

⑩ 321-324

三间房组油藏沉积旋回及对注水开发的影响<sup>†</sup>

孙 卫 曲志浩 刘林玉 朱玉双

TE34

(西北大学地质学系, 710069, 西安; 第一作者 45 岁, 副教授)

**摘 要** 按储层沉积旋回和沉积韵律特征, 将三间房组油藏进一步细分为 24 个小层。结果表明: 油层动用程度好的层段主要为每一砂岩组底部的第 3、4 小层; 明显的沉积旋回和韵律性加剧了注水开发中的层间、层内矛盾, 使注入水单层突进严重, 含水上升较快, 开发效果不佳。

**关键词** 沉积旋回; 沉积韵律; 层间、层内矛盾; 注水开发效果; 鄯善油田

**分类号** TE34

油田开发

三间房组是鄯善油田中侏罗统的主力含油层系, 地层厚约 250 m~320 m, 平均厚 284.5 m。其储层岩性主要是一套河湖相沉积的中细—中粗粒为主的含砾砂岩、砾状砂岩和细砂岩。油藏单砂层厚度 2 m~14 m, 平均厚度 8.4 m, 最厚可达 30.3 m。含油层平均有效厚度 31.7 m 左右, 平均孔隙度 13.6%, 平均渗透率  $7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属低孔、低渗油层。

## 1 油层沉积旋回及沉积韵律特征

三间房组油藏地层的沉积主要受河流水动力条件控制。由于扇三角洲和辫状河三角洲的水上或水下分流河道不断地迁移改道及水动力强度的变化, 导致三间房组地层沉积具有明显的旋回特征。经野外对鄯善连木沁剖面实测, 结合岩心和沉积相分析, 以及沉积旋回特征, 三间房组可分为 5 个砂岩组 ( $S_1$ — $S_5$ )。砂岩组中除  $S_4$  为正—反复合旋回外, 其他均为正旋回, 在每一砂岩组中又可分出 3~4 个次一级正旋回砂层和多个具明显沉积韵律的单砂层。为了对在注水开发过程中控制油水渗流的基本单元——单砂层(小层)进行精细对比划分, 作者对三间房组的沉积韵律做了详细分类。

### 1.1 单一正韵律型

此类型是三间房组的主要沉积韵律类型, 由一个正韵律组成, 下部岩性较粗, 向上粒度变细。依据其特征可分为完全正韵律和不完全正韵律两种类型。

1.1.1 完全正韵律 自下而上岩性由粗逐渐变细, 粒度变化没有突变现象, 底部具有明显的冲刷面。下部为碎屑岩段, 自下而上粒度由粗逐渐变细, 一般由粗砂岩、中砂岩、细砂岩变为粉砂岩, 且物性由好逐渐变差; 上部为泥岩段, 自下而上由粉砂质泥岩变为泥岩。此类型在三间房组地层中普遍分布。

1.1.2 不完全正韵律 自下而上岩性由粗变细, 粒度变化常出现突变现象, 底部具有明显的冲刷面。下部为碎屑岩段, 自下而上碎屑岩粒度的变化不连续, 由中细砂岩、细砂岩、粉细砂岩或细砂岩夹粗砂岩组成, 缺乏粉砂岩段; 上部为泥岩段。此类型在三间房组地层中普遍分布。

### 1.2 迭加正韵律型

此类型是三间房组的主要沉积韵律类型, 一般由 2 个或 3 个单一正韵律迭加而成, 每个单一正韵律底部具有冲刷面。单一正韵律之间呈冲刷接触, 砂层之间缺失泥岩类层, 或者具有很薄的泥岩夹层。依据砂层的迭加韵律特征, 可将砂层进一步划分为 2 个或 3 个单砂层。

<sup>†</sup> 收稿日期: 1998-03-25

### 1.3 复合韵律型

此类型主要由砂岩和泥岩互层迭置形成,仅在局部地区的局部层段见到,不是三间房组的主要沉积韵律类型。

## 2 三间房组油层精细划分对比

### 2.1 油层粗细划分对比原则

(1)利用三间房组沉积的旋回性,以沉积韵律为划分标准,依据砂层的展布特征,将多个单一正韵律或者迭加正韵律组成的砂层进一步划分为若干个基本的砂层单元。如主要含油砂层  $S_2^1$  层由 3 个正韵律组合形成,电性、岩性相对稳定、直观,依据其特征将  $S_2^1$  砂层自上而下进一步划分为  $S_2^{1-1}$ 、 $S_2^{1-2}$  和  $S_2^{1-3}$  3 个基本小层。

(2)在对比划分中,以油藏二次测井解释结果和岩心分析为基础资料,将静态和动态资料相结合判别分析砂层在横向上的连通状况,并利用生产动态资料检验和校正砂层对比划分结果。目的是通过对单砂层的精细划分,搞清开发层系中每一含油砂体在纵、横方向上的变化、分布及连通特征,为进一步研究油藏注水开发中的油水运动规律奠定基础。

### 2.2 油层精细划分对比结果

依据划分对比原则,在原有砂层组划分方案基础上,将鄯善油田三间房组的 18 个砂层按沉积韵律和岩电关系,进一步精细划分为 24 个小层(表 1)。

## 3 沉积旋回及韵律对油层动用程度和油水运动的影响

### 3.1 对油层动用程度的影响

从油藏产液剖面统计结果可看出(表 2):①受沉积旋回影响,以  $S_2^1$ 、 $S_3^1$ 、 $S_4^1$  砂层动用程度最高,由于这些砂层均处在每一油层组的中底部第 3、4 小层,岩性、物性、含油性较砂层组上部相对要好,因此砂层的动用程度亦较高;②由于受沉积韵律和层内非均质性影响,在部分井段中油层仅在打开小层的下半段产油而上半段不产油。如鄯 6 井的  $S_2^1$  小层和 8—12 井的  $S_3^1$  小层。

从吸水剖面统计结果可看出(表 3),层位动用和厚度动用较为一致,以  $S_2^1$ 、 $S_3^1$ 、 $S_4^1$ 、 $S_5^1$  小层动用最好,动用层位也均为油层组中底部的第 3、第 4 小层。这是由于正韵律油层中底部岩性粗,渗透率高,注入水在重力和渗透率非均质性的双重作用下,首先沿底部高渗段推进<sup>[1]</sup>,因此在相同注水条件下正韵律油层的中底部吸水强度大,动用程度明显高于油层顶部。

从统计分析看,鄯善油田三间房组油藏受沉积条件影响,动用程度较高的层相对集中,以  $S_2^1$  层动用最好,其次为  $S_3^1$ 、 $S_4^1$ 、 $S_5^1$  和  $S_6^1$  小层。

### 3.2 对注水开发效果影响

由沉积旋回、沉积韵律特征而造成的油层层间和层内物性差异及孔隙结构非均质性的影响,在剖面上各小层间和层内吸水强度不同,可引起油水运动和开发效果上的差异。从油层的见水参数和注水层吸水剖面强度统计分析看,平面上呈连片分布、厚度稳定、物性均一的层,在剖面上也为主要产液层和吸水层。这些受沉积旋回和韵律影响的层,主要为砂层组中的第 3、4 小层,按研究区储层综合分类标准划分,这些层多为油藏中的 I、II 类储层。这类储层小层分布面积广,横向连通好,物性相对均一,且在注水开发中吸水能力强,水线推进快,易形成稳定的水线渗流通道,使这些开发初期产液较高的主力层注水后见效快,见水早,含水上升也快<sup>[2]</sup>。经统计,目前油藏主要含水层中 80% 以上为这些小层。如不同区块中的  $S_1^1$ 、 $S_2^1$ 、 $S_3^1$ 、 $S_4^1$  小层,由于剖面上的吸水差异,造成注水单层突进,导致主要见水层严重干扰见水少层或未见水层的产量。当注入水在主要吸水层一旦形成稳定水线渗流通道后,水驱波及面积得不到进一步扩大,单层含水不断上升,甚至造成某些产层注水后不但不产油,反而发生倒灌现象(如 10—20 井  $S_2^1$  小层对  $S_3^1$  小层的影响),使单井生产能力大幅度降低。这种由沉积旋回和沉积韵律引起的注水开发现象在

表 1 鄯善油田三间房组小层精细划分  
Tab. 1 The Accurate Division of Substratum for Sanjianfang Formation in Shanshan Oil Field

层位		三间房(J <sub>3s</sub> )											
		S <sub>1</sub>			S <sub>2</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>4</sub>		
砂层	S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	S <sub>1</sub> <sup>3</sup>	S <sub>2</sub> <sup>1</sup>	S <sub>2</sub> <sup>2</sup>	S <sub>2</sub> <sup>3</sup>	S <sub>3</sub> <sup>1</sup>	S <sub>3</sub> <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> <sup>3</sup>	S <sub>4</sub> <sup>1</sup>	S <sub>4</sub> <sup>2</sup>	S <sub>4</sub> <sup>3</sup>	S <sub>4</sub> <sup>4</sup>
小层	S <sub>1</sub> <sup>1-1</sup>	S <sub>1</sub> <sup>1-2</sup>	S <sub>1</sub> <sup>1-3</sup>	S <sub>2</sub> <sup>1-1</sup>	S <sub>2</sub> <sup>1-2</sup>	S <sub>2</sub> <sup>1-3</sup>	S <sub>3</sub> <sup>1-1</sup>	S <sub>3</sub> <sup>1-2</sup>	S <sub>3</sub> <sup>1-3</sup>	S <sub>4</sub> <sup>1-1</sup>	S <sub>4</sub> <sup>1-2</sup>	S <sub>4</sub> <sup>1-3</sup>	S <sub>4</sub> <sup>1-4</sup>

表 2 三间房组油藏产液剖面测试成果对比表  
Tab. 2 Testing Result Comparison of Fluid Producing Section in Sanjianfang Formation Reservoir

层位	产液层/射开层												层数动用/%												厚度动用/%											
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1991	1992	1993	1994	1995	1996												
S1	/	6/7	7/7	12/12	8/9	2/2	/	130.3/	110.8/	168.6/	110.9/	26.4/	/	85.7	100	100	88.9	100	/	86.9	87.6	89.4	84.8	70												
S2	4/4	19/22	20/20	22/23	14/16	5/5	69/82	254.8/	296.1/	322.2/	243/	97.01/	100	86.4	100	95.7	87.5	100	83.2	86.5	90.9	89	88.2	89.8												
S3	1/1	15/15	13/14	12/13	8/9	3/3	24.3/	218.9/	219.9/	193.7/	144.2/	58.3/	100	100	92.9	92.3	88.9	100	100	90.9	92.7	87.6	82.2	100												
S4	2/2	6/6	7/7	5/8	4/5	2/2	22.6/	67.4/	64.6/	53.2/	54.3/	21.4/	100	100	100	62.5	80	100	94.9	95.6	94	59.5	81.7	69.5												

表 3 三间房组油藏吸水剖面测试成果对比表  
Tab. 3 Testing Result Comparison of Fluid Absorbing Section in Sanjianfang Formation Reservoir

层位	吸水层/射开层												吸水厚度/射开厚度/m												层数动用/%												厚度动用/%											
	1992	1993	1994	1995	1996	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1992	1993	1994	1995	1996	1992	1993	1994	1995	1996	1992	1993	1994	1995	1996																						
S1	27/33	34/38	32/34	40/45	20/21	215.9/	284.6/	342.1/	401.6/	149.7/	81.8	89.5	94.1	88.9	95.2	76.8	91	82.6	89.6	68.8																												
S2	85/96	75/89	80/81	76/82	28/30	1 197.9/	1 138.71/	1 209.6/	1 130.4/	360.2/	88.5	84.3	98.8	92.7	93.3	84.3	83	84.3	77.4	80.3																												
S3	24/42	41/44	32/39	38/43	15/19	272.7/	453/	358.2/	392.8/	159.7/	81	93.2	82.1	88.4	78.9	76.2	94	76.2	73	69.8																												
S4	28/30	23/25	24/27	19/26	9/11	196.4/	199.2/	188.6/	184.1/	80.7/	93.3	92	88.9	73.1	81.8	76.1	81/7	69.3	51.2	68.6																												

三间房组油藏中表现较为突出。

## 4 结 论

(1) 鄯善油田三间房组油藏按沉积旋回和沉积韵律特征可划分为 5 个砂岩组、18 个砂层和 24 个小层。沉积旋回除  $S_4$  为正一反复合旋回外,其他均为正旋回。沉积韵律类型主要有单一正韵律、迭加正韵律和复合韵律,前两种韵律类型在油藏中普遍存在。

(2) 受沉积旋回影响,油层动用程度好的层段主要为每一砂岩组中、底部的第 3,4 小层。如  $S_1^3, S_2^3, S_3^3$  和  $S_4^3$  小层。在同一小层由沉积韵律特征造成上段与下段产液、吸水的明显差异。

(3) 由于三间房组沉积旋回和沉积韵律性明显,使油层层间、层内矛盾加剧,注入水单层突进严重,主要见水层干扰见水少或未见水层的产量,导致注入水仅沿个别层形成主渗流通道,单层含水上升快,水驱波及面积不能得到有效的扩大,达不到理想的注水开发效果。

参加本研究工作的还有张正、苟红光、丁放、崔文福、赵晨影、孙浩和冯莉恒等同志。

## 参 考 文 献

- 1 王觉民,陈家忠. 开发地质学. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1993. 25~126
- 2 贾文瑞,李福坤. 低渗油田开发部署中几个问题的研究. 石油勘探与开发,1995,22(4):47~51

责任编辑 张银玲

## Effect on Waterflooding Result by Sedimentary Cycle and Sedimentary Rhythm of Oil Reservoir in Sanjianfang Formation

Sun Wei Qu Zhihao Liu Linyu Zhu Yushuang

(Department of Geology, Northwest University, 710069, Xi'an)

**Abstract** The Sanjianfang Formation's oil reservoir can be divided into 24 substratums in detail on sedimentary cycle and sedimentary rhythmic character of reservoir. Affected by that, the well exploited sections are mainly the 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> sand substratums that lie in the middle and bottom of every sandstone formation, the apparent sedimentary cycle and sedimentary rhythm augment the conflicts of interior reservoirs and exterior reservoirs. During the process of waterflooding, the injected water break through seriously in single layer, and the content of water increases quickly. The development result isn't satisfying.

**Key words** sedimentary cycls; sedimentary rhythm; conflict of interior reservirs and exterior reservoirs; development result of waterflooding; Shanshan Oilfield