

文章编号: 1009-3850(2008) 04-0044-06

南阳凹陷古近系核桃园组沉积微相研究

李海燕

(中国石油大学 资源与信息学院, 北京 昌平 102249)

摘要: 综合利用岩心、测井、录井及相关测试资料, 对南阳凹陷东部核桃园组核二段沉积微相进行了系统研究。结果表明: 该区核桃园组发育两套沉积相, 北部为一套曲流河三角洲沉积, 主要发育水下分支水道、河口坝、远砂坝、支流间湾 4 个微相; 南部为冲积扇相, 发育辫状沟道和辫状沟道间微相。其中水下分支水道、河口坝和辫状沟道砂体为储集层骨架砂体。认为油气的聚集受沉积微相的控制, 水下分支水道和辫状沟道的储集性能最好, 河口坝次之, 远砂坝较差, 为油田开发方案的调整和动态分析提供了可靠的地质依据。

关键词: 南阳凹陷; 沉积微相; 曲流河三角洲; 冲积扇

中图分类号: P121. 3 文献标识码: A

在油田开发中后期对油藏沉积微相及其特征的正确认识, 对于查明剩余油分布和挖掘剩余油潜力、提高采收率具有重要意义^[1, 2]。储集层的微相砂体类型、几何规模特征及分布规律是分析地下油水运动规律和调整注采井网的基础^[3]。

南阳凹陷位于河南省南襄盆地, 工区北部核桃园组为三角洲沉积相, 储层孔隙度为 15% 左右, 渗透率为 $(50 \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2)$, 属于中孔中渗型储集层。南部黑龙庙地区核桃园组为水下冲积扇沉积相, 储层平均孔隙为 6.98%, 平均渗透率为 $13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属低孔低渗储层。长期以来, 对南、北两种物源所形成的两套储层特征认识不清, 无法确定有利储集相带的展布, 油藏开发效果很差。油井产能和开发效果与沉积微相紧密相关, 因此, 有必要对南阳凹陷东部核桃园组储集层砂体及相带展布特征进行详细的研究。

笔者在对研究区对 50 余口井资料研究的基础上, 通过岩心资料、岩屑录井资料的分析及测井微相的研究, 对研究区核桃园组核二段不同时期的砂体展布及沉积相带分布特征作了较为详细的研究, 以

期服务于油田开发。

1 地质概况

南阳凹陷东部位于南阳凹陷北马庄、魏岗鼻状构造以东, 唐河低凸起以西, 南抵新野边界断层, 北以南 58 井至南 46 井一线为界, 面积约 180 km²。含油层系为古近系核桃园组, 为一套暗色泥岩与灰色砂岩、粉砂岩互层沉积。

根据岩电特征及含油性差异, 将核桃园组划分为三段, 本次研究的目的层段为核二段。根据各井测井曲线 (SP 曲线) 形状特征及沉积的旋回性, 对全区所有井进行沉积时间单元的追踪对比, 将核二段共划分了 29 个沉积时间单元。其中核二段 1 砂组 (H₁¹) 有 4 个, 核二段 2 砂组 (H₂¹) 有 14 个, 核二段 3 砂组 (H₃¹) 有 11 个。在此基础上确定了各沉积时间单元的微相类型, 进一步做出了各时间单元沉积微相的平面展布图。

本区北部三角洲沉积相储层岩性为细砂岩、粉砂岩, 主要为泥质胶结, 孔隙式接触, 磨圆度为次圆-次棱角状, 分选中等好, 成分成熟度和结构成熟度

收稿日期: 2008-04-15 改回日期: 2008-06-04
作者简介: 李海燕 (1973—), 女, 博士, 主要从事油藏开发地质研究工作。Tel: 13671376428, (010) 89733790 E-mail: lihaiyan3790@vip.sina.com
资助项目: 国家 973 项目重大基础研究前期研究专项 (2002CCA00700)

中等。南部黑龙庙地区为水下冲积扇沉积相,岩性明显变粗,以中粗砂岩和含砾砂岩为主,岩石成分成熟度和结构成熟度低,埋藏深,原生孔隙破坏严重,次生孔隙不发育。

2 核桃园组沉积相类型

根据岩心观察描述、录井、测井及相关测试资料的综合分析,并结合区域地质背景,认为工区北部核桃园组为一套曲流河入湖而形成的曲流河三角洲沉积体,主要为三角洲前缘亚相,由水下分支水道、河口坝、远砂坝及支流间湾等微相构成^[4](表1)。南部为冲积扇相,发育辫状沟道和辫状沟道间微相。

3 核桃园组三角洲沉积微相类型

3.1 水下分支水道微相

水下分支水道是水上分支水道的水下自然延伸部分,因此其沉积特征类似于水上分支水道。发育块状层理、交错层理、波状层理、冲刷充填构造等。自然电位曲线为典型的钟形或箱形^[5,6](图1A)。

3.2 河口坝微相

河口坝是三角洲前缘亚相的典型沉积,以细砂岩、粉砂岩为主,分选中等到好,粒度概率曲线多为两段式,可见各种交错层理、平行层理等沉积构造,自下而上粒度由细到粗,呈典型的反粒序,自然电位曲线多呈漏斗形,幅度较高(图1B)。

3.3 远砂坝微相

远砂坝位于河口坝较远部位,沉积物较河口砂坝细,主要为粉砂岩夹薄层泥岩、泥质粉砂岩。发育波状层理、水平层理;粒度概率曲线为两段式,CM图以RS段为主。砂体单层厚度较薄,分选较好,泥质含量高,为下细上粗的垂向层序,自然电位曲线幅度较低,呈低幅漏斗型(图1C)。

3.4 支流间湾微相

支流间湾分布在水下分支水道或河口坝之间,以灰色或灰黑色泥质沉积为主,夹粉砂岩、泥质粉砂岩薄层。发育典型的波状及透镜状层理,自然电位曲线接近于泥岩基线,有时夹杂细砂岩、粉砂岩薄层,因而具有一定的幅度。

表 1 南阳凹陷东部核桃园组沉积相类型及划分依据

Table 1 Types and division of the sedimentary microfacies in the HetaoYuan Formation, Nanyang depression

相标志		三角洲前缘亚相				扇中亚相	
		水下分支水道微相	河口坝微相	远砂坝微相	支流间湾微相	辫状沟道微相	辫状沟道间微相
岩石类型		细砂岩和粉砂岩	细砂岩和粉砂岩	粉砂岩、粉砂质泥岩与泥岩薄互层	泥岩为主,夹泥质粉砂岩薄层	含砾砂岩和中粗砂岩	泥岩与粉砂质泥岩薄互层
结构特征	粒度中值	一般 0.12~0.25mm	一般 0.10~0.15mm	一般 0.06~0.10mm		0.15~0.30mm	
	分选性	中等好	中等好	中等		中等差	
	概率曲线	两段式、三段式,跳跃组分一般在60%~80%,跳跃组分与悬浮组分截点Φ值在1.5~2.3	两段式为主,跳跃组分一般在50%~70%,跳跃组分与悬浮组分截点Φ值在1.7~2.8	两段式,跳跃组分一般在30%~55%,跳跃组分与悬浮组分截点Φ值在2.5~3.3		上拱一段式、多段式,跳跃组分一般为65%~80%,跳跃组分与悬浮组分截点Φ值为1.3~2.5	
	CM图	发育了完整的NO-OP-PQ-QR-RS段				平行于C=M基线	
构造特征		块状层理、交错层理、波状层理、冲刷充填构造	交错层理、平行层理和少量波状层理	波状层理、水平层理	水平层理、透镜状层理、波状层理	块状层理、平行层理、递变层理、滑塌构造	波状层理、透镜状层理、水平层理
砂层特征	总厚度	一般大于4m	一般为2.5~4m	一般小于2m		一般大于5m	
	单层厚度	大于2.5m	1.5~2.5m	0.5~1.5m		大于3m	
	孔隙度	14%~17%	12%~16%	8%~12.5%		5%~8.5%	
	渗透率	(45~100)×10 ⁻³ μm ²	(30~50)×10 ⁻³ μm ²	(15~35)×10 ⁻³ μm ²		(10~15)×10 ⁻³ μm ²	
泥岩特征	单层厚度	1.4~3.2m	2.5~4m	3~6.5m		1.2~3m	
	颜色	灰色、浅灰色	灰色、浅灰色	灰色、浅灰色、深灰色		深灰色、黑色	
自然电位曲线特征		钟形、箱形,幅度中高	漏斗形、钟形,幅度中高	低幅漏斗形或指形	低幅平直或齿状,偶有小指形	宽钟形、箱形,幅度中高	低幅平直或齿状

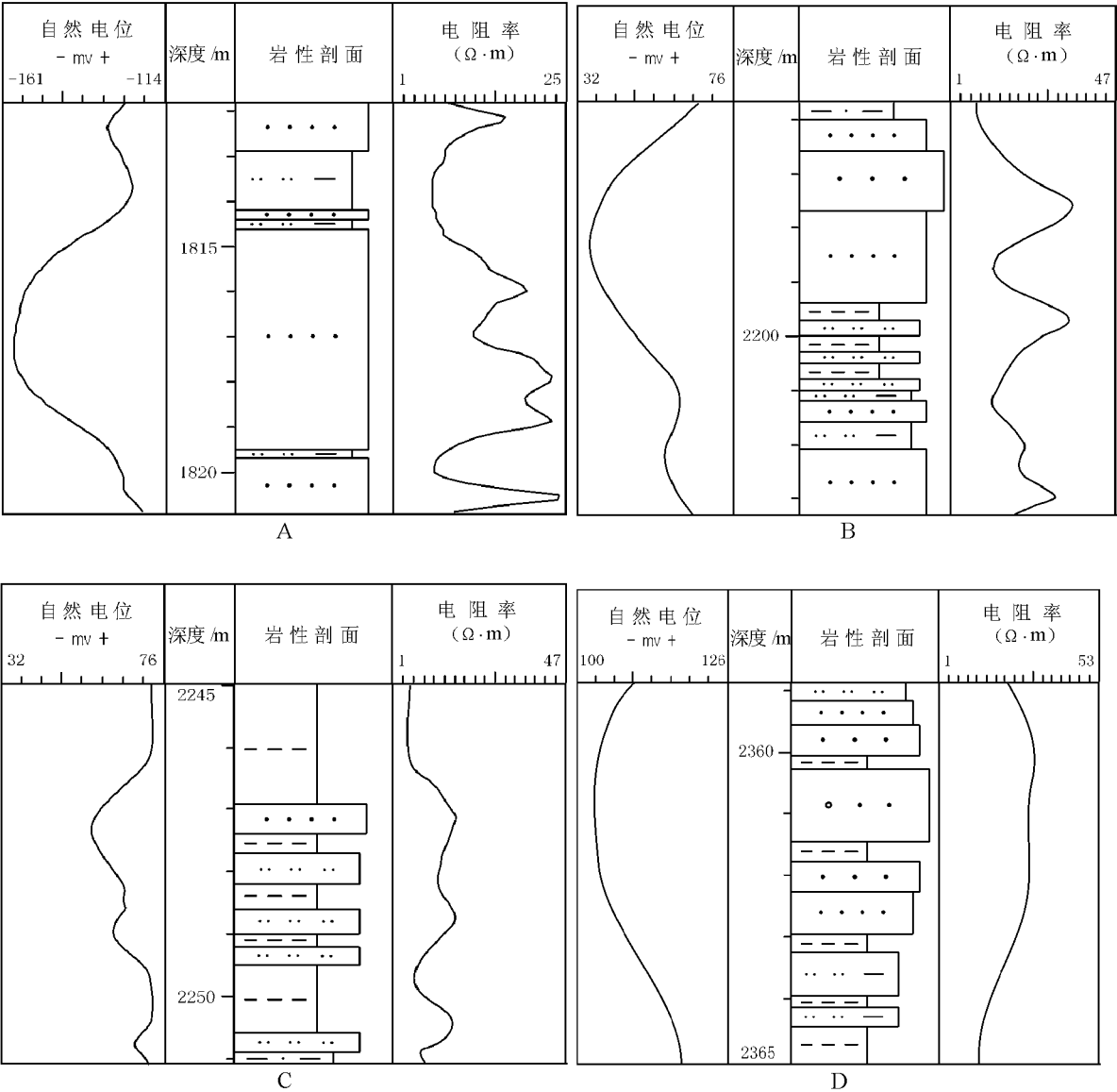


图 1 核桃园组典型岩电特征

A 水下分支水道(南 55 井); B 河口坝(张 7 井); C 远砂坝(张 7 井); D 辫状沟道(南 28 井)

Fig 1 Typical litho-petro-electronic characteristics of the Hetayuan Formation, Nanyang depression

A Subaqueous distributary channel (Nan55 well); B Channel mouth bar (Zhang7 well); C Distal bar (Zhang7 well); D Braided channel (Nan28 well)

4 核桃园组水下冲积扇沉积微相类型

4.1 辫状沟道微相

辫状沟道微相岩性以含砾砂岩和块状中粗砂岩为主。层理构造有块状层理、平行层理、递变层理、滑塌构造等。由于辫状沟道的迁移和加积作用,使含砾砂岩和块状砂岩连续出现,形成孔隙度和渗透率都非常好的优质厚层油气储集层,最大单层厚度可达 7m。垂向上为正韵律或均匀韵律,自然电

位曲线呈“钟形”或“箱形”,电阻率幅度一般很高,明显高于三角洲相分支水道的电阻率响应(图 1D)。

4.2 辫状沟道间微相

辫状沟道间微相位于辫状沟道的两侧,岩性主要由厚度较薄的灰色/深灰色泥岩、粉砂质泥岩和灰色粉砂岩组成。泥岩多呈块状或透镜状,粉砂岩中沉积构造较为丰富,发育有波状、透镜状层理等。自然电位曲线平直。

5 核桃园组沉积微相的展布特征

南阳凹陷东部核桃园组核二段沉积时期为地层基准面缓慢下降期,湖平面缓慢下降,水体变浅,沉积了一套以水下分支水道、河口坝及辫状沟道为主的厚度较大的具有较好储集性能的砂质沉积物。由于沉积条件的差异,在沉积时期的不同沉积阶段,其形成的砂体有着不同的形态、规模及分布组合特征。

5.1 核桃园组 H₂-1 小层沉积微相平面展布

根据泥岩颜色等资料分析推断,研究区在 H₂-1 小层沉积时期总体为一较深水沉积环境,北部以深灰色/黑色泥岩和灰色细砂岩、粉砂岩为主,为三角洲前缘亚相环境,物源来自西北的师岗凸起和东北的社旗凸起,以水下分支水道和河口坝沉积为主。南部以黑色泥岩和灰色含砾砂岩为主,为冲积扇相,物源来自南部的新野凸起,以辫状沟道砂体沉积为主。该期水体相对较深,沉积微相分布为:北部水下分支水道微相分布在 N58-L12-N41 井一线,河口坝分布在 L15 井区,远砂坝分布在 W29 井区;南部辫状沟道分布在 L8、N28 和 N25 井区。其余井区发育支流间湾和辫状沟道间微相,两者在工区中南部交界(图 2)。

5.2 核桃园组 H₂-3 小层沉积微相平面展布

核桃园组 H₂-3 小层沉积时期研究区短期地层基准面下降相对较快,可容空间减小。北部沉积物以灰色细砂岩、粉砂岩和深灰色/黑色泥岩为主;南部以黑色泥岩和灰色含砾砂岩为主。物源区位置与核桃园组 H₂-1 小层沉积时期相比变化不大。N58-L12-L15 井一线为水下分支水道沉积区, L18、W9、N33、N41 井区为河口坝沉积区, L22 井区为远砂坝沉积区;南部 L8、N28 井区为辫状沟道沉积,其余为支流间湾和辫状沟道间沉积(图 3)。

5.3 核桃园组 H₂-2 小层沉积微相平面展布

核桃园组 H₂-2 小层沉积时期为研究区短期地层基准面缓慢上升期,湖平面上升,水体变深,可容空间加大。北部沉积物以灰色细砂岩和粉砂岩为主,其次为灰黑色泥岩;南部沉积物以黑色泥岩和灰色含砾砂岩为主。物源区位置与 H₂-3 小层沉积时期相比变化不大,但位置比 H₂-3 小层沉积时期距研究区稍远。沉积微相分布为:北部 N55-L12-L24 井一线为水下分支水道沉积区, W29、W42、N33、L7、N41 井区为河口坝沉积区, W9 井区为远砂坝沉积区;南部 N65、N28 井区为辫状沟道沉积区,其余为支流间湾和辫状沟道间沉积(图 4)。

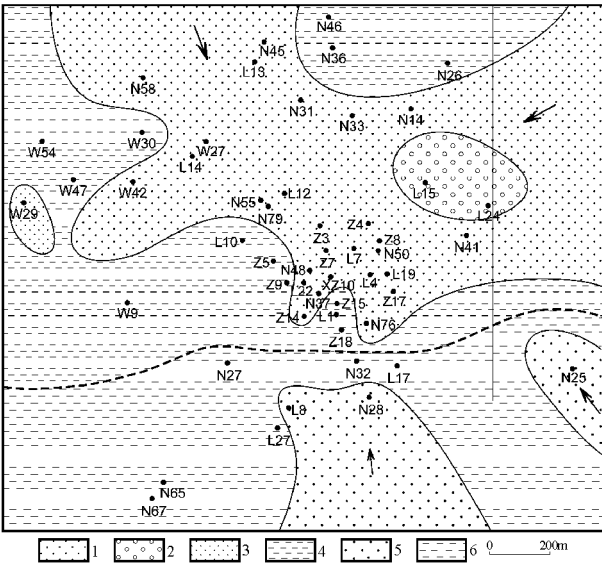


图 2 H₂-1 小层沉积微相展布

1. 水下分支水道; 2 河口坝; 3 远砂坝; 4 支流间湾; 5 辫状沟道; 6 辫状沟道间
Fig 2 Distribution of the sedimentary microfacies in the H₂-1 beds
1= subaqueous distributary channel microfacies; 2= channel mouth bar microfacies; 3= distal bar microfacies; 4= interdistributary bay microfacies; 5= braided channel microfacies; 6= braided interchannel microfacies

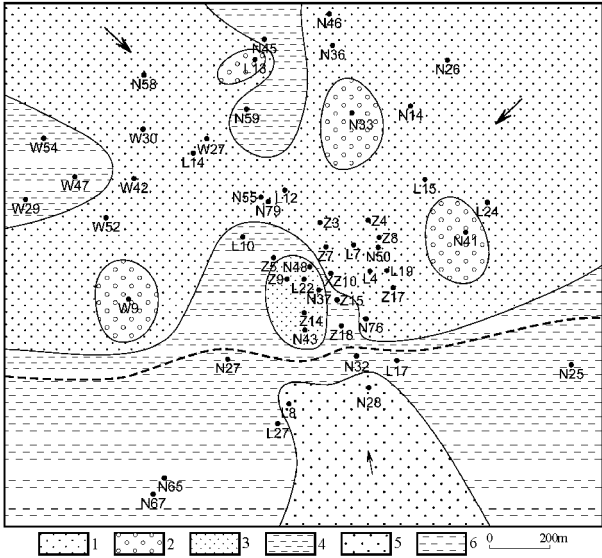


图 3 H₂-3 小层沉积微相展布 (图例同图 2)

Fig 3 Distribution of the sedimentary microfacies in the H₂-3 beds (see Fig 2 for the explanation of symbols)

5.4 核桃园组 H₂-9 小层沉积微相平面展布

核桃园组 H₂-9 小层沉积时期为研究区短期地

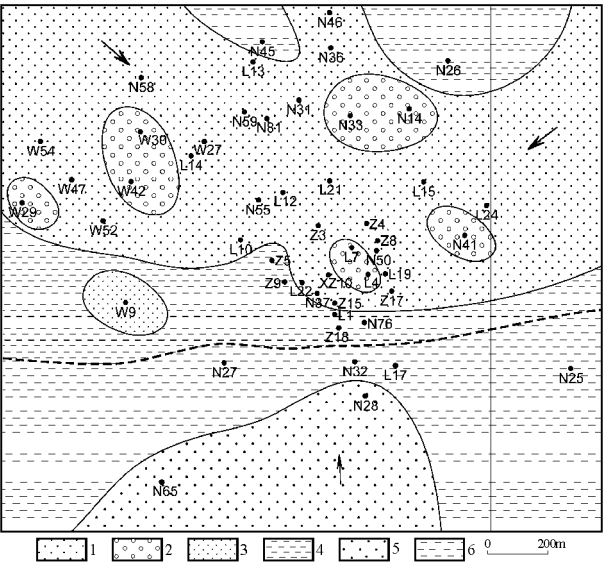


图 4 H₂-2小层沉积微相展布 (图例同图 2)
Fig 4 Distribution of the sedimentary microfacies in the H₂-2 beds (see Fig 2 for the explanation of symbols)

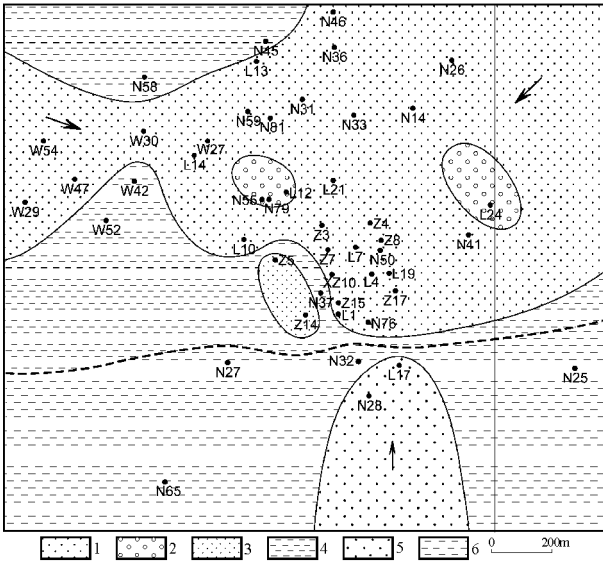


图 5 H₂-9小层沉积微相展布 (图例同图 2)
Fig 5 Distribution of the sedimentary microfacies in the H₂-9 beds (see Fig 2 for the explanation of symbols)

层基准面缓慢下降期,湖平面下降,水体变浅,可容空间减小。北部沉积物以灰色细砂岩和粉砂岩为主,其次为深灰色泥岩;南部沉积物以深灰色、黑色泥岩,灰色含砾砂岩为主。物源区位置与 H₂-2小层沉积时期相比变化不大,但位置比 H₂-2小层沉积时期距研究区稍近。W54-W27-N14井一线为水下分支水道沉积区, N55、L24井区为河口坝沉积区, Z14井区为远砂坝沉积区;南部 L17、N28井区为辫状沟道沉积,其余为支流间湾和辫状沟道间沉积 (图 5)。

6 沉积微相与含油性的关系

研究表明:南阳凹陷东部核桃园组主要的储集体为三角洲前缘的水下分支水道、河口坝、远砂坝和冲积扇的辫状沟道砂体。此次还对研究区部分取心井的 127块砂岩样品分析化验,并通过沉积微相研究对其进行了分类和综合,结果地表明这 4种储集砂体的储集性能有明显的差异,其中水下分支水道和辫状沟道最好,河口坝次之,远砂坝相对较差 (表 1)。由图 2、3、4、5可以看出,水下分支水道、河口坝和辫状沟道为主要沉积微相和含油砂体。砂体分布范围广,厚度较大,物性好,是油层发育的有利区,平均油层厚度大于 2.6m。由此可见,含油性的好坏主要取决于水下分支水道砂体及河口坝砂体的发育程度。从核桃园组主力小层沉积微相的展布可以看出其水下分支水道、河口坝及辫状沟道有相当的规模,建议在下一步开发调整和剩余油挖潜中,应

充分考虑沉积微相。

7 结 论

- (1)南阳凹陷东部核桃园组发育两套沉积相,北部为一套曲流河入湖而形成的曲流河三角洲沉积体,核二段主要为曲流河三角洲前缘,发育水下分支水道、河口坝、远砂坝、支流间湾微相;南部为冲积扇相,发育辫状沟道和辫状沟道间微相。
- (2)由沉积微相的展布可知,南阳凹陷东部核桃园组核二段北部的储集砂体为水下分支水道、河口坝和远砂坝;南部的储集砂体为辫状沟道。其中水下分支水道和辫状沟道的储集性能最好,河口坝次之,远砂坝相对较差。
- (3)油气的聚集明显受沉积微相的控制,水下分支水道、河口坝和辫状沟道砂体是研究区油气聚集的主要场所,其发育程度决定了储集层含油性的好坏。

参考文献:

[1] 王多云,郑希民,李凤杰,等.含油气区岩相古地理学的几个问题[J].沉积学报,2003,21(1):133-136
[2] 何顺利,郑祥克,魏俊之,等.沉积微相对单井产能的控制作用[J].石油勘探与开发,2002,29(4):72-73
[3] 陈程,孙义梅,邓宏文.油田开发后期扇三角洲前缘微相分析及应用[J].现代地质,2001,15(1):88-93
[4] 李凤杰,王多云,郑希民,等.陕甘宁盆地华池地区延长组缓坡

带三角洲前缘的微相组成[J]. 沉积学报, 2002, 12(4): 582—587

[5] WILLS B J Ancient river systems in the Himalayan foredeep, Chini Village area, northern Pakistan[J]. Sedimentary Geology, 1993, 88 (1—2): 1—76

[6] JO H R, CHOUGH S K Architectural analysis of fluvial sequences in the northwestern part of Kyongsang Basin (Early Cretaceous), SE Korea[J]. Sedimentary Geology, 2001, 144 (3—4): 307—334

Sedimentary microfacies in the Paleogene Hetaoyuan Formation, Nanyang depression

LI Haiyan

(College of Resources and Information, China University of Petroleum, Changping 102249, Beijing, China)

Abstract: The analysis of the sedimentary microfacies in the second member of the Hetaoyuan Formation, Nanyang depression is based on the cores, well logs and relevant analytical data. Two sets of sedimentary facies have been distinguished: the meandering stream-delta facies including the subaqueous distributary channel, channel mouth bar, distal bar and interdistributary bay microfacies in the northern part, and alluvial fan facies including braided channel and braided interchannel microfacies in the southern part. The hydrocarbon accumulation is dominantly controlled by the sedimentary microfacies cited above. The reservoir quality is best in the subaqueous distributary channel and braided channel sedimentary microfacies, followed by channel mouth bar and distal bar.

Key words: Nanyang depression; sedimentary microfacies; meandering stream delta; alluvial fan