

有杆泵浅提泵挂配合 加深尾管研究及影响因素分析

蒋磊, 袁波, 夏新跃, 王磊磊, 赵元
(中国石化西北油田分公司采油二厂, 新疆轮台 841604)

摘要:塔河油田油藏属于缝洞型碳酸盐岩油藏,埋藏深度大(5 350~6 600 m),流体性质复杂,目前最高黏度 245 000 mPa·s(55 ℃),即原油在深度 3 000 m 以下的井筒内不具有流动性,为此,采用套管掺入稀油的降黏方式进行开采。随着油田超稠油区块储量动用,机械举升难度增大。通过对塔河油田稠油区块不同泵型有杆泵并实施浅提泵挂加深尾管,以及对稠油有杆泵浅提泵挂影响因素分析,在保障稀稠油混配质量的前提下,达到合理上提泵挂深度,降低杆柱载荷的目的,从而改善有杆泵运行工况。

关键词:稀油降黏;浅提泵挂;杆柱载荷;稠油有杆泵;塔河油田

中图分类号:TE345

文献标识码:A

Lifting the depth of rod pump with deepening tail pipe and its influencing factors

Jiang Lei, Yuan Bo, Xia Xinyue, Wang Leilei, Zhao Yuan

(No.2 Oil Production Plant, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841604, China)

Abstract: The Tahe reservoir is a fractured-vuggy carbonate reservoir about 5 350–6 600 m deep with complicated fluid properties. The highest viscosity is 245 000 mPa·s (55 ℃), that is, crude oil in wellbore over 3 000 m deep could not flow. Therefore, we mixed light oil into pipes to reduce viscosity. As more heavy oil reserves have been employed, the difficulty of mechanical lifting increased. We lifted the depth of rod pump and deepened tail pipe in view of different sucker-rod pump types in heavy oil blocks in the Tahe oil field, and discussed their influencing factors. By guarantee the quality of mixed oil, we reasonably lifted pump depth in order to reduce rod load, and to improve rod pump working condition.

Key words: reduce viscosity of heavy oil; lift the depth of rod pump; rod load; heavy oil sucker-rod pump; Tahe oil field

1 有杆泵浅提泵挂应用背景

中国石化西北油田分公司采油二厂管辖着塔河六区、七区、十区北、十二区 4 个区块,油藏类型为奥陶系缝洞型碳酸盐岩油藏;随着油田开采时间延长,大部分生产井已经转为有杆泵生产,采油二厂有杆泵井占总井数 58%,占全厂产量 40%,有杆泵已经成为最为重要的生产方式。

自 2013 年以来,有杆泵井杆柱断裂井次逐步增加,通过对杆柱断裂井的统计分析,表现出以下特征:

(1)断裂井主要集中在 70/32 大排量抽稠泵井。不同型号抽油泵的受力状况(悬点最大载荷与交变载荷)不同,其中 70/32 泵承受的交变载荷较 70/44 泵大 31%,较 56/38 抽稠泵大 129%。在高载荷及高交变载荷下,杆柱产生疲劳裂纹及断裂

的速度越快。

(2)断裂深度由原来的杆柱中下部上移至杆柱上部。近两年杆断裂井次逐步增加,运行寿命为 260 d,断裂位置由 2012 年的杆柱中下部断裂变化为杆柱上部断裂(表 1);其中 1"抽油杆杆断高达 37 井次,占占比 61.7%。

通过绘制泵挂深度与载荷变化关系曲线(图 1)

表 1 近年抽油杆断裂井统计

Table 1 Statistics of sucker rod fracture in recent years

年度	断杆井次	平均断裂位置/m	平均寿命/d	平均泵深/m
2012 年	9	1 361	75	2 601
2013 年	13	491	235	2 494
2014 年	32	488	189	2 424
2015 年	21	568	260	2 350

可知,泵挂深度与杆柱载荷呈正比关系,即泵挂深度越深,杆柱载荷越大。合理上提泵挂深度,可以有效降低杆柱载荷。

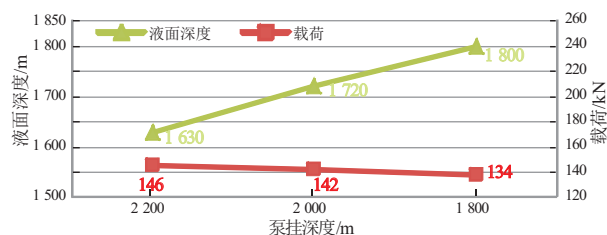


图 1 不同泵挂深度下与载荷变化关系曲线

Fig.1 Relationship between different pump depth and load change

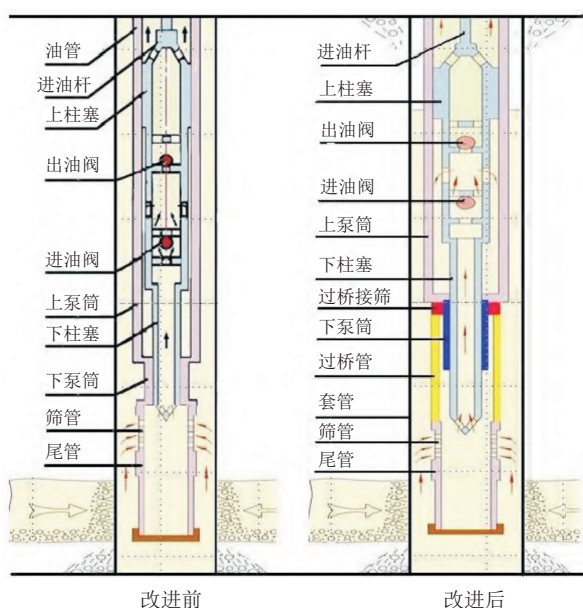


图 2 液压反馈抽稠泵示意

Fig.2 Hydraulic feedback pump

2 稠油有杆泵浅提泵挂影响因素

2.1 合理沉没度确定

我厂有杆泵主要类型为液压反馈抽稠泵(图 2),液力反馈式抽稠泵的悬点受力分析^[1]如图 3 所示。

常规油井根据泵充满系数与沉没压力^[2](与油井产量、油气比、原油黏度、含水、饱和压力等有关)关系来确定沉没度,进而确定下泵深度。随着沉没度的增大、泵充满系数增大,一方面沉没度超过 600 m 后,随着沉没度的增大充满系数改变很小;另一方面,随着沉没度的增加、泵挂深度增加、悬点载荷增大,在有效扬程一定的条件下系统效率反而降低(图 4,5)。根据采油二厂 40 口系统效率测试并对黏度、气油比等物性参数对比分析,从系统效率、充满系数考虑,其合理的沉没度应维持在 600 m 左右。

2.2 黏温拐点深度确定

塔河油田油藏埋藏深、温度高,油层中部温度

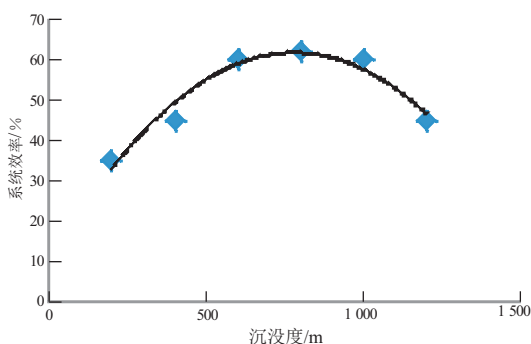


图 4 系统效率与沉没度关系

Fig.4 Relationship between system efficiency and sinking degree

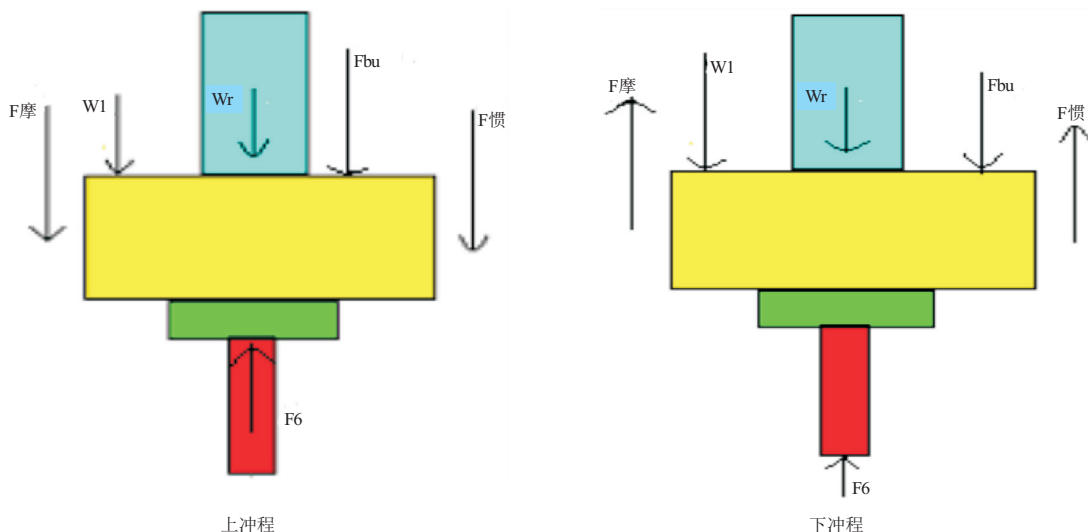


图 3 上、下冲程受力分析

Fig.3 Force analysis in upper and lower strokes

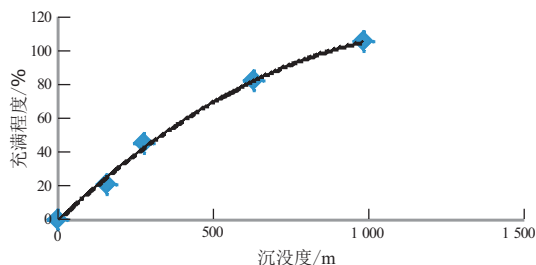


图 5 沉没度与充满系数关系

Fig.5 Relationship between sinking degree and filling coefficient

120~130 ℃,原油能够从地层流到井底。但由于地层埋藏较深,井筒热损失比较严重,原油从井底向地面举升的过程中,随着温度的降低,黏度急剧增大,而且塔河油田普遍采用稠油掺稀技术,这使得井筒温度场变得更为复杂。掺稀降黏^[3]可进一步分为环空掺稀和油管掺稀,即正掺(油管掺稀)与反掺(油套环空掺稀)2种形式。针对稠油原油黏温拐点深问题,从改善稀稠油混配效果、改善杆柱受力状况出发,设计合理的掺稀混配深度。通过井筒黏温场^[4]计算,混配深度在1 500 m处掺稀时流经1 000 m的黏度为400 mPa·s,混配深度在3 500 m处掺稀时流经1 000 m的黏度为250 mPa·s,不同混配点黏度相差约150 mPa·s,即随着掺稀混配点加深,稀稠油混配效果明显提升。

塔河油田不同区块稠油黏温曲线都有一个拐点区域,当温度小于该区域,黏度随着温度降低急剧增高,拐点范围一般为60~70 ℃(图6)。为保证原油顺利进泵,参考温度沿井深的分布公式($T=25.69+0.0249H$),泵处温度最好保持在60~80 ℃以上。

2.3 泵挂深度的确定方法

利用原油黏温特性绘制机抽井平均井口温度40 ℃(黏度1 702 mPa·s)下井筒黏度场分布,结合抽稠泵吸入口黏度控制在400 mPa·s以内即可顺利入泵的要求,再结合温度沿井深的分布公式,下泵深度宜超过1 800 m。

根据合理沉没度要求及入泵黏度分析,确定合理泵挂深度公式为:

$$L_p = \begin{cases} L_s + 600 & (L_s \geq 1\,500\text{ m}) \\ \geq 1\,800 & (L_s < 1\,500\text{ m}) \end{cases}$$

式中: L_p 为泵挂深度,m; L_s 为动液面深度,m。

在有杆泵井泵筒强度提高,泵下加深分离设计^[5]等方面取得一定突破的基础上,针对具有一定供液能力油井,在选型设计时进行浅提泵挂设计,同时加长尾管,在满足合理沉没度 ≥ 600 m、极

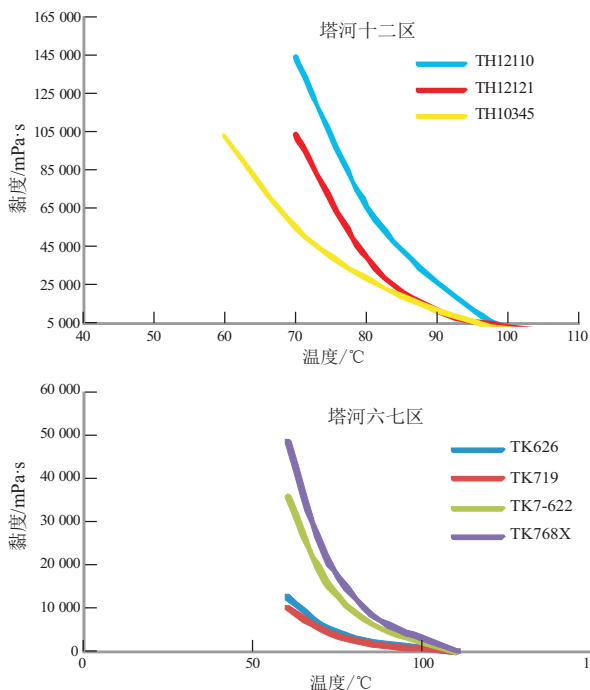


图 6 塔河油田不同区块黏温曲线

Fig.6 Viscosity and temperature curves of different blocks in Tahe oil field

限抽深 $>1\,000$ m及入泵黏度 ≤ 800 mPa·s的条件下,制定稠油有杆泵机合理泵挂深度范围(表2)。

3 稠油有杆泵实施情况

为实现抽稠泵泵下加深分离,在对抽稠泵结构及泵筒强度分析的基础上,对抽稠泵结构进行改进,以提高泵筒强度;泵筒抗拉强度由平均15 t提升至35 t以上,加长尾管由200 m提升至2 000 m(表3),实现

表 2 稠油有杆泵机合理泵挂深度范围

Table 2 Reasonable pump hanging depth range of heavy oil sucker rod pump

泵型	泵挂深度范围/m
70/32	1 000~1 690
70/44	1 000~1 890
56/38	1 000~2 800

注:合理沉没度 ≥ 600 m,极限抽深 $>1\,000$ m,入泵黏度 ≤ 800 mPa·s。

表 3 稠油有杆泵改进前后对比

Table 3 Sucker rod pump in heavy oil before and after improvement

泵型	改进前		改进后	
	承重/t	尾管长度/m	承重/t	尾管长度/m
Φ83/44	25	933	48	2 450
Φ70/32	16	973	40	1 700
Φ70/44	12	933	35	1 650
Φ56/38	19	528	32	1 250
平均	18	842	38.8	1 763

表 4 稠油有杆泵浅提泵挂生产对比

Table 4 Production comparison of lifting rod pump depth in heavy oil

泵型	井数/ 口	浅提泵挂前				浅提泵挂后				差值			
		泵深/m	最大 载荷/kN	交变 载荷/kN	断脱数/ 次	泵深/m	最大 载荷/kN	交变 载荷/kN	断脱数/ 次	泵深/m	最大 载荷/kN	交变 载荷/kN	断脱数/ 次
70/32	10	2 352	129	68	5	2 014	113	56	1	-338	-16	-12	-4
70/44	7	2 401	118	52	3	2 152	110	52	1	-249	-8	0	-2
56/38	3	2 702	112	43	2	2 352	106	40	1	-350	-6	-3	-1

泵深与掺稀点分离设计,有效改善稀稠油混配效果、改善杆柱受力状况,实现黏温拐点 4 000 m 稠油入泵。通过对采油二厂 20 口有杆泵井实施浅提泵挂设计,浅提泵挂 313 m,悬点最大载荷下降 12 kN,交变载荷下降 5 kN(表 4)。

4 结论与建议

(1)对 20 口井实施浅提泵挂,平均泵挂上提 313 m,悬点最大载荷下降 12 kN,交变载荷下降 5 kN,有效改善抽油机工况,后期继续进行浅提泵挂设计。

(2)通过提高各型号抽稠泵泵筒强度,全面推广应用泵下加深尾管设计,以提高稀稠油混配效果及改善杆柱受力状况,从而降低机采井异常故障,

提高检泵周期,最大限度节约成本,实现超稠油储量动用程度的目的。

参考文献:

- [1] 张琪,王杰祥,樊灵,等.采油工程原理与设计[M].东营:石油大学出版社,2000:155-201.
- [2] 甘振维,赵普春.塔河油田机抽井合理沉没度分析[J].中外能源,2008,13(1):40-44.
- [3] 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.
- [4] 林日亿,李兆敏,王景瑞,等.塔河油田超深井井筒掺稀降黏技术研究[J].石油学报,2006,27(3):115-119.
- [5] 杜林辉,梁志艳,蒋磊,等.稠油机采井泵深与掺稀混配点分离设计及应用[J].特种油气藏,2014,21(3):145-147.

(编辑 徐文明)

(上接第 95 页)

有效补充,通过功图载荷计算动液面方法,可以得到液面数据,了解油井实际生产情况。

(1)取全、取准井口相关参数,应用功图推算动液面,评价油井供液情况,是一种低成本、高效率并连续得到动液面的方法,计算精度基本满足油井评价要求。

(2)随着在线功图在塔河油田的应用与普及,功图载荷推算动液面技术在现场几乎不用增加任何费用,同时节约大量的人力、物力,达到降本增效的目的。

参考文献:

- [1] 石在红,魏兆胜.利用示功图计算抽油机井的产液量[J].大庆石油学院学报,1996,20(4):20-23.
- [2] 张海浪,李苹,谢启安,等.功图计算动液面的方法初步研究和应用[J].青海石油,2007,25(2):31-35.
- [3] 刘芳天.动液面录取辅助方法的研究与应用[J].科技与企业,2012(4):95.
- [4] 高银中.用示功图计算抽油机井井口产液量方法研究[D].北京:北京交通大学,2007.
- [5] 袁波,杜林辉,梁志艳,等.稠油掺稀液压反馈式抽稠泵杆柱设计优化[J].西南石油大学学报(自然科学版),2013,35(5):157-164.
- [6] 高国华,彭勇,余国安,等.有杆抽油井泵功图的定量分析方法[J].石油学报,1993,14(4):141-150.

(编辑 徐文明)