

# 大型薄壁栓接罐中工艺参数对气液两相射流搅拌效果影响的模拟研究

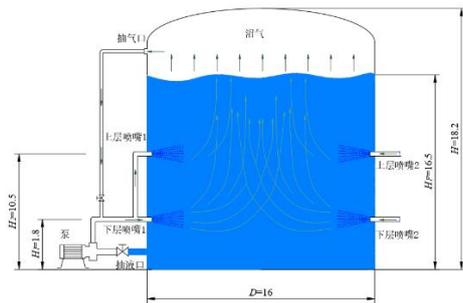
宋子锋\*, 李双喜\*, 2), 芦建平+, 杨兴+, 黄承尧\*

\* (北京化工大学机电工程学院, 北京朝阳区 100029)

+ (北京盈和瑞环境科技股份有限公司, 北京房山区 102488)

## 1. 概述

射流搅拌系统结构如下图所示, 预置管路一端连接罐顶作为气路供应管路, 另一端连接罐底作为液体供应管路, 同一水平面预置多个偏心喷嘴, 预置管路汇集于外置泵并通过喷嘴将气液两相混合后经过喷嘴处射入流场内。

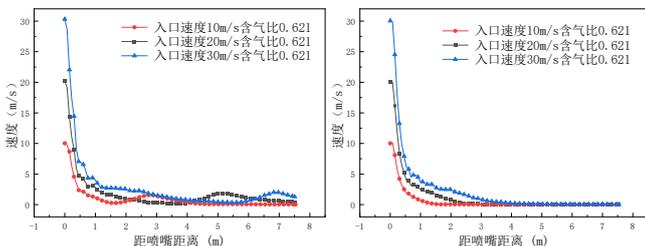


## 2. 有限元仿真

采用 SST K- $\omega$  湍流模型, 是一种考虑湍流剪切应力传递的一种改进型湍流模型, 同时采用 VOF 两相流模型, 用以模拟气液两相相分界面。

## 3. 入口流速对流场影响

根据射流速度特点将沿喷嘴方向射流分为三个分区: 快速衰减区、缓慢衰减区、平滑区。对照多组速度曲线, 射流快速衰减区范围相近, 普遍位于沿喷嘴距离 0-1m 范围内; 缓慢衰减区范围有所不同, 入射速度越高, 对于远端流场影响更大; 不同入射速度的平滑区速度近乎一致。



## 4. 搅拌效果表征参数

(1) 所谓“死区”就是流场内速度极低, 可认为是非有效流动的区域, 本文以“死区”比率表征射流搅拌对流场的影响范围。

(2) 本文引入液相速度均方根表征混合效果, 液相速度均方根函数表达式如下。

$$C = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}}{\bar{v}}$$

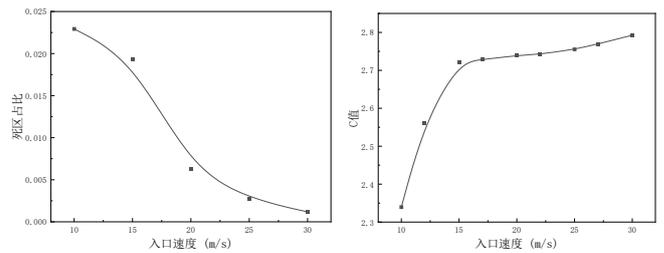
式中,  $n$  为数据数量;  $v_i$  表示流场内某处速度, m/s;  $\bar{v}$  表示流场平均速度, m/s。

液相速度均方根数值越大表示液相流场扰动程度更强。

(3) 参照液相速度均方根, 本文引用初始自由液面液相体积分数均方根来表征自由液面翻腾的剧烈程度, 数值越大表示自由液面翻腾越剧烈。

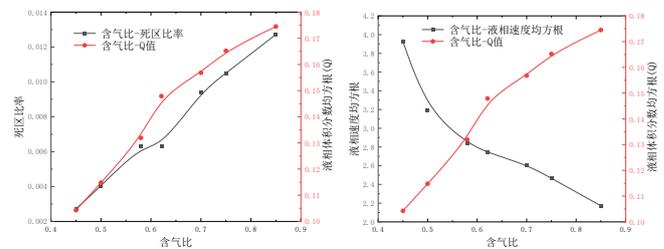
$$Q = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}}{\bar{\alpha}}$$

式中,  $n$  为数据数量;  $\alpha_i$  表示初始自由液面某处液相体积分数;  $\bar{\alpha}$  表示初始自由液面平均液相体积分数。



(a)  $v_{in}$ -死区比率曲线

(b)  $v_{in}$ -C 值曲线



(c)  $a$ -死区比率/Q 值曲线

(d)  $a$ -C 值/Q 值曲线

## 5. 结论

(1) 结合数值模拟结果及实际装置运转情况发现, 罐壁晃动是由于大气泡团破裂释放出大量能量, 致使流场波动剧烈冲击罐壁, 使罐内出现负压区, 因此喷嘴距自由液面距离不宜过近;

(2) 入口速度的提升会增强流场搅拌效果, 但运营成本会提升, 且过于剧烈的流动会导致罐体失稳, 当速度合适时, 流场系统死区比率较低, 且具有最高的搅拌收益率, 因此推荐射流入口速度选择 17-22m/s;

(3) 射流介质含气比与流场搅拌效果负相关, 与破壳效果正相关。射流介质含气比为 0.621 时, 同时具备更优的搅拌效果及破壳效果。