

21世纪 全国高职高专汽车检测与维修专业教材

清洁燃料 汽车

劳动和社会保障部教材办公室
组织编写

本专业系列教材适用范围

全国高职高专教学
全国高级技工学校教学
职工在职培训
汽车检测与维修专业人员自学教材



21世纪

全国高职高专汽车检测与维修专业教材

汽车原理与构造

汽车发动机原理与构造

汽车电控系统原理与维修

汽车自动变速器原理与维修

汽车安全系统原理与维修

汽车空调系统原理与维修

汽车检测技术与设备

汽车排放与环境保护

汽车专业英语

汽车营销学

清洁燃料汽车

责任编辑 / 林京耀

封面设计 / 赵雄杰

责任校对 / 袁学琦

版式设计 / 朱 姝

ISBN 7-5045-3077-8



9 787504 530776 >

ISBN 7-5045-3077-8/U·056

定价: 25.00 元

U469

14

21世纪全国高职高专

汽车检测与维修专业教材

清洁燃料汽车

郝利君 主编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

清洁燃料汽车/郝利君主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2000. 11
21 世纪全国高职高专汽车检测与维修专业教材
ISBN 7-5045-3077-8

I. 清…

II. 郝…

III. 汽车, 清洁燃料 - 高等学校: 技术学校 - 教材

IV. U469.79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55926 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 唐云岐

•

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 12.25 印张 303 千字

2001 年 2 月第 1 版 2006 年 1 月第 2 次印刷

印数: 2 000 册

定价: 25.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

内 容 提 要

本书是高等职业院校汽车检测与维修专业的教学用书。

本书详细介绍了清洁燃料汽车方面的知识和技能,内容包括天然气汽车、液化石油气汽车、氢气汽车、醇类汽车、电动汽车、燃料电池汽车、混合动力汽车等的结构与工作原理、特性等,以及相关的使用及维护技能。

本书的编写面向汽车检测与维修专业的工作实际,是高等职业院校汽车检测与维修专业的必备教材,还可供从事汽车设计、运用与维修工作的有关人员参考。

前 言

我国高等职业技术教育是改革开放的产物,是社会经济发展对职业教育提出的更高层次的要求,是中等职业教育的继续和发展。为了进一步适应经济发展对高等技术应用型人才的需求,国家正在理顺高等职业教育、高等专科学校教育和成人高等教育三者(简称为高职高专教育)的关系,力求形成合力,将目标统一到培养高等技术应用型人才上来。

为了贯彻落实党中央、国务院关于大力发展高等职业教育、培养高等技术应用型人才的指示精神,解决高等职业教育缺乏通用教材的问题,劳动和社会保障部教材办公室从1999年下半年开始,组织部分高校编写了“21世纪全国高职高专专业教材”。这套教材具有三大特点:①为高等职业教育、高等专科学校教育和成人高等教育“三教”的整合与升级服务;②体现高职高专教育以培养高等技术应用型人才为宗旨,使学生获得相应职业领域的职业能力;③以专业教材为主,突出以应用技术、创造性技能和专业理论相结合为特色。目前我们已出版的高职高专专业教材有机械类、电工类和医学美容、汽车检测与维修、国际贸易、建筑装饰、物业管理等专业的教材,今后还将陆续开发计算机技术、电子商务、机电一体化、数控技术等10余个专业的教材。力争逐步建立起涵盖高职高专各主要专业,符合市场要求,满足经济建设需要的高职高专院校专业教材体系。

在本套教材的编写工作中,我们注意了以下两点:一是目标明确。立足于高等技术应用类型的专业,以培养生产建设、三产服务、经营管理第一线的高等职业技术应用型人才为根本任务,以适应经济建设的需求。二是突出特色。教材以国家职业标准为依据,以培养技术应用能力为主线,全面设计学生的知识、职业能力和培养方案,以“适用、管用、够用”为原则,从职业分析入手,根据职业岗位群所需的知识结构来确定教材的具体内容,在基础理论适度的前提下,突出其职业教育的功能,力争达到理论与实践的完美结合,知识与应用的有机统一,以保证高职高

专教育目标的顺利实现。

编写这套适用于全国高职高专教育有关专业的教材既是一项开创性工作,又是一项系统工程,参与编写这套系列专业教材的各有关院校的专家们,为此付出了艰辛的努力,谨向他们表示感谢。同时由于缺乏经验,这套教材难免存在某些缺点和不足,在此,我们恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议,以便今后修订并逐步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2000年9月

目 录

第一章 概述	(1)
§ 1—1 清洁燃料汽车是汽车工业发展的客观选择	(1)
§ 1—2 车用清洁燃料的选择及主要特性	(5)
§ 1—3 清洁燃料汽车的分类及应用	(10)
第二章 天然气汽车	(19)
§ 2—1 天然气汽车的发展概况	(19)
§ 2—2 车用天然气燃料特点及燃烧特性	(21)
§ 2—3 天然气汽车的结构及布置	(25)
§ 2—4 天然气汽车的动力传动系统	(28)
§ 2—5 车用压缩天然气供给系统	(31)
§ 2—6 压缩天然气发动机	(47)
§ 2—7 压缩天然气加气站	(55)
§ 2—8 液化天然气(LNG)汽车	(60)
§ 2—9 天然气汽车的检测及安全维护	(64)
第三章 液化石油气(LPG)汽车	(68)
§ 3—1 LPG 燃料	(68)
§ 3—2 LPG 汽车及其燃料供给装置	(70)
§ 3—3 LPG 汽车的使用与调整	(90)
§ 3—4 LPG 汽车的配套设备及使用规则	(94)
第四章 氢气汽车	(98)
§ 4—1 氢气汽车的发展概况	(98)
§ 4—2 氢气作为车用发动机燃料的特点	(99)
§ 4—3 氢气汽车的结构及工作原理	(100)
第五章 醇类汽车	(107)
§ 5—1 醇类代用燃料的来源及主要特性	(107)
§ 5—2 醇类燃料内燃机	(109)

第六章 电动汽车	(122)
§ 6—1 电动汽车的发展概况	(122)
§ 6—2 电动汽车的结构及布置	(124)
§ 6—3 电动汽车的基本特性	(126)
§ 6—4 电动汽车的动力驱动系统	(128)
§ 6—5 电动汽车的动力源及其能量管理系统	(133)
§ 6—6 电动汽车关键技术	(145)
第七章 燃料电池电动汽车	(150)
§ 7—1 概述	(150)
§ 7—2 燃料电池的类型及工作原理	(153)
§ 7—3 车用燃料电池及燃料重整装置	(155)
§ 7—4 燃料电池电动汽车关键技术	(160)
第八章 混合动力汽车	(162)
§ 8—1 混合型电动汽车的结构及工作原理	(162)
§ 8—2 典型的混合型电动汽车	(167)
第九章 其他种类的清洁燃料汽车	(173)
§ 9—1 太阳能汽车	(173)
§ 9—2 高温燃气轮机汽车	(175)
§ 9—3 斯特林发动机汽车	(177)
§ 9—4 其他代用燃料的研究与开发	(180)
参考文献	(185)

第一章 概述

随着汽车工业的发展,全世界汽车保有量迅速增加。汽车数量的激增在促进经济和社会发展的同时,也加剧了石油资源短缺、生态环境日益恶化等社会问题,尤其是汽车的有害排放物对人类及其生存环境所造成的危害日益严重。合理地利用资源及保护生态环境是当今社会对汽车产品及其设计和制造者们提出的基本要求。清洁燃料汽车已经成为汽车工业发展的主要方向。

清洁燃料汽车是指能够满足更加严格的排放标准的车辆。这里说的“清洁燃料”,确切地讲,应为“低排放燃料”,主要是指对环境的污染而言,即该种燃料所含的能量在转变为车辆动力的能量转换过程中对环境所造成的危害较少。

§ 1—1 清洁燃料汽车是汽车工业发展的客观选择

一、汽车已成为改变地球面貌和改造人类社会的重要工具

汽车的产生和发展,带来人们生产方式、生活方式的巨大变化,促进了社会的变革,进而影响到社会的发展和进步。汽车给人们的生活和工作提供了巨大的便利条件,使人类产生巨大的依赖性,当今汽车已成为门对门的随时随地都能使用的高度自由的交通工具。

汽车的发展促进了公路的发展,而公路的发展也推动了汽车产业的发展。汽车以其机动灵活,人员货物周转少,运输质量高而被全世界人们所喜爱。目前,作为主要的交通工具,火车已让位于汽车,公路运输成为占主导地位的运输方式。

同时,随着汽车工业和公路事业的迅速发展,汽车已进入千家万户,交通网络四通八达,缩短了人们的距离,适应了现代社会快节奏生活的需要,大大缓解了工业化和城市化带来的种种弊端,使消灭城乡差别成为可能。

目前,汽车工业已经成为世界经济发展的支柱产业。汽车工业的发展涉及许多产业部门,带动了机械制造业、钢铁冶金、石油化工、橡胶工业、电子工业、纺织工业等的发展,促进了城市的市政建设,以及与汽车有关的第三产业的发展。同时,汽车工业是附加产值很高的加工工业,是创造社会财富,提高国民收入的重要财源。汽车贸易在世界贸易中也占有举足轻重的地位,其创汇能力极大。总之,当今汽车工业已成为世界上融合先进技术最多、结构最复杂、产量最大、最引人注目的一个国际性支柱产业。

二、能源与环保问题推动了汽车的技术革命

汽车工业的发展,促进了社会的发展和进步。然而伴随汽车而来的日益严重的能源与环境问题,尤其是汽车的有害排放物对人类及其生存环境所造成的危害,使人们不得不重新正视

汽车的发展问题,节能与环保已经成为汽车技术发展的两大主题。

1. 汽车与环境

(1) 汽车造成的环境污染

随着世界范围内汽车保有量的激增,汽车已成为一个主要的空气污染源,在人口密集、交通拥挤的城市更为突出。汽车造成的环境污染表现为局部地区的都市型环境污染和地球环境污染两个方面。前者主要表现为大气污染、噪声及粉尘微粒等,后者表现为地球温暖化、大气臭氧层的破坏以及出现的酸雨等。

对大气环境和人类健康影响最大的汽车排放物主要有一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)和微粒,还有少量硫的氧化物(SO_x)等。排放的主要来源有三个:①从发动机排气管排出的废气。如果燃料在发动机内完全燃烧,将主要产生 CO_2 和 H_2O 。但高速内燃机燃烧过程不充分,排气中出现不完全燃烧产物 CO 和 HC,且高温情况下使空气中的氮氧化生成 NO_x 。其他还有 SO_2 及 SO_3 、铅化合物、碳烟等;②窜气,即从活塞与汽缸之间的间隙漏出,再由曲轴箱经通气管排出的气体,其主要成分是 HC;③从油箱、化油器浮子室以及油泵接头等处蒸发的燃油蒸气,成分是 HC。

CO 是一种无色无味有毒的气体,它与血液中输送氧的载体血红蛋白的亲合力是氧的 240 倍。CO 与血红蛋白结合后,剥夺了人体血液中血红蛋白为人体组织输送氧的能力,使人产生缺氧而损害中枢神经系统。当空气中的 CO 的体积分数超过 0.1% 时,就会使人中毒,导致头晕、头痛等症状,严重时甚至死亡。

HC 包括未燃和未完全燃烧的燃油、润滑油及其裂解和部分氧化产物,如烷烃、烯烃、芳香烃、醛、酮、酸等数百种成分,这些化合物进入人体后会导致慢性中毒。

NO_x 是 NO 、 NO_2 等氮氧化物的总称。内燃机排放的氮氧化物绝大多数是 NO ,少量是 NO_2 。 NO 是无色气体,本身毒性不大,但在大气中缓慢氧化生成 NO_2 。 NO_2 呈褐色,具有强烈刺激气味,对肺和心肌有很强的毒害作用。此外, NO_x 还是导致酸雨产生的原因之一。

HC 和 NO_x 在一定的地理、温度、气象条件下,经强烈的阳光照射,会发生光化学反应,生成以臭氧(O_3)、醛类为主的过氧化产物,形成对人及生物有严重危害的光化学烟雾。臭氧具有独特的臭味和很强的毒性;醛类对眼睛及呼吸道有刺激作用,轻则使人患红眼病,重则造成呼吸困难,甚至死亡。此外,光化学烟雾还会使植物枯黄落叶,妨碍生物的正常生长。

微粒污染主要来自柴油机,如果浓度很高,就会形成黑烟。微粒的主要成分是碳及其吸附的有机物质,该类有机物有很强的致变作用,其中一些是致癌物质,例如苯并芘。汽油机的排气颗粒,主要是燃用有铅汽油后生成的铅化合物微粒。铅对人体的健康十分有害,它进入血液后,可通过血液分布到软组织和骨骼中,导致造血功能衰退、肝功能障碍,损害造血功能,容易引起贫血。铅对消化系统和神经系统也有损害作用。

SO_x 是燃料中的硫燃烧后形成的, SO_x 跟 NO_x 一样,也是导致酸雨产生的主要原因,影响农作物的生长和人类健康。

CO_2 在过去并不认为是一种污染物。但因为化石燃料的大量使用,使地球大气中 CO_2 的体积分数从工业时代开始的 280×10^{-6} 增加到现在的 340×10^{-6} 左右。由于二氧化碳能吸收红外线辐射,随着大气中二氧化碳含量的增加,吸收的热量随着增加,导致由地面辐射散失的热量随之减少,从而导致温度上升,造成日益严重的“温室效应”,已经影响到全球气候。随着

能源的大量消耗,二氧化碳对地球气候的影响日益受到人们的关注。

(2)降低汽车有害物排放的主要措施

由于汽车排放物对人类及其生存环境造成很大危害,世界各国纷纷制定了各自的汽车排放法规。其中美国加州法规最为严格,欧洲和日本次之。我国早期的汽车保有量小,故法规较松。但随着汽车保有量的增加,城市大气污染的日益严重,1995 年我国也修改了多年不变的排放法规,并逐步实现与国外法规的同步。随着时代的发展,针对汽车的排放法规亦越来越严格。

总之,未来新一代的汽车需要进一步减少有害排放物、降低燃油和机油的消耗率及噪声,以及提高安全性、可靠性及寿命等。而排放性能的改善已经成为决定汽车生存和发展的先决条件。为了减少汽车的有害排放物,满足日益严格的汽车排放限值,各汽车公司都在采取一切可行的技术措施来提高汽车的性能,减少汽车的排放污染。

发动机是汽车的心脏,发动机的性能好坏不仅决定了汽车的各项性能,而且最终决定汽车污染物的排放情况。因此解决汽车污染物排放的最根本也是最关键的途径是汽车发动机性能的改进与提高。改善发动机排放质量涉及两个方面:发动机技术和燃料技术。表 1—1 是美国汽车排放净化技术在发动机及燃料两方面的发展情况。由表 1—1 看出,若要改善发动机的排放指标,发动机技术的提高与燃料质量的改进相辅相成,缺一不可。

表 1—1 美国在发动机和燃料方面采用的排放净化措施

年份	发动机主要控制技术	燃料方面措施	CO g/km	HC g/km	NO _x g/km	微粒 PM g/km
1968 年前	无	含铅汽油	54.1	5.5	2.2	
1968 - 1975 年	进气恒温、延迟点火、废气再循环(EGR)、曲轴箱强制通风阀(PCV 阀)等	含铅汽油 降低铅含量 降低硫含量	24	2.1	1.93	
1975 年 1977 年	氧化催化剂	开始推广无铅汽油 禁止使用含锰添加剂	9.3	0.93	1.93	
1979 年	三效催化剂	降低蒸气压、硫含量	4.3	0.25	1.24	
1984 年	电喷/闭环控制	无铅汽油 + 清洁剂	2.1	0.25	1.24	0.37
1992 年 1996 年	电喷 + 三效催化剂	新配方汽油 + 清洁剂 禁用含铅汽油	2.1	0.15	0.25	0.05
2004 年	低、超低排放动力	新配方汽油、代用燃料	1.06	0.08	0.12	0.05

目前,由于汽油机和柴油机的闭环控制技术以及三元催化技术等的发展和进步,导致燃用各种类型燃料的汽车在排放性能之间的绝对差别逐渐缩小。但从改善环境角度着眼,各种代用燃料,尤其是气体燃料仍具有很大的潜力。

在代用燃料汽车的研究开发方面,世界各大汽车公司都投入了大量的人力和物力。如美国通用公司、美国福特公司、德国奔驰公司等都很早就推出了各自的电动汽车、天然气汽车等代用燃料汽车,但由于受到各种条件的限制,生产规模很小,在用的代用燃料汽车数量极少。再如美国康明斯发动机公司目前每年只生产几千台天然气发动机,相对于柴油发动机年产 30 万台的生产规模来说,生产规模太小,因而导致了天然气发动机产品的研制、生产以及销售费用偏高,相应天然气发动机的价格很高,推广的难度较大。而用户只需要花费比天然气发动机低得多的价格,就可购买到合适的柴油发动机或汽油发动机,而且能够满足必要的环保要求。因此,目前状况下,单就环保而言,代用燃料发动机并不会成为商用汽车动力的主流产品。

一般来说,降低汽车有害排放物的技术措施可归纳为以下几个方面:

1) 发动机机内净化措施,即改善车用发动机的燃烧过程

① 汽油机机内净化措施:采用多气门可变进气系统、电控燃油喷射、电控点火及爆震控制、电控 EGR 技术、增压中冷、汽油机稀燃-速燃技术、汽油机缸内喷射分层燃烧技术及采用高压缩比的紧凑型燃烧室等。

② 柴油机机内净化措施:采用多气门可变进气系统、电控 EGR 技术、增压中冷、电控高压喷射技术、可变涡流控制技术 & 优化燃烧室结构等。

2) 发动机机外净化措施

① 对发动机的排放污染物进行后处理:汽油机采用三效催化剂,柴油机应用氧化催化剂或三效催化剂以及再生性微粒净化装置等。

② 控制并消除燃料蒸发泄漏所造成的污染:采用曲轴箱强制通风措施及蒸气排放控制系统。

3) 开发和利用车用低污染燃料

① 石油燃料的改进:新配方汽油、新配方柴油。

② 低污染的代用燃料:天然气、液化石油气、甲醇(乙醇)、氢气等。

4) 开发和利用新型低污染车用动力

① 车用低污染燃料发动机:采用新配方石油燃料的高效发动机及代用燃料发动机[天然气发动机、液化石油气发动机、甲醇(乙醇)发动机、氢气发动机等]。

② 车用电动机:发展以蓄电池和电动机为动力的电动汽车。

③ 混合动力:混合动力指汽车动力装置包含两种或两种以上的能源存储器、能源或能量转换器,而且至少一种存储在车上。最具代表性的混合动力是通过串联或并联的方式将发动机、电动机、机械驱动装置有机地结合起来。它可以尽可能地使发动机在高效区工作,以提高经济性及排放质量。这两种动力装置可单独交替使用或同时使用,视系统的结构和使用需求而定。在市内利用电动机行驶,实现汽车的零排放运行;而在郊外可靠普通发动机行驶,提高汽车的续航里程。

发动机的机内净化措施和机外净化措施主要是针对发动机本身设计和制造技术的改进和提高,具体内容在许多汽车专业文献中都有详尽的阐述,本书不再过多提及。而关于车用低污染燃料和新型低污染车用动力的内容是本书研究的重点。

2. 汽车与能源

(1) 石油危机敲响了警钟

目前,世界上所消耗的能源中石油所占的比例超过其他任何种类的能源,而汽车消耗的能源几乎完全依赖于石油制成的燃料,它约占每年石油消耗量的一半。随着世界汽车保有量的增加,石油消耗量将进一步增加。根据已探明的世界石油蕴藏量及目前的石油消耗速度,估计最多可满足人类对石油 50 年左右的需求。

因此,能源问题已经摆在各国政府面前。在汽车的生产和使用大国中,欧洲各国、美国、日本等国所消耗的石油大量依赖进口,1973 年的中东石油危机曾给他们带来相当大的冲击。20 世纪 90 年代初引发的海湾战争的根源仍然是石油。总之,能源问题已成为世界范围内迫切需认真对待和优先解决的重大课题。

我国石油资源短缺的问题也十分严重。从 1993 年起,我国已经成为石油净进口国。从人

均能源资源看,由于我国人口众多,人均能源资源并不丰富,只相当于世界平均数的二分之一,美国的十分之一。近些年是我国汽车工业快速发展的时期,汽车产量及保有量大幅攀升,所面临的石油资源短缺问题也日益严重。

(2)减少燃油消耗势在必行

国外对全世界交通能源的研究预测表明,到2015年,世界范围内70%的车辆仍将以石油为燃料,20%车辆将使用天然气,其余10%的车辆为电动汽车及其他代用燃料汽车。

在未来几十年内,石油燃料仍将是主要的车用燃料。但由于石油资源日益缺乏,石油燃料的价格必然上涨。因此,迫切需要汽车的设计和制造厂不断地采用现代先进技术,提高汽车的经济性,达到节能和降低运行成本的目的。

采用现代先进技术来降低发动机油耗,对改善排放,尤其是降低温室气体 CO_2 的排放具有十分重要的意义。如三菱公司的缸内喷射汽油机采用分层燃烧技术,在整个转速范围内功率和转矩比原汽油机提高10%,燃油消耗率下降35%。这种发动机在部分负荷时使用分层混合气,在全负荷时使用化学计量比混合气及废气再循环(EGR),降低了 NO_x 排放。缸内直喷分层燃烧系统对降低造成温室效应的 CO_2 排放量特别有利。

本世纪初,全世界将围绕“三升轿车”(即百公里油耗不超过三升)的开发和生产展开激烈竞争。现已公认,最有希望的“三升轿车”是柴油机轿车。德国大众汽车公司推出最新款的三升路波车,用的是增压中冷直喷1.2升3缸柴油机(缸径 $\times$ 冲程为76.5 mm $\times$ 86.7 mm,功率为45 kW/4 000 r/min),采用泵喷嘴技术、进气截面可变技术和轻质的排放系统及催化反应装置。与此同时,美国福特汽车公司与德国FEV发动机公司也合作开发成功一台“三升轿车”用1.2升4缸柴油机(缸径 $\times$ 冲程为70 mm $\times$ 78 mm,功率为55 kW/4 500 r/min),该柴油机每缸4气门,采用增压中冷直喷燃烧系统,全铝结构,比质量为2 kg/kW。这两种柴油机轿车的排放指标均能达到欧Ⅲ排放标准。

(3)开发代用能源

到本世纪中期,石油资源将严重缺乏,石油产品的替代能源将在能源结构中扮演重要的角色。应用代用燃料汽车一方面可以减少对石油燃料的依赖,另一重要原因是减少环境污染,特别是降低造成大气温室效应的 CO_2 排放。因此,在太阳能作用下获得的二次能源,如植物能源、氢及电等就很有发展前途。在大城市中,使用排放CO、HC和 NO_x 较低、产生臭氧较少的代用燃料汽车和电动汽车可大大改善环境污染。

§ 1—2 车用清洁燃料的选择及主要特性

一、燃料成分对车辆排放的影响

理论上讲,车用发动机选用任何一种燃料都能达到排放法规要求的排放值标准。但实现这一目的关键在于该种燃料的燃烧是否完全,以及发动机系统针对该种燃料所做的调整是否符合该种燃料的燃烧特性,使相关要素达到最合理的匹配,以达到发动机最佳的输出指标,真正保证在不损失功率、转矩等输出要素的前提下,达到经济环保的要求。

1. 对CO、HC和 NO_x 排放的影响

燃料中的氧有助于燃料的完全氧化,降低 CO 和 HC 的排放量,所以含氧燃料是低排放燃料。燃料中的氮则容易生成 NO_x ,但只有重油中含有相对较多的含氮衍生物。

2. 对碳烟和微粒排放的影响

作为微粒核心的碳烟,其生成的条件是高温和缺氧。在均匀的可燃混合气中,只有当过量空气系数小于某一临界值时,才生成碳烟;而缺氧不多时则大多生成 CO。而对于非均质混合气燃烧,如柴油机,尽管总的过量空气系数较大,但局部区域仍然存在严重缺氧的问题,仍有碳烟的产生。

就燃料成分来说,燃料中的 C/H 和 C/O 的原子比越大,越容易生成碳烟。

石油燃料中,烷烃生成碳烟的倾向最小,芳香烃、炔烃最大,烯烃居中。醇类、醚类燃料由于含氧量大,生成碳烟的可能性小。

3. 对臭氧形成的影响

毒性较大的臭氧是光化学烟雾的主要成分之一。不同有机化合物有不同的生成臭氧活性 MIR(单位质量有机物生成臭氧的质量)。测量结果显示,烷烃和醇类的 MIR 较低。因此,以烷烃为主的天然气、液化石油气燃料和醇类燃料都属于低排放的“清洁”燃料。不饱和链烃和芳香烃的 MIR 较高,它们在燃油中的含量应加以限制。作为排放物的醛类也有与烯烃类似的较高的 MIR 值。

在液体燃料中,甲醇与石油产品相比更具环保优势。根据 CARB(加利福尼亚州大气资源局)的研究结果,甲醇发动机的废气排放中,高、中活性碳氢化合物含量较少,因此形成臭氧的倾向小。这就是加利福尼亚州倾向于将甲醇作为未来燃料的原因。

4. 对二氧化碳生成量的影响

燃料中的 C/H 原子比越大,释放单位热量产生的 CO_2 排放量越多。汽油与柴油的 C/H 原子比约为 0.5,完全燃烧产生的 CO_2 为 75 g/MJ 左右;甲烷 C/H 为 0.25,产生的 CO_2 为 55 g/MJ;氢燃烧则不产生 CO_2 。因此,从降低具有温室效应的 CO_2 气体排放来说,氢气是车用发动机燃料的最佳选择;由于甲烷燃烧生成的 CO_2 排放量与汽油和柴油相比约降低 25% 左右,因此,也具有明显的优势。

由以上几方面可以看出,汽车发动机的排放性能,不仅受发动机本身技术水平的制约,而且在一定程度上由所燃用的燃料本身化学结构决定。

因此,车用清洁燃料是指那些能够在发动机内实现较完全燃烧,且产生的有害排放物含量可以满足清洁燃料车排放标准的燃料。就目前而言,车用清洁燃料包括新配方汽油、新配方柴油、天然气、液化石油气、纯度不低于 85% 的醇类(甲醇、乙醇)、氢、电及植物能源等。

二、车用清洁燃料的来源及特点

图 1—1 所示为目前汽车可用的清洁燃料的来源及使用情况。

良好的车用清洁燃料应具有以下特点:

- ①资源丰富,价格适宜;
- ②对发动机的结构变动小,技术上可行;
- ③燃料的热值,尤其是混合气热值能满足车用动力要求;
- ④对发动机的寿命及可靠性等无不良影响;
- ⑤能量密度高、储存运输方便;
- ⑥燃料的储运分配系统能保证燃料供应;

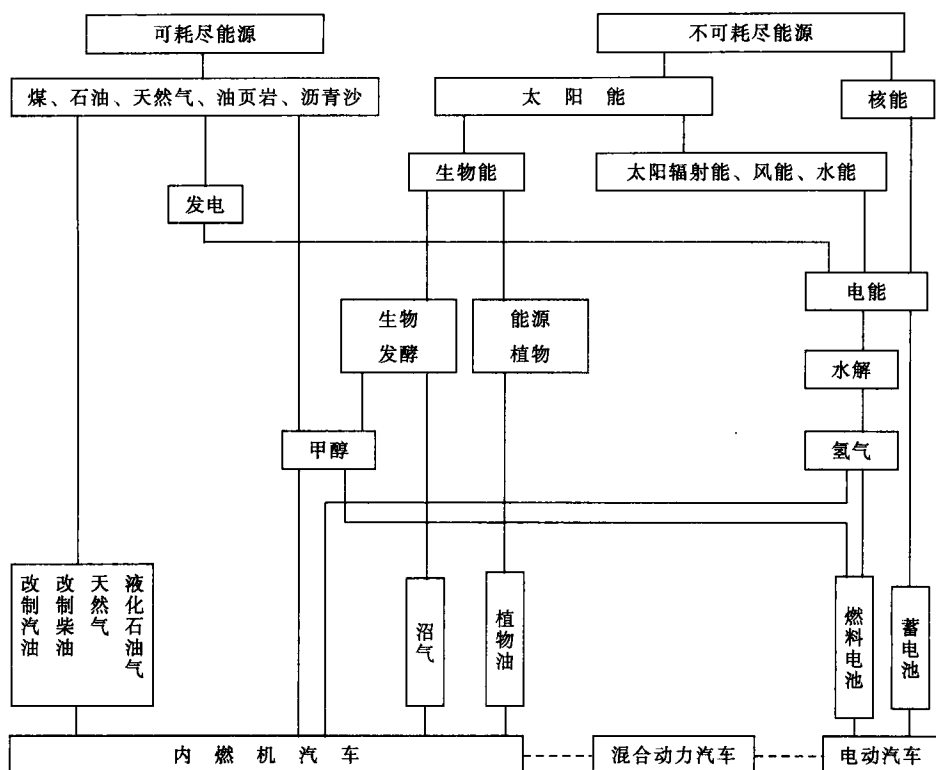


图 1—1 汽车可用的清洁燃料

⑦对人类及其生存环境无有害影响。

一种车用燃料要完全满足以上要求是困难的,但应满足主要要求,并在采取技术措施的情况下,满足其他方面要求。

1. 石油燃料的改进

汽油和柴油在近期内仍将是活塞式内燃机的主要燃料,因此改进汽油和柴油的质量是目前比较现实可行的措施。改进后的汽油(或柴油)称为“改制汽油(或柴油)”或“新配方汽油(或柴油)”。

(1) 汽油的改善

汽油的辛烷值不足,就不得不降低汽油机的压缩比,以避免爆燃,这就降低了汽油机的热效率,增加了 CO_2 的排放;汽油的挥发性(雷德蒸气压)会影响蒸气排放;不完全燃烧的芳香烃和烯烃大气反应活性强,对臭氧形成影响很大。因此,目前对汽油中各种成分的比例规定得越来越严格。

现代汽油中,辛烷值较低的以烷烃为主的直馏成分不到 20%,而且其中都是辛烷值相对较高的部分,如丁烷和异戊烷等。大部分直馏汽油都要进行催化重整(异构化和脱氢),重整产物含有较多异构烷烃和芳香烃,辛烷值高,是无铅汽油的主要成分。

由于铅对人体神经系统及三元催化剂的毒害作用,四乙铅已被禁止作为提高汽油辛烷值的添加剂使用。取代铅有机化合物来提高汽油辛烷值的添加剂是一些含氧的有机化合物,如

醇类和醚类,特别是甲基叔丁基醚(MTBE),它在汽油中的体积分数可达 15%,而不影响汽油的其他特性,是无铅汽油最重要的添加剂。燃油中加入含氧化合物能促进燃油不完全燃烧产物 HC 和 CO 的氧化,降低其排放。

降低含硫量,可使尾气净化器中的催化剂的活性保持在较高的水平,对降低排放有利。

现在开始推广使用的所谓“改制汽油”或“新配方汽油”,其主要目标是降低污染物排放和减少形成臭氧活性高的成分(非甲烷有机气体 NMOG、CO 和 NO_x)。

目前,美国、欧盟等组织相继制定了新配方汽油的标准,对硫、苯、芳香烃、烯烃等含量,雷德蒸气压,氧含量,馏出温度等提出了相应的限值。我国也结合国情和法规要求,实现汽油无铅化,适当调整汽油配方,优化汽油组分,并在汽油中加入汽油清洁剂。

(2) 柴油的改善

柴油的十六烷值较低,即发火性差,使滞燃期加长,预混合燃烧量过多,导致运转粗暴,噪声加大, NO_x 排放量增加。

柴油机各种污染物的排放,一般均随燃料的十六烷值的提高而下降。常规柴油的十六烷值在 40~50 之间,今后低排放柴油要求十六烷值在 55 以上。

柴油的芳香烃含量与十六烷值有逆变关系。芳香烃由于 C/H 比高、着火性差,使柴油的 CO、HC 和微粒排放增加。低排放的改制柴油要求芳香烃体积分数在 10% 以下。

低排放柴油要求降低含硫量,降低含硫量就相应地降低了微粒的排放量。

以前,曾在柴油中加入少量碱土金属或过渡金属(Ba、Ca、Fe 等)的有机酸盐,可显著降低柴油机排气烟度,这类添加剂称为消烟剂。但进一步的研究表明,虽然可见的烟度通过添加消烟剂而下降,但往往微粒的质量排放量反而增加,加上大多数这类金属对人体有害,所以现在不推荐使用消烟剂。

目前,改制柴油主要对硫、芳香烃等含量及十六烷值等提出了相应的要求。

2. 替代石油燃料的可用清洁能源

(1) 天然气

目前,世界上天然气的储量极为丰富,将成为 21 世纪的主导能源。推广使用天然气汽车,可节约石油资源,降低排气污染,还可推动汽车工业的可持续发展。

天然气的主要成分是甲烷,其分子式为 CH_4 。天然气的体积低热值和质量低热值略高于汽油,但理论混合气热值要比汽油低;天然气的辛烷值高,可采用较高的压缩比;天然气与空气同为气相,混合均匀、良好,燃烧较完全。且由于它的 C/H 比(相对于其他燃料)小,产生的 CO_2 较少。未燃的甲烷性质稳定,在大气中不会形成有害的光化学烟雾,但是甲烷对大气温室效应的影响比 CO_2 严重,应在内燃机缸内烧掉或选用适宜的催化剂在机外处理。

天然气在常温下不易液化,通常采用压缩天然气,压缩压力在 20 MPa 左右,因而气瓶自重,不仅增加了汽车的自重,而且需占据一定的车内空间;如采用液化天然气方式,单位质量的体积则大为减少,但要求容器具有良好的绝热保温性能。

(2) 液化石油气(LPG)

LPG 的主要成分为丙烷(C_3H_8)和丁烷(C_4H_{10}),是天然气加工和石油炼制的一种副产品。发动机用的 LPG 一般是纯丙烷或是丙烷与丁烷的混合物,在大气温度条件下,稍加压力即可液化。因此,LPG 在容器内的储存压力低,相应的气瓶自重轻,便于携带和运输。且 LPG 的汽化较为容易,与空气混合的均匀性好于汽油,有利于燃料的完全燃烧。