

# 石南4井区头屯河组低饱和度油藏水平井开发动用技术研究

于成龙

中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司

**摘要:** 石南4井区J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>油藏扩边区位于陆梁隆起西南部的夏盐凸起。针对石南4井区侏罗系J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>油藏扩边区油层厚度薄、含油饱和度低、直井开发效果不佳等问题,通过运用GR拟声波反演、精细油藏工程研究,三维地质建模、水平井跟踪调整等技术手段,刻画了砂体、油层平剖面展布范围,确定了以水平井的开发方式,共部署水平井3口,实现低饱和度油藏储量的有效动用。

**关键词:** 石南4井区; 头屯河组; 低饱和度; 水平井

## 引言:

石南4井区头屯河组油藏是1996年发现的一个构造-岩性油藏,油藏位于陆梁隆起西南部的夏盐凸起,开发层系为侏罗系头屯河组J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>,储层岩性主要为细砂岩、中砂岩和不等粒砂岩。油层平均孔隙度16.8%;平均渗透7.22 mD,属中孔低渗储层。通过前期扩边井的生产情况发现,直井开发效果不佳,难有经济效益。因此,如何认识石南4井区头屯河组油藏的地质特征,采用什么样的开发方式、技术手段才能改善扩边区油藏的开发效果,是必须解决的难题。

## 1 油藏基本情况

石南4井区J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>油藏扩边区位于准噶尔盆地腹部石南油田,构造形态总体上为一南倾的单斜,地层倾角2°~3°。主要发育燕山运动早期形成的北东-南西向与北西-南东向两组相互切割的断裂体系,断裂多数从三叠系断至白垩系底部,皆为正断层(表1)。

表1 石南4井区断裂要素表

序号	断裂名称	断裂性质	断开层位	目的层 断距m	断裂产状		
					走向	倾向	延伸长度 km
1	基002井东断裂	正	K、J	20-50	北东-南西	南东	6.8
2	基006井西断裂	正	K、J	15-40	北东-南西	南东	3.9
3	基003井北断裂	正	K、J	10-15	北西-南东	南西	3.3
4	石南9井东断裂	正	K、J	10-15	北西-南东	南西	3.7
5	基006井南断裂	正	K、J	10-15	北东-南西	南东	1.9

石南4井区J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>以三角洲前缘和三角洲平原沉积为主,三角洲前缘的水下分流河道和河道间微相为该区主要有利沉积相带,扩边区主要发育水下分流河道、水下分流河道间及席状砂微相。扩边区J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>砂体在平面上分布较稳定,呈现往北逐渐变薄至尖灭,东、西部较厚中部变薄的特征,砂体厚度0~14.0m,平均为9.0m。储层岩性主要为细砂岩、中砂岩和不等粒砂岩。

## 2 存在问题

石南4井区头屯河组油藏油井初期含水差异大,平面上分布不均,油藏的主控因素认识不清;部署区油层厚度薄、含油饱和度低;部署区直井开发难有经济效益。

## 3 低饱和度油藏开发动用研究

### 3.1 GR拟声波反演落实砂体展布范围及岩性边界

通过对比分析,自然伽马和电阻率能较好的区分、识别石南4井区头屯河组砂泥岩。利用波阻抗反演精确预测砂体展布范围及岩性边界,为扩边部署提供依据。扩边区J<sub>2</sub>t<sub>2</sub>砂体厚度0m~14.0m,平均厚度9.0m,呈现往北逐渐变薄至尖灭,东、西部较厚中部变薄的特征(图1)。

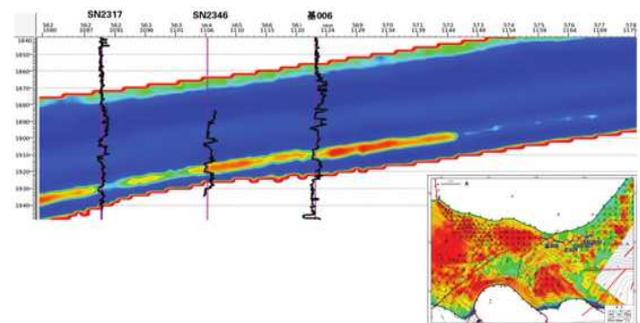


图1 过SN2317-SN2346-基006井波阻抗反演地质解释剖面

### 3.2 落实油层展布范围

根据油层标准下限准确刻画油层展布, 石南4井区  $J_2t_2$  油层厚度为0~14.5m, 平均6.7m, 扩边区  $J_2t_2$  油层厚度为0~8.5m, 平均4.0m。石601井附近油层厚度大, 向北逐渐减薄直至尖灭, 向南逐渐减薄, 扩边区与开发区油层连通性好(图2)。

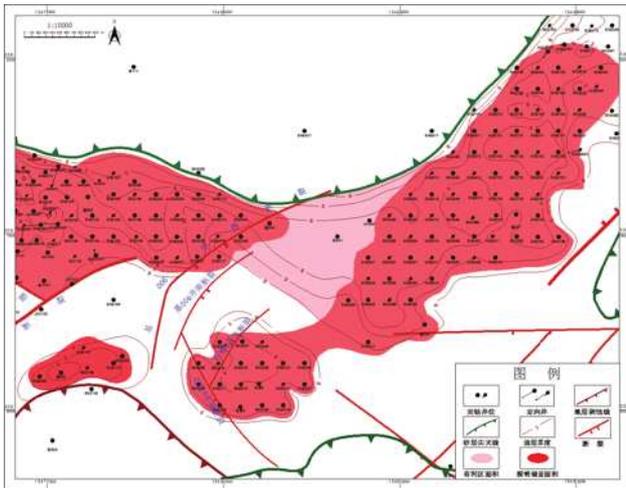


图2 石南4井区  $J_2t_2$  油藏扩边区油层厚度等值线

### 3.3 低饱和度油藏水平井开发部署技术运用

通过开展精细油藏工程研究, 优化关键参数, 确保水平井对储量的有效动用(图3)。

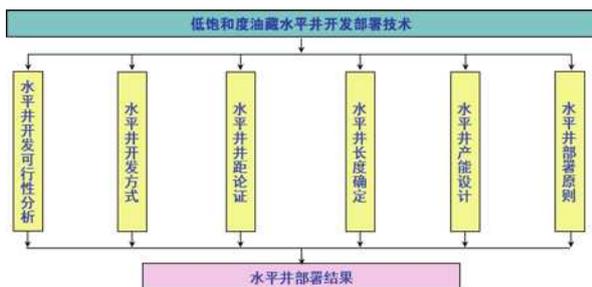


图3 水平井开发部署技术路线图

### 3.4 水平井跟踪调整技术

#### 3.4.1 水平井钻前模型建立

利用Petrel三维地质模型建立油藏含油饱和度模型、砂体顶面构造模型, 预测上部标志层、入靶点, 开展SNHW201、SNHW202、SNHW203水平井精细地质设计(图4)。

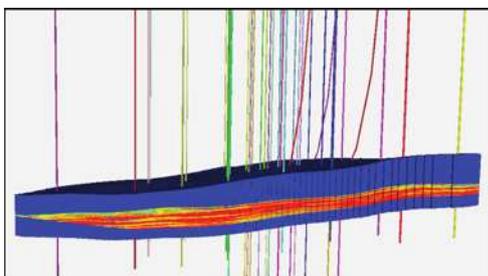


图4 扩边区  $J_2t_2$  油藏含油饱和度模型

### 3.4.2 薄油层合理着陆角度研究

利用工程轨迹计算, 制定不同厚度油层入靶前轨迹控制方法, 科学合理指导水平井顺利入靶。部署区油层厚度在0.0~6.0m之间, 着陆角度控制在84~85°(表2~表3, 图5)。

表2 不同着陆角度入靶深度表

着陆角度	入油层深度 (m)		
	6度狗腿	7度狗腿	8度狗腿
70	17.25	14.79	12.94
71	15.58	13.35	11.67
72	14.00	11.99	10.50
73	12.48	10.70	9.35
74	11.06	9.42	8.30
75	9.72	8.25	7.29
76	8.40	7.15	6.34
77	7.30	6.13	5.45
78	6.22	5.20	4.63
79	5.22	4.33	3.87
80	4.31	3.54	3.19
81	3.48	2.83	2.56
82	2.74	2.20	2.01
83	2.09	1.65	1.52
84	1.52	1.17	1.10
85	1.04	0.77	0.74

表3 不同厚度油层着陆角度控制方法

油层厚度	(2~6m)	(6~10m)
正常	84~85° (入油层0.7~1.5m)	81~83° (入油层1.5~3.5m)
提前	加快造斜, 注意轨迹整体平滑	加快造斜, 注意轨迹整体平滑
延后	保持角度稳斜钻进	稳斜或微降斜钻进

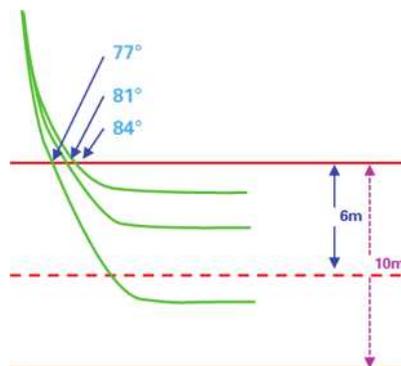


图5 不同着陆角度轨迹示意图

### 3.4.3 建立基于随钻资料的油层分类标准

SNHW201井完钻后, 通过LWD测井与XTREAM测井的对比发现随钻LWD测井对钙质夹层响应不明显, 导致该井没有及时调整轨迹, 钻遇大量的钙层, 因此基于随钻测、录井资料建立了油层分类的标准, 按照该油层分类标准, 随后完钻的SNHW203、SNHW202井油层钻遇率不断提高, 对该区水平井提高油层钻遇率具有一定的指导意义(表4, 图6~图7)。

表4 基于随钻录井-测井油层划分标准表

项目		油层分类			
		一类	二类	三类	非油层
录井	钻时 (min/m)	< 7	4-8	5-17	> 17
	岩屑	细砂岩	细砂岩、 泥质细砂岩	泥质细砂岩、 泥质粉砂岩	泥质粉砂岩、 粉砂质泥岩、 钙质砂岩
	气测 (%)	> 3.5	2.5-3.5	1.0-2.5	< 1.0
测井	RT ( $\Omega \cdot m$ )	> 10	8-10	6.5-8	< 6.5或> 18
	GR (API)	< 80	80-95	95-110	> 110

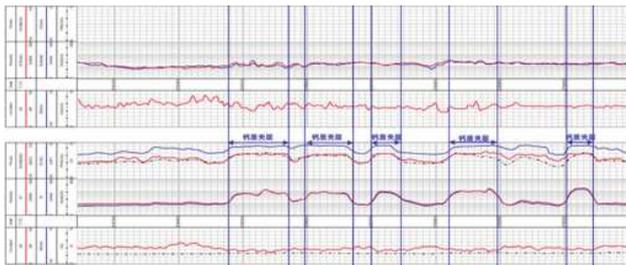


图6 LWD测井(上)与XTREAM测井(下)对比图

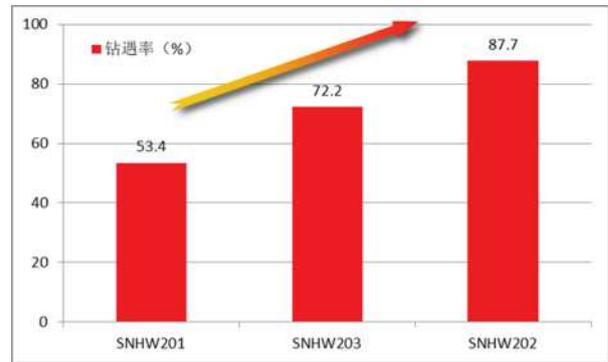


图7 测井解释油层钻遇率柱状图

#### 4 经济及社会效益

##### 4.1 经济效益

根据油藏工程及数值模拟技术预测, 3口井15年后累积产油 $4.97 \times 10^4 t$ , 按净利润371元/吨计算, 预计净利润1844万元(图8)。

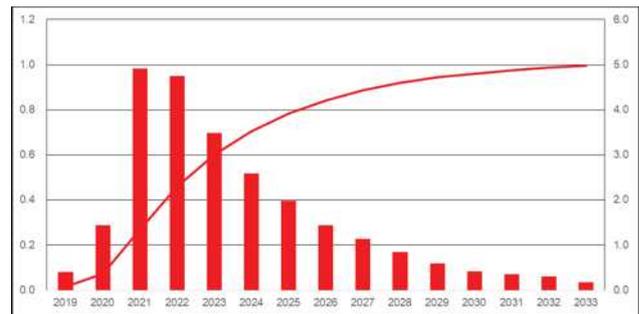


图8 三口水平井年产量柱状图

##### 4.2 社会效益

本项目形成的低饱和度油藏水平井开发动用配套技术, 采用“水平井+多段分级压裂”的开发方式, 将给相似油藏提供有效的开发经验, 具有良好的推广前景。