

# 煤化工甲醇合成工艺现状研究

王艳娜

河南开祥精细化工有限公司 河南 义马 472300

**摘要:** 煤化工甲醇合成工艺现状研究显示,煤制甲醇作为煤化工的关键技术之一,在我国具有重要地位。该工艺主要依赖煤炭资源,并受到天然气制甲醇的冲击,但凭借丰富的煤炭储量和政策支持,中国仍是全球最大的甲醇生产国。煤制甲醇工艺涉及气化、净化、合成等多个环节,技术不断进步,智能化和节约化设计成为改进方向。甲醇作为重要的化工原料和燃料,市场需求持续增长,推动甲醇生产工艺技术的不断改善和创新。

**关键词:** 煤化工; 甲醇合成; 工艺现状; 技术创新

引言: 甲醇作为煤化工领域的关键产品,其合成工艺技术的发展对于推动煤化工产业的转型升级具有重要意义。近年来,随着全球能源结构的调整和环保要求的提高,煤化工甲醇合成工艺面临着诸多挑战与机遇。本文旨在综述煤化工甲醇合成工艺的现状,分析关键技术创新与发展趋势,以期为推动甲醇合成工艺技术的持续进步和优化提供有益的参考和借鉴。

## 1 煤化工甲醇合成工艺概述

### 1.1 甲醇的性质与用途

甲醇,也被称为木精或甲醇酒精,是一种无色、清澈、易挥发的液体,其化学式为 $\text{CH}_3\text{OH}$ 。它具有较高的挥发性和可燃性,并能与水、乙醚、醇、酯、氯代烃、酮、苯等多种溶剂混溶,但对油脂、脂肪酸、树脂、橡胶等物质的溶解性较小。甲醇还能溶解或溶胀极性大的硝酸纤维素、醋酸纤维素、松香及多种染料,对某些无机物也有良好的溶解性。甲醇的用途非常广泛。它可以用作涂料、清漆、虫胶、油墨、胶黏剂、染料、生物碱、醋酸纤维素、硝酸纤维素等多种化学品的溶剂。甲醇还是制造农药、医药、塑料、合成纤维及有机化工产品如甲醛、甲胺、氯甲烷、硫酸二甲酯等的重要原料。在工业上,甲醇还被用作汽车防冻液、金属表面清洗剂和酒精变性剂,以及液相色谱的溶剂。

### 1.2 甲醇合成工艺的基本原理

甲醇合成工艺的基本原理是将煤或天然气转化为合成气,然后利用合成气中的一氧化碳( $\text{CO}$ )和氢气( $\text{H}_2$ )在催化剂的作用下发生反应,生成甲醇。煤制甲醇的主要流程包括原料气的制备、合成反应、副产蒸汽和粗甲醇的分离以及精馏提纯等步骤。首先,将煤或天然气通过气化或转化工艺,得到含有大量一氧化碳和氢气的合成气。这一过程中,煤或天然气需要经历脱硫、变换和酸性气体脱除等工序,以确保合成气的质量<sup>[1]</sup>。接

下来,将合成气压缩并进入合成塔。在合成塔内,合成气在催化剂的作用下发生反应,生成粗甲醇。甲醇合成反应的主要方程式包括: $\text{CO}+2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ 、 $\text{CO}_2+3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}+\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2+\text{H}_2 \rightarrow \text{CO}+\text{H}_2\text{O}$ 。这些反应都是强放热的体积缩小反应,提高压力、降低温度有利于化学平衡向生成甲醇的方向移动,同时也有利于抑制副反应的进行。由于反应条件和催化剂的选择性,生成的粗甲醇中往往含有许多杂质。甲醇合成工艺的基本原理是将煤或天然气转化为合成气,然后利用合成气中的一氧化碳( $\text{CO}$ )和氢气( $\text{H}_2$ )在催化剂的作用下发生反应,生成甲醇。随着甲醇市场需求的持续增长,特别是在化工原料和燃料领域的广泛应用,推动了甲醇合成工艺技术的不断创新和优化。

## 2 甲醇合成工艺的主要类型

### 2.1 鲁奇渣油联醇法

鲁奇渣油联醇法是一种将渣油和天然气转化为甲醇的生产方法。该方法将渣油和天然气混合后加热至高温,使其发生裂解反应,生成一系列的中间产物,最终经过一系列的催化反应生成甲醇。主要特点:高效利用能源:鲁奇渣油联醇法能够将渣油和天然气等多种能源进行高效利用,最大程度地降低能源浪费。热利用率高:该方法能够将反应产生的热能充分利用,提高热利用率,降低能源消耗。生产技术成熟:鲁奇渣油联醇法是一种较为成熟的甲醇生产技术,已经在我国多个甲醇生产企业得到应用。例如,齐鲁石化公司的甲醇生产正是采用了鲁奇渣油联醇法,该公司的甲醇生产能力达到了100万吨/年,是国内规模较大的甲醇生产企业之一。工艺流程:原料准备:将渣油和天然气按比例混合。加热裂解:将混合后的原料加热至高温,使其发生裂解反应,生成中间产物。催化反应:将中间产物经过催化反应生成甲醇。分离提纯:通过分离和提纯步骤,得到纯

度较高的甲醇产品。

## 2.2 ICI低压法

ICI低压法是由英国ICI公司在1966年研制成功的,是甲醇生产工艺上的一次重大变革。该方法采用低压合成甲醇,具有能耗低、生产成本低等优点。主要特点; 低压操作: 合成压力为5MPa,降低了设备要求,减少了能耗。低温催化剂: 采用低温高活性的铜基催化剂(ICI51-1型),操作温度范围为230~270℃。副反应少: 由于采用低压和低温催化剂,副反应较少,粗甲醇中的杂质含量低,减轻了精馏负荷。工艺流程; 原料气制备: 将天然气或煤制气等原料经过净化处理,得到合成气(主要成分是一氧化碳和氢气)。压缩混合: 将合成气经离心式压缩机升压至5MPa,与循环压缩后的循环气混合。预热合成: 大部分混合气经热交换器预热至230~245℃,进入合成塔。催化合成: 在合成塔内,气体在低温高活性的铜基催化剂上合成甲醇。换热分离: 合成塔出口气经热交换器换热,再经水冷分离,得到粗甲醇。循环利用: 未反应气返回循环机升压,完成一次循环。

## 2.3 中压法

中压法是在低压法基础上开发的,在5~10MPa压力下合成甲醇的方法。该方法成功地解决了高压法的压力过高对设备、操作所带来的问题,同时也解决了低压法生产甲醇所需生产设备体积过大、生产能力小、不能进行大型化生产的困惑。主要特点; 适中压力: 操作压力适中,既避免了高压法的设备复杂性和高能耗,又解决了低压法生产规模受限的问题<sup>[2]</sup>。生产效率高: 与低压法相比,中压法具有更高的生产效率,降低了生产成本。工艺流程(简述,与低压法类似但压力不同): 原料气制备和净化。压缩至中压范围(5~10MPa)。预热和催化合成。换热和分离提纯。

## 2.4 高压法

高压法是最早的甲醇合成技术之一,通常在30~32MPa压力下使用锌铬催化剂合成甲醇。尽管高压法已经被逐渐淘汰,但其历史地位和技术特点仍然值得了解。主要特点; 高压操作: 操作压力高,对设备要求严格,能耗大。高温反应: 反应温度通常在360~420℃范围内。锌铬催化剂: 使用锌铬催化剂进行催化反应。工艺流程; 原料气制备: 将天然气、煤或重油等原料转化为合成气。压缩至高压范围(30~32MPa)。预热和催化合成: 在锌铬催化剂的作用下,合成气在高温高压下反应生成甲醇。分离提纯: 通过冷却、分离和提纯步骤,得到甲醇产品。缺点; 能耗高: 由于操作压力高,能耗较大。设备复杂: 高压设备复杂且质量要求高,增加了生

产成本。生产效率低: 与低压法和中压法相比,生产效率较低。

## 3 煤化工甲醇合成工艺现状分析

### 3.1 市场需求驱动下的工艺发展

甲醇市场需求的持续增长,有力地推动了甲醇生产工艺技术的不断改进与创新,同时也促进煤化工产业的快速发展。当前,煤化工甲醇合成工艺主要以煤制甲醇为主,这在我国表现得尤为突出。我国能源结构的特点决定了煤炭资源丰富,而天然气和石油资源相对短缺,因此煤制甲醇成为我国甲醇生产的主要途径。随着市场对甲醇需求的不断扩大,煤制甲醇工艺面临着更高的要求。一方面,为了满足市场需求,企业需要不断提高生产效率,扩大生产规模。另一方面,不同领域对甲醇的质量要求也日益严格,这促使企业在生产过程中更加注重产品的纯度和质量控制。例如,在汽车燃料领域,对甲醇的纯度要求极高,以确保发动机的性能和减少排放。

### 3.2 技术升级与创新的关键作用

近年来,科技的不断进步和环保要求的日益提高,促使煤化工企业加大技术研发投入,全力推动煤制甲醇工艺的持续优化和创新。例如,在气化技术方面,新型气化炉的研发和应用提高了煤炭的转化效率,减少了能源消耗和污染物排放。在变换技术方面,新型变换催化剂的应用提高了一氧化碳向氢气的转化效率,使合成气的氢碳比更接近甲醇合成的最佳比例。在净化技术方面,新型脱硫、脱氮和除尘技术的应用有效降低了污染物排放,提高了产品质量。

### 3.3 面临的挑战与应对策略

煤化工甲醇合成工艺也面临着一系列挑战。首先,原料煤的价格波动对甲醇生产成本产生重要影响。煤炭价格的不稳定使得企业难以准确预测生产成本,从而影响生产决策。为应对这一挑战,企业可以通过与煤炭供应商建立长期稳定的合作关系、采用先进的煤炭采购策略等方式,降低煤炭价格波动带来的风险。其次,随着甲醇产能的不断增加,市场竞争日益激烈<sup>[3]</sup>。在激烈的市场竞争中,企业需要不断提高产品质量、降低生产成本、拓展销售渠道,以提高市场竞争力。例如,企业可以通过优化生产工艺、提高生产效率、降低能源消耗等方式降低生产成本; 通过加强产品质量控制、开发高附加值产品等方式提高产品质量; 通过拓展国内外市场、建立多元化的销售渠道等方式拓展销售渠道。另外,环保要求的不断提高也给煤化工企业带来了更大的压力。为满足环保要求,企业需要加大环保投入,采用先进的环保技术和设备,减少污染物排放。例如,企业可以采

用新型脱硫、脱氮和除尘技术，减少废气排放；采用废水处理技术，实现废水的循环利用；采用固体废弃物处理技术，减少固体废弃物的排放。

#### 4 煤化工甲醇合成工艺的环保与可持续发展

##### 4.1 气化技术的革新

气化技术作为煤化工甲醇合成工艺的首要环节，其核心任务是将固态的煤炭转化为气态的合成气（主要由一氧化碳和氢气组成）。这一转化过程不仅关系到后续工艺的效率与成本，还直接影响到最终产品的质量和产量。近年来，气化技术经历了从传统固定床气化到流化床气化，再到气流床气化等多次革新。流化床气化炉的广泛应用是气化技术的一大突破。相比固定床气化，流化床气化具有更高的气化效率和更好的产品质量。在流化床气化炉中，煤炭颗粒被高速气流吹起并悬浮在炉内，与气化剂（通常是氧气、二氧化碳或水蒸气）充分接触并发生反应。这种接触方式极大地提高了气化速率和气化效率，同时减少了焦炭的生成，提高了合成气的质量。除了流化床气化炉外，新型气化炉的研发和应用也是气化技术革新的重要方向。例如，加压气化炉可以在更高的压力下进行气化反应，从而提高合成气的压力和密度，减少后续压缩和输送过程中的能耗。

##### 4.2 变换技术的提升与催化剂的优化

变换技术的主要任务是将气化过程中生成的一氧化碳转化为氢气，使合成气的氢碳比达到甲醇合成的最佳比例。随着变换技术的不断创新和优化，变换效率和选择性得到了显著提高。新型变换催化剂的研发和应用是变换技术提升的关键。这些催化剂具有更高的活性、更好的稳定性和更强的抗中毒能力，能够在更低的温度和压力下进行反应，提高变换速率和转化率。

##### 4.3 净化技术的优化与环保要求

在气化过程和变换过程中，会产生大量的硫化物、氮化物和粉尘等污染物。为了满足环保要求，净化技术的优化显得尤为重要。新型脱硫、脱氮和除尘技术的研发和应用是净化技术优化的重要方向。这些技术可以高效地将污染物转化为无害物质，降低污染物排放。同时，通过改进现有净化技术的操作流程和设备设计，可以进一步提高净化效率和产品质量<sup>[4]</sup>。

##### 4.4 甲醇合成与精制技术的创新

##### 4.4.1 新型合成反应器的优势与创新点

新型合成反应器的研发和应用是甲醇合成技术创新的关键。传统的合成反应器往往存在传热不均、催化剂易失活等问题，导致甲醇产量和质量不高。而新型合成反应器则采用了更先进的结构和材料设计，具有更好的传热性能和更高的催化效率。这些特性使得新型合成反应器能够在更高的温度和压力下进行反应，提高甲醇的产量和质量。例如，某煤化工企业采用新型合成反应器后，甲醇的产量提高了30%以上，产品纯度也得到了显著提升。

##### 4.4.2 精制技术的创新与发展趋势

在甲醇精制过程中，创新的技术也在不断涌现。例如，采用先进的精馏技术可以提高甲醇的纯度，降低杂质含量。同时，开发新型的吸附剂和膜分离技术，可以进一步提高甲醇的精制效率和质量。未来，甲醇合成与精制技术的创新将围绕提高产量、提高质量、降低能耗和减少环境污染等方面展开。例如，研发具有更高催化活性和选择性的催化剂，提高甲醇的合成效率；开发新型的分离技术，提高甲醇的精制效果；探索智能化合成与精制技术，实现生产过程的自动化控制和优化运行。

#### 结束语

随着甲醇市场的不断拓展和深化应用领域的不断扩大，煤化工甲醇合成工艺的研究和发展显得尤为重要。通过技术创新和工艺改进，可以有效提高甲醇的产量和质量，降低生产成本，增强市场竞争力。未来，煤化工企业应继续坚持科学发展理念，不断优化合成工艺，推动甲醇合成技术的不断进步和创新，以满足市场需求并实现可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 燕志男. 试析焦炉煤气制甲醇的工艺现状及其改进策略[J]. 化工管理, 2019, 000(020): 178-179.
- [2] 李芮、李万林、武海梅、高勇强. 煤基甲醇合成工艺技术选择及生产效率影响因素浅析[J]. 中氮肥, 2020, No. 216(06): 53-58.
- [3] 王晶. 化工工艺设计中的危险因素控制策略[J]. 化工管理, 2021(02): 137-138.
- [4] 宋镇. 石油化工工艺技术性安全的探究[J]. 化工管理, 2021(02): 173-174.