

[引著格式] 别旭伟, 廖新武, 甘立琴, 等. 复杂曲流河单砂体沉积微相刻画 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (1+2): 9~12.

# 复杂曲流河单砂体沉积微相刻画 ——以秦皇岛 32-6 油田南区 $Nm_L^{(3)}$ 砂体为例

别旭伟, 廖新武, 甘立琴  
苏进昌, 何康, 来又春

(中海石油 (中国) 有限公司天津分公司, 天津 300452)

[摘要] 河流相储层是油气储集的重要载体, 油田开发中后期, 单砂体沉积微相刻画对储层分布及剩余油挖潜至关重要。传统“边滩外推河道边界”的沉积微相刻画方法受河道砂体侧向侵蚀、多次废弃影响, 容易放大/缩小河道规模。以秦皇岛 32-6 油田南区新近系明化镇组下段 1 油组 3 小层 ( $Nm_L^{(3)}$ ) 砂体为例, 在单砂体等厚图编绘的基础上, 以沉积模式为指导, 识别河道边界, 进而追踪末期河道展布, 在砂体格架基本确定之后预测废弃河道、刻画边滩, 同时根据生产及综合调整资料修正沉积微相图。运用以上方法所得成果较好地指导了水平井着陆, 提高砂岩钻遇率, 同时挖掘了油田潜力。

[关键词] 曲流河; 沉积微相; 复合砂体; 剩余油挖潜

[中图分类号] TE121.3 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752 (2015) 01+02-0009-04

随着油田开发进入中后期, 精细刻画河流相储层单砂体的展布规律, 往往是解决井间注采关系矛盾, 精细识别剩余油分布特征的关键手段。自单砂体概念提出以来, 国内外学者对其进行了大量研究, 而对于相对富砂的高弯度曲流河, 其内部单期次砂体沉积微相的刻画, 研究较少<sup>[1~5]</sup>。传统研究方法主要是“边滩外推河道边界”, 该方法由于受河道砂体侧向侵蚀, 多期废弃等因素影响, 往往会放大/缩小河道规模。笔者以秦皇岛 32-6 油田南区新近系明化镇组下段 1 油组 3 小层 ( $Nm_L^{(3)}$ ) 砂体为例, 对高弯度曲流河单砂体的沉积微相进行了较为系统研究。

## 1 研究区油藏地质特征

秦皇岛 32-6 油田位于渤海坳陷石臼坨凸起中西部, 是在古近系古隆起背景上发育并被断层复杂化的大型披覆构造<sup>[6]</sup>。油田内部被断层分为北区、南区、西区 3 个区块, 主要含油层位为新近系馆陶组 (Ng) 和明化镇组下段 ( $Nm_L$ )。其中  $Nm_L$  发育曲流河沉积, 岩性主要为中-细粒石英长石砂岩; Ng 发育辫状河沉积, 岩性主要为 (含砾) 中-粗粒石英长石砂岩及砂砾岩。

南区  $Nm_L^{(3)}$  位于油田东南部, 构造较平缓, 储量占南区总储量的 46.7%。钻井资料及三维地震资料揭示, 储层平面及垂向变化快, 表现出典型的多期河道砂体叠置的沉积特征。

## 2 曲流河单砂体沉积微相刻画

基于高分辨率层序地层学原理, 对  $Nm_L^{(3)}$  砂体多期河道沉积期次进行了划分与对比。在单一期次砂体厚度等值线图绘制的基础上, 以现代曲流河沉积模式为指导, 通过河道边界的确定, 末期河道的展布以及废弃河道预测等手段, 确定边滩分布范围, 最终完成沉积微相精细刻画。

### 2.1 河道边界的确定

$Nm_L^{(3)}$  砂体平面变化快, 剖面上不同期次河道沉积差异较为明显。以平剖结合为基础, 通过以下

[收稿日期] 2014-09-20

[基金项目] 中海石油 (中国) 有限公司综合科研项目 (YXKY-2013-TJ-01)。

[作者简介] 别旭伟 (1982-), 男, 硕士, 工程师, 长期从事油气田开发地质工作, biexw@cnooc.com.cn。

5种方法,在地震响应控制下确定河道边界<sup>[7,8]</sup>。

1) 不连续河间砂 沉积水动力及坡降的变化导致河道分叉,顺河道方向的不连续河间砂,可作为河道的分界线。

2) 砂体顶面差异 受古地貌、水体能量、河道废弃及改道时间的影响,同一时期沉积的不同河道砂体,在顶底层位上会有一定差异。

3) 河道砂体厚度差异 受沉积物源及分流能力等因素影响,不同河道砂体在厚度上存在一定差异。若该差异在顺物源方向内可追溯,则指示河道边界的存在。

4) 废弃河道 对于曲流河沉积,废弃河道代表一个点坝的结束,末期河道代表一次性河流沉积的改道。通过平面相组合,末期河道可作为砂体边界标志。

5) 地震响应 砂体横向变化在地震上亦有一定响应,以井震标定为基础,通过地震响应差异,判断砂体横向变化。

### 2.2 末期河道展布分析

在河道边界控制之下,末期河道作为最后一期废弃河道,在较大程度上决定了砂体展布特征。依据地震资料,参照曲流参数,主要通过废弃河道判定、平面砂体厚度变化趋势,刻画末期河道<sup>[9,10]</sup>。

1) 废弃河道判定 根据现代曲流河平面形态特征,可以将废弃河道分为以下4类(图1)。  
①串沟型,洪水在点坝低洼处不断冲刷,串沟规模逐渐变大,最终原河道废弃断流,形成“C”型废弃;  
②颈切型,随着河道侧向侵蚀,曲流河曲率增加,河流凸岸逐渐变窄,在后期强水动力冲刷下,水流突破曲流颈发生截弯取直,原河道形成“O”型废弃;  
③决口改道型,洪水期,在河流弯曲处由于水动力的增强发生决口,形成新河道,原河道形成“S”型废弃;  
④串流改道型,由于河流侧向侵蚀,两条河道间沉积物被冲蚀,河道距离逐渐减小,最后合为一条新河道,而另一条逐渐废弃。

无论废弃河道平面形态如何分布,剖面沉积特征由取直坝相对高度决定(图2)。当取直坝高于高水位时,废弃河道与主流河道完全隔绝,处于封闭静水环境,只在洪水期才能进入细粒悬浮物质,形成突弃型废弃河道,测井曲线上表现为近泥岩基值的齿状。当取直坝低于低水位时,主流河道底部滚动-跳跃组分,

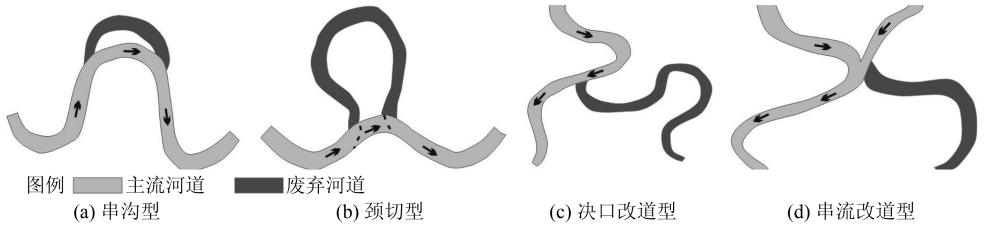


图1 废弃河道平面组合类型

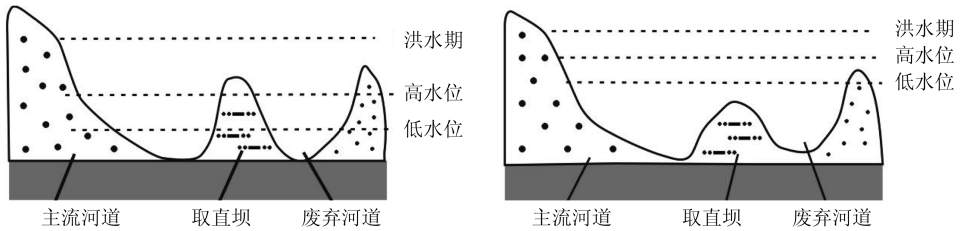


图2 废弃河道形成机理

由于取直坝的半遮挡作用无法进入废弃河道;顶部的连通状态下,悬浮物质夹少量跳跃组分进入废弃河道,形成渐弃型废弃河道,在测井曲线上表现为松塔状正韵律。当取直坝高度介于高水位与低水位之间时为过渡性,沉积特征介于突弃型和渐弃型之间。

2) 平面砂体厚度变化趋势 由于曲流河平面侧向迁移,沿侧积方向,砂体厚度逐渐变薄;且与同一河道相邻点砂坝砂体厚度变化方向相反。根据上述规律,参照砂体厚度变化方向,可初步确定末期河道展布形态。

3) 末期河道展布 根据以上废弃河道识别方法,结合平面沉积微相组合特征,确定废弃河道,参

照平面砂体厚度变化趋势，初步断定末期河道展布形态，最后根据研究区地质知识库，由砂体厚度通过 Schumm、Collinson 等关系式计算出满岸河宽、河曲幅度、波长等曲流参数，宏观把握河道规模，在地震资料指导下刻画末期河道展布形态。

### 2.3 废弃河道预测

由于河道横向迁移较快，往往会造成河道改道。根据河道侧积方向，砂体垂向高程、厚度，泥质沉积等特征参数区分末期与废弃河道。对于无井控制的区域，根据周边井资料，结合沉积模式，参考地震属性预测废弃河道。

### 2.4 边滩及溢岸沉积的刻画

在河道砂体框架确定之后，根据井点资料及边滩平面半圆形、半月形、弧形、椭圆形等特征，无井区以地震属性为参照进行边滩的刻画。由于研究区  $Nm_L$  沉积期，水体能量强，河道来回摆动而且侵蚀作用强，溢岸沉积保存较少，仅在能量相对较弱区域有少量沉积。

油田开发中后期，可以根据注采关系以及后期生产调整井的实钻资料，对沉积微相进一步修正。

## 3 实际应用及效果

通过以上方法与步骤，绘制了秦皇岛 32-6 油田南区  $Nm_L^{(3)}$  的 3 个砂体 ( $Nm_L^{(3-1)}$ 、 $Nm_L^{(3-2)}$ 、 $Nm_L^{(3-3)}$ ) 沉积时间单元的沉积微相图(图 3)，据此指导了整体开发方案的调整与实施，挖掘了油田潜力。

以水平采油井 H15H 井为例，随钻过程中该井钻遇  $Nm_L^{(3-1)}$  约 9m 油层，结合单砂体沉积微相分析认为，在  $Nm_L^{(3)}$ ，该井区井控储量较低，不具备布井条件。中部  $Nm_L^{(3-2)}$  储量大，且与周边

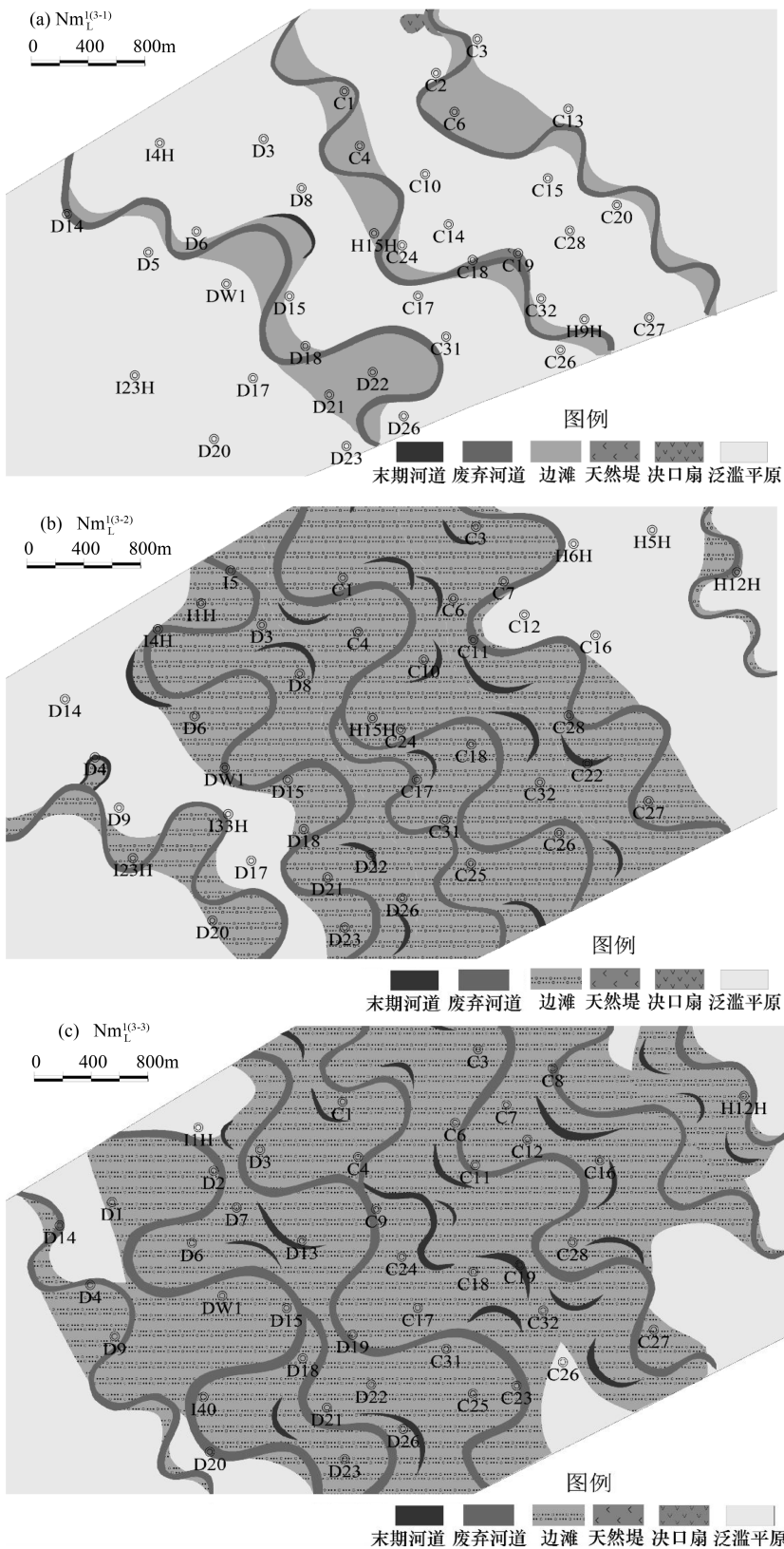


图 3 秦皇岛 32-6 油田南区  $Nm_L^{(3)}$  沉积微相图

井距离适当, 建议继续钻进着陆至  $Nm_L^{(3-2)}$ 。该井水平段实钻情况表明砂岩钻遇率 100%。投产后, 日产油为配产的 1.5 倍, 取得了很好的实施效果。

以单期河道砂体沉积微相精细刻画为基础 (图 4), 通过复查老井的注采以及开关层等情况, 认为在南区  $Nm_L^{(3)}$ , D22 井区具有一定潜力。开发早期, 由于 D22 井高含水, 受平台处理液限制, 关闭该层; 为满足综合调整井网要求, D21 井即将转注, 建议在该区增加一口水平采油井与 D21 井形成一注一采井网, 提高该区储量动用程度。

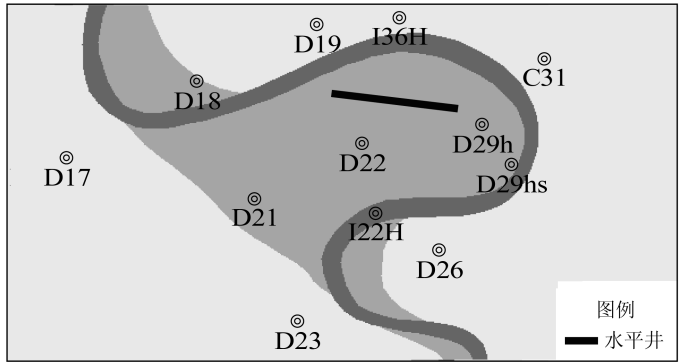


图 4 D22 井区新增水平井示意图 (南区  $Nm_L^{(3-1)}$ )

### 4 结语

针对高弯度曲流河砂体侧向侵蚀频繁, 发育多期废弃河道的典型沉积特征, 系统介绍了单砂体的沉积微相刻画方法, 即在精细绘制单砂体等厚图的基础上, 以沉积模式为指导, 通过以下步骤来实现: 确认河道边界→追踪末期河道展布→预测废弃河道→边滩刻画。将该方法运用于秦皇岛 32-6 油田南区  $Nm_L^{(3)}$  复合砂体的单河道刻画, 取得了较好的效果, 并有力地指导了油田的综合调整方案编制以及开发井随钻, 并对下步潜力的挖掘提供了一定指导方向。

### [参考文献]

[1] Miall A D. Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits [J]. Earth-Science Reviews, 1985, 22 (4): 261~308.

[2] Miall A D. The geology of fluvial deposits: Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology [M]. New York: Springer-Verlag, 1996: 74~98.

[3] 裘亦楠. 石油开发地质方法论 (一) [J]. 石油勘探与开发, 1996, 23 (2): 43~47.

[4] 马世忠, 杨清颜. 曲流点坝沉积模式、三维构形及其非均质模型 [J]. 沉积学报, 2000, 18 (2): 241~247.

[5] 岳大力, 吴胜和, 谭河清, 等. 曲流河古河道储层构型精细解剖: 以孤岛油田七区西馆陶组为例 [J]. 地学前缘, 2008, 15 (1): 101~109.

[6] 赵春明, 胡景双, 霍春亮, 等. 曲流河与辫状河沉积砂体连通模式及开发特征——以渤海地区秦皇岛 32-6 油田为例 [J]. 油气地质与采收率, 2009, 16 (6): 88~91.

[7] 何宇航, 于开春. 分流平原相复合砂体单一河道识别及效果分析 [J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24 (2): 17~19.

[8] 程丽辉. 复合砂体沉积单元细分对比方法研究 [J]. 录井工程, 2010, 21 (4): 65~69.

[9] 刘波, 赵翰卿, 王良书, 等. 古河流废弃河道微相的精细描述 [J]. 沉积学报, 2001, 19 (3): 394~398.

[10] 周新茂, 高兴军, 季丽丹, 等. 曲流河废弃河道的废弃类型及机理分析 [J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2010, 25 (1): 19~23.

[编辑] 邓磊