

撬装油气分离设备在胜利海六站的试验

钟兴福¹, 史仕莹¹, 张 建¹, 吴应湘¹, 李 敢², 丛 娟², 曾凡春²

(1 中国科学院力学研究所, 北京 100190; 2 中国石化胜利油田分公司采油工艺研究院, 东营 257000)

摘 要

撬装油气水分离设备不仅可用于海上平台油井(组)条件下油气水的分离, 而且调整处理流程后还可以对污水进一步处理, 处理后的水可作为回注水源。通过对高含水产出液的就地分离和回注, 可以有效降低集输管线压力, 降低边远区块船舶拉油成本。为了开发一井多用工艺技术, 低成本和解决边远区块注水水源缺乏的问题, 研制了撬装油气水三相分离设备, 并在胜利油田完成了室内试验和现场试验, 达到了预期的目标。

关 键 词: 油气; 油气水; 管道分离; 分离器

0 引 言

与陆地采油作业相比, 海洋采油作业在操作空间上受到很大的限制, 且随着海水深度的增加, 海洋平台造价也随之增大。为了最大限度地节省平台或油轮空间, 配合水下生产, 结构简单紧凑的高效分离设备, 受到世界各国的重视, 这种小型、高效快速的油、气、水分离设备, 对在建和将建的海上油气田, 特别是采用混输方式的海上油气田具有重要意义。

中国科学院力学研究所已经研制出油气水分离相关的关键技术和核心部件^[1]。通过关键技术的集成和部件组合, 在管道内多相流体流动过程中实现多相分离, 结构简单, 设计方便, 性能满足海上工艺要求。撬装油气水分离设备是在前期研究基础上由中国科学院力学研究所与胜利油田分公司采油工艺研究院合作完成的一套油气分离及污水处理设备。研制的目的是对海上平台油井组进行油气水分离, 同时, 通过改变流程, 实现含油污水处理, 为注水井提供回注水源, 解决小井组的油气水分离问题和边远区块注水井水源缺乏的问题。研制的撬装油气水分离设备高效紧凑, 已经完成了油气分离及污水处理装置的室内试验和现场试验。在未添加化学药剂的情况下, 处理量最高可以达到600m³/d, 分离后的污水经过气浮处理, 将含油量降到了600ppm以下, 占总来液的35%, 达到了预处理效果。

1 基本原理

在撬装油气水分离设备中, 利用旋风分离、T型管分离、柱型旋流分离、气浮分离等技术原理, 通过各种分离技术的集成和同一种分离技术的多级组合, 采用阀门控制处理流程及分离技术的组合方式, 实现油气水的预处理和含油污水的精细分离。其中T型管分离就是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; 柱型旋流分离是利用高速旋流, 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; 气浮分离是人为制造大量高度分散的微气泡, 使其作为载体与悬浮在水中的颗粒或絮状物相互碰撞和吸附, 在浮力作用下, 上浮速度大大提高, 悬浮物或颗粒随微气泡一起上升至水面, 形成浮渣, 水中的悬浮絮体得以去除, 以实现污水的净化。

本次试验用的新型气浮罐是一种集重力分离、旋流分离和气浮分离于一体的新型油水分离装置。

2 撬装油气分离设备设计参数

油气水分离设备的处理量 $\leq 600\text{m}^3/\text{d}$ ；污水不加药的情况下，经过气浮设备处理后，可将水中的含油量降到 600ppm 以下。图 1 给出了撬装油气分离设备示意图及实物照片。

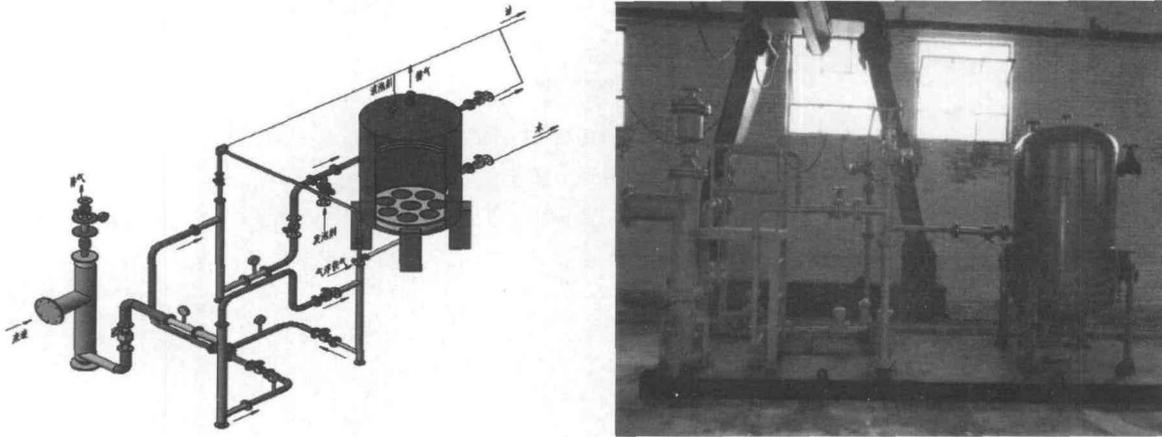


图 1 撬装油气分离设备示意图及实物照片

3 室内试验结果及分析

油气水分离装置室内试验用的油为海三站的原油。海三站的原油密度是 $0.934\text{g}/\text{cm}^3$ ，粘度为 $212\text{mPa} \cdot \text{s}$ (常温)。室内试验是在常温条件下进行的，主要检验柱形旋流器的油水分离效果。通过开关相关阀门，对单根柱形旋流器进行测试，试验结果如表 1 所示。

表 1 油气水分离装置室内试验结果

型号	流量/ (m^3/h)	底流口分流比/%	入口含油率/%	水出口含油率/%	分离效率/%
III级	10.98	47.72	8.26%	0.51%	93.83
II级	11.64	47.23	8.90%	0.29%	96.74
I级	9.946	55.54	1.60%	0.16%	90.00
	11.09	53.94	8.00%	0.16%	98.00
III级	19.21	43.49	7.70%	0.51%	93.40
II级	23.40	42.99	6.10%	0.29%	95.24
I级	23.72	41.11	6.30%	0.80%	87.30

室内试验结果表明，单根柱形旋流器的分离效率均较高，分离后水中的含油率最高不超过 5 100ppm。试验条件为常温，若温度升高，油品的粘性降低，将有利于油水的旋流分离，因此从这个角度来说，提高温度将会使试验效果更好；初步试验也显示设计的柱形旋流器的成功的。从试验中还发现，对于同一个旋流器，随着入口流速的增大，在分流比接近相等的情况下，分离效率是先增大后减小的，这与理论研究结果相符。现场进行的相关试验证明，将两级柱形旋流器串联，可进一步提高分离性能。

4 现场试验结果及分析

现场试验是在胜利海六联合站进行的, 通过海六站前主干线上的旁路, 将油气水混合液引入撬装油气水三相处理设备中, 处理后的油水进入缓冲罐, 重新泵入主干线。现场试验主要目的是用小型分离设备进行三相分离, 考察能否达到预期的污水处理效果。试验中通过改变管道分离管件不同的组合方式, 进行了不同的工艺流程试验, 以便获得最优组合方式, 达到最佳处理效果, 确定最佳的处理工艺流程。

由于现场供液含气率较大, 对试验造成一定困难, 针对这种情况, 先进行了气液分离, 然后进行油水分离。现场共进行了三种试验方案。所有方案试验完成后, 最终确定的试验流程是: 来流首先经过油气水分离罐, 进行三相分离, 分离后的污水进入 T 型管, 气浮分离, 再进入第二级旋流管, 最后进入缓冲罐, 回到主干线, 流程如图 2 所示。图 3 为现场设备及管路布置图, 天然气分离装置的进入压力约为 0.22MPa, 不同试验方案的实现通过改变管路连接来实现。

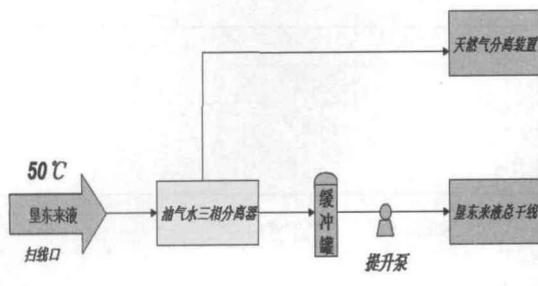


图 2 油气水三相分离器工艺流程图

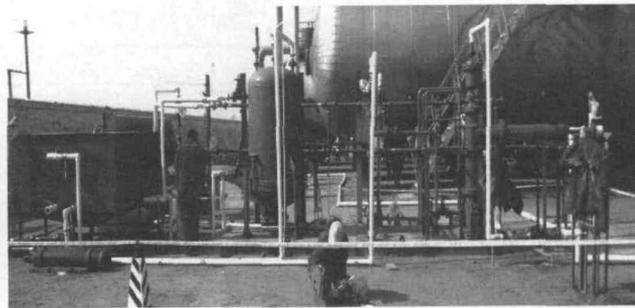


图 3 油气水三相分离器现场实物照片

4.1 方案一的试验结果及分析

试验方案一是来流首先经过第一级旋流管, 然后进入第三级旋流管, 再进入小型罐, 最后进入 T 型管气浮装置。

在方案一的试验过程中, 当来液流量较小时, 完全可以实现除水率 20% 的目标, 且在没有加药剂的情况下, 分离出的水中含油率较低, 最低可达到 256ppm。另外在试验中发现, 随着气浮中通气流量的减少, 在特定气流量条件下, T 型管气浮后的效果很好。这说明在一定气流量下, 产生的气泡较小, 其携带油滴的能力强, 气浮效果也就变好。当流量较大时, 气液掺混厉害, 可以听见柱形旋流器内有气体撞击壁面的声音。柱形旋流器本来是设计用来分离油水的, 由于气体的存在, 湍流加剧, 影响了油水的分离效果, 降低了柱形旋流器的对油水分离性能的发挥。

4.2 方案二的试验结果及分析

试验方案二是来流首先经过第一级旋流管, 然后进入第三级旋流管, 再进入 T 型管, 最后进入第四级旋流管。即在方案一的基础上, 去掉罐体, 开启第四级旋流器。试验结果标明, 当撤掉罐体, 增加第四级旋流器以后, 改变了入口工况, 最终的除水口处水中含油率相对于第一方案有所降低。在实际试验时观察发现, 气流量和入口液流量较大时, 在总入口处湍流增强, 现场取出的样品较浑浊, 需要较长时间的沉降后, 油水才能完全分离, 这对于柱形旋流器而言, 起到相反的作用, 使得油水分离效果变差。对比室内试验和现场试验发现, 对于同样的柱形旋流器, 在现场应用时, 由于气体存在, 底流口的含油率高于室内试验的结果, 证明了气体使得柱形旋流器的油水分离性能减小了甚至起到破坏作用。

4.3 方案三的试验结果及分析

在试验方案三中, 来流首先经过油气水分离罐, 然后进入第一级旋流管, 再进入 T 型管, 气浮,

最后进入第二级旋流管和缓冲罐。通过前两次试验发现,大流量时,入口流速高,加上体积含气率非常高,平均达到 95%,因此采用罐式柱形气液旋风分离,既实现气液分离,又能起到油水预分的作用。这样,油水混合液在进入后续柱形旋流器时,不含气体,利用柱形旋流器可以将含油降到 1%以内。该含油污水进入 T 型管气浮和第二级柱形旋流器进一步分离,实现了污水处理的预期目标。

在进行方案三的试验过程中,又进行了三种流程方案的测试。第一种流程方案是油气水分离罐+第二级柱形旋流器,试验结果如表 2 中 31#1;第二种流程方案是油气水分离罐+第一级柱形旋流器+T 型管+第二级柱形旋流器,试验结果如表 2 中 31#2;第三种流程方案是油气水分离罐+T 型管+第二级柱形旋流器,试验结果如表 3 中 31#3-39#3。由于第一、第二种流程方案试验时,含气量太高,影响旋流管分离性能,未能达到试验要求。第三种流程方案能够实现分出的水中含油率低于 600ppm,且分出的水量均大于 20%,有些可以达到 35.9%。其中,以油气水分离罐+T 型管+第二级柱形旋流器+缓冲罐方案最优。这说明利用油气水分离罐的弱旋流场既实现气液分离,又起到良好的油水预分作用。T 型管气浮和两级柱形旋流器的组合,实现了油井污水的精细处理,现场试验达到了预期的目标。

表 2 现场试验方案三试验结果(1)

序号	总入口含油率/%	流量/(m ³ /h)				二级旋流下口含油率/ppm
		总入口	一级旋流上口	T 型管下口	二级旋流上口	
31#1	16.7	17.02	-	-	2.669	355
31#2	17.8	18.67	1.747	6.768	2.521	508

注: 31#1 流程为: 罐+二级旋流; 31#2 流程为: 罐+一级旋流+T 型管+二级旋流。

表 3 现场试验方案三试验结果(2)

序号	总入口含油率/%	流量/(m ³ /h)				二级底流下口含油率 ppm
		总入口	一级旋流上口	T 型管下口	二级旋流上口	
31#3	21.4	20.20	9.99	8.47	2.90	519
32#3		24.60	7.60	6.72	1.68	433
33#3		21.09	10.90	9.78	4.20	476
34#3		20.50	10.87	10.6	3.75	539
35#3		21.09	6.60	6.26	0.20	421
36#3	32.0	20.70	9.92	10.20	4.60	449
37#3		20.30	9.74	10.25	3.50	268
38#3		20.90	11.56	12.30	5.10	528
39#3		20.80	11.25	11.55	4.74	279

注: 31#3~39#3 流程为: 罐+T 型管+二级旋流。

5 结论

研制的撬装油气水三相分离设备,通过不同分离技术的组合,采用油气水分离罐+T 型管+气浮+第二级柱形旋流器的处理工艺流程,在不加药的情况下,当油气处理量小于 600m³/d 时,能够实现水中含油率低于 600ppm 的目标,且除水率达 35%。室内试验和海六联合站的现场试验表明,设计制造的撬装设备达到了预期的设计目标。

致谢: 参加试验的还有胜利油田分公司采油工艺研究院王民轩、张雪梅,力学研究所许晶禹、郭军、张军、张建、马乃庆、李东晖、刘海飞,海六联合站领导和员工给予了大力支持,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

[1] 钟兴福, 吴应湘, 魏鹏举, 等. 管道式分离技术在渤西油气处理厂的性能试验[J]. 中国造船. 2012.53 (S2): 194-198.

Test of Skid-Mounted Oil-Gas Separator in Hailiu Combination Station

ZHONG Xingfu¹, SHI Shiyong¹, ZHANG Jian¹, WU Yingxiang¹,
LI Gan², CONG Juan², ZENG Fanchun²

(1. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. Research Institute of Oil Production Technology, Shengli Oilfield Company, Dongying 257000, China)

Abstract

Skid-mounted separator is a kind of facility of oil-gas-water treatment. It can not only separate oil, gas and water in a small size offshore platform, but also dispose oily water by changing pipeline process. There are two applications of skid-mounted oil-gas separator. One application is separating oil-gas-water, and another is serving for source water of the water flooding. Field test is carried out in Hailiu combination station in Shenli oilfield. There are two steps in the test: oil-gas separation and oily water disposal. The test results show that oil-cut in water is less than 600 ppm when the mixture flow rate is less than 600 m³/d. The dewatering ratio is 35%.

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研究。

史仕莹 女, 博士研究生。主要从事多相流体力学研究。

张 建 男, 博士研究生。主要从事多相流体力学研究。

吴应湘 男, 1956年生, 研究员。主要从事流体力学及海洋工程。

李 敢 男, 1964年生, 高级工程师。主要从事采油工程。

丛 娟 女, 1984年生, 助理工程师。主要从事采油工程。

曾凡春 男, 1979年生, 工程师。主要从事采油工程。