

MDEA 溶液脱碳系统常见问题解决措施及效益

高文辉 (中海石油深海开发有限公司, 广东 珠海 519000)

摘要: MDEA 溶液脱碳系统是一种常用的天然气脱碳技术, 在化学工业中应用非常广泛。MDEA 溶液脱碳系统会出现一些常见的故障, 如溶液泡沫、热稳定盐、再生温度不达标等。本文将分析 MDEA 溶液中常见的脱碳系统故障, 为装置稳定运行提供参考, 并提出相应的解决方案。及其相应有效降低成本的方法。

关键词: MDEA 溶液脱碳系统; 发泡; 热稳定盐; 再生温度; 效益

Abstract: MDEA solution decarbonization system is a common natural gas decarbonization technology, which is widely used in the chemical industry. Some common faults may occur in the MDEA solution decarbonization system, such as solution foam, heat stabilized salt, and regeneration temperature not reaching the standard. This paper will analyze common decarbonization system faults in MDEA solution, provide reference for stable operation of the unit, and propose corresponding solutions. And the corresponding effective cost reduction method

Key words: MDEA solution decarbonization system; foaming; thermal stable salt; regeneration temperature; benefits

1 前言

1.1 脱碳单元流程介绍

某天然气处理终端接收两座海上平台来气, 来气经过脱汞、脱碳、脱水及深冷处理后加压输送至天然气管网, 装置设计处理天然气量 $80 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。该天然气处理终端外送天然气合同要求 CO_2 含量在 3% 以下 (体积分数), 终端采用 MDEA 溶液进行脱碳, 与产品质量直接相关的是脱碳系统的脱碳能力。

工艺流程如下: 来气先经气换热器升温后进入吸收塔下部, 由下而上逆流接触 MDEA 贫液, MDEA 溶液由上而下吸收来气中 CO_2 。经净化气分离器对除 CO_2 后的天然气进行游离水脱除处理。富胺液降压后从吸收塔进入闪蒸塔, 将一些溶解的烃类气体进行闪蒸。从闪塔底部流出的富胺液经节流后进入再生塔上部进行进一步闪蒸, 然后进入再生塔下部由上向下流动, 与塔体内上升的蒸气逆流接触, 提出富液中的 CO_2 气体。再生所需热量由再生塔底重沸器提供, 热贫胺液自贫液泵增压输送至吸收塔上部循环使用。

1.2 问题情况描述

该天然气处理装置脱碳单元自投产以来, 系统一直存在波动, 经常出现外输产品 CO_2 不合格。脱碳系统运行过程中出现吸收塔液位波动 26 次, 溶液换热器入口滤器脏堵 35 次, 再生塔底重沸器盘管内漏 3 次, MDEA 再生温度达不到设计值, 这些原因均是外输产品不合格的主要因素。

2 原因分析

通过查阅该处理装置的设计资料、操作手册等文

件, 发现 MDEA 溶液脱碳系统出现溶液发泡、杂质多、重沸器盘管内漏及再生温度不达标的原因。这些故障严重影响了 MDEA 溶液脱碳系统的正常运行, 因此, 分析并解决 MDEA 溶液脱碳系统问题, 对于提高 MDEA 溶液脱碳系统的效率、稳定性具有重要的意义。

2.1 溶液发泡

在 MDEA 溶液脱碳系统中, 溶液泡沫是一个普遍存在的问题。溶液泡沫的产生会导致系统流量下降、能耗增加等问题, 严重时还会导致设备故障。经过分析, 总结该设施该主要有两个方面原因引起溶液产生泡沫, MDEA 溶液含有烃类物质和 MDEA 溶液杂质多。

MDEA 溶液含有烃类, 使 MDEA 溶液的表面张力、粘度等性质发生变化, 并在吸收塔内逐渐聚集。烃类化合物在吸附塔内, 使 MDEA 溶液性质发生改变, 在天然气与 MDEA 溶液逆流接触时, 塔内容易形成比较稳定的泡沫。

MDEA 脱碳系统在运行过程中, 在气体和液体的冲刷下, 逐渐聚集在溶液中, 如管道上的杂质和碳钢设备腐蚀产物 FeS 等。由于 MDEA 溶液中固体微粒增多, 会浓缩在 MDEA 溶液表面, 使溶液表面粘度增加, 从而起到抑制气泡消失、增加气泡稳定性的作用。

2.2 热稳定盐高

MDEA 溶液在使用过程中会发生氧化降解、热降解及化学降解三种形式。热稳定盐是 MDEA 降解产物, 在 MDEA 溶液的加热和再生过程中, 这些物质是无法去除的。美国 MPR 公司研究得出: 当氨液中热稳定盐的质量分数低于 0.5% 时, 腐蚀性就很低, 而当氨

液中热稳定盐的质量分数高于 1.0% 时, 设备和管道的腐蚀性就会明显提高。该设施在进行热稳定性盐检测时, 测量值为 3.3%。

为了验证 MDEA 溶液在运作过程中会发生降解并产生热稳定盐, 该设施通过定期采样观察 MDEA 的外观状况, 使 MDEA 由淡黄色透明液体逐渐转变为略带褐色的透明蓝褐色液体, 并带有浓厚的氨味, 这表明 MDEA 可能已经被氧化降解。

表 1 40% MDEA 使用不同时间后的外观

使用时间	外观情况
纯净 MDEA	淡黄色透明液体
1 个月	浅棕色透明液体, 鲜明而清洁
5 个月	棕色半透明的液体, 溶液无光泽
8 个月	略呈褐色的透明蓝褐色液体, 放置 10min 后, 能看到少量沉淀, 氨味很浓

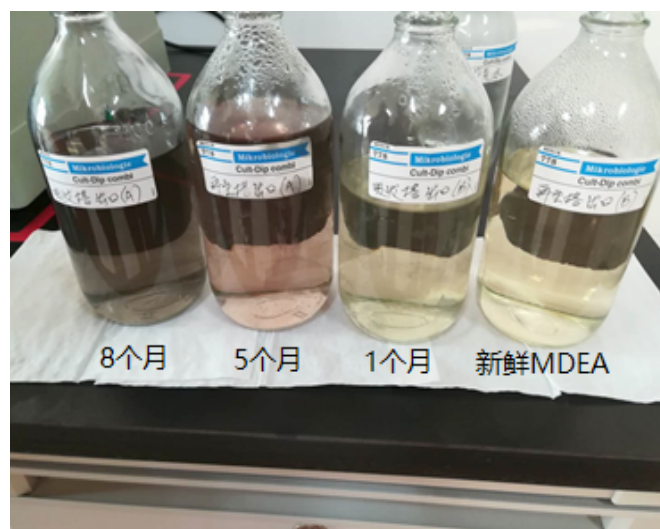


图 1 40% MDEA 水溶液使用时间不同后的样子

2.3 再生温度不达标

该设施启用脱碳系统投入使用后, MDEA 再生温度未达到设计要求, 平均仅为 95℃, 比 110℃ 的设计要求低了不少。温度达不到设计值, 造成 MDEA 贫液酸气负荷高达 21mol/mol, 再生不彻底, 脱除 CO₂ 能力差。运行过程中, 该设施进行工艺系统分析发现, 发现管壳式再生塔底重沸器管束表面存在泄漏情况, 影响换热效果, 酸气负荷高及热稳定盐高是造成管束泄漏的主因。同时发现, 该设施蒸汽流量只能稳定运行 20t/h, 远低于设计 35t/h。

再生塔底重沸器管束存在漏点影响管程和壳程流体的流动无法形成湍流, 将使热流体与冷流体之间的温差无法达到最大从而导致换热器传热能力降低。再生塔底重沸器在终端脱碳系统 MDEA 再生过程中采用蒸汽加热的方式进行。蒸汽凝结水回收系统采用闭式水箱余压回收系统, 简图如下:

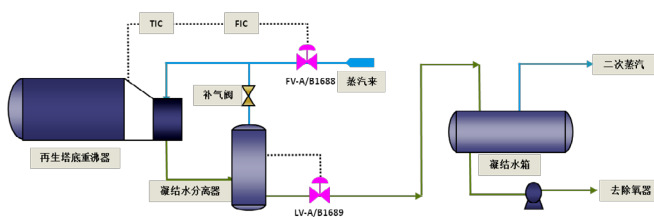


图 2 蒸汽供热流程简图

高压蒸汽由 FV-A/B1688 调节后, 经再生塔底重沸器管程给壳程介质加热。蒸汽放热冷凝, 在一定高度差情况下, 自流进入凝结水分离器。在凝结水分离器二次蒸汽压力 (也称余压) 作用下, 回到凝结水箱进行再利用。脱碳单元由于设计以及现场施工原因造成重沸器与凝结水分离器安装的相对高差不够, 进而导致蒸汽流量达不到设计值。

3 解决措施

3.1 降低溶液发泡

①投用丙烷制冷系统, 避免重烃进入脱碳系统污染 MDEA 溶液;

②投用活性炭过滤器, 吸附系统内烃类, 降低脱碳系统烃类物质含量;

③监控工艺用脱盐水水质, 保证脱盐水水质满足要求, 防止硬度、碱度超标, 影响 MDEA 溶液质量;

④制定维护策略, 清洗系统中的过滤器。根据过滤器压差计读数, 当压差达到 60kPa 及时清洗 MDEA 脱碳系统溶液提升泵以及溶液换热器的入口滤器。每个月对 MDEA 脱碳系统中胺液预/后过滤器进行清洗,

降低系统中固体颗粒物杂质含量;

⑤定期化验, 严控系统 MDEA 溶液泡高不大于 300mm, 消泡时间低于 20s; 加强操作管理, 严格控制溶液泡沫的产生。定期给系统添加消泡剂, 使溶液中的泡沫减少。

3.2 降低热稳定盐

热稳定盐存在增加管道腐蚀, 造成再生塔底重沸器管束泄漏穿孔, 同时腐蚀产物会使热交换器堵塞污垢, 造成热交换器结垢, 对系统稳定运行造成影响。为解决系统运行过程中出现的此问题, 该设施增加一套 MDEA 溶液净化装置。MDEA 溶液中杂质及热稳定盐用离子交换法去除, 其工艺为: 快开过滤器 + 高效离子交换除盐单元。

2022 年该设施增加了 MDEA 净化装置, 经过为期 9 天的测试, 对进出 MDEA 溶液净化装置的胺液取 5 组样品送专业机构进行性能测试, 净化后胺液澄清, 颜色变浅, 热稳定盐下降, 详见下表:

表 2 胺液净化装置进出口取样热稳定盐记录表

序号	取样日期	树脂床进口 %	树脂床出口 %
1	10 月 22 日	3.12	2.15
2	10 月 24 日	3.05	2.09
3	10 月 26 日	2.98	2.02
4	10 月 28 日	2.91	1.96
5	10 月 29 日	2.85	1.88

设备运行期间, MDEA 溶液净化效果明显, 净化后的 MDEA 溶液澄清, 无悬浮物, 颜色由运行初期的浅黄色变为无色, 脱碳系统 MDEA 溶液热稳定盐含量由 3.12% 降至 2.85%, 经测算, MDEA 溶液中的热稳定盐浓度可在连续运行 26 天内降至 1% 以下。在 MDEA 溶液净化装置运行前后, MDEA 溶液酸气负荷

下降, 铁离子下降, 泡高和消泡时间减少, MDEA 溶液性能提高。

3.3 提高再生温度

①该终端设施利用停产时间窗口进行再生塔底重沸的堵漏工作, 订购一台再生塔底重沸器, 进行更换;

②该终端设施将凝结水分离器安装高度降低, 增加重沸器与凝结水分离器液位高差, 增加蒸汽流量。经过改造后, 重沸器蒸汽流量可达到 35t/h。

经过对再生塔底重沸器更换及将凝结水分离器安装高度降低, MDEA 再生温度可达设计值 110 度, 酸气负荷优化后酸气负荷由 21mol/mol 降至 13mol/mol。

4 效益

该设施通过降低 MDEA 溶液发泡、提高 MDEA 再生温度、降低 MDEA 溶液热稳定盐的方法, 提升脱碳系统处理能力, 将脱碳单元脱除二氧化碳能力有 2.55 万方/h 提升至 2.95 万方/h, 提升天然气处理系统的能力, 为该设施大气量外输提供保障。该设施通过以上措施, 有效降低 MDEA 损失量, MDEA 损耗量由 6.3kg/ 百万 m³ 天然气降低至 5.3kg/ 百万 m³ 天然气, 每年节约 MDEA 费用 15 万元; 有效降低消泡剂消耗量, 消泡剂消耗由 0.04kg/ 百万 m³ 天然气降低至 0.02kg/ 百万 m³ 天然气, 每年节约费用 1 万元; 有效降低人员操作维护成本, 将脱碳单元操作人员由两个降为一个, 每年节约操作费用 15 万元。

5 总结

MDEA 溶液脱碳系统是一种常用的脱碳技术, 在实际应用中会出现一些常见故障。对于这些故障, 要确保设备运行稳定, 外输天然气产品 CO₂ 合格, 需要采取相应的措施并加以解决。通过加强操作管理、改造优化设备、更换故障设备等措施, 可以有效地解决 MDEA 溶液脱碳系统中的常见故障。作为天然气处理措施, 身兼能源保供任务, 做好 MDEA 溶液脱碳系统的维护与管理工作, 使 MDEA 溶液脱碳系统的效率、稳定性得到提高。

参考文献:

- [1] 郭伟, 高文辉, 邵帅, 等. 天然气处理终端 MDEA 溶液脱碳系统工艺优化及改造 [J]. 油气田地面工程, 2021,40(10):6.
- [2] 杜青林. 浅议 MDEA 脱硫溶液发泡的原因及控制措施 [J]. 当代化工研究, 2017(4):3.
- [3] 刘成才. MDEA 脱碳系统运行问题及解决措施 [J]. 石化技术, 2018,25(6):10-11,16.