

# 伊拉克 BLOCK-10 区块多功能完井一体化管柱测试工艺技术

周元杰<sup>1</sup>,周亮<sup>1</sup>,王晋<sup>1</sup>,姜居英<sup>1</sup>,张洪霖<sup>2</sup>,刘学忠<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. 中国石油工程技术研究院北京石油机械有限公司 北京 102206

通讯作者:Email: zhouyuanjie@cnpc.com.cn

项目支持:中国石油集团渤海钻探工程有限公司科技研发项目“智能地层测试系统研制”(2019ZD04K)

引用:周元杰,周亮,王晋,等. 伊拉克 BLOCK-10 区块多功能完井一体化管柱测试工艺技术[J]. 油气井测试,2021,30(4):19-25.

Cite: ZHOU Yuanjie,ZHOU Liang,WANG Jin, et al. Integrated multifunctional completion pipe string testing technology of Iraq BLOCK-10 block [J]. Well Testing, 2021,30(4):19-25.

**摘要** 伊拉克 BLOCK-10 区块 Mishrif 层属于高产油藏,完井测试过程中存在着测试风险系数高、测试工具选型多样化、钻井与压井期间容易对储层造成污染、测试联作管柱与试井测井等工艺配合施工局限性大等问题。针对该区块油藏特点,选用超级安全阀内防喷技术、机械丢枪技术、选择测试阀全通径工具组配为基础的测试管柱,搭配 114 mm 射孔枪与深穿透射孔弹组合、114 mm TMK 气密油管以及酸前酸后对比测试工作制度,形成多功能完井一体化管柱测试工艺技术。经在 Eridu-7 井试油作业,获得日产原油 2 020 m<sup>3</sup>,日产天然气 15×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。该区块已累计进行 6 井次 10 层测试施工,成功率 100%。该技术一次测试可以实现 PVT、生产测井、酸化等工艺施工,有效提高试油效率,可为国内外同类型油藏的试油提供借鉴。

**关键词** 高产油气藏;气密油管;一体化测试管柱;超级安全阀;完井;试油;机械丢枪;试油效率

**中图分类号**:TE353      **文献标识码**:B      DOI:10.19680/j.cnki.1004-4388.2021.04.004

## Integrated multifunctional completion pipe string testing technology of Iraq BLOCK-10 block

ZHOU Yuanjie<sup>1</sup>, ZHOU Liang<sup>1</sup>, WANG Jin<sup>1</sup>, JIANG Juying<sup>1</sup>, ZHANG Honglin<sup>2</sup>, LIU Xuezhong<sup>1</sup>

- 1. Well Testing Branch, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Langfang, Hebei 065007, China
- 2. Beijing Petroleum Machinery Co., Ltd., CNPC Engineering Technology R & D Co., Ltd., Beijing 102206, China

**Abstract:** Mishrif layer in block-10 of Iraq is a high-yield oil reservoir. There are many issues in the process of well completion test, such as high testing risk in test operation, diversified test tool selection, reservoir pollution during drilling and well-killing process, and high limitations in the compatibility of the combined test pipe string with other wellbore operations including well test and well logging. Considering the characteristics of the reservoir in this block, a set of integrated multi-functional completion pipe string testing technology are formed by the super safety valve internal blowout prevention technology, the mechanical gun releasing technology, the test pipe string based on the test valve full-diameter tool assembly, the 114 mm perforating gun with deep penetrating perforating bullets, the 114 mm TMK gas-tight tubing and the comparative test system before and after acidizing. After the oil test operation in Well Eridu-7, the daily output of oil was 2 020 m<sup>3</sup> and the natural gas was 15×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>. In this block, this technology has been applied for a total of 6 well times and 10 layers with a success rate of 100%. By using this technology, multiple technological measurements such as PVT, production logging and acidizing can be carried on in one trip, which can effectively improve the oil production test efficiency, and provide reference for the production test of similar reservoirs in both China and the abroad.

**Keywords:** high-yield oil and gas reservoir; gas-tight tubing; integrated test pipe string; super safety valve; well completion; oil test; mechanical gun releasing; oil test efficiency

伊拉克 BLOCK-10 区块位于全球油气最富集盆地之一的美索不达米亚盆地,在伊拉克济加尔省和萨摩瓦省边界地区,处于巴士拉以西约 120 km,距离西古尔纳油田 120 km,占地面积约 5 500 km<sup>2</sup>,主要产层为 Mishrif 组<sup>[1]</sup>。中东地区的碳酸盐油藏以

生物碎屑灰岩为主,构造期次少,储集层特征受沉积和成岩改造控制<sup>[2-3]</sup>。李峰峰等<sup>[4-5]</sup>、毛先宇等<sup>[6]</sup>基于岩心观察、铸体薄片、物性分析及测井资料,系统分析出白垩系 Mishrif 组属于典型的碳酸盐缓坡沉积。BLOCK-10 区块试油测试资料表明,该区块

探井原油产能 1 000 ~ 2 020 m<sup>3</sup>/d, 天然气产能 7×10<sup>4</sup> ~ 15×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d, 属于高产油藏。

地层测试是获得地层流体样本, 确定地层参数以及判断开采价值的一种工艺<sup>[7-8]</sup>。吉玉林等<sup>[9]</sup>通过测试响应分析得出碳酸盐岩地层容易受到外来流体的影响, 因其孔隙度较小, 被污染后难于恢复地层原始数据, 且污染程度不容易被射孔作业改善, 从而不能取得准确的测试数据。为了减小地层污染造成的影响, 同时增强开发区域地层的渗透性, 需要在 BLOCK-10 区块作业制度中加入酸化工艺<sup>[10]</sup>。该区块原油与天然气产能高, 高速流体携带的固相颗粒可能会冲蚀测试工具, 关井期间的沉沙会造成测试工具失效<sup>[11]</sup>, 因此对测试工具性能提出了要求。地层测试工具主要有两种<sup>[12]</sup>: 一种是通过测试管柱上提下放来完成井底开、关井的测试工具, 如 MFE 等; 另一种是通过环空加压的压控式工具, 如 APR 等。MFE 工具可以长期开井, 套管不承压, 但生产孔径小<sup>[13]</sup>。李加明等<sup>[14]</sup>在雅达瓦兰油田高产井施工中进行测试管柱优化设计, 使用 LPR-N 阀工具配合酸化作业, 但测试管柱中的筛管造成了井下节流, 同时 APR 工具生产孔径大, 但开井期间需要长时间保持套管压力<sup>[15]</sup>, 如果出现环空泄压的情况, 会造成配合作业的钢丝、测井电缆被切断的危险。选择测试阀具有锁定开井功能, 能够在环空泄压时保持开井状态, 长期开井时不用保持套管压力。鹿成亮等<sup>[16]</sup>、刘铮等<sup>[17]</sup>通过工具优劣对比分析, 与常规 LPR-N 阀相比, 选择测试阀操作压力小, 对套管和井控设备能起到更好的保护作用, 减少了井下套管及井控设备的疲劳程度, 也可以更好的与钢丝、测井电缆以及连续油管进行配合作业<sup>[18-20]</sup>。伊拉克 BLOCK-10 区块探井施工对作业时效有严格要求, 这就使得测试管柱设计尤为重要。庞振力<sup>[21]</sup>在南堡应用了选择测试阀测试射孔联作管柱设计, 论证了选择测试阀操作灵活、性能可靠。但因为射孔枪身的存在, 没有实现全管柱通径设计, 测井电缆无法深入到测试层位进行生产测井。

本文主要针对 BLOCK-10 区块高产能、时效紧张的特点, 对其 Mishrif 层位多功能完井一体化管柱

测试工艺进行研究, 在保障工具稳定性的同时, 加强测试工艺与其他工艺施工的适配性, 实现一套测试管柱配合完成钢丝试井、PVT 井下取样、电缆生产测井以及连续油管酸化等多种功能施工, 从而提高施工时效。

1 射孔工艺优化

射孔联作工艺是国内外常用的完井测试工艺, 它能够快速获得地层流体参数, 判断地层产能。

为了实现多功能一体化测试管柱全通径的目的, 对丢枪工艺进行研究, 成功解决了射孔枪身没有全通径测试通道从而无法进行生产测井的问题。

丢枪工艺的使用可以优化生产, 而且丢掉的枪身容易被打捞工具捕获, 完成打捞。

1.1 丢枪装置结构

丢枪工具主要由释放套、门锁装置、导轨装置、转换套、销钉、释放接头六部分组成(图 1)。其主要技术参数见表 1。

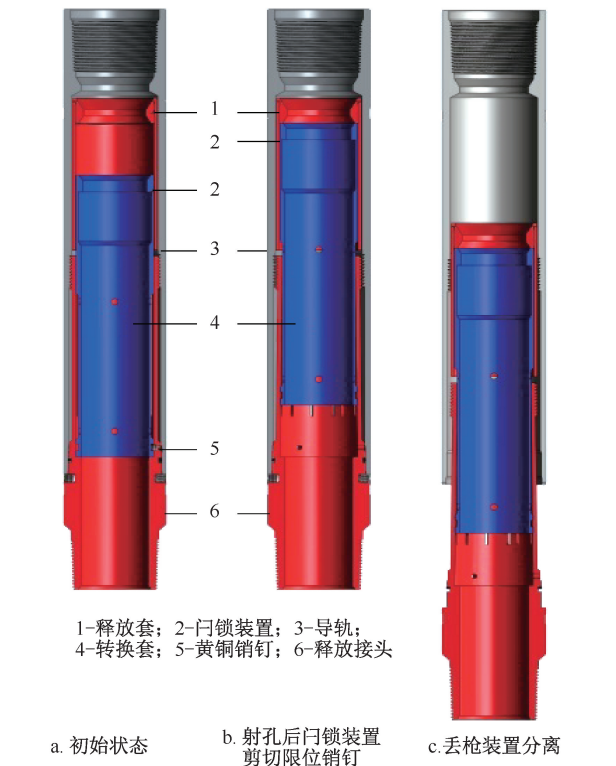


图 1 机械丢枪装置结构示意图  
Fig. 1 Structural of mechanical gun releasing device

表 1 机械丢枪装置技术参数  
Table 1 Technical parameters of mechanical gun releasing device

| 工具尺寸/mm |     | 装配长度/<br>mm | 释放后     |         | 导轨长度/<br>mm | 最大工作值 |        |        | 最小射孔枪<br>重量需求/kg |
|---------|-----|-------------|---------|---------|-------------|-------|--------|--------|------------------|
| 长度      | 外径  |             | 最小内径/mm | 最大张力/kN |             | 温度/℃  | 压力/MPa | 压差/MPa |                  |
| 60      | 78  | 540         | 51      | 734     | 480         | 204   | 138    | 69     | 113              |
| 68      | 93  | 540         | 62      | 890     | 480         | 204   | 138    | 55     | 136              |
| 89      | 114 | 690         | 76      | 1 334   | 530         | 204   | 138    | 62     | 159              |

1.2 丢枪装置工作原理

机械丢枪装置安装在封隔器下方、射孔枪点火头以上约 10 m 的位置。可以在射孔枪引爆后将射孔枪释放到射孔段下方井底中。丢枪装置入井时,转换套由黄铜销钉进行固定,导轨处的凸耳机构挤压齿咬合限位机构,对转换套以及释放套进行限位(图 1a)。射孔枪引爆后,带有标准滑线换挡工具的闷锁,向上震动,以剪断黄铜销钉。此时凸耳机构上行,齿咬合限位机构松开(图 1b),释放套与导轨脱离,带动转换套以及释放接头整体下行,完成丢枪动作(图 1c)。此时工具完全打开内径,与测试管柱形成全通道。释放后的油管 and 射孔枪,将在作业施工结束后,进行整体打捞。

1.3 射孔器材选择

BLOCK-10 区块探井开发 Mishrif 层的套管程序采用表层套管 339.7 mm、技术套管 244.5 mm、油层套管 177.8 mm 的组合。常用的聚能射孔弹射孔时,如果枪身与套管之间的间隙过大,间隙间的流体会使射孔弹的射流发生界面效应,造成射孔后穿深降低达不到射孔效果,射孔孔眼在套管上分布不均、大小不一从而降低套管承载能力。如果枪身与套管之间间隙过小,则会出现射孔后枪身膨胀卡住套管的故事。根据常用套管配套射孔枪型表(表 2),结合 Mishrif 层油层套管数据,在射孔中选用 114 mm、127 mm、140 mm 三种型号的射孔枪。

表 2 与套管匹配的射孔枪型号  
Table 2 Perforating gun models compatible with casing

| 序号 | 套管外径/<br>mm | 可选射孔枪外径/<br>mm |
|----|-------------|----------------|
| 1  | 101.60      | 60,73,76       |
| 2  | 114.30      | 60,73,76       |
| 3  | 127.00      | 73,76,89       |
| 4  | 139.70      | 76,89,102,114  |
| 5  | 168.28      | 102,114,127    |
| 6  | 177.80      | 114,127,140    |
| 7  | 193.68      | 114,127,140    |

射孔弹药一般分为常规炸药黑索金 RDX、高温炸药奥克托金 HMX 和超高温炸药皮威克斯 PYX 等三种。BLOCK-10 区块 Mishrif 层地层温度在 52 ~ 102 ℃ 之间,且探井油管下放速度较慢,射孔弹入井超过 48 h 以后才能进行射孔。因此,一般选用高温 HMX 型射孔弹进行作业。

不同完井工艺对射孔参数的要求不同。防砂完井要求大孔径和高孔密;常规完井要求高孔密和深穿透;酸化压裂的增持完井作业中,高孔密、深穿

透以及低相位射孔,可以更均匀的注入酸液,提高酸化效果;高渗透地层、裂缝性地层和钻井液污染的地层,也要求深穿透射孔。BLOCK-10 区块在钻开油气层时可能存在钻井液入侵地层造成污染的可能性。因此,选择深穿透射孔弹让射孔能穿透可能的污染区降低其对地层产能的影响。在伊拉克地区一般选用 Halliburton 公司 DP2 型深穿透射孔弹,常用孔密为 16 发/m。

2 测试工艺优化

根据伊拉克 BLOCK-10 区块实际情况,结合国内外高产井测试完井技术实践,进行测试工艺优化,提高 BLOCK-10 区块 Mishrif 层产能。

2.1 油管选型优化

BLOCK-10 区块 Mishrif 层产能大,流速高,冲蚀作用强,同时酸化作业也加大了油管腐蚀。选择镍铬合金材质的 TMK 气密油管进行作业。

TMK 气密油管采用钩螺纹扣型,其螺距为 5.08 mm,锥度为 1:16,增加了抗拉强度和弯曲能力,也方便快捷安装(图 2)。

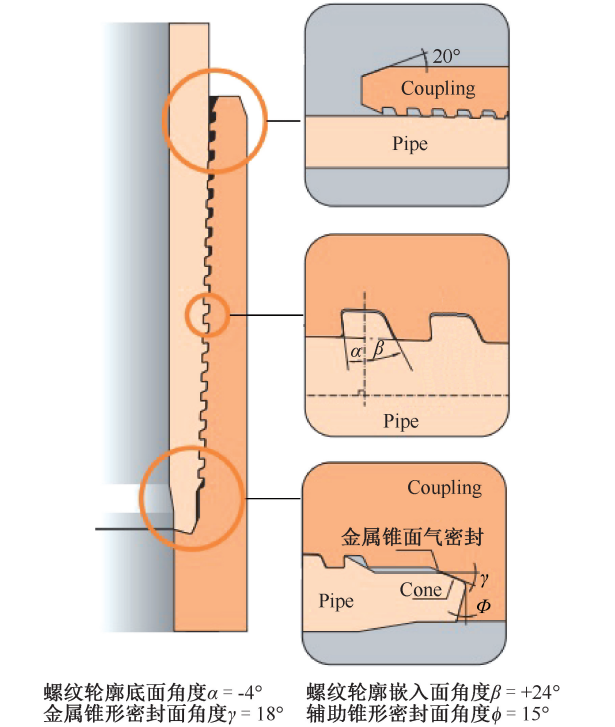


图 2 TMK 油管扣  
Fig. 2 TMK tubing buckle

螺纹轮廓的底面角度为  $-4^\circ$ , 螺纹轮廓的嵌入面角度  $+24^\circ$ , 增强了气密性, 对拉伸、释放和弯曲载荷具有较高的抵抗力。同时, 通过金属对金属的密封组件确保了螺纹连接的紧密性, 该组件包括径向



密封件和止动密封件。径向密封件由公母扣上的圆锥形表面以  $18^\circ$  的接触角度组成,由于是过盈配合,可以实现很高的气密性。止动密封件由公扣止动端和母扣接头限位台阶面的相应锥形表面组成,成  $15^\circ$  角放置,是一个附加的密封屏障,同时也是一个限制过度上紧扭矩的限制器。

TMK 气密油管采用金属锥形气密封方式,密封触点位于无冲击区域,可以防止密封件的损坏。即使在增大负载的情况下,也能保证气密性。可用于垂直、倾斜、水平和亚水平的油气田和天然气凝析气田的建设和运行。

根据 BLOCK-10 区块常用套管程序组合,选用 114 mm TMK 气密油管进行作业。

## 2.2 测试管柱优化

BLOCK-10 区块 Mishrif 组属于碳酸盐岩地层,其地质构造使得地层在压井时会造成一定程度的井漏,这对压井施工提出了很高技术要求。如果地层漏失需要堵漏,不仅堵漏所需时间很长,也会加深地层污染,同时堵漏液产生的沉淀也会卡埋测试管柱。因此,对测试管柱进行优化,使用全通径测试工具形成多功能完井一体化管柱设计,为后续工艺施工预留通道,减少测试管柱起下次数,保护地层的同时提高整体时效。

### 2.2.1 内防喷工具优化

测试施工中,遇到更换井口等特殊情况时,需要进行压井作业来保障井控安全。为了规避压井作业带来的地层污染与时效损失,在测试管柱中使用超级安全阀内防喷工具。超级安全阀可以配合参与地层测试、连续油管酸化以及生产测井等施工。在拆装井口时,可通过地面三通道液压控制操作超级安全阀带压快速封闭管柱内空间,密封性能良好。同时安全阀具有可频繁反复开启、易于操作、能实现快速关闭的特点。超级安全阀主要由液体注入孔、密封短节、驱动腔体,以及阀体组成(图3)。其主要技术参数为:外径 203.2 mm,孔径 76.5 mm,工作压力 105 MPa,抗拉强度 6 299 kN,扭矩强度 137.6 kN·m,耐  $H_2S$ ,工作温度  $-29\sim 204\text{ }^\circ\text{C}$ 。

超级安全阀采用全通径设计,其预置氮气压力可推动球阀剪切连续油管等缆绳,实现管柱内封井。化学注入通道接入井场的化学注入设备,能够有效解决稠油井堵塞井口的问题,实现了一套测试管柱与多种工艺配合的目的。超级安全阀的使用提高了测试管柱与多种工艺配合的适配性,在保护

地层的同时,进一步缩短了工作时间,提高了工作效率。

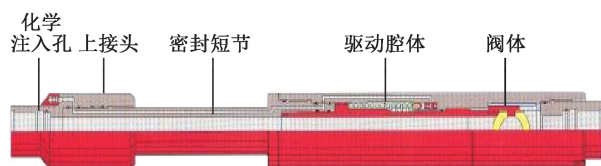


图3 超级安全阀结构示意图

Fig.3 Structural of super safety valve

### 2.2.2 改进测试管柱结构

从勘探成本、作业安全性、作业质量、操作简便等方面着手,设计多功能一体化测试管柱,在保护储层的基础上能够进行试井钢丝、测井电缆以及连续油管配合进行 PVT 取样、生产测井、地层酸化返排等工艺,实现一种测试管柱完成多种施工工艺施工,录取完整地层资料。

以选择测试阀全通径工具组配的测试管柱为基础进行优化,设计的测试管柱结构自上而下为:控制头+超级安全阀+TMK 气密油管+伸缩接头(伸长状态)+伸缩接头(压缩状态)+钻铤+RD 循环阀+RD 安全循环阀+泄流阀+OMNI 多次循环阀+泄流阀+选择测试阀+震击器+RD 安全接头+CHAMP 封隔器+机械丢枪装置+点火头+射孔枪。

可以看出,相较常规管柱,新管柱有如下特点:

- (1)增加超级安全阀进行内防喷井控。
- (2)使用两个伸缩接头,解决了测试管柱因酸化与放喷产时收缩膨胀造成伸长量变化引起的测试管柱失封问题。
- (3)搭配使用 RD 循环阀和 RD 安全循环阀,保障测试施工过程中需要紧急压井和施工作业结束后进入正常压井程序。
- (4)使用两个泄流阀,上部泄流阀释放 RD 安全循环阀与 OMNI 阀之间的圈闭压力,下部泄流阀释放 OMNI 阀与选择测试阀之间圈闭的压力。
- (5)使用 OMNI 阀,酸化前剔除管柱内液体,建立管柱内多次循环通道。
- (6)选择测试阀上方放置两支外挂式压力计,记录测试期间环空压力以及射孔时对环空压力的影响,并监测测试阀开关井时的操作过程。
- (7)选择测试阀下方放置两支内挂式压力计,记录测试期间储层的温度与压力数据。
- (8)选择测试阀在测试过程中起到开关井的作用,在 PLT 测井、连续油管作业、PVT 取样时均可设定成锁定开状态。

(9)震击器在上提遇卡时,向上震击起到解卡作用。

(10)安全接头保障测试结束后工具解封或起钻遇卡时,能安全起出测试管柱,获取地层资料。

(11)使用 CHAMP 封隔器,分隔地层和环空。

(12)机械丢枪装置,在射孔后释放射孔枪,建立全通径生产通道。

优化后的多功能一体化测试管柱,提高了井控安全保障,能够与试井钢丝、测井电缆以及连续油管进行配合作业,一趟管柱可以进行多种完井工艺施工,降低了压井次数,减少了地层污染,提高了勘探效率,提升了完井施工的时效。

### 3 现场应用

Eridu-7 井为伊拉克 BLOCK-10 区块的一口探井,属于 Eridu 构造顶部,目的层位 Mishrif 组,取芯显示为富含油地层。该井套管程序为 339.7 mm 表层套管下深 429.86 m、244.5 mm 技术套管下深 1 751.15 m、177.8 mm 油层套管下深 1 145.96 ~ 2 148.00 m。CHAMP 封隔器坐封位置 1 675.11 m。该井采用 TCP + STV 联作测试工艺,射孔段为 1 739.2 ~ 1841.5 m,预期流量 1 300 m<sup>3</sup>/d。

测试管柱设计为:控制头+89 mm 钻杆+超级安全阀+114 mm TMK 气密油管+伸缩接头(伸长状态)+伸缩接头(压缩状态)+120 mm 钻铤+127 mm RD 循环阀+127 mm RD 安全循环阀+泄流阀+OMNI 阀+泄流阀+压力计拖筒 2 支+STV 选择测试阀+压力计拖筒 2 支+震击器+安全接头+178 mm CHAMP 封隔器+68 mm 油管+机械丢枪装置+68 mm 油管油管+点火头+114 mm 安全枪+114 mm 射孔枪+114 mm 安全枪+枪尾。

为了保障测试管柱安全稳定,选用 CHAMP 封隔器。CHAMP 封隔器是一个具有同轴旁通的悬挂式可回收封隔器,其换位机构可在保持旁通打开的同时控制封隔器坐封。封隔器坐封后,油管压力驱动平衡活塞,保持旁通关闭。CHAMP 封隔器可以避免封隔器底部不间断循环期间,传统旁通会突然被打开的突发状况。

Eridu-7 井完井测试施工,采用密度为 1.32 g/cm<sup>3</sup> 的 CaCl<sub>2</sub> 完井液。测试液垫为清水满至井口,生产压差为 4.99 MPa。采用三开三关工作制度,测试一开井放喷求产;二开放喷求产,生产测井,PVT 取样,酸化后放喷清井;三开生产测井,酸后对比测试,地面求取最大地层产能,其地层压力曲线如图 4 所示。

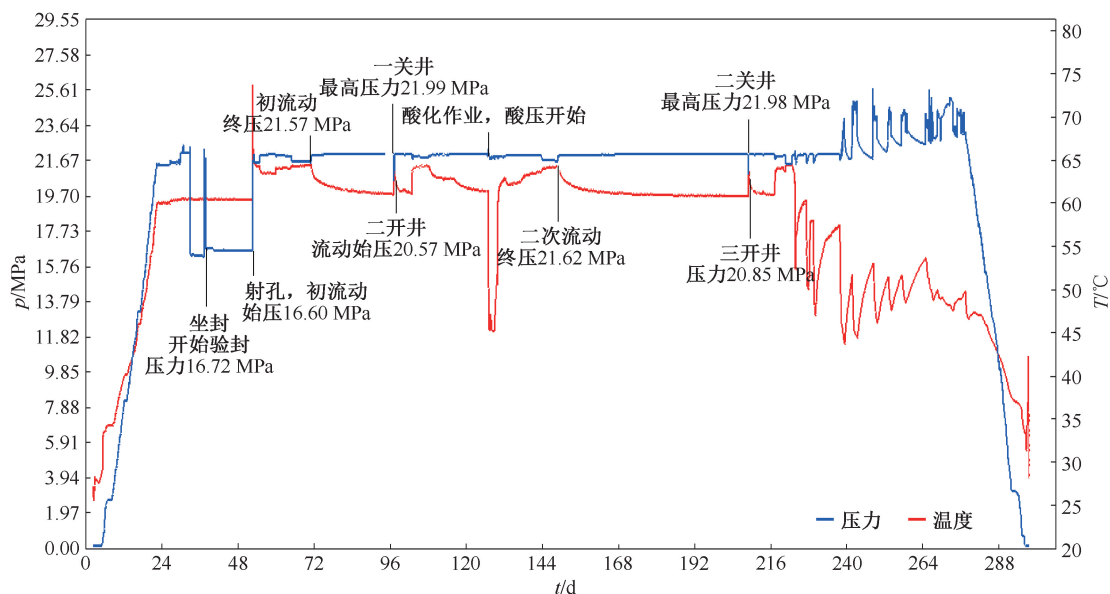


图4 Eridu-7 井地层压力曲线图

Fig. 4 Formation pressure curve of Well Eridu-7

具体测试流程如下:

(1)连接测试工具后下放测试管柱,在管柱试压合格后,把测试工具送到目的层。

(2)通过校深对工具所在深度进行精确测量。

(3)1 675.11 m 坐封 CHAMP 封隔器。

(4)井下操作 OMINI 阀到测试位,关闭循环孔,打开 STV 选择测试阀。通过钢丝探阀确认球阀开启、管柱畅通。

(5)井口投棒射孔、机械丢枪装置释放射孔枪。

(6)一开井放喷求产,使用 38 mm 油嘴求得日

产原油 1 441.02 m<sup>3</sup>、日产天然气 12.3×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,一关测试求得地层关井压力 21.99 MPa。

(7)井下 STV 阀开井,即二开放喷求产,待流动压力稳定后,进行生产测井以及 PVT 取样。取样结束后酸化作业,酸液进入管柱,酸压开始。放喷清井后二关进行压力恢复。二关井压力 21.98 MPa。

(8)井下 STV 阀三开井,待流动压力稳定后,进行生产测井,对比测试。地面使用 38 mm 油嘴求取最大地层产能,日产原油 2 079.76 m<sup>3</sup>、日产天然气 15.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。

(9)打开 RD 安全循环阀压井循环。

完井一体化测试工艺技术在 BLOCK-10 区块进行了 6 井次 10 层测试施工,测试成功率 100%,优质率 100%。

## 4 结论

(1)完井一体化管柱测试工艺实现了一趟管柱配合钢丝试井、电缆生产测井、连续油管酸化多种试油作业,提高试油效率。该工艺减少了压井次数,降低了地层污染,有助于取得完整精确的地层资料,并提升了完井测试时效性。

(2)超级安全阀内防喷技术和 TMK 气密油管的使用,增强了管柱密封性能,提高了井控安全,同时也提升了测试管柱的适配性。

(3)机械丢枪工艺在释放射孔枪后,打开了生产通道,实现了测试管柱通畅,后续可以在储层附近展开多种试油工艺。

(4)应用了完井一体化测试工艺技术的酸前酸后对比测试,Eridu-7 井酸前测试产量为日产原油 1 441.02 m<sup>3</sup>、日产天然气 12.3×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,酸后测试产量为日产原油 2 079.76 m<sup>3</sup>、日产天然气 15.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,论证了该技术稳定可靠,可以在国内外同类型油藏进行推广应用。

致谢:感谢渤海钻探油气井测试分公司同意本文公开发表;感谢油气井测试分公司工程技术科、国际项目经理部对本文撰写提供的帮助和支持。

## 参考文献

- [1] 张鑫,熊春健,郑磊,等.伊拉克十区块 Eridu-1 井钻井工艺[J].石化技术,2017,24(11):54.  
ZHANG Xin, XIONG Chunjian, ZHENG Lei, et al. Drilling technology of Eridu-1 Well in block ten in Iraq [J]. Petrochemical Industry Technology, 2017,24(11):54.
- [2] 宋新民,李勇.中东碳酸盐岩油藏注水开发思路与对策[J].石油勘探与开发,2018,45(4):679-689.

SONG Xinmin, LI Yong. Optimum development options and strategies for water injection development of carbonate reservoirs in the Middle East [J]. Petroleum Exploration and Development, 2018,45(4):679-689.

- [3] 余义常,宋新民,郭睿,等.伊拉克 H 油田 Minshrif 组生物碎屑类型及对储层物性的控制作用[J].地质评论,2019,65(S1):263-264.  
YU Yichang, SONG Xinmin, GUO Rui, et al. Bioclastic types and its controlling effects on reservoir physical properties of Mishrif formation in H Oilfield, Iraq [J]. Geological Review, 2019,65(S1):263-264.
- [4] 李峰峰,郭睿,刘立峰,等.伊拉克 M 油田白垩系 Minshrif 组序构型及储层展布[J].沉积学报,2020,38(4):838-850.  
LI Fengfeng, GUO Rui, LIU Lifeng, et al. Sequence architecture and reservoir distribution of the cretaceous Mishrif formation in M Oilfield, Iraq [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2020,38(4):838-850.
- [5] 李峰峰,郭睿,余义常,等.伊拉克 M 油田白垩系 Minshrif 组沉积特征及控储机理[J].沉积学报,2020,38(5):1076-1087.  
LI Fengfeng, GUO Rui, YU Yichang, et al. Sedimentary characteristics and control in reservoirs in the cretaceous Mishrif formation in M Oilfield, Iraq [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2020,38(5):1076-1087.
- [6] 毛先宇,宋本彪,韩如冰,等.伊拉克南部白垩系 Minshrif 组碳酸盐缓坡潮道沉积特征[J].石油与天然气地质,2020,41(6):1233-1244.  
MAO Xianyu, SONG Benbiao, HAN Rubing, et al. Depositional characteristics of tidal channel facies in the carbonate ramp of the cretaceous Mishrif formation in southern Iraq [J]. Oil & Gas Geology, 2020,41(6):1233-1244.
- [7] 张永涛,张俊斌,张自印,等.深水非旋转高效 APR 测试技术[J].油气井测试,2019,28(5):16-20.  
ZHANG Yongtao, ZHANG Junbin, ZHANG Ziyin, et al. Non-rotating and high efficiency APR test technology in deep water [J]. Well Testing, 2019,28(5):16-20.
- [8] 张兴华,周新宇,杨子,等. APR 测试工艺在压裂测试井中的技术创新[J].油气井测试,2018,27(5):13-18.  
ZHANG Xinghua, ZHOU Xinyu, YANG Zi, et al. Technical innovation of APR testing technology in fracturing test wells [J]. Well Testing, 2018,27(5):13-18.
- [9] 吉玉林,徐义卫,彭建新,等.碳酸盐岩地层污染的测试响应分析[J].江汉石油学院学报,2004,26(3):11-13.  
JI Yulin, XU Yiwei, PENG Jianxin, et al. Analysis of test response of carbonate formation contamination [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2004,26(3):11-13.
- [10] 彭永洪,魏波,宋雷勇,等.超深高温高压井 APR 测试

- 工具失效分析与措施[J]. 钻采工艺, 2020, 43(5): 38-41.
- PENG Yonghong, WEI Bo, SONG Leiyong, et al. Failures analysis and methods study of APR testing tools in ultra-deep well with high temperature and high pressure [J]. Drilling & Production Technology, 2020, 43(5): 38-41.
- [11] 陈友斌, 邹永清, 陈国庆, 等. APR 测试工具失效时的井控难题及处理措施[J]. 天然气工业, 2012, 32(1): 98-100.
- CHEN Youbin, ZOU Yongqing, CHEN Guoqing, et al. Well control problems and countermeasures after the failure of annulus pressure responsive (APR) tools [J]. Natural Gas Industry, 2012, 32(1): 98-100.
- [12] 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): 33-38.
- LI Jiaming. Discuss for applied technology of MFE and APR formation tester [J]. Well Testing, 2010, 19(4): 33-38.
- [13] 田明, 吴国州. MFE 测试工艺在浅层井的应用[J]. 油气井测试, 2005, 14(6): 47-48.
- TIAN Ming, WU Guozhou. Application of MFE testing tech in shallow layer [J]. Well Testing, 2005, 14(6): 47-48.
- [14] 李加明, 黄天朋, 金强. 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, JIN Qiang. Completion test technology for “four high” wells in Yadavaran Oilfield [J]. Well Testing, 2019, 28(1): 25-31.
- [15] 荀忠义, 张容, 刘宏, 等. MFE 与 APR 测试工具在高温高压井的应用对比[J]. 油气井测试, 2005, 14(1): 57-59.
- XUN Zhongyi, ZHANG Rong, LIU Hong, et al. Applied comparison of MFE and APR testing tool in HP-HT well [J]. Well Testing, 2005, 14(1): 57-59.
- [16] 鹿成亮, 周元杰, 黄生松, 等. 选择测试阀在现场测试中的应用[J]. 油气井测试, 2006, 15(3): 59-61.
- LU Chengliang, ZHOU Yuanjie, HUANG Shengsong, et al. The application of the selective test valve [J]. Well Testing, 2006, 15(3): 59-61.
- [17] 刘铮, 罗承跃, 鹿成亮. 全通径选择测试阀与 APR-N 阀在实际应用中的优劣对比[J]. 油气井测试, 2007, 16(2): 44-46.
- LIU Zheng, LUO Chengyao, LU Chengliang. Comparison of full bore selective testing valve and APR-N valve [J]. Well Testing, 2007, 16(2): 44-46.
- [18] 綦宗金. 选择性测试阀特殊井况油气井测试技术[J]. 油气井测试, 2021, 30(1): 16-20.
- QI Zongjin. Oil and gas well testing technology using STV in special well conditions [J]. Well Testing, 2021, 30(1): 16-20.
- [19] 李俊杰. 地层测试(试油)技术的发展及展望[J]. 油气井测试, 2016, 25(5): 71-74.
- LI Junjie. Development and prospect for well test (oil test) technology [J]. Well Testing, 2016, 25(5): 71-74.
- [20] 韩雄, 庞东晓, 王峰. 油气井试油作业数字井筒建设实践[J]. 油气井测试, 2018, 27(2): 34-40.
- HAN Xiong, PANG Dongxiao, WANG Feng. Construction of digital wellbore for well testing [J]. Well Testing, 2018, 27(2): 34-40.
- [21] 庞振力. 浅谈选择测试阀在浅海海域地层测试中的应用[J]. 油气井测试, 2012, 21(1): 47-48.
- PANG Zhenli. A brief discussion on application of the selective test valve in well testing at the shallow waters [J]. Well Testing, 2012, 21(1): 47-48.

编辑 刘振庆

**第一作者简介:**周元杰,男,1974 年出生,工程师,2007 年毕业于华北航天工业学院计算机信息管理专业,现主要从事地层测试的研究与现场作业等工作。电话:0317-2552227, 13810207319;Email:zhouyuanjie@cnpc.com.cn。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,邮政编码:065007。