

中国内燃机学会 2005 年学术年会 暨 APC2005 年联合学术年会论文集

黄荣华 饶如麟 主编



中国 · 武汉 2005 年 10 月

中国内燃机学会 2005 年学术年会 暨 APC2005 年联合学术年会论文集

黄荣华 饶如麟 主编

中国·武汉

2005 年 10 月

中国内燃机学会 2005 年学术年会 暨 APC2005 年联合学术年会

主办单位：中国内燃机学会

承办单位：湖北省内燃机学会

中国内燃机学会汽油机煤气机分会

中国汽车工程学会汽车发动机分会

协办单位：中国内燃机学会中小功率柴油机分会

中国内燃机学会燃烧节能净化分会

中国内燃机学会基础件分会

中国内燃机学会材料与工艺分会

时 间：2005 年 10 月 30 日至 11 月 2 日

地 点：中国·武汉

程序委员会

主 席：张小虞

副主席：蒋德明 阳树毅 刘永长 饶如麟 欧阳明高

委 员：苏万华 高宗英 李树生 沈 捷 卓 斌 朴甲哲

高孝洪 周明彪 刘巽俊 王建昕 李 康 平银生

路 阳 朱厚国

组织委员会

主 席：阳树毅

副主席：黄荣华 王士杰 陈小迅 陈上华

委 员：刘会猛 鲍东辉 祝维瑾 张惠明 杨学杰 周岳康

赵明好

编辑组

主 编：黄荣华 饶如麟

副主编：王士杰 陈小迅 刘会猛

编 辑：鲍东辉 叶小明 徐 波 祝维瑾

前 言

中国内燃机学会 2005 年学术年会暨 APC2005 年联合学术年会于 2005 年 10 月 30 日至 11 月 2 日在武汉华中科技大学学术交流中心举行。本次会议的宗旨是推进中国内燃机科学技术的发展,加强内燃机工作者的相互了解、增进友谊,促进学术交流与合作。

本次会议共收到 172 篇投稿论文,每篇论文送两位同行专家教授评审,根据评审意见,择优选择了 123 篇论文作为宣读论文收入由华中科技大学出版社出版的论文集中,还选择了 38 篇论文作为书面交流论文与国内外专家的 16 篇特邀专题报告一起收入由会议内部印刷的本论文集中。本次会议收到的论文不仅数量多(为历年中国内燃机学会学术年会最多的一次),而且质量较高,涉及面广。论文内容基本上反映了近几年来我国内燃机工作者所取得的最新研究成果和应用成果,其中有相当一部分是国家下达的重要计划项目以及与国民经济发展密切相关的企业新产品开发项目。我们感谢所有投稿论文作者对本次会议的支持。

本论文集的出版印刷,是按照论文作者提供的电子文档编印的,在编辑中除了一些明显的书写错误外,一般都未作修改。由于时间仓促以及编辑水平有限,编印中的错误与不足之处在所难免,兹请广大读者和论文作者批评指正。

中国内燃机学会 2005 年学术年会
暨 APC2005 年联合学术年会

程序委员会主席 张小虞

组织委员会主席 阳树毅

2005 年 10 月

目 录

专 题 报 告

1. 发展煤基醇醚氢汽车燃料是替代石油的首要选择.....何光远, 蒋一子(1)
2. 内燃机工业为构建和谐社会做贡献 张小虞(7)
3. 复杂零件和模具的快速制造技术 黄树槐, 史玉升, 莫健华等(12)
4. 轿车汽油机采用HCCI-SI燃烧方式的潜力 蒋德明, 杨嘉林(19)
5. 我国汽车能源动力技术发展战略研究 欧阳明高(23)
6. 汽车用油发展及中国石油的对策 廖国勤(37)
7. **The Role of Nanoscience in Controlling Engine Emissions**..... Robert M Cdowell (43)
8. **Future Emissions Trends and Technologies to Meet Them**
..... I J Penny, A Skipton-Carter, N S Jackson, et al (44)
9. **Turbocharging Concepts for Downsized DI Gasoline Engines**
..... Dr. Tim Lake, Alex Marshall, John Stokes, et al (58)
10. **Hybrid Vehicle Technology for China** Nigel Gale (70)
11. **Natural Gas Engine Technology for China** Nigel Gale (84)
12. **Fuel Efficient and Cost Effective Gasoline Engine Technologies for China**
..... Dr. Guenter K. Fraidl, Dr. Jiang Hong, D.I Harald Alge (90)
13. **HSDI Diesel Engine for China-A Robust and Cost Competitive Solution to Lower CO₂**
..... D.I. Martin Binder, Dr. Wolfgang Schoeffmann, D.I. Michael Weissbaeck, et al (100)
14. **Alternative and Environmental Fuels for IC Engines**
..... Andrew Stodart, Hugh Blaxill, Volke Korte (110)
15. **Hybrid Electric Vehicle (HEV)——A Concept for the Future**..... P. Janssen (122)
16. 从德尔塔分析仪到爱欧尔分析仪 Johannes Reilhofer (128)

书 面 交 流 论 文

- CSICE2005-124** 喷嘴参数对TR燃烧系统性能的影响..... 杨德胜, 高希彦(135)
- CSICE2005-125** 内燃机活塞环CAD系统 黄文灌, 王星, 卢敏等(139)
- CSICE2005-126** 车用VNT增压器喷嘴环流场分析与叶型优化..... 赵小兰, 黄若(142)
- CSICE2005-127** 怠速工况下整车驾驶室振动大的原因分析..... 黎华平, 蒋国英(145)
- CSICE2005-128** 缸内直喷汽油机排放控制技术研究 向禹, 颜伏伍(148)
- CSICE2005-129** 在中国城市公交车上应用中国III阶段排放法规的适用性研究
..... 窦慧莉, 刘忠长, 李骏(152)
- CSICE2005-130** **INCA与Matlab接口函数在共轨柴油机标定优化中的应用研究**.....
..... 吴建营, 陈小迅(156)
- CSICE2005-131** 电子控制技术在LJ276QNE汽油发动机中的应用.....
..... 林伟健, 覃相兴, 苏建明等(159)
- CSICE2005-132** 薄壁件高位置精度孔加工的探讨 于学全, 郭进举, 曹景雷(162)
- CSICE2005-133** 混合动力摩托车的机电自动调控 陈辉, 董宏, 臧少武等(165)
- CSICE2005-134** **B231柴油机匹配1208系列商用车动力计算** 郑国世, 郑忠法(167)
- CSICE2005-135** 柴油发动机富氧燃烧理论分析 李胜琴, 关强, 朱宝全(170)
- CSICE2005-136** **HCCI发动机工作特性的数值模拟研究**..... 张欣, 李从心, 虞育松(173)

CSICE2005-137	进气管燃油热碰壁形成混合气的HCCI燃烧研究.....	胡宗杰, 李理光, 于水等(177)
CSICE2005-138	电控柴油机供油提前角的优化	莫海俊, 刘波, 黄永全(181)
CSICE2005-139	含氧燃料结合十六烷值改进剂改善柴油机燃烧与排放的研究	吕兴才, 张武高, 杨剑光等(183)
CSICE2005-140	某艇柴油发电机组减振降噪装置的应用	陈福, 郭文勇, 田洪祥(188)
CSICE2005-141	氮化+圆角滚压复合强化球墨铸铁曲轴的应用研究.....	程绍桐, 宋锦东, 王致钊(190)
CSICE2005-142	乙醇甲酯柴油混合燃料中乙醇含量对燃烧特性的影响	陈虎, 王建昕, 帅石金等(193)
CSICE2005-143	缸内直喷HCCI汽油机循环模拟研究.....	马青峻, 帅石金, 王志等(198)
CSICE2005-144	自然吸气与增压中冷柴油机湿式气缸套周向动态应变对比研究	毕玉华, 申立中, 杨永忠等(201)
CSICE2005-145	文曲利管在EGR系统中的应用研究	申立中, 郑伟, 雷基林等(205)
CSICE2005-146	燃烧室形状对排放影响的数值模拟研究	龚英利, 张惠明, 石俊伟等(209)
CSICE2005-147	降低柴油机噪声的措施及评价	舒歌群, 梁兴雨(214)
CSICE2005-148	车用发动机冷却系统翻水问题判断与解决	李建华(218)
CSICE2005-149	发动机主要摩擦副磨损故障形式及表面沉积物评定	彭光华(222)
CSICE2005-150	KIVA的网格建立和动网格调整的思想	王晓瑜, 陈国华(226)
CSICE2005-151	进气道喷油式汽油机的试验研究概况	王晓瑜, 陈国华, 庄瑞宜(230)
CSICE2005-152	高压油泵柱塞偶件漏泄量分析	吴欣颖, 李育学, 欧大生(233)
CSICE2005-153	柴油发电机组轴系自由扭振分析	张萍, 欧阳光耀, 吴欣颖(237)
CSICE2005-154	汽车发动机产业现状及发展策略	倪式如(240)
CSICE2005-155	缸内汽油直喷稀薄燃烧技术	周玉明, 胡健丽(244)
CSICE2005-156	汽车加热器内的燃烧组织	李国祥, 王桂华(248)
CSICE2005-157	OB系统知识简介	李强(252)
CSICE2005-158	135型直喷式柴油机缸内流场数值模拟计算	嵇智勇, 郭晓平(256)
CSICE2005-159	发动机润滑系统计算分析	姬小明, 戈非(261)
CSICE2005-160	试论内燃机的创新设计	林在犁(266)
CSICE2005-161	展望现代汽车发动机技术的发展前景	刘大华(270)

发展煤基醇醚氢汽车燃料是替代石油的首要选择

何光远，蒋一子

1 石油已成为汽车大发展的主要制约因素

妥的 10%左右测算，2010、2015、2020 年保有分别为 5500、8500 和 13000 万辆。

1.1 汽车要大发展

2000-2003 年保有量增长率在 11-16%，按稳

表 1 汽车保有量预测

实 际 保 有 量			预 测 保 有 量		
年份	保有量(万辆)	增长率(%)	年份	各单位预测(万辆)	增长率(%)
2000	1609	11	2010	5000-6000	12.5
2001	1802	12	2015	8000-8500	9
2002	2053	14	2020	10000-15000	9
2003	2383	16			

1.2 石油供应矛盾日益突出

我国 1996 年已成为石油净进口国，2000 年进口依存度达到 36.6%，超过警戒线。2004 年石油出现 4 个突破：消费量 3 亿吨(3.12)，增长量 5000 万吨(5200)，进口量 1 亿吨(1.43，其中原油 1.2)，

依存度 45%(45.7)。近 5 年进口平均年增长 2000 万吨。

国家中长期科学技术发展规划研究报告(征求意见稿)、中国石化集团公司经济技术研究院及各单位和人士对石油需求的预测（见下表）。

表 2 全国石油(当量)需要量预测

实 际 数 量				预 测 数 量			
年份	全国消费量 亿 T	增长量 万 T	净进口量 万 T	依存度 %	年份	全国需要量 亿 T	平均 增长量 万 T
2000	2.24	1366	5969	36.6	2010	4.3	2000
2001	2.28	399	6442	39.3	2015	5.2	2000
2002	2.48	1941	8079	48.4	2020	6.3	2200
2003	2.60	1221	9000	34.6			
2004	3.12	5200	14300	45.7			
5年平均		2025					

美国消费石油 7 亿吨，进口 4 亿吨。依靠强大的经济政治军事力量夺取。我国要进口 3-4 亿吨，是极具风险的。可能到 2015 年或稍后，依靠大量进口将难以为继。

1.3 世界将面临“真正的石油危机”

1998 年美国《洛杉矶时报》载文《即将来临的真正的石油危机》认为。“到 2010 年,全世界将消耗掉从经济到技术上都容易开采的全部石油的一半。今后 20 年左右，全球石油产量可能开始下降。不论是发达国家还是发展中国家，最终都会面临石油危机。”OPEC 石油储量 90 年代后期没有增长，中东石油资源占全球 65%，1997 年已开始

下降。美国调查“世界大多数大油田，已过高产期”。即使再发现几个大石油田，也改变不了总的趋势。根据中国石油学会石油炼制分会《21 世纪我国石油供给分析》报告的数据，2020 年左右石油储量和产量达到高峰值，随后迅速下降。到时发展中国家经济和汽车大发展，石油需要量大量增长，与石油资源和产量下降形成极大的矛盾。世界石油权威机构历年预测，石油资源 40 年左右枯竭。过去的石油危机是石油的外部原因，国际经济、政治、军事的影响。今后的石油危机是石油本身的短缺危机，是真正的石油危机。我国依靠大量进口，风险极大。

表 3 中东石油储量的峰值 (亿桶)

年份	合计	沙特	伊拉克	阿联酋	科威特	伊朗
1980	3464	1630	310	294	650	580
1985	3854	1690	450	324	900	490
1989	5510	1700	1000	960	920	930
1991	6410	2580	1000	960	940	930
1992	6410	2580	1000	960	940	930
1993	6420	2590	1000	960	940	930
1994	6420	2590	1000	960	940	930
1997	6550	2590	1130	960	940	930
1998	6520	2590	1130	960	940	900
2000	6520	2590	1130	960	940	900
2002	6520	2590	1130	960	940	900

表 4 世界石油--储量、产量和可采年数

年 份	1996	1998	1999	2000
储量(亿桶)	10188	10195	10338	10460
产量(亿桶)	231.5	237	262	262
可采年数	44	43	41	40
预测单位	Oil & Gas Journal	Oil & Gas Journal	BP	BP

表 5 各种汽车燃料常规排放平均值(国际能源机构)

g / km	氢 气	醇 醚		燃 气 类			石 油 类	
	氢	二甲醚	甲醇 M100	天然气	石油气	柴油	汽油有净化器	汽油无净化器
总排放量	0.037	0.194	0.485	0.935	1.16	1.165	1.875	12.87
CO	0	0.12	0.34	0.4	0.89	0.24	1.47	8.96
HC	0	0.04	0.043	0.41	0.115	0.095	0.09	1.27
NOX	0.037	0.034	0.102	0.125	0.155	0.67	0.315	2.64
	微	很少	很少	少	少	少	多	很多

表 6 含硫量

汽 柴 油 PPM			甲 醇
我国当前	欧 II	欧 III	PPM
200-300	500	150	0. 03

1.4.3 燃油致癌度最高

国际能源机构和美国甲醇研究院对汽车燃料

表 7 各种汽车燃料非常规排放量比较(国际能源机构)

g / km	氢气	醇 类		燃 气 类		石 油 类		
	氢	甲醇 M100	甲醇 M85	天然气	石油气	柴油	汽油有净化器	汽油无净化器
苯	0	0	1.5	0.6	<0.5	1.5	4.7	55
1.3 丁二烯	0	0	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	0.6	1.8
甲 醛	0	5.8	5.8	<2.0	<2.0	12	2.5	43

1.4 汽柴油在各种汽车燃料中燃烧性能和环保性最差, 致癌度最高

1.4.1 燃油在各种汽车燃料中燃烧性能最差

作为汽油标号的辛烷值在各种燃料中最低, 不用抗爆剂不到 90, 用了抗爆剂不到 100。而其他汽车燃料都在 100 以上。抗爆剂 MMT 有害尾气催化剂, 还有神经毒性。美国已停止使用, 我国也禁用。MTBE 不降解, 美国加州停止使用。柴油的十六烷值低是 45-55, 而二甲醚达 55-60。

1.4.2 燃油在各种汽车燃料中最不清洁

a. 燃油在各种燃料中常规排放量最高。国际能源机构 IEA 组织美国、加拿大、芬兰等 8 国, 对不同燃料的汽车按同样工况法进行排放评估: 石油类燃料排放最高(柴油排放 NO_x 和 PM 最多)。燃气类燃料次之, 醇醚(二甲醚与柴油相比)燃料较好, 氢气最清洁。

b. 硫有害尾气净化剂。我国石油含硫量高, 是百万分之 200-300, 要达到欧 III, 还有难处。进口石油也大部含硫。甲醇达到百万分之 0.03。

非常规排放物质的测定: 燃油含致癌物苯和丁二烯。最近美国健康和公共事业部将甲醛列为一类致癌物。美国甲醇研究院认为: 汽油机排放中的有机化合物的光氧化使汽油机的排放气生成二次甲醛, 考虑初次和二次全部甲醛时, 汽油汽车甲醛排放与甲醇汽车相当。美国甲醇研究院做了致癌度的比较试验。汽柴油都比甲醇高 3-5 倍。

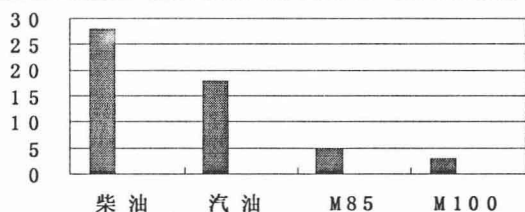


图 1 致癌度

甲醇、汽油、柴油都排放甲醛, 净化甲醛是共同的任务。甲醛可用氧化净化处理。山西净土公司试验, 尾气氧化处理后, 甲醇排放的甲醛达到汽油水平。

表 8 山西净土公司甲醛尾氧化处理试验

	催化前	催化后	净化率%
汽油机	40	4	90
甲醇机	88	3	96.6

我们需要对旧汽车燃料作科学的、全面的、客观的比较。70 年代的石油危机, 敲响了第一次警钟, 世界汽车公司和能源机构寻找清洁替代燃料, 至今已近 30 年, 还没有能代替石油的新燃料汽车大量推广使用。现在又敲响了第二次警钟, 面临真正的石油危机。石油必须被更大量、更优良、更清洁、更廉价的新燃料代替, 不仅是必然的趋势, 已十分紧迫。

2 石油气、天然气、乙醇不能成为大量替代石油的燃料

2.1 粮制乙醇

a. 我国粮食有安全忧患

水稻专家袁隆平: “我国的粮食安全线是 4.7 亿吨--人均 720 斤。[中国粮食问题白皮书。人均 1 亩耕地, 700 斤粮, 基本自给。过去曾说 1300 斤过关] (粮食中谷和麦占 2/3, 其它是玉米、豆类、薯类。用于口粮 400 斤、其它食品、种子、饲料和工业原料等), 1998 年, 我国的粮食产量 5.13 亿吨。以后 5 年, 粮食产量连续滑坡。2003 年, 下降到 4.3 亿吨, 缺口四五千万吨, 国家的粮食库存挖得差不多了。”现在已没有陈化粮了, 只能用好粮制乙醇。每年增加人口 1000 万, 粮食消费不断增长。粮食不可能成为大量的汽车燃料。在一个人口大国, 烧粮食是不可思议的事。

表 9 我国几年来粮食情况

	安全线	1998	2000	2003
产量亿 T	4.7	5.13	4.6	4.3
余粮万 T	0	+ 4300	- 1000	- 4000

b. 硫有害尾气净化剂。我国石油含硫量高, 是 200-300%, 要达到欧 III, 还有难处。进口石油也大部含硫。甲醇达到 0.03%。

粮制乙醇, 很不经济。制造 1 吨乙醇, 用 3.5 吨粮和 1.4 吨煤, 成本 4500 元/T, 高于油价, 要国家补贴。企业亏损, 投资难于回收。

2.2 石油气

a. 随石油而减少。我国 1996 年以来已进口占 30%, 达到警戒线, 中石化集团科学研究院预测, 2005 年将达到 50%。

b. 价格随石油而上涨。

c. 北京使用情况。出租车 6 万多辆, 登记液化石油气汽车 3 万辆, 实际使用只有 1 万多辆。71 家加气站, 已停用 30 家。北京市对新的出租车已无液化石油气的要求。上海的情况也如此。山东临沂开发了液化石油气加二甲醚, 改善液化石油气燃烧性能, 已装 30 多辆汽车试验, 有明显效果。

表 10 石油气历年的消费量和进口量预测

	实 际		预 测		
	1996	1997	1998	2000	2005
消费量 万吨	1123.4	1232.9	1562.8	1380	2220
进口量 万吨	355.0	358.2	476.6	480	1140
进口量占%	31.6	29	30.5	34.8	51.4

注: 国家计委能源所 中国石化集团公司石油化工科学研究院

2.3 天然气

a. 资源并不丰富。到 2020 年就要进口 800~1000 亿 m^3 。

b. 建站投资大, 每座 500 万元。

c. 因安全性还未解决, 加气站建在郊区, 加气不方便, 影响普及。

d. 北京的情况。没有用于出租车。全市 18400 辆公交车, 只用了 2539 辆, 占 13.8%, 还是世界最多, 计划 2008 年增加到 4000 辆, 到时公交车达 2 万多辆。难于大量普及。

1956 年在苏联已发展了天然气汽车, 随后发展了石油气汽车。至今全球天然气和石油气汽车只有几百万辆。经历了 50 多年, 只占全球汽车保有量 8 亿辆的千分之一。

汽车需要长期的每年亿吨级的燃料。年供百万吨级、千万吨级和只能用二三十年的燃料不能成为汽车的主要燃料。并将会使燃料供应系统复杂化, 都达不到经济规模, 最终将无竞争力而败出市场。

表 11 天然气预测

	1997	2010	2020
消 费 量 亿 m ³	213	900-1000	1800-2200
中石化集团石化科研院	213	950	2037
中石油天然气集团勘探科研院分院		800—1000	1800—2200
发改委能源所课题组的研究报告			2000
生 产 量 亿 m ³	223	700-800	1000-1500
中石化集团石化科研院	223	700--750	1000--1500
中石油天然气集团勘探科研院分院		700—800	1000-1200
缺口量亿 m ³		200	800-1000
中石油天然气集团勘探科研院分院		100-200	800-1000
发改委能源所课题组的研究报告			500-800

3 电动汽车要成为大量使用的汽车, 前景尚不明朗

3.1 蓄电池汽车国外已停止发展

电池的能量密度、寿命、价格和续驶里程达不到汽车的要求。国外已停止发展。通用和福特已回收。国际展览会和国外报导几乎不见了。只能“用于老电瓶车范围”, 但价格高。东风公司的销售方向定位于高档娱乐场所。蓄电池汽车要达到汽车的要求, 可能需要长期的研究过程。最近有报导说, 春兰集团研发的镍氢动力电池在比能量和寿命方面有突破, 但何时可成为大量生产的商品仍需时日。

3.2 燃料电池汽车大发展的前景尚不明朗

a. 高效率与零排放与理论有差别。氢不是一次能源。燃料电池与内燃机比较, 要考虑从燃料制备到汽车的全过程。最新版《德国 BOSCH 汽车工程手册》(一般的信息宣传性多)“燃料电池的实际效率 51-48%制氢时还要脱除对铂催化剂有害的 CO, 再压缩或液化, 其效率为 75%, 综合效率 36-38%, 相当于现代柴油机效率。催化剂随使用时间而减弱, 燃料电池的效率下降, 要经过长期的努力可能与内燃机相近。燃料电池的寿命还难于预测”。燃料电池汽车可零排放, 但在制氢时有 CO、CO₂ 和其它微量排放物。

b. 汽车和燃料价格特高, 难进市场。奔驰公司的燃料电池成本 3 万美元, 同级汽车内燃机 3000 美元, 高 10 倍。经长期努力(已从 NECAR-1 到 NECAR-5), 降不下来, 价格不能为多数人接受。通用和奔驰认为要产业化为时尚早。美国 80 年代的“新一代汽车”, 节油从百公里 9 升降到 3 升, 价格比汽油机汽车高 1.5 万美元, 进不了市场

而失败。燃料电池高出 2.7 万美元。煤制氢成本最低, 每吨 5000 元(中石化), 电解水制氢更高。

c. 全新的产品结构和燃料供应系统, 漫长的建设过程, 赶不上石油枯竭的进程。与内燃机无继承性。从专用材料到制造配套件和氢的供应设施, 全都要新建, 漫长的大规模和大投资的建设过程, 赶不上石油枯竭的进程。

d. 大量用铂, 难成为长期大量的汽车。按同济大学一位教授计算, “全球铂可采储量 4650 吨, 当前 50KW 的燃料电池用铂 100 克, 即使下降到 1/10(国外预测是 15-20 克), 不计采收率, 不考虑其它用途, 全部用于汽车(当前汽车占 50%), 当前全球汽车产量 6000 万辆, 年需铂 600 吨, 用不到 10 年(按其它计算大体相近)。代铂催化剂谁也说不清(丰田用钌, 在铂族中占 15%), 何时能成为大量使用的现实”。大量的汽车建立在用很多稀有贵金属的基础上, 是不可思议的事。燃料电池汽车可能需要较长期的研究试用过程。

3.3 混合动力汽车经济使用范围较小

a. 节油 10-50%, 排放可达欧 III, 成本高达 30%(东风科技部)。因道路和时间段的通堵而效果不同, 特大(100 万人口)城区最好、城郊有效、公路上无效果(丰田研究所长)。车价较高, 比同级别的非混合动力车贵 1/3, 有一定市场, 在日本、北美已批量投放市场, 截止今年 3 月底, 丰田的普锐斯已在美国销售 14.7 万台, 今年计划全球销售 30 万辆。凌志 RX400h 和混合动力 SUV 从今年四月开始在北美发售。本田也先后推出了三款混合动力车型, 全球累计销售量突破 10 万辆。

b. 西欧的汽车公司主张用柴油车, 柴油车比汽油车节油近 30%, 环保性能也比汽油机优越, 各种地区普遍有效, 在巴黎国际车展上, 原先少

用柴油机的美国和日本汽车公司都展出新柴油机, 丰田还展出柴油机混合动力汽车。

混合动力汽车也可使用其它新燃料, 包括醇醚燃料。

4 我国汽车燃料将面临“风险”和“安全”两种前景, 代替石油的任务已十分紧迫

一种是依靠进口能源为主的“风险前景”。是制约汽车大发展的前景。

一种是依靠本国资源为主的“安全前景”。是确保汽车大发展的前景。

利用本国相对丰富的煤资源, 制造亿吨级、清洁、廉价汽车燃料。为确保安全, 应在 2015 年或稍后, 准备好 1 亿吨左右当量石油的替代新燃料和推广 1000 多万辆当量的新燃料汽车。现在开始, 为时已晚。不能再犹疑拖延。

5 主要利用低质煤制清洁燃料, 可满足百年汽车发展的需要

5.1 我国能源资源“富煤炭、缺油气、可再生能源总量有限”, 我国在“可预见的能源”中, 只有煤能采用百年

历年中国统计年鉴: 煤保有储量 (探明可采剩余储量) 1 万亿吨。最近发改委主任马凯在博鳌会上表示, 中国煤炭资源量超过一万亿吨。按采收率 50%, 成品煤 5000 亿吨, 年平均用 50 亿吨, 也可用 100 年。高硫煤约占近一半。世界煤可采用 200 年以上。

5.2 煤制油

煤制油是不经济也不清洁的汽车燃料

a. 煤制油用煤多。直接液化每吨油用煤 3.5 吨, 间接液化每吨油用煤 4.5 吨, 是煤制甲醇当量的 1.5~1.75 倍。

b. 煤制油成本比煤制甲醇成本高 2 倍。

c. 煤制油投资大 2—2.5 倍 (包括甲醇站和甲醇汽车改造费在内)。

d. 燃油不是最优良、清洁的汽车燃料。

5.3 煤制醇、醚、氢是大量、优质、清洁、廉价的汽车燃料

用化学工业的办法, 煤可制成比汽油、柴油、石油气和天然气更清洁、更廉价的甲醇、二甲醚和氢气汽车燃料, 都是传统化工产品。化工产品纯度最高。

甲醇的毒性和甲醛的排放, 是不赞成甲醇作汽车燃料的主要意见。甲醇的毒性防范, 山西已

做了试验, 取得成功。

如果以汽油对生态的影响为 100 来衡量甲醇则为 30 (乙醇为 50), 甲醇的致毒性低于石油基燃料, 在水中容易降解, 甲醇对人来说, 如果直接饮用一定量 (以几毫升到几十毫升计) 是要中毒的。对甲醇毒性已有成套完整的防范措施。第一防范措施---规章制度。根据我国生产甲醇的数十年经验和山西省 20 年甲醇汽车使用的实践。并经“七五”国家科委组织北京医科大学等对甲醇有接触的人群作了 3 年跟踪调查研究。结论是, 只要遵守操作规程, 没有发现影响人体健康的异常现象。第二防范措施---加色警示, 以防误饮。为确保分散于全国广大城乡成万个加醇站和几千万的汽车驾驶人员的安全, 采取加色警示措施, 以防误饮。山西已试验加色成功。第三防范措施---用抽醇器代替嘴吸。为防止驾驶人员嘴吸甲醇, 已研制出抽醇器。用这样一整套防范措施, 甲醇可安全使用。

6 结论

6.1 新汽车燃料选择的原则

a. 国内资源丰富, 可保汽车百年大发展的需要。

b. 在还没有更好的动力机的可见时期内, 以内燃机为动力机, 用优质、清洁、廉价燃料提高内燃机水平。内燃机的各种新技术都可使用。在用车和在产车可改造, 进展快。

c. 车价和燃费要与用户收入水平相适应。

d. 燃料供应站要与投资回收 (加入燃费中) 相适应。

e. 排放要与国家排放标准相适应。全国在 2007 年中和 2010 年中执行欧 III 和欧 IV。超大城市要提前。

f. 燃料种类宜少, 以免汽车生产、使用、维修和燃料供应系统复杂化, 而达不到经济规模。

6.2 煤制醇、醚汽车是代油的主要先导汽车

我国 20 年来, 由科委、经委组织国内科研院校企业, 在山西经过 20 年的开发试验, 并经中德 (桑塔纳甲醇汽车) 和中美 (福特甲醇灵活发动机) 合作研究, 技术已经成熟。已在山西等地推广。

生产一吨甲醇耗煤 1.5-1.8 吨, 近年国内新建的 6 套 60 万吨/年的甲醇生产装置, 其成本在 600-850 元/吨; 利用焦炉煤气生产甲醇生产成本是 700-900 元/吨。化肥联产甲醇的价格也在 800-1000 元/吨之间。考虑全国有些地区煤价较高

和电费较贵, 生产成本可能达到 1200 元/吨。在这些条件下, 实现产业化后, 充分市场竞争, 甲醇价格在 2000 元/吨左右是比较现实的。根据山西大量试验结果, 甲醇对汽油的替代是 1.4-1.6。二甲醚生产成本比甲醇高 30%左右, 其热值也稍

高, 十六烷值接近 60, 热值约为柴油的 0.6 倍。燃烧十分完全。
经过分析, 甲醇、二甲醚替代汽、柴油的经济性较好, 具有很强的竞争潜力。

表 12

	煤价 (元/吨)	工厂完全成本元	备 注
榆林化工基地化工园区	60	600	
重庆建峰化工厂	150	767	高硫煤
晋中市煤化工基地	70	808	
北京煤业集团京东化工基地	170	835	
兖矿化工基地	150	850	高硫煤
晋城矿业集团	100	851	高硫煤

6.2.1 甲醇汽油机汽车

a. M15 油--醇掺烧。15%的甲醇掺入汽油或柴油。不改动发动机, 可利用现有加油站。可与乙醇共同掺烧。

b. 全甲醇汽车。改造费用低, 加油站改造每座 2 万元, 新建 30 万元。最易推广。也可采用双燃料, 在石油并存时期, 是较好的过渡方式。压缩比为 12 的甲醇机, 已开发成功。1 升排量的汽油机功率相当于 1.3 升汽柴油机水平, 油耗和排放明显降低。

6.2.2 二甲醚柴油机汽车

十六烷值高, 替代柴油。二甲醚是气体, 压缩站与液化石油气相同。已开始装车试验。也可

与液化石油气混合, 改善液化石油气燃烧性能。
6.3 煤制水煤气(富氢气)和氢气内燃机汽车是最有前景的汽车

随着汽车的大量增加, 环境污染将更突出, 必需寻求更清洁燃料的汽车。在可见的燃料汽车中, 主要有水煤(富氢)气汽车和氢气汽车。但建设燃料供应系统要较长的时间。这两种汽车应成为研究的主攻方向。

6.3.1 水煤(富氢)气汽车是微排放的汽车

山西和北京利用汽车废热将部分甲醇重整成水煤气[CH₃OH (经加热) → 2H₂+CO]掺入甲醇燃烧, 无尾气净化可接近欧 III, 与汽油的替代比降到 1.3。已有明显的效果。

表 13 几种燃料汽车的比较

		甲醇	二甲醚	天然气	水煤(富氢)气	氢气	燃料电池
煤制原料气	成本元/T				水煤气< 1000		
	制 甲 醇						
	成本元/T	甲醇1000	二甲醚1500		< 1000		
	投资元/T	2000	3000		1000		
脱CO	排 放					排放CO ₂	排放CO ₂
排放	成本元/T					H ₂ 5000	H ₂ 5000
供应站	投资座万元	30	300	500	压缩.液化1000	压缩.液化1500	压缩.液化1500
燃烧/发电		内 燃 机	内 燃 机	内 燃 机	内 燃 机	内 燃 机	燃料电池
催化剂	克/辆						铂钉60-100 可能降到15-20
汽车排放	排放	CO ₂ CO CH NOX	CO ₂ CO CH NOX	CO ₂ CO CH NOX	水CO ₂ 微CO CH NOX	水 微NOX	水
全过程	%	高于	等于	等于	高于	等于	等于
效率		汽油机	柴油机	内燃机	内燃机	内燃机	内燃机
车价	元/辆	加 <1万	加 1万多	加 <1万	加 1万多	加几万	10倍到几倍

内燃机工业为构建和谐和谐社会做贡献

张小虞

(中国内燃机学会 理事长)

党的十六大和十六届三中、四中全会提出构建社会主义和谐社会的重大任务。要坚持用科学发展观统领社会主义和谐社会建设, 不断开创改革开放和现代化建设的新局面, 指导各行各业的发展。

内燃机同蒸气机、电动机一起, 150 年来为人类社会做出了巨大贡献, 改变了世界, 改变了地球, 改变了人的生活, 是构建人类和谐生活的机器。18 世纪末期蒸气机的发明推动了煤炭工业和机械工业的发展, 产生了第一次工业革命。19 世纪中期内燃机和发电机的发明推动了动力、钢铁、能源、化工、运输和电讯工业的发展, 产生了第二次工业革命。20 世纪末期电子技术、信息技术和清洁能源的发展推动了电子工业、工业自动化、新材料等高新技术产业的发展, 为和谐社会发展做出新的贡献。

中国内燃机诞生于上世纪初, 已有近 100 年历史, 但是没有形成规模产业。从新中国诞生后内燃机工业才蓬勃发展起来, 为中国的现代化建设做出了贡献, 成为汽车、农机、工程机械、船舶、铁道机车的主要动力和产业基础, 现在内燃机工业已经成为国家的重要产业。

随着人类社会的快速进步, 随着中国现代化、工业化、城市化步伐的加快, 内燃机在环保、节能方面与促进社会和谐发展方面的矛盾也日益突出。

当今的内燃机由于计算机技术, 信息技术从研究、设计、试验、制造、销售以及售后服务全过程全方位的应用, 已经成为高新技术产业; 内燃机由于微电子技术, 新材料、新工艺和新能源技术的集成已经成为高新技术产品。内燃机产业具有极强的生命力、竞争力。

中国的汽车工业, 船舶工业、农机工业, 工程机械工业在成为世界制造大国的同时, 内燃机工业也同时成为制造大国, 我们的目标是要成为上述产业的强国, 为构建和谐社会更好做贡献。

1 新世纪中国内燃机工业发展特点

1.1 快速增长

1.1.1 产量快速增长

新世纪内燃机工业进入快速增长期, 见图 1。从 2000 年到 2004 年, 内燃机总产量从 2100 万台增长到 3270 万台, 增长了 156%。

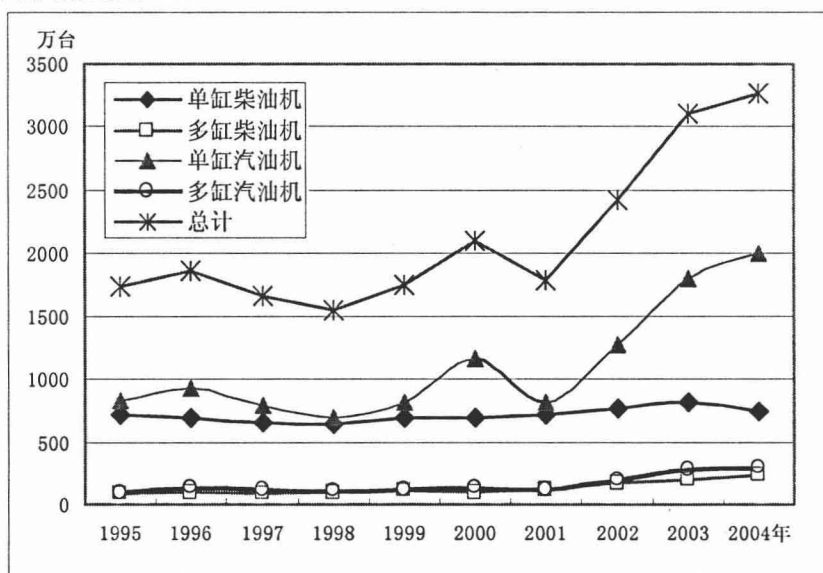


图 1 近十年我国内燃机产量趋势

1.1.2 内燃机出口高速增长

2000~2004 年, 内燃机出口量从 137 万台增长到 470 万台, 增长了 343%。

1.1.3 汽车和摩托车行业高速发展带动车用动力快速增长

多缸柴油机从 100 万台增长到 230 万台, 增长了 230%; 多缸汽油机从 140 万台增长到 300 万台, 增长了 214%; 单缸汽油机, 从 1170 万台增长到 2000 万台, 增长了 171%。

1.2 技术进步

技术进步是内燃机工业发展的基础。在新世纪的前半叶, 内燃机的技术进步可以满足不断严格的排放标准要求, 成为有竞争能力的动力机械之一。新能源的发展将会提升内燃机竞争能力, 从而延长内燃机的生命。燃料电池代替内燃机需要在大量清洁生产氢气的技术方面取得突破, 这

个过程可能是漫长的几十年甚至一个世纪。新世纪将会是内燃机与其它新型动力机械相互竞争、共同发展的一个时代。

1.2.1 排放标准成为推动内燃机技术进步的主要动力

新世纪中国加快执行排放标准。我国等效采用欧洲排放法规, 2000 年开始执行国 I 标准, 2004 年开始执行国 II 标准, 2007 年开始执行国 III 标准, 2010 年开始执行国 IV 标准。

国 II 标准比国 I 标准 CO 降低 30.4%; HC 和 NO_x 降低 55.8%。国 III 标准的尾气污染物排放限值比国 II 标准又降低了 30%。

排放标准是推动内燃机技术进步的主动力。

在减少有害排放物的同时改善经济性是内燃机的主要技术发展方向。

表 1 国 I~国 IV 排放标准的主要技术措施

排放标准	汽油机	柴油机
国 I	电控、三元催化、无铅汽油 稀燃、高辛烷值 (93) 低硫 (S<0.05%) 无铅汽油	优化燃烧、喷射压力 80~100MPa 增压中冷、优化喷油率形状、喷射压力 100~120MPa、高十六烷值 (49) 低硫份 (S<0.05%) 轻柴油、机油耗 0.15% 燃油耗
国 II		电控喷油, 优化喷油率形状、喷射压力 120~160MPa、四气门、氧化催化器、EGR (冷)、 高十六烷值 (51) 低硫份 (S<0.035%) 轻柴油、 机油耗 0.1% 燃油耗
国 III	可变进气、EGR (冷)、高辛烷值 (95) 低硫 (S<0.015%) 无铅汽油	可变涡轮增压、空-空中冷、电控喷油, 多次喷射、 灵活控制喷射定时、喷射压力 160~180MPa、SCR 催化器、颗粒捕集器、高十六烷值 (55) 无硫柴油
国 IV	缸内直喷、NO _x 捕集器、高辛烷值 (98) 无硫无铅汽油	

1.2.2 我国正在加大新能源、新动力的研发及应用

——天然气 (CNG、LNG)、液化石油气 (LPG)。我国大中城市已在推广应用 CNG 和 LPG 汽车。

——二甲醚、煤制合成燃料。我国已在进行应用研究。

——乙醇、甲醇。我国已在吉林、河南等省推广应用乙醇汽油汽车; 在山西等省正在进行甲醇汽车的产业化试点。

——混合动力。是能量管理技术的突破性进步。我国已研发出混合动力轿车和客车。并且一汽、上汽、奇瑞、长安等正在开发混合动力汽车, 计划在“十一五”期间实现产业化。

——燃料电池。是已知的氢能源最优能量转换机械。我国已重点开展燃料电池关键技术和燃

料电池发动机的研发, 并已开发出多种燃料电池汽车。

1.3 改革开放

1.3.1 改制

新世纪我国多数内燃机企业已从国有制改为股份制上市公司、合资企业、股份制企业、私有企业。从体制上和机制上都进行了一定的现代化改造, 增强了对市场的适应能力。在“十一五”期间内燃机企业还将进一步进行战略性的重组和整合, 包含内燃机企业之间、内燃机企业和主机制造企业之间的重组和整合, 做大做强, 参与国内外市场的激烈竞争。

1.3.2 引进

我国实行排放标准以后, 内燃机专业厂的主要技术来源从国内转向国外是一个最要的趋势。主要原因是我国内燃机研究机构和企业缺少相应

的技术储备，特别是核心技术储备；进入市场经济以后，国家和行业内燃机研究机构实行了科技体制改革，国家的投入大幅度减少，研究机构没有能力进行相应的研发工作。企业只能花费巨额资金，引进国外企业成熟的（即将淘汰的）产品技术，或者委托国外内燃机研究机构进行联合开发。通过 1~2 轮的引进技术，我国大型内燃机企业逐步形成了一定的自主开发能力，但是性能优化的工作还要借助于国外。

1.3.3 合资合作步伐加快

新世纪我国轿车和重型车市场进入快速发展

时期，国外著名汽车生产企业通过合资和技术引进的方式，将整车和配套发动机同时进入，拟进一步扩大占领中国市场。

世界主要汽车企业（6+3）都已进入我国，并与一汽、上汽、东风、北汽、长安等建立伙伴关系，生产整车和发动机。

重型车合作伙伴多数为我国的重型车生产企业，少数为柴油机专业厂，新引进或拟引进的车用柴油机见表 2。

表 2 我国新引进或拟引进的车用柴油机

引进柴油机产品	合作伙伴	合作方式	排量 (L)	功率 (kW)	扭矩 (Nm)
道依茨 BF6M1013	一汽大柴	技术引进	7.1	174~206	854~1050
雷诺 dci ll	东风	合资	11.1	195~303	1010~1870
日野 PHIC	上柴	合资	11	240~259	1420~1460
日野 J08C			8	210	882
沃尔沃 MD9	一汽、重汽	合资	9.4	279	1700
沃尔沃 MD11			10.8	313	1960
沃尔沃 MD13			12.8	382	2500
道依茨 1015 (V6)	华北柴油机厂	技术引进	12	213~287	1473~2050
道依茨 1015 (V8)			16	348~382	2350~2730
康明斯 M11	重康	合资	10.8	181~294	1019~1650
康明斯 ISLe	东风	合资	8.9	223~299	1250~1627
康明斯 ISCe			8.3	166~246	955~1288
康明斯 ISBe			5.9	136~202	700~955
康明斯 ISMe	陕汽	合资	10.8	228~336	1559~1996
依维柯 CURSOR9	红岩、上汽	合资	8.7	300	
奔驰	北汽福田	合资	11.9	315	2100

2 未来五年内燃机工业发展趋势

2.1 更广阔的市场

2.1.1 交通运输

表 3 2005~2010 年各类汽车需求预测（万辆）

年 份	2005	2006	2007	2008	2009	2010
汽车总需求	570	637	691	750	827	914
商用车合计	271	305	330	357	382	409
乘用车合计	299.3	332.0	361.4	393.4	444.6	505.3
其中轿车	263.1	291.3	317.2	344.5	389.1	442.1

2.1.2 农业机械

2010 年各类农业机械需求预测：

拖拉机 200 万台，是 2004 年的 110%；收割机 4 万台；农用车 240 万辆，是 2004 年的 115%。

2.1.3 工程机械

2010 年各类工程机械需求预测：

挖掘机 8 万台；装载机 12 万台；推土机 8 千台；内燃叉车 6 万台；压路机 1.2 万台；汽车起重机 1.4 万台；水泥搅拌车 1.2 万辆；其它 6 千台。

2.2 更严峻的能源和环保压力

2.2.1 石油用量

2020 年内燃机工业发展面临的最大矛盾: 国民经济翻两翻、汽车翻两翻、能源只能翻一翻。

石油: 可采储量: 65 亿吨, 占世界 11 位。

产量: 2004 年 1.75 亿吨, 占世界第 5 位; 2005 年约 1.8 亿吨。

进口量: 2004 年 1.2 亿吨, 对外依存度达 41%。

2005 年约 1.3 亿吨, 对外依存度将达 43%。

2010 年石油进口量将达到 1.5~2.0 亿吨, 占世界第 1 位, 对外依存度 47%。

2020 年进口 2.7 亿吨, 对外依存度 60%。

石油是短缺能源、地区分布极不平衡、价格受政治经济影响剧烈波动。内燃机消耗了我国石油产品的 50% 以上, 是石油资源的最大用户。开展内燃机节能以及代用燃料的利用已成为内燃机工业持续发展的唯一途径。

柴油机相比汽油机可以节油 30% 左右, 开发高性能柴油机并广泛应用是内燃机节油的主要途径之一。

2.2.2 排放量

我国内燃机工业面临环保的巨大压力。

a. 我国城市大气污染已受到政府和公众的日益关注。

——内燃汽车已成为城市的主要大气污染源。

北京市大气中 45% 的 NO_x 、60% 的 CO 和 70% 的 HC; 上海市 84% 的 CO、94% 的 HC、54% 的 NO_x ; 深圳 65% 的 NO_x 、95% 的 CO 和 71% 的 HC 来自汽车尾气。

——内燃汽车已成为城市的主要噪声源。

——部分城市禁止使用柴油汽车。能否充分发挥柴油机节能、低污染的先天优势已成为影响柴油汽车生存的关键。

b. 控制排放是内燃机工业可持续协调发展的战略选择

——我国轿车已开始大量进入家庭。

——2010 年, 汽车尾气排放量将是目前的 3 倍以上。

——2020 年, 中国机动车总量将发展到 1.9 亿辆 (不含农用车和摩托车)。将消耗 3.6 亿吨车用燃料, 排放 11.7 亿吨 CO_2 。燃油耗和 CO_2 排放比 1995 年增加 8 倍。

——中国的碳元素排放已居世界第二位。80 年代, 中国碳元素排放量是美国的 1/3, 是前苏联的 1/2; 90 年代末, 中国碳元素排放量是美国的

44%, 俄国的 167%。

——煤是我国环境的主要污染源, 煤的高效清洁利用是我国能源可持续发展的战略选择。煤的转化作为内燃机的代用燃料在我国具有重要地位。

燃料和动力的多元化是本世纪汽车动力的主旋律。

各种动力和燃料要在竞争中求生存和发展, 先进内燃机在近、中期还是汽车的主要动力, 汽油、柴油仍然是内燃机的主要燃料。气体燃料是目前可以广泛应用的内燃机代用燃料。混和动力可以节油 30~50%、减少有害气体排放 30~80%, 是已进入产业化并将大量推广应用的新技术。燃料电池是远期可能大量应用的清洁动力。

2.3 更激烈的国际竞争

2.3.1 面临国外企业的竞争

——我国内燃机企业已面对发达国家在资本、技术、策略、管理、人才、品牌、信息、营销、机制、质量、市场各方面都占有优势的同行。

——我国已逐步降低关税、削减配额许可证等非关税措施, 进一步开放国内市场, 内燃机国内市场竞争更加激烈, 高技术产品市场受到冲击。

——我国的一些大中型内燃机企业, 技术设备比较落后, 经营机制不活, 创新能力弱, 管理比较落后, 赢利能力弱、资金缺乏。

2.3.2 对策

——加快建立现代企业制度, 切实转变经营机制, 进一步深化企业改革。

——加快行业结构优化调整和改革, 形成合理的经济规模, 降低研发和生产成本。

——以多种方式与主机制造企业结成战略伙伴关系, 占有稳固市场。

——加快企业技术进步, 提高企业技术创新能力, 特别是核心技术的创新能力。

——加强和改善企业管理, 不断提高科学管理水平。

——建立现代营销体系, 增强开拓市场的能力, 提高经营国际化、市场化水平。

3 内燃机工业发展的基本战略——走新型工业化道路为构建和谐社会做贡献

3.1 内燃机在经济与社会中的影响更加重要

内燃机产业的关联度大。内燃机是汽车、内燃机车、摩托车、农业机械、工程机械、船舶、中小型发电机组的主要配套动力, 在未来的几十年内还是主要的动力机械。国民经济的发展离不开内燃机工业的发展。内燃机产品水平的高低在很大程度上决定了配套主机水平的高低。发展节