

# Optimized measures for methanol synthesis to prevent paraffin formation

Xiaotao Zhang

Guoneng Yulin Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

## Abstract

The formation of paraffin wax during methanol synthesis significantly impacts product quality and production efficiency. This study investigates optimization strategies to prevent paraffin formation. The paper first analyzes the fundamental process of methanol synthesis, then systematically examines how catalyst selection, reaction temperature, pressure, and space velocity influence paraffin generation. Through analysis of technical limitations in synthesis processes, catalyst effectiveness, and operational challenges, targeted preventive measures are proposed. The research emphasizes selecting appropriate synthesis conditions with high-performance catalysts while maintaining operational precision to effectively prevent wax formation and ensure methanol production stability. Finally, specific control measures are provided along with future research directions.

## Keywords

methanol synthesis; paraffin wax formation; reaction optimization; catalyst

# 甲醇合成预防石蜡生成优化措施

张小涛

国能榆林化工有限公司，中国·陕西榆林 719000

## 摘要

甲醇合成中石蜡的生成会严重影响甲醇产品的质量与合成效率，本文旨在探讨避免石蜡生成的优化措施。首先分析了甲醇合成反应的基本过程；其次，本文细致考察了催化剂选择、反应温度、及反应压力与空速等因素对石蜡生成的影响。通过对合成技术不足、催化剂有效性、操作问题等因素的原因分析，提出了针对性预防措施。文章强调选择合适的合成条件与高性能催化剂，并关注操作细节，来有效预防石蜡的生成，确保甲醇生产过程的稳定性。最后，文中提供了具体控制措施，并对未来研究方向进行了展望。

## 关键词

甲醇合成；石蜡生成；反应优化；催化剂

## 1 引言

甲醇的合成反应主要在添加催化剂后进行综合反应，然后进行可逆操作。相关反应操作非常复杂，一氧化碳经过加氢处理后，生成甲醇。这一反应过程属于放热反应，遵循化学平衡原理。在系统分析中，处于相同温度状态下，随着承受压力持续增加， $KN$  值也随之增大，从而相应地提高了甲醇的平衡产率。在承受相同压力的情况下，随着温度的升高，对应的  $KN$  值会逐渐降低。据此可以看出，在甲醇合成中，高压低温环境更有利。甲醇合成的处理流程包括原料合成气、压缩净化处理、合成加工和粗甲醇整体精馏等操作。在原材料合成气中，甲醇制备阶段需要先进行碳、氢等原料合理处理。利用天然气、煤炭或石油进行加工，经过蒸汽转

化或直接催化反应处理，顺利生成含  $CO_2$ 、 $CO$  和  $H_2$  的混合物。在净化处理阶段，鉴于粗甲醇无法直接使用，首先需进行精馏脱出杂质。化学净化可借助碱帮助精馏过程中破坏难以处理的杂质，同时合理调节  $pH$  值。物理方法主要是通过简单过滤去除内部杂质。对于粗甲醇，采用全面精馏技术，主要是为了全面去除易挥发的物质，如二甲醚、高碳醇、乙醇和水等难挥发成分。

## 2 甲醇合成反应概述

甲醇合成是一种催化化学反应，通过一系列工艺步骤将合成气转化为甲醇。合成气主要由一氧化碳 ( $CO$ )、二氧化碳 ( $CO_2$ ) 和氢气 ( $H_2$ ) 构成，在高温高压条件下，利用铜基催化剂实现气体分子间的有效转化。反应过程依据如下化学方程式进行： $CO_2 + 3H_2 \leftrightarrow CH_3OH + H_2O$  和  $CO + 2H_2 \leftrightarrow CH_3OH$ 。这一转化过程涉及到多相催化反应机制，其效率受催化剂活性、选择性及反应条件的影响。为提升甲醇产

**【作者简介】**张小涛（1990-），男，中国陕西榆林人，本科，助理工程师，从事煤化工研究。

率, 优化合成条件, 减少副产物生成, 特别是避免石蜡的产生, 是工业生产中的重要课题。石蜡作为一种饱和烃, 其生成不仅消耗反应原料, 降低甲醇得率, 也可能引起催化剂堵塞及设备腐蚀等问题, 对于甲醇合成反应的性能有着显著影响。因此, 了解和控制可能导致石蜡生成的各种因素对提升整个甲醇生产过程的稳定性和效率具有重大意义 [1][2]。

### 3 影响甲醇生产过程中生成石蜡的因素分析

#### 3.1 催化剂带来的影响

催化剂在甲醇合成中扮演着关键角色, 涉及反应速率与方向的调控, 从而影响甲醇的产率及石蜡的生成。铜基催化剂因其较高的活性和选择性, 被广泛应用于工业上的甲醇生产。合适的催化剂可有效促进一氧化碳和氢气转化为甲醇的反应过程, 降低石蜡的副产。然而, 催化剂的几个关键特性, 如其比表面积、孔径大小以及金属组成, 直接影响反应的进行与反应物的转化率。若催化剂活化不足或者表面发生积碳, 将导致催化反应路径偏离预期, 增加了高分子烃类如石蜡的生成风险。因此, 精准控制催化剂的合成、激活以及再生等策略显得尤为重要。维持催化剂的稳定性和性能, 不仅可以提高甲醇的合成效率, 还对避免不必要的石蜡堆积、确保整个合成系统的顺畅运行有着决定性作用 [3][4]。

#### 3.2 合成反应温度带来的影响

合成反应温度对甲醇产率及石蜡生成具有决定性影响。理想的反应温度有助于提高甲醇的合成效率, 同时降低不饱和烃向石蜡等副产物的转化。温度过高, 会促进副反应的发生, 增加烃类分子的热裂解, 导致石蜡的生成。相反, 温度过低可能使催化剂无法达到活化状态, 反应速率下降, 进而影响甲醇的产出。据研究表明, 在甲醇合成反应中, 适宜的温度应结合催化剂的特性进行精确控制, 以确保反应能够在最佳状态下进行。此外, 均匀分布的反应温度也有助于避免局部热点的产生, 减少高温区的催化剂失活和石蜡沉积, 对反应器的长周期稳定运行至关重要。因此, 在实际生产中, 通过精确控制反应器的温度条件, 既可以优化甲醇的合成过程, 又能有效预防石蜡的生成, 是提升工艺效率和产品质量的重要对策。

#### 3.3 合成反应压力与空速的影响

在甲醇合成过程中, 合成反应的压力与反应器的空速同样是影响产物分布和反应效率的关键参数。高压条件有利于推动反应平衡向甲醇的生成转移, 增加甲醇产率, 但同时也可能加剧不饱和烃的氢化反应, 从而有可能增加石蜡的生成量。适中的压力设置有助于平衡甲醇合成和石蜡生成这两个相互竞争的过程, 实现甲醇产量的最大化及副产物的最小化。此外, 空速, 即气体每小时通过催化剂床体积的流速, 直接影响反应物与催化剂的接触时间和反应完成度。较低的空速可能导致催化剂接触时间过长, 增加烃类副产物的生成; 而较高的空速则可能导致反应不充分, 影响甲醇的产量。

因此, 对甲醇合成反应系统而言, 对压力及空速的精细控制是实现高效生产的重要环节, 需要根据催化剂性能和反应动力学特性来优化调整, 以达到既高效又环保的生产目标 [5]。

### 4 甲醇合成反应生成石蜡的原因分析

#### 4.1 合成技术存在问题

甲醇合成技术的不足可能导致反应系统效率低下及副产物石蜡的增多。技术问题常见于反应器设计不合理、原料预处理不充分、以及合成过程控制不精确等方面。一个典型问题是反应器内部温度和压力分布的不均匀性, 这会造成部分区域原料转化不完全或过度反应, 从而影响甲醇产率和增加石蜡的生成风险。此外, 如原料中存在杂质, 没有经过有效的清洁或者分离处理, 也会对催化剂造成损害, 降低其活性, 促进石蜡等副产物的产生。当前, 优化甲醇合成技术, 从反应器设计、原料处理到过程控制的各个环节出发, 提升整体反应的均匀性和稳定性, 是降低副产物生成并提升甲醇合成经济效益的重要策略。通过技术创新及过程优化, 可以有效解决这些问题, 提高甲醇合成的性能, 减少环境污染和生产成本。

#### 4.2 催化剂过期

催化剂的老化对甲醇合成过程具有显著的不利影响, 可能引起催化剂活性和选择性降低, 这直接关系到石蜡副产物的形成。随着使用时间的增长, 催化剂可能因为物理磨损、化学中毒或者热力学退化而逐渐失去活性; 尤其是催化剂表面的积碳现象, 会严重妨碍活性位点与反应物的接触, 进而减少甲醇的生成速率, 同时增加了长链烃类石蜡的生成。此外, 过期催化剂可能导致反应选择性的改变, 使得合成路径偏离预期方向, 增加副反应的比例。因此, 及时监测催化剂性能, 定期进行更换或再生, 对确保甲醇合成过程中甲醇的高产出和低石蜡生成至关重要。通过采取有效的催化剂管理策略, 可以显著延长催化剂的使用寿命, 降低经济与环境成本 [6]。

#### 4.3 操作方面存在问题

在甲醇合成过程中, 操作者的熟练程度和操作规程的科学性对保障生产流程的稳定和高效至关重要。不规范的操作可能造成原料或产物流量的波动、反应条件控制的失准, 以及安全风险的增大。尤其在反应条件控制上, 如温度、压力的不当调整有可能诱发石蜡的形成, 因此, 确保操作的准确性对于预防石蜡生成具有直接影响。操作问题还包括对设备维护的疏忽, 可能导致催化剂暴露于不合理的工作环境中, 加速其失活, 促进石蜡的沉积。加强操作人员的专业培训, 建立健全的操作规程和监督机制, 是防止此类问题发生的有效途径。通过提升操作标准化水平, 确保每一环节都能精确控制, 可以显著降低石蜡产生的风险, 保证甲醇合成过程的顺畅进行。

## 5 甲醇合成反应生成石蜡的预防措施

### 5.1 预防措施

#### 5.1.1 注意操作事项

在甲醇合成生产中确保防止石蜡生成，关键在于严格的操作事项与过程监控。操作过程中，必须确保原料气在进入反应器之前经过严格的净化，排除可能导致催化剂中毒的杂质。反应条件如压力、温度和流速的精确控制，对于催化反应的平稳进行和甲醇的高产率至关重要，因此操作人员需根据实时数据进行细致的调节。检测和维护设备的正常运行，及时发现和处理异常情况，也是确保生产质量的关键措施。此外，定期对反应器及相关生产系统进行检查，杜绝因设备老化或故障造成的波动和偏差，可以有效地预防不期望的副反应，包括石蜡的生成。综合地执行标准化、系统性的操作流程，能够大幅度降低产生石蜡的风险，提高甲醇合成工艺的整体效率和安全性 [7]。

#### 5.1.2 选用优质催化剂

针对甲醇合成过程中石蜡生成的问题，选择优质催化剂是关键的预防措施之一。催化剂的活性、选择性以及稳定性直接影响化学反应的进行，进而决定甲醇的产量与副产品的形成。优质催化剂应具有较高的甲醇合成活性和抗积碳能力，能够在合成过程中减少碳化物在催化剂表面的沉积，显著降低石蜡的形成。在选择催化剂时，除了考虑其催化性能，还应评估其长期运行下的物理和化学稳定性，避免由于催化剂的活性降低或结构破坏，而使得副反应增多。此外，定期对催化剂进行再生处理，恢复其活性，也是延长催化剂使用寿命、保障甲醇合成稳定运行的重要环节。科学合理地选择和管理催化剂对于提升甲醇合成效率、减少石蜡生成并保护设备具有显著的正面影响。

#### 5.1.3 注重石蜡处理

针对甲醇合成中石蜡的产生，系统地设计石蜡处理程序显得尤为关键。通过工艺流程中设置专门的石蜡分离装置，可以将石蜡从产物中有效分离出来，减少对后续生产流程的影响。石蜡的处理不仅要求分离技术高效，还应关注环保和资源的合理利用，探讨石蜡的再利用可能性，转化为有价值的副产品或能源，进一步提升整个制造过程的经济效益及环境友好性。实际操作中，还需定期对分离系统进行维护和检查，确保分离效果，及时调整优化分离参数，以适应甲醇合成过程中可能出现的各类变化。通过这种预防与治理并重的策略，即可有效控制石蜡的生成，又能减缓其对整个甲醇合成过程造成的负面影响，从而提升甲醇生产的稳定性和可持续性。

### 5.2 控制措施

在甲醇合成过程中，实施有效的控制措施对预防石蜡生成至关重要。控制措施应包括精确的流程监控和反应条件的优化调节。通过实时监测甲醇合成反应的压力、温度、流速等关键参数，并与理想的反应状态进行比对，可以及时调整反应条件，避免偏离最优反应窗口，从而最大限度减少石蜡的形成。同时，采用先进的自动化控制系统，对整个生产过程进行严格管理，不仅可以保障操作的精确性和反应的稳定性，还可以提升反应效率。进一步的控制措施还需要包括对催化剂进行周期性的检查和替换，及早发现催化剂性能衰减或积碳的问题，保持催化剂的良好状态，确保甲醇生产过程的连续性和经济性。通过这些综合控制策略的实施，可以大幅度提升甲醇生产的效率，同时防止石蜡对生产设备和产品质量造成的潜在危害。

## 6 结语

本研究对甲醇合成过程中石蜡生成的问题进行了深入分析，提出了一系列预防和控制措施。通过对反应条件的精准控制、催化剂性能的维护与优选、操作过程的规范化以及石蜡处理技术的完善，能够有效减少石蜡的产生。石蜡的控制对于提高甲醇的生产效率、确保产品质量和减轻环境负担具有显著意义。未来研究应进一步探索新型高效催化剂的开发以及更先进的工艺流程设计，不断优化甲醇合成工艺，实现高产出、低能耗、低污染的绿色化工生产目标。此外，对于副产品石蜡的利用也应加以考虑，以实现资源的全面利用和循环经济的发展。通过持续的科技创新与制度完善，可以期待未来甲醇合成工艺将更加高效、环保和可持续。

### 参考文献

- [1] 张建.甲醇合成的工艺过程分析与操作控制优化问题探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2019(8):35-36.
- [2] 王伟.优化工艺参数控制甲醇产品酸度[J].石油炼制与化工,2018(12):36-37.
- [3] 于德玲.甲醇合成工艺的增产、节能、减耗的工程分析和工程实践[D].华东理工大学,2017,13(11):119-124.
- [4] 陈绍武.改进生物地理学优化算法及其在甲醇合成转化率软测量的应用[D].华东理工大学,2016,19(14):132-136.
- [5] 夏春涛.甲醇合成工艺过程与操作控制优化的分析[J].山东工业技术,2019(07):53.
- [6] 陈鑫亮.甲醇合成工艺过程与操作控制优化的分析[J].化工设计通讯,2017,43(02):6-35.
- [7] 刘战红,刘绍波,张珊珊.焦炉煤气制甲醇合成原料气的技术分析[J].化工管理,2018(29):187.