

一种新型油水两相流分离计量方案的研究

张健, 吴应湘, 李东晖, 许晶禹, 刘海飞, 李华

(中国科学院力学研究所, 100190, Email: zhangjian8704@gmail.com)

摘要: 两相流计量可分为混相计量和分相计量。石油工业中的生产计量和两相流动的基础研究中, 迫切需提高两相流动计量的精度。本文根据现在柱型旋流器的发展, 考察其应用于油水分离计量的可能性和计量精度等问题。文中采用实验模拟的方法对柱型旋流器分离计量方案进行研究, 根据目前已有柱型旋流器的研究数据, 分析其应用于计量的精度及存在的问题。文中得出, 对于不同含油率的来液, 柱型旋流器的最佳分离效率相差较大, 其主要在于对不同含油率的来液溢流口中的最佳含水率在 25%~50%, 变化较大。因此必须进行大量的实验, 运用实验结果来建立不同含油率的来液与最佳分流比的关系, 并配以控制系统使分相计量系统适用于含油率在 0~30%的来液。然后, 采用重力分离罐来处理溢流口的混合液, 以此使各相的计量的误差控制在 5%以内。

关键字: 两相流; 分离计量; 柱型旋流器; 重力分离

1 引言

近来, 多相流体力学的研究处在高速发展阶段, 而多相流流动在线计量的研究更是其根本。在石油工业应用方面对多相流在线计量的要求也迫使对其研究的快速发展。从国内外的研究现状^[2]可以看出, 虽然已有多种计量方法^[3]应用于工业现场, 但由于各种方法的有效性和条件的限制, 至今并没有很好的解决多相流的计量问题。多相流的在线计量一般可分为混相计量和分相计量, 混相计量^[4-5]根据是否改变流动形态可以分为两种情况。分相计量即将混合来液完全分离, 然后各相采用单相计量方法进行流量计量。

柱型旋流器是近年新发展起来的两相流分离装置, 其具有高效、紧凑、经济等优点。通过近几年的发展, 柱型旋流器应用于油水分离的特性已有较多的研究。C. Oropeza-Vazquez 等^[1]对柱型旋流器的分离的过程建立了物理模型, 解释了油滴的聚集过程。Rajkumar S. Mathiravedu^[6]对柱型旋流器的分离特性进行了实验研究, 并建立了相应的自动控制系统, 得出适用于不同来流情况下自适应的油水最优分离效果。

应用柱型旋流器来进行分离计量, 对其研究应用始于气液两相流动。基本原理为通过控制柱型旋流器内的气液界面, 调节上出口和下出口的流量, 然后分别采用各自的单相流量计进行流量计量。目前, 柱型旋流器应用于气液的分离计量已有较成熟的研究成果, 国内外已经大量的应用于工业现场。国内中原油田采油五厂对其性能做了实验研究, 能够非常好的吻合实际, 误差在 3%以内。

根据目前柱型旋流器的发展状况, 以及工业现场的需求, 提出一种柱型旋流器应用于油水分离计量的方案(图 1)。应用柱型旋流器的高效分离特性, 将下出口的液体的含油率控制在 5%以内, 采用涡轮流量计计量瞬时流量, 同时将上出口的液体进入沉降罐, 运用重力分离的

作用将油水分离，分别在罐体的上部将油排出、下部将水排出。文中对此种方案做了初步的研究工作，包括对柱型旋流器的分离性能的实验模拟和沉降罐中重力分离计量的实验研究。

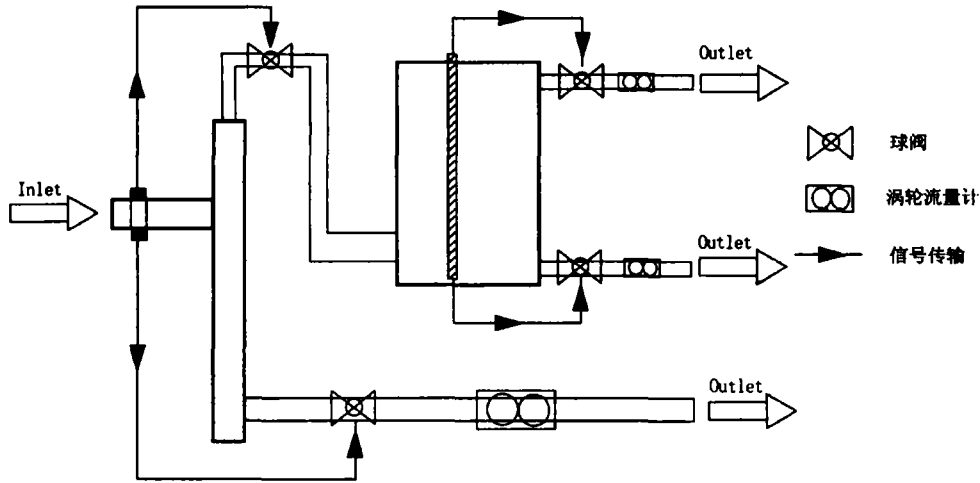


图 1 柱型旋流器用于计量的方案示意图

2 柱型旋流器的分离特性的分析

作为一种新型的油水分离装置，柱型旋流器具有比较高的分离效率，但其并不能把油水完全分开。经过近年的研究，其下出口的水可以达到 20×10^{-6} 以下，符合排放的标准，但对于上出口的液体，很难达到原油交易或油相计量的标准。

本部分分析了目前文献^[6]中对柱型旋流器的分离特性的实验数据，考察了其各个出口的液体的相含率，初步分析了柱型旋流器的分离性能。

分流比的定义如下：

$$SR = \frac{Q_{\text{underflow}}}{Q_{\text{inletflow}}}$$

$Q_{\text{underflow}}$ 为旋流器下出口的流量， $Q_{\text{inletflow}}$ 为旋流器的入口流量。

从图 2 可以看出，对于柱型旋流器的下出口的混合液，在很大的分流比下就可以达到 5% 的单相计量误差。因此，在下出口采用水相适用的流量计计量流量。而对于上出口的混合液，如图 3 所示，对于入口水相的表观流速为 0.40m/s 时，其含油率最大也低于 70%，且在曲线图中清楚的表达了分离的最佳效果，可以看出均没有达到 5% 的计量标准。因此，本文提出了一种采用重力分离的方法来解决柱型旋流器上出口的相含率问题。

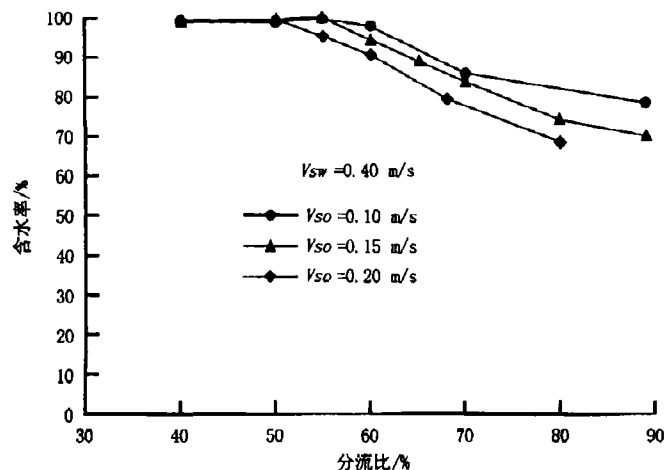


图2 柱型旋流器下出口的含水率分布图

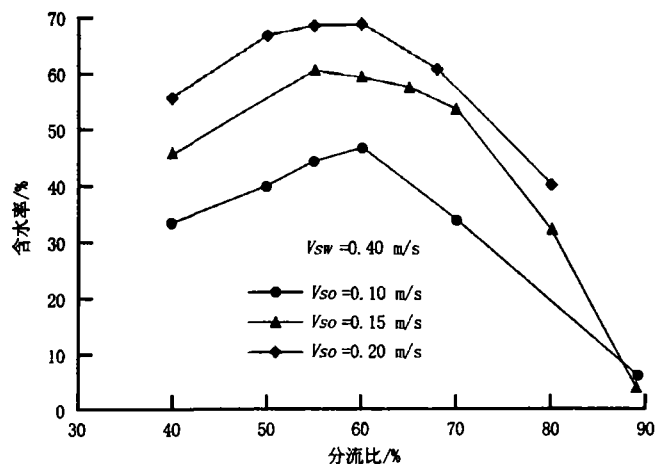


图3 柱型旋流器上出口含油率分布图

3 重力分离装置的分离特性

本文设计采用油水相界面传感器作为控制手段，自动调节罐体上下两个出口的流量，并采用单相流量计进行液体的流量计量。通过实验单一的考察重力分离装置的分离效率及精度。实验结果如图4所示。

从以上的结果可以看出，水相的计量误差较小，完全满足5%的误差要求。对于油相，误差相对较大，但也基本满足计量的要求。图5给出了不同来流量下的各相的计量误差。从图中

可以看出,随着来流量的增加,误差均有增加,同时,随着来液速度的增加,油水的界面出现较大的波动,影响了界面传感器所输出的信号,增大了系统的误差。因此,重力分离罐对于较小的来流量可以达到连续瞬时的计量误差要求,随着处理液的增加,误差逐渐增大,且油相的误差将会超出计量的要求。当处理量在 $4.24\text{m}^3/\text{h}$ 时,不同含油率下油相的平均相对误差为 4.53%。

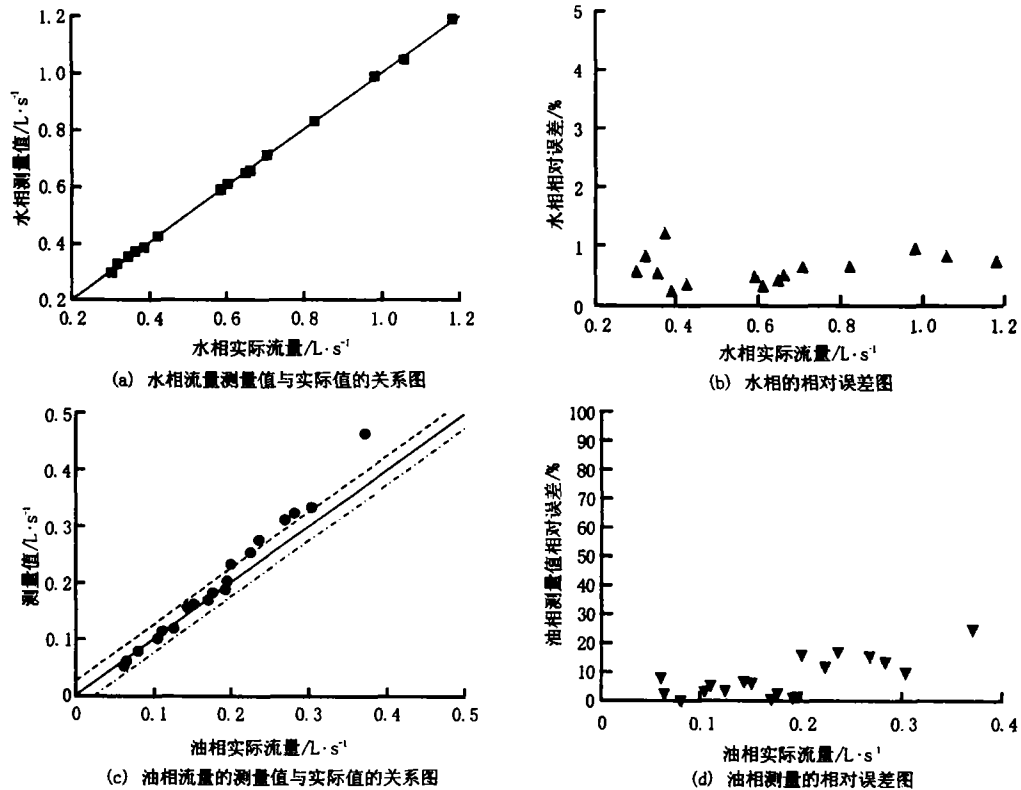


图4 重力分离的实验结果

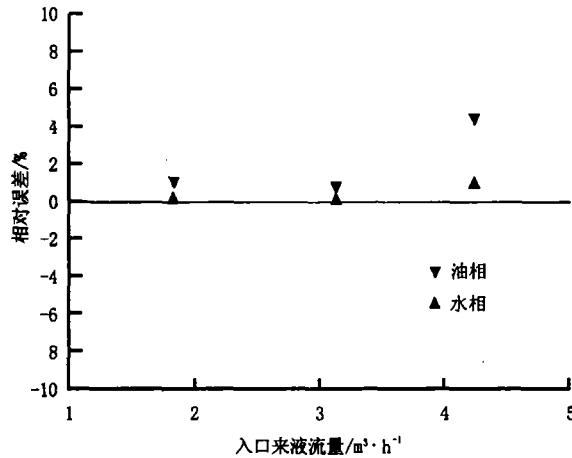


图5 重力分离对不同来流量的误差

4 结论

(1) 采用发展较为成熟的柱型旋流, 增加了重力分离对总来液的处理量。比如, 实验中重力分离计量可以处理 $5\text{m}^3/\text{h}$ 的液量, 使误差达到 5% 以内, 若此时柱型旋流器的分离比为 0.7, 即上出口只有 30% 的液量, 则这个系统的总的处理量即为 $16.7\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 应用柱型旋流器作为前处理, 相比以前单一的重力分离计量, 其效率具有较大的提高, 而且大大的减小了装置的尺寸, 有利于海上平台的应用。

(3) 对这个系统整体的性能有待进一步的研究, 其中柱型旋流器的上出口的压力匹配问题将是研究的重点。

参考文献

- 1 Carlos Oropeza-Vazquez. Multiphase flow separation in liquid-liquid cylindrical cyclone and gas-liquid-liquid cylindrical cyclone compact separators.2001
- 2 DH Li, FF Feng, YX Wu, et al. Investigation of the mixture flow rates of oil-water two-phase flow using the turbine flow meter. Journal of Physics:Conference Series.2009.

- 3 G Falcone, GF Hewitt, C Alimonti, et al. Multiphase Flow Metering:Current Trends and Future Developments,2002.
- 4 I Ismail, JC Gamio, SFA Bukhari. et al. Tomography for multi-phase flow measurement in the oil industry. Flow Measurement and Instrumentation 2005,16: 145–155.
- 5 Mahmoud Meribout, et al . Integration of impedance measurements with a coustic measurements for accurate two phase flow metering in case of high water-cut. Flow Measurement and Instrumentation .2010.
- 6 Rajkumar S Mathiravedu. Control system development and performance evaluation of LLCC separators,2001.

The research of a new separation method using in metering oil-water two phases flow

Zhang Jian,Li Donghui, Wu Yingxiang,Xu Jingyu,Liu Haifei and Li Hua
(Institute of mechanics, China academic of science.No.15,beisihuanxilu,Beijing,100190.
Email:zhangjian8704@gmail.com)

Abstract:

The metering of two phases flow included mixing and separate metering. We need to improve the accuracy to satisfy the petroleum industry and the pure research of two phase flow. This paper analyses the capability and accuracy of the metering using liquid-liquid cylinder cyclone, and through the experiment to researching the scheme of metering. On the basis of the experiment dates, we found the questions of the metering scheme, and coming up with a new though to making the liquid-liquid cylinder cyclone satisfied the accuracy of 5%.

Key words: liquid-liquid cylinder cyclone, oil-water two phase flow, metering