

# 内置静电聚结构件油水分离器液滴聚结特性\*

赵雪峰<sup>1,2</sup> 何利民<sup>1</sup> 吕宇玲<sup>1</sup> 罗小明<sup>1</sup> 王宪中<sup>3</sup> 王亚林<sup>3</sup>

1 中国石油大学(华东)储运与建筑工程学院; 2 大庆油田设计院

3 中国石油吉林油田分公司勘察设计院

**摘要:** 为了提高含聚结构件油水分离器分离效率, 针对容器内置式静电聚结构件进行研究, 通过粒径的变化和分离器油出口含水变化来评价静电聚结效果。在油水分离器内安装单板绝缘电极, 改变含水率、流量和电压, 确定聚结板的分离特性。评价结果表明: 电场强度对聚结设备分离效率有重要影响, 提高电场强度, 可以有效提高液滴聚并速率; 含水率对原油乳状液的黏度、初始粒径分布和介电常数有重要影响; 随着流量降低, 分离器中水滴沉降时间延长, 油水分离效率提高。

**关键词:** 液滴; 电场强度; 粒径; 聚结; 介电常数

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2013.1.001

目前大部分油田采出的原油含水量过高, 聚合物驱的使用也造成原油乳化严重且很难分离, 仅靠重力作用进行油水分离的设备已经无法满足实际需求, 必须对其进行改造<sup>[1]</sup>。国外研究表明, 一定结构的复合电极和交流电场可以提高乳化液中水滴的聚结效率, 开发出的四种不同结构的静电聚结器均取得了较好试验效果<sup>[2]</sup>。国内近年在静电聚结机理和影响因素方面开展了一些试验研究工作<sup>[3-5]</sup>。为了提高含聚结构件油水分离器分离效率, 在前期研究基础上, 针对容器内置式静电聚结构件进行研究, 通过粒径的变化和分离器油出口含水变化来评价静电聚结效果。

## 1 理论研究

在油水分离器内安装单板绝缘电极, 改变含水率、流量和电压, 确定聚结板的分离特性。

采用平板绝缘电极时, 油水乳状液中的电场强度为

$$E = \frac{U}{d_2 + d_1 \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} \quad (1)$$

设绝缘层厚度为  $d_1$ , 绝缘层介电常数为  $\epsilon_1$ , 原油乳状液流道宽度为  $d_2$ , 乳状液介电常数为  $\epsilon_2$ , 电场强度为  $E$ , 电极板之间施加的电压为  $U$ 。

从式(1)可以看出, 乳状液电场强度随绝缘材料相对介电常数  $\epsilon_1$  增大而增大, 采用的绝缘材料类型对静电聚结效率有很大影响。介电常数比小于1时, 油水乳状液中电场强度随绝缘层厚度增大

而增大; 介电常数比大于1时, 油水乳状液中电场强度随绝缘层厚度增大而减小; 在其他条件不变时, 油水乳状液中电场强度随电极板间的电压增大而增大。

## 2 室内实验

### 2.1 实验流程

本实验将静电聚结构件放置于有机玻璃油水分离器内部, 研究不同含水率、流量和电压作用下静电聚结机制。原油和水经过泵和阀门的剪切形成稳定的油包水型乳状液后进入分离器, 流经整流板后通过聚结构件。在电极板前后安装了取样装置, 不同电场下实验介质中水滴粒径与油水分离效率不同, 通过液滴粒径变化和分离器出口介质含水率来评价静电聚结效果与装置整体油水分离效果。具体实验流程如图1所示。

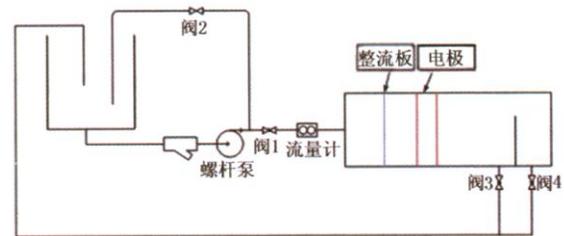


图1 实验流程

### 2.2 实验内容

对单板绝缘电极的分离性能进行研究, 实验介质的含水率配比分别为15%、25%和33%, 流量采用6、12和18 L/min, 施加频率为50 Hz、电压为

基金论文: 国家自然科学基金项目(51006124, 51106182); 博士点基金(20090133120006)资助。



0~10 000 V 的交流电。实验主要研究电场强度、流量和介质含水率对内置静电聚结构件油水分离器内液滴聚结的影响规律。

### 3 实验结果及分析

#### 3.1 电场强度影响

图2为采用平板电极时液滴平均粒径随电场强度的变化曲线,实验介质含水率为25%,流量为12 L/min。从图2可以看出,随电场强度增大,水滴粒径随电压升高而逐渐增大,说明增大电场强度,能够提高液滴聚并效率。从图2还可以看出,随电场强度增大,液滴的3种粒径均随之增大,且比表面积平均粒径变化速率最大。这是因为电场强度升高,部分小粒径液滴会聚集成粒径较大的液滴,但小液滴的个数仍占大多数,并且在体积方面大液滴占优势,所以比表面积平均粒径较大。

沉降实验结果表明,随着电压升高,同一时间段内沉降出的水的体积逐渐增大。这是因为随着电压升高,作用在原油乳状液上的电场强度增大,液滴粒径随之增大。由斯托克斯公式可知,沉降速度与粒径的平方成正比,所以相同时间段内沉降出的水的体积随电压升高而增大。

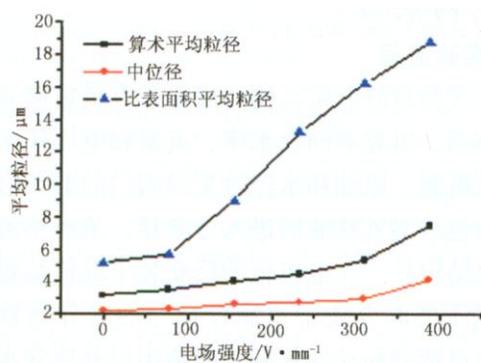


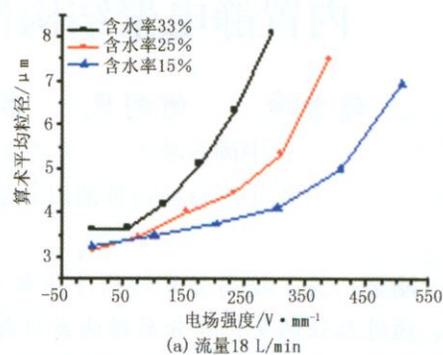
图2 平均粒径与电场强度关系

#### 3.2 含水率影响

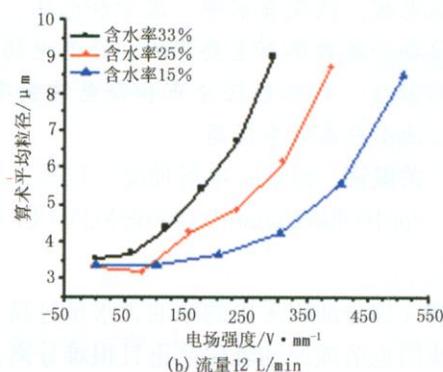
图3为不同流量下,不同含水率的原油乳状液中液滴粒径随电场强度关系曲线。对比图3(a)、(b)、(c)可以看出,含水率对液滴聚并影响非常明显,在相同流量与场强作用下,聚结后的水滴粒径随介质含水率升高而增大。这与交流电场对高含水乳状液的处理高效性相一致。未经电场作用时,含水率较高的油水乳状液液滴分布较密集,且液滴的平均粒径随含水率升高而增大,这有利于电场作用下液滴的聚并。

实验结果表明:在相同电压的作用下,随着含水率升高,作用在原油乳状液上的电场强度降低。这是因为含水率升高导致实验介质介电常数增大,电导率升高,所以作用在原油乳状液上的电场强度

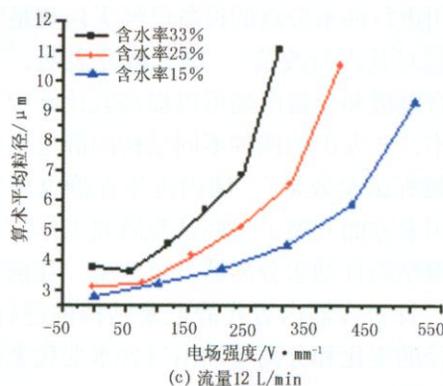
降低。



(a) 流量18 L/min



(b) 流量12 L/min



(c) 流量12 L/min

图3 不同流量下液滴算术平均粒径随电场强度的变化

#### 3.3 流量影响

图4为不同含水率下,不同流量的液滴算术平均粒径随电场强度变化关系。对比图4(a)、(b)、(c)可以看出,当施加的电压较低时,作用在乳状液上的电场强度较低,不足以使水滴发生聚结。将水滴开始发生静电聚结的电场强度定义为临界电场强度,随着含水率升高,实验介质临界电场强度降低。这是因为含水率较高的原油乳状液,水滴分布较密集,水滴间距相对较小,有利于偶极聚结的发生,所以随着含水率升高,临界电场强度降低。从图4中还可以看出,乳状液含水率相同时,电场作用下液滴粒径随流量升高而减小,因为流量升高,介质在实验设备中停留时间短,电场作用时间短,液滴不能充分聚并,因此液滴平均粒径随之减小。

#### 3.4 电极能耗

用高压变压器的输出功率来表示单板绝缘电极



的能耗。外加电压升高时, 电流增大, 能耗增加。实验中发现, 当介质含水率为33%、流量为18 L/min时, 单板绝缘电极静电结构件的最大能耗仅有60.3 W, 能耗较低, 长期连续运行使用较为经济可靠。

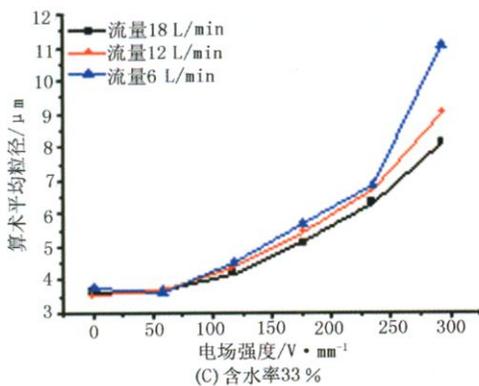
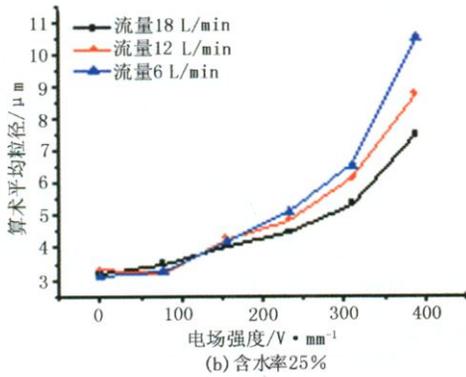
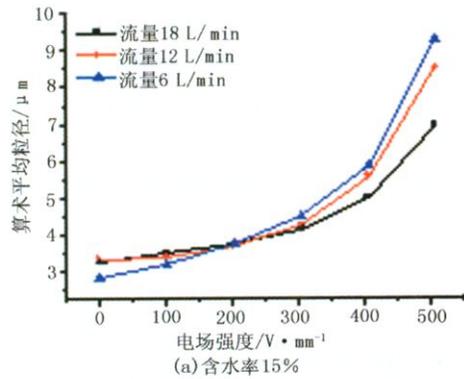


图4 不同含水率下液滴算术平均粒径随电场强度的变化

#### 4 结论

(1) 电场强度对聚结设备分离效率有重要影响, 提高电场强度, 可以有效提高液滴聚并速率, 有利于油水乳状液的分离。

(2) 含水率对原油乳状液的黏度、初始粒径分布和介电常数有重要影响。含水率升高, 介质的初始粒径相对较大, 且液滴分布间距较小, 有利于液滴聚并, 提高分离效率。含水率不同, 介质的临界场强也不同, 其临界场强随含水率升高而降低。

(3) 流量较小时, 电场作用时间增加, 液滴聚

并更加充分。水滴在分离器中的沉降时间随流量降低而增加, 油水分离效率提高。

#### 参考文献

- [1] 张黎明, 何利民, 王涛, 等. 含聚结构件油水分离器性能研究[J]. 高校化学工程学报, 2009, 23 (2): 345-350.
- [2] T. A. Fjeldly, E. B. Hansen, P. J. Nilsen, et al. Novelcoalescer technology in first-stage separator enables one-stage separation and heavy-oil separation[C]. Houston: 2006.
- [3] 张黎明, 何利民, 张晶, 等. 电极结构及绝缘层对静电聚结器的影响[J]. 油气田地面工程, 2010, 29 (10): 18-20.
- [4] 吕宇玲, 何利民, 王国栋, 等. 含不同构件的重力式分离器内流场数值模拟[J]. 石油机械, 2008, 36 (2): 12-16.
- [5] 丁艺, 陈家庆, 尚超, 等. W/O型乳化液在矩形流道中的静电聚结破乳研究[J]. 石油化工高等学校学报, 2010, 23 (3): 11-16.

[第一作者简介]赵雪峰: 高级工程师, 1996年毕业于大庆石油学院石油与天然气机械工程专业, 获硕士学位, 现在大庆油田设计院从事油田地面工程技术管理工作。

(0459)5902979、zhaoxuefeng@petrochina.com.cn

### 多级离心泵的技术创新

林聿忠 武汉聿桥泵业科技有限公司

武汉聿桥泵业科技有限公司新型泵用停车密封和新型副叶轮密封两项专利技术在多级泵中进行了联合应用。其工作原理是: 泵启动运行时, 副叶轮高速旋转, 使轴封处产生负压, 形成动密封, 输送液不会外漏。此时, 停车密封装置的推力盘中, 三个钢球在离心力的作用下, 沿滑道飞向外周, 借助传动座的斜面产生轴向推力, 将停车密封圈推开, 与封盖脱离接触, 停车密封装置不起密封作用。泵停止运行时, 副叶轮不起密封作用。由于离心力的消失, 推力盘滑道中的钢球回落到中心位置, 在弹簧力的作用下, 使停车密封圈与封盖紧密接触, 形成静密封, 停车密封装置起密封作用, 泵停车后输送液不会外漏。

综上所述, 副叶轮密封(动密封)+停车密封(静密封)两项专利技术联合组成的轴封装置, 实现了泵停车和运行时输送液均无外漏, 可取代机械密封, 其使用可靠性和使用寿命均优于机械密封。

(栏目主持 杨 军)

