

醇基燃料生产工艺优化研究

徐鹏, 张金峰

(陵县旭日化工有限责任公司, 山东 德州 253000)

摘要 使用醇基燃料替代传统化石燃料、优化生产工艺和环境影响评估对于促进能源结构转型至关重要。本文首先对醇基燃料的主要生产原料, 如煤基、生物质和其他相关原料进行了深入分析, 并进一步探索了这些原料在燃油车中的多种应用技术, 包括甲醇燃料发动机技术、燃料供应系统的改进以及尾气处理系统的优化等; 其次, 提出了传统煤制甲醇技术、化工副产品制甲醇技术以及甲醇生产技术, 注重能效提升、碳排放控制、原料多元化以及生产过程清洁化等醇基燃料生产技术优化策略, 以期降低碳排放、促进醇基燃料生产工艺可持续发展提供有益参考。

关键词 醇基燃料; 生产工艺优化; 环境影响评估

中图分类号: TQ517

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.16.036

0 引言

醇基燃料, 尤其是甲醇, 作为一种低碳和环保的能源来源, 因其原料来源广泛、高效的燃烧效率和较少的排放污染等优点, 逐步受到了广泛的关注。但醇基燃料生产工艺还存在原料来源简单、能效不高、碳排放量高等问题。所以, 优化醇基燃料生产工艺研究以提高其生产效率具有现实意义及广泛的应用前景。

1 醇基燃料生产工艺现状分析

1.1 醇基燃料的主要生产原料

1.1.1 煤基原料

醇基燃料是清洁、有效的能源替代燃料, 生产原料多样且可持续是醇基燃料能够被广泛使用的主要依据。其中, 煤基原料是我国传统能源转化形式之一, 在醇基燃料生产过程中起着举足轻重的作用。煤基原料经过气化、合成等一系列复杂化学反应后可转化成醇类燃料, 这一转变过程在提高煤炭利用效率的同时也降低了煤炭直接燃烧对环境造成的污染^[1]。

1.1.2 生物质原料

随着人们环保意识的增强以及可持续发展理念深入人心, 生物质原料用于醇基燃料的生产越来越受到人们的关注。它们不仅可再生性强, 其转化过程所产生的二氧化碳和其他温室气体也可通过光合作用为植物所吸收, 使碳循环达到均衡^[2]。生物质原料种类繁多, 既为醇基燃料提供了大量原料可供选择, 也为能源可持续发展、降低温室气体排放等提供了一条重要路径。生物质原料以农作物秸秆、林木废弃物、城市有机垃圾、

农业加工剩余物和水生植物为主。这些材料可再生性强、资源丰富、成本低、环境友好^[3]。

1.1.3 其他原料

在生产醇基燃料的过程中, 除了使用煤基和生物质作为原料之外, 探索和应用其他类型的原料也具有不可忽视的重要性。这类其他材料主要涉及天然气、石油及其他化石能源中的一些成分, 也包括一些特殊的工业废弃物及副产物。这些材料的引进不仅扩大了醇基燃料原材料来源, 而且为最大限度地利用资源、友好保护环境提供新思路。作为传统的化石燃料、天然气和石油的某些成分, 如甲烷和乙烯, 在某些特定的催化环境中, 能够经过化学过程转变为醇类燃料^[4]。尽管该工艺比生物质原料转化要复杂得多, 但是在技术切实可行的情况下可以高效地利用已有化石能源基础设施并顺利地进行能源结构过渡。

1.2 醇基燃料在燃油车中的应用技术

1.2.1 甲醇燃料发动机技术

甲醇以其燃烧完全、排放低的特点成为高效清洁替代燃料之一, 在燃油车改造及新能源车辆研制等领域得到了广泛的应用。甲醇燃料发动机技术涉及发动机燃烧系统改进、甲醇燃料供应控制等。从发动机燃烧系统来看, 甲醇燃料发动机需针对传统汽油或者柴油发动机点火系统、喷油系统和燃烧室结构做适应性改造。甲醇燃烧特性明显不同于汽油及柴油, 必须准确控制点火时刻、喷油压力及喷油量, 才能保证甲醇燃料的稳定高效燃烧^[5]。与此同时, 还需对燃烧室形状及材质等方面加以优化, 才能提高燃烧效率并降低

排放。甲醇燃料供给控制中, 甲醇燃料发动机需安装专用甲醇燃料供给系统。系统由甲醇燃料储罐、甲醇泵、甲醇滤清器和甲醇喷射器组成。甲醇燃料经供给系统准确计量后喷入发动机燃烧室中, 在空气中混合形成可燃混合气。供给系统是否稳定可靠, 对甲醇燃料发动机性能及排放都有显著影响。

1.2.2 燃料供给系统改造

传统燃油车的燃料供应系统主要是为汽油或柴油设计的, 但醇基燃料, 如甲醇和乙醇, 在物理和化学属性上与传统燃料有着明显的不同, 因此, 燃料供给系统须作相应改造才能满足醇基燃料供给需要^[6]。燃料供给系统改造内容如下: 一是完善燃料储存与输送系统。醇基燃料一般黏度小、挥发性强, 需采用专用储罐、输送管道等设备来避免燃料泄漏挥发。同时醇基燃料对于金属、橡胶等物质有一定腐蚀性, 所以, 在选材、设计结构时需充分考虑耐腐蚀性。二是对燃料喷射系统进行了优化。醇基燃料燃烧特性不同于汽油或者柴油, 所以, 必须对喷射器喷射压力、喷射角度以及喷射时机进行调节, 才能保证醇基燃料能完全雾化并且与空气均匀混合, 进而提高燃烧效率, 减少排放。

1.2.3 尾气处理系统优化

尽管醇基燃料具有环保和可再生等优点, 但是它在燃烧过程中排放的尾气需要尾气处理系统做相应优化才能达到越来越苛刻的环保法规。尾气处理系统优化重点是减少有害排放物产生与排放。对于醇基燃料来说, 燃烧后的尾气可能含有甲醛、乙醛及其他醛类化合物和尚未充分燃烧的醇类及烃类, 这两种醇类都会给人类健康及环境带来潜在危害。所以, 在尾气处理系统中需要加入对这些有害物质进行净化的设备, 如醛类捕捉器和氧化催化器, 才能有效地降低它们的排放浓度。另外, 尾气处理系统在优化过程中也需要考虑净化效率与稳定性的提升。受醇基燃料燃烧特性的影响, 尾气中有害物质的浓度及类型可能会随着工况的改变而发生波动, 需要尾气处理系统能适应此变化并稳定净化效果。

2 醇基燃料生产工艺优化策略

2.1 甲醇生产工艺发展

2.1.1 传统煤制甲醇工艺

传统煤制甲醇工艺作为醇基燃料制备领域中的基础和核心长期以来一直在工业生产这一广阔的舞台上发挥着举足轻重的作用。该工艺流程既肩负着实现煤炭资源向清洁能源甲醇高效转化的任务, 同时也是促

进醇基燃料行业不断向前发展的主要基石。具体来讲, 煤制甲醇的传统工艺由气化、合成和精馏三个关键环节组成。气化阶段煤炭原料进入气化炉, 经过高温高压极端工况气化反应产生 CO (一氧化碳)、H₂ (氢气) 为主的气化气。该工艺将煤炭初步转化成气态能源, 并为之后的合成反应打下坚实的基础。通过采用一系列物理、化学手段对其杂质、污染物以及有害物质进行有效脱除, 保证气化气纯度以及品质达到后续合成反应高标准要求。这一环节对保证整个工艺过程稳定、产品质量可靠具有重要意义。合成阶段将净化后气化气和特定催化剂进行化学反应得到甲醇粗品。该工艺要求对反应条件进行精确控制, 如温度、压力以及催化剂类型与用量, 从而保证合成反应顺利进行并最大限度地提高甲醇产率。

2.1.2 化工副产品制甲醇

在化学工业的生产流程中, 经常会生成大量的副产品气体, 这些气体通常包含氢气 (H₂)、一氧化碳 (CO) 或二氧化碳 (CO₂) 等成分, 这些成分是制造甲醇的关键原料。传统的做法是将这些副产品气体以废气的形式排出, 既浪费资源又污染环境。但这些副产品气体经先进化工技术与工艺创新后可得到高效捕集、提纯与利用并转化成高价值化学品甲醇。化工副产品生产甲醇工艺一般由气体收集、提纯、合成、分离组成。设计一个高效收集系统来保证副产品气体被充分捕集以避免资源浪费。然后, 经过脱硫、脱碳、脱氯等系列净化处理将气体中杂质及污染物脱除, 确保后续合成反应顺利进行。合成阶段将净化气体与催化剂反应得到甲醇。

2.1.3 二氧化碳捕集制甲醇

在全球气候变化、资源日趋紧张的严峻形势下, 甲醇生产工艺特别是基于 CO₂ 捕集制甲醇技术已经成为化工领域的研究和实践重点。该创新技术的目的是通过对大气或者工业排放的 CO₂ 进行捕集和利用, 结合可再生能源生成的氢 (H₂) 催化合成反应, 转化成具有清洁和高效双重特点的能源甲醇后又被用作重要化工原料。该项技术以 CO₂ 资源化利用为核心, 既能有效减少温室气体排放, 减缓全球变暖态势, 又能对促进能源结构优化调整和化工生产转型产生深远影响。甲醇生产工艺的本质是 CO₂ 捕集和转化高效技术体系建设。在 CO₂ 捕集部分, 通过化学吸收, 物理吸附或者膜分离先进技术实现工业废气或者大气 CO₂ 高效准确捕集。这些技术手段各有特点, 可针对不同的应用场景及需求进行灵活取舍, 从而保证捕集效率和经济性之间的最佳

平衡。并且在氢气的生产中,充分利用电解水这一可再生能源技术来保证生产全过程低碳、环保和可持续性。电解水制氢技术具有清洁无污染等优点,是生产甲醇不可缺少的环节,它为 CO_2 加氢还原反应过程提供了一个稳定可靠的氢来源。进入合成阶段后, CO_2 和 H_2 经特定催化剂催化进行加氢还原反应得到甲醇。催化剂的筛选和设计对提高反应速率,优化产物选择性和降低能耗起着至关重要的作用。通过对催化剂性能的持续优化,可以进一步提高甲醇生产效率和产品质量,给化工行业发展带来了新的生机。

2.2 生产工艺优化方向

2.2.1 能效提升与碳排放控制

醇基燃料生产工艺优化中能效提升的目的是通过技术革新与管理优化,来降低生产过程能源消耗、提高能源利用效率以降低生产成本、提升市场竞争力。同时加强对生产过程余热的回收再利用是提升能效的一个重要途径。通过对生产过程中产生的废热进行回收和再利用,不仅可以降低能源的浪费,还可以为其他生产环节提供热源,从而实现能源的分级利用。碳排放控制策略是为了满足全球气候变迁和环境保护的紧迫需求,其主要目标是降低醇基燃料制造过程中的温室气体,特别是二氧化碳(CO_2)的排放量。这就需要在制定与执行生产工艺时充分考虑到碳循环利用与减排策略。一方面,可通过优化原料选择与配比来减少含碳原料用量以降低碳排放。另一方面,探索并实施碳捕获、利用与封存(CCUS)技术,将生产过程中产生的 CO_2 进行捕集、提纯,并用于其他工业生产或地质封存,实现 CO_2 的资源化利用和永久减排。

2.2.2 原料多元化与可持续性

传统的醇基燃料制造大多依赖于化石燃料,如煤炭、天然气和石油等,这不仅导致了资源的快速消耗,还引发了严重的环境污染和温室气体的排放。为迎接这一挑战和醇基燃料生产可持续发展,多元化原料变得更加重要。这涉及对非化石材料的研究和应用,如生物质资源、农业废料、城市废物和各种工业副产品等,这些材料的来源非常丰富,且可再生性强,可有效降低对化石燃料依赖和碳排放。原料多元化不只是指资源被大量使用,还需要生产工艺灵活适应。对于不同类型原料,需研发相应预处理技术、转化技术及催化剂等,才能保证原料向醇基燃料高效稳定转化。如生物质资源转化工艺需解决木质素解构、半纤维素发酵和纤维素酶解关键技术难题。

2.2.3 生产过程清洁化

在醇基燃料生产工艺优化革新过程中,将生产过程清洁化作为制造及环境保护的关键环节。生产过程清洁化的目的是通过先进生产技术与严格环境管理措施的应用,使生产过程所排放的污染物与废弃物尽可能减少或者消除,从而保证生产活动所造成的不利环境效应达到最小。要达到这一目的不仅要依靠生产设备及流程的完善,还必须精细化管理整个生产流程,从选料、加工到产品输出等各个环节都要按照循环经济3R原则与质量管控“三不”原则来完成。原料选择阶段要优先选择环保、可再生、低毒原料,减少生产过程中有害物质的导入。在加工转化时,又需要使用高效、节能、污染少的生产技术与装备,如密闭式反应系统、连续化生产流程及智能化控制系统来降低能源消耗与污染物排放。与此同时,强化生产过程环境监测与排放控制,保证废气、废水、固废及其他污染物达标排放也是实现生产过程清洁化发展的重要保证。

3 结束语

本研究在分析醇基燃料生产工艺现状的基础上,有针对性地给出工艺优化策略。在原材料选择上,要积极促进原材料多元化发展,充分利用生物质和其他可再生资源以降低对化石燃料的依赖性。从生产工艺上看,要重视能效提升与碳排放控制、利用先进生产技术、减少能源消耗与环境污染等。同时强化生产过程清洁化管理以保证醇基燃料生产更环保、更有效率。未来,在科技不断进步及政策不断扶持下,醇基燃料生产与应用的前景会更广阔。

参考文献:

- [1] 凌青青,钟卉菲,徐铮.醇基燃料的发展与应用[J].浙江化工,2023,54(07):5-10.
- [2] 邢晓东,林俊岭,朱倩,等.生物质能醇基燃料合成技术研究[J].辽宁化工,2023,52(06):829-832.
- [3] 张利军,赵严,张伟.醇基燃料使用安全现状分析及对策研究[J].现代职业安全,2023(02):68-70.
- [4] 王永刚,孙伟喜,李小刚,等.高效节能型醇基生物燃料气化炉灶:CN202222311252.9[P].2025-03-12.
- [5] 连方方.醇基燃料事故统计及行业安全对策探讨[J].现代职业安全,2023(08):36-39.
- [6] 于静,王惠峰.关于醇基液体燃料安全监管现状的思考[J].化工安全与环境,2023,36(08):69-71.