

渤海油田稠油测试井智能双频加热降黏技术

卢中原¹, 谭忠健², 许峰³, 周宝锁², 刘境玄¹, 张金煌¹

- 1. 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300452
- 2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司工程技术作业中心 天津 300452
- 3. 中法渤海地质服务有限公司 天津 300452

通讯作者: Email: luzhy@cnooc.com.cn

项目支持: 中海石油(中国)有限公司生产性科研项目“海上稠油举升井筒降黏工艺技术研究”(CCL2014TJXZSS0845)

引用: 卢中原, 谭忠健, 许峰, 等. 渤海油田稠油测试井智能双频加热降黏技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(6): 27-32.

Cite: LU Zhongyuan, TAN Zhongjian, XU Feng, et al. Intelligent dual-frequency heating and viscosity reduction technology for heavy oil test wells in Bohai Oilfield [J]. Well Testing, 2018, 27(6): 27-32.

摘要 针对稠油井测试作业使用工频电加热工艺存在的加热效率低、电耗大等问题,设计了一种中低频智能双频组合变频加热装置。该装置采用智能双频—中低频组合电加热变频控制工艺,可以根据稠油性质实现温度可控,井口温度最高可达70℃以上,达到或者接近地层温度。该装置与全井筒保温技术等配套,形成了一套针对稠油井的测试泵抽加热工艺组合,在曹妃甸6-X、渤中36-X、蓬莱20-X等多个构造现场应用成功。结果表明,该工艺能够对稠油有效降黏,准确取得稠油层产能资料,节能效率高,加热设备运行安全可靠,为渤海油田稠油测试作业提供了强有力的技术支撑。

关键词 渤海油田; 稠油井; 测试; 降黏; 双频; 电磁加热; 低能耗

中图分类号: TE353 文献标识码: B DOI: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2018.06.005

Intelligent dual-frequency heating and viscosity reduction technology for heavy oil test wells in Bohai Oilfield

LU Zhongyuan¹, TAN Zhongjian², XU Feng³, ZHOU Baosuo², LIU Jingxuan¹, ZHANG Jinhuang¹

- 1. Engineering Technology Company of CNOOC Energy Technology & Services Limited, Tianjin 300452, China
- 2. Well Construction and Intervention Center, Tianjin Company of CNOOC, Tianjin 300452, China
- 3. China-France Bohai Geoservices Co., Ltd. Tianjin 300452, China

Abstract: To address the problems of low heating efficiency and high power consumption in the heavy oil well testing using power frequency electric heating process, a medium and low frequency intelligent dual-frequency combined frequency conversion heating device was designed. This device adopts intelligent dual-frequency - medium-low frequency electric heating frequency conversion control technology, which can allow temperature control according to the properties of heavy oil. The wellhead temperature can reach above 70 °C, reaching or close to the formation temperature. A set of testing, pumping and heating technology for heavy oil wells was formed by matching this device with the whole wellbore insulation technology. It has been successfully applied in many structures such as Caofeidian 6-X, Bozhong 36-X and Penglai 20-X. The results show that this process can effectively reduce the viscosity of heavy oil and accurately obtain the capacity data of heavy oil layer with high energy-saving efficiency, safe and reliable operation of heating equipment, and it can provide strong technical support for heavy oil test operation in Bohai Oilfield.

Keywords: Bohai Oilfield; heavy oil well; well test; viscosity reduction; dual frequency; electromagnetic heating; low energy consumption

渤海油田稠油资源储量规模大,一般稠油油藏胶质、沥青质(有时含蜡质)含量较高,黏度高,凝固点高,流阻大,携砂能力强,油藏埋藏浅,气油比(GOR)低,多为常压且油层温度不高,储层多为疏松砂岩。这些特点决定了稠油油藏测试工程作业

中表现为地层饱和压力低、通常不能自溢、出砂压差低、稠油到井口温降后难以流动、脱气时间长,常常需要采用机采方式进行试采,同时应用降黏技术和合适的防砂控砂技术来获得较高产能^[1-3]。

温度对分子间相互作用和无规则热运动具有

重要影响,稠油的黏度随温度的升高急剧降低^[4-5],对于渤海新近系稠油油田,如何进行有效降黏,提高泵效,是获得较高产能的关键^[6]。稠油黏度对温度的敏感性使得加热成为稠油开采的主要方法。目前辽河油田、大港油田、河南油田^[7-9]等各大油田通常大都采用空心杆电加热方法^[10-11],在渤海油田测试作业中,通常采用螺杆泵泵抽伴电加热工艺,主要由中频变压器、中频配电柜、集电装置、空心杆、空心泵、外径 $\Phi 19$ mm 整体加热电缆等组成。在空心抽油杆集肤效应电加热原理的基础上,采用在空心杆内投放一整条加热电缆,在井口地面驱动装置上安装集电装置,通过地面供电控制系统供电,在螺杆泵旋转过程中使电缆在空心杆内发热,对井筒原油加热,保持或提高原油举升过程温度,从而降低原油阻力,提高泵效,增加原油产量^[12]。螺杆泵泵抽伴电加热工艺,它具有加热均匀、成本低等优势。但是在渤海油田测试作业中,目前广泛使用的工频电加热装置,普遍存在着加热效率低、电耗大等缺陷^[13]。感应加热技术中,电源频率的选择非常重要,影响到加热效率、系统功率因数以及线路传输损耗^[14]。

针对目前工频电加热存在的问题,采用一种智能双频-中低频组合变频加热装置,充分发挥中、低频加热各自的优势,提高加热效率和稠油产能。中低频电极智能输出在医学领域具有成功应用,其优势在于通过软件实现对中低频电极的智能控制,实现安全加热,提高了理疗的安全性及准确性^[15]。在海上油气测试中,通过合理选择加热装置和合适的控制方法,以智能双频电流对举升过程中的稠油进行加热,成功求取测试层的产能,此项技术对节约能量,提高加热设备运行的可靠性和安全性均有重大意义。

1 技术原理

中低频组合电加热变频控制系统形成的智能双频技术具有空心抽油杆中频电加热和空心抽油杆低频电加热两种模式^[16]。

1.1 智能双频技术原理

中低频组合电加热变频控制系统,主要包括交-直-交变频主电路、检测与保护控制单元、单片机控制系统等,如图 1 所示。该装置输出的中低频电压、频率分别独立可调,可以根据不同的井况进行灵活参数设置,可选择空心抽油杆中频电加热与空

心抽油杆低频电加热两种选择模式。

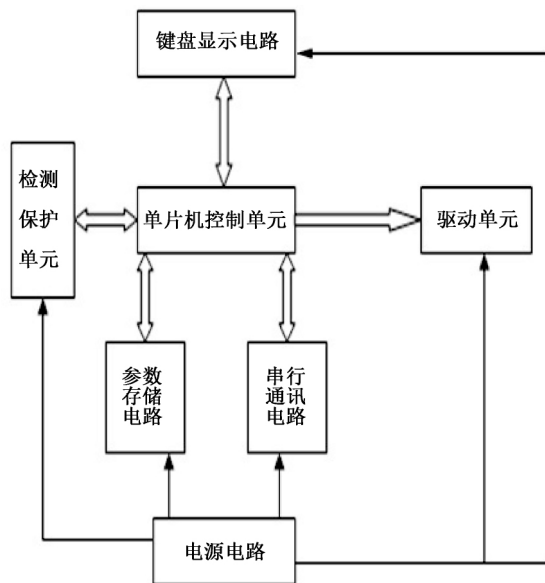


图 1 智能双频加热新技术装置控制系统图
Fig.1 Control system diagram of intelligent dual-frequency heating technology device

1.2 空心抽油杆中频电加热

中频电加热系统将工频 380 V 的工业用电转变成频率为 500~2 000 Hz、电压为 500~1 000 V 的中频交流电。当空心抽油杆和电缆形成的闭合回路中通过中频电流时,交变磁场会影响电流的分布,产生集肤效应^[17],会改变抽油杆的阻抗,产生大量的热。集肤效应中电流的透入深度表示为

$$\Delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}$$

式中: Δ 为集肤效应中电流的透入深度,cm; ρ 为抽油杆的电阻率, $\Omega \cdot \text{cm}$; μ_r 为抽油杆的相对导磁率; f 为输出交流电的频率,Hz。

从集肤效应中电流的透入深度公式可以看出,在相对导磁率不变的前提下, Δ 受交流频率的影响,当 f 越高, Δ 越小,集肤效应越明显,有效横截面积就越小,抽油杆的相对阻抗就越大,根据楞次定律

$$W = I^2 R T$$

式中: W 为电功,J; I 为电流,A; R 为电阻, Ω ; T 为时间,s。

相同电流下产生的热量也就越多,负载获得的能量就越多,加热效率也就越高。当空心抽油杆上通过中频交流电时,在加热电缆与钢质空心抽油杆之间建立交变磁场,由于集肤效应产生涡流和磁滞损耗,从而产生大量的热量(抽油杆内电阻也发热),然后再通过钢质空心抽油杆将这些热量传递

给稠油。

采用中频加热实现了对稠油的高效开采,其主要的特点如下:

(1)加热效率高。中频加热电源提高了加热电源的输出频率,从涡流效应与集肤效应角度,频率越高,有效加热功率越高。

(2)对电网无不良影响。中频加热电源采用交-直-交变频逆变技术,对电网波形和平衡度均无不良影响。

1.3 空心抽油杆低频电加热

采用 20~50 Hz 的变频电源,加热电压在 100~520 V。低频电源在用于油井加热时会产生一种特殊的效果—低频效应。这种加热方式除通过电缆和抽油杆对稠油和高凝油的热传导加热外,还通过稠油中带电粒子剧烈运动、摩擦碰撞,使液体本身发热,而且热传导对液体加热效率远小于液体本身的发热效率^[18]。通过调节低频电源频率,改变低频电场效应,使负载获得最大加热效率。

低频电源主要具有以下特点:

(1)安全性好。该设备可用较低的电压输出较大的加热电源。这样大大降低了加热电缆击穿的可能性,延长了电缆的使用寿命,并且提高了作业维护人员自身的安全。

(2)可靠性高。采用了低压方式变频供电,减少了设备本身的故障率,极大地提高了电源本身的可靠性。

2 现场应用

对渤海油田 3 个区块,渤中 3-X-X 井、渤中 19-X-X 井、旅大 27-X-X 井、金县 1-X-X 井累计 4 口井的测温数据及黏温关系进行了研究,根据黏温变化曲线,发现黏度随温度的变化非常明显,温度每升高 10 ℃,黏度降低 1/2 左右。因此,在稠油井测试过程中,提高井筒温度是降低稠油黏度、获取油井产能资料的一条有效途径。

稠油属黏塑性非牛顿流体,对温度敏感性较强。只要把温度提高到一定值,就可以实现稠油由黏塑性流体向拟塑性流体的转变,这个温度值就是拐点温度^[19-21]。原油温度低于拐点温度时,原油黏度随着温度的升高递减很快,原油温度高于拐点温度后,原油黏度随着温度的升高递减较为缓慢,所以加热稠油到拐点温度有很好的降黏作用。

2.1 典型井应用情况

2.1.1 曹妃甸 6-X-X 井

曹妃甸 6-X-X 井采用中低频组合电加热变频控制方法后井口温度与井下温度对比如图 2 所示。可见曹妃甸 6-X-X 井井口温度达到了 52~56 ℃,对应的井下流动温度为 70~71 ℃,采用该加热工艺加热后,井口温度仅比井下流动温度低 15 ℃。根据曹妃甸 6-X-X 井原油物性分析结果(图 3),当井口温度为 50~60 ℃时,原油黏度在 200~400 mPa·s,已满足流动要求,而当井口温度低于 50 ℃时,黏度是数量级的递增,所以井口温度的提高,大大降低了原油黏度,保证了稠油的流动性。

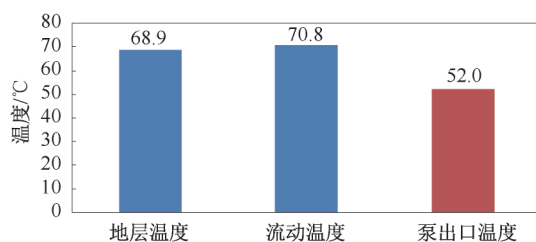


图 2 曹妃甸 6-X-X 井井口温度与井下温度对比
Fig.2 Comparison of wellhead temperature and downhole temperature of Well Caofeidian 6-X-X

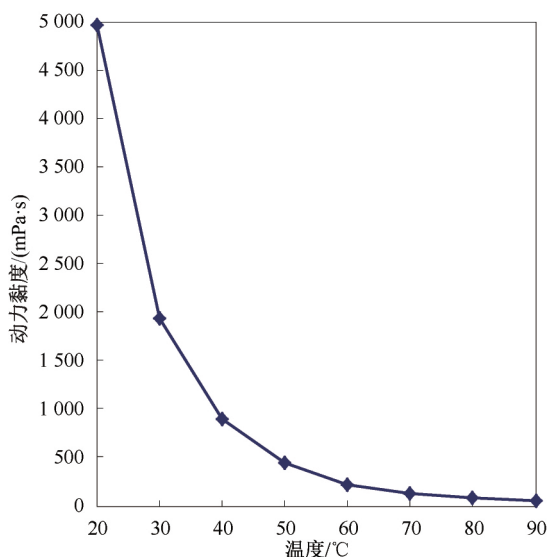


图 3 曹妃甸 6-X-X 井原油物性分析
Fig.3 Analyses of crude oil properties of Well Caofeidian 6-X-X

2.1.2 渤中 36-X-X 井

渤中 36-X-X 井采用了中低频组合电加热变频控制方法后井口温度与井下温度对比如图 4 所示,可见渤中 36-X-X 井井口温度达到了 70 ℃以上,对应的井下流动温度为 60~62 ℃,所以,采用该加热

工艺加热后,井口温度高于井下流动温度。根据渤中 36-X-X 井原油物性分析结果(图 5),当井口温度为 70 ℃时,原油黏度在 1 485 mPa·s。实践证明,该黏度下原油可以流动至井口,获得了理想产能,而当井口温度低于 50 ℃时,黏度是数量级的递增,当原油黏度在 10 000 mPa·s 以上时,原油将很难流动至井口。

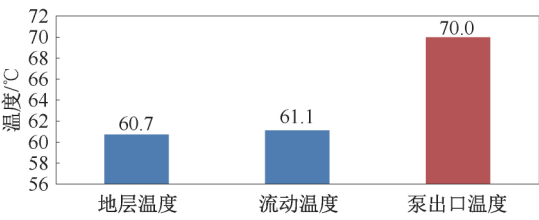


图 4 渤中 36-X-X 井井口温度与井下温度对比
Fig.4 Comparison of wellhead temperature and downhole temperature of Well Bozhong 36-X-X in

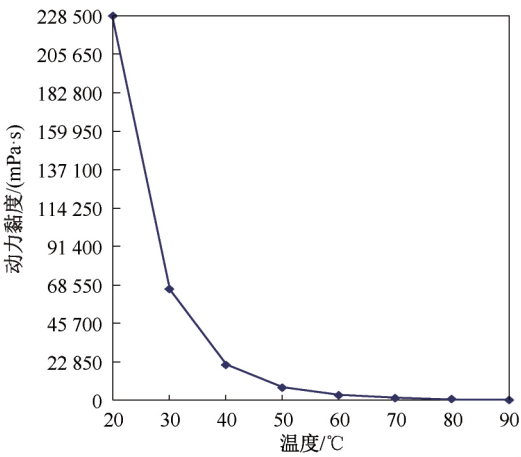


图 5 渤中 36-X-X 井原油物性分析
Fig.5 Analyses of crude oil properties of Well Bozhong36-X-X

2. 1. 3 蓬莱 20-X-X 井

蓬莱 20-X-X 井采用了中低频组合电加热变频控制方法后井口温度与井下温度对比如图 6 所示。

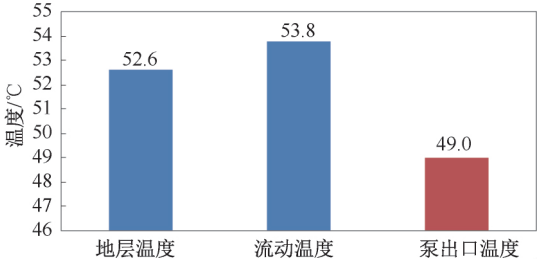


图 6 蓬莱 20-X-X 井井口温度与井下温度对比
Fig.6 Comparison of wellhead temperature and downhole temperature of Well Penglai 20-X-X

由图 6 可见蓬莱 20-X-X 井井口温度达到了 42~49 ℃,对应的井下流动温度为 53~54 ℃,所以,采用该加热工艺加热后,井口温度接近井下流动温度,井口温度的提高,对于降低原油黏度至关重要,绝对保证了井口的流动。

2. 2 技术优势

智能双频加热降黏技术与原有的工频电缆加热相比,井口温度更高。表 1 是工频电缆加热工艺的井口温度统计表。从表 1 中可知,通过工频电缆加热井,井口温度平均不到 30 ℃,最高井口加热温度为 36 ℃。而从以上实例可以看出,智能双频加热降黏技术井口温度可以达到 50 ℃以上。

表 1 工频电缆加热井口温度
Table 1 Power frequency cable heating wellhead temperature

井号	油层厚度/ m	加热线缆/ 下深/m	加热电流/ A	加热后泵 口温度/℃	密度/ (g·cm ⁻³)
C1	75(裸眼)	1091	150	25.0	0.966 4
C2	13	918	160	28.0	0.980 6
C3	15	716	170	36.0	0.989 5
D1	17	858	160	27.5	0.983 9
D2	28	832	160	26.4	0.982 0

对以往传统工频的能耗进行分析,工频电加热的能耗较高^[22],并且存在三相电流的严重不平衡,与智能双频加热的时间对比分析,见表 2,智能双频热效率高,在清井时可将温度快速提升,达到求产要求,节省了大量的作业时间;同时,智能双频平均每天耗电 500~1 500 kW·h,工频平均每天耗电 1 500~2 000 kW·h,节省了大量电能。

表 2 智能双频与工频升温时间对比
Table 2 Comparison of intelligent dual-frequency and power frequency heating time

智能双频 加热井	达到求产所 需时间/h	工频加热井	达到求产所 需时间/h
曹妃甸 6-X-X	5.0	绥中 36-X-X	10.00
渤中 36-X-X	6.5	秦皇岛 29-X-X	9.75
蓬莱 20-X-X	8.0	垦利 10-X-X	8.75
平均	6.5	平均	9.50

以黏度最高的渤中 36-X-X 井为例,如采用中低频组合电加热变频控制方法,泵出口温度可以达到 70 ℃,泵出口原油黏度为 1 485 mPa·s,可以采用螺杆泵泵抽排液。该工艺适用的原油黏度可覆盖 400~5 000 mPa·s(50 ℃)(表 3),根据不同井况调节功率,可以将更加黏稠的原油举升至地面。

表 3 智能双频加热产量以及原油物性
Table 3 Intelligent dual-frequency heating output and crude oil properties

井号	层号	螺杆泵 转速/ rpm	产量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	原油密度 ($20\text{ }^\circ\text{C}$)/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	原油黏度 ($50\text{ }^\circ\text{C}$)/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)
曹妃甸 6-X-X	DST2	70	50.12	0.951 3	416.86
		120	76.02		
渤中 36-X-X	DST2	70	27.18	0.991 2	4 876.52
		80	44.46		
	DST2a	120	56.16		
蓬莱 20-X-X	DST1	80	29.28	0.985 2	3 734.16
		80	24.42		
	DST2a	80	35.52		

3 结论

(1)引进了一种智能双频-中低频组合变频加热装置,克服了工频电加热工艺的加热效率低,耗电能大的缺点,实现了中低频频率、电压独立可调,输出电压、频率的平滑变化,从而充分发挥中、低频加热的优势,提高加热效率和稠油产能。

(2)采用智能双频-中低频组合电加热变频控制工艺,井口温度最高可达 70 ℃ 以上,达到或者接近地层温度。可以根据稠油性质,实现温度可控,提高了该加热工艺和装备的安全性和可靠性。

(3)将智能双频-中低频组合电加热变频控制工艺与全井筒保温技术等相配套,形成了一套针对稠油井的测试泵抽加热工艺组合。该工艺成功评价了曹妃甸 6-X、渤中 36-X、蓬莱 20-X 等多个构造,为渤海油田稠油测试作业提供了强有力的技术支撑。

致谢:感谢中海石油(中国)有限公司生产性科研项目“海上稠油举升井筒降黏工艺技术研究”项目组、天津合众达油气测试有限公司、中法渤海地质服务有限公司相关技术人员的大力支持。

参考文献

[1] 谭忠健,项华,刘富奎,等. 渤海复杂油气藏测试技术研究及应用效果[J]. 中国海上油气, 2006, 18(4):223-228.
TAN Zhongjian, XIANG Hua, LIU Fukui, et al. Test technology research and application effect of complex oil and gas reservoir in Bohai [J]. China Offshore Oil and Gas, 2006, 18(4):223-228.

[2] 黄鑫. 渤海稠油油田开发面临的挑战与应对措施[J]. 油气田地面工程,2010,29(9):76-77.
HUANG Xin. Challenges and countermeasures for development of heavy oil fields in Bohai [J]. Oil-Gas Field Surface

Engineering, 2010,29(9):76-77.

[3] 郭太现,苏彦春. 渤海油田稠油油藏开发现状和技术发展方向[J]. 中国海上油气,2013,25(4):26-30.
GUO Taixian, SU Yanchun. Current status and technical development direction in heavy oil reservoir development in Bohai oilfields [J]. China Offshore Oil and Gas,2013,25(4):26-30.

[4] 王大为,岳宝林,刘小鸿,等. 渤海稠油油藏原油黏温关系研究[J]. 石油地质与工程,2015,29(5):84-86.
WANG Dawei, YUE Baolin, LIU Xiaohong, et al. Research on the relationship between viscosity-temperature of heavy oil reservoirs in Bohai sea [J]. Petroleum Geology and Engineering,2015,29(5):84-86.

[5] 侯珍珍. 特超稠油的胶体化学性质研究[D]. 东营:中国石油大学(华东),2010.
HOU Zhenzhen. Study on the colloid properties of super-heavy oil [D]. Dongying: China University of Petroleum (Hua Dong), 2010.

[6] 刘富奎,施达,谭忠健,等. 渤海稠油井测试工艺中保温技术应用研究[J]. 油气井测试,2007, 16(6):35-37.
LIU Fukui, SHI Da, TAN Zhongjian, et al. Application of insulation technology in well test of Bohai heavy oil [J]. Well Testing, 2007, 16(6):35-37.

[7] 刘连玉. 辽河海上油田稠油开采及配套工艺[J]. 中国石油和化工标准与质量,2014,34(12):133.
LIU Lianyu. Heavy oil mining and matching technology in Liaohe offshore oil field [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2014,34(12):133.

[8] 周俊杰,吴杰生,郭莉萍,等. 大港油田稠油_超稠油油藏冷采工艺技术[J]. 石油钻探技术, 2004, 32(2):26-28.
ZHOU Junjie, WU Jiesheng, GUO Liping, et al. The technology of cold production for heavy oil in Dagang oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2004,32(2):26-28.

[9] 曲玉线. 浅薄层稠油油藏开采技术[J]. 西北地质, 2002,35(2):69-74.
QU Yuxian. Exploration technology of heavy reservoir in shallow-thin layer [J]. Northwestern Geology, 2002, 35(2):69-74.

[10] 余泽华,王志明,史永庆. 驱动螺杆泵电加热装置在“三高”原油开采中的应用[J]. 石油矿场机械,1998, 27(4):20-22.
SHE Zehua, WANG Zhiming, SHI Yongqing. Application of electric heating device driven by screw pump in “three high” crude oil mining [J]. Oil Field Equipment, 1998, 27(4):20-22.

[11] 文宏武,王靖淇,刘萍,等. 双空心抽油杆螺杆泵热采试油技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(5):24-30.
WEN Hongwu, WANG Jingqi, LIU Ping, et al. Screw pump thermal recovery test technology driven by double hollow sucker rod [J]. Well Testing, 2018, 27(5):24-30.

- [12] 卢中原,赵启彬,钱大伟,等. TCP、PCP 电加热与 APR 三联作工艺在渤海稠油测试中的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量,2011(11):168-169.
LU Zhongyuan, ZHAO Qibin, QIAN Dawei, et al. Application of TCP, PCP electric heating and APR triplet in Bohai heavy oil test [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2011(11):168-169.
- [13] 丁波,徐太宗,蒋玉新. 空心转子螺杆泵过泵加热采油技术[J]. 石油矿场机械,2006,35(增刊):63-65.
DING Bo, XU Taizong, JIANG Yuxin. New technology using heating hollow rotor of screw pump while liquid passing through [J]. Oil Field Equipment, 2006,35(S):63-65.
- [14] 聂翠萍,蒲春生. 三相工频井下电磁感应加热采油技术研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2005,33(S1):42-46.
NIE Cuiping, PU Chunsheng. Reservoir heating oil recovery technology by electromagnetic induction with three-phase 60 Hz AC [J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2005, 33(S1):42-46.
- [15] 章鲁生,彭楠. 中、低频电疗仪智能漫游输出电极的研制[J]. 医疗装备,2003,16(10):8-9.
ZHANG Lusheng, PENG Nan. Research and development of intelligent movable electrode of middle-low frequency electric machine [J]. Chinese Journal of Medical Device, 2003, 16(10):8-9.
- [16] 余五星,潘建华,林军,等. 超稠油中频电加热采油技术[J]. 特种油气藏,2000,7(S):31-33.
YU Wuxing, PAN Jianhua, LIN Jun, et al. Medium frequency electric heating and oil extraction technology for super heavy oil [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2000, 7(S):31-33.
- [17] 万雷,曾春雷. 集肤效应电伴热在石油工业中的应用[J]. 硅谷,2010(2):117-118.
WAN Lei, ZENG Chunlei. Application of skin effect electric heat tracing in oil industry [J]. Silicon Valley, 2010(2):117-118.
- [18] 陈江波,寇玮. 井下电加热供电模式分析[J]. 油气田地面工程,2010,29(2):63-64.
CHEN Jiangbo, KOU Wei. Analysis on power supply mode of underground electric heating [J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2010,29(2):63-64.
- [19] 李伟超,刘平,于继飞,等. 渤海稠油油田井筒电加热技术可行性分析[J]. 断块油气田,2012,19(4):513-516.
LI Weichao, LIU Ping, YU Jifei, et al. Feasibility analysis of wellbore electric heating technology in Bohai heavy oil field [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2012, 19(4):513-516.
- [20] 孟祥娟,陈德飞,潘昭才,等.塔中油田稠油井空心抽油杆断裂原因及对策[J].承德石油高等专科学校学报,2018,20(3):11-16.
MENG Xiangjuan, CHEN Defei, PAN Zhaocai, et al. Cause analysis and countermeasures for hollow rod breaking of heavy oil well in Tazhong Oilfield[J].Journal of Chengde Petroleum College,2018,20(3):11-16.
- [21] 杨立龙.空心杆电加热举升工艺在牛心坨油田的应用[J].石油地质与工程,2011,25(1):101-104.
YANG Lilong. Application of hollow rod with electric heating lift technology in Niuxintuo Oilfield[J].Petroleum Geology and Engineering,2011,25(1):101-104.
- [22] 朗明峰. 井筒降黏技术的特点及能耗分析[J]. 内江科技,2010(9):98-99.
LANG Mingfeng. Characteristics and energy consumption analysis of wellbore viscosity reduction technology [J]. Neijiang Science and Technology, 2010(9):98-99.

编辑 刘述忍

第一作者简介:卢中原,男,1986 年出生,工程师,2007 年毕业于中国地质大学(武汉)资源勘查工程专业,主要从事海上油田地层测试现场监督工作。电话:022-66502136,13821969386;Email:luzhy@cnooc.com.cn。通信地址:天津市滨海新区海川路 2121 号海洋石油大厦 C 座 6 楼 618 工程技术作业中心渤海中深层探井项目组,邮政编码:300452。