

炼厂瓦斯管网不平衡问题探讨及解决

王俊杰 (中海石油中捷石化有限公司, 河北 沧州 061100)

摘要: 某石化企业瓦斯管网存在阶段性的不平衡现象, 夏季瓦斯气过剩、冬季瓦斯气不足。火炬气中硫化氢含量稍高, 2023 年多次造成气柜压缩机出口管线堵塞, 堵塞物主要成分为硫磺及微量金属离子。针对硫含量超高造成出口管线堵塞的问题, 通过模拟和计算, 可以利用新上瓦斯脱硫单元, 对瓦斯气进行脱硫处理, 不但可以有效缓解硫化氢带来的管线及设备腐蚀, 解除堵塞问题, 而且将排瓦斯气全部由气柜压缩机回收, 避免火炬燃烧损失。

关键词: 瓦斯管网不平衡; 管线堵塞; 解决措施

中图分类号: TE96

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 028-0130-03

Exploration and Solution of Unbalanced Gas Pipeline Network in Refinery

Wang Junjie (CNOOC Zhongjie Petrochemical Co., Ltd., Cangzhou Hebei 061100, China)

Abstract: There is a periodic imbalance in the gas pipeline network of a petrochemical enterprise, with excess gas in summer and insufficient gas in winter. The hydrogen sulfide content in the torch gas is slightly high, which has caused multiple blockages in the outlet pipeline of the gas holder compressor in 2023. The main components of the blockages are sulfur and trace metal ions. In response to the problem of outlet pipeline blockage caused by excessive sulfur content, through simulation and calculation, a new gas desulfurization unit can be used to desulfurize gas. This not only effectively alleviates pipeline and equipment corrosion caused by hydrogen sulfide, but also recovers all exhaust gas from the gas holder compressor, avoiding losses from flare combustion.

Keywords: unbalanced gas pipeline network; Pipeline blockage; Solution measures

某石化企业燃料气管网组分比较复杂且存在火炬排放情况, 燃料气主要为催化干气、液化石油气、火炬回收气、丙烷、天然气等组分, 部分瓦斯气 H_2S 含量达到 15000mg/kg 以上, 0.3Mt/a 柴油加氢装置分馏塔顶气 H_2S 含量高达 2%, 高硫气体未实施 H_2S 管控。高硫气体进入火炬系统对设备长周期运行及设备腐蚀产生影响, 导致火炬气压缩机出口管线堵塞。本文主要针对该公司瓦斯气产用不平衡、火炬排放, 压缩机出口管线及管线堵塞的现状值进行分析, 研讨并制定问题解决措施。

1 瓦斯气系统问题描述

瓦斯气又称燃料气、干气, 是炼化企业生产过程的重要二次能源^[1]。某石化企业为典型的燃料型炼厂, 主要装置有: 2.5Mt/a、3.5Mt/a 两套重交沥青装置, 0.6Mt/a 芳构化装置, 0.8Mt/a、0.6Mt/a、0.3Mt/a 三套汽柴油加氢装置, 1.20Mt/a、0.5Mt/a 两套催化裂化装置, 以及 0.25Mt/a 气分装置、0.0825Mt/a 聚丙烯装置、0.05Mt/a MTBE 装置等。该石化企业瓦斯气产量与装置使用量不平衡, 存在火炬排放情况, 燃料气管网组分比较复杂, 主要为催化干气、液化石油气、火炬回收气、丙烷、天然气等组分。燃料气管网压力缺乏有效的调节手段, 目前只能通过天然气及并丙烷量来调节压力, 实现管网组分及压力平稳具有一定难度。因此, 瓦斯系统优化对提升瓦斯系统操作水平、提高瓦斯利用率

具有重要意义^[2]。

在夏季瓦斯气出现阶段性剩余, 部分瓦斯气通过火炬排放, 造成一定经济损失。为了 VOC 治理需求, 该石化企业瓦斯气管网还需并入丙烷、天然气等组分, 各组分均为支线进入管网, 致使管网各管段内的组成大不相同。在冬季燃料气管网压力不足时, 需要通过补充天然气或丙烷来调节压力。该石化企业 2023 年月度原油加工量、并入燃料气系统的天然气及丙烷数量见图 1。

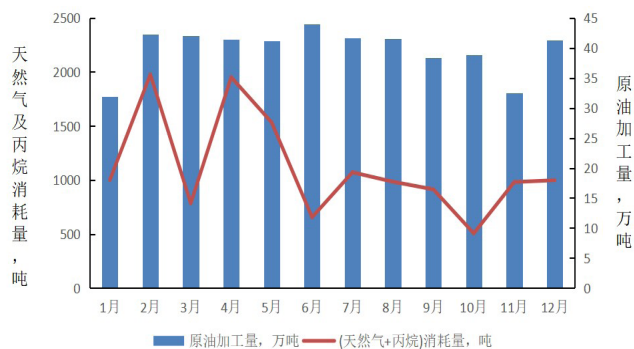


图 1 2023 年月度原油加工量与液化气及丙烷消耗量对比

2 瓦斯气硫含量问题

排放瓦斯气 H_2S 含量不符合安全规定, 全厂火炬排放点共计 555 个, 其中包括低压火炬管网 522 个, 高压火炬管网 33 个, 未实现分类排放管理。0.3Mt/a

柴油加氢装置分馏塔顶气硫化氢含量高达 2%，0.8Mt/a 柴油加氢装置分馏塔顶气硫化氢含量高达 1% 以及其他高硫气体均未实施管控，高硫气体进入火炬对设备长周期运行及设备腐蚀产生影响^[3]，同时高硫气未进入专用的回收系统，回收火炬气已引起世界石化企业的广泛关注^[4]。以上排放均不符合《石油化工企业设计防火标准(2018年版)》(GB 50160-2008)第 5.5.15 条安全排放规定^[4]。瓦斯气性质分析见表 2。

表 2 瓦斯气性质分析

装置	采样点	硫化氢 / (mg/kg)	实际排放温度 / °C	实际排放压力, MPa
气柜	2# 气柜	15000	45	1.05
0.03Mt/a 柴油加氢 V3002	放火炬线	2200	42	5.5
0.03Mt/a 万吨柴油加氢 V3003	放火炬线	2200	45	1.0
0.08Mt/a 万吨柴油加氢	放火炬线	15000	40	0.60
溶剂装置	闪蒸罐	2000	65	0.030
汽提装置	闪蒸塔	12000	37	0.017

高含硫瓦斯 2023 年多次造成气柜压缩机出口高压酸性气管线堵塞，目前虽对已确定堵塞部位并采用蒸汽保护，但无法从根本上解决此项问题。

3 瓦斯气系统问题分析

3.1 瓦斯气季节性不平衡原因分析

夏季瓦斯过剩存在放空，主要是夏季循环水温度高、冷却效果不理想，导致瓦斯气中轻烃含量增加；夏季物料热量损失减少，导致加热炉瓦斯消耗相对减少；夏季老厂区液化气球罐（8#、12#、15#、16#、17#、18#）液化气球罐超温，需要定期泄放压力，以保持球罐正常收发物料，泄放的液化气进一步加剧了瓦斯过剩。冬季则出现相反现象，导致瓦斯不足需要补充液化气及天然气。

回收瓦斯气中轻烃组分可以有效缓解夏季瓦斯过剩问题，冬季瓦斯不足时可以适当根据丙烷及天然气的价格情况确定燃料补充的品种及数量。

3.2 瓦斯气堵塞原因分析

2023 年多次造成气柜压缩机出口的高压酸性气管线堵塞，通过对管线及孔板处堵塞位置的物质分析，堵塞物质主要成分为硫磺及微量金属离子，分析形成堵塞的主要原因为：气柜回收瓦斯气中硫化氢含量高是堵塞主要原因。瓦斯气中含有大量硫化氢 4v%，氨气约 6-8mg/kg，排放气中存在少量氢氰酸，同时气柜气含有少量氧气、重组分以及少量游离水。在这样的工况下，瓦斯气中硫化氢具有还原性，硫化氢、氨气及氢氰酸等组分在高线速的孔板处脱水并结晶，结晶

物在低氧环境下生成致密的硫磺堵塞孔板，蒸汽及水无法将硫磺垢块冲洗干净，这也是前期水冲洗及蒸汽吹扫不能解决堵塞问题的原因。

4 瓦斯气系统问题应对策略

针对瓦斯阶段性过剩问题，一是加强生产管控，减少各装置排放，降低火炬瓦斯总量；二是回收瓦斯中轻烃组分，减少瓦斯气总量，可以利用催化装置吸收稳定单元脱除瓦斯气中轻烃组分，以回收瓦斯气中轻烃组分，降低或消除瓦斯过剩矛盾。

利用机理模型对瓦斯进行增压及流向模拟，增压后的低压瓦斯可以有两种途径，一是将低压瓦斯经气柜压缩机增压脱硫后并入瓦斯管网；二是去催化装置的吸收塔 T-1301 以回收瓦斯中约 0.5-1t/h 轻烃组分，缓解夏季瓦斯过剩问题，回收瓦斯气中轻烃组分。

经过测算得知，增压后的瓦斯气去吸收塔理论上是可行的，可以脱除瓦斯气中轻烃组分，缓解夏季瓦斯过剩的局面。将测算结果经过专题讨论认为：瓦斯气进吸收塔有操作难度，一是Ⅲ催化在从 80 万 t/a 扩能至 120 万 t/a 时，吸收稳定单元解析塔只更换塔板以适应增产后的催化液化气产能增加，解析塔超负荷低压瓦斯在吸收塔中得到液态烃可能对液化气中 C₂ 组分含量控制造成难度；二是 25 万 t/a 气分无法全部加工 50 万 t/a 催化与 120 万 t/a 催化的催化液化气，部分催化液化气作为液化气产品销售，液化气质量标准（GB11174-2011）中对（C₃+C₄）含量要求不低于 95%，如果增压后的瓦斯进入吸收塔，回收的轻烃组分中 C₂ 等组分会对液化气质量控制造成较大挑战。经过讨论后，确定项目按照不回收瓦斯气中轻烃组分进行。

针对气柜压缩机瓦斯中硫含量超高造成出口管线堵塞的问题，可以利用新上瓦斯脱硫单元，对高含硫瓦斯气进行脱硫处理，不但可以有效缓解硫化氢带来的管线及设备腐蚀，而且可以有效解除管线堵塞问题。

5 瓦斯气系统工艺计算机方案设计

考虑气体脱硫技术的成熟可靠和各种脱硫剂对硫化氢的选择吸收能力，本项目火炬气脱硫工艺选用醇胺法，脱硫剂选用甲基二乙醇胺 (MDEA) 溶剂。

5.1 工艺流程

常规的胺法气体脱硫和再生包括吸收塔、胺液闪蒸、换热、再生和冷却及胺液循环，胺液溶剂与原料气中的酸性组分（H₂S 和 CO₂）反应而生成某种化合物；吸收了酸气的富液在升高温度、降低压力的条件下，该化合物又能分解而放出酸气。

为解决瓦斯管道内含硫化合物沉积等问题，拟在火炬气压缩机附近设置脱硫塔，为了减少投资并考

虑目前已有胺液再生装置的能力等实际情况,本项目仅设置脱硫塔(吸收塔),其他设置依赖于全厂目前已有相关设施集中处理和供给。

5.2 模拟计算

气体脱硫脱碳商业化软件主要有 ProII (AMSIM)、HYSYS (酸性气模型)、ProMax 及 Protreat 等。

本项目采用 HYSYS 进行脱硫工艺的模拟计算。HYSYS 是美国 ASPEN 公司的通用工艺流程模拟软件,在石油天然气行业应用广泛。HYSYS 中脱硫采用专门的酸性气物性方法 (Acid Gas)、吸收和再生模型、计算方法,可以保证脱硫脱碳过程的准确模拟,其准确性和计算精度可以满足工程设计需要并经过广泛的工程验证。HYSYS 中酸性气模型可以用于各类气体或液体脱硫、脱碳,支持各类胺类、物理吸收、物理-化学吸收等过程的计算。

针对本项目,建立胺法 (MDEA) 脱硫计算模型 (仅吸收塔)。采用 30% 的 MDEA 溶液,20 层塔板,脱硫塔操作压力 0.9MPa。建立 HYSYS 模型,并通过调整胺液量,达到燃料气脱硫要求 (计算按小于 10 mg/kg)。经计算,胺液量 5t/h 时,可以满足脱硫后瓦斯气的 H_2S 含量要求。

瓦斯气脱硫主要工艺流程:自各装置来的干气进入火炬回收,通过火炬气压缩机压缩、冷却、分液 (新增聚结器) 后,气体进入新增的瓦斯气脱硫塔的下部,与自脱硫塔上部进入的 MDEA 溶剂逆流接触进行脱硫,脱硫塔顶得到的净化干气经干气分胺罐分离出携带的胺液后去装置燃料气管网。为节省投资,脱

硫塔的胺液由其他装置胺液提升泵直接送至脱硫塔顶 (进塔压力约 1MPa),不设置胺液缓冲罐和胺液泵;脱硫塔底胺液通过自压直接送至全厂的胺液再生装置集中处理。工艺流程简图见图 2。

6 结论

本项目通过对该石化企业瓦斯系统存在问题进行调研分析,利用调研数据进行相应测算,完成了项目问题解决途径及可行性分析。一是强化各装置瓦斯排放管理,降低非必要排放量,同时将排放火炬系统的瓦斯气全部由气柜压缩机回收,避免火炬燃烧损失,是一项集资源利用和环保效益于一体的举措^[5]。二是新增火炬气压缩机出口脱硫塔,可以有效解决火炬压缩机出口管线堵塞问题。

参考文献:

- [1] 周卫锋. 炼化企业瓦斯系统优化 [J]. 中外能源, 2017, 22(10): 81-85.
- [2] 伦晓伟, 刘新月, 王言言. 炼厂瓦斯系统平衡及优化分析 [J]. 石油石化节能与减排, 2014(6): 45-50.
- [3] 陆登. 浅谈石化企业设备常见腐蚀原因与防腐措施 [J]. 中国设备工程, 2024(22): 182-184.
- [4] 束长好. 炼油厂火炬气回收利用的分析 [J]. 化学工业与工程技术, 2009, 30(6): 52-54.
- [5] 李秀宾, 张旭霞. 火炬气回收利用技术的研究 [J]. 现代化工, 2010, 30(S2): 331-333.

第一作者简介:

王俊杰, 男, 汉族; 2016 年毕业于辽宁石油化工大学化学工程与工艺专业; 工程师; 从事炼油技术管理。

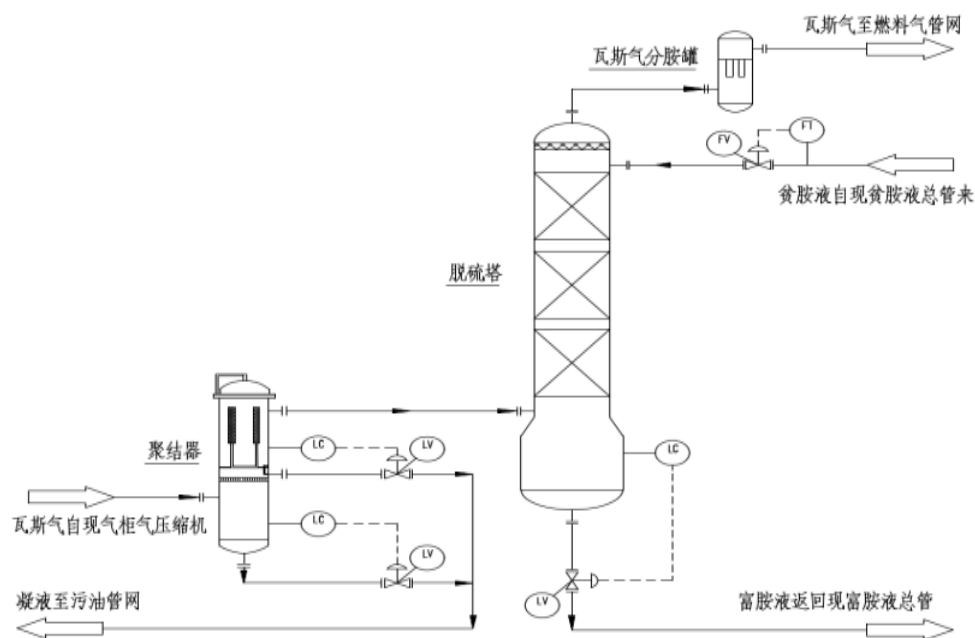


图 2 工艺流程简图