

# 复合河道砂体内部非均质特征研究

高剑雄

勘探开发研究院

DOI: 10.12238/ems.v5i2.6071

**[摘要]** 复合河道砂体是由成因不同的砂体在空间上反复沉积而形成, 具有很强的非均质性。通过识别单河道砂体对复合河道砂体内部进行精细解剖, 能够极大地改善油田开发中后期的效果。目前, 复合河道砂体构型解剖技术在老油田均有应用, 并取得了较好的效果, 但在不同研究区块单河道的定量模式往往存在着差异。本文以油田上A组为例, 探讨三角洲前缘复合河道砂体构型模式及识别方法。

**[关键词]** 复合河道; 砂体内部; 构型模式; 识别方法; 非均质特征

## Study on the Internal Heterogeneity Characteristics of Composite Channel Sand Bodies

Gao Jianxiong

Exploration and Development Research Institute

**[Abstract]** Composite channel sand bodies are formed by repeated sedimentation of sand bodies with different origins in space, and have strong heterogeneity. By identifying single channel sand bodies and dissecting the interior of composite channel sand bodies, the effectiveness of oilfield development in the middle and later stages can be greatly improved. At present, the composite channel sand body configuration dissection technology has been applied in old oil fields and has achieved good results, but there are often differences in the quantitative models of single channel in different research blocks. This article takes Group A in the oil field as an example to explore the configuration patterns and identification methods of composite channel sand bodies in the delta front.

**[Key words]** composite river channel; Inside the sand body; Configuration mode; Identification method; Heterogeneous characteristics

本文对油田A组的砂体特征进行了研究, 结果表明, 三角洲前缘复合河道内单一河道边界具有5种识别标志: 河间沉积、高程差异、厚度差异、侧向叠加、河道砂体的“厚-薄-厚”组合; 单一河道砂体宽度80~200 m, 厚度2~5 m。对三角洲前缘复合水下分流河道内部的单砂体进行定量识别, 结果显示单砂体间主要有孤立型、对接型、叠加型三种接触关系; 油田开发生产实践证实了单砂体划分比较合理。

### 1、区块地质概况

研究单元为中孔中渗背斜型断块层状砂岩油气藏。目的层为新近系中新统上A组上部IV~VII油组, 地层厚度280~400 m, 埋深600~1400 m, 可进一步划分出93个小层。总体上岩性以岩屑长石砂岩为主, 粒度细、分选好、磨圆度中等。物源主要

来自西南方向, 为浅水辫状河三角洲沉积, 这一时期水体动荡频繁, 河道砂体分叉改道、反复沉积, 发育连片的复合河道砂体。油田投产以来, 现已进入高含水开发阶段, 综合含水率达90%以上, 剩余油开采难度大, 因此开展复合河道内部构型研究非常重要。

### 2、单砂体构型研究

参照Miall河流相储集层构型分级方案, 综合考虑油田的实际情况, 将研究区的构型界面分为6级, 其中6级界面为小层地层单位界面, 在横向上具有等时性, 可在全区追踪对比; 5级界面为复合砂体的顶底界面; 4级界面为单成因砂体的顶底界面, 4级以下界面规模较小。本文在以6级界面为基本结构要素的小层划分基础上, 通过开展单砂体规模及复合河

道叠置关系研究，在复合河道内部进行单期河道砂体的识别，最终完成单一期次河道砂体分布研究。

### 2.1 单一河道的识别标志

单砂体的沉积受众多地质因素的影响，如基准面的变化、地形坡度的变化、沉积水动力条件等。不同的沉积条件下，单砂体垂向的叠置和侧向上的拼接都各有差异，因此要对复合河道进行构型研究，首先应该对单河道砂体的边界进行识别（图1）。

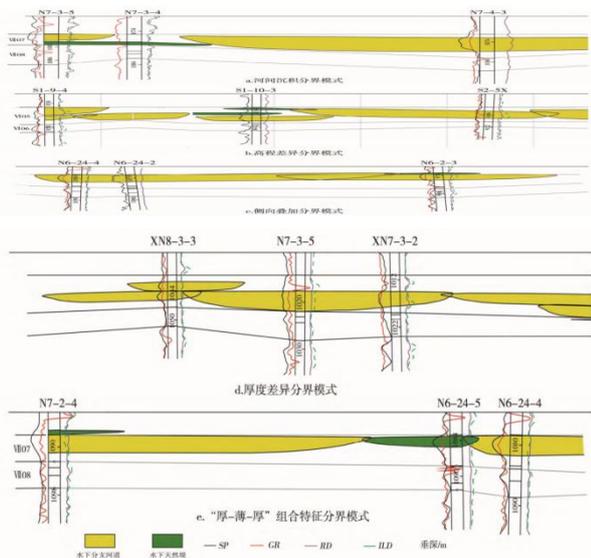


图1 单一河道砂体识别标志

根据研究区的岩性和测井资料，在同一时间地层单元内识别出单河道边界具有5种标志：①河间沉积：河道分叉而形成的两个同期次砂体，砂体间发育非渗透性泥岩（图1a）。②高程差异：河流改道或河道废弃导致发育不同期次的河道，河道砂体顶面距地层界面的距离有所差异，可作为不同河道分界的标志（图1b）。③侧向叠加：晚沉积的砂体会对早沉积砂体进行切割，使两期河道的侧向叠加，表现为砂体连片发育，但测井曲线的形态差异较大，可作为两期单河道边界的标志（图1c）。④厚度差异：气候、构造等多重因素使不同河流搬运、沉积砂体的能力存在差异，沉积的砂体在厚度上有所差异（图1d）。⑤“厚-薄-厚”组合特征：单一河道呈顶平底凸的特征，即单一河道砂体从河道中部到河道侧翼逐渐减薄，当剖面上河道砂体出现由“厚-薄-厚”的变化特征时，其间存在单河道边界（图1e）。

### 2.2 单一河道的发育规模

根据拟合的单河道宽厚比预测模式，油田单一河道宽度较

小，宽度 80~200 m，厚度 2~5 m。在研究区筛选出特征明显的单一河道砂体，得到 92 个样品的数据进行分析，发现单河道砂体的宽厚变化呈现明显的对数关系（图2）。

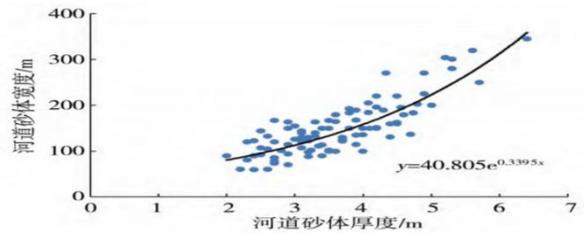


图2 油田单河道宽度与厚度定量关系

### 3、复合河道构型解剖

复合河道的识别遵循两个原则：①相邻两口井均为河道微相，则井间也属于河道微相，如果相属性不同，则考虑砂体的厚度判断相面的位置。②对于水下分流河道微相要考虑物源，沿物源方向并点水下分流河道砂体可连成水下分流河道微相。本次研究根据上述5种单一河道识别标志，通过单一河道定量规模研究，根据研究区实际情况，对复合河道进行单砂体精细解剖。由于水动力条件、河流的迁移、湖水的改造、古气候等多因素的作用，同一时间地层单元范围内往往多个河道在垂向上和侧向上互相叠置拼合，形成不同的叠置样式。油田水下分流河道叠置样式主要包括孤立式、对接式和叠加式（图3）。

接触方式	砂体组合形态	连通情况	湖平面变化	A/S 比值
孤立式		不连通	高	大
对接式		弱连通		
叠加式		连通	低	小
		连通		
		连通		

图3 单河道砂体叠置类型模式

孤立式：河道彼此不接触，河道之间为支流间湾沉积。支流间湾主要为渗透性差的泥质沉积，两条单河道不连通，各自形成独立的流动单元。在砂体处测井曲线呈现单独的箱形或钟形，而在泥岩处为平直的曲线形态。

对接式：河道彼此对接，但河道之间的切叠关系较差。河道间接触部分较少，两条河道表现为弱连通关系。在砂体处测井曲线呈单独的箱形或钟形，不同的河道砂体测井曲线形态有细微差异。

叠加式: 河道在垂向或侧向上接触, 又可分为侧向叠加和垂向叠加。侧向叠加式砂体在两期砂体叠置处, 测井曲线为阶梯状箱形, 未叠置处, 测井曲线为单独箱形; 垂向叠置式砂体在两期砂体叠置处, 测井曲线上为阶梯状箱形, 向河道边部, 第二期单砂体测井曲线箱形的底部高程明显上升, 第一期单砂体测井曲线箱形的顶部高程一致。

#### 4、砂体构型解剖实例

结合沉积背景, 以三角洲沉积模式为指导, 在岩相与测井相标定的基础上, 以砂体厚度为约束, 利用废弃河道与不连续河间砂、高程差、厚度和岩石物性、测井曲线组合形态判断河道边界; 利用剖面对应关系, 进行不同小层的平面刻画。研究表明: 油层沉积经历了一个整体湖退的长期旋回, 若干个湖退-湖侵的中期旋回, 随着湖平面不断降低, 河道微相的发育规模逐渐增大, 单河道砂体间的接触关系由孤立式逐渐变为叠加式, 砂体间连通性逐渐变好; 其中, V-07 小层河道砂体在横向上连片展布, 叠置关系较为复杂。

以 V-07 小层为例, 对河道砂体复合连片区精细解剖。V-07 小层中部及东南部发育数条单河道, 接触关系为孤立式或对接式, 河道砂体在西北部交汇切叠, 连片发育。通过建立单砂体剖面进行刻画, 在复合河道内部识别出 9 条单河道, 1 处河口坝, 砂体厚度 2~4 m, 宽度 80~250 m, 其中存在 5 处对接式接触界面以及 4 处叠加式接触界面。

#### 5、单砂体划分结果动态验证

单砂体的划分结果对研究区内各层位单期河道砂体的追踪, 对油田发现剩余油规律、调整加密井及分层注水等具有十分积极的意义。单砂体划分提高了对复合砂体内部连通关系的认识程度, 可以通过油田开启动态资料进行检验其合理性。本次总结了研究区内 VI-7、VI-8、VI-10、VI-17 小层 4 组示踪剂分析测试资料, 检验划分出的单砂体河道的连通性及分隔性。根据油田的示踪剂资料分析, 发现示踪剂见效井均在同一个单砂体内部, 未见效井均不在同一个单砂体内部, 证实了单砂体划分比较合理。

#### 6、结论

研究油田三角洲前缘复合河道内单一河道边界具有 5 种识别标志: 河间沉积、高程差异、厚度差异、侧向叠加、河道

砂体的“厚-薄-厚”组合; 单一河道砂体宽度 80~200 m, 厚度 2~5 m; 单砂体具有孤立式、对接式和叠加式 3 种河道叠置关系; 生产实践证实了单砂体划分结果比较合理。

#### 【参考文献】

[1] 吕晓光, 赵翰卿, 付志国, 等. 河流相储层平面连续性精细描述[J]. 石油学报, 1997, 18(2): 64-74.

[2] 马世忠, 吕桂友, 闫百泉, 等. 河道单砂体“建筑结构控三维非均质模式”研究[J]. 地学前缘, 2008, 15(1): 57-64.

[3] 封从军, 鲍志东, 杨玲, 等. 三角洲前缘水下分流河道储集层构型及剩余油分布[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3): 323-329.

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

[5] MIALLL A D. Reconstructing the architecture and sequence stratigraphy of the preserved fluvial record as a tool for reservoir development: A reality check[J]. AAPG, 2006, 90(7), 989-1002.

[6] 封从军, 鲍志东, 代春明, 等. 三角洲前缘水下分流河道单砂体叠置机理及对剩余油的控制——以扶余油田 J19 区块泉头组四段为例[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(1): 128-135.

[7] 施辉, 刘震, 张勤学, 等. 西南区古近系浅水三角洲形成条件及砂体特征[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2015, 46(1): 188-198.

[8] 赵小庆, 鲍志东, 刘宗飞, 等. 水下分流河道砂体的叠置样式及其储层非均质性变化特征[J]. 地质论评, 2013, 59(4): 789-795.

[9] 周银邦, 吴胜和, 岳大力, 等. 复合分流河道砂体内部单河道划分——以萨北油田北二西区萨 II 1+2b 小层为例[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(2): 4-8.

[10] 马世忠, 吕桂友, 闫百泉, 等. 河道单砂体“建筑结构控三维非均质模式”研究[J]. 地学前缘, 2008, 15(1): 57-64.