

一种新型高效油水聚积器 ——水力旋流器

杜春林 尹钟万 张德耀

(大庆石油管理局油田建设设计研究院)

1994 年 9 月 北京

一种新型高效油水聚积器——水力旋流器

摘 要

水力旋流器是一种高效率的分离设备,它具有体积小、效率高、无运动部件、操作维修简便、成本低等特点,因此越来越被人们重视。水力旋流器作为聚积器应用于油田尚属首次。大庆油田用这种聚积器对高含水原油进行预处理试验,使油滴快速充分聚积,提高了游离水沉降分离速度,使原来分离所需的停留时间由15min减少至2.5min,大大减少了脱水设备投资。本文介绍了水力旋流器工作原理及试验情况,并分析了这种聚积器在油田的应用前景。

随着油田注水开发年限的增加,油田逐步进入高含水开采期,大庆油田的采出液综合含水已达80%以上。采出液含水量的增加,使脱水设备愈来愈庞大,用于脱水的费用明显增加。尽管近些年在游离水脱除技术上有了较大进步,使游离水沉降时间有所缩短,但这些技术都无法改变分离过程靠自然重力聚积沉降的特点,限制了分离速度,很难使分离沉降时间进一步缩短。针对这一问题,大庆油田开展了高含水原油旋流分离技术研究,在国内外首次采用水力旋流器作为聚积器,使脱水时间由原来的15min缩短到2.5min,使脱水设备投资大幅度降低。

水力旋流器工作原理及技术发展概况

1. 工作原理

如图1所示,当互不相溶的混合液体,沿旋流器的切线入口以较高流速进入旋流器后,在入口及内壁形状的作用下,液体产生高速旋转流。在旋流器锥形段,旋流液体在断面逐渐收缩的作用下不断加速,使旋流的离心加速度达到数百甚至上千倍的重力加速度。在强大离心力场作用下,重度较大的液体被“甩”向旋流器壁,由下出口排出,而重度较小的液体则被挤向旋流器中心,形成一个旋转的“芯子”,从溢流口(上出口)排出。旋流器内轴向流速分布可由图2看出,该图是 Martin Thew 利用激光多普勒流速仪所测的旋流器几个断面处的轴向速度分布。从图2中可以看出,旋流器中心的这股反向流一直延伸至旋流器尾段,这说明分离是在整个旋流器长度范围内进行的。

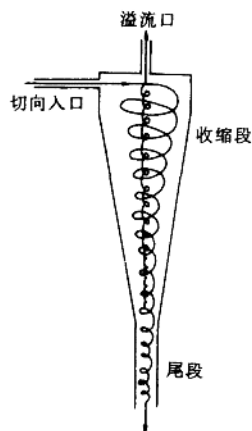


图1 工作原理图

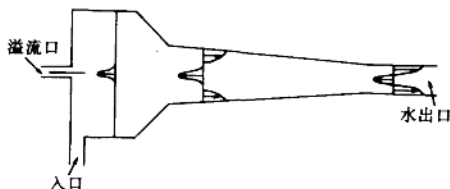


图2 旋流器内部轴向速度分布图

2. 水力旋流分离技术发展概况

液—液旋流分离技术是80年代开始发展并日趋完善的一项分离新技术。该技术发展初期是用于化学工业上两种重度差较大的溶剂分离上,后来在油田上也得到较普遍的应用,特别是在海上油田更普遍用作一种含油污水的处理手段,但用于高含水原油脱水的场合则很少,至今尚未见到用旋流器作为聚积器来提高设备处理能力的报告。

大庆油田于1992年做了用旋流器进行提高游离水设备处理能力的试验。得出结论是,采用旋流器作为聚积器可使设备处理能力至少提高6~8倍,可大幅度减少游离水设备投资。

试验条件及流程

1. 试验用水力旋流器

本次试验采用了两种不同结构型式的旋流器,一种是D75型,另一种是D60型。两种旋流器

主要区别在于其直径尺寸不同,两种旋流器均配有不同的溢流口尺寸,以供试验时筛选。

2. 试验介质条件

试验条件为:①原油密度为 $0.866\text{g}/\text{cm}^3$;②原油凝固点为 32°C ;③原油含胶量为 16.5% ;④原油含蜡量为 20.8% ;⑤选用破乳剂为SP169;⑥原油含水率为 $70\%\sim 90\%$ 。

3. 试验流程

试验工艺流程如图3所示。

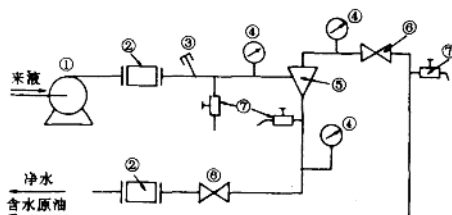


图3 试验工艺流程

①增压离心泵;②流量计;③温度测点;④压力测点;⑤旋流器;⑥溢流口;⑦取样口

试验结果及分析

1. 试验结果

试验时对旋流器两个出口及一个进口同时取样,对水出口样进行含油量分析,对溢流口及进口做静置分层对比试验同时测含水率。试验结果见表1、表2。

表1 旋流脱水试验数据

序 号	来 液 含水率 %	脱出水 含 油 mg/L	脱出水 含 水 %	加药量 mg/L	序 号	来 液 含水率 %	脱出水 含 油 mg/L	脱出水 含 水 %	加药量 mg/L
1	72.3	972.7	55.11	13.0	11	84.9	497.8	54.4	17.4
2	70.8	1060.0	40.0	13.5	12	89.7	580.9	53.9	17.0
3	72.1	929.3	520.6	13.2	13	98.0	552.7	55.2	17.2
4	72.4	846.4	49.4	13.2	14	86.1	498.9	54.3	15.2
5	71.9	1164.7	48.8	13.3	15	90.4	688.1	56.3	15.7
6	84.6	1061.0	53.5	15.8	16	89.5	400.8	55.6	15.7
7	81.6	967.3	54.9	15.9	17	84.4	596.6	56.1	22.2
8	87.9	620.6	56.2	15.9	18	81.2	178.5	58.7	15.2
9	85.6	1021.1	55.0	16.9	19	77.5	115.5	58.5	15.0
10	89.2	981.2	53.2	16.7	20	82.1	243.1	56.2	15.0

表1、表2中试验温度为 $38.0^\circ\text{C}\sim 40.0^\circ\text{C}$,表1中前10组数据为D75型旋流器试验数据,后

10组为D60型数据。表2为D75旋流器试验数据。

表2 来液与溢流口出油静置分层对比试验数据

静置分层 时间 min	来液分层情况		旋流器溢流口脱出油分层情况	
	分离后水中含油 mg/L	分离后油中含水 %	分离后水中含油 mg/L	分离后油中含水 %
0.5	未分层	未分层	396	27.6
5	2472	(空)		
10	1782	31		
20	1382	32.6		
25	1018	30.3		

从表中可以看出,旋流器溢流口脱出的含水原油可在30s内分层并使水中含油低于400mg/L,达到合格(<1000mg/L),比来液(未经旋流器处理的)缩短沉降时间约25min左右,提高分离速度近50倍,液体在旋流器内滞留时间仅2s。在静置分层试验中可以观察到,经过旋流器处理后的含水原油,在30s分层后,油水界面清晰,无乳化过渡层;而来液沉降15min左右时,油水界面仍不明显,油水相间有过渡层。这说明旋流对水包油型乳状液有明显的破乳作用。

2. 试验分析

(1) 旋流器内油滴聚积过程分析

根据斯托克斯公式,在油水混合物中油水自然沉降分离时油滴的上浮速度为:

$$v = \frac{g(\rho_w - \rho_o)d_o^2}{18\mu} \quad (1)$$

式中

v ——油滴上浮速, m/s;

g ——重力加速度, m/s²;

ρ_w, ρ_o ——水和油的密度, kg/m³;

d_o ——油滴直径, m;

μ ——水的动力粘度, Pa·s。

经过旋流器处理的含水原油的沉降分离速度会大大提高,其原因可由公式(1)分析得出。从公式(1)中可以看出,高含水原油经过旋流器后唯一可能改变的因素是油滴直径 d_o 。由此可以说明旋流器内有很强的聚积作用。

对于旋流器内的分离过程,斯托克斯公式仍然成立。只是由于自然重力分离中的重力场在这里变为离心力场,式(1)中的重力加速度 g 也应由离心加速度 a 来代替,式(1)变为:

$$v = \frac{a(\rho_w - \rho_o)d_o^2}{18\mu} \quad (2)$$

式中: a ——离心加速度, m/s²。

本次试验中的离心加速度在300g以上,因此旋流器内分离过程进行很快。

由试验结果表2、及图4可以看出,经内旋流器处理的含水原油可在极短的时间沉降合格,说明含水原油中的油滴已充分聚积。

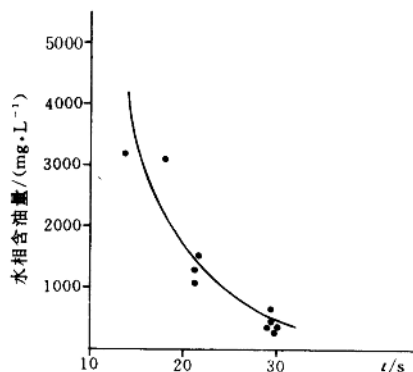


图4 含水原油沉降时水相含油量

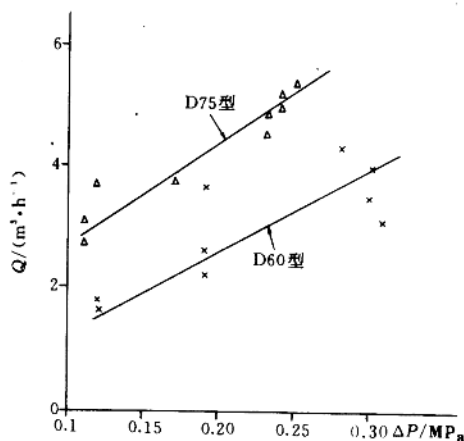


图5 两种旋流器处理量对比

根据旋流器工作原理,可这样描述旋流器内

的聚积过程,高含水原油高速进入旋流器后,产生旋流并不断加速产生强大离心加速度,使油水产生分离。较大重度的水滴被抛向旋流器内壁,而油滴则被迅速挤向旋流器中心,此时离心加速达数百倍 g 。在如此强大离心力场作用下,被挤到旋流器中心的“油芯”中的油滴随浓度迅速增加,聚积碰撞的机会也增多,油滴高速旋转、相互挤压碰撞、聚积成较大直径的油滴。由于这一过程进行很剧烈,使得水包油型乳状液破乳。充分聚积的含水原油从溢流口排出;另一部分分离出的已达到合格的水从下出口排出。这一聚结过程是自然重力聚积的任何方法所无法比拟的。

考虑到实际运行中各种因素对游离水沉降脱除的影响,在采用水力旋流器作为聚积器时,可将沉降分离时间定为 2.5min 较合理。

(2)两种旋流器试验结果对比

无论从理论上还是从试验数据(表 1)中都可

看出,旋流器的主要结构尺寸 D 对油水分离有较大影响。它不仅对分离效果有影响,而且对处理量影响也很大(见图 5)。图 5 是各种压差条件下两种旋流器的处理量。尽管从处理效果上,由于直径较小的旋流器旋流半径小可产生较大的离心加速度,处理效果好一些。但从表 1 可以看出,D75 型旋流器分离效果也完全达到合格(水中含油 $<1000\text{mg/L}$),且在相同压差条件下,D75 型旋流器的处理量比 D60 型多约 1.5 倍。因此,采用 D75 型旋流器作为聚积器较为合适。

水力旋流器在油田的应用前景

采用水力旋流法进行含油注水处理已被很多油田所接受,从表 3 的经济效益对比可以看出,采用水力旋流器作为聚积器提高设备处理能力这一方法也将会被各油田接受。

表 3 两种脱水法经济效益对比表

常规脱水工艺投资费用							旋流脱水法投资费用						
设备投资项目	设备名称规格	数量	单重 t	单价 万元	总投资 万元	总重 t	设备投资项目	设备名称规格	数量	单重 t	单价 万元	总投资 万元	总重 t
	1 $\varnothing 4 \times 30\text{m}$ 游离水脱除器	4	56	44.8	179.2	224		1 旋流器	150		0.055	8.3	2.5
	2 自动放水系统	4		1.5	6			2 $\varnothing 4 \times 16\text{m}$ 游离水脱除器	1	34	27.2	34	
	3 自动液位报警器	24		0.25	6			3 基础	2		0.2	0.4	
	4 基础	14		0.2	2.8			4 其它				5	
	合计				194	224		合计				40.9	35.5

备注:节约约 158 万元,节省钢材 202 t。

表 3 以大庆油田某联合站实际投资规模为对比对象进行的效益对比。该站处理量为 1.8 万 t/d,共有四台 $\varnothing 4 \times 30\text{m}$ 游离水脱出器。采用旋流器作为聚积器,至少可省去 3.5 个原来大小的游离水脱出器,节省一次性投资约 150 万元,节约钢材 200 t,经济效益十分明显。

当然,采用旋流器作为聚积器需提高系统压力,要消耗一定的电能,具体应用时需以当地情况为条件,做进一步的经济效益对比,以确定其可行性。

石油物探局制图印刷厂
照排印刷