

引用格式:王磊磊,梁志艳,邱振军,等.超稠油电潜泵尾管悬挂装置的优化及应用[J].油气藏评价与开发,2020,10(2):107-110.

WANG L L, LIANG Z Y, QIU Z J, et al. Optimization and application of tail pipe suspension device installed on electric submersible pump for super heavy oil[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2020, 10(2): 107-110.

DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2020.02.018

超稠油电潜泵尾管悬挂装置的优化及应用

王磊磊,梁志艳,邱振军,蒋磊,赵忠文

(中国石化西北油田分公司,新疆乌鲁木齐 830011)

摘要:在塔河油田超稠油区块,有杆泵无法满足稠油入泵要求。通过应用深抽抗稠油电泵配合尾管悬挂技术,超稠油开发取得了良好的效果。该技术目前累计应用187井次,但由于小套管尺寸的限制,依然有56口电泵井未配套尾管悬挂,生产中平均运行寿命仅337 d,远低于加装尾管悬挂井的542 d。通过对国内所用尾管悬挂的套管进行研究,优选强度高、耐腐蚀、适合塔河油田开发特点的套管,改造设计了一种铝镁合金尾管及接箍为147 mm的139.7 mm的套管,可同时满足在193.675 mm和177.8 mm套管井中尾管悬挂,在现场成功应用了13井次,最终形成了成熟可靠的超稠油电潜泵尾管悬挂技术,对塔河油田超稠油区块的开发具有一定的指导意义。

关键词:塔河油田;稠油电泵;特殊接箍;铝镁合金尾管

中图分类号:TE355

文献标识码:A

Optimization and application of tail pipe suspension device installed on electric submersible pump for super heavy oil

WANG Leilei, LIANG Zhiyan, QIU Zhenjun, JIANG Lei, ZHAO Zhongwen

(Sinopec Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: In Tahe ultra-heavy oil block, the rod pump cannot meet the requirements of heavy oil pumping. Through the application of deep pumping electric pump for heavy oil and its coordination with tail pipe suspension, the development of ultra-heavy oil has achieved good results. Up to now, this technology has been used in wells for 187 times. However, due to the limitation of the small casing size, 56 electric pump wells are still not equipped with tail pipe. The average operation life in production is only 337 d, which is far lower than that of wells equipped with tail pipe electric pump, 542 d. Based on the investigation of the casing used in China, the casing with high strength, anti-corrosion and suitable for the development of Tahe oilfield is selected. A kind of aluminum magnesium alloy tail pipe and 139.7 mm casing with 147 mm pitch collar are designed. It can be suspended in both 193.675 mm and 177.8 mm cased wells and has been successfully applied in wells for 13 times in the field. Finally, the mature and reliable suspension technology of tail pipe equipped by electric submersible pump for ultra-heavy oil is formed, and has certain guiding significance for the development of Tahe ultra-heavy oil block

Key words: Tahe oilfield, electric pump for heavy oil, special coupling, aluminum magnesium alloy tail pipe

塔河油田稠油油藏具有超深、超稠、高密度、高黏度、高含胶质沥青质、高含硫化氢、高矿化度的“两超五高”特点^[1-8]。50℃地层条件下,原油黏度为 $(0.15 \sim 210) \times 10^4$ mPa·s。原油在高温下具有一定的流动性,但在沿井筒向上流动过程中,随着温度的下降,在井筒向上的2 500~4 000 m处失去流动性^[9]。

采用掺入稀油降黏技术让机械举升方式达到下泵深满足稠油入泵,排量大满足掺稀占产对泵排量的要求。相较于普通电泵,抗稠油电泵具有下泵深、排量大、耐温、耐压等级高、流道大、合理工况区间大的特点,成为了稠油区块主要的机械举升方式^[10-16]。

超稠油区油稠、井深、地层温度高,掺稀生产时

收稿日期:2020-01-15。

第一作者简介:王磊磊(1986—),男,本科,工程师,现主要从事稠油举升工艺技术研究工作。通讯地址:新疆巴音郭楞蒙古自治州轮台县轮南小区转采油二厂开发研究所,邮政编码:841600。E-mail: 1289110700@qq.com

基金项目:“十三五”国家科技重大专项“塔里木盆地碳酸盐岩油气田提高采收率关键技术示范工程”(2016ZX05053)。

注入稀油量不稳定,生产中稀稠油混配效果差,且受含水及原油乳化的影响,开采难度极大。同时,抗稠油电泵管柱结构在生产中存在频繁停机、绝缘下降快、管理难度大、运行寿命短的问题^[17]。为提高超稠油电泵在塔河油田的适应性,2012年从管柱结构入手,研制了尾管悬挂装置(图1),有效改善了稀稠油混配效果,提升了电泵系统运行的稳定性,减少了电泵井停躺^[18-21]。

深抽抗稠油电泵及配套尾管悬挂装置已经成为塔河超稠油区的主力开采工艺,但由于套管尺寸的限制,目前依然有56口电泵井未安装尾管悬挂装置,停机、躺井风险高,严重影响了开采效益。

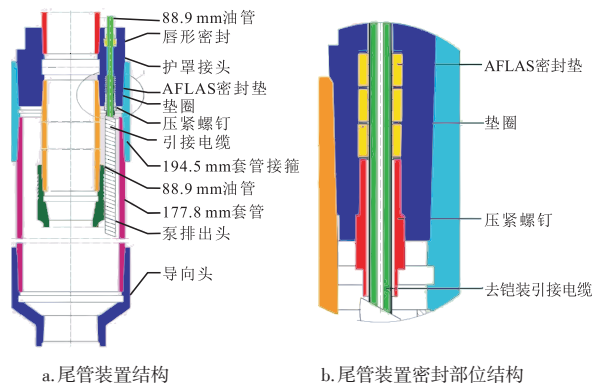


图1 电泵加装尾管悬挂装置

Fig. 1 structure of tail pipe installed on electric pump

1 研究背景

采油二厂加装尾管悬挂装置的电泵井有68口,平均稀稠比为1.8,平均运行寿命为697 d;未安装尾管悬挂装置的电泵井有56口,平均稀稠比为2.2,平均运行寿命为341 d。数据表明:加装尾管悬挂装置可以降低电机散热、提高稀稠油混配效果、降低稀油用量、减少电泵停躺。

以TH12412井为例,电泵生产未加尾管前,下深3 217 m运行130 d后躺井,期间停机7次;应用电泵加装尾管装置后,混配点加深至5 121 m,稳定生产467 d未停机(图2)。

超稠油区块采用深抽抗稠油电泵配套尾管悬挂装置取得了良好的应用效果。要扩大尾管悬挂装置应用,主要面临3个问题:一是常用的139.7 mm尾管悬挂装置所用的套管接箍外径为153.7 mm,而177.8 mm套管回接井内径较小,无法安装;二是193.675 mm套管回接油井,受限于139.7 mm尾管悬

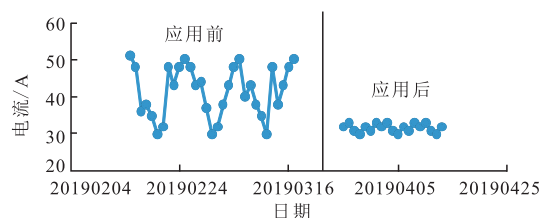


图2 TH12412井应用尾管前后电流曲线

Fig. 2 Current curve before and after application of tail pipe in well-TH12412

挂装置所用套管内径121.4 mm,需配套114系列电机,而该电机稳定性较差;三是所用的斯伦贝谢116 mm电机投影尺寸为121 mm,原139.7 mm尾管悬挂装置所用套管尺寸无法满足。

2 技术研究

为降低电泵异常率,延长运行寿命,提高超稠油开采效益,需对现有管柱结构进行优化改进。由于套管尺寸固定,电机外径缩小后适用范围减小,因此,可从配合套管进行改造。通过研究,对现有139.7 mm尾管的配套套管方面进行改进,使其外径可满足下入177.8 mm套管回接油井,内径可满足配套116 mm电机。经过多次论证,优选铝镁合金套管与139.7 mm套管进行改造。

改造后的装置将177.8 mm套管接箍改为139.7 mm套管接箍,主体结构采用139.7 mm套管制作,下部通过变径导向头(图3a)连接139.7 mm套管与88.9 mm油管,上部通过139.7 mm套管接箍及护罩接头(图3b)将139.7 mm套管与139.7 mm油管连接,其护罩接头一侧采用中空装置接入通过小扁电缆,上部密封采用耐高温抗硫化氢的AFLAS(氟橡胶)材质制作的唇形密封,下部密封采用压紧螺钉、4组垫圈及3组AFLAS材质密封垫圈。



图3 139.7 mm尾管装置下部导向头(a)和上部护罩接头(b)
Fig. 3 Lower guide head(a) and upper shield joint(b) of 139.7 mm tail pipe

2.1 铝镁合金套管尾管的装置

通过对国内所用套管进行调研发现,相较于钢,铝镁合金材质具有强度高、防腐蚀的特点(图4),可

满足尾管悬挂的需要。首先,对铝镁合金套管结构进行改造,将其最大外径改为147 mm,最小内径改为122 mm,即可满足在177.8 mm套管中下入尾管悬挂装置,又可满足116 mm电机的下入;其次,进行腐蚀监测,在混合油、地层水条件下,加热至88℃后放置720 h无腐蚀;最后,进行抗拉、抗压试验,在硫化氢环境下,应用300 MPa压力(实际工况压力为30 MPa)时无塑性变形(图4a)。该铝镁合金套管之间用单梯扣连接,套管本体为双母扣,连接短接为双公扣。

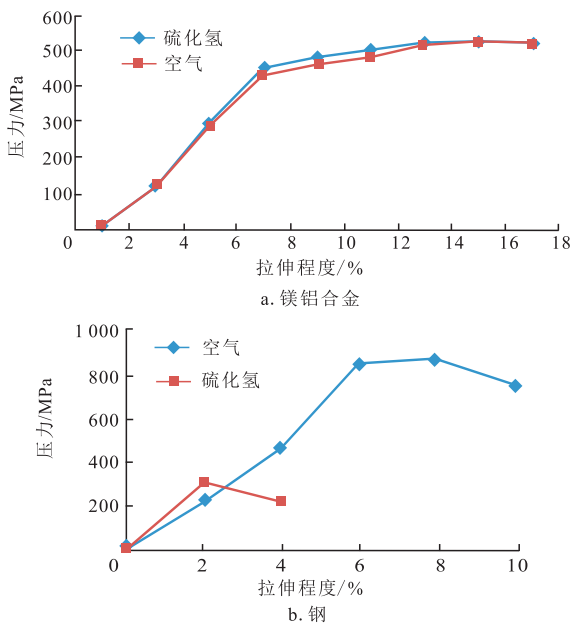


图4 铝镁合金和钢在硫化氢溶液中的拉伸程度
Fig. 4 Stretch degree of aluminum magnesium alloy and steel in hydrogen sulfide solution

优选稀稠油混配差、电泵生产寿命短的TH10319井进行试验。电泵下深2 853 m,尾管加深至3 973 m。入井前首先进行通井,然后在井口以下20 m处模拟入井,最后按照设计下机组及管柱。该井2018年11月9日入井,生产中稀稠比由检泵前的1.3降至1.0,应用前的两次电泵生产检泵周期仅73 d,而应用后至今运行165 d仍生产平稳(图5)。

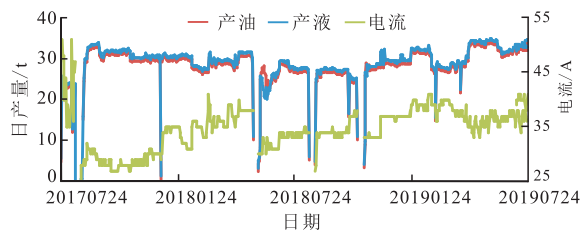


图5 TH10319井应用铝镁合金套管前后生产曲线
Fig. 5 Production curve before and after application of aluminum magnesium alloy casing of well-TH10319

2.2 特殊接箍套管尾管的装置

对现有139.7 mm套管接箍进行改造,使其接箍外径降至147 mm,最小内径降至124.3 mm,既可满足在177.8 mm套管中下入尾管悬挂装置,又可满足116 mm电机的下入。接着进行抗拉、抗压试验,在硫化氢环境下,应用45 MPa压力、60 t拉力时接箍部位形变量满足国标的0.25%以内的要求(表1)。

表1 拉伸试验后特殊接箍外观和尺寸前后变化对比
Table 1 Comparison of appearance and size of special coupling before and after tensile test

项目	测试前/mm	测试后/mm	形变量/%	
外径	端部1	146.21	146.45	0.16
	中部	145.73	146.07	0.23
	端部2	145.54	145.58	0.03
长度	204.10	204.20	0.05	

注:端部1为靠近拉伸接头端,端部2为连接套管端

以TH12388井为例,前期因受套管内径168 mm限制,未下入尾管悬挂,运行期间3次过载停机,运行163 d后躺井。2018年8月19日,下入116 mm机组,配套139.7 mm特殊接箍尾管,入井前首先进行通井,然后在井口以下20 m处模拟入井,最后按照设计组下机组及管柱。目前该井运行平稳,未出现异常停机,稀稠比由改进前的1.85降至目前的1.54,已平稳生产运行232 d(图6)。

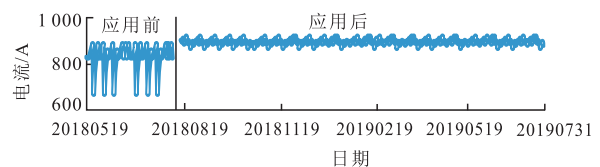


图6 TH12388井应用特殊接箍尾管前后电流曲线
Fig. 6 Current curve of well-TH12388 before and after application of special coupling tail pipe

2.3 制定电泵尾管悬挂技术规范

通过铝镁合金尾管及特殊接箍尾管的成功应用,各类型套管均可配套尾管悬挂装置。依据套管尺寸,规范悬挂器尺寸,优化电机系列,形成电泵尾管悬挂技术规范(表2),从而改善稀、稠油混配效果,提升电泵运行的稳定性。

表2 电泵尾管悬挂技术配套规范
Table 2 Technical specifications for tail pipe suspension of electric pump

套管尺寸/ mm	套管内径/ mm	通径/ mm	悬挂器尺寸/ mm	悬挂器最大投影尺寸/ mm	悬挂器内径/ mm	适用电机系列
			177.8	194.5	157.1	143/138
244.475	222.4	219.2	139.7	特殊接箍 147	124.3	116/114
			139.7	153.7	122	114
193.675	168.3	165.1	139.7	特殊接箍 147	124.3	116/114
			139.7	153.7	122	114
177.8	152.5	149.3	139.7	特殊接箍 147	124.3	116/114

3 效果评价

139.7 mm尾管装置的成功试验,突破了套管尺寸及电机型号的制约,铝镁合金尾管悬挂装置配套套管应用1井次(TH12326井),139.7 mm套管特殊接箍改造已入井2井次(TH10319井、TH12324井),目前均生产稳定。

经过详细测算,一套铝镁合金套管投入为16.8万元,产出效益为114.2万元,投入产出比为1:6.8;一套特殊接箍套管投入为4.56万元,平均单井产出效益为112.5万元,投入产出比为1:24.7。两种方式均可有效地改善工况,取得良好的经济效益,但特殊接箍成本更低廉,经济效益更好,更适合全面推广。

4 结论与认识

1) 优化后的139.7 mm尾管装置作为电泵举升的重要配套技术,可以满足入井要求,在所有电泵井中均可应用,对提升电泵系统运行的稳定性及延长检泵周期具有显著的效果。

2) 铝镁合金套管与特殊接箍套管在强度、防腐性能、抗拉、耐压方面可以满足尾管悬挂的技术要求,但特殊接箍套管较铝镁合金套管投入成本更低,经济效益更高。

3) 139.7 mm特殊接箍尾管突破了套管尺寸及电机型号的制约,形成了完整的电泵尾管悬挂技术,实现了尾管工艺的全覆盖,对保障稠油电泵井的后期管控、长寿运行至关重要,建议工区后期电泵井借鉴。

参考文献

[1] 袁晓宇,李映涛,张哨楠,等.塔西南玉北地区鹰山组缝洞型储层裂缝检测技术及应用[J].石油实验地质,2015,37(3):

394-401.

YUAN X Y, LI Y T, ZHANG S N, et al. Technique and application of fracture detection in fracture-cavity reservoirs in Yingshan Formation, Yubei area, southwestern Tarim[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(3): 394-401.

- [2] 窦之林.碳酸盐岩缝洞型油藏描述与储量计算[J].石油实验地质,2014,36(1):9-15.
DOU Z L. Description and reserves calculation of fractured-vuggy carbonate reservoirs[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(1): 9-15.
- [3] 甘振维,邓洪军.塔河油田原油深抽工艺技术研究与应[J].中外能源,2010,15(3):35-39.
GAN Z W, DENG H J. The application and research of deep pumping technology in Tahe Oilfield[J]. Sino-Global Energy, 2010, 15(3): 35-39.
- [4] 金强,田飞,张宏方.塔河油田岩溶型碳酸盐岩缝洞单元综合评价[J].石油实验地质,2015,37(3):272-279.
JIN Q, TIAN F, ZHANG H F. Comprehensive evaluation of fracture-cave units in karst carbonates in Tahe Oilfield, Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(3): 272-279.
- [5] 郑松青,崔书岳,牟雷.缝洞型油藏物质平衡方程及驱动能量分析[J].特种油气藏,2018,25(1):64-67.
ZHENG S Q, CUI S Y, MU L. Material balance equation and driving energy analysis of fracture-cave oil reservoir[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2018, 25(1): 64-67.
- [6] 王金锋.塔河油田缝洞型储层中洞穴充填程度半定量分析[J].石油地质与工程,2017,31(2):44-47.
WANG J F. Half quantitative analysis of filling degree in caved type reservoir of fractured-vuggy reservoirs in Tahe oilfield[J]. Petroleum Geology & Engineering, 2017, 31(2): 44-47.
- [7] 王连山,陈军,程汉列.塔中缝洞型碳酸盐岩凝析气藏气油比变化及见水预警[J].石油地质与工程,2017,31(2):94-96.
WANG L S, CHEN J, CHENG H L. Gas-oil ratio change and water breakthrough warning of condensate gas reservoir in fractured-vuggy carbonate reservoirs[J]. Petroleum Geology & Engineering, 2017, 31(2): 94-96.
- [8] 刘遥,荣元帅,杨敏.碳酸盐岩缝洞型油藏缝洞单元储量精细分类评价[J].石油实验地质,2018,40(3):431-438.
LIU Y, RONG Y S, YANG M. Detailed classification and evaluation of reserves in fracture-cavity units for carbonate fracture-cavity reservoirs[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2018, 40(3): 431-438.
- [9] 彭振华.塔河油田超深超稠电泵井筒温度场分析及设备选型[J].中国石油和化工,2012,12(8):42-45.
PENG Z H. Analysis of wellbore temperature field and equipment selection of ultra deep and ultra thick electric pump in Tahe Oilfield[J]. China Petroleum and Chemical Industry, 2012, 12(8): 42-45.
- [10] 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 C M, LI B L. Mixing light oil to reduce oil viscosity in Tahe Oilfield[J]. Drilling Petroleum Techniques, 2009, 37(1): 73-76.
- [11] 邹国君.塔河油田超深超稠油藏采油新技术研究[J].西南石油大学学报:自然科学版,2008,30(4):130-134.
ZOU G J. New recovery technology of super-deep and super-heavy oil reservoir development of Tahe Oilfield[J]. Journal of

(下转第115页)