

水下分流河道储层内部结构表征

——以胜坨油田沙二段8¹层为例

李国栋¹, 严科², 宁士华³

(1.中国石化胜利油田分公司 博士后工作办公室, 山东 东营 257002; 2.中国石化胜利油田分公司 胜利采油厂, 山东 东营 257051; 3.中国石化胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要:储层内部结构表征是特高含水期老油田改善水驱开发效果、提高采收率的基础和关键。以胜坨油田沙二段8¹层三角洲前缘水下分流河道为例,利用密井网条件下的储层构型分析方法,系统揭示了水下分流河道储层内部结构。研究表明,研究区水下分流河道储层中的沉积界面可分为5个等级:五级界面是限定水下分流河道复合砂体的界面,为分布稳定的泥岩,呈近水平产状;四级界面是复合砂体内部单一河道间的沉积界面,为泥质薄夹层或岩性突变面,在相同单一河道中以近水平产状连续分布,在不同单一河道间分布不连续;三级界面是单一河道内部增生体的界面,界面上下岩相一致,分布范围局限在单一河道砂体内部,也为近水平产状;二级和一级界面分别为岩心规模的层系组或交错层系界面。水下分流河道复合砂体由单一河道垂向叠置和侧向拼合而成,综合利用分流间湾、河道边缘、砂体顶部高程差异、砂体规模差异等特征可识别出单一河道的侧向边界,单一河道的同期不同体现象是水下分流河道最重要的储层内部结构。

关键词:水下分流河道 沉积界面 结构单元 单一河道 胜坨油田

中图分类号: TE112.222

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2013)01-0028-04

储层内部结构是指不同级次储层构成单元的形态、规模、方向及其叠置关系,是特高含水后期剩余油形成与分布的主要控制因素,描述储层内部结构对于老油田改善水驱开发效果、提高采收率具有重要意义。储层内部结构研究始于20世纪80年代,通过以Miall为代表的欧美学者对河流相地面露头构型层次、要素、模式、沉积机理的开拓性研究,建立了高精度的储层模型,深化了对河流相储层内部结构的认识,也奠定了储层内部结构研究的基本理论和方法^[1-3]。储层内部结构研究已成为油藏地质研究的热点,并在曲流河沉积体系的储层研究中取得了较大进展,能够精细刻画曲流河储层中单一河道、点坝和侧积体的空间分布特征^[4-20]。

胜坨油田主要发育辫状河流—三角洲沉积体系,三角洲前缘水下分流河道是其中重要的成因砂体。长期以来,主要对该类储层的复合砂体进行了研究,由于对其内部结构的认识程度不高,油藏开发中出现的一些注采矛盾难以解释,制约了水驱开发效果的改善和提高。为此,笔者以胜坨油田沙二段8¹层三角洲前缘水下分流河道为例,利用密井网

条件下储层构型分析方法,揭示了砂体内部沉积界面和结构单元的级次(级次化体系)特征及分布规律,以期对特高含水期油藏剩余油分布规律研究及开发调整提供依据。

1 区域地质概况

胜坨油田位于济阳拗陷东营凹陷北部,北为陈家庄凸起,东与青坨子凸起相邻,主要发育古近系。其中,古近系沙二段8砂组是沉积最完整、沉积序列最典型的三角洲前缘沉积,水下分流河道砂体是主要砂体类型之一。区域上,水下分流河道砂体呈片状分布,分布范围较大(图1),平均厚度为6~9 m。

油藏开发实践表明,研究区水下分流河道砂体的实际注采对应关系在不同方向上存在差异。平行物源方向,注采对应关系较好,注水效果明显;垂直物源方向,注采对应关系相对较差,表明储层中存在平行物源方向发育的渗流遮挡。从沉积学角度^[21-22]分析,河道沉积通常具有规模限制,单一河道

收稿日期:2012-11-12。

作者简介:李国栋,男,工程师,从事油田开发及管理工作。联系电话:(0546)8788800, E-mail:lgd.slyt@sinopec.com。

基金项目:中国博士后科学基金资助项目“近极限含水期河控三角洲储层内部结构及剩余油分布”(2012M511542)。

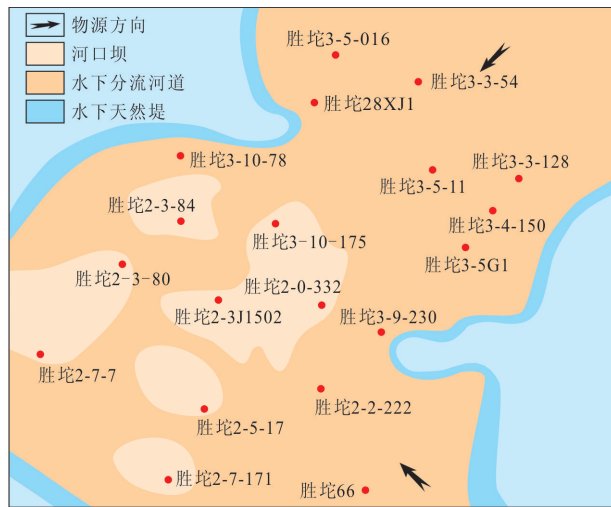


图1 胜坨油田沙二段8'层沉积微相分布

的平均宽度为100~300 m,研究区大面积分布的水下分流河道砂体实质上是由多条单一河道侧向拼合而成,具有较为复杂的内部结构。

2 水下分流河道储层内部结构

2.1 级次化体系及分布特征

按照 Miall 提出的构型理论^[1-3],可将水下分流河道储层发育的沉积界面分为5级(图2)。其中,五级界面是限定水下分流河道复合砂体的界面,为稳定分布的泥岩,厚度较大;四级界面是复合砂体内部单一河道间的沉积界面,由于水下分流河道沉积区位于湖盆边缘,有效可容纳空间相对较小,后期河道对前期河道具有明显的冲蚀破坏作用,导致四级界面的保存程度较低,主要为泥质薄夹层或岩性突变面,测井曲线具有明显的回返特征,界面上下储层物性可能存在较大变化;三级界面是单一河道

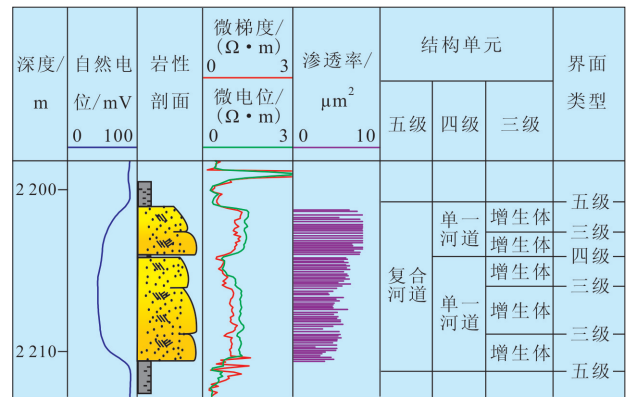


图2 胜坨油田沙二段8砂组胜坨28XJ1井水下分流河道储层内部级次化体系

内部增生体的界面,单一河道的发育受气候、河水流量等影响发生短暂的沉积间断并形成界面,三级界面上下岩相一致,界面分隔能力弱,微电极曲线仅具有轻微回返,识别难度较大。二级和一级界面分别是增生体内部层系组和交错层系的界面,尺度小,只能在岩心中识别。

利用密井网条件下精细地层对比技术,对胜坨油田沙二段8'层水下分流河道中三一五级沉积界面和结构单元的分布特征进行了分析。结果(图3)表明,五级界面分布十分稳定,呈近水平产状,其限定的水下分流河道复合砂体连片分布,规模较大。四级界面的分布也比较稳定,但产状存在区域性差异,在相同单一河道中,四级界面连续分布,呈近水平产状;不同单一河道之间,四级界面在复合砂体中的位置存在较大差异,反映了四级界面的分布在区域上并不连续,不同单一河道具有各自独立的四级界面,由此导致四级界面限定的单一河道在空间上存在纵向叠置、侧向拼合的现象。三级界面的分布范围局限在单一河道砂体的内部,也为近水平产

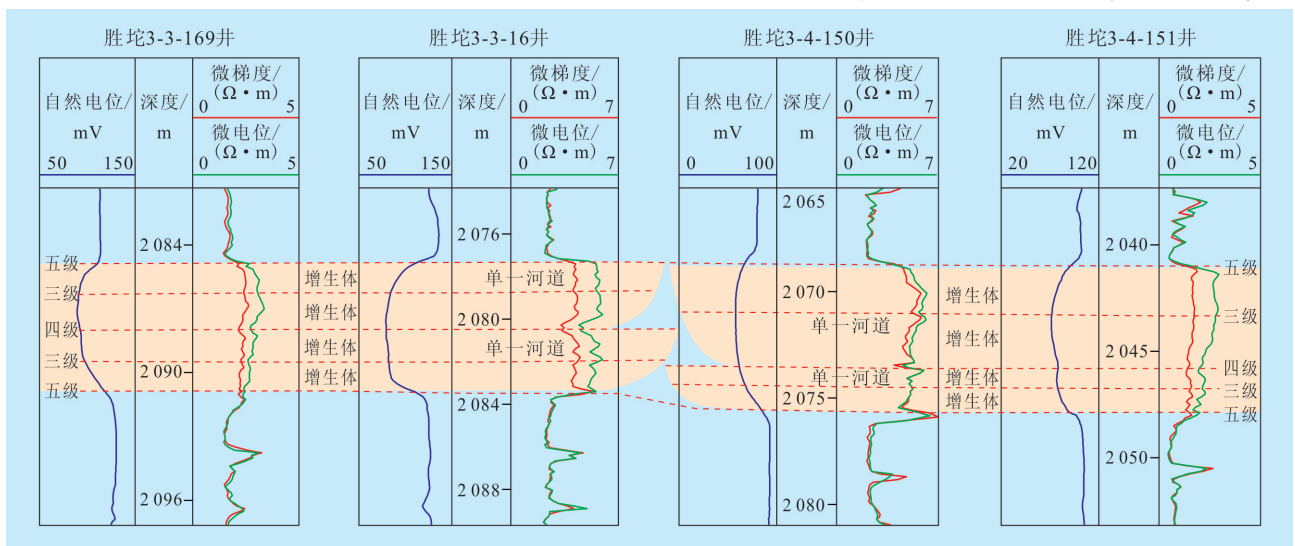


图3 胜坨油田沙二段8'层水下分流河道储层内部级次化体系

状,所限定的增生体厚度小,结构相对简单,不是独立的流动单元。

水下分流河道中五级界面限定的河道复合砂体空间分布稳定,厚度大,但不能反映储层内部结构;三级界面限定的增生体结构单元规模小,结构简单,主要受控于单一河道的分布格局;四级界面限定的单一河道具有较为复杂的空间结构,是储层内部结构描述的重点,也是影响水驱开发效果的关键。

2.2 单一河道的识别

纵向上,单一河道的划分可通过四级界面的识别来实现,将水下分流河道复合砂体划分为不同期次的单一河道砂体。但就同期沉积的单一河道而言,描述每条单一河道分布范围的难度较大。按照沉积学规律,河道砂体在顺物源方向上连续性较好,而在垂直物源方向上连续性较差,岩性、规模存在规律性变化。在密井网精细地层对比的基础上,提出了在垂直物源方向上单一河道间侧向边界的4种识别标志(图4)。

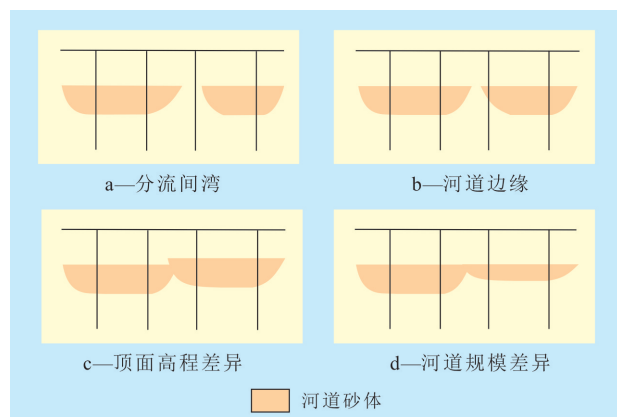


图4 单一河道间侧向边界识别标志示意

分流间湾 尽管单一河道频繁改道、迁移,河道沉积物的保存程度总体较低,但存在未被河道砂体充填的分流间湾泥质沉积(图4a),这是识别不同单一河道侧向边界最明显的标志。

河道边缘 单一河道砂体的厚度在垂直古水流方向上呈规律性变化,由河道中心向河道边缘变薄,利用这种厚度变化趋势能够确定单一河道的边界(图4b)。

顶面高程差异 受沉积古地形及河道改道废弃时间差异的影响,不同单一河道砂体的顶面高程存在差异(图4c),这种差异是不同单一河道的重要边界标志。

河道规模差异 受沉积古地形及沉积能量差异的影响,不同河道的分流能力不同,反映在河道

规模上存在差异(图4d),这种规模差异也可作为识别不同单一河道的标志。

在单一河道的识别过程中,往往需要多种识别标志的综合运用,才能更加准确地识别出单一河道的侧向边界位置。通过对区域范围内单一河道边界位置的平面组合,能够在大片分布的同期河道沉积体中描述出每条单一河道的分布范围,同时也相应描述出不同单一河道间拼合带的分布范围。

2.3 储层内部结构模型

通过在胜坨油田沙二段8'层水下分流河道沉积区构建密井网解剖区,按照水下分流河道复合砂体级次化体系及单一河道识别方法,精细描述了砂体内部结构,利用Petrel建模软件建立了研究区水下分流河道储层内部结构模型(图5)。胜坨油田沙二段8'层水下分流河道复合砂体是由单一河道组成的空间拼合体,其顶、底部由分布稳定的泥岩(五级界面)限定。纵向上分为3期,不同期次河道间存在薄的泥质界面或岩性突变面(四级界面);平面上同期沉积的单一河道顺古水流方向发育,每条单一河道均为独立的沉积体,单一河道的侧向拼合形成了平面上连片分布的河道砂体,将单一河道的这种分布特征定义为同期不同体。

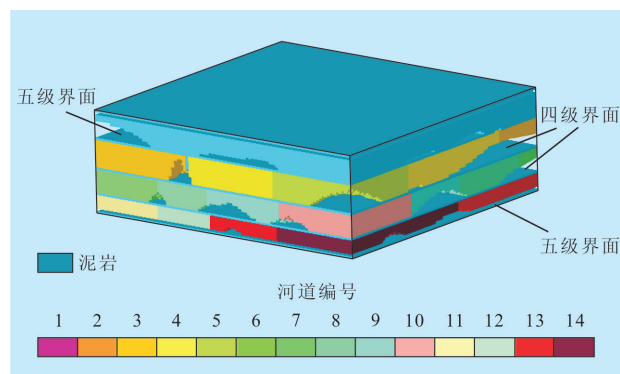


图5 胜坨油田沙二段8'层水下分流河道储层内部结构模型

油藏开发实践表明,相对于高孔隙度、高渗透率的单一河道主体储层,其间的拼合带孔渗性相对较差,能够形成渗流遮挡,影响油藏的注采对应关系及水驱开发效果。通过描述储层内部结构,明确了单一河道的空间分布特征,并可据此优化井网布局 and 注采关系,有助于改善油藏开发效果,提高水驱采收率。

3 结论

按照Miall构型理论,将胜坨油田沙二段8'层三角洲前缘水下分流河道的沉积界面分为5级,五级

界面限定水下分流河道复合砂体,四级界面限定单一河道,三级界面限定河道内部增生体,二级和一级界面分别限定层系组和交错层系。

五级界面为分布稳定的泥岩,厚度较大,呈近水平产状,限定的河道复合砂体空间分布稳定,连续性好,但不能反映储层内部结构;四级界面为泥质薄夹层或岩性突变面,在相同单一河道中连续分布,呈近水平产状,限定的单一河道具有垂向叠置和侧向拼合的空间分布特征;三级界面属于岩电特征不明显的微界面,界面上下岩相一致,分布范围局限在单一河道砂体的内部,为近水平产状,限定的河道内部增生体规模小,结构简单。

单一河道的同期不同体现象是水下分流河道储层中最重要的内部结构特征,利用分流间湾、河道边缘、砂体顶面高程、砂体规模等差异特征可识别出单一河道间的侧向边界,描述单一河道的空间分布,为制订合理的开发调整方案提供依据。

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: 261-308.
- [2] Miall A D. Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta Formation (lower Jurassic), Southwest Colorado [J]. *Sedimentary Geology*, 1988, 155: 233-262.
- [3] Miall A D. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology [M]. New York: Springer-Verlag, 1996: 74-98.
- [4] 岳大力, 吴胜和, 刘建民. 曲流河点坝地下储层构型精细解剖方法[J]. *石油学报*, 2007, 28(4): 99-103.
- [5] 陈雨茂, 邓文秀, 滕彬彬. 曲流河点坝内部构型精细解剖——以垦西油田垦71断块馆陶组为例[J]. *油气地质与采收率*, 2011, 18(4): 25-27.
- [6] 赖生华, 麻建明, 孙来喜. 断陷湖盆层序演化对储集体成因类型及构型的控制[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(4): 360-364.
- [7] 李林祥. 孤东油田七区西Ng5²⁺³储层内部构型[J]. *油气地质与采收率*, 2008, 15(4): 20-23.
- [8] 李阳, 李双应, 岳书仓, 等. 胜利油田孤岛油区馆陶组上段沉积结构单元[J]. *地质科学*, 2002, 37(2): 219-230.
- [9] 何文祥, 吴胜和, 唐义疆, 等. 地下点坝砂体内部构型分析——以孤岛油田为例[J]. *矿物岩石*, 2005, 25(2): 81-86.
- [10] 程会明. 孤岛油田曲流点坝构型[J]. *油气地质与采收率*, 2008, 15(5): 20-23.
- [11] 岳大力. 曲流河储层构型分析与剩余油分布模式研究[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2006.
- [12] 李维锋, 高振中, 彭德堂. 侧积交错层——辫状河道的主要沉积构造类型[J]. *石油实验地质*, 1996, 18(3): 298-302.
- [13] 张雁. 萨尔特图油北一二排区河道砂体内部建筑结构研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2004.
- [14] 周银帮, 吴胜和, 计秉玉, 等. 曲流河储层构型表征研究进展[J]. *地球科学进展*, 2011, 26(7): 696-702.
- [15] 刘建民, 束青林, 张本华, 等. 孤岛油田河流相厚油层储层构型研究及应用[J]. *油气地质与采收率*, 2007, 14(6): 1-4.
- [16] 周银帮, 吴胜和, 岳大力, 等. 分流河道砂体构型分析方法在萨北油田的应用[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2008, 23(5): 6-10.
- [17] 范峥, 吴胜和, 岳大力, 等. 曲流河点坝内部构型的嵌入式建模方法研究[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2012, 36(3): 1-6.
- [18] 于亮亮, 施尚明, 王慧, 等. 曲流河点坝砂体识别浅析[J]. *内蒙古石油化工*, 2010, 19(6): 46-47.
- [19] 林博. 胜坨油田河流相储层建筑结构分析与剩余油分布研究[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2007.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 马世忠, 王一博, 崔义, 等. 油气区水下分流河道内部建筑结构模式的建立[J]. *大庆石油学院学报*, 2006, 30(5): 1-3.

编辑 武云云

欢迎订阅《油气地质与采收率》