

文章编号:1001-6112(2012)S1-0045-05

塔河油田低幅大底水 油藏油水混存带成因及开采对策

郭素华,曹敬华,王志军

(中国石化西北油田分公司,乌鲁木齐 830000)

摘要:根据塔河油田1区三叠系下油组的构造及油藏类型,分析其油水混存带形成的地质原因及测井特征,通过实际单井生产分析,提出根据水平井段所处构造位置、水平段钻井轨迹、测井解释渗透率、含油饱和度及可动水饱和度情况,开展老井高含水后实施封堵高渗段、开采低渗段的措施。新部署的水平井根据完钻情况各项解释参数,实施了分段变密度射孔生产的开采对策,取得了较好的控水增油效果。

关键词:油水混存带;含油饱和度;油藏类型;分段变密度射孔;塔河油田

中图分类号:TE34

文献标识码:B

Origins and development techniques of oil-water mixed belts in great low-amplitude reservoirs with bottom-water in Tahe Oil Field

Guo Suhua, Cao Jinghua, Wang Zhijun

(SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: According to the structure and reservoir types of the lower position of Triassic reservoirs in block 1 of the Tahe Oil Field, the geologic origins and the logging features of oil-water mixed belts were analyzed. Through actual production in single well, a new measure to plug in high-permeability zone and to explore in low-permeability zone in water-flooded wells was proposed, taking into consideration horizontal well tectonic location, drilling trajectory, logging permeability, oil saturation and movable water saturation. Based on drill completion and parameter interpretation, a new production measure of sectional variable density perforation was practiced in new horizontal wells, obtaining good effects in water control and oil production.

Key words: oil-water mixed belt; oil saturation; reservoir type; sectional variable density perforation; Tahe Oil Field

塔河油田1区三叠系下油组油藏位于沙雅隆起中段南翼的阿克库勒凸起西南斜坡桑塔木构造上,东邻达里亚背斜构造,西接艾协克背斜构造,南邻满加尔坳陷,北与阿克库勒断块潜山背斜构造带相连;该油藏属于低幅断背斜圈闭,边底水发育,天然能量充足。三叠系下油组砂体是一套巨厚砂岩,其间无稳定的隔层,只发育不稳定的薄的泥质或钙质夹层;砂体厚度在150 m左右,其中顶部为20 m左右的油层,下部为水层。下油组砂体为辫状河三角洲沉积,岩性为浅灰色细砂岩、中砂岩、含砾粗砂岩互层,局部夹深灰色泥岩;油藏物性较好,平均孔隙度为21.88%,渗透率平均值为 $809.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,整体属中孔、中—高渗储层。

研究认为塔河1区三叠系整个油藏油层油水

界限分明,电性特征明显,储层流体性质简单。但在油藏边部开发井开采过程中出现了大面积油水同出的现象,因此本文对该油藏油层的油水分布规律进行研究。

1 油水混存带成因分析

储集层中油、气、水的分布是十分复杂的多相系统。现代油藏概念认为,分布在气顶和底水之间的含油部位,是由2个基本层带组成的,即上部层带和下部层带(图1)。上部层带是含油饱和度最大或最稳定的层带,在这个层带中,除了油以外仅含束缚水(即地层的含水饱和度等于束缚水饱和度)。下部层带又可分成过渡带(位于该层的下部)和不完全饱和油带(位于该层带的上部),过渡

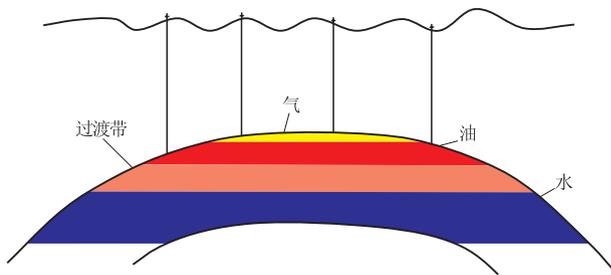


图 1 储集层中油气水的分布

Fig. 1 Distribution of oil, gas and water in reservoir

带处于完全饱和水的层界面之上及不完全饱和油层界面之下。过渡带内除了含束缚水之外,还含有较多的可流动的毛细管自由水,含油饱和度可以从零变化到某一最大值。而不完全饱和油带的范围相当宽,有时占据着整个油藏体积的一半以上,其含油饱和度变化范围也相当大^[1-2]。

2 油水混存带成因分析及测井特征

1 区三叠系油藏闭合高度只有 29 m,而东西长轴方向延伸近 8 000 m,计算该断背斜构造东西向地层的倾角不足 0.5°,属于超低幅度断背斜油藏,油藏油水密度差约为 0.34 g/cm³。从整个单斜构造上看,油在运移过程中,由于油、水重力分异作用,油沿地层上倾方向移动,聚集在构造高的部位。构造高部位为油层发育带因而油层厚度大;而构造低部位则由于受到构造及油、水重力分异作用影响,形成了一个明显的油水混存带。

储集层中所含流体性质不同其导电基理也不同,油气层孔隙是由渗流孔隙与微孔隙组成的双孔隙系统,油气聚集在渗流孔隙中,在电性上表现为

高阻特征,而聚集在微孔隙中的束缚水导电,使油气层电阻率降低,因而油气层电阻率大小主要受束缚水含量高低的影响,反映在电测曲线上为电阻率高值、自然电位异常幅度值小。位于油水混存带的油水同层,其含水部分为可动水与束缚水共存,由于可动水的导电性,油水同层在电性特征上电阻率要低于油层而高于水层;反映在测井曲线上为电阻率值低于油层、自然电位异常幅度比油层大。

低幅度油藏低部位油水分离不彻底,那么越往油藏边部油水分离就越差,也就是含油饱和度由高变低,反映在测井曲线上为电阻率值低于油层、自然电位异常幅度比油层大,生产特征上表现为一开井就见水的特点。

低部位油井油层电阻率明显偏低,深感应电阻率范围多在 0.5 ~ 0.8 Ω · m 之间,浅感应电阻率多在 2 Ω · m 左右,深浅电阻率之间存在负差异,深浅电阻率曲线明显分离(图 2)。中高部位油层电阻率普遍较高,深感应电阻率普遍大于 1.2 Ω · m (1.2 ~ 2.2 Ω · m 之间),浅感应电阻率多在 2 ~ 3 Ω · m,三电阻率曲线之间基本重合(图 3)。

低部位油井油层含水饱和度普遍高于中高部位油井,且测井资料显示低部位油井存在一定的可动水(图 2,3)。

3 油水混存带开采动态特征

从油藏高低部位单井生产情况对比看,低部位单井全部表现为投产即含水,没有无水采油期,中低含水期累产油量少,单井的累产油多为措施后中高含水期采出(表 1、图 4)。

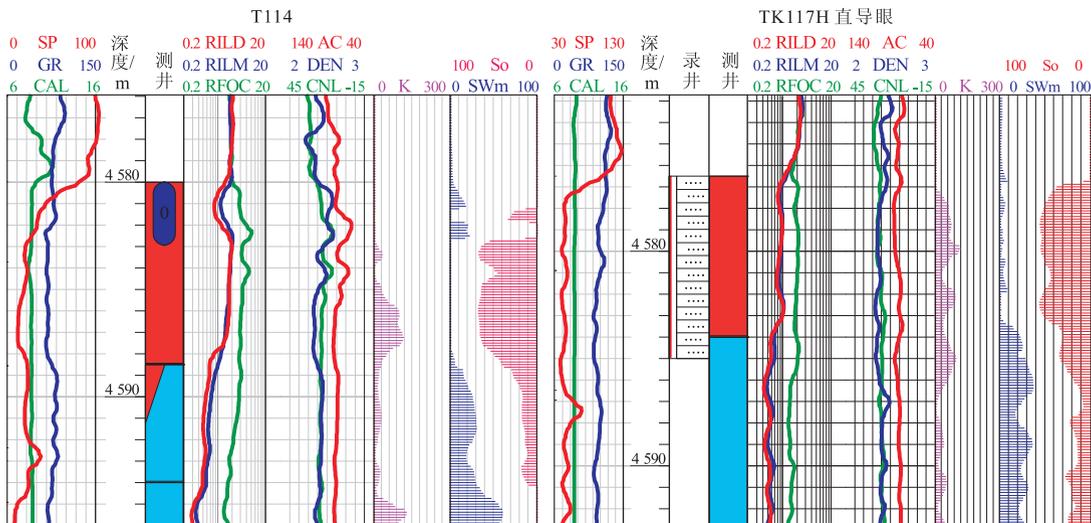


图 2 塔河油田 1 区三叠系油藏低部位水平井测井解释曲线

Fig. 2 Logging interpretative curves of horizontal wells in lower position of Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

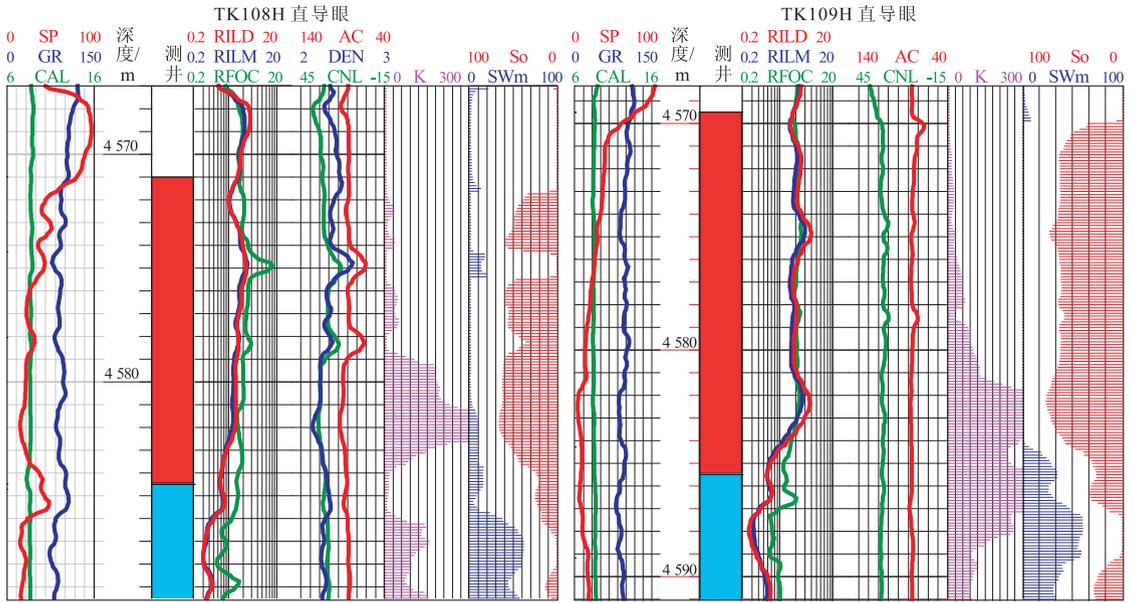


图 3 塔河油田 1 区三叠系油藏高部位水平井测井解释曲线

Fig. 3 Logging interpretative curves of horizontal wells in upper position of Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

表 1 塔河油田 1 区三叠系油藏高低部位单井测井及生产情况统计

Table 1 Single well logging and production in upper and lower positions of Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

构造位置	井号	实钻油层厚度/m	RILD(深电阻)/Ω·m	RFOC(浅电阻)/Ω·m	负差异	含油饱和度/%	无水采油期/d	无水采油量/t	累计产油量/10 ⁴ t
高部位	TK102	19	2	3	-1	70	174	13 676	15.2
	TK108H	13.5	1.2	2	-0.8	55	1 121	88 707	22.4
	TK107H	12.5	1.1	1.8	-0.7	52	394	39 732	19.1
	TK109H	16	2	2	0	70	493	343 395	14.0
	TK111H	19	1.5	2	-0.5	60	703	46 811	12.2
	TK112H	7	1.2	1.8	-0.6	50	347	26 629	13.3
	TK121H	9	1.2	2	-0.8	50	197	23 110	6.7
	TK120H	23	2.2	2	0.2	70	291	26 542	9.9
	TK103	17	1.3	2	-0.7	65	20	1 324	6.6
	TK110H	13.4	1.2	1.8	-0.6	50	46	3 097	5.3
低部位	S29	8.5	0.6	1.8	-1.2	0	0	0	0
	S41	6	1.1	3	-1.9	50	0	0	3.7
	TK113H	5.5	0.7	2.3	-1.6	50	0	0	1.7
	T114	8.5	0.8	2	-1.2	52	0	0	2.4
	TK117H	7.5	0.7	2	-1.3	42	0	0	1.5
	TK116H	10.55	0.5	1.2	-0.7	48	0	0	8.1
	TK119H	6.5	0.5	1.6	-1.1	22	8	322	2.8
	TK118H	9	0.7	1.5	-0.8	45	0	0	4.9

1 区三叠系油藏低幅度构造对局部油水分布和油水运动起控制作用。处于构造高部位的油井油层有效厚度大,含油饱和度高(高部位的油井油层平均含油饱和度为 55%),而油藏储层含油饱和度由高部位到低部位逐渐降低(表 1)。

从生产情况分析,高部位油井初期产量高,含水上升速度慢,无水期一般为 8~36 个月。位于构造中低部位的油井,由于油层有效厚度小,含油饱

和度低且离底水较近,初期产量较低,一般无水期 5~10 个月,见水后含水上升较快。而处于油藏边部的油井,一般没有无水采油期,同时由于油水相比,水的相渗透率较大,比油更易流动,故生产半年左右综合含水即上升至 85%。

初期边部水平井全部水平段射开生产,投产后含水上升快,产量递减大,在之后的措施中采取分段开采取得了比较好的产油量。

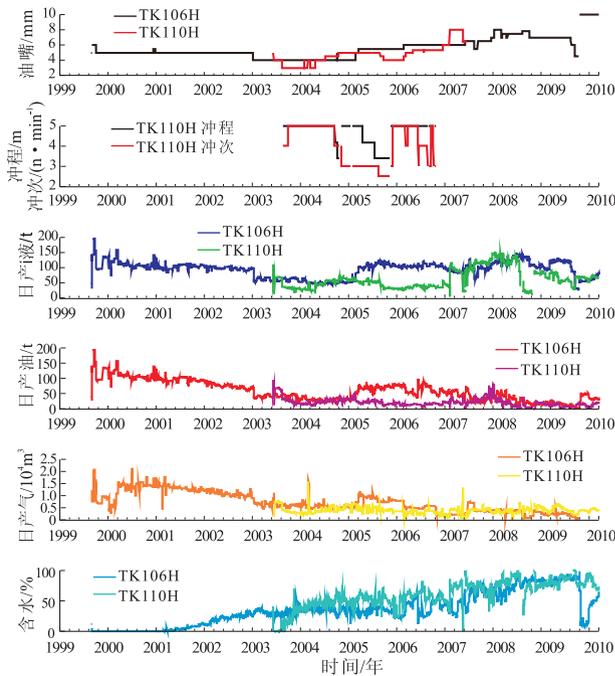


图 4 塔河油田 1 区三叠系油藏高低部位单井开采曲线

Fig. 4 Single well production curves in upper position of Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

4 油水混存带开发对策

对于这类油水混存带区域或者避水厚度小的底水油藏一直认为水平井适应性较差^[3]。分析其原因有两点:一是通过临界产量计算,水平井基本无无水采油期,或者无水采油期非常短暂,这样水平井压制水锥功效大幅度下降或者没有起到作用;二是油水混存带区域油层厚度小,底水厚度大,水平井中高含水后(部分井含水 90%),水平井无法实施有效的化学堵水工艺措施^[4]。

而通过实际生产分析认为:一是不能忽视了水平井增加与油藏的接触面积的作用,可以控制更多的底水油藏储量;二是生产压差小,生产相同的油量含水要低于直井。因此,可采用分段射孔开采技

术。这是一种类似于直井机械卡封的生产方式,可以有效避免长井段开采过程中出现的问题。

根据以上认识提出了对边部油水混存带水平井的开采对策:

(1) 老井高含水后封堵高渗段、开采低渗段。1 区三叠系边部共部署水平井 14 口,初期这部分单井都是全水平段射开生产,投产后即油水同出,低含水期采油量较低,在单井实施封堵高渗段、开采低渗段措施后,单井中低含水生产。分段生产很好解决了人为控制生产压差,使水平井的水平段从远井地带到近井地带固定生产压差生产的难题。通过现场应用,证实了该技术对减缓油水混存带油水同出时水渗流速度过快造成的快速高含水导致产油量下降有显著的效果(表 2)。

(2) 低部位水平井分段射孔投产。对于新部署的低部位水平井,在完井投产时,充分考虑水平井位置,钻井轨迹、水平井段渗透率、含油饱和度及可动水解释参数等,优化井段变密度射孔投产,同时在生产过程中保持合理生产压差生产。采用多段生产可以看成多口短曲率水平井。在实际生产应用中,新投产的 TK140H 等 3 口边部水平井取得了较好的生产效果。

根据 TK140H 水平井段渗透率等各项参数(图 5),制定该井优化射孔方案:射开井段 4 745 ~ 4 784 m, 4 804 ~ 4 874 m, 累计共射开 109 m; 避射井段 4 784 ~ 4 804 m(表 3)。该井 2009 年 11 月射孔投产后,初期日产液 35 m³, 日产油 18 t, 含水 50% 左右,生产情况一直比较稳定,至今累计产油 1.2×10⁴ t。

5 结论

1) 塔河油田 1 区三叠系低幅构造油藏低部位由于受到构造及油、水重力分异作用影响,形成了一个明显的油水混存带。该区带含油饱和度变低,

表 2 塔河油田 1 区三叠系油藏低部位单井不同含水阶段生产情况统计

Table 2 Single well productions during different water saturation stages in lower position of Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

井号	无水期/d	阶段采油量/t					累积采油量/t
		0 < F _w < 20%	20% < F _w < 40%	40% < F _w < 60%	60% < F _w < 80%	F _w > 80%	
TK110H	1 356	2 978	2 010	20 309	12 660	3 223	42 535
TK113H	0	370	1 484	943	10 211	1 778	14 786
TK116H	0	16 908	23 530	24 628	13 514	123	78 703
TK117H	0	0	0	588	4 648	9 824	15 059
TK118H	0	4 651	8 896	16 857	11 889	2 994	45 287
TK119H	322	380	5 976	8 030	9 231	3 932	27 872
TK122H	0	674	1 647	3 008	3 968	8 177	17 474

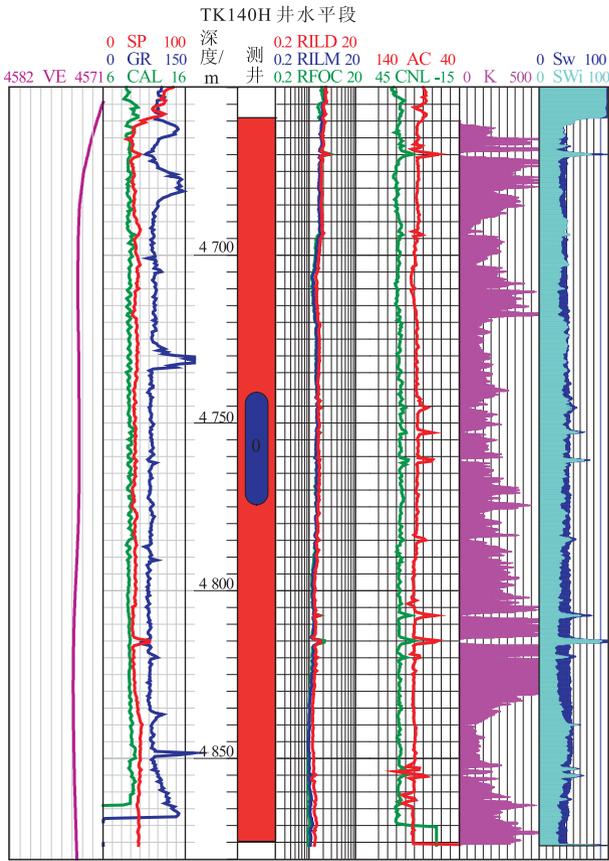


图 5 塔河油田 1 区三叠系油藏 TK140H 水平井轨迹与渗透率曲线

Fig. 5 Track and permeability curves of horizontal well TK140H in Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

反映在测井曲线上为电阻率值低于油层、自然电位异常幅度比油层大,生产特征上表现为一开井就见水的特点。

表 3 塔河油田 1 区三叠系油藏 TK140H 水平井段射孔段具体数据

Table 3 Perforation concrete data of horizontal well TK140H in Triassic reservoirs in block 1, Tahe Oil Field

井段/ m	长度/ m	孔密范围/ (孔·m ⁻³)	方位	变化模式
4 745 ~ 4 769	24	14	六方位	减小孔密
4 769 ~ 4 784	15	12	六方位	减小孔密
4 804 ~ 4 815	11	16	四方位向上	正常孔密
4 815 ~ 4 824	9	6	四方位向上	减小孔密
4 824 ~ 4 831	7	8	四方位向上	减小孔密
4 831 ~ 4 836	5	10	四方位向上	减小孔密
4 836 ~ 4 851	15	12	四方位向上	减小孔密
4 851 ~ 4 861	10	10	四方位向上	减小孔密
4 861 ~ 4 874	13	10	六方位	减小孔密

2) 水平井泄油面积大,可以有效地控制储量,水平井在分段射孔时,可以充分考虑水平井位置,水平井段渗透率、含油饱和度及可动水解释参数等,灵活优化划分分段开采井段及变密度射孔投产,可取得较好的控水增油效果。

参考文献:

[1] 曾澌辉,金之钧. 油气二次运移和聚集物理模拟[M]. 北京:石油工业出版社,2000.

[2] 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 北京:石油工业出版社,1994.

[3] Yildiz T. Inflow Performance Relationship for Perforated Horizontal Wells[M]. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers Inc,2001.

[4] 万仁溥. 中国不同类型油藏水平井开采技术[M]. 北京:石油工业出版社,1997.

(编辑 徐文明)