

◀ 试井与开采 ▶

稠油井空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺设计

薛建泉¹ 刘均荣¹ 高庆贤²

(1. 中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东东营 257061; 2. 吐哈油田分公司吐鲁番采油厂, 新疆鄯善 838200)

摘要: 针对鲁克沁油田稠油生产井井筒流体流动困难、举升效果差的问题, 进行了稠油、稀油及不同稠稀比混合物的粘温关系试验, 建立了不同稠稀比混合物的粘度计算相关式和空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺参数设计模型。应用结果表明, 掺稀油对鲁克沁油田稠油具有明显的降粘效果, 所建立的空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺及举升参数设计模型具有较高的准确性。通过优化设计, 平均单井系统效率提高了 4.53%, 平均单井产油量增加 1.905 t/d, 累计增油 3 780 t, 取得了很好的开采效果。

关键词: 稠油开采; 空心抽油杆; 降粘; 人工举升; 机械效率

中图分类号: TE345 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0890 (2006) 05-0070-03

鲁克沁油田为深层稠油油藏, 油层厚度为 66.7 m, 孔隙度为 27.3%, 渗透率为 $625 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 原油密度为 956.0 kg/m^3 , 50°C 地面脱气原油粘度为 $26\,778 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, 地层原油粘度为 $526 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 。针对该油田原油井筒举升过程流动困难、油井举升效率低的问题, 进行了不同稠稀比混合物的粘温关系试验, 通过对试验数据进行回归分析, 得到了不同配比混合物的粘温关系式, 建立了稠油井采用空心杆掺稀油降粘的举升工艺设计模型, 编制了相应的计算程序来优化抽汲及掺入参数, 现场应用效果良好。

1 油井空心杆泵上掺稀降粘举升工艺

图 1 为抽油机井空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺管柱示意图。稀油在地面经柱塞泵加压后, 从油井井口通过空心杆注入, 通过安装在空心杆上的掺液器进入油管, 在杆管环空与地层产出液混合, 混合物粘度明显降低后被举升到地面。

图 2 为抽油机井空心杆泵上掺稀油举升工艺参数设计框图, 主要包括抽汲参数的优化、抽油设备的优选和掺稀参数的设计。在地面设备、抽汲参数、下泵深度和掺稀参数的组合上采用了枚举法, 并把设计者或专家的经验融入方案的选择当中。设计方案可多目标选择, 包括“产量泵效权重法”、“定产量设计”和“举升效率法”, 其中“产量泵效权重法”把产量和泵效作为优化目标, 利用权重把两者结合起来作为目标函数, 设置不同的权重就可以设计出兼顾两者或有所侧重的方案来。这样在计算过程中, 各种参数的变化

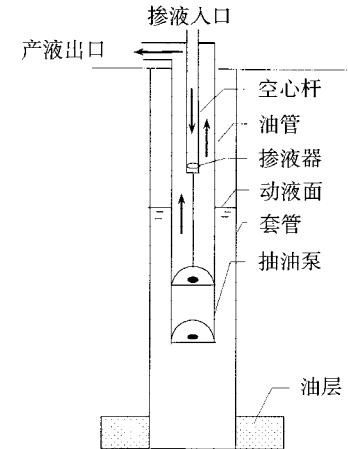


图 1 抽油机井空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺管柱

范围可以人为控制, 使得选择过程中不会漏过每一个可能的方案而且计算时间又相对较短。与常规抽油井举升工艺参数设计计算相比较, 主要是增加了掺入压力、掺入温度、掺入量、掺入深度的确定, 这 4 个参数主要受地层产出流体的物性、空心杆内掺入流体流动阻力及杆管环空混合流体流动阻力的影响^[1]。

2 不同稠稀比混合物的粘温关系试验

在井筒举升工艺参数设计过程中, 抽油杆和液柱间的摩擦力、油管和液柱间的摩擦力及液体通过游动

收稿日期: 2006-04-17; 改回日期: 2006-06-06

作者简介: 薛建泉 (1970—), 男, 江苏如皋人, 1993 年毕业于石油大学 (华东) 采油工程专业, 2000 年获石油大学油气田开发工程硕士学位, 讲师, 在读博士。

联系电话: (0546) 8393777

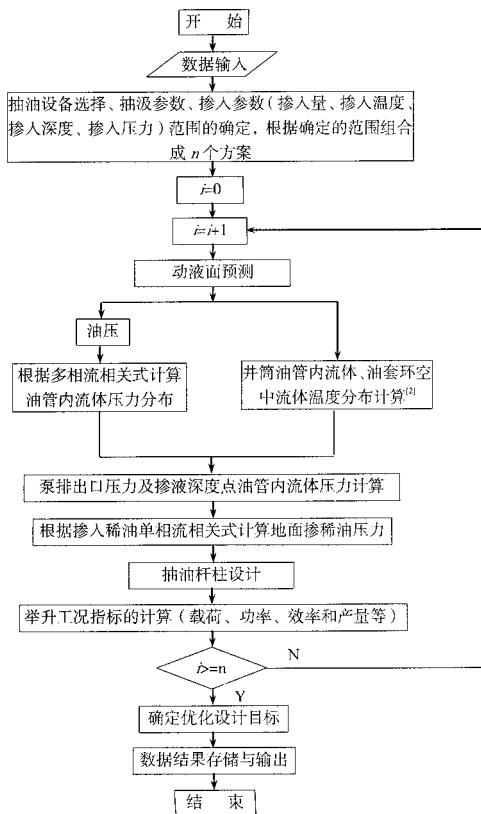


图2 抽油机井空心杆泵上掺稀油举升工艺参数设计框图

阀的摩擦力等主要取决于液体的粘度,混合物粘度计算准确与否直接影响抽油工艺参数设计的准确性,进而影响抽油机井举升效率的提高。为此,笔者进行了不同稠稀比混合物的粘温关系试验,结果表明,红莲油田的稀油对鲁克沁油田的稠油具有显著的降粘效果(见图3)。通过回归分析,建立了稠油粘温关系、稀油粘温关系及不同稠稀比混合物的粘温关系相关式(见表1),为提高举升工艺参数设计精度提供了保证。

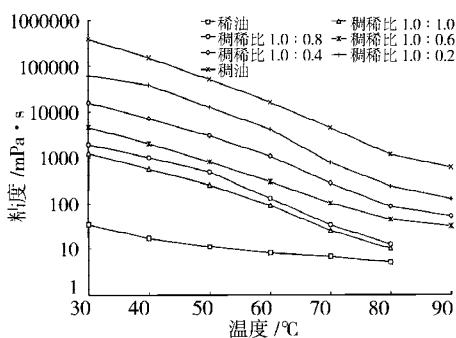


图3 不同稠稀比混合物的粘温关系曲线

3 计算与应用分析

3.1 鲁克沁油田油井工作状况分析

分析了鲁克沁油田10口井19井次的工作状况,

表1 不同稠稀比时混合物粘温相关式

稠稀比	相关式	相关系数
稠油	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 2.7162 - 0.1208 \ln t$	0.9910
1.0 : 0.2	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 2.6308 - 0.1489 \ln t$	0.9686
1.0 : 0.4	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 2.4964 - 0.1608 \ln t$	0.9722
1.0 : 0.6	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 2.3346 - 0.1618 \ln t$	0.9806
1.0 : 0.8	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 2.3635 - 0.2215 \ln t$	0.9542
1.0 : 1.0	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 2.2899 - 0.2247 \ln t$	0.9530
稀油	$\ln \ln (\mu_L + 1) = 1.3680 - 0.1505 \ln t$	0.9818

结果表明,抽油机载荷利用率为69.71%~106.00%,平均为77.78%,其中玉西101井悬点最大载荷大于额定载荷,处于不安全工作状态;减速箱扭矩利用率为39.47%~90.36%,平均为60.09%;电机功率利用率为15.29%~47.43%,平均为33.47%;不同抽油杆平均应力范围分别是:42/30 mm空心抽油杆为88.08%、36/23 mm空心抽油杆为90.28%、36/24 mm空心抽油杆为87.81%、36/25 mm空心抽油杆为62.22%、34/23 mm空心抽油杆为45.12%。

3.2 计算模型验证

抽油机井悬点载荷是油井生产参数影响的综合指标,表2列出了悬点载荷计算值与实测值,并进行了误差分析。悬点最大载荷的平均相对误差为4.25%;最小载荷的平均相对误差为5.42%,表明计算模型具有较高的精度。

表2 抽油机井载荷计算结果对比

井号	最大载荷/kN			最小载荷/kN		
	计算值	实测值	相对误差,%	计算值	实测值	相对误差,%
LU2-6	109.34	108.19	1.05	64.48	69.41	7.65
LU2-6	105.35	110.82	5.19	66.11	66.87	1.15
LU2-6	106.07	107.60	1.44	66.19	67.89	2.57
LU1-4	102.25	97.64	4.51	62.10	52.55	15.38
LU1-4	101.58	106.59	4.93	62.48	65.29	4.49
LU2-5	107.76	105.57	2.03	65.08	69.09	6.16
LU2-5	105.38	115.43	9.54	65.94	70.40	6.76
YD1	98.75	103.38	4.69	68.13	61.61	9.57
YD1	97.59	105.85	8.46	68.06	73.96	8.67
YD203	107.04	105.87	1.09	66.50	64.50	3.01
YD203	109.72	104.66	4.61	66.20	67.45	1.89
YD3-2	110.95	110.73	0.20	69.77	73.47	5.30
YD3-2	110.27	109.59	0.62	70.14	69.79	0.50
LU4-6	103.83	93.90	9.56	60.60	56.31	7.08

续表

井号	最大载荷/kN			最小载荷/kN		
	计算值	实测值	相对误差,%	计算值	实测值	相对误差,%
LU2-5	103.98	96.95	6.76	55.22	54.88	0.62
YU1	155.86	154.04	1.16	96.84	101.63	4.95
YUX101	148.40	140.00	5.66	97.12	102.72	5.77
YD203	105.34	99.27	5.76	55.32	51.95	6.09
YD3-2	105.94	102.29	3.45	59.92	63.10	5.31
平均	105.50	107.07	4.25	66.11	67.10	5.42

3.3 应用效果

对有潜力的 8 口油井进行了设计, 油井产油量、系统效率均有不同程度的提高。平均单井设计系统效率提高了 4.62%, 平均单井设计产油量增加 2.048 t/d; 平均单井实际系统效率提高了 4.53%, 平均单井实际产油量增加 1.905 t/d, 累计增油 3 780 t, 取得了明显的效果。

A Lifting Technological Design for Viscosity Break by Mixing Light Hydrocarbon in Hollow Rod in Heavy Oil Well

Xue Jianquan¹ Liu Junrong¹ Gao Qingxian²

(1. School of Petroleum Engineering, China University of Petroleum (Huadong), Dongying, Shandong, 257061, China; 2. Tulufan Oil Production Plant, Tuha Oilfield Co. Ltd., Shanshan, Xinjiang, 838200, China)

Abstract: In the Lukeqin Oilfield, it is very difficult for wellbore fluids in heavy-oil production wells to have them flowed and lifted. Regarding this scenario, heavy oil, light oil, and their mixture with different ratio have been tested with the correlation between viscosity and temperature. Formulas have also been developed to calculate viscosity of mixtures with different ratio. In addition, a lifting model has been established to determine operating parameters for the technique of viscosity break by mixing light hydrocarbons. Application results indicate that this technique performs remarkable viscosity break effects in the Lukeqin Oilfield, and both this lifting technique and this model behave higher accuracy. After optimization, the single well system increases in efficiency about 4.53%, increases oil production about 1.905t/d, totally increases oil production 3 780 t, achieves good exploitation effects.

Key words: viscous oil recovery; hollow rod; viscosity reducing; artificial lift; mechanical efficiency

EcoScope 多功能随钻测井设备和 Quicksilver 探头钢丝绳取样工具

Schlumberger 公司的 EcoScope 多功能随钻测井设备应用了脉冲中子技术进行地层评价和随钻测量, 没有使用如镅一铍等化学制剂产生中子, 因此消除了操作、运输和储存风险。

该设备采用了集成化设计, 采用一个单一的短环从靠近钻头的 co-located 传感器传送随钻测量数据, 因而在同一井眼和侵入条件下, 可以在同一深度同时进行多项测量。此外, 内置的诊断模块提供了预防性的维护信息, 极大地增加了进尺, 并减少了非生产时间。

Quicksilver 探头钢丝绳取样工具成功解决了由钻井液滤液污染取样引起的裸眼地层流动分析的不确定性问题。探头的最高工作温度为 175 °C, 最高承压 175 MPa, 采用聚焦取样技术几乎可以进行没有污染的短回次取样。墨西哥湾的一个实例证明, 作业者用很少的时间可获得比常规取样清洁 10 倍的样品, 这样占用的钻时更少, 并且降低了相关风险。采用更有效的油基钻井液, 样品污染可从 5% 降到 2%。

4 结 论

- 掺稀油对鲁克沁油田的稠油具有明显的降粘效果, 并建立了稠油、稀油及不同稠稀比混合物的粘温相关式。
- 建立了空心杆泵上掺稀油降粘举升工艺及举升参数设计模型, 并编制了计算软件, 具有较高的准确性。
- 通过优化设计, 油井产油量、系统效率均有不同程度的提高, 取得了很好的效果。

参 考 文 献

- [1] 张琪. 采油工程原理与设计 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 2000.
- [2] 任瑛, 陈天忠. 井筒热流体循环采油方法的研究 [A]. // 杨光华. 石油大学稠油研究论文集 [C]. 山东东营: 石油大学出版社, 1990: 1-11.

[审稿 郑花锡]