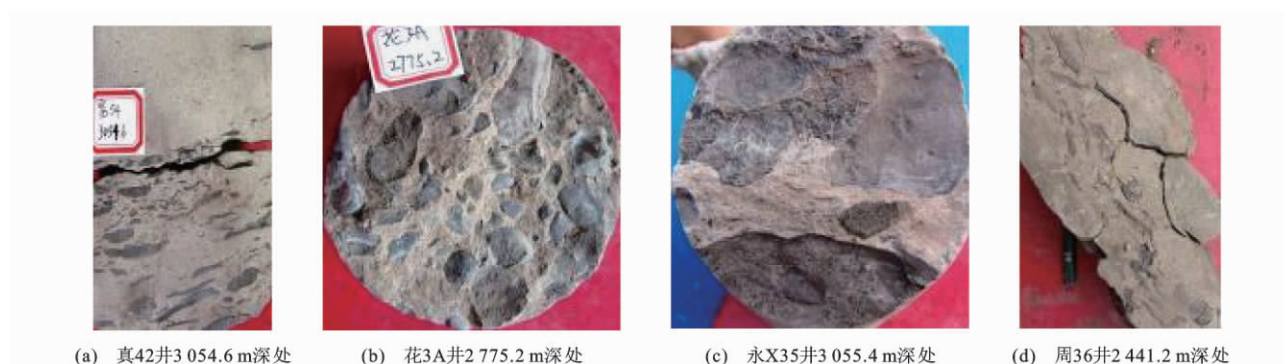


图 6 冲刷面构造照片

Fig. 6 Photos of structures of erosion surfaces

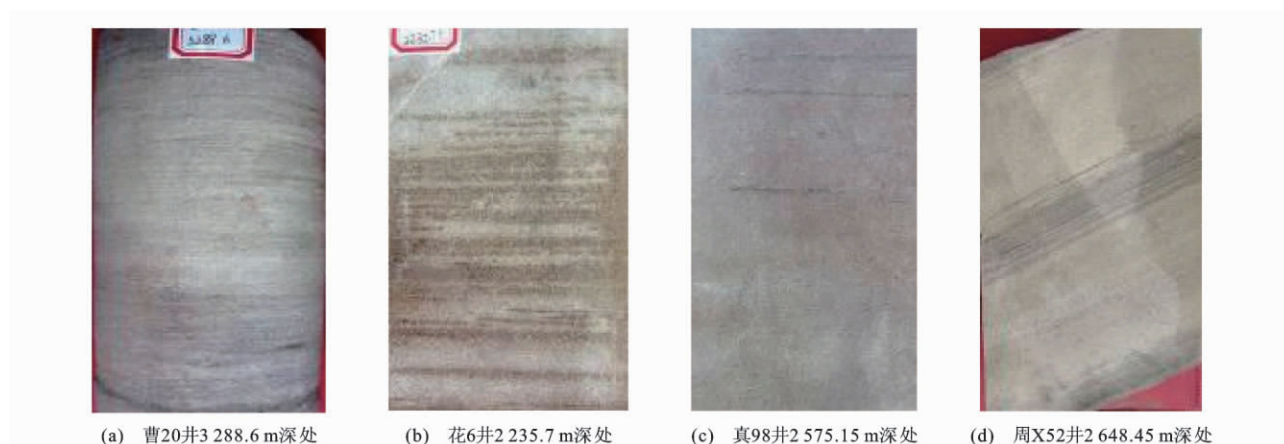


图 7 平行层理和斜层理砂岩照片

Fig. 7 Photos of sandstones with parallel and inclined beddings

## 2 扇三角洲亚相和微相划分

扇三角洲的结构特征与三角洲类似,但由于它

是由冲积扇直接进入湖盆或辫状河入湖形成的,所以其沉积物粒度比三角洲沉积物粒度粗。其主要为棕-棕灰色泥岩夹粗碎屑岩类沉积,组成以砂砾岩和

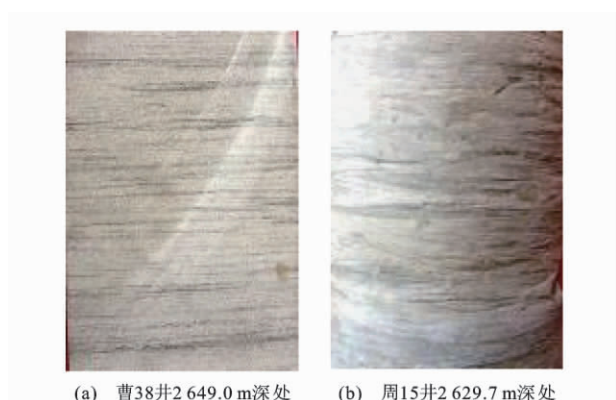


图 8 波状层理砂岩照片

Fig. 8 Photos of sandstones with rolling bedding

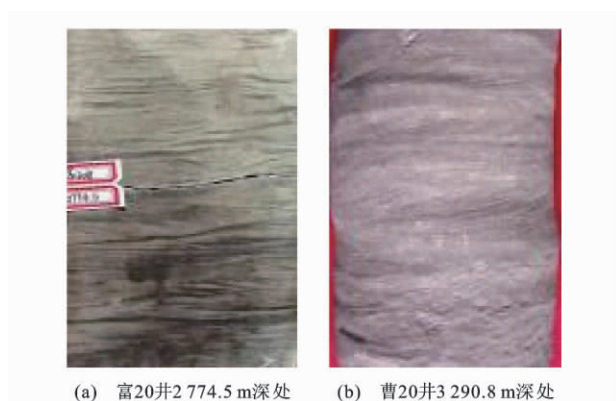
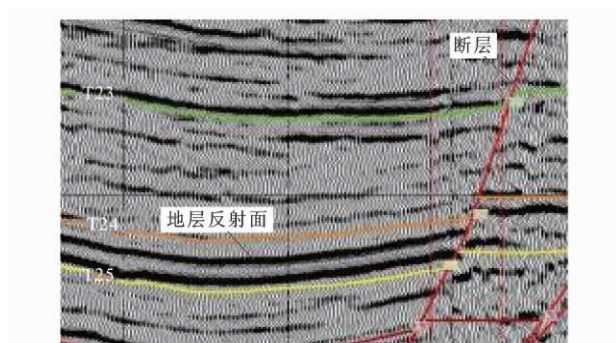


图 9 交错层理砂岩

Fig. 9 Photos of sandstones with cross bedding



注: T25 为戴一段的底界面; T24 为戴一段的顶界面; T23 为戴二段的顶界面。

图 10 富 21 井附近扇三角洲地震反射特征

Fig. 10 Seismic reflection characteristics of fan delta near Well Fu21

含砾砂岩为主的垂向序列。水下分流河道或辫状分流河道发育较好,而河口砂坝发育较差。根据高邮凹陷戴南组扇三角洲在地震、测井及岩性上的特点,可划分出扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲 3 个亚相带。由于本区扇三角洲在纵向演化上具明显的进积旋回,每个旋回由下至上发育前扇三角洲、扇三角洲前缘和扇三角洲平原亚相。

根据高邮凹陷南部断阶带中近 20 口井戴南组岩芯观察描述(如真 1 井、真 42 井、曹 61 井、富 31 井、周 22 井、花 3A 井等),将扇三角洲各亚相和微相的主要成因类型及特征进行总结。

## 2.1 扇三角洲平原

扇三角洲平原系冲积扇的陆上与水下部分,是主辫状河道、辫状分流河道发育区,主要分布于南部断阶带,岩性为混杂砾岩、砂砾岩夹黄—灰绿色泥岩组成,成分成熟度和结构成熟度较低,单砂层垂向上具明显的正韵律;自然电位曲线表现为齿化的钟形与箱形组合(图 11)。按其沉积特征可细分为水上分流河道和漫滩沼泽微相。

### 2.1.1 水上分流河道

水上分流河道岩石类型主要为薄层的中—细砂岩、粉砂岩和厚层含砾砂岩及砂砾岩。砂砾岩主要发育于分流河道底部。在剖面上具有下厚上薄和下粗上细的特点。沉积构造主要为板状交错层理、槽状交错层理和块状层理(图 7~9),在粉、细砂岩中局部见滑塌变形层理,在砾石中见叠瓦排列现象。自然电位曲线为不规则钟形、箱形和指状组合(图 11)。

### 2.1.2 漫滩沼泽

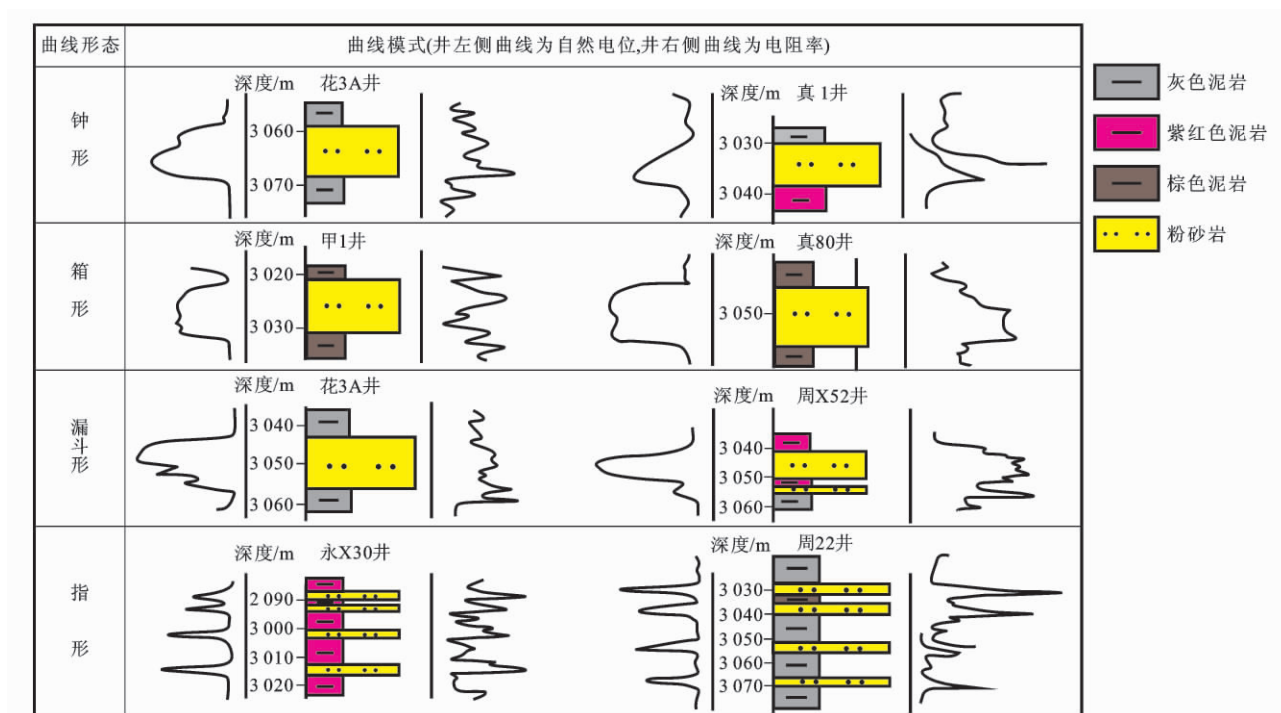
漫滩沼泽岩石类型为砂质泥岩、泥质粉砂岩和棕色、浅灰色泥岩组成,偶见不规则斜层理和透镜状层理。其在垂向上与砂砾岩呈不等厚互层,以小型正韵律为主,顶部与砂砾岩呈突变接触,底部与砂砾岩呈渐变接触。以真 42 井为例(图 12),底部发育冲刷构造,为辫状分流河道,向上由一个含砾砂岩—中细砂岩—粉砂岩—泥岩的正韵律层组成,厚 12 m,砾石以灰绿色泥岩为主,砾石大小不均(最大 3 cm),磨圆度差,反映快速堆积过程,中细砂岩段可见粒序—块状—交错层理。自然电位曲线为低—中幅齿化的钟形或箱形(图 11)。

## 2.2 扇三角洲前缘

扇三角洲前缘亚相是冲积扇或辫状河入湖以后形成的水下沉积部分,主要发育水下分流河道、分流河道间和席状砂微相,属于扇三角洲的主体,发育面积较大,在高邮凹陷中东部的南部断阶带中,多数井都有钻遇。其岩石类型以砂砾岩、中粗砂岩、中细砂岩为主,夹粉砂质泥岩、灰绿色或灰色泥岩。

### 2.2.1 水下分流河道

水下分流河道为扇三角洲平原水上分流河道在水下的延伸部分,其岩石类型主要为含砾砂岩、灰色块状砂岩夹薄层灰色泥岩。其多发育复合正韵律,



注:真1井和周22井的电阻率示意图为2条曲线,主要因为下层电阻率数值非常大,为方便显示,故将下部曲线单独缩小显示出来。

图 11 研究区戴南组主要测井曲线形态

Fig. 11 Main types of well log curves of Dainan Formation in the study area

韵律底部常见冲刷充填构造,局部可见反映浅水环境的生物扰动构造和倾斜潜穴。由于沉积物受单向水流和波浪的双重影响,所以除发育大中型板状交错层理、波状交错层理、平行层理外(图 13),还见浪成交错层理。自然电位曲线为中高幅箱形或钟形负异常组合(图 11)。

### 2.2.2 分流河道间

分流河道间岩石类型主要由粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及少量粉砂岩组成。泥岩及粉砂岩的颜色为浅灰绿色、浅灰色和暗紫色。分选一般较差,见到漂浮结构及似斑状结构,反映了洪水期间沉积物从分流河道中溢到分流河道间沉积所致;主要沉积构造为小型交错层理、透镜状层理、断续波状及波状层理等。自然电位曲线为中低幅齿形(图 11)。

### 2.2.3 席状砂

席状砂位于扇三角洲前缘亚相的最前部,主要为细砂、粉砂和泥质粉砂沉积,夹于灰色、绿灰色泥岩之中。细砂岩分选较好—中等。主要沉积构造类型为平行层理、波状层理和块状层理。自然电位为小型漏斗形或指形负异常组合。

### 2.3 前扇三角洲

前扇三角洲是扇三角洲前缘向浅湖区或向深湖区过渡的斜坡带,含较多的轮藻与介形虫化石<sup>[22]</sup>。岩石类型为灰色和深灰色泥岩夹少量的粉砂岩。自

然电位曲线为直线。前扇三角洲向半深湖过渡,底部出现少量正递变层理和滑塌揉皱砂层,其为上方前缘带砂层发生滑塌搬运至此的浊积砂体。

综上所述,这类扇三角洲是在盆地演化过程中特定构造环境下(箕状断陷的陡坡带)形成的产物,由水下辫状分流河道砂体构成扇三角洲的主体砂体,河口坝不发育;垂向剖面上既可呈反韵律特征,也有呈正韵律的剖面结构图;自然电位曲线为大套的齿形曲线组合,幅度中等,齿形曲线叠置时,形成箱形、钟形、漏斗形的包络线<sup>[23-24]</sup>。

## 3 沉积相演化模式

陆相层序地层学理论认为,层序地层结构发育特征由构造沉降、物源供给、湖平面变化、气候变化等多种因素综合控制,层序格架内的沉积体系是层序地层结构内部的“血”与“肉”,因此沉积体系的空间演化也受到上述各种因素的控制<sup>[25-29]</sup>。

戴南组发育时期,高邮凹陷处在断陷盆地的裂陷期,盆地为一箕状断陷。北部缓坡带主要发育三角洲—滨浅湖沉积体系,分布于永安—沙埕—花庄—瓦庄一带。由于受沉积物供应和古地貌的影响,各三角洲规模不一,自西向东规模减小。南部断裂带主要发育扇三角洲—近岸水下扇—湖泊沉积体系,并呈现以多物源、多沉积中心、扇体叠置为特点的沉积



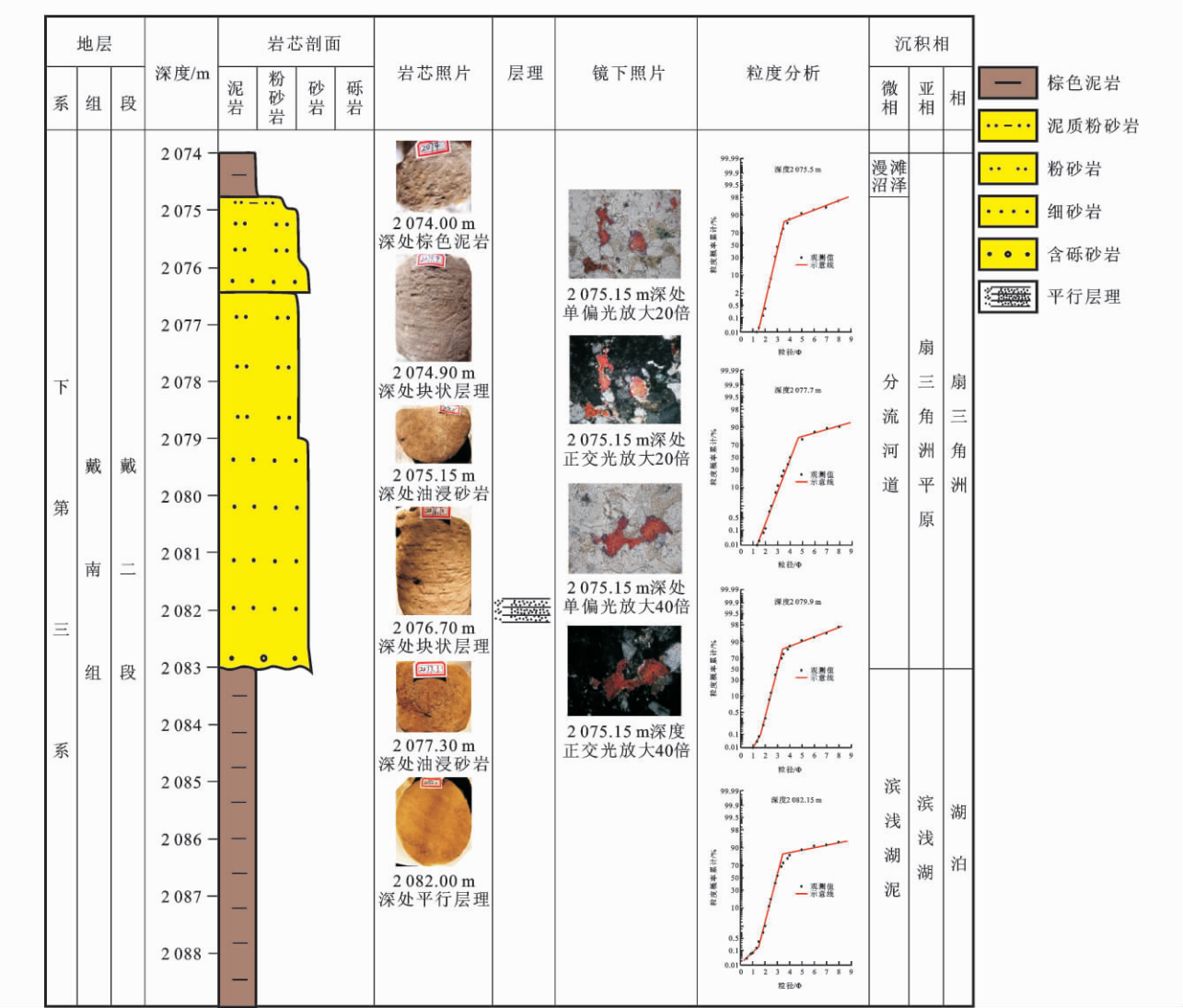


图 12 真 42 井岩芯沉积微相分析  
Fig. 12 Microfacies analysis of core sediments in Well Zhen42

体系展布特征。中部深凹带主要发育湖底扇—半深湖—深湖沉积(图 14)。由于受沉积物供应和古地貌的影响,各扇三角洲规模不一,自西向东规模增大。

4 沉积相平面展布特征

根据单井沉积相、连井沉积相以及地震剖面反射特征、地震地质解释剖面相模式和砂地比图,综合研究了戴南组各段地层沉积相的平面展布特征。

4.1 戴一段

戴一段沉积时期,南部断裂带主要发育扇三角洲和近岸水下扇沉积,物源主要来自南部的通扬隆起和东部的吴堡低凸起;北部缓坡带发育源自柘垛低凸起的三角洲沉积(图 15)。凹陷内除去上述两个相区之外,还发育滨浅湖—半深湖沉积,其特点是岩性以暗色夹过渡色泥岩为主。从砂岩等厚、砂岩百分比图上

看,半深湖环境都是砂岩厚度和砂岩含量低值区。

4.2 戴二段

戴二段沉积时期,构造活动趋于平缓,物源供应充足。在凹陷南部陡坡带一侧,真武—曹庄—富民—周庄一带发育扇三角洲相沉积,扇三角洲平原相带较窄,以富民、周庄一带扇三角洲规模最大。北部缓坡带主要发育三角洲沉积,三角洲前缘相带延伸距离较远;深凹带主要发育滨浅湖—半深湖相沉积(图 16)。

5 结 语

(1)高邮凹陷中东部戴南组沉积时期为陆相湖泊沉积,沉积相类型主要为扇三角洲和三角洲,扇三角洲可以进一步划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲亚相,并可以进一步划分为水上分

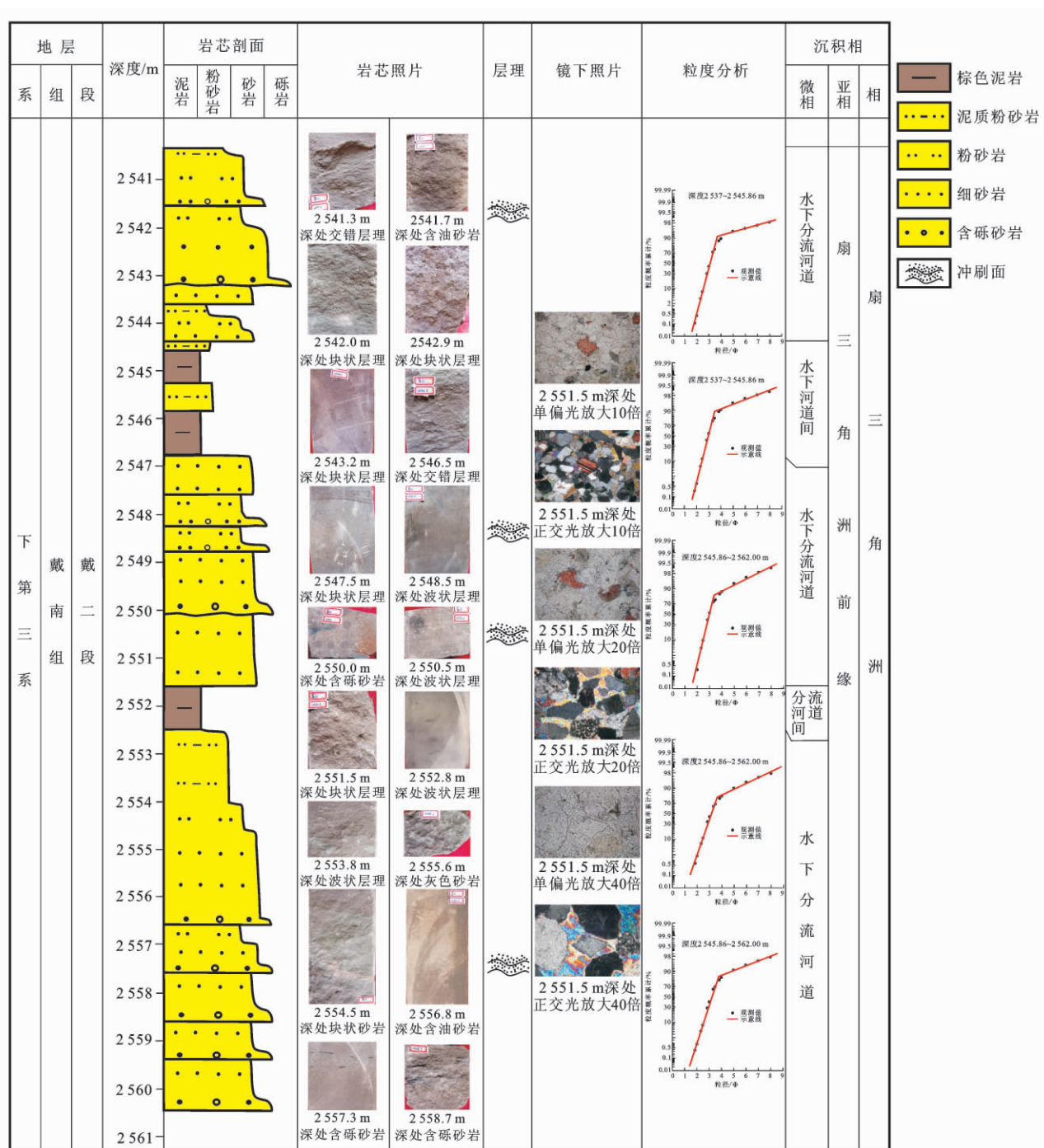


图 13 富 31 井岩芯微相分析

Fig. 13 Microfacies analysis of core sediments in Well Fu31

流河道、漫滩沼泽、水下分流河道、分流河道间、河口坝和席状砂等微相。其中水下分流河道发育，而河口坝和席状砂发育较差。

(2)高邮凹陷中东部戴南组沉积物主要来自北部柘垛低凸起、南部通扬隆起及东南部的吴堡低凸起。南部断裂带存在 5 个主要物源：真武—曹庄—肖刘庄地区的物源主要来自通扬隆起区；富民—周庄—陈堡地区的物源主要来自东南的吴堡低凸起。

5 个物源区发育 5 个大型扇三角洲群。由于受沉积物供应和古地貌的影响，各扇三角洲规模不一，自西向东规模增大。

#### 参考文献：

#### References：

- [1] GALLOWAY W E, HOBDAV D K. Terrigenous clastic depositional systems; applications to petroleum, coal, and uranium exploration[M]. New York: Springer-Verlag, 1983.



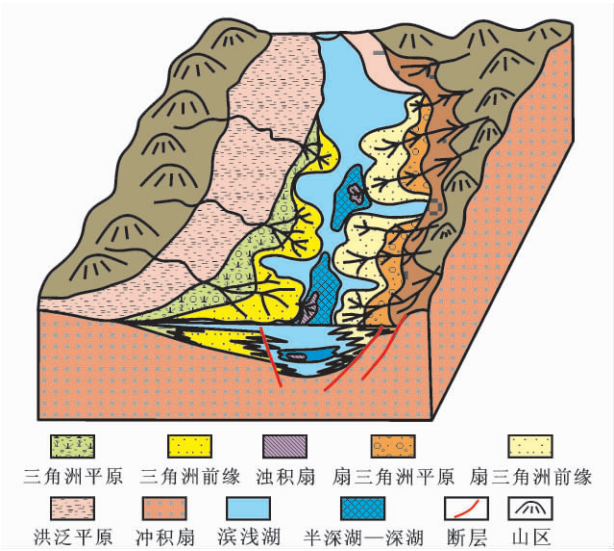


图 14 高邮凹陷中东部戴南组沉积相模式

Fig. 14 Sedimentary facies model of Dainan Formation in the middle and eastern parts of Gaoyou Sag

[ 2 ] 明海会,金振奎,李清作,等. 泌阳凹陷安棚油田深层系沉积相及对油气分布的控制作用[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27 (2): 48-51.  
MING Hai-hui, JIN Zhen-kui, LI Qing-zuo, et al. Sedimentary

facies of deep sequences of Anpeng Oilfield in Biyang Depression and its control over oil-gas distribution[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2005, 27 (2): 48-51. (in Chinese)

[ 3 ] 李思田,林畅松,解习农,等. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地质前缘, 1995, 2(3/4): 133-136.

LI Si-tian, LIN Chang-song, XIE Xi-nong, et al. Approaches of nonmarine sequence stratigraphy—a case study on the Mesozoic Ordos Basin[J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3/4): 133-136. (in Chinese)

[ 4 ] 董洁,陈世悦,李聪. 辽河西部凹陷欢喜岭地区沙河街组三段层序地层与沉积相研究[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(3): 245-251.

DONG Jie, CHEN Shi-yue, LI Cong. Sequence stratigraphy and sedimentary facies in the third member of Shahejie Formation of Huanxiling Area in the West Depression, Liaohe Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2010, 32(3): 245-251. (in Chinese)

[ 5 ] 时瑞坤,陈世悦,鄢继华,等. 辽河西部凹陷欢喜岭地区沙河街组沉积特征及其演化[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(3): 275-281.

SHI Rui-kun, CHEN Shi-yue, YAN Ji-hua, et al. Sedimentary characteristics and evolution of Shahejie Formation of Huanxi-

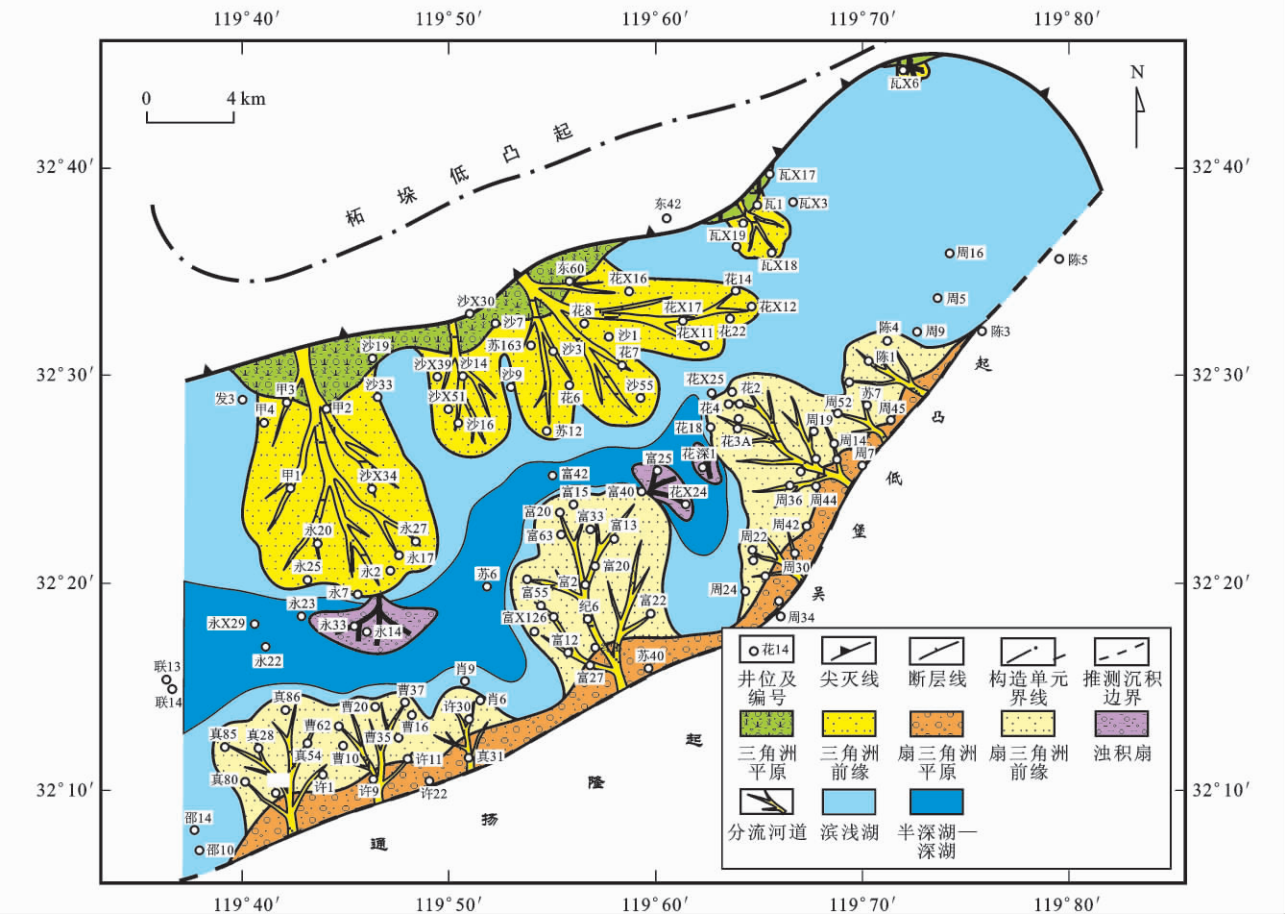


图 15 高邮凹陷中东部戴南组戴一段沉积相

Fig. 15 Sedimentary facies of the first member of Dainan Formation in the middle and eastern parts of Gaoyou Sag

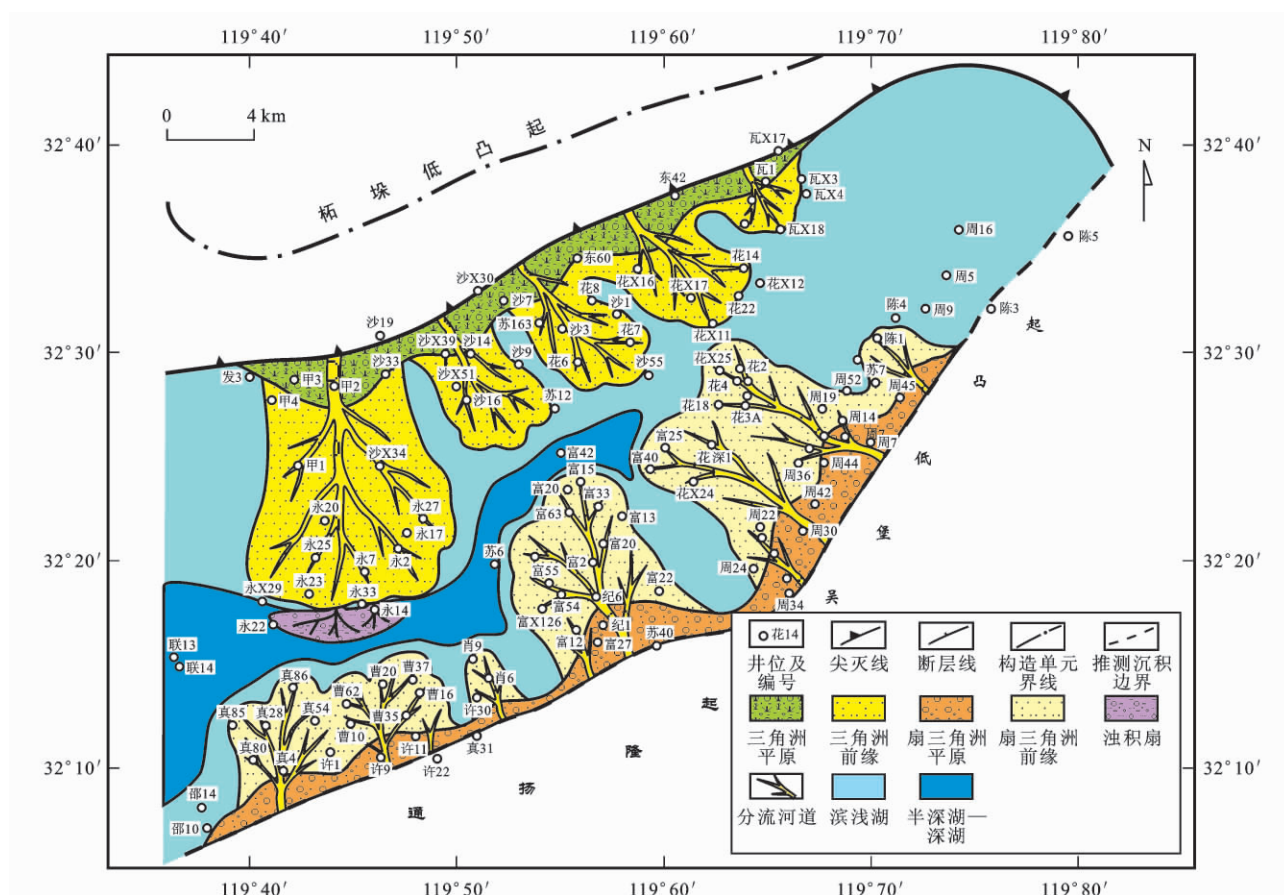


图 16 高邮凹陷中东部戴南组二段沉积相

Fig. 16 Sedimentary facies of the second member of Dainan Formation in the middle and eastern parts of Gaoyou Sag

ling Area in the West Depression, Liaohe Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(3): 275-281. (in Chinese)

[6] 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.

JI You-liang, ZHANG Shi-qi. Sequence stratigraphy of lake basin in terrestrial facies fault depression[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996. (in Chinese)

[7] 冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 等. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.

FENG Zeng-zhao, WANG Ying-hua, LIU Huan-jie, et al. Sedimentology in China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994. (in Chinese)

[8] 毛光周, 刘池洋. 地球化学在物源及沉积背景分析中的应用[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(4): 337-348.

MAO Guang-zhou, LIU Chi-yang. Application of geochemistry in provenance and depositional setting analysis[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(4): 337-348. (in Chinese)

[9] 李玉城. 苏北盆地高邮凹陷戴南组隐蔽油气藏研究[J]. 中国石油勘探, 2008(1): 21-27.

LI Yu-cheng. Research on subtle hydrocarbon reservoirs of Dainan Formation in Gaoyou Sag of Subei Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2008(1): 21-27. (in Chinese)

[10] 邓丽娟, 夏连军, 张列平, 等. 苏北盆地隐蔽油气藏勘探方法探讨——以高邮凹陷为例[J]. 复杂油气藏, 2009, 2(1): 14-19.

DENG Li-juan, XIA Lian-jun, ZHANG Lie-ping, et al. The exploration methods research of subtle reservoir in North Jiangsu Basin—taking Gaoyou Depression for example[J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2009, 2(1): 14-19. (in Chinese)

[11] 赵澄林, 朱平, 陈方鸿. 高邮凹陷高分辨率层序地层学及储层研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.

ZHAO Cheng-lin, ZHU Ping, CHEN Fang-hong. Study on high-resolution sequence stratigraphy and reservoir in Gaoyou Sag [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001. (in Chinese)

[12] 姜辉, 于兴河, 陈永桥, 等. 东营凹陷和高邮凹陷古近系沉积特征对比研究[J]. 资源与产业, 2006, 8(6): 102-106.

JIANG Hui, YU Xing-he, CHEN Yong-qiao, et al. The comparative study on depositional characteristics of Dongying Depression and Gaoyou Depression in Palaeogene[J]. Resources and Industries, 2006, 8(6): 102-106. (in Chinese)

[13] 董荣鑫. 高邮凹陷戴南—三垛组古生物与沉积环境演变[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 1999, 27(3): 366-370.

DONG Rong-xin. Evolution of paleontology and sedimentary environment in Dainan-Sanduo Formation of the Gaoyou Depression[J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition, 1999, 27(3): 366-370. (in Chinese)

[14] 史光辉, 郑元财, 周彬, 等. 高邮凹陷陡坡带戴南组断裂结

- 构、沉积特征与成藏模式[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(3): 195-197.
- SHI Guang-hui, ZHENG Yuan-cai, ZHOU Bin, et al. Accumulation model, sedimentary and structure characteristics of faults of Dainan Formation in the steep slope zone of Gaoyou Sag[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(3): 195-197. (in Chinese)
- [15] 伊伟, 王伟锋, 辛也. 高邮凹陷深凹带南部戴南组沉积演化研究[J]. 复杂油气藏, 2010, 3(2): 13-16.
- YI Wei, WANG Wei-feng, XIN Ye. Study on the sedimentary evolution of Dainan Formation in south of the deep sag area in Gaoyou Sag[J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2010, 3(2): 13-16. (in Chinese)
- [16] 张喜林, 朱筱敏, 钟大康, 等. 苏北盆地高邮凹陷古近系戴南组沉积相及其对隐蔽油气藏的控制[J]. 古地理学报, 2005, 7(2): 207-218.
- ZHANG Xi-lin, ZHU Xiao-min, ZHONG Da-kang, et al. Sedimentary facies and its controlling on subtle oil and gas reservoirs of the Dainan Formation of Paleogene in Gaoyou Sag, Subei Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(2): 207-218. (in Chinese)
- [17] 夏连军, 吴向阳, 毛树礼, 等. 高邮凹陷邵伯地区近岸水下扇的地震预测[J]. 勘探地球物理进展, 2008, 31(3): 212-218.
- XIA Lian-jun, WU Xiang-yang, MAO Shu-li, et al. Seismic prediction of nearshore subaqueous fan in Shaobo, Gaoyou Depression[J]. Progress in Exploration Geophysics, 2008, 31(3): 212-218. (in Chinese)
- [18] 张小兵, 郑荣才, 张哨楠. 高邮凹陷马家嘴—联盟庄地区戴南组构造-沉积体系[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(1): 13-17.
- ZHANG Xiao-bing, ZHENG Rong-cai, ZHANG Shao-nan. The tectonic-sedimentary system of the Dainan Formation in Majiazui-Lianmengzhuang Region, Gaoyou Sag[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(1): 13-17. (in Chinese)
- [19] 赵霞飞. 动力沉积学与陆相沉积[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- ZHAO Xia-fei. Dynamic sedimentology and continental sediment[M]. Beijing: Science Press, 1992. (in Chinese)
- [20] 郭涛, 张卫海, 袁巍. 临南油田街2断块沙三上亚段V砂岩组沉积微相研究[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(4): 363-367.
- GUO Tao, ZHANG Wei-hai, YUAN Wei. Study on sedimentary microfacies of the sand Group V of the Upper Sha-3 Member in Jie Faulted Block 2 of Linnan Oilfield[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2010, 32(4): 363-367. (in Chinese)
- [21] 张希明. 扇三角洲的概念及其发展[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(5): 71.
- ZHANG Xi-ming. Concept of fan delta and its development [J]. Petroleum Exploration and Development, 1997, 24(5): 71. (in Chinese)
- [22] 张喜林, 朱筱敏, 郭长敏, 等. 苏北盆地高邮凹陷古近系戴南组滨浅湖沉积中的遗迹化石[J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 81-89.
- ZHANG Xi-lin, ZHU Xiao-min, GUO Chang-min, et al. Trace fossils of shore-shallow lacustrine Dainan Formation (Paleogene) in Gaoyou Sag, Subei Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 81-89. (in Chinese)
- [23] 张锐锋. 饶阳凹陷古近系层序地层学及隐蔽油气藏勘探研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2006.
- ZHANG Rui-feng. Study on subtle reservoir exploration and sequence stratigraphy of Paleogene in Raoyang Sag[J]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2006. (in Chinese)
- [24] 暴艳凤. 塔木察格盆地贝尔凹陷沉积相研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2009.
- BAO Yan-feng. Study on sedimentary facies in Beier Depression of Tamtsag Basin[J]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2009. (in Chinese)
- [25] 纪友亮, 张世奇. 层序地层学原理及层序成因机制模式[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- JI You-liang, ZHANG Shi-qi. Theory of sequence stratigraphy and the mechanism mode of strata sequence genesis [M]. Beijing: Geology Publishing House, 1998. (in Chinese)
- [26] 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 构造坡折带——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学, 2000, 25(3): 260-266.
- LIN Chang-song, PAN Yuan-lin, XIAO Jian-xin, et al. Structural slope-break zone—key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins[J]. Earth Science, 2000, 25(3): 260-266. (in Chinese)
- [27] 解习农, 任建业, 焦养泉, 等. 断陷盆地构造作用与层序样式[J]. 地质论评, 1996, 42(3): 239-244.
- XIE Xi-nong, REN Jian-ye, JIAO Yang-quan, et al. Tectonism and sequence patterns of down-faulted basins[J]. Geological Review, 1996, 42(3): 239-244. (in Chinese)
- [28] 张世奇, 纪友亮. 陆相断陷湖盆层序地层学模式探讨[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(5): 20-23.
- ZHANG Shi-qi, JI You-liang. An approach to the sequence stratigraphic models of the fault-depression lake basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1996, 23(5): 20-23. (in Chinese)
- [29] 王华, 姜华, 林正良, 等. 南堡凹陷东营组同沉积构造活动性与沉积格局的配置关系研究[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(1): 70-77.
- WANG Hua, JIANG Hua, LIN Zheng-liang, et al. Relations between synsedimentary tectonic activity and sedimentary framework of Dongying Formation in Nanpu Sag[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(1): 70-77. (in Chinese)