

# 多元化蒸汽吞吐采油技术\*

刘广友

(中油辽河油田公司锦州采油厂, 辽宁 盘锦 124010)

**摘 要:** 多元化蒸汽吞吐技术是利用高温泡沫调剖技术、化学滴注乳化降粘技术、声波解堵技术相互配合, 通过化学、物理多元作用疏通低渗透油层, 控制高渗透油层, 使各类油层在蒸汽吞吐过程中均匀动用, 同时可降低原油粘度, 达到提高油藏动用程度, 提高单井产量的目的。本文介绍了该工艺的技术原理和施工工艺。2007 年多元化蒸汽吞吐采油技术在锦 45 块、锦 25 块应用 21 井次, 措施成功率 100%, 有效率 75%, 周期对比增产原油 6714t, 延长生产周期 25d, 平均单井增油 320t, 总油气比比上周期高出 0.13, 投入产出比 1: 2.7。

**关键词:** 调剖; 降粘; 声波发生器; 解堵; 稠油; 蒸汽吞吐

目前锦州油田稠油油藏主要采用蒸汽吞吐方式开采, 油井的平均吞吐周期达到 14 轮次, 周期产量递减幅度越来越大, 油汽比降低, 吞吐周期缩短, 造成作业工作量加大, 开采成本上升, 经济效益下降。主要原因是在蒸汽吞吐开发过程中, 由于油层的非均质性和蒸汽的超覆作用, 油层纵向上储量动用不均, 动用好的只占总厚度的 51.3%, 剩下的动用较差或没动用。为了挖掘低渗透层的潜力, 提高油层纵向的动用程度, 我们研究了多元化蒸汽吞吐采油技术, 通过调整吸汽剖面, 疏通低渗透油层, 降低原油粘度, 以改善注汽效果, 提高油藏动用程度。

## 1 技术原理

多元化蒸汽吞吐技术是利用高温泡沫调剖技术<sup>[1]</sup>、化学滴注乳化降粘技术<sup>[2]</sup>、声波解堵技术<sup>[3]</sup>相互配合, 通过化学、物理多元作用疏通低渗透油层, 控制高渗透油层, 使各类油层在蒸汽吞吐过程中均匀动用, 降低原油粘度, 解除胶质沥青质堵塞, 达到提高油层动用程度。

### 1.1 高温泡沫调剖技术

高温发泡剂是一种耐高温阴离子表面活性剂与其它表面活性剂复配成的高温调剖暂堵剂。该暂堵剂在温度达到 70℃ 以上时, 在一定的浓度下可以用蒸汽作为它的汽相来发泡, 并且随注汽量的增加, 发泡量也随之增加, 以此来封堵高渗透率地层或汽窜层, 强制蒸汽进入中、低渗透油层, 提高中低渗透率油层的储量动用程度, 提高原油的采收率。该泡沫的常温发泡倍数为 7.2, 300℃ 高温处理后发泡倍数 5.7, 表面活性剂发泡性能没有因高温而严重损失。该泡沫的常温发泡稳定 30h, 300℃ 高温处理后泡沫稳定 25h, 完全满足蒸汽吞吐的要求。

该发泡剂可以显著降低表面张力, 通过调整溶

液的 pH 值, 控制表面活性剂在蒸汽的汽液两相中分布, 即蒸汽中含有表面活性剂, 使地层的表面张力大幅度减少。该泡沫调剖剂对油层无伤害, 当油井停注后自行消失、解堵, 不影响油井吞吐生产。

### 1.2 化学滴注乳化降粘技术

稠油乳化剂是由非离子表面活性剂、阴离子表面活性剂及其它添加剂组成。该乳化剂的降粘机理是由非离子表面活性剂、阴离子表面活性剂及添加剂的协同作用, 使该乳化剂耐高温, 并且利用高效的表面活性物质降低油水界面张力, 促使水包油型乳化液的形成, 从而降低稠油粘度。该乳化剂的 0.3% 溶液的降粘率大于 98%, pH 值为 7.5~8。在 300℃ 高温下不降解, 稳定性好。乳化剂随蒸汽同时进入油层, 与油层孔隙内的稠油能够充分接触, 可扩大乳化剂的波及面积, 提高乳化剂的利用率。

### 1.3 声波技术

#### 1.3.1 声波器原理<sup>[4]</sup>

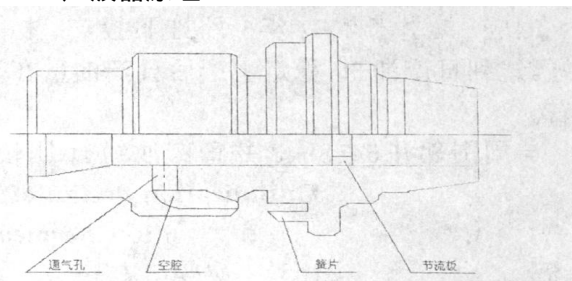


图1 声波器示意图

声波器主要由管体、喷腔和谐振腔组成。当蒸汽通过管体, 部分蒸汽通过节流板进入喷腔, 蒸汽从喷腔中以超音速喷出时, 由于喷腔截面的突然收缩, 会使得喷腔前的流体压力呈现出周期性的变化。当高

\* 收稿日期: 2008-02-15

作者简介: 刘广友(1982—), 男, 2006年毕业于中国石油大学(华东)应用化学专业, 助理工程师, 现在辽河油田锦州采油厂工艺研究所从事油田化学的研究与推广工作。

速蒸汽进入谐振腔时,在腔内便产生充气过程,并导致反馈流压逐渐上升,反冲流体与入射流体相互碰撞,在垂直于对称轴方向上形成声波振荡,从而产生声波和超声波。该声波发生器的频率为1.5-2KHz,声强140-160dB,作用距离约5-10m。由声波发生器发出的声波,对油层孔道内的流体有机械振动作用、空化作用和热作用。

### 1.3.2 声波器的作用

要使稠油乳化降粘,仅把药剂泵入地层与稠油接触是不够的,只有经过充分搅拌混合,才能使其充分乳化。在地层条件下的微裂缝或毛细孔道内,采用常规的搅拌方法是难以实现的。为此,采用声波技术,即利用声波的机械振动,使地层孔道内的稠油、降粘剂和冷凝水等液体进行充分混合、搅拌形成乳化液。

在注汽过程中,由于地层的非均质性,注入的蒸汽通常沿渗透性较好、流动阻力最小的方向推进,容易导致蒸汽汽窜的发生。在低渗透层层位安装声波器,声波的机械振动和空化作用对油层有解堵作用,不仅能解除一般的固体颗粒堵塞,而且对解除水锁、气锁效应也非常有效。并能在一定程度下扩大地层裂缝或产生新的微裂缝。上述声波作用的结果,能在一定程度上调整吸汽剖面,使注汽分布渐趋均匀,防止注汽汽窜,提高热能利用率。

采用了声波发生器后,在蒸汽没有到达而声波能够到达的部位,机械振动作用(包括地层骨架和地层液体)产生的摩擦热和热作用产生的热量一起,能使其中的稠油降粘。空化作用产生的高冲击波产生的热能可使稠油降粘。

## 2 施工工艺

正确的施工工艺及完善的工艺流程是多元化蒸汽吞吐技术取得良好效果的重要保证。通过现场试验,得出了适合该工艺的选井条件、施工工艺及工艺流程。

### 2.1 选井条件

油层发育较好,有较大储量的稠油井;  
原油粘度不小于 $1.0 \times 10^4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ;  
注汽轮次较低,含水率在30% - 70%的稠油井;

油层较多且渗透率差异大的稠油井;  
注汽压力较高而产量较低的稠油井;

### 2.2 施工工艺

#### 2.2.1 高温稠油乳化剂的应用

稠油采用高温稠油乳化剂时,可用其水溶液进行滴注,这主要视现场施工环境温度而定。一般浓度为2‰-3‰,其用量为每注1000t蒸汽配注2-3t超稠油乳化剂,若地下存水较多,要根据存水多少提高其使用浓度。稠油乳化剂配置成水溶液滴注时,应保证滴注泵能按时将其泵完,并对注汽质量无明显影响。

#### 2.2.2 滴注设备的应用

滴注设备是实施滴注技术的重要手段,滴注设备(包括管线)应满足注汽参数的要求。根据现场的具体情况,选用2台额定泵压为25MPa,排量为 $0.15 \text{ m}^3/\text{h}$ 的滴注泵即能满足蒸汽锅炉注汽的要求,从

泵组到井口的管线由25.4mm高压活动管线、截止阀、单流阀等组成。

### 2.2.3 声波器的配置

井下管柱准备主要是声波发生器组合,声波发生器组合每隔2-3m安装一个,并按油层位置相应配置,各声波发生器之间以油管短节连接,随注汽管柱一起下入井内,根据油层物性条件,在物性较差的层段也可将声波发生器按1m间隔安置,以提高其振动强度,有利于油层裂缝的产生,提高油层的吸汽量,物性好的油层可以少加或不加声波器。声波发生器内装有3种不同孔径的节流板,以提高声波发生器的功率。

### 2.3 多元化蒸汽吞吐技术施工工艺

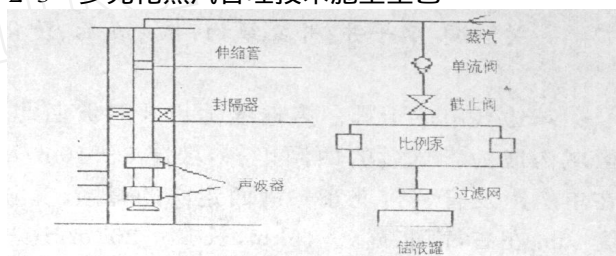


图2 施工工艺示意图

## 3 现场应用

2007年多元化蒸汽吞吐采油技术在锦45块、锦25块应用21井次,措施成功率100%,有效率75%,周期对比增产原油6714t,延长生产周期25d,平均单井增油320t,总油气比比上周期高出0.13,投入产出比1:2.7。

## 4 结论

高温泡沫剂发泡能力强,热稳定性好,具有良好的暂堵效果;

超稠油乳化剂耐高温,用量少,3‰的乳化剂的乳化降粘率达98%以上。

声波发生器结构简单,设计合理,能够满足实际需要,对油层具有良好的解堵效果,同时声波发生器促进乳化剂和稠油的混合。

该技术地面工艺流程合理,设备性能可靠,可满足现场高温高压的要求。

### [参考文献]

- [1] 黄翔,张凤丽 稠油油藏高温泡沫调剖体系室内实验研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(5): 116-118
- [2] 王静伟,曲剑,刘军红,等 化学增效降粘助排技术在稠油油藏中的应用[J]. 西部探矿工程, 2005, 115(11): 76-77
- [3] 张纪双,张连社,高生伟,等 声波助排解堵的研究与应用[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(6): 115
- [4] 路斌 流体动力式发声器在采油工业中的应用研究[J]. 物理学和高新技术, 2004, 33(4): 278-281