

# 地面直读试井技术在临河油田自喷井及机采井应用效果分析

邵振鹏<sup>1</sup>, 韦建炬<sup>2</sup>, 潘秀英<sup>3</sup>, 程晓伟<sup>4</sup>, 王志伟<sup>1</sup>, 李璐<sup>1</sup>

- 1. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司 河北廊坊 065007
- 2. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司井下技术服务分公司 天津 300280
- 3. 中国石油华北石油管理局有限公司苏里格勘探开发分公司 内蒙古鄂尔多斯 017399
- 4. 中国石油华北油田分公司巴彦勘探开发分公司 内蒙古巴彦淖尔 015000

通讯作者: Email: shaozpeng@cnpc.com.cn

引用: 邵振鹏, 韦建炬, 潘秀英, 等. 地面直读试井技术在临河油田自喷井及机采井应用效果分析[J]. 油气井测试, 2022, 31(4): 31-36.

Cite: SHAO Zhenpeng, WEI Jianju, PAN Xiuying, et al. Analysis on application effect of surface direct reading technology in well testing operation of flowing wells and mechanical-recovery wells in Linhe Oilfield[J]. Well Testing, 2022, 31(4): 31-36.

**摘要** 为实时获取临河油田生产井井下压力、温度及储层物性参数, 将井下永久监测直读压力计下入设计深度, 通过电缆将井下数据实时传输到地面控制单元, 然后以无线传输的形式远程发送到用户移动终端设备或办公计算机, 实现实时井下动态监测及储层评价认识。经临河油田 4 口自喷井、2 口机采井现场应用, 单井平均累计监测时间约 6 个月, 井下仪器及地面设备工作正常, 能够满足现场实时监测及试井资料录取的需求, 取得了较好的应用效果, 为临河油田高凝油藏开发动态监测及储层认识提供了技术保障。

**关键词** 临河油田; 试井; 地面直读技术; 动态监测; 储层评价; 高凝油藏; 采油方式; 现场应用

**中图分类号**: TE353      **文献标识码**: B      **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2022.04.006

## Analysis on application effect of surface direct reading technology in well testing operation of flowing wells and mechanical-recovery wells in Linhe Oilfield

SHAO Zhenpeng<sup>1</sup>, WEI Jianju<sup>2</sup>, PAN Xiuying<sup>3</sup>, CHENG Xiaowei<sup>4</sup>, WANG Zhiwei<sup>1</sup>, LI Lu<sup>1</sup>

- 1. Well Testing Company, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Langfang, Hebei 065007, China
- 2. Downhole Technology Service Company, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Tianjin 300280, China
- 3. Sulige Exploration and Development Branch, CNPC Huabei Petroleum Administration Bureau Co., Ltd., Erdos, Neimenggu 017399, China
- 4. Bayan Exploration and Development Branch, PetroChina Huabei Oilfield Company, Bayannur, Neimenggu 015000, China

**Abstract:** In order to obtain real-time downhole pressure, temperature, and reservoir physical parameters of production wells in Linhe Oilfield, the downhole permanent monitoring direct reading pressure gauge is lowered to the design depth. The downhole data is transmitted to the ground control unit in real time through the cable, and then remotely sent, in form of wireless transmission, to the user's mobile device or office computer. In this way, real-time downhole dynamic monitoring and reservoir evaluation is completed. Application of this technology in 4 flowing wells and 2 mechanical-recovery wells in Linhe Oilfield shows that in the 6-month monitoring period for single well, the downhole tools and surface devices worked normally, meeting the needs of real-time on-site monitoring and well testing data recording. The proposed technology provides a support for dynamic monitoring and reservoir evaluation in developing high pour point reservoirs in Linhe Oilfield.

**Keywords:** Linhe Oilfield; well testing; surface direct reading technology; dynamic monitoring; reservoir evaluation; high pour point reservoir; oil production method; field application

随着临河油田勘探开发一体化进程的不断推进, 开发井数量会逐渐增加, 生产阶段实现实时井下动态监测、以及采用试井工艺及时评价认识储层

将是一项十分重要的工作。目前, 在试井测试专业, 井下电子压力计分为直读式和存储式<sup>[1-5]</sup>, 井下存储式压力计技术是试井作业中最常用的方式。常规试

井作业资料解释及评价存在一定滞后性,不能实时获取井下的压力温度数据,进而不能及时调整试井方案。因此,无法及时发现和处理问题,存在很大盲目性,数据不合格需要重新施工作业,严重增加动态监测成本及影响开井生产时效。高庆春<sup>[6]</sup>认为,我国目前油气田试井关井压力恢复测试时间过短是影响试井压力恢复解释质量的最主要因素。

电缆直读监测技术<sup>[7-11]</sup>是指在试油测试以及生产期间及时获取井底温度、压力数据的方法。国外斯伦贝谢公司、哈里伯顿公司、法国地质服务公司等都拥有一系列井底温度压力数据地面快速直读技术,国内目前也正在加大这一领域的研究力度,并取得了较大的进步。姜洪丰等<sup>[12-13]</sup>成功将地面直读技术应用于海上油田试井作业。王卓等<sup>[14]</sup>采用电缆直读试井技术实时监测水平井压裂施工,并评价改造效果。目前国内直读监测技术多用于常规油藏,对于高凝油藏深井试井监测技术方面的研究成果较少。同时,国内外专家对于高凝油藏<sup>[15]</sup>试油测试及投产开发工艺技术也进行了一系列的研究。美国的高凝油藏利用双油管柱投产,一套自喷出油,另一套进行热液循环,井口温度必须保持在60~70℃。陈广超等<sup>[16]</sup>提出在江苏油田使用自控温伴热电缆对试油管柱进行加热,改进配套测试工艺,在井下安装了测温装置,保证高凝油、稠油井试油求产及试井测试工作。余东合等<sup>[17]</sup>提出在华北油田应用电加热螺杆泵与地层测试器联作试油测试工艺,解决了高凝、高黏稠油井试油测试困难的问题,但缺少对于深井高凝油藏长期实时监测、压恢试井方面的研究。

针对临河油田高凝油藏深井试井作业存在常规缆绳试井工具起下困难、管柱测试成本高且资料分析滞后等问题,采用电缆地面直读试井技术,在完井作业时通过油管捆绑电缆将直读压力计随管柱下入井内,地面实时读取井下数据,实现试井资料快速解释和评价,为精准制定下步施工措施以及调整开发方案提供依据。

## 1 临河油田试井现状

临河油田位于河套盆地临河坳陷东北部<sup>[18-19]</sup>,主要油气储集层为古近系渐新统临河组,该油田整体油层埋深大,局部构造单元的主力储层埋深大于6 000 m,从钻探角度属于深井、超深井范畴;区域内原油凝固点普遍在38~56℃左右,具有高凝油藏特征;目前该油田正处于勘探开发初期。

现阶段临河油田试井资料获取方式以探评井试油期间进行地层测试工艺为主,探评井在试油阶段基本进行地层测试,获取储层原始的压恢资料;有少数开发井在完井投产阶段下入地面直读井下压力计,可以通过地面直读试井工艺实时进行压恢试井,大部分开发井以自喷管柱完井,未下入直读压力计,受原油物性差、深井施工难度大及自喷井井口压力高等因素的制约,生产阶段无法正常获取试井资料,同时,不能实时进行井底动态监测。如何能高效的获取试井资料、实现单井实时动态监测,将是临河油田后续开发面临的一项重要工作。

## 2 地面直读试井工艺原理及特点

地面直读试井工艺通过井口控制开关井,井下直读压力计实时录取试井资料,并通过远程实时监测系统了解井下压力变化情况,精确调整试井工作制度,应用试井资料实时掌握井下压力温度变化情况、获取储层物性参数、定量评价认识储层。

在临河油田应用的地面直读监测技术基本原理:将直读式压力计固定在压力计托筒上,采用油管将直读压力计下至设计深度,然后采用电缆保护套将直读电缆固定在油管外壁上,通过电缆将井下压力温度数据传输到地面控制单元,然后通过互联网将井下实时的压力温度数据传输到办公计算机或用户移动手机端。该技术主要由三部分组成(见图1):井下直读压力计及电缆、地面控制单元、远程实时监测系统。

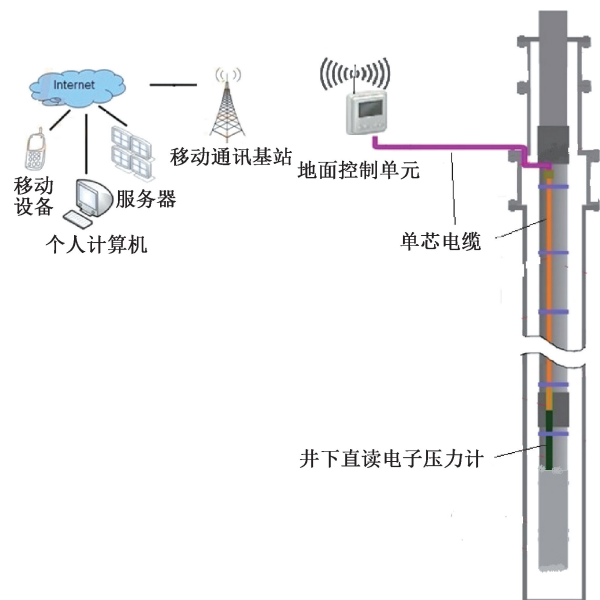


图1 地面直读技术组成示意图

Fig.1 Map of ground direct reading technology composition

2.1 主要仪器工具

主要包括井下仪器工具、地面控制单元及远程监控系统。

2.1.1 井下仪器工具

井下仪器工具主要包括:井下直读压力计,压力计托筒,电缆,电缆保护套。其中,井下直读压力计是主要的井下仪器,主要由压力传感器、温度传感器、电路板、电缆密封装置组成,其规格参数见表 1,性能参数见表 2。井下电缆主要作用是传输数据信号,为直读压力计提供电源。电缆保护套用于将井下电缆固定在油管外壁,避免电缆缠绕管柱影响通讯,同时,避免因井斜过大造成井下电缆与套管磨损严重的问题。

表 1 井下直读压力计规格参数表

Table 1 Specification parameter table of downhole direct reading pressure gauge

规格参数	数值
净重/kg	2.0
尺寸/mm	总长 500,外径 34
外壳材质	0Cr17Ni4Cu4Nb 不锈钢

表 2 井下直读压力计性能参数表

Table 2 Performance parameters table of downhole direct reading pressure gauge

性能参数	数值
压力测量范围/MPa	0~70
压力测试最大允许误差/F·S	±0.05%
压力测试分辨率/MPa	0.002
温度测量范围/℃	-20~+150
温度测试误差/℃	±0.1

2.1.2 地面控制单元

地面控制单元组成主要包括:控制盒、电源电缆、通讯电缆、通讯模块,其规格参数见表 3。其主要作用是:将接入系统的 AC220V 电源转换为地面控制系统工作所需电源,为井下直读压力计提供电源;与井下直读压力计实时通讯,读取井下测试数据;根据用户需求设置功能,自动定时测试,自动保存测试数据;通过无线网络与连接到互联网的计算机或移动端手机进行实时通讯。

表 3 地面控制单元规格参数表

Table 3 Specification parameter table of ground control unit

规格参数	数值
控制柜外形尺寸/mm	215×165×80
重量/kg	1.0
供电电源	AC(220 V ±10%),50 Hz DC 12 V
电源输出	DC 12 V,(0~100) mA
计算机通讯方式	有线 RS232,移动无线网络

2.1.3 远程监测系统

为了方便技术人员实时查看井下动态数据,及时分析判断试井资料录取的质量,开发了相应的移动端和计算机应用系统,移动端系统的主要功能包括:实时显示井下压力温度数据、保存导出历史数据。

2.2 技术特点

- 地面直读试井技术具有以下特点:
- (1)实现井下压力温度实时监测,并且能通过网络远程实时传输存储数据,为试井分析评价提供及时准确的资料,同时能够保证及时调整试井工作制度、优化试井方案、缩短了施工周期、节约单井动态监测成本。
  - (2)可实现一次作业,永久井下监测的目的,在开发阶段避免重复作业动管柱,降低因作业对储层造成的二次伤害。
  - (3)该技术所采用的电缆是固定在油管外壁上,确保了油管内部全通畅,对于油管内作业不会造成影响,非常适合采用油管内下电加热进行生产的高凝油藏。

3 应用实例

目前,在临河油田共有 6 口井应用了地面直读井下压力永久监测技术进行实时动态监测,其中,4 口自喷井,2 口机采井,单井平均累计监测时间约 6 个月,井下仪器及地面设备工作正常,能够满足现场实时监测及试井资料录取的需求。

3.1 自喷井

JC-1 井位于内蒙古自治区巴彦淖尔市临河区小召乡光明村,是河套盆地临河坳陷兴隆构造带上的一口评价井,层位古近系临二段,生产井段 4 892.6~4 907.0 m。本井于 2021 年 10 月 10 日自喷投产,油管内下加热电缆辅助加热,采用地面直读永久监测工艺完井,直读压力计下深 3 452.24 m,直读监测系统完整准确的记录了本井自投产后的井下压力温度数据(见图 2)。该井截止目前累计产油 4 155.81 m<sup>3</sup>,现阶段采用 6 mm 油嘴生产,日产油 86.82 m<sup>3</sup>/d,综合含水 0.3%,油压 4.1 MPa,套压 6.2 MPa;地面原油化验结果:20 ℃密度为 0.867 7 g/cm<sup>3</sup>,60 ℃黏度为 15.61 mPa·s,含蜡 16.73%,胶质沥青 22.33%,凝固点为 47 ℃;属于高含蜡多胶高凝油。

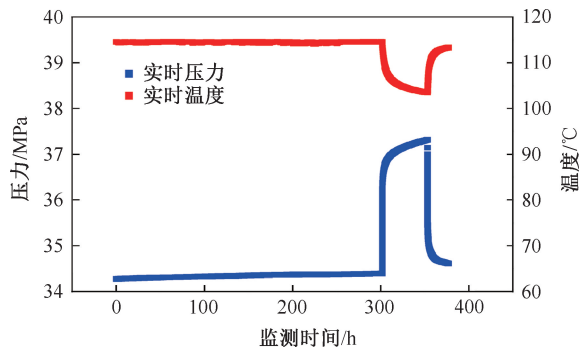


图2 JC-1井地面直读实时监测压力温度曲线  
Fig. 2 Real-time pressure-temperature curve monitored by ground direct reading in well JC-1

依据开发动态监测方案要求,本井于2022年1月2日~5日进行了地面直读压恢试井,关井52.6 h,地面实时监测井下关井压恢曲线,并结合双对数曲线水平径向流特征(见图3),准确的调整了试井方案。

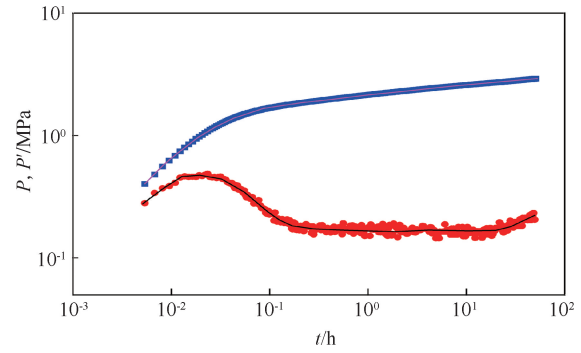


图3 JC-1井地面直读压恢试井双对数拟合曲线  
Fig. 3 Log-log fitting curve of surface direct reading pressure recovery test in Well JC-1

通过对本次直读压恢试井资料分析评价(见表4),对本层获得了以下地质认识:

(1)生产层地层能量充足,地层中部压力系数1.05,属正常地层压力系统,与试油测试阶段的压力系数1.06相比,储层压力保持稳定;

表4 JC-1井直读压恢试井解释结果表	
Table 4 Table of interpretation results for pressure recovery test in well JC-1	
储层参数	数值
储层压力/MPa	50.30
压力系数	1.05
有效渗透率/mD	55.80
表皮系数	1.47
探测半径/m	381.00

(2)本次试井层具有复合油藏特征,为中等渗透储层,井筒周围存在轻微污染,随着储层的持续生产,污染在逐步减小;

(3)本次采用直读压恢试井工艺,试井周期约

3 d,相比常规钢丝试井作业缩短施工周期约4 d,节省了作业成本。

### 3.2 机采井

JC-2井位于内蒙古自治区巴彦淖尔市临河区八一乡新道村,是河套盆地临河坳陷兴隆构造带上的一口开发井,层位古近系临一段,生产井段3 376.20~3 379.00 m。本井于2021年8月11日下44 mm管式泵机采投产,泵深1 802.65 m,空心抽油杆下加热电缆辅助加热,采用地面直读永久监测工艺完井,直读压力计下深3 377.60 m,位于储层中部,直读监测系统完整准确的记录了本井自投产后的井下压力温度数据(见图4);截止目前累计产油3 128.22 m<sup>3</sup>,现阶段抽油机工作制度:冲次2次/min,冲程2.0 m,日产油19.83 m<sup>3</sup>,综合含水0.1%;地面原油化验结果:20℃密度为0.881 1 g/cm<sup>3</sup>,50℃粘度为24.47 mPa·s,含蜡17.75%,胶质沥青24.35%,凝固点为49℃;属于高含蜡多胶高凝油。

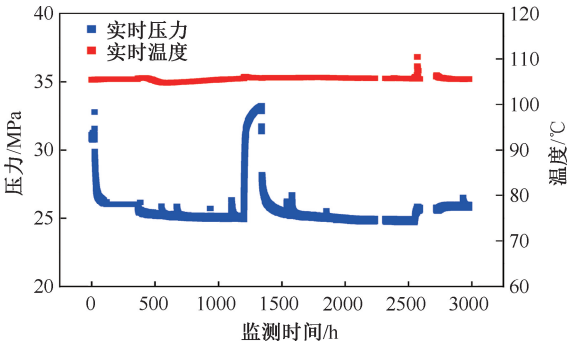


图4 JC-2井地面直读实时监测压力温度曲线  
Fig. 4 Real-time pressure-temperature curve monitored by ground direct reading in JC-2 well

依据开发动态监测方案要求,本井于2022年2月25日~28日进行了地面直读压恢试井,关井65.4 h,地面实时监测井下关井压恢曲线,并结合双对数曲线水平径向流特征(见图5),准确的调整了试井方案。

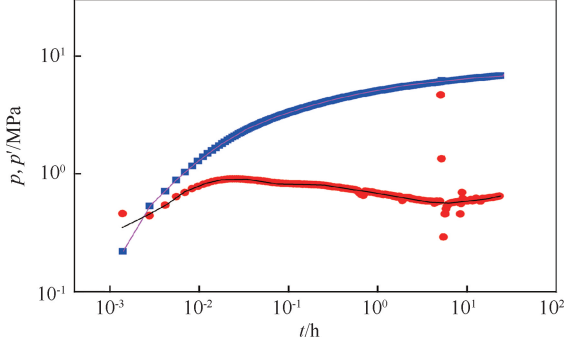


图5 JC-2井地面直读压恢试井双对数拟合曲线  
Fig. 5 Log-log fitting curve of surface direct reading pressure recovery test in Well JC-2



通过对本次直读压恢试井资料分析评价(见表 5),对本层获得了以下地质认识:

- (1)生产层地层能量充足,地层中部压力系数 1.04,属正常地层压力系统,与试油测试阶段的压力系数 1.04 相比,储层压力保持稳定;
- (2)本次试井层具有复合油藏特征,为中等渗透储层,井筒周围不存在污染;
- (3)本次采用直读压恢试井工艺,试井周期约 3 d,相比常规钢丝试井作业缩短施工周期约 4 d,节省了作业成本。

表 5 JC-2 井直读压恢试井解释结果表  
Table 5 Tables of interpretation results of well JC-2 direct pressure recovery test

储层参数	数值
储层压力/MPa	34.53
压力系数/	1.04
有效渗透率/mD	28.18
表皮系数/	-3.55
探测半径/m	258.42

本井生产阶段分别采用回声监测仪与直读压力计监测环空动液面变化情况,对比不同时期两种工艺所监测到的动液面结果(见表 6),表明两种工艺监测结果基本一致,存在一定误差,分析认为回声监测仪监测结果受到环空死油影响,会出现假液面现象,但直读压力计依据井下流压计算动液面深度,所以结果更具参考价值。

表 6 JC-2 井不同时期动液面监测结果对比表  
Table 6 Comparison table of fluid level monitoring results in different periods of well JC-2

监测日期	动液面深度/m	
	回声监测仪	地面直读监测
2021/09/05	56.0	60.44
2021/11/07	287.0	288.13
2022/01/22	320.5	335.27
2022/03/17	428.0	430.84
2022/05/04	433.0	438.61

同时,表 6 结果显示 2022 年 3 月测得动液面在 430.84 m,相较于 2022 年 1 月动液面下降约 100 m,通过分析得出当时工作制度下动液面下降过快,故及时进行了抽油机工作制度调整:冲次由 5 次/min 下调至冲次 2 次/min,冲程不变。2022 年 3 月至 2022 年 5 月动液面下降缓慢,基本维持在 430~440 m,表明调整后的工作制度更合理,有利于本井长期稳产。

4 结论

- (1)地面直读技术能够满足油田技术人员实时

监测井下压力温度变化、及时作出调整措施、实现储层快速解释和评价的需求,对于临河油田深井高凝油藏科学、合理开发提供了技术保障。

- (2)地面直读试井技术确保了生产阶段油管内部全通畅,对于油管内作业不会造成影响,非常适合临河油田高凝油藏采用油管内下加热电缆辅助采油的开采工艺。

- (3)相比常规试井作业,地面直读试井工艺有效缩短了试井周期,平均缩短临河油田单井试井周期约 4 天,提高了试井质量录取质量,节约了作业成本;同时,消除了常规试井作业期间存在的安全环保隐患。

- (4)地面直读试井工艺受到临河油田储层埋藏深,完井管柱结构优化等因素的制约,导致直读压力计不能下到储层中部,对于试井资料的质量有一定影响,今后仍需逐步改进地面直读试井工艺,优化完井管柱结构,提高试井资料的准确性。

致谢:感谢渤海钻探油气井测试分公司以及华北油田巴彦勤探开发分公司相关领导和技术专家在论文撰写过程中给予的指导和帮助。

参考文献

[1] 吴秋来,高硕,王军,等.试井数据传输技术发展现状研究[J].油气井测试,2015,24(3):72-74.  
WU Qiulai, GAO Shuo, WANG Jun, et al. Research on the development status of well test data transmission technology[J]. Well Testing, 2015,24 (3): 72-74.

[2] 胡长翠,张明友,张琴,等.井下测试数据无线传输技术探讨[J].钻采工艺,2011,34(1):48-51.  
HU Changcui, ZHANG Mingyou, ZHANG Qin, et al. Research on wireless telemetry technology of downhole test data [J]. Drilling & Production Technology, 2011, 34 (1): 48-51.

[3] 刘继红,刘欣,陈清举.环空电缆直读测试技术及应用[J].油气井测试,2011,20(1):72-74.  
LIU Jihong, LIU Xin, CHEN Qingju. Annulus cable readout testing technology and its application [J]. Well Testing, 2011,20 (1): 72-74.

[4] 王雪飞,谭忠健,翟洪君,等.海上探井测试交互式试井技术[J].油气井测试,2019,28(1):32-37.  
WANG Xuefei, TAN Zhongjian, ZHAI Hongjun, et al. Interactive well test technology for offshore exploration wells [J]. Well Testing, 2019, 28(1): 32-37.

[5] 李鹰.探究直读式井下压力计关键技术[J].电子测试,2020(7):95-97.  
LI Ying. Key technology of direct reading downhole pressure gauge [J]. Electronic Test, 2020 (7): 95-97.

[6] 高庆春.影响试井资料解释因素及提高资料解释质量

- 的建议[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38 (19): 29-30.
- GAO Qingchun. Factors affecting well test data interpretation and suggestions for improving data interpretation quality [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2018, 38 (19): 29-30.
- [7] 刘柏超. 大庆油田电缆带压直读技术[J]. 油气井测试, 2021, 30(1): 36-40.
- LIU Baichao. Direct reading technology of cable under pressure in Daqing Oilfield [J]. Well Testing, 2021, 30 (1): 36-40.
- [8] 孙达. 油气井压力恢复试井解释关键技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(6): 73-77.
- SUN Da. Key technologies for oil and gas well pressure buildup test interpretation [J]. Well Testing, 2018, 27 (6): 73-77.
- [9] 刘飞, 贺秋云, 肖军, 等. 井下测试数据地面直读技术发展现状[J]. 钻采工艺, 2013, 36(4): 48-51.
- LIU Fei, HE Qiuyun, XIAO Jun, et al. Development situation of surface read-out technology of down-hole test date [J]. Drilling & Production Technology, 2013, 36 (4): 48-51.
- [10] 温刚. 油井永久测压技术的工艺研究[J]. 石油管材与仪器, 2018, 4(1): 80-84.
- WEN Gang. Process research on permanent pressure measurement of the oil well [J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments, 2018, 4(1): 80-84.
- [11] 付建民, 冯卫华, 马长亮, 等. 渤海油田井下关井测压工艺技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(5): 61-65.
- FU Jianmin, FENG Weihua, MA Changliang, et al. Downhole shut-in pressure measuring technology in Bohai Oilfield [J]. Well Testing, 2018, 27(5): 61-65.
- [12] 姜洪丰, 陈鸣, 张涛, 等. DataLatch 地面直读技术在南海西部测试作业中的应用[J]. 油气井测试, 2017, 26(5): 56-59.
- JIANG Hongfeng, CHEN Ming, ZHANG Tao, et al. Application of datalatch surface direct reading technology in well test operation of the South China Sea in the west [J]. Well Testing, 2017, 26(5): 56-59.
- [13] 赵启彬, 杨子, 冯卫华, 等. 交互式试井系统在油气井测试工艺中的探讨研究[J]. 辽宁化工, 2014, 43(5): 581-584.
- ZHAO Qibin, YANG Zi, FENG Weihua, et al. Discussion and research on interactive system in well testing process [J]. Liaoning Chemical Industry, 2014, 43 (5): 581-584.
- [14] 王卓, 王磊. 环空电缆试井技术在水平井压裂中的应用[J]. 石油管材与仪器, 2019, 5(4): 97-100.
- WANG Zhuo, WANG Lei. Annulus cable testing technology in horizontal well fracturing [J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments, 2019, 5(4): 97-100.
- [15] 李楠. 高凝油井水力泵排液参数分析及优化[J]. 油气井测试, 2019, 28(1): 14-19.
- LI Nan. Analysis and optimization of discharge parameters of hydraulic pump in high pour-point oil well [J]. Well Testing, 2019, 28(1): 14-19.
- [16] 陈广超, 吴国州. 井下加热工艺在高凝油井试油测试中的应用[J]. 复杂油气藏, 2011, 4(3): 76-78.
- CHEN Guangchao, WU Guozhou. Application of downhole heating technology in well testing of high pour-point oil wells [J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2011, 4 (3): 76-78.
- [17] 余东合, 夏克文, 韩琴, 等. 稠油高凝油井电加热螺杆泵与地层测试器联作试油工艺[J]. 石油钻采工艺, 1999(3): 105-106, 108.
- YU Donghe, XIA Kewen, HAN Qin, et al. Production test in heavy oil well by joint work of electric heat screw pump and formation tester [J]. Oil Drilling & Production Technology, 1999 (3): 105-106, 108.
- [18] 张以明, 张锐锋, 王少春, 等. 河套盆地临河坳陷油气勘探重要发现的实践与认识[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(5): 1-11.
- ZHANG Yiming, ZHANG Ruifeng, WANG Shaochun, et al. Practice and understanding of great discovery in oil and gas exploration in Linhe depression of Hetao Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23 (5): 1-11.
- [19] 沈华, 刘震, 史原鹏, 等. 河套盆地临河坳陷油气成藏过程解剖及勘探潜力分析[J]. 现代地质, 2021, 35 (3): 871-882.
- SHEN Hua, LIU Zhen, SHI Yuanpeng, et al. Anatomy of hydrocarbon accumulation process and analysis of exploration potential in Linhe depression, Hetao Basin [J]. Geoscience, 2021, 35(3): 871-882.

编辑 刘振庆

**第一作者简介:**邵振鹏,男,1985年出生,硕士,工程师,2013年毕业于西安石油大学石油与天然气工程专业,现主要从事油气藏试井评价工作。电话:0317-2551573,18831682537; Email:shaozpeng@cnpc.com.cn。通信地址:河北省廊坊市广阳区万庄石油渤海钻探油气井测试分公司地质研究中心,邮政编码:065007。