

文章编号:1001-6112(2012)S1-0123-05

塔河油田密闭测试工艺研制及应用

刘练,贾书杰,胡勇,樊凌云,赵刚,王超

(中国石化西北油田分公司完井测试管理中心,新疆轮台 841600)

摘要:该文在常规地面测试流程基础之上,优化设计3套系统,即密闭罐计量系统、排气管道系统和放散燃烧点火系统;密闭测试工艺研制成功,经权威部门认定具备安全生产条件。通过2009-2011年上半年大规模现场应用,测试性能稳定,安全可靠,成功率100%,解决了高含硫化氢井试油作业期间硫化氢井场散溢所造成的安全隐患,具有广阔的推广应用前景。

关键词:试油流程;密闭测试工艺;硫化氢;采油工程;塔河油田

中图分类号:TE35

文献标识码:A

Development and application of confined testing technique in Tahe Oil Field

Liu Lian, Jia Shujie, Hu Yong, Fan Lingyun, Zhao Gang, Wang Chao

(Well Completion Test Management Center, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841600, China)

Abstract: Based on the conventional field testing, three systems have been improved including closed tank metering system, gas exhaust duct system as well as emission and combustion system. A new technique for confined testing has been designed and approved suitable for safety production. From 2009 to 2011, through a large amount of field works, the new technique has been judged as stable and safe with the success rate of 100%. It solves the problem of H₂S emission and has broad application prospect.

Key words: oil testing process; confined testing; H₂S; petroleum engineering; Tahe Oil Field

塔河油田奥陶系碳酸盐岩缝洞型油藏均含硫化氢腐蚀有毒气体^[1],其中稠油主要分布于6区、8区北、10区北以及12区,具有高粘度、含蜡、高含硫、高密度、高含硫化氢的流体物性;中质油主要分布在10区南、托甫台区块;高含硫化氢天然气井主要分布在阿探南、11区和塔河9区。

稠油井采用掺稀降粘的方式进行试产,地面流程使用开放式测试流程,混合油直接走加热炉和分离器旁通,然后进敞口罐计量装车^[2]。稠油井普遍高含硫化氢,敞口罐硫化氢向外散溢到空气中,浓度超过危险临界浓度对生产作业人员和井场周边人员造成严重生命安全威胁^[3-4](图1)。

高含硫化氢中质油井和天然气井在完井试油阶段,地层流体先进加热炉,再进入分离器进行油气分离,最后进入敞口罐计量装车^[5]。由于高含硫化氢和天然气量大,单靠分离器一次分离不彻底,导致敞口罐及装油口天然气和硫化氢浓度较高,天然气与空气混合,达到一定浓度,井场存在着火,甚至爆炸风险(图2)。

为保证试油过程中井场天然气和硫化氢气体浓度在正常作业范围内,急需一种地面密闭计量工

艺,既满足地面计量,又可以将未分离干净的天然气和硫化氢气体引出井场,集中燃烧,保证现场作业人员生命安全。

1 工艺原理

鉴于使用敞开式试油流程是造成高含硫化氢和天然气浓度超标的主要原因,将敞口罐密闭化,通过在罐顶和罐内添加安全部件,实现对密闭计量罐液位监测、内外压力平衡以及放散燃烧火炬等关键技术攻关,设计研制出一种适用于塔河油田奥陶系碳酸盐岩高含硫化氢缝洞型油气藏单井试油地面计量流程。

地层流体到达井口经过采油(气)树节流降压,通过加热炉加热,分离器初次分离进入密闭计量罐,流体中的气体重力滑脱向罐顶聚集,罐内的硫化氢和水的混合物通过罐面捕油器经排气管汇排到分气包内,天然气(硫化氢)和液体(水和油)的混合物在分气包内经过低进高出,在分气包内挡板作用下天然气(硫化氢)和液体(水和油)的混合物分离,液体(水和油)从分气包底部通过排水阀门被排除,天然气(硫化氢)从顶部被送到主气阀、

收稿日期:2011-11-25;修订日期:2012-02-07。

作者简介:刘练(1982—),男,工程师,从事完井测试工作。E-mail:liulian987@163.com。

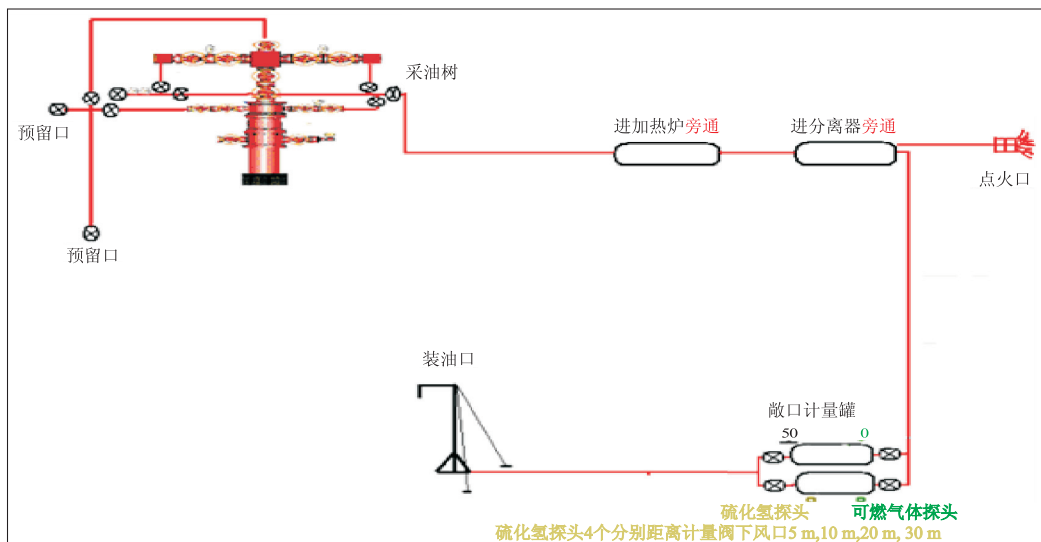


图 1 高含硫化氢稠油井目前地面试油流程

Fig. 1 Present oil testing process in wells of heavy-oil rich in H₂S

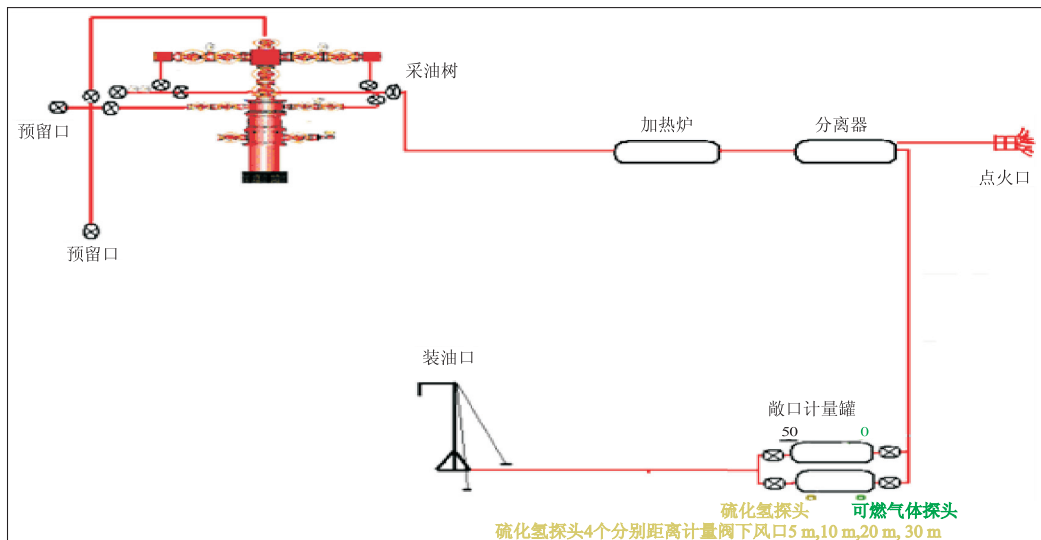


图 2 高含硫化氢中质油和天然气井目前地面试油流程

Fig. 2 Flow chart of present trial of high hydrogen sulfide-bearing medium oil and gas wells

阻火器、火炬塔竖筒输送至火炬头部,在出口自动点火装置处引燃(图 3,4)。

2 塔河油田密闭测试工艺组成

为确保密闭计量流程的安全性,在密闭罐顶设计安装了安全部件和计量设备,设计了排气管道系统和放散燃烧点火系统。

2.1 密闭计量罐及安全附件

高含硫化氢密闭计量罐由两个 40 m³ 密闭式原油储备罐组成。

(1) 罐顶和罐侧装有一个压力表(当压力传感系统出现故障后用来了解罐内压力值),一个温度表(用来显示温度),在一号罐体外安装有有害气

体检测仪(用来检测罐体外部有害气体浓度),一套防爆呼吸阀(用于抽油时调节罐内压力)、一套防爆安全阀(当呼吸阀失灵时起作用)、一套捕油器(吸附天然气中的液相成分)、轴流风扇(用来防止人工测量时受到硫化氢的伤害)和人工量油口(液位传感系统失灵的情况下,可通过人工量油口进行人工测量);(2) 罐顶和罐侧各装有一个入口,便于清洗罐内脏物;(3) 罐内装有一套液位传感器(用来了解罐内液面高度)和一套压力传感系统(用来了解罐内压力);4) 罐底装有 2"热循环盘管(用于注热蒸汽清除罐内残余脏物)。

2.2 排气管道系统

(1) 考虑现场安装的便利性,现场主要采用 4"

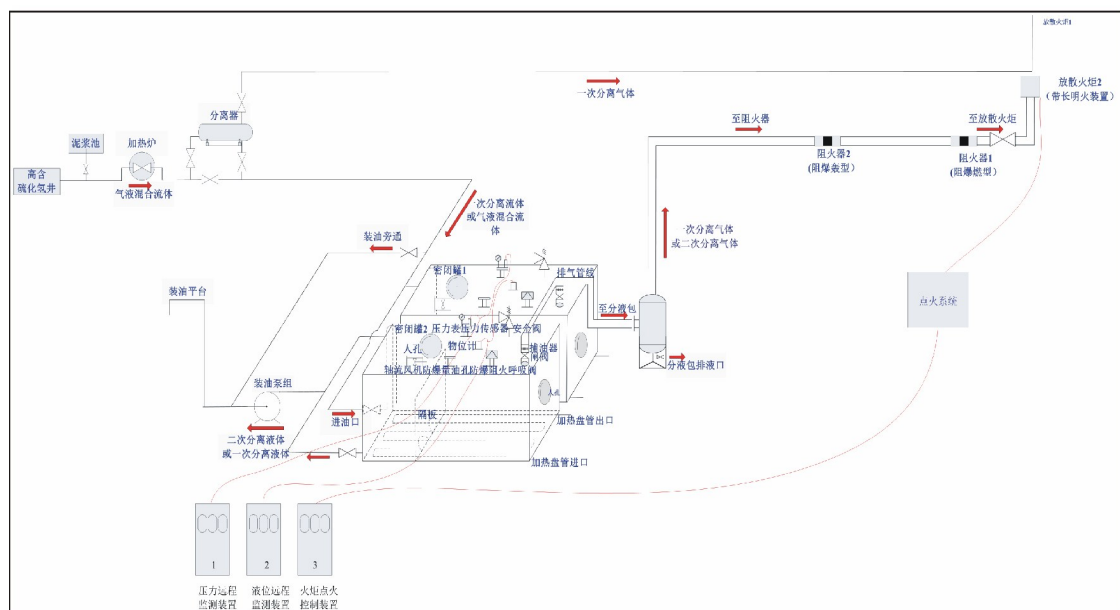


图 3 密闭测试工艺流程结构

Fig. 3 Flow chart of confined testing technique

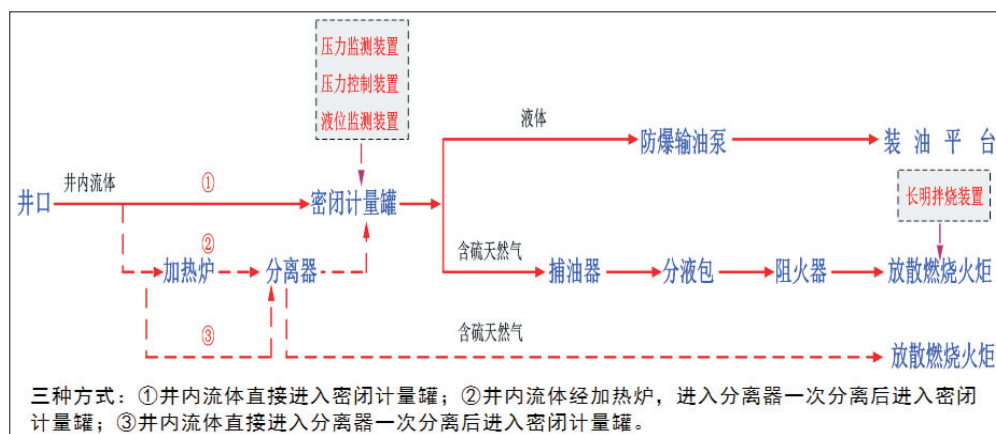


图 4 密闭测试工艺流程平面

Fig. 4 Plane flow chart of confined testing technique

耐油胶管连接;(2)考虑滑脱气体中含有油组分和水组分,在排气管道中设计了气液分离包;(3)为了保证密闭计量罐内气体排出到点火口,在排气管道中加装一个管道式气动防爆轴流扇,起到助排作用;(4)保证排气管道安全,在排气管道末端安装阻爆型阻火器,距火源最小安装距离不小于 10 m,防止回火引起爆炸事故。

2.3 放散燃烧点火系统

(1)为了保证操作人员的安全,采用远程自动电子点火装置;(2)为了保证排出气体的充分燃烧,特别是低排出气量的情况下,配备液化气长明灯装置,采用长明灯拌烧方式;(3)点火采用二次点火,即由高能点火装置点燃长明灯,再由长明灯点燃主火炬,火炬头部及内部采用稳火、防风及防

回火装置,使用安全可靠。从而使硫化氢很好的从原油中分离出来而充分引燃,减少了环境污染,降低了人员受硫化氢伤害。

3 密闭测试工艺系统安全性评估

参照高含硫化氢稠油区块的标准:最高产液量 457.3 t/d,最高产气量 10 700 m³/d,混合原油物性密度 950 kg/m³,分离器操作压力 0.2 ~ 0.3 MPa,加热前温度 20 ℃。

3.1 分离器安全性评估

方法 1:按气体处理量确定分离器直径(D):

$$D = \frac{163}{\eta_1 \eta_2 d_0} \sqrt{\frac{Q_s Z P_s T \mu_c}{P T_s (F_L - F_C)}}$$

式中: D 为分离器直径; d_0 为分离出来的原油油滴直径,一般取0.01 cm; Q_s 为油井每天的天然气产量; Z 为天然气的压缩系数,无因次; P_s, T_s 分别为标准状态下的压力和温度,取 $P_s = 1 \text{ kg/cm}^2, T_s = 293 \text{ K}$; T 为分离器内流体的温度; μ_c 为分离条件下的天然气粘度; Γ_L 为分离条件下的原油重量; Γ_C 为分离条件下的天然气重量; η_1 为气体在分离器中流速不均匀的修正系数,一般取0.86; η_2 为油气分离器面积利用系数,一般取0.9。

得出分离器直径 $D = 42.11 \text{ cm}$ 。

方法2:按液体在分离器中停留时间校核分离器直径

$$V = \frac{2.083 G}{\Gamma} \quad D = 121 \sqrt{\frac{G}{\Gamma}}$$

式中: V 为平均体积; G 为油井的日产原油量; Γ 为油井原油重量。

得出分离器直径 $D = 94.74 \text{ cm}$,分离器高度(H)一般为直径的4~5倍, $H = 5 \times 94.74 = 473.7 \text{ cm}$ 。

按照方法1、方法2取高值的原则作为分离器合适尺寸,因此,直径 $\phi 0.95 \text{ m}$ 、长4.8 m的分离器能满足混合油密度 950 kg/m^3 、日产液量457.3 t,日产气量 $10\ 700 \text{ m}^3$ 以下油井油气分离生产的要求。

3.2 水套炉安全性评估

采用下列公式计算:

$$Q = G_m C_p (t_2 - t_1) / 3.6$$

式中: Q 为被加热介质所需热负荷; G_m 为被加热介质质量流量; C_p 为被加热介质定压比热容; t_1 为被加热介质入炉温度; t_2 为被加热介质出炉温度。

得出加热炉加热效果与含水率的关系(表1)。

3.3 防雷、防静电及接地系统安全性评估

防雷措施:防直击雷措施均为采用避雷网(带),工艺装置区内金属管道、钢质油罐等,其厚度满足规范要求,不装设接闪器,可靠接地。

防静电:工艺管线的始、末端,设置防静电、防

表1 目前试油队负荷为250 kW和340 kW的加热炉加热效果与含水率关系

Table 1 Heating effect vs. water content of reheating furnaces of 250 and 340 kW used in oil testing

日产液量/ (t·d ⁻¹)	含水/%	进炉前 温度/℃	加热后温度/℃	
			功率 250kW	功率 315kW
457.3	5~15	20	41~39	46~45
457.3	20~30	20	37~36	44~42
457.3	35~40	20	35~35	42~41
457.3	45~50	20	34~34	40~39

感应雷的接地装置。在有可能产生静电的管道、设备、金属导体等均做防静电接地。输油管线的法兰(绝缘法兰除外)、阀门连接处,当连接螺栓数量少于5个时,采用RV-450/750V 6mm²金属线跨接。

接地:接地系统采用TN-S系统,电力变压器、电动机等的底座和外壳;配电装置的金属构架、钢筋混凝土构架及靠近带电部分的金属围栏和金属门、电缆接线盒、终端头的外壳和电缆的外皮、穿线钢管等接地极采用ZGD-I-3型低电阻接地模块,接地线采用-50x6热镀锌扁钢,接地电阻值小于4 Ω,安装后进行专项检测合格后投用^[6]。

4 塔河油田密闭测试工艺功能特点

4.1 全密闭结构型式

地面密闭计量工艺流程从采油井口—加热炉—分离器—密闭计量罐—排气管线—点火口,均为密闭结构型式,所有管线、法兰、阀门、管件、螺栓、螺帽、垫片均为抗硫,具有稳定性好^[7]。

4.2 双重阻火器

密闭计量罐的油气经分气包通往火炬系统的管路设置GZW-I型阻爆燃型管道阻火器2套串联在放空管线上,为双重管线阻火器,防止密闭罐负压时系统回火。

4.3 防腐蚀结构

密闭计量油罐内表面采用导静电涂料,罐顶上表面采用耐水、耐火涂料,底板下表面采用金属导电涂料覆盖加强型防腐保护方案。

4.4 防火、防爆安全措施

罐顶设有呼吸阀、安全阀;罐底设有导静电装置;罐周围设有固定式可燃气体报警器和硫化氢气体检测仪,点火口离井口100 m以上,密闭罐离井口30 m以上。

5 鉴定结果

2011年1月新疆玖安劳动安全评价检测中心完成了对中国石油化工股份有限公司西北油田分公司完井测试管理中心提交的塔河油田密闭测试工艺流程的防火、防爆安全专项评价,出具了《防火防爆安全专项评价报告》,评价结论:塔河油田高含硫化氢井地面密闭计量工艺流程已具有良好防火、防爆保障,满足国家法律、法规、行业标准中防火、防爆的安全要求,具备安全生产的基本条件。

6 现场应用情况

2011年上半年塔河工区已经投入使用9套密

表 2 塔河油田密闭测试工艺流程使用情况统计

Table 2 Application of confined testing technique in Tahe Oil Field

流体性质	区块	全部井数/口	天然气中 H ₂ S 浓度/ (mg · m ⁻³)	试油井场 H ₂ S 浓度/ (mg · m ⁻³)
稠油	12 区	24	801 ~ 92 471	0
	10 区北	10	5 547 ~ 80 362	0
	托甫台	24	34 ~ 21 097	0
中质油	10 区南	2	20 ~ 45 059	0
	6 区	1	1 663	0
天然气	11 区、阿探、塔中	7	25	0

闭测试工艺,在高含硫化氢区块应用 68 井次(表 2),成功率 100%,确保高含硫化氢井试油期间井场硫化氢浓度控制在 10×10^{-6} 以下,确保现场施工人员人身安全。

7 结论及建议

为了满足塔河油田主力产层奥陶系碳酸盐岩高含硫化氢缝洞型油气藏安全试油,在常规地面测试流程基础之上,设计了 3 套系统,即密闭罐计量系统、排气管道系统和放散燃烧点火系统,经权威

部门进行防火、防爆安全专项评估,认为塔河油田密闭测试工艺满足了国家法律、法规、行业标准中防火、防爆的安全要求,具备安全生产的基本条件。2011 年上半年该工艺流程已累计使用 68 井次,成功率 100%,解决高含硫化氢井试油作业中硫化氢井场散溢所造成的安全隐患。建议在高含硫化氢区块完井试油时,使用密闭测试工艺流程。

参考文献:

- [1] 朱华. 碳酸盐岩缝洞型油藏试油完井技术研究与应用[J]. 西部矿探工程,2011(5):46-50.
- [2] 万仁溥,吴奇,熊友明. 现代完井工程[M]. 北京:石油工业出版社,2000.
- [3] 刘保连.“三高井”试油测试工艺探讨[J]. 油气井测试,2011,20(1):43-45.
- [4] 贺立新. 试油出产排液常见问题及对策研究[J]. 吐哈油气,2010(4):335-338.
- [5] 阎根岐,谢宇,高尊升. 超深超高压高温井试油工艺[J]. 油气井测试,2009,18(5):59-60.
- [6] 王扩军,孙浮,石明江,等. 超深井稠油试油技术开发与应用[J]. 新疆石油天然气,2008,4(1):59-63.
- [7] 高辉. 高温高压高产含硫气井测试工程设计[J]. 内蒙古石油化工,2005(7):37-39.

(编辑 徐文明)

(上接第 122 页)

器短接头来实现。减载器短接长度为 500 mm,上部连接上密封管,下部连接减载器本体,即减载活塞运动部分;中部有突台与呼吸管柱连接,加工方式采用焊接形式。在接头段设计有一段弯管,与上部管柱连接,避免呼吸管柱与油管接箍处发生干涉。在油管接箍处,用两半圆形钢圈将呼吸管柱固定,避免入井时呼吸管柱晃动,与套管碰撞。

2.3 改进后优点

改进后的抽油机减载器可实现减载活塞的上、下端分别处在大气和油管不同的压力系统中,可有效避免因掺稀使减载活塞上、下端处于一个压力系统,导致减载器不工作的现象。同时通过改进,加长了抽油机减载器上、下活动距离,最长可达到 9 m,在需要正洗井时,可将抽稠泵柱塞提出泵筒,实现正洗井。

3 结论

1)原抽油机减载器在 TK7-639 井的试验表明,可以达到减载的目的,具有较好的减载效果。

2)对于掺稀井,原抽油机减载器的呼吸孔无法达到工作条件,不能达到减载的目的,同时其减载器活塞冲程为 6 m,无法满足正洗井的需要。

3)为满足掺稀机采井要求,新设计的减载器新增了减载器短接及呼吸管柱,解决了原减载器在掺稀时不工作的难题。

4)为达到正洗井条件,通过加减载器短接,可将减载器的冲程加长至 9 m,满足正洗井要求。

5)通过配套 16 型抽油机、18 型抽油机、直线电等大型抽油机和优化管柱组合,可实现大部分稠油井的掺稀深抽。

参考文献:

- [1] 焦方正. 塔河油气田开发研究文集[M]. 北京:石油工业出版社,2006.
- [2] 蒋勇. 稠油井掺稀降黏试油工艺技术在塔河油田的运用[J]. 油气井测试,2004,13(4):73-74.
- [3] 王义. 抽油机减载器在南梁油田的应用效果评价[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版),2011,13(1):33-35.

(编辑 叶德燎)