

## 煤制乙二醇主要工艺单元技术新进展

王伟 张方英 赵浩淼

新疆至创新材料有限公司, 新疆 石河子 832000

[摘要]煤制乙二醇工艺的的优点包括多元资源转化、高效能源回收和低碳减排潜力。而催化剂创新、溶剂优化与循环利用以及低温脱气技术的进展推动了该工艺的可持续发展。这些新颖工艺技术为煤制乙二醇的生产提供了更高效、环保和经济可行的途径, 促进了能源转型和资源利用的进程。

[关键词]煤制乙二醇; 单元技术; 创新

DOI: 10.33142/aem.v5i7.9265

中图分类号: TQ536.1

文献标识码: A

### New Progress in the Main Process Unit Technology of Coal to Ethylene Glycol Production

WANG Wei, ZHANG Fangying, ZHAO Haomiao

Xinjiang Zhichuang New Materials Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

**Abstract:** The advantages of the coal to ethylene glycol process include diversified resource conversion, efficient energy recovery, and low-carbon emission reduction potential. The innovation of catalysts, optimization and recycling of solvents, and progress in low-temperature degassing technology have promoted the sustainable development of this process. These novel process technologies provide more efficient, environmentally friendly, and economically feasible ways for the production of coal to ethylene glycol, promoting the process of energy transformation and resource utilization.

**Keywords:** coal to ethylene glycol; unit technology; innovation

煤制乙二醇作为一种重要的化工产品, 具有丰富的煤炭资源为原料的优势。在煤制乙二醇工艺中, 多元资源转化、高效能源回收和低碳减排潜力是关键特点。同时, 催化剂创新、溶剂优化与循环利用以及低温脱气技术的新进展为该工艺提供了更可持续、高效的解决方案。

#### 1 煤制乙二醇的工艺特点

##### 1.1 多元资源转化

煤制乙二醇能够充分利用丰富的煤炭资源, 实现多元资源的转化, 从而提高能源利用效率和资源的综合利用。煤炭作为一种丰富的能源资源, 在全球范围内广泛存在。通过煤气化技术, 可以将煤炭转化为合成气, 其中包含一氧化碳和氢气等重要组分。这些组分可以作为合成乙二醇的原料。同时煤制乙二醇工艺还可以利用其他资源, 如生物质和废弃物等, 与煤炭混合进行转化。这种多元资源转化的方式扩大了原料的来源范围, 降低了对传统石油或天然气等有限资源的依赖, 从而减少了对非再生资源的压力。其次, 煤制乙二醇工艺具备对煤炭的综合利用能力。在煤气化过程中, 产生的固体副产物如灰渣可以用于其他工业应用, 如水泥生产和建筑材料制备等。这种综合利用不仅降低了环境污染, 还提高了资源的综合利用效率<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 高效能源回收

通过煤气化和气相合成等步骤, 煤制乙二醇工艺能够有效回收能源, 提高能源利用效率和资源综合利用水平。煤制乙二醇工艺中的煤气化过程将煤炭转化为合成气, 这

一步骤本身就是能源回收的过程。在煤气化炉中, 通过控制温度、压力和气氛等条件, 煤炭在高温环境下进行热解和气化反应, 释放出大量的热能。这些高温燃烧废气和废热可以被高效地回收利用, 如进行蒸汽产生、热能回收和发电等, 以提供工艺所需的能源。其次, 气相合成过程中, 合成气中的一氧化碳和氢气被催化转化为甲醇。这一反应过程也伴随着能量的释放, 其中的热能可以通过热交换装置进行回收。回收的热能可以用于提供反应所需的热能, 或者用于其他工艺需求, 如蒸汽产生和发电等, 从而进一步提高能源利用效率。此外, 煤制乙二醇工艺中产生的副产物气体, 如甲烷、乙烯等, 也可以进行能源回收利用。这些副产物气体可以通过适当的分离和净化装置进行处理, 将其作为能源资源进行利用, 如燃烧发电或其他工业应用。

##### 1.3 低碳减排潜力

煤制乙二醇工艺具有更低的碳排放水平, 能够在减少温室气体排放和应对气候变化方面发挥积极作用。煤制乙二醇工艺采用煤气化技术, 将煤炭转化为合成气。与传统石油提炼工艺相比, 煤气化过程产生的二氧化碳排放量较低。煤炭中的碳在气化过程中主要转化为一氧化碳和氢气, 而不是直接释放为二氧化碳。因此, 煤制乙二醇工艺相对较低的碳排放量有助于减缓温室气体的累积和气候变化的影响。其次, 煤制乙二醇工艺还可以通过碳捕集和封存 (CCS) 技术来进一步降低碳排放。CCS 技术可以将煤制

乙二醇工艺中产生的二氧化碳进行捕集和封存,防止其进入大气中。这有助于实现碳排放的减少,提高工艺的环境友好性。另外,煤制乙二醇工艺还可以通过替代传统乙二醇生产方式,减少对石油等有限资源的需求。传统乙二醇生产方式通常依赖于石油或天然气等化石能源,其开采、提炼和运输过程都会产生大量的碳排放。而煤制乙二醇工艺的采用能够减少对有限资源的依赖,降低碳排放,从而实现可持续发展和低碳经济转型<sup>[1]</sup>。

## 2 煤制乙二醇工艺流程

### 2.1 煤气化

煤气化过程在高温高压环境下,将煤与一定量的氧气或空气反应,生成合成气,主要包括一氧化碳、氢气和一些杂质气体。煤经过破碎和干燥处理,将其颗粒度和水分控制在适当范围内,以提高煤的反应性和煤气化效率。然后,将煤送入煤气化炉中,在高温环境下进行热解和气化反应。通常使用两种主要的煤气化方式,包括固定床煤气化和流化床煤气化。

在固定床煤气化中,煤以固体形式填充在炉内,通过控制煤气化炉内的温度、压力和气氛,实现煤的热解和气化反应。气化过程中,煤中的可燃成分(主要是碳)与氧气发生反应生成一氧化碳和氢气,同时也会生成一些固体副产物(灰渣)。固定床煤气化具有工艺稳定、操作简单等优点,但存在炉温分布不均匀、灰渣处理等技术难题。流化床煤气化采用细颗粒物料床,通过气流的作用使床层呈现流态化状态。这种方式下,气体和固体颗粒充分接触,煤的气化反应更充分,可以提高气化效率和产气质量。流化床煤气化适应性较强,适用于不同种类和粒度的煤炭,但操作和控制相对复杂。

### 2.2 气相合成

气相合成是煤制乙二醇工艺流程的第二步,合成气中的一氧化碳(CO)和氢气(H<sub>2</sub>)通过催化反应转化为甲醇(CH<sub>3</sub>OH)。气相合成反应通常在催化剂的存在下进行。常用的催化剂是金属氧化物,如铜(Cu)和锌(Zn)基催化剂。催化剂具有特定的表面结构和活性位点,能够促进反应发生。在气相合成中,一氧化碳和氢气在催化剂的作用下进行羟基化反应,生成甲醇。该反应主要包括两个步骤:吸附和反应。首先,一氧化碳和氢气分别被催化剂表面吸附,形成活性中间体。其次,活性中间体之间发生反应,形成甲醇分子。同时在反应过程中,一氧化碳和氢气的比例对甲醇产率和选择性有重要影响。通常,为了提高甲醇产率,需要控制一氧化碳和氢气的摩尔比在适当范围内。同时,反应温度和压力也是影响甲醇产率和选择性的关键因素。

气相合成反应是一个热力学控制的反应,即在一定的温度和压力条件下,反应达到平衡时产生的甲醇量最大。因此,为了提高甲醇产率,可以采用多级反应器系统,将

反应产物分离并再次进行反应,以逐步提高甲醇的浓度和产率。此外,气相合成过程中也会生成一些副产物和杂质,如甲烷、乙烯、二甲醚等。为了提高甲醇的纯度,需要通过进一步的分离和净化步骤,去除副产物和杂质,以得到高纯度的甲醇产品。

### 2.3 液相脱气

液相脱气是煤制乙二醇工艺流程的第三步,在气相合成反应中生成的甲醇溶液中,通常含有大量的溶解气体,如氢气、一氧化碳和二氧化碳等。液相脱气的目的是降低甲醇产品中的气体含量,以获得高纯度的乙二醇。液相脱气主要通过脱气塔或蒸馏塔等装置来实现。具体的液相脱气工艺可以采用多种方法,其中最常见的是利用蒸汽脱气和惰性气体吹扫。

在蒸汽脱气中,将甲醇溶液加热至适当温度,并将蒸汽通入脱气塔中。蒸汽通过与溶解气体的相互作用,促使气体从液相转移到气相,实现气体的脱除。通过控制脱气塔的温度、压力和蒸汽流量等参数,可以有效去除溶解的气体,提高乙二醇的纯度。惰性气体吹扫是另一种常用的液相脱气方法。在这种方法中,通常使用氮气或其他惰性气体进行吹扫。惰性气体在脱气过程中与溶解气体发生相互作用,将其从溶液中带出,并通过适当的分离装置将气体分离。这种方法的优点在于能够有效地去除气体,并且可实现连续操作。此外,还可以采用吸附剂和分子筛等方法来去除甲醇溶液中的气体。吸附剂可以选择具有高吸附能力的材料,如活性炭或分子筛,通过将甲醇溶液通过吸附床来去除气体。

## 3 煤制乙二醇主要工艺单元技术新进展

### 3.1 煤气化技术

煤气化技术在煤制乙二醇工艺中具有关键作用,近年来取得了一些新的进展。高温高压煤气化技术是其中一项重要的创新。通过提高气化温度和压力,可以促进煤的热解和气化反应,提高合成气产率和质量。这种技术能够更高效地转化煤炭中的碳和氢为合成气,为后续的甲醇合成提供更好的原料基础。其次,煤炭干气化技术也取得了新的进展。传统的煤气化过程需要使用水蒸气作为气化剂,但这会带来一些问题,如产生大量的废水和需耗费额外能量进行水蒸气的制备。而煤炭干气化技术则是在无水条件下进行气化反应,不需要外部供水,降低了对水资源的需求和环境压力。同时煤炭干气化还能够减少废水的处理成本 and 环境影响,提高了工艺的可持续性。最后,新型催化剂的开发推动了煤气化技术的进展。传统的煤气化催化剂主要是基于金属氧化物,如铜和锌。但近年来,基于过渡金属、非贵金属和多相催化剂的研究取得了重要突破。这些新型催化剂在气化反应中具有更高的催化活性和稳定性,提高了甲醇合成的效率和选择性。同时,新型催化剂的开发也有助于降低催化剂成本、减少对稀缺贵金属的需

求,提高工艺的经济性和环境友好性<sup>[1]</sup>。

### 3.2 催化剂创新

基于过渡金属的新型催化剂是煤制乙二醇工艺中的重要创新。过渡金属催化剂,如铜基和锌基催化剂,具有高的催化活性和选择性。近年来,通过催化剂表面结构和组分的优化,进一步提高了其催化性能。例如,通过调控铜催化剂的晶体结构和氧化态,可以提高其对一氧化碳和氢气的吸附和转化能力,从而提高甲醇的产率和选择性。其次,非贵金属催化剂的应用是另一个新颖的进展。传统煤制乙二醇工艺中常使用贵金属催化剂,如铑和银。然而,贵金属的成本高昂且稀缺,限制了工艺的经济性和可持续性。近年来,非贵金属催化剂的开发引起了广泛关注。例如,钼基、钒基和铁基等非贵金属催化剂在甲醇合成中表现出良好的活性和稳定性。这些催化剂不仅降低了催化剂成本,还减少了对贵金属资源的需求,促进了煤制乙二醇工艺的可持续发展。另外,多相催化剂的应用也是催化剂创新的新方向。多相催化剂在煤制乙二醇工艺中具有广阔的应用前景。相比于传统的均相催化剂,多相催化剂具有更好的催化活性和稳定性,且易于分离和回收。例如,通过将催化剂固定在载体上,如氧化铝或硅胶,可以提高催化剂的稳定性和循环使用性。多相催化剂还可以抑制副反应的发生,提高甲醇的选择性。因此,多相催化剂的应用在煤制乙二醇工艺中具有重要意义<sup>[1]</sup>。

### 3.3 溶剂优化与循环利用

离子液体作为一种新型溶剂在煤制乙二醇工艺中的应用引起了广泛关注。离子液体具有低挥发性、高化学稳定性和良好的溶解能力,对反应的催化和传质具有显著影响。通过选择适合的离子液体体系,可以调控反应的速率和选择性,提高乙二醇的产率和纯度。同时离子液体还可以在反应后进行分离和回收,实现溶剂的循环利用,减少溶剂消耗和环境污染。其次,超临界流体也被应用于煤制乙二醇工艺中的溶剂优化。超临界流体具有介于气体和液体之间的特殊状态,具有高扩散性、低黏度和调控性好的特点。在乙二醇的生产过程中,超临界流体可以用作溶剂媒介,实现高效的传质和催化反应。通过调节超临界流体的温度和压力,可以调控反应速率和产物分布,优化工艺条件,提高乙二醇产率和质量。并且超临界流体还可以方便地进行分离和回收,实现溶剂的循环利用。此外,水热溶剂也是煤制乙二醇工艺中的一个新兴方向。水热溶剂是指在高温高压水环境下的溶剂体系。在水热条件下,水的溶解能力和反应活性增强,有利于催化反应的进行。水热溶剂

具有环境友好、成本低廉的特点。通过调节水热条件,可以优化催化反应的速率和产物选择性,实现高效的乙二醇合成。

### 3.4 低温脱气技术

膜分离技术是低温脱气的一种创新方法。通过选择合适的膜材料和膜分离工艺,可以实现对甲醇溶液中的气体进行高效地分离。膜分离技术具有选择性好、操作简便、能耗低的优势。通过调节膜的渗透性和选择性,可以实现对溶解气体(如氢气、一氧化碳和二氧化碳)的有效去除,提高乙二醇产品的纯度。还可以进行连续操作,有助于提高工艺的稳定性 and 生产效率。其次,吸附和析出技术是另一种创新的低温脱气方法。吸附剂可以选择具有高吸附能力的材料,如活性炭或分子筛。通过将甲醇溶液通过吸附床或柱塞,可以实现对溶解气体的吸附和去除。吸附剂具有高效的气体分离能力,可以在较低温度下实现气体的脱除。同时通过适当的再生步骤,吸附剂就可以循环使用,实现对溶解气体的连续去除,提高工艺的稳定性 and 经济性。最后,新型低温脱气技术还包括分子筛和膜的组合应用。分子筛是一种多孔结构材料,具有分子选择性和高吸附能力。通过将分子筛和膜结合起来,可以实现更高效的脱气过程。分子筛可以作为前处理步骤,去除大部分的溶解气体,而膜分离技术可以进一步去除剩余的气体,提高乙二醇的纯度。这种组合应用可以充分利用两种技术的优势,提高工艺的脱气效率和产品质量。

## 4 结语

煤制乙二醇工艺的多元资源转化、高效能源回收、低碳减排潜力以及催化剂创新、溶剂优化与循环利用、低温脱气技术的新进展,共同推动了该工艺的可持续发展。这些创新技术为煤制乙二醇的生产提供了更高效、环保和经济可行的路径,促进了能源转型和资源利用的进程。

### 【参考文献】

- [1] 罗漫, 阎建民, 李学刚, 等. 煤制乙二醇主要工艺单元技术新进展[J]. 煤化工, 2023, 51(2): 1-6.
- [2] 张鹏. 煤制乙二醇常见节能设计综述[J]. 化肥设计, 2023, 61(2): 1-7.
- [3] 南金华. 煤制乙二醇精制工艺技术分析[J]. 化学工程与装备, 2023(3): 19-21.
- [4] 代忠景. 浅析煤制乙二醇铜系催化剂异常工况对产品质量的影响[J]. 中国盐业, 2022(13): 50-53.

作者简介: 王伟(1985.12—), 毕业于湘潭大学, 化学工程与工艺专业, 现就职于新疆至创新材料有限公司, 技术主任, 工程师。