

焦炉煤气制甲醇工艺运行的分析

滕 楠

拜城县众泰煤焦化有限公司 新疆 阿克苏 843000

摘 要: 焦炉煤气制甲醇工艺是一种有效的资源节约与环境保护技术。该工艺通过对焦炉煤气进行预处理、净化脱硫、烷烃转化、合成及精馏等步骤,将焦炉煤气转化为甲醇。净化脱硫与烷烃转化是关键技术,需严格控制工艺参数以确保甲醇质量和产量。优化设计方案可提高工艺稳定性和效率,实现焦炉煤气的资源化高效利用。

关键词: 焦炉煤气制甲醇; 工艺运行; 关键技术

引言: 焦炉煤气作为炼焦过程中的副产品,具有丰富的化学潜能和能源价值。将其转化为甲醇,不仅能够高效利用这一资源,还能减少环境污染,实现经济效益与环境效益的双赢。本文深入探讨了焦炉煤气制甲醇的工艺运行过程,详细分析了其关键技术环节、存在的挑战以及相应的解决方案,旨在为该工艺的进一步优化和广泛应用提供理论依据和实践指导。

1 焦炉煤气与甲醇制备基础

1.1 焦炉煤气的组成与特性

焦炉煤气,作为炼焦工业的副产品,是一种复杂的混合气体,主要由可燃成分和非可燃成分组成。其可燃成分中,氢气(H_2)占比高达55%~60%,甲烷次之,约占23%~27%,同时含有一定比例的一氧化碳(CO),占比在5%~8%之间。此外,焦炉煤气中还含有少量的二氧化碳(CO_2)以及其他烃类气体。在非可燃成分方面,焦炉煤气中含有一定量的氮气、氧气以及微量的硫化物、氨等杂质。这些杂质中,甲烷、焦油、苯、萘、氨和硫等对于焦炉煤气的后续利用,特别是甲醇制备过程,具有重要的影响。它们需要在制备甲醇前进行严格的净化处理,以防止对催化剂的活性产生不利影响,或导致设备腐蚀和管道堵塞等问题^[1]。

1.2 甲醇的性质与用途

甲醇,又称木醇或木精,是一种无色透明的液体,具有刺激性气味。其物理性质包括相对密度较低、沸点适中、易挥发等。化学性质上,甲醇具有可燃性,且易于发生氧化、酯化、取代等反应。在工业应用领域,甲醇是一种极为重要的有机化工原料。它被广泛用于制造甲醛、醋酸等化学品,这些化学品进一步用于生产塑料、涂料、胶粘剂等多种工业产品。此外,甲醇还可用作燃料和燃料添加剂,特别是在替代传统汽油和减少化石燃料依赖方面展现出巨大的潜力。同时,甲醇在医药、农药等领域也有广泛的应用。

2 焦炉煤气制甲醇工艺流程概述

2.1 气柜缓冲与焦炉煤气的压缩

来自焦化工程的焦炉煤气,其压力约为4-6KPa,温度约为40℃。这股气体首先进入预处理装置,对萘、焦油、粉尘等杂质进行脱除,预处理完成后进入容积为30000m³的低压湿式螺旋式缓冲气柜进行缓冲和稳压处理。经过这一步骤后,气体的压力和温度变得相对稳定,有利于后续工艺的进行。接着,经过缓冲的焦炉煤气进入焦炉煤气压缩机进行压缩,将压力提升至约2.5MPa,温度控制在约40℃,然后送往精脱硫装置。

2.2 精脱硫工艺

精脱硫是焦炉煤气制甲醇过程中的关键环节。为了去除焦炉煤气中的硫化物,通常采用湿法脱硫与干法脱硫相结合的方法。湿法脱硫主要利用脱硫剂吸收气体中的硫化氢等无机硫,而干法脱硫则利用吸附剂去除有机硫。这一过程将有机硫转化为无机硫并脱除,使焦炉煤气中总硫含量降至极低水平(通常小于0.1ppm),以满足后续转化和甲醇合成催化剂对原料气中硫含量的严格要求。

2.3 气体转化

转化阶段的主要任务是将焦炉煤气中的甲烷及烃类转化为甲醇合成所需的有效成分一氧化碳和氢气。这一过程通常采用催化部分氧化法,即在催化剂的作用下,使甲烷与氧气发生反应,生成一氧化碳和氢气。同时,也会利用蒸汽转化法,将高碳烃转化为低碳烃,并生成更多的氢气。转化后的气体温度较高(约950℃),需回收余热后再冷却至适宜温度(约40℃),然后经加压缩到适宜压力(如6.0MPa),送往甲醇合成装置。

2.4 合成气压缩与甲醇合成

在合成气压缩阶段,将转化后的气体压缩至所需压力(如6.0MPa),然后进入甲醇合成塔进行催化反应。甲醇合成塔内装有甲醇合成催化剂,气体在催化剂的作

用下进行甲醇合成反应。这一反应是一个放热过程，需严格控制反应温度以保证催化剂的活性和选择性。合成后的气体中含有甲醇和水蒸气等组分，需进行气液分离。分离出的气体部分作为循环气返回合成气压缩机进行再利用，部分作为弛放气送往其他系统。

2.5 甲醇精馏与贮存

粗甲醇中含有一定量的杂质和水分，需通过精馏过程进行提纯以获得高纯度的甲醇。精馏通常采用三塔精馏流程，即预精馏塔、加压精馏塔和常压精馏塔。粗甲醇进入预精馏塔进行轻组分分离，然后进入加压精馏塔和常压精馏塔进行深度提纯。提纯后的精甲醇需满足一定的质量标准，如纯度、水分含量等要求，然后才能送往贮存罐进行贮存和后续使用。

3 焦炉煤气制甲醇工艺运行的关键技术分析

3.1 净化脱硫技术

焦炉煤气中含有一定量的硫元素，主要以无机硫和有机硫的形式存在。这些硫化物对甲醇合成催化剂具有毒害作用，因此必须在合成甲醇之前将其脱除。（1）有机硫与无机硫的脱除效率。在净化脱硫过程中，无机硫主要通过湿法脱硫技术进行脱除，该技术能够在焦化厂化产过程中有效地去除几乎全部的无机硫。对于有机硫的脱除，则更多采用干法脱除技术，如加氢转化法。加氢转化法利用催化剂将有机硫转化为易去除的硫化氢，从而实现对有机硫的高效脱除。该技术的脱除效率受催化剂性能、反应温度、压力以及空速等因素的影响。在实际操作中，需要根据焦炉煤气的硫含量和成分特点选择合适的脱硫工艺，以确保脱硫效率达到合成甲醇的要求。（2）加氢转化脱硫的技术难点。加氢转化脱硫技术的主要难点在于催化剂的选择和反应条件的控制。催化剂的性能直接影响脱硫效率和选择性，因此需要选择具有高活性、高选择性和良好稳定性的催化剂。同时，反应条件的控制也是加氢转化脱硫技术的关键。过高的反应温度可能导致催化剂失活和副反应的发生，而过低的反应温度则可能影响脱硫效率^[2]。因此，在实际操作中需要严格控制反应温度、压力和空速等条件，以确保脱硫过程的顺利进行。

3.2 烷烃转化技术

焦炉煤气中含有大量的甲烷和其他烷烃，这些烷烃在甲醇合成过程中并不参与反应，而是作为惰性气体存在。为了提高甲醇的合成效率，需要将这些烷烃转化为合成气的有效组分（ H_2 和 CO ）。（1）催化部分氧化工艺的应用。催化部分氧化工艺是一种有效的烷烃转化技术。该技术利用催化剂将甲烷和其他烷烃在氧气存在下

进行部分氧化，生成 CO 和 H_2 。催化部分氧化工艺具有反应温度适中、转化效率高、选择性好等优点。在实际应用中，需要根据焦炉煤气的成分特点和目标产物的需求选择合适的催化剂和反应条件。同时，还需要对反应过程中的热量进行合理利用和回收，以提高整个工艺的能量效率。（2）转化效率与选择性。烷烃转化技术的转化效率和选择性是衡量其性能的重要指标。转化效率是指烷烃转化为合成气有效组分的比例，而选择性则是指生成的目标产物（如 CO 和 H_2 ）在总产物中的比例。在实际操作中，需要通过优化催化剂的选择和反应条件来提高转化效率和选择性。例如，可以选择具有高活性和选择性的催化剂，以及控制适宜的反应温度和压力等条件来提高转化效率和选择性。

3.3 甲醇合成技术

甲醇合成是焦炉煤气制甲醇工艺的核心环节。该环节涉及将合成气（主要由 CO 和 H_2 组成）在催化剂作用下进行反应生成甲醇。（1）低压合成法的优势。低压合成法是目前国内外普遍采用的甲醇合成工艺之一。该方法具有反应条件温和、设备投资少、操作简便以及能耗相对较低等优势。在低压条件下，甲醇合成反应的温度和压力均较低，这有利于减少设备的磨损和腐蚀，延长设备的使用寿命。同时，低压合成法还有利于提高催化剂的稳定性和寿命，降低生产成本^[3]。此外，低压合成法还可以实现连续稳定的生产，提高甲醇的产量和质量。

（2）催化剂的活性与选择性。催化剂的活性与选择性是甲醇合成技术的关键。活性高的催化剂可以在较低的温度和压力下实现高效的甲醇合成，提高生产效率。而选择性好的催化剂则可以确保甲醇在总产物中的高比例，减少副产物的生成，提高产品质量。在选择催化剂时，需要综合考虑其活性、选择性、稳定性和抗毒性等因素。同时，还需要根据原料气的成分和合成条件对催化剂进行针对性的优化和改进。在实际操作中，还需要定期对催化剂进行再生和更换，以确保其始终保持良好的催化性能。

3.4 精馏提纯技术

精馏提纯是焦炉煤气制甲醇工艺中的最后一个关键步骤。通过精馏过程，可以将粗甲醇中的杂质和水分去除，得到高纯度的精甲醇产品。（1）三塔精馏工艺的流程。三塔精馏工艺是目前常用的甲醇精馏提纯技术。该工艺包括预精馏塔、加压精馏塔和常压精馏塔三个步骤。在预精馏塔中，粗甲醇首先被加热至沸腾状态，轻组分（如二甲醚、甲醇蒸汽等）被蒸出并送入加压精馏塔。在加压精馏塔中，通过增加压力和降低温度，进

一步分离出甲醇和水蒸气等组分。最后,在常压精馏塔中,通过降低压力和调节温度,将甲醇从剩余的水和其他杂质中彻底分离出来,得到高纯度的精甲醇产品。三塔精馏工艺具有分离效率高、产品质量稳定以及能耗相对较低等优点^[4]。(2)提纯效率与能耗。提纯效率与能耗是衡量精馏提纯技术性能的重要指标。提纯效率指的是从粗甲醇中去除杂质和水分,得到高纯度精甲醇的能力。而能耗则是指整个精馏过程中消耗的能源,包括加热、冷却、泵送和压缩等环节的能耗。为了提高提纯效率和降低能耗,可以采取多种措施。例如,优化精馏塔的结构和操作条件,提高分离效率;采用高效节能的设备和技術,降低能耗;回收利用余热和废气等能源,实现资源的综合利用。此外,还需要定期对精馏塔进行维护和保养,确保其始终保持良好的运行状态。

4 焦炉煤气制甲醇装置运行中的问题及解决措施

4.1 短时煤气不足的问题及应对方案

煤气作为甲醇生产的主要原料,其稳定供应对于整个生产流程至关重要。然而,在实际操作中,由于焦炉操作和焦炭市场的影响,煤气供应可能会出现短暂不足的情况。(1)焦炉操作与焦炭市场的影响。焦炉的操作稳定性直接影响煤气的产量和质量。如焦炉结焦时间的变化、炉温波动等都可能导致煤气产量的波动。此外,焦炭市场的价格波动和需求变化也会影响焦炉的生产计划,进而影响煤气的稳定供应。为解决这一问题,企业应加强对焦炉操作的精细化管理,确保焦炉结焦时间的稳定,炉温的精准控制。同时,密切关注焦炭市场动态,合理预测市场需求,以便及时调整生产计划,确保煤气的稳定供应。(2)转化气与低压蒸汽的热源切换。在煤气供应不足的情况下,可以考虑利用转化气或低压蒸汽作为替代热源。这要求装置设计时就应考虑到热源的多样性,确保在煤气不足时能够迅速切换至其他热源,保证生产流程的稳定运行。实际操作中,需要建立完善的热源切换机制,包括热源切换的自动化控制、切换过程中的安全监控等,以确保切换过程的平稳、安全。

4.2 环境保护方案

4.2.1 大气保护措施

(1)除尘与脱硫技术的选择:选择高效、经济的除尘和脱硫技术是减少大气污染物排放的关键。企业应根

据自身实际情况,综合考虑技术成熟度、运行成本、处理效果等因素,选择最适合的除尘和脱硫设备。(2)可燃性气体的回收利用:装置运行过程中产生的可燃性气体,如弛放气、尾气等,应尽可能进行回收利用,以减少资源浪费和环境污染。可以通过建设相应的气体回收系统,将这些气体重新引入生产流程或作为能源利用。

4.2.2 固体废弃物处理

对于废脱硫剂、废催化转化剂等固体废弃物,企业应采取严格的分类收集、储存、运输和处理措施,确保不对环境造成二次污染。对于可回收的废弃物,如废催化剂中的贵金属,应积极进行回收利用。对于无法回收的废弃物,应选择符合环保要求的处置方式,如安全填埋或送至专业处理单位进行无害化处理。

4.2.3 水体污染防治

废水是焦炉煤气制甲醇装置的主要污染源之一。企业应建立完善的废水处理系统,采用生化处理等技术对废水进行净化处理,确保水质达标排放。同时,积极探索废水的再利用途径,如将处理后的废水用于冷却、冲洗等非生产用水环节,以减少新鲜水资源的消耗。此外,还应加强废水处理设施的维护和管理,确保其长期稳定运行。

结束语

综上所述,焦炉煤气制甲醇工艺作为一种高效的资源循环利用方式,对于提升能源利用效率、促进化工产业绿色发展具有重要意义。通过优化工艺设计、强化关键技术环节的管理与创新,可以有效提高甲醇的产量与品质,同时减少环境污染。未来,随着技术的不断进步与环保要求的日益严格,焦炉煤气制甲醇工艺将迎来更多发展机遇,为能源化工行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]张也,雷昭.焦炉煤气制甲醇工艺的分析及优化[J].安徽化工,2021,(08):79-80.
- [2]王鹏,胡小敏.焦炉煤气制备甲醇工艺研究[J].辽宁化工,2023,(15):177-179.
- [3]孟华平.焦炉煤气制甲醇关键技术分析[J].山西化工,2022,(04):51-52.
- [4]孟华平.焦炉煤气制甲醇工艺优化[J].山西化工,2022,(13):155-156.