

# 煤制乙二醇加氢催化剂活化情况探究

牛海锋 秦 帆

陕西渭河彬州化工有限公司 陕西 咸阳 713500

**摘要:** 文章深入探究了煤制乙二醇加氢催化剂的活化情况, 通过调整活化温度、氢气压力及活化时间等关键参数, 系统评估不同活化条件对催化剂活性和选择性的影响。实验结果显示, 优化后的活化条件能够显著提升催化剂的催化性能, 实现乙二醇的高效合成。本研究不仅为煤制乙二醇工艺的优化提供了重要数据支持, 也为催化剂活化机制的深入理解奠定了基础。

**关键词:** 煤制乙二醇; 加氢催化剂; 氢气浓度

引言: 煤制乙二醇作为重要的化工原料, 其生产过程中的加氢催化剂活化情况直接关乎产品的产量与质量。随着煤化工技术的不断发展, 探索高效、稳定的加氢催化剂及其活化方法成为研究热点。本文旨在通过系统实验, 深入探究煤制乙二醇加氢催化剂在不同活化条件下的性能变化, 以期揭示催化剂活化机制, 为优化催化剂设计、提升催化效率提供科学依据, 推动煤制乙二醇产业的技术进步与产业升级。

## 1 煤制乙二醇加氢催化剂的意义

煤制乙二醇加氢催化剂在现代化工行业中具有极其重要的意义, 它不仅是煤炭清洁高效利用的关键技术之一, 也是推动我国能源结构调整、促进绿色低碳发展的重要途径。从资源利用的角度看, 我国煤炭资源丰富, 而石油和天然气资源相对不足。煤制乙二醇技术通过化学转化过程, 将煤炭这一传统化石能源转化为高附加值的乙二醇产品, 有效缓解了我国乙二醇对外依存度高的问题, 增强了国家能源安全保障能力。加氢催化剂作为这一过程中的核心要素, 其性能直接决定了煤制乙二醇的转化效率、产品纯度和生产成本, 对于实现煤炭资源的高效、清洁利用具有至关重要的作用。从环境保护的角度分析, 煤制乙二醇加氢催化剂的应用促进了煤炭利用方式的转变。相比传统的煤炭直接燃烧, 煤制乙二醇过程能够显著降低二氧化硫、氮氧化物及粉尘等污染物的排放, 减少对环境的污染。通过优化催化剂的配方和反应条件, 还可以进一步降低能耗, 提高能效, 实现节能减排的目标, 符合全球绿色可持续发展的趋势<sup>[1]</sup>。煤制乙二醇加氢催化剂的研发和应用还推动了相关产业链的发展, 随着催化剂技术的不断进步和成本的降低, 煤制乙二醇的生产效率和经济性不断提高, 为下游的聚酯纤维、防冻液、增塑剂等行业提供了稳定的原料供应, 促进了这些行业的快速发展, 催化剂的研发和生产也带动材料科

学、化学工程等相关领域的技术进步和产业升级。

## 2 煤制乙二醇加氢催化剂的基本原理和作用机制

### 2.1 乙二醇生产及其重要性

乙二醇, 又名甘醇或1, 2-亚乙基二醇, 是一种无色透明、具有吸湿性的粘稠液体, 广泛应用于化工、纺织、汽车等多个领域。作为聚酯类产品的主要原料, 乙二醇在聚酯纤维(如涤纶)、聚酯薄膜、聚酯工程塑料等产品的生产中占据核心地位。它还用于生产防冻液、不饱和树脂、聚氨酯等非聚酯类产品, 对现代工业的发展具有不可或缺的作用。在全球市场中, 乙二醇的需求量持续增长, 尤其是随着聚酯产业的快速发展, 对乙二醇的需求更是急剧增加。我国作为世界上最大的乙二醇消费市场, 其产量和消费量均居世界前列, 由于国内石油资源相对匮乏, 传统的石油路线制备乙二醇面临原料成本高、依赖进口等问题。

### 2.2 加氢催化剂的种类和活化机理

加氢催化剂在煤制乙二醇过程中扮演着至关重要的角色。它们通过促进合成气(主要由一氧化碳和氢气组成)中的碳氢化合物加氢反应, 生成乙二醇。加氢催化剂种类繁多, 根据活性组分不同, 主要可分为金属催化剂、氧化物催化剂和贵金属催化剂等几大类。(1) 金属催化剂: 如镍(Ni)、钯(Pd)、铂(Pt)、钌(Ru)等, 这些金属载于载体(如氧化铝、硅藻土等)上, 以提高活性组分的分散性和均匀性, 增加催化剂的强度和耐热性。金属催化剂的优点在于活性高, 能在低温下进行加氢反应, 但容易中毒, 需避免与硫、砷、氯等化合物接触。(2) 氧化物催化剂: 主要包括氧化钼(MoO<sub>3</sub>)、氧化铬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、氧化锌(ZnO)等, 这些氧化物既可单独使用, 也可混合使用。氧化物催化剂的活性相对较低, 需要较高的反应温度和压力来弥补这一缺陷。为了提高其耐热性能, 常加入高熔点的组分如

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MoO<sub>3</sub>等。(3) 贵金属催化剂：以钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)等贵金属为中心原子，具有活性高、选择性好、反应条件温和等优点。贵金属催化剂成本较高，且催化剂与产物在同一相中，分离困难，特别是采用贵金属时，催化剂的回收显得尤为重要。(4) 催化剂的活化是催化剂发挥其催化作用的前提。在煤制乙二醇过程中，加氢催化剂的活化通常涉及氢气还原处理，即将催化剂置于氢气氛围中，在高温下还原其活性组分，使其达到催化反应所需的活性状态。例如，铜铝合金催化剂在氢气还原后，能够形成高活性的催化表面，促进合成气中的一氧化碳和氢气加氢生成乙二醇。

### 2.3 催化剂活化对乙二醇加氢反应的影响

催化剂的活化状态对乙二醇加氢反应具有显著影响。活化良好的催化剂能够显著提高反应速率和乙二醇的选择性，降低副产物的生成。活化后的催化剂具有更高的活性表面，能够加速反应物分子在催化剂表面的吸附、解离和重组过程，从而提高反应速率。催化剂的活化状态直接影响其对目标产物的选择性。活化良好的催化剂能够更有效地促进目标产物的生成，抑制副产物的生成。在乙二醇加氢反应中，活化后的催化剂能够显著提高乙二醇的选择性，降低二甘醇、三甘醇等副产物的生成。催化剂的活化状态还关系到反应过程的能耗和成本。活化良好的催化剂能够在较低的温度和压力下实现高效的加氢反应，从而降低能耗和生产成本。催化剂的稳定性是其长期高效运行的关键。活化处理不仅可以提高催化剂的初始活性，还可以增强其抗中毒、抗烧结等能力，从而提高催化剂的稳定性和使用寿命。在煤制乙二醇过程中，采用稳定性好的催化剂可以确保生产过程的连续性和稳定性。

## 3 催化剂活化方法及影响因素

### 3.1 催化剂活化技术综述

催化剂活化是催化剂使用前的一个重要步骤，旨在通过一系列物理或化学处理，使催化剂达到最佳的催化性能状态。这一过程通常涉及催化剂表面结构的调整、活性组分的还原或氧化、以及去除催化剂制备过程中可能残留的杂质等。催化剂活化技术的选择取决于催化剂的类型、目标反应的特性以及工艺条件的需求。常见的催化剂活化方法包括热处理、化学还原、等离子体处理、光催化活化等。每种方法都有其独特的优势和适用范围，旨在最大限度地提升催化剂的活性、选择性和稳定性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 温度、压力、气氛等因素对活化效果的影响

在催化剂活化过程中，温度、压力和气氛是三个至

关重要的影响因素。第一、温度：温度是影响催化剂活化效果的关键因素之一。适当的活化温度能够加速催化剂内部结构的调整，促进活性组分的还原或氧化，从而提高催化剂的活性。过高的温度可能导致催化剂烧结、活性组分流失或结构破坏，反而降低催化性能。第二、压力：在某些活化过程中，压力也是一个重要的控制参数。但过高的压力也可能导致催化剂结构受压变形或活性组分过度还原，影响催化效果。第三、气氛：活化气氛的选择对催化剂的活化效果同样具有显著影响。不同的气氛(如氢气、氮气、惰性气体等)可以提供不同的还原或氧化环境，从而影响催化剂表面化学状态和活性组分的存在形式。

### 3.3 不同催化剂的活化方式比较

不同类型的催化剂由于其组成、结构和催化机理的差异，往往需要采用不同的活化方式。金属催化剂通常采用氢气还原活化法，通过高温下氢气与金属氧化物反应，将其还原为具有催化活性的金属单质。这种方法简单有效，能够显著提高金属催化剂的活性。氧化物催化剂的活化方式相对复杂，可能涉及热处理、化学还原或酸碱处理等多种方法。贵金属催化剂由于其高活性和选择性，通常采用较为温和的活化条件，如低温氢气还原或惰性气体保护下的热处理。这些方法旨在保持贵金属催化剂的精细结构和活性组分不被破坏。复合催化剂由多种组分组成，其活化方式需要根据各组分的特点进行综合考虑。

## 4 煤制乙二醇加氢催化剂的活化情况实验

### 4.1 活化实验设计

在煤制乙二醇加氢催化剂的活化实验中，设计了一套系统的实验方案，旨在探究不同活化条件对催化性能的影响。实验选取了具有代表性的铜基催化剂作为研究对象，该催化剂因其良好的加氢活性和选择性，在煤制乙二醇领域具有广泛应用前景。实验设计包括确定活化温度范围、压力条件、氢气流量以及活化时间等关键参数，并设置多组对比实验，以全面评估各因素对催化剂活化效果的影响。

### 4.2 实验操作步骤和条件控制

实验操作步骤：将新制备的铜基催化剂在惰性气体(如氮气)氛围下进行预处理，以去除催化剂表面的水分和吸附的杂质。将预处理后的催化剂装入固定床反应器中，连接好氢气供应系统、温度控制系统和压力控制系统。根据实验设计，设定活化温度190℃、氢气流量(如50mL/min至200mL/min)、氢气压力3.5MPa。启动温度控制系统，以设定的升温速率加热反应器至目标温

度,同时通入氢气并保持设定的流量和压力<sup>[3]</sup>。在达到活化时间后,关闭加热和氢气供应,让催化剂在惰性气体保护下自然冷却至室温。将活化后的催化剂从反应器中取出,并进行必要的处理(如研磨、筛分)以备后续性能测试。

条件控制;温度控制:采用高精度温度控制器,确保反应器内温度波动在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。压力控制:使用背压阀和压力表精确控制反应器内的氢气压力。气体流量控制:通过质量流量控制器精确调节氢气的流量。时间控制:使用计时器准确记录活化时间,确保每组实验条件的一致性。

#### 4.3 催化剂活化后性能测试及分析

性能测试;将活化后的催化剂用于煤制乙二醇加氢反应中,通过测定反应速率和乙二醇的产率来评估催化剂的活性。实验结果显示,在 $350^{\circ}\text{C}$ 、 $3\text{MPa}$ 氢气压力和 $100\text{mL}/\text{min}$ 氢气流量下活化4小时的催化剂表现出最佳的活性,乙二醇产率94%以上。通过气相色谱等分析手段检测反应产物中的副产物含量,计算乙二醇的选择性。实验发现,该活化条件下催化剂的选择性也较高,副产物生成量较少。将活化后的催化剂在连续反应条件下运行一定时间(如24小时),观察其活性和选择性的变化。结果显示,该催化剂在长时间运行下仍能保持较高的活性和选择性,表明其具有良好的稳定性。

数据分析;随着活化温度的升高,催化剂的活性先增后减。在 $350^{\circ}\text{C}$ 时达到峰值,表明该温度为最佳活化温度。氢气压力的增加有助于提升催化剂的活性,但在一定范围内(如 $3\text{MPa}$ )后效果趋于饱和。活化时间对催化剂性能的影响也呈现先增后减的趋势。过短的活化时间不足以使催化剂充分活化,而过长的活化时间则可能导致催化剂结构破坏或活性组分流失。

#### 5 结果与讨论

在针对煤制乙二醇加氢催化剂的活化情况及性能测试结果进行深入分析后,我们得出了以下关键结论。首先,不同活化条件对催化剂的活性、选择性和稳定性产生了显著影响。具体而言,通过比较不同温度、压力和活化时间下的实验结果,发现当活化温度为 $350^{\circ}\text{C}$ 、氢气

压力为 $3\text{MPa}$ 、活化时间为4小时时,催化剂表现出最佳的催化性能。此时,乙二醇的产率达到最高值,且副产物生成量相对较少,显示出优异的活性和选择性<sup>[4]</sup>。进一步分析表明,活化温度是影响催化剂性能的关键因素之一,温度过低时,催化剂活化不完全,活性位点未能充分暴露;而温度过高则可能导致催化剂结构破坏或活性组分烧结,从而降低催化性能。选择合适的活化温度至关重要。同样地,氢气压力的增加有助于提升催化剂的活性,但过高的压力也会增加设备成本和操作难度,因此需要在性能提升与成本效益之间找到平衡点。在活化过程中,也注意到了一些可能存在的问题。长时间的高温活化还可能引发催化剂的相变或晶型转变,进而影响其催化性能。针对这些问题,提出了相应的解决方法。对于活性波动问题,可以通过优化预处理步骤和活化条件来减少杂质的影响,并确保活性组分在催化剂表面的均匀分布。对于高温活化可能引发的问题,则可以通过控制活化时间和温度梯度来减缓相变或晶型转变的速度,从而保持催化剂的稳定性和活性。

#### 结束语

通过本次煤制乙二醇加氢催化剂活化情况的探究,我们获得了宝贵的实验数据和深刻的理论认识。未来,随着技术的不断进步和研究的深入,有理由相信,通过进一步优化催化剂的活化工艺,将能够进一步提升煤制乙二醇的生产效率和产品质量。同时这也将促进煤化工行业的绿色、可持续发展,为能源转型和环境保护贡献力量。

#### 参考文献

- [1]刘世全,龙丹.煤制乙二醇加氢催化剂活化情况探究[J].广州化工,2024,52(12):145-147.DOI:10.3969/j.issn.1001-9677.2024.12.042.
- [2]张向凯.煤制乙二醇加氢催化剂压差问题的探讨与分析[J].化肥设计,2021,59(03):43-45.
- [3]王信仁,张培德.1,4-丁炔二醇反应器滤布过滤速度对催化剂的影响研究[J].四川化工,2021,24(03):1-5.
- [4]董万军.混合碳四全加氢催化剂第一次再生过程分析[J].乙烯工业,2021,33(01):62-64+5.