

文章编号: 1000-0550(2007)04-0511-07

黄骅拗陷孔南地区孔二段湖盆结构恢复

陈长伟^{1,2} 薛林福¹ 徐兴科¹ 闫青华¹

(1. 吉林大学地球科学学院 长春 130026 2 大港油田勘探开发研究院 天津 300280)

摘要 孔南地区孔二段受到沧东断层、徐西断层等活动影响, 地层结构遭受强烈的改造, 原有湖盆结构发生了很大的变化。隆起区构造单元富泥质沉积, 凹陷构造单元富砂质沉积, 成为研究区孔二段的主要特征之一, 也成为研究的难点。本文通过对研究区孔二段沉积厚度、岩相、沉积相、构造分析以及等时地层格架下的沉积体系展布规律分析等, 对孔二段沉积时期湖盆结构进行了恢复, 改变了以往认为孔二期为断陷产物的认识, 得出孔二段沉积时期, 湖盆总体为拗陷盆地, 现今处于盆地中心的孔店隆起构造带为孔二期的古湖盆中心和沉降中心。这一结论对认识黄骅拗陷孔南地区盆地演化, 成因机制和油气勘探具有重要的意义。

关键词 孔二段 拗陷盆地 湖盆结构 古地理环境

第一作者简介 陈长伟 男 1983 年出生 硕士研究生 数学地质 E-mail: chen_175@163.com

中图分类号 P512.2 TE121 **文献标识码** A

引言

始新世以来, 黄骅地区南部首先发生裂陷^[1~3], 使得孔南地区以发育古近纪早期沉积孔店组为特征^[4]。孔店组孔二段是该区的主力生油岩系, 其中所夹砂岩是主要的储集岩系。孔店组沉积之后, 强烈的沙河街期裂谷作用改造了孔店期的古地理、古构造格局, 使孔二段被强烈掀斜, 断块化。随着孔南地区油气勘探的不断深入, 查明孔二段沉积期湖盆结构, 恢复该时期的古地理面貌是当前该区地层-岩性油气藏勘探的核心任务。

归纳前人研究关于孔二段的湖盆结构和古地理格局主要有两种观点, 一种观点认为孔二段沉积时期为断陷湖盆, 当时的古地理格局类似现在所表现的盆地格局, 即东西两侧为深凹陷, 中部的孔店构造带为古隆起, 该观点主要注意到了目前所表现断陷盆地格局; 第二种观点认为孔二时期孔南地区为一个拗陷湖盆, 该观点认为中部孔店构造带是后期相对隆起的, 在孔二段沉积时期是湖盆的中心地带, 该观点的主要依据是沉积物粒度的变化及地层厚度的变化。目前存在的两种观点, 均缺少公开发表的文献以及系统的论述。孔二段的古地理格局如何, 严重制约着进一步的油气勘探。本文在基准面旋回等时地层对比格架等方面的基础上, 恢复了孔二段时期的古地理格局及古地理演化。

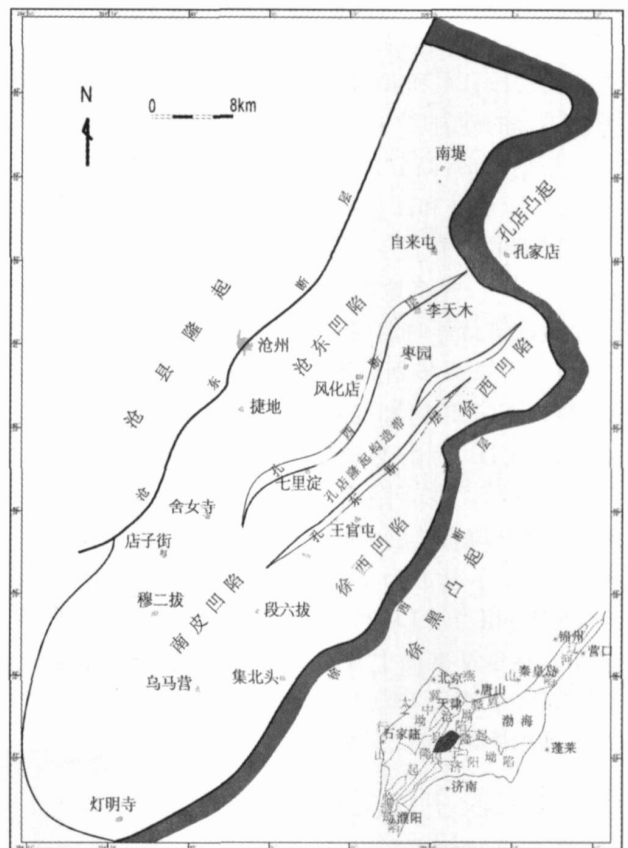


图 1 孔南地区构造简图

Fig 1 Structural sketch map of Kongnan area

1 区域地质背景

孔南地区位于渤海湾盆地黄骅拗陷东南部——孔店凸起以南、灯明寺以北,受西部沧东断层,东部徐西断层所控制的广袤地区。走向北东,宽 40~60 km,长约 120 km^[5],面积 4 700 余 km²。古近系孔店组是该区主要的生油岩和储集层,区内分布有孔店、枣园、王官屯、舍女寺、段六拔、小集等油田^[4]。(图 1)

孔二段地层厚度 400 余米^[5],以暗色泥岩、油页岩为主,油页岩含量占泥质岩石总量的一半,是孔南地区主要的生油岩层^[5]。夹少量粉砂、中砂岩,局部夹基性喷出岩^[5],成为良好的储集层,是该区岩性油气藏发育的重要层段之一。

2 孔二段旋回划分

孔二段至下而上可以划分为 4 个不同的岩性组合单元:EK₁¹、EK₂²、EK₃³和 EK₄⁴。EK₄⁴和 EK₂²为砂体主要的富集层段;EK₃³和 EK₁¹以泥为主,只在局部地区存在厚度不等的砂岩层(据大港油田勘探开发研究院)。

根据 Cross 高分辨率层序地层学原理,以岩心、三维露头、测井和高分辨率地震震剖面为基础^[6-10],将基准面的一个上升与下降旋回称为一个沉积基准面旋回^[11,12],并将地层划分为短期、中期、长期旋回三个级次进行等时地层对比。孔二段相当于一个长期旋回,可进一步划分为两个完整的中期基准面旋回:旋回 I (K2C1)和旋回 II (K1C2)。旋回 I 上升半旋回 (K2C1U) 相当于 EK₃³和 EK₂²下部,地层为明显的退积叠加样式;旋回 I 下降半旋回 (K2C1D) 相当于 EK₃³上部和 EK₂²地层叠加样式发生的改变,为明显进积叠加,显示基准面下降过程;旋回 II 上升半旋回 (K2C2U) 相当于 EK₁¹底至油页岩顶,广泛发育的厚层油页岩指示基准面上升至最大;旋回 II 下降半旋回 (K2C2D) 相当于 EK₁¹油页岩之上的部分以及孔一段枣五油组底部,构成完整下降半旋回(图 2)。

3 孔二段主要沉积构造特征

3.1 中部沉积厚、四周沉积薄

孔南地区孔店组的沉积中心靠近沧东断裂根部的沧州市附近,向东南方向变薄呈楔形体^[5]。而发育于孔店组早—中期的孔二段厚度显示沿盆地轴部的王官屯—沈家铺—风化店一带较大,向两侧如沧东凹陷、官东一带厚度明显减薄。沧 14 位于沧东凹陷

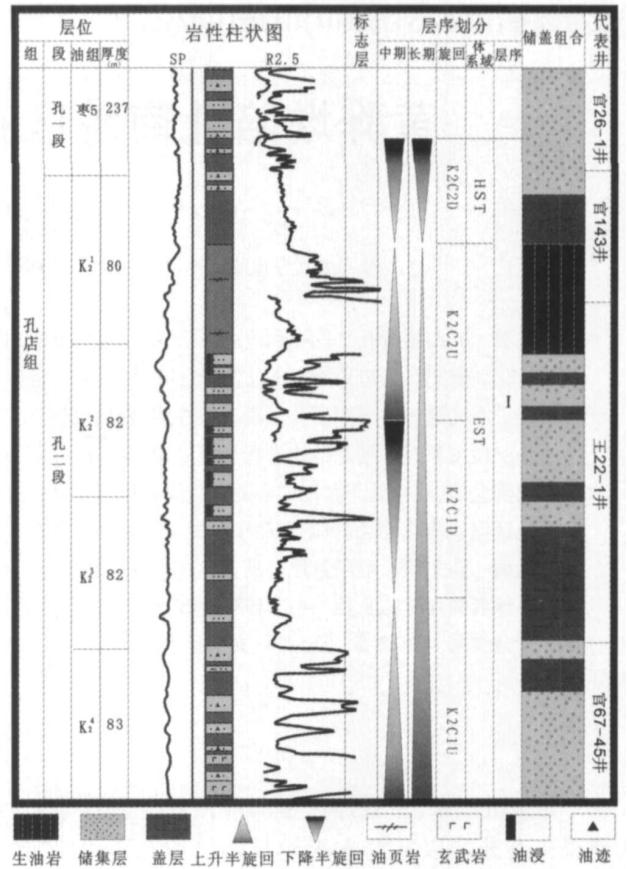


图 2 孔南官东地区孔二段标准柱状图

Fig 2 Standard histogram of Member 2 Kongdian Formation Guandong area

北部,孔二段厚度仅有 328 m 而位于孔店隆起构造带主体的官 130 厚 519 m 官 181 为 423 m。枣 45—官 994 地震剖面是一条垂直边界断层,并通过沧东凹陷—孔店隆起构造带—徐西凹陷的剖面(图 3)。剖面显示孔二段厚度在孔店隆起构造带达到最厚,向沧东断层及徐西断层两侧减薄。女 89—王 22-1 为一条垂直边界断层走向的剖面(图 4)剖面显示处于盆地中心的官 126 和官 181 沉积厚度最大,靠近沧东断层的女 89 和靠近徐西断层的王 22-1 厚度较小。由此可见,孔二段具有中间隆起带沉积厚、两侧凹陷沉积薄的特点,与整个孔店组的厚度变化趋势差异明显。

3.2 边部富砂、中部富泥

砂岩的厚度及粒度对认识湖盆结构具有重要的指示意义。录井、岩心资料显示,靠近两侧边界断层砂质富集,如王 22-1 孔 19 枣 64 等,含砂率多在 30% 以上;靠近沧东断层的舍女寺地区也是砂岩富集区。而位于孔店隆起构造带主体则以细粒沉积为主,如家 6、官 101、官 181、官 185 等均为厚层暗色泥岩及

油页岩。另外,图 3显示处于盆地中心的官 126和官 181沉积薄层细砂、粉砂岩,向女 89和王 22-1砂岩含

量明显增多。由此可见,孔二段砂岩具有两侧凹陷富集,向中央隆起构造带减少的趋势(图 4)。

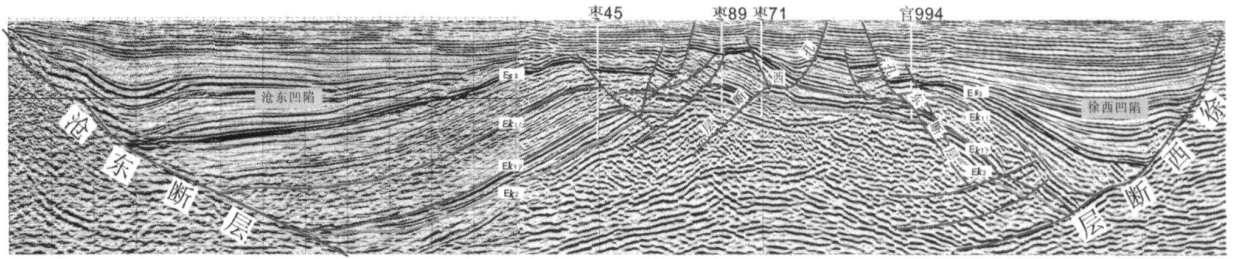


图 3 过枣 45—官 994 井地震剖面

Fig. 3 Seismic section crossing Well Zao45-Guan994

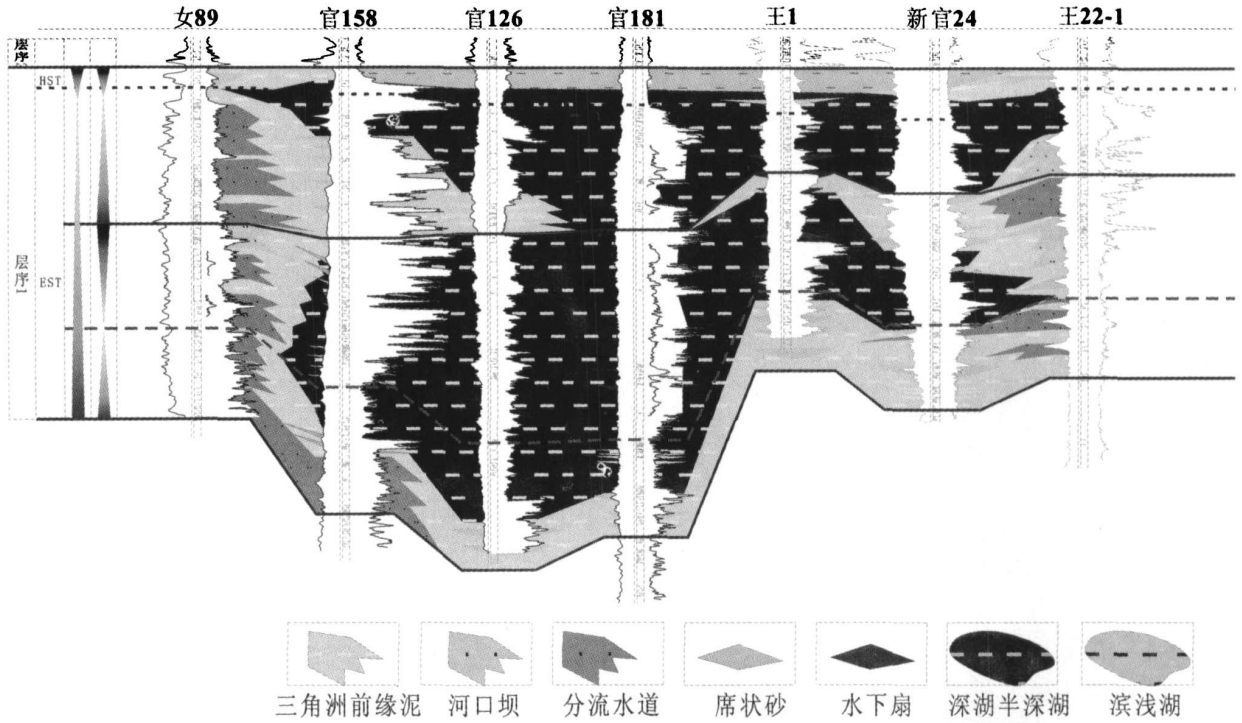


图 4 女 89—王 22-1 连井相剖面图

Fig. 4 Sedimentary facies section crossing Well Nu89-Wang22-1

3.3 广湖盆相带特征

湖泊相在孔南地区孔二段广泛发育。岩心描述显示,官 998 小 7 官 984 家 6 等发育深湖一半深湖油页岩以及暗色泥岩沉积。三角洲相是研究区孔二段另外一种重要的沉积相类型,也是砂体的主要赋存形式。官 984 乌参 1、女 72 等井发育三角洲前缘砂体。图 4 显示,三角洲相在靠近边界断层的凹陷中较为发育,如女 89 井及王 22-1 井,而处于湖盆中心的孔店隆起构造带发育了深湖、半深湖及少量的滑塌重力流沉积及三角洲前缘远端席状砂沉积,如官 126、

官 181 及王 1 井主要为深湖一半深湖沉积,夹有少量的远端席状砂和滑塌重力流沉积。由此可见,孔二段沉积时期主要发育了湖泊相及三角洲前缘沉积,伴随发育前三角洲沉积及滑塌重力流沉积,三角洲平原在研究区不发育。

综上,孔二段具有广湖盆沉积特征,湖盆范围大于现今由沧东断层和徐西断层所控制的盆地区域。陆源碎屑物由四周向中部注入,处于盆地中部的孔店隆起构造带为远离物源的泥质沉积,边缘相在盆地内不发育。

3.4 孔店隆起构造带后期形成

孔店隆起构造带是由孔东断层和孔西断层所控制的相对隆起区。隆起主体孔二段地层发育齐全,显示并未遭受剥蚀或产生沉积间断,只是相对于两侧深洼的局部隆起。孔店隆起构造带主体和两侧,孔二段以及孔一段下部地层厚度没有明显变化;孔一段上部开始断层下盘沉积厚度明显大于断层上盘,显示孔东断层、孔西断层在直到孔一上段发育时期才开始活动,并控制沉积;在孔二段发育时期,孔东、孔西断层还未开始活动,孔店隆起构造带也还未形成。

3.5 边界断层未控制孔二段沉积

富砂沉积靠近沧东断层及徐西断层,向盆地内沉积物粒度逐渐变细(图4),说明物源区靠近边界断层,沉积相研究表明以三角洲的形式向盆地注入;孔二段向边界断层减薄,存在尖灭的趋势(图3),证明孔二段沉积中心及湖盆中心位于盆地中部,靠近边界断层为相对隆起区;边缘相在研究区不存在,可推测边缘相(河流相或三角洲平原)发育在边界断层之外,后期受断层切割并遭受剥蚀。由此可知,边界断层在孔二段沉积时期并未开始发育,未控制孔二段沉积。

4 沉积体系展布特征

4.2 旋回沉积体系分布特征

4.2.1 K2C1U沉积体系展布

K2C1U沉积时期为湖泛初期,水体较浅,沉积物粒度在整个孔二段中最粗,且粗粒沉积物在该时期分布最广。研究表明该时期湖盆地势较为平坦,两侧垂向水流同时发育,在中部产生交汇。该时期靠近两侧以滨浅湖—三角洲沉积体系为主,中部局部发育深湖—半深湖沉积以及水下扇沉积。主要发育北部枣园三角洲体系,东部王官屯三角洲体系,南部乌马营三角洲体系,西部舍女寺三角洲沉积体系(图5)。

4.2.2 K2C1D沉积体系展布

K2C1D相对K2C1U水体较深,可容纳空间扩大,垂向水流影响范围明显缩小,官128、家6、小7等井沉积厚层暗色泥岩及油页岩,将东部物源,西部物源以及南部物源分隔开。该时期湖盆发育深湖—半深湖—三角洲—水下扇沉积体系。主要发育北部枣园三角洲体系,东部王官屯三角洲体系,南部乌马营三角洲体系,西部舍女寺三角洲沉积体系(图6)。

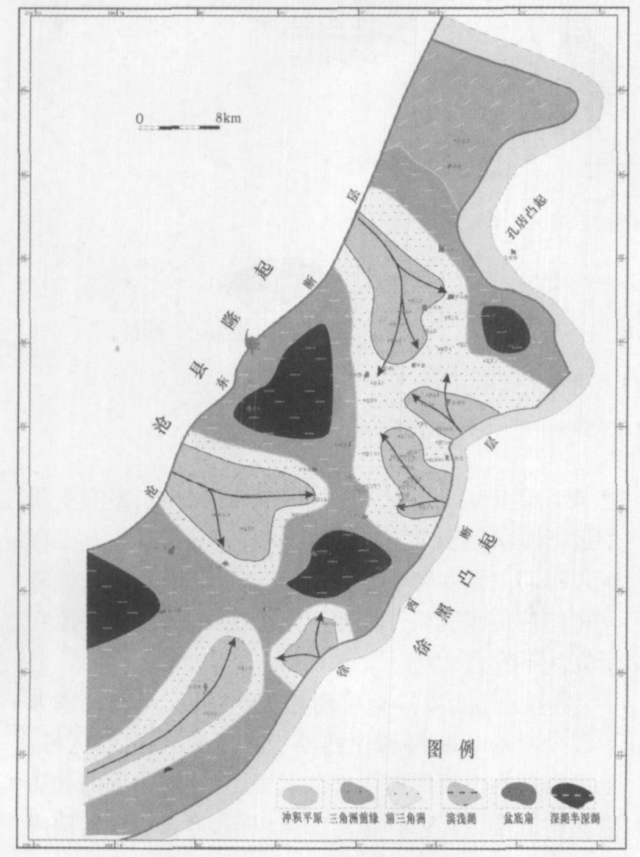


图 5 K2C1U 沉积相分布平面图

Fig. 5 Sedimentary facies of K2C1U

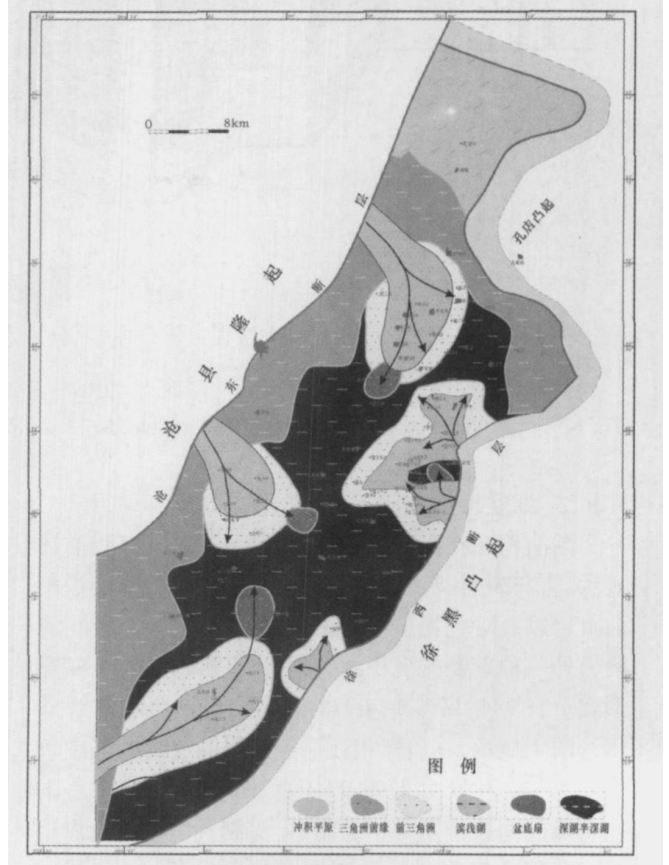


图 6 K2C1D 沉积相分布平面图

Fig. 6 Sedimentary facies of K2C1D

4.2.3 K2C2U 沉积体系展布

可容纳空间尽进一步扩大, 后期达到最大, 同期湖盆范围也达到最大。早期在边部发育少量砂质沉积, 后期为厚层油页岩、暗色泥岩沉积。该时期湖盆以深湖—半深湖沉积为主, 三角洲在盆地边缘局部地区发育前缘—前三角洲沉积。主要发育南部乌马营三角

洲体系, 西部舍女寺三角洲沉积体系 (图 7)。

4.2.4 K2C2D 沉积体系展布

湖盆开始萎缩, 下部沉积以暗色泥岩为主, 上部出现少量薄互砂质沉积, 为滨浅湖—深湖、半深湖—三角洲沉积。主要发育南部乌马营三角洲体系, 西部舍女寺三角洲沉积体系 (图 8)。

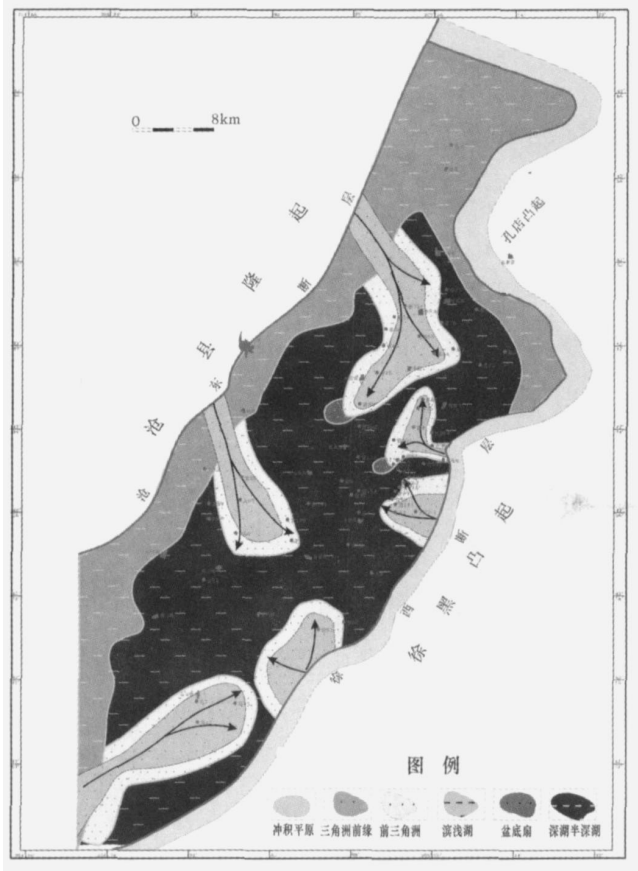


图 7 K2C2U 沉积相分布平面图
Fig 7 Sedimentary facies of K2C2U

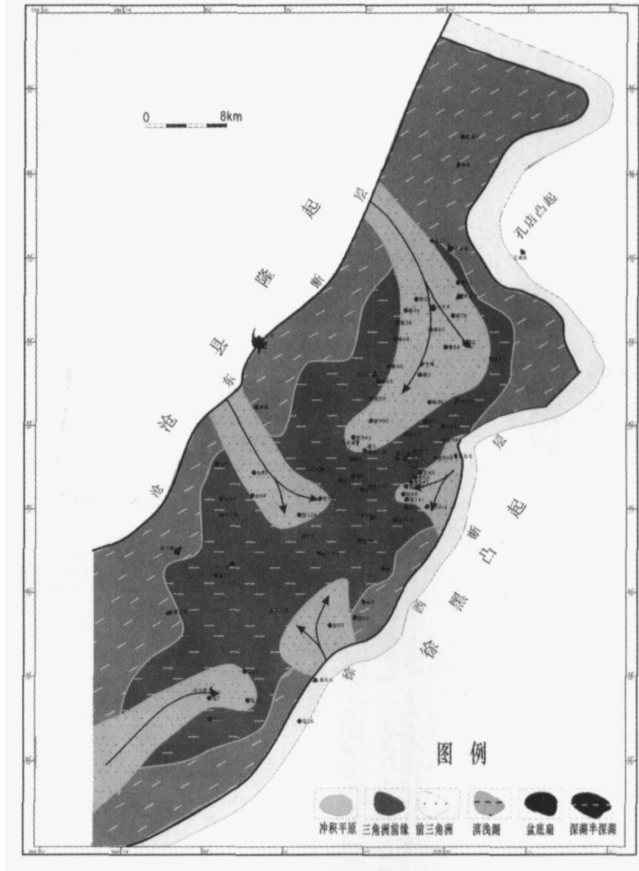


图 8 K2C2D 沉积相分布平面图
Fig 8 Sedimentary facies of K2C2D

5 湖盆结构恢复

综上所述, 孔二段现今构造及沉积相模式具备以下特征: (1) 两侧地势低洼, 沉积薄, 为富砂的主要区

域; (2) 中央隆起, 沉积厚度大, 主要为泥岩、油页岩沉积, 夹少量薄层细、粉砂岩; (3) 孔东、孔西断层上、下盘地层厚度没有明显的变化 (图 9)。

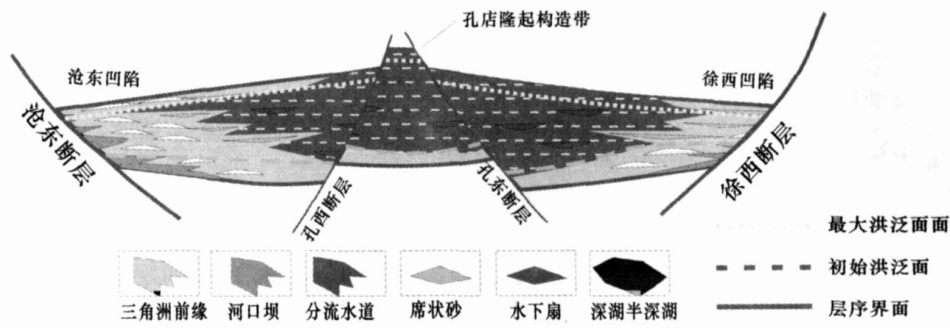


图 9 孔二段现今构造形态

恢复孔东、孔西断层, 将孔二段顶面拉平后, 沉积相模式具有以下特征: (1)孔东、孔西断层未控制孔二段沉积; (2)孔二段底呈现出平缓, 并向两侧隆起的“锅底状”形; (3)两侧粗粒沉积显示为隆起区, 中部泥岩、油页岩等细粒沉积为坳陷区(图 10)。

孔二段沉积原始盆地构造形态具有以下特征: (1) 沧东、徐西断层作为孔南地区的控盆断层在孔二

段沉积时期并未发育, 未控制孔二段沉积; (2)孔二段发育时期盆地为坳陷湖盆, 盆地中心为当时湖盆沉降中心, 孔店隆起构造带并未发育; (3)孔二段发育在大湖盆时期, 边缘相处于两边界断层之外, 湖盆范围及沉积区远大于现今由沧东、徐西断层所控制的区域(图 11)。

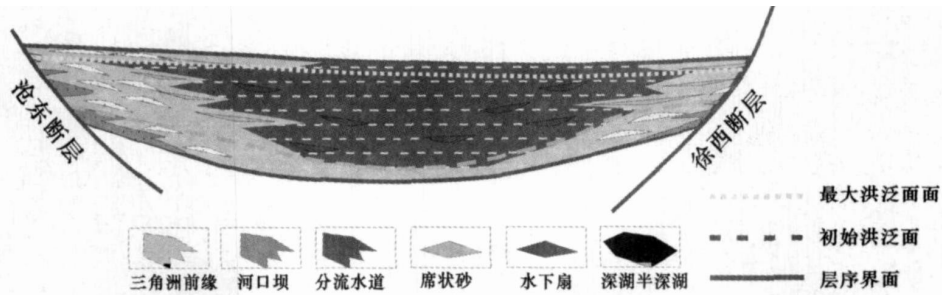


图 10 孔东、孔西断层恢复, 孔二段顶拉平后沉积构造形态
Fig. 10 Structure shape of Member 2 based on leveled the top surface

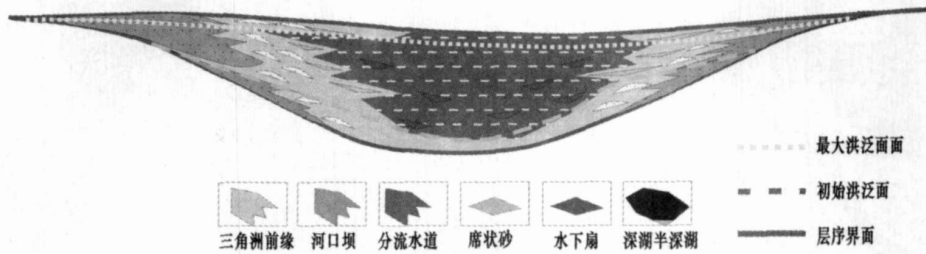


图 11 孔二段原始构造形态恢复
Fig. 11 Original structure shape of Member 2, Kongdian Formation

6 结论

(1)孔二段沉积时期, 中央孔店隆起构造带并不存在, 盆地中心为当时的湖盆中心及沉降中心; (2)边界断层并未控制孔二段沉积, 湖盆为以坳陷盆地为主; (3)湖盆范围大于由沧东断层和徐西断层所控制的盆地区域; (4)边缘相发育在两边界断裂之外, 后期受断层切割, 致使研究区孔二段整体缺少边缘相。

参考文献 (References)

1 张伯声, 汤锡光. 鄂尔多斯地块及其四周的镶嵌构造与波浪运动. 西北大学学报(自然科学版), 1975 (3): 20-25 [Zhang Bosheng Tang Xiguang Orbs block and around inland structure and waveness movement Northwestern University Journal (Natural Science Edition), 1975 (3): 20-25]

2 张伯声, 王战. 地壳运动的波浪性. 国际交流地质学术论文集一为 27 届国际地质大会撰写, (2). 北京: 地质出版社, 1985 165-174 [Zhang Bosheng Wangzhan Diastrophic Waveness Quality International Collection of papers 1985]

3 陆克政, 漆家福, 等. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式. 北京: 地质出版社, 1997 96-97 [Lu Kezheng Qi Jiafu Structural Models of Petroiferous Basins in Bohai Bay Beijing Geological Publishing House 1997. 96-97]

4 高锡兴. 黄骅坳陷石油天然气地质(第二版). 北京: 石油工业出版社, 2004 3-5 [Gao Xixing Huanghua Depression Petroleum-natural Gas Geology Beijing Petroleum Industry Press 2004 3-5]

5 大港油田勘探开发研究院. 黄骅坳陷第三系沉积相及沉积环境. 北京: 地质出版社, 1987 [Explotration and Development Research Institute of Dagang Oilfield Huanghua Depression Tertiary Sediment Facies and Sedimentary Environment Beijing Geological Publishing House 1987]

6 Cross T A, Baker M R, Chapin M A, et al Application of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis. In: Eschard R, Dolé

- gez Beds Reservoir Characterization from Outcrop Investigations Proceedings of the 7th Exploration and Production Research Conference Paris Techniq 1993 11-33
- 7 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油天然气地质, 1995 16(2): 90-97 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S. A.: high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis. Oil and Gas Geology 1995 16(2): 90-97]
 - 8 李江涛, 李增学, 郭建斌等. 高分辨率层序地层分析中基准面变化的讨论. 沉积学报, 2005 23(2): 297-302 [Li Jiangtao, Li Zhengxue, Guo Jianbin. Discussion about base-level changes in the analysis of high-resolution sequence stratigraphy. Acta Sedimentologica Sinica 2005 23(2): 297-302]
 - 9 刘星, 陆友明, 程守田. 垦西油田馆陶组河流沉积高分辨率层序地层研究. 沉积学报, 2002 20(1): 101-111 [Liu Xing, Lu Youming, Cheng Shoutian. High resolution stratigraphy study on fluvial deposit of Guantao Formation in Kenxi Oil Field. Acta Sedimentologica Sinica 2002 20(1): 101-111]
 - 10 郑荣才, 吴朝容, 叶茂才. 浅谈陆相盆地高分辨率层序地层研究思路. 成都理工学院学报, 2000 27(03): 241-244 [Zheng Rongcai, Wu Zhaorong, Ye Maochai. Research thinking of high-resolution sequence stratigraphy about a terrigenous basin. Journal of Chengdu University of Technology 2000 27(03): 241-244]
 - 11 池秋鄂, 龚福华. 层序地层学基础与应用. 北京: 石油工业出版社, 2001. 32-40 [Chi Qiue, Gong Fuhua. Sequence Stratigraphy Foundation and Application. Beijing: Petroleum Industry Press 2001. 32-40]
 - 12 汪彦, 彭军, 游李伟, 等. 中国高分辨率层序地层学研究现状. 天然气地球科学, 2005 16(3): 352-358 [Yan Wang, Jun Peng, You Liwei, et al. Current research situation of high resolution sequence stratigraphy in China. Natural Gas Geoscience 2005 16(3): 352-358]
 - 13 王战, 等. 黄骅拗陷地区地质构造演化与油气分布. 北京: 科学出版社, 1999. 77-78 [Wang Zhan, et al. Huanghua Depression Region Geological Structural Evolution and Distribution of Oil and Gas. Beijing: Science Press 1999. 77-78]

Re-establishment of Basin Framework on Member 2 of Kongdian Formation in Kongnan Area, Huanghua Depression

CHEN Chang-wei¹ XUE Lin-fu¹ XU Xing-ke¹ YAN Qing-hua¹

(1. College of Earth Science, Jinlin University, Changchun 130061;

2. Exploration and Development Research Institute of Dagang Oil Field, Tianjin 300280)

Abstract Member 2 of Kongdian Formation (E_k^2) has been changed by lots of faults such as Cangdong fault and Xuxi fault etc. It greatly changed the original basin framework. Black mudstone and oil shale appeared on the uplift while stratum rich in griststone detected in the Sunken area as the most important characters become difficult to research. Based on the equitime stratigraphic contrast and a comprehensive analysis of the thickness, lithofacies, sediment facies, structure and sediment system of Member 2 of Kongdian Formation, conclusions have been made that the back basin was depress basin simultaneously. Kongdian uplift belt existed in the center of the basin now was the center of the back basin and depocenter during the deposition of the Member 2. These conclusions are significant for clearing the basin evolution, its origin, petroleum and natural gas exploration.

Key words Member 2 of Kongdian Formation, depressional basin, basin framework, geographical environment