

含油污水三相分离技术的研究与应用

吉红军*, 卫博, 卫巍, 庾年伟, 罗海滨

(中国石化中原油田分公司天然气处理厂, 河南濮阳457162)

摘要:针对油田伴生气中压深冷处理装置产生的含油污水,介绍了油水分离方法的研究、含油污水排放量及分离器的计算、新型三相分离技术的研究及应用,最终达到了油、水、气三相的有效分离,给企业带来了良好的经济效益和社会效益。该技术具有设备内部结构简单、仪控设备少、后期维护难度低等优点,有着较好的推广性。

关键词:含油污水;三相分离;长时间静置;计算方法;倒U型弯管线;虹吸现象

中图分类号:TE64

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)01-0152-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.01.037

Research and application of three-phase separation technology for oily water

JI Hong-jun*, WEI Bo, WEI Wei, YU Nian-wei, LUO Hai-bin

(SINOPEC Zhongyuan Oilfield Company Gas Processing Plant, Puyang 457162, China)

Abstract: To treat the oily water produced in the associated gas cryogenic processing plant, the oil-water separation methods, oily water emission and the calculation of separator are introduced. The research and application of a new three-phase separation technology is highlighted, which eventually achieves the purpose of effective separation of oil, water and gas, bringing good economic and social benefits for the company. This technology has the advantages of simple inner structure, fewer controlling equipments, less maintenance difficulties and is easy to be generalized.

Key words: oily water; three-phase separation; standing; calculation method; inverted U-bend line; siphon

天然气处理厂三气厂拥有2套油田伴生气中压深冷处理装置,回收伴生气中的乙烷、丙烷、丁烷以及轻油等高附加值产品。另外,该装置产生的含油污水通过初步分离后输送至污水处理场统一处理。

随着油田伴生气产量下降和装置中设备的长期运行,初步分离后的污水中含油量大于100 g/L,远超过污水处理场的接收标准(≤ 500 mg/L),只能将其排放至三气厂火炬区域的燃烧池。这样处理含油污水会造成2个问题:一是含油污水可能渗入地下,对周围的农田和地下水构成威胁;二是污水中轻油的挥发会对大气造成污染,同时存在安全隐患。

1 油水分离方法的研究

油水混合物中水状态主要有溶解水、乳化水、游离水3种。各种油水分离方法的共同点是,创造良好条件使油水依靠密度差和所受重力不同而分层。目前已知的油水分离方法主要有重力沉降分离、离心式分离、电分离、吸附分离、聚结分离等,各种分离方法比较结果见表1。

长时间静置是测试含油污水中水状态的一种有效方法。该方法是将油水混合物试样静置于试管内,观察油水分层情况,水层厚度随沉降时间的延续而增加,油品的水含量降低。开始水层厚度随时间

表1 油水分离方法的比较

油水分离方法	适用的水状态			成本
	溶解水	乳化水	游离水	
沉降法			√	低
离心法		√	√	高
电分离	√	√	√	高
吸附法		√	√	中
聚结法		√	√	低

迅速增加,原有水含量迅速降低。一段时间后水层厚度基本不再增加,油品中水含量的降低趋于平缓。此时分出的水称游离水,水层上方的油水混合物称油水乳状液,顶层为水含量很少的油品。

对三气厂装置的含油污水取样,并对样品进行不同时间静置分离实验,含油量测定方法采用《水质石油类和动植物油的测定》(GB/T 16488—1996),污水样品检测结果见表2。

表2 油水静置实验结果分析

检测项目	样品静置时间						
	0 min	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
石油类/(mg·L ⁻¹)	126750	900	700	600	550	510	480

从表2可以看出,含油污水经过6 min静置后,

污水中的含油量就已降到了 500 mg/L 以下,且两相之间没有出现明显的油水乳状液。由此表明,仅采取重力沉降方法就可以使分离后三气厂装置含油污水达标,并可回收其中轻油。

重力沉降方法是由于油、气、水的相对密度不同,组分一定的油水混合物在一定的压力和温度下,当系统处于平衡时就会形成一定比例的油、气、水相。当相对较轻的组分处于层流状态时,较重组分液滴根据斯托克斯公式的运动规律沉降,重力式沉降分离设备即根据这一基本原理进行设计。由斯托克斯公式可知,沉降速度与油中水分半径的平方成正比,与水油的密度差呈正比,与油的黏度呈反比。通过增大水分密度、扩大油水密度差、减小油液黏度可以提高沉降分离速度,从而提高分离效率^[1]。

2 污水量的计算

三气厂装置含油污水主要是由水和轻油(主要组分是 $C_3 \sim C_6$) 组成,其来源主要有 2 部分:一是原料气分离器底部的含油污水;二是凝液压送罐中含水轻油中的游离水。这 2 部分的含油污水量均无法采用计量设施直接计量得出。因此,采用装置工艺建模方法来计算含油污水的平均产出量,采用原料气分离器和凝液压送罐的液位变化值来计算含油污水的瞬时最大排放量。

三气厂装置含油污水是由携带饱和水的原料气降压后分离产生的轻烃和游离水。以原料气的组成为基础,利用 HYSYS 工艺模拟软件,建立工艺流程(见图 1),计算出含油污水的产出量约为 $4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

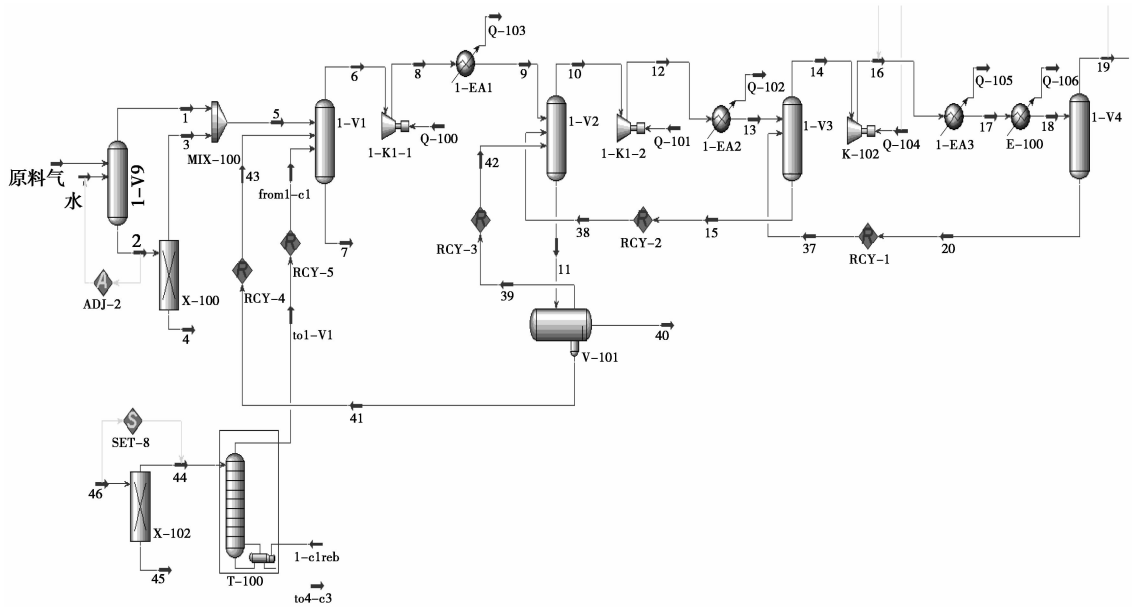


图 1 工艺流程模拟

根据三气厂生产报表的长期统计结果显示,原料气分离器和凝液压送罐的含油污水采用间歇排放的方式,原料气分离器含油污水排放时间间隔大于 20 min,最大排放量为 0.17 m^3 ;凝液压送罐的排放时间间隔大于 4 h,最大排放量为 0.7 m^3 。

3 三相分离器的计算

三相分离器是三相分离技术的关键,容器内 2 种互不相溶液体有相同的停留时间,按要求的停留时间和容器的物料衡算,可求出分离器的结构尺寸。

三相分离器采用卧式设计,油水分离空间应能满足最大流量 $0.87 \text{ m}^3/20 \text{ min}$ 的分离要求,确保了含油污水的分离效果。按照油水分离区体积等于油水停留时间内流入分离器的液量的原则,卧式分离

器的计算公式如下^[1]:

$$(\pi/4)D^2mL_e = Q_w t_w + Q_o t_o$$

式中, m 为液体占分离器横截面分数,取值范围 $0.5 \sim 0.75$,常取 0.5 ; L_e 为分离器油水分离的有效长度; Q_o 、 Q_w 分别为油相、水相流量; t_o 、 t_w 分别为油相、水相停留时间,一般取 $t_o = t_w$ 。

本次计算 m 取 0.5 , $L_e = 3D$, $t_o = t_w = 20 \text{ min}$;油水混合相流量按瞬时最大值 $0.87 \text{ m}^3/20 \text{ min}$,求得 $D = 0.9 \text{ m}$, $L_e = 2.7 \text{ m}$ 。最终,三相分离器的外型尺寸设计为 $\Phi 1\,000 \text{ mm} \times 3\,000 \text{ mm}$ 。

4 三相分离技术的研究

4.1 常规三相分离技术

常规的三相分离器结构见图 2 所示,含油污水

进入这种三相分离器后,气相聚集在分离器上部空间进行排放;液相通过分流器进入集液区,在聚结板作用下使小液滴聚结,粒径增大、加速沉降,后在油水分离腔内进行油水分离。分离后的水相在液位高差的作用下通过连通管进入水腔,由液位计、控制阀控制排放;分离后的油相通过油堰板进入油腔,由液位计、控制阀控制排放。

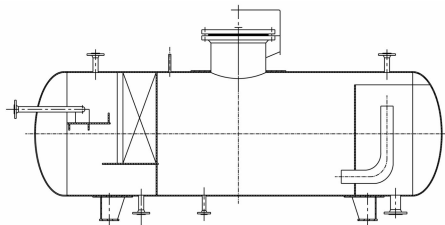


图2 常规三相分离器的结构

这种三相分离器具有破除小液滴能力强、污水品质稳定、装置整体结构紧凑等优点,但也带来了一些问题:①内部结构复杂,设备制作、内部防腐、后期维护的难度大;②油腔和水腔的设置,缩短了油水分离时间,影响分离效果;③三相分离器的稳定运行必须依靠液位计、控制阀等仪控设备,增加了投资。

4.2 新型三相分离技术

根据三气厂含油污水的性质,研发出了新型含油污水的三相分离技术,示意图见图3。

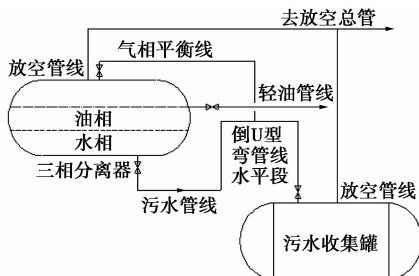


图3 新型三相分离技术示意图

该三相分离技术的工作原理是:含油污水在三相分离器中静置分离,轻油层到达轻油管口高度时直接溢出进行轻油回收,沉降后的污水直接通过罐底的污水管线排放至污水收集罐,倒U型弯管线水平段高度由油水界面设计高度来确定^[2]。

由于三相分离器内部结构的简单化,为确保油水分离效果,将三相分离器的气液界面高度设定为 $0.75D$,即轻油管线出口高度为750 mm。初步确定将油水界面控制在350 mm,则分离器内油层厚度为400 mm,轻油的密度为 634 kg/m^3 。计算出倒U型弯管线水平段距分离器罐底高度为600 mm。必须注意的是,三相分离器初次投运时,进入的物料如果

为大量轻油,会使轻油进入污水收集罐,造成污水的污染,因此初次投运前必须在三相分离器底部加入一定量的水。

另外,为避免产生虹吸现象,在三相分离器顶部与倒U型弯管线水平段设计了气相平衡线,确保油水在大流量波动的情况下分离设施的稳定运行。

采用这种三相分离技术,减少了液位计(液位开关)、调节阀等仪控设备的购置、安装,降低了仪表维护人员、装置操作人员的劳动强度。

5 应用情况

新型三相分离技术现场应用后,回收后的轻油清澈透明,分离后水相各项指标均满足污水处理场的进水指标要求,见表3。

表3 污水检测结果与污水处理场进水指标对比 mg/L

	石油类	挥发酚	硫化物	氨氮	Cl^-	悬浮物
检测结果	12.4	6.1	0.302	12.8	10	50
进水要求	≤ 500	≤ 30	≤ 40	≤ 80	≤ 800	≤ 150

目前该装置运行稳定,分离后的轻油和污水均能达到相关要求。该项目的成功应用,实现了含油污水油、水、气三相有效分离,解决了含油污水对周边环境的污染,消除了由此带来的安全隐患。同时,分离后的轻油的有效回收,每年给企业创造了100余万元的经济效益。

6 结论

(1)新型三相分离处理技术摒弃了复杂内部结构的常规三相分离器,采用倒U型管控制油水界面,减少了仪控设备的使用,降低了设备制造和后期维护难度,有着很好的推广作用。

(2)在现场条件不完备的情况下,采用多种方法对含油污水产生量进行测定、计算,并分析确定了各种方法的适用范围,为三相分离系统的设计提供了可靠数据。

(3)根据现场实际情况,突破油水分离设备常规计算方法,确定了三相分离器的设计参数,保证了油水分离效果,确保分离后的污水达标排放。

参考文献

- [1] 冯叔初,郭揆常. 油气集输与矿产加工[M]. 东营:中国石油大学出版社,2006.
- [2] 王怀义. 石油化工管道安装设计便查手册[M]. 北京:中国石化出版社,2003. ■