

高气油比井组凝析油排放工艺改进及应用

何娟^{1*}, 唐海¹, 龙雄云²

(1.西南石油大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610500;
2.长庆油田分公司第三采油厂工艺研究所, 宁夏 银川 750006)

摘要:在紧密结合现场实际的基础上,从功能、结构、流程3个方面提出了一种同时具备加药、分液、排液功能的分液包改进工艺,形成了4种不同的工艺模式。为了对比分离效率,采用DPM模型对液滴直径、凝析油量、生产气量进行了数值模拟分析,结果表明,改进的分液包具有更好的效果。又从井组试验和区块应用2个方面分析说明了改进方案的实际效果,改进后能够分离出更多的凝析油,日均外排放降低5.3 L,平均排放次数降低了2次/d,减轻了工作量,实现了伴生气凝析油的密闭集输,降低了安全风险,同时在材料选取和制作上兼具了良好的经济性能。

关键词:伴生气;凝析油;分液包;分离效率

中图分类号:TE99

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2017)09-0164-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2017.09.038

Improvement and application of condensate oil discharge technology in high gas-oil ratio production well groups

HE Juan^{1*}, TANG Hai¹, LONG Xiong-yun²

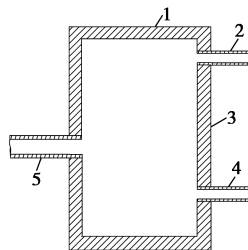
(1.State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2.The Third Oil Production Plant, PetroChina Changqing Oilfield Company, Yinchuan 750006, China)

Abstract: Based on actual problems on spot, an improved technology for liquid separation bag with integration functions of dosing, skimming and liquid drainage is proposed from three considerations of function, structure and routine, which develops four models to deal with condensate oil. In order to compare the separation efficiency of the improved liquid separate bag with that of conventional one, the DPM model is employed to carry out numerical simulation analysis with respect to droplet diameter, condensate oil content and gas generation volumes. The results suggest that the improved liquid separation bag has better separation efficiency. Furthermore, the practical effect from improve technology is illustrated from two aspects of well group experiments and applications in seven blocks. More condensate oil can be separated by the improved technology, while the emissions drops to about 5.3 L per day on average and the average emission times decreases by 2 times per day to ease off workers' load. The improved technology can help to achieve the close gathering transportation of condense oil from associated gas, which reduces risk. Besides, it is economical and beneficial in the aspects of materials selection and preparation.

Key words: associated gas; condensate oil; liquid separation bag; separation efficiency

近年来,随着对环保要求力度加大,井组伴生气的开采越发受到重视^[1],产生了相应的回收技术以及工艺^[2-7],而凝析油作为伴生气集输过程中的产物,给现场的安全生产造成了重要的影响,但相应的工艺研究较少,生产现场凝析油的有效安全处理的问题始终存在。本文中在实际油田传统工艺的基础之上,对分液包进行了改进,并从数值模拟与现场应用2个方面分析了改进后的凝析油分离效果,为现场提供一定的借鉴意义。

到打气泵点,再由打气泵通过增压输送到计量站、增压站、联合站等用于日常的加温供热。分液包是一种安装在井组与打气泵点之间的简易设备(图1),



1—分液包内腔;2—伴生气出口;3—分液包壳体;
4—凝析油出口;5—伴生气进口

图1 传统的分液包结构示意图

1 凝析油的排放现状及存在问题

1.1 凝析油排放现状

伴生气通过集气管线将具有伴生气的井组汇集

用于分离凝析油,以减少其在管线中的凝析,保证管线正常运行。其主要的分离过程如下:含有凝析油的伴生气从进口5进入分液包内腔1之后,由于液滴与气体的重力分异作用,气体从分液包的上部出口2排出,而液滴在分液包下部聚集起来,由值班员工通过控制凝析油出口4的控制闸阀排出到排放桶。

1.2 存在问题

传统分液包排放形式为油田的生产埋下了巨大的安全隐患,且分离效果不好,存在问题如下:①凝析油本身油质较好,易挥发易燃,易附着在衣物上;②凝析油中含有较多水,加之外界温度降低,冬季容易造成管线冻堵;③排放后的凝析油不易回收,暴露在空气中,造成环境污染,同时为综合治理增加了难度;④凝析油含量较多的井组,排放次数多,劳动强度大。

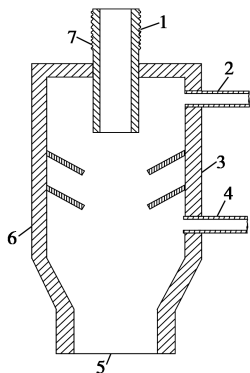
2 分液包改进及排放模式

鉴于传统分液包在分离效果、安全隐患等方面存在的问题,本文中传统分液包进行了改进,并在实际使用的过程中形成了不同的凝析油排放模式。

2.1 分液包的改进

为了突出实用性,通过新增加药通道使分液包具备加药的功能;在分液包内腔新增了多组捕集伞,增加了凝析油液滴与壁面的碰撞几率;从工艺流程上将分液包安装在套管上,使凝析油流入井筒,形成“自流式”排放,改变了传统凝析油外排工艺模式,提高了流程的密闭性,减少凝析油的外排量。

如图2所示,伴生气经过进口4,在捕集伞6、分液包壳体3以及加药通道1的碰撞作用下,由于重力分异,凝析油析出,通过套管连接口5进入套管,



1—加药通道;2—伴生气出口;3—分液包壳体;4—伴生气进口;
5—套管连接口;6—捕集伞;7—加药堵头丝扣

图2 改进的分液包结构示意图

而气体从出口2输到打气泵点进行增压。在正常的情况下,加药通道1一般是通过闸阀实现关闭状态的,当需要加药时,打开加药堵头丝扣7上的控制阀进行加药,能够实现对分液包的定期清洁。

2.2 改进后的排放模式

结合不同生产单元的实际情况,在实际的使用中形成了不同的排放模式,具体情况如表1。

表1 改进后不同的凝析油排放模式

模式	主要工艺	效果优点	适用范围
I级自流式分离工艺	单个自流式分液包相连	分离效率提高	适合凝析油量 $Q \leq 1$ L 的井组
II级自流式分离工艺	I级分离后的伴生气再进入II级分离	分离效率进一步提高	适合凝析油量 $1 < Q < 6$ 的井组
自流式+后端伴热工艺	分液包出口管线通过常温锅炉或者水浴伴热	能解决凝析油排放问题	加热伴生气有风险,要求出口气管线为PVC材质
自流式+前端冷凝工艺	进口气管线与水平方向保持一定的倾角(5°)	能提高凝析油分离效率	凝析油含量较高的井组

从现场的实际来看,I级、II级自流式分离工艺模式适用的范围更广,具有很强的针对性,而后端伴热与前端冷凝则是2种辅助措施,引入了其他的安全隐患,因此着重对前2种模式进行了推广。

3 分离效果数值模拟评价

分液包实质上是小型的气液分离器,因此可以采用流体力学(CFD)的方法来研究2种分液包的分离效果^[8-12]。

3.1 数学模型

以伴生气进口为速度进口,出口为压力边界,考虑两相的重力,采用 Pressure Based 隐式求解器,湍流模型为 RNG 模型,对于伴生气中的凝析油问题,凝析油为离散相,体积分数远远小于 10%,采用 DPM 离散相模型。

3.2 不同因素下的分离效率

从实际生产来看,液滴的直径^[9,11-13]、凝析油的含量以及产气量^[9-11,13]影响分液包的效果。本文中分离效率计算采用液滴跟踪法,当液滴碰到分液包壁面时看作是被捕集、除掉的液滴,分离效率就为被壁面捕集到的液滴数目与从入口追踪的液滴数目之比^[14-15]。

3.2.1 液滴直径

液滴直径依次从 0.1 μm 变化到 100 μm, 进口速度保持为 5 m/s, 液滴分离情况如表 2, 从中可以看出, 随着颗粒直径变大, 2 种分液包对液滴捕集能力增强, 传统分液包在液滴直径为 50 μm 时液滴完全分离, 而改进后的分液包在液滴直径为 40 μm 时液滴完全分离, 说明改进后的分液包对液滴的捕集能力更强。

表 2 不同液滴直径下的分离情况

不同直径液滴/ μm	液滴总数/ 个	捕获数/个		分离效率/%	
		传统分液包	改进分液包	传统分液包	改进分液包
0.1	500	139	181	27.8	36.2
10	500	175	238	35.0	47.6
20	500	296	407	59.2	81.4
30	500	467	499	93.4	99.8
40	500	499	500	99.8	100.0
50	500	500	500	100.0	100.0
60	500	500	500	100.0	100.0

3.2.2 凝析油量

以液滴数代表凝析油量, 研究随着凝析油量的增加, 2 种分液包的捕集能力。液滴直径和进口速度分别为 10 μm 和 5 m/s。从表 3 可以看出, 随着液滴数增多, 2 种分液包的分离效果从总体来看是增加的, 但改进后的效果较传统分液包高出 10% 以上。

表 3 不同凝析油量下的分离情况

液滴总数/个	捕获数/个		分离效率/%	
	传统分液包	改进分液包	传统分液包	改进分液包
50	10	19	20.0	38.0
150	43	63	28.7	42.0
250	78	109	31.2	43.6
350	123	158	35.1	45.1
450	162	211	36.0	46.9

3.2.3 伴生气量

取井组日产气量分别为 100、300、500、700、900 m³/d, 当进口直径为 50 mm 时, 根据流量公式转换为进口速度(表 4)。凝析油滴直径为 10 μm, 液滴总数保持在 500 个。随着伴生气进口速度增加, 扰动增强, 分离效率增加。

表 4 不同伴生气量下的分离情况

不同进口速度/ (m·s ⁻¹)	液滴总数/ 个	捕获数/个		分离效率/%	
		传统分液包	改进分液包	传统分液包	改进分液包
0.59	500	78	159	15.6	31.8
1.77	500	98	182	19.6	36.4
2.95	500	127	194	25.4	38.8
4.13	500	151	220	30.2	44.0
5.31	500	187	231	37.4	46.2

以上从液滴直径、凝析油量、伴生气量以及生产压差对分离效率的分析中可以看出, 改进后的分液包具有更好的分离效果。

4 应用效果分析

从 2016 年以来在姬塬黄 39 区块部分井组实验的基础之上进行了区块推广, 取得了较好的分离效果, 下面将分别从井组、区块以及经济性评价改进的效果和适应性。

4.1 井组应用

选取伴生气中凝析油含量较多的 L87-40 和 L84-41 开展了传统和改进分液包的试验, 为了充分对比 2 种分液包的分离效果, 将传统型分液包的底部设置一出口与套管口相连接, 并在相应的位置安装流量计进行计量, 主要的实验结果如表 5。

表 5 2 种不同的分液包在井组的应用以及效果

井组号	产液量/ (m ³ ·d ⁻¹)	产油量/ (m ³ ·d ⁻¹)	含水/ %	分液包类型	凝析油总	返流	外排	凝析油分
					量/ mL	量/ mL	量/ mL	离效率/ %
L87-40	23	15.94	30.7	传统型	2600	506	2094	19.4
				I 级自流式	2840	1750	1090	61.6
				II 级自流式	2000	2000	0	100.0
L84-41	15	8.55	43	传统型	5500	1882	3618	34.2
				I 级自流式	7280	5380	1900	73.9
				II 级自流式	4500	4000	500	88.9

从表 5 可以看出, 安装在 2 个井组中的 2 种分液包中均有大量的凝析油析出, 改进后的凝析油析出量分别为 4 840、11 780 mL, 均明显多于传统型, 说明改进后的分液包具有较好分离作用。同时为了增加现场的分离效果, 在 I 级自流式流程基础之上进行了 II 级自流式实验, 说明通过增加改进后的分

液包个数,能够将凝析油完全返回到井筒的可能(如L87-40),从而减少凝析油外部排放,降低员工的工作强度,实现凝析油的密闭管理。

4.2 区块应用

在井组试验的基础上,在姬塬黄39区块的7个生产单元的302个井组进行了改进分液包的推广,覆盖率达到88%。凝析油含量由安装前的1966 L/d降低到安装后的362.2 L/d,日均排放降低量5.3 L,员工排放的频次平均减少2次/d(如表6),充分说明改进后的分液包在现场是适用的,同时减少了员工对凝析油的接触,降低了安全隐患。

表6 2种不同的分液包在区块的应用以及效果

区块	改进前	改进后	覆盖 率/%	安装前	安装后	日均 排放 降低 量/L	日均排 放频次 降低量/ (次·d ⁻¹)
	井组数/ 个	井组数/ 个		凝析油 含量/ (L·d ⁻¹)	凝析油 含量/ (L·d ⁻¹)		
XZ	64	43	67	651	55.0	13.9	6
TZ	71	71	100	143	33.9	1.5	1
DSK	20	20	100	125	25.9	5.0	1
YYQ	41	21	51	123	37.2	4.1	1
YEQ	70	70	100	427	85.7	4.9	3
WYQ	50	50	100	356	98.5	5.2	3
HTL	27	27	100	141	26.0	4.3	1
合计	343	302	88	1966	362.2	5.3	2

4.3 经济性能

经济性是制约工艺技术在生产现场应用的重要因素。分液包均采用油管、管线、钢板等废旧的材料焊制而成,主要用料如表7,因此不论是传统分液包还是改进的分液包在经济上都是相当低廉的,同时改进后的分液包结构相对简单。

表7 分液包安装流程的相关用料

用料名称	尺寸规格	部件作用	材料来源
管线	DN200PN40、DN160PN40、DN50PN25	分液包主体	废旧的油管线
钢板	厚度为4、8 mm等	分液包主体及内部结构	废旧的大罐等
闸阀	DN50PN25、DN25PN25	控制流程开关	正常用料
接头	DN50PN25、DN25PN25	连接流程	正常用料
弯头	DN50PN25、DN25PN25	连接流程	正常用料
油漆	防腐漆	防腐	正常用料

5 结论

(1)传统分液包工艺中凝析油的主要安全隐患在于回收的非密闭性及分离效果不好,增加了劳动强度和管理难度。

(2)改进的分液包中,捕集伞增加了凝析液滴与壁面的碰撞几率,增强重力分异作用,而通过与套管相连,解决了凝析油回收的密闭性问题,同时还兼具了加药包的功能。

(3)采用数值模拟对传统型和改进后的分液包从液滴直径、凝析油量、生产气量对分离效率进行了分析比较,改进后的分液包具有更好的生产效果。

(4)改进后的分液包在井组和区块的应用中取得了较好的分离效果,大幅度降低了凝析油的外排量,同时由于设计上的密闭性,大大降低了安全风险。

参考文献

- [1] 潘一,徐利旋,刘守辉,等.油田伴生气利用现状与前景展望[J].特种油气藏,2013,20(1):7-10.
- [2] 许冬进,马丽,程俊.油田伴生气回收装置现状和分析[J].石油科技论坛,2010,29(4):29-33.
- [3] 王曼,覃川,徐自强,等.气液分离式套管气回收装置研制与应用[J].石油矿场机械,2015,(11):87-89.
- [4] 徐文庆.新型套管气回收装置研制与应用[J].石油机械,2009,37(2):81-82.
- [5] 李秀锦,唐鑫.靖安油田井口套管气回收技术应用研究[J].石油天然气学报,2005,27(4):513-514.
- [6] 曲虎.油田伴生气回收利用技术研究[J].现代化工,2015,35(8):147-150.
- [7] 郭庆丰.渤海B油田富余伴生气回收方案研究与实践[J].石油天然气学报,2014,36(6):155-158.
- [8] 刘永辉,史智慧,王青华,等.潜油电泵井下气液分离器数值模拟[J].钻采工艺,2016,39(5):48-51.
- [9] 陈小东,詹樟松,胡铁刚.发动机油气分离器CFD模拟技术和分离效率研究[J].内燃机工程,2016,37(2):88-93.
- [10] 苏军伟,王乐,顾兆林,等.基于颗粒能量耗散模型的多相网格质点法的旋风分离器模拟[J].环境工程学报,2016,10(10):5735-5742.
- [11] 袁惠新,严沁萍,李双双.操作参数对三相分离旋流器分离性能影响的研究[J].现代化工,2016,36(8):190-193.
- [12] 杨雪龙,王永,冯靖,等.水滴粒径对旋叶式汽水分离器性能的影响[J].原子能科学技术,2016,50(12):2200-2205.
- [13] 吴小林,熊至宜,姬忠礼.天然气净化用旋风分离器气液分离性能[J].化工学报,2010,61(9):2430-2436.
- [14] 陈俊冬,宋金仓,曾川,等.旋风分离器分离性能的数值模拟与分析[J].化工进展,2016,35(5):1360-1365.
- [15] 李文静.天然气旋流气液分离器的数值模拟[D].东营:中国石油大学(华东),2009.■