

# Analysis of the Influence of Coal to Methanol Syngas Components on Methanol Production

Zhen Xu

Guoneng Yulin Chemical Co., Ltd., Yulin, Shanxi, 725000, China

## Abstract

This paper mainly discusses the influence of syngas components on methanol production in the coal to methanol reaction, and focuses on analyzing the effects of temperature, pressure, catalysts, and other factors on the methanol reaction. In addition, the paper also explores the effects of components such as hydrogen, carbon monoxide, and carbon dioxide on methanol production, and provides examples for explanation. Finally, the paper summarizes how to improve the economic benefits of coal to methanol reaction by optimizing reaction conditions and selecting appropriate catalysts.

## Keywords

coal to methanol; syngas; industrial chemicals

## 地下煤制甲醇生产的影响因素分析

许震

国能榆林化工有限公司, 中国 · 陕西 榆林 725000

## 摘要

论文主要讨论了地下煤制甲醇影响因素中合成气的影响, 并重点分析了温度、压力、催化剂等因素对煤制甲醇反应的影响。此外, 论文还探讨了氢气、一氧化碳、二氧化碳等组分对甲醇生产的影响, 并列举了实例进行说明。最后, 论文总结了如何提高煤制甲醇反应的经济效益进行初步探讨。

## 关键词

煤制甲醇; 地下煤; 化工原料

## 1 引言

煤制甲醇作为一种重要的化工原料和清洁能源, 其生产和应用具有重要的背景和意义。煤作为中国的主要能源资源之一, 其开发和利用一直备受关注。而煤制甲醇作为煤化工的重要产品之一, 可以有效地利用煤资源, 并且其生产过程中还可以回收和利用一些废气和废水, 具有较好的资源利用和环境保护效益<sup>[1]</sup>。甲醇作为一种重要的化工原料, 广泛应用于合成甲醛、乙醇、丙酮、丁二酸、碳酸二甲酯等化学品和柴油、燃料电池等领域, 对于促进产业升级、提高能源利用效率和降低碳排放具有重要意义<sup>[2]</sup>。

合成气是煤制甲醇反应中的重要中间产物, 其中包括一氧化碳、二氧化碳、氢气等成分。合成气组分对于甲醇生产有着重要的影响和作用。一氧化碳是甲醇的重要原料之一, 而二氧化碳则是一种不利的反应物, 会抑制甲醇的合成率和选择性<sup>[3]</sup>。因此, 合成气中一氧化碳和二氧化碳的比例和含

量直接影响甲醇的生产效果和品质。合成气中的氢气可以提高反应速率和选择性, 同时还可以降低催化剂的用量和生产成本。

因此, 在煤制甲醇生产中, 合成气组分的控制和调整至关重要。需要采取合适的工艺流程和技术手段, 确保合成气的成分和含量达到最佳的反应条件, 以提高甲醇的合成率、选择性和品质, 同时降低生产成本和环境污染。

## 2 煤制甲醇的基本工艺

### 2.1 煤制甲醇工艺的流程

煤制甲醇是将煤制成的合成气通过催化剂的作用转化为甲醇的过程。其工艺流程主要包括煤气化、合成气制备、甲醇合成和甲醇提纯等几个关键步骤。

#### 2.1.1 煤气化

煤气化是将煤转化为合成气的过程, 主要有两种方法: 一种是煤直接气化, 即将煤在高温、高压条件下分解生成气体; 另一种是煤间接气化, 即先将煤转化为一氧化碳和氢气, 再经过净化后得到合成气。无论采用哪种方法, 煤气化都是煤制甲醇工艺中非常关键的一步。

【作者简介】许震(1994-), 男, 中国陕西安康人, 本科, 助理工程师, 从事化工(甲醇合成)研究。

### 2.1.2 合成气制备

煤气化后得到的气体需要经过处理才能成为甲醇合成的原料气体——合成气。这一步主要是对煤气中的杂质进行除去和合成气的成分进行调整,使合成气成分符合甲醇合成的反应需求。

### 2.1.3 甲醇合成

合成气经过制备后进入甲醇合成反应器,在催化剂的作用下进行化学反应,生成甲醇。甲醇合成反应器有多种类型,包括定床反应器、流化床反应器等。在反应器中,一氧化碳和二氧化碳会被转化为甲醇,同时还会产生少量的副产物。

### 2.1.4 甲醇提纯

甲醇合成后得到的产物需要进行提纯,以去除副产物、杂质和水等物质,提高甲醇的纯度和品质。甲醇提纯主要有蒸馏法、吸附法、结晶法等多种方法。

## 2.2 煤制甲醇反应原理

煤制甲醇是将煤制成的合成气通过催化剂的作用转化为甲醇的过程。其反应原理主要涉及两个部分:合成气制备和甲醇合成。

在合成气制备阶段,煤气化后得到的气体需要经过处理成为合成气,该过程主要包括除尘、除硫、除苯、调节气体组成等处理步骤。合成气主要由一氧化碳、二氧化碳和氢气组成,其中一氧化碳和二氧化碳是甲醇合成反应的原料,而氢气则是反应的催化剂。

甲醇合成反应是一种多步骤、复杂的化学反应,其反应机理可以分为以下几个步骤:

① CO 和 H<sub>2</sub> 的吸附:在催化剂表面,CO 和 H<sub>2</sub> 分别被吸附,生成吸附态 CO 和吸附态 H<sub>2</sub>。

② CO 和 H<sub>2</sub> 的活化:吸附态的 CO 和 H<sub>2</sub> 通过与催化剂表面上的氢原子结合,产生能够参与反应的活性中间体。

③ 甲醇的形成:在催化剂的表面上,活性中间体进一步反应,生成甲醇和水。

④ 活性位的再生:催化剂上的活性位在反应过程中不断失活,需要通过加氢和加氧等方式进行再生,以保证催化剂的持久稳定性。

需要注意的是,反应温度、压力、催化剂的种类和催化剂的状态等因素都会对反应速率和反应产物的选择性产生影响。

## 3 合成气组分对甲醇生产的影响

### 3.1 氢气对甲醇生产的影响

氢气是甲醇合成反应的催化剂之一,对甲醇生产具有重要的影响。其主要作用包括提高反应速率、提高甲醇的选择性和稳定性、减少副产物的生成等。

具体来说,氢气对甲醇生产的影响主要体现在以下几个方面:

① 反应速率的提高:氢气作为催化剂参与反应,可以提高反应速率,加快甲醇的生成速度。

② 选择性和稳定性的提高:氢气能够调节催化剂表面的反应活性位,从而提高甲醇的选择性和稳定性。此外,氢气还可以减少副产物的生成,提高反应的经济效益。

③ 热力学平衡的调节:甲醇合成反应是一个放热反应,氢气的加入可以提高反应温度,从而促进反应的进行。同时,氢气的加入还可以调节反应体系的热力学平衡,提高甲醇的产量和质量。

### 3.2 一氧化碳对甲醇生产的影响

一氧化碳(CO)是煤制甲醇反应中的主要中间体之一,对甲醇生产具有重要影响。它可以通过多种途径生成,包括煤气化和部分氧化等方法。一氧化碳的主要作用是参与催化剂表面的反应,促进甲醇的生成和提高甲醇的选择性。

① 催化剂活性:一氧化碳可以与催化剂表面的金属离子形成活性位,提高催化剂的活性,增强甲醇的选择性。例如,在某些催化剂中,一氧化碳可以通过与钨、钼、铈等金属离子形成的配位,提高反应速率和产物选择性。

② 产物选择性:一氧化碳可以影响甲醇的产物选择性。在一些反应条件下,一氧化碳的浓度过高或过低都会导致甲醇的选择性下降。例如,当反应体系中一氧化碳的浓度过高时,会产生大量的甲烷等副产物,而过低的一氧化碳浓度则会导致 CO<sub>2</sub> 的生成。

③ 反应条件的优化:一氧化碳可以影响反应的温度和压力等反应条件,从而影响甲醇的产量和选择性。例如,在高温下,一氧化碳的反应活性较高,可以促进甲醇的生成和提高甲醇的选择性;而在低温下,一氧化碳的反应活性较低,容易生成二甲醚等副产物。

### 3.3 二氧化碳对甲醇生产的影响

二氧化碳(CO<sub>2</sub>)在煤制甲醇反应中是一种副产物,它对甲醇生产具有一定的影响。二氧化碳的生成主要与水蒸气气化和氧化碳化等反应有关,当反应条件不适宜时,二氧化碳的生成量会增加,导致甲醇的选择性下降,以下是二氧化碳对甲醇生产影响:

① 选择性下降:当二氧化碳的生成量过高时,会降低甲醇的选择性。在一些反应条件下,二氧化碳的选择性比甲醇更高,当二氧化碳浓度过高时,会大量生成二氧化碳,从而降低甲醇的选择性。

② 反应动力学:二氧化碳对甲醇反应的动力学过程也具有一定影响。例如,在高温下,CO<sub>2</sub> 与甲醇反应速率较快,CO<sub>2</sub> 也容易与催化剂表面的活性位竞争,从而降低反应速率和甲醇的选择性。

③ 反应温度和压力:二氧化碳对反应温度和压力的影响较小,但过高的压力和过低的温度会增加二氧化碳的生成量,从而影响甲醇的选择性和产量。

## 4 影响甲醇生产的其他因素

### 4.1 压力的影响

在煤制甲醇生产中,压力是一个非常重要的操作条件,可以影响甲醇合成反应的平衡转移和速率,从而对甲醇生产产量和质量产生重要的影响。

随着反应压力的增加,甲醇的产量和选择性会增加,但同时,反应温度也需要相应地提高,以保持反应速率。反应压力增加时,CO 和 H<sub>2</sub> 的压力也随之增加,CO 和 H<sub>2</sub> 的摩尔比也会随之变化,从而影响到甲醇的选择性和产量。

此外,压力还会影响到反应器的设计和选择。高压反应器的构造成本和维护成本往往比低压反应器要高,同时高压反应器容易出现安全隐患,因此需要更严格的安全措施。

### 4.2 温度的影响

温度是影响煤制甲醇反应的另一个重要操作参数。温度的选择对于反应速率和产物选择性都具有重要影响。

随着反应温度的升高,甲醇的产量和选择性会增加,但同时,CO 和 H<sub>2</sub> 的转化率也会增加,从而影响到甲醇的选择性和产量。在过高的温度下,产生大量副产物,而且甲醇的选择性会下降。反之,低温下反应速率会降低,甲醇的产量和选择性也会下降。

此外,温度还会影响到反应器的设计和选择。高温反应需要更耐高温的反应器材料,同时反应器的冷却和加热系统也需要更先进的技术。低温反应需要更严格的隔热措施。

因此,在煤制甲醇反应中,合理的温度选择可以使反应器达到最优的反应条件,从而提高甲醇的产量和选择性。需要在温度与压力之间寻找平衡点,确保反应器能够高效、稳定地运行。

### 4.3 催化剂的选择

催化剂是煤制甲醇反应中起关键作用的元素之一,其选择和使用可以直接影响到甲醇的合成率和选择性。

目前,广泛使用的催化剂包括金属催化剂和氧化物催化剂两种类型。其中,金属催化剂主要是以铜为基础,常和锌、铝等金属配合使用。氧化物催化剂则主要包括氧化铬、

氧化钼、氧化钴等。

不同类型的催化剂对于煤制甲醇反应有着不同的催化效果和适用条件。金属催化剂可以提高反应速率和甲醇的选择性,但其适用于的反应温度和压力较窄,容易受到氧化剂、硫化剂等有害物质的影响。氧化物催化剂则具有更广泛的适用性,其适用范围和反应条件较金属催化剂更广泛,同时氧化物催化剂的耐受性也更强。

此外,催化剂的选择还需要考虑到其活性和寿命。不同类型的催化剂对于甲醇合成反应的活性和寿命有着不同的表现,需要结合具体的反应条件和工艺要求进行选择。

## 5 结论

合成气是煤制甲醇反应的重要原料,其组分对甲醇的生产过程有着重要的影响。从论文中的讨论可以得出以下总结:

①温度和压力是煤制甲醇反应中非常重要的因素,会直接影响到反应的速率和产物的选择性。较高的温度和压力可以促进反应的进行,但同时也会增加产物之间的竞争反应,从而影响到甲醇的选择性。因此,在优化反应条件时需要充分考虑温度和压力之间的平衡。

②催化剂对甲醇生产过程也起到了至关重要的作用。不同的催化剂会具有不同的反应机理和催化性能,选择合适的催化剂可以提高甲醇的产率和选择性。常见的催化剂包括氧化锌、铜、铝等。

③合成气的组分对甲醇生产也有着重要的影响。其中,氢气和一氧化碳是促进甲醇合成的重要组分,而二氧化碳则会降低反应的效率。因此,在实际应用中需要对合成气的组分进行精细控制,以提高甲醇的产率和选择性。

### 参考文献

- [1] 刘进文.煤制甲醇合成气组分对甲醇生产的影响与控制[J].江西化工,2019(2):33-35.
- [2] 陈强.浅谈煤制甲醇生产工艺技术[J].石河子科技,2022(3):54-56.
- [3] 沈华.煤制甲醇合成气中甲烷的综合利用[J].云南化工,2019,46(1):137-139.