

东方终端段塞流捕集器改造方案 优化研究

李鹏程 刘 渊 江志华 王 军

中海油研究总院有限责任公司, 北京 100027

摘 要: 东方 13-2 气田群投产后, 已建登陆管道凝析油输量增大, 造成海管清管段塞量增加至原设计值的 4 倍, 终端捕集器无法满足处理需要。基于终端工艺设施现状, 结合 2 条登陆海管清管段塞量的变化及捕集器设计原则, 研究出终端捕集器改造方案, 即为乐东海管新建 1 台容器式捕集器, 为东方海管新建 1 座指状捕集器, 同时已建的东方与乐东指状捕集器调整为清管液临时储存设施。整套改造方案使新建捕集器容积减小三分之二, 节省工程投资近 2 000 万元。

关键词: 段塞流捕集器; 清管; 改造; 管式; 容器式

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.01.003

Research on Reconstruction Optimization for DF Slug Catcher

Li Pengcheng, Liu Yuan, Jiang Zhihua, Wang Jun

CNOOC Research Institute Co., Ltd, Beijing, 100027, China

Abstract: The pigging slug volume will increase to four times of the original design value due to oil condensate flow rate change after DF13-2 gas field is commissioned. Therefore, slug catcher can't meet to process the slug. Based on the existing process facilities, combined with the change of pigging slug volume of two onshore subsea pipelines and the design principle of slug catcher, the optimized innovation is studied. A new volume slug catcher will be built for LD pipeline, and a finger slug catcher will be built for DF pipeline. The existing DF and LD slug catcher will be changed to storage facilities for pigging slug liquid. The volume of new slug catcher will be reduced by two thirds, and the investment will save nearly twenty million for the project. The reconstruction plan will provide reference for other projects in the future.

Keywords: Slug catcher; Pig; Reconstruction; Finger slug; Vessel slug

0 前言

随着国家加快建设海洋强国的战略步伐, 中国海洋石油于 2012 年在南海西部海域莺歌海盆地发现东方 13-2

气田群^[1]。东方 13-2 气田群投产后, 整个区域的凝析油将通过已建东方登陆海管输往东方终端处理外销。凝析油输量的增大将造成管内积液增多, 在管道清管作业时的清管段塞量将增加至原设计值的 4 倍^[2-4]。因

收稿日期: 2018-08-20

基金项目: 中国海洋石油“东方 13-2 气田群开发总体开发方案”(2015 ODP-03)

作者简介: 李鹏程(1988-), 男, 陕西渭南人, 工程师, 硕士, 从事油气处理工艺的研究设计及管道完整性管理工作。

此,需对终端已建捕集器进行校核改造,以保证清管作业时下游处理设施及用户的安全运行。

1 段塞流捕集器作用

段塞流捕集器是气液混输管道的一种常用分离设备,主要功能有两个方面:有效气液分离并捕集因平台、海底高差大引起气体夹带的水力段塞;当混输管路内长段塞到达平台或处理厂时,可发挥临时储存器的缓冲作用,为下游处理装置提供稳定的气液流量^[5-6]。

2 段塞流捕集器分类与选型

在油气田集输工艺中,段塞流捕集器可分为容器式和管式两种类型,结构形式上区别很大,在工程应用上各有其特点及应用范围^[7-8]。

2.1 容器式段塞流捕集器

容器式段塞流捕集器在结构上与常规分离器基本相同,通常有卧式和立式两种,用于泡沫成为气液分离主要问题的油流处理,且要求占地面积小的场合。安装于海上平台上的段塞流捕集器基本都是容器式^[9]。容器式段塞流捕集器结构形式见图1^[10]。

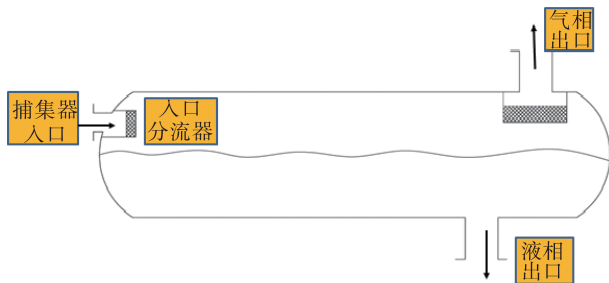


图1 容器式段塞流捕集器结构形式

2.2 管式段塞流捕集器

管式段塞流捕集器由入口分离段和储存段组成,主要用于处理气体凝析液流。在凝析天然气田生产中,虽然气体干净且液相占比较少,但清管时由于气液滑移速度的存在通常产生很大段塞,管式段塞流捕集器能吸收正常生产和清管作业的液相波动^[11-12]。典型的管式段塞流捕集器结构形式见图2。管式段塞流捕集器与容器式段塞流捕集器相比,虽然占地面积大,但操作简单,而且能处理较大液塞,一般位于中心处理厂内^[13]。

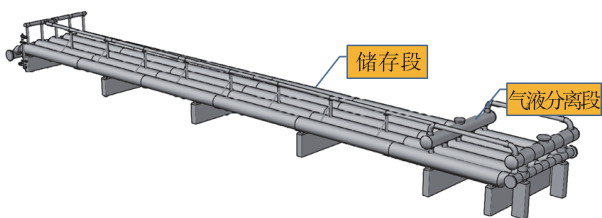


图2 管式段塞流捕集器结构形式

目前,国际上对于段塞流捕集器的选型尚无明确规定,通常最大段塞量在 100 m^3 内推荐采用容器式段塞流捕集器^[14],段塞量较大时将选用管式段塞流捕集器。但对于工程设计,还需从工作性能、设备运输与安装、投资费用及安装场地等方面综合考虑确定^[15]。

中国海洋石油已建陆上油气终端段塞流捕集器见表1。

表1 中国海洋石油已建终端段塞流捕集器

终端名称	建成年	捕集器形式	捕集器容积/ m^3
锦州	1992	指状	670
南山	1996	指状	795
老渤西	2001	容器	2台100
东方一期	2000	指状	400
乐东一期	2003	指状	600
宁波	2005	指状	740
横琴	2005	指状	3300
渤南	2004	容器	200
营口	2012	容器	4台66
丽水	2013	指状	410
新渤西	2014	容器	2台80
高栏	2014	指状	7000

3 段塞流捕集器容积设计原则

根据段塞流捕集器的功能,段塞流捕集器容积设计原则:

1)以 $1/1\ 000\ 000$ 概率的最长液塞体积作为段塞流捕集器的设计能力,通常取清管段塞最大量,当管道内平衡后滞液量较小时,也可取平衡滞液量。

2)段塞流捕集器的容积能够确保一定来流液体的停留时间,满足从气体中捕集出液滴和液体中分离出气泡的要求。

3)考虑来流液体在平行管中分配的均匀性,避免由于某根平行管的负荷过大发生气流中严重夹带液体现象。

4)考虑来流液体进入平行管时驱除气体,形成逆向流动,如因气液相对流速超过某一临界值时,气液界面将不稳定,形成严重的波浪甚至可能堵塞流道,引起过高的液体夹带率。

综上,在设计中段塞流捕集器总容积应不低于需装液量的1.5倍^[16]。

4 东方终端段塞流捕集器改造方案

4.1 终端捕集器现状

东方终端现已有2座管式段塞流捕集器,其中东方段塞流捕集器用于接收东方海管输送生产物流,乐东段

塞流捕集器用于接收乐东海管输送生产物流,2 座段塞流捕集器参数见表 2。

表 2 东方终端已建段塞流捕集器参数

参数	东方段塞流捕集器	乐东段塞流捕集器
设计规模 /($\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$)	24	30
设计压力 /MPaA	5.5	4
设计温度 / $^{\circ}\text{C}$	60	60
操作压力 /MPaA	3.4	3.4
操作温度 / $^{\circ}\text{C}$	18~30	18~30
尺寸 /($\text{mm} \times \text{mm}$)		
气相段	4 根 1 200 × 6 000	6 根 1 200 × 6 000
液相段	4 根 1 200 × 80 000	6 根 1 200 × 80 000
容积 / m^3	400.9	609.6

表 2 中,2 座段塞流捕集器操作压力均为 3.4 MPaA,但进站压力调节阀的安装位置不同,其中东方段塞流进站压力调节阀位于段塞流捕集器下游气相管线上,而乐东段塞流进站压力阀位于段塞流捕集器入口气液混输管线上,造成 2 座段塞流捕集器设计压力不同。

4.2 东方 13-2 气田群投产后段塞变化

东方 13-2 气田群投产后,整个区域的凝析油将通过已建的东方海管输送至终端处理外销,而已建的乐东海管由于后期产量的减少,上岸凝析油也减少^[17]。东方 13-2 气田群投产前后 2 条海管清管最大段塞量见表 3。

表 3 东方气田群投产前后清管段塞量

海管名称	清管段塞流量 / m^3	
	投产前	投产后
东方海管	265	1 061
乐东海管	400	58

由表 3 可见,在东方 13-2 气田群投产后,东方海管清管段塞量将为投产前 4 倍,段塞流捕集器总容积需不小于 1 600 m^3 ;而乐东海管清管段塞量仅为 58 m^3 ,捕集器总容积只需 90 m^3 即可。

4.3 段塞流捕集器改造思路

段塞流捕集器改造应基于终端工艺设施现状,在充分利用已有储液设施能力基础上,还需考虑总体布局、接入位置、安全保护等因素^[18-19]。

4.4 段塞流捕集器改造方案

4.4.1 段塞流捕集器形式及容积确定

东方 13-2 气田群投产后,乐东海管进终端凝析油流量小且清管段塞小,因此设置 1 台容器式段塞流捕集器用于对岸物流的预处理,容积 90 m^3 即可保证清管段塞储存要求。

乐东海管新容器式捕集器建成后,可将其已建指状捕集器用于东方海管清管临时储液。此时,已建东方段

塞流捕集器与乐东段塞流捕集器可装液容积共约 667 m^3 ,因此还需新建 1 座储液设施。

因上岸凝析油量由 100 m^3/d 增加至 600 m^3/d ,经核算原东方段塞流捕集器出口 DN 50 液相管道内流速将达 5.5 m/s ,超过规范允许最大值 3 m/s ^[20]。如对出液管道进行改造,则需对改造后的整个段塞流捕集器重新试压。此外,考虑到清管段塞的增大对段塞流捕集器管支座的冲击,及新建凝析油稳定装置距已建段塞流捕集器的距离较远,建议新建 1 座段塞流捕集器用于接收东方海管来流并进行预处理。已建东方段塞流捕集器将作为清管段塞临时储液设施。

已建东方与乐东段塞流捕集器改为清管段塞储液装置后,因其不再发挥气液分离的功能,建议将原设计的高液位由 900 mm 提高至 1 000 mm ,2 座已建段塞流捕集器的可装液容积将增加至 770 m^3 。此时,要处理增大后的清管液塞,还需 291 m^3 储液空间,因此将新建 1 座 500 m^3 的指状段塞流捕集器。

综上,将为东方海管新建 1 座 500 m^3 的指状段塞流捕集器,将为乐东海管新建 1 座 90 m^3 的容器式段塞流捕集器,同时已建东方与乐东段塞流捕集器将转为东方海管清管临时储液装置。

4.4.2 工艺改造

段塞流改造示意图见图 3,要实现上述功能,需在工艺上做以下调整:

1) 各已建段塞流捕集器入口混输管线改至新建段塞流捕集器入口,见图 3 位置 1。

2) 将新建段塞流捕集器的气相出口管线连接至已建段塞流捕集器气相出口,见图 3 位置 2。

3) 新建乐东段塞流捕集器液相出口连接至东方段塞流捕集器液相出口,见图 3 位置 3。

4) 新建东方段塞流捕集器液相出口增加清管液相联络线,连接至已建东方与乐东段塞流捕集器入口,用于转移东方海管清管液,见图 3 位置 4。

5) 已建 2 座段塞流捕集器液相出口管线,分别连接至新建段塞流捕集器出口液相管线,用于清管后清管液的处理,见图 3 位置 5。

6) 新建段塞流捕集器各自气相出口管线,分别接至已建段塞流捕集器入口,用于清管后充压以将清管液排出,见图 3 位置 6。

4.4.3 压力段塞流保护系统改造

由于图 3 位置 7 已建段塞流捕集器压力保护系统(含压力控制、超压保护、紧急放空)上游有分输至其他设施的工艺管线,因此新建段塞流捕集器气相管线的接入,将使已建段塞流捕集器的压力保护系统与主体分开,需对新建段塞流捕集器各再增加 1 套压力保护系统,

见图3位置8;而新建段塞流捕集器将依托已建捕集器的压力保护系统,见位置9。由于新建与已建段塞流捕集器位置距离较远,此改造工艺还可省去1条由新建段

塞流捕集器至已建火炬放空管网的高压管路。

此外,因东方段塞流与乐东段塞流捕集器设计压力不同,将在两者间管路上增加紧急关断阀,见图3位置10。

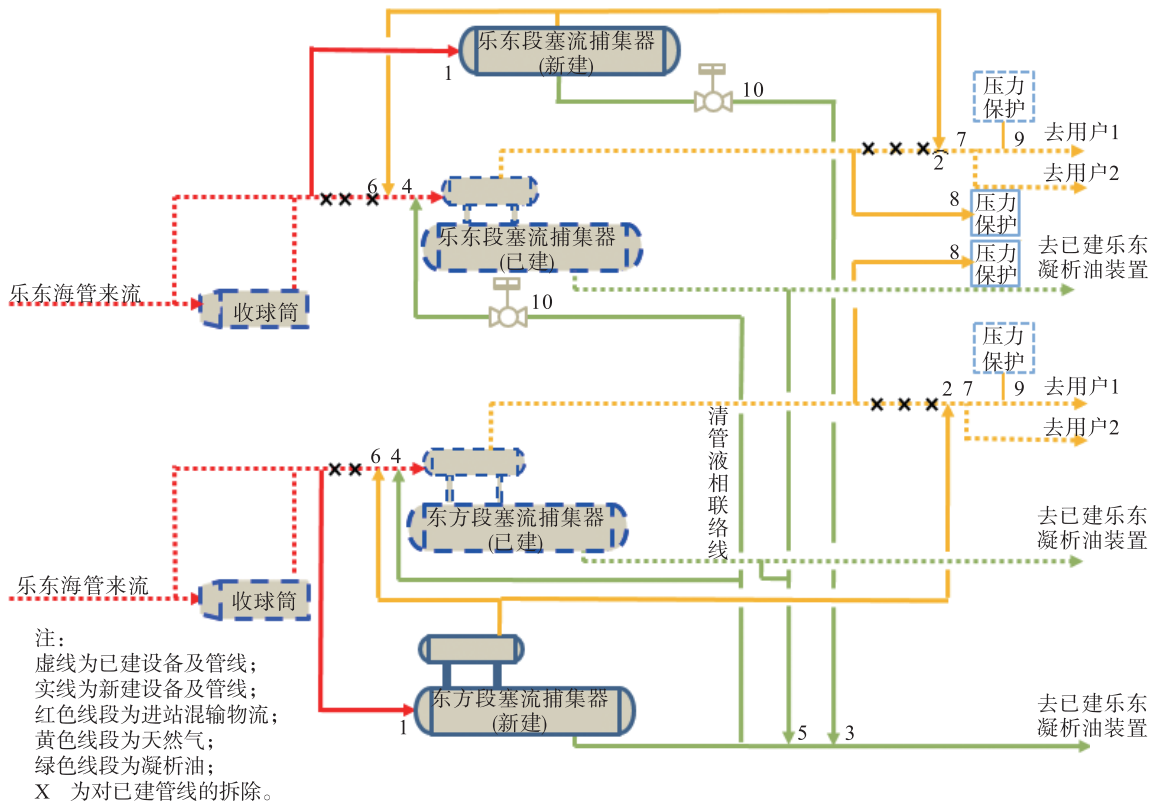


图3 捕集器改造示意图

5 东方海管清管作业捕集器利用方案

东方海管清管段塞凝液的处理按照“先主后次,自大到小”的思路开展。清管时,清管液塞先进入新建东方段塞流捕集器内,当液位升至900 mm时,清管液优先导入至已建乐东段塞流捕集器,当已建乐东段塞流捕集器液位升至1000 mm时,清管液将再直接导入至已建东方段塞流捕集器,清管段塞量与段塞流捕集器利用的关系见图4。

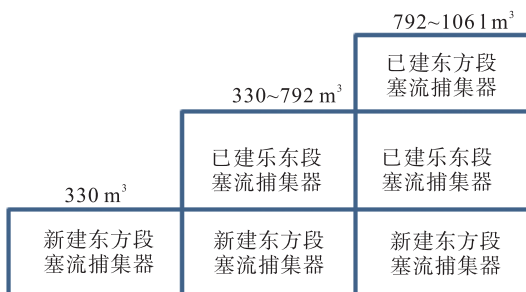


图4 清管段塞量与段塞流捕集器利用关系

6 结论

根据东方13-2气田群投产后上岸清管液量的变化,并结合终端已建段塞流捕集器的现状及工艺流程,

研究出段塞流捕集器改造优化方案。整个改造优化方案将新建段塞流捕集器的容积减少三分之二,节省工程投资近2000万元。改造优化方案通过了法国船级社组织的HAZOP分析,将为今后同类改扩建工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 周声结,贺莹.国内大规模MDEA脱碳技术在中海油成功应用——以中海油东方天然气处理厂为例[J].天然气工业,2012,32(8):35-38.
Zhou Shengjie, He Ying. Application of MDEA Decarbonizing Technology in CNOOC Offshore Gas Fields: A Case History of the CNOOC Dongfang Natural Gas Processing Plant [J]. Natural Gas Industry, 2012, 32 (8): 35 - 38.
- [2] 于海迎.油气混输技术在英买力气田群的应用[J].天然气与石油,2013,31(3):22-24.
Yu Haiying. Application of Oil and Gas Mixture Transportation Technology in Yingmaili Gas Field [J]. Natural Gas and Oil, 2013, 31 (3): 22 - 24.
- [3] 赵虎,张艺捷.关于段塞流及间歇流工况下计量装置的优化[J].天然气与石油,2016,34(5):72-75.
Zhao Hu, Zhang Yijie. Optimization of the Metering Device

- Under Slug Flow and Intermittent Flow Conditions [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34 (5): 72 - 75.
- [4] 朱海山, 罗小明, 姚海元, 等. 天然气凝析液管道射流清管器清管效果分析[J]. 石油与天然气化工, 2013, 42(6): 598 - 601.
Zhu Haishan, Luo Xiaoming, Yao Haiyuan, et al. Application Analysis of by Pass Pigging for Gas-Condensed Pipeline [J]. Chemical Engineering of Oil & Gas, 2013, 42 (6): 598 - 601.
- [5] 王春瑶, 朱丽静. 天然气凝析液混输管道段塞流的控制措施[J]. 天然气工业, 2008, 28(11): 106 - 108.
Wang Chunyao, Zhu Lijing. Measures of Controlling Plug Flow in the Pipeline Transporting Natural Gas and Condensate Fluids [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28 (11): 106 - 108.
- [6] 路宏, 陈晶华, 朱海山, 等. 海底油气混输管道中清管段塞的控制方法[J]. 石油规划设计, 2013, 24(4): 25 - 27.
Lu Hong, Chen Jinghua, Zhu Haishan, et al. Control Methods for the Pigging Slug in the Subsea Multiphase Pipeline [J]. Petroleum Planning & Engineering, 2013, 24 (4): 25 - 27.
- [7] 宁铜, 许言, 赵建彬, 等. 段塞流捕集器选型及设计思路[J]. 天然气与石油, 2013, 31(4): 12 - 14.
Ning Tong, Xu Yan, Zhao Jianbin, et al. Design and Type Selection of Slug Flow Trap [J]. Natural Gas and Oil, 2013, 31 (4): 12 - 14.
- [8] 王磊, 文海蓉, 杨春林. 气液混输管路段塞流的设计对策[J]. 天然气与石油, 2008, 26(3): 6 - 9.
Wang Lei, Wen Hairong, Yang Chunlin. Design on Slug Flow Two-Phase Transportation Process [J]. Natural Gas and Oil, 2008, 26 (3): 6 - 9.
- [9] 冯志力, 陈良才, 刘根凡. 关于三鞍座卧式容器设计和计算规范的探讨[J]. 化工机械, 2003, 30(5): 272 - 275.
Feng Zhili, Chen Liangcai, Liu Genfan. A Discussion on the Design and Calculation Codes of the Three-Saddle Horizontal Vessels [J]. Chemical Engineering & Machinery, 2003, 30 (5): 272 - 275.
- [10] 陈志伟, 寿比南, 郑津洋. 大型多鞍座卧式容器设计方法分析[J]. 压力容器, 2005, 22(11): 20 - 23.
Chen Zhiwei, Shou Binan, Zheng Jinyang. Analysis of the Design Method of Horizontal Vessels Supported on Multi-Saddles [J]. Pressure Vessel Technology, 2005, 22 (11): 20 - 23.
- [11] 施辉明, 郭德科, 刘春发, 等. 容器式段塞流捕集器设计[J]. 天然气与石油, 2014, 32(3): 68 - 70.
Shi Huiming, Guo Deke, Liu Chunfa, et al. Design of Container Type Slug Flow Trap [J]. Natural Gas and Oil, 2014, 32 (3): 68 - 70.
- [12] 詹德威. 管式多支座段塞流捕集器的设计[J]. 油气田地面工程, 2007, 26(7): 10.
Zhan Dewei. Design of Tube-Type Slug Flow Trap with Multi-Supports [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2007, 26 (7): 10.
- [13] 杨勇, 杜通林, 李晓东, 等. 新型高效旋流段塞流捕集器优化设计[J]. 天然气与石油, 2011, 29(5): 9 - 10.
Yang Yong, Du Tonglin, Li Xiaodong, et al. Optimization Design of New High Efficiency Hydrocyclone Slug Flow Trap [J]. Natural Gas and Oil, 2011, 29 (5): 9 - 10.
- [14] Vergara M A, Foucart N K. Selection Slug Catcher Type [C] // Paper SPE - 107293 - MS was Presented at the Latin American & Caribbean Petroleum Engineering Conference, 15 - 18 April, 2007, Buenos Aires, Argentina. New York: SPE, 2007.
- [15] 张伟. 海底湿气管道段塞流捕集器容积的计算方法[J]. 油气储运, 2017, 36(9): 1083 - 1088.
Zhang Wei. A New Method for Calculating the Volume of Slug Catcher at the Terminal of Submarine Wet Gas Pipeline Slug Catcher [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2017, 36 (9): 1083 - 1088.
- [16] 陈俊文, 郭艳林, 代科敏, 等. 集输管道分段清管捕集器负荷计算探讨[J]. 天然气与石油, 2018, 36(3): 9 - 15.
Chen Junwen, Guo Yanlin, Dai Kemin, et al. Discussion on Slug Catcher Load Under Segmented Pigging Process in Gas Gathering Pipeline [J]. Natural Gas and Oil, 2018, 36 (3): 9 - 15.
- [17] 胡文杰, 江志华, 李鹏程, 等. 多气源多用户天然气处理厂的外输调控计算模型[J]. 天然气工业, 2015, 35(6): 93 - 98.
Hu Wenjie, Jiang Zhihua, Li Pengcheng, et al. A Calculation Model for the Transmission of a Natural Gas Processing Plant with Multiple Sources and Users [J]. Natural Gas Industry, 2015, 35 (6): 93 - 98.
- [18] 王治红, 吴明鸥, 柳海, 等. 克拉美丽气田天然气处理装置工艺改造研究[J]. 天然气与石油, 2016, 34(5): 15 - 20.
Wang Zhihong, Wu Ming'ou, Liu Hai, et al. Natural Gas Processing Device Renovation Research in KLML Gas Field [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34 (5): 15 - 20.
- [19] 席国强, 李致宏, 葛海, 等. 回收罐压油方式改造实践[J]. 天然气与石油, 2017, 35(6): 13 - 17.
Xi Guoqiang, Li Zhihong, Ge Hai, et al. Reconstruction of Oil Pressurization Method for Recovery Tank [J]. Natural Gas and Oil, 2017, 35 (6): 13 - 17.
- [20] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 油田油气集输设计规范: GB 50350 - 2015 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2016: 41.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for Design of Oil-Gas Gathering and Transportation Systems of Oilfield: GB 50350 - 2015 [S]. Beijing: China Planning Press, 2016: 41.