

文章编号:1009-3850(2015)03-0035-07

松辽盆地王府凹陷泉三、四段浅水三角洲 沉积特征及模式

刘诗宇^{1,2}, 胡明毅^{1,2}, 戴危艳², 孙春燕²

(1. 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 武汉 430100; 2. 长江大学地球科学学院, 湖北 武汉 430100)

摘要:在岩心观察的基础上,结合测井、地震和区域背景资料分析,认为王府凹陷泉三、四段沉积时期普遍发育浅水三角洲沉积。由于受地形、古气候和水动力条件等多重因素的影响,研究区发育的浅水三角洲在沉积构造、沉积序列、微相类型、三角洲内部结构以及地球物理响应特征等方面呈现出与经典三角洲不同的沉积特征:具有建设性三角洲沉积特征,平面上呈网状,前缘相带延伸较远。具有相对发育的水下分流河道,河口砂坝欠发育;垂向上发育多次间断正韵律。紫红色泥岩大面积展布,生物扰动强烈;砂岩中发育强水动力浅水沉积构造,Gilbert型三角洲的3层结构不明显。浅水三角洲识别出两个亚相和7个微相。研究区具有良好的生储盖配置关系,利于岩性油气藏的形成,其中水下分流河道和分流河道砂体储层物性好,为最有利储层。

关键词:松辽盆地;王府凹陷;扶余油层;浅水三角洲;沉积模式

中图分类号:P512.2

文献标识码:A

引言

20世纪中叶,Fisk首次提出了浅水环境形成三角洲的观点,后又将河控三角洲分为深水型和浅水型两种类型^[1];1974年,Donaldson^[2]在研究美国石炭纪陆表海时进一步总结了浅水三角洲的沉积特征;1990年,Postma^[3]考虑了蓄水体深度,将低能盆地河控三角洲分为浅水型和深水型两大类,并结合河口作用因素加以详细分类和描述。

自20世纪80年代以来,国内学者先后开展了大量浅水三角洲的研究工作^[4-10]。大型含油气盆地—松辽盆地一直是研究的热点,赵翰卿(1987)^[4]

将松辽盆地浅水三角洲沉积模式总结为叶状模式;楼章华(1999,2004)^[5-6]总结了浅水三角洲沉积环境的控制因素,分析了浅水三角洲的沉积动力学过程;胡明毅(2009)^[7]总结了远离物源区拗陷型湖盆浅水三角洲的沉积特征和沉积模式;朱筱敏(2012)^[8]分析了大型陆相盆地浅水三角洲的形成条件和沉积模式。在王府凹陷地区,储集砂体发育,但地层时空演化复杂多变,造成砂体连通性较差。加之层内非均质性较强,加大了油气勘探和开发的难度。从目前发表的文献来看,研究工作主要集中在层序地层学、构造和储层特征研究^[9-10],而针对其扶余油层沉积时期的浅水三角洲沉积特征尚

收稿日期:2014-12-16; **改回日期:**2015-06-07

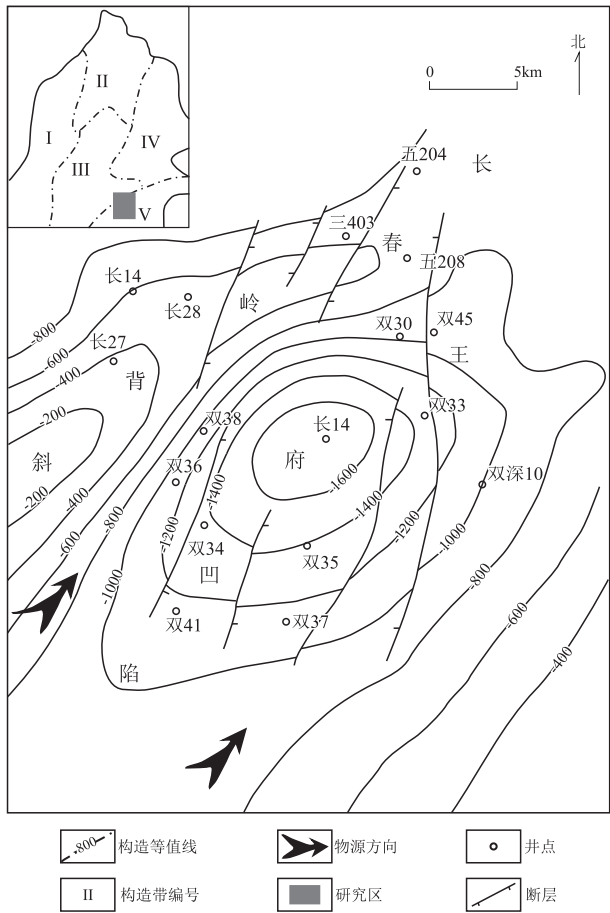
作者简介:刘诗宇(1991-),男,硕士研究生,矿产普查与勘探专业,研究方向:储层地质和层序地层学。E-mail: 1205762144@qq.com

通讯作者:胡明毅(1965-),男,教授,博士研究生导师,主要从事沉积学和层序地层学方面的研究与教学工作。E-mail: humingyi65@163.com

资助项目:大庆油田有限责任公司勘探开发研究院“大庆长垣以东地区扶余油层大比例尺沉积微相研究”(2013-JS-1003)

未见报道。本文参照前人对浅水三角洲沉积的研究,在岩心观察的基础上,结合测井、录井和地震资料,总结了该区浅水三角洲的各种特征,并建立了沉积模式,为进一步的岩性油气藏勘探奠定地质基础。

1 地质概况



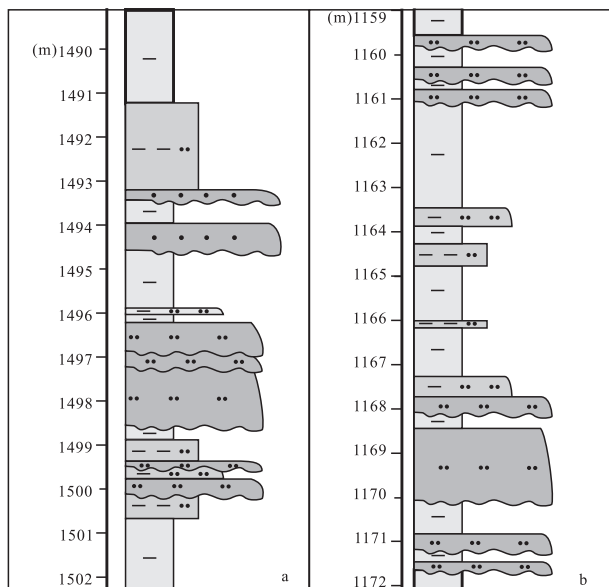


图3 研究区扶余油层间断正韵律

a. 双50井(1489.1~1502.2m); b. 双19井(1159.0~1172.1m)

Fig. 3 Vertically discontinuous normal rhythms in the Fuyu oil reservoirs through the Shuang-50 (a) and Shuang-19 wells (b)

2.4 紫红色泥岩大面积展布,生物扰动强烈

泥岩的自生色是恢复古沉积环境的重要标志。除泉四段上部的泥岩颜色以灰绿色为主,局部可见灰黑色以外,其它层段的泥岩大多以紫红色为主,局部夹有灰、灰绿色泥岩和粉砂质泥岩,常见钙质团块(图版 Ic),反映了水体较浅,沉积环境为氧化-弱氧化环境。在粉砂质泥岩、泥岩中,见有强烈的生物扰动现象,虫孔特别发育(图版 Id),局部可见双壳类化石。

2.5 砂岩中发育强水动力浅水沉积构造

研究区扶余油层中发育有多种沉积构造,如三角洲分流河道底部发育有冲刷面如图版 Ie 所示,双34井水下分流河道底部发育冲刷面,底部可见滞留泥砾沉积,长约1.5cm。在较厚层的浅灰白色粉砂岩中可见平行层理、槽状交错层理、板状交错层理、楔状交错层理[(图版 Ig)]等,其中这些交错层理的层系厚度介于3.5~9cm。上述沉积构造都可以反映强水动力环境。

2.6 Gilbert 型三角洲的3层结构不明显

浅水三角洲同经典三角洲一样,可以分为平原、前缘和前三角洲亚相。但由于地形平坦,平面上浅水三角洲平原与宽展的三角洲前缘、前三角洲平缓相接,无明显的坡折转换。因此,也就不存在传统的 Gilbert 三角洲模式的顶积层、前积层和底积层,在地震剖面上也很难找到前积结构的直接证据。

3 浅水三角洲相发育特征

3.1 浅水三角洲平原亚相

3.1.1 分流河道微相

分流河道是浅水三角洲平原的骨架。岩性以灰白色、紫红色或灰绿色粉砂岩为主,局部可见细砂岩。分选较好,底部可见冲刷泥砾。沉积厚度介于1~3m。发育平行层理(图版 Ia)、板状交错层理、楔状交错层理等。在测井曲线上表现为中-高幅箱形、钟形,顶部、底部突变接触的特征。

3.1.2 决口扇微相

岩性主要为浅灰色、紫红色粉砂岩或泥质粉砂岩,粒度较分流河道砂细。厚度一般为0.5~2m,底部见冲刷面。可见小型交错层理、波状层理、沙纹层理(图版 Ib)。测井曲线表现为中幅指状、漏斗形,底突顶突渐变特征。

3.1.3 天然堤微相

天然堤为分流河道两岸的沉积物,剖面上一般位于分流河道沉积顶部。由紫红色、杂色泥岩与紫红色、灰色粉砂质泥岩频繁互层沉积,厚度1.5~2.5m。可见小型槽状交错层理、沙纹层理。钙质结核和生物扰动较发育。测井曲线表现为中幅渐变特征。

3.1.4 洪泛沉积微相

洪泛沉积为浅水三角洲平原最为发育的微相,岩性主要为紫红色、杂色粉砂质泥岩、泥岩。常见炭化的植物根系化石,钙质结核(图版 Ic)发育,也可见生物扰动构造(图版 Id)。测井曲线为弱齿状、线形。

3.2 浅水三角洲前缘亚相

3.2.1 水下分流河道微相

水下分流河道砂体厚度一般2~8m,较分流河道规模小。岩性主要为灰色、灰白色粉砂岩,垂向上为间断正韵律。每期砂体底部都具有泥砾冲刷界面(图版 Ie),但规模较小。电测曲线以箱形、钟形为主,但厚度相对于分流河道较小。

3.2.2 水下决口扇微相

厚度一般较小,为1~2m。可见垂直和水平虫孔,生物扰动强烈。发育小型槽状交错层理、波状层理等。电测曲线呈中指状或漏斗形。

3.2.3 分流河道间湾微相

岩性主要为灰绿色、灰色泥岩、粉砂质泥岩。菱铁矿、黄铁矿较发育,局部可见包卷层理(图版 If)和生物扰动现象。测井曲线为低幅的弱齿状或

线形。

4 浅水三角洲沉积模式及油气分布

王府凹陷泉头组扶余油层沉积时期,湖侵作用使河流流速迅速降低,分流河道改道、分叉和合并现象频繁出现,河道弯曲度较大,三角洲主体被湖盆水体淹没,形成网状浅水三角洲^[13](图4)。上覆青山口组的湖相暗色泥岩距油源近,易聚集大量油

气,是良好的烃源岩。研究区 FII1 砂岩组发育三角洲前缘亚相, FII2、FIII1、FIII2 砂岩组发育三角洲平原亚相,分别发育有大量延伸较远的水下分流河道砂体和分流河道砂体,是有利的储层^[14]。青山口组的暗色泥页岩又可以作为良好的盖层,良好的生储盖配置关系有利于岩性油气藏的形成。不同的沉积微相具有不同的沉积特征和储集物性,主要储层砂体位于分流河道和水下分流河道微相中。

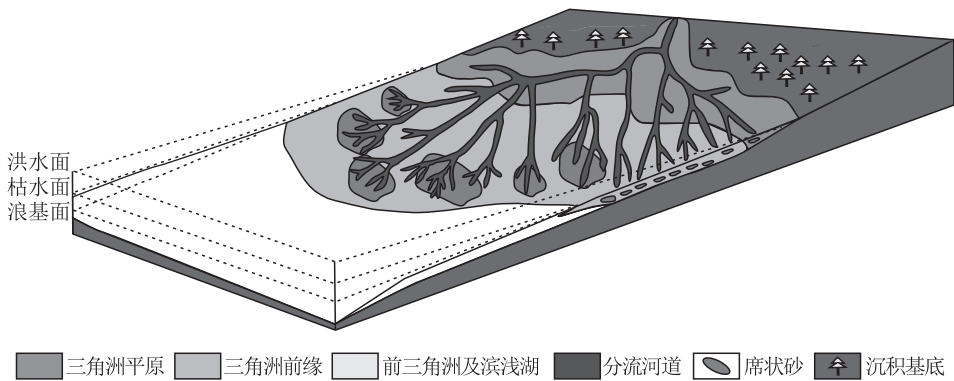


图4 松辽盆地王府凹陷网状浅水三角洲沉积模式(据文献[13]修改)

Fig.4 Sedimentary model for the reticular shallow-water delta deposits in the Wangfu depression, Songliao Basin (modified from Zhu Xiaomin et al. , 2013)

5 结论

(1)研究区三角洲具有以下典型特点:具有建设性三角洲沉积特征,平面上呈网状,前缘相带延伸较远,呈现出“小平原大前缘”的特点。具有相对发育的水下分流河道,水下决口扇发育,河口砂坝欠发育;垂向上发育多次间断正韵律。紫红色泥岩大面积展布,强烈生物扰动。砂岩中发育强水动力浅水沉积构造,Gilbert 型三角洲的3层结构不明显。

(2)研究区浅水三角洲主要发育三角洲平原和三角洲前缘两种亚相,进一步可以划分为水下分流河道、水下决口扇、分流河道间湾、分流河道、决口扇、天然堤、洪泛沉积等7种微相。

(3)研究区浅水三角洲砂体临近生油凹陷,上覆青山口组的暗色泥页岩可以作为良好的盖层,有利于形成岩性油气藏。各微相类型储集物性不同,水下分流河道和分流河道砂体储层物性最好,为有利储层。

参考文献:

[1] FISK H N. Sedimentary framework of the Modern Mississippi delta [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1954, 24(2) : 76 - 99.

[2] DONALDON A C. Pennsylvanian sedimentation of central Appalachians [J]. Geological Society of America Special Paper, 1974, 148: 47 - 48.

[3] POSTMA G. Analysis of the variation in delta architecture [J]. Terra Nova, 1990, 2(2) : 124 - 130.

[4] 赵翰卿. 松辽盆地大型叶状三角洲沉积模式[J]. 大庆石油地质与开发, 1987, 6(4) : 1 - 10.

[5] 楼章华. 地形、气候与湖面波动对浅水三角洲沉积环境的控制作用:以松辽盆地北部东区葡萄花油层为例[J]. 地质学报, 1999, 73(1) : 83 - 92.

[6] 楼章华. 松辽盆地北部浅水三角洲前缘砂体类型、特征与沉积动力学过程分析[J]. 浙江大学学报, 2004, 19(6) : 15 - 19.

[7] 胡明毅, 马艳荣. 大型拗陷型湖盆浅水三角洲沉积特征及沉积相模式—以松辽盆地茂兴、敖南地区泉四段为例. [J]. 石油天然气学报, 2009, 31(3) : 13 - 17.

[8] 朱筱敏, 刘媛, 方庆, 等. 大型拗陷湖盆浅水三角洲形成条件和沉积模式:以松辽盆地三肇凹陷扶余油层为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(1) : 89 - 99.

[9] 陈方文, 卢双舫, 石美娟, 等. 松辽盆地王府凹陷断层特征及对油气的控制[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(1) : 249 - 257.

[10] 陈方文, 卢双舫, 刘绍军. 王府凹陷扶余油层的高分辨率层序地层及沉积特征研究[J]. 地层学杂志, 2011, 35(4) : 368 - 374.

[11] 邓宏文, 吴海波, 王宁, 等. 河流相层序地层划分方法-以松辽盆地地下白垩统扶余油层为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5) : 621 - 627.

[12] 张景军,柳成志,张雁,等.湖岸线演化及砂体分布规律研究—以大庆长垣湖岸线演化为例[J].沉积与特提斯地质,2010,30(12):51–54.

[13] 朱筱敏,赵东娜,曾洪流,等.松辽盆地齐家地区青山口组浅水三角洲沉积特征及其地震沉积学响应[J].沉积学报,2013,31(5):889–897.

[14] 连承波,钟建华,杨玉芳,等.松辽盆地龙西地区泉四段砂岩岩石学特征及其对储层物性的影响[J].沉积与特提斯地质,2010,30(1):61–66.

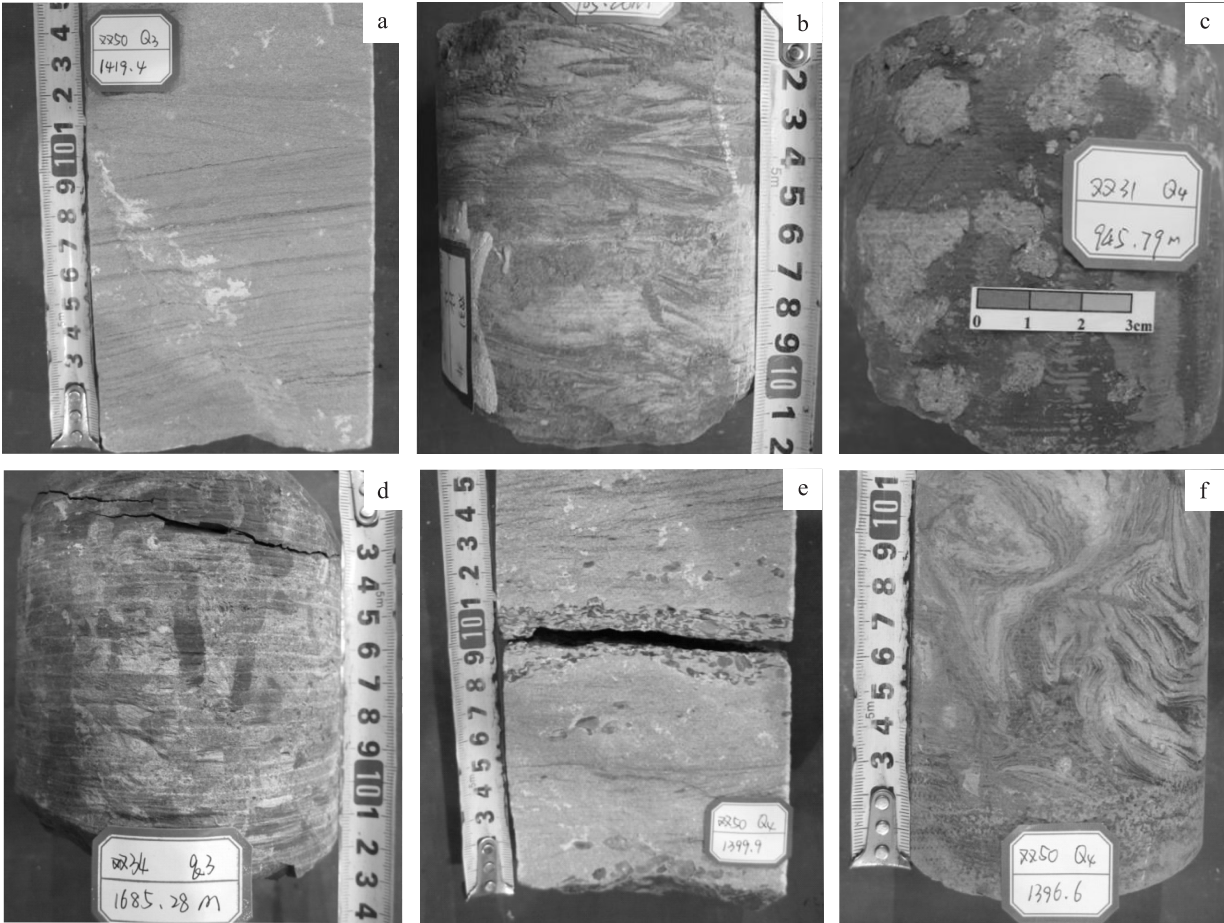
The shallow-water delta deposits from the 3rd and 4th members of the Quantou Formation in the Wangfu depression, Songliao Basin: Sedimentary characteristics and associated model

LIU Shi-yu^{1, 2}, HU Ming-yi^{1, 2}, DAI Wei-yan², SUN Chun-yan²

(1. Key Laboratory of Oil and Gas Resources and Exploration Technology under the Ministry of Education, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China; 2. School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, Hubei, China)

Abstract: The shallow-water delta deposits are of widespread occurrence in the 3rd and 4th members of the Quantou Formation in the Wangfu depression, Songliao Basin. Different from the classical deltas, the shallow-water delta deposits in the study area have the features of constructive delta deposits, developed subaqueous distributary channel, vertically interrupted normal rhythms, widespread purplish red mudstones with highly bioturbated structures, highly hydrodynamic shallow-water sedimentary structures, and indistinct three-layer structures of the Gilbert-type deltas. Two sedimentary subfacies are discriminated, including the delta plain and delta front subfacies, and seven sedimentary microfacies are recognized, including the subaqueous distributary channel, subaqueous crevasse splay, interdistributary bay, distributary channel, crevasse splay, natural levee and floodplain microfacies. Because of near the hydrocarbon-generating depression, the overlying Qingshankou Formation dark mudstones and shales may serve as the excellent cap rocks. The subaqueous distributary channel and distributary channel sandstones reservoirs are believed to be favourable hydrocarbon reservoirs.

Key words: Songliao Basin; Wangfu depression; Fuyu oil reservoirs; shallow-water delta; sedimentary model



图版 I 研究区扶余油层典型沉积构造岩心图版

图版 I 说明:a. 浅灰白色粉砂岩,平行层理,双 34 井,1698.51m,三角洲平原分流河道沉积; b. 灰色泥质粉砂岩,流水沙纹层理,双 31 井,905.2 m,三角洲平原决口扇沉积;c. 粉砂质泥岩,含钙质结核,双 31 井,945.79m 三角洲平原洪泛沉积; d. 紫灰色钙质-粉砂质泥岩,生物扰动构造,双 34 井,1685.28m,三角洲平原洪泛沉积; e-浅绿灰色粉-细砂岩,冲刷面,双 34 井,1667.25m,三角洲前缘水下分流河道沉积; f. 紫红色泥质粉砂岩,包卷层理发育,双 50 井,1396.6m,三角洲前缘支流间湾沉积; g. 灰白色粉砂岩,底部发育槽状交错层理,双 50 井,1417m,曲流河道微相沉积;h. 灰白色泥质粉砂岩夹粉砂质泥岩,复合层理发育,双 50 井,1405m,堤岸亚相决口河道沉积; i. 紫红色粉砂质泥岩,变形层理发育,双 50 井,1402.8m,河漫亚相冲积平原