

砂岩储层隔夹层的形成机理及分布特征

——以萨中地区 P I 2 小层曲流河河道砂岩为例

柳成志 张雁 单敬福

(大庆石油学院)

柳成志等.砂岩储层隔夹层的形成机理及分布特征——以萨中地区 P I 2 小层曲流河河道砂岩为例.天然气工业,2006,26(7):15-17.

摘要 剖析了萨中地区曲流河道砂内部的隔夹层的形成机理及分布特征,将曲流河道砂岩储层中夹层分为两种基本类型:①相邻洪水期间形成的泥质夹层,是相邻洪泛间悬移质沉积形成的,规模大、连续性好,但容易遭受剥蚀,有时保存不够完整;②每期大洪水中能量波动成因的夹层,是洪泛期水体能量波动形成的,规模小、连续性差,一般保存完整。研究区目的层的隔层分布频率比较低,但分布范围大,为天然堤、决口扇、河漫滩以及废弃河道成因。隔夹层的岩性以泥岩和粉砂质泥岩为主,物性差。侧积夹层的角度随点坝形成时期呈现不同的变化规律。

主题词 砂岩 储集层 曲流河 河道砂体 隔层 夹层 大庆油田 萨中地区

隔夹层即储层中对流体起遮挡作用的岩层。通常人们将小层之间的这种岩层称为隔层,而把小层内的这种岩层称为夹层^[1-2]。隔夹层的分布对储层非均质性具有极为重要的影响。尤其在曲流河中,隔夹层受其成因影响而具有其独特的展布规律,研究曲流河河道砂岩储层隔夹层形成机理及特征,对预测剩余油的分布具有重要的指导意义。

高分辨率层序地层学作为层序地层学的一个新兴理论^[3-6],对储层内隔夹层的形成机理也提供了重要的理论依据,高分辨率层序地层学的理论核心是在基准面旋回变化过程中,由于可容纳空间与沉积物补给通量比值(A/S)的变化,相同沉积体系或相域中发生沉积物体积分配的作用,导致沉积物的保存程度、地层堆积样式等发生变化。基准面旋回所控制的地层单元的地层分布形式是有规律可循的,因此是可以预测的。

一、形成机理

大庆油田萨中地区 P I 2 小层砂体为曲流河砂体^[7],笔者通过 11 口取心井和 300 余口高密度开发井网的沉积微相及砂体解剖综合研究认为,曲流河河道砂岩储层中的隔层主要是由不同时期河道沉积之间的细粒微相类型构成;而曲流河河道内的泥质

夹层从成因上看主要可分为后落洪期形成的泥质夹层和每期大洪水中能量波动成因的夹层两种。

1. 后落洪期^[8]形成的泥质夹层

由于曲流河的蚀凹增凸的作用,使得悬浮物质发生侧向加积作用,形成在凸岸堆积的侧积体,因水体能量渐弱,使更细级别的泥质沉积在该点坝砂体之上,形成泥质侧积体,并呈一定角度产出。一次洪水事件可分为涨洪→落洪→枯水期等阶段,相应形成向凸岸粒度渐细、层理类型与规模渐变的横向沉积序列。在后落洪期,即河水降至低速时,细粒沉积物可从悬浮状态沉积于始、中落洪期以砂质为主的沉积物之上,形成披覆于侧积点坝砂体之上并与之同角度产出的非渗透层覆盖即侧积泥。这一类型的夹层能否得到完整保存,主要受地层基准面升降的影响^[9-14],随着地层基准面的上升,可容纳空间不断增大,后期洪水对其侵蚀作用微弱,有利于这类夹层的保存;如果地层基准面下降,可容纳空间会减少,后期洪水对其侵蚀作用较强,夹层会局部缺失甚至完全被侵蚀掉,不利于夹层的保存,可使不同期次侧积砂体相互连通。

2. 每期大洪水中能量波动成因的夹层

在每一期大洪水期间,水体能量不可能总保持稳定,会出现不定期的能量波动,造成悬移物质部分

作者简介 柳成志,1963年生,副教授;主研方向:沉积学及油气储层研究。地址:(163318)黑龙江省大庆市大庆石油学院。电话:(0459)6504411。E-mail:lczhhdq@sina.com

沉积,保存在侧积体的中间,规模小、厚度薄、连续性差,但保存较为完整。如果这类夹层在横向彼此联结成片的话,也会造成局部渗透性变坏,因此也不可以忽视这类夹层的存在。

地层基准面上升可容纳空间增大期间,洪水能量的波动,也是由于可容纳空间波动造成的,当可容纳空间微小增大时,由于变化幅度小,不会造成剥蚀充填的现象,所以这类泥质夹层得以很好的保存。

二、分布及特征

1. 隔层分布特征

曲流河隔层总的特点是分布的频率比较低,且展布的面积比较大,在测井曲线上显示比较明显,隔层多为河道边界,岩电特征明显,单井垂向上表现为厚层粒度粗的河道砂上下被细粒的河间物质所包围,砂岩岩性多为细、粉砂,颜色棕褐色;隔夹层岩性多为泥岩、粉砂质泥岩,颜色多为反映还原环境的灰绿,含油性较差。按其所属的微相可大致分为3类(图1)。

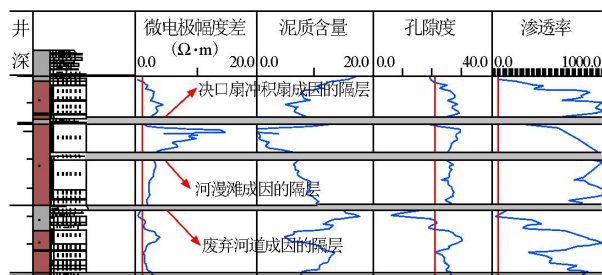


图1 G127-JF282在PI2小层砂体中的隔层图

(1) 堤岸成因的隔层

河流相储层中堤岸亚相所包含的天然堤微相总体以细、粉砂岩为主,粒度较细,以小型交错层理为主,在平面上沿两岸平行河床分布,垂向上发育于相邻两期河道之间;洪水期河水冲决天然堤,部分水流向漫滩,形成决口扇体,岩性以细粉砂为主,粒度比天然堤稍粗,以小型交错及波状层理为主,由于岩性会影响物性的特点,所以堤岸亚相中的决口扇微相也可作为隔层。

(2) 河漫滩成因的隔层

河漫亚相中的河漫滩沉积微相,位于河床外侧平坦谷底上的沉积,岩性以粉砂岩为主,也有粘土岩,以波状层理为主,由于粒度较细,所以也可以作为隔层。

(3) 废弃河道形成的隔层

废弃河道位于单一河道砂体的凹岸边部,为河

道的边界。具有平面上孔渗性突然变差、纵向上底部渗透性好、顶部渗透性差的特点。对流体具有阻隔作用,从而也是曲流河砂体中隔层的一种类型。

2. 夹层分布特征

从岩电关系上看,夹层可分为岩性夹层和物性夹层两种。其中,岩性夹层多为具有一定厚度、保留较好的夹层。泥质夹层多在水体环境能量较弱时期形成,因此岩性多为泥岩、粉砂质泥岩及部分泥质粉砂岩,含油性较差。在微电极曲线上可清楚地显示出较大的回返。物性隔夹层多由厚度极薄且内部物性相对变差的细粒沉积物构成,在含油性及反映渗透性的曲线上均有体现。

侧积层在空间中的展布特征与点坝形态特点密切相关。按形态特征可将点坝分为3类(图2)。

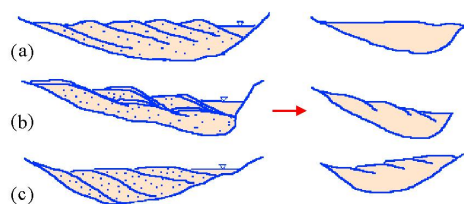


图2 点坝形态分类图

I型(图2-a)特点是侧积角固定且平行分布,本类型是大多数曲流河所具有的形态特点。主要形成于河流处于平衡时期,此时河流既不下蚀也不充填,仅发生侧蚀与侧积作用。

II型(图2-b)特点是河道由开始摆动到废弃过程中其侧积角度逐渐增大。此型多发生于曲流河的上游段,河流尚未达到平衡基准面的时期;或由于地壳上升,沉积物供给增多,可容纳空间减少,侵蚀作用加强,河流具有边侧蚀边下蚀的特点。

III型(图2-c)特点与II型相反,即河道由开始摆动到废弃过程中其侧积角度逐渐减小。此型多发生于曲流河的下游段,或地壳下降,平衡基准面向陆迁移,充填作用加强,河流具边侧蚀边沉积的特点。

通过对本研究区的对子井对比研究表明,点坝内侧积体侧积角度平均为 6° 。其中,顶底角度稍缓,为 $2^\circ\sim 4^\circ$;中部角度稍陡,为 $5^\circ\sim 8^\circ$ 。在平面上的分布特点符合点坝形态特点。侧积体厚1.5~3 m,宽30~70 m。纵向夹层2~4个,位置主要分布在PI2小层中上部。

三、隔层与夹层的空间匹配关系

隔层与夹层在储层中是两种不同类性的非渗透层,分布于储层的中上部,隔层大致平行位于储层的

顶部,而紧接在下面夹层是一组或多组方向相近倾斜分布的,呈新月状透镜体,倾角约 6° ,主要集中于砂体的中上部,形成了储层的半封闭状态,致使储层处于半连通状态^[15](图3)。

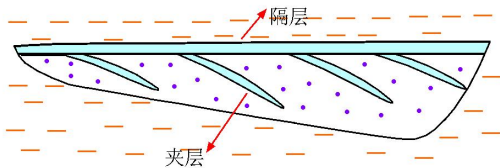


图3 隔层与夹层的空间匹配关系图

四、结 论

(1)曲流河夹层主要是侧积泥成因,夹层的类型基本上分为两种:一种是相邻洪水期间形成的泥质夹层,这类夹层分布规模大,连续性好,容易遭受剥蚀;另一种是每期大洪水中能量波动成因的夹层,规模小,连续性差,容易完整的保存。

从分布特点上看,在垂向上,夹层可分为岩性夹层和物性夹层。岩性夹层粒度较细,在测井曲线上反映明显;物性夹层在粒度上显示微弱,但在反映渗透性的曲线上有所表现。据统计,在本研究区侧积角约 6° ,且该角度在空间中随点坝形成时期变化而变化。

(2)隔层主要是由不同时期河道沉积之间的细粒微相类型构成。主要分为3种类型:即天然堤、决口扇成因的隔层,河漫滩成因的隔层和废弃河道成因的隔层。

参 考 文 献

[1] 赵翰卿.储层非均质性体系、砂体内部建筑结构和流动单元研究思路探讨[J].大庆石油地质与开发,2002,21(6):16-19.

[2] 裘亦楠.储层地质模型[J].石油学报,1991,12(4):55-62.

[3] BURNS B A. Fluvial responses in a sequence stratigraphic framework: example from the montserrat fan delta, spain[J]. Journal of Sedimentary Research, 1997,67(2):311-321.

[4] 邓宏文.美国层序研究中的新学派[J].石油与天然气地质,1995,16(2):89-97.

[5] 樊太亮,李庆谋.沉积基准面变化分析技术及其应用[J].石油与天然气地质,1997,18(2):108-113.

[6] 郑荣才.四川盆地下侏罗统大安寨段高分辨率层序地层学[J].沉积学报,1998,16(2):42-49.

[7] 赵翰卿,付志国,刘波.应用精细地质研究准确鉴别古代河流砂体[J].石油勘探与开发,1992,22(2):68-70.

[8] 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.

[9] 赵翰卿,付志国,等.大型河流—三角洲沉积储层精细描述方法[J].石油学报,2000,21(4):4-9.

[10] 郑荣才,吴朝容.西部凹陷深层沙河街组生储盖组合的层序分析[J].原成都理工学院学报,1999,26(4):346-356.

[11] 焦养泉,李祯.河道储层砂体中的隔挡层的成因与分布规律[J].石油勘探与开发,1995,22(4):78-81.

[12] 杜春彦,郑荣才.陕北长6油层组短期基准面旋回与储层非均质性的关系[J].原成都理工学院学报,1999,26(1):17-22.

[13] MACKEY S D, et al. Three-dimensional model of a alluvial stratigraphy: theory and application[J]. Journal of Sedimentary Research, 1995,65(1):7-31.

[14] 柳梅青,陈亦军,郑荣才.川西新场气田蓬莱镇组陆相地层高分辨率层序地层学研究[J].沉积学报,2000,18(1):50-56.

[15] 薛培华.河流点坝相储层模式概论[M].北京:石油工业出版社,1991:77-79.

[16] 郑荣才,彭军,吴朝容.陆相盆地基准面旋回的级次划分[J].沉积学报,2001,19(2):249-255.

[17] 彭军,郑荣才,陈景山,等.百色盆地那读组短期基准面旋回层序分析[J].沉积学报,2002,20(2):203-209.

[18] VAIL P R. Seismic stratigraphic interpretation—using sequence stratigraphy. Part1: Seismic stratigraphic interpretation procedure[A]. Bally AW. Atlas of Seismic Stratigraphic[C]. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, 1987,27:1-10.

[19] HELLAND HANSEN, et al. Shoreline trajectories and sequences[J]. Geological Society of America Bulletin, 1996,109(6):671-687.

(收稿日期 2006-02-15 编辑 黄君权)