

低温甲醇洗及其改进型工艺

张 靖 赵 聪 (山东能源集团兖矿鲁南化工有限公司, 山东 枣庄 277500)

摘要: 现代化学系统研究中, 脱碳和脱硫处理过程中, 低温甲醇洗是一种最为常见的化学工艺手段, 该项技术应用后, 不仅选择性及净化能力更为突出, 同时在酸性气体的溶解度提升方面, 也具有极为突出的处理效率。在此基础上, 本次研究中围绕低温甲醇洗技术进行了分析, 并围绕实际项目展开。对于该项技术的改进型工艺加以分析, 旨在通过本次研究内容的展开, 进一步为低温甲醇洗净化脱碳工艺操作质量提升起到促进作用。

关键词: 低温甲醇洗; 分离; 工艺改进

0 引言

化工生产中, 无论直接还是间接的甲醇循环处理中, 其能源消耗量均十分高, 目前已经占比整个工艺过程的50%以上。现阶段, 国民日常生活中所常用的水煤气在气化之时, 往往会产生大量的二氧化碳, 污染环境的同时, 也在一定程度上造成了甲醇能源消耗。鉴于此, 本次重点针对低温甲醇洗及其改进型工艺这一内容进行深入分析具有重要显示意义。

1 低温甲醇洗技术概述及改进项目分析

1.1 低温甲醇洗技术概述

长久以来, 我国在世界上一一直是煤能源产出大国, 但与煤能源相比, 天然气以及石油能源却处于相对匮乏的状态, 前者占比70%以上, 而后两者占比却不足10%, 可见我国此类能源缺失的紧迫性。目前, 我国传统常用的煤炭能源开采技术手段, 极大程度上对矿产周边的生态环境造成不良影响, 且此手段也与我国一直以来所提倡的能源可持续发展战略之间存在矛盾。在此认知基础上, 能源行业在发展中为了进一步提升当前的煤炭利用率, 同时最大程度降低温室气体排放量, 促进生态环境建设, 针对传统能源开采及加工技术加以改进十分有必要。此时, 低温甲醇洗工艺应运而生, 其不仅就有多选择性, 同时在能源消耗方面更低, 且净化度也更高, 广泛被应用于大型煤化工项目的生产及加工的净化工艺流程中。

1.2 低温甲醇洗改进项目分析

为了进一步强化低温甲醇洗改进型工艺的可操作性, 本次研究中以赛鼎企业所研发的低温甲醇洗工艺为研究重点, 并针对其进行工艺优化和改进。过程中, 由该企业所研发的低温甲醇洗工艺是一种气体净化技术, 技术操作, 对硫化氢以及二氧化碳进行同步脱除, 同时工艺中的甲醇也可对各类有机硫或是水蒸气也具有脱除效用, 最终进一步提升气体净化度。经过技术总结, 本次研究所涉及的气体内总硫能够脱除至 0.1×10^{-6} (ϕ) 以下, 对应的二氧化碳则控制在 $(10-20) \times 10^{-6}$ (ϕ)。

目前, 我国比较常用的低温甲醇洗工艺均包括不同的流程配置, 所以研究中以某天然气项目 A 和 B 为主, 下面为两项方案的流程: A 项目: 原设计流程; B 项目:

改进设计流程。

2 低温甲醇洗改进型工艺分析

2.1 煤气冷却改进型工艺分析

两个设计流程中, A 项目内的煤气冷却系统的核心是缠绕式换热器, 同时配置了用于辅助的常规换热器*2、氨冷器*2、分离器*2。换热过程, 换热器的工作原理是借助净化气和闪蒸气、粗煤气实现, 其中, 闪蒸气是由二氧化碳闪蒸塔内 I 段以及硫化氢浓缩塔内 I 段构成。换热结果为将粗煤气的温度从最初的 8℃ 降低至零下 15℃。

与 A 项目相比, B 项目在进行改进时, 在 A 基础上增加了缠绕式换热器*1、分离器*1、氨冷器*1。过程中, 需将粗煤气分离为两股, 换热原理是借助净化气、二氧化碳气、闪蒸气实现换热, 其中, 二氧化碳气来自两方面, 分别是闪蒸塔 II 段以及硫化氢浓缩塔 II 段; 闪蒸气则来自于硫化氢浓缩塔 I 段。换热结果为将粗煤气的温度从最初的 40℃ 降低至零下 16℃, 说明改进型工艺设计效果更加突出。

综合而言, 换热结果如表 1 所示:

表 1 煤气冷却改进型工艺对比结果表

| | | 净化气 | | 粗煤气 | | 闪蒸气 | | 二氧化碳气 | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|------------|--------------|-------------|
| | | 进口温度(℃) | 出口温度(℃) | 进口温度(℃) | 出口温度(℃) | 二氧化碳闪蒸塔 I 段 | 硫化氢浓缩塔 I 段 | 二氧化碳闪蒸塔 II 段 | 硫化氢浓缩塔 II 段 |
| A 项目 | 进口温度(℃) | -26 | 8 | -47 | -53 | - | - | - | - |
| | 出口温度(℃) | 0 | 15 | 0 | 0 | - | - | - | - |
| B 项目 | 进口温度(℃) | -44 | 40 | - | -33 | -46 | -49.9 | - | - |
| | 出口温度(℃) | 30 | -16 | - | 25 | 20 | 20 | - | - |

经过总结试验结果可发现, 经过改进后的工艺, 显著节省了一个氨冷器设备投用, 为换热器的布置空余相应空间, 降低换热器使用规格的同时, 利于后续的设备配置和管道铺设, 提供化工生产工作效率。

2.2 二氧化碳吸收改进型工艺分析

经过对 A 和 B 项目进行对比可发现如下设计差异: A 项目中, 二氧化碳吸收塔在喷入甲醇贫液时,

需控制温度在 -42°C ，且在塔顶精洗段完成喷入。对应的，无硫甲醇半贫液喷入点则选在主洗段顶端喷入，随后所有液体均与精洗段的甲醇进行汇合处理。完全汇合后的甲醇会和煤气处于逆向流动状态下，其间大量吸收煤气内的二氧化碳、硫化氢和硫化碳，并在二氧化碳溶解热的作用下，提升甲醇温度。其间，为显著将甲醇的吸收能力强化，技术人员还将甲醇从第 11[#] 塔盘内引出，冷却时借助 -40°C 级氨的蒸发反应，将甲醇的温度进行降低处理，达到 -34°C 。随后，再将甲醇引入到换热器内进行再次冷却处理，该阶段冷却条件为二氧化碳闪蒸塔 II 段内闪蒸液，该阶段下甲醇的温度已经降低至 -40°C 。为了将冷却后的甲醇处理为可有吸收液，需将其再次引进到二氧化碳吸收塔的下段位置方可实现。

B 项目中，针对 A 项目所涉及的前半段工艺流程省略掉，而是以逐级洗涤的方式完成，即借助热再生太底部区域的热再生下的贫甲醇实现，从塔顶向下依次完成。此过程中，总体再生甲醇的实际用量增加，但对应的洗涤甲醇循环量却显著降低，并未系统运行的稳定性提升带来保障。

改进后经技术人员整理可发现，利用全部贫甲醇吸收系统替换无硫甲醇半贫液和贫甲醇，能够进一步确保净化气指标满足生产需求，且流域二氧化碳闪蒸塔运行压力及负荷下降，减短塔径，同时对于制冷剂使用量的减少也起到帮助。

2.3 硫化氢浓缩及换热改进型工艺分析

针对 A 项目和 B 项目进行对比后，可得出如下结果：

A 项目的硫化氢浓缩塔共计三段，B 项目则为二段，显著在结构层面实现了工艺结构简化。

在 A 项目中，热再生塔之内的硫化氢富气面向硫化氢浓缩塔三段进行返还期间，主要借助三个相互串联的热交换器实现温度降低处理，串联设备分别为水冷器 *1、气气换热器 *2，最终的冷却温度从 56°C 控制在了 -28°C 。而在 B 项目内，硫化氢热闪蒸气在流经入硫化氢浓缩塔之前，必须经历两个串联状态的热换器，串联设备分别为水冷器 *1、气气换热器 *1，最终将冷却温度从 70.5°C 控制在了 -35°C 。对比两个项目工艺能够明显发现，B 项目不仅简化了换热器数量，同时在换热器的温差缩小方面也更具效果，充分提升能量回收空间。

经过改进后，B 项目更为突出的优化换热系统整体配置，降低换热器配置数量提升经济效益的同时，对于甲醇溶液内压闪蒸槽增加更为有利，促进浓缩液体内的溶解气体析出效率增加，更为有利于硫化氢浓缩塔底部的再吸收。此外，也进一步降低含硫甲醇富页管道在解吸反应过程中所出现的振动问题发生率，从而在工艺流程执行的根源处实现对于管道不良振动问题的改进，提升整体工艺装置运行的稳定性。

2.4 全装置公共工程消耗比较分析

本次改进型工艺研究中，还重点珍贵全装置公共工

程消耗的实际情况进行了 A 和 B 两个项目的分析，具体的分析结果如表 2 所示：

表 2 全装置公共工程消耗比较表

| 名称 | 蒸汽 | 循环冷却水 | 冷量 | 氮气 |
|---------------------------------|---------|-----------|-----------|------------------|
| 规格 MPa (g) / $^{\circ}\text{C}$ | 0.5/158 | 0.5/30-40 | -40/- | 0.45/25 |
| 使用状况 | 连续 | | | |
| 单位 | t/h | t/h | kJ/h | m^3 (标) |
| A 项目 | 36 | 1060 | 54.42*106 | 11000 |
| B 项目 | 41 | 1485 | 37.67*106 | 18000 |

注释：上述所有消耗量的数据整理，均为低温甲醇洗单系列的消耗统计对比数据信息。通过对表 2 中数据信息进行分析可发现，A 项目中的冷量消耗量选超出 B 项目，原因在于项目 B 在工艺运作中，进行二氧化碳气提之时，对于氮气的消耗更高，所以最终 B 项目的冷量消耗显著更低。

3 低温甲醇洗改进型工艺成效分析

通过对 A 项目和 B 项目进行分析可得出，后者的冷量消耗限量显著低于前者，降低标准达到了 30%，具体的低温甲醇洗改进型工艺成效分析结果如下：B 项目中，进行二氧化碳闪蒸塔 II 段、硫化氢浓缩塔 II 二氧化碳气体量的实际冷量回收时，主要使用了绕管式换热器。该改进后的设计工艺执行下，显著将冷端温差缩短，并未系统冷量的充分利用提供技术支持和保障。设备选型及换热系统配置方面，A 和 B 均以绕管式换热器为主，但在后续的缠绕式换热器设计方案存在差异，B 项目显著精简了原有煤气冷却系统换热器的方案设计内容，提升配管便捷性的同时，所提取的原料气也更为洁净。整体而言，B 项目经过方案改进后，不仅促使低温甲醇洗的工艺流程的科学合理性显著提升，且在具体的换热系统配置方面也实现了进一步的完善，全方位优于 A，所以此改进型工艺值得推广。

4 结束语

综上所述，借助对两种不同改进型工艺方案的对比分析可发现，充分利用系统余热完成对于后期加热的生产任务能源支撑，不仅可促使低温甲醇洗的工艺更具成熟性，同时对于运作流程的科学合理性提升也明显起到关键效用。此外，综合全文中两种改进型工艺方案对比也可了解到，B 组方案的改进成效显著优于 A 组，且对于石油质量提升也发挥关键作用，值得未来加以利用和推广。

参考文献：

- [1] 郑攀文, 彭晓芳. 低温甲醇洗工艺及其在煤化工中的应用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2020, 24(04): 59-62+65.
- [2] 岳镇, 张玉堂, 贾树彦. 低温甲醇洗工艺技术的发展与改进探索 [J]. 中国化工贸易, 2019, 31(036): 82.
- [3] 李天斌, 王如琪. 煤制天然气低温甲醇洗工艺改进与优化的分析 [J]. 科学与财富, 2019(03): 268.
- [4] 张翊人. 低温甲醇洗及其改进型工艺 [J]. 煤化工, 1992.