

涡流工具在气田地面集输上的应用研究

马国光¹ 李晓婷¹ 张峰² 陶玉林² 杨园园² 董文浩¹

1 西南石油大学 2 中国石油新疆油田分公司采气一厂

摘要: 在气田地面集输的气液混输工艺中,有些采气管线积液严重,沿程压降较大,无法正常集气。为了解决这一问题,提出将涡流工具用在气液混输工艺中的方法。通过对地面涡流工具的理论分析及利用FLUENT软件进行模拟,研究涡流工具在气液集输管道的适用性及影响因素。涡流工具在克拉美丽气田的投产运用表明:涡旋流态可有效地排除管道内积液,消除管道内段塞流的出现,降低管道沿程压降;涡流工具可将管道内气液紊流态转变为涡旋层流态,通过切向速度产生的额外拖曳力降低管道临界携液速度,提高了气体携液能力;涡流工具不仅能在井下使用,也适用于气田地面集输管道。

关键词: 涡流工具;集输管线;压降;应用

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.11.018

目前涡流技术主要应用于地下气井排水采气,改善气井生产状态、提高气井采收率的生产优化方向^[1],且在北美、澳大利亚数千口天然气井、煤层气井取得良好的效果。在国内,克拉美丽气田、青海气田、苏里格气田^[2]等很多大型的气田都使用了井下涡流技术,在气田地面管道集输上尚无研究和运用。通过利用FLUENT软件对地面涡旋流工具进行模拟和分析;确定了涡旋流的关键技术并且得到了最佳的起旋角度;通过对克拉美丽气田DX1428井井口采气管线的试验分析,完成地面涡流工具的试验效果的评价,为降低地面集输管道压降问题提供了新方法。

1 技术原理

地面涡流工具主要由导流口、螺旋叶片、内实体柱和外壳四部分组成,螺旋叶片将外壳和实体柱间的空间分割为螺旋形空腔,以改变流体介质的流动通道和流态^[3]。处于紊流状态的单井来气液两相流经过导流口进入螺旋形空腔后被强制起旋形成涡流,气液两相流形成涡旋后,液体密度较大,因离心力的作用被高速旋至沿管壁流动,天然气通过管道的中心流动,旋流中心位于管道中心,流场呈中心旋转形式的稳定涡旋结构。地面涡流装置原理图如图1所示。

在涡旋流状态下,临界携液流速将低于普通流态下的临界携液流速。说明产生的拖曳力可有效降低临界携液流速、提高气体携液的能力。涡旋流装置的最小携液流速与具体的携液模型关系不大,其临界携液流速取决于涡旋流强度,具体来说取决于

螺旋角。

分层涡旋流态使得管道内液相和气相同时以涡流状态运动,消除了过去管道底部积液的情况,并且使得管道中心流体和边缘流体速度差降低,减小了流体相互摩擦产生的剪切力和压力损失,从而降低了管道的压力损失^[4]。

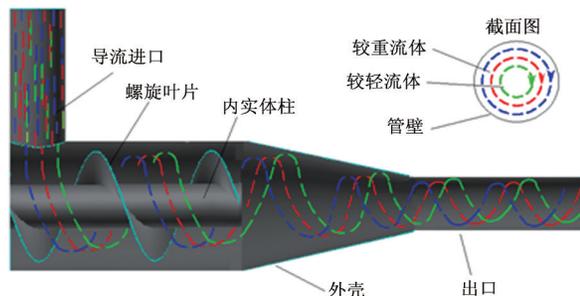


图1 地面涡流技术原理图

2 影响因素

管道内输送介质的含液率、进口速度和涡旋流工具螺旋角度对地面涡流工具影响较大,下面分别对这3个因素进行分析。

2.1 含液率对管道压降的影响

当起旋角度为 70° 、进口速度为 2 m/s 时,改变进口流体的含液率,观察含液率如何影响管道的压降。通过数值计算,对压降规律进行分析,如图2所示,随着进口含液率增大,管道压降线性上升。

2.2 进口速度对管道压降的影响

当起旋角度为 70° 、含液率为 0.4 时,改变进口速度,观察进口速度对管道压降的影响。通过数值计算,并进行压降规律分析,如图3所示,随着



进口速度的逐渐增大, 管道压降逐渐增大, 并且增大趋势较为明显。

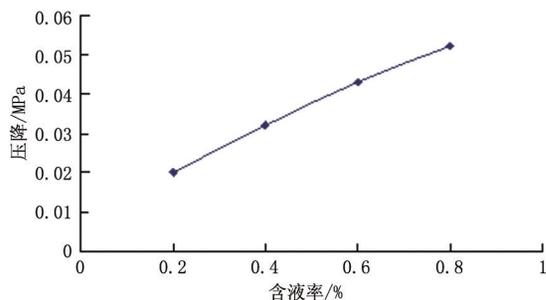


图2 含液率对管道压降的影响

2.3 螺旋角度分析

设定进口流速为2 m/s, 含液率为0.4, 针对不同起旋角度的地面涡旋流装置进出口及内部速度分布、出口气液两相体积分布、进出口压降、出口切向速度、出口轴向速度、出口涡量进行分析, 如图

4~图8, 从而得到地面涡旋流装置的最优起旋角度。

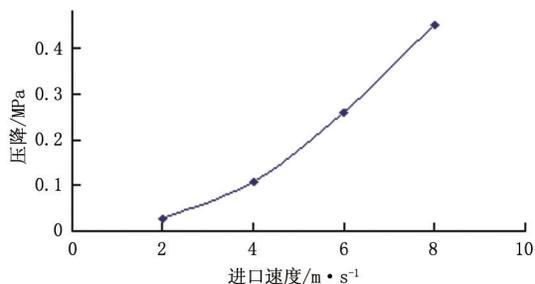


图3 进口速度对管道压降的影响

从图4可以看出, 随着起旋角度的变化, 出口处气液两相分布情况差异显著, 起旋角度为45°时, 产生的气液两相分离情形最明显; 从图5~图8可以看出在起旋角度为45°时, 地面涡旋流装置进、出口压降最小, 出口截面切向速度最大, 出口截面轴向速度最大, 出口截面涡量值最大。因此认

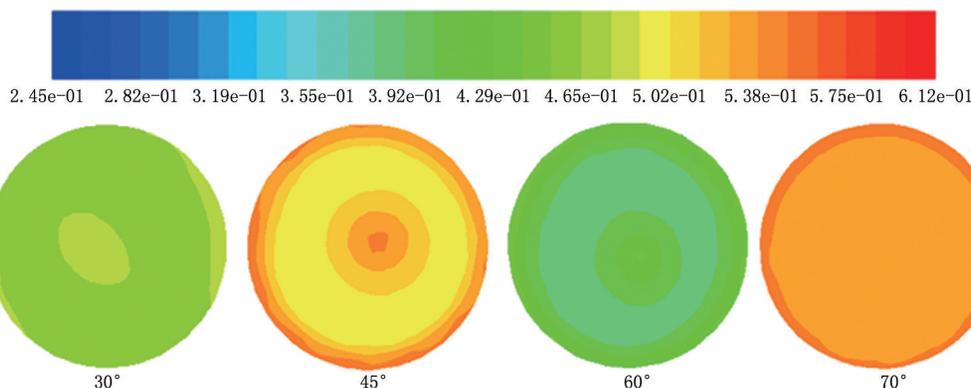


图4 不同起旋角度下出口截面的气相体积分布云图

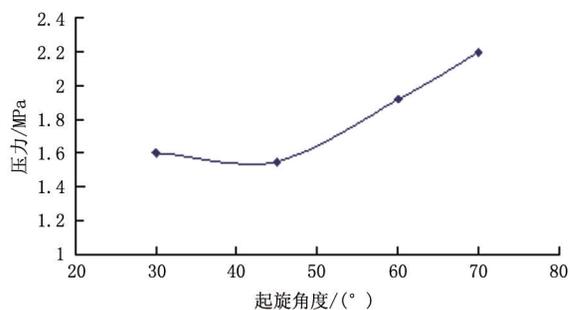


图5 进出口压降规律

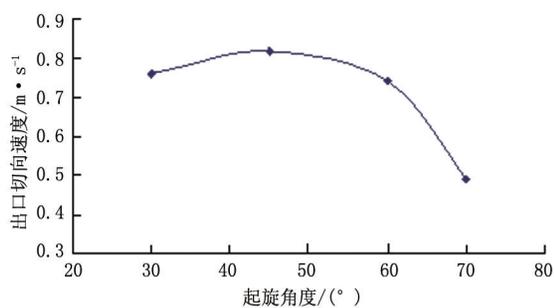


图7 出口截面切向速度的影响

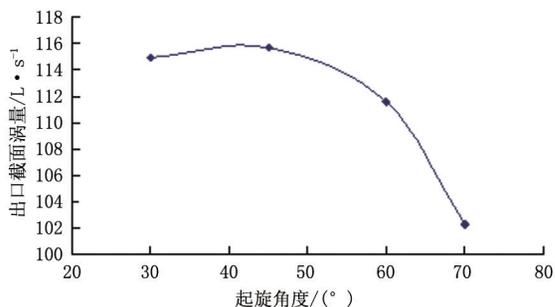


图6 出口截面涡量的影响

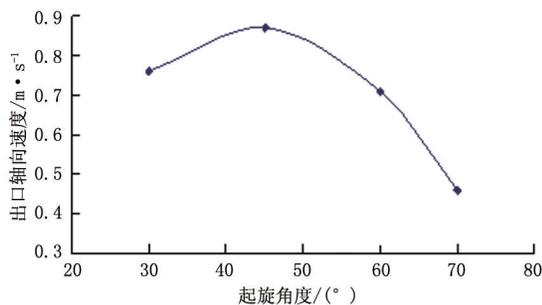


图8 出口截面轴向速度的影响



为, 45° 的起旋角度为地面涡旋流装置的最优起旋角度。

3 现场试验

克拉美丽气田^[5]由于气田管线起伏大、单井产液量高等, 导致单井采气管线集输压降较大(平均 0.4 MPa/km, 部分气井达到 0.5~1.0 MPa/km), 气田过早地进入增压开采阶段, 并且采气管线频繁发生积液冻堵现象, 给单井尤其是长距离气井正常生产带来困难。选择克拉美丽气田的 DX1428 气井进行现场试验。

3.1 DX1428 井基础数据

DX1428 井是 2011 年在 DX14 井区部署的一口开发井, 采用加热防冻工艺, 单井气液在井口加热节流后, 经采气管线气液混输送至集气站, 管线沿程起伏较大, 该井气液比大, 单位压降大, DX1428 井基础数据见表 1。

3.2 试验数据分析

此次试验在 DX1428 井安装两套地面涡流工具, 螺旋角选择最优起旋角度为 45°。在井场外输管线埋地部分(距离入地部分 0.5 m 处)安装第 1 套地面涡流工具, 在采气管线距离井口 1 km 处安

表 1 DX1428 井基础数据

| 井号 | 井场外输 | | 进集气站 | | 日产气量/ m ³ | 日产液量/ t | 长度/ km | 管线规格/ mm | 液气比/ t·m ⁻³ | 管线压降/MPa· km ⁻¹ |
|--------|--------|-------|--------|-------|-------------------------|------------|-----------|-------------|---------------------------|-------------------------------|
| | 压力/MPa | 温度/°C | 压力/MPa | 温度/°C | | | | | | |
| DX1428 | 9.0 | 36 | 8.0 | 22 | 55 321 | 8.68 | 1.829 | D60×5 | 0.000 157 | 0.55 |

装第 2 套地面涡流工具。

2014 年 9 月 1 号涡流工具在 DX1428 运行, 将 DX1428 井安装涡流装置前、后运行数据进行对比分析, 生产动态变化见图 9。

从图 9 可以看出, 安装地面涡流装置前, DX1428 井管线压降为 0.53 MPa/km; 安装地面涡流装置后, DX1428 井管线压降为 0.41 MPa/km, 压降减小 0.12 MPa/km, 减小比例为 22.6%。在地面涡

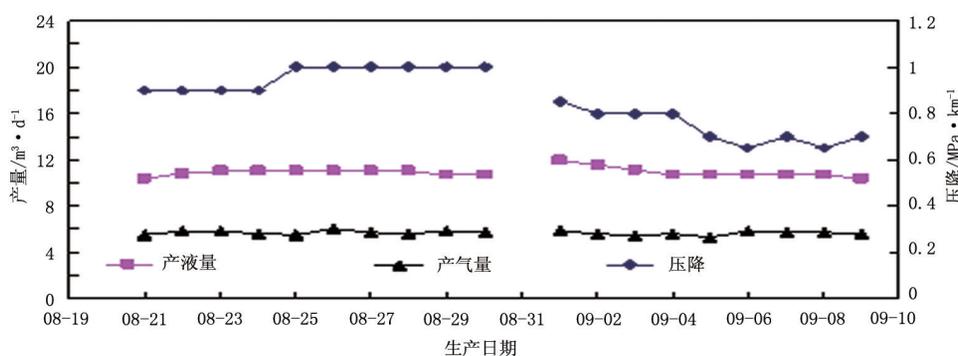


图 9 安装前后生产参数变化规律

流工具投运后前三天产液量明显增加, 这是由于采用涡流工具后, 将管道内部的积液携带了出来。因此, 地面涡流工具有效地降低了管道沿程压降, 并提高了管道携液能力。

4 结论

地面涡流工具将管道内介质的运动方式由轴线运动改变成涡旋流方式, 它是一种降低管线沿程压降、减少管线积液的新方法, 对该技术进行模拟和现场试验得到以下结论:

(1) 涡旋流流态可有效地排除管道内积液, 消除管道内段塞流的出现, 降低了管道沿程压降。

(2) 涡流工具可将管道内气液紊流态转变为涡旋流态, 通过切向速度产生的额外拖曳力降低了管道临界携液速度, 提高了气体携液能力。

(3) 涡流工具不仅能在井下使用, 也适用于气田地面集输管道, 其结构简单、安装方便, 可有效

地解决管道压降问题。

参考文献

- [1] 杨涛, 余淑明, 杨桦, 等. 气井涡流排水采气新技术及其应用[J]. 天然气工业, 2012 (8): 63-66.
- [2] 张春, 金大权, 王晋, 等. 苏里格气田井下涡流排水采气工艺研究[J]. 天然气技术与经济, 2012 (5): 45-48.
- [3] 魏航信, 职黎光, 吴伟. 基于旋流机理的排水采气技术研究进展[J]. 内蒙古石油化工, 2014 (7): 71-73.
- [4] 赖燕, 景元, 陈甲新, 等. 地面涡流工具应用效果评价[J]. 石油化工应用, 2014, (5): 107-109.
- [5] 郑贤英. 克拉美丽气田地面处理工艺的改进与优化[D]. 成都: 西南石油大学, 2012.

[第一作者简介] 马国光: 西南石油大学石油与天然气工程学院副教授, 博士, 主要从事天然气集输与处理和 LNG 技术的教学及研究工作。

13980982416、swpimgg@126.com

收稿日期 2015-03-31

(栏目主持 张秀丽)

