

管道式分离技术在渤西油气处理厂的性能试验

钟兴福¹, 吴应湘¹, 魏鹏举², 李松梅²

(1. 中国科学院力学研究所, 北京 100190; 2. 天津中海油工程设计有限公司, 天津 300452)

摘要

油气水的分离是石油工业中一个重要的工艺流程, 传统的分离罐体积大, 质量大, 造价昂贵。随着海上油田的逐步开发, 降低成本成为石油生产关注的焦点。介绍了一种管道式油气分离新工艺及其试验结果。新型管道分离技术将油气水在管道中一边流动一边分离, 达到油气水多相分离的目的。同传统的油气分离设备相比, 具有占地面积小, 分离效率高的特点。在渤西油气处理厂进行的工业现场试验表明, 在试验参数范围内, 新型管道分离器出口水中含油小于100 mg/L, 出口油中含水率小于5%, 达到了设计要求, 取得了良好的效果。

关键词: 油气水; 管道分离; 分离器

0 引言

管道式分离器是近几年石油工业生产中发展起来的一种新型分离装置, 主要是利用重力分离、离心分离、气浮分离等原理, 通过技术集成, 在多相流体流动过程中实现多相分离。由于管道式分离装置结构简单, 设计方便, 其性能容易满足工艺要求。

中国科学院力学研究所从“九五”期间开始研究与油气水分离相关的关键技术和设备, 建造了相应的模拟实验装置, “十五”期间研制出集重力, 膨胀和离心原理于一体的高效油气水分离器^[1], 对关键部件的研究取得了重要进展, 较好地模拟了直管中油水在重力作用下的分离, 以及螺旋分离器中油水在重力和离心力共同作用下的分离^[2-3]。在工程研究方面, 从提出集重力、离心力、膨胀于一体的复合式分离方法开始, 采用以实验为主结合数值模拟的研究路线, 得到了螺旋管、T型管等主要分离部件的设计准则。然后按工业使用时1/10的比例(体积)设计制造了高效复合式油水分离器实验样机。通过试验, 达到了分离后油中含水率小于1%的国际先进水平。按相同的油水处理量与国内、国际上的分离器相比, 重量可减轻30%左右。我所研究人员在总结与展望复合式分离器研究工作取得的进展时^[4-5], 深刻认识到油气水的高效分离在陆上和海上油田油气生产、输送、存储中的重要性, 并将复合式分离方法确定为当时的发展方向。

“十一五”期间, 对分岔管路内的油水两相流动进行了实验研究^[6], 对柱型旋流器的内部流场进行了数值模拟^[7-8], 这些研究成果对柱型油水旋流分离器的结构优化及提高其油水分离效率起到了指导作用。为了对管道式分离技术进行全面评价, “十一五”期末, 中国科学院力学研究所与天津中海油工程设计有限公司联合设计制造了一套基于管道分离技术的新型高效分离器, 其中包括T型管分离技术, 气液旋流分离技术, 柱型旋流分离技术及重力分离技术, 本文主要介绍新型分离器工艺参数、处理流程以及在渤西油气处理厂的性能试验情况。

1 新型分离器原理及设计参数

(1) 气液旋流分离:采用旋流分离原理,利用气液密度差和混合来流的速度自动分离管道中的气体和液体,分离后气体直接进入气体管路系统;

(2) T型管分离:利用流动过程中的重力沉降,增加油水分离效果,实现油水动态分离,减少重力沉降时间;

(3) 柱型旋流分离:利用高速旋流,结合离心和重力分离原理,将油水快速分离,提高油水分离效率;

(4) 重力分离:利用两相介质的密度差,轻质相在浮力的作用下,在重质相中通过上浮实现两相分离,是最传统的分离方法。

渤西油气处理厂是一个独立、完善的油、气、水综合处理厂,它设有原油脱水、原油稳定、天然气和污水处理以及原油、液化石油气、轻油储存和外输等生产设施。目前气体处理量是16 000~20 000万 m^3/d ,液体处理量是2 600~2 800t/d,来流先经过2个直径3.2m,长17m的三相分离罐进行气液分离,然后经过1个同样大小的沉降罐进行油水分离,处理后出口油中含水大约20%,水中含油约0.5%,两相分离罐出来的油再经过3个电脱水罐,达到原油处理要求,污水进入下一级处理单元进行深度处理,图1上部给出了原来处理系统流程。

根据渤西油气处理厂的实际工况,通过管道分离和储罐分离相结合的方案,设计制造了基于管道分离的新型复合分离器,设计的气体处理量是17 000~20 000万 m^3/d ,液体处理量是3 700t/d,处理后水中含油小于1 000mg/L。设计的罐体直径2.4m,长12m;气体出口指标是含液量不大于50mg/ m^3 。

2 试验目的及流程

2.1 试验目的

本次试验的主要目的有3个:一是将来液用管道进行高效处理,考察实际处理量;二是考察处理效果,处理后水中含油是否达到设计要求;三是评价管道分离技术的性能。此次试验重点在油水分离上,对气体分离效果,没做定量评价。

2.2 试验流程

现场试验工艺流程如图1所示,图中给出了原有的处理系统流程和新处理系统流程。本次试验的来流是从原有的主管道引出一旁路,来流先经过管道分离器后进入储罐,储罐起缓冲作用和再沉降功能,分离后的油水排回到原来主管道流程。管道分离器由气液分离装置、T型管分离装置和旋流管分离装置组成。一个储罐分成三个仓:第一仓为储水仓,储集富水;第二仓为混合仓,储集油水混合物;第三仓为储油仓,储集富油。

现场试验装置如图2。处理的来液引自原处理流程的一旁路,经过新装置试验段后,所有流体重新回到原来的流程。本次试验原油操作温度:50~60 $^{\circ}\text{C}$,操作压力:0.60~0.85MPa。

3 试验结果及分析

本次试验的现场取样和化验工作,全部委托给第三方完成,即由“钻采工程研究院渤海试验中心”负责水样和油样的取样工作以及水中含油和油中含水的检测工作,给出检测报告。本次试验共取 25 个样,取样点包括来流取样,新、旧分离器出口油样,新、旧分离器出口水样。现场取样化验结果如表 1。

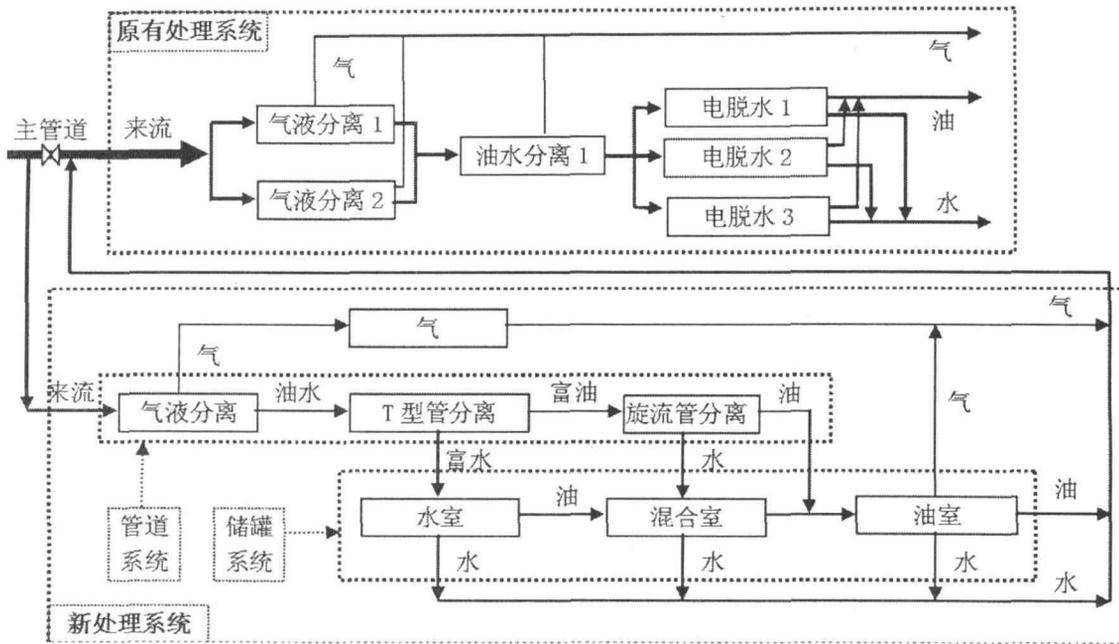


图1 试验工艺流程图

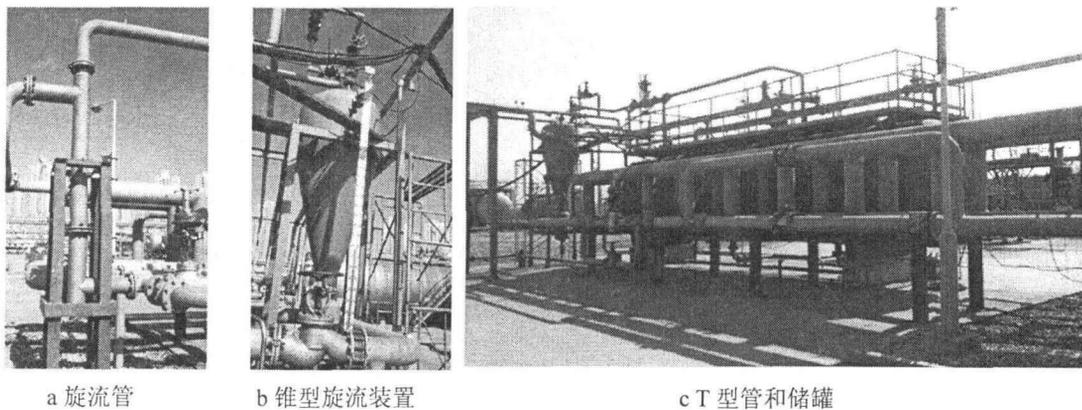


图2 管道分离装置

表1 现场试验结果

参数	样品					平均值	
	1#	2#	3#	4#	5#		
入口流量/(t/h)	40	50	70	80	100	68	
入口含水/%	51.8	60.6	64.2	58.6	54.7	58	
分离器出口油中含水/%	旧分离器	18	20	25	24	20.1	21.4
	新分离器	2.8	3.2	4.8	4.7	4.1	3.9
分离器出口水中含油/ppm	旧分离器	486	578.2	542.3	526.8	506.6	528
	新分离器	26.4	76	68	54	36.6	52.2

注：分离器入口流体压力 0.68MPa，入口流体温度 65℃，含油率和含水率是指的是体积比

从分离器出口油中含水检测结果看，旧分离器出口油中含水最高值为 25%，最低值为 18%，平均值为 21.4%，新分离器出口油中含水最高值为 4.8%，最低值为 2.8%，平均值为 3.9%，平均值下降了 81.7%，是旧分离器指标的 18.3%，图 3 给出了新、旧分离器出口油中含水对比情况。

从分离器出口水中含油检测结果看,在分离器进口油中含水平均值为 58%的情况下,分离器出口水中含油样品均小于 100mg/L,分离器出口水中含油达到设计要求,即水中含油小于 1000mg/L 的指标。新分离器出口水中含油平均值下降了 90.1%,是旧分离器指标的 9.9%,图 4 给出了新、旧分离器出口水中含油的对比情况。

在实际处理量方面,液量中从 40t/h 增加到 100t/h,由于现场条件原因,本次现场试验只做到了 100t/h,未能达到设计指标 3700t/d。但从分离效果看,各项指标达到设计要求。同时也证明,利用由锥型旋流装置、T 型管分离装置、管道旋流管分离装置组成的管道分离器和一个沉降罐的组合,可以实现对 2400t/d 油水的完全分离(设计指标是 3700t/d,说明新设备还有潜力),体现出了管道分离器高效的性能优势。

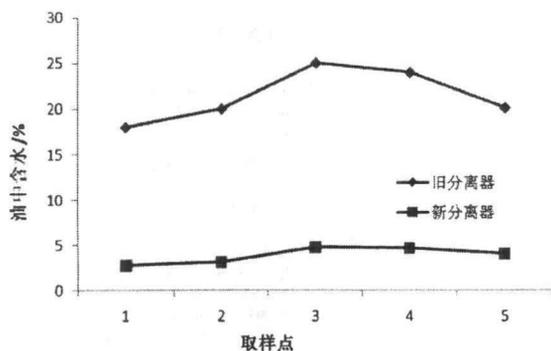


图 3 分离器出口油中含水对比

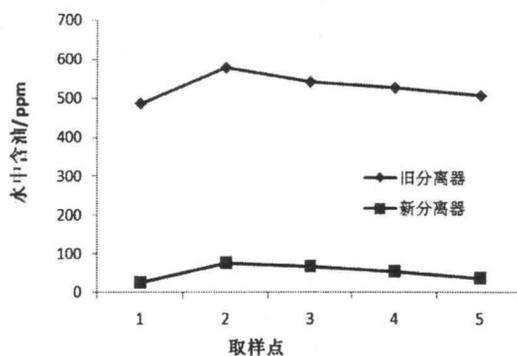


图 4 分离器出口水中含油对比

4 结 语

现场试验表明,在试验参数范围内,新型分离器出口水中含油小于 100mg/L,油中含水小于 5%,达到了设计要求,体现出管道式油气分离技术的性能优势,说明基于重力分离、离心分离等技术原理的以管道为主要分离组件组成的油气水分离器可以实现油气水的高效分离,而且占地面积小,分离效率高,在今后的油气处理过程中,管道式油气分离技术可作为油气水预处理设备、污水精细处理等设备,将会给油气处理工艺带来革命性的变化。

致谢:参加试验的还有中海油研究总院李清平、王涛、余敏,天津中海油工程设计有限公司李洪强,力学研究所许晶禹,张军,郭军,李东晖,刘海飞。中海油渤西作业区及油气处理厂领导和员工对试验给予了大力支持,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 郑之初,吴应湘.海底管道油气混输关键装备的实验研究[J].中国海上油气(工程),1999,11(1): 24-27.
- [2] 周永,吴应湘,郑之初,等.油水分离技术研究之一——直管和螺旋管的数值模拟[J].水动力学研究与进展: A辑.2004,19(4): 540-546.
- [3] 龚道童,吴应湘,郑之初等.变质量流量螺旋管内两相流数值模拟.水动力学研究与进展,A辑,2006,21(5):640-645.
- [4] 郑之初,郭军,张军,等.复合式油气水分离器研究进展[C]//第十八届全国水动力学研讨会文集, ISBN7-5027-6134-9,海洋出版社,2004(8):P49-58.

- [5] 郑之初,周永,郭军,等.海上油气混输中的分离技术[J].实验流体力学,2005,19(1):94-98.
- [6] 王立洋,吴应湘,郑之初.分岔管路内两相流动的研究进展[J].中国造船,2009,50(A11):380-386.
- [7] 刘海飞,钟兴福,许晶禹,等.柱型旋流器油水分离特性的数值模拟研究[J].中国造船,2009,50(A11):369-374.
- [8] 史仕炎,吴应湘,郑之初.柱形旋流分离器内溢流管结构优化分析[J].中国造船,2009,50(A11):362-368.

Performance Test of Pipe Separation Technology in Boxi Oil Gas Treatment Plant

ZHONG Xingfu¹, WU Yingxiang¹, WEI Pengju², LI Songmei²

(1. Institute of mechanics, Chinese academy of sciences, Beijing 100190, China;

2. Engineering & Research Center of Field Construction, Engineer Corp., CNOOC, Tianjin 300452, China)

Abstract

Oil-water-gas separation in the petroleum industry is an important technological process. The conventional separators are bulky, heavy and expensive. In order to development offshore oil field, the petroleum industry toward focus on the compact separators that reduce production costs. Pipe separation technology is a new kind of separating method in oil-water-gas separation. It is low weight, low cost, efficient and convenient to maintain. This paper introduced this new compact separator, technological process and performance test. The test results show that the compact separator has good separating effect. When the water-cut inlet is from 50% to 60%, and the mixture flow rate is from 40 t/h to 100 t/h, the water-cut in oil outlet is less than 5%, and the oil-cut in water is less than 100ppm.

Key words: oil-water-gas; pipe separation; separator

作者简介

钟兴福 男, 1967年生, 副研究员。主要从事多相流体力学应用及海洋工程。

吴应湘 男, 1956年生, 研究员。主要从事流体力学及海洋工程。

魏鹏举 男, 1970年生, 高级工程师。从事海洋工程设计。

李松梅 女, 1962年生, 工程师。从事海洋工程技术研究。