

甲醇制汽油发展现状及前景分析

王 毅^{1 2}

(1. 中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院, 北京 100083;

2. 山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司, 山西 晋城 048006)

摘要: 论述了甲醇制汽油(MTG)技术的工艺特点,并对固定床工艺和流化床工艺的优缺点及国内外MTG技术的发展现状进行了详细分析。从能源需求、工艺发展、技术优势、甲醇过剩等方面分析,得出甲醇转化为汽油技术相对成熟、简单、容易实现,且能缓解中国甲醇过剩和石油紧缺的矛盾,具有较好的经济性和实用性。最后提出了中国发展MTG技术的必要性,MTG技术符合中国国情,具有广阔的应用前景,并提出项目能否正常运营取决于原料甲醇和产品汽油的价格。

关键词: 甲醇制汽油; 前景分析; 反应器; 气化装置

中图分类号: TQ223.121; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2011)06-0039-04

1 概 述

甲醇制汽油(MTG)工艺是指以甲醇为原料,在一定温度、压力和空速下,用特定的催化剂进行脱水、低聚、异构等步骤转化为碳数为11以下烃类油的过程。1976年,Mobil公司在其甲醇转化成芳烃的技术基础上,研发了MTG技术,总流程是以煤或天然气为原料生产合成气,再用合成气制甲醇,最后将粗甲醇转化为高辛烷值汽油,所用催化剂为Mobil公司研发的ZSM-5催化剂,其工艺特点主要有^[1]:

(1) MTG属于强放热反应,总反应热约为1400 kJ/kg;

(2) MTG所用催化剂易失活,主要原因是结焦失活,其次是反应生成的水蒸气导致的水热失活;

(3) MTG所得产物基本上没有碳数为11以上的烃类,这主要是因为采用ZSM-5沸石分子筛为催化剂的结果;

(4) MTG工艺所用甲醇纯度要求不高,粗甲醇无需经过其它含氧化合物的去除工艺就可直接使用;

(5) MTG工艺所得产品的副产物价值高,主要副产物是液化石油气和高热值燃料气。

2 国内外 MTG 技术现状及发展

20世纪70年代,新西兰政府建立了第一个以天然气为原料的MTG工厂,后来由于全球能源市场的原因,MTG技术没有得到进一步的研究发展。由于中国富煤少油,石油供求矛盾十分突出,且甲醇价格一度低迷,故MTG相关技术的开发又重新受到了关注。

目前国外已拥有MTG技术的成熟经验,国内也有接近工业化的科研成果,其示范装置已建成投产。随着MTG技术的进一步推广,不仅可以解决国内甲醇过剩问题,还能降低中国对国外石油进口的依赖程度。

收稿日期: 2011-11-14 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 国家863计划先进能源技术领域专题课题(2009AA052307)

作者简介: 王毅(1964—),男,山西晋城人,工程师,硕士,毕业于北弗吉尼亚大学企业经营管理专业,从事煤化工技术和管理工作。

MTG 技术主要有固定床工艺和流化床工艺 2 种形式。

2.1 固定床工艺

1979 年,新西兰政府与埃克森美孚公司合资建设了一套固定床工艺,工艺流程如图 1 所示^[1]。于 1986 年顺利投产达标,工艺年产汽油 57 万 t。原料为天然气,甲醇合成采用 ICI 低压甲醇合成技术,分 2 个合成系列,各自能力均为 2200 t/d。MTG 单元采用 1 台 DME 反应器和 5 台 ZSM-5 反应器 4 台进行在线反应,1 台进行催化剂再生,通过轮流切换的方式,使生产过程连续进行。此装置所生产的汽油在经过重油加工技术处理后,均四甲苯含量达到合格水平,汽油研究法辛烷值为 92.2,马达法辛烷值为 82.6,主要操作参数见表 1。后因油价较低,装置运行连年亏损,最终停止运转并拆除。

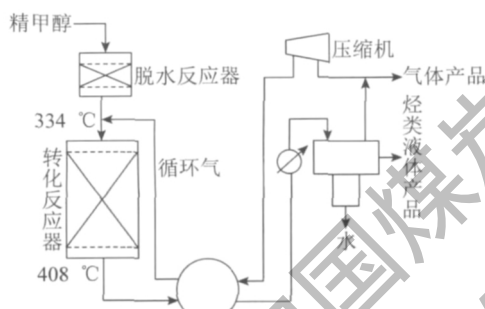


图 1 MTG 固定床工艺流程

表 1 新西兰工业装置主要操作参数

项目	DME 反应器	ZSM-5 反应器
入口压力/MPa	2.7	1.9~2.3
出口压力/MPa	1.9~2.3	1.6
入口温度/℃	316	334
出口温度/℃	404	408

2.2 流化床工艺

埃克森美孚公司与联邦德国政府在德国的 Wesseling 建立了一套采用流化床工艺的 MTG 工业示范性装置^[2],工艺流程如图 2 所示^[3]。主要装置有流化床反应器、流化床再生器、分离器、冷凝器及脱丁烷塔。该工艺采用催化裂化(FCC)流化床反应器-再生器循环系统,催化剂在反应器和再生器间不断的循环流动,实现催化剂的在线再生,使其活性在反应期间保持稳定。流化床工艺分别完成了甲醇产量 0.636 m³/d 和 15.9 m³/d 的试验。

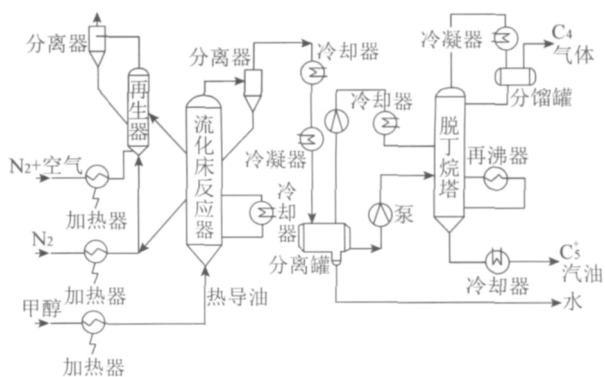


图 2 MTG 流化床工艺流程

流化床与固定床 MTG 工艺相比显示出如下几方面优势:①流化床反应器具有良好的传热特性,可将反应热用以生产高压蒸汽;②催化剂连续再生,保持了稳定的活性,使得产品汽油品质恒定;③反应过程中,升温、降温过程温度均一、稳定;④将烷基化产品计算在内的汽油收率比固定床工艺高 7.5%;⑤产物中的烃类异构体增多,均四甲苯较低(质量分数不大于 5%);⑥投资小,设备简单。

2.3 国内 MTG 技术进展

2006 年,中科院山西煤化所开发了一步法 MTG 技术,已在其能源化工中试基地完成中试。ZSM-5 分子筛催化剂由山西煤化所独立开发,工艺过程由山西煤化所和化学工业第二设计院合作开发,催化剂和工艺均具有自主知识产权。目前,其已与云南煤化集团解化公司合作建立 3500 t/a 的示范厂装置,于 2007 年中旬投产以来,已批量生产出合格汽油产品。中试规模为日处理甲醇 500 kg,汽油选择性为 37%~38%,LPG 选择性为 3%~4%。催化剂单程寿命 22 d,每吨(汽油+LPG)消耗甲醇 2.48 t。产品汽油具有低烯烃含量(5%~15%)、低苯含量、无硫等特点,汽油辛烷值为 93~99(RON)。一步法技术与常规固定床工艺的不同在于省略了甲醇转化制二甲醚的步骤,而是甲醇蒸气在 ZSM-5 分子筛催化剂的作用下直接转化为汽油和少量 LPG 产品,其显著优点是:工艺流程短、汽油选择性高、催化剂稳定性和单程寿命等指标均较好。

全国煤化工设计中心和山西天和煤气化科技有限公司联合开发的 MTG 技术万吨级试验装置于 2007 年 4 月建成投产,经过近 2 a 的生产运行,已经取得了一整套的重要数据,已具备工业化条件。与国内外现有技术相比,解决了 MTG 技术温度控制的

问题,实现了降耗节能。

目前,国内 MTG 工业装置稳定运行的只有晋煤集团的天溪煤制油分公司,其 MTG 装置是利用埃克森美孚的专利技术,设计能力为 10 万 t/a,产品符合欧Ⅲ标准的 93 号汽油,同时副产 LPG 1.32 万 t/a。此项目于 2006 年试车成功,并产出合格汽油^[4]。

3 MTG 项目前景分析

3.1 可行性分析

(1) 有助于缓解中国石油短缺的紧张局面

随着经济的快速发展,能源紧缺的问题日益突出。2009 年,中国石油消耗量跃居世界第 2,中国石油对外依存度达到了 50%。按照目前经济发展速度和能源的消耗速度,寻找新的可替代能源已迫在眉睫,而 MTG 是缓解中国石油紧张的重要途径之一。

(2) 丰富了煤制油路线

煤基制油技术在中国正面临着良好的发展机遇和长远的发展前景。MTG 技术是以煤或天然气作原料生产合成气,再用合成气制甲醇,最后将粗甲醇转化为高辛烷值、无硫无氯的高品质汽油。由于 MTG 技术相对简单,MTG 有可能成为甲醇的后继产业链,实现由煤到甲醇,再到油品的路线,为当前中国煤制油工业提供了一个与煤炭直接液化和费-托合成平行的可供选择的技术路线,具有非常广阔的应用前景。

(3) 缓解当前国内甲醇过剩局面,延伸煤化工产业链

近年来,甲醇项目受到诸多企业的青睐,大批甲醇项目争相上马,导致甲醇产能过剩,企业纷纷寻找甲醇深加工技术,延伸产品链。流化床 MTG 技术可以有效缓解甲醇产能过剩局面,延伸煤化工产业链,促进煤化工产业健康、持续发展。

(4) 技术相对简单,容易实现

MTG 技术与甲醇制烯烃技术、甲醇制丙烯技术相比,在反应器技术、油品后处理技术及油品品质等方面都有一定的优势。特别是 MTG 技术的产品汽油,不含 S、N,经简单处理可以直接使用。

总之,从能源需求、工艺发展、技术优势、甲醇过剩等方面分析,发展 MTG 技术是十分必要的,是符合中国国情的重要措施。

3.2 经济性分析

目前,中国甲醇产能严重过剩,甲醇主要下游

产品对甲醇需求不足,预计甲醇价格低位运行将成为未来较长时期内的市场现状,以甲醇成本 1700 元/t 计算,生产每吨汽油原料外的成本费用(包括折旧和摊销费用) 600 元计算,根据美孚公司提供的数据(每 100 t 甲醇可生产汽油 37.76 t,液化石油气 4.89 t,燃料气 1.27 t,火炬气 0.04 t),可以得到汽油成本为 5102 元/t。

中国汽油价格受国际原油价格的影响,长期处于高位,未来 3 a 内预测的 90 号汽油的年平均批发价格将为 6800~7300 元/t,93 号汽油的年平均批发价格将为 7350~7850 元/t。

由此可见,用市场价格的甲醇通过 MTG 工艺生产汽油的成本与 93 号汽油批发价格相比,可见 MTG 利润空间比较稳定。如果甲醇是自备生产装置,甲醇价格以成本计算,则利润空间将进一步扩大。由于石油资源的不可再生性,随着国际油价的回升,MTG 项目的经济性将进一步加强。

4 结 论

(1) MTG 技术具有优良的产品组合(高品质汽油和 LPG),灵活的装置规模和较小的投资金额,但此项目的可实施性取决于原料甲醇和产品汽油的价格;

(2) MTG 项目在国外有着成熟的商业运营经验,国内技术也已具备工业化运行条件,如采用国内技术,经济效益更加显著;

(3) MTG 工艺丰富了煤制油路线。由于 MTG 技术相对简单,MTG 有可能成为甲醇的后继产业链,实现由煤到甲醇,再到油品的路线,为当前中国煤制油工业提供了一个与煤炭直接液化和费-托合成平行的可供选择的技术路线,具有非常广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 唐宏青. 甲醇制汽油工艺技术(上)[J]. 化工催化剂及甲醇技术, 2008(3): 19-23.
- [2] 胡浩,叶丽萍,应卫勇,等. 国外甲醇制烯烃生产工艺与反应器开发现状[J]. 现代化工, 2008(1): 82-86.
- [3] 刘于英,原丰贞,赵霄鹏. 甲醇制汽油工艺概述[J]. 山西化工, 2009(4): 43-44.
- [4] 曹永坤. 甲醇制汽油、甲醇制烯烃技术进展及工业应用[J]. 煤化工, 2010(4): 25-27.

Development status and prospects analysis of methanol to gasoline

WANG Yi^{1,2}

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Jincheng Anthracite Mining Group Co., Ltd., Jincheng 048006, China)

Abstract: Methanol to gasoline (MTG) technology and its main characteristics were summarized. The advantages and disadvantages of fixed-bed and fluidized-bed technology and the development status of MTG were in-depthly analyzed. The energy demand, technology development, technological superiority and excess methanol production capacity etc. were analyzed. The results indicate that MTG is relatively mature, simple and easy to implement, which has better economic benefits and practical applicability, can ease the contradiction between the oil shortage and excess methanol production capacity. It's really necessary to develop MTG technology in conformity with the national conditions. However, normal operation of the project depends on the price of the raw materials and gasoline.

Key words: methanol to gasoline; prospects analysis; reactor; gasification device

《选煤技术》杂志征订启事

1. 本刊自办发行, 如需订阅 2012 年《选煤技术》请您直接与本刊编辑部联系, 联系电话: (0315) 2816962、7759357; 传真: (0315) 2816962; E-mail: xmjsbjb@heinfo.net。

2. 《选煤技术》订阅单是刊物投递的依据, 为保证邮发的准确性, 请您逐项填写以下各项: 邮编、单位详细地址、单位名称、收刊人姓名、联系电话, 并将其寄回《选煤技术》编辑部。如果您无订阅单, 请您以传真或电子邮件等形式将您的收刊地址告知我部!

3. 邮局汇款请汇至 河北省唐山市新华西道 21 号, 邮编 063012, 收款人: 《选煤技术》编辑部; 银行汇款请汇至 工行西山支行, 户名: 煤炭科学研究总院唐山研究院, 银行账号: 0403010209264005845。汇款时请注明“订《选煤技术》款”! 由于银行汇款单信息过于简单, 如采用银行汇款, 请您将汇款单复印件与订阅单一起寄或传真给我们, 以便我们核对。

4. 2012 年本刊每期定价 20 元, 全年 6 期, 合计 120 元(包含平邮邮寄费)。另有少量过刊, 欢迎订购! 如需挂号, 每单请付挂号费 20 元/年。友情提示: 订阅数超过 5 份、偏远山区、邮路不畅, 尤其是往年有丢书的订户, 我们特别提醒您采用挂号邮寄方式!

5. 关于开发票: 如以单位名义开具发票, 请提供贵单位财务部门在工商税务部门注册的单位名称, 纳税人识别号、地址、电话、开户行及账号。如果无以上信息, 我们将以汇款人的姓名开发票!

6. 订阅单可直接向编辑部索取, 也可由互联网下载, 《选煤技术》订阅单下载地址: www.xuanmeijishu.com。

欢迎订阅 2012 年《洁净煤技术》杂志

《洁净煤技术》杂志是由煤炭科学研究总院与煤炭工业洁净煤工程技术中心联合主办, 面向国内外公开发行的国家级专业科技刊物, 中国科技核心期刊, 已被美国《乌利希期刊指南》(Ulrichsweb)、美国《化学文摘》(CA)、波兰《哥白尼索引》(IC) 收录。

《洁净煤技术》杂志统一刊号: CN 11-3676/TD, ISSN 1006-6772, 双月刊, 大 16K, 每期定价 20 元, 全年 120 元。本刊自办发行, 请您直接与本刊编辑部办理订阅手续。

订阅方法

邮局汇款: 北京和平里煤炭科学研究总院, 收款人: 《洁净煤技术》编辑部, 邮编: 100013;

银行汇款: 工商行和平里支行营业室, 户名: 煤炭科学研究总院, 银行帐号: 0200004209089115910;

开户地: 北京市朝阳区。

联系电话: (010) 84262927, 84262909; 传真: (010) 84262927; E-mail: jjmjs@263.net;

网址: www.jjmjs.com.cn