

# 番禺 34-1 气田乙二醇回收系统脱二价盐工艺优化及改造

郭伟<sup>1</sup> 周生林<sup>1</sup> 宗俊斌<sup>1</sup> 张海磊<sup>1</sup> 赵迎涛<sup>1</sup> 林湧涛<sup>1</sup>

**摘要：** PY34-1 气田乙二醇回收系统在国内自营气田的应用属首例，其脱二价盐是最复杂的单元，原工艺设计在现场应用存在诸多值得优化和改进的地方。为了解决影响脱二价盐单元正常运行的问题，现场采取了参数优化、逻辑修改、流程和罐体改造等措施。通过优化改造，脱二价盐单元能够按照逻辑程序顺利运行，生产清洁度达标产品；同时不再影响再生单元的正常生产，消除了影响台风模式生产的因素，为以后的操作和技术发展积累了经验，为乙二醇回收系统国产化研究奠定了理论基础。

**关键词：** 乙二醇回收；颗粒过滤器；脱二价盐；预涂；优化；改造

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.8.013

## Divalent Salt Removal Process Optimization and Reconstruction of Panyu 34-1 Gas Field Mono-ethylene Glycol Recovery Unit

Guo Wei, Zhou Shenglin, Zong Junbin, Zhang Hailei, Zhao Yingtao, Lin Yongtao

**Abstract:** It's the first application for mono-ethylene glycol recovery unit (MRU) of Panyu34-1 gas field in the domestic self-support gas field. Divalent salt removal is the most complicated process in the system and there are many worth of improvements for its original design. In order to solve the problems affecting the divalent salt removal unit's normal running, the gas field took measures like parameter optimization, logic change, process and tanks reconstruction and so on. Due to the measures, divalent salt removal unit can run normally as per PLC logic, make the products' cleanliness qualified. Meanwhile the regeneration system could not disturb the normal operation and the factors which influence the typhoon mode operation were eliminated. The reconstruction accumulates the experience for prospective operation and technology development, laid a theoretical basis for MRU study in the domestic.

**Key words:** MEG recovery; particulate filter; removing divalent salts; pre-coat; optimization; reconstruction

乙二醇回收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，该技术只掌握在国外少数几个企业中。乙二醇回收装置 (MRU) 在番禺气田的应用填补了中海油自营油气田在此技术上的空白。

作为发展中的高新技术，MRU 装置集预闪蒸、预处理 (脱二价盐单元)、再生和脱一价盐单元于一体<sup>[1-2]</sup>。脱二价盐又是 MRU 系统中最复杂的单元。随着气井的开发，会有地层水产出，产出水中溶解有钙、镁等二价离子，这些离子若不去除，产出水在升温处理和不断循环中会结垢，造成管线、设备堵塞。脱二价盐单元通过加入化学药剂

沉淀二价盐，然后利用预涂助滤剂的固体颗粒过滤器将沉淀的二价盐等杂质过滤，从而保证乙二醇的清洁度。由于对水下注入系统的清洁度要求高，脱二价盐单元是保证此标准的关键设备，所以该系统的稳定运行至关重要。

## 1 脱二价盐单元简介

脱二价盐单元主要包括 3 部分：①预处理，首先加入氢氧化钠、碳酸钠，调节适当的 pH 值，将钙镁等二价盐沉淀；②加料系统 (BHS)，主要是将珍珠岩添加到预涂罐，配制预涂液；③固体颗粒过滤器，将助滤剂 (珍珠岩) 预先涂敷在过滤柱

<sup>1</sup>中海石油 (中国) 有限公司深圳分公司白云天然气作业公司

上,再过滤二价盐沉淀及其他固体颗粒。过滤器有3台,通过逻辑程序进行控制。基本逻辑顺序<sup>[9]</sup>如下:

(1)吹扫阶段。氮气吹扫,确保过滤器内部是无空气的大气压。

(2)预涂层构成阶段,包含3个子阶段:①富乙二醇溶液填充预涂层罐V-4864,然后添加助剂,准备预涂层介质;②填充固体颗粒过滤器F-4851,预涂层罐中珍珠岩和乙二醇的混合液填充过滤器;③预涂层循环阶段,介质从预涂层罐到固体颗粒过滤器再回到预涂层罐,旨在将固体颗粒过滤器滤衣上形成一层珍珠岩预涂层,即过滤层。

(3)过滤阶段。过滤在预处理罐用化学药剂沉淀的二价盐及其他杂质。

(4)排液阶段。氮气吹扫,将过滤器中过滤液排至预处理罐,滤柱下游排到预涂罐。

(5)干燥阶段。氮气干燥过滤器元件上的盐饼,准备排放。

(6)放空阶段。放空固体颗粒过滤器,使预涂罐的压力达到常压。

(7)排盐阶段。排放固体颗粒过滤器滤柱上干燥的盐饼。

工艺流程<sup>[9]</sup>如图1所示。

## 2 存在问题及优化改造措施

### 2.1 氮气用量大,供应不足

固体颗粒过滤器吹扫、排液和脉冲阶段的氮气由造氮机直接提供。干燥阶段的氮气用量较大,组块氮气到MRU后,经过氮气压缩机加压储存于两个氮气缓冲罐,仅为干燥使用。

在吹扫阶段,固体颗粒过滤器的2 in (1 in=25.4 mm)吹扫阀门打开,短时间内氮气压力下降直至报警,并继续下降。在脉冲阶段,首先氮气将脉冲罐加压。固体颗粒过滤器出口有11个阀门,每个阀门脉冲一次为1个循环,共有5个循环。每个阀门的脉冲时间为5 s,因此每5 s就会给脉冲罐充压一次,连续55次,导致组块氮气压力下降,供应不足。

氮气的作用之一为覆盖气,若氮气管网的压力低于容器的覆盖气压力,则容器的压力不能保持稳定,同时容器中存在的可燃气体可能会反窜至氮气管网,给使用带来巨大危险。

#### 2.1.1 优化逻辑程序

(1)吹扫逻辑。固体颗粒过滤器出口有一条6 in主管线和2 in旁通管线,原设计吹扫时将6 in管线阀门打开,2 in管线阀门关闭。这样氮气吹扫阀打开,瞬间流量较大,导致氮气用量不足。为避免此情况发生,修改逻辑,吹扫时打开2 in阀门,关闭6 in阀门。在放空处检测含氧量小于5%,合格。

(2)脉冲逻辑。将阀门的脉冲由5 s设定为30 s,这样给脉冲罐充压同样的次数,时间却多出了5倍,为氮气补压赢得了更多的缓冲时间。为不影响排盐效果,将原始的5个循环变更为8个循环。

#### 2.1.2 流程改造

从干燥氮气来源的缓冲罐出口接管线,直接连到固体颗粒过滤器吹扫和排液氮气管线的上游,并增加一个隔离球阀,使过滤器的吹扫和脉冲氮气来源可以是平台氮气管汇,也可以是氮气缓冲罐。正常运行时使用氮气缓冲罐的氮气,可以满足现场使用要求。

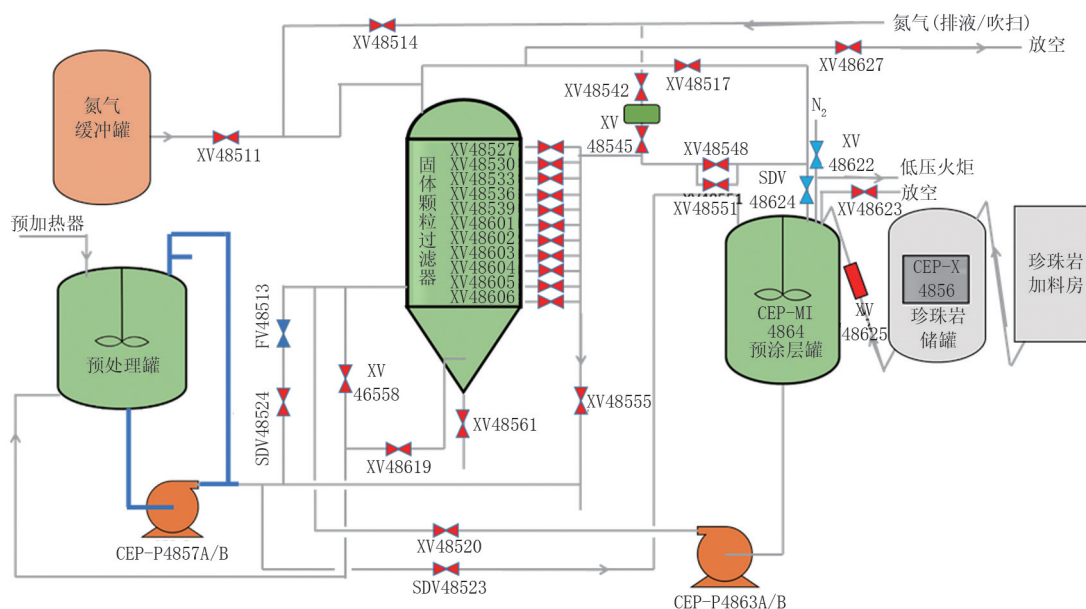


图1 脱二价盐单元工艺流程

## 2.2 过滤器干燥阶段再生塔压力高高关断

固体颗粒过滤器的下游便是再生塔。再生塔的功能是在常压下将 30% 的富乙二醇通过重沸器加热蒸馏为 80% 的贫乙二醇。塔顶水蒸汽通过冷凝器到回流水罐（图 2）。回流水罐的操作压力接近大气压，排放出口并未增加单向阀。回流水罐到放空管线有一段管线位于低处，行成“U”型弯，冷凝的水蒸汽会滞留在“U”型弯里。过滤器干燥和回流水罐的排放管线相通。干燥时，压力大排放量大，放空不及时，氮气便反窜到回流水罐，造成再生塔压力高。

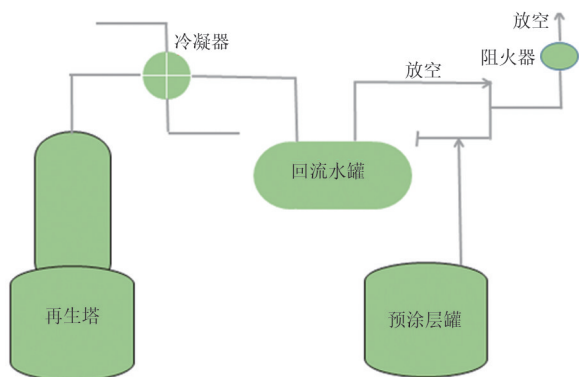


图 2 放空流程

### 2.2.1 参数优化

再生塔到回流水罐水蒸汽温度为 105 °C 左右，冷凝温度由 95 °C 改为 80 °C，减小水蒸汽在回流水罐的量，这样可减少水蒸汽在放空管线冷凝为液态水的量，降低了阻火器堵塞的概率。同时将阻火器拆下清洗，保证其流通能力。在回装之前，用低压氮气将放空管线中的积液吹扫排出。

### 2.2.2 管线改造

方案一：将脱二价盐单元放空管线单独引出，避免气体通过放空管汇进入其他系统。

方案二：在放空管线“U”型弯积液形成段开孔引出一条管线至开排，在该管线上添加自动疏水阀，当放空管中有积液形成时自动排水。

方案三：考虑到再生塔关断压力为 0.5 bar(G)，为了减少再生塔受其他系统排气的影响，将其放空单独引出。

通过综合评估和现场应用，方案三效果最佳。

## 2.3 固体颗粒过滤器出口清洁度不达标

MRU 系统中，固体颗粒过滤器是决定产品清洁度的关键设备，产品贫乙二醇的清洁度指标要求达到 CLASS 12<sup>[4]</sup>。经化验，固体颗粒过滤器出口的清洁度在 CLASS 11~15 之间。再生塔将 30% 的富乙二醇浓缩为 80% 的贫乙二醇后，清洁度则低于 CLASS 12。固体颗粒过滤器的过滤通过预涂的助

滤剂完成，因此助滤剂在滤柱滤衣上的预涂效果是过滤效果的决定因素。

### 2.3.1 助滤剂的质量浓度优化

为了能在固体颗粒过滤器的过滤柱上形成 5 mm 左右的预涂层，助滤剂的总用量和质量浓度尤为关键。合适用量的助滤剂能保证颗粒过滤器滤柱上助滤层的厚度。通常情况，助滤剂质量浓度为 0.1%~0.5%，可以形成 1~5 mm 的预涂层。经实际操作，在原始程序中更改添加的时间（由 5 min 增大到 10 min），而预涂罐的液位不变，其质量浓度约由 0.25% 增大到 0.5%，增加 1 倍，此时预涂效果最佳。

### 2.3.2 预涂时间优化

将预涂循环的时间由 30 min 增加到 60 min。因为预涂初期，助滤剂颗粒部分小于滤衣孔隙，大多数会穿过滤衣。增加循环时间，慢慢地滤饼形成，由里向外助滤剂颗粒基本是由大到小，滤饼牢固且助滤剂基本不会穿透滤柱。

### 2.3.3 助滤剂储罐逻辑优化

由于平台或者钻井模块的振动，珍珠岩在储罐里会被压实，有结块的现象。结块的助滤剂添加到预涂层罐中容易形成糊状，影响预涂效果。因此，在添加珍珠岩逻辑程序中，设定珍珠岩搅拌机每 2 h 运行 10 s，防止了珍珠岩长时间不动而结块。

### 2.3.4 化学药剂添加量的优化

按照设计，预处理罐注入氢氧化钠<sup>[5]</sup>，将 pH 值控制在 9.5，可最大程度除去二价盐，但现场实践效果欠佳。经试验分析，pH 值控制在 10~11 之间，药剂连续加入，能够最大化将二价盐除去，效果最佳。气田生产初期，钙镁离子浓度较低，为防止碱浓度过高造成再生单元重沸器结垢，pH 控制在 9.5~10 之间，同样能达到效果。

根据地层水离子浓度分析结果，碳酸氢根离子浓度较高，在 2 500~6 500 mg/L 之间，钙离子的浓度仅为 15 mg/L 左右。氢氧化钠与碳酸氢根离子反应生成的碳酸根离子能将钙离子完全沉淀。为防止加入过多造成下游结垢和成本浪费，本阶段不添加碳酸钠。

## 2.4 富 MEG 泵入口过滤器堵塞

当固体颗粒过滤器进入排液阶段，过滤器里面的液体将返排至预处理罐，部分脱落盐饼或其他杂质会造成预处理泵入口过滤器频繁堵塞。入口过滤器是为了保护泵的叶轮和密封，此泵的机械密封是靠出口增压后的流体经冷却器和旋流分离器进入到泵轴中心。若不洁净的液体超过旋流分离器的处理能力，会对机械密封造成损害。



### 2.4.1 操作方式优化

将主泵入口过滤器滤网拆除,保留备用泵的入口过滤器滤网;当颗粒过滤器排液时运行主泵,其他时间都运行备用泵。这样保证了逻辑的连续运行,也不会因为泵停导致整个脱二价盐单元关断。

### 2.4.2 机械密封改造

方案一,将机械密封的液体从其他清洁来源并且满足压力要求的地方引入;方案二,将机械密封改为自给密封液体,通过风冷进行闭式循环。经综合评估和现场应用,方案一效果佳,成本低。

### 2.5 预涂层罐添加珍珠岩入口刀阀内漏

预涂层罐利用氮气作为覆盖气,操作压力在0.6~0.8 bar之间。添加珍珠岩的入口刀阀内漏有2个主要危害:①在固体颗粒过滤器吹扫和干燥阶段,氮气会通过该刀阀反窜到珍珠岩加料间,造成珍珠岩粉末满天飞,同时氮气可能造成工作人员窒息;②固体颗粒预涂阶段,若该罐体建立不起操作压力,则逻辑会报警停止运行。

通过更换刀阀的密封垫片,内漏得到一定的缓解,但压力难于建立。此罐的压力主要是为了防止出口泵的气蚀现象和乙二醇的氧化,因此通过参数优化,将此罐的操作压力降到0.2 bar,同时增加除氧剂的注入。这样虽然解决了问题,但根本上还得从阀门的选型和质量可靠性来解决。

### 2.6 珍珠岩搅拌器过载停机

如前文所述,珍珠岩被压实,其密度相应增加。当下一次搅拌器启动时,就会因为启动电流过大而停机。

#### 2.6.1 程序优化与罐体改造

在添加珍珠岩逻辑程序中,设定珍珠岩搅拌器每2 h运行10 s,防止了珍珠岩长时间不动而结块。

储罐中部12点、3点、6点和9点方向分别有一个横梁,作用是搅拌器运转时对珍珠岩进行切割,以便最大化地将珍珠岩粉末化。切割时增加了扭矩,无形中增加了搅拌器的负荷。由于搅拌器叶片已有切割功能,为减小扭矩,将4个横梁拆除。

#### 2.6.2 搅拌器改造

搅拌器有4扇叶片,且距离罐底10 mm左右,搅拌器启动时,叶片和罐底会接触,增加了扭矩;因此将搅拌器叶片由4个减为2个并增加叶片切割边缘,同时在搅拌器的轴上增加增高垫片法兰,增加叶片和罐底的距离,消除摩擦力。这样搅拌器启动时负荷大大减小,电动机也不会过载停机。

2.7 加料系统在加料完毕之后“ready”信号消失  
预涂层罐在进行加料之前,加料系统必须在现

场控制面板发送“ready”信号<sup>[6]</sup>,固体颗粒过滤器程序收到此信号后才会发出向预涂层罐加料的动作。加料系统每加完一次料,“ready”信号就会变为“not ready”,这样每次加料都需要在加料系统就地控制面板发送信号,无法实现台风模式生产。因此,修改加料逻辑程序,只需第一次发送“ready”信号,减小了现场工作量,消除了影响台风模式生产的因素。

## 3 结论

固体颗粒过滤器自动逻辑能够正常运行,过滤效果大大改善,保证了产品清洁度达标。逻辑运行中,氮气管网压力突降,供应不足的问题得到解决,而且再生单元不再受氮气反窜的影响,保证了产品的合格。解决了珍珠盐在储罐长时间储存结块的问题,改善了预涂效果,加之加料系统“ready”信号逻辑的修改,消除了影响台风模式生产的因素。本脱盐乙二醇装置为Cameron公司研究所得,在国际范畴的应用都在摸索。这是我国引进的第一套装置,通过优化改进,为以后的操作和技术研究积累了经验,为设备和工艺的国产化奠定了理论基础。

### 参考文献

- [1] 宗俊斌,张春娥,梁羽,等. 乙二醇回收和脱盐技术在番禺项目中的研究和应用[J]. 中国造船, 2014, 55 (1): 1-2.
- [2] 刘飞龙,倪浩,曾树兵,等. 乙二醇再生回收技术在海上平台的应用[J]. 石油与天然气化工, 2014, 43 (2): 1-4.
- [3] HIMANSHU Patel, GAURAV Sinha, TANZIM Chou Dhury, etc. Operating instruction manual- MEG package[C]. Shen Zhen: CNOOC Deepsea Development Limtted & Cameron, 2013: 67-72.
- [4] SAE. Aerospace Fluid power- cleanliness classification for hydraulic fluids: AS 4059E[S]. USA: An SAE International Group, 2005: 3-5.
- [5] 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): 5-6.
- [6] SORG. Function design specification for electrical control system package-bag handling system[C]. Singapore: Cameron PTE Ltd, 2013: 2-11.

### 作者简介

郭伟,工程师,2003年毕业于中国海洋大学海洋技术专业,主要从事海洋深水平台管理和油气水处理工艺技术研究工作,13920741314,guowei3@cnooc.com.cn,天津市滨海新区塘沽万通上北新新家园63栋2门903,300451。

收稿日期 2015-10-12

(栏目编辑 李娜)