

文章编号:0253-9985(2010)01-0119-07

扶余油田杨大城子组曲流河相油藏单砂体 层次细分及成因

李 军¹, 宋新民¹, 薛培华¹, 张海龙², 孙景民¹

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油天然气股份有限公司 吉林油田分公司 扶余采油厂, 吉林 松原 138000)

摘要:针对陆相曲流河油藏复杂的砂体分布特征及重建地下认识体系关键技术难点,在分析陆相盆地地层建造及曲流河储层形成基础上,通过建立并运用曲流河储集层层次细分方法,将吉林扶余油田白垩系杨大城子组曲流河油藏分为4个砂层组,21个小层。在小层划分基础上,以曲流河单砂体内部构型刻画为重点,通过综合运用岩心、密井网测井、开发动态等资料,对研究区点坝单砂体层次界面、岩相组合及空间展布与配置关系进行系统研究,并探讨了剩余油成因及分布特征。研究结果表明,形成于弱水动力环境的杨大城子组曲流河油藏点坝单砂体受两级沉积界面控制,形成的侧积体数多在3~4个,侧积面夹角多在4°~7°,平面规模差异较大。孤立型、搭接型、叠加型和切叠型是储集层单砂体空间配置的主要方式。受点坝侧积泥岩等夹层及注采方式影响,剩余油多分布于点坝、孤立及切叠砂体中,构成了油藏实施二次开发的物质基础。

关键词:层次细分;单砂体构型;空间配置;剩余油;曲流河油藏;扶余油田

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

Hierarchical subdivision and origin of single sandbody in the reservoirs of meandering river facies in the Yangdachengzi Formation of Fuyu oilfield

Li Jun¹, Song Xinmin¹, Xue Peihua¹, Zhang Hailong², and Sun Jingmin¹

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

2. Fuyu Oil Production Plant, PetroChina Jilin Oilfield Company, Songyuan, Jilin 138000, China)

Abstract: It is acknowledged that distribution of sandbodies in reservoirs of meandering river facies is very complex, which makes it hard to rebuild the subsurface system. Based on the analyses of formations in terrestrial basins and the development of meandering river reservoirs, we divide the meandering river reservoirs of the Yangdachengzi Formation in the Fuyu oilfield into 4 different sand groups and 21 subzones by using the hierarchical subdivision method. Based on the subdivision of subzones, we focus on the configuration of internal architecture of single sand body in meandering river reservoirs. With data of cores, dense well log and production performance, we systematically study the hierarchical interfaces, lithofacies combinations and spatial distribution and assemblage of single point bar sandbodies in the study area. The genesis and distribution of remaining oil are also discussed in this paper. The results show that, the single point bar sandbody of meandering river reservoirs in the Yangdachengzi Formation deposited in an environment with weak hydrodynamic force is controlled by two hierarchical sedimentary interfaces. The number of lateral accretion bodies is mainly 3 or 4; the included angle of lateral accretion face ranges from 4° to 7°; the horizontal scale varies greatly. The main types of spatial combination of single sandbody are isolated type, lapping type, overlaying type and cutting-piling type. Influenced by lateral-accreted mudstones of point bars and injection-production strategies, the remaining oil is mainly distributed in point bars, isolated and cutting-pilling sandbodies, which lays the foundation for secondary recovery.

Keywords: hierarchical subdivision, architecture of single sandbody, spatial assemblage, remaining oil, meandering river reservoir, Fuyu oilfield

收稿日期:2009-11-25。

第一作者简介:李军(1971—),男,博士,油气田开发地质。

扶余油田位于吉林省松原市,地质构造为一大型穹窿断块型油田。在断陷盆地平原化的早白垩世早期,发育的多水系、多期次曲流河沉积造成了泉三段杨大城子油藏储层展布、配置关系多样,加之油藏历经多年注水开发,剩余油分布更趋复杂。密井网条件下岩心、测井和生产动态资料相对丰富,为运用陆相储层层次划分理论,从成因角度进行层次细分,重点研究曲流河单砂体空间展布与配置式样,分析剩余油形成机理及赋存方式,对于重构该类型油藏地下体系,合理细分开发层系,重构井网结构,提高油藏最终采收率和改善开发效果,建立曲流河油藏单砂体刻画技术流程和研究方法,丰富、完善该类型储层“二次开发”技术体系,具有十分积极意义。

1 曲流河油藏储集层层次细分

自20世纪80年代以来,越来越多的石油地质家认识到,陆相盆地中油气资源分布与河流建造方式关系密切^[1,2]。受气候、地貌、物源等影响,在垂积、侧积等不同沉积搬运方式控制下^[3],加之河道不同部位叠置、切割及充填作用强度的不同,造成河流相储集层产状及展布方式多样,配置关系复杂和非均质性强^[4,5]。近年来发展起来的构型要素法、高分辨率层序地层学、我国旋回对比法以及改进的相控小层对比法等从不同层次和级别对细化陆相储层认识及实现储层细分提供思路。

1.1 陆相曲流河储集层层次细分方法

点坝水动力成因分析表明,周期性水动力作用是造成多层系曲流河油藏砂体复杂空间配置关系及分布规律的主要原因,一期水动力过程中洪水事件的规模及大小是造成点坝砂体内部非均质性的根本原因^[6]。针对扶余油田杨大城子组曲流河油藏多水系、多期次旋回沉积环境和储集层层次划分原理与适用条件^[7~9],在综合评价与分析基础上,确定的曲流河油藏储集层单砂体层次细分技术方法主要分4个步骤。

1) 在油藏层次级别,利用区域层序地层及盆地沉积演化模式,采用层序地层等时划分方法,识别并建立油藏区域性层序标志^[10],并明确油藏内

部岩性、电性及旋回性分布与变化特征,实现油藏宏观地层格架搭建及内部旋回变化。

2) 在沉积旋回层次级别,结合陆相盆地充填模式,利用河流相二元结构模式,采用旋回对比、分级控制划分方法^[11],在层序地层等时划分基础上,以最大洪泛面识别为核心,查明二元结构稳定性。进行河流旋回期次划分,并由旋回岩-电及二元结构变化规律,确定曲流河流向、水系规模及沉积分布特征。

3) 在小层层次级别,以旋回对比为基础,利用曲流河河型演化模式^[12],采用小层砂体成因分析方法,确定小层砂体空间展布及垂、侧向配置关系。

4) 在曲流河单砂体级别,利用点坝侧积模式及层次界面理论,采用构型要素分析方法^[13],确定曲流河单砂体规模参数、内部结构及空间配置关系。

以上储集层层次细分技术方法充分考虑了曲流河储层成因的特殊性,并对不同级别的储层单元采用模式理论及细分方法,逐级认识油藏储层结构及特点,实现储集层逐级精细刻画,达到对单砂体及油藏非均质性的逐步认识,为重构老油田地下认识体系、解决非均质性提供了精细地质基础。

1.2 杨大城子组曲流河储集层层次细分与成因

以系统取心井层序分析为基础,通过对研究区116口井下白垩统二级、三级沉积界面(标志层)追踪、对比,以及层序界面相邻地层沉积充填方式演化分析,将下白垩统泉三段杨大城子组、上覆泉四段扶余组各划分为三级曲流河、三角洲层序。层序结构分析表明,泉三段杨大城子组具典型“泥包砂”结构,三级层序内部发育4个相对完整的底部为富泥砂岩、中上部存在泥岩稳定的(复合)正旋回,构成了曲流河油藏内部四级层序(砂层组),代表了一期完整的河流演化旋回。在各旋回期,砂泥二元结构在单井纵向变化大、连井横向稳定性差,造成平面砂体多呈条带状、新月状及小型扇状不均匀分布,具备典型曲流河地层建造特征。在每个旋回沉积期末,伴随着区域性洪泛事件的发生,泛滥泥岩规模充填于砂层组上部,旋回沉积结束,最终造成了砂体成因类型多、横向连续性差的砂层组(四级层序)储集层特征。

7口14段点坝曲流河岩心沉积环境要素分析表明(图1),杨大城子组曲流河储层由富含泥质的

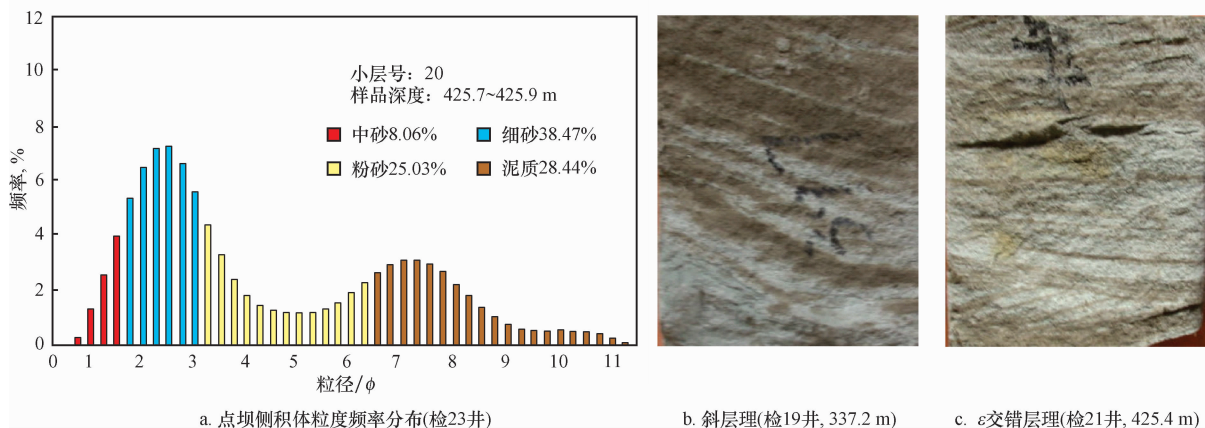


图1 扶余油田杨大城子组曲流河点坝储层环境要素

Fig.1 Environmental elements of meandering river point bars in the Yangdachengzi Formation of Fuyu oilfield

细粒砂岩组成,728块砂岩岩心粒度统计,砂岩碎屑颗粒细小,粒径范围一般 $0.5 \sim 5.5\phi$ 之间,平均 3.75ϕ ,在少见砾及粗砂,泥质含量一般 $9.5\% \sim 28.4\%$,平均 20.4% ,储集层岩性主要为含泥细砂岩、含泥粉砂岩及其过渡类型。沉积构造分析结果表明,砂体底部少见粗粒滞留沉积物,大量发育的小型 ϵ 交错层理、斜层理及波状层理中普遍夹泥岩条带,属弱水动力环境下曲流河沉积产物^[13]。河道废弃方式研究表明,本区发育渐弃和突弃两种曲流河河道,其中渐弃型河道砂泥二元结构比在 $56.2\% \sim 68.5\%$ 之间,突弃河道二元结构比在 $34.1\% \sim 44.7\%$ 之间。

结合曲流河现代沉积和演化模式,从曲流河河形演化、河道废弃方式与砂体成因出发,在分析四级层序(砂层组)砂泥岩分布趋势及测井相侧向变化规律,以系统识别砂岩垂向沉积转换面和侧向配置关系变化基础上,对四级层序(砂层组)内部进一步细分,将杨大城子组曲流河地层划分为21个小层。

2 曲流河储集层单砂体层次细分

在旋回及小层层次细分基础上,对杨大成子组曲流河储集层单砂体层次细分,就是在密井网条件下,综合岩性及组合关系、电性响应等地质、测井信息,通过对单砂体沉积转换界面的识别,采用构型要素分析方法,分析层次界面产状及其岩相侧向变化规律^[14],建立和研究不同成因单砂体内部结构、几何形态及其空间配置关系。

2.1 曲流河岩心单砂体内部层次界面

通过对5口井18段共103.2 m点坝砂体岩心层次界面、岩相组合与测井响应关系分析表明,本区共发育5类层次界面,对应的岩相组合及测井响应特征如下(表1):5级界面为点坝砂体顶底沉积层次界面,为一完整下砂上泥二元结构,在测井曲线上,多表现为完整的(复合)正旋回,底部5级界面与下伏地层多呈楔状、不规则槽状突变接触,其岩相以夹泥质团块细砂岩为主,少见粗粒滞留层,顶部5级界面多为河道旋回末期加积废弃泥岩顶面,波状层理发育,局部夹粉细砂岩条带。4级界面为单砂体内加积体界面,是河道在侧向迁移过程中涨洪事件沉积产物,其岩相下部主要为灰白色含泥细砂~粉砂岩,上部主要为薄层泥岩(厚度变化较大,多在 $20 \sim 40$ cm之间),是河道侧向迁移及输沙不平衡形成的落淤泥岩,泥岩顶部为4级沉积界面。岩心及测井响应分析,4~5级和4~4级界面间岩相构成了杨大城子组点坝侧积层基本构型单元,在微电极测井系列上,侧积体多表现为次级正旋回,在4级界面处,电阻值回返明显。在点坝内部侧积体在4级沉积界面内部,还可见槽状、板状、交错等3级沉积界面,多为向上变细结构,泥岩薄夹层厚度一般小于10 cm。

2.2 曲流河点坝单砂体规模要素

曲流河废弃方式及侧向迁移研究结果表明(图2),本区以渐弃型曲流河为主^[15],在河道演化

表 1 扶余杨大城子组曲流河点坝单砂体沉积界面划分特征统计

Table 1 Marks for identification of sedimentary interfaces in meandering river point bars in the Yangdachengzi Formation of Fuyu oilfield

界面级别	成因	岩相组合	测井相
五级	为曲流河底部冲刷面和河道旋回末期加积废弃泥岩顶面	具备完整下砂上泥二元结构,底部砂岩以中粒为主,含少量粗粒,局部含泥岩条带;中部以富含泥质细砂岩为主,上部为加积泥岩,夹少量粉砂岩	以典型正旋回为主,局部可见水动力增强导致砂岩加积而成复合正旋回
四级	周期性洪水事件形成的底部冲刷面(侵蚀面)和侧向落淤沉积面	洪水事件形成的点坝侧积层,为次级正韵律结构,由下部细-粉砂岩和上部侧积泥岩层组成	视泥岩厚度发育程度,在微电极测井系列上,为典型次级正(复合旋回)。在标准测井及侧向测井系列上,测井相及其界面位置难以准确识别
三级	在周期性洪水事件的不同水动力变化反应,多以小型冲刷面为主	岩相组成复杂,以粉砂岩夹砂岩组合为主	在微电极测井系列上局部有响应,但测井相难以识别
二级	水流方向及条件变化形成的沉积界面	砂岩、粉砂岩韵律层段	不可识别
一级	相同水动力条件下形成的细层界面	砂岩、粉砂岩纹层	不可识别

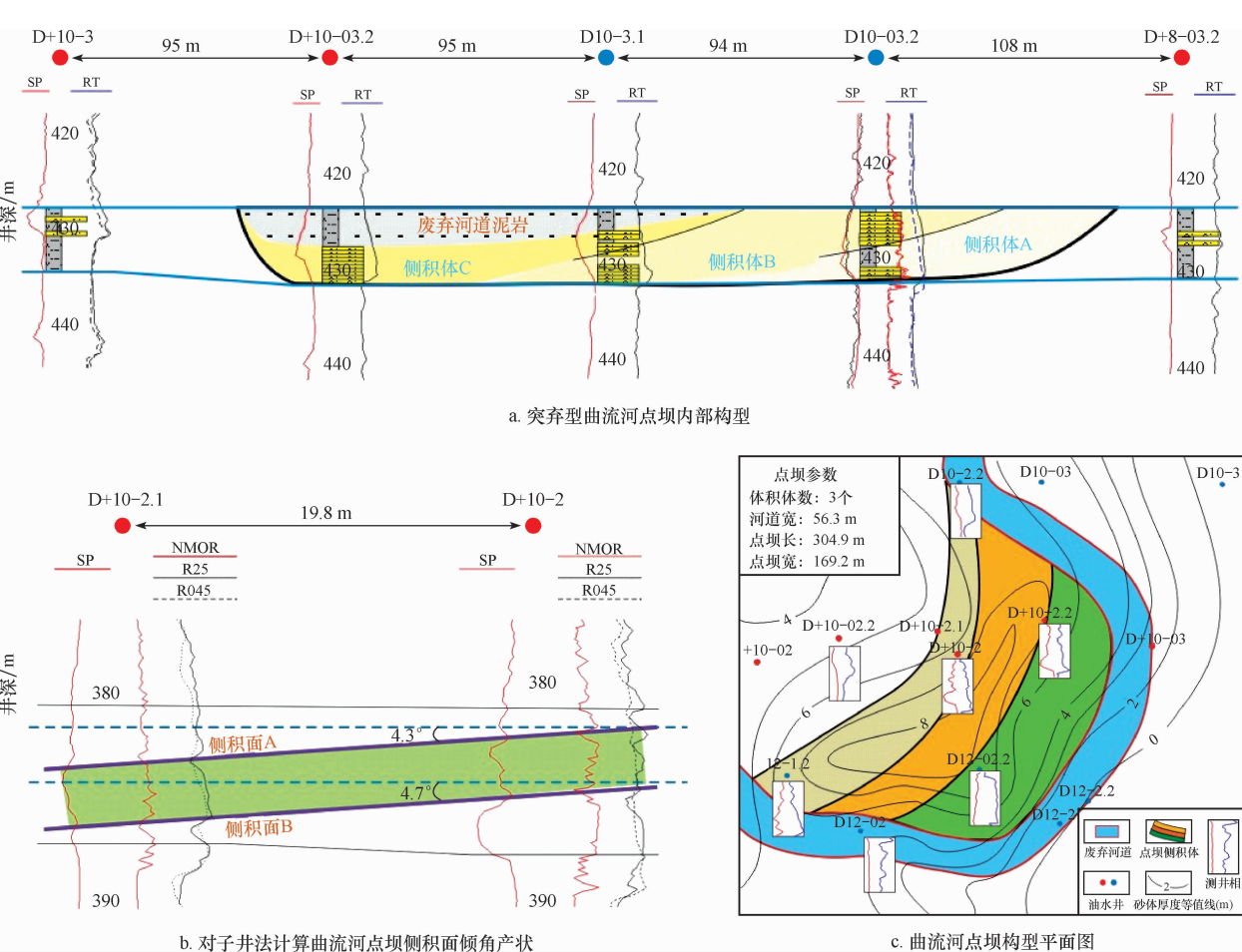


图 2 杨大城子组曲流河油藏点坝内部构型要素

Fig. 2 Internal configuration of point bars in the meandering river reservoirs of the Yangdachengzi Formation in Fuyu oilfield

末期,河床底部发育3~4 m含泥粉砂岩,其上以垂向加积废弃泥岩充填,砂泥二元结构比多在35%~43%之间,与点坝单砂体内部呈侧向半连通;而局部发育的突弃型曲流河末期河道处底部砂岩厚度薄,垂向加积泥岩发育,砂泥二元结构比多在25%以下,与点坝砂岩侧向连通程度低。13对26口对子井侧积泥岩夹角分析统计表明,其侧积面夹角多在4°~7°之间。连井剖面点坝砂体4级沉积界面及其岩相组合关系分析表明,研究区点坝单砂体一般由3~4个侧积体组成,点坝主体部位砂泥二元结构比一般为66%~75%。

在点坝单砂体剖面构型分析基础上,以小层平面单砂体砂厚及砂地比变化趋势为约束,并应用Schumm、Leopold等曲流河点坝砂体规模经验公式^[16]计算,综合分析杨大城子曲流河油藏点坝单砂体几何形态研究结果表明,受水流强度、岸质、河曲弯曲度及河道废弃方式等沉积古环境影响,杨大城子组曲流河点坝单砂体规模差异较大。83个点坝砂体统计结果表明,砂体宽度多在220~480 m之间,长度132 m~326 m,视厚度一般3.2~5.6 m,平均3.7 m。面积最小0.026 km²,最大0.26 km²,平均0.055 km²。

2.3 曲流河单砂体空间配置式样

基于单砂体的沉积微相研究结果表明,在扶余油田泉四段杨大城子组四个曲流河沉积旋回期发育着多条稳定性较差曲流河道,规模不等的点坝砂、河道砂、泛滥砂等主要储集层砂体空间分布、叠置关系极其复杂,进而从单砂体尺度控制着不同小层、砂层组储层砂体平面分布特征^[17]。根据单砂体成因及沉积控制因素,本区杨大城子组曲流河单砂体平面类型可基本分为孤立型、搭接型、叠加型和切叠型四种类型(图3)。

1) 孤立型

此类型砂体在本区多发育于两个同期点坝砂体中间有泥岩侧向隔挡,或上期点坝与下伏点坝间发育垂向隔挡。孤立型砂体在往往存在于点坝发育程度不高区域,且砂体厚度、规模一般较小。

2) 搭接型

此类型砂体多发育于两个同期曲流河在平面

上同相或反向侧积,使得砂体在井间横向延伸,但单砂体钻遇井岩性、电性差异明显,反映单砂体间存在物性差别。该类型单砂体多发育于河曲规模中等的多条曲流河发育区域。

3) 叠加型

此类型砂体是下伏点坝砂体二元结构遭受侵蚀,但仍有一定厚度泥岩对上覆点坝砂体形成垂向渗透隔挡,在测井曲线上,微侧向电阻回返明显;或是存在明显钙壳等物性夹层,在测井曲线上形成尖峰型高阻。

4) 切叠型

曲流河在垂向淘蚀河床底部、侧向迁移侵蚀凸岸过程中,对早期点坝砂体进行侧向及垂向侵蚀,造成点坝砂体垂向及侧向叠置,形成连通砂体。测井曲线上,叠置型砂体间多存在物性差异,砂体电性幅度差明显。

3 曲流河油藏单砂体剩余油分布特点及成因

注水开发老油田实践表明,油藏地质特征、开发方式是影响剩余油分布的主要控制因素^[18~20]。杨大城子曲流河油藏单砂体层次细分研究表明,沉积相带分布、单砂体空间分布及配置关系、储集层岩性、物性及非均质特征是影响剩余油分布主要地质因素。通过单砂体层次细分研究,结合生产实际,按照地质成因,曲流河油藏剩余油类型可基本分为点坝侧积泥岩隔挡型、薄层型和孤立砂体型切叠砂体型四种,点坝侧积泥岩隔挡型和叠砂体型剩余油为主要类型。

3.1 点坝侧积泥岩隔挡剩余油

杨大城子组曲流河油藏点坝砂体内部一般发育2~3个薄层泥岩段,与下伏粉细砂岩呈正韵律接触,形成的侧积体内部渗透率正旋回分布特征明显,其顶部含泥粉砂岩相渗透率最低,平均 $33 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,中部含泥粉砂岩~细砂岩相渗透率中等,一般变化范围在 $50 \times 10^{-3} \sim 130 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,底部含泥细砂岩相渗透率最高,一般大于 $170 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。通过对25口井点坝砂体水淹状况及砂体上部试采证实,在侧积体正旋回渗透性控制下,注入水沿点坝砂体底部5级

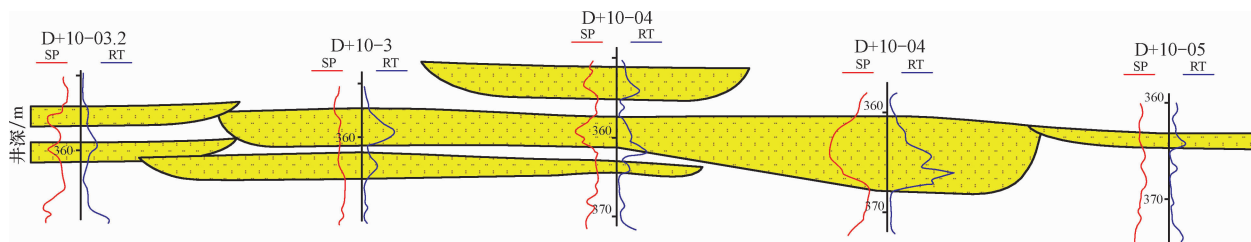


图 3 杨大城子组曲流河油藏单砂体空间配置剖面

Fig. 3 Profile of spatial assemblage of single sandbody in meandering river reservoirs in the Yangdachengzi Formation

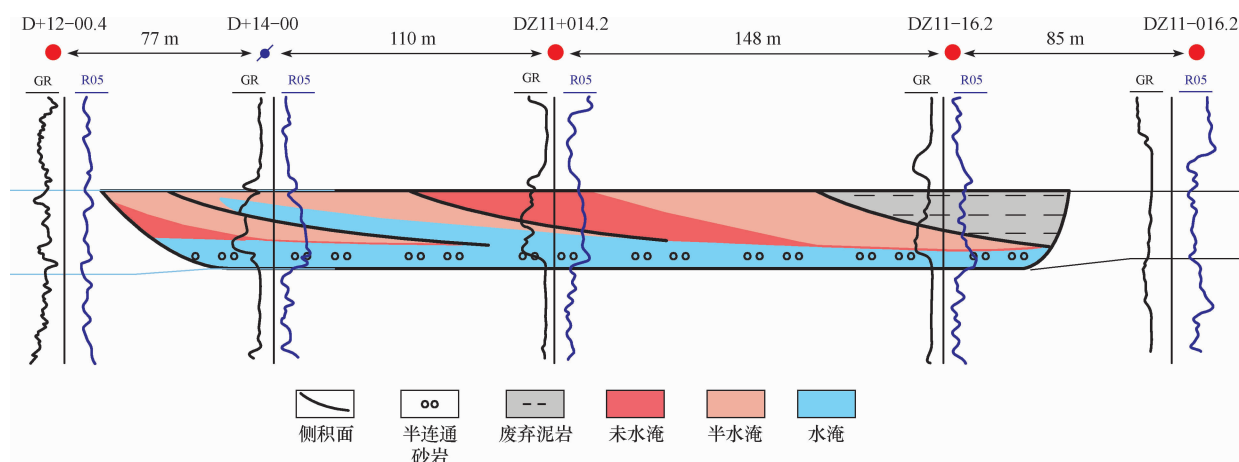


图 4 杨大城子组曲流河油藏点坝单砂体内部剩余油分布剖面

Fig. 4 Profile of remaining oil distribution in single point bar sandbody of meandering river reservoirs in the Yangdachengzi Formation

界面水平推进和沿侧积体 4 级界面下倾推进,而在点坝上部及侧积层上倾部位,注入水难以波及,造成单砂体储集层含油饱和度较高,水淹程度低,形成大量剩余油(图 4)。

3.2 切叠砂体剩余油

储集层充填分析表明,受水动力大小、流向变化及岸质条件影响,杨大城子曲流河油藏中砂体切叠现象普遍,不同程度垂向、侧向叠置式样繁多,特别是不同类型及产状的岩性~物性夹层,在油水运动过程中渗流隔挡作用明显,导致剩余油富集。隔层类型研究表明,本区发育的夹层主要有侧积泥岩夹层、地表蒸发钙质夹层、粉砂岩物性夹层等类型,其中物性夹层在自然电位、伽马等反映地层因素的测井曲线上呈稳定的箱型或钟形,但侧向电阻呈台阶状递变,反映出储层纵向上渗透能力存在差异,成为平行于砂体界面的渗流屏障。岩心及测井解释表明,本区砂岩底部及内部

在沉积过程中,由于暴露地表,在蒸发环境下形成的厚度较薄的钙质壳。在测井曲线上,位于砂体底部及中部钙质壳往往具尖峰状高阻,阻值多在 $60 \Omega \cdot m$ 以上,远高于油砂体电阻,物性解释结果证实渗透率值极低,对叠置砂体内部流体渗流阻隔能力较高。

4 结论与认识

1) 曲流河油藏因河道侧向迁移,储集层单砂体分布在受河型及河曲迁移速率控制的同时,亦受多期次河道垂向及横向叠置及配置关系影响,从根本上导致储层建造及分布的复杂性。因此,利用密井网条件下,从油藏、旋回、小层、单砂体层次,采用成因层次细分思想,重点研究单砂体空间分布及配置关系,对于深化注水开发老油田单砂体刻画研究,提高剩余油分布及控制认识,具有重要意义。

2) 密井网条件下,利用岩心及测井进行曲流河油藏单砂体识别与分析关键,首先是要对沉积环境的判别和单砂体及其内部构型与沉积界面的识别。扶余杨大城子组曲流河点坝单砂体以细-粉砂岩相为主,底部粗粒滞留层不发育,反映其形成于弱水动力环境,点坝高度一般在3.7 m左右,规模较大点坝一般由3~4个侧积体组成,侧积面夹角平缓,但平面规模差异较大。

3) 单砂体空间分布及配置关系研究是对多期次单砂体间连通关系的研究,也是重构井网结构的核心。研究表明,受沉积环境影响,不同成因的点坝砂、泛滥砂、废弃砂在空间分布组合,形成了复杂的孤立型、搭接型、叠加型和切叠型单砂体空间配置方式,反映了油藏强烈的非均质特征。

4) 油田经历长期开发后,查明剩余油分布状况及其成因,是确定油藏层系重组的重要依据。受点坝侧积泥岩、薄层带状泥岩、物性夹层、钙质夹层控制,以及注采方式影响,杨大城子组剩余油在点坝、孤立及切叠砂体中呈多种分布方式,构成了油藏层次重组的物质基础。

参 考 文 献

- Schumm S A, Dumont J F, Holbrook J M. Active tectonics and alluvial rivers [M]. London: Cambridge University Press, 2000. 50-54
- 迈尔 A D. 沉积盆地分析原理[M]. 孙枢,译. 北京:石油工业出版社,1991. 273-314
- Smith N D, Rogers J. Fluvial Sedimentology VI [M]. London: Blackwell Science, 1999. 363-380
- 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. 51-63
- 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学(第二版)[M]. 北京:石油工业出版社,2008. 300-303
- Miall A D. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology [M]. Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. 75-98
- Gibling M R. Width and thickness of fluvial channel bodies and valley fills in the geological record: a literature compilation and classification [J]. Journal of Sedimentary Research, 2006, 76: 731-770
- 邓宏文,吴海波,王宁,等. 河流相层序地层划分方法——以松辽盆地下白垩统扶余油层为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 621-627
- 胡学智,鲍志东,那未红,等. 松辽盆地南部扶余油田泉头组四段沉积相研究[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 334-341
- 柯林森 J D, 卢恩 J. 现代和古代河流沉积体系[M]. 裴亦楠,译. 北京:石油工业出版社,1991. 171-181
- Crerar E E, Arnott R W C. Facies distribution and stratigraphic architecture of the Lower Cretaceous McMurray Formation, Lewis Property, Northeastern Alberta [J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 2007, 55(2): 99-124
- Pranter M J, Ellison A I, Cole R D, et al. Analysis and modeling of intermediate-scale reservoir heterogeneity based on a fluvial point-bar outcrop analog, Williams Fork Formation, Piceance Basin, Colorado [J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(7): 1 025-1 051
- Donselaar M E, Overeem I. Connectivity of fluvial point-bar deposits: an example from the Miocene Huesca fluvial fan, Ebro Basin, Spain [J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(9): 1 109-1 129
- Larue D K, Hovadik J. Connectivity of channelized reservoirs: a modeling approach [J]. Petroleum Geoscience, 2006, 12: 291-308
- Bridge J S, Tye R S. Interpreting the dimensions of ancient fluvial channel bars, channels, and channel belts from wireline-logs and cores [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84(8): 1 205-1 228
- 马世忠,孙雨,范广娟,等. 地下曲流河道单砂体内部薄夹层建筑结构研究方法[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 632-638
- Kleinhans M G, Schuurman F, Bakx W, et al. Meandering channel dynamics in highly cohesive sediment on an intertidal mud flat in the Westerschelde estuary, the Netherlands [J]. Geomorphology, 2009, 105: 261-276
- 隋军,吕晓光,赵翰卿,等. 大庆油田河流-三角洲相储层研究 [M]. 北京:石油工业出版社,2000. 3-10
- 李宏伟,袁士义,朱怡翔,等. 河流相地层相分异与沉积物体积分配规律[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 356-360
- 王代流. 河流相沉积油藏聚合物驱油开发效果的影响因素 [J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(1): 62-65, 68

(编辑 陈喜禄)