

煤制油低温甲醇洗装置净化气总硫超标原因分析及对策

梁梦倩

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司，宁夏银川，750000；

摘要：煤制油低温甲醇洗工艺诞生于上世纪中期，该工艺具有良好的选择性、较高的气体净化纯度等优势，目前已经在煤制油的化工生产领域实现推广。煤制油低温甲醇洗装置的净化气如果含有过多的总硫指标，则会不利于合成甲醇催化剂的作用发挥，还会直接影响煤制油装置的使用寿命。本文通过分析煤制油低温甲醇洗装置出现净化气总硫超标的根源，为低温甲醇洗装置的安全高效运行提供有益的借鉴。

关键词：煤制油低温甲醇洗装置；净化气；总硫超标；原因；对策

DOI：10.69979/3029-2727.25.12.088

引言

煤制油项目主要采用原煤材料进行加工转化，此类大型化工项目中的合成气净化装置应确保长期的稳定运行。但是一部分低温甲醇洗装置在投入使用后的一段时间里，装置就会呈现出净化气的总硫超标现象，并有可能引发永久性的催化剂中毒等严重后果。因此对于煤制油企业人员而言，如何通过精准分析净化气的总硫超标原因来制定行之有效的改进方案，应成为煤制油行业实现可持续发展的关键所在。

1 煤制油低温甲醇洗装置的基本工艺流程

煤制油低温甲醇洗的合成气净化装置可以划分为若干个低温甲醇洗单元，其中各单元主要利用“十塔工艺”来进行气体转换与净化。未经变换的原始气体首先需要经过洗氨塔，从而滤除原始气体中的粗煤气氮氢化合物；然后将其送入冷却装置，并按照指定顺序进入吸收塔、预洗段、脱硫段、脱碳段等处理单元，最终能够获得纯净度较高的净化气体^[1]。

经过上述处理达到合格要求的合成气还需要再次经过换热处理，然后将其送出界区。来自装置脱硫处理单元的甲醇合成气依次经过闪蒸塔、解析塔、热再生塔等系统处理单元，精洗处理后的甲醇将会被送入吸收塔。经过装置单元解析的二氧化碳合成气还需要再次被压缩，将其转化为“载气”而送入装置气化处理单元，最后得到酸性气体而送入硫回收单元，另一部分净化后的合成气将会被送入油品费托装置以及甲醇合成装置。

2 煤制油低温甲醇洗装置净化气总硫超标的常见原因

2.1 较小的循环甲醇总量

低温甲醇洗装置的循环甲醇总量如果无法获得妥善地控制，那么净化气中的总硫比重就会明显增加。一

些低温甲醇洗系统中的甲醇循环量不足，进而导致甲醇很难吸收全部的硫化氢，则会直接影响到洗涤粗煤气的实施成效。低温甲醇洗装置中的甲醇循环量不足，其中的重要根源就是长期运行的机泵设备容易在滤网表面堆积固体颗粒废物，从而不利于机泵设备的稳定性能提升。例如在一些低温甲醇洗装置投入使用的早期阶段，装置净化气的总硫含量往往呈现偏高的特点，导致以上现象形成的重要根源即为循环甲醇的占据比重较低^[2]。如某煤制油企业的设备维护人员在定期检修当中发现，低温甲醇洗装置的再吸收塔存在进料口损坏的现象，进而导致高速流动状态下的二氧化碳夹带较多的甲醇泡沫，从而超过了气相出口的除沫器最大运行负荷。以上问题如果无法获得妥善地解决，那么将会直接威胁到装置设备的安全运行，还会增加企业的甲醇原料消耗。

2.2 过高的循环甲醇温度

低温甲醇洗装置在运行阶段的冷量主要来自于甲醇的闪蒸再生，或者来自于丙烯制冷系统。但是在一些情况下，丙烯换热器本身存在渗漏的风险，导致装置的液位偏低，就会造成装置中的循环甲醇不断升温。一部分低温甲醇洗装置还可能长期处于超负荷运行的状态，那么二氧化碳产品气就会吸收大量的系统冷量，并造成解析塔的氮气含量不足，系统冷量无法实现充分的回收。由此可见，煤制油装置中的循环甲醇如果呈现出温度过高的变化趋势，那么进入洗涤塔的甲醇就会携带过多的热量，导致净化气中含有超标的总硫成分。在另一些情况下，进入装置的甲醇循环比例过大，导致甲醇与设备管道的相互摩擦频繁而增加额外的热量，以上因素也会造成甲醇温度的频繁变化。例如在某煤制油企业未实现工艺流程的优化改造之前，经过洗氨塔的变换器将会被直接送入硫化氢的吸收塔。然而上述工艺流程本身存在不合理之处，其中的重要原因就在于变换气携带很多的水蒸气，导致变换气与水蒸气的混合气体直接进入了甲

醇循环系统, 并造成贫甲醇的含水比例急剧提升, 装置消耗的冷量也会因此而大幅增加^[3]。

2.3 装置含有过多的循环甲醇水含量

循环甲醇中水含量在煤制油装置中的占比过高, 尤其是粗煤气容易携带较多的水分。低温甲醇洗装置一旦进入了过多的水, 那么甲醇对于硫化氢以及二氧化碳的吸收率就会大幅下降。依据煤制油行业的技术标准规定, 低温甲醇洗系统的含水量最好控制在 1% 以内, 最多不能够超出 5%^[4]。否则一旦超出了行业规定限度, 那么硫化氢在甲醇中的溶解过程就会受到不利的影响, 还有可能增加硫化氢腐蚀设备管道的速度 (电化学腐蚀)。因此在装置含有过多水分的影响下, 设备管道、热再生塔等结构件的损坏速度就会显著加快。

2.4 较差的热再生效果

煤制油装置内部的甲醇热再生效果不佳, 从而显著影响低温甲醇洗装置的高效运行。煤制油企业人员通过评估硫化氢在甲醇中的占比指标变化, 即可进一步推断得出热再生塔的使用效果。实际上, 甲醇吸收硫化氢的功能存在一定的局限性, 如果热再生塔无法脱除全部的硫化氢, 则会导致剩余的硫化氢直接进入循环甲醇当中, 最终造成净化气中的总硫比例较高。此外, 粗煤气中的噻吩、硫化氢、硫醚、硫醇、二硫化碳等成分也普遍存在, 易导致有机硫无法实现完全的转化, 以上因素也会引发装置总硫超标的问题^[5]。

2.5 换热单元渗漏

煤制油化工设备如果存在换热单元的渗漏问题, 那么发生渗漏的换热器易导致净化气中的总硫超标。目前多数煤制油企业都采用了贫富甲醇换热器、缠绕式换热器、贫甲醇水冷却器等, 经过长期使用的换热器容易发生渗漏, 从而间接影响到净化气的总硫占比变化^[6]。合成气或者粗煤气的缠绕式换热器在投入使用后的一定期间内, 企业人员通常观察到装置净化气的总硫指标超出最大的允许限度, 那么煤制油企业人员对此应采取妥善的应对措施。例如某企业人员在煤制油装置的运行分析过程中发现, 该装置中的贫甲醇携带过多的氨氮化合物。导致以上情况形成的主要原因, 就在于过冷器没有得到及时的故障排查与处置, 企业人员因此忽视了过冷器的渗漏问题, 并且还会影响到甲醇循环系统的功能实现。

3 煤制油低温甲醇洗装置净化气总硫超标的解决对策

导致低温甲醇洗装置出现净化气总硫超标的根源复杂多样, 当前时期的煤制油企业人员对此应当保持高度的警惕, 并采取因地制宜的技术整改方案。为妥善解决装置净化气的总硫超标安全隐患问题, 企业人员还应

当借助物联网的自动监测仪器, 依托人工智能的辅助监测设备来准确把握装置运行情况。基于此, 解决低温甲醇洗装置净化气总硫超标问题应体现在如下的实施方案:

3.1 适当提高循环甲醇的占比

低温甲醇洗装置中的循环甲醇比例需得到合理的控制, 煤制油企业人员应在考虑实际情况的前提下, 适度提升循环甲醇在整个系统中的占比。具体应加强针对循环甲醇的占比指标监测, 企业人员还应当采取行之有效的占比控制方案。例如对于运行负荷超出 75% 的煤制油装置而言, 技术人员需充分考虑粗煤气与甲醇循环气的含量变化规律, 从而采取因地制宜的调整优化方案。在一些情况下, 适当提高循环甲醇的占比有助于煤制油装置的稳定可靠运行, 并能够在某种程度上减少煤化工设备的故障发生率^[7]。

3.2 严格控制循环甲醇温度

煤制油装置在运行阶段的循环甲醇温度应得到严密的监测, 煤制油企业的具体负责人员应重点控制循环甲醇的升温速率, 以避免循环甲醇在升温过快的情况下造成不利的影响。企业技术人员还应当着眼于丙烯蒸发器的液面高度监测, 对于丙烯制冷剂的压力与温度等指标进行准确地记录。依据煤制油行业的规范要求, 丙烯蒸发器应保持在 45% 左右的液位变化幅度, 并需要保证丙烯闪蒸的空间充足。企业人员还应当重点监测煤制油装置内的丙烯换热器是否存在异常渗漏, 从而对于其中存在老化或损坏的结构件进行及时地更换, 在根源上改善丙烯换热器的使用效果。

3.3 实时监测循环甲醇中的水含量

低温甲醇洗装置中的水含量需要实现严格的控制, 煤制油企业人员应当在准确把握循环甲醇中水含量变化规律的基础上, 对此采取积极有效的水量控制方案。具体有必要将循环甲醇中的水含量占比指标控制于 1% 以下, 最好是将其控制在 0.5% 左右的范围。企业人员还应当实时监测装置底部的温度变化, 低温甲醇洗装置的底部最佳反应温度需要保持在 140℃ 以内, 而装置塔顶部位的最适宜温度保持在 100℃ 以下。对于装置使用中的设备回流比予以严格控制, 避免出现液面异常升高的情况。合理降低甲醇循环中的水含量指标, 有助于煤制油装置维持长时间的稳定运行。基于此, 企业人员可以在洗氨塔和 H₂S 吸收塔之间增设气液分离器, 并将气液分离器分离下的溶液引至热再生塔回流罐, 然后由热再生回流泵将其传输至热再生塔的顶部。为了进一步降低贫甲醇中的水含量, 同时致力于减少甲醇的循环量与冷量损失, 企业人员还将甲醇水分离器的溶液直接引至甲

醇水分离塔。煤制油企业通过实施以上的技术改造,有效避免了低温甲醇洗系统中的水含量长时间超标,从而避免了设备腐蚀,对于热再生塔的热量消耗予以大幅降低。

3.4 保证系统稳定、可靠运行

煤制油装置的运行可靠性直接关系到煤制油企业的人员安全以及财产完整,从而决定了企业人员需进一步加强针对装置稳定性的维护。尤其是对于甲醇热再生系统应采取动态监测的技术手段,相关负责人员需准确记录热再生塔在不同时间段的运行压力与温度指标变化,在及时察觉异常的前提下促进甲醇热再生的反应效率提升。保持煤制油装置的设备可靠运行,还应当体现在全面清理回流罐的甲醇反应残留物,在定期排液与置换的过程中维持回流罐的设备底部清洁。唯有如此,煤制油装置中的贫甲醇含氨比例才能够控制于 8mg/L 的范围内。例如在某企业的技术改造实施中,煤化工企业人员着眼于再吸收塔的设备结构改造,主要体现为如下的工艺优化方案:在原有再吸收塔二段的原 CO₂ 气出口的百叶窗前增设遮挡板,从而改变气体的流向。采取以上措施可有效避免高速流动的 CO₂ 气体直接进入百叶窗,进而防止带走更多的甲醇。技术人员还将再吸收塔三段中 5 块塔板去掉,并调整每块塔板的板间距为 400mm;将尾气洗涤甲醇的分布器分别通过不同的塔板引至塔盘设备,然后在塔板横梁上新增丝网除沫器。煤制油的企业人员还集中改造了再吸收塔,控制在 6kg 以内的每吨油甲醇消耗能量比例。

3.5 维修或更换渗漏结构件

低温甲醇洗装置经过一定的使用时间后,煤制油设备的关键结构件容易发生老化。化学气体本身带有较强的腐蚀性,易导致设备管道或连接处出现重大的损坏,以上因素都会不利于净化气的纯净度提升。在此前提下,煤制油企业人员需全面检查低温甲醇洗装置的各结构部分,从而对于其中存在损坏、腐蚀或松动的结构件进行妥善的处理。企业人员尤其需要重视换热器的内部渗漏问题,因为换热器出现内部渗漏就会直接引发净化气中的总硫超标。目前在物联网技术全面普及的趋势下,煤制油企业的设备检修人员可以利用智能传感器作为支撑,在定期采集样本的基础上明确低温甲醇洗装置的安全隐患。企业人员不仅应当及时更换损坏的管道或结

构件,其还需要合理控制系统运行负荷,避免由于装置运行负荷的频繁变化而增加设备损伤的风险。并需要加大对于设备运维检修的投资,以此支撑维护企业的长远利益。

4 结束语

综上所述,煤制油低温甲醇洗装置的净化气总硫超标问题需得到妥善地整改解决,企业技术人员应结合实际展开全面与详细分析,从中归纳得出低温甲醇洗装置发生异常的根源所在。近些年来,煤制油企业的低温甲醇洗工艺流程日趋成熟、完善,但是总体上仍然存在有待改进之处。因此为了准确排查装置净化气的总硫超标形成原因,关键就是要采取因地制宜的排查与整改方案。企业人员还应进一步加强对低温甲醇洗装置的运行维护,以期在最大程度上降低设备使用风险,维护企业人员安全与财产完整。

参考文献

- [1] 杨仲凯. 2×1800kt/a 甲醇装置低温甲醇洗系统缩短导气时间的探讨及实践[J]. 中氮肥, 2025(05): 38-42.
- [2] 赖颖峰, 王希奋. 低温甲醇洗装置冷凝液回收生产运行总结[J]. 氮肥技术, 2025, 46(04): 22-25.
- [3] 闵波, 闫峰, 何晓雨等. 低温甲醇洗装置净化合成气中 CO₂ 含量偏高原因及对策[J]. 广州化工, 2025, 53(15): 172-174.
- [4] 张福亭, 李永亭, 梁进仓等. 煤制天然气装置变换与低温甲醇洗系统同步开车导气刍议[J]. 中氮肥, 2025(04): 13-16+21.
- [5] 李俊杰. 低温甲醇洗系统甲醇换热器查漏消漏总结及对装置运行的影响分析[J]. 化肥设计, 2025, 63(03): 9-13.
- [6] 郑丽, 王本杰, 吕标凯等. 低温甲醇洗装置尾气中 H₂S 含量高原因分析及措施[J]. 氮肥与合成气, 2025, 53(06): 40-42.
- [7] 张雷. 煤制油低温甲醇洗装置净化气总硫超标原因分析及对策[J]. 石油化工应用, 2019, 38(11): 110-112+118.
- [8] 张雷. 煤制油低温甲醇洗装置净化气总硫超标原因分析及对策[J]. 石油化工应用, 2019, 38(11): 110-112+118.