

# 基于中期基准面旋回变化的沉积微相 精细研究 ——以松辽盆地扶余油田泉四段为例

梅俊伟<sup>1</sup>, 彭仕宓<sup>1</sup>, 袁新涛<sup>2</sup>, 赵家宏<sup>3</sup>

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院; 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083
3. 吉林油田分公司勘探开发研究院, 吉林松原 138000

**摘要** 从区域沉积背景出发,以岩心和测井资料分析为基础,对松辽盆地扶余油田泉四段的岩石类型、粒度分布、沉积构造、泥岩颜色及地球化学特征等各类沉积相标志进行分析,确定其为三角洲沉积,包含三角洲平原和前缘亚相。其中,平原亚相可识别出分支河道、决口扇、天然堤、废弃河道、湖泊沼泽微相;前缘亚相可细分为水下分支河道、河口坝、远沙坝、水下天然堤和支流间湾等微相。依据沉积微相与地层格架的成因关系,在中期基准面旋回的控制下应用取心关键井建立了沉积微相的定量识别图板,对非取心井进行沉积微相的定量识别与划分,并在此基础上绘制了沉积微相的平面及剖面图,总结了微相类型的平面和纵向展布规律及其与含油性的关系,指出分支河道砂体发育规模、连续性、储集性、含油性最好,其次为河口坝砂体,为研究区下一步的开发方案提供地质依据。

**关键词** 中期基准面旋回;沉积微相;精细研究;松辽盆地;扶余油田;泉四段

**中图分类号** TE121.3

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.13.006

## Study on the Sedimentary Microfacies Based on Medium Term Base-level Cycle Change: A Case of the Q4 Member in Fuyu Oilfield, Songliao Basin

MEI Junwei<sup>1</sup>, PENG Shimi<sup>1</sup>, YUAN Xintao<sup>2</sup>, ZHAO Jiahong<sup>3</sup>

1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting; College of Geoscience, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
2. Research Institute of Petroleum Exploitation and Development, Beijing 100083, China
3. Research Institute of Exploration and Development, Jilin Oilfield Company, China National Petroleum Corporation, Songyuan 138000, Jilin Province, China

**Abstract** Based on the regional sedimentary background and the core and logging data, and from an analysis of its facies markers, such as rock type, granularity distribution, sedimentary structure, mudstone's colors and geochemical features, Q4 Member in Fuyu Oilfield, Songliao Basin is identified as in a deltaic deposition which includes delta plain and delta front. The delta plan is composed of branch channel, crevasse splay, natural levee, abandoned channel, and so on. The delta front is composed of underwater distributary channel, mouth bar, distal bar, underwater nature levee, and so on. The genetic type and the development model of sedimentary facies are closely related to the stratigraphic framework. Under the control of the medium-term base level cycle, the quantitatively identified graphic tablet

收稿日期: 2010-11-23; 修回日期: 2011-03-14

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2011CB707302-01)

作者简介: 梅俊伟, 博士研究生, 研究方向为油气田开发地质, 电子信箱: meijunwei@163.com; 彭仕宓(通信作者), 教授, 研究方向为油气田开发地质、油藏描述, 电子信箱: pengsm@vip.sina.com

of microfacies is established, based on the application of coring wells. The sedimentary facies of non-coring wells are quantitatively identified and finely classified under the guidance of the identified graphic tablet. According to the analysis results of the sedimentary microfacies, the planar and sectional distribution maps are obtained. The laws of microfacies distribution on the plane and in the vertical direction are analyzed. In order to reveal the relationship between sedimentary microfacies and the oil, the control effects of sediments on oil are further discussed. It is shown that the channel sand bodies have the best performance in development size, continuity, reservoir quality and oiliness, followed by the mouth bar sand bodies. These results can be used for further oilfield production adjustment and development.

**Keywords** medium-term base level cycle; sedimentary microfacies; fine study; Songliao Basin; Fuyu Oilfield; Q4 Member

## 0 引言

扶余油田位于吉林省松原市城区及其周围地区,地处第一松花江与第二松花江交汇的三角地带,区域构造位于松辽盆地南部中央拗陷区东北缘,一个轴向不明显的受断裂控制的多高点穹隆背斜上。白垩系泉四段为扶余油田的主力产油层段,根据地层旋回等时对比技术<sup>[1]</sup>可分为13个沉积时间单元。扶余油田自1960年投入开发,经多次调整,目前已进入高含水期,地下油水运动规律和剩余油分布极其复杂。在此区域曾有大量研究工作,一致认为松辽盆地泉四段属于三角洲沉积模式<sup>[2-5]</sup>,但对研究区认识的差异在于部分学者认为此处泉四段三角洲平原亚相和前缘亚相交互沉积<sup>[6-7]</sup>,但也有学者认为以三角洲前缘亚相为主<sup>[8]</sup>;此外,精细的地质研究还很薄弱,对沉积微相的研究主要基于地质现象和测井曲线形态的定性分析,难以对各种微相类型的成因及发育程度做出定量研究。因此,有必要对重点区块进行细致剖析,深入研究沉积微相的特征、控制因数、分布规律及其与油气的关系,为改善油田开发效果、提高水驱动用程度提供地质依据。

## 1 区域沉积背景

从泉四段早期至晚期,湖盆由动荡型沉降趋于平稳,水体在保持整体上升的趋势下伴随着小规模的水退,在此沉积背景下,通榆—保康、怀德—长春四大水系在南西高,北东低的地形下,于扶余、新立、乾安一带入湖形成三角洲<sup>[9-11]</sup>。研究区位于水陆过度区,即三角洲前缘与三角洲平原频繁交替沉积区(图1),其沉积相标志也体现出明显的水上和水上沉积特征,同时泉四段储层重矿物组合、砂岩厚度及泥岩颜色变化指明物源主要来自西南与东南方向。

## 2 三角洲沉积相标志

### 2.1 岩石学特征

研究区泉四段地层石类型主要为陆源碎屑岩,包括棕色、棕褐色细砂岩、粉砂岩、少量细—粗砂岩、灰色及红绿相间的泥岩及含泥质粉砂岩和粉砂质泥岩等过渡岩性,夹少量薄层灰岩。碎屑成分中长石、岩屑含量较高,分别约占38%、35%,石英含量较低,约占27%,为岩屑长石和长石岩屑砂岩(图2(a)),其成分成熟度指标分布在0.36—0.51之间,矿物成分成熟度较低。砂岩粒度较细,粒度中值在0.05—0.25mm



图1 泉四段三角洲沉积背景示意图

Fig. 1 Schematic diagram of delta sedimentary background in the Q4 Member

之间,属于细砂岩和粉砂岩,颗粒分选好—中等,磨圆较差,为次棱—棱角状,颗粒之间以点—点线接触为主,胶结类型较多,主要有孔隙、镶嵌、接触等胶结类型。填隙物含量较高,主要以杂基和胶结物形式充填孔隙,其中泥质,灰质和石英胶结物最多,分别约占2.8%、3.2%、1.8%。

### 2.2 粒度分布特征

对11口老井砂岩样品的粒度资料分析表明,研究区粒度概率曲线以两段式与三段式为主(图2(b)),C—M(C为粒度概率累积曲线上颗粒含量1%处对应的粒径,M为概率累积曲线上50%处对应的粒径)图发育QR段(表示较高水动力的渐变悬浮沉积机制,其悬浮颗粒粒径受流强弱的控制)和RS段(表示均匀悬浮,粒径和密度不随深度变化,反映水流较弱、平静的沉积环境),如图2(c)所示。两段式粒度概率曲线由跳跃和悬浮两个总体组成,为典型的河道沉积,其跳跃总体与悬浮总体的交截点在 $3.3\phi$  ( $\phi = -\log_2 D$ ,  $D$ 为颗粒粒径),跳跃总体的斜率为 $68^\circ$ ,分选较好;三段式与四段式发育跳跃或悬浮组分次总体,与水动力能量减弱,携带的物质快速堆积有关<sup>[12]</sup>,是三角洲河口沉积的典型特征。QR段以上样品点很少,说明随着地形坡度的减缓,从河道上游向下游滚动组分已经消失,只有跳跃和悬浮组分。因此,粒度概率曲线及C—M图分析表明,研究区水动力沉积机制以牵引流为主,三角

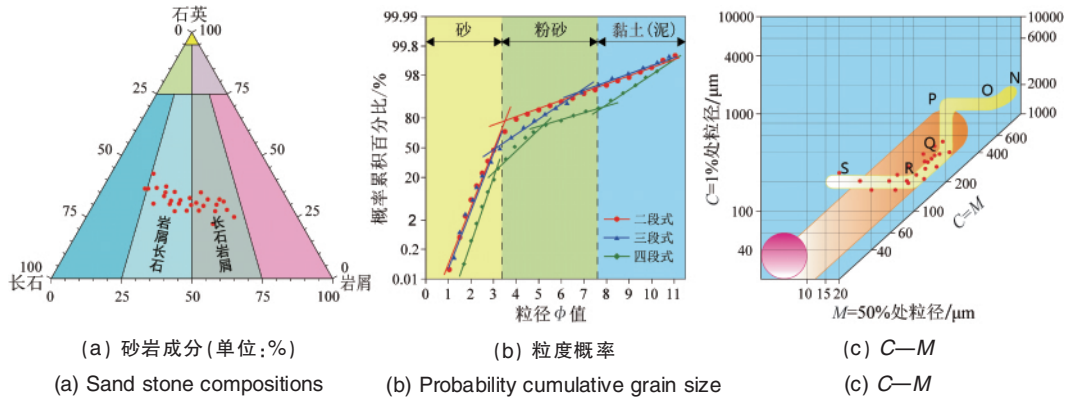


图2 泉四段砂岩碎屑组分和粒度分析图

Fig. 2 Detrital composition and grain size analysis of the Q4 Member

洲为其主要沉积环境,且由陆相湖方向,砂岩碎屑颗粒的粒度和分选有变细变好的总趋势。

### 2.3 沉积构造

岩心观察表明泉四段构造类型多样,发育板状交错层理、槽状交错层理、平行层理、波状层理、透镜状层理、水平层理、块状层理、上攀层理、变形及滑塌构造等,且冲刷面较发育(图3)。三角洲平原多见槽状交错层理、上攀层理和块状层理,并且发育冲刷充填构造(底部);三角洲前缘则以波状层理、各类小型交错层理以及滑塌和变形等反应水下沉积环境的构造为主。

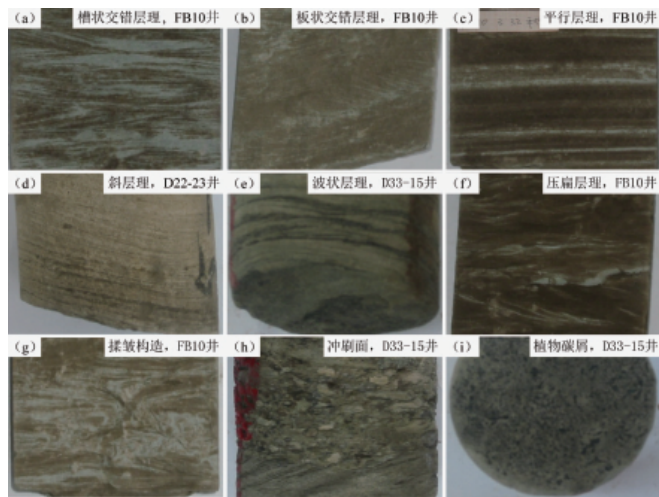


图3 岩心中的典型沉积构造

Fig. 3 Representative sedimentary structure in the core

### 2.4 泥岩颜色

通常泥岩颜色可作为代表沉积环境的相标志,本区泥岩以灰绿色块状泥岩、粉砂质泥岩和紫红色、灰紫色块状泥岩交互为特征。灰绿色、浅灰色泥岩往往代表三角洲前缘水下沉积特征,反映弱氧化-还原的沉积环境;紫红色及灰绿色泥岩的混合段则表明沉积区可能位于湖平面的边界处,在湖盆

短暂枯水期时暴露于地表表现为氧化环境,洪水期时则位于水下,接受弱氧化-还原交替沉积。

### 2.5 地球化学特征

泉四段沉积时期自生矿物发育,其中丰富的黄铁矿晶体反映了水下还原环境,而硬石膏的大量出现则反映了干旱气候,同样说明沉积区位于水陆交替变化的沉积环境。

## 3 沉积微相类型和特征

扶余油田泉四段,属于远物源的三角洲沉积体系,系由曲流河在近湖平原形成分流河道并延伸入湖形成砂、泥岩沉积,由于河流与湖泊的综合作用,其沉积兼有河流和湖泊沉积的特点。

### 3.1 三角洲平原沉积微相类型和特征

本区三角洲平原亚相包括从河流大量分叉位置至湖平面以上的广大河口区,岩性主要为中-细砂岩、粉砂岩及泥岩,砂质沉积与泥炭共生为此沉积阶段的主要特点。根据岩心特征可识别划分出分支河道、陆上天然堤、决口扇、废弃河道与湖泊沼泽微相5种主要微相类型。

分支河道微相岩性以粗、中、细砂沉积为主,底部见有含砾砂岩、砾质砂岩及底砾岩,粒度稍粗,分选中等,具有明显的底部冲刷充填构造,层理类型以大型槽状交错层理、板状交错层理为主。测井曲线多为钟形或钟形与箱型的组合,垂向上为正韵律(图4(a))。此微相构成了三角洲平原亚相沉积的骨架,亦是此亚相中储油物性最好的砂体。

天然堤微相以相对集中的小型微细交错层理、流水波纹层理及水平层理的泥质粉砂岩相夹薄层粉砂岩或粉砂质泥岩为主,在剖面上以夹于厚层湖泊沼泽泥岩中或位于河道沉积顶部两种形式出现。测井曲线多为低幅钟形,垂向上为正韵律(图4(b))。

决口扇微相是洪水漫溢河床冲破天然堤而形成的决口扇滩,可形成较大面积的席状砂层。岩性细于河床沉积但粗于天然堤,以粉砂岩、泥质或钙质粉砂岩、细砂岩及过渡岩性为主,发育中-小型交错层理或块状层理,整体与河流决口扇

相似。物性及含油性较差。测井曲线多为低幅漏斗形,垂向上为反韵律(图 4(c))。

废弃河道微相源自于某些突发因素,如河道堵塞、坡度变缓或河道流量产生了变化等。废弃河道下部为正常的河道沉积,向上细粒物质增多,分渐变和快速突变两种。岩心上生物碎屑,碳屑含量较高,多与极为发育的厚层块状层理紫红色泥岩相伴生。测井曲线在底部高幅,中上部为低幅,整体呈长钟形(图 4(d))。

湖泊沼泽微相的位置相对较高,以灰色、灰绿色的泥岩为主,夹粉砂岩、泥质粉砂岩薄层,发育波状和透镜状层理,富含植物碎屑,局部见黄铁矿等自生矿物。测井曲线为平行于泥岩基线的平直段(图 4(e))。

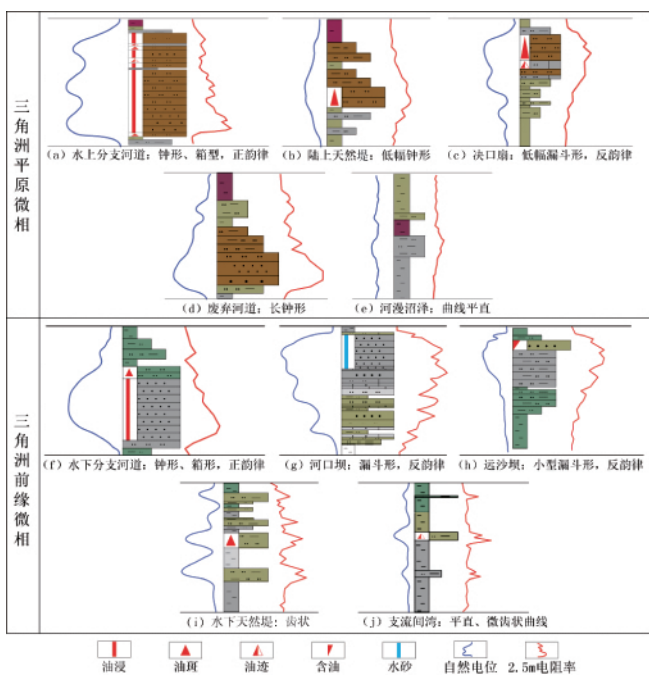


图 4 沉积微相岩电特征

Fig. 4 Logging curve characteristics of the sedimentary microfacies

### 3.2 三角洲前缘沉积微类型和特征

三角洲前缘亚相位于三角洲平原外侧,处于湖平面以下,其总体特征为:水下分支水道薄、窄、冲刷弱;泥岩颜色明显以灰绿等还原色为主;具有较发育的湖能层理,如波状、斜波状、透镜状层理,揉皱、搅动构造等;砂岩岩性较细,以细砂、粉砂岩为主;还原性自生矿物和生物化石发育。前缘亚相可进一步划分出水下分支河道、河口坝、远沙坝、水下天然堤及支流间湾 5 种微相类型。

水下分支河道微相以细砂、粉砂岩为主,顶部逐渐过度为泥质粉砂和粉砂质泥岩,以正韵律为主,也可见符合韵律。河道底部常见冲刷面,但规模小于水上分支河道,内部发

育交错层理、波状层理及水平层理,含零星见碳屑。测井曲线上表现为钟形、复合钟形或箱形(图 4(f))。

河口坝微相位于水下分支水道的河口前方,沉积速率高于其他微相。岩性以细砂岩、粉砂岩为主,分选较好。微相内部发育交错层理、斜层理,垂向为下细上粗的反韵律。测井曲线上表现为较大规模的漏斗形(图 4(g))。

远沙坝微相位于河口坝前方较远处。沉积物较河口坝细,以粉砂为主,夹少量泥岩和细砂薄层,发育有水流波痕及水平层理,自下而上为由细到粗的反韵律,测井曲线上表现为低幅漏斗形(图 4(h))。

水下天然堤是陆上天然堤的水下延伸部分。沉积物为粉砂岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥互层。粒度概率曲线为两段或单段型,基本上由单一悬浮总体组成。沉积构造以流水成因的波状层理为主,局部伴有交错层理及水平层理,测井曲线多为锯齿状(图 4(i))。

支流间湾微相以泥岩为主且多为还原色,含少量的薄层粉细砂。可见水平层理,透镜状层理,偶见揉皱构造。测井曲线上表现为平行于泥岩基线的平直段(图 4(j))。

## 4 沉积微相的精细识别与划分

研究区发育多种沉积微相类型,仅依据沉积特征、单井测井曲线相模式等资料的传统沉积微相识别和划分方法<sup>[13-16]</sup>难以满足油藏开发后期对沉积微相精细识别和合理划分的需求。高分辨率层序地层学认为,沉积基准面的变化控制地层发育,进而控制了相的分异<sup>[17-19]</sup>。经研究本区沉积微相的分布及其属性与地层格架关系密切,根据基准面旋回变化,泉四段属于一个完整的中期基准面旋回,在旋回中期,沉积物供给丰富而可容纳空间较小(低  $A/S$  值,  $A$  为可容纳沉积物的空间,  $S$  为沉积物的供给量),沉积物较粗,砂体发育且连片,在旋回早期或晚期,沉积物供给减少而可容纳空间相对增大(高  $A/S$  值),以细粒沉积为主,砂体孤立而不连续。

本次沉积微相的识别方法为:从取心关键井出发,对中期基准面旋回不同时期沉积微相的测井曲线进行分析,确定对应测井曲线模式,并对各微相类型属性参数(厚度、泥质含量、砂岩百分含量等)定量求取,应用测井曲线模式和参数定量分析的方法,建立目的层段沉积微相定量识别与划分模式(图 5),最终指导全区非取心井沉积微相的识别和划分。

基于中期基准面旋回的沉积微相精细划分方法能很好地区分测井曲线相近的沉积微相类型及不同类型微相的分布和特征,如处于旋回中期的远沙坝与旋回早、晚期的河口坝测井曲线相似,水下天然堤主要发育于近旋回中期等,因此能克服传统沉积微相微相划分仅依靠测井曲线而忽视地质作用的弊端。

## 5 沉积微相的平面和纵向展布

在单井微相定量识别与划分的基础上,以沉积时间单元

| 中期基准面          | 亚相                | 微相特征 (左为自然电位, 右为2.5m电阻率曲线) |                      |                        |                 |           |
|----------------|-------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|-----------|
|                | 三角洲前缘             | 微相类别                       | 水下分支河道               | 河口坝                    | 远沙坝             | 支流间湾      |
|                |                   | 典型曲线形态                     | 中幅扁钟形 齿化—微齿 底突顶渐     | 低—中幅 漏斗形 齿化 底渐顶突       | 低幅 漏斗形 齿化 底渐顶突  | 直线形 光滑    |
|                | 厚度/泥质含量/砂岩百分含量    | 2—4m/≤45%/50%—70%          | 2—3m/30%—45%/50%—70% | 1—2.5m/35%—50%/35%—50% | 5—10m/≥80%/≤5%  |           |
|                | 时间单元              | 1—2                        | 2                    | 2                      | 1—2             |           |
| 三角洲平原          | 微相类别              | 水下分支河道                     | 河口坝                  | 远沙坝                    | 水下天然堤           | 支流间湾      |
|                | 典型曲线形态            | 高幅钟形 微齿—光滑 底突顶渐            | 中—高幅 漏斗形 微齿—光滑 底渐顶突  | 低—中幅 漏斗形 齿化—微齿 底渐顶突    | 低幅 窄钟形 齿化 底突顶渐  | 直线形 光滑    |
| 厚度/泥质含量/砂岩百分含量 | 3—5m/≤35%/≥60%    | 3—4m/≤30%/≥60%             | 1—3m/30%—45%/45%—60% | 1—2m/40%—65%/30%—55%   | 5—8m/≥75%/≤8%   |           |
| 时间单元           | 3—4               | 3—4                        | 3                    | 2—4                    | 3—4             |           |
| 三角洲前缘          | 微相类别              | 分支河道                       | 废弃河道                 | 决口扇                    | 陆上天然堤           | 河漫沼泽      |
|                | 典型曲线形态            | 高幅复合钟形 微齿—光滑 底突顶渐          | 底部高幅 长钟形 齿化—微齿 底突顶渐  | 较高幅 漏斗形或箱形 齿化—微齿 底渐顶突  | 中—低幅 钟形 齿化 底突顶渐 | 直线形 微齿    |
| 厚度/泥质含量/砂岩百分含量 | 4—6m/≤30%/≥75%    | 3—5m/≤45%/55%—70%          | 2—3m/30%—40%/45%—70% | 2—3.5m/35%—55%/45%—65% | 5—10m/≥75%/≤10% |           |
| 时间单元           | 5—8               | 6, 8                       | 5—8                  | 5—8                    | 5—8             |           |
| 三角洲前缘          | 微相类别              | 水下分支河道                     | 河口坝                  | 远沙坝                    | 水下天然堤           | 支流间湾      |
|                | 典型曲线形态            | 高幅钟形 微齿—光滑 底突顶渐            | 中幅 漏斗形 微齿—光滑 底渐顶突    | 中幅 漏斗形 齿化—微齿 底渐顶突      | 低幅 窄钟形 齿化 底突顶渐  | 直线形 微齿    |
| 厚度/泥质含量/砂岩百分含量 | 4—6m/≤30%/≥75%    | 4—6m/≤30%/≥75%             | 2—4m/30—40%/45%—65%  | 1.5—3m/40—30%/35%—60%  | 4—8m/≥75%/≤10%  |           |
| 时间单元           | 9—12              | 9—11                       | 11—12                | 9—12                   | 9—12            |           |
| 三角洲前缘          | 微相类别              | 水下分支河道                     | 河口坝                  | 远沙坝                    | 水下天然堤           | 支流间湾      |
|                | 典型曲线形态            | 中—高幅 钟形 齿化—微齿 底突顶渐         | 中幅 漏斗形 齿化—微齿 底渐顶突    | 低幅 漏斗形 齿化 底渐顶突         | 低幅 窄钟形 齿化 底突顶渐  | 直线形 微齿—光滑 |
| 厚度/泥质含量/砂岩百分含量 | 3—4m/≤40%/55%—75% | 5—8m/25%—40%/55%—75%       | 1—3m/35%—45%/35%—60% | 5—10m/≥80%/≤5%         |                 |           |
| 时间单元           | 13                | 12—13                      | 13                   | 13                     |                 |           |

图 5 沉积微相定量识别与划分模式图

Fig. 5 Quantitative identification and dividing model graph of the sedimentary microfacies

为最小单位,依据沉积环境基准面旋回的变化规律,并结合各时间单元的砂厚图、泥质含量图及砂岩百分含量图对微相图进行约束控制,绘制沉积微相的平面分布图。图 6(a)—图 6(c)依次对应旋回中晚期 4 小层、旋回中期 7 小层及旋回早中期 10 小层,因井较密,故在沉积相图中缺省了部分井点使得

相图分布更加醒目。各时间单元物源方向、微相类型面积比及储层微相平面形态特征见表 1,由统计可知三角洲平原的水上分支河道、三角洲前缘的水下分支河道、河口坝是本区储层沉积的主体,也是主要的含油微相砂体。其中 1、5、8、13 时间单元基本是泥质沉积,砂体不发育,河道微相以条带状

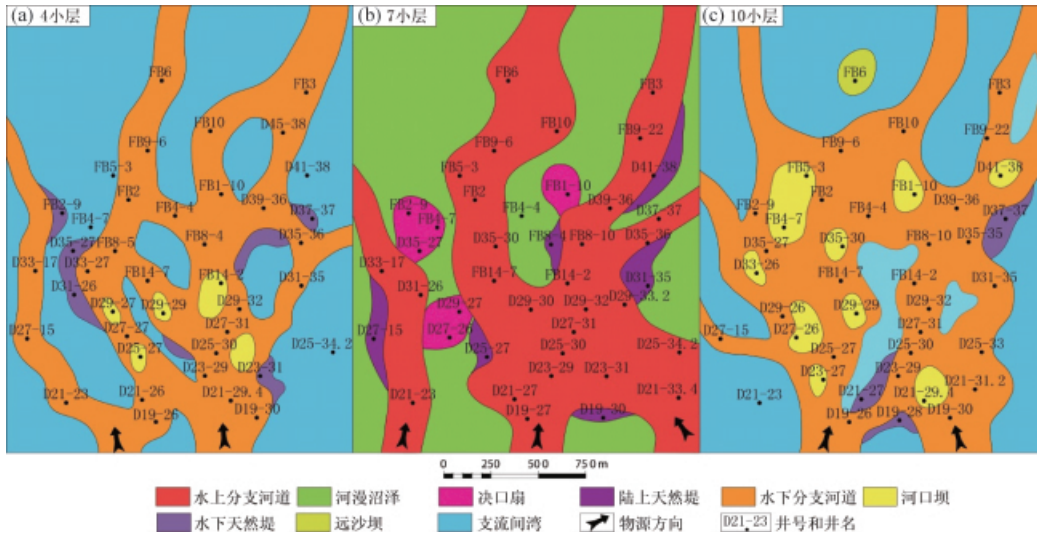


图 6 扶余油田 Q4 段沉积微相平面展布图

Fig. 6 Plane distribution of the sedimentary microfacies of the Q4 Member in Fuyu Oilfield

表 1 泉四段沉积微相平面分布统计表  
Table 1 Plane distribution statistics of the sedimentary microfacies

| 沉积时间单元 | 物源方向  | 三角洲前缘  |        |       |         |       |      |       |         |       |
|--------|-------|--------|--------|-------|---------|-------|------|-------|---------|-------|
|        |       | 水下分支河道 |        | 河口坝   |         | 远沙坝   |      | 水下天然堤 |         | 支流间湾  |
|        |       | 面积比/%  | 平面形态   | 面积比/% | 平面形态    | 面积比/% | 平面形态 | 面积比/% | 平面形态    | 面积比/% |
| 1      | 西南    | 10.2   | 条带状    | —     | —       | —     | —    | —     | —       | 89.8  |
| 2      | 西南    | 27.3   | 条带状    | 0.6   | 椭圆状     | 0.8   | 椭圆状  | 0.9   | 新月状     | 70.4  |
| 3      | 东南    | 38     | 条带状,网状 | 1.2   | 椭圆状,土豆状 | 0.4   | 椭圆状  | 2.1   | 新月状     | 58.3  |
| 4      | 东南    | 43.1   | 条带状,网状 | 1.9   | 椭圆状,土豆状 | —     | —    | 2.8   | 新月状,豆荚状 | 52.2  |
| 9      | 西南    | 45.6   | 条带状,网状 | 4.7   | 椭圆状,土豆状 | —     | —    | 2.3   | 新月状,豆荚状 | 47.4  |
| 10     | 东南,西南 | 54.2   | 网状,片状  | 6.2   | 椭圆状,土豆状 | 1.3   | 椭圆状  | 1.9   | 新月状,豆荚状 | 36.4  |
| 11     | 东南,西南 | 48.3   | 网状,片状  | 5.4   | 椭圆状,土豆状 | 1.5   | 椭圆状  | 2.5   | 新月状,豆荚状 | 42.3  |
| 12     | 东南,西南 | 44.8   | 条带状,网状 | 3.3   | 椭圆状,土豆状 | 1.7   | 椭圆状  | 1.3   | 新月状     | 48.9  |
| 13     | 西南    | 22.3   | 条带状    | 1.5   | 椭圆状     | 1.3   | 椭圆状  | —     | —       | 74.9  |

| 沉积时间单元 | 物源方向  | 三角洲平原 |        |       |       |       |         |       |      |       |
|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|------|-------|
|        |       | 分支河道  |        | 决口扇   |       | 陆上天然堤 |         | 废弃河道  |      | 湖泊沼泽  |
|        |       | 面积比/% | 平面形态   | 面积比/% | 平面形态  | 面积比/% | 平面形态    | 面积比/% | 平面形态 | 面积比/% |
| 5      | 东南    | 15.4  | 条带状    | 1.3   | 朵状    | 1.1   | 新月状     | —     | —    | 82.2  |
| 6      | 西南    | 37.7  | 条带状,网状 | 3.7   | 朵状    | 2.8   | 新月状     | 1.8   | 条带状  | 54    |
| 7      | 东南,西南 | 48.7  | 网状,片状  | 3.9   | 扇状,朵状 | 4.3   | 新月状,豆荚状 | —     | —    | 43.1  |
| 8      | 东南,西南 | 46.6  | 网状,片状  | 4.2   | 扇状,朵状 | 3.7   | 新月状,豆荚状 | 2.5   | 条带状  | 43    |

为主,离散微相(如天然堤、决口扇、河口坝、远沙坝等)分别以规则的新月状、朵状、椭圆状存在,而 4、6、7、10、11、12 时间单元河道纵横交错,连片叠加,成为储层最发育的时间单元,且离散微相平面形态也更为丰富。储层砂体展布方向受物源的

影响,主要为西南和东南方向。

从剖面上看(图 7),受沉积供给及可容纳空间的影响,在中期基准面旋回中期,研究区出露水体而主要发育三角洲平原亚相。由于受沉积空间的限制,河道砂体横向切割叠置,天

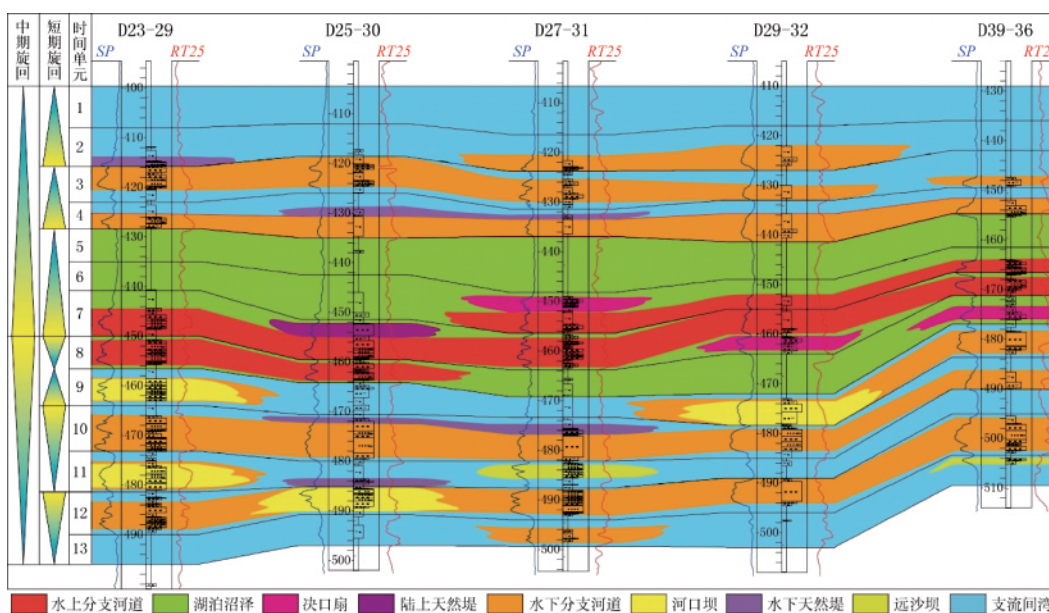


图 7 扶余油田泉四段沉积微相剖面图

Fig. 7 Sectional distribution of the sedimentary microfacies of the Q4 Member in Fuyu Oilfield

然堤基本上位于分支河道的顶部,湖泊沼泽充填于河道两侧或夹于河道中间。在中期基准面旋回早期及晚期,研究区发育三角洲前缘亚相,水下分支河道、河口坝、远沙坝依次相邻出现,大部分河口坝位于远沙坝之上或是侧向相对较高的位置。虽同是三角洲前缘沉积,中期基准面下降半旋回时期砂体发育程度和横向连通性要好于上升半旋回时期,且此过程

中更容易发育河口坝、远沙坝这类反韵律砂体。

### 6 沉积微相与含油性的关系

由油砂体的平面和剖面分布图(图8—图9)可见,沉积微相控制了储层砂体含油性的分布。分支河道,河口坝等规模较大、连续性强、储集性好的砂体含油性最好,含油级别以饱

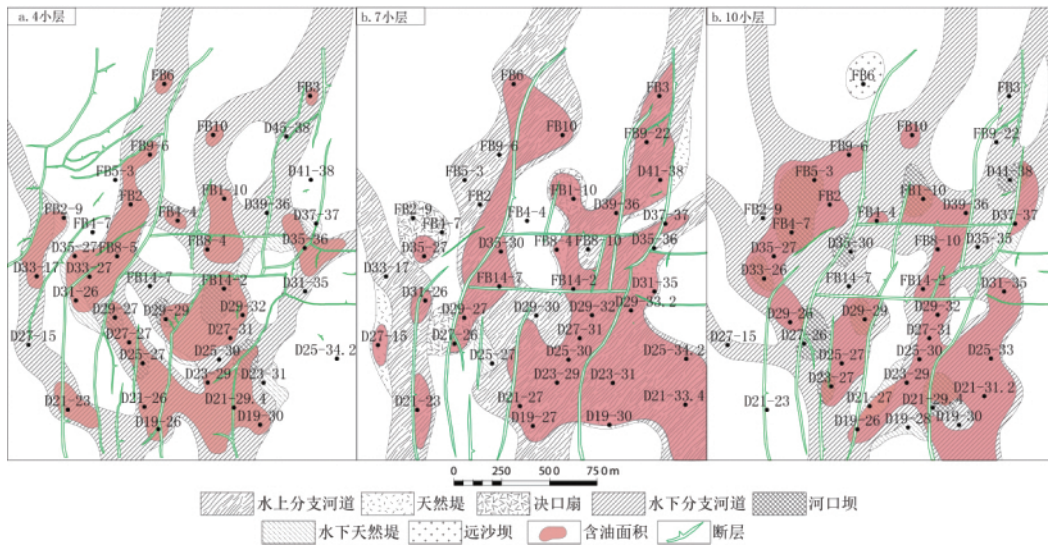


图8 扶余油田泉四段微相控制下的油砂体平面分布图

Fig. 8 Plane distribution of the oil sand body controlled by sedimentary microfacies of the Q4 Member in Fuyu Oilfield

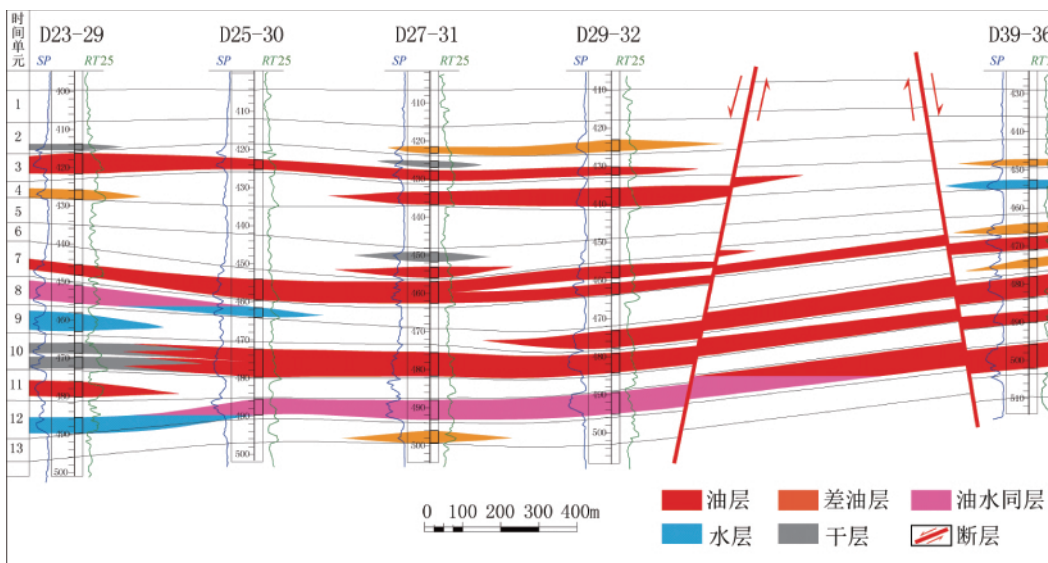


图9 扶余油田泉四段油藏剖面图

Fig. 9 Oil reservoir profile of the Q4 Member in Fuyu Oilfield

含油、富含油为主,而天然堤、决口扇等小规模离散砂体则非均质性较强、储集性较差,以差油层及干层为主。

### 7 结论

(1) 扶余油田泉四段发育多类三角洲沉积相标志,物源

来自西南和东南方,主要为三角洲平原和三角洲前缘沉积。其中三角洲平原主要发育水上分支河道、陆上天然堤、决口扇、废弃河道与湖泊沼泽微相,三角洲前缘主要发育水下分支河道、河口坝、远沙坝、水下天然堤及支流间湾等微相类型。

(2) 根据中期基准面旋回变化规律建立了研究区沉积微

相定量识别模式,克服了传统微相划分仅依靠测井曲线而忽视地质作用的弊端,提高了沉积微相类型的识别与划分精度,为精细地质研究提供基础和保障。

(3) 沉积微相的平面及纵向展布表明,研究区微相类型受湖平面变化及沉积供给的控制,在完整中期基准面旋回中期三角洲平原相发育,在中期基准面早、晚期则以三角洲前缘亚相为主,同时,在基准面早期沉积的河道砂体横向连通性要好于基准面晚期,而且在基准面下降过程中更容易发育河口坝这类反韵律砂体。

(4) 油气的聚集及分布明显受沉积微相类型及其物性的控制,在所发育的多种沉积微相类型中,分支河道微相砂体储集性、含油性最好,其次为河口坝微相砂体。沉积微相的精细研究为老区的开发调整和新区的滚动开发提供了地质目标和决策依据。

### 参考文献 (References)

- [1] 邓宏文,王红亮,李熙喆. 层序地层学基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177-184.  
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xizhe. *Oil & Gas Geology*, 1996, 17(3): 177-184.
- [2] 吕晓光,李长山,蔡希源,等. 松辽大型淡水湖盆三角洲沉积特征及前缘相储层结构模型[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 572-576.  
Lu Xiaoguang, Li Changshan, Cai Xiyuan, et al. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(4): 572-576.
- [3] 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. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(2): 14-17.
- [3] 李延平,陈树民,宋永忠,等. 大庆长垣及以东泉三、四段扶余油层浅水湖泊—三角洲体系沉积特征 [J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(5): 13-16.  
Li Yanping, Chen Shumin, Song Yongzhong, et al. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 2005, 24(5): 13-16.
- [4] 陈焯菲,彭仕宓,钟显彪,等. 松辽盆地四五家子油田下白垩统沉积相[J]. 古地理学报, 2003, 5(3): 316-327.  
Chen Yefei, Peng Shimi, Zhong Xianbiao, et al. *Journal of Paleogeography*, 2003, 5(3): 316-327.
- [5] 张明学,王丽静,梁江平. 松辽盆地头台地区扶余油层沉积特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(6): 43-46.  
Zhang Mingxue, Wang Lijing, Liang Jiangping. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 2007, 26(6): 43-46.
- [6] 张庆国,鲍志东,郭雅君,等. 扶余油田扶余油层的浅水三角洲沉积特征及模式[J]. 大庆石油学院学报, 2007, 31(3): 4-7, 14.  
Zhang Qingguo, Bao Zhidong, Guo Yajun, et al. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2007, 31(3): 4-7, 14.
- [7] 胡学智,鲍志东,那末红,等. 松辽盆地南部扶余油田泉头组四段沉积相研究[J]. 石油天然气地质, 2008, 29(3): 334-341.

- Hu Xuezhi, Bao Zhidong, Na Weihong, et al. *Oil & Gas Geology*, 2008, 29(3): 334-341.
- [8] 梁昌国,王志章,林承焰,等. 松辽盆地扶余油田白垩系泉四段沉积微相研究[J]. 西南石油大学学报:自然科学版, 2008, 30(2): 69-73.  
Liang Changguo, Wang Zhizhang, Lin Chengyan, et al. *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2008, 30(2): 69-73.
- [9] 冯增昭. 中国沉积学[M]. 北京:石油工业出版社, 1994: 461-480.  
Feng Zengzhao. *Sedimentology of China* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 461-480.
- [10] 王永春. 松辽盆地南部岩性油藏的形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社, 2001: 20-26.  
Wang Yongchun. *Formation and distribution of lithologic reservoir in the South of Songliao Basin* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 20-26.
- [11] 丁正言,王元生,张启龙,等. 中国石油地质志:第2卷 [M]. 北京:石油工业出版社, 1993: 57-88.  
Ding Zhengyan, Wang Yuansheng, Zhang Qilong, et al. *Petroleum geology of China: Vol 2*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993.
- [12] 张金亮,李恕军,靳文奇. 安塞油田侯市地区长6油层沉积微相研究 [J]. 西安石油学院学报:自然科学版, 2000, 15(4): 1-7.  
Zhang Jinliang, Li Shujun, Jin Wenqi. *Journal of Xian Petroleum Institute: Natural Science Edition*, 2000, 15(4): 1-7.
- [13] 杨玉卿,田洪,刘颖宇,等. 测井资料在海上油田沉积相研究中的应用[J]. 中国海上油气, 2004, 16(6): 377-381.  
Yang Yuqing, Tian Hong, Liu Yingyu, et al. *China Offshore Oil and Gas*, 2004, 16(6): 377-381.
- [14] 李雪原,王少鹏. 鄂尔多斯盆地塔巴庙区块太原组沉积微相研究[J]. 成都理工大学学报:自然科学版, 2006, 33(2): 214-217.  
Li Xueyuan, Wang Shaopeng. *Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition*, 2006, 33(2): 214-217.
- [15] 曹广华,胡亚华,张奇文. 利用测井资料识别沉积微相方法研究[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(15): 3674-3680.  
Gao Guanghua, Hu Yahua, Zhang Qiwen. *Science Technology and Engineering*, 2007, 7(15): 3674-3680.
- [16] 胡明毅,刘仙晴. 测井相在松辽盆地北部泉三、四段沉积微相分析中的应用[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(1): 102-105.  
Hu Mingyi, Liu Xianqing. *Lithologic Reservoirs*, 2009, 21(1): 102-105.
- [17] 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[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 90-97.  
Deng Hongwen. *Oil & Gas Geology*, 1995, 16(2): 90-97.
- [18] 邓宏文,王红亮,宁宁. 沉积物体积分配原理——高分辨率层序地层学的理论基础[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 305-313.  
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Ning Ning. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 305-313.
- [19] 邓宏文,王红亮,祝永军. 高分辨率层序地层学:原理及应用 [M]. 北京:地质出版社, 2003: 13-15.  
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Zhu Yongjun, et al. *High-resolution sequence stratigraphy: Theory and application* [M]. Beijing: Geology Press, 2003: 13-15.

(责任编辑 刘志远)