

射流清管技术在低温含蜡原油海管中的研究应用

赖 勇（中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广东 深圳 518000）

摘 要：海上设施原油生产过程中，海管管理非常重要，通球作业属于海管管理的重点管理措施。本文研究的海管内介质为低温含蜡、含胶质、含沥青质的原油。通过技术研究，使用射流清管技术对如此特殊的介质原油进行海管通球作业，以提高海管的运行效率和本质安全性，对于深海油气田的开发有比较重要的指导意义。

关键词：低温；含蜡；海管；射流清管

1 概述

某油田布置为两条长度为 24km 的环路单层海管，海管输送介质为轻质低凝低粘含蜡的原油，且含有胶质和沥青质，两条环路海管均为单层不保温管，井口出口温度高，对清管器的耐温性能要求较高，但海管温降较迅速，海管内积蜡的风险较高，从而影响原油流动性，为了降低蜡堵风险，提高海管内原油的流动性，特进行射流清管研究。

2 蜡沉积研究

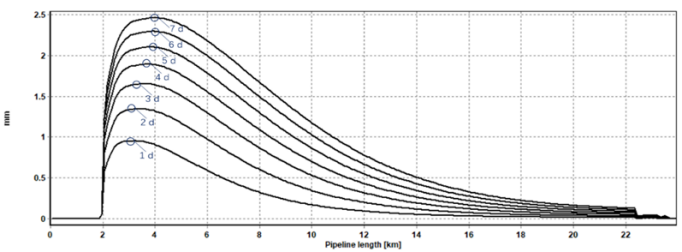


图 1 2020 年冬季海管运行 7 天的结蜡量预测结果

研究表明随着海管运行时间的增加，蜡沉积厚度逐渐增加。与此同时，蜡沉积厚度峰值出现的位置不断后移，但蜡沉积速率在不断减小。随着蜡沉积厚度的增加，蜡沉积层起到了一定的保温效果，减缓了管线温降速率，影响了管线沿程的温度分布。随着蜡沉积的增多，管道的内径减小，沿线的总传热系数变小，温降曲线逐渐上移，因此蜡沉积高峰点后移。以及由于钢管和软管的导热特性不同，其蜡沉积特性也不同，软管部分的蜡沉积厚度较小。

对该油田海底回接管道运行工况进行 7 天的蜡沉积模

拟计算，结果如图 1 所示。由上图可以得知，海底管道距离水下管汇 2km 范围以内，流体温度远高于析蜡初始点温度，未出现蜡沉积现象；当海底管道距离水下管汇超过 2km 时，管内原油中蜡开始析出并逐渐沉积在管壁上；海底管道距离水下管汇 2.0~14km 以内，是管道中蜡沉积主要发生区域；距离超过 14km 后，尽管管内流体和管壁温度都低于析蜡点，但管壁处径向温度梯度小，因此蜡的沉积率降低，原油中蜡沉积在管壁的沉积厚度较小。

3 清管器选择

首先考虑采用常规清管器（无旁通泄漏量）对蜡沉积 5 天（达到最大蜡沉积厚度为 2mm 的清管条件）的单管生产管线进行清管操作。模拟结果显示，当清管器运行至生产管线中的结蜡较为严重的位置后，管线出现严重超压情况，导致模拟中断；同时设置不同清管液量及生产液量进行测试，发现均会出现因严重超压导致模拟崩溃的情况。

随着管径的减小，推动清管器和蜡塞所需要的推力会显著增加，对于 10 寸的管线，推动力甚至达到 140bar，与此同时，管线内径较小，即管道截面积较小，清管器从流体中所获得的推力较小。因此若采用常规清管器，特别是管径较小的管道而言，随着清管的进行，蜡塞堆积导致的蜡塞摩擦力会大幅增加，推动清管器运行所需要的压力会大大增加，因此容易导致卡球事故的发生。故常规清管器不能满足本条生产管线的清管操作。

为了稀释清管器前端的蜡塞，减小单位体积蜡塞中蜡的含量，降低蜡塞堆积引起的摩擦力，避（下转第 160 页）

表 1 清管器比选

对比项	泡沫球	机械皮碗球	普通清管器	变径清管器	射流清管器
通过性	强	良	差	强	良
耐温性能	85℃	85℃	85℃	85℃	95℃
刮蜡效果	差	一般	一般	差	强
导向盘形式	不涉及	碗形	常规圆盘形	常规圆盘形	圆盘形边缘带豁口

表 2 不同旁通率下流量和通过性、压差、溢流量的关系

实验组次	清管器	旁通率 (%)	流量 (m³/d)	1.5D 弯头处通过性	垂直连接器处通过性	平均速度 (m/s)	清管器的前后压差 (kPa)	垂直连接器的局部摩阻 (kPa)	总溢流量 (m³/h)	球体周边溢流量 (m³/h)	旁通孔溢流量 (m³/h)
1	高通过性清管器	0	2000	通过	通过	0.543	40.96	230.08	6.08	6.08	0
2	射流清管器	0	2000	通过	通过	0.521	89.79	414.79	7.54	7.54	0
3	射流清管器	1	2000	通过	通过	0.431	60.4	440.08	17.3	7.54	9.76
4	射流清管器	1	2000	通过	通过	0.446	54.77	446.88	14.23	7.54	6.69
5	射流清管器	1.5	2000	通过	卡滞	——	418.15	——	——	——	——
6	射流清管器	1.5	2000	通过	卡滞	——	404.42	——	——	——	——
7	射流清管器	1.5	2500	通过	通过	0.568	49.91	424.12	16.47	——	——
8	射流清管器	1.5	2500	通过	通过	0.595	39.99	419.46	11.83	——	——
9	射流清管器	1.5	5000	通过	通过	1.136	24.83	230.08	34.58	16.56	18.02
10	射流清管器	0	5000	通过	通过	1.25	23.8	144.94	16.56	16.56	0

2.6 优化储运参数

对石油进行储运时,要最大化地明确各项储运参数,规避石油损耗的发生,使炼油厂储运系统的节能效率大幅提高。以运输条件和方式、环境等各项条件为基础,设置合理的储运参数,比如储运温度、原油储量等。从现实储运来看,能引入数学的方法将最佳储运温度计算出来,且能以安全为基础明确最佳的储运温度。而要更好地控制能耗,则要进一步把储油的进气温度控制到可控的温度范畴内,借储油的自然冷却对储运过程产生的热损失来加以平衡。此外,参考储运时间,对各罐区成品油的储运标准进行计算,确保原油、中间产品、成品实现最佳配比,储运效率大幅改进。

(上接第158页)水处理装置,此时含汞废水pH为14,呈现强碱性特征。在含汞废水处理时,若pH值为14的含汞废水进入循环装置内,则会在加热过程中产生大量泡沫,产生液位显示失真等不良问题,此外碱性泡沫的产生使后续含汞废水处理系统呈碱性,不利于含汞废水净化。pH偏高营造出碱性氛围,造成含汞废水处理系统中产生盐颗粒,在系统设备循环过程中可造成管道堵塞,甚至在高温碱性环境下加重腐蚀现象,造成设备泄露而降低含汞废水处理效果。为最大化保障含汞废水处理系统整体效果,应加强含汞废水酸碱度,需确保pH值控制在6~8范围内,因此可在含汞废水蒸汽技术处理装置前增设pH调节池,长、宽、深分别为6m、4m、2m,将pH值14的含汞废水排入pH调节池内,运用氯乙烯生产过程中脱酸塔与水洗塔产生的酸性水进行的pH中和,同时还可在pH调节池内完成含汞废水静置,将含汞废水内悬浮物、污泥等固体杂质排出,将完成pH中和与固体杂质清除的含汞废水引至循环处理系统内,完成后续废水处理。

3.3 稠厚器优化

含汞废水经过蒸发、冷却、浓缩完成处理,若稠厚器温度过高不利于饱和盐溶液结晶的产生,因此在蒸发技术应用时,需对含汞废水处理系统中的稠厚器进行温度控

(上接第157页)免出现因蜡塞摩擦力过大而出现卡球的风险,通过研究,为保证清管操作的安全,减小卡球的风险,最终确定须采用射流清管器类型的清管器进行清管除蜡操作。见表1清管器比选。

4 射流清管器环路验证实验

为了验证高通过性清管器以及射流清管器在不同旁通率下的通过1.5D弯头及垂直连接器的通过性,进行了实验,见表2。

由表2可知,10寸高通过性清管器和不同旁通率下的10寸射流清管器均能够顺利通过1.5D弯头,具有较高的通过性。由于流量2500m³/d实验条件下没有进行旁通率为0的清管器清管实验,因此只能预估出在旁通率为1.5%,流量为2500m³/d时,球体周边溢流量为6.5~8.0m³/h,旁通孔溢流量为4.0~10m³/h。

5 结论

由于清管作业流量越大,清管过程中射流清管器的平均速度越大。综上所述得出:

3 结束语

综上所述,就现阶段单装置设计水平上来说,利用流程模拟和换热网络进行计算,能够对单装置能耗实现优化。所以,炼油厂需要降低能耗,促进节能水平不断提高,需要由单装置的能量优化逐渐迈向整个炼油厂整体性地优化。

参考文献:

- [1] 黄景利. 炼油厂储运系统节能技术探讨 [J]. 黑龙江科技信息, 2010.
- [1] 刘辉. 炼油厂加热炉节能改造分析 [J]. 石化技术, 2016, 23(8): 291-291.
- [2] 李东. 加热炉节能技术分析与趋势 [J]. 冶金能源, 2017, 36(a02): 64-67.

制,结合实践来看,稠厚器内温度每下降1℃,则可提高盐颗粒结晶产生量6%~8%,可在稠厚器外部增加循环冷却管道,以此降低稠厚器内温度。除此之外,运用循环冷却管道完成稠厚器温度控制时,可极大提高含汞废水盐结晶析出速度,提升处理效率,全面提高氯乙烯生产过程中含汞废水处理工艺技术效果。

4 结束语

氯乙烯生产过程中可运用蒸汽技术完成含汞废水处理,将含汞废水处理装置与氯乙烯生产装置相结合,可极大提高含汞废水处理效率,使含汞废水达标后排出。蒸汽技术含汞废水处理主要经过蒸发冷却浓缩降低废水中汞成分,为保障含汞废水系统可发挥出原有处理效果,应添加热水回流自动装置控制液面,此外增设pH调节池与pH值监测装置,并对稠厚器进行优化,全面保障处理效果。

参考文献:

- [1] 耿傲,于张燕. 氯碱企业含汞废水深度处理的技术分析与应用 [J]. 中国氯碱, 2020(09): 31-33.
- [2] 舒晨,谷正凤,张苛. 高含盐含汞废水零排放工艺选择 [J]. 中国氯碱, 2019(07): 37-38+48.
- [3] 王欣欣. 电石法合成氯乙烯工序废水废酸废碱的综合治理新技术 [J]. 中国氯碱, 2019(05): 20-23.

- ①当射流清管器的旁通率为0%时,在2000m³/d的较低流量下射流清管器能够顺利通过垂直连接器,因此在2000m³/d以上的任意流量下射流清管器均能够通过垂直连接器;
- ②当射流清管器的旁通率为1.0%时,在2000m³/d的较低流量下射流清管器能够顺利通过垂直连接器,因此在2000m³/d以上的任意流量下射流清管器均能够通过垂直连接器;
- ③当射流清管器的旁通率为1.5%时,在2000m³/d的较低流量下射流清管器未能够通过顺利通过垂直连接器;当流量为2500m³/d时,射流清管器能够顺利通过垂直连接器。因此在2500m³/d以上的任意流量下射流清管器均能够通过垂直连接器。

实际的作业过程中,在线通球作业顺利,射流清管球体安全通过复杂的水下结构,运行情况与模拟实验情况基本一致。该技术研究应用对低温含蜡海管的在线通球作业有较强的指导意义。

作者简介:

赖勇(1985-),男,四川泸州人,大学本科,中级工程师,从事采油工程工作。