

# 能源替代前行中面临挑战

傅向升

(中国化工集团公司, 北京 100080)

**摘要:** 由于石油价格的持续高位, 能源替代问题一直是人们共同关注的首要问题, 由此引发了国内煤化工热和生物能源之热。从越来越激烈的能源之争、越来越热的煤变油项目阐述了关于能源替代战略的问题, 介绍了作为汽车燃料替代能源的甲醇生产的原料、规模、市场的问题, 乙醇生产的原料、技术和生态的问题, 从原料、经济、毒性几方面分析了甲醇、乙醇作为石油替代能源的优势与劣势。

**关键词:** 替代能源; 煤变油; 汽车燃料; 甲醇; 乙醇

**中图分类号:** TQ-9; TQ223.12

**文献标识码:** C

**文章编号:** 0253-4320(2007)09-0001-04

## Alternate energy sources: Challenge along with development

FU Xiang-sheng

(China Chemical Industrial Group, Beijing 100080, China)

**Abstract:** The continuously increasing price of oils makes the alternate energy sources become one of the primary problems, and causes the coal chemical industry and bio-energy industry hot in China. The alternate energy sources problems are expounded in this article, and the raw material, industrial scale, market of methanol as alternate energy source for automobiles, the raw material, technology, and related ecological problems of ethanol production are introduced. The advantages and shortcomings of methanol and ethanol and their raw material, economic returns, and toxicity are also analyzed.

**Key words:** alternate energy sources; coal transformed to oil; fuel; methanol; ethanol

前几天原油价格再次突破 70 美元/桶, 有人甚至再次预测年内可能会突破 80 美元。由于石油价格的持续高位, 能源替代问题一直是近 2 年国际上共同关注的首要问题, 由此引发了国内煤化工热和生物能源之热。一个时期以来, 最热的话题当属煤制油、甲醇和乙醇燃料。

## 1 能源之争越来越激烈

石油是当前经济和人们生活中的主要也是重要能源, 据预测石油将主宰世界能源市场约百年的历史。在这一个世纪的岁月里, 石油不仅制约着经济的起伏, 而且还牵动着战争的风云, 过去曾经有多少次战争, 不论以什么缘由而打响, 其真实的原因都是因为触动了石油这根神经。从目前的形势看, 这种状况将会继续。20 世纪 70 年代以来, 曾发生过 3 次石油危机, 石油危机爆发以来, 石油枯竭论就一直笼罩着世界石油和化工界。2006 年世界主要国家已经探明的石油储量为 1 800 多亿 t, 天然气储量约 180 万亿 m<sup>3</sup>。2006 年的全球石油产量约 36 亿 t, 据

此推算全球石油还可开采约 50 年。特别是这 2 年世界石油市场的原油价格持续在高位运行, 人们的能源替代战略日益高涨, 研究和开发替代能源日益升温, 论争也越来越激烈。

## 2 煤变油越来越热

当前最热也是行动最快的是煤变油项目。煤变油指将煤炭进行液化, 以煤炭为原料生产汽油、柴油等车用燃料。目前煤变油的技术路线分为直接法和间接法。直接法是指将煤炭通过高压催化加氢制得各类油品。该方法目前在上世界上尚无工业化装置运行, 这是前无先例的技术, 我国的神华集团正在建设年产 500 万 t 油品的生产装置。该路线对煤种有一定的要求, 变质程度高的煤和惰性组分高的煤不太适合。间接法是指先将煤气化, 再经反应合成油品的过程。国际上一般称为“费-托合成”, 该方法在南非萨索尔公司自 1955 年建起世界上第一套大规模生产装置以来, 已成功运行了半个多世纪。萨索尔公司每年生产液体烃类产品约 700 万 t, 其中合成

油品约 500 万 t。我国的兖矿集团已进行了工业性试验,正在论证利用该技术建设生产装置。与直接法相比,该方法技术成熟,煤种选择面广,但是工艺较长、生产步骤较多。作为能源替代战略的煤变油项目,在我国存在过热的现象,很多产煤大省或煤炭企业,都在规划论证煤变油。但是煤变油的建设不仅受煤炭资源、水资源的制约,而且还受到生态环境和技术的制约,不能盲目上马。特别是投资巨大,这是一般企业难以企及的。另一个关键因素是煤制油的产品市场风险直接与石油价格相连,市场风险的不确定因素也是难以把握的。

### 3 能源替代问题越来越急迫

能源替代战略,特别是汽车燃料的替代问题是当前人们最关注的,尤其是甲醇和乙醇的应用、建设与论争,一直是能源界关注和争论的焦点。甲醇和乙醇都可以以纯品作为汽车燃料,即俗称的甲醇汽车或酒精汽车;也可以分别与汽油掺混作为汽车燃料,即俗称的甲醇汽油或乙醇汽油。国内外对此不仅已经做了大量试验推广工作,而且已有很多实际应用的结果。甲醇汽车主要是在德国和我国做了大量汽车试验和行驶里程试验;酒精汽车主要是巴西已应用多年,美国和我国在酒精汽油方面,已经积累了很多应用经验。

#### 3.1 甲醇之热

甲醇可以以天然气、石油或煤炭为原料生产,都是先将天然气、石油或煤炭裂解或气化为二氧化碳和氢气(即合成气),再经合成反应器后催化合成为甲醇。2005 年世界甲醇产能近 5 000 万 t/a,产量约 3 600 万 t,据统计 2010 年世界甲醇产能预计会达到 6 400 万 t,2015 年预计会达到 7 200 万 t。我国 2006 年的甲醇产能超过 1 300 万 t/a,产量近 900 万 t。据统计,我国在建和拟建的甲醇项目约有近百项,规划产能超过 5 000 万 t/a。凡是产煤地区或产天然气的地方,几乎都规划要上甲醇装置。我国正在建设的甲醇装置,与发达国家或中东正在新建的装置相比,有几个明显的问题应当注意。

##### (1) 原料问题

原料问题即煤或天然气的问题。我国的甲醇生产装置,以及正在建设和规划拟建设的甲醇项目,大都以煤为原料,2006 年已建成的 25 个新项目中,总产能超过 400 万 t/a,而以煤为原料的装置产能占 50% 以上,以天然气为原料的装置产能约占 1/3。

发达国家以及中东地区正在新建的甲醇生产装置大多以天然气为原料,因为以天然气为原料生产甲醇,其原料成本是最低的,据测算,中东天然气制甲醇的原料成本约 810 元/t,而国内以无烟煤为原料的甲醇厂,仅煤价就高达 800 元/t,生产甲醇的成本要在 2 000 元/t 以上,就是在煤炭产地建设矿口甲醇生产装置,与气头甲醇相比成本也高出许多,其竞争力可想而知。

##### (2) 规模问题

甲醇属基础化学品之一,其生产装置的建设规模决定其竞争力。发达国家已建和中东地区正在建设的甲醇装置都是大型化装置,其规模大都在百万吨以上,单位产品的建设投资相对较低。而我国现有的甲醇生产装置大多在 10 万 t/a 左右,即使已经规划了一些 60 万 t/a 以上,甚至在百万吨以上的甲醇装置,那都是规划论证的规模,当开工建设时由于筹资等各方面原因,大都采取了统一规划、分步实施的方式,实际上也没有实现大型化,难以形成经济规模。

##### (3) 甲醇的市场问题

2006 年我国甲醇产量约 880 万 t(产能是 1 300 万 t/a),进口约 110 万 t,出口约 20 万 t,即 2006 年我国甲醇的表观消费量约 970 万 t,目前在建和拟建装置的总产能有 5 000 万 t/a,假设只有 50% 的产能建成投产,这近 4 000 万 t 的甲醇总量如何消化是一个不得不面对的问题!更何况发达国家已有的生产装置,特别是中东地区正在建设的大型甲醇装置,除了满足本国或本地区的市场需求以外,将有大量富余产能,这些产能主要是针对亚洲市场,又特别是针对中国的市场,到时海外大量更具成本优势的甲醇产品和国内巨大的产能相叠加,将会产生什么样的效应将是明显的。

#### 3.2 乙醇之惑

乙醇可以以粮食为原料,也可以以甘蔗、甜菜、薯类以及植物秸秆为原料来生产。世界各国都是充分利用本国的优势资源来生产乙醇,巴西就是利用本国的大量甘蔗资源来生产乙醇的,而美国却是利用本国中部地区盛产的玉米来生产乙醇,我国近几年主要是利用陈化粮来生产乙醇。不管采用哪一种原料来生产,所采用的技术路线都是一样的,即利用原料中的淀粉或糖分,经过发酵后经提纯得到乙醇。

乙醇最早主要是以酒的形式进入人们的生活,随着技术的进步和发展,以乙醇为原料制得醋酸、

醋酸酯而进一步深入了人们的生活;在石油化工大发展之前,以乙醇为原料经脱水后获得了乙烯,又以乙烯为原料进一步发展塑料等一系列化学产品,酒精化工也就是粮食化工已深入到经济和人们生活的各领域和各个层面。今天在世界各地奔跑的汽车中,有成千上万辆就是以乙醇或乙醇汽油为燃料的,也就是说乙醇已经成为今天现代化的一个驱动力之一,并且正在日益得到人们的重视。最早用纯乙醇开汽车的国家是巴西,20世纪70年代爆发石油危机以后,巴西就将大量的甘蔗酒精用于汽车燃料,80年代从巴西总统带头、大量政府官员和平民百姓都在使用酒精汽车。2007年年初,美国总统布什访问南美,专门与巴西签订了酒精燃料合作计划。目前,美国以及西欧诸国都在研究和制定酒精燃料的开发和使用计划,将乙醇作为汽车燃料的重要替代产品。2004年世界燃料乙醇的总产量约2500万t,2005年超过3000万t,增长速度很快。

我国的乙醇汽油已经在东北三省和河南、山东、安徽等省市大量推广。进入21世纪以后,我国一是原油加工量逐年增加,2006年已达到3.5亿t,已成为仅次于美国的第二大石油加工国;二是原油的对外依存度越来越大,前2年的进口量都在40%以上,2006年已超过50%。为了应对石油资源的紧缺和原油价格的不断高涨,同时也是为了解决我国储备粮存在着大量陈化粮的问题,我国政府鼓励用陈化粮生产乙醇,再用乙醇掺混汽油用于汽车燃料,作为能源替代的一大战略。目前,我国生产燃料乙醇的有4家定点企业,它们是吉林燃料乙醇公司、河南天冠集团、安徽丰原生化公司、中粮生化能源(肇东)公司,2005年燃料乙醇产量超过70万t,2006年达到130多万t。据了解,目前很多地区或企业都在争取新建燃料乙醇项目。作为能源替代战略的燃料乙醇项目的建设,必须研究和思考几个难以回避的问题。

#### (1)原料问题

生产乙醇的原料有粮食(玉米、小麦等)、非粮作物(甘蔗、甜菜、甜高粱、木薯、红薯、马铃薯等),还有农业废弃物(秸秆)、以及一些植物纤维材料等。以粮食和甘蔗、甜菜、薯类等为原料制取乙醇,国内外已有大型工业化生产装置投入运行多年,技术是成熟的;而以秸秆或植物纤维材料为原料制取乙醇,国内外都进行了大量的实验研究工作,并取得了一定的经验,但离工业化还有一定的差距,主要是经济竞

争力不强。当前人们最为关注的是以粮食或非粮作物为原料生产燃料乙醇,存在着“与人争粮和与粮争地”的问题。世界人口的不断增长,贫困人口日益艰难,地球的压力不断增大,人类的生存压力不断增加,都让人们“与人争粮”日益担忧。特别是我国,用有限的28亿亩的可耕地,养育着13亿的人口,2006年历史新高的粮食产量是49746万t,人均不足400kg。所以,发展非粮乙醇产业,特别是加快植物纤维制酒精的技术开发和产业化尤为急迫。

#### (2)技术问题

以粮食为原料生产乙醇的技术是成熟的,工艺路线基本定型,但是我国燃料乙醇的生产技术水平与发达国家相比,还有较大的差距。与美国相比,中国生产1t燃料乙醇的水耗要比美国高5倍多,原料消耗要高约20%,生产成本要高17%,这就要求我们应进一步提升技术水平,进一步节能降耗。以农作物秸秆或其他植物纤维为原料制取乙醇,不论国外还是国内还都处在研究开发过程中,特别是秸秆和植物纤维的前期化学处理技术、纤维素酶的酶活性以及酶解效率等,都离产业化还有很大差距。对于化学处理过程的蒸汽爆裂技术和酸解过程,不仅技术指标还需要进一步优化提升,而且大量废酸水的处理和再生也是一大难题。

#### (3)生态问题

近来随着能源替代战略的大力发展,特别是“与人争粮”问题的争论不断升级,非粮食路线生产乙醇的方法发展迅速。为了大量生产甘蔗而过度开发热带雨林,为了能够大量生产甜高粱而过度开垦大量低产田地,为了大量生产木薯而过度开垦了一些自然植被,也由于生物柴油的发展需求棕榈树而大量毁坏雨林等等,这些都对自然生态提出了严峻的挑战,这种“与粮争地”的状况如果不能得到有效的节制和适度的控制,生态环境将会进一步恶化,人类将会自食其果。美国大力发展燃料乙醇,但不论是粮食路线,还是非粮路线,利用自己国内原料在美国本土建设燃料乙醇生产装置还是慎之又慎,2007年初布什访问南美与巴西签订了燃料乙醇合作计划的一揽子协议,真正目的是大量利用巴西的甘蔗资源,实质是让巴西人民大量开垦自己的国土,牺牲巴西的生态为美国提供燃料乙醇。据业内权威人士透露,现今美国每年从我国进口大量燃料乙醇粗品,经提纯后掺混到汽油中用于汽车燃料。这一切现象都应当引起我们的深思。

### 3.3 甲醇、乙醇之优劣

面对石油资源的日益紧缺,原油价格的日益高涨,作为能源替代的重要方面,即汽车燃料的替代问题,一直是人们关注的焦点,并且日益引起人们的重视。究竟是甲醇燃料更好,还是乙醇燃料更优的论争,一直在持续着,时常还很激烈。甲醇支持者有甲醇优、乙醇劣的充分论据,乙醇支持者有乙醇优、甲醇劣的许多论点。现将笔者思考的一些观点提出来,也许不一定全面,甚至会存在一些偏颇,仅供讨论和思考,归纳起来有以下 3 点。

#### (1) 原料之优劣

甲醇是以天然气、煤或石油为原料,乙醇是以粮食、非粮作物或农作物废弃物为原料。也就是说乙醇的原料是可再生资源,而甲醇的原料是不可再生资源。可再生资源从理论上讲是取之不尽、永不枯竭的,而天然气、石油的储量有限,目前已经探明的储量大约还能用 50 年。虽然随着技术的进步不断有新的油气田被发现,特别是近期我国相继在南堡、四川盆地等地域又发现新的、储量可观的油气田,对我国的石油和化工界又注入了新的希望,但油气资源毕竟是有限的。煤炭资源虽然储量相对丰富,但储量也有限,照现在的储量和年开采量,几百年之后也将枯竭,这就是甲醇原料的现状。目前生产乙醇既可以以油气为原料(乙烯法),也可以以粮食和农作物为原料。以粮食和农作物为原料,是当前能源替代的首选,特别是非粮路线和植物秸秆、植物纤维素为原料是当前的最热门的课题。乙醇原料的最大特点就是可再生,但是也有一些难以回避的问题。前面已谈到,粮食路线存在“与人争粮”的问题,非粮路线存在“与粮争地”问题。薯类、甜高粱、甜菜等还存在一个原料储存问题,植物秸秆不仅技术上未过关,原料方面还存在收购及原料供应的稳定性问题。

#### (2) 经济之优劣

甲醇汽油或乙醇汽油,就是甲醇或乙醇掺混到汽油中作为汽车燃料。目前国际和国内市场,甲醇的售价约是 2 000 ~ 2 500 元/t,乙醇是 5 400 ~ 6 200 元/t,汽油是 4 800 ~ 5 000 元/t。由此可见甲醇掺混到汽油中比乙醇掺混的利润要大得多。当前甲醇的生产成本不到 2 000 元/t(国外天然气为原料的大型化装置的生产成本不到 1 000 元/t);国内燃料乙醇的生产成本大约是 4 000 元/t,而市售燃料乙醇要求价格是 3 200 元/t 左右,可见燃料乙醇厂是亏损的。

因此国家为了鼓励燃料乙醇的发展和推广,对定点厂家实行国家补贴制度,2007 年国家对于燃料乙醇统一每吨补贴 1 370 元(2006 年有些厂家补贴更高),照 2006 年的产量计,一年国家补贴约 18 亿元(如果这项经费用于进口原油,按现在的价格也能购买 300 多万桶)。如果没有国家补贴制度,燃料乙醇厂家是难以长期运行的,如果原油价格不是在目前的高位运行,燃料乙醇厂家将更加难过。从经济性来看,甲醇汽油和乙醇汽油孰优孰劣是显而易见的,这也是甲醇汽油学者们一直坚持的重要原因。

#### (3) 毒性之优劣

甲醇和乙醇都是碳、氢化合物,经汽车发动机充分燃烧以后都变成水和二氧化碳,理论上对人是无害的。但不论是纯汽油,还是掺混汽油,在汽车发动机中都不会是 100% 完全燃烧,这也是汽车尾气为什么对大气造成污染的原因。甲醇和乙醇,单纯从化学品的角度来看,乙醇是无毒的,只是空气中乙醇浓度很高时,会对人的眼睛和上呼吸道黏膜产生刺激,但只要环境适当通风,一般不会发生乙醇中毒危险。而甲醇毒性很大,易挥发,可燃,略带乙醇的香气。甲醇的毒性对神经系统和血管系统影响最大,甲醇的毒害作用可以通过呼吸器官、皮肤等途径进入人体内部而发生。长期接触甲醇而没有有效保护的话,可中毒引起胃肠失调、头痛、压迫中枢神经系统,四肢颤动、心脏虚弱、恶心、呕吐、呼吸困难,严重的甚至造成失明。这也就是国外、国内虽然进行了大量甲醇汽油的研究和里程试验,而始终没有正式作为汽车燃料的主要制约因素,也是甲醇燃料反对者们所持的重要意见。

能源替代战略中,前面主要谈了汽油替代的问题,实际上还有一个柴油替代问题。柴油的替代产品,目前主要集中在二甲醚和生物柴油的研究开发以及应用研究。二甲醚一般通过煤化工路线获得,二甲醚的合成分直接法和间接法,间接法是指以煤炭为原料第一步首先合成甲醇,第二步甲醇脱水获得二甲醚;直接法是指以煤为原料气化为合成气后,合成气经反应一步合成二甲醚,可见,二甲醚存在着与甲醇相似的问题。生物柴油目前主要是利用动物油脂或植物油脂(如:棕榈油、废弃的餐饮油料等)来制取柴油,生物柴油与燃料乙醇存在的问题有些相似。所以有关二甲醚和生物柴油的问题,在此不再赘述。■