

天然气制乙二醇行业发展前景

李 恒（陕西延长石油（集团）油田气化工科技公司，陕西 延安 716000）

摘要：天然气制乙二醇是一种利用天然气中的甲烷作为原料，通过催化合成气和水合物化反应，生产出乙二醇的工艺。该工艺具有原料来源广泛、产品质量高、环境污染小、经济效益好等优点，是一种具有发展潜力的新型绿色化工技术。本文综述了天然气制乙二醇工艺原理、反应器设计、催化剂选择、工艺优化等方面的研究进展，并分析了该行业的市场需求、竞争优势、发展障碍和未来趋势，为该领域的进一步研究和推广提供参考。

关键词：天然气制乙二醇；行业发展前景；技术路线

0 前言

乙二醇是一种重要有机化工原料，广泛应用于聚酯纤维、树脂、冷冻液、润滑油、油田化学品等领域。目前，世界上主要的乙二醇生产工艺有乙烯氧化法和煤制乙二醇法。乙烯氧化法是以乙烯为原料，通过氧化反应生成乙二醇，该工艺占据了全球乙二醇市场的90%以上份额，但是乙烯的来源主要依赖于石油裂解，受到石油资源的限制和价格波动的影响。煤制乙二醇法是以煤为原料，通过气化、合成气制乙二醇等步骤，生产出乙二醇，该工艺在中国得到了较快的发展，但是存在着能耗高、污染大、安全风险高等问题。因此，寻找新型乙二醇合成工艺，在满足市场需求的前提下，实现资源利用和环境保护目标，是新时代化工科研领域的重要课题。

1 乙二醇的应用价值与市场需求分析

1.1 应用价值

乙二醇是一种有机化合物，具有良好的溶解性和低毒性，广泛应用于能源领域，如冷却剂、燃料、燃料添加剂等。在能源领域，乙二醇作为冷却剂，通常用于汽车、飞机、火电厂等设备的冷却系统，提高设备的运行效率和安全性。乙二醇具有较高沸点和较低冰点，可在高温或低温环境下保持流动性，同时具有良好抗腐蚀性和抗水垢性，能够延长设备的使用寿命。乙二醇还可作为燃料用于发电或供暖，由于此类化合物具有较高燃烧热值和较低的碳排放系数，可提高燃料的效率和环境友好性。乙二醇还可以与其他燃料混合使用，如柴油、天然气、生物质等，形成复合燃料，增加燃料的多样性和灵活性。乙二醇可用作燃料添加剂改善汽油或柴油的性能，可溶解汽油或柴油中的水分和杂质，减少沉积物的产生，提高发动机的清洁度和寿命。

1.2 市场供需关系

根据国家统计局数据，2022年中国乙二醇产量为2500万吨，消费量为2000万吨，进口量为130万吨，出口量为400万吨。可以看出，中国乙二醇市场呈现供不应求的状态，主要依赖进口来满足需求。我国乙二醇市场呈现供不应求的状态，主要依赖进口来满足需求。中国乙二醇市场的供需关系受到以下几个因素的影响：

1.2.1 国内乙二醇生产能力不足

中国乙二醇主要通过乙烯法生产，而中国乙烯产能相对落后，导致乙二醇产能不足。此外，国内乙二醇生产设备老化、技术水平低下、产品质量差等问题也制约了乙二醇生产的发展。

1.2.2 国内乙二醇需求增长迅速

中国乙二醇主要用于聚酯纤维、聚对苯二甲酸乙二酯（PET）等化纤行业，随着国内经济发展和人民生活水平提高，化纤行业需求增长迅速。此外，随着国内能源领域的转型升级和环境保护意识的增强，对乙二醇作为冷却剂、燃料、燃料添加剂等方面的需求也在不断增加。

1.2.3 国际市场价格波动大

国际市场上乙二醇价格受到原油价格、供需关系、汇率变动等因素的影响，波动幅度较大。中国乙二醇市场主要依赖进口来弥补供需缺口，因此国际市场价格波动对中国乙二醇市场的影响较大。

1.3 产能分析

我国乙二醇行业经历了从依赖进口到自给自足的发展历程，目前已成为全球最大的乙二醇生产和消费国。中国石化和化工网统计，截至2023年底，我国乙二醇总产能达到了3000万吨/年，其中煤制乙二醇产能占比超过50%，其余为石油制乙二醇和生物制乙

二醇。可以看出,我国乙二醇行业以石油制乙二醇为主导,但煤制乙二醇和生物制乙二醇也有较大的发展空间。从生产基地分布来看,我国乙二醇行业主要集中在华东、华北、西北和西南等地区。其中,华东地区是我国最大的乙二醇消费和生产区域,拥有多个大型的石油制乙二醇和生物制乙二醇项目,如浙江恒逸、江苏盛虹、山东惠丰等。

2 天然气制乙二醇生产制造工艺原理和应用进展

2.1 天然气制乙二醇的基本制备流程

天然气制乙二醇是一种利用天然气中的甲烷作为原料,通过一系列的化学反应,最终得到乙二醇的工艺。机化工原料,广泛应用于纺织、塑料、润滑剂、冷却剂等领域。天然气制乙二醇的合成生产步骤如下:

第一阶段为天然气重整,将天然气与水蒸气或空气混合,在高温高压下,通过催化剂,使甲烷转化为一氧化碳和氢气的混合物,即合成气;

第二阶段为合成气转化,将合成气在适当的温度和压力下,通过催化剂,使一氧化碳和氢气发生水煤气变换反应,生成二氧化碳和更多的氢气;

第三阶段为二氧化碳分离,将合成气中的二氧化碳通过吸收剂或膜分离技术,从合成气中分离出来,得到富含氢气的合成气;

最后是合成乙二醇,即将富含氢气的合成气在特定的催化剂和反应条件下,使其与乙烯发生水合反应,生成乙二醇。

2.2 天然气制乙二醇制备工艺的经济性分析

天然气制乙二醇是一种重要的化工原料,其常见的制备方法有合成气法和乙烯氧化水合法等。合成气法是利用天然气与水蒸气或空气反应生成合成气,再经过催化转化和分离纯化得到乙二醇的方法。该方法的优点是原料来源广泛,反应条件温和,产品纯度高,副产物少。但是该方法的缺点是反应器和催化剂的设计复杂,反应过程中需要多次变压和变温,能耗较高,设备投资较大,运行成本较高。乙烯氧化水合法是利用乙烯与氧气反应生成乙烯氧化物,再与水反应生成乙二醇的方法。

该方法的优点是反应速度快,产品收率高,工艺流程简单,设备投资较低,运行成本较低。但是该方法的缺点是原料乙烯价格波动大,供应不稳定,反应条件苛刻,安全风险高,合成产品整体纯度低,副产物多。合成气法和乙烯氧化水合法各有利弊,其成本和经济性受到多种因素的影响,如原料价格、市场需

求、技术水平、环境政策等。

一般而言,在原料供应充足且价格低廉的情况下,乙烯氧化水合法成本较低,投资收益更大;而在原料供应紧张且价格高昂时,合成气法具备更高竞争力。

3 天然气制乙二醇行业的市场分析

3.1 发展障碍与技术难点

中国天然气制乙二醇(MEG)行业是一种利用丰富的非常规天然气资源,通过甲醇中间体,转化为乙二醇等高附加值化工产品的新兴产业。该行业具有重要战略意义,既可以提高天然气综合利用效率,又可以缓解我国乙二醇的供需矛盾,促进石油化工产业结构调整。然而在行业发展层面,存在诸多障碍和技术问题需要解决。首先要解决的是原料成本过高导致能源价格昂贵的问题,由于我国非常规天然气资源的开发成本较高,导致MEG生产过程中的原料成本占比较大,约为总成本的60%到70%。此外,由于天然气价格受到市场供求、政策调控等因素的影响,存在较大的波动性,给MEG企业带来经营风险。

技术方面的问题体现为催化剂性能不稳定,产品再分离难度较大。由于MEG反应是一种高温、高压、多相复杂反应,因此对催化剂的活性、选择性、稳定性和抗毒性等方面提出了较高的要求。目前国内常用MEG催化剂主要是基于沸石分子筛的固体酸催化剂,但这类催化剂存在活性下降快、寿命短、再生困难等问题,限制了MEG反应的规模化和连续化。MEG反应生成的乙二醇等产品是以气态形式存在于反应器出口处的混合气流中,需要经过复杂的分离和纯化过程才能得到满足市场要求的产品。由于MEG反应同时还会生成大量的副产物,如甲醇、水、低碳烯烃等,这些物质与乙二醇之间存在相似的沸点和相互作用力,增加了分离难度和能耗。

3.2 我国发展天然气制乙二醇产业的竞争优势

在科技研发领域,近年来,我国乙二醇企业加大了科研投入和技术改造,不断提高乙二醇的生产效率和产品质量,降低能耗和排放,增强竞争力和抗风险能力。同时,我国乙二醇企业也积极探索新的生产工艺和原料来源,如生物制乙二醇、甲醇制乙二醇、煤气制乙二醇等,拓展了乙二醇的发展空间和应用领域。

从资源角度看,中国拥有丰富的天然气资源,尤其是页岩气、煤层气和油田伴生气等非常规天然气资源,这为发展天然气制乙二醇提供了充足的原料保障。根据中国石油天然气集团公司(CNPC)的数据,截

至 2019 年底,中国已探明的天然气储量为 9.2 万亿立方米,其中非常规天然气储量占比超过 40%。预计到 2025 年,中国的天然气产量将达到 3.8 万亿立方米,其中非常规天然气产量占比将超过 50%。

相比之下,传统的 MEG 生产原料——乙烯和乙二醇,在中国的供应相对紧张,价格波动较大,且受到国际市场的影响。因此,利用天然气作为原料生产 MEG,可以降低成本,提高效率,减少对外依存度。

从环境角度看,中国发展天然气制乙二醇行业也具有明显的优势。与传统的乙烯法和乙二醇法相比,天然气制乙二醇的工艺更加清洁、节能、低碳。根据中国科学院化学研究所 (ICCAS) 的研究报告,天然气制乙二醇的能耗仅为传统工艺的 40%,二氧化碳排放量仅为传统工艺的 20%,水消耗量仅为传统工艺的 10%。此外,天然气制乙二醇的产品质量也更高,纯度可达 99.9%,不含杂质和有害物质。

因此,发展天然气制乙二醇行业符合中国实施绿色发展战略和建设生态文明的目标。最后从市场角度看,中国发展天然气制乙二醇行业可在国际能源市场中形成较强的竞争力。由于 MEG 是一种基础化工品,其需求量与经济增长密切相关。

随着中国经济社会的快速发展和人民生活水平的提高,MEG 在纺织、塑料和冷冻等领域的应用将进一步扩大。据中华人民共和国工业和信息化部 (MIIT) 预测,到 2025 年,中国的 MEG 需求量将达到 8000 万吨/年,而国内的 MEG 产能仅为 3000 万吨/年,缺口巨大。若有效利用国内丰富的天然气资源开发高效、清洁、低碳的 MEG 生产技术,并建设相应的生产装置和配套设施,就可在满足国内市场需求的前提下,将多余能源出口国际市场,提高中国在全球 MEG 行业的影响力。

3.3 未来趋势

中国是全球最大的 MEG 消费国和进口国,主要用于生产聚酯纤维、聚乙烯醇和聚乙烯等化纤原料。随着经济发展和人民生活水平的提高,对化纤产品的需求将持续增长,推动 MEG 市场扩大。同时,由于传统的石油制 MEG 工艺存在能耗高、污染大、成本高等问题,以及国际油价的波动和不稳定性,中国对外依存度较高的 MEG 供应面临着较大的风险。

因此,中国有必要发展天然气制 MEG 工艺,利用国内丰富的天然气资源,提高 MEG 自给率,降低对外依赖度,增强市场竞争力。在技术领域,中国天

然气制 MEG 工艺主要采用两种途径:一是通过甲醇中间体转化为 MEG,二是通过二氧化碳和氢气直接合成 MEG。目前,这两种工艺都还处于试验和示范阶段,尚未实现大规模商业化生产。但是,随着科技创新和技术改进,这两种工艺都有望在未来实现成本降低、效率提高、质量稳定、环境友好等目标,从而推动中国天然气制 MEG 行业的发展。

在政策领域,中国政府高度重视天然气制 MEG 行业的发展,出台了一系列的政策措施,包括加大天然气资源开发和利用力度、鼓励绿色化工产业创新和转型、给予天然气制 MEG 项目税收优惠和财政补贴、加强知识产权保护和标准制定等。这些政策措施为中国天然气制 MEG 行业的发展提供了有力支撑。

4 结论

天然气制乙二醇生产工艺主要利用了天然气这一清洁、低碳、廉价的能源,通过催化合成气和水合物化反应,高效地转化为乙二醇。该工艺具有原料来源广泛、产品质量高、环境污染小、经济效益好等优点,具备一定发展潜力。目前该工艺还处于实验室研究阶段,需要进一步解决反应器设计、催化剂选择、工艺优化等关键技术问题,提高产品收率和纯度,降低成本和能耗。同时,需要加强市场分析和政策支持,提高该行业竞争力和可持续性。天然气制乙二醇技术有望在未来成为乙二醇生产领域的补充替代方案。

参考文献:

- [1] 郭勤,苗瑾超,张宏举,孙斌,邵鹏飞.天然气制乙二醇工艺技术比较及经济性分析[J].江西化工,2019,35(1):16-21.
- [2] 梁顺锋,李成益.国内乙二醇行业竞争力及发展前景分析[J].石油化工技术与经济,2023,39(5):10-13+17.
- [3] 卜庆佳,张媛媛,李俊杰,杨潇潇,许德平,田亚峻.天然气/煤制乙二醇路线碳排放与经济分析[J].现代化工,2022,42(8):209-214+219.
- [4] 陈冬燕.中国煤制乙二醇行业发展现状及未来趋势[J].上海化工,2018,43(11):43-45.
- [5] 张振全.煤制乙二醇产业发展研究分析[J].化工管理,2019(15).
- [6] 李飞飞.煤制乙二醇生产技术现状及发展[J].山西化工,2019(5).
- [7] 黄格省,李振宇,李顶杰,梁川.石油和煤生产乙二醇技术现状及产业前景分析[Z].成都:中国化工学会,2012.