

# 番禺34-1气田乙二醇回收系统的设计改进

周生林<sup>1</sup> 郭伟<sup>1</sup> 宗俊斌<sup>1</sup> 张海磊<sup>1</sup> 刘红方<sup>1</sup> 张强<sup>1</sup> 郑天旭<sup>1</sup>

**摘要：** PY34-1气田脱盐乙二醇回收系统在国内自营气田应用属首例，在国际应用也是处于摸索阶段。该系统在安全系统、工艺流程、产品质量控制和罐体结构等方面的设计上存在诸多不足，通过对系统问题进行分析提出了系列优化改进措施，包括设备完善和重新选型、工艺优化和流程改造等。经过现场改造，提高了系统操作的安全性，保证了产品质量，增强了系统管理，为乙二醇回收系统的操作积累了经验，为未来的研究奠定了基础。

**关键词：** 乙二醇回收系统；过滤器；清洁度；流程；设计改进

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.6.011

## Mono-ethylene Glycol Recovery Unit Design Improvements of PanYu 34-1 Gas Field

Zhou Shenglin, Guo Wei, Zong Junbin, Zhang Hailei, Liu Hongfang, Zhang Qiang, Zheng Tianxu

**Abstract:** Mono-ethylene glycol recovery unit (MRU) of Panyu 34-1 Gas Field is the first application in the domestic self-support gas field and it is also learning the ropes in the world. The system has design deficiencies in security system, technological process, product quality control, tank structure, etc. To solve these problems, measures are taken on site, including equipment improvement and optimization, process optimization, process reform, etc. By field application, the related problems in production are well solved, the operation safety was improved, the product quality was guaranteed and the system management was strengthened. At the same time, experience was accumulate for the MRU operation by which laid a solid foundation for promising research.

**Key words:** MRU; filter; cleanliness; process; design modification

随着深水油气田的开发，乙二醇回收技术在海上平台的应用至关重要<sup>[1]</sup>。目前该技术只为少数几个国外公司所掌握，国内海上平台应用脱盐技术的乙二醇回收系统（MRU）目前只有荔湾3-1气田和番禺34-1气田，另外还有两套正在设计建造中，将应用在黄岩气田。这几套MRU都是国外公司设计研发，每套设计都会根据气田的实际情况有所变化。从番禺34-1气田的应用来看，在设计和实际操作上存在诸多值得探讨的地方。

## 1 乙二醇回收系统

乙二醇回收系统主要是将富乙二醇脱盐脱水，处理为含盐量和含水量合格的贫乙二醇溶液。贫乙

二醇溶液分为完全脱盐和分流脱盐<sup>[2-3]</sup>。

完全脱盐工艺：乙二醇富液先预处理，将气态轻烃、二氧化碳和液体轻烃除去，再到脱盐单元将低溶解度盐（二价盐）、高溶解度盐（一价盐）和其他固体杂质一起除去，除去的盐分通过离心机进一步处理，最后到再生脱水单元将含水处理合格。

完全脱盐的含盐量为零，适用于设计规模小、人口流量稳定的MRU。实际生产中此工艺即使没有地层水只有凝析水，脱盐单元仍需运行。

分流脱盐基本工艺：富乙二醇溶液先进入预闪蒸系统将气态轻烃、二氧化碳和液体轻烃除去，再到预处理单元，添加化学药剂后利用固体颗粒滤器将二价盐沉淀过滤，最后到再生脱水单元将水分蒸

<sup>1</sup>中海石油（中国）有限公司深圳分公司

发。脱水的一部分贫乙二醇进入脱一价盐系统除去所有盐分，另一部分直接外输，两部分混合后形成含盐量合格的贫乙二醇。

分流脱盐的贫乙二醇溶液中含盐浓度小于30 g/L，适用于设计规模大、入口流量变化范围大的MRU。在地层水中只有凝析水时，脱盐单元可旁通不运行，操作灵活。

PY34-1气田地层水设计规模大，阳离子含量高，经综合比选，选用分流脱盐工艺。

## 2 存在的问题及解决措施

### 2.1 安全系统不完善

原始设计中，MRU消防系统包括可燃气体探头、烟雾探头、火灾手动站，但仅有预闪蒸罐有海水喷淋系统，其他设备和撬块均无消防设备。

乙二醇遇明火、高热是可燃的。水下来液中也含有一定的轻烃和凝析油，属于易燃液体，危险指数较高。再生脱水和脱一价盐系统温度达到132℃，属于高热区域，燃烧风险依然存在，消防软管站、灭火器等消防设备必须配备。PY34-1气田在MRU投运后，各层都增设了灭火器和消防软管站，为整个撬块的安全增加了一道保障。

### 2.2 操作管理不集中

MRU的操作面板在本地撬块内，若要进行设备操作和参数调节，必须到撬块内的操作站进入人机界面进行操作。本气田的MRU在42 m甲板西组块，操作站在MRU的1.5层，而中控设立在35 m甲板的东组块，中控室操作员无法监控和调节参数，设计中没有考虑中控和现场的管理问题。

因此，从MRU的LCP拉一根网线，中控加一台电脑，电脑上装一套相应的PLC系统。这样相当于将操作站搬进了中控，利于集中管理，方便监控操作。

### 2.3 系统设备易被污染

气田投产初期，地层砂砾、漏失的钻井液、海管被腐蚀的铁锈等都可能成为MRU的污染源。根据荔湾3-1气田MRU的运行状况，来液中存在较多铁锈，造成下游固体颗粒过滤器等设备堵塞。

在MRU入口增加前置过滤器，可以将大部分固体杂质过滤，减少MRU的处理负担和设备损害。过滤器设置旁通阀门，可灵活操作，在来液较脏、杂质较多的情况下，可发挥不可忽视的作用。

### 2.4 产品清洁度难以保证

回收的乙二醇有三个关键衡量指标：贫乙二醇溶液中含水质量浓度小于20%、含盐浓度小于30 g/L、

清洁度达到SAE AS4059 CLASSES 12标准<sup>[4]</sup>或更好。MRU操作的难点在于清洁度的控制。

根据Cameron的设计，本套MRU属于分流脱盐。脱一价盐系统在前期含盐较少的情况，可以不投用<sup>[5]</sup>。但实际生产中，富乙二醇经过重沸器高温脱水后，酸性气体挥发，酸性离子分解，结垢和盐沉积现象严重。如果一价盐系统不投用，那么再生脱水之后的贫乙二醇清洁度就不达标。

本气田在MRU出口增加了两套三级后置过滤器，能够将贫乙二醇的清洁度从CLASSES 15过滤到CLASSES 11，保证了产品的合格。同时，控制产品清洁度无须依赖于脱一价盐系统，操作灵活性提高。

## 3 工艺流程的改进

### 3.1 在再生脱水至外输冷却器管线上增设隔离阀

乙二醇回收系统再生脱水后的简易流程如图1所示。

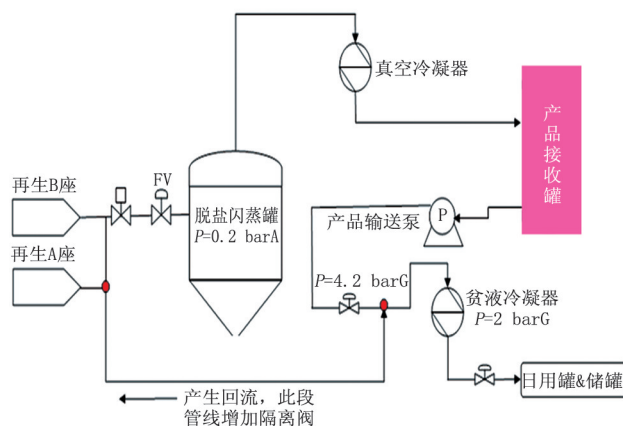


图1 再生脱水后的简易流程

由于再生脱水到贫液冷却器之间没有隔离阀门，这样可能导致两个相反的结果：①部分产品回流到脱盐闪蒸罐，罐液位会持续上涨；②再生之后的产品可能会越过脱一价盐系统直接外输，导致后置过滤器堵塞。在再生脱水出口到外输冷却器的管线上增加一道隔离阀或者自动控制的XV阀门，可以解决以上问题。

在以后的MRU设计中，可以考虑分流脱盐和完全脱盐的相互切换。气田前期，产水和含盐量较少，则使用完全脱盐工艺，脱二价盐系统不投用，重沸器的结垢可以大大减轻；在后期，产水较多，则切换到分流脱盐工艺。

### 3.2 消除工艺因素影响

脱二价盐单元的下游是再生单元。再生塔塔顶水蒸气通过冷凝器到回流水罐（图2），其操作压力接近大气压，因此排放出口并未增加单向阀。回

流水罐和脱二价盐单元的放空排放管线相通。干燥时，氮气反串到回流水罐，造成再生塔压力高有关断。

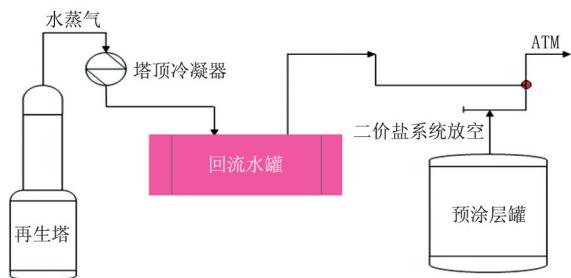


图2 再生单元和脱二价盐单元放空流程

有三种解决问题的方案：①将再生单元的放空管线单独引出；②将脱二价盐系统放空管线单独引出；③在再生单元放空管线上添加自动疏水阀。

通过现场评估和应用，方案一最佳。在设计建造时，应充分考虑工艺因素的影响。

## 4 平台组块和MRU橇块公用系统

### 4.1 氮气来源设计

固体颗粒滤器再生时，吹扫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。固体颗粒滤器再生吹扫时，短时间内氮气管网压力下降至报警点，并继续下降。在排盐脉冲阶段，同样出现氮气供应不足的问题。

实际生产中，MRU所有氮气用户都可由橇内氮气缓冲罐提供，还可将氮气增压机改为造氮机。PY34-1气田考虑将固体颗粒滤器吹扫、脉冲氮气来源改为MRU氮气缓冲罐，在缓冲罐氮气量不足时可以切换为平台氮气来源。

### 4.2 海水系统

海水系统的主要问题是入口压力高、管线振动大，曾引起海水管线破裂。

MRU海水入口在42 m甲板，用户主要分布在50 m甲板的乙二醇冷却器、58.3 m甲板的回流水冷凝器和真空冷凝器，排海管线出口又在平台8.5 m甲板，近50 m的高度差，如图3所示。

有两方面问题：①容易将管线抽成负压，损坏管线设备；②气体无法及时排出引起管线剧烈振动。首先将海水系统进行全方位的加固，同时在海水排出口增加截止阀，减小水锤现象，可基本解决振动问题；其次还可以在MRU海水入口增加压力调节阀，并且在至高点增加呼吸阀，可深度解决问题。

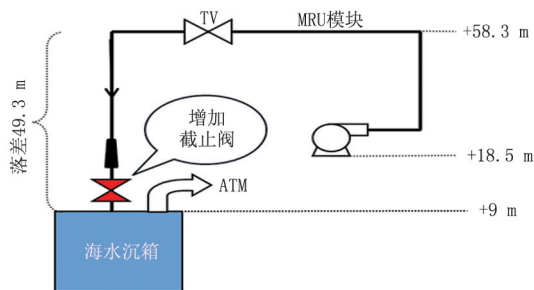


图3 MRU海水入口至排海管线

## 5 电仪相关设计

(1) 变频泵遥控模式不能现场停泵。设计中，变频泵远程及现场触发变频器启动泵的开关是独立动作的，因此远程启动模式下不能用现场操作柱停止泵的运行。实际生产中，发生紧急状况时现场不能停泵将带来更大的风险。可将变频泵现场的停止按钮和变频柜的停止按钮进行串联，实现现场停泵功能。

(2) 部分泵入口Y型滤器缺少压差变送器。MRU系统中盐溶解泵和预处理富乙二醇循环泵入口滤器没有设计压差变送器。实际生产中，当固体颗粒滤器进入排液阶段，部分珍珠岩会造成预处理泵入口滤器频繁堵塞，泵抽空空转，造成泵体气蚀损坏。在设计中，盐溶解罐利用回流水溶解离心机分离出的一价盐，但离心机分离的不仅有可溶的盐分，也有不溶的杂质，因此盐溶解泵入口滤器容易堵塞。

以上泵入口Y型滤器处应设计压差变送器，在人机界面上直观显示高压差，还能通过报警提醒，以便操作人员及时切换运行泵，达到连续生产和保护设备的目的。

## 6 罐体内部设计

(1) 真空系统KO罐。真空泵出口到KO罐内，直接将密封水喷进撇油槽，撇油槽到了一定液位自动排液到闭排，不仅造成大量淡水浪费，而且可导致密封水泵和真空泵的损坏。可在KO罐真空泵进液口增加一块挡板，出来的密封水通过挡板引流到罐内，避免直接喷进撇油槽。

(2) 珍珠岩储罐的物位计选型。珍珠岩储罐物位计最初运用的是模拟量的雷达式物位计，但珍珠岩是粉末，飞起来将干涉雷达发射的脉冲信号，导致测量不准或者无法测量。因此，将物位计改为开关量的液位开关，分别置于罐的底部、中部和顶部。设计中也可以考虑其他合适模拟量的物位计。

(3) 搅拌器问题。珍珠岩在储罐被压实，搅拌

器会因为启动电流过大而停机。拆除储罐中部各方向的横梁,减小扭矩;同时将搅拌器叶片由四片减为两片并焊接切割边缘,在搅拌器的轴上添加增高法兰垫片,扩大叶片和罐底的距离,消除摩擦力,防止过载停机。

(4) 再生塔材质。再生塔<sup>[6]</sup>上部材质为双相不锈钢,下部为碳钢。运行过程中,再生塔下部碳钢腐蚀,造成出口的贫乙二醇洁净度不达标,再生塔的使用寿命减少。因此在设计时,可以考虑在罐里面增加防腐涂层或者全部设计为双向不锈钢。

## 7 结论

本MRU系统为Cameron研究设计,由于增加了脱盐工艺,突破了传统乙二醇回收仅限于脱水的技术,这在世界范围内的应用都处于摸索阶段。番禺34-1气田乙二醇回收系统在实际应用中暴露出的原始设计缺陷,通过优化、改进,提高了现场经济效益,具有广泛的工程应用意义。

气田在采取了一系列的优化改进措施后,解决了现场问题,系统各单元能够顺利运行,生产的贫乙二醇各项指标达到设计标准,能够注入水下采油树,抑制水合物生成,保障了流动性的安全,确保了气田的正常生产。因此,可以避免使用毒性大、易溶解、难回收的甲醇,更为经济和环保。

脱盐乙二醇回收系统在PY34-1气田的应用弥补了国内技术在此领域的空白。通过不断的探索、

优化改进和应用对比,为以后MRU的操作积累了丰富的经验,也为MRU的设计研究和国产化奠定了坚实的理论和实践基础。

## 参考文献

- [1] 王遇冬. 天然气处理原理与工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2005: 1-2.
- [2] 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): 1-6.
- [3] 翟锐. 乙二醇循环系统再生工艺研究[J]. 中国化工贸易, 2014, 6(24): 1-1.
- [4] SAE. Aerospace Fluid Power - Cleanliness Classification for Hydraulic Fluids: AS 4059E[S]. USA: An SAE International Group, 2005: 3-5.
- [5] 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): 3-5.
- [6] 赵延昌, 赵波, 陈磊, 等. 新型乙二醇再生塔的研发[J]. 石油化工设备, 2010, 39(S1): 14-16.

## 作者简介

周生林: 工程师, 2009年毕业于西南石油大学石油工程专业, 从事海洋深水采气生产和技术研究工作, 13568618400, 532076414@qq.com, 广东省深圳市南山区新时代广场27楼, 518000。

收稿日期 2015-10-12

(栏目编辑 李娜)

(上接第33页)

采用气凝胶隔热毡作为主体保温材料, 结合复合硅酸盐毡辅助保温的方式, D114管线成本回收期为1.1 a, D325管线成本回收期为3.9 a, 在小管径注汽管线上使用, 其节能优势更加明显。

结合油田生产实际情况, 对于DN100和DN125注汽管线适合采用II形补偿器进行热补偿, 对于DN250及以上大口径注汽管线采用旋转补偿器进行热补偿较为合理, 年平均减少热损失约40 kW/km, 单公里注汽管线节能折合天然气 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$  ( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm)。

## 参考文献

- [1] 高新华, 吴伟栋, 缪兴冲, 等. 过热注汽锅炉在超稠油油藏开发的应用[J]. 新疆石油科技, 2013(1): 53-56.
- [2] 康国仁, 臧世军, 马新宇, 等. 稠油注汽系统设计规

范: SY/T0027—2007[S]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 15-20.

- [3] 衣怀峰, 韩春雨, 张建国, 等. 稠油热采注汽管线新型节能保温材料[J]. 石油石化节能, 2011, 1(1): 16-17.
- [4] 施振球, 赵廷元, 叶全乐, 等. 动力管道设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 470-645.
- [5] 石胜华, 李冬梅. 旋转补偿器在热力管道上的应用[J]. 能源与节能, 2014, (9): 130-132.

## 作者简介

孙运生: 工程师, 2007年毕业于武汉理工大学, 从事油气田开发稠油热采注汽技术研究及项目管理工作, 13999519576, sunysh-xj@petrochina.com.cn, 新疆克拉玛依市新疆油田公司开发公司, 834000。

收稿日期 2015-08-17

(栏目编辑 李娜)