



中国工程热物理学会

代用燃料技术学术会议

论文集

一九九九

乐山

中国工程热物理学会编



目 录

1	甲醇燃料汽车的发展和评价.....	1
	潘奎润	
2	国际天然气汽车的发展对我们的启示.....	9
	石宝珩	
3	天然气和液化石油气作为汽车代用燃料是保护环境合理利用能源的有效途径	13
	傅茂林	
4	我国发展区域替代能源的战略	22
	刘治中 姚如杰	
5	组织区域性甲醇汽车示范性工程的方法探讨	29
	和晓驰 降连葆	
6	可燃气—机动车新的动力燃料	35
	黄飞 陶进庆	
7	我国发展 LNG 汽车的可行性探讨.....	41
	叶勇 张笑波 杨杰锋 王彦超 蒋向阳 赵春红	
8	柴油机排放控制与代用燃料	47
	叶淑贞	
9	车用天然气分析	55
	于喜亮	
10	美军应急代用燃料发展状况	59
	唐本义 姚如杰	
11	应用“奇点经济”研讨代用燃料.....	63
	周行卜	
12	国内外燃料电池技术的发展	77
	姚如杰 刘治中 刘晓	

13 混合动力电动车发展概况	83
盛宏至 潘奎润	
14 天然气汽车使用中存在的问题及对策	88
许世海	
15 YC6108Q 车用柴油/天然气双燃料发动机工作特性试验研究.....	94
左承基 欧阳明高 刘峥	
16 天然气—汽油双燃料发动机的试验研究.....	102
李兴虎 金克成 邢瑞栋 马重芳	
17 电控顺序喷射天然气专用发动机的开发.....	107
张付军 郝利君 黄英 葛蕴珊 侯惠苗 孙业保	
18 电控天然气—柴油双燃料系统应用技术研究.....	112
张幽彤 刘兴华 李建纯 李铁拴 常启波 董正阳 李跃 王小霄 陈叶楠	
19 汽车柴油机改造成天然气/柴油双燃料发动机的技术方案探讨. 116	
张红光 张锐 盛宏至 潘奎润 邢德云 刘凯 苏铁熊	
20 车用内置天然气气囊的应用分析.....	120
曲延涛 盛宏至 潘奎润 张红光	
21 氢发动机实际工作过程的数字仿真和性能预测.....	126
马捷 王亚丛 苏永康 陆景放 邓真权 郭小波 周玉成	
22 燃氢发动机与汽油机工作的性能对比和分析.....	132
马捷 陆景放 王亚丛 苏永康 郭小波 邓真权 周玉成	
23 二甲基醚燃烧特性研究.....	138
许斯都 尧命发 许峻峰 金萍	
24 废轮胎和生物质气化实验比较研究.....	147
阴秀丽 赵增立 徐冰燕 吴创之 陈勇	
25 乳化柴油对柴油机性能影响的研究.....	153
肖福明 杨滨 张锡朝 张济勇 张志强 王海泉 张亮	
26 现有汽车改善尾气排放的最佳途径.....	159
姜忠扬 郭富斌 贾红彦 温凤艳	

27	国家甲醇汽车示范工程营运情况报告	165
	朱自强	
28	铜基催化剂裂解甲醇制氢作为汽车燃料的研究	171
	董银谈 尹承绪	
29	固体废弃物油化/汽化技术	175
	李斌 潘忠刚	

甲醇燃料汽车的发展和评价

潘奎润

中国科学院工程热物理研究所 研究员
国际醇燃料会议国际组织委员会 主席

摘要

石油资源和环保问题正推动我国车用洁净代用燃料发展。本文介绍了主要代用燃料的物化特性、应用情况和存在问题。特别对煤制甲醇燃料汽车发展现状、排放性能、使用经济性和其前景做了介绍、分析比较,认为从资源、环境、经济、实用、方便和国家安全等方面考虑,煤制甲醇是很适合我国国情、极有前景的洁净代用燃料。

一、能源与环境

我国改革开放后,经济高速持续发展,有人估计¹到2020年前,年总产值有可能达到发达国家的一半,成为世界最大的经济大国。与此相应的能耗也将急剧增加。我国能耗1998年占全球的12%,美国占21%,而到2035年,我国将超过美国的15%,达到17%。

但我国能源资源,特别是石油,并不乐观。据美国能源部1996年资料,世界的矿物燃料资源可用年限如表1:

表1 矿物燃料资源可用年限

	煤	天然气	石油
世界 (年)	221	60	39
中国 (年)	85	62	19

即我国石油资源20年内将耗尽,世界石油也将在40年内耗尽。我国现已大量进口石油,据估计到2010年,年进口将增加5倍,达300万桶/天,相当沙特石油产量的一半。在巨大能耗压力下,我国能源安全已成迫切问题,相应环境问题也日益严重。随着石油快速消耗,寻找对环境友好、技术成熟、经济上可接受的代用燃料显得更加迫切。

世界交通能耗占总能源需求40%。汽车造成了严重大气污染。为了节约石油资源,必须提高汽车的能源利用效率,同时采用洁净替代能源,使汽车能源多样化,以迎接下一世纪的挑战。

我国正实施的清洁空气行动计划就是其重要措施。在此行动计划中,一方面提高现有石油汽车技术水平(如汽油电控喷射,尾气三元催化等),另一方面则根据不同地区资源情况,发展高效洁净代用燃料,新型汽车动力系统(如电动汽车,燃料电池)等。

二、 洁净代用燃料

对车用代用燃料主要要求为： 洁净、价廉、方便、技术成熟、效率高、易输配携带，资源丰富。因此有些燃料如煤粉、煤焦油等，未经特殊处理，不能作为洁净代用燃料使用。

按燃料状态，代用燃料可分为气体代用燃料和液体代用燃料。为了进行比较，首先了解各种燃料特性²（表 2）。

表 2 各种燃料的物理化学特性

	柴油	汽油	甲醇	乙醇	LPG	CNG	DME
化学方程	$C_{15}H_{28}$	C_7H_{15}	CH_4O	C_2H_6O	C_3H_8	CH_4	C_2H_6O
分子量	208	99	32	46	45	16	46
碳含量 (%m)	86.1	84.9	37.5	52.2	80.0	75.0	52.2
氢含量 (%m)	13.9	15.1	12.5	13.0	20.0	25.0	13.0
氧含量 (%m)	0	0	50.0	34.8	0	0	34.8
液态比重 @20℃ (kg/l)	0.840	0.740	0.795	0.790	0.540	-	0.668
低热值 (MJ/kg)	42.7	42.5	19.7	26.8	46.0	47.7	28.4
蒸发热 (KJ/MJ)	~6.0	~8.0	56.4	33.8	8.6	-	14.4
研究法辛烷值	-	95	>110	>100	~100	~130-	-
16 烷值	45-55	-	-	-	-	-	>55
CO ₂ 排放 g/MJ	74.2	73.3	70.0	71.5	63.8	57.7	63

LPG: 液化石油气(50%w C_3H_8 +50%w C_4H_{10})

CNG: 压缩天然气

DME: 二甲醚

根据物化特性，可了解各燃料有关混合气形成和燃烧特性。气体燃料和醇、醚燃料的分子量比汽、柴油小得多，对燃料和空气的混合、燃烧、抑制碳烟有利。醇燃料含氧，可促进燃料燃烧更完全，但其热值也下降。而其辛烷值高和蒸发潜热大，可用来提高发动机的热效率和功率；燃烧温度降低，导致 NO_x 排放量减少。

1. 气体代用燃料

天然气、液化石油气是目前一些城市和地区在大力开发的洁净燃料。天然气主要成分为甲烷。现世界上有 100 多万辆天然气汽车在使用，我国也已有 4600 辆在运行。

天然气和液化气汽车尾气较干净，是很好的洁净代用燃料，价格也便宜（取决于政策）。但是压缩天然气 CNG 汽车最大缺点，除需输气管网外，建站费也贵（400 万到 800 万元人民币），高压储气罐大而重，受汽车空间限制，汽车续驶里程短（100 多公里）。因此，大多数天然气汽车都做成两用燃料形式。当加不上天然气时，可直接燃用汽油。天然气可在-162℃液化，体积为气态的 1/625。使用液化天然气，续驶里程可增加，建站费也较低。但液化需耗能，只有利用气田的天然气自身高压膨胀冷却液化才经济。海上运输天然气，也常用液化法，到岸后再气化使用，如同 LPG。

液化石油气 LPG 是由油田轻烃回收或炼厂产生。使用情况和天然气差不多。国外已有 300 多万辆，国内也有 6000 多辆。由于在压力下以液体状态储存，体积较小，续驶里程较长（400 公里），储运较方便，建站费较低（80-90 万元），价格也较便宜（1.6 元/升），使用上有经济效益，但是，LPG 在国内资源少，

炼厂催化裂化产生的 LPG 含烯烃多 (60%), 不宜作车用。大量使用需进口。

二甲醚 DME 由甲醇脱水制成, 或直接从合成气加工制成。其 16 烷值高, 有良好的自燃性和无烟燃烧, NO_x 排放低, 即使在无 EGR 或氧化转换器下, 也可达到 EURO 3 的排放标准。被认为是柴油理想洁净代用燃料, 国内、外正在研究其应用技术, 尚无正式产品。其储运、使用方法同 LPG。但需开发专门的燃料系统, 才能用于柴油机上。

2. 液体燃料—醇燃料

(1) 甲醇燃料

作为液体燃料, 其储运、分配、携带、使用都和传统汽、柴油差不多。由于原料资源多和燃料洁净, 从 60 年代起, 就受到许多国家重视, 进行了大量研究开发、示范和生产。它是单一成分, 蒸汽压力低, 起动性不好, 须与汽油混合。目前甲醇产量 (1998) 180 万吨/年, 生产能力 250-300 万吨/年。按甲醇在混合燃料中的比例, 可分:

低比例甲醇汽油 M3/M5。可和汽油一样使用, 发动机不作任何改动。在欧洲等地曾大量当做汽油销售。一般要添加助溶剂 (TBA 等), 以防燃料分层。

中比例甲醇汽油 (如 M15) 发动机只需作调整, 技术问题较简单。曾在欧洲等国家进行过跨国界的车队示范。必须添加助溶剂。

高比例甲醇汽油 M85/M90 需对发动机改装优化, 其功率、排放和热效率都优于原汽油机, 续驶里程可达 500 公里。在欧、美、加、日等国曾进行过大量研究开发, 主要汽车制造厂都生产过产品或样车, 在政府支持下示范或出售。

灵活燃料甲醇汽车 (FFV 或 MFV) 由于甲醇加油站有限, 行驶里程受限制, 用户不便, 故开发了可使用汽油或醇与汽油以任何比例混合的燃料, 由燃料传感器识别成分, 通过电脑提供发动机最佳运行参数。这样就不会受到加油站限制。这种汽车商业前景很好, 已在福特汽车厂生产线上大规模生产, 供应市场。但近年由于世界石油不断降价, 使用甲醇不经济, 汽油车又在不断改进性能, 虽然政府出于环保考虑, 对醇燃料采取鼓励政策, 但市场未能顺利发展, 主要在政府部门中使用。缺少市场, 福特 FFV 生产线也已于去年停止生产。但 FFV 乙醇汽车仍还在生产线上继续生产。

我国从 70 年代初开始, 较系统地开展甲醇燃料研究。低比例甲醇燃料在四川省等地, 已有在加油站出售。国家科委从六五期间, 组织 M15 甲醇掺烧汽油 的研究、示范。曾在山西省进行过有 475 辆 M15 汽车和四个加油站的商品化运行示范。不过由于 M15 燃料中, 需添加防止燃料分层的助溶剂 (丁醇、杂醇、MTBE 等) 在我国不易廉价获得, 因而在七五期间, 科委组织了十几个单位进行 高比例甲醇 的试验研究; 同时, 又和德国大众汽车公司进行了历时七年的 M100 甲醇汽车国际技术合作研究, 以及与美国福特公司 FFV 合作研究。对国产发动机的优化改造, 与汽车匹配, 甲醇燃料配方、腐蚀抑制剂、专用机油、耐醇材料、排气催化净化、对环境 and 人体健康的影响等都进行了系统的研究。甲醇汽车技术和有关支持系统的技术问题, 都已基本解决。甲醇汽车经过了长时间的路试考验, 其中 SANTANA 甲醇汽车 (最多时有 14 辆) 累计行驶里程达 100 多万公里。目前仍有三辆在行驶, 单车最长行驶里程已有 16 万公里, 性能仍良好。

目前, 山西省在国家经贸委和国家科委支持下, 在省政府直接领导下, 正在进行高比例甲醇 (M85)

汽车的系统工程示范。目前已有 50 多辆国产甲醇中巴车在山西进行商业示范。山西甲醇供应价格为每吨 1200 到 1400 元。省政府决定, 将进一步扩大示范、生产规模, 今年将发展 550 辆, 两年内发展到 3000 多辆, 以甲醇燃料和甲醇汽车来带动山西省经济的发展。

目前, 从世界范围看, 甲醇汽车是处于低潮。但是在中国, 由于资源煤多油少, 在产煤地区, 由煤联产甲醇的成本已可和汽油竞争, 在省政府优惠政策支持下, 甲醇汽车已受到人们的欢迎。

(2) 乙醇燃料

由于乙醇燃料主要从农作物制取, 属可再生能源。在生态循环中, 可减少大气中的 CO_2 和温室效应, 受到许多国家高度重视, 作为车辆的重要环保措施。目前国际上对以 10%乙醇作为含氧物加入汽油中和以乙醇为燃料的小轿车、大客车、公共汽车和重型车等, 仍在继续生产、使用。巴西的世界最大乙醇燃料计划, 虽由于国际石油落价、本国发现石油资源, 政府要减少对乙醇补贴, 使乙醇汽车数量有所减少, 但仍还有许多乙醇汽车在行驶。

我国现有乙醇生产能力为 500 万吨, 产量 170 万吨。作为燃料在汽车上的使用技术和甲醇基本相同, 难度还更小些。但每吨价格 4000 到 5000 多元, 是推广的主要障碍。从纤维质制取酒精的技术正在开发, 很有希望, 但目前收率还太低, 未过关。

(3) 燃料电池

燃料电池 FC 是使燃料通过电化学反应, 直接变成电能, 驱动电动汽车。直接燃料电池的能量转换效率比内燃机要高 2-3 倍以上, 而且无污染 (排出 H_2O 和 CO_2), 从能源利用率和环保方面考虑都是很理想的, 将来有可能替代已有 100 多年历史的内燃机, 因为内燃机虽是目前热机中效率最高的, 但它受到卡诺循环温度限制, 难于大幅提高。当前主要国家都在投入很大力量研究、开发。一些大汽车厂已有雏形的、以氢气为燃料的 FC 汽车或车载甲醇裂解氢 FC 汽车展出示范, 宣称在 2004 年将有产品问世。国外许多人认为 FC 汽车将有可能比纯电动汽车的电池更早开发成功。美国已有小型 FC 发电装置在市面出售, 但属氢燃料 FC。

国际公认 FC 最理想的燃料是甲醇, 因为甲醇含氢, 分子结构简单 (比汽油)。各国集中力量研究以甲醇为燃料的间接 FC (通过甲醇裂解制氢) 和效率更高的直接 FC。许多人认为, 甲醇的未来前途将是作 FC 的燃料。

目前间接 FC 的系统能量转换效率还不高, 据德国 98 年资料³, 甲醇裂解装置效率: 60%, CO 分离装置: 63%, 质子交换膜燃料电池: 56%, FC 总能源转换效率只有 21%, 比内燃机的优势还不明显。当然这一技术还在不断发展中。真正能源转换效率高的汽车 FC 可能是不经过裂解过程的液体燃料 (如甲醇, 汽油) 直接燃料电池, 国际上当前还在研究阶段。中科院大化所等也在科技部和中科院支持下, 大力开发燃料电池, 但离开实用, 还有一定距离。

三、 代用燃料的比较

1. 排放性

国际能源机构 IEA 曾组织芬兰、美、加、荷等八个国家, 为了评估实际中使用的代用燃料汽车性能,

于 1990-1995 年在芬兰技术研究中心 VTT 对各国生产的 14 辆使用不同燃料—汽油（新配方汽油）、柴油、M85、LPG、CNG—汽车，按 FTP 工况法，在转鼓试验台上进行了排放评估⁴。代用燃料车中，只有一辆 CNG 汽车是由汽车厂优化生产的。其结果如表 3：

表 3 常规排放物 最低值/最高值

+20℃ FTP 程序 g/km	CO	HC	NO _x
汽油（无催化净化）	5.32 / 12.6	1.06 / 1.48	1.93 / 3.35
汽油	0.86 / 2.08	0.08 / 0.10	0.20 / 0.43
M85	0.20 / 1.43	0.03 / 0.06	0.04 / 0.19
LPG	0.71 / 1.07	0.09 / 0.14	0.10 / 0.21
CNG	0.32 / 0.48	0.21 / 0.61	0.06 / 0.19
柴油	0.08 / 0.40	0.05 / 0.14	0.40 / 0.94
-7℃ FTP 程序 g/km	CO	HC	NO _x
汽油（无催化净化）	10.3 / 18.1	1.43 / 2.41	2.13 / 2.70
汽油	3.27 / 6.75	0.30 / 0.50	0.09 / 0.22
M85	2.56 / 4.19	0.39 / 0.86	0.06 / 0.07
LPG	1.17 / 1.49	0.19 / 0.23	0.20 / 0.29
CNG	0.51 / 0.58	0.39 / 0.23	0.13 / 0.20
柴油	0.13 / 0.72	0.07 / 0.18	0.45 / 1.05

从表 3 的常规排放上可以看出，各种燃料的排放受气温影响大。气温低，各种燃料的排放都较差。汽油车未经三元催化的排放很差，经三元催化后，则有较大改进，但仍不如经过三元催化的 M85 好。说明 M85 甲醇是比汽油更清洁的燃料。柴油机 CO、HC 虽低，但其 NO_x 最高，M85 的 NO_x 则是所有的燃料中最低的，比 LPG 和优化了 CNG 都更低。M85 的 HC 排放量在常温下是最低的，但在低温（-7℃）下，则等于 CNG 的，略高于 LPG 和柴油的。

甲醇汽车在非常规排放方面（表 4），其 1, 3 丁二烯（光化学烟雾氧化剂）和苯（致癌）排放含量都远远低于汽油，和 CNG、LPG 相同，但是，醛和未燃甲醇则较高，特别是在温度较低时，虽然其绝对值不大（常温下未超过加州标准的 9.5 mg 和 243 mg/kg），但在低温时的排放量还是较大的，今后要进一步调整发动机和开发专用甲醇排气催化剂来降低这两种排放物，才能达到加州的严格标准。

表 4 非常规排放物，平均值

+20℃ FTP 程序 mg/km	1,3 丁二烯	苯	醛	甲醇
汽油（无催化净化）	11.8	55	43	0
汽油	0.6	4.7	2.5	0
M85	<0.5	1.5	5.8	79
LPG	<0.5	<0.5	<2	0
CNG	<0.5	0.6	<2	0
柴油	1	1.5	12	0
-7℃ FTP 程序 g/km	1,3 丁二烯	苯	醛	甲醇
汽油（无催化净化）	10	69	44	0
汽油	1.7	18	2.6	0
M85	0.5	11	23	810
LPG	<0.5	1.1	<2	0
CNG	<0.5	0.9	<2	0
柴油	1.6	1.9	16	0

上述 IEA 试验中用的汽油是重新配方汽油，质量较好。另根据瑞典 83 年的试验结果⁵（见表 5），使用普通汽油，则汽油机排放中的乙烯（造成光化学烟雾的氧化剂）、PAH 多环芳烃（致癌物）都高于甲醇的。

表 5 甲醇汽车非常规排放物与同型汽油汽车尾气的对比（FTP-15）

	M95 无催化	M95 有催化	汽油无催化	汽油有催化
HC (FID 法) g/km	-	-	1.5	0.1-0.4
甲醇 g/km	3.4	1.3	-	-
苯 mg/km	-	-	~100	10
甲醛 mg/km	110	20	20-40	2
乙烯 mg/km	13	2	70-90	8
PAH 多环芳烃 μg/km	6	3	30-170	3
亚硝酸甲脂 mg/km	5.7	0.6	0.1-0.2	0.13

根据中德科技合作 M100 甲醇汽车联合研究试验合作项目，由中方研究组进行发动机模拟汽车道路试验，对没有尾气催化净化装置的桑塔那甲醇发动机和桑塔那汽油发动机排放试验⁶，其结果如表 6 所示

表 6 桑塔那甲醇机和汽油机在模拟汽车道路试验工况下的排放试验结果

	HC ppm	CO %	CO ₂ %	NO _x ppm	CH ₃ OH ppm	CH ₂ O ppm
汽油机	190~217	0.37~1.23	9.8~14.0	80~>2500	1.9~13.6	0.22~69.85
甲醇机	50~85	0.02~0.65	10.0~13.7	50~940	853~2568	53~192
取平均值相比						
	HC	CO	NOX	CH ₃ OH	CH ₂ OH	
甲醇机降低	63%	80%	70%	-360 倍	-6.5 倍	

上述试验结果和 IEA 的基本一致。说明甲醇机的常规排放都比汽油机好；在非常规排放中，1, 3 丁二烯、乙烯、苯和多环芳烃排放也少，只有未燃甲醇和甲醛比汽油机差。

虽然甲醇车的 CO₂ 排放比汽油车稍小，但从燃料开采、加工到汽车使用寿命终结的整个生命周期考虑，煤制甲醇汽车所产生 CO₂ 比来自石油的汽油车或柴油车更多⁸，国际上从环保考虑认为，发展煤制甲醇汽车会增加全球温室效应。如何在煤制甲醇生产过程中，减少 CO₂ 的产生（如提高生产中能量利用效率、CO₂ 再循环、利用等），也是很重要课题。

2. 使用经济性分析

甲醇汽车的使用经费核算⁷包括车辆购置费：（1）车价、购置费、牌照费等和（2）车辆使用费：燃料费、维修费、保险费（车价 10%）、验车费、养路费（1000 元）等共两大部分。为了便于经济核算与汽油车比较，特作了如下假设：

- （1）车辆使用年限 10 年，总行驶里程 20 万公里。
- （2）国产化轿车，汽油车 15.94 万元，甲醇汽车 16.44 万元。
- （3）维修费为新车价的 3%，甲醇汽车另加 475 美元维修费（按福特 FFV 油泵维修费高的经验），折合人民币 3943 元。
- （4）汽油车百公里油耗 7.468 升，M85 甲醇汽车为 12.65 升。M85 对汽油的燃料替代比 1.7，

M85（体积比）按重量组成为甲醇 8.55 公斤，汽油为 1.40 公斤。

(5) 93#无铅汽油，山西省油库进价 2710 元/吨，加油站售价 3308 元 /吨。

(6) 甲醇成本自 1100 元/吨（低估）到 1500 元/吨（高估），售价按汽油的利润计算：甲醇 134 元/吨（低）到 1830 元/吨（高）。

上述假设中，车辆燃料经济性均引自中美两国“3E”研究采用的数据⁸。
计算结果见表 7。

表 7（万元） 甲醇汽车与汽油汽车的使用经费按成本和价格估算的比较

	按成本计算		按价格计算	
	汽油汽车 (基准)	甲醇汽车	汽油汽车 (基准)	甲醇汽车
购车费	15.94	16.44	15.94	16.44
购置费	1.59	1.64	1.59	1.64
养路费	1.00	1.00	1.00	1.00
保险费	3.50	3.50	3.50	3.50
维修费	4.78	5.32	4.78	5.32
燃料成本费（低估计）	2.97	2.64	3.63	3.23
燃料成本费（高估计）	--	3.32	--	4.06
总计（低估计）	29.78	30.54	30.44	31.13
总计（高估计）	--	31.22	--	31.96
增加（低估计）	--	2.6%	--	2.3%
增加（高估计）	--	4.8%	--	5.0%

由表 7 可见，不论按燃料成本还是按燃料价格计算，与汽油相比，甲醇燃料都低于汽油燃料。但是甲醇车使用总费用却高于汽油车。主要在于甲醇车价（高 5000 元和相应的税）和维修费（多 3943 元）较高，不能由燃料费用节省所弥补。用户使用甲醇车将不如使用汽油车合算，除非降低甲醇车价，靠提高技术进步，降低维修费用。

但是，如果政府采取优惠政策，对甲醇车实行免征购置费，养路费减半（实际优惠项目有 10 项），则其总费用见表 8。

表 8 甲醇车享受优惠政策后的使用费用与汽油车的估算比较

	汽油汽车	甲醇汽车
总计（低估计）	30.44	28.99
总计（高估计）	--	29.82
增加（低估计）	--	-4.85
增加（高估计）	--	-2.0%

从表 8 可知，在实施上述优惠政策后，甲醇汽车的总费用比汽油汽车略低，具有经济效益。因此，在推广甲醇汽车之初，必须有政府政策支持，才能进行下去。此结论对所有代用燃料都适用。从发展上看，随着代用燃料汽车技术进步和产量扩大，其生产成本和维修费用都将会进一步降低，接近同类型汽油车。

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，增加一油罐、油槽车和加油机，选用耐腐蚀、耐溶胀材料即可。增加一套甲醇加油系统，估计约需投资 22.5 万元人民币⁹。因此，甲醇加油基础设施是代用燃料中最便宜、最易实现的。

四、小结

1. 石油资源和环保问题正在促进我国洁净代用燃料的发展。如何因地制宜, 选择发展使用方便、性能好、经济上可行、技术成熟、资源丰富、能源利用率高、对环境友好的代用燃料, 已提到人们面前。
2. 甲醇汽车的动力性和排放比汽油车好, 储存、输配、携带和汽油车类似, 使用方便, 易于推广; 原料资源广泛, 尤适合我国煤多油少资源特点, 并有利于国家安全。甲醇汽车在中国研究、示范多年, 其技术问题已基本解决。在地方政府政策支持下的示范工程显示, 其使用经济性已可能和汽油车竞争。煤制甲醇作为车用洁净代用燃料是现实和有前途的。作为未来燃料电池燃料的前景也是非常光明。
3. 甲醇汽车排放低。其 NO_x 量远低于汽、柴油汽车, 也低于 CNG 和 LPG 车, 这对改善城市大气污染很有意义。任何燃料汽车在低温时, 有害排放都增大。带尾气三元催化的甲醇燃料汽车在常温或低温下的常规排放比用新配方汽油有三元催化的汽油车排放更好。在非常规排放中的 1, 3 丁二烯、乙烯、苯、芳烃等含量也更少。
4. 为了便于使甲醇汽车能在更大范围行驶, 发展我国自己的灵活燃料汽车 FFV 系统是必要的。同时还要进一步改进发动机和开发甲醇车尾气专用催化剂, 以解决醛和未燃甲醇含量虽其绝对值不大, 但仍高于汽油车的问题。对甲醇汽车的耐久性也要进一步考验。
5. 发展醇或其它任何其他代用燃料汽车, 必须因地制宜, 而且都是一个很大的系统工程, 必需有政府的参与和支持。

参考资料

1. Dannis Schuetzle etc. The Automotive Industry and the Global Environment—The Next 100 Years. Presented at 1998 FISITA World Automotive Congress : The Second Century of the Automobile. Paris. Sept. 27 Oct. 1998
2. 吴吉湘: 车用代用燃料 中国工程热物理学会代用燃料学术会议论文集 PP115-1136 太原 1997 年
3. Winfried Bernhardt: Fuel-Cell Engine Research in Germany Presented at the 12th International Symposium on Alcohol Fuels, Beijing 21-24 Sept. 1998
4. Nylund etc. Performance Evaluation of Alternative Fuel/Engine Concepts 1990-1995. Final Report to IEA Technical Research Center of Finland ESP00 1996
5. K.E. Egeback etc. Chemical and Biological Characterization of Exhaust Emissions from Vehicles with Gasoline, Alcohol, LPG and Diesel. Report SNV PM 1635, 1983
6. 中科院生态环境中心: M100 甲醇发动机排放性 中德科技合作项目 M100 甲醇汽车试验研究总结材料之七 M100 甲醇汽车试验中方组, 北京 1992 年 5 月。
7. 张锐等: 汽油汽车、甲醇汽车与电动汽车在经济、环境和能效方面的比较 中国工程热物理学会代用燃料学术论文集 PP315-322 太原 1997
8. 中美合作: 中国山西省和其他富煤地区把煤转换成汽车燃料及其应用的经济、环境和能源利用的生命周期评估总结报告概要 北京 1997 年 7 月
9. 降连葆等: 山西省 FFV 燃料输配系统的建立及其经济评价 中国工程热物理学会代用燃料学术论文集 PP195-202 太原 1997 年。

国际天然气汽车的发展对我们的启示

石宝珩

中国石油天然气集团公司科技部 (100724 北京)

国际天然气汽车协会 (IANGV) 每两年举办一次研讨会暨展览会。我有幸于 1996 年 10 月在马来西亚吉隆坡、1998 年 5 月在德国科隆参加了第五届、第六届国际会议。

第五届会议有 39 个国家和地区注册代表 514 人参加了会议, 有 22 个国家 78 家公司 (企业) 参加了展览会。

第六届会议有 1000 人参加了会议, 有 87 家公司参加了展览会。

天然气汽车 (NGV) 工业自 70 年代开始至 1998 年, 已有 45 个国家拥有天然气汽车。经过 20 年时间, NGV 工业走过了曲折的道路。在一些国家有起有落, 还存在一些问题需要解决, 但总的趋势是向前发展。

1. 天然气汽车技术发展动态

这几年, 国际上天然气汽车技术发展很快, 突出表现在:

1.1 原装天然气汽车

目前, 全世界已有 43 家原车生产厂 (OEM) 生产种类繁多的天然气汽车。

1.2 采用电子闭环控制燃气喷射型发动机

当前, 天然气汽车大多采用电子闭环控制燃气汽化型发动机 (国际上第二代产品) 或电子闭环控制燃气喷射型发动机 (国际上第三代产品), 又大多集中于后一种。

我国目前采用的仍是国际上第一代产品——机械控制燃气汽化型或电器控制燃气汽化型改装系统。

1.3 降低天然气汽车排放水平的新技术

为进一步降低天然气汽车的排放水平，一些企业选用了稀薄燃烧技术，污染物比柴油机可减少一半，配以氧化催化器还可进一步降低。另外一些倾向于选择理论燃烧形式，使用三元催化器，采用空燃比(λ)传感器实现闭环控制。

1.4 CNG 储气瓶

CNG 储气瓶研究是 NGV 技术中的一个长久的热点。为综合优化气瓶的各项性能，美国燃气研究协会(GRI)与世界上一些有名气的气瓶生产企业及科研院所合作，开展了大量的研究工作。美国大约有 70% 的 NGV 气瓶是按复合材料缠绕设计的。但其他国家大多数采用的还是钢瓶。复合材料缠绕气瓶在成本和安全方面仍面临着挑战。

1.5 CNG 加气站建设

“撬块化”毫无疑问是 CNG 加气站发展的一个趋势。此外，“模块化”也可能成为一个发展趋势，即将加气站划分为几个标准模块，由不同的企业生产，再由加气站装配商组装销售。加气站生产商们除了在压缩机性能、加气站电子化控制等方面竞争外，所采取何种安全措施也是吸引客户的一个很重要的方面。小型慢充汽车加气装置(VRAs)在一些国家很流行，但在另外一些国家目前还完全没有找到市场。在寸土寸金的日本，建设地下加气站是一种选择。地下加气站和移动式加气站的推出，都是在修改了有关法规之后成为可能的。在标准法规与生产需要出现矛盾时，日本人的解决方式是：修改标准法规。

1.6 重视标准工作

目前 IANGV 正协助 ISO 制订国际标准，至少有 20 余种标准正在制定之中。其中 CNG 气瓶标准已得到批准。此外，一些国家的部分标准被国际上广泛接受(例如美国的 NFPA-52 标准和 NGV-2 钢瓶标准，新西兰的 NZS5454 轻型钢瓶标准)，产品制造商将其作为产品设计、制造的指导性文献。

2. 启示与建议

2.1 加快技术开发

先进、成熟、可靠的 NGV 技术是 NGV 工业快速发展的必要条件。在天然气汽车技术方面，我国与国际上的差距仍然很大。我国应加快国外先进技术的引进、消

化和吸收，并且加大自主科研开发力度。为此，建议：

第一、重点抓好三个方面的技术开发工作：一是依靠科研院所进行天然气汽车的基础性研究，推动主机厂大力开发原装天然气汽车和天然气发动机；二是加快轻型钢瓶、复合材料气瓶的基础性研究；三是加快高性能 CNG 压缩机（以及撬装加气站系统）的开发。

第二、国家有关部门应组织制定《天然气汽车技术开发规划》，从基础研究、实用技术和高技术三个层面同时发展。政府部门在资金上予以保障，各企业与科研院所积极参与并多方面融资，将我国天然气汽车技术提高到一个新水平。

2.2 标准化工作应向国际靠拢

我国现已批准了 8 项 NGV 国家标准和行业标准，并仍在继续组织有关标准制定工作。但是其中有些标准与国际标准（主要是与国际上通用的其他国家的标准）的规范不完全一致。如意大利采用新西兰 NZS5454 标准向欧洲提供的轻型钢瓶，在我国却不能使用这种产品。又如，根据我国标准，引进的撬装式加气站（如 CUBOGAS 加气站）由于压缩机与储气瓶组之间的距离而不能投产。

因此，我们一方面应遵循业已颁布的国家标准和行业标准，避免由于违反标准造成损失；另一方面，如果现行标准中不合理或不现实的内容，通过研究论证，根据实际情况，应及时进行修订。

2.3 “政府—行业协会—企业”共同推动 NGV 发展

当今世界天然气汽车工业舞台上，国家（或地区）的天然气汽车（或天然气）协会非常活跃。例如欧洲天然气汽车联合会（European NGV Association）、美国天然气汽车联合会（NGV Coalition）、加拿大天然气汽车联合会（Canadian NGV Alliance）、澳大利亚天然气汽车委员会（Australasian NGV Council）和日本燃气协会（Japan Gas Association）。加拿大和日本都是由本国的 NGV 协会组团参加国际 NGV 会议和展览的。

天然气汽车协会在推动天然气汽车工业发展方面的主要作用表现在：促进技术与信息的交流；组织技术开发与基础研究；组织制定标准；将企业界组织起来，为他们开拓市场，促进商贸和技术进步；游说政府并为政府制定政策提供建议；分别与政府和企业界紧密合作，作为政府与企业之间的桥梁传达信息。

政府的主要作用表现为：为发展天然气汽车制定优惠政策，给予财政补贴；与天然气汽车协会合作，推动本国天然气汽车工业的繁荣。

目前，国内各界对政府在天然气汽车工业发展方面的重要性已取得了普遍的认

识，但这往往又导致把所有问题都推给政府。政府作为一个精炼的办事机构，本身是没有技术力量完成这些工作的。政府功能的重点只应表现为“制定政策和给予财政支持”。

因此，我们感觉我国现在很需要一个天然气汽车行业协会，这个协会的性质可与 IANGV 类似，收入主要依靠会费和社会赞助。

2.4 加强国际技术交流

当今，世界全球化趋势正使得科技以飞快的速度在全球传播和发展，生产过程中的全球化采购和资源优化配置使得产品的性能价格比不断提高，国际化趋势也使得企业之间优胜劣汰过程加速，优势企业实力得到进一步加强。

漠视这种全球化趋势必将导致我们与国际先进国家的距离不断拉大。因此，应加强与国际的交流与合作，其中的一个方面就是技术的交流。具体建议如下：

第一、密切关注、积极参加国际性的 NGV 技术研讨会与展览会，并对每次会议中的技术内容进行细致分析、认真吸收；

第二、邀请国际著名公司来华举行专题技术研讨会；

第三、在国内举行国际性的 NGV 研讨会与技术交流会、展览会；

第四、积极参加国际性科研合作，例如 IANGV 技术委员会的活动、国际标准化组织 NGV 标准制订工作等。

1999 年 8 月 10 日

天然气和液化石油气作为汽车代用燃料是保护 环境合理利用能源的有效途径

傅茂林

(天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室)

1. 为什么要发展代用燃料汽车?

关于这个问题的回答,自七十年代以来,几乎每隔十年都有所变化。同时,这个问题的回答也因国家和地区不同而不同。

最初提出发展代用燃料汽车的是发达国家在七十年代发生能源危机时期提出来的。因为这次能源危机几乎使工业发达的国家处于瘫痪状态,因此这些国家担忧国外切断石油供应及地球石油储藏的最终枯竭,促使了代用燃料汽车的研究和开发。然而在发展中国家,由于当时能源消耗量还不小,所以对能源问题并不很重视。

八十年代,环境保护和经济发展这两个因素进一步推动了可清洁燃烧的代用燃料在工业化国家中的应用;汽车排放法规逐步严格,并采取了强制措施。同时世界上大部分发展中国家已经开始注意到汽车保有量的增长,使石油使用量不断增加所造成的环境影响,但是他们对使用代用燃料还不是非常迫切。不过,出于经济方面考虑,低价代用燃料在一些发展中国家(如阿根廷和巴西)推动了代用燃料汽车的广泛使用。

九十年代,由于执行了严格的汽车排放法规,以及先进的电子控制技术的发展,使发达国家中的机动车废气有害排放物得到了较好的控制。但是,由于经济的持续发展,以及汽车保有量的剧增,汽车的有害排放物仍是城市大气环境的主要污染源。据统计,在城市中 78% 的 CO, 45% NO_x 和 37% 的 VOC (挥发性有机化合物) 都是由交通运输车辆所产生的。同时对国外切断石油供应及石油储量最终枯竭的担忧依然存在。例如目前美国石油使用总量的 50% 以上依靠进口,到 2010 年其进口量将达到 60~70%,其他发达国家也有类似情况同时发展中国家对石油需求也在不断增加。我国从 1994 年起已是石油进口国,每年需进口 1 千多万吨;到 2000 年预计将进口 4500 万吨;到 2010 年需进口石油 1.4~1.5 亿吨。目前虽然世界石油市场暂时还处于供过于求状况,但到一定阶段上述情况必将影响整个世界石油的供给和价格。因此,从能源的合理利用和能源多元化,以及环境保护的观点出发,研究、开发和使用代用燃料汽车可能是解决空气污染、石油供应中断以及石油储量最终枯竭问题的一个有效途径。

人们所注意的主要代用燃料也由七十年代、八十年代初的煤的液化燃料、醇类燃料转向天然气、液化石油气和电力等。

代用燃料通常比汽油、柴油便宜,这就使得代用燃料在经济上更具有吸引力。代用燃料的广泛使用可以减少空气污染,温室效应,以及水质/土壤的污染。世界上不少国家已经使用代用燃料汽车,并收到了积极效果。目前不仅发达国家的汽车制造业投入了大量人力物力,政府也制订了一些法规和扶植政策来推动代用燃料汽车的发展。许多发展中国家在促进使用代用燃料汽车方面也作出了很大努力。