古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组沉积微相

孙铭赫[1],程 璐[2],田继军[1*]
(1.新疆大学 地质勘查与工程学院,新疆 乌鲁木齐 830002;
2.中国石油新疆油田分公司 重油开发公司,新疆 克拉玛依 834000)

摘要:针对古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组聚合物窜流严重,注采结构调整难度大的特点,基于岩心、测井、粒度等资料识别沉积相标志,对其沉积微相进行精细研究。研究区核三段Ⅳ砂组为三角洲前缘亚相沉积,主要发育水下分流河道、水下分流间湾、前缘席状砂、河口坝、远砂坝、河道侧翼和浅湖7种沉积微相。在湖平面上升时期物源供给充足,水下分流河道砂体在研究区分布范围明显减小,三角洲前缘中心部位发育叠置的主河道砂体组合、水下分流河道—河道侧翼砂体组合,向湖方向逐渐变为叠置的河口坝—远砂坝砂体组合;在三角洲前缘末端,沉积微相垂向上主要表现为水下分流河道—河口坝—前缘席状砂微相的正韵律构成的退积序列。水下分流河道、河口坝和河道侧翼微相砂体储层物性较好,前缘席状砂和远砂坝微相砂体厚度较小,储层物性较差,水下分流间湾和浅湖微相砂体不发育。

关键词:沉积微相 单井相 测井相 泌123和泌124区块 古城油田
中图分类号:TE111.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-9603(2013)02-0034-05

古城油田位于泌阳凹陷北部斜坡带古城鼻状构造之上,泌123和泌124区块是在被断层复杂化的古城鼻状构造上形成的断层-岩性油藏[1],主力开发层系为核三段Ⅳ砂组。在核三段Ⅳ砂组沉积时期,研究区沉积稳定,西北部的古城远源三角洲砂体为主力物源贡献者,形成斜坡背景下发育的三角洲前缘沉积体系。

泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组整体为典型的大孔道、中高渗透储层,非均质性强,总体采出程度低,水驱单元注水矛盾突出,注采结构调整难度大。由于层间物性差异,导致多层合注时物性好的层段大面积水淹,物性差的层段注采状况差,注水无法实现有效分注,造成水驱单元高含水井多(高含水井占总井数的39.1%)。泌123和泌124区块分别于2006年5月和2008年5月在主体区Ⅳ砂组开始注聚合物,由于平面、剖面非均质性较强,聚合物驱单元发生严重的聚合物窜流,平均采出液聚合物质量浓度高达309 mg/L,制约了聚合物驱的开发效果。开采的主要矛盾已转为层内,而层内矛盾则是由不同沉积微相造成的岩性、物性在横向和纵向上的差异引起的[2-7],笔者对古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组沉积微相进行了再认识,以期为科学调整开发方案提供地质依据。

1 沉积相标志

1.1 岩石成分

研究区的岩性主要为细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩等。岩石中碎屑矿物以石英和长石为主,石英含量为53%~75%,平均为68%;长石含量为30%~55%,平均为38%;岩屑含量为5%~20%,平均为8%,变质岩和火山岩岩屑含量相对较高;填隙物成分包括泥质、灰质和高岭石,泥质杂基含量低,胶结物中灰质含量平均为1%~3%,白云石含量一般为2%~5%。根据岩石矿物成分,确定核三段Ⅳ砂组以长石砂岩和岩屑长石砂岩为主(图1)。砂岩碎屑颗粒分选较好,磨圆中等,基本为次圆状—棱角状,以点接触为主,少量线接触。

1.2 粒度特征

泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组的粒度中值为0.01~8.9 mm,主要为0.031 25~0.25 mm,以0.125~0.25 mm占绝对优势,属于细砂岩和中砂岩;还含有一定量的粉砂岩,含量为25%~30%。粒度累积概率曲线由跳跃总体和悬浮总体组成,呈两段

收稿日期:2013-01-18。
作者简介:孙铭赫,男,在读硕士研究生,从事石油地质方面的研究。联系电话:15965555144,E-mail:sunminghe100@china.com.cn。
*通讯作者:田继军,男,副教授。联系电话:13319896996,E-mail:tianjijun@xju.edu.cn。
基金项目:新疆维吾尔自治区自然基金项目"准噶尔盆地南缘二叠系芦草沟组岩相古地理特征与油页岩资源潜力评价"(2011211B02)。

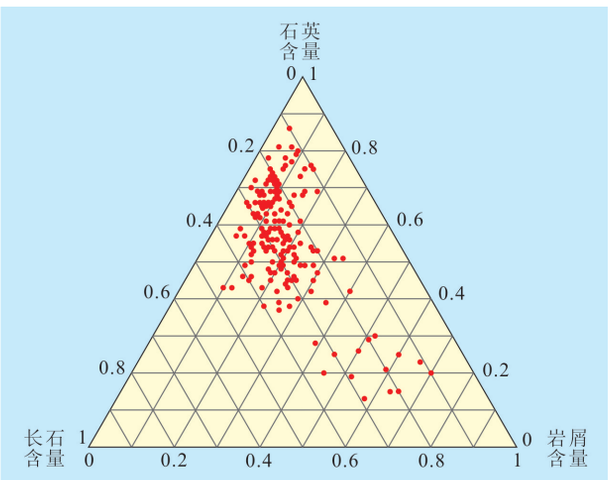

图1　古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组砂岩分类

式，悬浮总体与跳跃总体交截点在3.0～4.0 ϕ，跳跃总体分选较好。由于研究区缺乏细粒杂基，因此跳跃段很长，含量达95%～99%，具牵引流的特征[1]，反映水下分流河道沉积作用是主要的沉积营力。

1.3　颜色特征

通过对泌123和泌124区块取心井的岩心观察发现，其岩性组合主要为中—细砂岩与泥岩互层，砂岩主要呈灰色、灰白色或褐黑色、深褐色；泥岩主要呈灰绿色、灰褐色，页理欠发育，泥岩层薄、性脆。岩石颜色特征总体反映为还原沉积环境。

1.4　构造特征

研究区层理类型多样，主要发育大型交错层理、斜层理、块状层理和粒序层理等，冲刷面发育。这些层理规模相对较大，发育于水动力相对较强的近源三角洲前缘分流河道中。

2　沉积微相识别

2.1　单井相分析

单井相分析是沉积微相识别的关键。对研究区11口取心井的393 m岩心进行观察、拍照，详细记录了沉积现象及特征，并对其中6口井进行了单井沉积微相综合解释，确定研究区主要发育三角洲前缘亚相，包括水下分流河道、水下分流间湾、前缘席状砂、河口坝、远砂坝、河道侧翼和浅湖7种沉积微相。

水下分流河道微相是河道在水下的延伸，由于流体能量较强，沉积物入水后并不立即发生沉积作用，而是在水下继续向下运移。随着河道延伸，河道加宽，深度减小，流速减缓，搬运物堆积速度增大。沉积物粒度较细，岩性以灰白色、灰褐色、褐黑色细砂岩为主，基本不含泥。主要发育平行层理、交错层理、槽状层理和冲刷—充填构造。整体粒度向上变细，沉积序列呈正韵律。

水下分流间湾微相的沉积作用以悬浮沉降为主，是水下分流河道改道冲刷或沉积形成的较细粒物质。主要发育灰绿色泥岩、含粉砂质泥岩或含泥质粉砂岩，夹较薄层的细砂岩，是洪水漫溢的结果。可见泥砾及粉砂岩透镜体，含炭屑，发育水平层理、波状交错层理和透镜状层理。

前缘席状砂微相为三角洲前缘连片分布的砂体，受较强的波浪作用影响，为水下分流河道、河口坝等砂体被波浪冲刷作用改造发生横向迁移并连接成片所致。主要发育粒度较细的粉砂岩、泥质粉砂岩与泥岩的薄互层，颗粒的分选与磨圆都较好，发育水平层理和波状层理。

河口坝微相是水下分流河道在河口处由于流速降低、水动力减弱而沉积形成的。由于水下分流河道迁移性强，河口不稳定，河口坝规模较小或不发育。岩性以砂岩、粉砂岩为主，分选性较好，一般为下细上粗的反韵律，发育平行层理和交错层理。

远砂坝微相位于河口坝的末端，与河口坝连续沉积，砂体厚度较河口坝薄，粒度较细，多为细砂岩和粉砂岩，含泥质夹层。多发育水平层理。

河道侧翼微相以粉砂岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主，发育小型交错层理，分选较好。

浅湖微相主要以暗色泥质沉积为主，发育水平层理。

2.2　测井相特征

测井曲线的幅度、幅度差、旋回幅度、顶底接触关系、光滑程度、形态组合方式等特征能很好地反映岩性、物性及其特征的垂向组合、厚度、旋回性，既可以作为地层划分和对比的标志，还能够反映沉积相[8-11]。以自然电位和自然伽马曲线为主，辅以微电极、电阻率和声波曲线等测井资料，建立了测井相模式，进行沉积微相识别。

水下分流河道微相的自然电位曲线具有明显负值，呈高幅度箱形、锯齿状箱形、钟形，底部突变接触，顶部渐变—突变过渡接触；自然伽马曲线呈低值齿状箱形，顶、底部突变接触，与自然电位曲线相对应（图2a）。水下分流间湾微相的自然电位曲线为低值锯齿状、低幅指形或平直曲线（图2b）。前缘席状砂微相的自然电位曲线呈负异常指形，中等幅度差，夹在上、下低平曲线之间，顶、底部均为突变接触；自然伽马曲线呈锯齿状，低幅指状（图

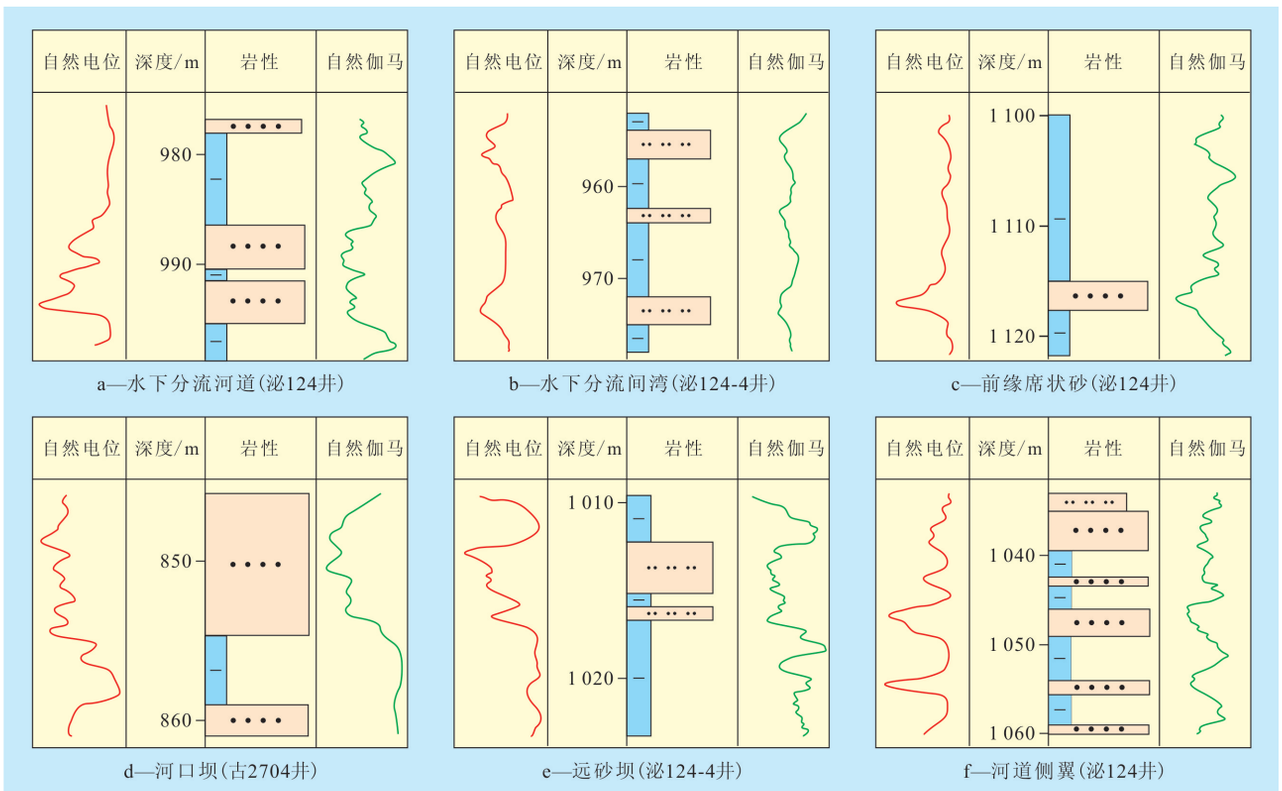

图2　古城油田泌123和泌124区块不同沉积微相测井相模式

2c)。河口坝微相的自然电位曲线呈漏斗形或齿化漏斗形,具有高幅度负异常,顶部突变接触,底部渐变接触;自然伽马曲线与自然电位曲线相对应(图2d)。远砂坝微相的自然电位曲线呈漏斗形,微齿状,中等幅度值,底部渐变接触,顶部突变接触;自然伽马曲线为锯齿状、指状(图2e)。河道侧翼微相的自然电位曲线为齿化钟形,厚度较小,具有中—高幅度值与无—中幅度差,夹于低幅平直的水下分流间湾微相中,底部突变接触,顶部渐变接触(图2f)。浅湖微相的自然电位曲线平直。

3　沉积微相展布特征

3.1　平面展布特征

通过岩心、单井相和测井相分析,将研究区核三段Ⅳ砂组自上而下分为1^1,1^2,2,3,4,5^1,5^2,5^3,6^1,6^2,7^1,7^2,8^1,8^2,9^1,9^2,9^3,10^1,10^2和11共20个小层,以5^3,6^1,7^1和11小层为例进行沉积微相平面展布研究。

研究区核三段Ⅳ砂组11小层主要发育水下分流河道、河道侧翼、前缘席状砂、河口坝、远砂坝和浅湖微相(图3a)。水下分流河道微相主要沿古3102—古3102-2井、泌124-3—古3506—古325井方向分布,砂体厚度大于3 m,呈条带状。在河道前缘发育肾状河口坝微相,远端发育远砂坝微相,物源方向为西北向。河道侧翼微相分布于水下分流河道微相间,呈条带状。前缘席状砂微相大面积发育。研究区最南缘发育浅湖微相。

核三段Ⅳ砂组7^1小层主要发育前缘席状砂、远砂坝、水下分流河道和河道侧翼微相(图3b)。研究区发育2支水下分流河道,一支沿古303—古347—古3005井向南延伸,另一支沿古2103—古234—古2305井向东南延伸,水下分流河道微相砂体为纵向上多期河道叠加而成,其中部往往为主河道发育带,砂体厚度相对较大,普遍大于6 m,呈条带状。河道侧翼微相分布于研究区西—西北部。在河道前缘发育河口坝微相,物源方向为正西和西北向。少量水下分流间湾微相发育于研究区西部。前缘席状砂微相呈片状展布。河口坝微相呈肾状发育。

核三段Ⅳ砂组6^1小层主要发育前缘席状砂、远砂坝和浅湖微相(图3c)。在古3106—古3205—古335和古2806—古2707井区发育肾状、朵状远砂坝微相。物源方向为正西向,砂体较不发育,厚度普遍为0~1 m。

核三段Ⅳ砂组5^3小层主要发育水下分流河道、河道侧翼、前缘席状砂和河口坝微相(图3d)。研究区大部分区域发育前缘席状砂微相,西部发育2支水下分流河道,一支沿古3303—古3504—古3204

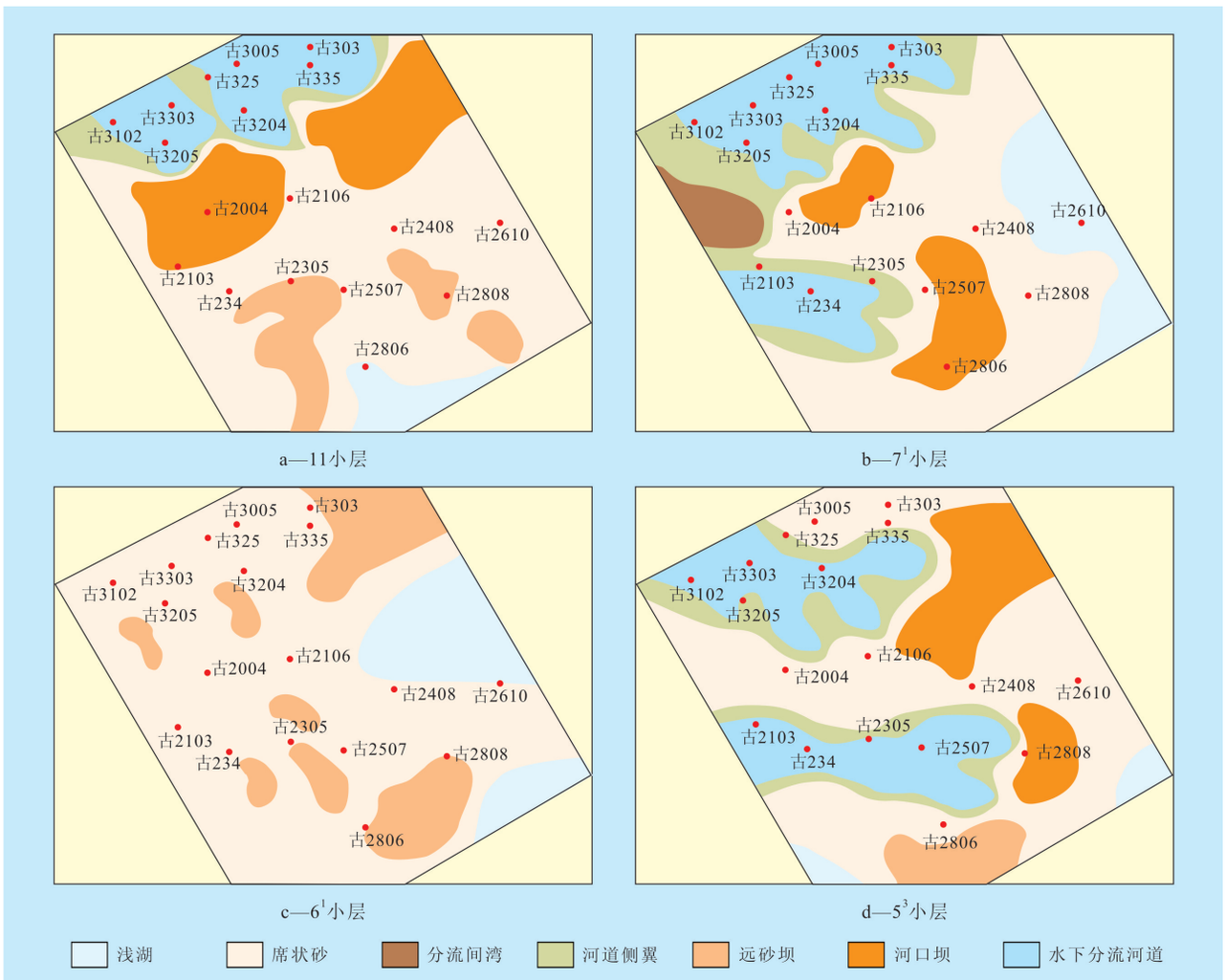

图3　古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组沉积微相平面展布

井延伸，另一支沿古2103—古2305—古2507井向东延伸。在河道前缘发育河口坝微相，物源方向为正西和西北向。水下分流河道微相砂体发育，厚度较大，普遍大于4 m，呈条带状、鸟足状，大致沿东西向展布，垂向上表现为多期河道叠加。河道侧翼微相分布于水下分流河道微相两侧，呈条带状。前缘席状砂微相呈片状分布，约占研究区面积的50%。河口坝微相较发育，多呈朵状、肾状等。在研究区东南和南部零星发育浅湖微相。

3.2　垂向组合特征

在核三段Ⅳ砂组沉积时期，盆地发生强烈断陷，为湖盆最大发育期。古城油田泌123和泌124区块西部的古城远源三角洲是其碎屑物质的主要来源。在湖平面上升时期物源供给充足，水下分流河道砂体在研究区分布范围明显减小，三角洲前缘中心部位发育叠置的主河道砂体组合、水下分流河道—河道侧翼砂体组合，向湖方向逐渐变为叠置的河口坝—远砂坝砂体组合，在三角洲前缘末端，沉积微相垂向上主要表现为水下分流河道—河口坝—前缘席状砂微相的正韵律构成的退积序列。垂向组合在时空上具有明显的规律性，砂体的垂向演化与平面展布密切相关，反映出在持续稳定的湖侵古沉积背景下，伴随着数次小规模水退，导致砂体往复进退，在泌123和泌124区块纵、横向摆动，纵向互相切割，形成多套三角洲前缘沉积体系的复合体。

4　不同沉积微相物性特征

沉积微相的平面变化使储层具有不同的岩石组成及物性特征，具有物性差异的沉积微相控制着油藏的形成和分布。古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组三角洲前缘水下分流河道微相多呈条带状分布，砂体厚度最大，孔隙度为22%~36%，平均为29%，渗透率为0.5~5.3 μm²，平均为1.2 μm²（表1），具有高孔隙度、高渗透率和连通性好的特点，是

最好的储集砂体类型，对油气的富集成藏最为有利；河口坝和河道侧翼微相砂体厚度较大，孔隙度平均为23%，渗透率平均为0.5 μm²，具有较高的孔隙度和渗透率，储集性能较好，是次一级的有利储集相带；前缘席状砂和远砂坝微相砂体厚度较小，储层物性较差，水下分流间湾和浅湖微相砂体不发育。

表1　泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组不同沉积微相物性统计

沉积微相	孔隙度，%	渗透率/μm²	粒度中值/mm
水下分流河道	22~36	0.5~5.3	0.125~1.2
河道侧翼	24~28	0.2~1.7	0.025~0.6
河口坝	16~26	0.02~1.2	0.063~0.85
前缘席状砂、远砂坝	1~22	0.002~0.6	0.016~0.4

5　结论

通过岩心、单井相和测井相以及小层沉积微相平面展布特征分析，确定古城油田泌123和泌124区块核三段Ⅳ砂组发育三角洲前缘亚相，可分为水下分流河道、水下分流间湾、前缘席状砂、远砂坝、河道侧翼、河口坝和浅湖7种沉积微相。

在核三段Ⅳ砂组沉积时期，泌123和泌124区块发育三角洲前缘湖侵沉积体系，储集砂体的主要物源来自西北向东南方向延伸的古城远源三角洲，湖盆的沉积演化主要受湖平面升降及基底沉降控制。在湖侵时期伴有多次短期小规模的湖退，导致三角洲前缘部位发育多期叠置的主河道砂体组合和水下分流河道—河口坝—前缘席状砂的砂体组合。砂体主体沿水下分流河道自西北向东南依次展布，平面形态多呈条带状、朵状、肾状。水下分流河道微相砂体厚度较大，多分为2支呈条带状展布于河道侧翼微相之上。河口坝微相多呈肾状发育于河道前端。水下分流河道和河口坝微相储集物性较好，是研究区下一步开发调整的主要目标。

参考文献：

[1] 蒋恕，王华.泌阳凹陷基于层序地层格架的油气成藏模式[J].吉林大学学报：地球科学版，2007，37(4)：747-748.

[2] 田继军.河南井楼油田一区核三段Ⅲ5-6-Ⅳ1-3小层沉积微相与含油性的关系[J].现代地质，2009，23(2)：319-325.

[3] 国景星.三角洲前缘亚相沉积精细描述——以东营凹陷梁11断块沙二段7—8砂层组为例[J].油气地质与采收率，2012，19(1)：7-10.

[4] 蔡佳，甘华军，印斌浩.南阳凹陷南部陡坡带成藏规律及有利勘探目标预测[J].油气地质与采收率，2012，19(3)：22-24，28.

[5] 吕庆仙.胜利油区断块油气藏开发潜力及技术对策[J].油气地质与采收率，2010，17(4)：91-93，96.

[6] 刘卫，林承焰，杨永智，等.窄薄砂岩油藏储层非均质性综合评价与剩余油分布——以葡北油田三断块葡I油组为例[J].油气地质与采收率，2010，17(1)：37-40.

[7] 宋子齐，魏吉凯，王桂成，等.文中油田文15块沙三段上亚段特高含水油藏剩余油分布[J].油气地质与采收率，2009，16(5)：89-91.

[8] 李祺，陈振林，田建锋，等.南襄阳盆地泌阳凹陷下二门油田核二段沉积微相研究[J].岩性油气藏，2007，19(3)：66-72.

[9] 王仁锋.利用测井曲线形态特征定量判别沉积相[J].地球科学，1991，16(3)：303-309.

[10] 胡俊.模式识别在测井资料划分沉积相中的应用研究[J].石油勘探与开发，1999，19(4)：34-36.

[11] 金燕，张旭，夏开琼.测井沉积微相分析方法研究[J].天然气勘探与开发，2002，25(2)：1-5.

编辑　经雅丽

欢迎订阅《油气地质与采收率》