

# 大庆油田大斜度井试油工艺

王瑞滨

中国石油大庆油田有限责任公司试油试采分公司 黑龙江大庆 163412

通讯作者:Email:sc\_wangruibin@petrochina.com.cn

引用:王瑞滨. 大庆油田大斜度井试油工艺[J]. 油气井测试, 2019, 28(3): 31-36.

Cite: WANG Ruibin. Oil testing technology for highly deviated wells in Daqing Oilfield [J]. Well Testing, 2019, 28(3): 31-36.

**摘要** 大庆油田大斜度井试油测试工艺存在封隔器坐封成功率低、排液困难等问题。分析近两年10口井25层大斜度井试油测试施工案例,针对不同井况特点,进行“隐含式”和“卡瓦式”Y211封隔器优选,配合扶正器使用,通过现场操作模拟试验、优选井下工具、优化工艺管柱结构等措施,合理优选排液求产方法,形成适合大庆油田大斜度井试油工艺技术。在最大井斜51.3°的LTX4井采用斜井联作封隔器进行MFE射孔测试联作,取得了准确的液性及产能等资料。该工艺可有效提高大斜度井试油施工成功率,为勘探开发试油资料录取提供技术支持。

**关键词** 大庆油田; 大斜度井; 试油; 排液; Y211封隔器; 工艺优化; 模拟管柱

**中图分类号**: TE353 **文献标识码**: B **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2019.03.006

## Oil testing technology for highly deviated wells in Daqing Oilfield

WANG Ruibin

Oilfield Testing Technology Service Branch, PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang 163412, China

**Abstract:** There were some problems in production test technology of highly deviated wells in Daqing Oilfield, such as low success rate of packer setting and difficult drainage. According to the production test and operation cases of 25 layers in 10 highly deviated wells in past two years, the “implicit” and “slip-type” Y211 packers were optimized according to different well conditions, and used together with centralizers. Combining the rational optimization of drainage and production method, the oil testing technology suitable for high-deviated well in Daqing Oilfield was established by testing operation simulation string, optimizing downhole tools and string structure and other measures. In well LTX4 with the maximum deviation of 51.3 degrees, the inclined well integrated packer was used for MFE combining with perforation test, and accurate data of fluid property and productivity were obtained. This technology can effectively improve the success rate of oil testing in highly deviated wells and provide technical support for exploration and development.

**Keywords:** Daqing Oilfield; highly deviated wells; oil testing; fluid discharge; Y211 packer; process optimization; simulated pipe string

随着定向井钻探技术的快速发展、大斜度井钻井能力的提高,斜井钻探越来越多<sup>[1]</sup>。同时,随着大庆油田的深入发展,特殊复杂地层结构不断增加,错综复杂的地表环境也日益变化,无法进行直井作业,主要通过布署大斜度定向井对区块进行油层评价,大斜度定向井目的层段井斜一般在40°~70°,为后续水平井钻探提供地质导向<sup>[2-4]</sup>。在勘探开发中,应用大斜度井选层的试油作业越来越多。所以,如何解决斜井尤其是大斜井测试遇到的新问题,提高测试成功率是测试工作者面临的新课题。由于大斜度井测试同直井测试相比有较大的区别,因此,在测试设计和操作上需要做相应的调整,以

满足斜井测试的技术要求<sup>[5-6]</sup>。

对于大斜度井的测试施工,最早使用MFE测试工具<sup>[7]</sup>。1986年,李保恒就华北油田在任26等6口大斜度井采用MFE成功实施地层测试作业作了经验交流<sup>[8]</sup>。1994年,魏军介绍了中途测试在井斜49°的X11井大斜度定向井中的应用,还介绍了选层锚支撑裸眼测试在井斜30.50°的X15-2井中的应用<sup>[9]</sup>。2013年,陈照铭等介绍了在单点最大倾斜角40.87°、总斜度72.60°的吐哈油田FR301井采用MFE测试射孔联作技术取得成功,测试工作制度为二开一关<sup>[10]</sup>。但是,对于高压含硫油气井测试时,地层压力易使封隔器上移,造成测试失败;开关井

操作地面显示不明显或者打不开测试阀等<sup>[11]</sup>。因此,后来一般采用压控测试工具,使测试管柱在整个测试过程中静止不动<sup>[12-14]</sup>。由于 APR 测试器每次开关井操作都需要水泥车配合,与 MFE 相比显得不太灵活,施工成本也相对较高,且 APR 测试器在裸眼井中无法使用<sup>[15-16]</sup>。在中原油田和大庆油田的以往试油施工中,大斜度井经常采用 MFE 和 P-T 封隔器的井下工具组合,同时为了提高施工成功率,一般通过增加伸缩接头,加长自由行程,使“自由点”更加明显,易于掌握和判断,提高开井成功率;在坐封操作时,通过增加管柱旋转数圈,从而达到封隔顺利坐封的目的。中原油田先后对东濮凹陷西部斜坡带胡状集构造的 H107 井等三口大斜度井进行了测试施工,均获得了一次成功,其中 H107 井井斜 51.3°<sup>[17-18]</sup>。

本文通过对近两年 10 口井 25 层大斜度井试油测试施工案例进行分析总结,提出大斜度井试油施工的全新工艺方法。针对不同井况特点,进行“隐含式”和“卡瓦式”Y211 封隔器的优选,配合扶正器使用,同时结合室内模拟实验数据,制定科学合理的施工方案,然后合理优选排液求产方法,从而有效提高了测试施工成功率。

## 1 大斜度井井身结构特点

统计近两年测试施工的 10 口/25 层大斜度井

(井斜大于 50°),详细分析了这些井的井身结构数据,发现它们具有三大特点:

(1)造斜点深度小。表 1 为 2017 年 1-10 月份施工的 10 口(13 层)大斜度井(井斜大于 50°)的井身结构数据表。可以看出,这 10 口井的造斜点深度均不超过 310 m,深度都比较小。

表 1 单井造斜点深度统计					
Table 1 Depth statistics of kick-off point(kop) in single well					
井号	井斜角变化率/ (°)·m <sup>-1</sup>	井斜角/ (°)	最大井斜 角深度/m	造斜点 深度/m	井斜变化 深度/m
T34-X2	0.12	41	475	132	343
T36-X2	0.15	50	410	86	324
P140-X3	0.16	65	580	175	405
P179-X4	0.16	49	560	260	300
P47-X7	0.18	60	590	250	340
P47-X6	0.18	66	640	270	370
P49-X4	0.19	68	630	278	352
P49-X3	0.20	61	620	310	310
P351-X6	0.21	61	590	295	295
P47-X5	0.35	50	415	273	142

(2)井斜角变化率大。从 7 口井的井斜角变化率统计数据来看(表 2),P49-X4 井最大井斜角 68°,从造斜点到最大井斜角每米的井斜角变化率大(P47-X5 井井斜角变化率为 0.35°/m)。

表 2 抽汲工艺统计表										
Table 2 Statistical table of swabbing process										
井号	最大井斜/ (°)	试油 层序	层位层号	井段/ m	射开厚度/ m	抽汲深度/ m	抽汲深度 垂深/m	抽汲深度 井斜/(°)	排液时间/ min	出液时间/ min
P49-X4	71.9	C1-1	P27	2 603.0~2 600.0	3.0	600	540.1	62.7	12 300	0
P49-X3	71.6	C1-1	P7-6,4,1	2 165.4~2 133.6	9.0	1 100	771.5	70.5	9 900	0
		C2-1	P9-8	2 185.6~2 174.6	6.4	750	652.1	69.8	9 420	0
P47-X5	68.4	C1-1	P14-13	1 983.2~1 972.0	7.6	1 500	975.0	62.0	4 680	0
		S1-2	P13	1 975.2~1 972.0	3.2	1 500	975.0	62.0	8 180	无液
		C2-1	P21-20	2 064.6~2 050.4	9.2	700	613.9	62.2	5 760	20
P47-X6	67.9	C1-1	P25	2 429.2~2 421.4	7.8	600	559.4	57.7	9 930	1 860
		C2-1	P13	2 319.0~2 316.0	3.0	600	559.4	57.7	6 540	无液
P47-X7	65.7	C1-1	P19	2 220.8~2 215.8	5.0	700	588.5	61.8	12 660	无液
P351-X6	65.2	C1-1	P26	2 209.6~2 204.0	5.6	700	582.9	60.8	9 735	2 535
		C2-1	P40	2 297.0~2 293.0	4.0	700	582.9	60.8	16 035	4 875
F32-X50	51.5	C1-1	P12-11	2 014.3~2 004.6	7.3	1 200	979.1	-	10 080	无液
		C2-1	P9	1 781.6~1 764.0	7.8	1 200	-	-	5 520	无液
P179-X4	50.2	C1-1	P23-20	1 403.2~1 378.2	12.4	1 360	1 057.9	46.9	4 270	无液
		C2-1	P25	1 412.6~1 410.4	2.2	1 390	1 078.5	46.4	8 340	0

(3)井身出现“狗腿弯式”结构。P49-X3 井、P140-X3 井和 T36-X2 井井身轨迹出现狗腿弯。

## 2 大斜度井试油工艺存在难点

大斜度井由于井身结构复杂,存在着封隔器坐

封困难、测试操作困难、难以实现双封选层测试排液、排液困难等难题<sup>[19-20]</sup>。

(1) 封隔器坐封困难。一是试油常用的卡瓦封隔器是靠旋转管柱坐封,大斜度井井身结构弯曲,导致扭矩无法有效传递;二是管柱下入过程中,封隔器容易偏磨损坏胶筒,造成封隔器不密封。

(2) 测试操作困难。斜井测试中,MFE 测试器靠上提、下放开关井,大斜度井中测试管柱在井筒中多支点支撑,与井壁或者套管之间的摩擦阻力大,测试操作时吨位显示不明显,自由点地面显示难以判断,易导致开、关井失误。

(3) 无法实现双封选层测试排液。常规直井双封测试排液常用剪销封隔器+卡瓦封隔器组合,但剪销封隔器剪销剪切值固定,斜井中管柱重力应力不集中,剪销多剪不断,剪销少易遇阻损坏胶筒。

(4) 排液困难。大斜度井排液求产主要采取抽汲和水力泵两种排液求产方式,应用情况见表 2。一是抽汲工艺存在的问题:①因摩擦阻力的影响,抽汲求产深度低,不能低回压求产,求不到地层最大产量,影响资料录取的准确性。②抽汲工艺对于低产井试油周期长,因抽汲深度不够,排液周期平均较正常直井长 3 d,其中 P351-X6C2-1 层最长用时为 11.15 d。二是水力泵工艺存在的问题:若地层产少量水,水性会受动力液影响,不能作为标准水性借鉴,仅供参考。

### 3 大斜度井试油工艺改进措施

针对大斜度井的试油难点,探索了下入模拟管柱、优选 Y211 封隔器、优化管柱结构、优化施工工序等改进措施。

#### 3.1 下入模拟管柱

模拟封隔器坐封:试油常用靠旋转管柱坐封的 P-T 卡瓦封隔器和靠上提下放坐封的 Y211 封隔器,第一次施工时,采用通井规通井,循环洗井至井口返出液与洗井液无区别,下入地层测试模拟管柱,模拟管柱最下端直至封隔器,下到预定深度后,旋转管柱看管柱是否能转动,完成一次坐封,然后解封,起出模拟管柱。

模拟抽汲:利用钢丝绳带加重杆在洗井管柱内进行抽汲,从而判定抽汲的最大深度。

#### 3.2 优选 Y211 封隔器

目前,试油用的 Y211 封隔器有“卡瓦式”和“隐含式”两种<sup>[21]</sup>。“卡瓦式”Y211 封隔器下井时,摩

擦块在弹簧张力的作用下紧贴套管内壁下行,卡瓦和摩擦块总成位于短轨道上死点;当封隔器下至预定位置时上提,卡瓦和摩擦块总成由短轨道进入长轨道上死点;锥体推动卡瓦张开,使卡瓦咬合在在套管内壁上形成支撑;同时,坐封剪钉在一定管柱重力胶筒压缩,使胶筒的直径变大,从而封隔油套管环形空间。解封时上提管柱,卡瓦和摩擦块总成由长轨道进入短轨道上死点,并带动锥体上行,使锥体退出卡瓦,胶筒也自动收回而解封<sup>[22]</sup>。其优点是具有防砂和防杂物作用,缺点是卡瓦牙厚,卡瓦牙易刮井口。

“隐含式”Y211 封隔器的旁通和胶筒密封部分与 P-T 封隔器的类似,卡瓦换位部分与 Y211-114 封隔器的类似。所不同的是:(1)旁通部分的端面密封由原来的嵌入式唇密封改为面密封,增大了密封面积,防止封隔器坐封时因井斜心轴偏离中心而造成旁通关闭不严。(2)胶筒密封部分的通井规环、隔环直径适当增大,胶筒直径相对缩小,保证下井途中规环起扶正作用,保护胶筒不因井斜受磨损。(3)卡瓦换位部分采用上提下放方式,在斜井中易于实现坐封,避免了用 P-T 封隔器坐封时需要大扭矩和不易坐封缺点,卡瓦结构采用“隐含式”,避免起钻过程中碰挂套管。(4)保留了原 P-T 封隔器的其它优点,实现零配件互换通用,便于维修保养。“隐含式”封隔器的优点是卡瓦牙内置,避免了卡瓦牙挂在井口,其缺点是换位外筒易沉积砂或井内杂质。

根据“卡瓦式”封隔器和“隐含式”封隔器的主要特点,可以将“卡瓦式”封隔器用于压后排液,而“隐含式”封隔器主要用于地层测试施工中。因此,针对不同的测试或排液工艺,优选不同的 Y211 封隔器,大幅度提高了试油成功率。

施工中,针对原剪销封隔器的问题,研究新型的跨隔封隔器,将原剪销封隔器中剪切销支撑改为弹性爪支撑,支撑吨位为 30 kN,可以重复作用,保证封隔器胶筒不受压缩,实现双封测试排液,进一步缩短试油周期,减轻劳动强度。

#### 3.3 优化管柱结构

针对斜井下管柱摩擦阻力大,封隔器不易下入的问题,在管柱底部加 2 根油管,增大重力分量。封隔器上下安装扶正器,防止在下管柱中偏磨使胶筒中途损坏。

伸缩管一般用在 APR 测试管柱中减少因井筒

温度变化或压力变化引起的测试管柱伸缩变形带来的测试风险,如封隔器失封、测试管柱折断、脱扣等<sup>[23]</sup>。在斜井的测试管柱中增加伸缩管,当操作钻杆使测试阀换位时,提供一段自由行程,有利于开关井的操作,降低测试操作难度。

### 3.4 优化施工工序

针对大斜度井采用剪销封隔器剪销剪切值难于掌握,导致封隔器中途易坐封或无法坐封的问题,施工中采用了上返和下返两种方式施工。上返方式工艺是先施工下面层,打可回收桥塞后再施工上面层,这种方式不存在砂卡风险,但是增加了劳动强度和试油周期;而下返方式是先施工上面层,再施工下面层,管柱中用托砂皮碗,这种方式工序简单,但是托砂皮碗容易中途损坏,存在砂卡的风险。

排液方式采用抽汲和水力泵两种排液手段相结合,排液管柱中预置水力泵工具,水力泵由于没有运动件,可以将泵挂在大斜度段。当产量较高时,采用水力泵进行求产;当产量中等能满足抽汲条件时,采用抽汲求产;当低产井时,利用管柱回收的液进行资料解释及评价<sup>[24]</sup>。

## 4 现场应用

大庆油田近两年在 10 口大斜度井 25 层完成试油测试施工以 LTX4 井为例,阐述详细的施工过程及效果。

LTX4 井位于松辽盆地古中央隆起带昌德凸起。该井人工井底 2 890.0 m,完井方式为套管完井,油层套管外径 139.70 mm,壁厚 9.17 mm,下入深度为 3 007.52 m。该井最大井斜 51.3°,深度 2 200 m。测试层段为 JD65 层号,井段 2 840.2~2 843.00 m,射孔厚度 2.8 m,录井解释为油斑,测井及综合解释为差油层。测试目的是求取储层液性、产能,获得压力及相关地层参数。

采用 120 mm 通井规通井,循环洗井至井口返出液与洗井液无区别,下入地层测试模拟管柱,模拟管柱最下端直至封隔器,下到预定深度 2 788.86 m 后,旋转管柱 8 圈,加压 80 kN 完成一次坐封,然后上提 300 kN 解封,起出模拟管柱。

测试工艺为常规 MFE 射孔测试联作工艺,采用斜井联作封隔器,管柱结构示意图如图 1 所示。该工艺管柱下到设计位置后,校深,测得校深短节实际位置 2 781.40 m,应在 2 740.01 m,调整管柱,上

提 41.39 m。上提 250 kN,下放 210 kN,正转 8 圈,下放加压 100 kN。继续加压测试阀延时,测试阀开启,泡泡头无气泡,环空液面在井口。环空加压 15 MPa,射孔枪响,泡泡头气泡显示一般,2 h 后泡泡头气泡逐渐变小至微弱,继续观察气泡,上提下放一关井,泡泡头无气泡显示,环空液面在井口。关井至设定时间后,上提下放二开井,泡泡头气泡显示一般,环空液面在井口,抽汲排液,共抽 143 次,抽深 750.0~2 300.0 m,动液面 600.0~2 100.0 m,共产水 51.13 m<sup>3</sup>,有油花。测试结束后,打开循环阀循环压井,上提管柱 350 kN 解封,起钻。

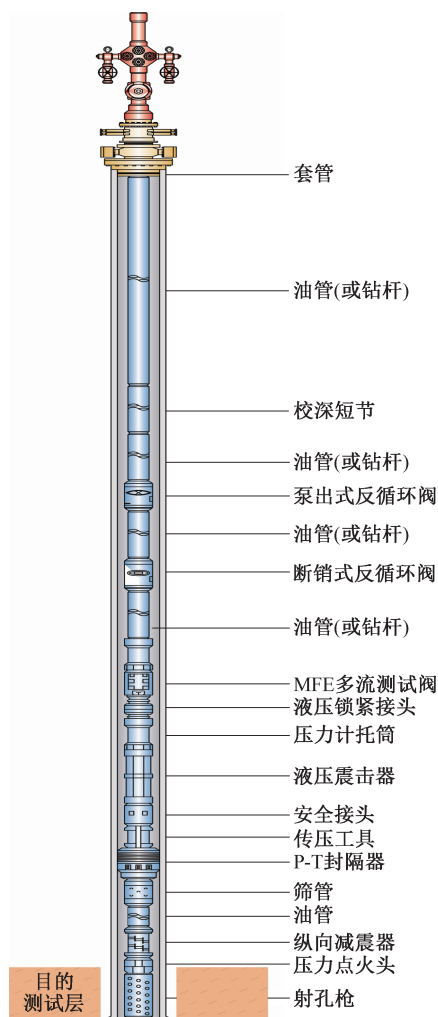


图 1 常规 MFE 射孔测试联作管柱结构示意图  
Fig.1 Schematic diagram for integrated operation string structure of conventional MFE combining with perforation test

图 2 为该井的压力计回放曲线。从曲线可以看出,封隔器坐封严密,开关井操作准确,测试取得了液性、产能等资料,测试工艺成功。本次测试总有效时间 11 278 min,其中一开井时间 136 min,一关



井时间 2 307 min,二开井时间 8 835 min。利用一开流压曲线折日产水  $4.37 \text{ m}^3$ ,对应平均流压 15.29 MPa,生产压差 7.55 MPa。折算地层压力系数 0.95,属正常压力系统。测点地层温度为  $86^\circ\text{C}$ 。

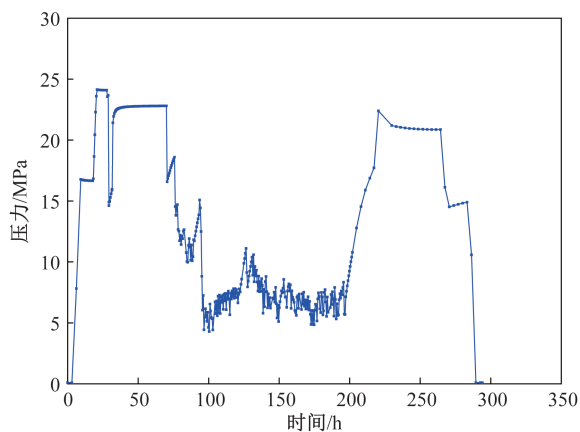


图2 压力计回放曲线

Fig.2 Playback curve of the pressure gauge

对一关井数据进行压力及其导数双对数曲线分析(图3),曲线形态反映,导数曲线峰值不高,双曲线开口逐渐增大,采用现代试井模型对该曲线进行定量拟合分析,计算得到地层水相有效渗透率  $0.025 \text{ mD}$ ,表皮系数 2.12,参数结果反映储层物性较差,井筒周围地层有污染。

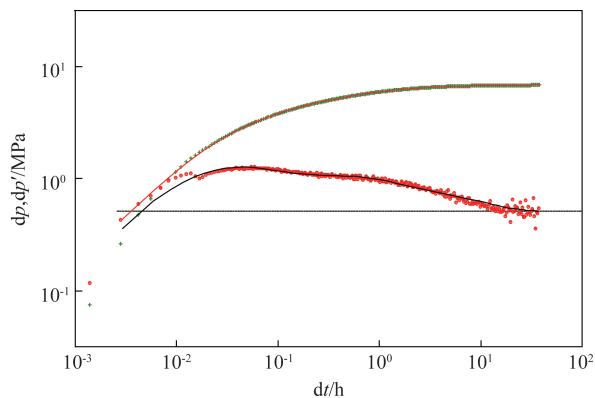


图3 一关井压力及其导数双对数曲线

Fig.3 First shut-in pressure and derivative logarithmic curve

## 5 结论

(1)合理选择“隐含式”和“卡瓦式”Y211 封隔器,解决了封隔器坐封操作困难问题,同时经改造的新型跨隔封隔器,能够实现大井斜条件下的双封测试排液工艺要求,大大缩短了试油周期,减轻了劳动强度。

(2)采用抽汲与水力泵相结合的排液方式,可

以实现对不同产量井的进行测试求产,能够满足了大斜度井试油工艺资料解释及评价的要求。

(3)建议大斜度井设计时,单位井深长度内井斜正负变化幅度、变化率尽量小,既能满足钻井及地质要求,也可以有效降低试油射孔施工的难度,提高后续相关作业施工的质量。

致谢:感谢试油试采分公司同意本文公开发表。感谢黄显辉主任、王建川技术负责人、刘宝华等人在论文修改、施工总结和试井解释方面给与的指导和帮助。

## 参考文献

- [1] 杨长健. 浅议石油定向斜井钻探工艺[J]. 陕西煤炭, 2010,29(2):90-91.  
YANG Changjian. Discussion on drilling technology of directional inclined well in oilfield [J]. Shaanxi Coal, 2010, 29(2):90-91.
- [2] 杨世亮,陈东霞,杜建华. 大庆油田大斜度定向井录井油气显示识别方法[J]. 录井工程, 2017,28(3):95-99.  
YANG Shiliang, CHEN Dongxia, DU Jianhua. Mud logging identification method of oil and gas show of high-inclination directional wells in Daqing Oilfield [J]. Mud Logging Engineering, 2017, 28(3):95-99.
- [3] 张洪君,刘春来,袁国强. 大斜度井断层取芯工艺技术[J]. 西部探矿工程,2015,27(6):4-6.  
ZHANG Hongjun, LIU Chunlai, YUAN Guoqiang. Technology of core technology for high angle deviated well [J]. West-China Exploration Engineering, 2015,27(6):4-6.
- [4] 杨世亮,陈东霞,杜建华. 大庆油田大斜度定向井录井油气显示识别方法[J]. 录井工程,2017,28(3):95-99.  
YANG Shiliang, CHEN Dongxia, DU Jianhua. Mud logging identification method of oil and gas show of high-inclination directional wells in Daqing oilfield [J]. Mud Logging Engineering, 2017,28(3):95-99.
- [5] 温军彦. 大斜度井测试技术在 M-2 斜井的应用[J]. 油气井测试,2015,24(5):58-61.  
WEN Junyan. Application of high deviated well test technology in M-2 inclined well [J]. Well Testing, 2015,24(5):58-61.
- [6] 孔祥吉,周玉斋,钱锋. 尼日尔 Agadem 油田大斜度井试油工艺探讨[J]. 油气井测试,2015,24(5):56-57,61.  
KONG Xiangji, ZHOU Yuzhai, QIAN Feng. Discuss on oil test tech to high inclined well in Agadem Oilfield of Niger [J]. Well Testing, 2015,24(5):56-57,61.
- [7] 刘宝信,杨皓,李清旺. 简论大斜度井、超浅井测试成功的关键环节[J]. 油气井测试,1996,5(1):56,62.  
LIU Baoxin, YANG Hao, LI Qingwang. Key factors discussion for well test in high angle inclined well and super-shallow well [J]. Well Testing, 1996,5(1):56,62.
- [8] 李保恒. MFE 地层测试器在大斜度裸眼井测试应用[J]. 油气井测试,1986(S1):56.

- LI Baoheng. Application of MFE evaluator in high inclined and naked well [J]. Well Testing, 1986(S1):56.
- [9] 魏军. MFE 测试器开关井操作研究[J]. 油气井测试, 1994,3(1):29-31,46.
- WEI Jun. Study on open and shut-in operation of MFE evaluator [J]. Well Testing, 1994,3(1):29-31,46.
- [10] 陈照铭,马步青,陈方毅,等. 大斜度井和浅井 MFE 测试操作技巧[J]. 中国石油和化工标准与质量,2013,33(22):102.
- CHEN Zhaoming, MA Buqing, CHEN Fangyi, et al. Skills for MFE testing operation in high inclined well and shallow well [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2013,33(22):102.
- [11] 李加明. MFE 和 APR 地层测试器应用技术探讨[J]. 油气井测试,2010,19(4):33-35,38.
- LI Jiaming. Discuss for applied technology of MFE and APR formation tester [J]. Well Testing, 2010,19(4):33-35,38.
- [12] 梁兵,黄中会,王宝剑,等. 压控式地层测试技术在复杂井中的应用[J]. 油气井测试,2008,17(2):56-57.
- LIANG Bing, HUANG Zhonghui, WANG Baojian, et al. Application of pressure controlled testing tech in complex well [J]. Well Testing, 2008,17(2):56-57.
- [13] 张世林,于长录,高和记,等. 丛式井试油测试工艺技术[J]. 油气井测试,2009,18(5):35-39.
- ZHANG Shilin, YU Changlu, GAO Heji, et al. Technique of well testing for cluster wells [J]. Well Testing, 2009,18(5):35-39.
- [14] 解义,齐东阁,胡博,等. 压控测试技术在浅滩海的应用与发展[J]. 山东化工,2014,43(4):110-112.
- XIE Yi, QI Dongge, HU Bo, et al. Application and development of voltage control testing technology in shoal sea [J]. Shandong Chemical Industry, 2014,43(4):110-112.
- [15] 胡宏山,尹书争. 大斜度井及水平井 MFE 测试工艺[J]. 油气井测试,1999,8(3):53-56.
- HU Hongshan, YIN Shuzheng. MFE drill stem test technology in high angle wells and horizontal wells [J]. Well Testing, 1999,8(3):53-56.
- [16] 尹述文,孙香梅,姚天华. 定向井地层测试技术研究[J]. 油气井测试,2002,11(3):28-29.
- YIN Shuwen, SUN Xiangmei, YAO Tianhua. A study on formation-test technology for directional wells [J]. Well Testing, 2002,11(3):28-29.
- [17] 胡浩华,白学东,程战民. 大斜度井 MFE 测试工艺探讨[J]. 油气井测试,2004,13(3):38-39.
- HU Haohua, BAI Xuedong, CHENG Zhanmin. Discuss for MFE testing technology with big declination [J]. Well Testing, 2004,13(3):38-39.
- [18] 王涛,胡宏发,金玉堂. 试油测试技术在复杂小断块油气藏的应用[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2016(5):184-185.
- WANG Tao, HU Hongfa, JIN Yutang. Application of production test technology in complex small fault reservoir [J]. Management & Technology of SME, 2016(5):184-185.
- [19] 尤长国,孔德福,李志文. 卡瓦封隔器在套管井中不坐封原因浅析[J]. 油气井测试,2005,14(2):48-49.
- YOU Changguo, KONG Defu, LI Zhiwen. A brief analysis for setting problems of slip-type packer in cased well [J]. Well Testing, 2005,14(2):48-49.
- [20] 高科超,杨子,尚锁贵,等. 新型非旋转封隔器在探井测试中的应用[J]. 钻采工艺,2017,40(1):115-117.
- GAO Kechao, YANG Zi, SHANG Suogui, et al. Study and application of new non-rolled packer in exploration wells [J]. Drilling & Production Technology, 2017,40(1):115-117.
- [21] 李强. Y211-114 型封隔器的设计研究[D]. 青岛:中国石油大学(华东),2014.
- LI Qiang. The design and research of the Y211-114 packer [D]. Qingdao: China University of Petroleum (EastChina), 2014.
- [22] 沈琛. 试油测试工程监督[M]. 第1版. 北京:石油工业出版社,2005:49-53.
- [23] 陈华良,刘兴华,徐茂荣,等. 克深 902 井 APR 测试工具应用与认识[J]. 钻采工艺,2016,39(5):96-98.
- CHEN Hualiang, LIU Xinghua, XU Maorong, et al. Application and recognition of APR test tool [J]. Drilling & Production Technology, 2016,39(5):96-98.
- [24] 高辉. 螺杆泵与水力泵在水平井排液求产中的适应性分析[J]. 油气井测试,2018,27(3):22-27.
- GAO Hui. Adaptability analysis of screw pump and hydraulic pump during the production of horizontal wells [J]. Well Testing, 2018,27(3):22-27.

编辑 刘述忍

第一作者简介:王瑞滨,男,1980 年出生,工程师,2004 年毕业于大庆石油学院石油工程专业,现从事勘探试油测试工艺技术管理及现场应用工作。电话:0459-5690208,13936877196;Email:sc\_wangrui bin@petrochina.com.cn。通信地址:黑龙江省大庆市让胡路区乘南十八街试油试采分公司试油大队,邮政编码:163412。