

巴彦油田深井高凝油藏试油完井一体化技术

徐文光¹, 邵振鹏², 李璐², 王彬³, 姚庆童³, 程晓伟³

1. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司华北石油工程事业部 河北任丘 062552

2. 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

3. 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

项目支持: 中国石油集团渤海钻探工程有限公司指导性项目“压裂实时评价与压后排液-测试一体化技术研究”(2022D28F)

引用: 徐文光, 邵振鹏, 李璐, 等. 巴彦油田深井高凝油藏试油完井一体化技术[J]. 油气井测试, 2024, 33(1): 26-31.

Cite: XU Wenguang, SHAO Zhenpeng, LI Lu, et al. Integration technology for testing and completion of deep well high point reservoir in Bayan oilfield [J]. Well Testing, 2024, 33(1): 26-31.

摘要 针对巴彦油田深井高凝油藏在试油完井施工过程中存在工艺复杂、施工周期长、储层二次伤害严重、施工成本高等问题,通过分析现有的高温高压深井试油完井一体化技术特点及存在不足,结合临河油区油藏地质特征和原油物性特点,设计了3套试油完井一体化管柱,制定了相应的工艺流程,并对每种一体化工艺的特点及适用条件进行了分析。上述3种试油完井一体化技术已在现场成功试验14口井,其中压裂-射流泵排液一体化技术现场试验9口井,缩短施工周期2~3 d,有效提高了压裂后排液求产效率,降低了储层二次污染;完井投产一体化技术现场试验5口井,提高了自喷井和机抽井完井投产效率,缩短了单井完井周期,减少了储层污染,降低了作业成本。深井高凝油藏试油完井一体化技术的成功应用为巴彦油田勘探开发一体化进程高效推进提供了有力的技术保障,对国内同类型油藏试油完井技术研究具有指导借鉴意义。

关键词 巴彦油田; 深井; 高凝油; 试油完井; 一体化技术; 气举诱喷; 射流泵排液; 储层污染

中图分类号: TE353

文献标识码: B

DOI: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2024.01.005

Integration technology for testing and completion of deep well high point reservoir in Bayan oilfield

XU Wenguang¹, SHAO Zhenpeng², LI Lu², WANG Bin³, YAO Qingtong³, CHENG Xiaowei³

1. Huabei Petroleum Engineering Department, CNPC Bohai Drilling Engineering Company Limited, Renqiu, Hebei 062552, China

2. Well Testing Branch, CNPC Bohai Drilling Engineering Company Limited, Langfang, Hebei 065007, China

3. Bayan Exploration and Development Branch, PetroChina Huabei Oilfield Company, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China

Abstract: In view of the problems of complicated process, long construction period, serious secondary damage of reservoir and high construction cost in the construction of deep well and high point reservoir in Bayan oilfield, three sets of integrated well testing and completion pipe strings were designed by analyzing the characteristics and shortcomings of the existing integrated technology of high temperature and high pressure deep well testing and completion, combined with the geological characteristics of the reservoir and the physical properties of crude oil in Linhe oil area. The corresponding process flow is established, and the characteristics and applicable conditions of each integrated process are analyzed. The integrated technology has been successfully tested in 14 wells, including 9 wells, which shorten the construction period by 2-3 days, effectively improve the production efficiency of fluids after fracturing, and reduce secondary reservoir pollution. The integration technology of completion and production was tested on 5 wells, which improved the completion and production efficiency of flowing well and mechanical pumping well, shortened the completion period of single well, reduced reservoir pollution and reduced operating costs. The successful application of the integrated technology of deep well and high point oil testing and completion provides a strong technical guarantee for the efficient promotion of the integration process of exploration and development in Bayan oilfield, and has a guiding significance for the research of the same type of oil testing and completion technology in China.

Keywords: Bayan oilfield; deep well; high freezing point oil; oil testing and well completion; integrated technology; gas lift induced spray; jet pump drains liquid; reservoir pollution

巴彦油田临油区块位于河套盆地临河坳陷东北部,主要含油层位为古近系临河组,区域内油藏具有埋藏深(油层中深4 300~5 600 m)、纵向上发育多个油组、储层非均质强、原油饱和压力低(2.83~3.61 MPa)等特征。储层具有出强盐敏、强速敏,中等水敏的特性^[1-2]。原油整体物性中等,具有含蜡量高(平均15.6%)、凝固点高(平均44.6℃、最高57℃)等特点,平均原油密度0.84 g/cm³,属于中质高含蜡高凝原油^[3]。随着巴彦油田勘探开发不断向纵深发展,采用合理高效的试油完井一体化技术将为油田增储上产工作提供有力的技术保障。

针对国内油气田高压、高温、深井试油完井施工过程中存在的工艺复杂、施工周期长、储层二次伤害严重等问题^[4-6],赵益秋^[7]通过研究设计试油完井一体化管柱可以实现在试油测试作业结束后将上部测试工具及油管起出,完成试油及测试资料的录取,同时封隔器及配套封堵工具留在井底,减少压井堵漏工序,既可以保护油气层,同时后期也可进行投产;孙海芳等^[8]针对塔里木油田碳酸盐岩深井易出现井漏或溢流等复杂工况、压井易造成二次污染等问题设计了两套试油完井一体化管柱,利用一趟管柱实现射孔-酸化-测试-封堵、完井投产等多种功能;庞东晓等^[9-10]通过研究高温高压气井中提高试油完井一体化技术可靠性的井下工具,研制了一种基于环空操作的开关阀,增加了两个试压环节,将常规试油完井一体化工艺进行升级改进,避免了一体化管柱施工过程中出现密封不严导致井下复杂的问题;张海博^[11]、温杰文等^[12]通过研究塔里木碳酸盐深井常规试油完井中存在的问题,设计了一套适用于易喷易漏井试油完井一体化管柱,在常规一体化管柱结构上增加了伸缩管,补偿了管柱收缩量,提高了管柱安全系数,有效减少了试油完井一体化施工过程中的井控安全风险;邱金平等^[13-14]通过研究合川中、塔里木库车超深高温高压、含H₂S和CO₂等气体的油气藏在勘探试油过程中存在的技术难点,形成了适用于超深高温高压含硫化氢储层的配套试油技术,设计了完井投产一体化管柱,有效缩短了单井试油周期;王鹏等^[15]通过研究巴彦油田深井试油测试中存在的问题,同时结合储层及原油物性特征,形成了一套STV测试射孔-排液一体化工艺,适用于巴彦油田深井测试排液,实现了一趟管柱完成射孔、排液求产和测试资料的录取,有效降低了压井造成储层二次污染的问题。以上

研究主要针对高温高压深井试油完井一体化技术,关于巴彦油田深井试油技术方面的研究也主要是针对测试排液技术,并未考虑高凝油对于深井试油完井一体化工艺技术的影响。

因此,根据临河油区油藏特征和原油物性特点,基于现有的高温高压深井试油完井一体化技术,设计了3套试油完井一体化管柱,制定了相应的工艺流程,并对每种一体化工艺的特点及适用条件进行了分析,为巴彦油田勘探开发一体化进程高效推进提供了技术保障。

1 巴彦深井试油完井技术难点

巴彦油田临河深井试油阶段主要以自喷求产为主,部分低产低效层需要采用水力压裂增产措施以达到获取工业油流的目的,常用的压裂后人工助排工艺为连续油管氮气气举排液和射流泵加热排液。受原油凝固点高的影响连续油管下深受限,且不能加热排液;常规的射流泵加热排液工艺需在压裂后单独下一趟泵排管柱,多次起下试油管柱易造成井筒复杂。完井投产阶段主要采用常规射孔投产管柱,对于自喷井缺少简单有效的诱喷方法,非自喷井射孔后需单独下入机采管柱,存在作业周期长,多次起下管柱,无法加热排采、施工成本高等问题。综合分析地质和工程两方面的因素,目前试油完井阶段主要存在以下几个方面的技术难点:

(1)临河组储层埋藏深、非均质性强,试油层位多,多次起下试油完井管柱易导致井筒复杂等问题。

(2)储层原油凝固点高,常规的试油排液及完井采油工艺无法实现加热排采,不能充分释放储层产能。

(3)单井试油完井施工周期长,且储层具有水敏、盐敏特性,压井作业次数多,易对储层造成二次伤害,影响投产开发效果。

2 试油完井一体化技术

通过对巴彦油田深井地质特征及现有的试油完井工艺进行深入研究,设计了3套试油完井一体化管柱,在此基础上对其各自的工艺流程、工艺特点及适用性进行了深入分析,最终形成了适用于巴彦深井高凝油藏的试油完井一体化工艺技术。

2.1 压裂-射流泵加热排液一体化

针对巴彦油田临河深井试油压裂后常规人工助排工艺存在的不足,设计研制了加强型射流泵井

下工作筒,提升了工具的抗内压/外挤强度、抗拉强度(详细参数见表1),最大下深3 500 m,满足了射流泵排液与压裂酸化联合作业的条件,为实现压裂-射流泵加热排液一体化技术奠定了基础。

表 1 加强型射流泵工作筒主要技术参数
Table 1 Main technical parameters of enhanced jet pump working barrel

技术参数	最大 外径/ mm	最小 内径/ mm	长度/ mm	抗拉 强度/ kN	抗外 挤/ MPa	抗内 压/ MPa	耐温/ ℃
数值	114.3	50	900	900	70	70	150

2.1.1 管柱结构

对于低产低效储层试油压裂作业,可采用压裂-射流泵加热排液一体化管柱,其管柱组成自上而下依次为:压裂射流泵工作筒+托砂皮碗+RTTS 安全接头+RTTS 封隔器(见图1)。该一体化管柱可以实现压裂后迅速通过射流泵加热排液求产,避免了压裂液在地层中长期滞留对储层的污染伤害,对于深井高凝油起到了深排、加热排液的作用。

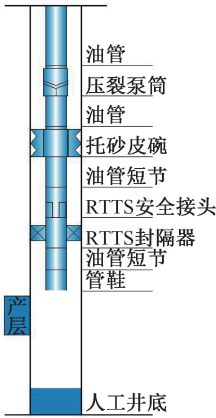


图 1 压裂-射流泵加热排液一体化管柱图
Fig.1 Frac-jet pump heating and draining integrated pipe column diagram

2.1.2 工艺流程

该一体化工艺施工主要分为两部分:压裂施工和射流泵加热排液。其中射流泵井下工作筒自带的滑套在压裂施工过程中处于安全关闭的状态,准备排液时,先将配套的钢球投入到管柱预定位置,然后通过地面注入加压的方式打开滑套,沟通油套内外,后投入泵芯开始加热排液。该工艺流程为:下入一体化管柱→坐封→装井口→压裂→放喷→投球打开滑套→投泵芯→射流泵正排液求产→反洗出泵芯→解封→起出一体化管柱。

2.1.3 工艺特点

射流泵加热排液工艺适用于深井高凝油试油

排液,通过地面加热动力液的方式,使井筒内流体温度大于原油凝固点,保证高凝油在井筒内处于正常流动的状态。压裂-射流泵加热排液一体化工艺通过一趟管柱实现压裂及压后射流泵加热排液,同时,减少起下管柱次数、避免多次压井作业、降低压井液及压裂液对储层的二次伤害(见表2)。

表 2 压裂-射流泵加热排液一体化工艺特点
Table 2 Characteristics of frac-jet pump heating and drainage integration process

适用条件	压后需人工助排求产的高凝油深井
常规工艺局限性	螺杆泵加热排液:需压井,且多次起下管柱,伤害储层;不能深排,加热效率低。
	常规射流泵加热排液:需压井,且多次起下管柱,伤害储层。
工艺特点	连续油管氮气气举:成本高,下深受限,排液效果一般。
	一趟管柱实现压裂及压后射流泵加热排液,减少起下管柱次数,避免多次压井,降低对储层的二次伤害。

2.2 射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化

针对巴彦临河深井自喷井完井投产井,设计了射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化管柱,通过对常规油管传输射孔投产管柱进行优化改进,增加了气举阀,实现了自喷井投产后气举诱喷的目的;同时,通过在投产管柱内下入加热电缆,保证井筒内原油温度始终维持在凝固点之上,解决井筒内易出现原油凝管停喷的问题。

2.2.1 管柱结构

对于自喷井可采用射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化管柱,其管柱组成自上而下依次为:一级(或多级)气举工作筒+筛管+点火头+射孔枪(见图2)。

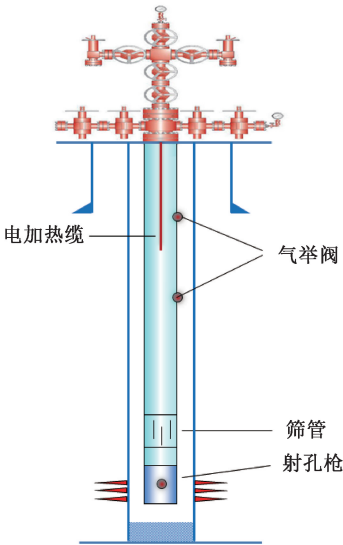


图 2 射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化管柱图
Fig.2 Integrated perforation-gas lift induced injection-electric heat tracing for production

通常下入两级气举阀就能满足诱喷需求,下入深度可根据储层中深及试油求产结果合理调整,一般为 1 500 m 和 2 200 m,该一体化管柱实现了自喷井射孔后气举诱喷投产的目的。

2.2.2 工艺流程

该一体化工艺施工主要分为三部分:油管传输射孔、氮气气举诱喷和自喷完井作业。通过将气举阀下入到预定深度,设定合理的气举阀开启压力;射孔后氮气车通过环空注入氮气气举诱喷,自喷后下入加热电缆完井投产。该工艺流程为:下入一体化管柱→校深→装井口→射孔→氮气气举诱喷→下入加热电缆→自喷完井。

2.2.3 工艺特点

常规的原油、清水诱喷工艺针对高凝油自喷井应用效果不好,连续油管氮气气举诱喷作业成本高,射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化管柱结构简单实用,经济性及安全方面优点突出。该一体化完井投产工艺通过一趟管柱实现射孔及气举诱喷作业,对高凝油自喷井诱喷效果良好,同时减少了起下管柱次数、避免多次压井作业、降低压井液及压裂液对储层的二次伤害;通过下入加热电缆保证自喷井的正常生产。该工艺可实现自喷井单井平均完井投产作业时间缩短约 2 d(见表 3)。

表 3 射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化工艺特点	
Table 3 Characteristics of perforation-gas lift induced injection-electric heat tracing integrated process	
适用条件	自喷投产井
常规工艺局限性	原油替喷;区块为高凝油,需外来油源。
	清水替喷;易造成储层伤害。
	连续油管氮气气举诱喷;成本高。
	气举激动诱喷;回压大、压井液易漏失、效果差。无法进行井筒内原油加热。
工艺特点	多级气举阀,低压-快速诱喷,低伤害、高效率,
	可快速实施多轮次诱喷,电伴热,单井作业时间缩短 2 d,降低作业成本。

2.3 射孔-机抽排水-电伴热投产一体化

针对巴彦临河深井非自喷井完井投产井,设计了射孔-机抽排水-电伴热投产一体化管柱,通过对常规油管传输射孔投产管柱进行优化改进,在原管柱上增加了井下悬挂泵泵筒,实现了非自喷井射孔后直接下入柱塞完井投产的目的;同时,通过在外径为 $\Phi 36$ mm 空心抽油杆中间下入加热电缆,热缆下深一般为 1500 m(通常 1500 m 以下地层温度高于原油凝固点温度),保证井筒内原油温度始终维持在凝固点之上,解决油管内易出现原油凝管、不

能正产出液的问题。

2.3.1 管柱结构

对于机抽井可采用射孔-机抽排水-电伴热投产一体化管柱,其管柱组成自上而下依次为:加厚油管+悬挂泵+筛管+点火头+射孔枪(见图 3)。该一体化管柱实现了机抽井射孔后快速投产的目的。

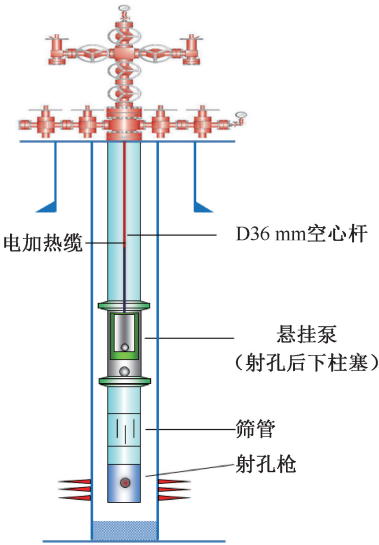


图 3 射孔-机抽排水-电伴热投产一体化管柱图
Fig. 3 Integrated perforating-mechanical pumping drainage-electrical heat tracing and production column diagram

2.3.2 工艺流程

该一体化工艺施工主要分为三部分:油管传输射孔、下入柱塞及抽油杆和下入加热电缆机抽投产。传输射孔后上提一体化管柱至设计投产深度,下入悬挂泵柱塞及抽油杆,在空心抽油杆中下入加热电缆机抽投产。该工艺流程为:下入一体化管柱→校深→装井口→射孔→上提管柱至设计投产深度→下入柱塞及抽油杆→下入加热电缆→机抽完井投产。

2.3.3 工艺特点

常规非自喷井投产完井工艺包括射孔、下泵机采两趟管柱,作业周期长,射孔-机抽排水-电伴热投产一体化管柱结构简单实用,经济性及安全方面优点突出。该一体化完井投产工艺通过一趟管柱实现射孔及机抽排采,空心抽油杆下入加热电缆保证高凝油的正常生产,同时减少了起下管柱次数、避免多次压井作业,该工艺可实现非自喷井单井完井投产作业周期缩短约 3 d(见表 4)。

3 现场应用

(1) 压裂-射流泵加热排水一体化

表 4 射孔-机抽排液-电伴热投产一体化工艺特点

Table 4 Characteristics of the integrated process of perforating-machine pumping drainage-electric heat tracing

适用条件		低产井、机采投产井
常规工艺	常规工艺射孔、机采两趟管柱,作业周期长。	
局限性	无法进行井筒内加热排采。	
工艺特点	低伤害、高效率,电伴热,投产作业周期缩短约 3 d,降低作业成本。	

H9 井位于巴彦油田临河油区,属于河套盆地临河坳陷兴隆构造带乌兰图克构造上的一口预探井。试油层位为临河组,井段 5 128.60~5 135.00 m,厚度 6.40 m/1 层,测井解释:油层。

2023 年 5 月 7 日~9 日对该井进行压裂-射流

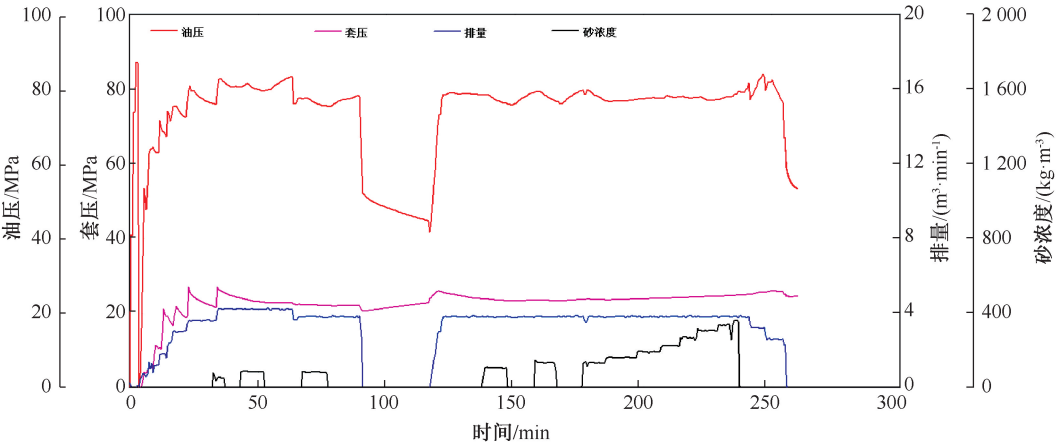


图 4 H9 井第二试油层压裂施工曲线

Fig. 4 Fracturing construction curve of the second test formation of well H9

(2) 完井投产一体化

目前在巴彦油田临河油区共完成射孔完井投产一体化施工共计 5 口井(见表 5),均获得成功,其中自喷井完井投产一体化施工 3 口井,机抽井完井投产一体化施工 2 口井。通过采用完井投产一体化工艺提高了深井高凝油井投产效率,缩短了单井完井投产周期,减少了储层污染,降低了作业成本。

表 5 临河油区完井投产一体化工艺现场试验统计表
Table 5 Statistical table of field test of integrated well completion and production process in Linhe oilfield

一体化工艺	井号	试验结果	施工周期/d	投产产量/(t·d ⁻¹)
射孔-气举诱喷-电伴热投产一体化	H172	成功	2.0	54.6
	H164	成功	2.5	32.8
	H193	成功	2.5	27.5
射孔-机抽排液-电伴热投产一体化	H156	成功	3.5	20.4
	H161	成功	3.0	18.3

4 结论

(1) 针对巴彦油田深井高凝油试油完井施工中

泵加热排液一体化施工,地层破裂压力 61.2 MPa,停泵压力 57.0 MPa,入井总液量 805.0 m³,累计加砂 49.20 m³(施工曲线见图 4)。压后进行了射流泵加热排液求产,喷嘴 3.0 mm,泵压 25 MPa,排量 7.2 m³/h,出口温度 45~55 ℃,日产油 14.23 m³,试油结论为油层。原油化验结果:70 ℃黏度为 23.65 mPa·s,含蜡 22.10%,胶质沥青 32.33%,凝固点为 57 ℃,属于高含蜡高凝原油。

目前在巴彦油田已成功实施压裂-射流泵加热排液一体化施工共 9 口井,其中,压裂射流泵工作筒最大下深 3 304.98 m,压裂期间最高井口压力 83.20 MPa,均未出现施工异常等问题,平均施工周期为 4~6 d,相较于常规方法缩短了 2~3 d。

存在的技术难点,研究设计了 3 套试油完井一体化管柱,在此基础上对其各自的工艺流程、工艺特点及适用性进行了深入分析,形成了适用于深井高凝油藏的试油完井一体化工艺技术。

(2) 通过在巴彦油田应用试油完井投产一体化技术,提高了深井高凝油井试油投产效率,缩短了单井作业周期 2~3 d,减少了对储层的二次污染,保障了现场作业安全可靠,降低了作业成本。

(3) 巴彦油田深井高凝油藏试油完井一体化技术的成功应用对国内同类型深井高凝油藏试油完井工艺技术具有指导借鉴意义。

致谢:感谢华北油田巴彦勘探开发分公司和渤海钻探油气井测试分公司同意本文公开发表。

参考文献

[1] 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 important discoveries in oil and gas exploration in Linhe Depression, Hetao Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23 (5): 1-11.
- [2] 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.
- [3] 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.
- 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.
- [4] 季晓红, 朱进府, 单锋, 等. 二次封堵阀在完井测试中的应用[J]. 油气井测试, 2013, 22 (3): 46-47.
- JI Xiaohong, ZHU Jinfu, SHAN Feng, et al. Application of secondary plugging valve in well completion test [J]. Well Testing, 2013, 22 (3): 46-47.
- [5] 曹宗波, 唐永祥, 熊江勇. 测试-改造-封堵-回采一体化试油管柱技术[J]. 江汉石油职工大学学报, 2011, 24 (5): 18-22.
- CAO Zongbo, TANG Yongxiang, XIONG Jiangyong. Test-retrofit-plugging-recovery integrated test string technology [J]. Journal of Jiangnan Petroleum University of Staff and Workers, 2011, 24 (5): 18-22.
- [6] 陈琛, 曹阳. 元坝气田超深高含硫水平井测试投产一体化技术[J]. 特种油气藏, 2013, 20 (1): 130-131.
- CHEN Chen, CAO Yang. Integration technology for testing and putting into operation of ultra-deep and high-sulfur horizontal Wells in Yuanba gas field [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2013, 20 (1): 130-131.
- [7] 赵益秋. 试油完井一体化技术在“三超”气井中的应用[J]. 钻采工艺, 2017, 40 (3): 53-56.
- ZHAO Yiqiu. Application of integrated technology of oil testing and well completion in 3-Ultra wells [J]. Drilling & Production Technology, 2017, 40 (3): 53-56.
- [8] 孙海芳, 刘飞, 王志敏. 高温高压气井试油完井一体化工艺技术[J]. 钻采工艺, 2017, 40 (4): 36-39.
- SUN Haifang, LIU Fei, WANG Zhimin. High temperature and high pressure gas well testing and completion integration technology [J]. Drilling & Production Technology, 2017, 40 (4): 36-39.
- [9] 庞东晓, 贾海, 韩雄. 基于环空压力操作的试油完井一体化工具研制及应用[J]. 钻采工艺, 2019, 42 (4): 80-83.
- PANG Dongxiao, JIA Hai, HAN Xiong. Development of annulus-pressure-operated integrated production-completion [J]. Drilling & Production Technology, 2019, 42 (4): 80-83.
- [10] 潘登, 徐茂荣, 黄船, 等. 射孔-酸化-测试-封堵及完井一体化工艺技术[J]. 钻采工艺, 2014, 37 (1): 8-10.
- PAN Deng, XU Maorong, HUANG Chuan, et al. Integrated technology of perforating-acidizing-testing-plugging-completion [J]. Drilling & Production Technology, 2014, 37 (1): 8-10.
- [11] 张海博. 易喷易漏井试油完井一体化管柱工艺[J]. 江汉石油职工大学学报, 2017, 30 (1): 14-16.
- ZHANG Haibo. Integrated string technology for oil testing and well completion of blowout and leaking wells [J]. Journal of Jiangnan Petroleum University of Staff and Workers, 2017, 30 (1): 14-16.
- [12] 温杰文, 徐茂荣, 宋军正. 基于井筒完整性的试油完井一体化工艺技术[J]. 钻采工艺, 2016, 39 (2): 80-82.
- WEN Jiewen, XU Maorong, SONG Junzheng. Integrated technology of well testing and completion based on well integrity [J]. Drilling & Production Technology, 2016, 39 (2): 80-82.
- [13] 邱金平, 张明友, 才博, 等. 超深高温高压含硫化氢气藏高效试油技术新进展[J]. 钻采工艺, 2018, 41 (2): 49-50.
- QIU Jinping, ZHANG Mingyou, CAI Bo, et al. New development of high efficiency oil testing technology for ultra deep high temperature and high pressure hydrogen sulfide gas reservoirs [J]. Drilling & Production Technology, 2018, 41 (2): 49-50.
- [14] 龙学, 吴建军, 李晖, 等. 高温高压含硫气井测试优化设计技术与应用[J]. 油气井测试, 2011, 20 (3): 37-40.
- LONG Xue, WU Jianjun, LI Hui, et al. Technology and application of optimum test design for high temperature and high pressure sulfur gas Wells [J]. Well Testing, 2011, 20 (3): 37-40.
- [15] 王鹏, 王潇伟, 范俊强, 等. 巴彦油田试油测试关键技术[J]. 油气井测试, 2023, 32 (3): 27-30.
- WANG Peng, WANG Xiaoyi, FAN Junqiang, et al. Key technologies for oil testing in Bayan oilfield [J]. Well Testing, 2023, 32 (3): 27-30.

编辑 陈晓微

第一作者简介:徐文光,男,1968年出生,本科,工程师,2004年毕业于中国石油大学(华东)工商管理专业,现从事市场开发生产管理工作。电话:0317-2723338, 15209349108; Email: xuwen Guang@cnpc.com.cn。通信地址:河北省任丘市渤海钻探华北石油工程事业部,邮政编码:062552。