

文章编号: 1000-0550(2008)02-0265-06

松辽盆地南部月亮泡地区萨尔图油层 I 砂组沉积微相研究及有利区带预测

李玉兰^{1,2} 陈国俊^{1,2} 吕成福^{1,2} 王天奇³ 刘得文^{1,2} 杜贵超^{1,2}

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所气体地球化学重点实验室 兰州 730000)

2 中国科学院研究生院 北京 100039 3 中国石油勘探开发研究院西北分院 兰州 730020)

摘要 应用录井、测井、地质和地震资料,研究了松辽盆地南部月亮泡地区上白垩统姚家组萨尔图油层 I 砂组的沉积微相,并采用沿层地震属性分析技术,分析了河道砂体的展布特征,利用拟合分析进行验证,结果表明萨尔图油层 I 砂组沉积相为三角洲前缘亚相,其微相类型有水下分流河道、河口坝和分流间湾,已有的勘探成果也证实水下分流河道砂体是油气的有利聚集区,结合构造发育情况,预测了松辽盆地南部月亮泡地区构造岩性油气藏勘探的有利区带。

关键词 月亮泡地区 萨尔图油层 I 砂组 三角洲前缘 地震属性

第一作者简介 李玉兰 女 1980 年出生 硕士研究生 储层沉积学 E-mail: happyyulan@126.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

目前,松辽盆地内可供油气钻探的构造圈闭已经所剩无几,主要勘探目标已转向岩性—地层圈闭^[1,2],并且随着勘探技术、勘探程度的提高和地质认识的不断深入,勘探目标不断向以前认为没有勘探价值的层位和勘探空白区拓展。

月亮泡地区是松辽盆地一块勘探空白区,其北邻英台油田,南邻红岗北油田,东邻大安—古龙生油凹陷(图 1),具有很好的勘探潜力。目前,在红岗北油田和英台油田萨尔图油层都均有很好的突破,试油资料及勘探结果表明,该区含有大面积工业油气藏,且在横向上连片分布。同时,借鉴前人对松辽盆地南部姚家组的沉积相研究,发现三角洲前缘亚相为优势相,是有利的油气聚集相带,因此对月亮泡地区萨尔图油层 I 砂组的砂体展布特征、沉积体系、沉积相带的研究日显重要,它不仅为下一步油气勘探指明方向,而且对英台油田和红岗北油田萨尔图油层的连片问题具有重要的现实意义。

针对研究区探井少,且集中的特点,利用有限的岩芯资料,应用高精度三维地震数据,结合邻区的研究成果,剖析了研究区的沉积相特征。通过分析对比,采用沿层分频振幅属性技术对砂体的分布和沉积

相边界进行了预测,并对砂体厚度变化进行了拟合分析,指出了有利的勘探目标区带。

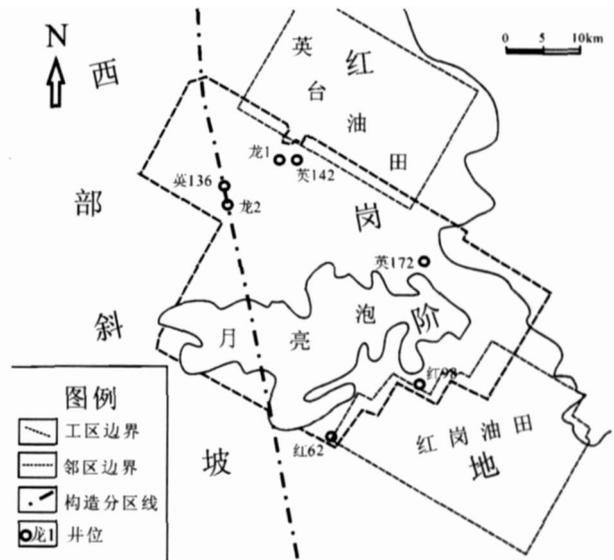


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area

1 地质背景

月亮泡地区位于松辽盆地南部西斜坡区与红岗阶地二级构造带上,下白垩统登楼库组直接覆盖在基岩之上,其上为下白垩统泉头组,上白垩统青山口组、

①中国科学院“西部之光”、甘肃省自然科学基金项目(3YS051-A25-007)、中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-W-47)和国家重点基础研究发展规划项目(2003CB214606 2005CB422105)联合资助。

收稿日期: 2007-09-22 收修修改稿日期: 2007-12-06

姚家组及嫩江组。萨尔图油层 I 砂组位于姚家组二三段的上部。从沉积演化历史来看,松辽盆地经历了从泉头组—青山口组,姚家组—嫩江组两次湖泊水体扩张—萎缩过程^[3,4],两次最大湖泊扩张期分别处于青一段和嫩江组一、二段沉积时期。姚一段沉积时期为第二次湖泊扩张前的萎缩阶段,从姚二、三段开始,湖泊水域逐渐扩大,受西部白城物源、北部英台物源和西南通榆物源的影响,萨尔图油层 I 砂组主要发育滨浅湖背景下的三角洲前缘亚相沉积^[5,6]。而英台—大安地区姚家组下部主要由湖底扇和三角洲构成,下部楔形体主要是湖底扇,上部楔形体有三角洲和湖底扇构成,三角洲发育于西部,湖底扇发育于东部的低洼地带^[5]。

2 沉积相特征

2.1 沉积特征

岩芯观察和录井图上显示,月亮泡地区萨尔图油层 I 砂组砂岩粒度偏细,以粉砂岩为主,其次为细砂岩、泥质粉砂岩和泥岩。泥岩以灰、灰绿、绿及紫红色为主,具水平层理。研究区萨尔图油层沉积时水体比较浅,为弱氧化—弱还原环境。沉积层序以反韵律为主,砂岩厚度变化比较大,从 1 m 到十几米均有发育。多期砂体叠加特征明显,植物炭屑不十分发育,具有斜层理,其中可见介形虫化石。结合岩芯相、单井相分析,认为萨尔图油层 I 砂组沉积时期主要发育三角洲前缘亚相。

2.2 沉积微相类型

月亮泡地区萨尔图油层 I 砂组主要为三角洲前缘亚相,可进一步划分出水下分流河道、河口坝和分流间湾(图 2)三种微相类型。

2.2.1 水下分流河道沉积微相

水下分流河道微相是三角洲沉积中十分重要的沉积单元,也是最有利的储层。岩性以灰色细砂岩和粉砂岩为主,泥质少。砂岩单层厚度变化比较大,发育交错层理、冲刷和充填构造(图 3)。在垂相上呈透镜状,向侧面则变为细粒沉积,与上覆泥岩段为渐变,沉积韵律为向上变细的正韵律。在测井相上曲线特征为钟形或者箱形。其粒度概率累积曲线主要为三段型,三段型由跳跃次总体和悬浮次总体组成,如红 89 井,跳跃次总体发育两个粒度次总体。第一跳跃次总体百分含量占 50%~60%, ϕ 值在 0.5~3.0 之间,直线段倾角为 60°左右。第二跳跃次总体百分含量占 20%~25%, ϕ 值在 2.5~4.5 之间,直线段倾角

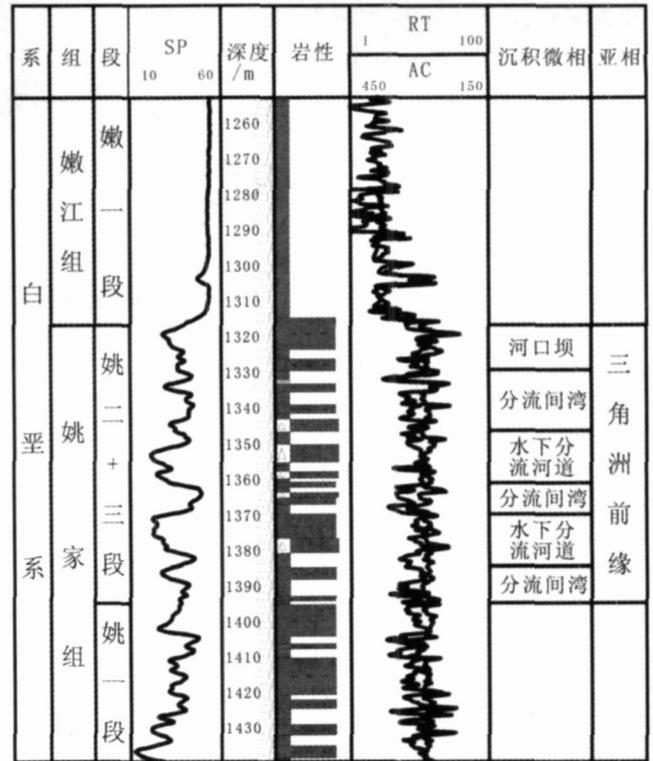


图 2 月亮泡地区姚家组综合柱状图

Fig. 2 Composite columnar section of the Yaojia Formation of Yueliangpao Area

45°左右,与第一跳跃次总体的交截点在 2.5~3.0 ϕ 。悬浮次总体与跳跃次总体的交截点在 4~4.5 ϕ ,直线段倾角 15°~20°,其百分含量占 10%~15%。

2.2.2 河口坝沉积微相

因研究区水下分流河道比较发育,所以相对来说,河口坝不甚发育,一般出现在水下分流河道的末端。岩性以灰色粉砂岩为主,砂岩单层厚度较大,一般在 3~5 m 左右。交错层理和波纹层理发育,与上覆泥岩段呈突变接触,砂岩质纯,结构成熟度较高,沉积韵律为向上变粗的反韵律或复合韵律(图 3)。测井相上曲线特征为漏斗形或者是箱形。粒度概率累积曲线是两段型,由跳跃次总体和悬浮次总体组成,缺乏滚动组份。跳跃次总体百分含量在 70%~80%之间, ϕ 值在 2.0~3.0 之间,直线段倾角 70°~75°,悬浮次总体和跳跃次总体的交截点在 3.5 ϕ 左右,直线段倾角 20°~25°之间。红 70 井从 1349 m 处往上至 1348 m 处,跳跃次总体百分含量降低,直线段倾角变缓,表明往上水动力条件降低。

2.2.3 分流间湾沉积微相

分流间湾为水下分流河道之间相对较为低洼的

地带。研究区主要以粘土、灰色泥岩沉积为主, 含有少量的粉砂岩和细砂岩, 常为粘土夹层或者呈薄透镜状。发育水平层理或透镜状层理 (图 3)。测井曲线一般为指状或者是齿化的指形叠加。

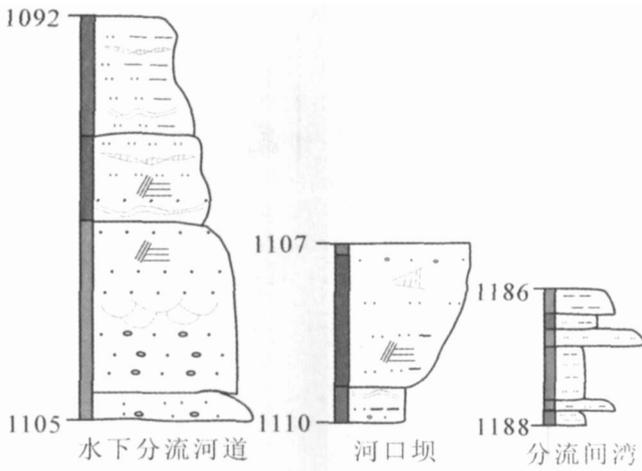


图 3 萨尔图油层 I 砂组沉积微相特征
Fig 3 Characteristic of sedimentary microfacies of Sandstone Group I of Sartu oil-bearing layer

3 各沉积微相平面特征研究

由于萨尔图油层 I 砂组一方面砂体厚度变化大, 呈透镜状叠加分布; 另一方面上覆嫩江组为大套泥岩, 声速较低, 而 I 砂组主要为细砂岩、粉砂岩, 声速较高, 并且在研究区内都有比较明显的声速界面, 因此, 在地震剖面上有明显的波阻抗界面, 反射能量强。加之邻区应用薄互层砂体预测技术^[7]成功地刻画了河道砂体的展布特征。所以, 在月亮泡地区我们也采用分频振幅属性技术手段对砂体的展布特征进行了研究, 并应用统计拟合分析对结果加以验证, 最后通过砂体的厚度及分布规律预测了其沉积微相类型及特征。

3.1 利用地震属性研究河道砂体特征

根据研究区井震剖面 (图 4) 可以看出, 萨尔图油层 I 砂组占据了半个波峰到半个波谷的范围, 时间上为 10ms 左右。为了查明 I 砂组砂体的平面变化规律, 时窗上采用上下 10 ms 这样可包含目的层段的全部信息。

针对本区的沉积特征, 对所提取的地震属性进行了认真的分析研究, 认为在研究区对河道砂体较为敏感的属性主要是分频振幅属性。通过对录井资料、岩芯及测井相的分析研究, 认为分频属性比较真实地刻

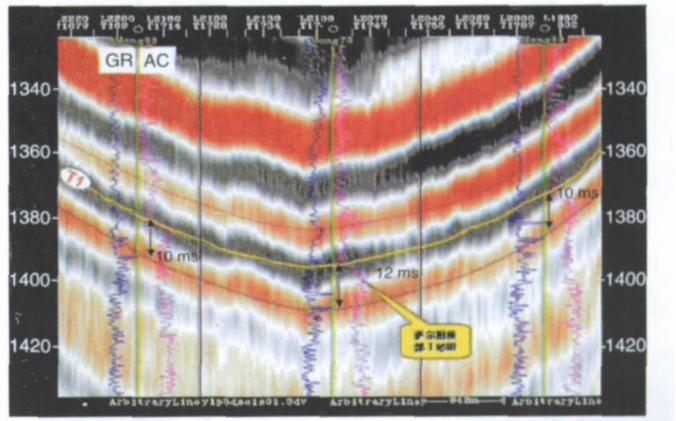


图 4 过红 96—红 78—红 89 井震剖面
Fig 4 Profile between well data and seismic data of the Hong 96-Hong 78-hong 89 Well

画了河道砂体的平面展布特征, 不仅反映了砂体的分布边界, 而且振幅的强弱很好的反映了水下分流河道的展布特征和分布范围。

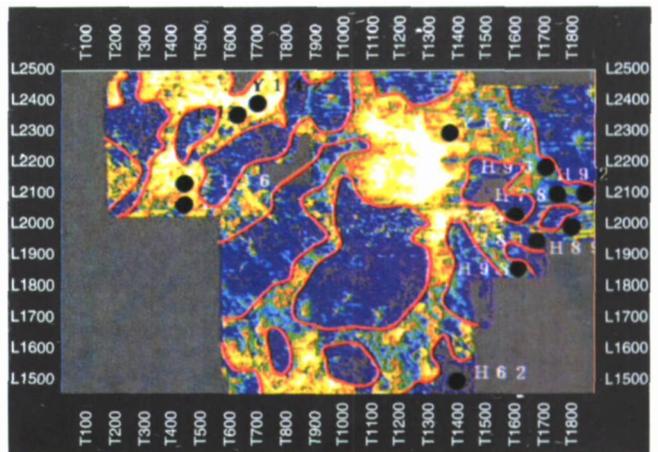


图 5 萨尔图油层 I 砂组 10Hz 振幅强度分布图
Fig 5 Distribution of 10 Hz amplitude of Sandstone Group I of Sartu oil-bearing layer

在 10 Hz 频率域沿层属性平面图上 (图 5), 可以清晰地看出河道砂体和河口坝砂体的分布特征。研究区振幅强反射带代表砂体比较发育的地区, 反之, 弱反射带代表的是泥岩比较发育, 而砂岩比较贫乏。从图 5 可知, 研究区西北部是条带状强振幅异常区, 南部及东部的强反射带也呈条带状分布, 但是振幅强度相对较弱, 在英 172 井的北面有一片强振幅异常区, 通过对单井相划分对比以及砂体厚度的累计厚度统计发现, 振幅强不仅是沉积相的一个反映, 同时也受砂体累计厚度的控制。从英 172 井和英 162 井的

测井曲线来看,呈下部突变而上部渐变的钟形和箱形组合,是典型的多期河道叠加。因此,英 172 井西侧的强振幅区是多期河道叠加的结果。由于受物源的控制,在测井相表现出:①受西部白城物源的影响,在研究区的西北方向和东北方向有水下分流河道分布,而在水下分流河道的末端,及龙 1 井和英 142 井处有河口坝的沉积;②在西南方向受到通榆水系的影响,由东南方向的水下分流河道的分布;③北面受英台水系的影响,在英 162 井和英 172 井处都有水下分流河道的展布。最终,三个方向的分流河道在英 172 井处汇聚,形成一个砂体卸载区,因此在分频振幅强度图上表现出一个强振幅区,表明砂体厚度比较大。而在研究区的东面,逐渐向滨浅湖相过渡,砂体相对减薄,振幅强度也相对减弱。

3.2 应用统计拟合分析研究砂体厚度

进行统计拟合分析的基本思路是:定量统计已知钻井目标层段的厚度,提取目标层段的属性,将砂岩厚度和所提取的属性进行拟和分析,寻找与砂体厚度具有正相关特征的最佳地震属性参数,并且归纳出二者的相关规律,总结出一个最佳的相关公式,进而利用最佳地震属性定量计算出砂岩厚度,对河道砂体的分布进行预测^[8]。

通过对研究区内的 14 口钻井统计发现,地震属性与砂岩厚度之间有很好的相关性(图 6),说明砂体的厚度变化与其有直接的关系,因此,选取均方根振幅属性作为敏感性属性对砂体厚度进行预测。通过大量统计计算,认为砂岩厚度与均方根振幅之间存在如下关系:

$y = -0.0001x^2 + 0.0502x + 6.4336$ 式中, y 代表砂岩累计厚度, x 代表振幅值。

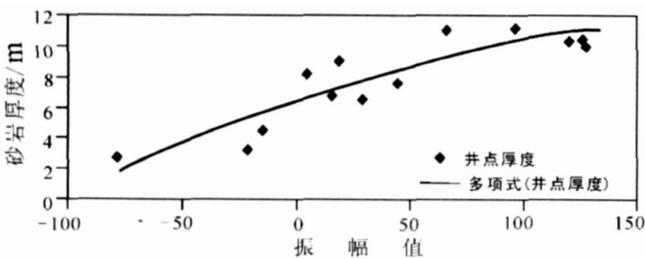


图 6 砂岩厚度与地震属性之间的拟合关系

Fig 6 Fitting relationship between sandstone thickness and seismic attributes

根据总结出的关系,可以换算出一套研究区内的砂体厚度分布,进一步可以得到研究区的砂岩厚度图

(图 7)。与井上的砂岩累计厚度对比分析发现,误差仅在 0.5~1m,说明反映的是砂体真实的分布情况。

将所得到的砂岩厚度等值线图与 10 Hz 分频属性平面图进行对比,发现二者之间有很好的 consistency。强振幅区所对应的是砂体厚度比较大的地区,特别是在研究区的西北部和英 172 井西面的强振幅区得到了很好的映证;而南面和东南面振幅是比较弱的地区,对应的正好是砂体厚度相对较薄的地区,而且砂体均成条带状分布,有一定的规律性,勾画出了河道的形态。

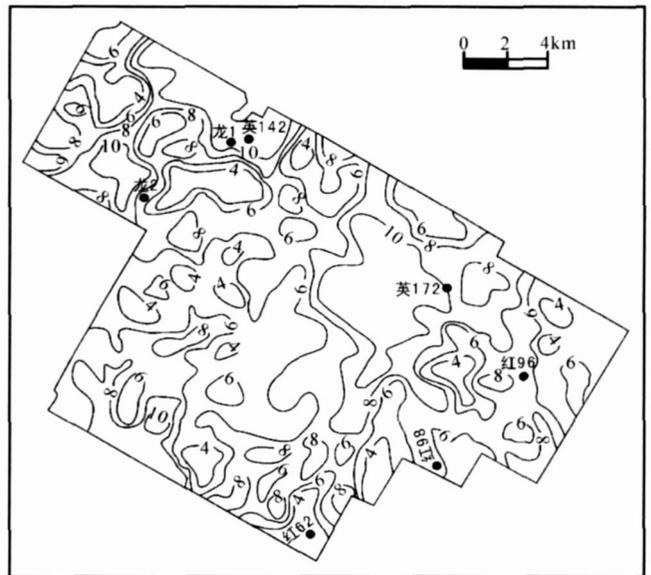


图 7 萨尔图油层 I 砂组砂岩厚度图

Fig 7 Map of sandstone thickness of Sandstone Group I of Sartu oil-bearing layer

3.3 沉积相平面特征

从单井相出发,结合分频振幅属性、砂地比、地层厚度及砂岩厚度图,同时借鉴前人研究成果,松辽盆地南部发育四大沉积体系:东南部怀德沉积体系见于泉头组和青山口组;西南部保乾沉积体系见于泉头组、青山口组和姚家组;西部英台—红岗沉积体系见于泉头组、青山口组和姚家组;北部沉积体系仅分布于嫩江组。泉头组、青山口组和姚家组沉积时期,东南、西南和西部 3 大沉积体系继承性发育,只是各自控制的面积和相带分布有变化;嫩江组沉积时期,深水区向南扩张,北部沉积体系也向南进积,东南、西南和西部 3 大沉积体系明显退缩^[9]。综合以上研究成果,得到了萨尔图油层 I 砂组的沉积微相平面图(图 8)。受三面物源的影响,在研究区西北、东南和北面

都是水下分流河道分布, 在英 172 井西侧汇聚, 再向东逐渐消失。

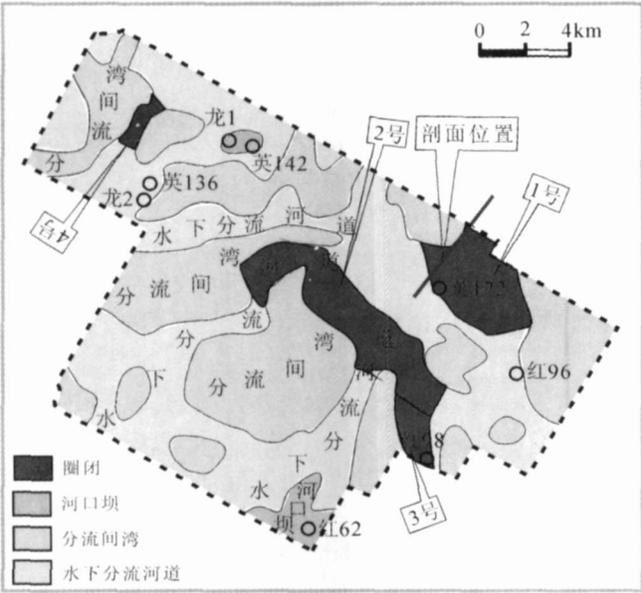


图 8 萨尔图油层 I 砂组沉积微相及岩性圈闭图
Fig 8 Map of Sandstone Group I of Sartu oil-bearing layer sedimentary microfacies and lithological traps

在英 142 井、龙 1 井和红 62 井处为河口坝, 而红 96 井和红 92 井处是河口坝和河道的叠加。在分流河道之间, 分流间湾微相比较发育。

4 有利区带预测

邻区萨尔图油层 I 砂组的油藏特征与成藏有三个特点: (1)水下分流河道相是其优势储层; (2)相变所造成的岩性圈闭是萨尔图油层的主要成藏特征; (3)

断层对研究区的成藏也起到一定的封堵作用。因此, 结合构造等高线与沉积微相, 可在萨尔图油层 I 砂组圈定出 4 个构造岩性圈闭 (图 8)。

萨尔图油层 I 砂组①号圈闭位于 T_1 (姚家组顶界面) 构造图上英 162 井处的鼻状构造, 沉积微相为水下分流河道, 岩性主要为细砂岩和粉砂岩, 孔隙连通性比较好, 有利于油气的聚集。顶板为嫩江组区域性厚层泥岩盖层, 下倾方向为构造等值线封闭, 侧面沉积微相主要为河流间湾微相, 岩性主要为泥岩、粉砂质泥岩, 比较致密, 对油气聚集起到封堵作用。地震剖面上表现为反射轴凹凸不平, 反演剖面上的特征为上倾方向和下倾方向砂体逐渐尖灭 (图 9), 反映了相边界。其它三个圈闭的成藏特征基本与①号圈闭类似, 不同之处在于②号、③号圈闭的上倾方向断层起到遮挡作用。总之, ①、②、③号圈闭面积较大, 是有利的勘探区带, 而④号圈闭面积比较小, 勘探价值不大。

5 结论

(1) 松辽盆地月亮泡地区萨尔图油层 I 砂组主要发育滨浅湖背景下的三角洲前缘亚相沉积, 可以进一步划分出水下分流河道、河口坝和分流间湾微相。

(2) 利用高精度三维地震资料, 通过层位精细标定, 采用沿层地震属性对河道砂体的展布特征进行研究, 进而利用拟合分析对其进行分析对比, 二者具有很好的一致性, 从而勾画出了研究区沉积相带的分布特征。

(3) 研究区①、②、③号圈闭是有利的油气勘探区带。

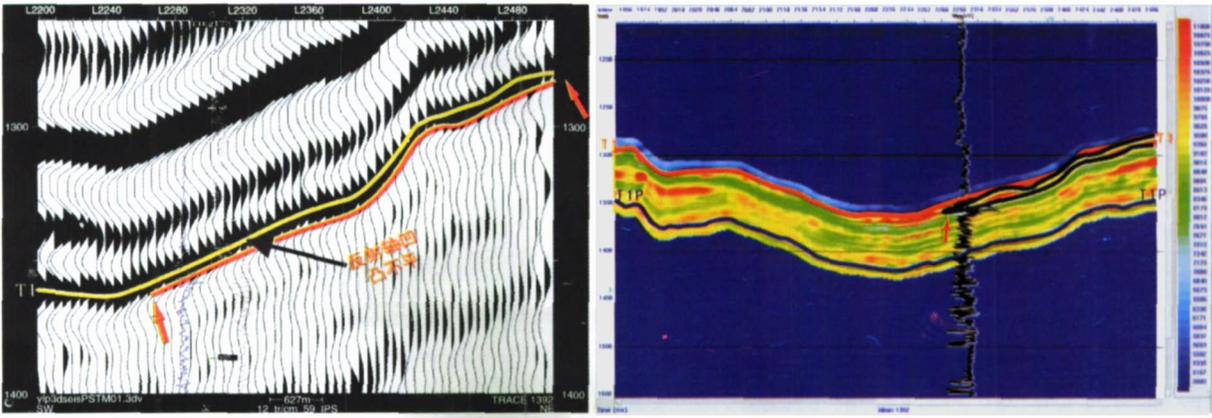


图 9 ①号圈闭地震反射特征
Fig 9 Characteristic of seismic reflection of the first trap

致谢 中国石油勘探开发研究院西北分院史忠生和雷明老师给本文研究提供了大力支持、帮助和指导,在此深表谢忱!

参考文献 (References)

- 1 贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术 [J]. 石油勘探与开发, 2004 31(3): 3-9 [Jia Chengzao Zhao Wenzhi Zou Caineng et al. Two key technologies of exploration of stratigraphic/lithological reservoirs [J]. Petroleum Exploration and Development 2004 31(3): 3-9]
- 2 吴亚东, 赵文智, 邹才能, 等. 松辽盆地南部岩性—地层油气藏成藏规律 [J]. 新疆石油地质, 2006 27(1): 19-22 [Wu Yadong Zhao Wenzhi Zou Caineng et al. Study on hydrocarbon accumulation of litho-stratigraphic traps in Songliao Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 2006 27(1): 19-22]
- 3 高瑞祺, 萧德铭. 松辽盆地及其外围盆地油气勘探新进展 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 19-24 [Gao Ruiqi Xiao Deming Recent Oil and Gas Exploration Advance of Songliao and Its Peripheral Basins [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1995: 19-24]
- 4 高瑞祺, 蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 103-106 [Gao Ruiqi Cai Xiyuan Formation Conditions and Distribution Laws of Oil and Gas Fields of Songliao Basin [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1997: 103-106]
- 5 李强, 辛仁臣, 杨玉峰. 英台—大安地区坡折带对姚家组下部沉积的控制 [J]. 大庆石油地质与开发, 2004 23(3): 17-20 [Li Qiang Xin Renchen Yang Yufeng Controlling of the slope on the deposition of lower part of Yaojia Formation at Yingtai-Danai [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing 2004 23(3): 17-20]
- 6 杨明达, 杨明辉, 刘鸿友, 等. 松辽盆地南部海坨子地区姚家组二、三段沉积微相研究 [J]. 石油实验地质, 2002 24(4): 348-353 [Yang Mingda Yang Minghui Liu Hongyou et al. Sedimentary microfacies study on the second and third members of the Yaojia Formation in Haituosi area the South of Songliao Basin [J]. Experimental Petroleum Geology 2002 24(4): 348-353]
- 7 张巧凤, 王余庆, 王天琦. 松辽盆地薄互层河道砂岩地震预测技术 [J]. 岩性油气藏, 2007 19(1): 92-95 [Zhang Qiaofeng Wang Yuqing Wang Tianqi Seismic prediction technique of the thin interbedded sand bodies in Songliao Basin [J]. Lithologic hydrocarbon reservoir 2007 19(1): 92-95]
- 8 关达, 张秀容. 利用地震属性预测河道砂体 [J]. 石油物探, 2004 43(增刊): 56-58 [Guan Da Zhang Xiurong Predicting the Channel sand bodies with Seismic Attributes [J]. Geophysical Prospecting For Petroleum 2004 43(suppl): 56-58]
- 9 邹才能, 薛叔浩, 赵文智, 等. 松辽盆地南部白垩系泉头组—嫩江组沉积层序特征与地层—岩性油气藏形成条件 [J]. 石油勘探与开发, 2004 31(2): 14-17 [Zou Caineng Xue Shuhao Zhao Wenzhi et al. Depositional sequences and forming conditions of the Cretaceous stratigraphic-lithologic reservoirs in the Quantou-Nengjiang Formations South Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development 2004 31(2): 14-17]

Sedimentary Microfacies Study and Prediction of Favorable Areas of Sandstone Group I of Sartu Oil-bearing Layer at Yuejiangpao Area in the South of Songliao Basin

LI Yu-lan^{1 2} CHEN Guo-jun^{1 2} LV Cheng-fu^{1 2}
WANG Tian-qi³ LIU De-wen^{1 2} DU Gui-chao^{1 2}

(1 Key Laboratory of Gas Geochemistry Institute of Geology and Geophysics Chinese Academy of Sciences Lanzhou 730000)

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences Beijing 100039

3 Northwest Branch Research Institute of Petroleum Exploration and Development CNPC Lanzhou 730020)

Abstract Sedimentary microfacies on sandstone Group I of Sartu oil-bearing layer of the Upper Cretaceous Yaojia Formation at Yuejiangpao area in the South of Songliao Basin are studied with logging geological and seismic data. By using horizon seismic attribute analysis technology the distribution characteristics of river sandstone bodies are researched. After fitting analysis it is concluded that the sandstone Group I of Sartu reservoir is the delta front sedimentary and the sedimentary microfacies types of the major sand bodies are underwater distributary channel mouth bar and bays between distributary channel sedimentary microfacies. The result shows that the distributary channel sand bodies were developed widely for oil and gas accumulation. Combining the structural development the beneficial areas for structure-lithology reservoirs are predicted.

Key words Yuejiangpao area sandstone Group I of Sartu oil-bearing layer delta front seismic attribute