

# “相控砂体”理论指导塔河油田 底水砂岩油藏剩余油挖潜

刘培亮, 丁民江, 汪国成, 徐 燕

(中国石化 西北油田分公司 采油一厂, 新疆 轮台 841600)

**摘要:**塔河油田底水砂岩油藏属辫状河平原相沉积,以“相控砂体”理论为指导,结合夹层展布及其与轨迹在微相中不同的位置关系,开展河道与心滩砂体连通性研究,并利用数值模拟手段,明确砂体叠置结构特征对水驱方式和剩余油分布的影响,有效指导高含水期剩余油的挖潜工作。

**关键词:**“相控砂体”理论;砂体叠置;剩余油挖潜;数值模拟

中图分类号:TE343

文献标识码:A

## Application of “sedimentary facies controlled sand body” theory in remaining oil tapping of sandstone reservoirs with bottom water in the Tahe Oil Field

Liu Peiliang, Ding Minjiang, Wang Guocheng, Xu Yan

(No.1 Oil Production Plant, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841600, China)

**Abstract:** The sandstone reservoirs with bottom water in the Tahe Oil Field belong to plains of braided river facies. We studied the connectivity between channel and channel bar sand body based on the “sedimentary facies controlled sand body” theory and combined with intercalation distribution and its relationship with micro facies. By using numerical simulation, we analyzed the influence of sand body superimposition on water flooding mode and remaining oil distribution, which could guide remaining oil potential tapping during high water-cut stages.

**Key words:** “sedimentary facies controlled sand body” theory; sand body superimposition; remaining oil potential tapping; numerical simulation

### 1 塔河油田底水砂岩油藏概况

塔河油田一、九区主要开发层位为三叠系下油组,油藏埋深在 4 600 m 左右,属底水、低幅断背斜、中孔、中高渗块状砂岩油藏。该区下油组油藏为典型的辫状河三角洲沉积,以辫状三角洲平原亚相为沉积主体。主要发育 2 种砂体微相组合类型:分流河道、心滩坝。河道呈多期叠置,横向摆动频繁。纵向上多以复合正韵律为主,发育多套夹层,平面上夹层零星展布,以泥质夹层及物性夹层为主,钙质夹层发育较少。

### 2 “相控砂体”理论的深入认识

前期主要根据沉积韵律进行小层对比,把含油砂体划分为 4 个韵律段,夹层以顺层展布为主,主要为泥质和钙质夹层,以区块或区域这种大的沉积

背景开展研究;生产实践表明轨迹穿过的夹层,其展布方式可能与前期认识具有较大区别。

刘钰铭等对辫状河沉积微相研究表明<sup>[1]</sup>,辫状河三角洲以河道和心滩微相为主,平面上表现为“宽坝窄河道”的分布形式,层内夹层主要有 3 种类型,即废弃河道泥、泛滥平原泥以及心滩坝内部的落淤泥层(泥质或粉砂质泥岩),其中废弃河道泥为侧向上砂体边界,以侧积为主,规模与河道大小相同;泛滥平原泥为河道或心滩顶部大片泥质沉积,顺层展布;落淤泥层为泥质粉砂岩或泥岩。

在上述认识的基础上,对砂体展布和层内夹层重新认识,提出“相控砂体”理论,认为单井控制的砂体纵向及平面均存在非均质性,单砂体微相即为沉积相的缩影,沉积微相控制砂体的展布及非均质性。

泛滥平原泥展布范围大,夹层顶部动用程度低;同一种微相,河道中央与边缘物性差异大,边缘

孔渗低、动用程度低;中央高渗,但由于水平段以底水锥进为主,井间未动用;心滩落淤泥层上水平段以边水舌进为主,顶部具有剩余油潜力,针对这些剩余油开展针对性的挖潜措施取得了一定效果。

### 3 “相控砂体”理论指导剩余油挖潜

在“相控砂体”理论指导下,结合夹层展布特征及其与轨迹在微相中不同的位置关系,开展河道与心滩砂体连通性研究,明确不同类型砂体接触叠置关系及内部构型特征对水淹规律的控制。再结合生产动态资料,利用数值模拟手段,明确砂体叠置结构特征对水驱方式和剩余油分布的影响。针对不同类型剩余油分布情况,确定下一步有效的挖潜方向,及时调整开发政策,有效指导高含水期剩余油的挖潜工作。

通过“相控砂体”研究认为剩余油存在 3 种赋存方式:井周、井间、纵向。针对不同剩余油分布实施配套措施挖潜。剩余油在井周的近井地带通过注介质(地层水)扰动采出;剩余油在井间边部低渗处通过井组液量优化动用,在井间河道间高渗处通过注氮气泡沫驱挖潜;纵向上在韵律段间剩余油也通过注氮气泡沫驱采出(表 1)。

## 4 剩余油挖潜认识及应用

### 4.1 井组液量优化改变压力场,驱动井间剩余油

对于河道边部低渗类型剩余油开展改变井间流线工作动用井间剩余油。在上述微相研究基础

上,结合轨迹与夹层配置关系,通过对与底水沟通油井的提液实现夹层上井间低渗剩余油的动用。在精确研究夹层展布方式、轨迹配置关系、水淹规律和剩余油精细认识的基础上,针对存在一定动态响应的井组利用邻井提液引流,扩大夹层之上次生边水的波及体积,充分动用井间剩余油。

一区西部的 TK116H、TK118H 2 口井位于同一套夹层之上,2 口井跟趾端相向,TK118H 井趾端穿越夹层与底水沟通,主产水,TK116H 井生产段为跟端且低渗,生产过程中供液较差(图 1)。但 TK116H 井累产低,前期以趾端主产为主,趾端堵水后跟端 30 m 生产受夹层遮挡供液差,轨迹位于河道边部位,边部纵向上韵律段多期叠置,由不同河道间叠置接触出现的低渗带,井间低渗带剩余油潜力较大,且数模研究表明井间剩余油饱和度高。在此认识基础上,对 TK118H 井提液,液量由 60 t 提至 90 t,通过改善夹层上供液情况,提高井间剩余油的动用程度。提液后对应邻井 TK116H 井含水从 96% 下降至 20%,日产油从 2 t 提高到 24 t。

### 4.2 注入介质扰动流态,动用井周剩余油

对于水平段下发育全遮挡夹层的油井,因夹层遮挡影响剩余油分布在夹层下及近井井周,夹层下剩余油无法通过本井采出。而井周近井地带剩余油通过开展注入介质激动改变井周压力场实现动用。

在上述夹层展布范围研究的基础上,利用油井水平段下夹层遮挡、平面渗透率大于纵向渗透率的原理,通过井筒注入介质平面推进,注入后渗流半

表 1 砂岩油藏剩余油分布类型及挖潜对策

Table 1 Distribution types and potential tapping measurements for remaining oil in sandstone reservoirs

剩余油分布		剖面图	平面图	挖潜方向
大类	细类			
井周	近井地带			注入介质扰动
井间	边部低渗			井组液量优化
	河道间高渗			注氮气泡沫驱
纵向	韵律段间			注氮气泡沫驱

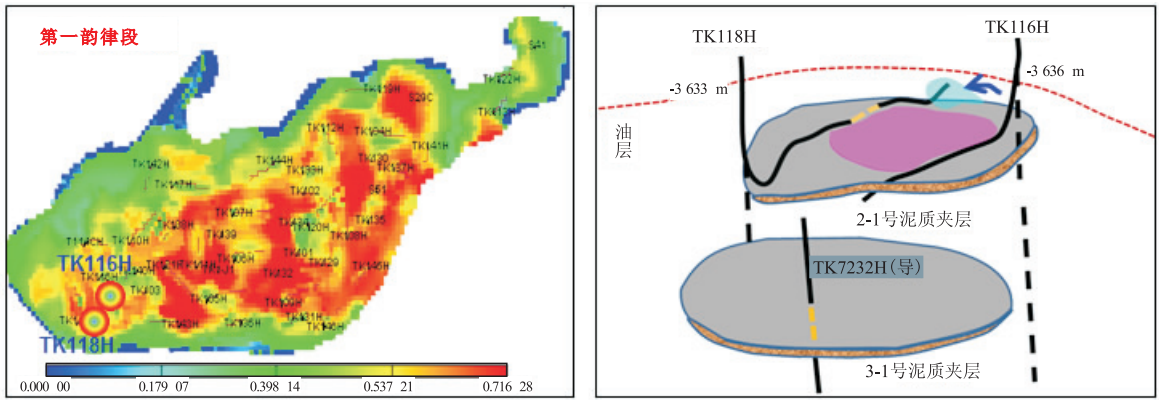


图 1 TK116H-TK118H 井组地质特征

Fig.1 Geologic features of wells TK116H-TK118H

径改变,改变夹层上压力场的分布,从而使井周剩余油重新分布,放大压差后动用井周剩余油。

利用有效封挡夹层对井周剩余油进行挖潜在塔河一区展开后,陆续在 TK104H、TK121H 等井实施。TK121H 井注入地层水 160 m<sup>3</sup>,关井 72 h 后开井生产,含水由 97% 下降到 80%,日产油由 2 t 上升至 8 t,稳定生产,累计增油 995 t。通过对夹层遮挡性的研究,对部分有夹层发育的低产水平井进行注入介质激动,共实施 7 口井,累增油 4 164 t。

### 5 结论

(1)在“相控砂体”理论指导下分析油井剩余

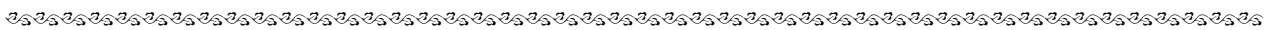
油分布,根据剩余油分布指引挖潜方向,制定挖潜措施。

(2)通过数值模拟手段和生产实例,验证“相控砂体”指导剩余油挖潜正确可行,将在塔河油田作为开发研究重点。

#### 参考文献:

[1] 刘钰铭,侯加根,王连敏,等.辫状河储层构型分析[J].中国石油大学学报,2009,33(1):7-11.

(编辑 叶德燎)



(上接第 4 页)

#### 参考文献:

[1] 张卫峰,柳建华,樊政军,等.塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层测井评价技术[J].中南大学学报:自然科学版,2006,37(1):188-192.

[2] 樊政军,柳建华,张卫峰.塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层测井识别与评价[J].石油与天然气地质,2008,29(1):61-65.

[3] 张海娜,杜玉山,王善江,等.塔河油田奥陶系潜山碳酸盐岩

储层特征及测井评价技术[J].测井技术,2003,27(4):313-316.

[4] 牛玉静,康志宏,龙旭,等.塔河油田奥陶系岩溶油藏溶洞储集体成因及演化[J].现代地质,2011,25(4):650-659.

[5] 徐薇,蔡忠贤,贾振远,等.塔河油田奥陶系碳酸盐岩油藏溶洞充填物特征[J].现代地质,2010,24(2):288-294.

[6] 徐薇,陈冬梅,赵文光,等.塔河油田奥陶系碳酸盐岩油藏溶洞发育规律[J].海相油气地质,2011,16(2):34-41.

(编辑 叶德燎)