

文章编号: 1009-3850(2000)04-0071-08

双河油田核三段 II 油层组内夹层分布规律

张尚锋^{1,2}, 张昌民², 伊海生¹, 郑荣才¹, 樊中海³, 姜建伟³, 鲁国甫³

(1. 成都理工学院 沉积地质研究所, 四川 成都 610059; 2. 江汉石油学院 地质系, 湖北 荆州 434100; 3. 河南石油勘探开发研究院, 河南 南阳 473132)

摘要: 油层内的夹层是影响油田注水效果的因素之一, 也是影响剩余油研究分布的主要因素。笔者以钻井岩心、测井等资料为基础, 研究夹层的类型、成因及发育分布特征, 指出各种类型的夹层与基准面变化过程中 A/S 比值变化和沉积物补给通量变化关系密切, 不同级次的基准面旋回和不同沉积微相内夹层的层次类型及发育分布规律不同。文中深入分析了夹层类型与基准面旋回的关系。

关键词: 核三段; II 油层组; 夹层; 沉积微相

中图分类号: TE122

文献标识码: A

Distribution of the interbeds in the 2nd Oil Formation of the He-3 Member of the Shuanghe oil field, Henan

ZHANG Shang-feng^{1,2}, ZHANG Chang-min², YIN Hai-sheng¹, ZHENG Rong-cai¹, FAN Zhong-hai³, JIANG Jian-wei³, LU Guo-fu³

1. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*; 2. *Department of Geology, Jiangnan College of Petroleum, Jingzhou 434100, Hubei, China*; 3. *Henan Research Institute of Oil Exploration and Development, Nanyang 473132, Henan, China*

Abstract: The interbeds within the hydrocarbon reservoirs may have exerted an influence on oil field development and residual oil distribution. The types, genesis and distribution of the interbeds are described in detail in the present paper on the basis of well logs, and vary in different base-level cycles and sedimentary microfacies. The results of research also show that a close correlation exists between individual interbeds described herein and A/S

ratios and sediment flux.

Key words: He-3 Member; 2nd Oil Formation; interbeds; sedimentary microfacies

双河油田经过长期高效开发已进入高含水期,油田厚油层内水淹极不均衡,油田产量快速递减,目前要稳定产量,减缓产量递减速度,工作重点应放在油层剩余潜能挖潜上,而要解决这个问题,就必须对影响油田储层非均质性的夹层进行更精细的研究描述,弄清夹层的特征及发育分布规律^[1]。笔者以岩心、测井资料为基础,以高分辨率层序地层学理论为指导,研究双河油田核三段Ⅱ油层组内夹层的层次类型、特征、频次及发育规律,从而为建立Ⅱ油层组油藏开发地质模型服务。

1 沉积特征及沉积微相

双河油田位于泌阳凹陷西南部,核三段Ⅱ油层组储层沉积于箕状断陷湖盆靠断层一侧,来自南部断层上盘的物源注入湖盆形成扇三角洲沉积^[2]。核三段Ⅱ油层组储层岩性较粗,分选较差,颜色以灰白色/浅灰色/灰色粗碎屑岩为主,灰绿色/深灰色/灰黑色泥岩、粉砂质泥岩夹于粗碎屑岩之间,发育块状层理、交错层理、平行层理,局部可见同生变形构造。岩石类型有块状层理泥质细砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩,交错层理/平行层理细砂岩、粉细砂岩,平行层理粉砂岩、泥质粉砂岩,水平层理粉砂质泥岩、泥岩及钙质砾岩、钙质粉细砂岩、钙质粉砂岩、钙质泥岩。反映受湖平面的波动升降及沉积物补给通量的变化而形成沉积物面貌的复杂性。

双河油田核三段Ⅱ油层组在其沉积演化历史中,发育湖泊和扇三角洲两个沉积体系,以扇三角沉积为主。双河油田核三段Ⅱ油层组扇三角洲可分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲三个亚相^[1]。又可进一步分为:水下分流河道、水下天然堤、水下决口扇、分流间洼地、河口砂坝和前缘席状砂等微相。各微相的岩性组合、沉积构造、层序等剖面结构和岩电关系各有差异。

1.1 水下分流河道微相

该微相岩性以细砾岩、含砾粗砂岩、细砂岩、粉细砂岩为主,剖面上具正韵律特征,沉积构造有槽状交错层理,低角度板状交错层理,平行层理,波状层理等,底部不同程度的发育冲刷充填构造。电测曲线呈起伏变化的箱形、钟形和指形组合。水下分流河道常常组成扇三角洲前缘亚相的骨架砂体。

1.2 水下天然堤微相

该微相位于水下分流河道两侧,系洪水溢出河道的泥沙于河道两侧快速堆积形成,在垂向剖面上总是位于水下分流河道砂砂体上部构成连续向上变细的沉积组合。岩性为粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩,常见水下层理、生物钻孔结构等沉积构造。电测曲线上常出现于箱形或钟形的低平尾部,或呈低幅的指形或锯齿形。

1.3 水下决口扇微相

水下决口扇洪水期底流冲开河道两侧的天然堤,在决口处至分流间洼地处快速堆积形

成小型扇形沉积体。向前三角洲方向则可形成暂时决口河道。垂向剖面上往往位于水下天然堤与分流间洼地的过渡地带,岩性较水下天然堤沉积略粗,为含泥质粉砂至粉细砂岩。剖面上为一反韵律沉积组合。发育沙纹层理、水平层理和块状层理等。电测曲线为低中幅漏斗型。它们可以作为油气储集砂体,但其规模较小,单层厚度常呈孤立透镜状产出。

1.4 分流间洼地微相

该微相一般为洪水期漫溢出河道的泥砂质悬浮沉积物。岩性以粉砂质泥岩、泥岩为主。发育水平层理、沙纹层理,含植物碎片,炭屑。电测曲线呈平滑弧形、直线形或低平齿形。

1.5 河口砂坝微相

该微相位于水下分流河道向湖盆方向延伸消失的前缘地带。岩性以含砾岩、细砂岩、粉细砂岩组成,剖面上显示反韵律。一般发育块状层理、逆粒序层理、波状层理、沙纹层理及变形构造。电测曲线为漏斗形、钝的指形等。

1.6 席状砂微相

该微相位于扇三角洲前缘河口两侧向湖泊的过渡部位。沉积物粒度并较河口坝细,由细砂岩、粉细砂岩夹泥岩组成。剖面上具反韵律特征。沉积构造以小型板状交错层理、波状层理、平行层理为主。电测曲线呈指形、低幅钟形、锯齿形组合。

1.7 前扇三角洲泥岩微相

前扇三角洲位于扇三角洲前端与湖泊的过渡部位。岩性为暗色泥岩夹薄层粉砂岩、泥质粉砂岩夹粉砂岩条带,沉积厚度较同期湖泊大,以发育水平层理为主,电测曲线低幅平滑近于直线形或微齿化直线形。

1.8 浅湖亚相中的浅湖泥微相

浅湖亚相是指湖面至氧化-还原界面之间,为远离河口的低能泥质沉积环境,沉积界面常位于正常浪基面之下,沉积物为河流带的远源细粒沉积物,以泥质为主,主要出现于湖进旋回的中上部,发育水平层理。电测曲线为低幅平滑形或微齿化直线形。

2 基准面旋回

通过对双河油田核三段Ⅱ油层组成地层进行基准面旋回层序划分,从中划分出中期基准面旋回5个,短期基准面旋回33个,各级次基准面旋回具有其显著特征(图1)。

短期基准面旋回层序是根据钻井岩心和测井曲线资料等划分的最小成因层序单元^[3,4],地层响应过程由成因上相联系的一组岩相或单一岩相的最小岩石地层单元加界面组成,相当于Vail的准层序组或准层序^[5]。层序边界为短期基准面下降到最低点位置时发育的小型冲刷面或间歇暴露面,或者是基准面上升期或下降期由欠补偿或无沉积作用形式的间断面,抑或是相关的整一界面。由于层序边界性质不同,所发育的短期基准面旋回结构也明显不同。短期基准面旋回层序有以下3种:

向上“变深”的非对称旋回层序 此种类型层序广泛发育于扇三角洲前缘的水下分流河道沉积区,其基本特点为:①以保存上升半旋回沉积记录为主,下降半旋回为侵蚀缺失或无沉积间断(A型短期旋回);②以底部冲刷面或整一界面为界,具有向上变细的沉积序列面,显示向上变深的结构性质;③按上升半旋回的岩性岩相组合和厚度保存状况可细分为高、

中、低可容纳空间变化3个亚类型。低可容纳空间亚类(A₁)一般由多个相互切割的纵向上叠置的分流河道砂体组成,单个砂岩体底部以冲刷面为底界面。高可容纳空间亚类(A₃)在扇三角洲前缘表现为弱冲刷面(或泥→砂突变界面)→水下流河道砂岩体→水下天然堤粉砂岩→水道间薄层泥岩,粉砂质泥岩,粉砂岩→浅湖相泥岩→弱冲刷面(或整一界面)组成向上变薄变细的序列。中等可容纳空间亚类(A₂)在扇三角前缘中,介于低与高可容纳空间亚类之间,由水下分流河道粉细砂岩,粉砂岩和分流河道间泥岩,粉砂质泥岩与水下天然堤泥质粉砂岩,粉砂质泥岩的韵律交替组成(图1)。

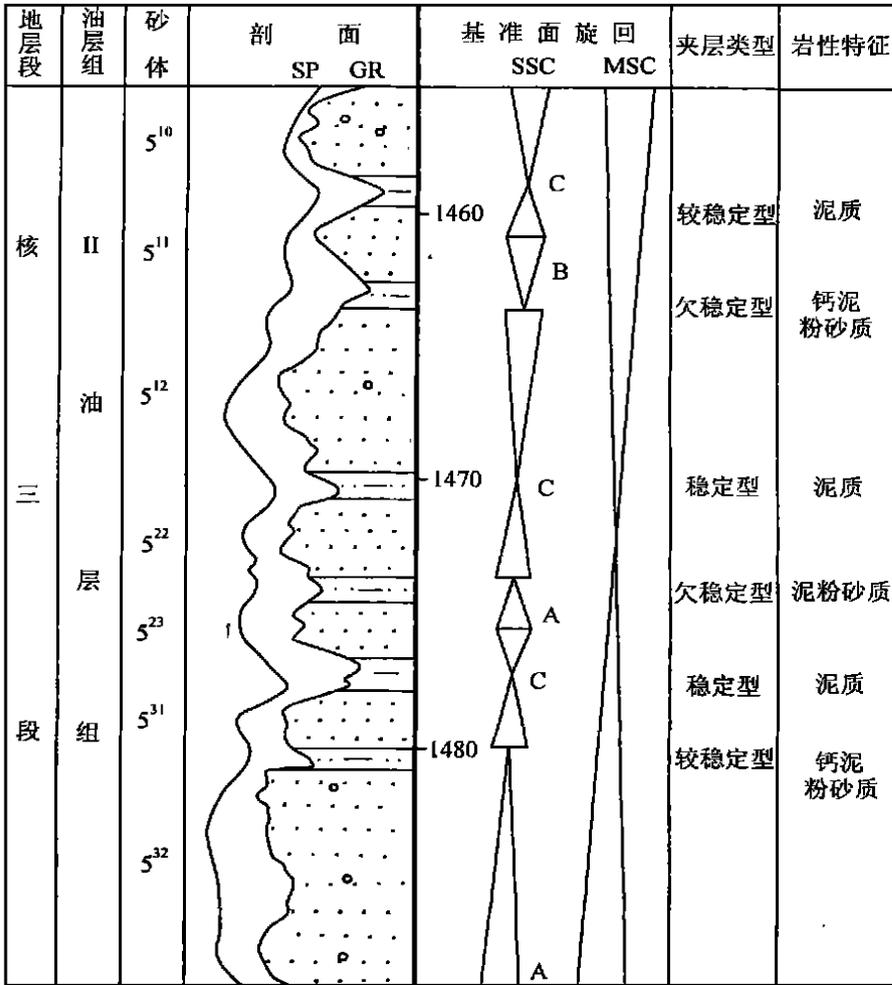


图1 基准面旋回层序综合剖面图(T225 II₅)

Fig. 1 Generalized profile of a base-level cyclic sequence in the study area

向上变浅的非对称旋回层序 在核三段II油层组地层中,此类型旋回主要发育于扇三角洲前缘的河口砂坝—远砂坝或席状砂发育区,其特点为:①以发育下降半旋回沉积记录为主,上升半旋回表现为欠补偿或无沉积间断面;②以无沉积间断为底界,具向上变粗或略变粗的沉积序列面显示向上变浅的结构性质(B型旋回);③主要发育于距物源供给区相对较远和较高可容纳空间的背景条件下,如扇三角洲前缘主要由无沉积作用间断面→前扇三角

洲暗色泥岩夹粉砂岩→河口坝块状富泥粉砂岩→分流间湾泥,粉砂岩薄互层→水下决口扇组成的反韵律层序。层序内具有向上砂质含量增多或单个砂体粒度变粗厚度加大。此类型也可分为低可容纳空间(B_1)和高可容纳空间(B_2)两种情况(图1)。

向上变深复变浅的对称旋回层序 此类型在湖泊扇三角洲沉积体中发育,其特点为:①层序中基准面向上升和下降半旋回具较完整的记录,层序顶底边界以整一界面为主,偶为弱冲刷面(C型旋回);②层序内通常发育由进积(或加积)、退积、加积(或进积)作用形成的由粗变细再重复变粗的沉积序列,由退积向加积转换的界面为湖泛面。按厚度变化可进一步划分为:上升半旋回大于下降半旋回的不完全对称旋回(C_1),上升半旋回小于下降半旋回的不完全对称旋回(C_3),以及上升和下降两个半旋回相等的对称旋回(C_2);③主要形成于高可容纳空间条件下,成因于基准面上升幅度大,下降幅度小,沉积速率低于可容纳空间的增大速率;④在扇三角洲前缘沉积体中,主要由水下分流河道砂体→水下天然堤粉砂岩夹泥岩→分流间泥岩夹薄层粉砂质泥岩,泥质粉砂岩→水下决口扇粉砂岩,粉细砂岩组成层序;⑤具以湖泛面为对称轴的上升半旋回组成的两分时间单元的显著特征(图1)。

3 夹层类型及成因

3.1 夹层类型

双河油田核三段Ⅱ油层组内夹层按岩性可分为泥粉砂质夹层、钙质夹层和泥质砾岩夹层三类,前者包括泥岩、页岩、泥质粉砂岩及部分粉砂岩;钙质夹层包括钙质砾岩、钙质砂岩、钙质粉砂岩、钙质泥岩、钙质页岩,其中泥粉砂质夹层占75%左右,钙质夹层占20%左右,其它类型的夹层占5%左右。

按夹层的分布面积及其作用可分为稳定夹层、较稳定夹层、欠稳定夹层和不稳定夹层四种类型。稳定夹层的分布面积占含油区面积的80%~90%以上,由于它的存在,可把厚油层分为若干个相对独立的流动单元,同时阻止注入水受重力和毛细管力的作用而发生的串层现象;较稳定夹层的分布面积占油区面积的50%~80%,在局部范围内可阻止注入水的串层,对注入水起疏导作用,但在大范围(整个注采井网)内对阻止注入水串层无作用;欠稳定夹层分布面积占油区面积的30%~50%,只在小范围(几口井的井的距范围)内对注入水起阻隔作用;不稳定夹层的分布面积占油区面积小于30%,往往单井收敛,对阻隔注入水无作用。

3.2 夹层成因

基准面旋回过程中A/S值变化对储集砂体内夹层成因类型、保存状况和几何形态特征等的形成和控制作用较为复杂,由于基准面旋回的级次性,造成夹层的发育分布具明显的层次性^[9]。通过对双河油田核三段Ⅱ油层组内夹层的发育分布情况与短期基准面旋回过程中A/S值关系的研究可归纳为以下几种情况(表1):① $A/S < 1$,此状态发生于中期基准面旋回上升初期的短期基准面旋回中,沉积物补给通量始终大于低速增长的可容纳空间,在短期基准面上升期发生强进积作用,一时基准面下降,已被沉积物充填的可容纳空间便发生暴露的侵蚀作用而缺乏下降期有沉积发育向上变深的低可容纳空间非对称旋回,旋回主要由分流河道砂体+冲刷面组成,基准面的多次升降,可造成多个砂体叠置,砂体间基本无夹层存在,

表 1 夹层分布与沉积微相及 A/S 比值关系

Table 1 The relationship between interbeds distribution and A/S ratios and sedimentary microfacies

| 夹层类型 | 岩性特征 | 沉积微相 | A/S 比值 | 夹层面积与油区面积比 | 夹层厚度/m |
|-------|---|--|------------------|------------------|----------------|
| 稳定夹层 | 泥岩 粉砂质泥岩 | 前三角洲泥 浅湖泥 远砂坝 前缘席状砂 | $\ll 1$ | $> 80\%$ | > 1.0 |
| 较稳定夹层 | 泥岩 粉砂质泥岩 泥质粉砂岩 | 远砂坝 前缘席状砂 前三角洲泥 湖湾 分流间湾 | $\ll 1 \sim < 1$ | $50\% \sim 80\%$ | $0.5 \sim 0.8$ |
| 欠稳定夹层 | 泥岩 粉砂质泥质 泥质粉砂岩 部分粉砂岩 泥质胶结砾岩 | 分流间湾 水下天然堤 碎屑流 钙质夹层 各种微相 (成岩作用) | $< 1 \sim > 1$ | $30\% \sim 50\%$ | $0.3 \sim 0.5$ |
| 不稳定夹层 | 粉砂质泥岩 泥质粉砂岩 粉砂岩 泥质胶结砾岩 钙质夹层 | 分流间湾 水下天然堤 碎屑流 各种微相 (成岩作用) | ≥ 1 | $< 30\%$ | < 0.3 |

或者只出现随机分布的泥粉砂质或成岩钙质不稳定夹层。② $A/S < 1 \rightarrow A/S > 1$ 出现于中期至中短期基准面上升旋回中, 沉积物补给通量由大于可容纳空间向小于可容纳空间转化, 可容纳空间为低中等, 短期基准面上升期沉积逐渐难以补偿可容纳空间的增量, 沉积作用以进积 \rightarrow 加积作用为主, 发育较厚的上升期和较薄的下降期沉积的不完全对称型旋回, 旋回主要由水下分流河道 \rightarrow 水下天然堤 \rightarrow 分流间洼地 \rightarrow 水下决口扇的完整沉积序列组成。如果基准面多次升降, 可形成一套砂岩夹泥岩或砂泥岩互层的沉积共生组合, 储层中的夹层以欠稳定或较稳定型泥粉砂质或少数钙质夹层为主。③ $A/S > 1 \rightarrow A/S \gg 1 \rightarrow A/S \geq 1$, 在中期基准面上升, 晚期下降的短期基准面旋回中, 沉积物补给通量小于快速增大的可容纳空间, 沉积作用以加积-退积 \rightarrow 弱进积方式为主。由于短期基准面下降期的沉积物不易与上升晚期沉积物相区别, 常表现为向上变深的非对称旋回顶面为相关整合面。沉积序列为连续变深的水下分流河道 + 水下天然堤 \rightarrow 分流间洼地 \rightarrow 前扇三角洲或浅湖泥岩组合, 或表现为反粒序的加积 \rightarrow 弱进积作用, 以发育下降半旋回向上变浅的非对称旋回类型。沉积序列为连续向上变浅的前扇三角洲(浅湖) \rightarrow 远河口砂坝组合。此种情况主要形成大面积分布的稳定型泥粉砂质夹层。④ 沉积物补给通量大的情况下可由碎屑流沉积形成泥粉砂质充填的砾岩夹层。

4 夹层的分布规律

通过对双河油田核三段II油层组200余口井的夹层统计分析表明,厚油层纵向上各类夹层出现的概率不同,同时随基准面变化过程中A/S比值的变化而变化。总的来看,具有以下几个特点:①泥粉砂质夹层出现的概率较大,且分布比较稳定,稳定夹层、较稳定夹层主要为该类夹层。而钙质夹层、泥质砾岩夹层出现的概率较小,分布比较局限,常表现为欠稳定夹层及不稳定夹层。②随着距物源区距离和沉积物补给通量的不同,夹层的厚度的频数不同,距物源区逾远,夹层的厚度逾大,夹层的频数逾多。沉积物补给通量逾小,频数逾多。③夹层的分布范围与夹层厚度呈正相关关系,夹层厚度逾大,分布范围逾大,反之,夹层厚度小,则分布范围亦小(图2)。④钙质夹层在储层内随机分布,一般与沉积薄弱带如不同微相的接触界面或短期基准面旋回界面处的成岩作用有关,厚度不稳定,往往小于1m,延伸范围小于100m。

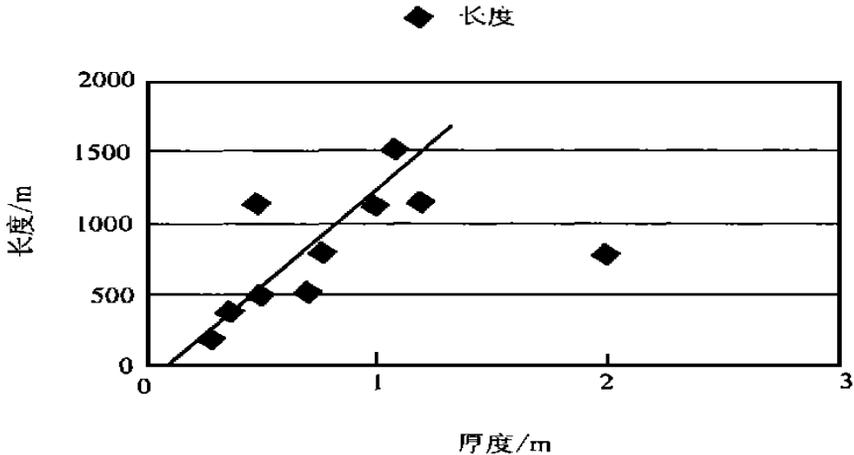


图2 夹层厚度与延伸范围相关关系

Fig 2 Diagram showing the relationship between the thickness and extended range of interbeds

5 结论

通过应用高分辨率层序地层学对双河油田核三段II油层组内夹层特征、类型及发育分布规律的研究,可以得出以下几点结论:

(1)形成夹层的岩石类型复杂多样,有纯泥质岩夹层、泥质粉砂岩夹层、钙质夹层和泥质砾岩夹层,其中以泥质泥质粉砂岩夹层为主,占70%以上,稳定夹层基本上由泥质—泥粉砂质岩石组成。

(2)夹层的形成与基准面变化过程中A/S比值的变化和沉积物补给通量变化之间关系密切,由于基准面旋回具级次性,造成基准面旋回层序内夹层发育分布具层次性,即不同级次的基准面旋回过程中可形成不同层次类型的夹层。

(3)中长期基准面旋回层序内的夹层多为稳定夹层和较稳定夹层,尤其是位于最大湖泛面处的夹层为稳定夹层。短期基准面旋回层序内的夹层为欠稳定型夹层和不稳定型夹层,

只有极少数与湖泛面有关的夹层为稳定型夹层。

(4)从沉积微相对夹层分布及夹层类型的控制作用看,远砂坝、前缘席状砂、前缘三角洲、浅湖泥等微相区所形成的夹层,分布范围广,厚度稳定,以稳定型和较稳定型的泥质、粉砂质夹层为主,而其它微相区所形成的夹层多为欠稳定型和不稳定型夹层。

参考文献:

- [1] 王国鹏,何光玉. 双河油田厚油层内夹层分布特征[J]. 石油勘探与开发,1995,22(2):55—58.
- [2] 王寿庆. 扇三角洲沉积模式[M]. 北京:石油工业出版社,1993,50—100.
- [3] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质,1995,16(2):89—97.
- [4] 邓宏文,王洪亮,李熙哲. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质,1996,17(3):177—184.
- [5] 关荣木. 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):1—8.
- [6] 张昌民. 储层研究中的层次分析法[J]. 石油与天然气地质,1992,13(3):344—350.