

[引著格式] 王乐. 油气两相管流持液率变化试验研究 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (7+8): 40~43.

油气两相管流持液率变化试验研究

王乐 (长江大学石油工程学院, 湖北 武汉 430100)

[摘要] 油气两相混合流动是石油行业内普遍存在的现象, 持液率的研究可以对多相流动提供研究基础。通过室内油气混合流动试验研究, 在不同倾角的有机玻璃管内进行不同液量、不同气液比、不同管径的对比试验, 得到了不同情况下持液率随外界条件改变而变化的规律。试验结果表明, 管线倾角影响管流的持液率, 水平管流的持液率不同于非水平段, 当角度从 0° 增加后, 持液率有明显的变化, 随角度增加有规律地缓慢变化, 最后当倾斜管变为垂直管时, 持液率又有所回落。气体流量的增加使持液率表现出近似自然对数的递减规律。液体流量的变化对持液率的影响较小, 只有在水平管流中, 液体流量才会对持液率有明显的影响。管径对流型有一定影响, 由于液体增多可能使环流或过渡流变为段塞流。该试验研究, 对油田采油方式的选择、制定合理工作制度、高效开发具有一定指导意义。

[关键词] 油气两相流; 管线倾角; 持液率; 气液比; 管径

[中图分类号] TE355

[文献标志码] A

[文章编号] 1000-9752 (2015) 07+08-0040-04

在石油与天然气行业的生产及运输过程中, 油气两相混合流动是普遍存在的现象, 生产井井筒流体中除了油气之外还会含有地层水、砂砾和蜡等。管路中的持液率等参数是研究油气两相及气液多相混合流动的重要基础, 它能为后续合理的生产规划和高效的油气集输提供可靠的依据。近年来, 国内学者如陈振瑜等^[1]、徐继军^[2]和李晓平等^[3]对于多相管流持液率的研究大多基于水平管流^[4~6], 为了探究各种情况下的油气流动规律, 笔者以不同的流动管线倾斜角度为例, 通过改变流动参数来研究其对持液率造成的影响。通过该试验研究, 对油田采油方式的优化选择、工作制度的合理制定以及高效地开发具有一定指导意义。

1 试验设备

试验设备由空气压缩机、冷干机、储气罐、储油罐、混合罐、柱塞泵、气体流量计、液体流量计、试验管和分离器等试验器材组成。试验管段为不锈钢管和不同内径 (40、60、75mm)、单根管长 1.6m 的有机玻璃管组成, 可通过电机和钢缆拉伸改变摆放角度, 总长度 9.4m。试验使用的气体为空气 (密度为 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$), 液体为 5# 白油 (密度 $820\text{kg}/\text{m}^3$)。试验装置如图 1 所示。空气压缩机将空气压缩至储气罐中, 当出气口的阀门打开后, 气体与被柱塞泵泵出的液体一同进入试验管内, 随后流出至分离器分离, 液体回流至混合罐中。

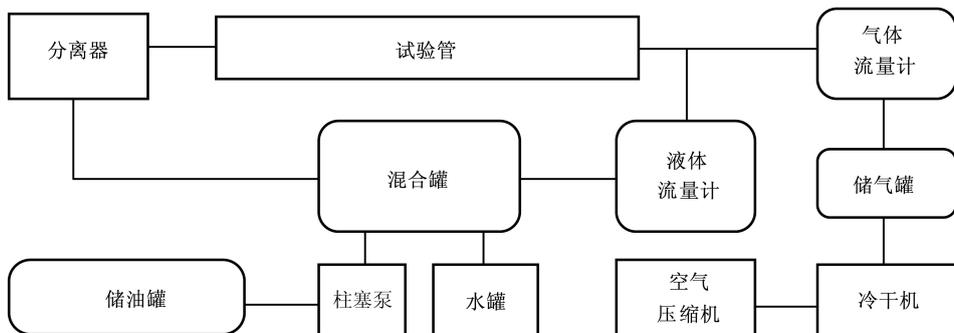


图 1 试验装置

[收稿日期] 2014-10-20

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (61170031)。

[作者简介] 王乐 (1991-), 男, 硕士生, 现主要从事油气田开发研究, 287116237@qq.com。

2 各因素对持液率的影响

2.1 倾角对持液率的影响

并不是所有的管流通道都是维持接近水平的状态，例如多分支井的倾角分支段，定向井的造斜段以及有起伏的地面输油管道，通过改变液体流量，依次进行了倾角为 0、15、30、45、60° 和 90° 的流动试验，持液率的变化如图 2 所示。

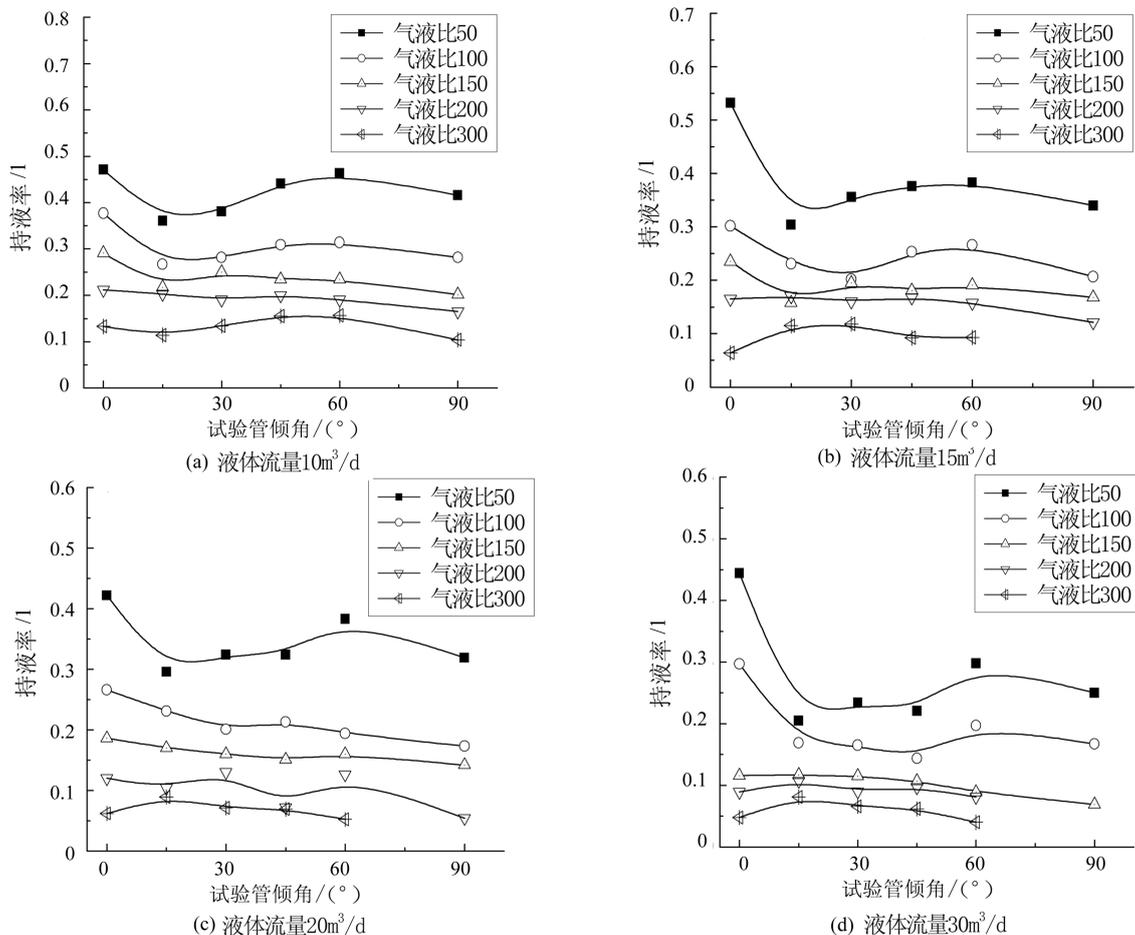


图 2 $\varnothing 75\text{mm}$ 管径下不同液体流量各倾角的持液率变化情况

从图 2 中可以看出，大部分情况中，在管线倾角小于 15° 时，低气液比表现出随着管径的增加持液率逐渐降低的现象，高气液比则随着有机玻璃管倾角的增加而缓慢地增长；当试验管的倾角超过 30° 以后，持液率的变化开始趋于平缓；其中在气液比小于等于 100 的情况下，倾角在 45° 附近持液率开始缓慢增加，超过 60° 时又缓慢回落；而气液比大于等于 150 时，倾角的增加对持液率的影响非常微弱，并表现出平缓地减少的趋势，变化幅度基本上维持在 5% 左右。

2.2 气体流量对持液率的影响

在研究气体流量对持液率的影响时，选取了石油行业生产开发与油气集输中常见的管线倾角进行分析，试验过程中，每小组的管内液体流量保持不变，通入的空气体积有规律地增加，试验结果如图 3 所示。

除了 90° 倾角，其他 3 个角度都表现出，固定流量下持液率随气液比的增加而降低，并且递减量逐渐减少，递减规律近似自然对数。气液比超过 200 后，持液率的变化幅度微弱，而 90° 倾角下，持液率

随着气液比的增加，表现出近似线性的降低规律。水平管与倾斜管的区别在于，持液率的总体含量上，而垂直管持液率则表现出不同于非垂直管的持液率变化情况。

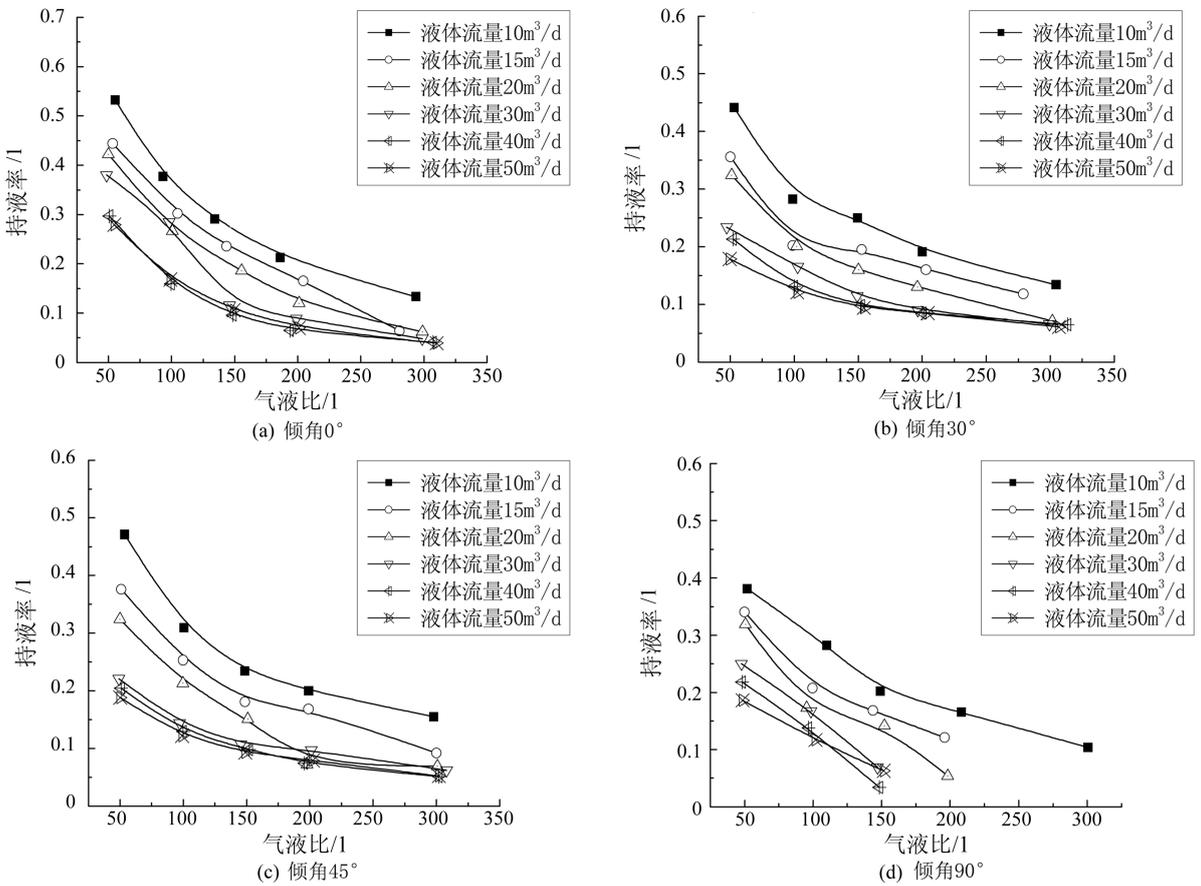


图3 $\varnothing 75\text{mm}$ 管径不同倾角各气液比的持液率变化情况

2.3 液体流量对持液率的影响

液体流量的变化对持液率的影响较小，如图4所示。当气体流量固定时，除了水平管段外，持液率随流量的增加而小幅度地提高；而在水平情况时，持液率是先减少，液量超过15m³/d后开始增加。

2.4 管径对持液率的影响

管径对流型过渡的影响很大^[7]。当管径增加后，需要更多的液相表观速度才能得到段塞流，而在气体表观速度比较高的情况下，液体以液膜形式流动^[8]，管径对流型的影响则变得微弱。在试验的进行中，观察到在原始条件下表现为环流的试验组，在管径增加以后，流型可能会变成过渡流（搅动流）甚至段塞流。管径对持液率的影响如图5所示。

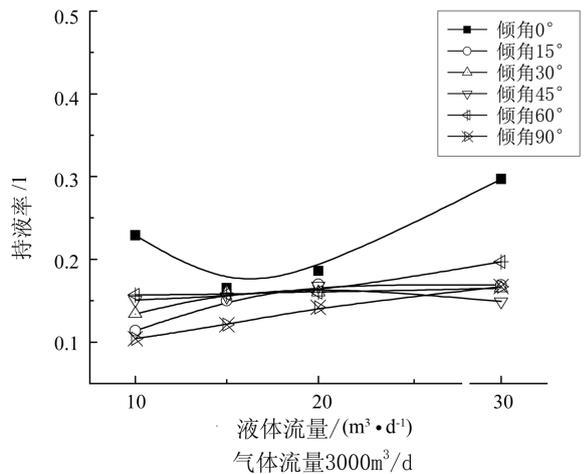


图4 $\varnothing 75\text{mm}$ 管径各液量下持液率变化情况

由图5可以看出，管径对持液率的影响并不明显。各气液比以及各倾角下持液率随着管径的增加逐渐上升，而就上升幅度而言，水平管线的增加幅度略高于其他倾角的情况，非水平管线中低气液比表现出持液率更易受到管径变化的影响。

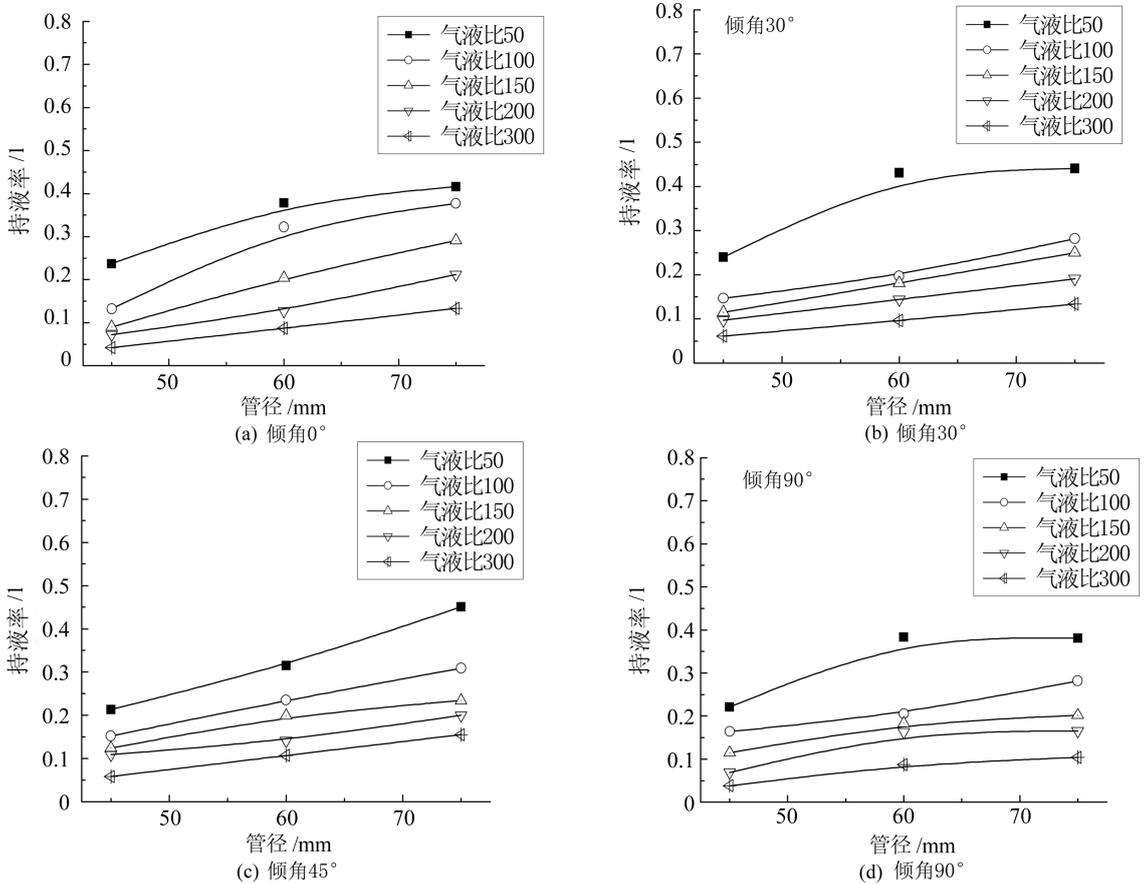


图 5 不同倾角各管径的持液率变化情况

3 结论

1) 角度影响管流的持液率，水平管流的持液率不同于非水平段，当角度从 0° 增加后，持液率有明显的变化，而在倾斜情况下则是随角度增加有规律地缓慢变化，最后当倾斜管变为垂直管时，持液率又有所回落。

2) 气体流量的增加使持液率表现出近似自然对数的递减规律，而在倾角 90° 情况下，持液率呈现出近似线性的变化状况，且当气量较大时，持液率急剧减少。

3) 只有在水平管流中，液体流量才会对持液率有明显的影响。

4) 管径的增加对持液率影响不大，持液率仅是平缓地增加，但是对流型有一定影响，由于液体增多可能使环流或过渡流变为段塞流。

[参考文献]

- [1] 陈振瑜, 王海琴, 李志彪, 等. 水平管段塞流液塞持液率试验研究与预测模型对比 [J]. 管道技术与设备, 2008, 16 (1): 5~7.
- [2] 徐继军. 气液两相流倾斜下降管持液率实验研究 [J]. 计量技术, 2009, (4): 16~18.
- [3] 李晓平, 王丽玲, 刘振, 等. 基于视频处理的分层流持液率测量 [J]. 输送与储存, 2014, 33 (1): 28~30.
- [4] 韩炜. 管道气液两相流动技术研究 [D]. 成都: 西南石油大学, 2004: 18~19.
- [5] 罗小明, 何利民, 吕宇玲. 水平管段塞流持液率的波动特性 [J]. 高校化学工程学报, 2009, 23 (4): 28~30.
- [6] 王琦. 水平井井筒气液两相流动模拟试验研究 [D]. 成都: 西南石油大学, 2014.
- [7] 陈森林, 郭烈锦. 严重段塞流压力及持液率周期特性模拟研究 [J]. 工程热物理学报, 2012, 33 (3): 437~440.
- [8] 赵京梅, 于达, 宫敬. 水平管道油-气-水三相段塞流动持液率模型研究 (A 辑) [J]. 水动力学研究与进展, 2006, 21 (6): 706~