

一种改进型T型管气液分离室内试验研究

杨风斌¹, 顾永涛¹, 王玉江², 蒿秋军³, 史仕荧⁴, 李华⁴

(1.胜利油田孤东采油厂, 山东 东营 257237 2.胜利油田工程技术管理中心, 山东 东营 257000 ;

3.胜利油田注汽技术服务中心 孤岛注汽项目部, 山东 东营 257000 4.中国科学院力学研究所, 北京 100190)

摘要 T型管多分叉结构在油田中广泛存在, 但将其作为一种气液分离器在生产中的应用还不太常见。文中通过对其出气口、出液口结构进行改进, 利用室内实物试验, 研究得到了在不同条件下其分离性能的变化规律。结果表明, 通过对出气口改进, 能够降低出气口气体携液能力; 当入口混合流速低于1.5 m/s时, 气、液两相在T型管内部形成气液界面, 当控制气液界面在下水平管上表面和上水平管下表面之间变动时, 分离后的气中不含液、液中不含气; 当气液界面和入口混合流速都在最佳范围区间内变动, 改变入口含气率, T型管的分离性能不变, 研究结果为促进T型管在气液分离领域内的工业应用提供了指导。

关键词 改进型T型管; 气液分离; 分离性能; 室内试验

中图分类号: TE 93

文献标志码: A

文章编号: 1002-2333(2022)06-0107-03

Experimental Study on an Improved T-tube Gas-Liquid Separation

YANG Fengbin¹, GU Yongtao¹, WANG Yujiang², HAO QiuJun³, SHI Shiying⁴, LI Hua⁴

(1. Gudong Oil Production Plant, Shengli Oilfield, Dongying 257237, China; 2. Engineering Technology Management Center of Shengli Oilfield, Dongying 257000, China; 3. Gudao Steam Injection Project Department, Shengli Oilfield Steam Injection Technical Service Center, Dongying 257000, China; 4. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: T-tube multi-fork structure is widely existed in oil fields, and it is not common to use it as a kind of gas-liquid separator in production. This paper improves the structure of air outlet and liquid outlet. The change rule of its separation performance under different conditions is studied by using indoor physical test. The results show that the gas carrying capacity of the outlet can be reduced by the improvement of the outlet. When the inlet mixing flow rate is lower than 1.5 m/s, the gas-liquid interface is formed in the T-tube. When the gas-liquid interface is controlled to change between the upper surface of the lower horizontal pipe and the lower surface of the upper horizontal pipe, the separated gas does not contain liquid, and the liquid does not contain gas. When the gas-liquid interface and the inlet mixing velocity vary within the optimal range, the separation performance of T-tubes remains unchanged when the inlet gas holdup is changed. The research results provide guidance for promoting the industrial application of T-tubes in the field of gas-liquid separation.

Keywords: improved T-tube; gas-liquid separation; separation performance; laboratory test

0 引言

随着油田开采进入中后期, 采出液含油率逐年升高, 使得油田濒临经济开采极限, 采用大罐式分离设备体积大、成本高, 急需紧凑型分离设备以精简流程、降低开采成本。而采用紧凑型分离器, 气液分离通常是第一环节。目前关于紧凑型气液分离器的研究大概分为两类: 一类为T型管^[1], 另一类为旋流器^[2]。对于分离气液两相的旋流器一般应用在天然气工业中, 即液相为液滴的气液分离领域^[3]。旋流器应用在含液率较高的气液分离领域时, 通常直径较大, 即做成罐的形式^[4]。而对于胜利油田的气液分离领域, 一般液相为连续相, 故采用T型管进行气液分离结构比较紧凑。早在20世纪70年代就有学者对于T型多分叉管开展气液两相流动分离的研究^[5], 大部分的研究围绕着T型管内分岔处的结构对气液两相分离的影响, 很少

有关于如何使得T型管适应瞬态万变的气液两相高效分离方面的研究^[6-8]。

在上述背景下, 本文研究了一种基于管道动态重力沉降原理进行气液分离的改进型T型管, 对其中的气液分离性能开展了相关室内试验研究, 研究结果为T型管的工业应用提供指导。

1 试验装置及方法

1.1 试验装置及流程

图1所示为试验装置的结构尺寸图, 这种改进型T型管的上部出口即出气口设置了一个垂直出口, 下部出口即出水口设计了一个U型管。T型管的主管路均由直径为50 mm的管道连接而成, 其中4根竖直管水平间距为1000 mm, 垂直间距为600 mm, 总体长度为4000 mm, 其中定义 h 为气液界面距离水平管的高度。

将改进型T型管安装在如下试验流程中: 气、水两相分别从空压机、水泵计量后以一定含气率进入T型管, 经过T型管分离后, 气相从上部流出, 水相从下部出液口流

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDB22030201)

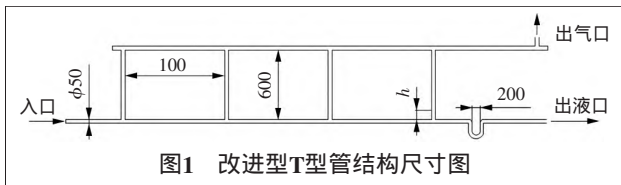


图1 改进型T型管结构尺寸图

出回到水罐,然后水被泵抽回系统循环试验,如图2所示。

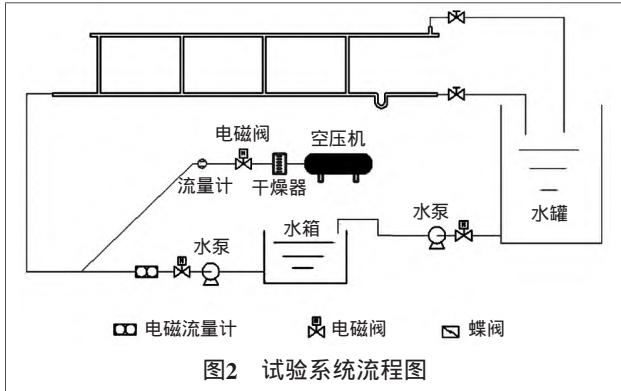


图2 试验系统流程图

1.2 试验介质

试验介质为空气和水,试验在常温下开展,其中水的密度为 1000 kg/m^3 ,黏度为 $0.013 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。为了便于观察,利用水溶性葡萄紫将水染成紫色。

2 试验结果与讨论

2.1 参数定义

本文涉及到的入口含气率即入口气体的流量与总体积流量之比,定义如下:

$$\alpha = Q_g / Q_h$$

式中 Q_g 为入口气相体积流量, m^3/h ; Q_h 为入口总体积流量, m^3/h 。

入口混合流速 v 的定义如下:

$$v = Q_h / A$$

式中 A 为管道横截面积, m^2 。

2.2 气液分离性能随气液界面波动变化规律

当入口含气率为25%,入口混合流速为 1 m/s ,试验改变气液界面,观察从出气口、出液口的气液两相流流态。试验发现,当气液界面高度为0时,可以看到出气口不含液体,但是部分气泡被携带从出液口流出,即使有U型管,气泡仍然被携带从出液口流出。随着气液界面的升高,在竖直管的范围内,出液口不含气、出气口不含液体。当气

液界面到达上部水平管中时,出液口不含气体、出气口会有少部分液体被携带从出气口流出;相对于出气口结构不改变时,出气口的含液率大大降低。这主要是由于液体的密度高于气体,气体携带液体向上流动所需的能量会高于气体携带液体水平向前运动,故部分液体会在重力作用下向下运动,气液分离性能得到提高。

2.3 气液分离性能随入口流速变化规律

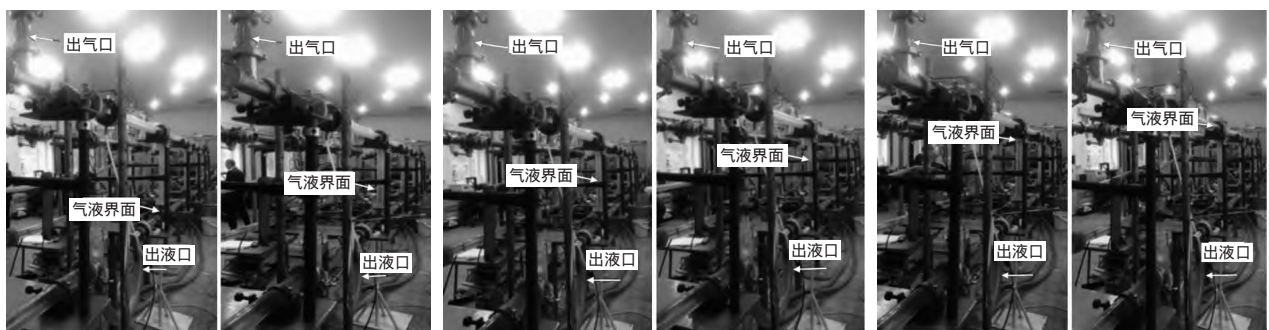
当保持入口含气率为25%,增大入口混合流速。试验研究发现,当气液界面 h 保持在竖直管范围内时,速度低于 1.5 m/s 时,分离的出气口气中不含液体,分离的出液口中不含气体;当速度达到 1.5 m/s 时,分离后的出气口气中仍然不含液滴,但是出液口会含有少部分气泡。观察发现主要是由于速度较高时,部分小气泡来不及及上升至T型接头进入竖直管,而快速被液体携带从出液口流出,说明改进后的T型管应用时应保持在一定的入口混合流速范围内,从而使得其分离性能优良。

2.4 气液分离性能随入口含气率变化规律

当入口流速为 1.0 m/s ,保持气液界面 h 在竖直管范围,改变入口含气率,试验结果如图5所示。从试验可以看出,随着入口含气率增大,只要气液界面在竖直管范围内,出气口不含液体,出液口不含气体。当含气率较低时,将出气口阀门关小从而维持气液界面在竖直管范围内;当含气率较高时,将出气口阀门开大从而让气体快速流出,气液界面也可以维持在竖直管范围内。故含气率改变对改进型气液分离器分离性能影响也不大。

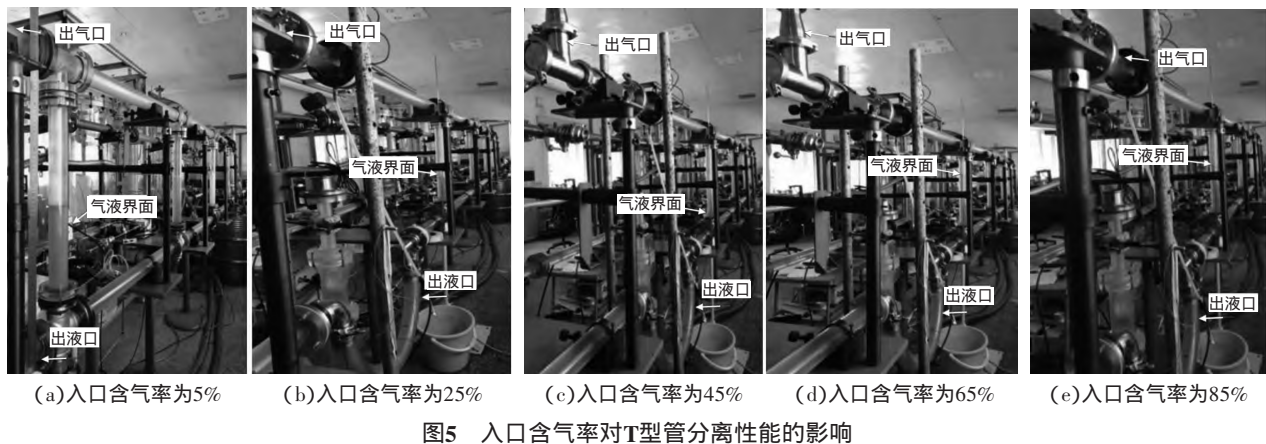
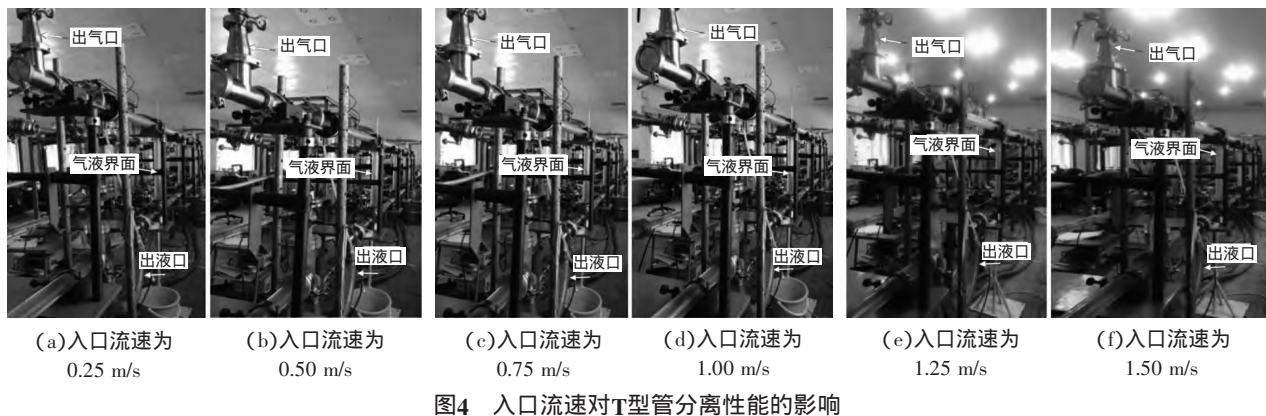
3 结论

通过对T型管出气口、出液口的结构进行改进,并经试验研究得到如下结论:1)出气口结构改进可以降低出气口气体携带液滴的能力,从而降低出气口气中含液率;出液口结构的改进对于提高气液分离性能的作用有限;2)当其余条件一致,入口混合流速在 1.5 m/s 以内变化气液界面时,气液界面高于下水平管的上表面,低于上水平管的下表面,能够使得改进后的T型管出气口不含液、出液口不含气。3)当其余条件不变,保持气液界面在竖直管范围内,入口混合流速低于 1.5 m/s 时,气液分离性能优良,T型管的最佳流速范围应控制在 1.5 m/s 以内。4)当入口混合流速在 1.5 m/s 以内,气液界面竖直管范围内,其余条件一致的前提下,改变入口含气率,试验发现,T型管能



(a)气液界面 $h=0 \text{ cm}$ (b)气液界面 $h=25 \text{ cm}$ (c)气液界面 $h=28 \text{ cm}$ (d)气液界面 $h=41 \text{ cm}$ (e)气液界面 $h=57 \text{ cm}$ (f)气液界面 $h=64 \text{ cm}$

图3 气液界面对T型管分离性能的影响



够适应广泛的气液两相流相含率范围。

总之,改进型T型管性能优良,通过对其性能研究,获得了其性能变化规律,研究为其工业应用提供了指导。

[参考文献]

- [1] 杜雪麟.T形多分支管内气液两相分离特性研究[D].东营:中国石油大学(华东),2012.
- [2] 范大为.气-液分离水力旋流器理论与试验研究[D].大庆:东北石油大学,2009.
- [3] 余佳敏,张永星,陈鑫鑫,等.轴流导叶式旋风分离器含蜡天然气气液分离特性模拟[J].石油化工设备,2019,48(4):1-8.
- [4] 黎亚洲,廖晓炜,刘峰,等.油气分离装置的研究进展简介[J].中国特种设备安全,2020(7):22-25.
- [5] ORANJE L. Condensate Behavior in Gas Pipelines is Predictable[J].Oil and Gas Journal, 1973, 71(27):39-44.

- [6] FUJII T, TAKENAKA N, NAKAZAWA T, et al. The Phase Separation Characteristics of a Gas-liquid Two-phase Flow in the Impacting T-junction[C]// Proceeding of the 2nd International Conference on Multiphase Flow. 1995:627-632.
 - [7] DAS G, DAS P K, AZZOPARDI B J. The Split of Stratified Gas-liquid Flow at a Small Diameter T-junction[J].International Journal of Multiphase Flow, 2005, 31(4):514-528.
 - [8] 杨利民,冯妍,吕金萍,等.气液两相流在180°弯头上T形管处相分离的试验研究[J].实验流体力学, 2015, 29(3):47-53.
- (编辑 马忠臣)

作者简介:杨风斌(1978—),男,本科,高级工程师,从事油气集输工程与技术研究工作。

收稿日期 2021-07-21

(上接第106页)

式,安装方便牢固。目前新型临边防护栏已在某高速公路桥梁施工现场进行了试装,效果反响良好,可供公路桥梁工程施工现场参考使用。

[参考文献]

- [1] 朱海涛.公路桥梁现场施工安全管理影响因素及对策[J].住宅与房地产,2020(33):153-154.
- [2] 曾硕.高速公路桥梁外侧防撞护栏创新设计分析[J].建筑,2021(4):75-76.
- [3] 王为民.超高层建筑施工过程中的安全防护及应用[J].建筑施工,2018,40(8):1381-1384.
- [4] 汪昱洲,丁亮.农村公路路侧险要路段安全生命防护工程措施

- [J].广东公路交通, 2018,44(6):20-22.
 - [5] 苏秀英,李杰,杨迎春.基于绿色施工环境的公路施工技术研究[J].中国资源综合利用,2021,39(1):70-72.
 - [6] 汽车及挂车侧面和后下部防护要求:GB 11567-2017[S].
- (编辑 马忠臣)

作者简介:周志红(1978—),男,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为机械结构设计、液压传动控制等;
朱奇(1979—),男,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为机械结构设计、液压系统设计等。

通信作者 朱奇 67502041@qq.com。

收稿日期 2021-08-10