

沾化凹陷垦西地区新近系馆陶组沉积微相研究

刘 刚

中国地质科学院, 北京 100037

摘 要: 油田开发阶段的精细油藏描述, 要进行小层沉积微相的研究, 阐明小层单元沉积微相特征, 为相关开发研究奠定必要的沉积学基础。以传统沉积学和高精度层序地层学理论为指导, 通过岩心观察和测井相分析, 进而应用油藏描述技术中的沉积微相分析方法, 从标准井测井沉积微相分析到全区多井对比, 对垦西油田 K71 断块区新近系馆陶组储层的沉积微相类型及特征进行了详细研究。研究认为, 馆陶组的主要沉积微相类型有滞留沉积、砂坝沉积、曲流砂坝沉积、天然堤沉积、决口扇沉积、越岸沉积及泛滥平原湖泊沉积。储层以河道充填沉积、河道边缘沉积、泛滥平原沉积为主, 分布较分散。这些沉积微相特征对储层物性的预测都具有重要意义。

关键词: 垦西地区; 沉积微相; 新近系; 馆陶组

中图分类号: P618.13; P618.21 **文献标志码:** A **doi:** 10.3975/cagsb.2011.06.12

Sedimentary Microfacies of Guantao Formation in Kenxi Area, Zhanhua Depression

LIU Gang

Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract: Detailed description of reservoir generally needs the study of sedimentary microfacies of small layers, and clarifying the sedimentary microfacies characteristics of the small layer is essential for founding the sedimentary frame. Based on core observation and well log analysis, guided by the theory of traditional sedimentology and high-resolution sequence stratigraphy, following the basic principle of sedimentary microfacies analysis from type well logging to multiwells correlation in the whole area and employing sedimentary microfacies analysis method used in reservoir description, the authors made a detailed study of the types and characteristics of sedimentary microfacies in Guantao Formation reservoir of fault block K71. The results show that this zone can be divided into seven sedimentary microfacies, i.e., retention sediment, sand bar sediment, bend sand bar sediment, spontaneous bank sediment, burst fan sediment, sloping over sediment, and floodplain lake sediment. The reservoir is mainly of channel sediment, channel margin sediment and floodplain sediment, and the distribution of the reservoir in this zone is scattered. The identification of these characteristics is significant for reservoir quality prediction.

Key words: Kenxi area; sedimentary microfacies; Tertiary; Guantao Formation

沾化凹陷垦西油田经过 30 余年的注水开发, 目前综合含水已达 90% 以上。故查明其储层的沉积相、沉积微相及其相带变化, 不仅能优化储层的划分与对比, 而且有利于砂体及其非均质性预测, 为油藏开发寻找剩余油提供依据。沉积微相、微构造以及

剩余油是油田开发阶段中最关心的 3 个问题(林承焰, 2000), 沉积微相在油田勘探阶段及开发初期难于进行空间研究, 随着油藏开发的不断深入, 油藏勘探阶段的认识已不能满足油藏开发的需求, 这就迫切需要利用新的资料对油藏的沉积微相进行再认识,

收稿日期: 2011-09-27; 改回日期: 2011-10-15。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 刘刚, 男, 1977 年生。博士。主要从事前陆盆地构造演化与沉积地质学的研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。电话: 010-68999617。E-mail: liugang@cags.ac.cn。

以便为科学地调整开采计划提供充足的地质证据。油藏描述是以多种理论为指导,运用多种技术和方法对油藏进行综合研究与评价(裘怿楠等,1996),以提高油田采收率和改善油田挖潜途径。其中,单层砂体储层特征精细研究是油藏精细描述的主要内容之一(姚光庆等,2002),是确定剩余油分布规律的重要理论基础工作(林承焰,2000),而单层砂体的沉积微相研究是开展此项工作的前提和基础,它对小层砂体储层非均质性起主要控制作用。

1 地质概述

垦西油田位于山东省利津县东北的罗镇乡。构造位置位于渤海湾盆地济阳坳陷沾化凹陷的中部,孤岛凸起西南部,西北为渤南洼陷,南部以垦西大断层与三合村洼陷相接,面积约 100 km²,它是胜利油区沾化凹陷中的一个重要油田(图 1)。

垦西地区发育的地层经钻井证实有古近系沙河街组的沙四段、沙三段、沙一段,东营组及新近系的馆陶组、明化镇组。普遍缺失沙二段和东一段。各层段都发育储层,主要含油气层系有馆陶组、东二段、东三段、沙一段、沙三段,沙四段共六套。另外明化镇组有少量气层,中生界井壁取芯有油气显示。垦西油田 K71 区块主要含油层系为馆陶组和东营组,油气资源丰富(彭传圣等,2006),油层埋深 1100~1750 m,总含油面积 4.1 km²,平均有效厚度

为 25.9 m,地质储量达 1387×10⁴ t,可采储量为 563×10⁴ t。

本文以沉积学和高精度层序地层学理论为指导(李思田等,1995;魏祥峰等,2011;沈玉林等,2009;吕大炜等,2008),通过岩心观察和测井相分析,应用油藏描述技术中的沉积微相分析方法,遵循从标准井测井沉积微相分析到全区多井对比的基本原则,总结沉积微相特征,进而确定小层沉积微相及其储层非均质性。对垦西油田 K71 断块馆陶组储层的沉积微相类型及特征进行了详细研究。

2 沉积微相类型及特征

垦 71 区馆陶组由多个向上总体变细的河流沉积旋回构成。主要依据河流沉积旋回的垂向加积厚度大小及河道规模等成因特征,将区内馆陶组沉积划分为低弯度辫状河、曲流河及大型泛滥盆地(平原)等三种河流沉积体系类型(邓宏文等,1996,1997,1999;邓宏文,1995)。其中,馆下段至馆 6 砂层组为低弯度辫状河沉积;馆 5 至馆 4 砂层组为曲流河沉积;馆 2+3 砂层组为大型泛滥盆地沉积(图 2)。

沉积学分析表明,垦 71 区馆下段、馆 6 砂层组为辫状河沉积,但明显不同于盆地边缘冲积扇中与泥石流、片流等共生组合的较顺直的扇面辫状河,其洪泛细粒加积尽管相对较薄和泛滥平原规模相对较小,但一般发育,应属于一种辫状冲积平原低弯度河流沉积。馆 5、馆 4 砂层组则属于曲流河沉积成因。如前所述,馆 2+3 砂层组以厚层的细粒占优势的沉积物构成为特征,明显区别于曲流河正常发育的河间泛滥平原沉积,属于一种多种因素控制的长期发育的大型泛滥盆地充填(图 3)。

2.1 河道充填沉积组合

河道充填构成河流沉积的骨架砂体,为河流体系的主要储集层。河道充填组合由砂坝(辫状河道)及曲流砂坝(曲流河道)沉积及其底床滞留沉积组成。

滞留沉积:滞留沉积厚度一般几十厘米至 2 m,在河道充填组合中所占比例很小,形态也不规则。区内河道底滞留沉积为砾岩或含砾砂岩,无论是辫状河道还是曲流河道,滞留沉积与其上部的河道沉积总是构成一个复合型砂体,二者之间为冲刷面,一般不存在泥岩隔层(图 4, A1-1 型及 A1-2 型底部)(马正,1994)。

砂坝沉积:区内馆陶组辫状河道砂坝沉积主要以含砾粗砂岩、粗砂岩组成,自然电位曲线通常呈箱形,少数钟形(图 4, A1-1 型)(张占松,2000),可出现含砾粗砂岩与粗砂岩多次交互,底部及内部具多

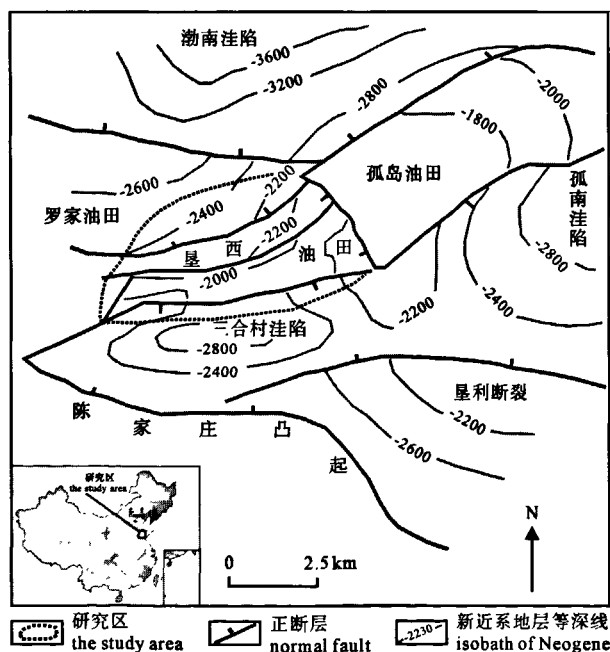


图 1 垦西油田位置及构造图(据陈建渝等,1998 修改)

Fig. 1 Sketch map showing location and tectonic division of the Kenxi oilfield (modified after CHEN Jian-yu et al., 1998)

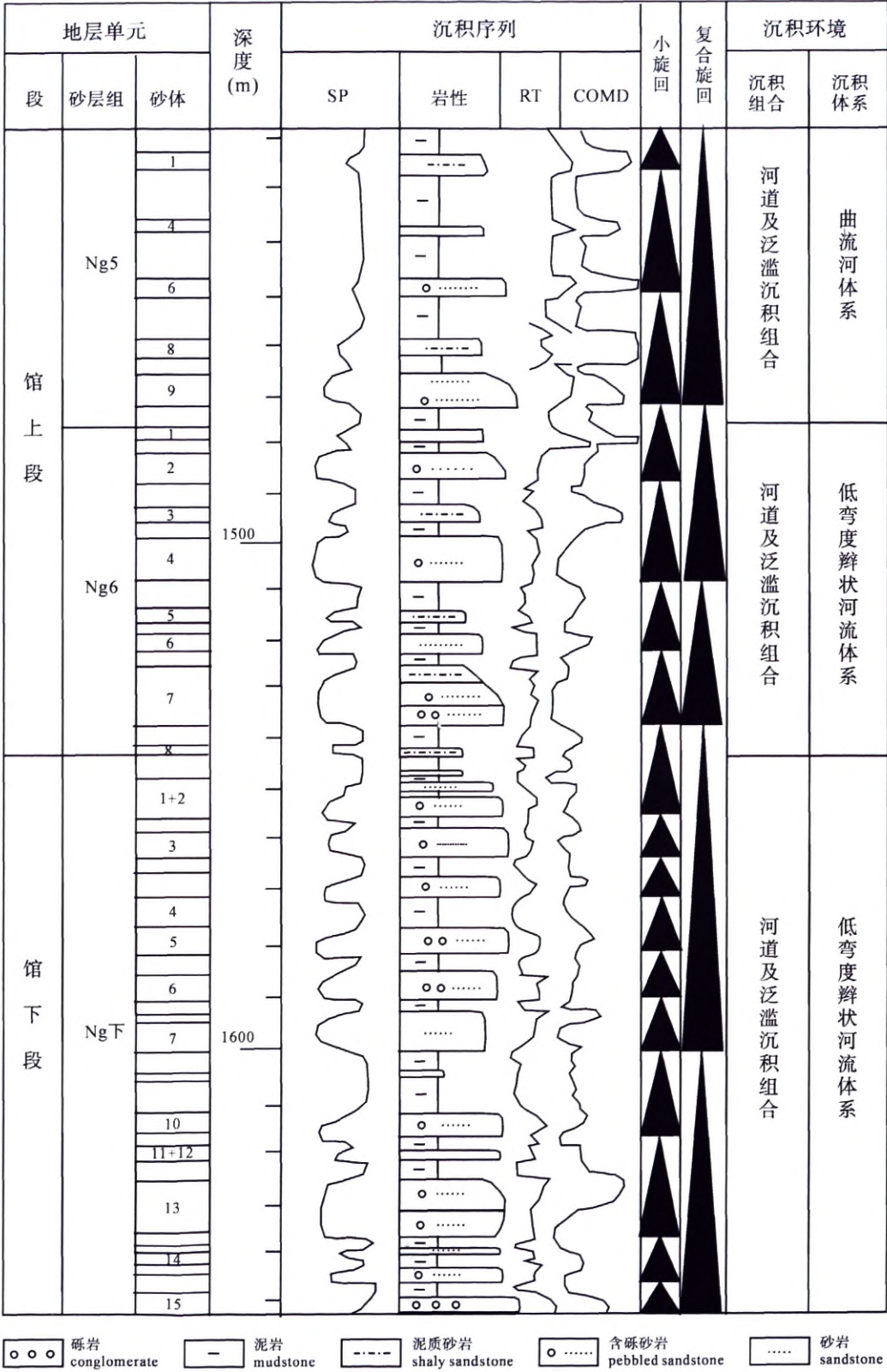


图2 垦71区新近系馆陶组Ng⁵-Ng⁶-Ng⁷沉积序列及小层单元划分(K71-14井)
Fig. 2 Depositional sequence of Ng⁵-Ng⁶-Ng⁷ in Kenxi 71 area(K71-14 well)

个冲刷面,发育大型交错层理、平行层理,常为多复合叠置型砂体,反映了其河道充填形成于洪水反复涨落和多变的高能水流的作用。在垂向上,辫状河

道充填小旋回由下到上通常构成砾质滞留-砂坝-薄层洪泛沉积组合。剖面上,砂坝沉积呈叠复交错的复杂侧向关系,总体呈板状、厚板状。单层厚10余

米, 叠置可达 20 余米。

曲流砂坝沉积: 馆陶组曲流河道砂坝主要由中-粗砂岩、含砾粗砂岩组成, 自然电位曲线呈钟形及箱形(图 4, A1-2 型), 底部具冲刷面, 大型交错层理发育。由含砾粗砂岩、粗砂岩、中-细砂岩及粉砂岩等构成向上总体变细的岩性组合。曲流砂坝与其下的砾质滞留沉积构成的复合砂体, 剖面形态多呈透镜状, 厚度相对小于辫状河道砂坝。

2.2 河道边缘沉积组合

河道边缘沉积是由反复发生的高位洪水作用而成。其沉积组合包括天然堤沉积和决口扇沉积两种微相类型, 分别反映了不同的亚环境及其作用过程。

天然堤沉积: 馆陶组辫状河道边缘天然堤通常不发育, 曲流河道天然堤沉积以细砂和粉砂为主, 厚度 1~3 m。向河道一侧, 颗粒较粗, 厚度较大。朝堤外泛滥平原一侧, 粒度变小, 厚度变薄。自然电位曲线呈中幅指状(图 4, A2-1 型)。天然堤下伏为曲

流砂坝, 上覆为洪泛越岸沉积, 垂向上构成向上变细的沉积组合。

决口扇沉积: 馆陶组曲流河道边缘决口扇沉积多由中-细砂岩组成, 其中有时发育中-粗砂岩构成的决口水道沉积。决口扇自然电位曲线呈中等幅度为主的指状, 决口水道呈钟形(图 4, A2-2 型)。决口扇沉积在垂向上夹于上下越岸沉积之间, 在侧向上与越岸沉积相变。其规模变化较大。

2.3 泛滥盆地(平原)沉积组合

垦 71 区馆陶组河流沉积发育过程中, 其泛滥平原发育情况及其沉积组合尽管差别很大, 但其沉积组合相对简单, 主要包括洪泛越岸沉积和泛滥平原湖泊沉积两种类型。

越岸沉积: 区内馆陶组曲流河发育阶段, 越岸沉积十分发育, 由粉砂岩、细粉砂岩及泥岩组成, 厚度较大, 自然电位曲线平直(图 4, A3-1 型), 小型波状、波纹状层理。这种平原普遍发育的堤外越岸沉积构成河道旋回顶部的细粒加积物, 在垂向上有时夹有决口扇沉积, 其顶部常遭受不同程度的侵蚀, 与上覆河道呈冲刷关系。在侧向上, 与更低洼地区可能出现的泛滥湖泊沉积呈过渡关系; 朝河道方向与决口扇发生相变。馆陶组辫状河沉积阶段, 尽管泛滥平原规模很小, 但越岸沉积明显存在, 特别是在个别辫状河旋回发育期, 如馆下段砂层组 10 号砂体顶部, 其越岸沉积厚度较大, 可达 18 m。辫状河洪泛越岸沉积主要为粉砂岩、细粉砂岩, 粘土质含量较低, 相对较粗。

泛滥平原湖泊沉积: 区内馆陶组泛滥平原沉积尽管形成于较为干旱的气候背景, 但馆 5、馆 4 段砂层组曲流河泛滥平原沉积中, 夹有较厚的浅灰色、

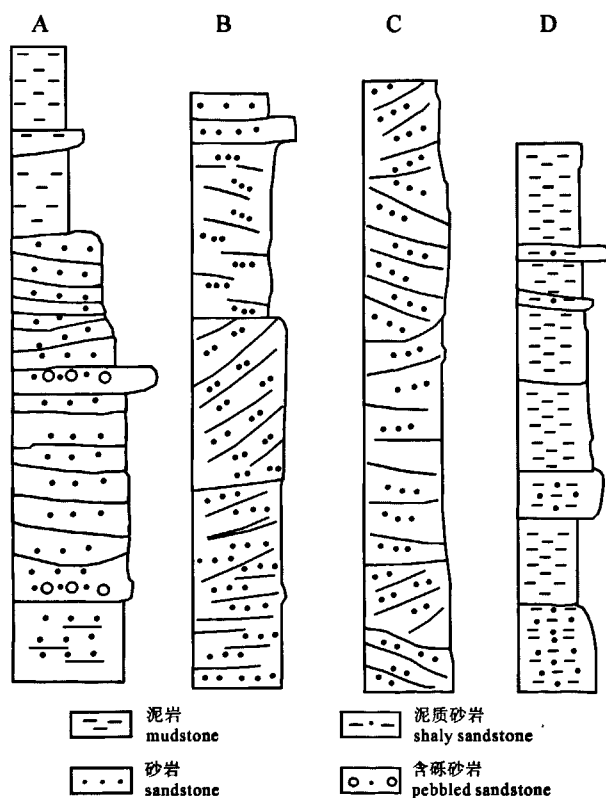


图 3 垦 71 区馆陶组岩心素描图

Fig. 3 Core sketch of Guantao formation in Ken 71 block
A-下部灰褐色平行层理含砾粗砂岩辫状河沉积, 顶部灰色泥岩、粉砂岩越岸沉积(23-4/5 回次); B、C-灰色、灰白色大型交错层理曲流砂坝沉积(20-16/22、23-4/23 回次); D-灰绿色泥岩、粉砂岩泛滥平原越岸/泛滥湖泊沉积(8-1/13 回次)

A-lower part braided river sedimentation, upper part sloping over sedimentation(roundtrip 23-4/5); B and C-meandering bar sedimentation (roundtrip 20-16/22, 23-4/23); D-flood plain sedimentation (roundtrip 8-1/13)

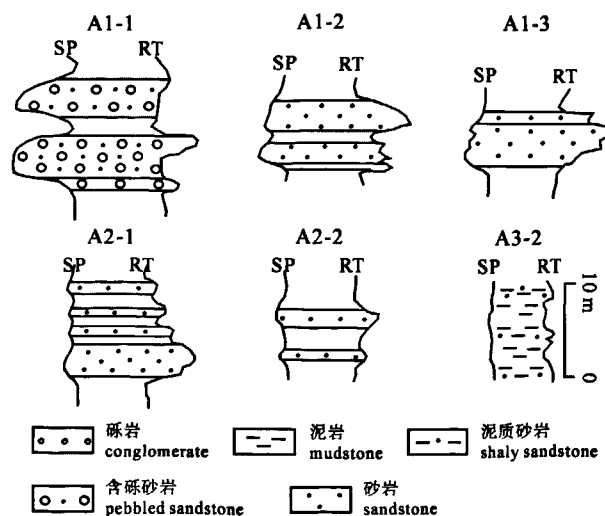


图 4 馆陶组河流测井相形态分为三类七型(泥质相未画)

Fig. 4 Log facies of Guantao Formation

紫红色、灰绿色泥岩,反映了其加积演化期间可能出现一些短期覆水的小型泛滥湖泊沉积。而馆 2+3 段砂层组大型泛滥盆地充填阶段,浅灰、灰绿、紫红色泥岩十分发育,明显存在过泛滥湖泊。其沉积由泥岩、粉砂质泥岩组成,自然电位曲线平直(图 4, A3-2 型),呈水平层理、波纹状层理。垂向上与越岸沉积构成连续稳定的沉积,厚度可达 70 m。

垦 71 区馆陶组河流沉积以厚度大、沉积类型齐全为特征(姚光庆等, 2002)。沉积体系分析表明,其充填经历了辫状河—曲流河—大型泛滥平原等长时间的复杂的沉积演化过程(图 5)。反映了馆陶期区域冲积平原的发育历史。沉积环境及变化特征决定了其小层储层的成因及相带分布。

3 馆陶组砂层组微相特征

3.1 Ng¹砂层组

紫红色、灰绿色泥岩为主,夹砂质泥岩、薄层粉细砂岩。厚度 70 m 左右。

3.2 Ng²⁺³砂层组

该砂层组以浅灰、灰绿、紫红色泥岩为主,夹薄层泥质粉砂岩、粉细砂岩,夹少量中厚层粉细砂岩,为馆陶组岩性总体最细的砂层组,厚度 170 m,共发育 14 个小层。但砂体一般规模较小,变化大。其中 4、7 号砂体厚度相对较大,可达 10 m 左右,以

透镜状、扁豆状、板状为主。其它砂体薄而不稳定,厚度小,一般 1~3 m,侧向尖灭频繁,以小型扁豆体状为主。小层多为次要的油气层,以含气为主。该砂层组沉积小旋回发育的规律性不甚明显,大致以 7 号最厚小层的底面为界可分为上下两部分,砂层组充填属于两个阶段性发育的大型泛滥(平原)沉积成因(图 2)。

3.3 Ng⁴砂层组

该砂层组下粗上细,为总体向上变细的复合沉积旋回。下部以灰色砂岩、钙质砂岩及粉细砂岩为主,夹有泥岩、粉砂岩;上部以紫红色、灰绿色泥岩、砂质泥岩为主,夹有中、细粒砂岩。砂层组厚度约 50 m,共发育 10 个小层,主砂体位于下部,其 7、8、9 号小层厚度相对较大,一般 3~5 m,砂体呈大型的透镜状,垂向上可发生叠置,侧向上出现分叉,为重点油层。上部泥岩比例明显增大,油层变薄,砂体厚度通常 1~3 m,扁豆状为主,侧向尖灭频繁,为次要油层。该砂层组属于曲流河沉积成因(图 6)。

3.4 Ng⁵砂层组

该砂层组以灰色砂岩、粉细砂岩和夹泥岩、粉砂岩组成,下部含砾砂岩,厚度约 50 m 左右,共发育 10 个小层,为主要含油层组。总体可进一步分为上下两个次级的小型复旋回,以上部 4、5 号和下部 8、9 号砂体厚度相对最大,单层厚度 3~6 m,叠置

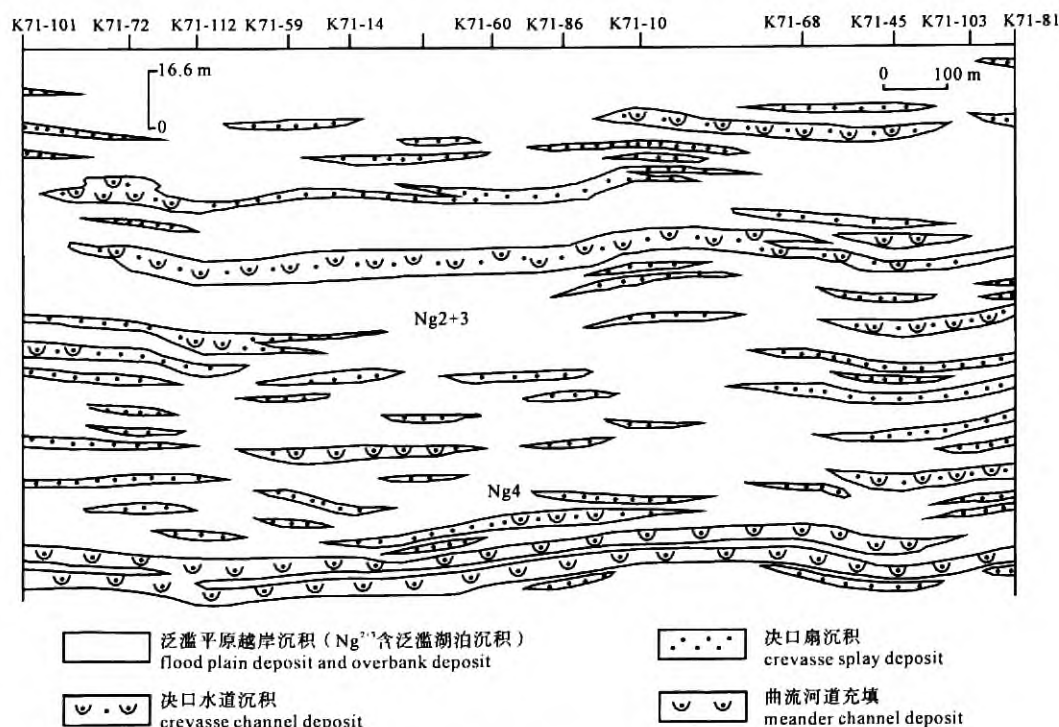


图 5 垦 71 区新近系馆陶组 Ng²⁺³—Ng⁴ 砂层组走向沉积相剖面图
Fig. 5 Profile of Sedimentary facies of Ng²⁺³—Ng⁴

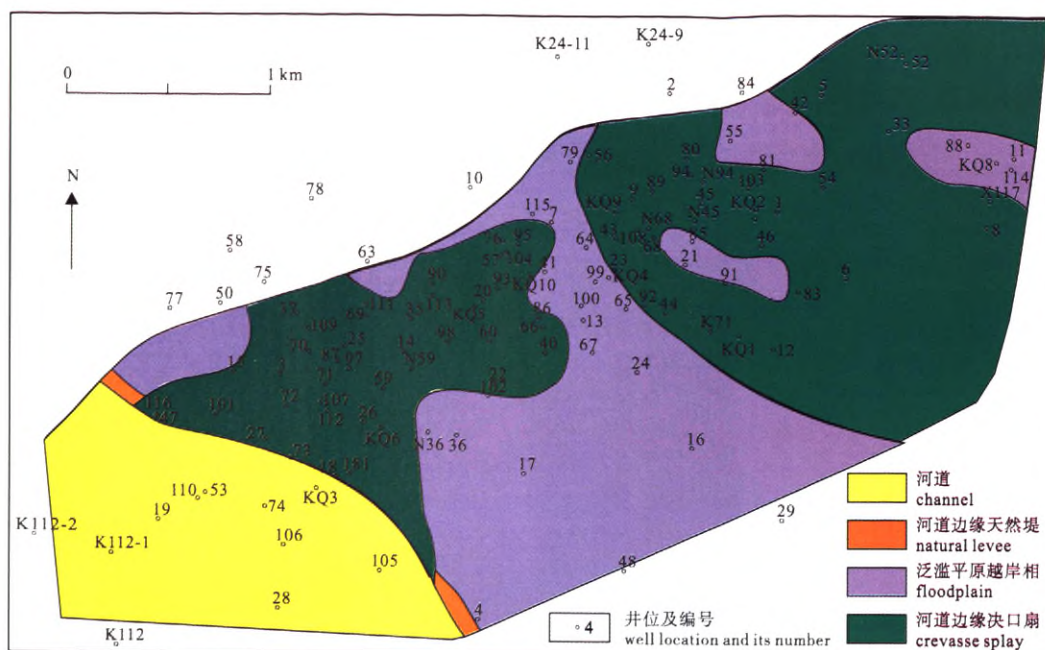


图 6 垦西油田 K71 区 Ng⁴⁻⁸ 砂体沉积微相展布图
Fig. 6 Sedimentary microfacies distribution of Ng⁴⁻⁸ in the Kenxi oilfield

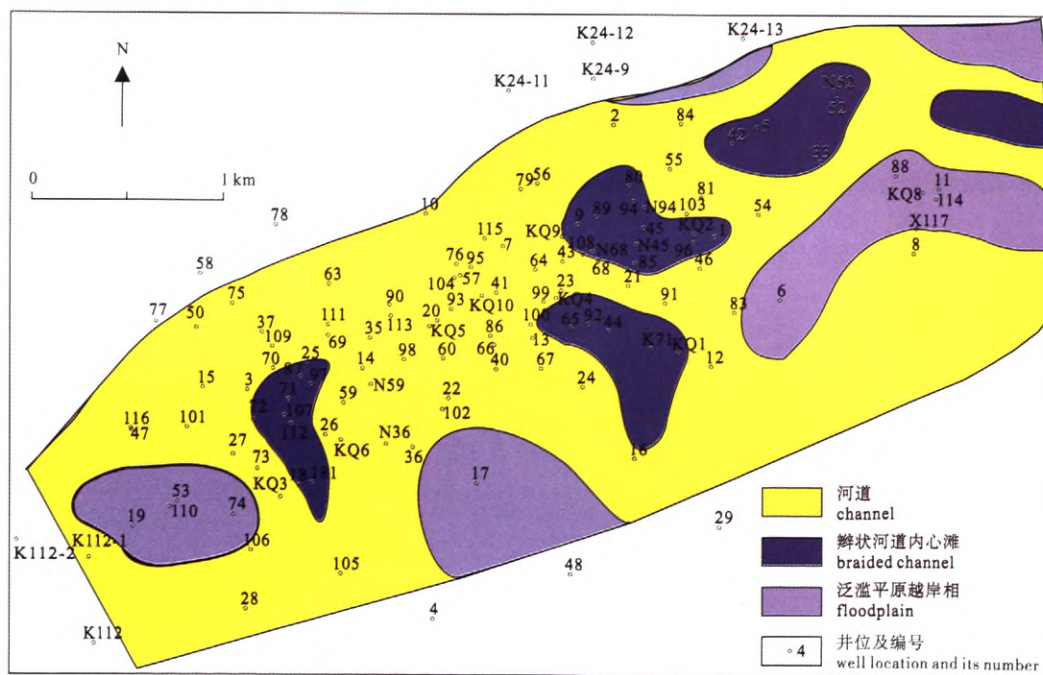


图 7 垦西油田 K71 区新近系馆陶组 Ng^{10w-6} 砂体沉积微相展布图
Fig. 7 Sedimentary microfacies distribution of Ng^{10w-6} in the Kenxi oilfield

砂体可超过 10 m; 砂体形态以透镜状为主, 侧向变薄尖灭。该砂层组由多个向上总体变细的小旋回组成, 属于曲流河沉积成因。

3.5 Ng⁶ 砂层组

该砂层组以灰色、灰白色含砾砂岩, 灰色粉细砂岩为主, 夹浅灰色、肉红色泥岩、砂质泥岩, 厚度约 40 m, 共发育 8 个小层, 为主要含油层组。大

致由上、中、下三个总体向上变细的次级小型复旋回构成, 较上覆砂层组砂岩比例增大, 砂体间泥岩、粉砂岩隔层变薄。其粒度明显变粗, 通常含砾。小层一般厚度较大, 多在 5 ~ 12 m 左右, 砂体呈板状及透镜状。下部砂体侧向变化相对较大, 内部经常出现冲刷叠置。该砂层组为低弯度辫状河沉积成因。

3.6 Ng⁺砂层组

该砂层组以灰色含砾、砾状砂岩、砾岩为主, 夹杂色泥岩、砂质泥岩, 底部出现 2~3 m 的砾岩, 厚度约 20 m, 共发育 15 个小层, 为主要含油层组。其沉积特征与馆 6 砂层组基本相似, 但岩性粒度相对更粗, 含砾砂岩增多, 小旋回最为发育, 小层砂体一般厚度较大。按照内部小旋回组合及厚度情况, 以 7 号砂体为界, 可进一步划分为上下两个厚度相当的次级沉积旋回, 之间细碎屑岩相对有所增厚。该砂层组属于低弯度辫状河沉积成因(图 7)。

垦 71 区新近系馆陶组储层砂岩的石英平均含量 38.5%~44.2%, 长石 33.0%~47.0%, 岩屑 12.9%~27.0%, 为岩屑质长石砂岩或岩屑长石砂岩。颗粒磨圆差, 主要为次棱角状, 显示结构成熟度低的特征。砂岩以泥质胶结为主, 胶结类型主要为孔隙-接触式和接触-孔隙式。储层属于中等渗透层, 孔隙度平均为 31.1%, 渗透率为 $2633 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 含油饱和度为 33.2%。粒度中值平均为 0.20 mm。随粒度中值的增大, 渗透率相应增大。

4 结语

通过岩心观察、测井相分析, 对垦西油田馆陶组沉积微相进行了详细的研究, 并得出如下几点认识:

- (1) 垦西油田馆陶组地层主要为河流相沉积。
- (2) 馆陶组河流相沉积总体为向上变细的沉积序列, 垂向上发育多个向上变细的正旋回, 表明本区河流相地层经历了由辫状河到曲流河再到泛滥平原沉积的多阶段演化特点。馆陶组沉积微相可以进一步划分为滞留沉积、砂坝沉积、曲流砂坝沉积、天然堤沉积、决口扇沉积、越岸沉积、以及泛滥平原湖泊沉积。储层以河道充填沉积、河道边缘沉积、泛滥平原沉积。
- (3) 建立了馆陶组沉积微相测井响应模式及标准井沉积微相剖面, 为全区馆陶组沉积微相的识别及其剖面对比提供了标准。
- (4) 建立了馆陶组小层沉积微相平面图, 为剩余油分布研究提供依据。
- (5) 馆陶组储层分布较分散, 成藏条件较差。

致谢: 感谢胜利油田地质科学研究所的史军高级工程师给予的帮助, 感谢《地球学报》编辑部给予本文的关心与帮助。

参考文献:

陈建渝, 李水福, 田波, 魏世平, 杨晓敏. 1998. 垦西罗家油区稠油成因[J]. 石油与天然气地质, 19(3): 248-253.

邓宏文, 王红亮, 李熙哲. 1996. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 17(3): 177-184.

邓宏文, 王红亮, 李小孟. 1997. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用[J]. 石油与天然气地质, 18(2): 90-95.

邓宏文, 王红亮, 翟爱军, 陈长贵. 1999. 中国陆源碎屑盆地层序地层与储层展布[J]. 石油与天然气地质, 20(2): 108-114.

邓宏文. 1995. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 16(2): 89-97.

李思田, 林畅松, 解习农, 杨士恭, 焦养泉. 1995. 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]. 地学前缘, 2(4): 133-136.

林承焰. 2000. 剩余油形成与分布[M]. 东营: 石油大学出版社.

吕大炜, 梁吉坡, 李增学, 王薇, 吴立荣, 张义江, 郭建斌, 宋洪柱. 2008. 单县矿区高分辨率层序地层及成煤作用研究[J]. 地球学报, 29(5): 633-638.

马正. 1994. 油气测井地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社: 1-85.

彭传圣, 王永诗, 林会喜. 2006. 陆相湖盆砂砾岩体层序地层学研究——以济阳拗陷罗家—垦西地区为例[J]. 油气地质与采收率, 13(1): 23-26.

裘怿楠, 陈子琪. 1996. 油藏描述[M]. 北京: 石油工业出版社.

沈玉林, 郭英海, 李壮福, 魏新善, 贾志刚. 2009. 鄂尔多斯盆地东缘本溪组—太原组层序地层特征[J]. 地球学报, 30(2): 187-193.

魏祥峰, 张廷山, 黄静, 梁兴, 姚秋昌, 汤兴友. 2011. 苏北盆地白驹凹陷古近系层序地层特征及充填演化模式[J]. 地球学报, 32(4): 427-437.

姚光庆, 周锋德. 2002. 孤岛油田馆陶组河流砂体储层宏观特征[J]. 河南石油, 16(3): 4-7.

张占松. 2000. 测井资料识别层序的方法及问题讨论[J]. 石油勘探与开发, 27(5): 119-121.

References:

CHEN Jian-yu, LI Shui-fu, TIAN Bo, WEI Shi-ping, YANG Xiao-min. 1998. Origin of heavy oils in kenxi-luojia oil region[J]. Oil & Gas Geology, 19(3): 248-253(in Chinese with English abstract).

DENG Hong-wen, WANG Hong-liang, LI Xiao-meng. 1997. Application of high-resolution sequence stratigraphic correlation to fluvial facies[J]. Oil & Gas Geology, 18(2): 90-95(in Chinese with English abstract).

DENG Hong-wen, WANG Hong-liang, LI Xi-zhe. 1996. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base-levels and their application[J]. Oil & Gas Geology, 17(3):

- 177-184(in Chinese with English abstract).
- DENG Hong-wen, WANG Hong-liang, ZHAI Ai-jun, XU Chang-gui. 1999. Sequence stratigraphy and reservoir distribution[J]. *Oil & Gas Geology*, 20(2): 108-114(in Chinese with English abstract).
- DENG Hong-wen. 1995. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in u. s.: high-resolution sequence stratigraphy[J]. *Oil & Gas Geology*, 16(2): 89-97(in Chinese with English abstract).
- LI Si-tian, LIN Chang-song, XIE Xi-nong, YANG Shi-gong, JIAO Yang-quan. 1995. Approaches of nonmarine sequence stratigraphy a case study on the mesozoic ordos basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2(4): 133-136(in Chinese with English abstract).
- LIN Chen-yan. 2000. Formation and distribution of residual oil[M]. Dong Ying: China University of Petroleum Press(in Chinese).
- LÜ Da-wei, LIANG Ji-po, LI Zeng-xue, WANG Wei, WU Li-rong, ZHANG Yi-jiang, GUO Jian-bin, SONG Hong-zhu. 2008. A Study of High-resolution Sequence Stratigraphic Characteristics and Coal Accumulation in Upper Paleozoic Strata of the Shanxian Coalfield[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 29(5): 633-638(in Chinese with English abstract).
- MA Zheng. 1994. Oil and Gas well logging geology[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press: 1-85(in Chinese).
- PENG Chuan-sheng, WANG Yong-shi, LIN Hui-xi. 2006. Study on sequence stratigraphy of glutenite in terrestrial lacustrine basin-taking LuoJia & Kenxi area of Jiyang Depression as an example[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 13(1): 23-26(in Chinese with English abstract).
- QIU Yi-nan, CHEN Zi-qi. 1996. Description of hydrocarbon reservoir[M]. Beijing: Publishing House of Oil Industry(in Chinese).
- SHEN Yu-lin, GUO Ying-hai, LI Zhuang-fu, WEI Xin-shan, JIA Zhi-gang. 2009. Sequence Stratigraphy of Benxi-Taiyuan Formation in Eastern Ordos Basin[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 30(2): 187-193(in Chinese with English abstract).
- WEI Xiang-feng, ZHANG Yan-shan, HUANG Jing, LIANG Xing, YAO Qiu-chang, TANG Xing-you. 2011. Sequence Stratigraphy Characteristics and Filling Evolution Models of Paleogene in Baiju Sag, Subei Basin[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 32(4): 427-437(in Chinese with English abstract).
- YAO Guang-qing, ZHOU Feng-de. 2002. Macroscopic Reservoir Properties of Fluvial Sand Bodies in the Guantao Formation in Gudao Oilfield[J]. *Henan Petroleum*, 16(3): 4-7(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhan-song. 2000. Stratigraphic sequence recognition by log data and its discussion[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 27(5): 119-121(in Chinese with English abstract).

中国地质科学院石建省研究员当选为 俄罗斯自然科学院外籍院士

经 2011 年 6 月 2 日俄罗斯自然科学院矿业冶金学部投票通过, 中国地质科学院水文地质环境地质研究所石建省研究员当选俄罗斯自然科学院外籍院士。

2011 年 11 月 14 日, 受俄罗斯自然科学院委托, 俄罗斯自然科学院院士、俄罗斯工程院院士维克多·库金教授亲临石家庄为石建省研究员颁发俄罗斯自然科学院院士证书、院士证和院士徽章。

石建省研究员长期从事水文地质、环境地质、全球变化地质记录科学研究, 先后承担完成数十项国家和部门科研项目, 先后担任全国地下水资源及其环境问题调查评价重大地质调查计划项目负责人, 国家重点基础研究计划(973)项目首席科学家。30 多年来, 共完成三十余项科研成果, 获得多项成果奖励; 发表论文五十余篇, 出版著作多部, 2000 年获国家政府特殊津贴。担任中国地质学会水文地质专业委员会主任委员, 国际水文地质学家协会(IAH)中国国家委员会主席等学术职务。

本刊编辑部 采编