

# 天然气基汽车燃料的经济评价

陈 迅 刘小利 任玉珑  
(重庆大学工商管理学院, 重庆 400044)

**摘要:**结合重庆地区利用天然气资源生产汽车代用燃料实例,运用生命周期方法对天然气基汽车燃料的经济性进行了评价;同时对加气站、加油站的经济效益进行了评价。使用天然气基代用燃料具有良好的经济效益。

**关键词:**天然气;汽车燃料;生命周期;经济评价

中图分类号:TE64;F224.12

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2003)02-0043-03

## Economic assessment of motor fuels based on natural gas

CHEN Xun, LIU Xiao-li, REN Yu-long

(College of Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** The economic benefit of fuels made from natural gas was analyzed by using life cycle assessment of the production of motor fuels from natural gas in Chongqing as an instant. The economic benefits of gas station and oil station were evaluated. It is pointed out that using motor fuel produced from natural gas is profitable.

**Key words:** natural gas; car fuel; life cycle; economic assessment

随着我国经济持续高速增长,能源消耗也急剧增加,但我国的能源特别是石油资源并不乐观。我国现已开始大量进口石油,据估计到 2010 年,年进口量将达到 300 万桶,相当于沙特阿拉伯石油年产量的一半。在巨大的能耗压力下,我国的能源安全已成为亟待解决的紧迫问题。交通能源消耗占能源总需求的 40%。随着汽车的逐渐普及,汽车燃料占交通能耗的比重越来越高,为了减少对进口石油的依赖程度,各地区应充分利用本地资源,推行以天然气等气体燃料代油。本文将对天然气基汽车代用燃料进行生命周期经济评价。主要从经济性方面评价利用天然气资源生产汽车代用燃料的可能性,同时对加气站、加油站的经济效益进行经济评价。

## 1 从汽车用户角度分析使用天然气基汽车燃料的经济性

### 1.1 生命周期评价方法

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是一种研究某种产品对生态环境的影响以及减少这些影响的方法。它是对从原料来源直到产品经过使用、

废弃物进入环境并消失的整个生命周期过程进行全面分析<sup>[1]</sup>。生命周期可分为 3 个阶段:生产过程、产品使用过程、废弃及消失过程。

经济技术的生命周期评价方法主要是评价系统的输入输出,包括物质流、能量流和资金流。其中资金流是伴随物质流和能量流的价值转移,以及由系统环境提供、系统输出给环境等穿越系统边界的纯粹资金转移,例如物质和能量的成本,系统的投资、贷款、利润、利息等。

### 1.2 重庆地区天然气基汽车代用燃料的生命周期经济分析

由于重庆地区特殊的地理环境,大气污染尤其严重。同时重庆的石油资源非常缺乏,工业用油和汽车燃料大量依靠其他地区调拨、购买,能源安全问题迫在眉睫。但重庆天然气资源相对丰富,并且天然气基代用燃料的汽车尾气较干净,是很好的洁净代用燃料。因此,充分利用重庆丰富的天然气资源生产汽车代用燃料,对解决能源短缺及环境污染问题具有重大意义。

利用重庆地区的天然气资源生产汽车代用燃

料,主要包括 2 个基本方案:第一,天然气生产压缩天然气(CNG),用于压缩天然气汽车(CNGV);第二,由天然气生产甲醇,用于甲醇/汽油灵活燃料车(FFV)。

另外,当化工技术及汽车制造技术条件成熟后,用天然气生产二甲醚以及高档柴油,也将是具有发展潜力的方案。

本研究首先估算出各种代用燃料的成本,并对影响成本的不确定因素进行敏感性分析,再将不同的燃料与相应的汽车组成完整的生命周期链,估算出每条链的生命周期总成本。在天然气基汽车燃料的经济评价中,主要以每条链的生命周期总成本作为经济评价指标。通过这些生命周期链的比较,就能从中选优,为重庆地区未来汽车和相应的燃料发展方向提供决策依据,达到生命周期研究的目的。

为了增强评价的直观性和现实意义,在研究中增加了基础链——汽油(外购)链,将各天然气基代用燃料链与此基础链进行对比,确定它们的替代性。这样以天然气为原料生产汽车代用燃料的经济研究中共包含了 3 条链:汽油→汽油车;天然气→压缩天然气→压缩天然气汽车;天然气→甲醇→甲醇汽车。每条链的起始边界为资源的开采(天然气由井口开始),终止边界为汽车的使用报废。

经济技术评价是从用户角度出发,评价用户使用的每条链最终产品的生命周期总成本。通过生命周期清单分析,指出产品的优势及其原因,进一步提出可能的改进措施。

本研究中汽油链的汽油价格采用最新的新加坡市场挂牌汽油价格加上国内流通费用,其他的燃料与能源生产均以重庆市为环境进行估算。表 1、表 2 列出了各条链的燃料生产与输配成本比例。

表 1 压缩天然气成本构成比例表

	占总成本的比例/%
原料天然气及动力费用	53
水电、辅料费	10
工资及附加费	2
制造费用	8
财务及管理费用	8
销售费用	1
税金	18
销售单价(不含利润)	100

从表 1 可以看出,燃料生产成本中,原料天然气

所占份额最大,对燃料生产成本的影响也最大。若能降低原料天然气价格,则燃料成本也将随之下降。

表 2 甲醇成本构成比例表

	比例/%
天然气开采及净化	52
天然气运输	3
甲醇生产	35
甲醇运输	4
甲醇配送	6
甲醇最终销售价格(不含利润)	100

在甲醇成本构成比例表中,原料天然气费用及甲醇的生产费用占了甲醇成本的绝大部分,因此降低原料气价格及单位甲醇的原料消耗、提高生产效率是降低甲醇的总成本的主要途径<sup>[2]</sup>。

在各种燃料的成本估算基础上,可进行各条链的生命周期总成本计算。本研究假设汽车行驶总里程为 20 万 km,汽油车百公里耗油 7.87 L,压缩天然气汽车 CNGV 百公里耗气 7.15 m<sup>3</sup>,灵活燃料汽车 FFV(85% 甲醇和 15% 汽油)百公里耗燃料 12.65 L,各种车辆运行周期中所需的各种能量、燃料总量加上车辆维护费用和车辆购置费,就构成了各系统完整的生命周期经济清单。

由于 CNGV 和 FFV 的燃料特殊性,将使其维护费用和购置费用较汽油车有所增加<sup>[3-4]</sup>。计算结果如表 3 所示。

表 3 生命周期总成本计算表

燃料类别	汽车增加的成本/元	燃料成本/元	增加的维护费/元	汽车增加成本和维修费用的总和/元	增加的总成本/元
汽油	基准	41081	基准	基准	基准
CNG	8000	20045	3000	11000	- 10036
甲醇/汽车	5000	32966	3943	8943	828

由表 3 可以看出,以天然气为原料生产的各种代用燃料,在现有的价格下,燃料成本都比汽油低。但从整个生命周期来看,由于节约的燃料费用要抵扣增加的购置成本和维护费用,使用 CNGV 的生命周期总成本只比汽油车低 10 036 元,而 FFV 的生命周期总成本比汽油车高 828 元。因此,从目前状况看,压缩天然气的经济性优于汽油,而甲醇的经济性不如汽油。但若能提高 CNGV 和 FFV 生产技术,降低车辆的制造成本和运行费用,则压缩天然气的经

性将更加明显,同时甲醇的经济性也可能提高。

由上述分析可以看出,压缩天然气作为汽车代用燃料具有较大的发展潜力,经济效益可观。与此同时,从环境保护角度来看,压缩天然气也无疑是一种优良的燃料。因此大力推广 CNGV 是解决能源危机的有效方法。从长远看,随着汽车制造技术的提高,车辆的制造费用和运行成本将进一步降低,甲醇也将成为理想的代用燃料。

### 1.3 天然气基汽车代用燃料的经济前景

考虑到目前国际石油价格偏低的现状,并对未来石油价格进行预测,可以发现,未来石油价格呈上升趋势,所以汽油价格呈上升趋势。本研究进一步分析了在不同压缩天然气价格、甲醇价格和汽油价格下,CNGV、FFV 持平回收的汽车制造成本和运行费用所需里程数。

持平分析结果见表 4、表 5。

表 4 不同价格下 CNGV 的持平里程分析表

汽油价格/元·L <sup>-1</sup>	2.30	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40
天然气价格/元·m <sup>3</sup>							
1.00	84	78	67	59	53	48	44
1.20	99	90	77	66	59	53	48
1.40	121	108	89	76	66	58	52
1.70	180	153	117	95	80	69	61

注:持平里程为千公里。

从表 4 可以看出,在现在的汽油价格和压缩天然气价格下,压缩天然气汽车只需行驶 8.9 万 km 就能回收增加的汽车成本和运行费用。随着汽油价格的上升,CNGV 的持平里程将大幅度缩短,CNG 的优越性更加明显。因此在石油稀缺的情况下,随着 CNGV 技术的提高和完善,CNG 将是一种优良的替代燃料。

表 5 不同价格下 FFV 的持平里程分析表

汽油价格/元·L <sup>-1</sup>	2.30	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40
甲醇价格/元·L <sup>-1</sup>							
0.70	118	103	83	69	59	52	46
1.10	—	930	289	171	121	94	77
1.30	—	—	—	643	253	157	114
1.40	—	—	—	—	558	239	153
1.50	—	—	—	—	—	492	226

注:表中未填的项表示使用甲醇作为汽车燃料时,不节约燃料费用没有使用的可能性;持平里程单位为千公里。

从表 5 可以看出,当汽油价格较低时,甲醇车的持平里程大于汽车的使用周期,因此甲醇不具备经济性。但当汽油价格上升到一定程度(2.80 元/L),在现在甲醇价格(1.10 元/L)及车辆增加成本和运行费用下,用甲醇就比汽油经济。因此随着灵活燃料车技术的完善和成本的降低,甲醇作为替代燃料在将来也具有可行性。

由上述分析看出,随着石油资源的不断耗竭,天然气基汽车代用燃料车在将来具有较大的经济效益,在经济、社会等诸方面都具有重大的战略意义。本研究的结果对于富含天然气的地区未来的汽车燃料发展方向都具有普遍的参考价值和指导作用。

## 2 从加气站、加油站的角度分析使用天然气基汽车燃料的经济性

### 2.1 CNG 加气站

CNG 加气站的规模一般为日加气 100 辆。加气站的主要设备包括天然气无油润滑压缩机、干燥器、高压气瓶组贮罐、售气机以及电控设备等。一个加气能力为 5 000 m<sup>3</sup>/日(100 辆/日)的 CNG 加气站的投资概算和经济效益分析表明,加气站全部采用国产设备时总投资 289 万元,采用部分进口设备时总投资为 396 万元。对两种情况的投资回收期分析为 3.7 年和 5.8 年,投资回报率分别为 27% 和 17%,经济效益可观。

### 2.2 甲醇加油站

由前分析可知,随着甲醇汽车制造技术的进步以及能源政策和结构的调整,甲醇作为汽车燃料将比汽油更具有经济性。

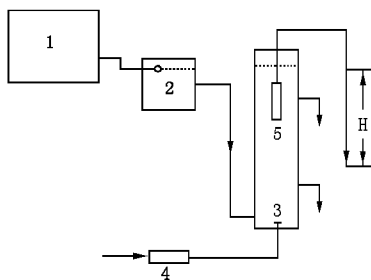
根据山西省甲醇汽车示范工程经验,甲醇加油站可以附设在汽、柴油加油站上,增加油罐、油罐车和加油机,选用耐腐蚀、耐溶胀材料即可。增加一套甲醇加油系统,约需投入 22.5 万元。因此,甲醇加油基础设施是代用燃料中最便宜、最易实现的。甲醇加油设施的投资回收期不超过半年,经济性良好。

## 3 结语

从目前情况的分析结果来看,压缩天然气汽车的生命周期总成本较汽油车的生命周期总成本低,具有经济性。而甲醇车的生命周期总成本比汽油车的高,不具备经济性。但从长远来看,随着石油资源的迅速消耗,汽油价格将呈上升趋势,汽油车生命周期总成本也将增加。同时,甲醇灵活燃料车生产技

(下转第 47 页)

反应器有效体积为 6 L;体系温度为 $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;用压缩空气进行曝气,曝气量由空气流量计控制在 $0.075\text{ m}^3/\text{h}$ ;膜组件为外压式中空纤维膜,聚丙烯材质,膜表面积为 $2\text{ m}^2$ ,孔径为 $0.1\ \mu\text{m}$ ,截留相对分子质量为 10 万,产地为浙江大学;靠水头压差出水,调节水头压差,保持水力停留时间(HRT,以 $t_{\text{HR}}$ 表示)为 5 h。



1—水箱;2—平衡水箱;3—反应器;4—空气压缩机;5—膜组件

图 1 实验装置图

实验采用人工配水,由淀粉提供碳源, $\text{NH}_4\text{Cl}$ 提供氮源,实验准备阶段由 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 提供磷源,另外还投加了一定量的微量元素,以供微生物生长需要。

在实验准备阶段,提供充足的 C、N、P,使系统中污泥浓度稳定增长,每 3~4 天取样测悬浮物(SS),除此之外不进行人为排泥,系统的污泥停留时间(SRT,以 $t_{\text{SR}}$ 表示) $> 360\text{ d}$ 。此阶段化学需氧量(COD)、氨氮、总氮的去除率最佳值分别为 95.9%、96%和 92.1%,污泥质量浓度为 $3.55\text{ g/L}$ 。此后,停止投加磷源,进行连续试验,对 COD、氨氮、总氮、混合液悬浮固体(MLSS)、污泥指数(SVI,以 $I_{\text{SV}}$ 表示)各项指标进行监测,并对污泥进行镜检。

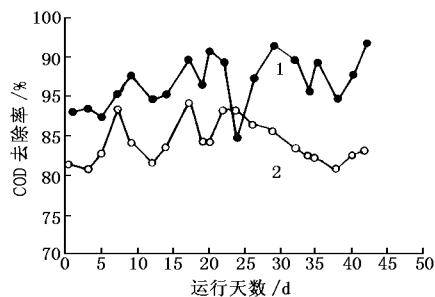
## 2 实验结果与讨论

### 2.1 COD 去除效果及分析

图 2 给出了 MBR 膜出水和反应器上清液 COD 的检测结果。COD 去除效果波动不大。笔者认为,这是由于本实验系统已连续运行了 1 个月,系统中

丰富的生物种群已形成,可以很好地将进水中的有机物进行降解。即使在受到外来冲击时,也可以进行自我调整。因为微生物体自身有储存 P 的功能,当进水中不再含有 P 时,体系中丰富的生物种群可以释放生物体中积蓄的多聚磷酸盐,或利用微生物碎片以及死亡细胞中释放的 P 来合成新细胞,而不会对 COD 的处理效果产生很大影响。

MBR 膜出水的水质要好于反应器上清液的水质,这充分体现了膜组件在此工艺中所起的优良的截留作用。另外,随着运行时间的延长,在膜表面逐渐形成的凝胶层也起到了很好的截留作用,它可以截留水中可溶性大分子物质,所以膜出水水质较稳定<sup>[2]</sup>。凝胶层的这一正面作用是不可忽视的<sup>[3]</sup>。Pillay 等的研究已证实,控制运行条件,使凝胶层保持适宜的厚度,既可以满足出水要求,又能防止膜的不可逆污染<sup>[4]</sup>。



1—膜出水;2—上清液

图 2 MBR 系统 COD 去除效果

淹没式 MBR 的膜组件长时间浸泡在生物反应器中,活性污泥中的微生物可以以膜丝为载体而附着生长,即在膜丝表面形成一层生物膜。这时膜生物反应器中存在的是一个悬浮-附着型生长系统,物种更为繁多,处理效果好于膜组件与活性污泥法的单纯组合,此时的 MBR 可称为“生物膜-膜生物反应器”。原水经由悬浮微生物降解所形成的上清液,在通过膜组件时,又被膜丝上的生物膜进一步吸收和分解,所以膜出水水质得到了提高和稳定。

(上接第 45 页)

术的成熟,将进一步降低甲醇车的生命周期总成本,此时,甲醇车的优越性将会逐步显现出来。

从加气加油站的经营者角度来看,CNG 和甲醇灵活燃料汽车的使用者达到一定数量,投资建设 CNG 加气站和加油站都将会获得良好的经济效益。

## 参考文献

- [1] 宋彦勤,李俊峰,张正敏.[J].中国能源,2000,(11):20-22.
- [2] 潘奎润.[J].商用汽车,1999,(6):6-10.
- [3] 黄志甲,张旭,余卓平等.[J].中国能源,2001,(8):30-33.
- [4] 杨建新,王寿兵,徐成.[J].中国环境科学,1999,19(3):285-288. ■