

海上油田原油换热器在线清洗 研究和实践

郑旭一

中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300451

摘 要:海上油田原油换热器长期处于使用状态时,内部结垢情况严重,管壁沉着大量的聚合物和原油蜡质等,会降低换热器的换热效率。为了探求简单、快捷的海上油田原油换热器在线清洗方式,对换热器拆检清洗和在线清洗方式进行了探索研究和实践,并对两种清洗方式的效果进行对比,实验数据表明两种清洗方式清洗后换热器的工作效率基本一致。证明自主在线清洗后换热器换热效率能够达到使用要求。近年来,渤海油田大力开展降本增效技术攻关,自主在线清洗从根本上节约人力和成本,达到节能降耗的目的,并为此类工作的开展提供有力的佐证。

关键词:节能降耗;原油换热器;在线清洗;换热效率

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.04.017

Research on On-Line Cleaning for Crude Oil Heat Exchanger in Offshore Oilfield and Its Practice

Zheng Xuyi

CNOOC(China) Co., Ltd. Tianjin Branch, Tianjin, 300451, China

Abstract: When the crude oil heat exchanger in offshore oilfield is in service for a long time, the internal scaling is serious, and a large amount of polymer and crude oil wax are deposited on the pipe wall, which will reduce the heat transfer efficiency of the heat exchanger. In order to find a simple and fast on-line cleaning method for crude oil heat exchangers in offshore oilfields, the methods of disassembly, inspection and cleaning of heat exchangers and on-line cleaning were studied and practiced, and the effects of the two cleaning methods were compared. The experimental data showed that the working efficiency of the heat exchangers after the two cleaning methods were basically the same. It is proved that the heat transfer efficiency of the heat exchanger after self-cleaning on line can meet the requirements of operation. In recent years, Bohai Oilfield has vigorously carried out cost reduction and efficiency enhancement technology research. Independent online cleaning fundamentally saves manpower and cost, and realizes the goal of energy saving and consumption reduction, and provides specific evidence for the implementation of this kind of work.

Keywords: Energy saving; Crude oil heat exchanger; Online cleaning; Heat exchange efficiency

收稿日期:2018-11-20

作者简介:郑旭一(1987-),男,山东威海人,工程师,学士,主要从事海上石油开采与研究工作。

0 前言

原油换热器在原油处理流程中起到温度置换的作用^[1-2],该设备在渤海某油田的生产处理流程中^[3],本身兼具节能降耗的目的,自1999年投产以来,原油换热器未拆检和清洗,生产物流因结蜡产生的聚合物等杂质导致原油换热效果欠佳^[4-5]。2017年9月,渤海某油田利用外委施工作业,将原油换热器 HE-103 A 进行拆检和清洗,以 HE-103 A 的清洗情况为基础,现场展开对原油换热器 HE-103 B 自主在线清洗的探索研究与实践,试验取得了较好的效果,节约大量人力和成本,在节能降耗的道路上再创佳绩^[6]。

1 原油换热器简介

1.1 主要设计参数

原油换热器 (HE-103 A/B) 2 台,每台负荷为 420 kW,热源来自电脱水器的热油,冷的原油走壳程,热的原油走管程,主要设计参数见表 1。

表 1 原油换热器主要设计参数

流程	操作温度 / ℃	操作压力 (a) /kPa	设计温度 / ℃	设计压力 (a) /kPa
壳程	40~60	350	75	700
管程	67~80	500	110	850

1.2 原油换热器使用状况

渤海某油田原油换热器 HE-103 A/B,流程上处于油田一级分离器和原油换热器 HE-104 A/B/C 之间,内部采用管壳式结构,管程介质为含水低于 1% 的合格原油,温度 75℃ 左右,壳程介质为来自一级分离器的出口原油,温度 46℃ 左右,通过热量置换,既起到加热原油的作用,也达到降低入舱原油温度的目的,为海水冷却器 HE-106 A/B 减少负荷压力,为流程内即将进入热处理器 V-103 的原油提供温度需求。鉴于原油换热器 HE-103 A/B 未进行过抽芯检查和清洗作业^[7],内部结构、腐蚀及淤泥堆积情况等不确定因素,致使换热器换热效果不佳,降低了设备使用效率。

原油换热器 HE-103 A/B 生产流程见图 1^[8]。

2 原油换热器 HE-103 A 外委拆检清洗

2017 年 9 月,渤海某油田将原油换热器 HE-103 A 抽芯清洗并拆检的作业委托给天津某清洗公司进行现场

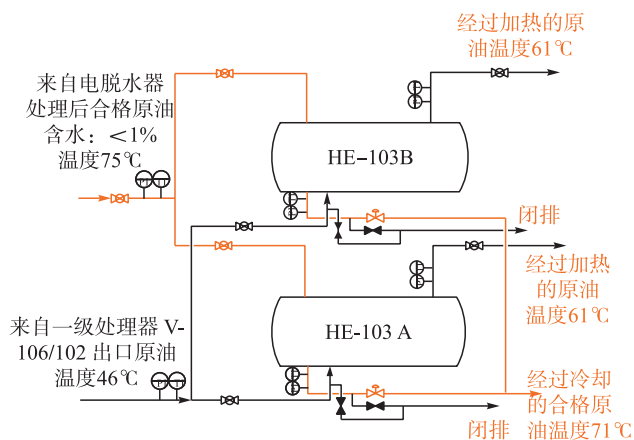


图 1 渤海某油田原油换热器简易生产流程图

施工^[9],清洗换热器内部积聚的油泥,摸清换热器内部结构的现状及腐蚀情况,从而提高换热器的换热效果。

2.1 前提投入和准备工作

HE-103 A 换热器芯体重量 11 815 kg,长约 5 m,封头处空间太小,封头拆装困难,顶部甲板上无吊点^[10],而且钢板过薄无法焊接吊点,封头前无拉点,需要对现场进行改造,入舱调节阀变送器移位,换热器顶部加工字梁焊接吊点及拉点,操作台周围护栏切除,否则抽芯作业无法完成。

2.2 抽芯拆检过程

通过现场流程的控制,将原油换热器 HE-103 A/B 隔离泄放,清洗施工人员对原油换热器 HE-103 A 进行抽芯拆检,作业持续时间 10 d,施工人员 8 人。起重吊装的整个过程中,从设备拆卸、吊装、抽芯及固定,每一步难度之大、风险之高,都给现场工作提出了很高的要求,整个作业过程现场监督全程监护^[11-13]。由于渤海某油田采出液中含聚油泥较多,在长期运行过程里,部分油泥聚合物粘在管壳内^[14],现场采取低压水粗洗-柴油浸泡-高压水精洗-无损检测,每一步工序都严格按照相关质量标准执行和验收。经过清洗作业,461 根钢管检查无损坏情况,完成原油换热器 HE-103 A 的拆检工作。

2.3 HE-103 A 投入使用情况

原油换热器抽芯清洗前后运行参数对比见表 2,原油换热器 HE-103 A 清洗前后,壳程出入口压力变化最为明显^[15],说明壳程经过开盖清洗后,减少了油泥的阻力作用^[16],同时原油换热器壳程出口温度也上涨 2℃,换热效率得到明显提高。

表 2 原油换热器 HE-103 A 抽芯清洗前后运行参数对比

流程	抽芯前参数				抽芯后参数			
	入口压力 /MPa	出口压力 /MPa	入口温度 /℃	出口温度 /℃	入口压力 /MPa	出口压力 /MPa	入口温度 /℃	出口温度 /℃
管程	0.05	0.04	75	71	0.04	0.03	75	71
壳程	0.14	0.135	46	59	0.13	0.12	48	61

3 自主在线清洗的试验和效果

2017 年 9 月完成原油换热器 HE-103 A 的抽芯检查和清洗作业^[17],发现内部结构基本完好,清出油泥 0.5 t,内部 461 根管束无腐蚀渗漏情况存在^[18],抽芯拆检作业的费用较高。在摸清原油换热器 HE-103 A 相关情况的基础上,现场研究决定,开展原油换热器 HE-103 B 的自主清洗作业。现场利用轻质油浸泡及低压地热水冲洗等措施,实现换热器内部油泥的溶解和冲洗,从而提高原油换热器的换热效率,达到降本增效,节能降耗的目的。

3.1 研究项目简述

渤海某油田西区生产专业开展原油换热器 HE-103 B 自主清洗作业,根据前期原油换热器 HE-103 A 的外委清洗作业效果,生产专业采用轻烃浸泡和地热水冲洗拆检^[19],多步骤进行,对原油换热器 HE-103 B 进行自主清洗作业。耗时 3 d 完成清洗,共节约外委施工人力 8 人,施工费用 18 万元,采用轻烃代替柴油,节约柴油费用 2 万元,整个自主清洗作业共计节约经费超过 20 万元。

3.2 施工步骤描述

通过现场流程的预留甩头,分别对原油换热器管程和壳程进行自主清洗作业,图 2 为原油换热器 HE-103 B 的在线清洗流程。

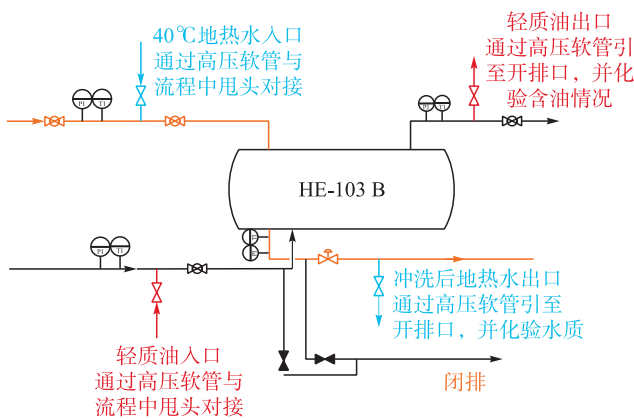


图 2 原油换热器在线清洗流程图

3.2.1 管程清洗施工步骤

- 1) 对原油换热器 HE-103 B 管壳程隔离,通过闭排阀门对管壳程原油进行放空。
- 2) 通过公称直径 DN 25 耐压软管连接地热水和

HE-103 B 合格原油入口管线甩头,并安装控制阀门,控制地热水排量。

- 3) 在 HE-103 B 管程出口甩头连接公称直径 DN 25 耐压软管,软管出口对准开排槽。

- 4) 打开地热水控制阀门^[20],对管程管束进行冲洗,通过耐压软管出口观察地热水水质。

- 5) 化验员取样分析地热水含油变化情况。

- 6) 根据含油具体情况,判断管束冲洗效果,等待投用。

现场通过地热水冲洗和浸泡,对管程进行清洗,并在出口处取样化验水中含油情况,刚开始时,含油较多,冲洗两个多小时后,水中含油基本为零,分析认为管程中介质为该油田经过多级分离后含水低于 1% 的合格原油,对管程未造成明显结垢情况。

3.2.2 壳程清洗施工步骤

- 1) HE-103 B 为直径 4 m,长度 6 m 的卧式换热器,减去换热器内管程管束体积,预计使用轻质油 2 m³ 左右;通过公称直径 DN 25 耐压软管连接地热水和 HE-103 B 合格原油入口管线甩头,并安装控制阀门,控制地热水排量。

- 2) 对 HE-103 B 管程、壳程的出入口进行隔离,通过 HE-103 B 的闭式排放阀门对管壳程原油进行放空,连接氮气系统管线至壳程入口甩头,对壳程系统进行吹扫至闭排;打开地热水控制阀门,对管程管束进行冲洗,通过耐压软管出口观察地热水水质。

- 3) 关闭壳程安全阀出口,利用安全阀处甩头作为注入点(壳程低点),对壳程进行充液,通过压力表处(壳程高点)连接管线至地漏,作为排放点,确认壳程是否充满液。

- 4) 通过公称直径 DN 25 耐压软管连接液烃泵出口和壳程安全阀甩头入口,将整个换热器充满液烃,进行浸泡。

- 5) 浸泡 48 h 后,将壳程通过排放管线放空,在放空过程中,取样观察油泥含量,判断液烃浸泡效果。

- 6) 通过公称直径 DN 25 耐压软管连接地热水和 HE-103 B 壳程安全阀出口管线甩头,并安装控制阀门,控制地热水排量。

- 7) 在 HE-103 B 壳程出口甩头连接公称直径 DN 25 耐压软管,软管出口对准开排槽,打开地热水控制阀门,对壳程进行冲洗,通过耐压软管出口观察地热水水质。

8)化验员取样分析地热水含油变化情况,根据含油具体情况,判断管束冲洗效果,等待投用。

现场通过轻质油浸泡^[21],对壳程进行清洗,再通过地热水进行冲洗,并在出口处取样化验水中含油情况,其中明显含有絮状物及浮油,是因为长期注聚导致产出液中含聚。随后停止地热水冲洗,再进行几次轻质油浸泡,使壳程中结垢物能被轻质油溶解,再通过地热水冲洗,尽量降低出口处含油量。

3.3 效果评估

通过 HE-103 A 抽芯清洗作业,换热器内部管束基本完好,壳程集聚较多油泥,一次外委清洗作业大概需要人员 8 人,费用 15 万元左右。本次生产专业自主开展

HE-103 B 清洗作业,使用轻烃 2 m³。

清洗完成后,将 HE-103 B 换热器投用,记录投用前后压力、温度等参数,并进行比对。

原油换热器 HE-103 B 完成自主清洗作业后,换热效率得到明显提升^[22],换热器自主清洗前后运行参数对比见表 3,原油换热器通过外委清洗和现场开展试验在线清洗效果对比见表 4。由表 4 可看出,原油换热器 HE-103 B 在线清洗后,壳程出口压力降低 0.01 MPa,壳程出口温度提升 1~2℃。与前期原油换热器 HE-103 A 外委抽芯检查后投入使用的效果(壳程出口压力降低 0.02 MPa,壳程出口温度提升 1~2℃)进行比较,两种方式取得的效果基本一致,自主清洗作业取得预期效果。

表 3 原油换热器 HE-103 B 自主清洗前后运行参数对比

流程	抽芯前参数				抽芯后参数			
	入口压力 /MPa	出口压力 /MPa	入口温度 /℃	出口温度 /℃	入口压力 /MPa	出口压力 /MPa	入口温度 /℃	出口温度 /℃
管程	0.05	0.04	75	71	0.04	0.04	75	71
壳程	0.13	0.13	46	59	0.12	0.12	48	60

表 4 原油换热器通过外委清洗和现场开展试验在线清洗效果对比

设备位号	作业性质	作业费用 /万元	作业人员 /人	作业耗时 /d	作业风险	换热效果		
						管程	壳程	出口压力 /MPa 出口温度 /℃
HE-103 A	外委拆检清洗	15	8	10	较高	介质为热油,	降低 0.02	提升 1~2
HE-103 B	自主在线清洗	0	7	3	一般	效果基本一致	降低 0.01	提升 1~2

4 结论

前期开展外委拆检清洗作业,摸清原油换热器 HE-103 A 的内部结构及腐蚀、堵塞情况,发现渤海某油田产出原油油品较好,虽产出液中有较多聚合物等形成的油泥,但是经过前面两级分离器的分离之后,进入换热器壳程的原油中所含聚合物未对壳程造成堵塞和腐蚀。在此基础上,油田现场开展在线清洗后,做出使用效果比对,原油换热器 HE-103 B 的清洗效果接近外委施工的作业效果,原油换热器在线清洗的效果显著。现场自主研究,开展原油换热器在线清洗作业,节约了大量的经济成本,为此类工作的开展提供有力的佐证。

参考文献:

- [1] 海上采油工程手册编写组. 海上采油工程手册(上)[M]. 北京:石油工业出版社,2001:88-91.
Editorial Group of Manual of Offshore Oil Production Engineering. Manual of Offshore Oil Production Engineering (Part I) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 88 -

91.

- [2] 布兰南. 石油和化学工程师实用手册[M]. 北京:化学工业出版社,2001:17-39.
Brannan C R. Rules of Thumb for Chemical Engineers [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001: 17 - 39.
[3] 中国石油和石化工程研究会. 海洋石油开发[M]. 北京:中国石化出版社,2006:62-69.
China Petroleum and Petrochemical Engineering Institute. Offshore Oil Development [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2006: 62 - 69.
[4] 于海阳. 油井结蜡因素分析与清防蜡技术[J]. 渤海油田生产设备管理与维修,2013,1(10):80-81.
Yu Haiyang. Analysis of Wax Deposition Factors in Oil Wells and Wax Removal and Prevention Technology [J]. Management and Maintenance of Production Equipment in Bohai Oilfield, 2013, 1 (10): 80 - 81.
[5] 陈华兴,唐晓旭,高建崇,等. 绥中 36-1 油田注聚井注入压力高原因分析及建议[C]//李文湘,夏庆龙. 第十六届环渤海浅(滩)海油气勘探开发技术论文集. 北京:中国石化出版社,2011:451-455.

- Chen Huaxing, Tang Xiaoxu, Gao Jianchong, et al. Cause Analysis of High Injection Pressure of Polymer Injection Wells in Suizhong 36 - 1 Oilfield [C]//Li Wenxiang, Xia Qinglong. Proceedings of the 16th Session of Oil and Gas Exploration and Development Technology in Shallow (Shoal) Sea Around Bohai Sea. Beijing: China Petrochemical Press, 2011: 451 - 455.
- [6] 周守为. 中国海洋石油高新技术与实践[M]. 北京:地质出版社,2005:26 - 27.
- Zhou Shouwei. High-tech and Practice of China Offshore Oil [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005: 26 - 27.
- [7] 天津分公司油气生产管理体系编委会. 中海石油(中国)有限公司天津分公司油气生产管理体系[Z]. 天津:中海石油(中国)有限公司天津分公司,2015.
- Editorial Committee of Oil and Gas Production Management System of Tianjin Branch. Oil and Gas Production Management System of Tianjin Branch of CNOOC Ltd. [Z]. Tianjin: Tianjin Branch of CNOOC Ltd., 2015.
- [8] 苏加玲,谭荔月. 渤海某油田操作维修手册(第1册)[Z]. 天津:中海石油海洋工程设计公司,1999.
- Su Jialing, Tan Liyue. Operation and Maintenance Manual for an Oilfield in Bohai Sea (Volume 1) [Z]. Tianjin: CNOOC Marine Engineering Design Company, 1999.
- [9] 李葆文. 简明现代设备管理手册[M]. 北京:机械工业出版社,2004:23 - 24.
- Li Baowen. Concise Manual of Modern Equipment Management [M]. Beijing: China Machine Press, 2004: 23 - 24.
- [10] 张青,王晓伟,张瑞军,等. 起重机构造与使用维修手册[M]. 北京:化学工业出版社,2011:167 - 168.
- Zhang Qing, Wang Xiaowei, Zhang Ruijun, et al. Manual of Crane Construction, Operation and Maintenance [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011: 167 - 168.
- [11] 赵培录,吕亮功. 安全技术与管[M]. 北京:中国石化出版社,2006:313 - 316.
- Zhao Peilu, Lü Lianggong. Safety Technology and Management [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2006: 313 - 316.
- [12] 栾兴华. 化险为益[M]. 深圳:海天出版社,2009:33 - 34.
- Luan Xinghua. Turn the Danger Zone into a Safety Zone [M]. Shenzhen: Haitian Publishing House, 2009: 33 - 34.
- [13] 刘成江. 海洋石油安全生产规定释义[M]. 北京:石油工业出版社,2006:52 - 53.
- Liu Chengjiang. Interpretation of Offshore Oil Safety Production Regulations [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006: 52 - 53.
- [14] 丘宗杰. 海上采油工艺新技术与实践[M]. 北京:石油工业出版社,2009:246 - 253.
- Qiu Zongjie. New Technology of Offshore Oil Recovery and Its Practice [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2009: 246 - 253.
- [15] 张光,余刚. 管程压力高于壳程时管接头检验的考虑[J]. 中国特种设备安全,2011,27(9):35 - 36.
- Zhang Guang, Yu Gang. Consideration of Joint Inspection when Pipe-side Pressure is Higher than Shell-side Pressure [J]. China Special Equipment Safety, 2011, 27 (9): 35 - 36.
- [16] 陈涛平. 石油工程[M]. 北京:石油工业出版社,2011:454 - 456.
- Chen Taoping. Petroleum Engineering [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2011: 454 - 456.
- [17] 高慧. 管壳式换热器换热管的传热强化分析[J]. 中国设备工程,2016,11:73 - 74.
- Gao Hui. Heat Transfer Enhancement Analysis of Heat Exchanger Tubes in Shell and Tube Heat [J]. China Plant Engineering, 2016, 11: 73 - 74.
- [18] 柳金海. 管道防腐蚀工程[M]. 北京:机械工业出版社,2008:1 - 11.
- Liu Jinhai. Pipeline Anti-corrosion Engineering [M]. Beijing: China Machine Press, 2008: 1 - 11.
- [19] 王光然. 油气集输[M]. 北京:石油工业出版社,2006:147 - 155.
- Wang Guangran. Oil and Gas Gathering and Transportation [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006: 147 - 155.
- [20] 黄国勇,王中华,郝文博. 油田注水(汽)开发与地下水保护问题探讨[J]. 环境保护与循环经济,2018,38(1):37 - 38.
- Huang Guoyong, Wang Zhonghua, Xi Wenbo. Discussion on Water (Steam) Injection and Groundwater Protection in Oilfield Development [J]. Environmental Protection and Circular Economy, 2018, 38 (1): 37 - 38.
- [21] 郭欣,刘向东,张倩,等. 海上轻质油分离级数影响研究[J]. 石油和化工设备,2018,21(6):88 - 91.
- Guo Xin, Liu Xiangdong, Zhang Qian, et al. Study on Effect of Stage Number of Separation on Offshore Light Oil [J]. Petro & Chemical Equipment, 2018, 21 (6): 88 - 91.
- [22] 程杰平. 换热器换热效率计算在空分设备日常评价及监控方面的应用[J]. 深冷技术,2017(4):4 - 12.
- Cheng Jieping. Application of the Calculation of the Heat Exchanger Efficiency of Heat Exchanger in Daily Assessment and Monitor of the Air Separation Plant [J]. Cryogenic Technology, 2017 (4): 4 - 12.