

## 海外纵横

# 美国即将进入超深脱硫柴油时代

宋玉春

(北京燕山石化公司研究院信息中心, 北京 102500)

**摘要:**美国柴油燃料车和轻型货车数量的持续增长引起柴油供应紧张,美国环境保护署新颁布的环保法规推动了超深脱硫柴油的发展。尽管超深脱硫柴油在大规模使用前,还需解决生物柴油掺混使用中的质量问题,以及氮氧化合物和烯烃等的减排问题,但美国炼油商对超深脱硫柴油市场充满信心。

**关键词:**超深脱硫柴油;生物柴油;尿素溶液;氮氧化合物;烯烃

**中图分类号:**TE626.24

**文献标识码:**C

**文章编号:**0253-4320(2007)06-0062-04

## U.S. diesel industry to step into ultralow-sulfur era

SONG Yu-chun

(Information Center, Research Institute of Beijing Yanshan Petrochemical Co., Beijing 102500, China)

**Abstract:** With the increase of the number of diesel-fueled cars and light trucks in U.S., the supply of diesel becomes tight, U. S. Environmental Protection Agency has implemented new environmental regulations, which will improve the development of US diesel industry toward ultralow-sulfur. Before large amounts of ultralow-sulfur diesel are used, the quality problem caused by the mixture of biodiesel mixed into ultralow-sulfur diesel, and the emission diminution of NO<sub>x</sub> and olefin, should be solved, but refineries of US are full of confidence in the market of ultralow-sulfur diesel.

**Key words:** ultralow-sulfur diesel; biodiesel; urea solution; NO<sub>x</sub>; olefin

自 2006 年 10 月 15 日以来,大部分在美国和加拿大销售的柴油都已经过超深脱硫处理过。美国环境保护署(EPA)监管生产的柴油超过 80% 属于超深脱硫柴油,第一批专门为超深脱硫柴油设计的发动机于 2007 年安装在模型车中。2007 款模型柴油车将减少 90% 的颗粒物排放,并大幅降低氮氧化合物的排放。

与此同时,美国环境保护署规定到 2007 年 6 月,所有非道路柴油的最高硫含量为 500 μg/g,到 2010 年所有道路柴油和部分非道路柴油的硫含量必须达到 15 μg/g 的超深脱硫柴油标准。到 2010 年 6 月,除机动车和船舶用柴油之外的所有非道路柴油的最高硫含量必须低于 15 μg/g,但是小型炼油厂可暂不执行该法规。到 2012 年 6 月,机车和船舶用柴油也必须符合超深脱硫柴油标准;到 2014 年 6 月,所有生产非道路柴油的小型炼油厂也必须遵守该法规。尽管预计美国超深脱硫柴油需求将会逐步上升,但没有任何工业组织和政府机构拿出确凿数据。经历过 2006 年的挑战之后,美国炼油商对超深脱硫柴油需求充满信心,但他们对不能控制的下游领域表示担心,尤其是担心下游产业可能对环境造

成污染。

### 1 超深脱硫柴油市场展望

美国能源部(DOE)的能源信息管理局(EIA)提供的超深脱硫柴油生产数据表明:2006 年 6—11 月其生产能力分别为 190、220、240、260、250、260 万桶/天(1 桶 = 0.159 m<sup>3</sup>);进口能力分别为 9.7、20.2、18.2、26.3、13.7、14.3 桶/天。但是在经过调整和库存变化之后,全部超深脱硫柴油的供应能力分别为 130、180、230、240、260、270 万桶/天。截至 2007 年 2 月 23 日,美国超深脱硫柴油库存总计为 5 730 万桶,比 2006 年同期的 170 万桶大幅增长。与此同时,美国低硫柴油的库存由 7 950 万桶降至 2 230 万桶。EIA 官员解释蒸馏燃料出口数据来自美国人口普查局(BOC),目前美国人口普查局并没有将超深脱硫柴油统计数据从低硫柴油中分离出来。美国柴油出口数量很少,超深脱硫柴油的出口数量更少。这就意味着美国超深脱硫柴油的供应潜力被人为地夸大了。

EIA 认为美国炼油生产商在未来 10 年中将会面临柴油和汽油需求的微小变化,这是因为美国运输车辆数量增长缓慢,从而使得超深脱硫柴油需求

即使早在数年前其价格已经低于汽油,仍不足以大幅增长。但是总的来说,燃油价格高位运转使得消费者对燃油效率更好的柴油车更感兴趣。

2007年2月26日,美国汽油出厂价格平均为2.383美元/加仑(1加仑=3.785 L),比上年同期增长了12.90美分/加仑;美国柴油价出厂价格平均为2.551美元/加仑,比去年同期增长了80美分/加仑。2007年1月,美国汽油零售价格为2.24美元/加仑,价格组成为:原油,54%;炼油,11%;分销和销售,15%;国家和地方税收,20%。同月,美国柴油零售价格为2.49美元/加仑,价格组成为:原油,49%;炼油,18%;分销和销售,12%;国家和地方税收,21%。

世界柴油技术论坛执行主任 Alien Schaeffer 表示由于缺乏超深脱硫柴油供应和需求的真实数据是难以正确分析市场的主要因素。美国柴油需求直接与经济相关,在近2年中,美国经济持续增长,为柴油需求不断增长创造了条件。然而,目前全球尤其是中国和印度对原油需求继续快速增长,美国影响国际原油价格的能力下降,美国炼油生产商的战略发生了变化,这些都使得美国柴油需求难有作为。

美国 Alon 能源公司的总裁 Jeff D. Morris 表示美国能源部的数据显示 2006 年美国柴油市场发展势头良好。即使在美国取暖用油和柴油总需求增速低于 1% 的情况下,美国道路柴油需求仍同比增长了

4.2%。在过去的3年中,美国柴油需求增速已经两倍于汽油需求增速。美国柴油需求增长了3.5%~4.0%,而汽油需求仅增长了2.0%左右。

美国剑桥能源研究协会(Cambridge Energy Research Associates)的全球石油部主任 Aaron F. Brady 指出,事实上世界各地都需要柴油需求增长,而汽油需求下降。在未来25年中,柴油和航空燃料的需求将会快速增长,炼油生产商将不得不从重质原油中提炼出更多轻质和中质油品。到2030年之前,亚洲将是世界石油需求增速最快的地区,尤其是在运输燃料领域。

## 2 生产商和基础设施对超深脱硫柴油的要求

炼油商的生产柔性较大,汽油或者柴油生产可以在10%上下浮动。因此,如果美国柴油需求增加10%,将会有同等数量的汽油需求消失。现有炼油生产商可以随时进行产品结构调整。

目前,美国消费的汽油有15%来自进口。如果在未来25年汽油消费以年均1%的速度增长,美国将需要再建16座20万桶/天的新炼油厂才能维持目前的汽油生产和进口比例。再假设美国汽车有2%转变为E-85汽油车,美国还将不得不再建25座乙醇工厂。但是如果转变为先进的柴油车,则只需再建设6座新炼油厂即可。如果柴油混合燃油车

(上接第61页)

## 4 CAMOC 系统在我国的应用前景

在我国,化学过程工业已经将 MOC 作为 HSE 管理体系中一个关键元素应用于公司日常运作中,但国内开发应用 CAMOC 系统的消息尚未见报道。随着我国化工企业信息化水平和对安全管理水平要求的提高,企业开发和实施 CAMOC 系统的趋势将逐渐显现。根据国外石化企业应用 CAMOC 系统所带来的成本效益和安全收益可以推断,CAMOC 系统必将在我国的化工企业得到广泛应用,从而使企业的安全管理水平得到大幅提升。

### 参考文献

- [1] Schlechter W. Managing your process hazards as a means of conforming to OSHA requirements[J]. Int J Pres Ves & Piping, 1996, 66: 403 - 415.
- [2] Zhao J, Viswanathan S, Zhao C, et al. Knowledge-based management of change in chemical process industry[J]. Computer-Aided Chemical Engineering-Proceedings of ESCAPE-11, 2001, 9: 931 - 936.
- [3] West H H, Mannan M S, Danna R, et al. Make plants safer with a prop-

er management of change program[J]. Chemical Engineering Progress, 1998, 94(6): 25 - 36.

- [4] US Occupational Safety and Health Association (OSHA). 29 CFR 1910.119. US Occupational Safety and Health Association (OSHA) PSM standard 29 CRT 1910[S]. Washington, D. C. : Government Printing Office, 1992.
- [5] 中国石油天然气总公司. SY/T 6276—1997 石油天然气工业健康、安全与环境管理体系[S]. 北京:石油工业出版社, 1997.
- [6] 中国石油化工集团公司. Q/SHS 0001.1—2001 中国石油化工集团公司安全、环境与健康(HSE)管理体系[S]. 北京:中国石化出版社, 2001.
- [7] Joseph G, Kaszniak M, Long L. Lessons after bhopal: CSB a catalyst for change[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2005, 18: 537 - 548.
- [8] Keren N, West H H, Sam Mannan M. Benchmarking MOC practices in the process industries[J]. Process Safety Progress, 2002, 21(2): 103 - 112.
- [9] Muller N. Towards an ontology-driven management of change[D]. Bremen: International University Bremen, 2006.
- [10] Viswanathan S, Zhao J, Venkatsubramanian V. Integrating operating procedure synthesis and hazards analysis automation tools for batch processes[J]. Computers & Chemical Engineering, 1999, 23: S747 - 750. ■

开发出来,并且以相同的速度增长,则无须再新建炼油厂。

在最近召开的剑桥能源研究协会的能源会议上,美国 Marathon 石油公司的副总裁 Gary Heminger 预测世界每年需要建设 2 座世界级的炼油厂才能满足全球燃油需求。到 2020 年,亚洲机动车数量将由 1997 年的每千人 18 辆增至每千人 47 辆。无论是开发替代燃料还是增加炼油生产能力都将在短期内降低美国的汽油进口数量。他表示:世界需要各种形式的新型能源。但目前超深脱硫柴油的发展还算乐观。

在美国,柴油分销基础设施密度不均匀。由美国 Air Improvement Resource 有限公司通过柴油技术论坛提供的美国柴油分销基础设施分布图表明,498 个县平均每 100 平方英里拥有 5~75 座零售柴油服务站。但是 1 115 个县平均每 100 平方英里(1 平方英里 = 2.591 km<sup>2</sup>)还不到 1 座零售柴油服务站。零售柴油服务站分布在人口稀少而面积较大的县,大部分位于德克萨斯州西部、新墨西哥州、亚利桑那州、犹他州、内布拉斯加州、南达科他州、北达科他州、怀俄明州和爱达荷州。另有 792 个县平均每 100 平方英里拥有 1 座或者 2 座零售柴油服务站;738 个县平均每 100 平方英里拥有 2~5 座零售柴油服务站。事实上,零售柴油服务站在很多地方还存在分布重叠的问题,其中分布密度最大的是密西西比河东部地区。

尽管如此,Morris 表示美国有足够的基础设施来为市场供应柴油。假设汽车驾驶者突然有一半改驾柴油车,那么将汽油加油站改变成柴油加油站也相当简单,改造费用为 3 万美元/座。柴油销售在基础设施方面的另一个优势是可以通过现有的管道输送。但是,超深脱硫柴油不能在配送过程中利用现有的管道输送系统,以免增大硫含量。

### 3 车辆数量的增加对超深脱硫柴油需求的影响

在过去 10 年中,美国柴油燃料车和轻型货车的销售数量持续增长,在过去 6 年中增长了 80%,预计到 2015 年美国公路上奔跑的 15% 的轻型车将由柴油驱动。这将引起柴油供应紧张状况进一步加重。

美国总统布什宣布,在未来 10 年内美国将降低温室气体排放和汽油消耗 20% 以上。实施该目标的最佳途径是机动车辆使用先进的柴油发动机。Morris 认为美国最可能投放市场的是柴油混合燃油

车,而不是可充电的电动汽车。欧洲正开始缓慢增加柴油车数量,限制外资汽车公司将柴油车出口到美国。戴姆勒克雷斯勒公司(Daimler Chrysler AG)的环境和能源计划部高级经理 Loren K. Beard 在美国剑桥能源研究协会会议上指出,到 2015 年道路轻型车 15% 将采用柴油发动机,届时柴油的作用将会更大。道路燃油将发生重大变化,将有更多的汽油被柴油取代。

美国能源部预计在未来 25 年中美国石油需求将会增加 25%,主要原因是美国人口增长和车辆上路公里数增加。然而,Beard 表示通过更多使用 E-85 汽油和 20/80 生物柴油,美国对石油的需求可以降低 30%。如果转换 E-85 汽油顺利,美国将会在 10~20 年内将现有的机动车转变为 E-85 汽油车。

Morris 质疑公众不会使用价格高而燃烧效率下降 25% 的乙醇等燃料,而且乙醇生产能力能否到 2008 年按照分析家预期的那样,由 80 亿加仑/a 增至 150 亿加仑/a,同时维持乙醇 54 美分/加仑的进口关税。

## 4 影响超深脱硫柴油使用的其他因素

### 4.1 生物柴油的掺混使用

生物柴油混合物是石油基柴油和从大豆油、废烹调油和其他有机物提炼的燃油混合而成的,生物柴油混合物中生物柴油的体积分数为 2%~100%。由于生物柴油的燃烧效率高于乙醇,因此政府推动生物柴油发展的力度相对来说更大一些。如果柴油车的数量进一步增多,生物柴油的发展将会更快一些。

美国生物柴油委员会(National Biodiesel Board)指出美国生物柴油的产量由 10 年前的微乎其微增至 2005 年的 7 500 万加仑和 2006 年的 22 500 万加仑,在过去的 2 年中美国生物柴油的产量增长了 2 倍。美国生物柴油大部分是由 35 座大型生物柴油工厂利用大豆油炼制而成,然后通过 1 400 家分销商和 450 家零售店进行销售。掺有 20% 生物柴油和 80% 石油柴油的混合燃油只要符合美国试样与材料协会(ASTM)关于燃油质量标准,通常可以直接用于未改装的柴油车中。一些工业代表指出生物柴油可作为添加剂来提高超深脱硫柴油的润滑性。超深脱硫柴油的润滑性下降主要是受到其中硫元素降低的影响。

Schaeffer 在柴油技术论坛上指出生物燃料一般是由批发商进行混合或者装运,而不是通过基础管道输送系统输送。目前,生物柴油在某些市场领域作为缝隙燃料具有意义,但还没有成长为具有重要

意义的燃料,其中质量是一个十分严重的问题。美国生物柴油委员会代表着生物柴油生产商的利益,最近通过一项调查发现,超过50%的被调查生物柴油试样的质量没有满足其制定的质量标准。这对于花费5万美元购买柴油车的消费者来说是十分严重的问题。这对于生物柴油工业的发展和生物柴油成为一种可更新的燃料来说也是个至关重要的问题。

美国生物柴油委员会已经对机动车驾驶员发出了关于生物柴油质量的警告。与此同时,该委员会已经在其BQ-9000自愿质量控制活动中授予6家生物柴油销售商和17家生产商合格证。这17家生物柴油生产商的生产能力约占美国生物柴油生产能力的40%。授权合格的生产商的产品质量可以得到保证。Alon能源有限公司计划在德克萨斯州Big Spring建设一座生物柴油工厂。

截至目前,生物柴油和超深脱硫柴油的反应机理还知之甚少。所有石油制品在发动机中燃烧后的灰分非常少,但生物柴油却会给发动机系统引入灰分。这也是在大规模应用生物柴油之前需要解决的问题。

#### 4.2 氮氧化合物的减排

2000年,美国环境保护署发布的超深脱硫柴油规定中不仅要求炼油商大幅降低柴油中的硫含量,而且还强制要求重型柴油发动机控制排放物的量,大幅降低氮氧化物、颗粒物和烯烃的产生。该规定严格要求车辆总质量超过14 000磅(1磅=0.454 kg)以上的柴油动力车的氮氧化物、颗粒物和烯烃的排放标准分别为:0.01、0.20、0.14 g/(bhp)(克/马力制动小时,1马力=0.735 kW)。其中颗粒物的排放标准适用于所有道路的重型和中型柴油车。氮氧化物和烯烃的排放标准在2007—2009年适用于50%的销售新车。到2010年,所有道路新车均需满足氮氧化物和烯烃排放标准。

然而,在2007—2009年,柴油发动机生产商可以自行选择设计和生产满足2004年和2007年的氮氧化物和烯烃排放物标准的发动机。但是,采用新

排放控制标准技术可以提高燃油燃烧效率3%以上。

尿素可被用来作为一些降低氮氧化物排放的选择催化还原(SCR)体系的活性中间体。AdBlue就是商品尿素之一,欧洲商品名为AUS32,是一种质量分数为32.4%的尿素去离子水溶液,用于清洁柴油动力运载车的尾气排放。AdBlue不是燃油添加剂,而是存储于附加的不锈钢或塑料储存箱内,通过计量阀被连续喷射到SCR催化转换器之前的尾气中。喷射量根据尾气排放量的大小决定。在喷射之前,含尿素的溶液先通过一个格栅进行充分雾化,在炙热的尾气作用下,尿素被转化为氨,在与催化转换器中的氮氧化物发生反应,生成氮和水。与纯氨不同的是,AdBlue溶液无毒、无味并可生物降解。利用AdBlue,柴油动力运载车的尾气可以满足欧盟于2005年制定的欧IV汽车尾气排放标准,以及2008年即将通过的欧V汽车尾气排放标准。随着欧洲道路上机动车越来越多,零售汽油服务站将会提供AdBlue销售服务。AdBlue分配和储存设施必须使用正确的材料,以确保SCR系统免受污染。另外,分配设施中的离子可以渗入到SCR系统的多孔头部,使得SCR系统失效和降低催化系统的寿命预期,由50万km降至20万km。然而,美国目前还没有类似尿素产品的分销基础设施。另一个问题是尿素溶液在低温条件下会冷冻。而且,车主为了降低成本不愿意安装尿素储存罐。为此,美国环境保护署深为忧虑,美国发动机制造商正与环境保护署联合开发控制系统来解决这些问题。

## 5 结语

随着美国环保法规的日趋严格,低污染的超深脱硫柴油的需求将会越来越大。美国将会迎来一个崭新的燃料时代——超深脱硫柴油时代,这具有里程碑式的意义。尽管生物柴油具有显著的优点,但在大规模应用之前还需要解决许多重大问题,生物柴油和超深脱硫柴油的反应机理以及生物柴油燃烧后产生灰分的问题都必须加以解决。■

### 《现代化工》“海外纵横”栏目征稿启事

《现代化工》“海外纵横”主要介绍国外某一国家或地区热点科研领域的开发应用状况、开发方向,或某一行业的发展现状、发展方向和问题探讨,以及有突出表现的国外公司的科研动态和研发经验等。为了突出重点报道内容,加强该栏目建设,2007年本刊“海外纵横”栏目拟征集以下领域的稿件:新材料(纳米材料、功能材料等)、替代能源、微反应

工程、生物技术 in 工业生产中的应用、环保与节能、可再生资源的开发及其他领域。

有意投稿的作者,请于“海外纵横”栏目编辑童志勇联系,以确定合适的主题和格式。

联系电话:010-64444105-839, E-mail: tongzy@chem-info.gov.cn。(《现代化工》编辑部)