

天然气汽车

肖云魁 张晓平 张 宪 等 编译



解放军出版社

天然气汽车

肖云魁 张晓平 张 宪 编 译
任 燕 郑炳良 张京先

解放军出版社

京新登字第 117 号

图书在版编目(CIP)数据

解放军出版社出版

(北京地安门西大街 40 号 邮政编码:100035)

天津中铁物资印刷厂印刷 解放军出版社出版发行

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

开本:850×1168 印张:6.9 插页:

字数:180 千字 印数:3000 册

ISBN7 - 5065 - 3924 - 1/U·46

定 价:19.80 元

内 容 提 要

本书介绍了天然气汽车发展概况,汽车换代燃料,天然气分配系统与就车存贮技术,天然气汽车与环境污染,天然气汽车的经济性与市场分析,汽车燃料向氢气和电能过渡的前景,并介绍了国产天然气汽车的构造、使用与维修。

本书资料新颖,语言通俗流畅,它适合于国家公务员、石油公司职员、汽车制造厂职员、汽车驾驶员与修理工及汽车爱好者阅读,也可作为汽车专业、石油专业学生学习参考书。

前 言

21 世纪汽车究竟使用什么燃料? 科学界没有一致的看法。在各种代用燃料的竞争中, 甲醇、乙醇、天然气和电能将在未来的半个世纪中混合应用。各国会根据本国的资源情况偏好某一种代用燃料。

从世界资源分布情况来看, 作者认为: 在未来的半个世纪, 天然气将逐渐占领交通运输能源市场, 主要原因如下:

天然气资源比石油资源丰富得多, 分布广泛, 不会因为少数国家和地区资源不平衡而产生垄断, 解决了当前石油资源短缺问题。

天然气是一种清洁燃料, 专门为燃烧天然气设计的发动机尾气有害物的排放约是同类汽油发动机的 $1/10$ 。就目前电能生产过程而言, 比较天然气汽车和电动汽车, 在整个能量链中, 二者排向大气中的污染物相差不多。天然气汽车的广泛使用能明显地缓解汽车排放污染引起的环境问题。

未来的交通运输能源是氢气, 大多数人认为未来的氢燃料来源于电解水, 电能来自于可更新能源, 如太阳能、水能和风能等。但这些可更新能源的利用很有限。通过分析最新资料, 作者认为, 未来的氢燃料主要来源于天然气和水。如果电解水产生氢气的成本不降低, 天然气将是氢气的主要来源。最初几十年, 生产氢气的原料是地下矿物天然气, 一旦它们消耗殆尽, 生物天然气将是氢气取之不尽的源泉。广泛使用天然气汽车, 将为下一步氢气汽车的使用奠定了良好的基础。一旦汽车燃料效率超过 17 千米/升而接近于 34 千米/升时, 氢气汽车将会广泛行驶在公路上。作者断言: 随着天然气汽车的普及, 在世界上广泛使用氢气汽车的时代已经为期不远。

使用交通运输工具, 可以大大提高运输效率。然而, 分析发达

国家交通运输发展的历史表明:每一种占统治地位的运输工具有它的寿命周期,美国的各种交通运输工具发展周期是这样的:水路运输 30 年;铁路运输 50 年;公路运输 90 年;航空运输 130 年。目前一种崭新的运输方式正在兴起,已显示出旺盛的生命力,它就是电信传输,人们预计它的寿命周期为 200 年。尽管同一时刻各种运输方式都存在,但在运输总量中,占统治地位运输工具的运输比例却是最大的。在未来几十年间,世界航空运输会逐渐占领更大的交通运输市场。

尽管如此,世界汽车数量还是以惊人的速度在迅速增长。到 2000 年底,世界汽车保有量将接近 7 亿辆,我国汽车保有量接近 2000 万辆。如此之多的汽车燃烧汽油和柴油引起的环境与能源问题亟待解决。因此,各国政府采取了一系列措施大力推广清洁燃料汽车。比较石油资源,我国煤炭矿藏十分丰富,天然气次之。我国 69 个盆地估计天然气资源为 38 万亿立方米。已探明的天然气资源储量为 1.8 万亿立方米。到 21 世纪初,我国天然气每年开采量可达 500 亿立方米,按照这个速度,已探明的天然气可以开采 36 年。然而,随着我国工业化水平的提高,对能源的需求量逐年上升,估计我国天然气资源可供开采 100 年以上。此外,从煤炭中也能提取出可燃气体。这样,在未来的世纪中,我国天然气汽车会得到长足的发展。预计到 2010 年,我国天然气汽车将达到 20 万辆。

天然气汽车比汽油汽车污染物排放明显低,燃烧效率也高得多,大力推广天然气汽车会使我们的生活环境更加美好,空气更加清洁。目前我国政府制定了一系列政策,鼓励天然气汽车的发展,为此,作者产生了编写此书的强烈愿望。1997 年,作者到美国访问学习,收集了许多关于天然气汽车的最新资料,结合我国天然气汽车的发展技术,编写成此书。

本书分 10 章,第一章概述了世界天然气汽车发展概况;第二

章介绍了汽车换代燃料;第三章介绍了世界天然气的可用性;第四章介绍了天然气就车存贮技术;第五章介绍了天然气的分配系统;第六章介绍了汽车污染与天然气汽车;第七章介绍了天然气汽车交通运输系统的经济性;第八章介绍了天然气汽车的市场分析;第九章介绍了汽车燃料向氢气和电能过渡;第十章介绍了国产天然气汽车的构造、使用与维修。西方国家使用天然气汽车有近百年的历史,它们有先进的技术、完善的配套设施及科学的管理方法。本书反映了当前世界天然气汽车发展概况,也描述了目前天然气汽车一些最先进但尚不太成熟的技术。由于我国天然气汽车仅处于起步阶段,本书的许多数据和实例来自于西方发达国家。

本书第一章由肖云魁编译,第二章、第五章、第九章由张京先编译,第三章由张晓平编译,第四章、第六章、第七章由任燕编译,第八章由张宪编译,第十章由郑炳良编译。全书由肖云魁统稿。本书概述了世界天然气汽车技术发展状况,展示未来汽车燃料的发展前景,同时,联系我国实际介绍了国产天然气汽车的构造、使用与维修。因此,本书的读者范围为国家政策制定者,石油公司职员,汽车制造厂职员,环境保护组织成员,汽车驾驶员、汽车修理工、大中学学生及汽车爱好者。

在收集资料的过程中,得到美国佛罗里达州立大学工程学院王奔教授、Dr. Chuck. Z, Dr. Joe. M 等学者的大力支持,在此致以诚挚的谢意。

由于时间仓促,收集资料不太全面,加上作者水平有限,难免有错误的地方,敬请广大读者批评指正。

作 者

2000年3月

目 录

第一章 概述.....	(1)
一、汽车发展简介.....	(1)
二、汽车带来的环境与能源问题.....	(2)
三、世界天然气汽车发展概况.....	(3)
四、天然气汽车的特性.....	(6)
五、天然气汽车制造和改装中的技术问题.....	(7)
第二章 换代燃料.....	(9)
一、汽车燃料的回顾.....	(9)
二、换代汽车燃料	(12)
(一)乙醇	(13)
(二)甲醇	(18)
(三)车用含氧燃料标准简介	(19)
三、天然气	(20)
四、用天然气替代汽油	(22)
第三章 天然气的可用性	(25)
一、天然气应用的早期历史	(25)
二、天然气的生产	(25)
三、天然气的消耗	(27)
四、天然气资源与储备	(27)
(一)常规天然气	(28)
(二)非常规天然气	(29)
(三)世界天然气资源	(31)

(四)中国天然气资源	(32)
第四章 天然气就车存贮技术	(33)
一、天然气就车存贮设备	(33)
二、压缩天然气	(36)
三、液化天然气	(45)
四、天然气低压吸附存贮	(48)
第五章 天然气分配系统	(52)
一、在家庭和工作单位给汽车充加天然气	(52)
二、天然气汽车燃料充加技术	(53)
三、天然气汽车燃料充加联接装置与计量单元	(61)
(一)天然气汽车燃料充加联接装置	(62)
(二)天然气测量单元	(63)
第六章 汽车污染与天然气汽车	(65)
一、汽车污染的特征	(65)
二、汽车污染对人类生态环境的影响	(68)
(一)一氧化碳	(69)
(二)氧化氮	(72)
(三)碳氢化合物	(72)
(四)微粒	(73)
(五)铅	(74)
(六)醛	(75)
(七)酒精	(75)
(八)酸雨	(76)
三、气候变化	(77)
(一)全球变暖	(77)

(二)臭氧损耗	(82)
四、人类对汽车污染采取的控制措施	(84)
(一)法规控制汽车污染	(86)
(二)技术控制汽车污染	(89)
五、天然气汽车与空气污染	(93)
六、汽车燃料能量链中的空气污染	(105)
第七章 天然气汽车交通系统的经济性	(109)
一、天然气汽车交通系统的价格组成	(109)
二、天然气汽车增加的成本	(115)
三、天然气汽车的使用费用	(119)
第八章 天然气汽车的市场估计	(124)
一、技术变革时间表	(124)
二、天然气作为交通运输燃料的寿命周期	(130)
三、天然气汽车的临界数量	(132)
四、天然气向交通运输燃料市场渗透	(135)
第九章 向氢燃料和电能过渡	(139)
一、电动汽车	(140)
(一)电动汽车诞生与发展	(140)
(二)电动汽车的复苏	(142)
(三)电动汽车就车能量存贮	(146)
二、氢气汽车	(163)
(一)氢气应用的早期历史	(164)
(二)氢气燃烧技术	(165)
(三)氢气就车贮存	(167)
(四)汽轮机与燃料电池	(170)

三、作为氢气原料的天然气	(180)
四、甲烷和水是氢长期的源泉	(183)
第十章 国产压缩天然气汽车的构造、使用与维修	(191)
一、预混合点燃式压缩天然气汽车	(191)
(一)压缩天然气 - 汽油双燃料供给系统的组成	(191)
(二)压缩天然气 - 汽油双燃料汽车的布置形式	(192)
(三)压缩天然气 - 汽油双燃料汽车中几个关键部件介绍	(193)
(四)压缩天然气 - 汽油双燃料汽车的调试、维护与使用	(197)
二、预混合压燃式天然气 - 柴油双燃料汽车	(200)
(一)天然气 - 柴油双燃料发动机燃料供给系统	(201)
(二)天然气 - 柴油双燃料汽车的总体布置	(201)
(三)天然气 - 柴油双燃料汽车几个关键部件介绍	(202)
(四)天然气 - 柴油双燃料汽车的使用与维护	(207)
主要参考文献	(210)

第一章 概 述

一、汽车发展简史

18 世纪初,蒸汽机的发明对第一次工业革命起到了推波助澜的作用。蒸汽机能产生比人和动物大许多倍的动力。19 世纪后半叶,内燃机的发明无疑是工业化革命的第二个里程碑,接踵而来的陆地和空中交通运输革命,进一步促进了生产力的发展。自从有文明记载以来,人类交通的主要手段是行走。即使是最初级水平的汽车,也比人类行走快 10 倍以上。汽车能使人在更广阔的地域旅行。后来发明了飞机,它使国际间的交流日益频繁。这些都是 100 多年以前难以想象的事情。

1877 年,奥托(Otto)发明了热动力循环,形成了四冲程内燃机的基础。1885 年,奔驰(Benz)和奥托合作制造了第一辆内燃机驱动四轮车。这是一项奠基性的工作,它引导人们跨向了汽车时代。1890 年,波德(Boyd)制造出了第一个充气轮胎。此后不久,迪择尔(Diesel)研制出了柴油机和摩托车。1891 年,法国生产了第一批商用汽车。在 19 世纪后半叶,整个欧洲处于汽车工业初期的发展阶段。

当德牙(Duryea)兄弟于 1893 年制造出了第一辆美国四轮汽车后不久,美国的汽车制造公司已超过了 500 家。后来经过合并与发展,1916 年的底特律只剩下了 23 家汽车制造公司。1903 年,亨利·福特创建了福特汽车制造公司。它采用流水作业,大幅度地提高工作效率,使福特公司成为当时世界上最大的汽车公司。经过一系列的变迁与重组,到 20 世纪 80 年代,美国仅剩下了三大汽车

制造公司。

从 20 世纪 20 年代开始,美国汽车工业就统制着世界。20 年代后期,美国公路上行驶的汽车数量占世界汽车的 80%。即使是今天,美国汽车保有量仍占世界的 1/3。1992 年,日本汽车生产量第一次超过美国后,一连 5 年时间,日本汽车生产量名列世界前茅。然而,日本的好景不长。最近几年,美国调整了它的经营战略后,又使它恢复了汽车生产第一大国的美誉。

中国汽车工业起步较晚。1949 年以前,中国汽车工业基本为零。1956 年,当毛泽东为第一辆解放牌汽车剪彩时,他宣告了中国汽车工业的诞生。从那时起,我国人民自力更生、艰苦奋斗,汽车工业发展很快。1978 年以后,在吸取了大量国外发展经验的基础上,我国汽车工业一步一个台阶,汽车保有量每年以 13% 的速度增长。1998 年年底,汽车总数已超过 1400 万辆,预计 2010 年,我国汽车保有量将超过 6000 万辆。

二、汽车带来的环境与能源问题

汽车给人类带来了方便,但也带来了一系列问题,归纳起来有如下几点:

1. 向大气排放大量有害物质,导致了环境的严重污染;
2. 消耗大量石油资源,造成能源的短缺;
3. 引发了交通事故,威胁着人们的生命安全。

经过几十年的发展,人们找到了解决前两个问题的办法,即发展电动汽车和代用燃料汽车。由于电池技术不过关,电动汽车离实用还有一段距离。代用燃料汽车则成为解决当前环保与能源问题切实可行的方法与途径。

当前,环境恶化已成为制约经济发展、危害人类健康的重要因素。在城市,由于汽车排放物,导致大气污染达到了难以忍受的程

度。我国 1400 万辆汽车每年向大气中排放近 400 万吨的污染物。由于我国汽车排放标准要求不高,城市交通堵塞造成汽车怠速慢行,加剧了汽车尾气排放污染。据有关部门监测,中国部分城市总悬浮物浓度已超过世界卫生组织规定标准的几十倍。世界十大污染城市,中国占有一半。据统计,1 个人每次呼吸约为 0.5 升,1 分钟约呼吸 16~20 次。这样,1 个人每昼夜呼吸空气量约为 12960 升。根据地表空气密度计算,每人每天平均呼吸约 17 千克空气。这个重量大大超过了人们对食物和水份的需求。可以想象,如果人长期吸入的气体中含有大量氧化碳、氧化氮、铅化合物、碳化氢等物质,无疑会导致各种疾病。

除了环境污染外,大量使用燃油汽车,必然造成石油资源短缺。世界石油组织预测,1996 年,全球已探明石油资源储量约 1350 亿吨,年消耗石油量约为 30 亿吨。照这个速度开采下去,只能开采 40 年。即使世界石油地质储量再增加 50%,最多也只能开采 60 年。我国石油资源储量约 34 亿吨。目前年消耗约 1 亿吨左右。若我国工业化水平提高,石油消耗量肯定超过目前的水平。所以,我国石油资源最多只能开采 30 年。因此,地质矿藏部已将石油资源列入 2000 年紧缺产品之一。如果不及早采取措施,等到我国汽车全面进入家庭时,石油资源业已枯竭。那时,汽车就成了只能看不能用的废物了。

三、世界天然气汽车发展概况

要想解决环境污染和能源危机两大难题,开发新型代用燃料汽车已提到了日程。

20 世纪 30 年代,意大利首先采用天然气作为汽车燃料。1973 年,石油危机发生,促进了世界各国加强天然气汽车的应用研究。随着天然气资源的日益开发和各国制定更加严格的汽车排放法

规,天然气汽车得到了更加广泛的应用。

据有关资料介绍,目前全世界有 640 万辆天然气汽车(液化石油气汽车 540 万辆),已建成液化气加气站 2.27 万座,压缩天然气加气站 3000 座。其中意大利拥有天然气汽车 132 万辆,俄罗斯 110 万辆,荷兰 47 万辆,澳大利亚 34 万辆,美国 40 万辆,日本 32 万辆,韩国 27 万辆,加拿大 18 万辆,墨西哥 30 万辆。

天然气汽车发展很快,美国天然气汽车每年以 5% ~ 10% 的速度增长。加拿大计划在 2000 年天然气汽车数量达到 100 万辆。

目前,亚洲和太平洋地区约有压缩天然气汽车 3 万辆。其中,澳大利亚、印度尼西亚、日本、韩国和马来西亚等国的天然气汽车数量增长较快,计划在 21 世纪初达到 100 万辆以上。由于发展历史较短,对亚太地区大多数国家来说,天然气汽车仍然是新兴工业。因此,很多国家制定了扶持政策,促使天然气汽车在平等的基础上与地位稳固的燃油汽车竞争。

亚太各国的汽车制造商对天然气汽车技术发展采取了十分积极的态度。1996 年,韩国的大宇公司、现代汽车公司及澳大利亚、新西兰等国的汽车制造公司都推出了一系列只燃烧天然气的汽车。

总体上讲,国外天然气汽车发展在技术上经历了下述四个阶段:

1. 机械控制混合器时代,它对应于汽车化油器时代。在不改变汽车原有供油系统的前提下,加装一套燃气供给系统。采用文氏丘管、比例调节式等机械控制混合器,利用进气管真空度的变化来调节燃气供给量,以适应不同负荷条件下对供气量的不同需求,基本保证发动机正常燃烧需要。

2. 在第一阶段的基础上,采用电子控制化油器调节技术,由步进电机控制节流阀,精确调整供气量。在排气系统中安装氧传感器,根据排气情况,自动调整节流阀开度,使燃气汽车性能得到

改善。

3. 对应于电子控制单点喷射技术,采用电子控制燃气汽车混合器,进行单点喷射。利用电子控制模块,根据发动机转速、负荷和发动机空燃比的变化,自动调整供气量,使发动机进气混合比更加精确,提高了发动机的工作效率,使污染排放较同等汽油机降低10%~50%。

4. 结合汽车技术的最新发展,针对液化气和压缩天然气的特性,优化发动机结构设计,移植、开发闭环控制多点喷射技术。根据液化气和压缩天然气的特点,研制专用的催化转换器,使专门为燃气汽车设计的发动机动力性达到汽油机的水平,排气污染物大幅度地下降,达到欧洲2005年排放标准和美国加州汽车超低排放标准。

我国目前天然气汽车技术基本上处于国外发展水平的第一阶段。截止1997年年底,我国拥有压缩天然气汽车近6000辆,压缩天然气加气站46座,液化气加气站1323座。它们分布于四川、北京、上海、深圳等地。有关部门规划,到2010年,我国天然气汽车数量将达到20万辆。

四川省于1988年开始引进天然气技术。目前,天然气管网覆盖全省面积的一半,拥有天然气汽车4000辆,加气站29座,计划于2000年以前改装天然气汽车1万辆,新建加气站100座。2001年以后,每年生产天然气汽车1万辆,改装天然气汽车1.2万辆。到2005年,每年生产和改装天然气汽车的能力分别为3.5万辆和2万辆。拥有丰富天然气资源的重庆市计划到2010年,天然气汽车的普及率达80%,推广使用天然气汽车9万辆,建成压缩天然气加气站450座。

哈尔滨市自从1995年推广液化石油气汽车以来,目前已有液化气汽车600辆。到2000年,该市计划新建液化气加气站600座,压缩天然气加气站10座,新制造或改装液化气汽车2万辆,压缩

天然气汽车 500 辆。

北京市起步较早,于 1994 年开始改装天然气汽车。目前北京市拥有营运天然气汽车 400 辆,计划到 2000 年底,全市 4000 辆公共汽车全部燃烧天然气。西安市与航天工业总公司合作,共同开发天然气汽车。2000 年以前,改装天然气汽车 1000 辆,建成加气站 10 座,计划到 2010 年,西安市改装天然气汽车 3 万辆,建成加气站 150 座,形成年生产改装天然气汽车零件 10 万套、加气站配套设备 200 套、30 万个燃气罐的能力。

1992 年后,上海市已经陆续投放了 200 辆液化气汽车进行试验。目前,首批 50 辆使用液化气的汽车投入运营。1997 年 12 月~1998 年 7 月,已经有 156 辆出租汽车改装成天然气汽车。计划到 2003 年,上海所有出租车将全部使用液化石油气。

武汉市格林公司已经改装各种各样液化气汽车数百辆,改建加气站 4 座,计划到 2000 年,累计改装天然气汽车 5 万辆,新建成加气站 100 座。此外,全国其他各省、市、自治区都已积极行动,研究和发 展天然气汽车。

四、天然气汽车的特性

天然气中 90% 以上的成份是甲烷,它的辛烷值高达 130,比目前最好的汽油辛烷值还高得多,因而抗爆性能好。天然气的燃点在 650°C 以上,比汽油燃点高 223°C ,这使得汽车使用天然气时需更高的点火能量。汽油的着火范围为 1.2%~6%,而天然气的着火范围为 5%~15%,天然气混合气可以在更稀薄状态下燃烧。比较汽油汽车、电动汽车,天然气汽车表现出了如下优点:

1. 比汽油汽车的排气污染显著降低。据资料介绍,天然气中不含铅、硫等元素,因而天然气汽车尾气中无铅和硫等有害成份。相比较汽油车,压缩天然气汽车尾气中排放的碳化氢下降 90%,