

文章编号: 1001-6112(2011)S1-0138-05

# 塔河油田三叠系底水油藏提高射孔位置研究

高 奇, 李 肃, 刘培亮, 王 瑞

(中国石化 西北油田分公司 塔河采油一厂, 新疆 轮台 841604)

**摘要:**底水碎屑岩油藏多井次的井筒剩余油监测表明,射孔段底水上升情况主要分为三类型:仅底部层段水淹、层段全部水淹、层段部分水淹。通过对油层水淹类型与油藏性质分析,针对底水碎屑岩油藏油井已射孔层段顶部剩余油挖潜工作获得了较大的成功,多井次获得高产,该类措施有效率也较高。针对储层物性、生产因素等影响,射孔层段顶部剩余油较丰富层段的提高射孔位置措施将做为一个重要的挖潜手段,大大提高底水碎屑岩油藏开发。

**关键词:**剩余油测井;提高射孔位置;层内挖潜;直井;底水碎屑岩油藏;塔河油田

**中图分类号:**TE349

**文献标识码:**A

## Studies to raise perforation position in Triassic reservoir with bottom water, Tahe Oil Field

Gao Qi, Li Su, Liu Peiliang, Wang Rui

(No. 1 Tahe Production Plant, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841604, China)

**Abstract:** Based on the supervisions of remaining oil in well bore, the perforated parts of clastic reservoirs with bottom water are water-flooded in 3 different extents: a) only the bottom; b) the whole; c) some parts. According to the analyses of water-flood types and reservoir characteristics, the production of remaining oil at the top of perforated part in clastic reservoir with bottom water has achieved success. Taking into consideration of the influences of reservoir physical properties and production measurements, raising the perforation position is an important way to improve yielding rate when remaining oil is rich at the top of perforated part.

**Key words:** well logging for remaining oil; raise perforation position; inner redevelopment; vertical well; clastic reservoir with bottom water; Tahe Oil Field

本次研究对象为塔河油田三叠系碎屑岩较大底水油藏直井段,主要为  $T_2a^1$ ,  $T_2a^3$ , 部分  $T_3h^3$ 。根据前期塔河油田采油一厂针对该类油井已开发层段的措施挖潜,按照射孔情况分为 3 类,分别是回采前期生产层段、动用顶部新层、原射孔段提高射孔位置。

本文主要针对较大底水碎屑岩油藏油井原射孔段提高射孔位置进行分析。

### 1 2010 年措施效果

经过多年开采,目前塔河塔采一厂已进入老井精细管理阶段,从 2008—2010 年开展了提高射孔位置、层内打隔板等新措施思路,并取得了良好的效果。

截止到 2010 年 8 月 22 日,2010 年塔采一厂完成提高射孔位置措施 7 井次,累计增油 12 934 t,同期塔

采一厂完成措施作业 151 井次,累计增油 118 237 t;提高射孔位置占总措施作业井次的 4.6%,而增油占总措施增油的 10.9%,其效果明显好于其它措施,且易获得高产。

本文将结合直井段剩余油测井、油井生产特征、油井固井质量、层段物性等进行分析,力图找出较普遍的规律,为后期在提高射孔位置措施方面提供一些准确、有用的信息。

### 2 剩余油测井认识

#### 2.1 底水锥进原理

油井生产中由于生产压降而产生力作用,油水接触面将出现变形,这个变形通过试验表明,呈图 1 中的形状。通常当产量增加时,水层的水越过油水界面而向油层中侵入,锥体就升高,超过一定采油量时,锥体就逐渐上升到井底,在此之后,水就大

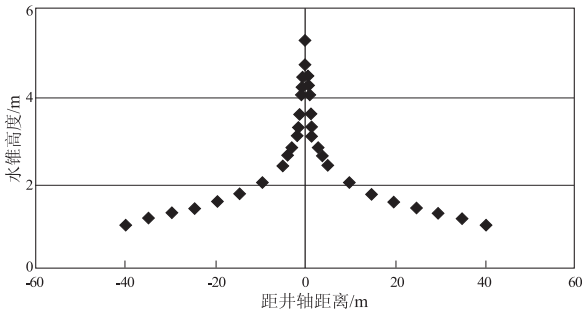


图 1 距井轴不同距离处水锥高度变化曲线

Fig. 1 Changes of water cone height at different distances from well axis

量涌入井筒,油水界面发生变形<sup>[1-6]</sup>。

### 2.2 直井水淹情况与剩余油监测

剩余油测井能很好的反映生产层段的含水饱和度情况,通常含水饱和度高的层段,产液含水高;含水饱和度低的层段,产液含水低。

(1)剩余油测井反映井筒约 0.5 m 深油层的含水饱和度和原始含水饱和度变化情况,含水饱和度的变化情况在一定程度上反映了底水的水锥和油层水淹情况。

(2)直井段产层含水饱和度变化情况除了受底水水锥进影响外,还受油井生产、井筒固井质量、射孔段避水高度、油层物性、隔夹层分布等综合影响。

(3)对于生产时产液层段,当前含水饱和度较原始含水饱和度升高越高,水淹越严重,该层产液含水越高。

(4)当前含水饱和度较原始含水饱和度变化小的层段,水淹不严重甚至未水淹,该层产液含水较低,可能产液也可能未产液。

### 2.3 历年剩余油测井分析

为弄清底水油藏开发后的剩余油分布及底水锥进情况,作者收集了塔采一厂几乎所有的剩余油测井资料,通过对比,选出符合条件油井 10 口、11 井次。选井条件如下:1)测井段直井段有较大底水油藏;2)直井段底水油藏前期生产,能证实该段产出;3)测井时,能证实该底水油层段射孔产出液已中、高含水。

考虑后期的层内挖潜措施,通过对比,除 1 口井较异常不统计,根据射孔段含水饱和度情况将其余 10 口井次分为 3 种类型:射孔段底部水淹、射孔段部分水淹、射孔段全淹。

#### 2.3.1 射孔段底部水淹

该类型表现为油层生产中、高含水,剩余油测井显示仅射孔段底部含水饱和度升高,射孔段大部分及以上部分的含水饱和度与原始测井含水饱和度接近或相同(表 1)。

射孔段底部水淹井具有以下特征:1)渗透率上低下高,非均质性较强,产液段主要为下部;如上部渗透率较均质,下部较近有一低渗透段,低渗透段对底水锥进起一定缓冲作用,底水还未突破低渗透层段。2)固井质量好,套管间无水窜。3)T912 井单采含水有较大波动,其它井均为合采,该类型生产动态特征不明显。

措施潜力:该类油井均可提高射孔位置措施挖潜顶部剩余油。

#### 2.3.2 射孔段全部水淹

该类型表现为油层生产中、高含水,剩余油测井表现为射孔段全段含水饱和度均高于原始测井

表 1 射孔段底部水淹油井资料统计

Table 1 Production information of wells in which the bottom of perforated parts are water-flooded

井号	射孔井段/m	油水界面/m	层段初期产液/t	层段生产特征	渗透率/ (10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )	隔夹层位置/m	固井质量
S56	4 543~4 547	4 555.5	125	套管自喷生产含水快速上升,合采时在 85% 含水段稳产时间长,含水有波动	4 542~4 546 m 正韵律(35 ↑ 710),下部渗透率高		35
DK12	4 4104 416 * 4 400~4 408	4 421	180	前期生产 4 410~4 416 m 时含水快速线性上升,末期含水 75%,后期多层合采	4 393~4 407.5 m 较低(<200),下部较高(>500)	4 390~4 412 m(10)/ 4 412~4 422 m	(10~50)
S22	4 405.5~4 410.5	4 425	160	自喷 130 d 后见水,稳产时间长,见水后含水上升至 50% 时生产 1 440 d;后期多层合采	平均约 100,较均质	低渗透层 4 410.6~4 410.8	5~20
DK10	4 410.5~4 414.95 /4 400~4 407	4 421	185	前期生产 4 410.5~4 414.95 m,含水线性缓慢上升,末期含水 85%,转层 4 400~4 407 m 后含水长期稳定在 65% 至修井	上部渗透率较均质约为 300,4 409 ~ 4 410 m(700~900)	4 416.5~4 416.8	20~30
T912	4 603~4 606	4 611	45	自喷 34 d,含水下降趋势停喷时降至 55%;转抽后含水均在 75% 以上,并较快上升到高含水	4 602.5~4 608.5 m 正韵律(0 ↑ 270)		30~60

注:“\*”表示层段依次射孔多段,目前合采;“/”表示转层封前采后,目前生产段为最后层段。适用于下面各表。

含水饱和度(表 2)。

射孔段全部水淹井具有以下特征:1)射孔段低一中渗透,较均质,射孔段均产液;当下部较近有一低渗透段,底水锥进突破低渗透段;当下部较近有一致密夹层,水由夹层上部突进。2)生产时间长,累产液高。3)TK101 井单采含水呈较大波动上升,其它井均为合采,该类型生产动态特征不明显。

措施潜力:1)射孔段全淹但顶部含水饱和度较低油井顶部可挖潜,如 TK101 井 4 557~4 558 m 和 TK12 井 4 455~4 455.5 m;2)射孔段全淹并且整体含水饱和度较高油井,无潜力。

2.3.3 射孔段部分水淹

该类型表现为油层生产中、高含水,剩余油测井表现为仅射孔段中、下部含水饱和度升高,射孔段顶部及以上部分的含水饱和度与原始测井含水饱和度接近或相同(表 3)。

射孔段全部水淹井具有以下特征:1)射孔段上

低下高,主要为下部产液,下部水淹;均质性油层在中含水阶段;2)固井质量好,套管间无水窜;3)TK915 井单采时含水突升,后期含水有较大回落,DK12 井为合采,该类型生产特征不明显。

措施潜力:射孔段顶部含水饱和度较低层段,可挖潜,如 TK915 井 4 558~4 560 m 和 DK12 井 4 455~4 457 m。

2.3.4 生产时间对水淹影响

DK12 井分别于 2005 年 5 月和 2008 年 8 月进行了中子寿命测井,结合油井生产历史,根据油层含水饱和度的变化看出随生产时间变化底水逐步由低部位向高部位锥进(图 2)。

3 油井措施分析

本文统计了塔采一厂 2008 年至 2010 年 8 月 20 日的油井提高射孔位置措施,共 11 井次,其中 6 井次措施后含水大幅度降低,3 井次无效,评价 1 井次,其它 1 井次,措施后累计产油 36 749 t。

表 2 射孔段全部水淹油井资料统计

Table 2 Production information of wells in which the perforated parts are totally water-flooded

井号	射孔井段/m	油水界面/m	层段初期产液/t	层段生产特征	渗透率/ (10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )	隔夹层位置/m	固井质量
TK101	4 557~4 563	4 585.5	77	自喷 485 d 见水,含水线性缓慢上升,见水至停喷时 93%生产 4 000 d	较均质,约 150		10~50
	4 410~4 416 * 4 400~4 408 * 4 393~4 398	4 421	180	生产 4 410~4 416 m 时含水快速线性上升,末期含水 75%,后期多层合采	4 393~4 407.5 m 较均质,平均 115,下部较高(>500)	低渗层 4 400.1~4 401	10~20
DK12	4 455~4 459	4 461	70 (合采)	补孔 4 455~4 459 m 合采后含水由 93%降为 40%,后期 50%~75%含水段稳定生产时间 1 050 d,后期多层合采,测井时高含水	渗透率较低,平均约 27,4 459~4 462 m 正韵律(17↑200)	低渗层 4 458.3~4 458.8	10
	4 409~4 413.5 /4 395~4 400	4 417.5	145	4 409~4 413.5 m 含水线性上升 70%,后期中含水平稳生产;4 395~4 400 m 为多层合采,初期就高含水,累产油仅 2 144 t	4 409~4 413.5 m 渗透率较均质,平均约 250;4 395~4 400 m 渗透率较均质,平均约 65	4 400.1~4 401.6	0~10
DK11	4 457~4 460	4 465.5	32	高含水补射本层合采,无水采油期 360 d,为本层产出;含水突升后补射其它层	4 395~4 400 m 渗透率平均为 20	4 460.7~4 461.4	0~5
AK3	4 665~4 669	4 672	65	中含水稳产期较长,后期转抽提液,产液最高达 400,含水快速上升	平均约 35,较均质,射孔段下部渗透率高	低渗层 4 669.5~4 669.9	4 657~4 662 m (65),其余 10~20

表 3 射孔段部分水淹油井资料统计

Table 3 Production information of wells in which the perforated parts are pratically water-flooded

井号	射孔井段/m	油水界面/m	层段初期产液/t	层段生产特征	渗透率/ (10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )	隔夹层位置/m	固井质量
TK915	4 558~4 561	4 565	40	投产时含水约 30%,生产 40 d 后含水突升,上升到 90%仅几天	渗透率很低(<7),前期日产液 40 t,测井成果的渗透率可能有误	4 562.2~4 531.1	20~30
DK12	4 455~4 459	4 461	70 (合采)	补孔 4 455~4 459 m 合采后含水由 93%降为 40%,后期 50%~75%含水段稳定生产 340 d 时测井,测井时含水 55%	渗透率较低,平均 27,4 459~4 462 m 正韵律(17↑200)	低渗层 4 458.3~4 458.8	10

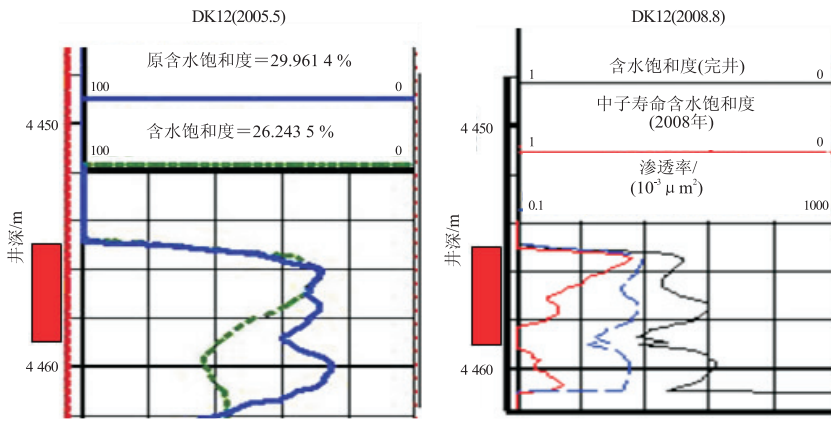


图 2 DK12 井 2005~2008 年剩余油测井对比

Fig. 2 Well-logging of remaining oil from  $T_2a^1$ , year 2005-2008, Well DK12

表 4 提高射孔位置含水大幅度降低油井

Table 4 Wells in which raising perforation position succeeds to reduce water content

井号	前期层段/m	措施层段/m	原始油水界面/m	层段初期产液/t	层段生产特征	渗透率/ ( $10^{-3} \mu m^2$ )	人工固井位置/m	隔夹层/m	固井质量
S7202 CH	4 508~ 4 412	4 408~ 4 410	4 412	50	自喷阶段含水较快上升,末期含水 65%,转抽后含水呈 V 型变化 80% ↓ 0 ↑ 90%,后期高含水波动小	均质,110~160			25~35
S51	4 567~ 4 573.5	4 567~ 4 571	4 587	100	自喷时很快见水,含水由 30% ↑ 65%近 3050 d,自喷期间含水波动;转抽初期含水降至 25%,后期含水较长时间在 40%~80%波动	4 569~4 571 m 正韵律(0 ↑ 165),4 571~4 573 m 逆韵律(165 ↓ 30)		低渗透段 4 574.6~ 4 575.3	5
TK132	4 561.5~ 4 568	4 561.5~ 4 563	4 578.5	62	初期含水快速上升至 30%,含水由 30% ↑ 85%生产近 500 d,后期含水在 65%~90%间波动	近正韵律	化堵 4 571~ 4 572.5		20~40
AK2	4 617~ 4 621 /4 616~ 4 620	4 616~ 4 617.5	4 634.5	100	自喷很快见水,含水在 50%附近稳产 515 d,停喷转抽一段时间后含水低至 15%,生产中较长时间含水大幅度波动,含水上升至 90%后稳定	4 616.5~4 628 m 正韵律(0 ↑ 615)	化堵 4 624~ 4 626		二次固井转好
S22	4 405.5~ 4 410.5	4 405~ 4 407	4 425	100	自喷时很快见水,含水由 10%~50%近 1480 d,2005-2008 年生产含水 80%~90%波动,期间检泵后含水由 95% ↓ 50%,产剖证实为本层未封堵住产出	4 406~4 407.5 m 正韵律,下部均质 110		低渗透段 4 410.6~ 4 410.8	0~20
AN1	4 542~ 4 546	4 540~ 4 544	4 556.5	50	自喷时含水快速上升,末期 37%,转抽后含水降至 15%,稳产一段时间后含水突升,后期生产中含水 40%~75%波动	近正韵律		低渗透段 4 553.8~ 4 554.3	10~20

### 3.1 含水大幅度降低井分析

6 井次措施作业后含水大幅度降低井层段生产情况和地质资料统计见表 4。

总结提高射孔位置措施后含水大幅度降低油井具有 3 特征:1)大部分井转抽后含水大幅度下降,全部井机抽生产中含水大幅度波动;2)正韵律,上部渗透率低,下部渗透率高;3)固井质量较好,套管间无水窜。

### 3.2 无效井分析

3 井次提高射孔位置措施作业后无效油井层

段生产情况和地质资料情况见表 5。

总结提高射孔位置措施后无效井无效原因和特征:1)转抽后含水未降,后期生产波动较小;2)致密夹层影响,水主要由夹层上部突进,层段已全水淹;3)固井质量较差,套管间易水窜。

### 3.3 其它井分析

DK14 井:提高射孔位置的射孔层段渗透率为,抽汲严重供液不足,措施无效。

TK7214 井:化学堵水下部,引起生产层段污染,供液严重不足,措施无效。

表 5 提高射孔位置措施无效油井资料统计

Table 5 Wells in which raising perforation position fails to reduce water content

井号	前期层段/m	措施层段/m	原始油水界面/m	层段初期产液/t	层段生产特征	渗透率/ ( $10^{-3} \mu\text{m}^2$ )	隔夹层/m	固井质量
S100	4 604~4 606 /4 599~4 605	4 599~4 601	4 611	55	投产就见水,25%~55%含水段稳产 465 t,转抽后含水未降,后期含水波动,最低至 35%	4 599~4 602 m(40), 4 602.8~4 606.4 m 正韵律(17↑200)	低渗透段 4 602.3~ 4 602.9	60~70
TK915	4 375~4 379	4 375~4 377	4 379.5	22	投产就见水,30%含水稳产一月后含水突升,后期高含水,期间含水有回落,含水波动小	4 374.5~4 377.5 m 正韵律(0↑63), 4 377.5~4 379 m 逆韵律(63↓8)	4 379~4 381	20~30
S17	4 656~4 662.07	4 656~4 659	油水同层	20	自喷 19 d,含水 30%,补孔其它层后日液 100 t 以上,高含水	<10,可能有误		4 657 m 以上差, 以下好

## 4 结论

1)提高射孔位置层内挖潜措施有效率高,多井次获得高产,措施效果很好,为后期层内精细挖潜的有效手段。

2)三叠系底水油藏直井段生产高含水时,其底水锥进分为射孔段底部水淹、射孔段部分水淹、射孔段全部水淹 3 类,水淹类型受油层生产特征、层段物性特征(渗透率)、固井质量等影响。

3)射孔段底部水淹井和部分水淹井可直接进行提高射孔位置措施;全部水淹井如果非均匀水淹、顶部含水饱和度升高但有挖潜潜力的,可以提高射孔位置生产,对于全部水淹井且水淹段整体含水饱和度高的油井,不能进行提高射孔位置措施。

4)三叠系底水油藏直井段提高射孔位置有效井多表现为停喷转抽后含水大幅度降低、生产中含

水较大幅度波动,层段物性上差下好,层段固井质量好、无水窜等特征。

致谢:感谢塔采一厂总地质师马旭杰、副总地质师许强为本文提出了很多指导意见。

### 参考文献:

[1] 席雄祥,乔守武,冯继武,等. 底水油藏开采技术对策研究[J]. 内蒙古石油化工,2008(16):113-114.

[2] 刘春艳. 老井测井储层评价与剩余油挖潜研究[J]. 国外测井技术,2008(5):32-36.

[3] 白建峰,卢继源,初凤先. 水淹层剩余油分布的生产测井评价及挖潜方法[J]. 内江科技,2007(6):74,66.

[4] 崔虹霞,蔡传强,赵红兵,等. 胜坨油田特高含水期油层内潜力研究及挖潜措施[J]. 油气地质与采收率,2001,8(1):44-47.

[5] 李麦刚,张廷鹏,党永峰,等. 双河油田高含水期厚层剩余油分布及挖潜[J]. 河南石油,1996,10(6):20-23.

[6] 蒋平,张贵才,葛际江,等. 底水油藏射孔优化设计[J]. 石油钻探技术,2007,35(4):70-72.

(编辑 黄娟)