

文章编号: 1005-8893 (2005) 02-0037-04

旋流器用于油品脱水的研究^{*}

蔡小华¹, 袁惠新¹, 戎红仁²

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214063; 2. 江苏工业学院, 江苏 常州 213016)

摘要: 在专门制作的试验装置上, 通过对含水油的脱水试验, 探讨操作参数、物性参数对油脱水型旋流器分离性能的影响规律。实验中引入临界底流率 R_{fc} 及 R_{fc}/φ_i 的概念, 在 R_{fc} 下, 旋流器分离性能最佳。在油脱水型旋流器中, R_{fc} 起着操作指导或控制参数的作用。

关键词: 油脱水型旋流器; 分离效率; 操作参数; 物性参数

中图分类号: TQ 028

文献标识码: A

水力旋流器是一种离心分离设备, 可用于液—液分离如油水分离, 包括从油中脱水和从水中除油两方面。油田采油时随着原油从油井中采出, 水也随油而来, 它来源于油井本身以及为提高采收率而向地层注入的水。虽然起初只占油井开采量的一小部分, 但在开采的后阶段就会占大部分, 而去水成本往往是决定一个油井是否关闭的因素。因此在油井上高效地分离这些液体变得越来越重要。

实验已证明结构参数对油脱水型旋流器分离效率影响很大^[1], 本文通过对含水油的脱水试验, 进一步探讨进口流量 Q_i 、底流率 R_f 和进料口分散相体积分率 φ_i 对分离性能的影响规律。

1 脱水型旋流器的基本结构

试验采用的脱水型旋流器如图 1 所示。具有两级锥段器壁结构, 上面锥体的锥角比下面的锥角大得多, 有一个适度的逐渐变细的锥体。采用了两个环形的切向进料口, 与普通的单向进口设计相比提高了旋涡轴向平衡。溢流管插入旋流器内, 以防止短路流直接进入溢流。

2 装置及物料

试验装置如图 2 所示。试验物料为在煤油中以一定比例混入水后的油水混合物。其工艺流程是:

油由泵泵出, 分出一支路经一闸阀由旁路流回油

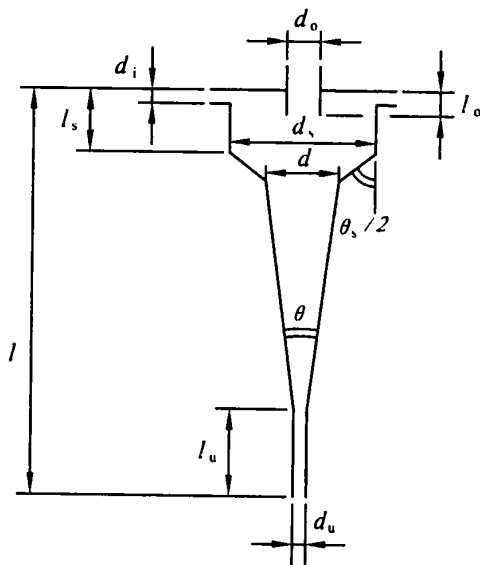


图 1 旋流器结构

Fig. 1 Test hydrocyclone geometry

箱, 主要起调节流量, 稳定压力之用。另一支路进入缓冲罐, 从缓冲罐流出的油形成具有稳定流量的主流回路。从缓冲罐流出的油中分出一支路, 经挠性泵与齿轮泵泵出的已计量的水混合, 再经旋涡泵后流回主路, 与从缓冲罐流出的另一路油汇合, 经过滤器过滤后进入旋转活塞流量计, 计量后分两路由两个进料口进入旋流器。经旋流器分离后, 底流

^{*} 收稿日期: 2004-04-02

作者简介: 蔡小华 (1965-), 女, 江苏无锡人, 硕士, 讲师。

经一闸阀直接进入收集箱,溢流经一闸阀及金属管转子流量计后进入收集箱。在进料口处另有一支路经一闸阀进入收集箱,供取进料样用。在旋流器进料口、底流口和溢流口用 3 个 3 通连 3 个精确的压力表,测得压力。

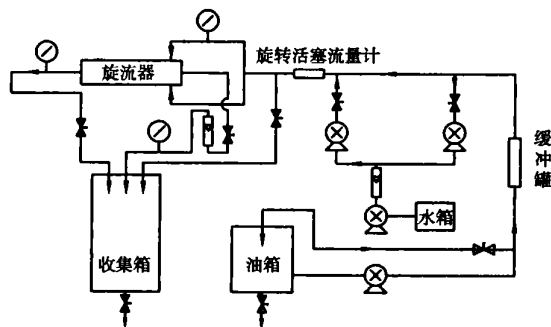


图 2 旋流回路

Fig. 2 Hydraulic circuit

3 油中去水的效率评价

在液-液分离中应用最广泛的效率评价参数是由 Ebb enhorst-Tengenberg 和 Rietema^[2] 两人定义的“总效率”:

$$E_t = \frac{Q_o}{Q_i} \left[\frac{100 - \varphi_o}{100 - \varphi_i} - \frac{\varphi_o}{\varphi_i} \right] \quad (1)$$

式中: φ_o —溢流口分散相体积分数; Q_o —溢流口体积流量; Q_i —进料口体积流量。

公式(1)以简单方式给出了既反映产品质量又反映生产能力两方面问题的统一表达式。但在实际分离时的表述往往更关注各自排出液的纯净度。就油中去水而言,就是溢流或者被分离的油中水分被去除的程度^[3],即:

$$E_c = 1 - \frac{\varphi_o}{\varphi_i} \quad (2)$$

此式又称为澄清效率或净分离效率。本研究采用这个分离效率评价方法。

4 结果与讨论

4.1 底流分率对分离性能的影响

为了探讨底流分率对分离性能的影响,先固定几个因素:进料口直径 $d_i = 3.5 \text{ mm}$; 溢流口直径 $d_o = 4 \text{ mm}$; 溢流管插入长度 $l_o = 14 \text{ mm}$; 进料口流量 $Q_i = 525 \text{ L/h}$; 进料口分散相体积分数 $\varphi_i \approx 18\%$ 的基础上改变底流分率。图 3 显示了旋流器分离性能 E_c 和 R_f 的关系。

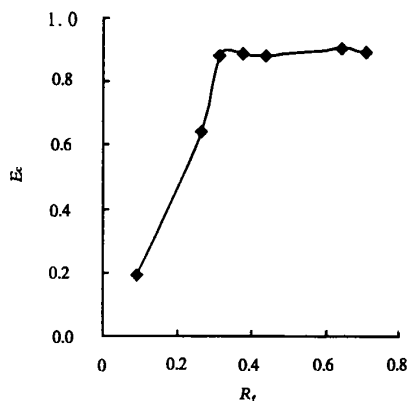


图 3 分离效率与底流分率的关系

Fig. 3 Variation of separation with split ratio

试验结果表明,在起始阶段,随着底流分率的增加,分离效率显著增加,然而分离效率的增大并不是无止境的,当底流分率增加到 30% 左右时,分离效率基本上呈稳定状态,到达一定程度后分离效率有下降的迹象。因为测量速度和测量粒度还不可行,因此要对图示结果作出全面的解释是可望而不可及的,只能根据旋流器的基本原理作一些解释。当底流分率小于 30% 时,本该从底流排出的水因来不及从底流口正常排出,从而内迁至内旋流经溢流口排出;另一方面,随着 R_f 的下降,物料在旋流器内的平均停留时间减少,因此随着底流分率的下降,分离效率急剧下降。当 R_f 在 30% 以后的一个范围内,分离效率基本呈稳定状态但底流含油量急剧增加,得油率减少,如图 4 所示。底流分率再增大时,可能由于强烈的轴向流作用,使得流体旋转强度降低,从而导致分离效率下降。

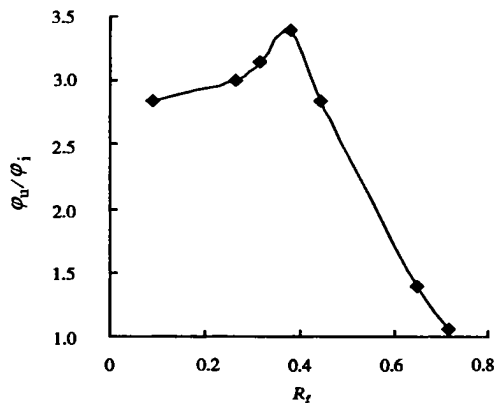


图 4 底流分散相体积分数与底流分率的关系

Fig. 4 Downstream water concentration with split ratio

大部分分离过程的目的是从所处理的液流(油)中有效地除去污染物(水),且尽可能使油的损失最少。所以引入临界值 $R_{f,c}$ 的概念^[4],在这个

底流分率时, 旋流器分离性能最佳, 即既有最高的质量——油含水率最低, 又有最大产量——得油率。在底流分率小于它时, 底流口变得超负荷, 迫使很多水从溢流口流出。底流分率大于它后, 底流水中的含油量不断增大。因此, 应在溢流排出的油达到去水要求的前提下使 $R_{f,c}$ 尽可能减小。

4.2 进料口流量对分离性能影响

为探讨 Q_i 对分离性能的影响规律, 仍采用上面给定的结构参数, 进料口分散相体积分数约为 18% 和 15%, 底流分率控制在 35% 和 28%, 试验结果如图 5 所示。

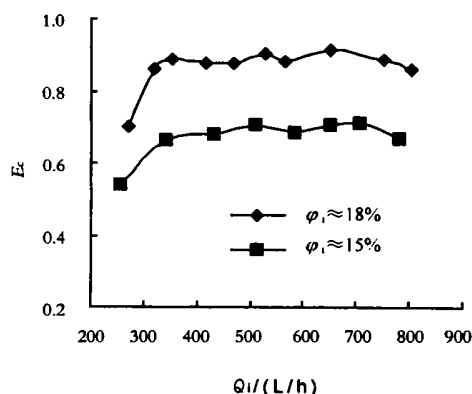


图 5 分离效率与进料口流量的关系

Fig. 5 Variation of separation with influent flow rate

从图 5 中可以看出 Q_i 在 350 L/h 到 650 L/h 范围内, 分离效率较高, 而且流量变化对分离效率影响不大, 但 < 350 L/h 和 > 650 L/h 时分离效率有下跌趋势。在小流量时下跌是由于加速度场减小, 使许多液滴没有得到足够的离心力而未能分离出来。在大流量时分离效率下跌, 一方面是水滴在旋流器中由于流体剪切作用强烈而发生破碎, 成为更小液滴, 使之变得更为难于分离; 另一方面由于流量越大, 湍流强度越强, 影响颗粒的沉降, 增大了分离粒度, 尤其当湍流动能大于或等于离心分离能量时, 待分离物料之间将相互重新掺合, 而且在器壁附近的雷诺切应力的增大将造成已聚集的液滴群分散, 抑制了液滴的分离, 使分离效率下降。

4.3 ϕ_i 对分离性能的影响

为了探讨 ϕ_i 对分离效率的影响, 先固定几个因素: $Q_i = 570$ L/h; $d_i = 3.5$ mm; $d_o = 4.8$ mm, $d_u = 3.5$ mm, $l_o = 14$ mm, 然后用 $\phi_i = 4.9\%$, 11%, 14.4%, 26.4% 的 4 种进料口分散相体积分

出 $R_{f,c}$ 的值与 ϕ_i 有关, 随着 ϕ_i 增大, $R_{f,c}$ 增大。

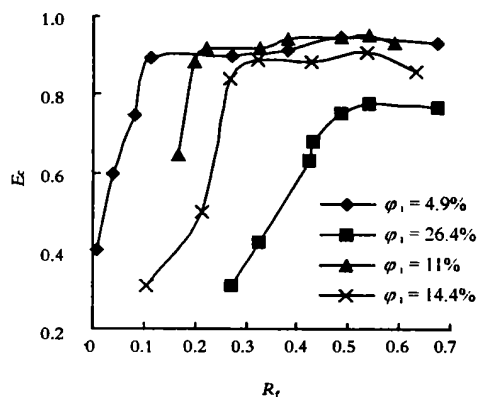


图 6 分离效率与进料口分散相体积分数的关系

Fig. 6 Variation of separation with split rate for different inlet water concentration

图 7 显示了 $R_{f,c}/\phi_i$ 与 ϕ_i 的关系, 发现 $R_{f,c}/\phi_i$ 值并不十分依赖 ϕ_i , 只是随着 ϕ_i 的增大, 稍微下降而已。这可能是随着 ϕ_i 的增大, 水滴碰撞聚结机会增大, 提高了内在的分离效率, 从而降低了 $R_{f,c}/\phi_i$ 的值。 $R_{f,c}/\phi_i$ 的值给操作提供了一个有效的导向, 在实际工况中, 产出液即进料口分散相体积分 ϕ_i 变化很大, 可以通过控制分流比来获得最佳分离效率。

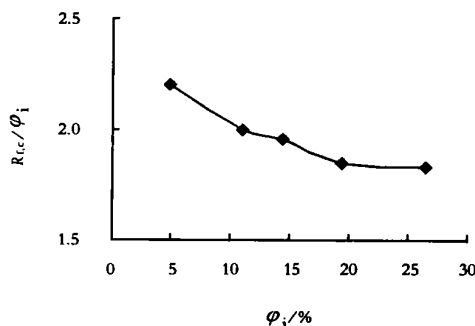


图 7 $R_{f,c}/\phi_i$ 与进料口分散相体积分数的关系

Fig. 7 $R_{f,c}/\phi_i$ against inlet water concentration

图 8 显示了在 $R_{f,c}/\phi_i \approx 2$ 时 E_c 与 ϕ_i 的关系。由图可以看出, 在给定的结构参数下 ϕ_i 存在一个范围, 在这个范围内能得到较好的分离效率。这是由于当 ϕ_i 较小时, 液滴碰撞聚结较少, 影响分离过程。随着 ϕ_i 的增大, 水滴聚结机会增加, 分离效率上升, 但当 ϕ_i 增加到一定程度时, 在接近底流口处会聚集很多水, 底流的排水阻力增大, 相当于增大了底流背压, 造成部分水倒流, 降低分离效率。

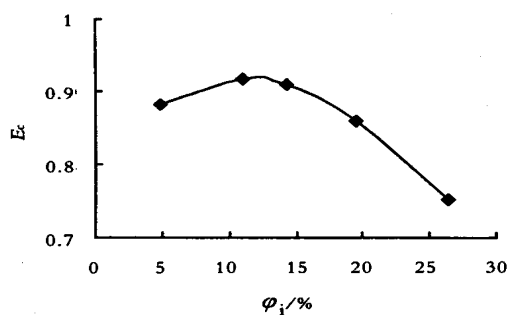


图 8 进料口分散相体积分数对分离性能的影响

Fig 8 Variation of separation with inlet water concentration

5 结 论

①流量对分离效率有显著影响。但在一定的流量范围内, 流量的变化对分离效率影响不大, 这说明旋流式脱水有较宽的操作范围。②对油脱水型旋流器而言, 进料口分散相体积分数存在一个极限范围, 在这个范围内有较好的分离效率。③对于给定

结构的旋流器, R_{fc}/φ_i 是一个重要的控制参数, 本试验表明, φ_i 在 10 ~ 15 % 之间, $R_{fc}/\varphi_i \approx 2$ 时能获得较高的分离效率, 这个关系式应由更大范围的 φ_i 来检验。

参考文献:

- [1] 蔡小华. 结构参数对油脱水型旋流器分离性能的影响 [J]. 江南大学学报 (自然科学版), 2002, 1 (4): 391—393.
- [2] EBBENHORST—TENGBERGEN H J, RIETEMA K D. Cyclones in Industry [M]. London: Elsevier, 1961.
- [3] SHENG H B, WELKER J R, SLEPCEVICH C M. Lique—Lique Separations in a Conventional Hydrocyclone [M]. London: Elsevier, 1974.
- [4] SMYTH I C, THEW M T, DEBENHAM P S. Small—Scale Experiments on Hydrocyclones for De—Watering Light Oils [A]. Int Conf on Hydrocyclones [C]. Cambridge: BHRA Fluid Engineering, 1980. 189—208.

Investigation into the De—Watering of Oil with Hydrocyclones

CAI Xiao—hua¹, YUAN Hui—xin¹, RONG Hong—ren²

(1. School of Mechanical Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016)

Abstract: A test rig has been specially built up to meet the requirements for control and measurement. The effects of operational and feed parameters on the separation performance of de—watering hydrocyclones have been investigated with tests. A critical split ratio (R_{fc}) is defined as the maximum overall efficiency. The ratio R_{fc}/φ_i is suggested as an indicator of hydrocyclone effectiveness and a useful control parameter.

Key words: de—watering hydrocyclones; separation efficiency; operational parameter; feed parameter