

文章编号 :1009-038X(2000)04-0385-03

旋流器用于含油污水的除油

王跃进, 袁惠新

(无锡轻工大学机械工程学院, 江苏无锡 214036)

摘要:对旋流法含油污水除油进行了研究,探讨多种结构参数(溢流口径、进料口径和尾管长度)、操作参数(分流比和入口流量)、物性参数(进料浓度)对液液分离性能的影响。结果表明,选择合适的结构参数和操作参数,旋流分离器的分离效率(即去油率)可达 99% 以上,这为开发其在油水分离方面的应用提供了依据。

关键词:分离;油水分离;旋流器

中图分类号: TQ028

文献标识码: A

An Investigation into Deoiling Water with Hydrocyclones

WANG Yue-jin, YUAN Hui-xin

(School of Mechanical Engineering, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract: Tests have been conducted for oil/water separation using hydrocyclones. The effects of geometric, operating and feed parameters on oil/water separation efficiency have been researched respectively through single-factor experiments by varying overflow diameters, inlet diameters, tail-tube lengths, inlet flowrate and feed concentration. Results show that over 99% de-oiling efficiency can be reached by selecting proper geometric and operating parameters. The results can be used as a guide for the application of hydrocyclones in the field of oil/water treatment.

Key words: separation; oil/water separation; hydrocycloning

油类(矿物油、动物油脂)及其制品已广泛地应用于国民经济的各个领域,其对环境的污染也日趋严重。含油污水是一种面广量大的污染源,如在食用油脂加工、餐饮业、石油开采、运输、加工及贮存,机械制造、轧钢等生产过程中产生的含油废水,以及油船的清洗废水、压舱水等。据推测,世界上每年至少有 500~1 000 万 t 油类通过各种途径流入海洋^[1]。为了保护水资源和水产资源、保护生态平衡和人类健康,促进经济发展,世界上很多国家都对排放废水的含油质量浓度作了规定和限制,我国规

定含油污水最高允许排放的质量浓度为 10 mg/L,一些国家规定 5~20 mg/L^[2]。研究含油污水的处理工艺,使之能够达标排放,是摆在我们面前的重大任务。

目前,我国绝大部分厂家对含油污水采用隔油、浮选、曝气的老三套方式^[3]处理,设备多,投资高,占地广,处理后难以达到国家排放标准,对环境造成污染。旋流分离器用于分离两相互不相溶的液液混合物始于 20 世纪 80 年代,在处理油水混合物方面,具有分离效率高、设备成本及操作费用低等

收稿日期: 1999-11-23; 修订日期: 2000-04-11.

作者简介: 王跃进(1958-)男,江苏建湖人,工学硕士,讲师。

万方数据

特点.

目前,国内对旋流分离器在含油污水处理方面的研究较少,尚处于起步阶段.因此,对旋流分离器基本性能进行研究,扩展旋流分离技术的应用领域,对我国的石油工业和环境保护无疑具有重要意义.作者研究了旋流分离器的结构参数、操作参数等对油水分离性能的影响,以期为此技术的应用做些基础研究工作.

1 试验方法

本研究用的旋流分离器不同于传统型旋流器,它是用有机玻璃制成的,由两级锥体(上面锥体的锥角比下面的锥角大得多)和一段较长的圆管组成.溢流口直径较小,且不插入旋流器内,如图 1 所示.

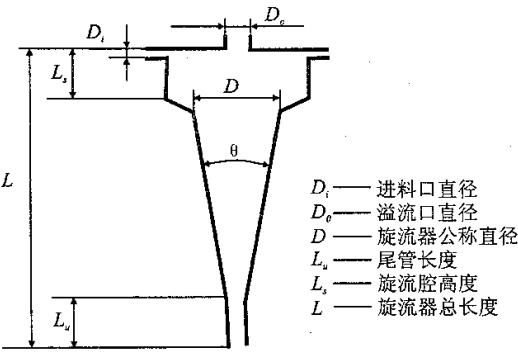


图 1 旋流分离器结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of hydrocyclone

试验装置示意图如图 2 所示.其工艺流程是:水池中的自来水由泵泵出,经转子流量计进入主流管路,再到进料口.油经计量泵按要求的油水混合物体积分数送入主流管路.进料含油液体经旋流分离器后分为两路:一路是底流,经转子流量计流进

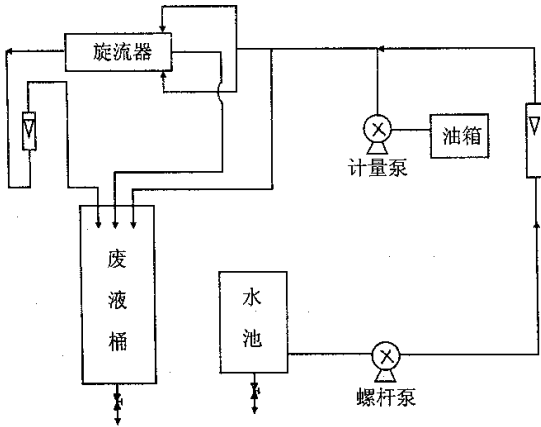


图 2 试验装置示意图

Fig.2 Schematic diagram of test rig

废液桶;另一路是溢流,经管路直接流入废液桶.在进料口处,另有一路经阀门直接进入废液桶,这一路的作用是取进料样.

2 结果与讨论

作为除油的旋流分离器,它强调的是水或底流的质量,即注重的是尽可能多地从含油污水中去除油相,使底流的水具有足够的纯度,以便使其能达到排放标准.为此,定义去油旋流分离器的分离效率为:

$$E_c = 1 - \frac{\varphi_u}{\varphi_i}$$

式中 E_w 为分离效率; φ_u 为底流中油分体积分数; φ_i 为进料中的油分体积分数.

2.1 分流比 F 对分离效率 E_c 的影响

将溢流口的流量 q_o 与入口流量 q_i 之比定义为旋流器的分流比 F ,即

$$F = \frac{q_o}{q_i} = 1 - \frac{q_u}{q_i}$$

式中 q_u 为底流流量(L/h).

分流比是旋流分离器的重要特性参数之一.人们希望底流和溢流之间的分配比约等于水油体积之比,但实际上,由于不能实现绝对的分离,因此,通常使底流分率(底流分率为 $\frac{q_u}{q_i}$)在略小于进料含水体积分数之下运转,这样可使溢流含有过量的水,从而以含水较多的油相为代价,确保可获得较清的底流.

在入口含油(指 40QC 汽机油)质量分数 w_i 为 10 000 $\mu\text{g/g}$ 的情况下,改变分流比,得到了分离效率 E_w 和分流比 F 的关系曲线,如图 3 所示.

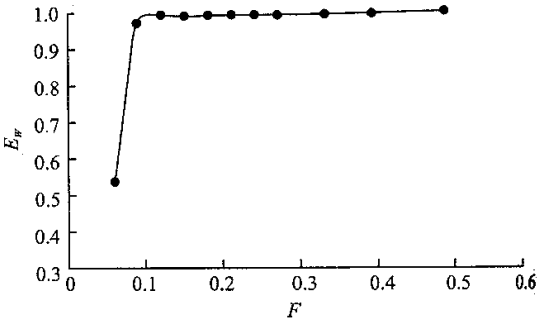


图 3 分离效率 E_w 与分流比 F 的关系

Fig.3 The relationship between split ratio and separation efficiency

可以看出:在起始阶段,随着分流比的增加,分离效率显著增加,但当分流比增加到 10% 以后,分

离效率基本不再增加,这说明底流的澄清程度不会随着分流比的增加而变得更加澄清.分流比增大,会使很多水分从溢流口排出.这样,分离效率可能会提高,但底流排出的澄清的水分也会减少.因此,在底流排出的水分达到去油要求的条件下,应使分流比 F 尽可能减小.

2.2 结构参数的影响

对旋流器结构参数,包括溢流口直径、进料口直径、尾管长度对分离性能的影响进行了研究.

2.2.1 溢流口直径 D_o 对分离性能的影响 在温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, $D_o=2\text{ mm}$ 时的澄清效率达到 99.6% ,高于 $D_o=3\text{ mm}$ 和 $D_o=4\text{ mm}$ 时的澄清效率,见图 4.

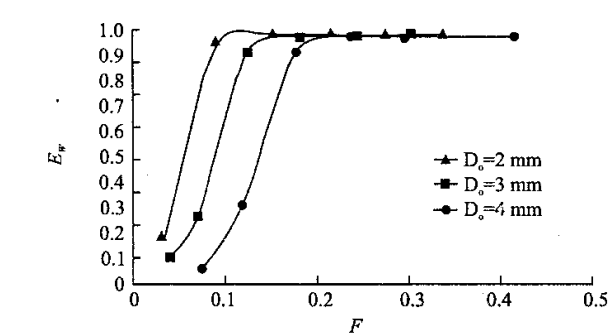


图 4 分离效率 E_w 与溢流口径 D_o 的关系
Fig. 4 The relationship between overflow diameter and separation efficiency

3 条分离效率的曲线都有一拐点. $D_o=2\text{ mm}$ 的拐点对应的分流比为 10% , $D_o=3\text{ mm}$ 时分流比为 14% , $D_o=4\text{ mm}$ 时分流比为 20% .过了这个拐点后,即使增加溢流量,减少底流量,分离效率也不再增加.这个拐点及其对应的分流比正是所寻求的旋流分离器的工作点.在保证分离效率的前提下,拐点所对应的分流比越小越好.从这个意义上来说, $D_o=2\text{ mm}$ 的溢流口径是最佳的.

2.2.2 进料口直径 D_i 对分离性能的影响 在固定溢流口直径 $D_o=2\text{ mm}$ 的基础上,以 3 个进料口直径 $D_i=2.6\text{ mm}$, $D_i=3.5\text{ mm}$, $D_i=4.8\text{ mm}$ 分别进行试验,以探讨进料口直径 D_i 对分离效率的影响.取 $D_u/D=0.48$, $L_u/D=18$ (D 为旋流器的公称直径, D_u 为尾管直径, L_u 为旋流器的尾管长度), $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\omega_i=12\text{ }000\text{ }\mu\text{g/g}$, $q_i=640\text{ L/h}$.试验结果如图 5 所示.

进料口直径 D_i 对分离效率 E_c 的影响是复杂的.在进料口流量一定的情况下,进料口直径直接影响入口处的流速 v_i 的大小.即进料口径 D_i 越小,进料口流速越大,离心力也越大,分离效率提高.但 D_i 减小时,将导致提高压力降,增加能耗.另外,进料

口速度的提高会引起更大的速度梯度,高剪切力更有可能把油滴打碎,使之难以分离,从而又降低了分离效率.从实验结果看, $D_i=4.8\text{ mm}$ 大口径分离效率最高,而最小入口口径 $D_i=2.6\text{ mm}$ 分离效率最低.这一结果说明, $D_i=4.8\text{ mm}$ 的较大入口口径产生的流速已经满足了离心力要求,其入口流速是最低的,湍流及速度梯度对油滴的剪切作用也最小,因而得到最高的分离效率.

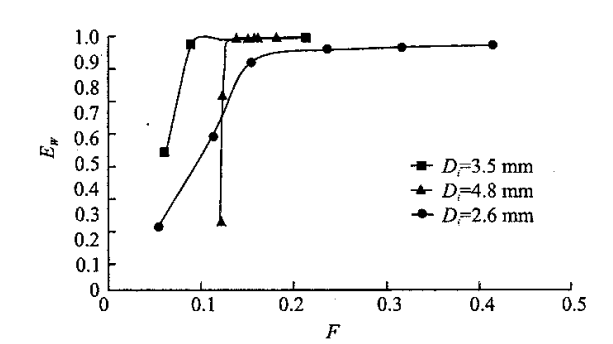


图 5 进料口径 D_i 对分离效率 E_w 的影响
Fig. 5 Effect of inlet diameter on separation efficiency

2.2.3 尾管长度 L_u 对分离性能的影响 为了检验尾管长度 L_u 对分离性能的影响,试验中对尾管长度取 3 种规格,即 $0, 135, 270\text{ mm}$.在最佳工作条件下: $D_o=2\text{ mm}$, $D_i=4.8\text{ mm}$, $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 当进料油分质量分数 $\omega_i=10\text{ }000\text{ }\mu\text{g/g}$ 时,分别进行试验,结果见图 6.

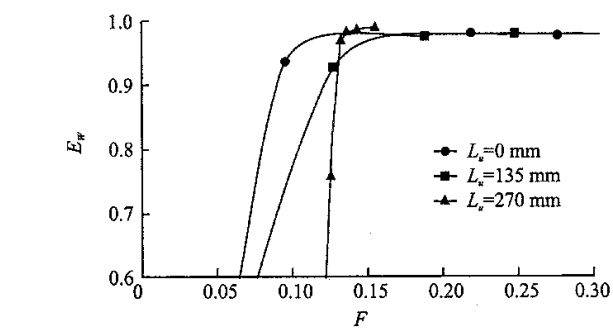


图 6 尾管长度 L_u 与溢流口径 E_w 的影响
Fig. 6 Effects of tube length and separation efficiency

结果显示,当 $L_u=270\text{ mm}$ 时,分离效率高于其他两种,这是由于液体在合适尾管长度中,更细小的油滴会进一步得到分离,同时被分离出来的分散相“核心”不会向下与净化的液体一同从底流口排出,从而使分离的效果得到了巩固和提高.当尾管长度较短时,由油柱形成的“核心”所受向上的轴向推力不够大,也不够稳定,使之有一部分沿底流与净化液体一同排出.但当 L_u 加长至适当长度后再加长时,则会使旋流器的体积太大.

3 结 语

1) 本实验装置操作可靠, 分析结果准确, 重复性好.

2) 旋流分离器在含油污水去油方面可获得很高的分离效率, 达到 99.6%. 可以预期, 当处理含油质量分数为 0.5%~3% 的废水时, 只需经过 2 级串联, 即可使底流含油质量分数低于 $10 \mu\text{g/g}$, 达到国家的排放标准.

3) 在底流排出的水分达到去油要求的条件下, 应使分流比 F 尽可能减小.

4) 在一定流量下进料口径有一个合适的范围, 在进料口径偏小时, 较高的进料速度有增加旋流强度、提高分离效率的一面, 也有强化湍流、剪碎油滴、增加分离难度的一面, 反之亦然.

5) 合适长度的尾管可以增加油滴被分离出来的可能性, 但太长的尾管 ($L_u > 20 D$) 则使旋流器结构增大, 而对提高效率无补.

6) 旋流分离器运行可靠, 分离效率高, 能耗低, 体积小, 维护方便, 在含油污水的处理中应用前景广阔. 继续进行相关试验研究, 找出有价值的经验公式和更好的操作及工艺参数, 对开发其应用非常有意义.

参考文献

- [1] 徐根良, 曾静, 翁建庆. 含油废水处理技术综述[J]. 水处理技术, 1991(2): 1~10.
- [2] 环保工作者实用手册编写组. 环保工作者实用手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984. 44~66.
- [3] 孙日圣, 万金保, 林波等. 含油废水处理的新工艺[J]. 工业水处理, 1996(2): 16.
- [4] 阎安, 王玉江, 贾建清. 油田含油污水处理新技术[J]. 水处理技术, 1998(2): 117~121.