

使用脱盐单元对富乙二醇脱水再生的创新方法开发及应用

杨 勇*

(中海石油(中国)有限公司深圳分公司白云天然气作业公司,广东 深圳 518000)

摘要:天然气处理接收平台配置有 1 套乙二醇回收装置,用于对水下返回的富乙二醇进行回收处理。该装置由脱水、脱盐、闪蒸等 4 个单元组成,其中重沸器为脱水单元的关键设备。运行期间重沸器 A、B 相继发生内漏,使得脱水单元停用,无法生产合格的乙二醇,直接导致水下气田停产。在研究乙二醇再生系统各单元工作原理的基础上,提出了一系列的工艺流程创新改造方案,保证了重沸器故障期间连续生产出合格的乙二醇。

关键词:乙二醇再生系统;脱盐闪蒸;流程改造;脱水

中图分类号:TQ223.162

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2020)09-0214-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2020.09.045

Innovative method for dehydration and regeneration of ethylene glycol-rich by utilizing desalination unit and application

YANG Yong*

(Baiyun Natural Gas Operations Company, Shenzhen Branch of CNOOC (China) Company Limited, Shenzhen 518000, China)

Abstract:The natural gas processing and receiving platform is equipped with a set of ethylene glycol recovery facility, which is employed for the recovery and treatment of ethylene glycol-rich returned underwater. This facility consists of dehydration, desalination and flash evaporation units. Reboiler is the key equipment of the dehydration unit. During operation, A and B reboilers suffered internal leakage one after another, making the dehydration unit shut down and in turn being unable to produce qualified glycol, which directly led to the shutdown of underwater gas field. On the basis of studying the working principle of each unit of ethylene glycol recovery facility, a series of innovation and renovation schemes are put forward, which ensures continuous production of qualified ethylene glycol when the reboiler is failure.

Key words:ethylene glycol regeneration system; desalination flash; process revamping; dehydration

近年来,在国际能源合作发展趋势的大背景下,我国深海开发已经初具规模,为了确保深海开发项目中水下流动性安全,需要向水下生产系统注入乙二醇以防止水合物的形成。同时,为了减少开采成本,在水下生产系统的天然气处理接收平台上将配置一套乙二醇再生系统(MRU),对返回到平台的富乙二醇进行回收再生,处理后含水、含盐合格的贫乙二醇将重新注入到水下生产系统,抑制水合物的生成,为深海开发提供有力保障。

1 乙二醇回收装置流程简介

乙二醇再生系统(MRU)可除去富乙二醇中的轻烃、CO₂、腐蚀杂质、部分水和盐,使得乙二醇溶液能够循环利用,从而大大减少生产作业中化学药剂的消耗^[1]。MRU 处理模块分为 4 个主要单元,图 1 所示为乙二醇回收装置流程示意图。

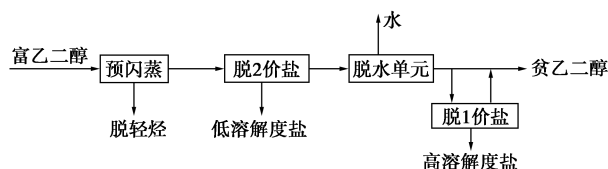


图 1 乙二醇回收装置流程示意图

(1) 预闪蒸单元:富乙二醇经过闪蒸罐预热器加热到 60℃,促进破乳、加速分离,以保证在闪蒸罐闪蒸除轻烃以及 CO₂。

(2) 预处理单元:富乙二醇经过预处理罐预热器加热到 80℃。同时在预处理罐添加了 3 种化学药剂,分别是碳酸钠(沉淀地层水中的 2 价阳离子 Ca²⁺、Fe²⁺、Ba²⁺、Sr²⁺)、氢氧化钠(控制 pH,并沉淀地层水中的 Mg²⁺)、除氧剂(除去预处理罐中的 O₂)。富液中 2 价阳离子在预处理罐中充分反应后,生成的沉淀在颗粒过滤器中去除。

收稿日期:2019-11-11;修回日期:2020-07-05

作者简介:杨勇(1989-),男,学士,工程师,主要从事海洋石油天然气工程开发及技术应用工作,通讯联系人,624798507@qq.com。

(3)再生单元:大部分水蒸发,产生质量分数80%以上的贫乙二醇。盐仍保持溶解,但与富乙二醇相比具有更高的浓度。

(4)脱盐闪蒸单元:再生出来的贫乙二醇一部分去往脱盐闪蒸罐,闪蒸出的乙二醇蒸气重新凝结,产生干净的贫乙二醇。处理后的贫乙二醇与另一部分没有经处理的贫乙二醇混合后进入乙二醇日用罐,通过贫乙二醇注入泵回注到水下井口,用于防止水合物的生成。

2 问题描述

再生单元核心设备为重沸器,为焊接板式,单个重沸器功率8 824 kW,内部材质为钛合金^[2]。MRU运行过程中重沸器A、B接连出现内漏,热媒油通过重沸器进入MEG端,导致再生单元无法正常工作,进一步导致水下气田关井,严重影响平台产能。通过分析认为,内漏是由于设计缺陷引起,故计划对现有的重沸器进行换型,更换为螺旋式结构,材质为双相不锈钢的换热器,而在换型及维修期间MRU则直接面临着停产的风险,无法生产合格的乙二醇,直接导致水下气田停产。

3 工艺创新改造措施

3.1 利用脱盐闪蒸单元脱水解决重沸器故障期间无法脱水的问题

MRU系统再生单元和脱盐闪蒸单元基本原理类似,都是利用加热器将流体加热,达到溶液的沸点,但操作压力不同,故而在脱盐闪蒸罐内通过脱盐循环加热器,在温度上升至水沸点的情况下,可以达到脱除富乙二醇中水的目的,从而满足含水质量分数20%的回注要求。目前水下来液主要为凝析水,含盐量较低,表1所示为目前测试数据与设计数据对比。经过离子浓度回归计算,1价盐离子浓度很低,乙二醇不进行脱1价盐仍满足回注要求^[3]。

表1 设计数据与目前实测数据对比 mg/L

| | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | Ba ²⁺ |
|------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 设计数据 | 3075 | 132 | 416 | 462 | 0 |
| 实测数据 | | | 10.4 | 10.4 | 0 |
| | Sr ²⁺ | Fe ²⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ |
| 设计数据 | 0 | 3 | 6285 | 1486 | 136 |
| 实测数据 | 0 | 0 | 73.1 | | |

通过理论分析可以使用脱盐闪蒸单元代替再生

单元,为此进行了如下流程改造:再生单元停止使用,预闪蒸和预处理单元正常使用,利用脱盐闪蒸单元中的脱盐闪蒸罐完成脱水和产品外输的任务。图2所示为脱盐单元脱水改造示意图。在再生塔入口FV下游排放阀处接临时软管,通过FV来控制流量,如图2中临时软管①(为了增大流量,该管线实际为2条3/4"软管)。脱盐循环泵出口连至贫MEG冷却器入口,冷却至常温后进入下游,如图2中临时软管②。脱盐闪蒸单元产品接收罐出口为纯水,贫乙二醇输送泵P-4854A出口接临时软管,连接到回流水罐,最终进入生产水系统,如图2中临时软管③。

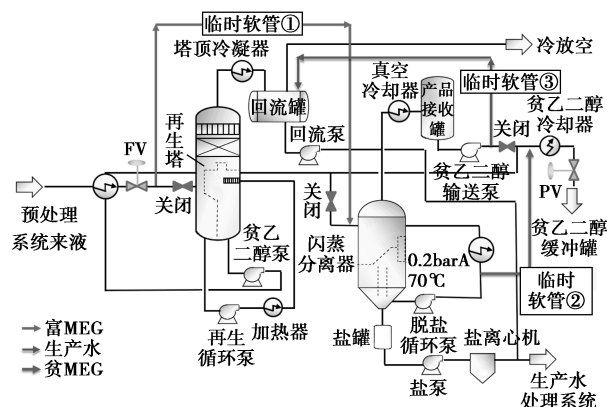


图2 脱盐单元脱水改造示意

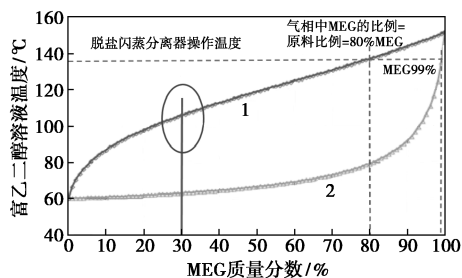
流程改造完成后,需要对脱盐单元的压力、温度、进出口流量等参数进行现场调试,同时通过化验定量确认出口贫乙二醇含水以及顶部脱出水中的MEG含量,经过现场的实际调试得出,最佳的处理量为5.5 m³/h,压力-0.02 MPa,温度80℃,此时可满足水下气田全负荷生产。

MRU正式投用工艺创新方案后,为了保证产品含水及洁净度,现场加大MRU出口产品的化验频率。表2所示为脱盐单元脱水运行数据摘选,含水均在质量分数20%以内,1价盐含量基本保持稳定。

表2 脱盐单元脱水运行数据记录(摘选)

| | 2019.1.24 | | 2019.1.25 | | 2019.1.26 | |
|--|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | 乙二醇日用罐入口 | 乙二醇日用罐出口 | 乙二醇日用罐入口 | 乙二醇日用罐出口 | 乙二醇日用罐入口 | 乙二醇日用罐出口 |
| 含水/% | 17.807 | 18.732 | 17.379 | 18.968 | 19.432 | 18.847 |
| Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹) | 10.760 | 10.910 | 10.750 | 10.880 | 11.150 | 11.080 |
| 密度/(g·cm ⁻³) | 1.105 | 1.105 | 1.105 | 1.104 | 1.105 | 1.105 |
| 颗粒度 | NAS13 | NAS12 | NAS14 | NAS13 | NAS15 | NAS13 |

的原因之一^[5]。另外,通过查阅不同 MEG 含量下的富乙二醇溶液的沸点发现(图 4 为乙二醇-水在 -0.02 MPa 压力下的气液平衡相图),当富液 MEG 质量分数在 30% 时,沸点已经下降至接近 100℃,较贫 MEG 沸点(125~142℃)下降较多,且与流程改造后的操作温度(80℃)较接近,因此分析认为目前操作温度偏高也是损失量增大的原因之一。



1—-0.02 MPa/露点线;2—-0.02 MPa/泡点线

图 4 乙二醇—水在 -0.02 MPa 压力下的气液平衡相图

根据现场实际情况,在改造方案的脱水塔(脱盐闪蒸罐)顶捕雾器下游接入回流水,利用捕雾器做分散器功能,以达到塔顶回流的目的,从而最有效地模拟塔顶回流效果。此外,再根据贫 MEG 注入公式:

$$M_1 = M_w [X_R / (X_L - X_R)]$$

式中, M_1 为贫乙二醇注入量,kg/d; M_w 为生产水质量流量,kg/d; X_R 为富液中 MEG 质量分数,%; X_L 为贫液中 MEG 质量分数,%。

适当降低贫液中 MEG 含量,同时增大水下相应的注入流量,仍然可以防止水合物形成^[6]。通过理论计算及现场实际运行后,方案改造后的温度由 80℃ 下降至 70℃,贫液中 MEG 质量分数由 80% 降低至 75%。图 5 为乙二醇回收装置回收率曲线图,通过回收率的变化反映出乙二醇损失量的变化,可以发现损失量虽然较原流程有所增大,但在新方案初始的基础上有明显下降。

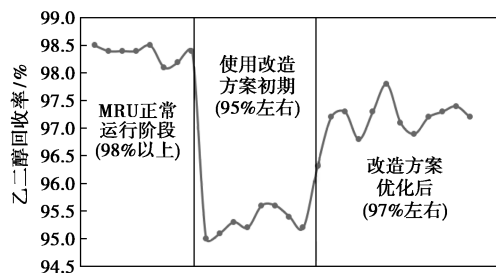


图 5 乙二醇回收装置回收率曲线图

4 改造难度及创新

乙二醇回收装置通过对富液进行脱除轻烃、2 价盐、水及 1 价盐后重新回注至水下,是保障深水油气田流动安全的关键技术之一,由于其复杂性,该技术只掌握在 Cameron、Aker Solutions、CCR、COMART 等少数几个外国公司当中,国内并没有成功运营的经验可以借鉴。

当脱水单元核心设备重沸器损坏后,面对此种难度大、时间紧的窘境,经过现场评估创新性地提出使用脱盐单元进行脱水的方案,同时通过一系列流程再改造,优化创新,确保了 MRU 的正常运行,提高了 MRU 的稳定性和可靠性,保证了水下生产系统的安全运行,打破了外方的技术垄断。此外,为以后的操作和技术研究积累了丰富的经验,为设备和工艺的国产化奠定了一定的理论基础。

5 改造推广与应用

在通过自助攻坚克难,不断探索,优化改进,应用对比,成功地消除了重沸器故障期间 MRU 停运的风险,并利用多项举措保证了 MRU 产品质量合格,保证水下安全生产,为以后的操作和技术研究积累了丰富的经验,弥补了国内技术在此领域的空白。

此外,本次的改造方案取得了较好的经济效益,在今后的 MRU 操作运行中具有重大的推广和应用意义,同时在设备和工艺的国产化建造中具有一定的启发,如增设备用线、改造脱盐闪蒸罐设计结构、优化重沸器选型等,以增强 MRU 的运行稳定性、设备可靠性和故障容错性。

参考文献

- [1] 郝蕴,周晓红.南海深水气田群番禺 34-1CEP 平台乙二醇再生脱盐系统工艺设计[J].中国海上油气,2014,26(4):91-95.
- [2] 杨勇,宗俊斌,赵迎涛,等.乙二醇回收装置中脱水单元的操作优化[J].辽宁化工,2017,46(5):513-515.
- [3] 郭伟.脱盐闪蒸单元提前投用对乙二醇回收系统的意义[J].中小企业管理与科技:上旬刊,2017,(8):177-178.
- [4] 宗俊斌,杨勇,赵迎涛,等.乙二醇回收装置中颗粒过滤器设计与应用[J].石油化工应用,2017,36(4):131-135.
- [5] 李翔.海上平台乙二醇回收系统中闪蒸罐内件优化设计研究[D].成都:西南石油大学,2015.
- [6] 吕晨爽,李凌峰.天然气集输系统水合物抑制剂用量优化[J].当代化工,2019,48(2):354-357. ■