

Analysis and treatment of sulfur content exceeding standard in low temperature methanol washing of coal chemical industry

Yameng Wang

Guoyang Yulin Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719302, China

Abstract

In the coal chemical industry, low-temperature methanol washing plays a crucial role in purifying syngas and removing sulfides. However, excessive sulfur content in post-washing gas frequently occurs during actual production, which not only shortens downstream catalyst lifespan, jeopardizes facility safety, and compromises product quality, but may also cause environmental pollution. This study systematically analyzes the primary causes of sulfur exceedance through operational data from typical coal chemical enterprises' methanol washing processes, covering process flow, operating parameters, absorbent status, and equipment maintenance. For different types of sulfur exceedance, measures such as absorbent regeneration, process optimization, adjustment of process conditions, and equipment upgrades are explored. Through data comparison and practical evaluation, this paper summarizes empirical insights and recommendations for controlling methanol washing sulfur exceedance, providing theoretical support and technical references to enhance clean process management, achieve environmental compliance, and ensure stable facility operation in the coal chemical industry.

Keywords

coal chemical industry; low temperature methanol wash; sulfur content exceeds standard; process analysis; treatment measures

煤化工低温甲醇洗硫含量超标分析及处理

王亚盟

国能榆林化工有限公司, 中国·陕西 榆林 719302

摘 要

煤化工产业里, 低温甲醇洗工艺对净化合成气、脱除硫化物意义重大。但实际生产中, 甲醇洗后气体硫含量超标现象频发, 这不仅会缩短下游催化剂寿命、威胁装置运行安全、降低终端产品品质, 还可能引发环境污染。本文依托典型煤化工企业低温甲醇洗工段运行数据与案例, 从工艺流程、运行参数、吸收剂状态、设备维护等多方面, 系统剖析硫含量超标的主要成因。针对不同超标类型, 探讨了吸收剂再生、流程优化、工艺条件调整、设备改造等处理措施。通过数据对比和实际效果评价, 总结出甲醇洗硫超标控制的经验与建议, 为煤化工行业提升净化工段运行管理水平、实现环保达标和装置稳定运行提供理论支撑与技术参考。

关键词

煤化工; 低温甲醇洗; 硫含量超标; 工艺分析; 处理措施

1 引言

近年来, 随着煤化工清洁高效利用技术的进步, 合成气净化环节的重要性愈发凸显。低温甲醇洗作为合成气净化技术中的核心单元, 具有吸收容量大、选择性强、操作灵活等优点, 被广泛应用于煤制甲醇、煤制烯烃、煤制油等现代煤化工项目。在此工艺中, 通过甲醇在低温下对原料气中的硫化氢、碳氧化物等杂质进行高效吸收, 能够有效保障后续

催化合成工序对气体纯度的严苛要求。然而, 在实际运行过程中, 低温甲醇洗工艺却频繁出现硫含量超标问题。超标硫不仅导致下游催化剂中毒、反应活性下降、设备腐蚀加剧, 还可能因尾气排放不达标而引发环保处罚。因此, 深入剖析甲醇洗工段硫超标的成因, 针对性制定和实施处理措施, 对保障煤化工装置安全、稳定、高效运行和可持续发展具有现实意义和工程价值。本文将围绕低温甲醇洗工艺运行机制、硫超标的影响因素及防控技术展开系统研究, 旨在为行业提供可借鉴的经验与解决思路。

【作者简介】王亚盟(1981-), 男, 中国陕西咸阳人, 本科, 助理工程师, 从事煤化工低温甲醇洗硫含量超标分析及处理研究。

2 低温甲醇洗工艺原理及常见硫超标现象

2.1 低温甲醇洗工艺工作原理

低温甲醇洗是一种广泛应用于煤化工、天然气净化等领域的高效脱硫工艺。其基本原理是利用液态甲醇在低温（一般为 -40°C 至 -60°C ）、高压（常见为 $2\sim 6\text{MPa}$ ）条件下对合成气中的硫化物进行物理吸收。原料合成气首先通过换热降温，进入洗涤塔后自下而上与自塔顶喷淋下来的液态甲醇逆流接触。气体中的 H_2S 、 COS 、 CS_2 及少量有机硫等硫化物在低温高压下易溶于甲醇，杂质从气相转移到甲醇溶液中，净化后的气体自塔顶排出，而富含硫的甲醇则经塔底收集送往再生塔。

再生过程一般采用加热、减压和气体吹脱等方式，将吸附的硫化物自甲醇溶液中解吸出来，回收脱除的硫化物后，甲醇液体循环返回吸收塔继续使用。整个系统依赖于吸收剂（甲醇）的高效循环与再生，形成连续脱硫闭环。工艺中，甲醇对硫化物的吸收能力与温度、压力、甲醇循环量、杂质浓度等参数密切相关。温度过高会降低吸收能力，压力过低则不利于气体溶解于甲醇。为保障工艺的高效稳定运行，需维持合适的物料平衡和能量平衡，确保气体中硫含量长期达标。但在实际生产过程中，原料气波动、操作条件变动、设备老化或维护不及时等常常影响系统平衡，容易导致吸收效率下降、硫含量超标等问题。

2.2 典型硫超标现象及其危害

在低温甲醇洗工艺过程中，气体硫含量超标的现象屡见不鲜。最直观的表现是经过甲醇洗后的气体中 H_2S 、 COS 等总硫含量高于工艺或环保要求，不能满足下游工序如催化剂保护、气体合成、环保排放等需求。超标现象通常在以下几种情形下易发：如原料气成分发生波动、装置处于高负荷运行状态、甲醇吸收剂品质劣化、系统设备检修或切换等。部分企业在工艺切换、设备启停、冬夏季负荷剧变时，硫含量异常更加明显 [1]。

硫含量超标对生产系统危害极大。首先，高含硫气体直接影响下游催化剂的活性和寿命，催化剂中毒将导致反应器效率下降、停产更换成本高昂。其次，气体中的硫化物易与系统中金属材料发生反应，加速设备和管道的腐蚀，诱发泄漏、穿孔甚至安全事故。再次，若净化不彻底，硫化物随尾气排放，将造成恶臭污染、酸雨风险，严重时会导致环保超标、企业被罚甚至停产整顿。此外，硫超标还会引起自动控制系统频繁报警、干扰装置正常生产，增加操作难度和安全风险。因此，保障气体硫含量持续达标，是煤化工等流程工业装置安全、环保、经济运行的关键前提。

2.3 硫超标成因的初步归纳

结合生产实际和运行数据，造成低温甲醇洗硫含量超标的原因呈现多元、复杂、耦合的特点。主要成因可归纳如下：

原料气组分异常波动：原料气中硫化物浓度本身存在

波动，尤其是气源不稳定或上游系统切换时，瞬时高含硫输入会超出吸收系统的处理能力，导致甲醇溶液“超载”。

吸收剂甲醇品质劣化：循环甲醇在长期运行中会富集杂质、含水量升高或混入其他有害成分，导致吸收能力下降，进而影响脱硫效果。

循环量不足与系统短路：甲醇循环泵出力下降、管道堵塞、泄漏等都会造成甲醇流量不足，影响气液比，降低吸收效率。塔内分布器失效、液泛、回流短路等，也会导致气液接触效率降低，形成脱硫“死角”。

再生系统效率下降：再生塔温度、压力或再生气量等工艺参数异常，甲醇解吸不彻底，导致带硫回流，富集效应下吸收能力进一步恶化。

设备老化与运行异常：长期运行导致换热器结垢、塔体内件腐蚀损坏、阀门密封失效等都会影响吸收和再生环节的正常运行，增加泄漏和堵塞风险。

操作与自动化控制不足：自动化系统对硫含量、流量、温度等参数调控不及时，参数设定不合理，或未能根据生产变化动态调整工艺方案，均可能造成系统短时或长期失衡 [2]。

工艺优化与流程设计不足：吸收塔、再生塔的工艺流程、参数窗口设计不合理，或后续流程未考虑系统余量和波动裕度，难以适应复杂、多变的生产实际。

这些因素常常相互叠加、动态演化，形成多因耦合的复杂超标机制。例如，原料波动叠加甲醇品质下降，再加上设备老化和再生效率不足，将导致短时间内系统无法及时响应，造成硫含量大幅超标。有效防控硫超标，需要加强多参数实时监测、工艺优化与设备升级、自动化调节与应急响应等多措并举，提升整体系统的鲁棒性和适应性，保障生产安全、环保与经济效益的协同发展。

3 低温甲醇洗硫超标的原因深度分析

3.1 原料气波动及其影响

煤化工原料气成分受煤种变化、气化工艺状态、系统负荷等多重因素影响，含硫量的波动直接影响吸收系统的负荷分配和净化能力。当原料气中的 H_2S 、 COS 浓度突然升高时，如果工艺调整和吸收剂流量跟不上变化，易导致部分硫化物穿透吸收系统，造成硫含量短时或持续超标。同时，部分杂质如焦油、粉尘进入甲醇洗系统后，会影响甲醇纯度，增加甲醇洗塔的处理负担，降低整体吸收效果。对此需建立完善的原料气监控与前端杂质预处理机制，提升对原料波动的适应能力 [3]。

3.2 吸收剂管理与再生系统失效

甲醇作为循环吸收剂，其品质和活性直接影响吸收效果。运行过程中若甲醇中水分、杂质、降解产物逐步积累，甲醇纯度下降，将导致对硫化物的溶解能力降低，吸收效率显著下降。此外，再生系统如塔温偏低、再沸器负荷不足、

设备结垢堵塞等,会导致甲醇再生不彻底,返至吸收塔的甲醇含硫量偏高,形成恶性循环。再生系统局部短路、蒸汽压力波动、进料分布不均等细节问题,同样会对硫含量控制造成影响。科学管理吸收剂品质,加强对再生系统的在线监控和维护,是降低硫超标风险的重要基础。

3.3 设备与运行参数异常

低温甲醇洗工段的关键设备包括吸收塔、再生塔、泵、换热器等,其长期运行过程中若出现腐蚀、泄漏、堵塞、填料结垢、分布器损坏等问题,均可能导致气液接触面积减少,吸收效率下降。工艺运行参数如塔顶压力、塔温、甲醇流量、循环比等,若调整不当或波动剧烈,会破坏系统平衡,降低净化效果。此外,部分企业自动化控制手段不足,对工艺波动的响应不及时,造成系统迟滞甚至误操作,也是硫超标的重要诱因。完善设备维护和自动控制,提高运行精细化水平,是甲醇洗系统长周期达标运行的保障[4]。

4 低温甲醇洗硫超标的处理与控制措施

甲醇洗工段硫超标治理是一项系统工程,需针对不同成因采取综合措施。针对原料气波动,应建立在线气体组分分析系统和实时预警机制,动态调整吸收剂流量和工艺参数,提升装置的适应性。对于吸收剂品质和再生能力问题,应加强甲醇定期检测,及时排除老化甲醇,引入新鲜吸收剂,保持甲醇纯度。对再生系统易结垢、堵塞的环节,要定期检修、清洗,确保再生温度、压力及加热系统的稳定,保证再生效果。设备层面,强化巡检与维护,及时更换老化设备和填料,保证吸收塔、再生塔内部结构的完整性和均匀分布。自动化和信息化手段的引入,可实现工艺参数的精准调控和异常预警。建议建立全过程工艺优化数据库和专家诊断系统,为操作员提供决策支持。对于突发性硫超标事故,要有应急处理预案,包括调整进气负荷、临时加大吸收剂流量、紧急切换设备等,减少对系统和下游的影响。此外,可探索添加辅助吸收剂、采用分段吸收、并联塔操作等新型工艺组合方式,提高对高负荷和特殊工况的应对能力。

5 甲醇洗硫含量控制的工程优化与创新实践

随着煤化工产业升级,越来越多企业引入数字化、智能化手段提升甲醇洗工艺的运行管理水平。例如,通过构建在线分析仪表和实时监控系統,对甲醇洗工段的气体组分、硫含量、甲醇品质等进行动态采集和趋势分析,实现精细化

管理。部分企业探索人工智能、大数据分析辅助工艺参数优化,自动识别和预警硫超标风险,提前干预调整。采用新型高效填料、强化换热和高效再生塔等设备改造,提高吸收和再生效率。部分甲醇洗系统引入了分级吸收、热集成、余热回收等节能减排技术,不仅提升了净化能力,还有效降低了能源消耗。通过工艺创新与管理提升,不仅能显著降低硫含量超标概率,也能延长催化剂使用寿命,减少设备维护成本,实现经济与环保效益双赢。典型案例表明,综合运用过程优化、设备升级、管理创新及信息化手段,煤化工企业能够在低温甲醇洗硫控制领域持续取得突破,为行业绿色高质量发展奠定坚实基础[5]。

6 结语

煤化工低温甲醇洗工艺在合成气净化与硫控制方面具有不可替代的作用,但实际生产过程中硫含量超标问题依然较为突出。影响甲醇洗硫含量的因素复杂,既有原料气成分和系统工艺的外部影响,也有吸收剂管理、设备维护和运行控制等内部环节的作用。通过对甲醇洗工段运行参数、设备状态和吸收剂品质的综合分析与管理,结合先进的信息化、自动化管理手段,以及新型工艺和设备的推广应用,能够显著降低硫超标风险,提高净化效率。未来,煤化工行业应进一步加强过程管理,完善应急处理和预警机制,推动智能化、绿色化工艺升级,确保低温甲醇洗工艺在保障环保达标、提升装置安全与经济性方面发挥更大作用。面对行业高质量发展要求,煤化工企业需不断深化技术创新与精细管理,持续优化低温甲醇洗硫控制,为我国煤化工可持续发展作出更大贡献。

参考文献

- [1] 闵波,姜海明,姚强,等.煤化工低温甲醇洗装置先进控制技术研究[J].自动化博览,2024,41(10):94-98.
- [2] 袁和,李自恩,贾飞飞,等.甲醇品质对低温甲醇洗运行及优化措施研究[J].山东化工,2024,53(17):226-227+230.
- [3] 何鹏,杨吉祥.大型煤化工低温甲醇洗工艺的尾气处理技术研究[J].煤化工,2024,52(04):45-48.
- [4] 孙悦鹏.基于智慧工厂建设的低温甲醇洗装置模型模拟与优化[D].大连理工大学,2024.
- [5] 马伟.低温甲醇洗装置系统排水存在的问题及改造措施[J].煤化工,2024,52(01):30-32.