

文章编号: 1009-3850(2010)03-0090-06

东濮凹陷北部古近系沙三中段沉积体系特征及充填模式

周进松¹, 于兴河², 杜海峰¹, 刘超³

(1. 陕西延长石油集团研究院, 陕西 西安 710075; 2. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083; 3. 陕西西安中孚凯宏石油科技有限公司, 陕西 西安 710018)

摘要: 依靠大量的岩心观察、测井、地震和分析化验资料, 对东濮凹陷北部古近系沙三中段沉积体系类型、分布规律和充填模式进行了研究。认为沙三中段主要为湖相背景下各类三角洲前缘沉积, 如扇三角洲前缘、辫状三角洲前缘和正常三角洲前缘。在沉积体系研究的基础上, 分析研究区北区、中区、南区 3 个不同区带沉积充填特征, 并建立了整个凹陷北部沉积相平面分布模式。

关键词: 东濮凹陷; 沉积体系; 充填模式; 沉积相模式
中图分类号: P512.2 **文献标识码:** A

1 区域地质概况

东濮凹陷位于渤海湾裂谷盆地西南缘的临清拗陷东南部, 是在中生代古生代克拉通沉积盆地基础上由于喜山运动发生拉张、断陷而形成的新生代断陷盐湖盆地。其东侧以兰聊基底断层与鲁西隆起上的菏泽凸起相邻, 西侧以长垣基底断裂与内黄隆起相接, 南隔兰考凸起与开封凹陷为邻, 北以马陵断层与临清拗陷内的莘县凹陷相接, 总体上呈北北东向, 南宽北窄, 面积约 5300 km²。

东濮凹陷是一个早期东断西超、晚期双断式的凹陷, 总体上受 NNE 向断裂构造控制, 在构造演化及沉积相带上具有明显的“东西分带、南北分区”的特征, 表现为“两洼一隆一陡一斜坡”的构造格局。根据基底和盖层的断裂发育特征, 结合构造发展演化规律, 可以将东濮凹陷划分为 5 个二级构造单元 (图 1), 即西部斜坡带、西部洼陷带、中央隆起带、东部洼陷带和东部陡坡带^[1-3]。

东濮凹陷地质条件复杂, 前人对其沉积体系方面也做过大量的研究工作, 但多以各开发区块 (断

块) 为研究单元^[4-11], 从全盆的角度对沉积体系类型及空间分布规律的研究较少^[12-16], 致使该盆地沉积相类型和分布规律争议较大。本文以东濮凹陷北部 (白庙 桥口 刘庄 桑村集以北) 为研究区域, 依靠大量的岩心观察、测井、地震和分析化验资料, 利用高分辨率层序地层学理论和方法, 针对凹陷北部盐湖盆地沙三中地层开展层序地层研究, 建立了层序格架, 将沙三中段划分为一个长期基准面旋回和 3 个中期基准面旋回; 研究了层序格架中沉积体系类型及其空间分布规律, 认为其主要为湖相背景下各类三角洲前缘沉积, 如扇三角洲前缘、辫状三角洲前缘和正常三角洲前缘, 区内总体上平原相不太发育; 除此之外还有重力流、风暴和滩砂坝沉积。在沉积体系研究的基础上, 结合构造特征分析北区、中区、南区 3 个不同区带沉积充填特征, 建立了整个盆地北部沉积相平面分布模式。

2 沉积体系类型

基于大量的岩心观察, 综合分析岩石类型、结构和沉积构造、岩电组合、测井资料、地震分析等资料,

收稿日期: 2010-03-05 改回日期: 2010-07-22

作者简介: 周进松 (1979-), 男, 硕士, 主要从事石油天然气地质勘探工作。E-mail: Zj_son@2004@yahoo.com.cn

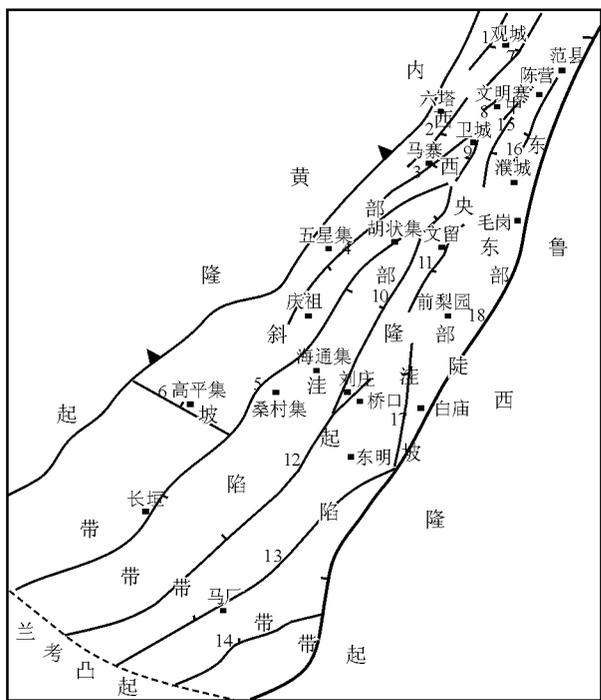


图1 东濮凹陷构造单元划分图(据中原油田研究院, 2004, 修改)

1 宋庙断层; 2 六塔断层; 3 马寨断层; 4 石家集断层; 5 长垣断层; 6 高平集断层; 7 观城断层; 8 文明寨断层; 9 卫西断层; 10 文西断层; 11 文东断层; 12 黄河断层; 13 马厂断层; 14 三春集断层; 15 卫东断层; 16 濮城断层; 17 杜寨断层; 18 兰聊断层

Fig 1 Structural division of the Dongpu depression

1= Songmiao fault 2= Liuta fault 3= Mazhai fault 4= Shijiaji fault 5= Changyuan fault 6= Gaopingji fault 7= Guancheng fault 8= Wenmingzhai fault 9= Weixi fault 10= Wenxi fault 11= Wendong fault 12= Huanghe fault 13= Machang fault 14= Sanchunji fault 15= Weidong fault 16= Pucheng fault 17= Duzhai fault 18= Lanliao fault

认为研究区总体为湖泊背景下的各类三角洲前缘沉积, 如扇三角洲前缘、辫状三角洲前缘和正常三角洲前缘, 区内总体平原相沉积不太发育。

2.1 扇三角洲

研究区扇三角洲发育于东部兰聊断层下降盘, 主要分布于白庙、前梨园以及毛岗地区。岩性主要有灰色、浅灰色泥岩夹粉细砂岩、粗砂岩、含砾粗砂岩及细砾岩组成。岩石粒度较粗, 尤其在白庙和前梨园地区, 岩心上可见清晰的砾石颗粒, 最大砾石为 $2 \times 4 \text{mm}$; 有些呈直立, 表明离物源区较近, 为快速堆积形成。

灰色、绿灰色、浅灰色泥岩相及交错层理粉细砂岩相, 波状层理粉细砂岩相, 块状层理、平行层理粉

细砂岩相, 粒序层理含砾砂岩相按一定规律组合成扇三角洲的垂向层序。单井上显示东濮凹陷的扇三角洲多为不完整的垂向反韵律, 以水下分流河道为主, 河口坝不发育, 缺少三角洲平原亚相。由于扇三角洲主要发育于东部边界兰聊断层下降盘, 地形比较陡, 因而平面分布呈“小而多”的特征。

2.2 辫状三角洲

辫状三角洲是一种粗粒三角洲, 通常形成于盆地的短轴缓坡一侧, 辫状河为其物源供应的渠道。东濮凹陷辫状河三角洲主要分布在盆地西部斜坡马寨、胡状集、庆祖等地区。由于西部边界长垣断层、石家集断层、马寨断层雁行排列形成走向斜坡, 致使西部辫状河三角洲体系沿走向斜坡斜列入湖而不是垂直入湖, 其中胡庆辫状三角洲体系分布最广, 局部层位延伸至中央隆起带上, 厚度大, 沉积序列清楚, 具有明显的进积特征。

辫状三角洲前缘砂岩主要由水下分流河道含砾砂岩、粗砂岩、河口坝砂岩及席状粉砂岩组成, 砂岩中可见黄铁矿等矿物, 偶见植物碳屑、植物茎干。砂岩结构成熟度较高, 分选中等至好。沉积构造类型丰富, 反映牵引流沉积作用的层理类型很发育, 主要有平行层理、小型槽状交错层理, 最发育的是板状交错层理。这些层理构造主要见于分选好的粉细砂岩、细砂岩及砾岩、中粗砂岩中。此外, 还有透镜状层理、重荷模、滑塌或变形构造、火焰构造、冲刷面等。

2.3 正常三角洲

正常三角洲与辫状三角洲最大的区别在于物源和粒度的不同, 通常辫状三角洲是以辫状河作为物源, 为短流程三角洲; 而正常三角洲是以曲流河作为物源, 为长流程三角洲; 另外辫状三角洲粒度较粗, 为粗粒三角洲, 而正常三角洲粒度较细, 为细粒三角洲。

研究区正常三角洲主要分布于盆地北端的观城、文明寨地区及中央隆起带的大部分地区。其沉积体系物源供给充分, 沉积速度较快, 沉积厚度大, 分布范围广。灰白色、浅灰色、浅灰绿色泥页岩相及交错层理(粉)细砂岩相、波状层理粉细砂岩相、块状层理、平行层理粉细砂岩相、粒序层理含砾砂岩相垂向上组合成正常三角洲的垂向序列, 以向上变粗的层序为主, 河口坝、远沙坝较为发育。

2.4 风暴沉积

研究区风暴沉积多发育于环洼带, 其岩性主要有中细砂岩、粉砂岩、泥岩、泥质粉砂岩。通过岩心

观察,发现本区的风暴岩的沉积构造丰富,类型多样。而且风暴岩多呈韵律层,具备似鲍马序列,韵律层内砂岩可见递变层理、丘状交错层理、平行层理等。

3 沉积充填特征

东濮凹陷盆地结构、构造特征的复杂性及其近物源、多物源等特征决定了其沉积和层序模式的复杂性和多样性。总体特征为:①构造活动强烈,同沉积断裂在盆地边界和中心都发育,断层活动特征的差异和中央隆起带的存在,使得盆地东、中、西部表现出不同特征,盆地具有多个沉降中心;②物源多,具有东、西、南、北多个方向物源,再加上构造对沉积的控制,使得盆地具有多个规模不等的沉积中心;③东濮凹陷为闭流性湖盆,气候对湖平面的变化具有控制作用,盐岩发育,湖平面变化频繁;④沉积体类型多,分布也较为复杂。

根据层序划分结果,结合区域构造分析,选取北区、中区部和南区 3 个不同的构造部位总结出整个北部层序的充填模式。

3.1 北区沉积充填特征

研究区北区包括毛岗 柳屯以北的地区,该区地势相对较为平坦,水体较浅,构造较为简单,主要由西倾的兰聊断层、濮城断层和东倾的六塔断层、文明寨断层控制沉积格局。在西部缓坡带,辫状三角洲主要经宋庙断层、六塔断层和马寨断层构成的走向斜坡进入湖盆,东部三角洲主要来自北部及东部物

源,辫状三角洲和三角洲在中央构造带汇合,呈指状接触;东部和西部构造沉降量都较小,水体较浅,可容纳空间也较小,在西部六塔断层上升盘地层发生剥蚀;在中央构造带即文明寨断层和濮城断层的下降盘区域,构造沉降量最大,水体较深,在沙三中段沉积时期达到最深,可容纳空间也最大,此时出现少量的盐岩(图 2)。

3.2 中区沉积充填特征

中区是指毛岗 柳屯以南和白庙 庆祖集以北的区域。西部次凹(海通集凹陷)和东部次凹(前梨园凹陷)构造沉降最大,水体最深,是盆地两个主要的沉积中心,其中前梨园最深,沉积地层最厚,而中央隆起带呈水下之隆,将盆地分成东、西沉积特征不同的两个部分。沙三中时期是整个盆地构造活动最强烈的时期,此时期水体最深,湖盆面积最大。西部辫状三角洲沿石家集断层和长垣断层构造的走向斜坡斜列入湖,沙三中早期物源充足,延伸至中央隆起带之上;东部为扇三角洲沉积。在西部斜坡带由于构造沉降量小,空容纳空间的减小,沉积物供应速率大于构造沉降速率,以至上部层序发生剥蚀。除西斜坡外,其它地区层序较为完整(图 3)。该剖面中部地区砂体主要分布于沙三中段的下部,盐岩主要发育于沙三中段上部。

3.3 南区沉积充填特征

南区与北区、中区最大的区别就在于没有盐岩发育,其主要原因在于碎屑物源较为充足,从而导致盐岩不易沉积。西部斜坡依然发育辫状三角洲,且

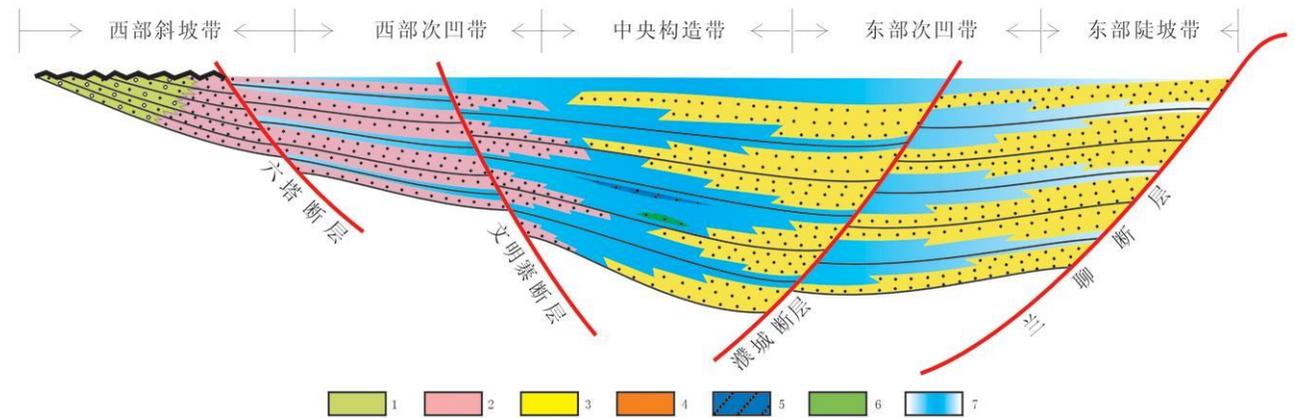


图 2 东濮凹陷北部陈营 文明寨 六塔地区沉积充填模式

1 辫状河三角洲平原; 2 辫状三角洲前缘; 3 三角洲前缘; 4 扇三角洲前缘; 5. 盐岩; 6 浊积扇(水道); 7. 浅湖-半深湖

Fig 2 Deposition filling model for the Chenying Wenmingzhai Liuta zone in northern Dongpu depression

1= braided delta plain 2= braided delta front 3= delta front 4= fan delta front 5= salt rock 6= turbidite fan(channel); 7= shallow lake/bathyal lake

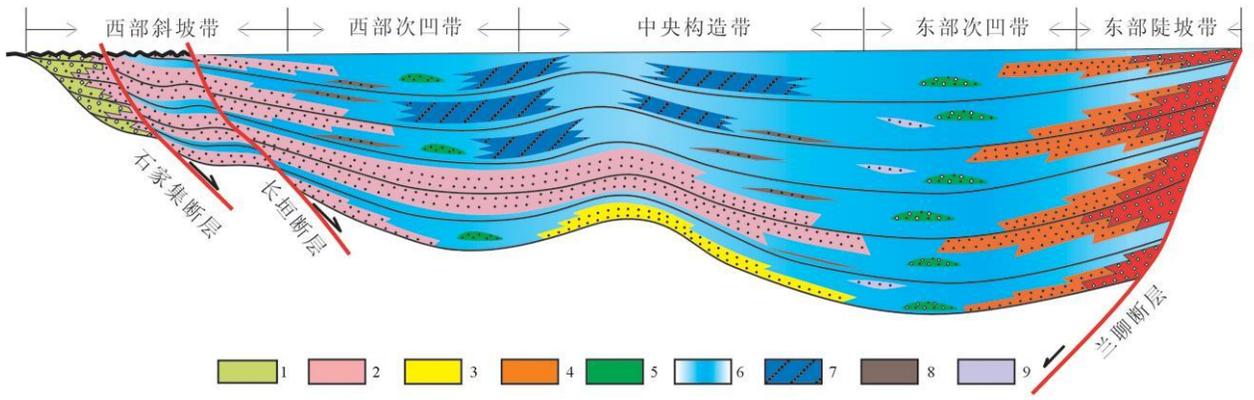


图 3 东濮凹陷北部前梨园 胡状地区沉积充填模式

1 辫状河三角洲平原; 2 辫状河三角洲前缘; 3 三角洲前缘; 4 扇三角洲前缘; 5 浊积扇; 6 浅湖 半深湖; 7 盐岩; 8 滩沙; 9 风暴沙

Fig 3 Deposition filling model for the Qianliuyuan-Huzhuang zone in northern Dongpu depression

1= braided delta plain; 2= braided delta front; 3= delta front; 4= fan delta front; 5= turbidite fan; 6= shallow lake/bathyal lake; 7= salt rock; 8= beach sand; 9= storm sand

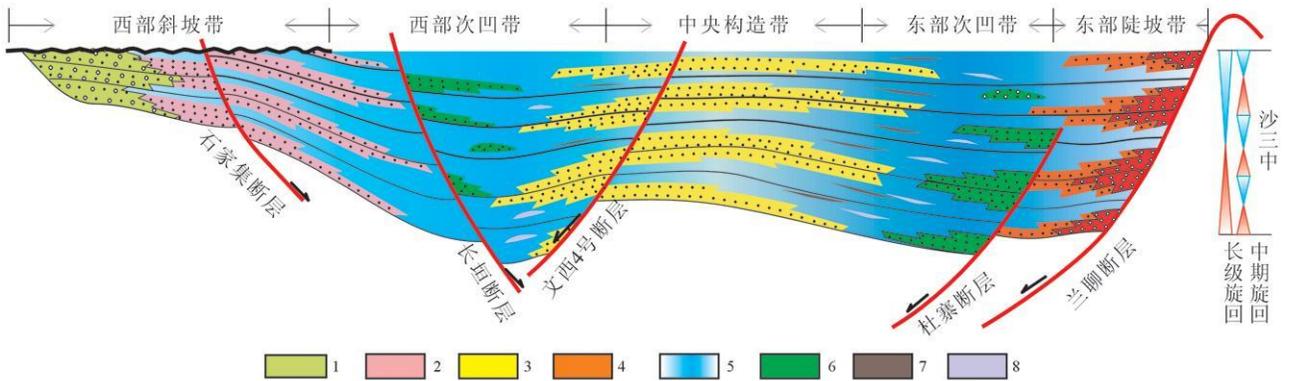


图 4 东濮凹陷北部白庙 庆祖南地区沉积充填模式

1 辫状河三角洲平原; 2 辫状河三角洲前缘; 3 三角洲前缘; 4 扇三角洲前缘; 5 浅湖 半深湖; 6 浊积岩; 7 滩沙; 8 风暴沙

Fig 4 Deposition filling model for the Baimitiao-Qingzunan zone in northern Dongpu depression

1= braided delta plain; 2= braided delta front; 3= delta front; 4= fan delta front; 5= shallow lake/bathyal lake; 6= turbidite fan; 7= beach sand; 8= storm sand

主要分布于石家集断层下降盘长垣断层的上升盘,而在长垣断层的下降盘形成浊积扇,该区地形较高,总体构造沉降量较小,构造沉降速率小于沉积物供应速率,可容纳空间最小,以至部分沙三中地层被剥蚀;中央隆起带在该区已经基本倾灭,地形较为平坦,发育正常三角洲,主要来自于西南部物源体系;东部兰聊断层下降盘上发育扇三角洲,形成一些相对较粗粒的沉积;同时由于杜寨断层的作用,扇三角洲前缘主要分布于杜寨断层的上升盘,而在杜寨断层下降盘形成浊积扇体(图 4)。

4 沉积相模式

研究区主体为湖相背景下的各类三角洲沉积(图 5),盆地边界断裂活动的差异性及其古地貌特征决定了三角洲沉积的性质。如东部边界兰聊断层下降盘,地形坡度较陡,距离物源较近,而形成扇三角洲,其平面分布表现为“小而多”的特征;西部长垣断层、石家集断层、马寨断层和六塔断层形成多个雁行排列的走向斜坡,导致西部物源斜列入湖,由于这个地区坡度较缓,距物源区较远,故形成辫状三角洲,其表现为“帚状”;盆地长轴方向上南北两端,地

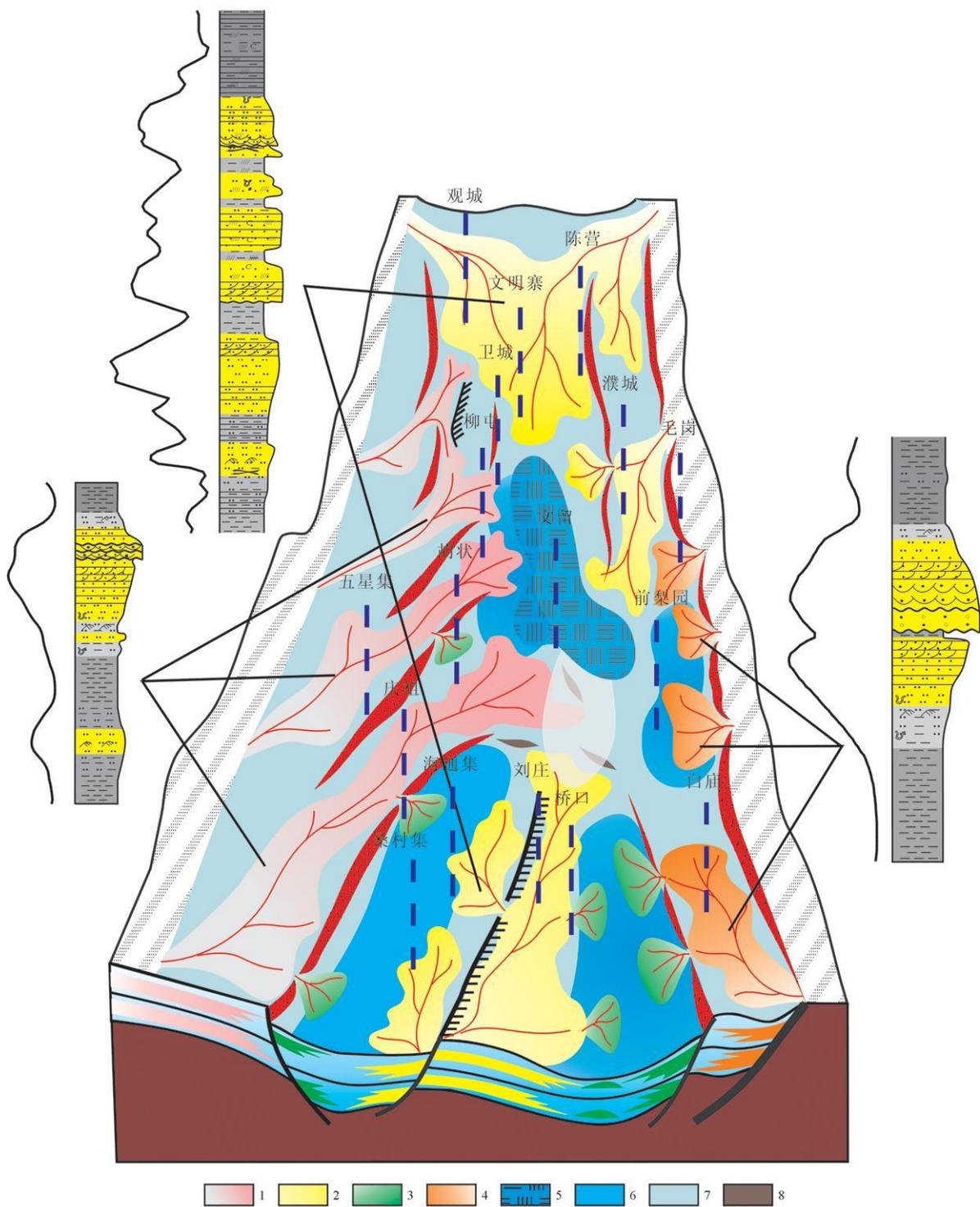


图 5 东濮凹陷北部沙三中沉积相模式

1 辫状河三角洲前缘; 2 正常三角洲前缘; 3 浊积岩; 4 扇三角洲前缘; 5 盐岩; 6 深湖; 7 浅湖; 8 滩砂坝

Fig 5 Sedimentary facies model for the middle part of the third member of the Shahejie Formation in northern Dongpu depression
 1= braided delta front 2= normal delta front 3= turbidite 4= fan delta front 5= salt rock 6= abyssal lake 7= shallow lake
 8= beach-sand bar

形都较为平坦, 主要为正常三角洲沉积, 平面上表现为“大而少”; 浊积扇主要发育于各类三角洲前缘的

前端或断层下降盘, 滩砂(坝)主要分布于中央隆起带两侧斜坡地区。

5 结 论

研究区整体为湖相背景下的各类三角洲前缘沉积,包括扇三角洲前缘、辫状三角洲前缘和正常三角洲前缘,区内总体缺少三角洲平原相沉积。作者认为现今盆地边界并非原始盆地沉积边界,东部靠近兰聊断裂带地形较陡,距离物源较近,主要发育扇三角洲沉积,平面上表现为“多而小”的特征;西部斜坡带地形较缓,距离物源较远,主要发育辫状河三角洲沉积,辫状三角洲经由边界长垣断层、石家集断层、马寨断层雁行排列形成走向斜坡斜列入湖,而不是垂直入湖,平面上表现为“帚状”;南北两端长轴方向主要发育正常三角洲沉积,平面上呈“大而广”的特征。除此之外还有浊积扇(水道)、风暴沉积和滩砂坝等。

参考文献:

- [1] 陈书平,漆家福,王德仁,等.东濮凹陷断裂系统及变换构造[J].石油学报,2007,28(1):43-49
- [2] 杜海峰,于兴河,陈发亮,等.河南省东濮凹陷古近系沙河街组沙三段盐岩沉积特征及其石油地质意义[J].古地理学报,2008,10(1):53-62
- [3] 孙思敏.东濮凹陷调节构造特征[J].油气地质与采收率,2007,14(2):38-46
- [4] 赵澄林,吴崇筠.油区岩相古地理[M].北京:石油工业出版社,1987
- [5] 赵澄林,刘孟慧,纪友亮,等.东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积体系与成岩作用[M].北京:石油工业出版社,1992
- [6] 苗建宇.东濮凹陷白庙地区沙三 2 亚段砂体的沉积特征与环境[J].西北地质,1995,67(1):36-40
- [7] 吴智勇,郭建华,吴东胜,等.东濮凹陷西洼南段老第三系岩相古地理特征[J].古地理学报,2000,2(1):43-38
- [8] 屈红军,李文厚,苗建宇,等.东濮凹陷濮卫环洼带沙三段沉积体系及储层发育规律[J].沉积学报,2003,21(4):601-605
- [9] 廖远涛,王华,王家豪,等.东濮凹陷文东一前梨园地区沙三段、沙四段沉积特征和有利储集体预测[J].石油勘探与开发,2004,31(3):75-78
- [10] 廖远涛,张世民,夏鹏远,等.东濮凹陷文东地区沙三段层序地层学特征[J].地球科学—中国地质大学学报,2005,30(2):133-139
- [11] 陈昊,张洪波,曹学良,等.东濮凹陷文东地区沙三中亚段沉积相及砂体类型分析[J].石油勘探与开发,2006,33(1):32-35
- [12] 郑鸿稳,郭建华.东濮凹陷西洼南段早第三纪构造沉积演化[J].江汉石油学院学报,2001,23(3):1-6
- [13] 李健,王德仁,白兴盈.东濮凹陷沙三 3-4 亚段层序地层与沉积体系分析[J].石油与天然气地质,2001,22(2):161-164
- [14] 纪友亮,冯建辉.东濮凹陷古近系的低位三角洲沉积[J].石油勘探与开发,2003,30(1):112-114
- [15] 纪友亮,冯建辉,王声朗,等.东濮凹陷古近系沙河街组沙三段沉积期湖岸线的变化及岩相古地理特征[J].古地理学报,2005,7(2):479-484
- [16] 李明娟,许化政,周新科.东濮凹陷地质三分性与沙三期沉积古地理[J].断块油气田,2006,13(5):4-8

Sedimentary systems and filling models for the middle part of the third member of the Shahejie Formation in northern Dongpu depression

ZHOU Jin-song, YU Xing-he, DU Hai-feng, LIU Chao

(1. Research Institute, Yanchang Petroleum Group, Xi'an 710075, Shaanxi, China; 2. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Xi'an Zhongfu Kaihong Petroleum Technology Co., Ltd., Xi'an 710018, Shaanxi, China)

Abstract The present paper deals on the basis of core examination, well logs, seismic data and laboratory analysis with the types, distribution and filling models for the sedimentary systems in the middle part of the third member of the Shahejie Formation in northern Dongpu depression, where the lacustrine delta front deposits predominate, including the fan delta front, braided delta front and normal delta front deposits. The plain deposits are less developed. In addition, the gravity flow, storm and beach-bar deposits occur as well in the study area. Finally, the sedimentary facies model is constructed based on the deposition and filling patterns for the northern, central and southern parts of the Dongpu depression.

Key words Dongpu depression, sedimentary system, filling pattern, sedimentary facies model