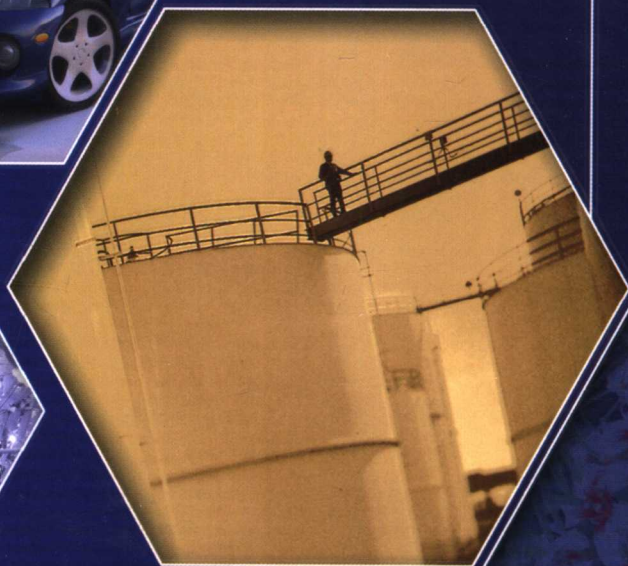
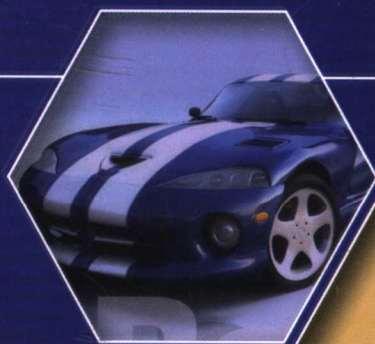


车用替代燃料 与生物质能

崔心存 编著



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

车用替代燃料与生物质能

崔心存 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书较全面系统地论述甲醇、乙醇、植物油、生物柴油、废烹调油、二甲醚及氢气等可再生燃料以及天然气、液化石油气及煤制柴油等非再生燃料的生产工艺、理化性质、燃烧理论、应用技术、排放特性、长期使用的经验及解决存在问题的技术措施等。

利用太阳能生长的植物是当前和未来直接或间接使用的生物质能及燃料的丰富资源,开发和利用它们是经济可持续发展和满足燃料、热能及电力需求的必由之路。本书论及有关植物资源、生物质能、生物质转化及应用技术以及有关开发生物质能有争议的问题。同时介绍了国外开发清洁替代燃料及生物质能的计划、规模及效益等。

本书是作者将近30年从事替代燃料试验研究成果的总结,也是博览国内外有关成果及资料,涉及内燃机、替代燃料、排放及生物质能等的综合学术专著。

本书可供能源决策、管理及石油化工部门、汽车工业、交通运输、农业机械、热能领域、有志从事开发替代能源的各方面人士以及有关大专院校、研究部门等方面的人员参考。

各种内燃机及汽车是使用替代燃料的大户,本书虽然以它们为主要的论述对象,然而从理论及应用技术等而言,替代燃料可以适应不同热力机械以及炉灶、炉窑、锅炉等,只是在实际应用时,应首先进行试验研究。此外,本书以较多篇幅介绍再生能源资源的农作物、木本及草本植物、生物质及废弃物等,也可供农业、林业及环保部门人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

车用替代燃料与生物质能/崔心存编著. —北京:中国石化出版社,2007

ISBN 978 - 7 - 80229 - 393 - 9

I. 车… II. 崔… III. 汽车 - 燃料 IV. U473

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120782 号

·中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 39 5 印张 977 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定价:98.00 元

前 言

我国经济正高速发展,人们生活水平在逐步提高,购车热情空前高涨。另一方面石油缺口量逐步增大,价格波动较大,人们担心能否保证石油的持续供应以及能否用得起油。中央领导及有关部门从能源安全、净化空气、保护环境以及经济可持续发展考虑,大力支持企业及研究单位等开发和应用甲醇、乙醇、生物柴油、天然气及二甲醚等清洁燃料。

我国已成为第三大汽车生产国,然而进口原油及成品油的数量也在增加。2003年20个省市出现电力供应不足,煤炭供应紧张的情况,一些大城市一度柴油脱销。另一方面空气被汽车排气污染的情况依然严重,又面临要降低二氧化碳(CO_2)排放的要求。开发和应用清洁的替代燃料和汽车等用燃料多元化势在必行。当前及未来的替代燃料又大都可用生物质生产,替代燃料、解决电力及热能供应不足与开发应用生物质能密切相关。

一些国家从20世纪70年代起就开始研究和开发生物质能,至今已较多地应用于热能供应、发电及交通运输车辆,而且新的研究成果及技术在不断地出现,应用范围在扩大。生物质能是对人类贡献最大的可再生能源。过去国内外对是否应大力开发生物质能进行过研究和讨论,研究的焦点是有限的土地资源能否提供足够的原料,会不会与粮食争地,大力开发生物质能与社会发展、保护环境的关系如何,会不会产生负面影响等。可能正因为牵涉到方方面面,我国对生物质能开发及研究的力度与国外相比是不够的。

作者从20世纪70年代起,在从事醇燃料研究试验的同时,就一直关注及跟踪国内外生物质能的开发及应用情况,并且认为甲醇、乙醇、生物柴油等生物燃料是生物质能的重要组成部分,开发及应用生物质能符合动力机械及燃料发展趋势以及降低温室气体 CO_2 排放的要求,同时符合我国国情,是解决“三农”问题,振兴农村经济,解决失业问题的重要途径之一。

近几年通过促进醇燃料及生物燃料应用的实践活动及研究,更加增强了作者上述信念,开发、应用及逐步形成生物质能新能源企业及市场是使经济可持续发展的必由之路。要实现上述目标就要加大投资力度,组织有关的调研、软

课题论证研究、基础及应用研究、试验及应用示范工程等很多工作，而且生物质能的研究需要6~12年甚至更长的周期，才能得出有参考价值和能推广的研究成果。而我国地下石油资源有限，一种紧迫感及责任感促使我撰写这本书，希望能引起更多人重视及关注这一大事，希望能对学术界、企业界、研究部门及教育部门有参考价值。

在本书中引用了较多国内外有关专家、学者及工程技术人员发表的专著及论文中的论述及资料，表示衷心的感谢。同时总结了作者三十多年来研究醇燃料、生物燃料及汽车发动机的研究成果，阐述了一些新思维及新观点。

可再生燃料及生物质能仍处于研究、开发及应用方兴未艾的阶段，这是不断变化、发展的领域，又有一些不确定的因素，采用的数据可能并不代表准确的最新的实际情况，同时又限于作者水平，不妥及疏漏之处，在所难免，恳请广大读者不吝指教。

目 录

第一章 能源形势及燃料发展的趋势	(1)
第一节 世界能源形势	(1)
第二节 我国能源形势	(3)
第三节 能源与环保	(4)
第四节 车用动力燃料的现状与发展	(6)
第五节 生物质能在可再生能源中的地位	(9)
第二章 常规的石油燃料	(13)
第一节 石油燃料	(13)
第二节 常规燃料	(18)
第三节 燃料的特性	(24)
第三章 替代燃料总论	(32)
第一节 替代燃料的分类、要求及与内燃机的关系	(32)
第二节 替代燃料的分析比较	(34)
第三节 燃料使用方法及对热力装置的适应性	(37)
第四节 研究与开发替代燃料的概况	(40)
第四章 燃料的乳化与混溶	(47)
第一节 燃料混溶的理论及实践基础	(47)
第二节 表面活性剂的作用原理	(49)
第三节 表面活性剂的选择及乳化液的性质	(53)
第四节 醇燃料与汽油的混溶	(58)
第五节 醇类燃料与柴油的乳化和混溶	(65)
第五章 醇燃料	(70)
第一节 甲醇、二甲醚等的生产工艺流程	(70)
第二节 乙醇的生产	(80)
第三节 醇燃料的性质	(94)
第四节 醇燃料的毒性和环境安全性	(102)
第五节 混合燃料的性质	(106)
第六章 醇燃料概论及掺烧技术	(113)
第一节 醇燃料的现状及其发展	(113)
第二节 在内燃机中掺烧醇燃料	(124)
第三节 混合燃料的应用	(134)

第四节	含水乙醇及多组分混合燃料	(155)
第五节	掺烧醇燃料技术及性能的综合分析	(161)
第六节	醇燃料规范	(168)
第七章	醇燃料内燃机	(177)
第一节	醇奥托循环内燃机	(177)
第二节	醇狄塞尔循环内燃机	(184)
第三节	在增压内燃机中使用醇燃料	(206)
第四节	醇燃料内燃机的冷启动	(210)
第五节	醇燃料内燃机工作过程特点及燃烧特性	(215)
第六节	提高醇燃料内燃机性能的途径	(224)
第八章	醇燃料汽车	(235)
第一节	灵活燃料汽车	(235)
第二节	甲醇燃料汽车	(247)
第三节	乙醇燃料汽车	(265)
第四节	醇燃料汽车的车队试验	(278)
第五节	醇燃料内燃机的磨损、润滑及材料相容性	(284)
第九章	醇燃料内燃机及汽车的排放	(292)
第一节	内燃机掺烧醇燃料的排放	(292)
第二节	汽车使用醇燃料的排放	(298)
第三节	灵活燃料汽车的排放物及排放水平	(304)
第四节	甲醇的氧化机理和甲醛、未燃醇的排放	(309)
第五节	降低醇燃料汽车排放的途径	(317)
第六节	燃料生命周期评估	(324)
第十章	气体燃料汽车	(328)
第一节	气体燃料的种类及资源	(328)
第二节	气体燃料的性质	(332)
第三节	气体燃料汽车的技术方案	(337)
第四节	燃料供给系统	(345)
第五节	双燃料汽车	(357)
第六节	专用气体燃料汽车	(369)
第七节	气体燃料发动机性能的提高	(376)
第十一章	二甲醚及其研究与应用	(390)
第一节	二甲醚的理化性质及燃烧特性	(390)
第二节	二甲醚内燃机的供油系统	(397)
第三节	在柴油机中使用二甲醚作燃料	(402)

第四节	二甲醚汽车及二甲醚与其他燃料的混合使用	(408)
第五节	二甲醚的供油、燃烧与排放	(416)
第六节	二甲醚改善冷启动及助燃的功能	(421)
第十二章	柴油改质及合成燃油	(429)
第一节	柴油的改质	(429)
第二节	合成燃料及其他清洁燃料	(437)
第三节	F-T 柴油	(445)
第十三章	氢气及其应用	(454)
第一节	氢的生产	(454)
第二节	氢的储存	(458)
第三节	氢的理化性质及安全性	(464)
第四节	内燃机掺烧氢气	(466)
第五节	氢气发动机的工作过程	(470)
第六节	氢燃料汽车的技术及性能	(475)
第七节	氢燃料电池	(481)
第十四章	生物质能	(488)
第一节	生物质能的特点及分类	(488)
第二节	生物质能的资源	(489)
第三节	生物质能的转换技术	(490)
第四节	生物质能的应用	(495)
第十五章	生物质能的开发	(499)
第一节	开发生物质能与社会、经济发展的关系	(499)
第二节	开发生物质能与生态环境	(502)
第三节	开发生物质能的投资与成本	(504)
第四节	利用多种生物质能发电	(507)
第五节	加强我国对生物质能的研究与应用	(511)
第十六章	草本能源植物及其燃料	(515)
第一节	能源植物及其燃料总论	(515)
第二节	国内外开发能源植物的概况	(521)
第三节	植物油的组成及性质	(526)
第四节	在内燃机中燃用植物油	(529)
第五节	植物油的燃烧特性、耐久试验及应用前景	(537)
第十七章	木本能源植物及其燃料	(542)
第一节	开发木本能源植物的概况	(542)
第二节	木本能源植物及其燃料的研究与应用	(544)

第三节	木本植物能源的综合利用及关键技术	(552)
第十八章	生物柴油与废烹调油	(558)
第一节	概述	(558)
第二节	生物柴油的生产工艺	(560)
第三节	生物柴油的理化性质、标准及评论	(562)
第四节	废烹调油的应用	(566)
第五节	在柴油机上应用生物柴油的研究	(572)
第六节	生物柴油的排放特性	(583)
第七节	生物柴油的实际使用	(600)
参考文献		(604)
附录	缩写词简表	(619)

第一章 能源形势及燃料发展的趋势

能源是保障经济发展、国家安全及人民生活水平提高的命脉。了解能源现状及发展趋势，研究保证能源及燃料供应的对策是经济高速、可持续发展的必要条件。21 世纪能源及车用燃料的多元化，开发及应用生物质能等可再生能源及清洁替代燃料，这是解决矿产燃料不足、净化空气保护环境的必然趋势。

第一节 世界能源形势

1. 非再生能源资源有限

20 世纪 70 年代英国石油公司对世界能源储存、消耗及可使用的年代的预估值见表 1-1。

能源的可开采量、消耗量及可使用的寿命受到很多因素的影响，表 1-1 中所列的数值是粗略的估计。尽管有一些能源专家认为石油的利用可维持较长的时间，但较多的世界能源机构及权威人士认为^[1-4]：现已查明易开采的石油可维持 50 年左右。

表 1-1 世界能源、消耗及可使用的年代的预估值^①

能源类型	储存量/EJ ^②		每年消耗量 ^③ /EJ		可以再使用的时间/年	
	已查明的	最大的	1979 年(%)	2000 年(%)		
天 然 气	3000	8000	50(16)	80(13)	60	
石 油	4000	20000	140(43)	190(31)	30	60
油 页 岩	2000	23000	—	—	—	
沥 青 沙	3000	10000	—	—	—	
煤	20000	300000	70(22)	150(25)	280	
铀	11000	3 × 10 ⁸	10(3)	100(16)	1100	
增殖反应堆	> 10 ¹²	> 10 ¹⁷	—	—	—	
可再生能源	—	—	50(16)	90(15)	—	
世界总量	—	—	320(100)	610(100)	—	

① 假定 2000 年以前每年增长 2.9%。
② EJ = 10¹⁸J。
③ 括弧中数字为该种燃料年消耗量占总的燃料年消耗量的百分比。

根据美国地质调查局及一些国际能源专家的统计预测，石油、天然气及煤炭的储采比分别为 34 年、44 年及 245 年。世界能源大会 1995 年版《能源资源调查》报告认为石油、天然气及煤的储采比分别为 44 年、57 年及 230 年。尽管看法不一，这些预测可能不完全符合实际情况，但是石油及天然气的储采比大大地小于煤炭的储采比。非再生能源资源日益减少，则是比较肯定的。

2001 年美国能源部能源效率与可再生能源交通技术研究室在发表的《美国公路使用能源的未来：50 年的展望》^[5]中指出，传统的交通运输用燃料将在 40 年后耗尽。

2. 能源消费结构及消费不平衡

当代能源消费以石油为主, 加上天然气共约占整个能源消费的 2/3, 煤炭直接燃烧对环境污染较重, 消费量居次要地位, 更多的注意将煤炭转化为较清洁的气体燃料及液体燃料使用。1950 年、1990 年及 2000 年世界一次能源消费结构的变化见表 1-2^[6]。

表 1-2 世界一次能源消费结构的变化 %

年 份	煤 炭	石 油	天 然 气	水电及其他
1950	61.1	27.4	9.8	1.7
1990	29.0	36.0	19.5	15.5
2000	27.0	40.0	23.0	10.0

世界几个国家石油消费量见表 1-3^[7]。在总量消费中, 我国排列第三, 但人均消费量, 在这几个国家中是末位, 还有较多国家人均消费量比我国高。

表 1-3 几个国家石油消费量

国 家	美 国	日 本	中 国	德 国	俄罗斯	韩 国
石油消费量/亿 t	8.956	2.472	2.319	1.316	1.223	1.031
占世界总量/%	25.5	7.0	6.6	3.7	3.5	2.9
人均/(t/人)	>2.0	1.5~2.0	0.18	>2.0	1.0~1.5	>2.0
总量排序	1	2	3	4	5	6
人均排序	1	4	6	2	5	3

世界各国能源消费极不平衡, 美国的能源消费占世界总消费量的 1/4 以上, 而人口还不到世界总人口的 1/30, 所以人均石油及天然气消费量在 2t/人以上。经济实力雄厚的发达国家人均能源消费量都较高, 例如日本、俄罗斯、德国及韩国等, 我国人均石油及天然气的消费量很低, 只有发达国家的 1/3~1/4 还不到。石油及天然气消费量的多少, 表示该国经济发展及人民生活质量的高低, 也象征着该国综合实力的强弱。各国能源消费量会继续增加,

第二节 我国能源形势

1. 能源资源分布不均，消费结构落后

我国煤炭、水力资源、油储量及可再生能源资源比较丰富，后者的开发和利用刚进入开始阶段。能源资源分布不均，煤炭、石油及天然气分布在西北、华北及东北，南方几乎没有(海上油田除外)，水力资源主要在南方。

我国缺油少气，能源资源人均拥有量只有世界人均拥有量的 1/10。能源储存及供应形势严峻，根据中国工程科学院在 1994~1995 年统计，1997 年发表的能源供需矛盾报告，我国矿物燃料资源情况如表 1-5 所列。如按 2003 年计，石油的储存量只够开采 14 年。

表 1-5 我国矿物燃料资源情况

	煤	天然气	石 油
可采储量	1145 亿 t	17000 亿 m ³	33 亿 t
占世界可采储量	11%	1.2%	2.4%
占世界第几位	3	19	10
可开采年限/年	85	62	19

我国近几年能源消费结构如表 1-6 所示，仍以煤炭为主。

表 1-6 我国能源消费结构

%

年 份	煤	石 油	天然气	水电、核电
1994	75.0	17.4	1.9	5.3
2000	66.12	20.94	3.3	9.64
2001	68.0	20.2	3.4	8.4

2. 石油资源匮乏，缺口量增大

我国在 1981~1990 年期间，原油产量年平均增加 320 万 t，增长率为 3.2%，同期消费量平均增加 220 万 t，增长率为 2.1%。可是到了 1991~1998 年期间原油产量年平均增加 275 万 t，增长率只有 1.9%，而同期年均消费增加 1000 万 t，增长率高达 7.7%，于是从 1993 年就成为原油净进口国。

2002 年石油净进口量达到 7185.2 万 t 比 2001 年增加了 10.7%。而由于价格的上涨，2000 年用于进口原油花去 185.2 亿美元，比 1999 年费用的增幅达到 152.3%，而进口量只增加了 53.8%。如果每年进口 8000 万 t 石油，每桶原油价格上涨 1 美元，就要多开支近 6 亿美元。2002 年石油进口量已占总消费量的 29.8%^[7]。中国已成为仅次于美国及日本第三大石油消费国。我国还处于发展中国家，经济还要进一步持续发展，汽车的产量及保有量还要大幅度增加，石油缺口量将会逐年增加。

我国近几年石油进口量及缺口量预测见表 1-7。对未来需要较难预测，不同单位预测结果有所不同，但逐年加大的情况是显然的。

表 1-7 我国进口石油及石油缺口预测

年 份	2000	2001	2002	2005	2010
石油进口或缺口量/万 t	7000	6500	7185.2	11000~14000	15000~26000
占全国总消费量/%	—	—	29.8	39.9~43.0	44.1~57.0
石油产量/万 t	16000	16380	16886.6	17800	19500

资料来源：国家经贸委、中国海关统计及参考文献[7]、[8]。

2003 年我国 20 个省市电力供应不足, 煤炭供应紧张。上海、武汉等一些加油站一度柴油脱销。我国石油只有 30 天的库存量, 而一些发达国家库存量达 60 天, 甚至有 100 天的。需要更多地关心能源安全, 不能将主要希望寄托在进口石油上, 而要自力更生, 开拓利用一切可能的能源资源, 包括生物质能在内的可再生能源。

3. 农村能源供应不足

我国当前仍以农村人口为主。据农业部有关部门 1998 年统计资料表明, 农村人口约占总人口的 80%, 生活用能为 3.65 亿 t 标煤, 以 10 亿人口计, 人均只 0.365t 标煤。据 2000 年统计资料, 全世界人均能源消费量为 1.5t 标煤, 我国农村人均能耗仅为世界人均能耗的 1/4。有些地区农村生活用能源严重缺乏, 于是过度采伐薪柴。例如, 据报道内蒙古丰宁县每年砍掉 100 万亩乔灌木, 这不仅直接燃烧薪柴, 热效率很低, 污染空气, 而且加速土地的沙漠化, 成为我国近年来沙尘暴灾害严重的原因之一。同时也会形成能源短缺—薪柴过度开伐—土地沙漠化—生态环境破坏及贫困的恶性循环^[9,10]。

农村供电也不足, 小城镇也经常停电, 以保证大城镇及工业地区用电的需要。偏远地区及山区无电可用。农业机械化水平不高, 缺乏农业生产及交通运输需要的能源, 另一方面农用汽车及摩托车数量增加却非常迅速。

由于农村能源供应不足, 收入及生活水平低, 每年都有大量农民向城市流动。增加农村的能源供应量是创造新的就业岗位, 提高农业生产效率, 改善农民生活质量的必要条件。中央政府一贯重视“三农”问题, 在解决农村能源问题方面, 提出“因地制宜、多能互补、综合利用、讲究效益”以及开发与节约并重的方针。大力开发生物质能不失为一种有效方法。

第三节 能源与环保

1. 燃料燃烧的排放物与空气污染

使用的能源类型与效率的不同, 对生态环境的影响也不同, 它涉及方方面面许多问题。本节只分析车用燃料燃烧后排放物与空气污染的关系及其危害性。20 世纪 40 年代世界工业已有了初步规模, 除了煤炭消费量较大, 形成煤烟污染空气外, 石油开采及汽车排放物对空气污染也开始显露。例如 1943 年 5 月至 10 月在汽车保有量约为 250 万辆的美国洛杉矶地区上空, 出现了浅蓝色的烟雾, 几天后才消散, 约 400 人生病而死亡。后来经过研究及模拟光化学烟雾实验室验证, 这是由于汽车排出的氮氧化物 (NO_x) 及未燃烧的碳氢化合物 (HC), 在太阳光照射下, 经过复杂的化学反应, 形成的烟雾, 其中含臭氧、过氧酰基硝酸酯 PAN、醛类及酮类等有害物质^[11]。这种烟雾刺激眼睛及咽喉, 引起咽喉呼吸系统及眼睛的疾病。

1952 年伦敦上空由于煤及石油燃烧形成浓雾, 其中烟尘最高浓度达到 $4.46\text{mg}/\text{m}^3$, 超标 10 多倍, 二氧化硫日平均浓度超标 6 倍以上, 形成的硫酸凝聚在烟尘上形成酸雾, 导致患呼吸系统疾病的人增多, 使已患慢性病者加剧而死亡。伦敦烟雾持续 4~5 天, 死亡人员达 4000 多, 并且使建筑物及农业生产受到很大损失。在比利时及日本等国也发生过烟雾事件, 这些震惊世界的空气被污染的事件, 迫使人们意识到要控制矿物燃料燃烧产生的排放物, 于是限制汽车排放的法规日益严格。

1999 年世界卫生组织评估的 10 大空气质量不好的城市中, 我国就占 7 个, 我国对 660 个城市空气质量分析结果表明, 达到一级质量标准的城市仅占 1%。而在统计的 338 个大城市中, 33% 达到国家空气质量二级标准, 达不到二级标准的占 67%, 其中达不到三级标

准的为 40%，2002 年环保局公报指出仅有 26.3% 的城市人口生活在达标的空气中。总悬浮颗粒物(TSP)及氮氧化物(NO_x)是污染空气排放物中的主要物质。柴油机炭烟微粒(PM)是 TSP 的组成之一，由于它的颗粒直径多数是 $0.1\mu\text{m}$ 左右，可能附着有多环芳香烃等致癌物质，通过呼吸器官进入肺组织，有潜在的致癌可能。

我国很多城市空气中的微粒(PM)浓度为 $309\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比世界空气质量标准 $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ 高得多，有些城市甚至高达 $860\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。汽车尾气中有害排放物对空气污染的分担率已超过 50%。尤其近年来大雾的日子及持续时间比过去长得多，有害排放物在大雾笼罩下消失不了，对人体健康危害更大。

近几年来我国在降低有害排放物、净化空气方面采取一系列措施，取得若干成效。但制定的排放法规要求仍然较低，尤其执行不严，一些地区以罚款代替检验排放通不过的现象较严重。汽车保有量大幅度增加，在用车的排放率会更高，汽车工业及交通管理部门降低汽车排放净化空气任重而道远，必须采取多方面措施，综合治理，鼓励使用清洁燃料是重要途径之一。

2. 二氧化碳排放及其危害

太阳辐射能是人类生存发展不可少的能源，主要以可见光的形式射向地球，其中约 30% 的能量散射返回太空，约 70% 穿过大气被地球表面吸收，使地球气候变暖，万物才得以生长和发展。为了使能量平衡，地球接受的太阳能以及人类活动所产生的热能，以红外辐射的形式将能量返射回太空。红外辐射不像可见光能直接穿过大气辐射出去，大气中的 CO_2 及其他一些气体阻挡由地面射向空间的红外辐射，就像塑料大篷将地球罩着，于是地球表面温度逐步升高，这种现象叫温室效应，这些气体叫温室气体，大气中 CO_2 等温室气体浓度愈大，温室效应引起的温度升高愈明显。

除 CO_2 外，温室气体还包括水蒸气、 O_3 、 CH_4 、 N_2O 及 CFCs(含氯氟烃气体)，水蒸气是大自然环境中产生的，人类无法控制。而其他气体是人为活动产生，它们产生不同的温室效应，使地球变暖的作用如表 1-8。 CO_2 起的作用最大，所以要力求降低 CO_2 排放，当然也要减少其他温室气体的作用，例如禁止在生产冰箱中采用 CFCs。

表 1-8 温室气体使地球变暖的作用 %

CO_2	CFC	CH_4	N_2O	O_3
50	20	18	8	4

根据世界气象组织(IPCC)2000 年发表的最新研究结果表明，从发生工业革命 1775 年以后的 200 多年中(1775 ~ 1998 年)大约有 (4060 ± 600) 亿 t 的碳以 CO_2 的形式进入大气中。其中主要是由矿物燃料燃烧及生产水泥等工业部门排放出的 CO_2 ，约占 67%。而在排放到大气中的总 CO_2 排放量的 43%，停留在大气中，使大气中 CO_2 浓度增加，导致地球气温上升，在近 100 年中气温上升约 $0.3 \sim 0.8^\circ\text{C}$ 。图 1-1 为世界气象组织发表的全球地表面温度变化情况^[12,13]。

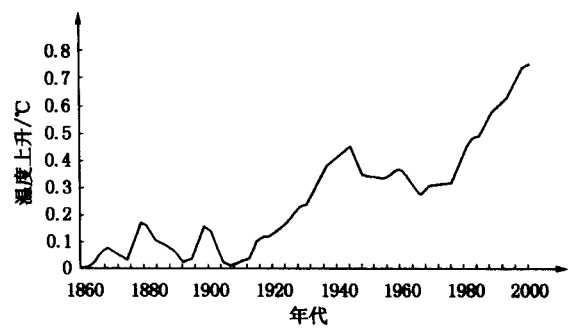


图 1-1 全球地表温度变化

如果不采取有效措施降低 CO₂ 排放,到 2100 年全球平均气温将上升 1.4~5.8℃。气候变暖,两极冰川融化,使海平面年平均上升约 3.9mm,飓风的能量增加,气候失调,至使干旱、洪涝、风暴、热浪等自然灾害频繁发生,带来严重的环境问题、巨大的经济损失和人员伤亡。据美国公共利益研究集团的研究结果表明,20 世纪的最后 10 年发生的高温、干旱、水灾和厄尔尼诺现象等造成的重大自然灾害比 50 年代多 4 倍,经济损失多 9 倍。在全球夺走了 33 万人的生命,经济损失 6252 亿美元。美国是世界上最大的温室气体排放国,CO₂ 的排放量占全球总排放量的 22%,10 年中灾害导致美国 3997 人死亡,经济损失达 1976 亿美元。而在 1999 年这一年中全球因气候和自然灾害死亡 5.2 万人,经济损失 680 亿美元,2003 年全球一些地区因夏季气温过高而死亡的人数达数万人。

温室气体效应引起的地球变暖已经不仅是环保问题,而是地球能否持续发展的大事,引起各国高度关注。1997 年 12 月各国通过的《京都议定书》动员各国努力降低 CO₂ 排放,特别要求人均能耗高的国家更要承担降低 CO₂ 排放的义务,加大研究经费的投入。

京都议定书规定,以 1990 年排放量为标准,2008~2012 年间各主要国家削减温室气体排放量的任务:欧盟 15 国减少 8%,美国为 7%,日本为 6%,其他工业国也要减少。各国承诺在 2012 年以后进一步削减温室效应气体排放量。

第四节 车用动力燃料的现状与发展

1. 能源多元化,重视开发可再生能源

美国俄亥俄州哥伦布市的巴泰尔(Battelle)研究院于 2000 年进行调查研究后,提出与交通运输能源发展及创新有关的十个方面^[12,14]:

- ① 能源工业结构的改变
- ② 混合燃料车辆
- ③ 智能的能源管理系统
- ④ 分配发电系统
- ⑤ 燃料电池
- ⑥ 气体转化成液体燃料
- ⑦ 先进的电池
- ⑧ 能源农场
- ⑨ 太阳能
- ⑩ 甲烷(天然气)水合物晶体的开采

其中①、②、⑤、⑥、⑦、⑧、⑩与交通运输能源直接有关,而其余间接有关。这些发展与创新,将对经济、环保、研究与开发、能源政策、内燃机及汽车的设计与性能等产生重大影响。

美国总统科技顾问委员会(PCAST)向总统提出“21 世纪能源研究与发展要求”报告,其中的主要要求为:①发展能使经济持续发展的能源供应;②实现多种能源结构,使应用的能源多样化;③降低有害排放物及 CO₂;④增加石油代用清洁燃料及核能的供应。美国能源部在实施纲要中重点提出:①提高发动机,锅炉及透平等的热效率;进一步降低 CO₂ 等有害排放物;②发展可再生能源;③发展核聚变及裂变;④在 5 年内将用于提高动力装置效率及开发可再生能源的费用增加 2~7 倍;⑤组织科研院所,高等学校及大型企业联合攻关;

⑥要求各个州使用可再生能源的比例逐年增加。

欧洲联盟 21 世纪的能源政策有如下要点：①重视发展可再生能源，要求可再生能源在总能源消费中的比例，要从 1996 年的 6% 提高到 2010 年的 12%；有些国家如法国、巴西及荷兰等利用生物质等可再生能源的比例已经超过整个欧盟的要求；②努力降低 CO_2 排放，要求减少 CO_2 排放高的矿物燃料的使用，增加生物燃料的应用。例如英国要求到 2010 年时的 CO_2 排放要比 1990 年降低 20%；③限制机动车辆 CO_2 排放，对节能汽车给予税收优惠，鼓励使用节能型及清洁代用燃料汽车；④不能只靠市场机制推行可持续发展的能源政策，而要从政策上提供激励作用，制定法规性要求，提出目标，支持示范工作项目，增加投资，强化宣传及信息传播工作^[15]。

2. 能源、燃料与汽车工业

我国汽车工业经历了从无到有、从小到大强的历程。1930 年沈阳兵工厂在我国首次试制成功 75 型及 100 型民生牌货车，1937 年全国汽车保有量仅 64600 辆，1948 年也只增加到 69154 辆。1956 年建成第一汽车制造厂，相继建成第二汽车制造厂以及在北京、上海、北京、济南、四川及陕西等地建成规模不等的汽车厂。一大批内燃机及零部件工厂也都成长壮大，成为我国汽车工业的骨干力量^[16]。

90 年代以后汽车工业得到巨大的发展，年产量由 1991 年的 70.4 万辆增加到 2001 年的 233.44 万辆，平均年增长率为 15%，是同期世界年增长率的 10 倍^[17]。2003 年年产量达到 400 万辆，2004 年达 507 万辆，已成为仅次于美国、日本及德国的第四大生产国。2002 年摩托车产量为 1300 万辆，产销量居世界第 1 位。2001 年我国汽车保有量为 4330.8 万辆。今后汽车产量及保有量将会继续大幅度增加。

世界汽车工业的发展更加迅速，年产量达到 6000 万辆左右。发达国家的有些家庭拥有 2~3 辆汽车。汽车离不开燃料，据在巴黎的国际能源署(IEA)的统计，全球人类和物品运输总量的 96% 靠消耗石油燃料，1997 年每天的消耗量是 29.6×10^6 桶，比 1973 年增加 75%。汽车工业的发展与能源及燃料的关系密切，互相促进。

由于石油资源日趋枯竭、节能及降低排放的要求，国际上一直在研究、开发更节能、低排放的汽车动力装置，如新型内燃机燃烧系统、混合动力及电动装置、车用燃气轮机、专用气体燃料内燃机及斯特林发动机等。在相当长的时期内，往复式内燃机仍占统治地位。图 1-2 为车用动力装置与不同能源及燃料的关系。图 1-3 为不同热机与燃料的关系^[18]。

3. 汽车动力、燃料的现状与发展趋势

汽车动力、燃料现状及发展趋势如图 1-4 所示。

图 1-4 的左侧是内燃机过去用油的情况，中间部分是当前动力装置开发研究及所用燃料多元化的情况，右侧部分是正在研究试验中的动力及燃料。目前研究及应用的电动汽车，混合动力及多种代用燃料，各有优缺点。毫无疑问，电动汽车及混合动力对降低排放，保护环境有利，应该研究。然而能在局部地区城市首先投入使用的是混合动力，仍要选用燃料。初期电动及混合动力车辆的价格也较高，常规内燃机动力的车辆仍占很大比例。中间部分由生物质生产的生物燃料在燃料发展过程中占有重要地位。

未来的汽车动力是用可再生资源生产的氢、醇燃料(甲醇、乙醇)等作燃料，由燃料电池发电。燃料电池是通过电化学反应，将燃料化学能直接转换成电能做机械功，不受卡诺循环的限制，效率可达 50% 以上，无污染，噪音很小。利用先进的纳米材料及技术，通过光电作用及利用风能水能制取廉价的氢，另一方面用丰富的可再生资源制取醇燃料，然后通过

车载裂解器，生产出氢，这样整个装置重量大较复杂。所以一些国家已经在试验研究，将醇燃料直接输入燃料电池，在其中分解出氢发电。纯电动汽车在近期内较难成批量地投入市场，而以氢为燃料及燃料电池的汽车更是较远的未来才能进入市场。

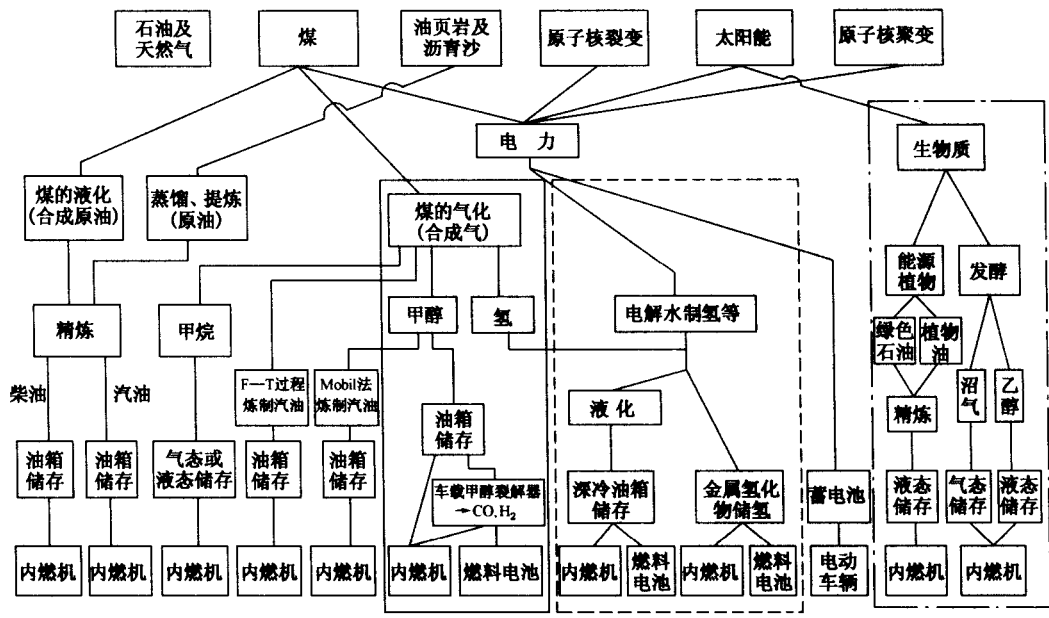


图 1-2 车用动力装置与不同能源及燃料

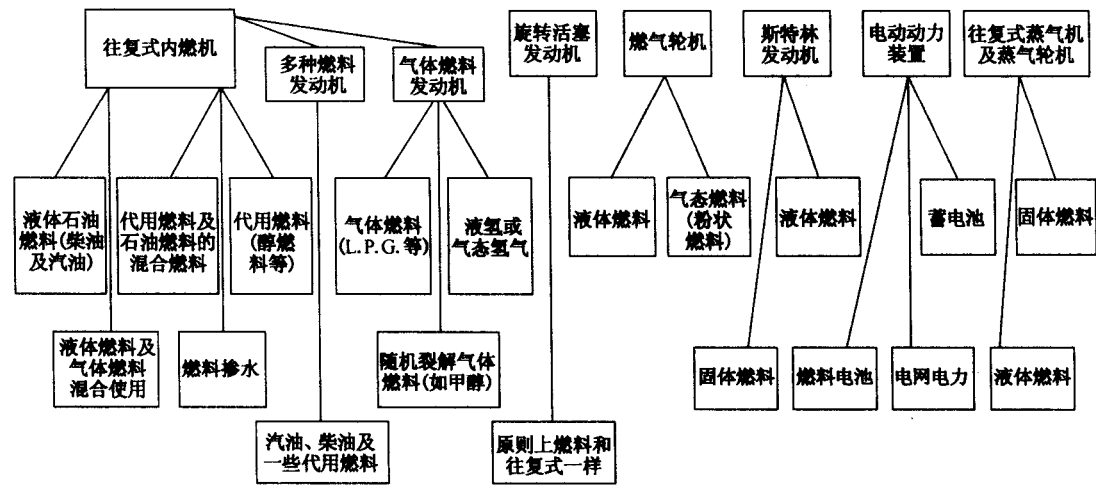


图 1-3 不同热机及其燃料

目前大多数车辆还是用汽油和柴油，为适应严格的排放法规要求，国际上要求改进汽油及柴油的质量。在汽油方面，加入乙醇或乙基叔丁基醚等含氧剂，美国计划使用加了含氧剂的新配方汽油占到32%。美国环保局要求到2004年汽油的硫含量将降到 $30\mu\text{g/g}$ (0.003%)；欧洲议会1998年规定汽油的烯烃含量小于18%，硫含量小于 $150\mu\text{g/g}$ ，2005年硫含量小于 $50\mu\text{g/g}$ 。在柴油方面，世界燃油宪章要求硫含量小于 $500\mu\text{g/g}$ ，芳烃含量小于35%；美国计