

# 高邮凹陷阜二段沉积微相及沉积演化研究

杨子艺

华北理工大学, 河北 唐山

收稿日期: 2022年9月20日; 录用日期: 2022年10月11日; 发布日期: 2022年10月18日

## 摘要

高邮凹陷是江苏油田油气勘探的一个主要开发地区, 由于高邮凹陷在浅层的勘探程度愈来愈高, 勘探困难也愈来愈大, 因而, 下一步的石油勘探方向也已从浅层转入深层, 而阜宁组作为深层勘探的重要层位, 在阜二段沉积时期, 混积环境十分发育, 导致该沉积时期的沉积相较为复杂, 因此, 对其开展沉积微相和沉积演化研究是十分必要的, 将为下一步划分有利隐蔽区带提供重要的地质依据。本文通过对高邮凹陷73口井岩心观察, 以及测录井数据、单井相、连井相, 分析得出, 高邮凹陷 $E_1f_2$ 沉积时期, 整体发育湖泊相, 包括浅湖、半深湖-深湖亚相, 以及混积滩坝、浅湖泥, 半深湖-深湖泥3种微相, 邵伯地区发育近岸水下冲积扇, 包括扇根亚相, 以及扇根主水道微相。 $E_1f_2^3$ 亚段沉积时期, 在韦庄地区和码头庄地区大面积发育以碳酸盐岩与陆源碎屑岩混合沉积的混积滩坝;  $E_1f_2^2$ 亚段沉积时期, 在马家嘴地区、韦庄地区、发财庄地区和码头庄地区小面积发育混积滩坝;  $E_1f_2^1$ 亚段沉积时期, 在码头庄地区和马家嘴地区零星发育混积滩坝。分析得出,  $E_1f_2$ 沉积时期 $E_1f_2^3$ 亚段和 $E_1f_2^1$ 亚段, 凹陷南部的混积滩坝呈现退积特征。根据 $E_1f_2$ 沉积时期各亚段沉积演化特征, 建立了高邮凹陷阜二段沉积相模式图。

## 关键词

沉积微相, 高邮凹陷, 沉积演化, 阜二段, 沉积相模式

## Study on Sedimentary Microfacies and Sedimentary Evolution of the Second Member of Funing Formation in Gaoyou Sag

Ziyi Yang

North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei

Received: Sep. 20<sup>th</sup>, 2022; accepted: Oct. 11<sup>th</sup>, 2022; published: Oct. 18<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Gaoyou Sag is a major development area of Jiangsu oil field oil and gas exploration, as a result of gaoyou Sag in the shallow exploration degree higher and higher, more and more difficult for exploration, thus further petroleum exploration direction is from shallow to deep, and Funing group as an important layer of deep exploration, in the sedimentary period of the Second Member of Funing Formation, mix environment is very well-developed, as a result, the sedimentary facies of this sedimentary period is relatively complex. Therefore, it is very necessary to study the sedimentary microfacies and sedimentary evolution, which will provide an important geological basis for the next step of classifying favorable hidden zones. In Gaoyou Sag is based on core observation, 73 well logging data and test analysis, single well facies and well tie in Gaoyou Sag  $E_1f_2$  lake facies sedimentary period of the overall development, including shallow lake, half deep lake-deep lake sub-facies, and mixed beach dam, shallow lake, half deep lake-deep lake of mud 3 kinds of micro-facies, Shao Bo region development nearshore subaqueous alluvial fan, including fan sub-facies, and fan root main channel microfacies. During the deposition of sub-member  $E_1f_2^3$ , a large area of mixed beach DAMS with carbonate rocks and terrigenous clastic rocks was developed in Weizhuang area and Matouzhuang area. In the depositional period of sub-member  $E_1f_2^2$ , mixed beach DAMS were developed in small areas in Majiazui area, Weizhuang area, Facaizhuang area and Matouzhuang area. During the deposition period of  $E_1f_2^1$  sub-members, mixed beach bars developed sporadically in the Quazhuang area and Majiazui area. The analysis shows that  $E_1f_2^3$  sub-members and  $E_1f_2^1$  sub-members in the  $E_1f_2$  deposition period, and the mixed beach bars in the south of the depression show the characteristics of retreat. According to the sedimentary evolution characteristics of each sub-member during  $E_1f_2$  deposition, the sedimentary facies model map of the Second Member of Funing Formation member in Gaoyou Sag is established.

## Keywords

Sedimentary Microfacies, Gaoyou Sag, Sedimentary Evolution, The Second Member of Funing Formation, Sedimentary Facies Model

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

陆相断陷盆地是世界上重要的含油气盆地类型之一, 具有独特的油气地质特征。其丰富的油气资源、复杂的成盆及成藏机制一直是石油地质家们的重点研究对象[1]。随着勘探程度的逐步提高, 勘探难度越来越大, 可采量也在逐年下降, 为稳产增储, 投入的成本显著增加, 勘探风险也在不断加大[2], 因此, 对深层领域含油气层位进行亚段沉积体系研究是非常有必要的。

高邮凹陷作为江苏油田的主勘探区, 在阜宁组阜二段沉积时期, 沉积相复杂(混积环境发育), 微相类型众多, 前人在高邮凹陷阜宁组阜二段沉积时期, 对其整个阜二段进行了整体研究, 但在该时期内  $E_1f_2^3$ 、 $E_1f_4^2$ 、 $E_1f_4^1$  三个亚段的沉积相及演化规律不甚明确, 且在该沉积时期缺少具有指导意义的沉积相模式, 本文在岩心、测录井等地质资料的基础之上, 对高邮凹陷  $E_1f_2$  段下  $E_1f_2^3$ 、 $E_1f_4^2$ 、 $E_1f_4^1$  三个亚段进行了沉积相及沉积演化研究, 为下一步研究不同相带的成因砂体模型及隐蔽区带划分提供重要的地质依据, 也为其他陆相断陷盆地沉积体系研究提供思路。

## 2. 区域地质概况

高邮凹陷在构造上位于苏北盆地东台坳陷中南部，高邮凹陷总体上具有复式不对称地堑断陷结构特征[3]。其中，凹陷东南边缘的真武断裂带和吴堡断裂带对凹陷结构和内部构造变形有一定的控制作用。凹陷内发育了大量与边界断层同向或反向倾斜的次级断层，不同尺度、不同层次的断层交织在一起，构成丰富多彩的伸展构造样式[4]。在平面上，高邮凹陷表现为北东走向的长条形，北临柘垛低凸起，南临通扬隆起，西临菱塘桥凸起，东邻吴堡低凸起(图 1)，面积 2670 km<sup>2</sup>，东西长约 100 km，南北宽约 25~35 km，高邮凹陷是由差异升降作用形成的南断北超、南陡北缓的箕状凹陷[5]。

在阜一段沉积时期，高邮凹陷内以边界断裂活动为特征，而凹陷内部断层活动较弱。阜二~阜四段沉积时期，高邮凹陷东侧和西侧多米诺式断层继承性活动[6]，中部汉留断裂活动性增强，地堑的雏形出现。吴堡事件中高邮凹陷为整体微弱抬升[7]。

受区域构造地质背景控制，盆地演化经历了扩张、断陷和萎缩三阶段[8]。扩张期，湖盆水体大幅上升，沉积相带规模巨大，呈现区域单一沉积中心的特征，古近系阜宁组是在区域性裂陷作用下断拗沉积[9]。阜宁组自下而上分 E<sub>1</sub>f<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>f<sub>2</sub>、E<sub>1</sub>f<sub>3</sub> 和 E<sub>1</sub>f<sub>4</sub>。岩性由粗到细可划分为两个正旋回，正旋回中部湖侵域阜二段、阜四段半深湖-深湖相暗色泥页岩、泥灰岩是优质烃源岩。

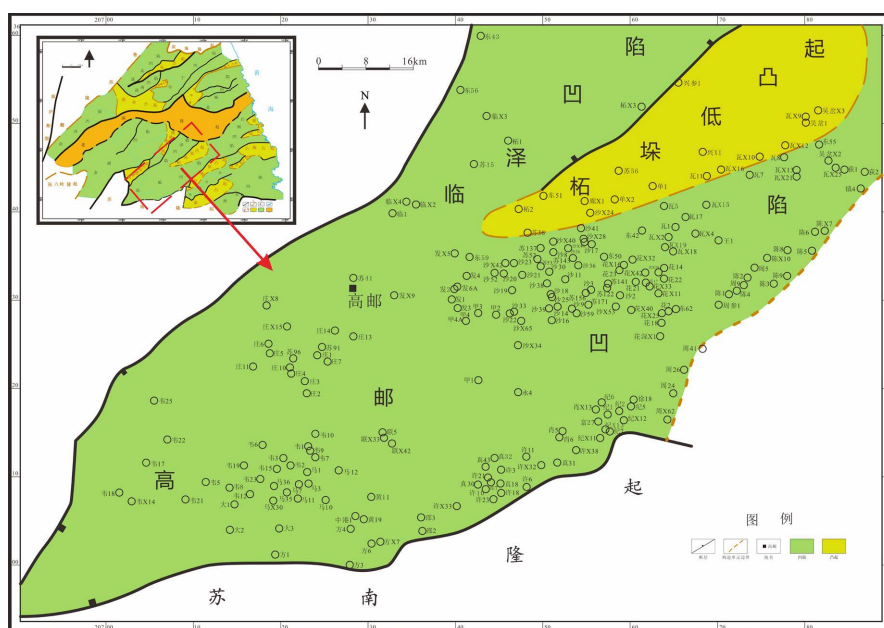


Figure 1. Structural unit division diagram of Gaoyou Sag

图 1. 高邮凹陷构造单元划分图

## 3. 地层发育特征

本文研究的层段为 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub>，沉积地层的岩性和厚度自下而上叙述如下(图 2)，E<sub>1</sub>f<sub>1</sub> 厚度一般为 290 m~1000 m，在 E<sub>1</sub>f<sub>1</sub> 底部可见到含砾中砂岩，E<sub>1</sub>f<sub>1</sub> 上部为棕褐色泥岩和灰白色细、粉砂岩不等厚互层；E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 厚约 210 m~350 m，在 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub><sup>3</sup> 可见鲕粒灰岩以及灰质泥岩夹生物灰岩，同时 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 为优质烃源岩的发育层段；E<sub>1</sub>f<sub>3</sub> 厚度一般为 260 m~360 m，该层段为深灰色泥岩与灰色泥质粉、细砂岩不等厚互层；E<sub>1</sub>f<sub>4</sub> 厚度一般为 100 m~340 m，E<sub>1</sub>f<sub>4</sub><sup>2</sup> 主要为深灰色泥岩和深灰色粉砂质泥岩不等厚互层，E<sub>1</sub>f<sub>4</sub><sup>1</sup> 主要为灰黑色泥岩夹薄层灰黑色泥灰岩。

时代	地层		综合年龄 (Ma)	地层厚度 (m)	相带	岩性特征
	组	段				
E <sub>1</sub> <sup>2</sup>	E <sub>1</sub> f	E <sub>1</sub> f <sub>4</sub>	54.4	100-350	半深湖、深湖	下部主要为深灰色泥岩，上部灰黑色泥岩夹同色薄层泥灰岩
		E <sub>1</sub> f <sub>3</sub>		200-350	三角洲、浅湖	灰、深灰色泥岩与灰色泥质粉砂岩、细砂岩不等厚互层
		E <sub>1</sub> f <sub>2</sub>	56.6	200-350	湖泊、冲积扇	下部灰黑色泥岩、灰质泥岩夹生物灰岩中部灰黑色泥岩和油页岩互层，上部为灰黑色泥岩
E <sub>1</sub> <sup>1</sup>		E <sub>1</sub> f <sub>1</sub>	59.0	300-1100	三角洲	棕褐色泥岩与灰白色细砂岩、粉砂岩不等厚互层，底部见含砾中砂岩，上部夹灰黑色泥岩，局部可见辉绿岩侵入

**Figure 2.** Stratigraphic framework of Funing Formation in Gaoyou Sag  
**图 2.** 高邮凹陷阜宁组地层框架图

## 4. 沉积相研究

### 4.1. 沉积相类型及特征

通过岩心、测录井等资料的综合分析得出，高邮凹陷 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 主要发育灰黑色泥岩、灰质泥岩夹生物灰岩，局部发育鲕粒灰岩。高邮凹陷在 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 发育湖泊相和近岸水下冲积扇，根据沉积物在湖泊内位置、湖水深度和沉积物特征等地质条件又将湖泊相划分为浅湖、半深湖 - 深湖亚相，微相类型有混积滩坝、浅湖泥、半深湖 - 深湖泥。

#### 4.1.1. 湖泊相

##### 1) 浅湖亚相

浅湖亚相分布于高邮凹陷西南部区域，受湖进湖退影响较大，主要发育浅湖泥微相，湖进时湖平面低于砂体堆积区，虽然这个地带是处于水下，但是受到波浪和流体动荡的影响，氧气相对较为充足，水体循环性较好，透光性也很强，因此，滋养了大量的水生生物，发育浅湖滩坝微相[10]。

i) 滩坝微相：高邮凹陷阜二段主要发育混积滩坝，由于阜二段沉积时期有一次较大规模的湖水侵入，导致水面抬升，水体的深度也因此加大，大量的生物在这个时期开始繁殖，海相生物与陆相生物混生，形成具有有机质丰富特征的海陆过渡相。并且在此影响下，大量的湖相碳酸盐岩与碎屑岩交互沉积[11]，且在构造作用、寒冷和温暖气候交替条件以及湖平面的升降等因素相互作用下，致使在高邮凹陷中部地区阜二段沉积时期混合沉积非常发育，继而构成了陆源碎屑岩 - 碳酸盐岩层系，其中分别包括鲕粒灰岩、生物灰岩以及泥质灰岩(图 3)。

##### 2) 半深湖 - 深湖亚相

一般来说，半深湖亚相是浅湖亚相和深湖亚相的过渡地带，且很难区分，因此，将研究区内的半深湖和深湖亚相一起进行综述，不做具体区分。该亚相位于正常浪基面以下水体相对来说较深的部位，波浪等作用已经不能波及到此处区域，水体比较安静，且环境属于缺氧的还原环境[12]。岩性总体上呈粒度细、颜色深的特征且自然电位曲线一般呈靠近基线的平滑线(图 4)。

#### 4.1.2. 近岸水下冲积扇

这是具有争议的近岸水下沉积体，根据目前对岩心的描述和研究，以及测井资料的分析，认为高邮凹陷邵伯地区发育近岸水下冲积扇，研究区内的近岸水下冲积扇包括扇根亚相，扇根亚相位于扇体的顶

端,呈喇叭状展布,主要由滑塌堆积物和补给水道组成[13],扇根整个沉积环境由携带粗碎屑的洪水所控制[14],其沉积物结构成熟度低,泥质含量很高[5](图5)。

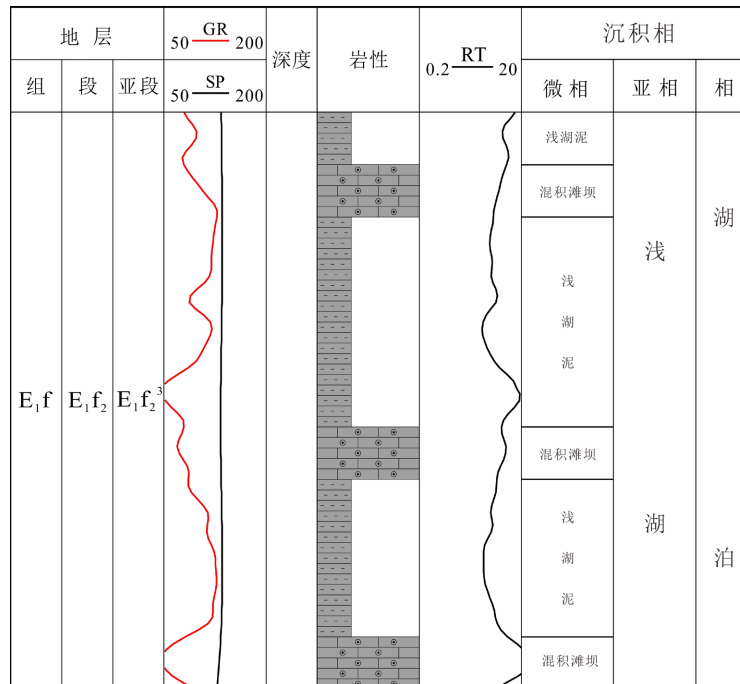


Figure 3. Lacustrine sedimentary characteristics of E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> in Well Zhuang 13 in Faizhuang area (1:100)

图 3. 庄 13 井 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 湖泊相沉积特征(1:100)

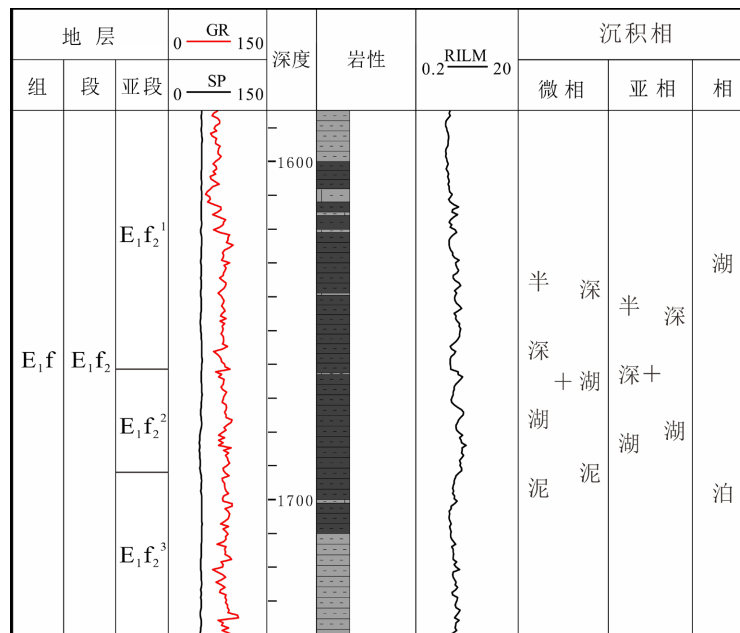
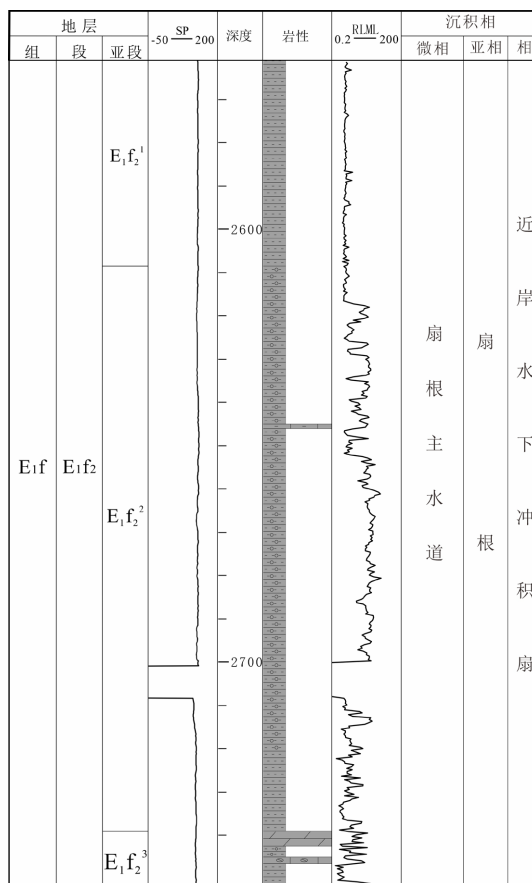


Figure 4. Lacustrine sedimentary characteristics of E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> in well Lang X1 (1:1500)

图 4. 廊 X1 井 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 湖泊相沉积特征(1:1500)



**Figure 5.** Sedimentary characteristics of E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> near shore subaquatic alluvial fan in Well Shao 3, Shaobo area (1:800)

**图 5.** 邵伯地区邵 3 井 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 近岸水下冲积扇沉积特征 (1:800)

## 4.2. 沉积相展布

### 4.2.1. 单井剖面相分析

庄 2 井位于高邮凹陷北斜坡地区，地层发育完整自下而上分别为 E<sub>1</sub>f<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>f<sub>2</sub>、E<sub>1</sub>f<sub>3</sub>、E<sub>1</sub>f<sub>4</sub>，本文的研究层段为 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 段，深度范围为 1432~1643 m，取心井段范围为 1467.32~1642.77 m。沉积相类型为湖泊和三角洲相互交替变化(图 6)，在 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 沉积时期，E<sub>1</sub>f<sub>2</sub><sup>3</sup> 发育浅湖，纵向上主要为复合韵律，SP 曲线呈漏斗形-钟形，上伏齿状，下伏指状、锯齿状。GR 曲线与 SP 曲线形态一致，电阻率曲线表现为电阻上低下高，SP 曲线复合韵律及弱氧化环境，观察庄 2 井在 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub><sup>3</sup> 沉积时期的取心井段可见鲕粒灰岩，灰色生物碎屑灰岩以及高角度交错层理和风暴沉积特征，该亚段发育混积滩坝微相。E<sub>1</sub>f<sub>2</sub><sup>2</sup>、E<sub>1</sub>f<sub>2</sub><sup>1</sup> 发育前三角洲泥和浅湖泥微相。

### 4.2.2. 连井剖面相分析

连井剖面相研究在平面相展布和沉积演化中起了至关重要的作用，是连接单井相和沉积相的桥梁。根据高邮凹陷典型井分析出的单井剖面相特征，运用在连井剖面对研究区沉积进行横向的对比分析，从而刻画研究区沉积相展布特征。本次研究根据 73 口井的岩心观察及 1 口单井剖面相综合研究，选取了研究区阜二段沉积相种类齐全，亚相特征明显的 2 条剖面覆盖全区(图 7)，其中，垂直物源方向 1 条(近

SW-NE 走向), 顺物源方向 1 条(SE-NW 向)。

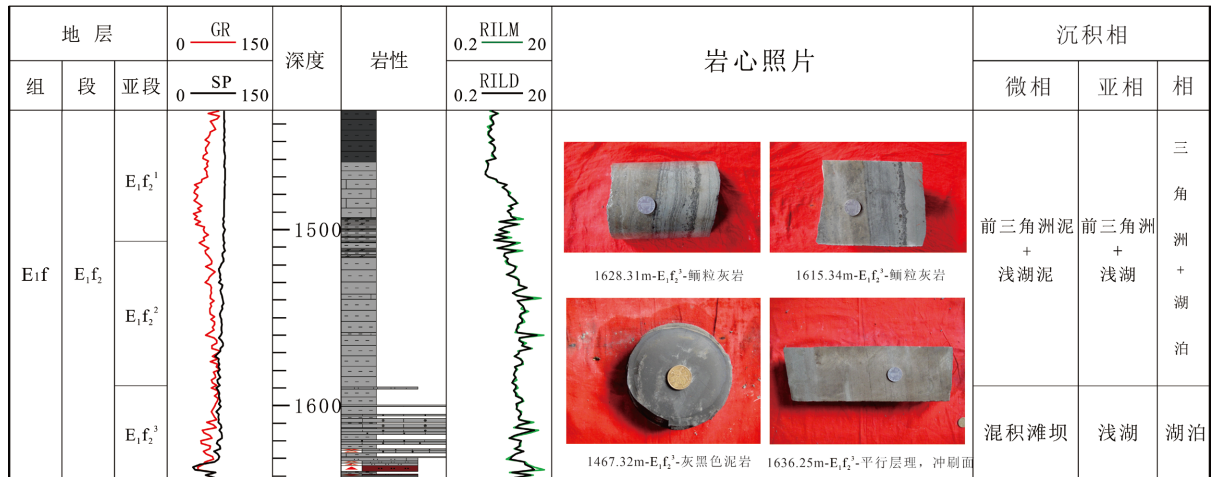


Figure 6. Bar chart of E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> single well comprehensive analysis in Zhuang 2 Well (1:3000)

图 6. 庄 2 井 E<sub>1</sub>f<sub>2</sub> 单井综合分析柱状图(1:3000)

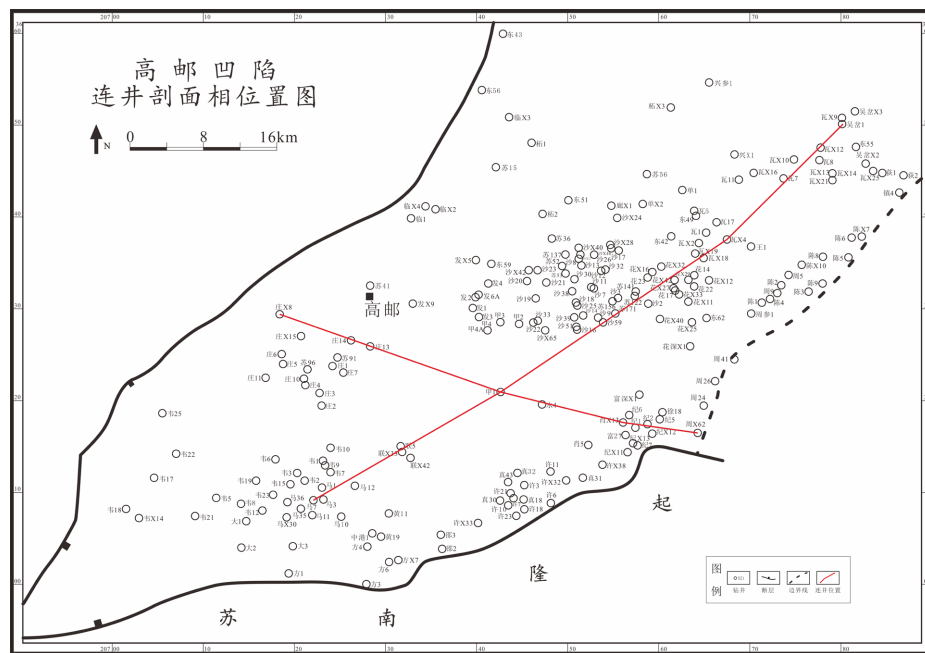


Figure 7. Phase location map of interwell profile in Gaoyou Sag

图 7. 高邮凹陷连井剖面相位置图

1) 剖面 1: 庄 X8 井 - 周 X62 井连井沉积相对比剖面(近 W-E 向)

该剖面位于高邮凹陷中部, 呈近 SW-NE 走向, 该对比剖面跨越码头庄、卸甲庄、肖刘庄地区三个地区, 共经过 4 口井, 依次为庄 X8 井, 甲 1 井, 肖 X13 井和周 X62 井(图 8)。E<sub>1</sub>F<sub>2</sub> 沉积时期, 该剖面上可见浅湖、半深湖 - 深湖亚相两种沉积类型, 其中在 E<sub>1</sub>F<sub>2</sub><sup>3</sup> 沉积时期, 甲 1 井发育混积滩坝微相, 且在码头庄和卸甲庄地区之间也发育混积滩坝微相, 肖 X13 井和周 X62 井发育半深湖 - 深湖亚相; E<sub>1</sub>F<sub>2</sub><sup>2</sup> 和 E<sub>1</sub>F<sub>2</sub><sup>1</sup> 沉积时期庄 X8 井发育浅湖亚相, 甲 1 井、肖 X13 井和周 X62 井发育半深湖 - 深湖亚相。

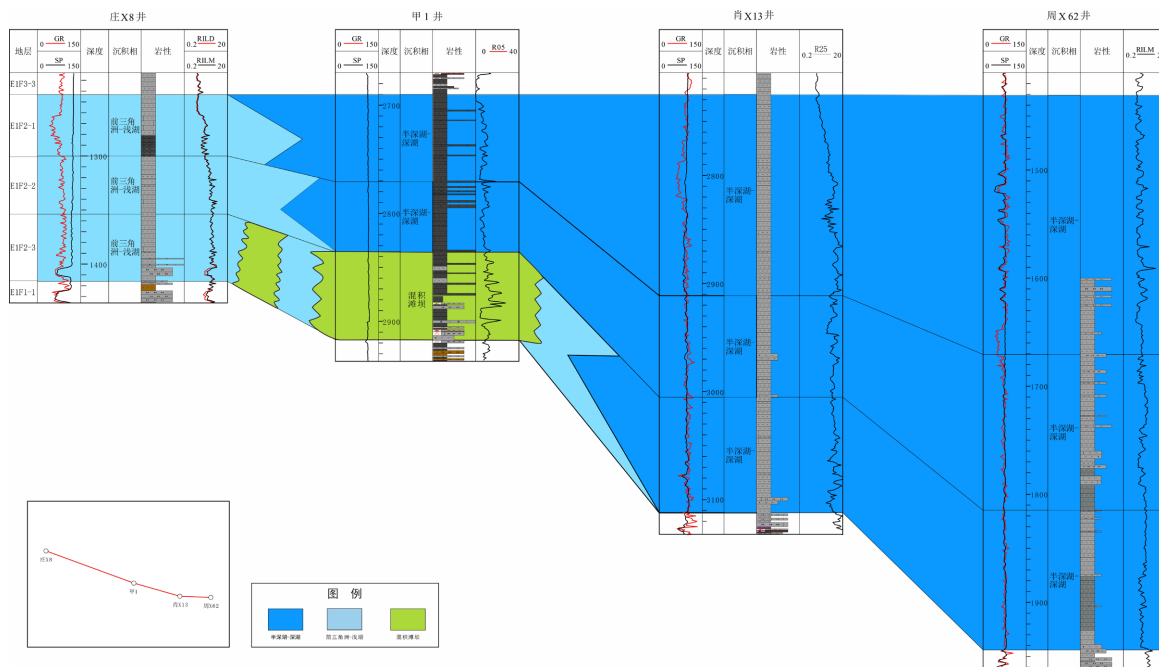


Figure 8. Relative profile comparison diagram of Fu 2 Member in Zhuang X8 Well and Zhou X62 Well (near W-E direction) (1:2500)

图 8. 庄 X8 井 - 周 X62 井阜二段剖面相对比图(近 W-E 向) (1:2500)

2) 剖面 2: 马 7 井 - 吴岔 1 井连井沉积相对比剖面(S-N 向)

该剖面位于高邮凹陷中部，呈近 S-N 走向，是顺应苏南隆起物源的典型剖面，该对比剖面跨越马家嘴地区、卸甲庄地区、瓦庄 - 河口地区、吴岔河地区 4 个地区，共经过 4 口井，依次为马 7 井、甲 1 井、瓦 X4 井和吴岔 1 井(图 9)。阜宁组沉积时期，该剖面上可见三湖泊相沉积，湖泊相包括浅湖亚相、半深湖 - 深湖亚相两种沉积类型。其中，在  $E_1F_2^3$  沉积时期，马 7 井和甲 1 井发育混积滩坝微相，瓦 X4 井和吴岔 1 井发育半深湖 - 深湖亚相。在  $E_1F_2^2$  和  $E_1F_2^1$  沉积时期，马 7 井发育混积滩坝微相，甲 1 井、瓦 X4 井和吴岔 1 井发育半深湖 - 深湖亚相。

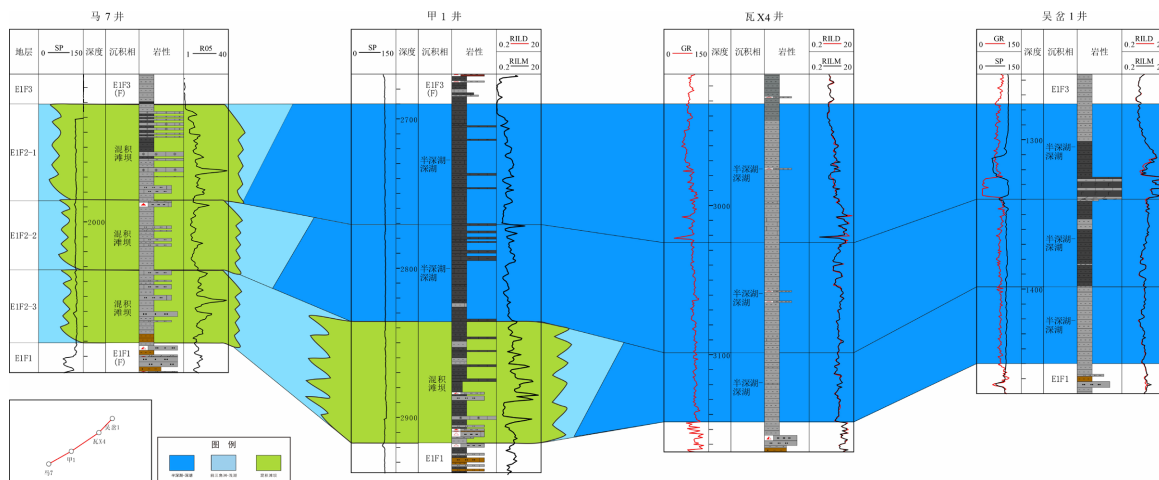


Figure 9. Profile comparison diagram of Fu 2 Member from Well Ma 7 to Well Wucha 1 (S-N direction) (1:2500)

图 9. 马 7 井 - 吴岔 1 井阜二段剖面相对比图(S-N 向) (1:2500)



### 4.2.3. 沉积相平面展布

阜二段沉积时期，研究区西部主要发育前三角洲 - 浅湖亚相沉积，并发育以碳酸盐岩与陆源碎屑岩混合沉积的条带状混积滩坝。邵伯地区主要发育近岸水下冲积扇，沉积物主要由通扬隆起短距离、高强度地冲入湖盆，形成近岸水下冲积扇朵体。由于不同物源供给距离有限，其他地区没有沉积物冲入湖盆，发育湖泊相(图 10)。

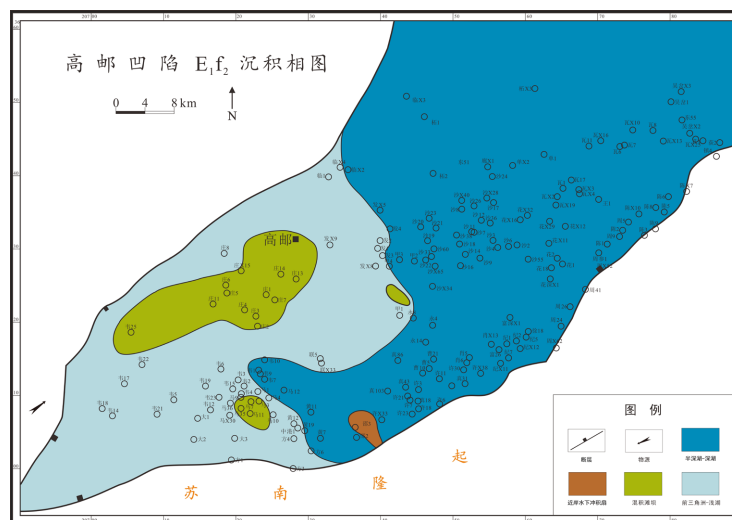


Figure 10. Sedimentary facies plan of  $E_1f_2$  in Gaoyou Sag  
图 10. 高邮凹陷  $E_1f_2$  沉积相平面图

#### 1) $E_1f_2^3$ 亚段沉积相平面展布特征

由沉积相平面图可以看出，在  $E_1f_2^3$  亚段沉积时期，发育湖泊相，研究区西南部发育浅湖亚相，东北部发育半深湖 - 深湖亚相，在该沉积时期，物源主要为来自西南部的小部分物源供给，在韦庄地区和码头庄地区发育以碳酸盐岩与陆源碎屑岩混合沉积的混积滩坝(图 11)，在临 1 井、发 X8 井、甲 1 井、许 21 井周围发育小面积混积滩坝，邵伯地区主要发育近岸水下冲积扇。

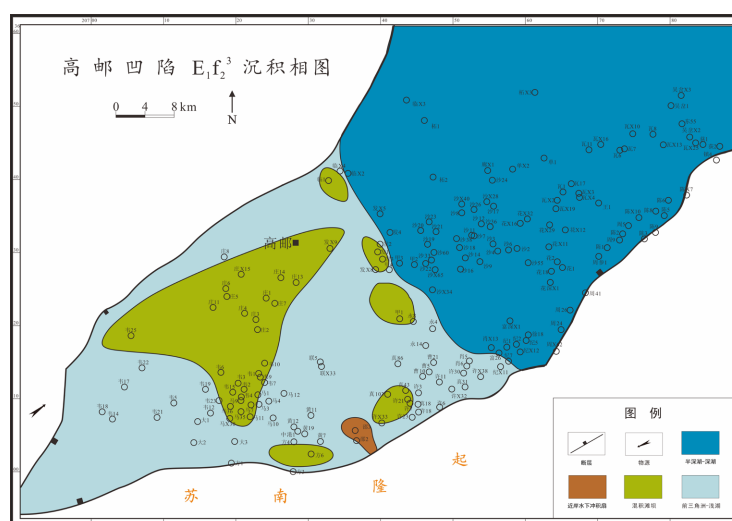


Figure 11. Sedimentary facies plan of  $E_1f_2^3$  in Gaoyou Sag  
图 11. 高邮凹陷  $E_1f_2^3$  沉积相平面图

2)  $E_1f_2^2$  亚段沉积相平面展布特征

由沉积相平面图可以看出，在  $E_1f_2^2$  亚段沉积时期，发育湖泊相，研究区西南部发育前三角洲 - 浅湖亚相，东北部发育半深湖 - 深湖亚相，在该沉积时期，物源供给与  $E_1f_2^3$  亚段一致，在韦 25 井、庄 5 井、发 2 井及马 7 井周围发育小面积混积滩坝，邵伯地区主要发育近岸水下冲积扇，沉积物短距离、高强度地冲入湖盆，形成近岸水下冲积扇朵体(图 12)。

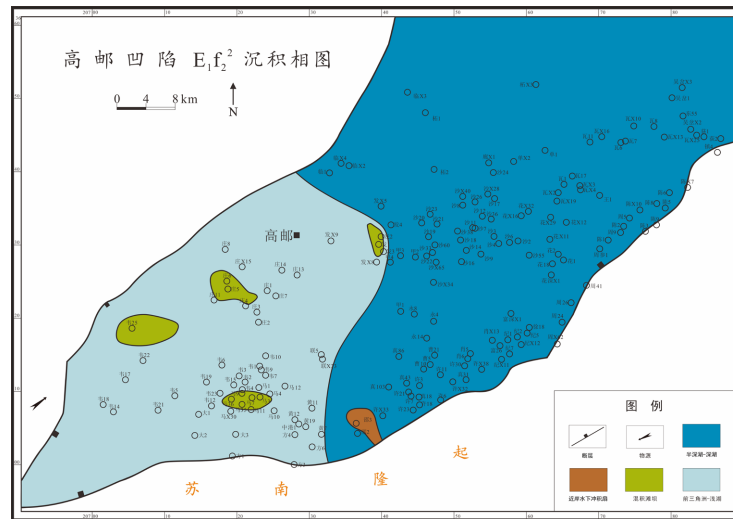


Figure 12. Sedimentary facies plan of  $E_1f_2^2$  in Gaoyou Sag  
图 12. 高邮凹陷  $E_1f_2^2$  沉积相平面图

3)  $E_1f_2^1$  亚段沉积相平面展布特征

由沉积相平面图可以看出，在  $E_1f_2^1$  亚段沉积时期，发育湖泊相，研究区西南部发育前三角洲 - 浅湖亚相，东北部发育半深湖 - 深湖亚相，在该沉积时期，物源供给与  $E_1f_2^3$  亚段一致，根据单井剖面以及岩心照片的观察，在庄 1 井及马 7 井周围发育小面积混积滩坝，邵伯地区主要发育近岸水下冲积扇，沉积物短距离、高强度地冲入湖盆，形成近岸水下冲积扇朵体(图 13)。

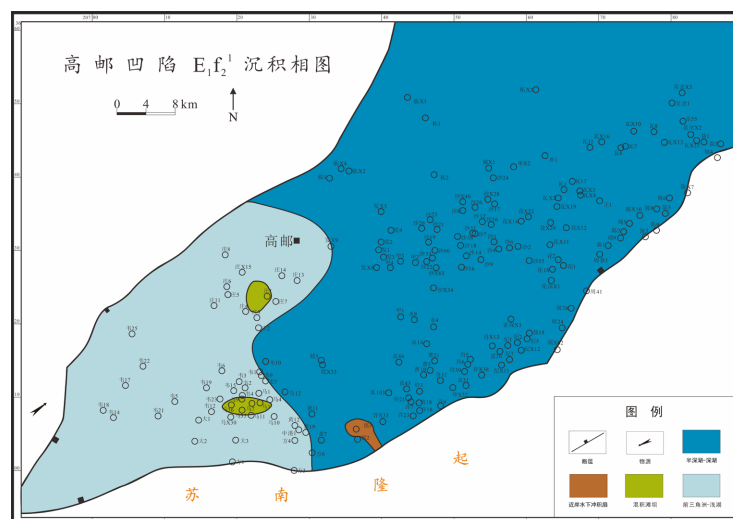


Figure 13. Sedimentary facies plan of  $E_1f_2^1$  in Gaoyou Sag  
图 13. 高邮凹陷  $E_1f_2^1$  沉积相平面图

## 5. 沉积相模式

沉积模式就是删去地方性的局部细节，而保留其最本质纯粹的东西，是对沉积相组合或沉积体系的全面概括，具有广泛的概括性和代表性[15]。通过对比现代和古沉积环境以及沉积作用，从而建立标准相模式。

本次研究通过对高邮凹陷阜宁组沉积时期的单井剖面、连井剖面沉积相的分析，以及沉积相的平面展布研究所揭示出的沉积特征与沉积相带分布规律，并结合区域地质背景，以现代沉积学基本原理为指导，构建了高邮凹陷阜宁组沉积相模式图(图 14)。研究表明，在  $E_1f_2$  沉积时期，湖盆不断扩张，形成水体不断加深的正旋回沉积，具有陆源水系不断后缩、陆源碎屑不断减少的欠补偿沉积特点。在该沉积时期，物源供给不足，整体发育湖泊相，物源供给主要来自西南部苏南隆起的小部分供给，以及以通扬隆起为物源供给的邵伯地区的近岸水下冲积扇。在  $E_1f_2$  沉积时期，韦庄地区、码头庄地区、临泽地区以及发财庄地区发育浅湖亚相，且在码头庄地区发育大面积的混积滩坝微相，在卸甲庄地区和马家嘴地区发育零星混积滩坝微相，在研究区东北部发育半深湖 - 深湖亚相。

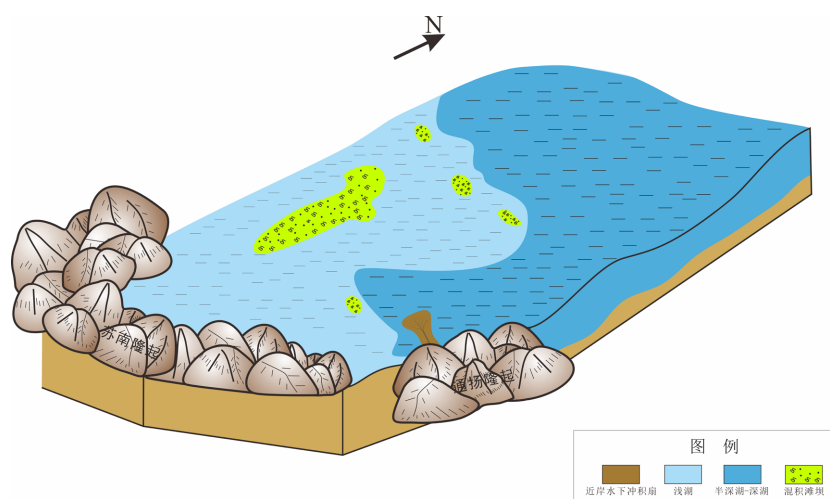


Figure 14. Sedimentary facies pattern of  $E_1f_2$  in Gaoyou Sag

图 14. 高邮凹陷  $E_1f_2$  沉积相模式图

## 6. 结论

本文利用岩心、测录井等地质资料，通过分析单井相、连井相，系统地研究了高邮凹陷  $E_1f_2^3$ 、 $E_1f_2^2$ 、 $E_1f_2^1$  三个亚段的沉积相及沉积演化研究，建立了研究区  $E_1f_2$  的沉积相模式图，还原了该时期的沉积环境，为下一步研究不同相带的成因砂体模型及隐蔽区带划分提供重要的地质依据。

1) 高邮凹陷在阜二段时期主要为湖泊相，进而可分为浅湖、半深湖 - 深湖亚相，以及混积滩坝、浅湖泥，半深湖 - 深湖泥 3 种微相类型，在邵伯地区发育近岸水下冲积扇，进而分为扇根亚相以及扇根主水道微相。

2) 高邮凹陷在阜二段沉积时期，混积滩坝垂向上表现为退积。在  $E_1f_2^3$  亚段沉积时期，高邮凹陷在韦庄地区和码头庄地区发育以碳酸盐岩与陆源碎屑岩混合沉积的混积滩坝，在临 1 井、发 X8 井、甲 1 井、许 21 井周围发育小面积混积滩坝；在  $E_1f_2^2$  亚段沉积时期，高邮凹陷在韦 25 井、庄 5 井、发 2 井及马 7 井周围发育小面积混积滩坝；在  $E_1f_2^1$  亚段沉积时期，高邮凹陷在庄 1 井及马 7 井周围发育小面积混积滩坝。

3) 根据  $E_1f_2^3$ 、 $E_1f_2^2$ 、 $E_1f_2^1$  三个亚段的沉积演化过程, 删去了地方性的局部细节, 对高邮凹陷阜二段沉积体系进行了全面概括, 建立了该时期的沉积相模式图。研究表明, 在  $E_1f_2$  沉积时期, 湖盆不断扩张, 形成水体不断加深的正旋回沉积, 具有陆源水系不断后缩、陆源碎屑不断减少的欠补偿沉积特征。

## 参考文献

- [1] 张自力, 李琦, 朱筱敏, 施瑞生, 谢爽慧, 张锐锋, 曹兰柱. 陆相断陷湖盆滩坝沉积特征与地震沉积学响应——以渤海湾盆地霸县凹陷古近系沙河街组一段为例[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(4): 970-989.
- [2] 唐焰. 高邮凹陷储量增长趋势及油气勘探潜力研究[D]: [硕士学位论文]. 东营: 中国石油大学(华东), 2014.
- [3] 吴林. 高邮凹陷南部断阶带构造特征及沉积演化[D]: [博士学位论文]. 东营: 中国石油大学(华东), 2015.
- [4] 梁兵. 高邮凹陷断层——岩性油气藏勘探技术与实践[J]. 中国石油勘探, 2013, 18(4): 36-49.
- [5] 冷春鹏, 董桂玉, 张振国, 仇永峰, 毕天卓. 陆相断陷盆地深凹带沉积体特征——以高邮凹陷邵伯次凹戴南组为例[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2015, 30(1): 14-22+29.
- [6] 程祥. 高邮凹陷吴堡断裂带构造精细研究[D]: [硕士学位论文]. 东营: 中国石油大学(华东), 2015.
- [7] 董才源, 刘震, 李储华, 刘启东. 苏北盆地高邮凹陷断层-岩性油藏断层封闭性研究[J]. 断块油气田, 2013, 20(6): 686-689.
- [8] 李宗峰, 董桂玉, 柴新辉, 仇永峰, 毕天卓. 高邮凹陷南断阶戴南组沉积演化[J]. 西部探矿工程, 2016, 28(9): 63-67+73.
- [9] 霍少川, 董桂玉, 王兵杰, 张振国, 刘金华, 刘建宁, 曹玉鹏, 冷春鹏. 金湖凹陷阜宁组二段混合沉积研究[J]. 沉积学报, 2019, 37(1): 177-188. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2018.119>
- [10] 尹开贵. 高邮凹陷阜宁组沉积体系研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国石油大学, 2009.
- [11] 纪友亮, 卢欢, 刘玉瑞. 苏北盆地高邮凹陷古近系阜宁组一段浅水三角洲和滩坝沉积模式[J]. 古地理学报, 2013, 15(5): 729-740.
- [12] 张顺, 陈世悦, 崔世凌, 龚文磊, 于景强, 鄢继华, 邵鹏程, 刘姚. 东营凹陷半深湖-深湖细粒沉积岩岩相类型及特征[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2014, 38(5): 9-17.
- [13] 张萌, 田景春. “近岸水下扇”的命名、特征及其储集性[J]. 岩相古地理, 1999, 19(4): 42-52.
- [14] 董荣鑫, 苏美珍. 近岸水下冲积扇相特征及实例[J]. 石油实验地质, 1985, 7(4): 294-302.
- [15] 吴崇筠, 刘宝珺, 王德发, 信荃麟, 项立嵩. 碎屑岩沉积相模式[J]. 石油学报, 1981, 2(4): 1-10.