

孟加拉国 Titas 气田高产井测试技术

张昌朝¹, 逯玉亮², 杨昆¹, 薛利丙¹, 胡尊敬¹, 张震¹

1. 中国石化胜利石油工程有限公司井下作业公司 山东东营 257077

2. 中国石化胜利油田分公司鲁胜公司 山东东营 257077

通讯作者: Email: 1257505348@qq.com

引用: 张昌朝, 逯玉亮, 杨昆, 等. 孟加拉国 Titas 气田高产井测试技术[J]. 油气井测试, 2020, 29(1): 23-27.

Cite: ZHANG Changchao, LU Yuliang, YANG Kun, et al. Testing technology of high production well in Bangladesh Titas gas field [J]. Well Testing, 2020, 29(1): 23-27.

摘要 针对井内管柱安全性和密封性、高产气井地面放喷风险等难题, 根据孟加拉国 Titas 气田测试工具现场试验情况及其高产气井测试特点, 统计分析近年孟加拉国测试工艺特点及地层测试资料, 研制现场测试工具试验设备, 优化 DST 测试工具及井下管柱结构, 改进测试制度及地面放喷流程等, 形成孟加拉国 Titas 气田高产井测试技术。现场采用 APR 测试管柱, 用 RDS 阀、RD 阀、LPR-N 阀取代 OMNI 阀、伸缩接头及 RD 取样器; 采用“一开一关”工作制度; 地面采用“立式+卧式”地面流程放喷燃烧方式。自 2016 年至 2017 年, 共完成孟加拉 Titas 气田 4 口井 13 井次测试施工, 测试工艺一次成功率达 100%, 测试卡片合格率 100%, 取得了良好经济效益。此项针对孟加拉国 Titas 气田的高产井测试技术降低了井内管柱安全风险, 提高了工艺成功率, 为孟加拉油气田及其它海外市场积累了测试成功经验。

关键词 高产气井; 地层测试; 工作制度; 地面测试; 管柱优化

中图分类号: TE353 **文献标识码:** B **DOI:** 10.19680/j.cnki.1004-4388.2020.01.005

Testing technology of high production well in Bangladesh Titas gas field

ZHANG Changchao¹, LU Yuliang², YANG Kun¹, XUE Libing¹, HU Zunjing¹, ZHANG Zhen¹

1. Downhole Operations Company of Shengli Petroleum Engineering Company, Sinopec, Dongying, Shandong 257077, China

2. Lusheng Oil Company of Shengli Oilfield, Sinopec, Dongying, Shandong 257077, China

Abstract: There are some testing problems in Bangladesh Titas gas field, such as field test of testing tools, safety and sealing of string in the well, and risk of blowout on the surface of high-yield gas well. To solve these problems, we analyzed the testing process characteristics and formation testing data in Bangladesh in recent years, developed the field testing tools and testing equipment, optimized the DST testing tools and downhole string structure, and improved the testing system and ground blowout process, etc. APR test string is adopted on site, RDS valve, RD valve and LPR-N valve are used to replace OMNI valve, expansion joint and RD sampler. The one opening one closing working system is adopted. Two ground process blowout combustion modes of "vertical + horizontal" are adopted on the ground. 13 testing of 4 wells in Bangladesh Titas gas field have been carried out from 2016 to 2017. The success rates of the test process and the test card are 100%. Good economic benefits have been achieved. This technology reduces the risk of in well string safety, improves the success rate of the process, and accumulates successful test experience for Bangladeshi oil and gas field and other overseas markets.

Keywords: high production gas well; formation testing; working system; surface testing; string optimization

油气井测试是发现油气藏、评价油气产能最直接、最高效的方法。孟加拉 Titas 气田是一个以富含天然气为主的气田, 在其勘探开发过程中, 测试包括 DST 测试、地面测试试气等工艺。实施测试过程中, 存在以下方面问题: 一是对 Titas 气田地质特征、油藏分布缺少系统认识^[1-3]; 二是首次在国外测试施工, 远离油田基地, 测试工具功能试验问题不能

有效解决; 三是原钻机泥浆中测试, P-T 封隔器坐封、密封可靠性差^[4], 测试管柱结构及技术方案过于复杂等难题, 需优化 APR 测试管柱设计、管柱受力分析^[5-7], 以及动态负压射孔测试、测试开关井制度的规范化; 四是井场周围空间受限, 天然气井产量高, 对井场周围设施及环境带来诸多安全隐患, 如何解决气井测试放喷流程布置和 ESD 系统紧急

关闭问题^[8]。

强华等^[9]阐述了动态负压射孔已建立清洁模型的评价。张昌朝等^[10]介绍了动态负压射孔测试联作测试技术在胜利油区的应用。刘伟^[11]介绍了川西含硫气井测试管柱及配套工艺研究。李加明等^[12]介绍了雅达瓦兰油田“四高”油气井完井测试工艺技术。熊和贵等^[13]介绍了超深超高压高温气井测试管柱配置技术。许小强等^[14]介绍了川东北高温高压含硫超深气井测试技术实践。但是,上述研究均未对施工现场 APR 测试工具功能试验、测试诱喷方式、受限空间地面测试流程设计安全等问题提出解决办法。为解决孟加拉 Titas 气田高产井测试遇到的难题,实践并形成了一套科学的安全测试技术方案,并为以后海外测试项目提供技术支撑和经验积累。

1 气田地质特征和测试工艺要求

Titas 气田属于孟加拉苏尔马盆地中南部一个南北不对称大型背斜构造,储层以砂岩为主。工艺要求:落实不同工作制度下的产能、温度压力、流体性质,取全地层参数,再进行生产完井投产。

1.1 气田地质特征

孟加拉盆地各阶段都有烃源岩发育,最重要的烃源岩是残留洋阶段形成的渐新统 Jenam 组和中新统 Bhuvan 组泥岩。孟加拉盆地发现的众多气田证实了成熟烃源岩的存在。

盆地内目前共发现 30 多个油气田,除了 Ichapore 1 区块是以油为主外,其余都是气田。天然气可采储量为 $6\,371.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中最大的气田是 Titas 气田。从层位分布看,天然气主要分布于中新统 Bhuvan 组和 Boka Bil 组,占总油气储量的 99.8%,仅有很少量的油气分布在渐新统和二叠系。油气层大部分埋藏深在 2 000.0~4 500.0 m 之间。油气藏类型为背斜构造油气藏,储层主要为砂岩(A、B、C 三层),孔隙度在 10%~30% 之间,平均渗透率在 $200 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右,储集物性较好,压力系数为 1.0~1.3,地温梯度 $2.40 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 。Titas 气田以天然气为主,部分单井最高日气产达 $75 \times 10^4 \text{ m}^3$,天然气产量较高,含少量凝析油和水。

1.2 测试工艺要求

由于该区块布井较少,开发程度较低,对油气藏的地质情况、资料的认识不足。为了解决 Titas 气田高产气井 DST 测试和地面测试带来的风险和难

题,提高施工质量,本文分析了 Titas 气田地质构造情况,优化了测试技术方案,不同于原来复杂测试工艺和技术,井内管柱未采用 Omni 阀等相关工艺。重点在以下几个方面进行了研究:一是研制现场型 APR 测试工具试压试验装置;二是优选 DST 测试工具、改进管柱结构;三是优化测试制度;四是优化地面测试流程等。

2 测试工艺技术

根据孟加拉 Titas 气田几口井实际情况,结合国内外高产气井、酸性气体井 DST 测试技术和测试完井工艺实践^[15-17],开展相关工艺研究,以满足 Titas 气田高产井测试及完井生产测试技术要求。

2.1 APR 测试工具试验装置研制

孟加拉等国内外测试市场,远离油田基地。液压旁通阀现场试压装置简陋,劳动强度大,现场不易操作,缺少专用测试试验设备,存在安全隐患,不能满足现场测试要求。因此,自行设计并研制了现场型 APR 测试工具试验装置(图 1)。目前,该装置已获得国家实用新型专利。

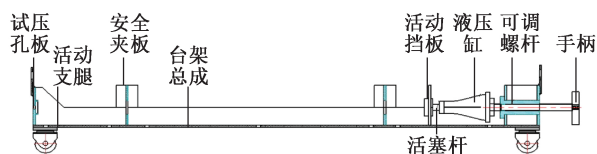


图 1 测试工具实验装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of the testing tool experimental device

测试旁通试压试验装置,涉及油气井测试主要井下测试工具试压试验,是井下测试工具在入井前进行功能调试的装置之一,可对不同尺寸的液压旁通循环阀、高压旁通安全阀、VR 安全接头、裸眼旁通等测试工具进行试验。本实用型测试旁通试压装置长度 3.2 m,试验压力由 35 MPa 提高到 70 MPa。最大承压 15 t。既可用于套管井工具试验,又能用于裸眼井工具试验。其主要特点有以下几个方面:一是装置易于操作,安全可靠,将试验装置的机械压缩机构改进为液动压缩机构,在试验装置底座上安装导向轮,现场更加便捷;二是适用于多种不同地层测试工具的实验,对不同尺寸的测试工具进行实验。

2.2 测试工具优化及管柱结构改进

根据对测试工具、设备提出的明确要求,即要求在测试管柱中使用 OMNI 阀、RD 取样器等测试工

具。在孟加拉测试具体施时,根据现场测试情况和施工特点,提出新的测试技术方案。减少入井工具,简化施工工序,降低管柱漏失及安全风险。

2.2.1 优化井下测试工具

根据安全及质量的原则,采用了 RDS 阀、RD 阀、LPR-N 阀,取代 OMNI 阀、伸缩接头及 RD 取样器,降低了井内安全及管柱漏失风险。采用“LPR-N 阀+放样阀+RDS”管柱组合代替“OMNI 阀+RD 取样器”管柱等。

在测试管柱中,RDS 安全循环阀、放样阀及 LPR-N 组装在一起,当 RDS 安全循环阀打开时,实现地层样品取样功能,通过放样阀放样,同时 RDS 安全循环阀可实现循环压井,满足了井下测试技术及工艺安全要求。

2.2.2 改进测试管柱结构

未采用射孔测试联作工艺技术,而是简化为先用电缆进行射孔,再下入测试工具进行测试,简化测试工艺;同时,根据井下工具优选情况,对入井管柱结构进行了改进。

这个测试管串结构有两个方面优点:一是简化了入井测试管柱结构及施工工艺,提高安全性和施工时效;二是实现负压测试,通过加清水液垫控制测试管柱的流动压差,无需使用连续油管气举即可诱喷,减少了泥浆或其它压井液对油气层的污染。改进的测试管柱结构如图 2 所示。

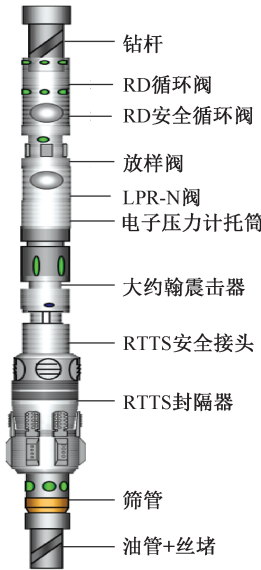


图 2 测试管柱结构示意图
Fig.2 Schematic diagram of test string structure

2.3 地面测试流程改进

孟加拉盆地气田位于孟加拉首都达卡婆罗门巴里亚县平原地带,人口密集,井场周围常存在工业区、农田耕地、生活区、高压线路等,测试井场空间严重受限,且测试井气产量较高。现场测试试气存在较大的安全风险。为了解决受限井场测试的安全问题,除了正常地面测试连接流程外,提出采用“立式+卧式”两种地面流程安全燃烧方式,现场进行了实施,地面测试流程如图 3 所示。

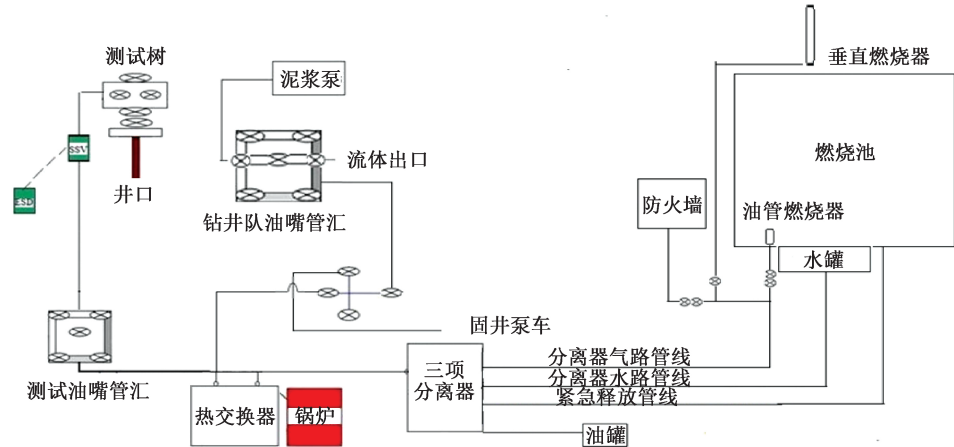


图 3 地面测试流程图
Fig.3 Diagram of the ground testing process

2.3.1 采用“立式”点火放喷方式

用外径 177.8 mm 套管加工成 10 m 高立式管,作为立式燃烧臂。充分利用外部空间,大大降低了放喷燃烧产生的热量及气体冲击力的影响。

2.3.2 建设地面防火墙

将燃烧器引入燃烧墙内(卧式),天然气在固定区域内燃烧,降低高温火焰对周围的设备、设施等造成损害。这是一种采用“立式”及“卧式”的点火燃烧,降低了测试试气风险,有效解决现场区域受限难题。

2.4 测试工作制度优化

根据 Titas 气田以往地质资料及国内外高产井测试实践与认识,一方面,提出 Titas 气田 APR 测试采用“一开一关”测试工艺^[18],这种测试制度缩短测试施工周期,减少工具在泥浆中的静止时间;另一方面,一开测试初期,放喷返排出井筒内泥浆及地层杂质后,再采用 4 种不同油嘴控制放喷测试,分别录取不同油嘴、压力下的产量等数据。求产结束后进行一次关井测试,关井 10~20 h,以取全取准油气藏产能、压力、温度、渗透率等地层参数。实现循环压井,缩短了整过测试周期,大大降低了井内管柱作业安全风险及地面试气风险^[19-20]。

3 现场应用

自 2016~2017 年,Titas 气田共测试 4 口井,全面实现了安全施工。孟加拉 DST 测试共完成 13 井次测试任务(表 1)。由于井下测试设备的研制、测试工艺技术及地面流程的优化等,测试各项指标达到较高水平,工艺一次成功率 100%,资料录取率达 100%,卡片合格率 100%。

表 1 Titas 气田测试汇总表

Table 1 Testing summary table in Titas gas field

井号	测试井段/ m	层位	产量/ (10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹)	合格率/ %
Titas25	3 536.0~3 542.0	C8	/	100
Titas25	3 474.0~3 480.0	C7	/	100
Titas25	3 376.5~3 383.0	C6	11.75	100
Titas25	3 324.6~3 393.9	C5、C6	35.26	100
Titas26	3 775.0~3 793.0	C7	/	100
Titas26	3 612.0~3 629.0	C5	75.00	100
Titas24	3 718.0~3 724.0	C6	31.98	100
Titas23	3 540.0~3 578.0	C7	/	100
Titas23	3 417.0~3 435.0	C6	32.83	100
Titas25	2 756.0~2 696.0	A	62.26	100
Titas26	3 612.0~3 629.0	C5	79.24	100
Titas24	3 718.0~3 724.0	C6	27.60	100
Titas23	3 369.5~3 435.0	C5、C6	59.43	100

Titas26 井位于孟加拉苏尔马盆地中南部南北不对称大型背斜构造,测试井段 3 612.00~3 629.00 m,层位为 C5。本层测试目的是了解测试层产能、液性、压力、温度及地层参数。

该井于 2016 年 6 月 15~19 日进行 APR 测试。测试实行“一开一关”工作制度,电子压力计取得了完整的压力数据(图 4),工艺成功。

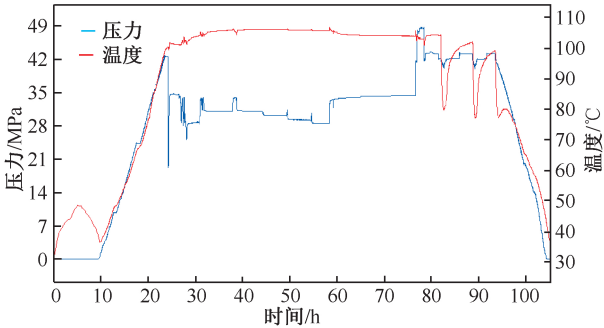


图 4 测试压力(温度)-时间曲线

Fig.4 Testing pressure (temperature)-time curve

采用试井解释软件 PanSystem V3.5,对一关井数据进行技术处理,选用一关地下关井压力资料,模型选取均质油藏模型。解释结果:测试层为正常压力系统,地层压力为 34.89 MPa,压力系数为 1.05。有效渗透率 $10.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,测试层为中渗透储层。表皮系数为-4.7,井壁附近不存在污染。地温梯度 2.40 °C/100 m,地层中部温度 106 °C,属于低温异常系统。采用 15.88 mm 油嘴测试,日气产量 750 500 m³,计算无阻流量为 1 508 390 m³/d。

4 结论

(1)针对孟加拉国 Titas 气田实际施工难题,研制了测试工具实验装置,优选了测试工具和管柱、优化测试制度及地面测试流程等,经过多井次的测试实施,现场应用获得成功。

(2)该技术应用研究不仅适用于 Titas 气田,同样适用于孟加拉其它气田测试,为下一步实施孟加拉测试及其它海外市场积累了成功经验。

致谢:感谢胜利石油工程公司孟加拉项目管理部提供井相关资料并同意本文公开发表。

参考文献

[1] 刘铁树,裘蓂纲,骆宗强. 孟加拉盆地油气分布特征及主控因素[J]. 石油实验地质, 2015, 37(3): 361-366,401.
LIU Tieshu, XI Zhugang, LUO Zongqiang. Hydrocarbon distribution and major controlling factors of Bengal basin, Bangladesh [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(3):361-366,401.
[2] 吴义平,张艳敏,田作基,等. 孟加拉湾深海扇石油地质特征及其勘探潜力[J]. 石油实验地质, 2013, 35(1): 48-52,58.
WU Yiping, ZHANG Yanmin, TIAN Zuoji, et al. Petro-leum geologic features and exploration potentials in deep-sea fan, Bay of Bengal [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013,35(1):48-52,58.
[3] 骆宗强,刘铁树,裘蓂纲. 孟加拉国孟加拉盆地油气勘

- 探潜力分析[J]. 中国石油勘探, 2012, 17(2): 67-73.
- LUO Zongqiang, LIU Tieshu, XI Zhugang. Exploration potential of Bengal basin in Bangladesh [J]. China Petroleum Exploration, 2012, 17(2): 67-73.
- [4] 周生福, 崔龙兵, 刘练, 等. 顺北油田三高油气井完井测试封隔器影响因素及对策[J]. 油气井测试, 2019, 28(3): 37-41.
- ZHOU Shengfu, CUI Longbing, LIU Lian, et al. Influencing factors of completion test packer and countermeasure for 3-high oil and gas well in Shunbei Oilfield [J]. Well Testing, 2019, 28(3): 37-41.
- [5] 冯雪松, 魏安超, 任松涛, 等. 东方气田高温高压井完井技术难点及挑战[J]. 化学工程与装备, 2017(6): 104-106.
- FENG Xuesong, WEI Anchao, REN Songtao, et al. Technical difficulties and challenges of high temperature and high pressure well completion in Dongfang gas field [J]. Chemical Engineering & Equipment, 2017(6): 104-106.
- [6] 何华坤. 高温高压气井完井管柱设计研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2016.
- HE Huakun. Research of the HTHP gas well completion string design [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2016.
- [7] 徐玮. 川西地区深层气井 APR 测试管柱受力分析[D]. 成都: 西南石油大学, 2016.
- XU Wei. Stress analysis of APR test string in deep gas wells in Western Sichuan [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2016.
- [8] 贾磊. 关于 ESD 系统在气井测试中的应用探讨[J]. 石化技术, 2015, 22(5): 80.
- JIA Lei. Application of ESD system in gas well testing [J]. Petrochemical Industry Technology, 2015, 22(5): 80.
- [9] 强华, 陈琼, 译杨, 等. 动态负压射孔已建立清洁模型的评价[J]. 国外测井技术, 2014, 29(3): 68-70.
- QIANG Hua, CHEN Qiong, YI Yang, et al. Evaluation of dynamic negative pressure perforating established cleaning model [J]. World Well Logging Technology, 2014, 29(3): 68-70.
- [10] 张昌朝, 于宗奎, 逯玉亮, 等. 论动态负压联作测试技术在胜利油区的应用[J]. 中国化工贸易, 2015(30): 149.
- ZHANG Changchao, YU Zongkui, LU Yuliang, et al. The application discussion of dynamic negative pressure testing technology in Shengli Oilfield [J]. China Chemical Trade, 2015(30): 149.
- [11] 刘伟. 川西含硫气井测试管柱及配套工艺研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2016.
- LIU Wei. Study on test string and supporting technology of sulfur gas well in Western Sichuan [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2016.
- [12] 李加明, 黄天朋, 金强, 等. 雅达瓦兰油田“四高”油气井完井测试工艺技术[J]. 油气井测试, 2019, 28(1): 25-31.
- LI Jiaming, HUANG Tianpeng, JING Qiang, et al. Completion test technology for “four-high” wells in Yadavaran Oilfield [J]. Well Testing, 2019, 28(1): 25-31.
- [13] 熊和贵, 高文祥, 刘洪涛, 等. 超深超高压高温气井测试管柱配置技术[J]. 油气井测试, 2015, 24(5): 52-53.
- XIONG Hegui, GAO Wenxiang, LIU Hongtao, et al. Configuration technology of well test string for deep ultra-high pressure of high temperature gas well [J]. Well Testing, 2015, 24(5): 52-53.
- [14] 许小强, 陈琛, 戚斌, 等. 川东北高温高压含硫超深气井测试技术实践[J]. 钻采工艺, 2009, 32(3): 53-55.
- XU Xiaoqiang, CHEN Chen, QI Bin, et al. Well testing technology on high temperature and high pressure sulphurous ultra-deep reservoirs in Northeast Sichuan [J]. Drilling and Production Technology, 2009, 32(3): 53-55.
- [15] 陈华良, 张洋. 塔中高含 H_2S 凝析气井地面测试技术[J]. 油气井测试, 2017, 26(4): 63-65, 69.
- CHEN Hualiang, ZHANG Yang. Surface testing technology of Tazhong condensate gas wells with high content of H_2S [J]. Well Testing, 2017, 26(4): 63-65, 69.
- [16] 苏镖, 赵祚培, 杨永华. 高温高压高含硫气井完井试气工艺技术与应用[J]. 天然气工业, 2010, 30(12): 53-56.
- SU Biao, ZHAO Zuopei, YANG Yonghua. Completion and well testing technology in HTHP and high- H_2S gas wells of the Eastern Sichuan basin [J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(12): 53-56.
- [17] 李玉明. 高含 CO_2 和 H_2S 井测试工艺技术应用[J]. 油气井测试, 2017, 26(5): 51-52.
- LI Yuming. Application of well test technology for well with high content of CO_2 and H_2S [J]. Well Testing, 2017, 26(5): 51-52.
- [18] 王跃曾, 唐海雄, 陈奉友. 深水高产气井测试实践与工艺分析[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2009, 31(5): 148-151.
- WANG Yuezeng, TANG Haixiong, CHEN Fengyou. Testing practice and analysis of high production gas wells in deep water [J]. Journal of Oil and Gas Technology (J JPI), 2009, 31(5): 148-151.
- [19] 朱敏, 赵志川, 董海峰, 等. 川东北超深含硫化氢气井测试技术实践与认识[J]. 油气井测试, 2012, 21(2): 62-64.
- ZHU Min, ZHAO Zhichuan, DONG Haifeng, et al. Practice and understanding about well test technology for super deep gas well with hydrogen sulfide in Northeast Sichuan [J]. Well Testing, 2012, 21(2): 62-64.
- [20] 温杰文. 川西地区高温超高压超深井安全试油井下作业技术研究[J]. 钻采工艺, 2018, 41(6): 57-60.
- WEN Jiewen. Study on safe well testing technology for high temperature and ultra-high pressure ultra-deep wells in Western Sichuan [J]. Drilling & Production Technology, 2018, 41(6): 57-60.

编辑 穆立婷

第一作者简介: 张昌朝, 男, 1972 年出生, 硕士, 高级工程师, 2012 年毕业于中国石油大学(北京)工业工程专业, 主要从事油气井试油测试、试井技术研究及管理工作。电话: 0546-8747491, 18654669596; Email: 1257505348@qq.com。通信地址: 山东东营市东营区西四路 2 号胜利井下作业公司, 邮政编码: 257077。