

稠油井过泵旋流混合降黏举升技术

周娜, 姜东, 杜玮暄, 张方圆, 张俊清, 肖萍

(中国石化胜利油田分公司石油工程技术研究院, 山东东营 257000)

摘要:针对稠油机抽井油套环空添加降黏剂时存在降黏剂与产出液混合不均匀、降黏效果差和不能充分发挥降黏剂效能等问题,开展了稠油井过泵旋流混合降黏举升技术研究。稠油井过泵降黏举升技术是通过地面注射系统将降黏剂输送到空心杆,再利用井下过泵系统中的空心中心杆将降黏剂释放至泵下,通过旋流混合系统叶轮的旋转作用,充分搅拌降黏剂和产出液,使其混合均匀,达到提高降黏剂效能和降黏效果的目的。该技术适用于泵深小于1 500.00 m、产液量小于50 m³/d的稠油机抽井。该技术在胜利油田21口稠油机抽井中进行了应用,平均泵效提高了11%,累计增油5 310 m³,累计节约降黏剂9 t,生产周期平均延长81 d。研究结果表明,稠油井过泵旋流混合降黏举升技术能充分发挥降黏剂效能,降黏增油效果明显,应用前景广阔。

关键词:稠油油藏;过泵降黏;旋流混合系统;空心抽油泵;地面注射系统;GD161-01井;胜利油田

中图分类号:TE355.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-0890(2016)06-0084-04

Lifting Technology by Swirl Pumping Vortex-Reducing Viscosity for Heavy Oil Production Well

ZHOU Na, JIANG Dong, DU Weixuan, ZHANG Fangyuan, ZHANG Junqing, XIAO Ping

(Research Institute of Petroleum Engineering and Technology, Sinopec Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong, 257000, China)

Abstract: Conventionally, viscosity-reducing additives are deployed in annular spaces between tubing and casing to develop heavy oil, these operations are featured with uneven mixing of additives and produced fluids, poor viscosity-reducing performances and the low-efficiency of such additives. Under such circumstances, research has been conducted to reduce viscosity by swirl pumping in heavy oil producers. Its principle is that the viscosity-reducing additives can be injected into the hollow rod by the ground mixing system, and then placed under the pump by means of a central hollow rod. The rotation of propellers in the mixing system can sufficiently mix the produced fluids with a viscosity-reducing additives to generate an evenly dispersed mixture, by which the maximum efficiency of a viscosity-reducing additives and optimal performances can be achieved. This innovative technology is suitable for the heavy oil producers with depths of less than 1 500.00 m and fluid productivity of no more than 50 m³/d. It has been deployed in 21 heavy oil producers in the Shengli Oilfield with average pumping efficiency increment of 11%, accumulative oil increment of 5 310 m³, total reduction in consumption of viscosity-reducing additives of 9 t, and the extension of average production cycle for 81 d. Research results showed that the newly viscosity-reducing technology using pumping swirl for heavy oil production can give full play to the effectiveness of viscosity-reducing additives, with obvious oil increasing the effects with prospects for broad applications.

Key words: heavy oil reservoir; pump vortex reducing viscosity; swirl mixing system; hollow oil pump; ground injection system; Well GD161-01; Shengli Oilfield

稠油在举升过程中由于黏度高、流动性差、摩擦阻力大,导致出现泵效低、举升载荷大、杆柱下行困难等问题,严重影响了稠油井的正常生产^[1-4]。为提高稠油举升效率,需要采取井筒降黏措施来改善井筒流体的流动条件。目前,胜利油田有2 000多口稠油井采取了井筒降黏措施,包括电热杆加热降黏、

收稿日期:2016-01-27;改回日期:2016-10-26。

作者简介:周娜(1982—),女,山东莱芜人,2005年毕业于中国石油大学(华东)机械设计制造及其自动化专业,2014年获中国石油大学(华东)石油与天然气工程专业工程硕士学位,副研究员,主要从事机械采油工艺及技术研究工作。E-mail:251852322@qq.com。

基金项目:中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司科技项目“稠油井井下过泵旋流降黏举升技术研究”(编号:YKC1307)资助。

掺稀油降黏和化学药剂降黏等。其中,化学药剂降黏工艺一般采用向油套环空中灌注或滴加降黏剂的方式,因其可以降低开采成本而被广泛应用,但降黏剂置换至泵下的时间缓慢且不可控,也无法搅拌,降黏剂与产出液混合不均匀,导致降黏剂的效能不能充分发挥,降黏效果差。现场生产情况和室内试验发现,稠油与配伍降黏剂通过搅拌充分混合后的降黏率高达 95%,而不搅拌情况下的降黏效果较差。现有稠油机抽井加入降黏剂后主要是在泵上通过螺杆搅拌^[5-6],无法有效降低泵下原油的黏度。因此,胜利油田研究应用了稠油井过泵旋流混合降黏举升技术,以使降黏剂可以均匀、连续地注入到泵下,并在旋流混合系统的搅拌下与产出液充分混合,从而降低泵下原油黏度,提高泵效,减少降黏剂用量,实现稠油油藏的高效开发。

1 过泵旋流混合降黏系统的结构及原理

稠油井过泵旋流混合降黏系统主要由旋流混合系统、地面注剂系统和井下过泵系统等组成(见图 1)。降黏剂通过地面注剂系统、井下过泵系统均匀注入至泵下,在旋流混合系统的搅拌作用下,与产出液充分混合,实现泵下原油有效降黏。

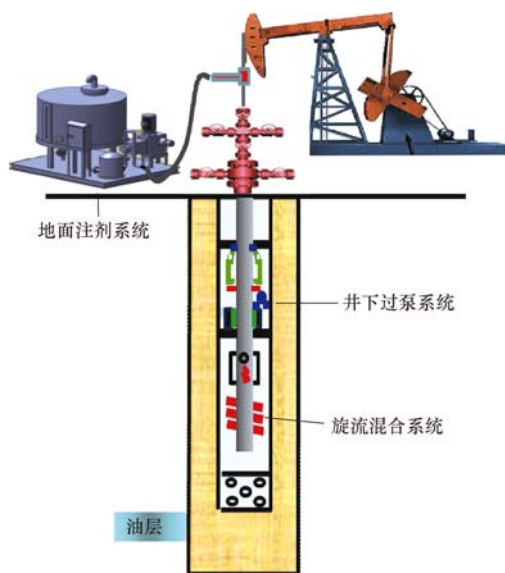


图 1 过泵旋流混合降黏举升系统示意

Fig. 1 A diagram of vortex reducing viscosity lifting pump system

1.1 旋流混合系统

旋流混合系统是稠油井过泵旋流混合降黏系统

的关键子系统,主要由搅拌叶轮、释放器和中心杆等组成(见图 2)。搅拌叶轮随着抽油机上下冲程进行径向和轴向运动,实现对降黏剂和产出液的搅拌,提高降黏效果。释放器可在径向上均匀释放降黏剂,其与搅拌叶轮通过中心杆连接,中心杆为空心杆,降黏剂通过中心杆加入。抽油泵和旋流混合系统之间可以根据需要添加空心杆。

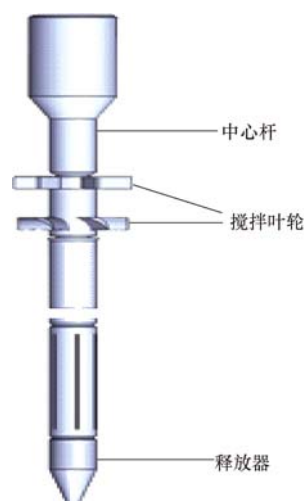


图 2 旋流混合系统的基本结构

Fig. 2 The basic structure of the swirl mixing system

旋流混合系统随柱塞上下往复运动过程中,搅拌叶轮产生轴向搅拌作用,同时因受流体的冲击而旋转,开始主动搅拌液体,产生径向旋流搅拌作用。在搅拌叶轮轴向搅拌和径向搅拌的双重作用下,原油与降黏剂充分混合,从而大大降低了泵下原油黏度。各搅拌叶轮之间相互独立转动,叶轮叶片设置的角度与方向不相同,使产出液与降黏剂的混合液在搅拌过程中不断变换流动方向,从而提高降黏效果。同时,旋流混合系统还有泵下加重作用,可以改善杆柱下行困难和偏磨的问题,有效延长检泵周期。

为检验旋流混合系统在现场应用中能否旋转,模拟现场生产参数,在清水中进行了试验。通过电机正反转带动旋流器上下往复运动,冲程 1.5 m,调节电机转速,使旋流混合系统以不同冲次上下往复运动,测定搅拌叶轮在玻璃筒内的转速,在冲次为 7, 10 和 12 min^{-1} 时,叶轮的转速分别为 4, 8 和 9 r/s 。这表明,旋流混合系统可以随着柱塞上下往复运动进行旋转,且旋转速度随冲次增加而增快。

为提高现场应用效果,针对不同的泵径,设计了 2 种型号的旋流混合系统,其技术参数见表 1。

表 1 2 种型号旋流混合系统的技术参数

Table1 Technical parameters of two kinds of swirl mixing systems

型号	长度/m	叶轮级数	配套空心杆/mm	最大外径/mm	适用套管/mm
φ43.0	10.00	6	φ36.0	43.0	φ177.8
φ31.0	10.00	6	φ36.0	31.0	φ177.8

1.2 井下过泵系统

井下过泵系统主要由空心杆、单流阀和空心抽油泵等组成(见图 3)。井下过泵系统不仅可以实现过泵添加降黏剂,还可以有效防止井液倒灌。空心抽油泵主要由大泵、小泵和偏置式固定阀等部分组成。空心抽油泵柱塞设计为大小柱塞串联且采用空心结构,不但可以实现过泵加降黏剂,而且可以为旋流装置提供动力。具有强制复位功能的偏置式固定阀可缩短进油流程,降低进液阻力、提高泵效。单流阀为环形阀,随冲程上下行而打开和关闭。根据现场需求,设计了 4 个型号的空心抽油泵,其技术参数如表 3 所示。

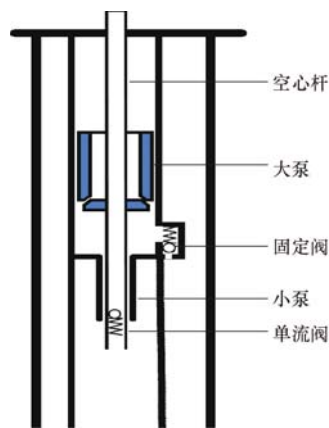


图 3 井下过泵系统的基本结构

Fig. 3 The basic structure of the down-hole pumping system

表 3 空心抽油泵的技术参数

Table 3 Technical parameters of a hollow oil pump

型号	大柱塞直径/mm	小柱塞直径/mm	排量系数	最大泵深/m	泵筒最小通径/mm	中心杆通径/mm
φ70/φ44	70.0	44.0	3.35	1 300.00	44.0	23.0
φ70/φ32	70.0	32.0	4.32	1 300.00	32.0	23.0
φ63/φ32	63.0	32.0	3.33	1 400.00	32.0	23.0
φ56/φ32	56.0	32.0	2.38	1 500.00	32.0	23.0

1.3 地面注剂系统

地面注剂系统主要由自动控制加药罐、柱塞式计量泵、电控系统、自动温控系统和过滤系统等组成(见图 4)。地面注剂系统不仅可以将降黏剂均匀添加到井筒中,还可以根据要求调节降黏剂的添加速度、控制降黏剂的温度,其添加降黏剂的速度为 0~2 m³/d,增压范围 0~10 MPa,可以实现无级调节。

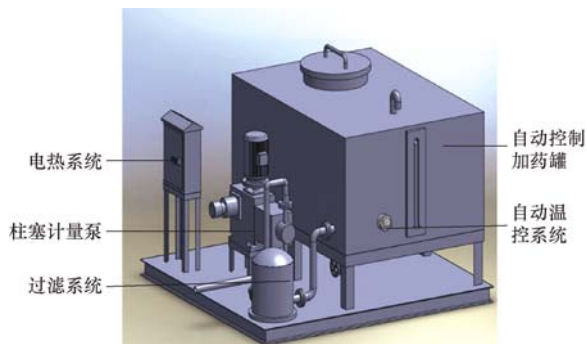


图 4 地面注剂系统的基本结构

Fig. 4 The basic structure of the ground injection system

2 主要性能参数与技术特点

过泵旋流混合降黏系统的主要性能参数为:抽油泵最大排量 50 m³/d,抽油泵最大下入深度 1 500.00 m,井下部分最大外径 144.0 mm,中心杆通径 23.0 mm,降黏剂最大加量 2 m³/d,降黏剂增压范围 0~10 MPa。

过泵旋流混合降黏系统的主要技术特点为: 1)连续均匀添加降黏剂到泵下,通过搅拌使其与产出液均匀混合,充分发挥降黏剂的效能,解决了降黏剂添加不连续、无法搅拌导致的降黏效果差的问题; 2)过泵旋流降黏系统结构简单、强度高、寿命长; 3)受空心杆疲劳寿命及地面抽油机载荷的限制,泵深不能超过 1 500.00 m。

3 现场应用

截至目前,过泵旋流混合降黏举升技术在胜利油田 21 口稠油机抽井中进行了应用,与应用前相比

平均泵效提高 11%, 产油量平均提高 1.1 t/d, 累计增油 5 310 t, 降黏剂日加量减少 8 kg, 累计节约降黏剂 9 t, 平均生产周期延长 81 d。笔者以 GD11-01 井为例介绍该系统的现场应用情况。

GD11-01 井地面原油黏度为 6 140 mPa·s (50℃), 自转周期注蒸汽以来, 每日加降黏剂 25 kg, 冲次下调至 2 min⁻¹, 仍然存在光杆下行缓慢的问题。分析认为, 主要原因是降黏剂在井下未能与原油充分混合, 导致稠油黏度太高。为此, 该井在检泵后应用了过泵旋流混合降黏举升技术, 以实现原油有效降黏, 提高油井产量。通过分析, 确定该井生产管柱自下而上为丝堵+尾管×20.00 m+筛管×2.00 m+φ73.0 mm 油管×20.00 m+φ70.0 mm/φ82.0 mm 空心抽油泵泵筒+φ88.9 mm 油管×1 110.00 m+悬挂器; 杆柱自下而上为 φ31.0 mm 旋流混合系统+φ70.0 mm/φ82.0 mm 空心抽油泵活塞+φ36.0 mm 空心抽油杆×8.00 m+注入单流阀+φ36.0 mm 空心抽油杆+φ36.0 mm 空心光杆+注药连接装置。

根据该井施工作业要求下入生产管柱及杆柱, 完成碰泵、上提防冲距等工序后, 连接地面注剂系统与举升系统, 将地面注剂系统外接的高压软管与注药连接装置相连, 建立降黏剂注入通道。根据设计的注入量向井下连续注入降黏剂 1 h 后, 开井试抽憋压。该井主要生产参数为: 冲程 3 m, 冲次 3.5 min⁻¹, 降黏剂加量 10 kg/d。

该井应用过泵旋流混合降黏举升技术后, 抽油机最小载荷由 18.5 kN 提高至 18.9 kN, 冲次提高了 1.5 min⁻¹, 每天节约降黏剂 15 kg, 产液量由 12 t/d 增至 27 t/d, 产油量提高 10.6 t/d。截至目前, 该井已连续正常生产 226 d, 累计增油 2 000 t, 累计节约降黏剂 3 000 kg, 仍正常生产。

4 结论与建议

1) 由旋流混合系统、地面注剂系统、空心抽油泵组成的稠油井过泵旋流混合降黏系统实现了泵下原油与降黏剂的充分搅拌、均匀混合, 达到了泵下原油有效降黏的目的, 可满足稠油井加降黏剂有效降黏的生产需求。

2) 现场应用表明, 过泵旋流混合降黏技术能够

减少降黏剂用量、提高泵效、实现增油, 不但可用于稠油井降黏, 还可用于油井防腐、防垢, 应用前景广阔。

3) 过泵旋流混合降黏系统的应用泵深小于 1 500 m, 为满足深井稠油有效降黏的生产需求, 下一步应开展泵深大于 1 500 m 的稠油井过泵旋流混合降黏系统的研究。

参 考 文 献

References

- [1] 陈德春, 张琪, 张松亭, 等. 油套环空和空心抽油杆掺化学剂抽油井举升工艺计算模型[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2001, 25(2): 22-25.
CHEN Dechun, ZHANG Qi, ZHANG Songting, et al. Calculation model for lifting techniques of improving wellbore fluid flow ability with chemical agent[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2001, 25(2): 22-25.
- [2] 梅春明, 李柏林. 塔河油田掺稀降黏工艺[J]. 石油钻探技术, 2009, 37(1): 73-76.
MEI Chunming, LI Bolin. Mixing light oil to reduce oil viscosity in Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(1): 73-76.
- [3] 赵海洋, 王世杰, 李柏林. 塔河油田井筒降粘技术分析与评价[J]. 石油钻探技术, 2007, 35(3): 82-84.
ZHAO Haiyang, WANG Shijie, LI Bolin. Analysis and evaluation of viscosity reducing techniques for wellbore in Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2007, 35(3): 82-84.
- [4] 孟科全, 唐晓东, 邹雯炆, 等. 稠油降粘技术研究进展[J]. 天然气与石油, 2009, 27(3): 30-34.
MENG Kequan, TANG Xiaodong, ZOU Wenwen, et al. Progress in research on heavy oil viscosity reduction technology[J]. Natural Gas and Oil, 2009, 27(3): 30-34.
- [5] 王诗中, 余五星, 郑南方, 等. 超稠油高温降粘降阻技术及其应用[J]. 石油钻采工艺, 2002, 24(3): 62-65.
WANG Shizhong, YU Wuxing, ZHENG Nanfang, et al. Application of viscosity reducing and friction reducing technology in ultra-viscous crude oil[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2002, 24(3): 62-65.
- [6] 薛建泉, 刘均荣, 高庆贤. 稠油井空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺设计[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(5): 70-72.
XUE Jianquan, LIU Junrong, GAO Qingxian. A lifting technological design for viscosity break by mixing light hydrocarbon in hollow rod in heavy oil well[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(5): 70-72.

[编辑 刘文臣]