动态微气泡浮选除油技术研究

邓晓辉[1],许晶禹[2],吴应湘[2],罗东红[1]
(1. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司,广东深圳 518067;
2. 中国科学院力学研究所,北京 100190)

[摘要] 介绍了一种用在海洋石油平台生产水处理中的微气泡浮选除油技术。实验研究表明,通过微孔膜产生的微气泡能将含油污水中油的含量降低 50%以上。同时,研发了微气泡浮选技术与 T 型管相结合的动态气浮装置,并在海洋石油平台进行了现场试验,该装置能将油质量浓度从 38 mg/L 降到 12 mg/L,达到了很好的除油效果。

[关键词] 气浮;T 型管;油水分离
[中图分类号] X741 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2011)04-0089-02

Research on the technology of oil removal by dynamic state micro-bubbles flotation

Deng Xiaohui[1], Xu Jingyu[2], Wu Yingxiang[2], Luo Donghong[1]
(1. *Shenzhen Branch Co., China National Offshore Oil Corporation, Shenzhen* 518067, *China*;
2. *Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100190, *China*)

Abstract: The oil removal technique by dynamic state micro-bubbles flotation which is used for the water treatment on offshore oil platform is introduced. The experimental research shows that the micro-bubbles generated by micro-porous membrane could reduce the oil content by 50% or more. The micro-bubbles flotation technique combined with the T-tube dynamic state flotation device has been designed and site tests on offshore platform have been carried out. The results show that this device could reduce the oil mass concentration from 38 mg/L to 12 mg/L, obtaining very good oil removal efficiency.

Key words: gas flotation; T-tube; oil-water separation

为满足日益严格的环保要求,海洋石油平台排海的生产废水中含油率要尽可能低。目前在海洋石油平台上使用的除油技术一般只能达到国家规定的最低水质标准(30~45 mg/L),若进一步降低采油生产废水中的油含量,就必须对现有技术进行改进。传统的气浮技术一般是在含油污水沉降罐中通入大量微小气泡,使其溶解于油滴中,并作为载体形成整体密度小于水的浮体上浮至水面,使污水中的油珠、悬浮物与污水分离,达到净化污水的目的。实现气浮分离必须具备 3 个基本条件:一必须在水中产生足够数量的气泡且直径越小越好;二必须使待分离的颗粒形成不溶性固态或液态悬浮体;三必须使气泡能够与颗粒相黏附。传统的气浮设备一般只有一个进气口,为使气泡直径更小并充分溶解,有时还需安装专门的旋转设备在罐内进行搅拌[1-2]。

笔者通过实验研究了微孔膜生成微气泡的技术条件,并进行了微孔膜的承压及除油效果的筛选,同时结合 T 型管的油水分离技术,研发了动态微气泡浮选分离装置,并在南海流花油田进行了现场试验,取得了很好的效果。

1 室内微孔膜筛选

对微孔膜的筛选在中国科学院力学研究所应用流体力学实验室内完成。气源(氮气)通过减压阀和开关引入石英微管,微管终端安装不同类型的微孔膜,然后与装有含油 10~100 mg/L 的液体容器相连。氮气在压力驱动下,通过石英管终端的微孔膜产生气泡,膜片承受的工作压力由压差传感器测定。通过对国内外不同类型的 10 余种膜片的测试,最后确定以美国 Sterlitech 公司生产的聚碳酸酯膜(PCTE)和聚苯乙烯膜(PTFE)作为本研究的工作膜,这两种膜均具有耐冲击性和耐压性的特点,有

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

效工作压力达到1.0 MPa,能够产生0.1~1 mm 微气泡。

2　动态微气泡浮选除油装置

传统的气浮技术可分为溶气气浮法、诱导气浮法、电解气浮法和化学气浮法[3]。它们的共同特点是,液体在沉降罐内为非流动状态,油滴通过气泡的上浮到达液体表面后被除去。传统的气浮技术的缺点是储罐体积庞大、处理时间长。笔者根据前期对 T 型管油水分离的研究成果[4],将微孔膜放置在 T 型管的下端, 其产生的气泡通过液体的快速流动实现与液体的充分混合, 然后气液混合物再通过 T 型管在动态过程中实现油气水的高效分离,省去了专门的沉降罐。

动态微气泡浮选除油装置如图 1 所示[5]。该装置有 8 个气泡注入点,分别位于 T 型管的底部。加压条件下注入氮气,气体通过以筛选出的高分子复合材料做成的微孔膜后,产生平均直径约为 0.5 mm 的微气泡。当携带油滴的气泡流经 T 型管时,在重力、膨胀和速度滑移等共同作用下, 气泡上浮到 T 型管的顶端,然后可通过梯型管上出口与装置入口的压差控制油气混合物的去除。与传统的气浮装置相比,动态微气泡浮选除油装置不仅增强了气液混合效果,提高了气体利用效率、缩短了分离时间,还提高了油气混合物的分离效果。

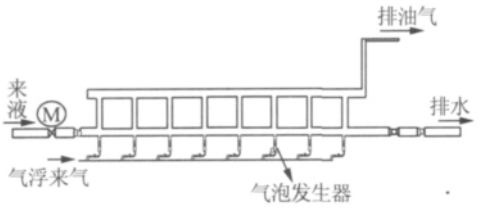

图 1　动态微气泡浮选除油装置

3　现场实验

现场试验所用 T 型管的主管道直径为 50 mm,材质为无缝钢管。含油污水由泵加压后进入动态微气泡浮选装置,油质量浓度为 38~350 mg/L,压力为 0.35~0.9 MPa, 入口流量为 10~14 m^3/h, 溢流比为 20%。试验过程中,对于每一种工况,装置连续运行 2 h 后进行取样,分析含油量的变化,结果见表 1。

从表 1 可以看出, 该装置能将油质量浓度从 38~350 mg/L 降到 12~61 mg/L, 提高了含油污水的除油效果。对比结果可以看出,动态微气泡浮选装置的处理结果略好于现有的旋流器。由于现有污水处理设备为国外进口, 每台的价格高达上百万美元,而本装置仅为五十万人民币,降低了生产成本。

表1　对比试验结果

进口流量/($m^3 \cdot h^{-1}$)	进口压力/MPa	进水油质量浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	出水油质量浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	
			原现场设备	动态微气泡浮选除油装置
10	0.35	38		12
12	0.35	38		14
14	0.35	30		16
12	0.90	215	38	37
12	0.90	310	54	51
14	0.90	350	68	61

通过试验对比可以看出,与传统的气浮技术相比,动态微气泡浮选除油装置的优点在于:

(1)通过多点注入的方式,将微气泡在 T 型管的底部注入含油污水中,并通过流体的流动,将微气泡和液体混合,有利于气液快速、均匀的混合。

(2)将微气浮技术与 T 型管油水分离技术相结合, 在流动中将携带有油滴的泡沫与水进行分离,减少了分离时间并省去了传统技术中罐体内的除油清理工作。

(3)管道式动态微气泡浮选除油装置具有占地少、节省设备空间等特点,适宜在海上平台的污水除油处理中推广应用。

4　结论

研究了动态微气泡浮选除油的技术,并将其与 T 型管分离技术相结合, 研制了动态微气泡浮选装置。现试验表明该装置真正做到了分离时间短、节省空间和质量、操作简便、费用低、效率高等特点。但用其进一步降低出水中的油,还需进行深层次的研究。

[参考文献]

[1] 王波,陈家庆,梁存珍,等. 含油废水气浮旋流组合处理技术浅析[J]. 工业水处理, 2008, 28(4):87-92.

[2] 吕玉娟,张雪利. 气浮分离法的研究现状和发展方向[J]. 工业水处理,2007,27(1):58-61;2007,27(2):88-91;2007,27(3):89-92.

[3] 吴琦. 气浮选含油污水处理技术[J]. 油气田地面工程,2010, 29(3):53-55.

[4] Wang Liyang, Wu Yingxiang, Zheng Zhichu, et al. Oil-water two-phase flow inside T-junction [J]. Journal of Hydrodynamics,2008, 20(2):147-153.

[5] 吴应湘,邓晓辉,许晶禹,等. 动态气浮油水分离装置和方法:中国,201010232658.7 [P].2010-07-21.

[作者简介] 邓晓辉(1957—),1982 年毕业于西南石油学院,高级工程师。电话:0755-26022327,E-mail:dengxh@cnooc.com.cn。

[收稿日期] 2010-02-15(修改稿)

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net