

(适用于 CNG 汽车维修技术人员)

压缩天然气汽车 维修管理培训教材

王智维 主 编 严永安 副主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Yasuo Tianranqi Qiche Weixiu Guanli Peixun Jiaocai
压缩天然气汽车维修管理培训教材

王智维 主 编

严永安 副主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书分为七章,内容包括:天然气基本知识、天然气汽车基本知识、压缩天然气汽车专业知识、压缩天然气汽车专用装置维护设备简介、压缩天然气汽车气瓶的检查与评定、天然气汽车的正确使用、安全教育。

本书可作为天然气汽车改装和天然气汽车定点维修企业相关技术人员的培训教材,也可供新能源汽车相关从业人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

压缩天然气汽车维修管理培训教材/王智维主编.

—北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.5

ISBN 978-7-114-12895-0

I. ①压… II. ①王… III. ①天然气—燃料—汽车—
车辆修理—管理—技术培训—教材 IV. ①U469.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 057023 号

书 名: 压缩天然气汽车维修管理培训教材

著 作 者: 王智维

责任编辑: 刘 洋

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 8.25

字 数: 130 千

版 次: 2016 年 5 月 第 1 版

印 次: 2016 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12895-0

定 价: 20.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

天然气汽车被称为清洁能源汽车,主要以压缩天然气(CNG)、液化天然气(LNG)、吸附天然气(ANG)为燃料。随着全球能源日趋紧张,生态环境日益恶化,清洁能源汽车的开发应用已成为各国汽车工业积极探索的焦点,汽车产品将向安全、节能、环保方向迈进。天然气汽车有四大好处:第一,天然气是清洁能源,可降低污染,减少雾霾,改善空气质量;第二,可增加天然气在一次能源使用中的比重,有利于改善一次能源结构;第三,天然气供给领域大,资源丰富,气源有保障;第四,由烧油改为烧气,对汽车设备的改动小、成本较低。车用压缩天然气的基本配置由储气系统、供气系统和控制系统组成,通过改装实现两用燃料、单燃料或双燃料汽车。随着产品质量和改装技术不断提高,基本能满足汽车原有的各项性能指标。目前,四川省在用 CNG 汽车 45 万余辆, CNG 充装站 274 座,《四川省压缩天然气汽车安全管理办法》(省政府令第 256 号)已于 2012 年 2 月 1 日起施行,对加气站安全管理、车辆安全管理、气瓶安全管理等有明确的规定和要求,对天然气汽车的推广应用,特别是对 CNG 汽车改装和 CNG 汽车专用装置实行定点维修提供了法规保障。

为了让天然气汽车改装和天然气汽车定点维修企业相关技术人员了解掌握天然气汽车的特点、结构、原理、常见故障的判断与排除方法等知识,规范维修操作行为,提高压缩天然气汽车维修技术水平,确保天然气汽车的安全运行,我们依据相关标准,结合改装、维修中的实践经验,并征求了四川省交通厅道路运输管理局、四川省清洁能源汽车产业协会、西华大学交通与汽车工程学院、绵阳市运管处及相关专家的意见,编写了《压缩天然气汽车维修管理培训教材》,供改装和维修人员参考和借鉴。

本书由四川省清洁能源汽车产业协会副理事长、高级工程师王智维担任主编,由绵阳市道协维修专委会专家组成员、高级实习指导教师严永安担任副主编。

鉴于编写时间仓促和天然气汽车相关资料有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请业内同行和使用者批评指正,以便在培训工作中不断修改完善和提高。编写过程中得到各级领导及专家们的大力支持,在此表示衷心的感谢。

编者

2016 年 1 月

目 录

第一章 天然气基本知识	1
第一节 什么是天然气	1
第二节 天然气的发现与早期应用	1
第三节 天然气的理化特性	1
第四节 天然气的用途	2
第五节 压缩天然气(CNG)和液化天然气(LNG)	3
第六节 有关名词解释	4
第二章 天然气汽车基本知识	5
第一节 天然气汽车的分类	5
第二节 天然气汽车的优缺点	6
第三节 国内外天然气汽车应用发展状况	8
第四节 天然气汽车市场情况	11
第五节 天然气发动机技术发展趋势	12
第三章 压缩天然气汽车专业知识	15
第一节 压缩天然气汽车的基本原理	15
第二节 压缩天然气汽车专用装置的组成及作用原理	16
第三节 压缩天然气汽车维护技术	26
第四节 天然气汽车维修注意事项	33
第五节 压缩天然气汽车燃料系统常见故障及排除方法	33
第四章 压缩天然气汽车专用装置维护设备简介	43
第一节 QMX 型 CNG 燃料系统的气密性检测装置	43
第二节 TIF8800A 可燃气体检漏仪	44
第三节 玻璃转子式气体流量计	44
第五章 压缩天然气汽车气瓶的检查与评定	46
第一节 CNG 缠绕气瓶的检查与评定	46
第二节 CNG 钢瓶的检查与评定	47
第三节 CNG 储气瓶的安全管理和检验	47
第六章 天然气汽车的正确使用	49

压缩天然气汽车维修管理培训教材

第一节 天然气汽车出车前的检查	49
第二节 天然气汽车的起动	49
第三节 天然气汽车的运行	50
第四节 天然气汽车的停车	52
第五节 天然气汽车冬夏季驾驶注意事项	52
第六节 天然气汽车出现故障的应急处理	53
第七章 安全教育	55
第一节 CNG 汽车维护安全操作规程	55
第二节 安全管理制度	56
第三节 天然气汽车充装 CNG 气体注意事项	62
第四节 天然气汽车事故案例警示教育	64
复习思考题	67
附录一 政策法规	70
四川省压缩天然气汽车安全管理办法(四川省人民政府令第 256 号)	70
四川省机动车维修管理办法(四川省人民政府令第 210 号)	76
四川省交通运输厅关于印发《四川省压缩天然气汽车专用装置定点维修 企业备案管理规定》的通知(川交函[2012]799 号)	80
附录二 相关标准	84
机动车运行安全技术条件(GB 7258—2012)(部分摘录)	84
压缩天然气汽车维护技术规范(GB/T 27876—2011)	85
燃气汽车改装技术要求 第 1 部分:压缩天然气汽车 (GB/T 18437.1—2009)	94
机动车维修服务规范(JT/T 816—2011)	100
在用汽车压缩天然气专用装置检验规范(DB 51/T 929—2012)	107
汽车用压缩天然气减压调节器(GB/T 20735—2006)	114
天然气汽车和液化石油气汽车标志(GB/T 17676—1999)	122
附录三 相关标志	124
压缩天然气汽车专用装置定点维修企业车间和停车场的标志牌	124

第一章 天然气基本知识

第一节 什么是天然气

天然气(Nature Gas, NG)是主要产生于油田、气田中的一种无色、无味的可燃气体,是由多种烃类物质和少量的其他成分组成的混合气态化石燃料。其中最主要的成分是甲烷(CH_4),还有少量乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)、丁烷(C_4H_{10})、硫化氢(H_2S)等。由于天然气中甲烷(CH_4)的含量在 90% 以上,所以天然气又称甲烷气。

第二节 天然气的发现与早期应用

在公元前 6000 年到公元前 2000 年间,伊朗首先发现了从地表渗出的天然气。许多早期的作家都曾描述过中东(特别是在今日阿塞拜疆的巴库地区)有原油(气)从地表渗出的现象。刚开始,渗出的天然气用作照明,崇拜火的古代波斯人因而有了“永不熄灭的火炬”。中国人最早利用天然气是在约公元前 900 年。国内第一口天然气气井出现在约公元前 211 年,据有关资料记载深度为 150m (500ft),在今日重庆的西部。人们通过用竹竿不断的撞击来找到天然气,将其用作燃料来干燥岩盐。后来钻井深度达到 1000m,至 1900 年全国已有超过 1100 口钻井。

直到 1659 年在英国发现了天然气,欧洲人才对它有所了解,然而它却并没有得到广泛应用。从 1790 年开始,以煤为原料加工制得的煤气成为欧洲街道和房屋照明的主要燃料。1821 年在北美纽约弗洛德尼亚地区出现了对石油产品的第一次商用。他们通过一根小口径导管将天然气输送至用户,用于照明和烹调。

第三节 天然气的理化特性

(1)密度:通常状态下,天然气的密度约相当于空气的 60%。由于天然气的

密度远远小于空气,气体一旦泄漏,将向上移动,扩散到空气中。基于这一点,天然气的安全性优于汽油、柴油等燃料。

(2)热值:理论上每立方米天然气的混合气热值要比汽油混合气低。天然气完全燃烧时,需要大量的空气助燃。 1m^3 天然气完全燃烧大约需要 9.52m^3 空气,热值约为 8500Cal ($1\text{Cal} = 4.1868\text{J}$)。

(3)状态、沸点:在常温常压下,天然气是一种气态物质,当温度不大于 -162°C 时,天然气将转变成液态,以液态形式存在(液态和气态的容积比大约为 $1:625$)。

(4)颜色、味道和毒性:在原始状态下,天然气是没有颜色、味道和毒性的物质。基于安全的原因,在生产过程中国家相关法规规定民用天然气必须加入加臭剂,以便泄漏的燃气在达到其爆炸下限 5% 时,即被察觉。天然气本身无毒,如果天然气不完全燃烧,就会产生有毒的一氧化碳(CO),反应方程式为 $2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{CO} + 4\text{H}_2\text{O}$,最终可能导致使用者天然气中毒。一般来说天然气中毒是指人缺氧和一氧化碳中毒的综合表现。

(5)混合气发火界限宽:天然气与空气混合后具有很宽的发火界限,可在大范围内改变混合比,提供不同成分的混合气(可被点燃的混合气浓度范围的上限和下限,是燃料点火极限的上限和下限)。甲烷在空气中的爆炸极限为:下限 5% ;上限 15% 。在封闭空间内,天然气与空气混合后易燃、易爆,当空气中的天然气浓度达到 $5\% \sim 15\%$ 时,遇到明火就会爆炸,因而一定要防止泄漏。

(6)自燃温度:汽油的自燃温度是 $220 \sim 471^\circ\text{C}$,天然气的自燃温度是 $630 \sim 730^\circ\text{C}$ 。自燃温度越高表明天然气的安全性能好。

(7)抗爆性:汽油的辛烷值(MON)一般为 $81 \sim 89$,天然气辛烷值为 $115 \sim 130$,比汽油高 30% ,因而天然气具有较高的抗爆燃性能。

(8)带电性:天然气经压缩成高压后,一旦从管口或容器破裂处高速喷出时易产生静电,引发燃烧或爆炸事故。

(9)腐蚀性:由于天然气含有硫化氢(H_2S)和水分,当硫化氢与水溶解时会生成氢硫酸,对钢瓶有一定的腐蚀作用。所以随着使用时间的增加,钢瓶腐蚀会越大。

第四节 天然气的用途

天然气用途广泛,不仅大量用于发电、化工、冶金、采石等行业,也用于民用及商业燃气、采暖及制冷,还可用于废料焚烧及干燥脱水处理。

以天然气为燃料的燃气轮机发电厂的废物排放水平大大低于燃煤与燃油电厂,而且发电效率高,建设成本低,建设速度快;另外,燃气轮机启停速度快,调峰

能力强,耗水量少,占地又省。

以天然气为原料的化工一次加工产品主要有合成氨、甲醇、炭黑等近 20 个品种,经二次或三次加工后的重要化工产品有甲醛、醋酸、碳酸二甲酯等 50 个品种以上。使用天然气为原料的化工生产装置投资省、能耗低、占地少、人员少、环保性好、运营成本低。

近几十年,天然气被用作汽车的燃料来替代汽油。和汽油相比,天然气是一种清洁能源,属于低碳燃料,具有明显的环保效益,温室气体减排效果好。它与同功率的传统化油器式汽油汽车相比,天然气汽车尾气中不含硫化物和铅,一氧化碳降低约 80%,碳氢化合物降低约 90%,氮氧化合物降低约 40%,二氧化碳降低约 30%,二氧化硫降低约 90%。因此,许多国家已将发展天然气汽车作为减轻大气污染的重要手段。

第五节 压缩天然气(CNG)和液化天然气(LNG)

(1)压缩天然气(Compressed Natural Gas, CNG)是将天然气经过脱水、过滤、除尘、脱硫,再增压(超过 20MPa)并以气态储存在容器中。它与管道天然气的组分相同。CNG 可以直接作为车辆燃料使用。

(2)液化天然气(Liquefied Natural Gas, LNG)。天然气经脱酸、脱硫后,在一个标准大气压下,被冷却至 -162°C 以下时,将气态变成液态,即 LNG。LNG 无色、无味,无毒且无腐蚀性,其体积约为同量气态天然气的 1/625,质量仅为同体积水的 45% 左右。

液化天然气(LNG)具有以下理化特性:

- ①LNG 的密度,液态密度: $0.425\text{t}/\text{m}^3$ 气态密度: $0.718\text{kg}/\text{m}^3$;
- ②1kgLNG 汽化后约为 1.4m^3 天然气;
- ③LNG 常用的计量单位为 kg(公斤)或 Nm^3 (标方);
- ④LNG 常压下沸点约为 -162.5°C ,熔点为 -182°C ;
- ⑤LNG 的体积膨胀比约为 625 倍;
- ⑥LNG 不能加臭,必须用专用仪器检漏;
- ⑦LNG 为液态存储;
- ⑧LNG 具有天然气的易燃易爆特性,爆炸范围:上限 15%,下限 5%(体积百分比);
- ⑨LNG 着火温度随组分的变化而变化,重烃含量的增加使着火温度降低,纯甲烷着火温度为 650°C ;
- ⑩CNG 的体积能量密度约为汽油的 26%,而 LNG 体积能量密度约为汽油的

72%,是压缩天然气(CNG)的两倍多,因而使用 LNG 的汽车续驶里程远,相对可大大减少汽车加气站的建设数量。

第六节 有关名词解释

(1)燃点:燃点又称着火点,是指将物质在空气中加热时,开始并持续燃烧不少于 5s 的最低温度。燃点表明其发生爆炸或火灾的可能性的,对运输、储存和使用的安全有极大关系。

目前广泛使用的液化石油气的燃点是 490℃;天然气燃点是 650℃;煤气的燃点是 500℃。

(2)抗爆性:燃料的抗爆性是指燃料在发动机汽缸内被点燃,燃烧时避免产生爆震的能力,即抗自燃能力,是燃料的一个重要指标。燃料的抗爆性用辛烷值表示,辛烷值越大表示抗爆性越好。

(3)闪点:是指石油产品在规定结构的容器中受热挥发出可燃气体与液面附近的空气混合,达到一定浓度时可被火星点燃时的最低温度。

(4)自燃点:油品受热至一定程度时,没有受到外来火源作用,靠自热或外热就能自行发生持续燃烧的最低温度。

(5)燃烧:是物质快速氧化,产生光和热的过程。燃烧必需三种要素并存才能发生,分别是可燃物(如天然气)、助燃物(如氧气或空气)及温度要达到燃点。

(6)爆炸:在极短时间内,物质从一种状态迅速转变成另一种状态,释放出大量能量,产生高温并放出大量气体,同时产生巨大声响的剧烈化学反应。

(7)爆炸极限:可燃气体或液体蒸气与空气或氧气混合后,在某一浓度范围内,遇到火源将引起爆炸,此浓度范围称为混合气体的爆炸浓度极限,简称爆炸极限,通常用体积百分数表示。其中遇火源发生爆炸的最低浓度称为爆炸下限,而能够发生爆炸的最高浓度称为爆炸上限。

(8)静电:两种不同的物体(包括固体、液体、气体)接触后再分离(即摩擦)将会产生相对于观察者是静止的电荷,称为静电。有些情况下不摩擦也能产生静电,如感应静电起电,热电和压电起电、亥姆霍兹层(电化学双层)、喷射起电等。

第二章 天然气汽车基本知识

第一节 天然气汽车的分类

天然气汽车是以天然气为燃料的一种气体燃料汽车。一般按照车载天然气的储存形态和燃料使用的方式进行分类。

1. 按车载天然气的储存形态分类

(1) 压缩天然气汽车 (Compression Natural Gas Vehicle, CNGV): 是指将储存在车载高压 (一般为 20MPa) 气瓶内的气态天然气作为燃料的汽车。

目前车用 CNG 主要来源于 CNG 加气站。加气站直接接收天然气管网中的 0.3 ~ 0.8MPa 低压天然气, 将其升压到 25MPa, 然后储存到储气井组或储气罐组内, 再由 CNG 加气机向汽车气瓶加注。汽车气瓶中的高压 CNG 经过减压装置减压并与空气混合后才能进入发动机汽缸燃烧做功。

(2) 液化天然气汽车 (Liquefied Natural Gas Vehicle, LNGV): 是指将储存在低温 (一般为 -162°C) 绝热储存罐内的液化天然气作为燃料的汽车。

天然气液化工艺较为复杂, 一般要经过常温加压、换热降温、常温膨胀、低温换热及制冷等多道工序。汽车加注的 LNG 要通过汽化装置汽化为 0.5MPa 左右的气体后, 才能与空气混合后进入发动机汽缸燃烧做功。

(3) 吸附天然气汽车 (Adsorbed Natural Gas Vehicle, ANGV): 是指利用吸附材料对天然气的吸附效应, 以吸附状态储存在其载体中作为燃料的汽车。

吸附天然气技术: 是在储罐中装入高比表面的天然气吸附材料, 利用其巨大的表面积和丰富的微孔结构, 在常温、中压 (6MPa) 下将天然气吸附储存。其最大的优点是在低压 (3.5 ~ 6MPa) 下, 即可获得近于高压下 (20MPa) 的储存能量密度。当储罐压力高于外界压力时, 气体从吸附材料表面脱附而出, 进行供气; 当储罐压力低于外界压力时, 所加气体吸附在材料微孔表面上储存。

2. 按燃料使用方式分类

(1) 单燃料汽车: 仅使用 CNG 或 LNG 中的任何一种燃料的汽车。单燃料汽

车在燃料供应系统、工作循环参数、配气机构参数等方面,一般都针对CNG或LNG的混合特性进行了专门设计,因此燃烧热效率高,动力性、经济性好。

(2)两用燃料汽车:有两套燃料供应系统,一套供给天然气,另一套供给油料。可分别使用油或气两种燃料,但不可同时向汽缸供给两种燃料,即不可混烧。动力性、经济性相比单燃料汽车略差。

(3)双燃料汽车:有两套燃料供应系统,一套供给天然气,另一套供给油料。两套燃料系统按预定的配比同时向燃烧室供给燃料,在缸内混合燃烧的汽车。如柴油/压缩天然气双燃料汽车,柴油/液化石油气双燃料汽车。

第二节 天然气汽车的优缺点

天然气汽车与燃油汽车相比较,其优势主要体现在以下三个方面:

(1)天然气是汽车的优质清洁燃料。在所有的清洁燃料中,天然气以其应用技术成熟、安全可靠、经济可行,而被世界许多国家和专家视为目前最适宜的汽车替代燃料。汽车使用天然气作为动力燃料,与使用含铅汽油相比,其尾气排放中碳氢化合物减少72%,氮氧化合物减少39%,一氧化碳减少90%,CNG含硫化物极低,LNG不含硫化物,LNG产生的PM2.5下降97%,苯铅几乎降为零,发动机产生的噪声降低40%。因此,推广使用天然气汽车,对减少大气污染、改善环境将会起到积极的推动作用。

(2)天然气汽车有显著的经济效益。与燃油汽车相比,使用天然气可极大降低汽车营运成本。1m³天然气相当于1.1~1.3L汽油,但目前天然气的价格比汽油和柴油要低得多,燃料费用可节省50%左右。按当前的油气价格,根据测算,重型车中的大型客车与重型货车,每年可分别节省7.7万元、12.8万元;轻型车中营运的出租车与轻型货车,每年可分别节省3.7万元与2.2万元,经济效益均十分显著。对普通家用轿车而言,每年2万km的路程可节省约7000元,里程越长节省越多。由此,天然气汽车适宜在营运汽车领域广泛应用。

天然气汽车与燃油汽车的经济效益比较见表2-1。

天然气汽车与燃油汽车的经济效益比较 表 2-1

项 目	重 型 车				轻 型 车					
	大型客车		重型货车		出租车		轻型货车		家用轿车	
燃料	柴油	LNG	柴油	LNG	汽油	CNG	柴油	CNG	汽油	CNG
燃料单价	7.5 元/L	4.5 元/m³	7.5 元/L	4.5 元/m³	8 元/L	4.5 元/m³	7.5 元/L	4.5 元/m³	8 元/L	4.5 元/m³
百公里消耗	30L	33m³	50L	55m³	10L	9.5m³	11L	12.1m³	10L	9.5m³
每千米费用 (元)	2.3	1.5	3.8	2.5	0.8	0.4	0.8	0.5	0.8	0.4

续上表

项 目	重 型 车				轻 型 车					
	大型客车		重型货车		出租车		轻型货车		家用轿车	
每年里程 (万 km)	10	10	10	10	10	10	8	8	2	2
年燃料费用 (万元)	22.5	14.9	37.5	24.8	8	4.3	6.6	4.4	1.6	0.9
节约费用 (万元)	7.7		12.8		3.7		2.2		0.7	
节约比例 (%)	34.00		34.00		46.40		34.00		46.40	

注：根据 1L 柴油 = 1.1Nm³ 天然气, 1L 汽油 = 0.95Nm³ 天然气换算。

与燃油汽车相比,天然气汽车还可大幅减少维修费用。汽车发动机以CNG为燃料,发动机运行平稳,噪声低,无重烃可减少积炭,可延长汽车大修时间20%以上,润滑油更换周期延长到15000km。

(3)天然气汽车安全性能好。与汽油相比,天然气本身就是比较安全的燃料,表现在:

①燃点高。天然气燃点在650℃以上,比汽油燃点427℃高出223℃,所以与汽油相比不易点燃。

②密度低。与空气的相对密度约0.6,天然气泄漏后,会很快在空气中散发,一般不容易形成遇火燃烧的浓度。

③高压天然气释放过程是一个吸热过程。当压缩天然气从容器或管路中泄漏时,泄孔周围会迅速形成一个低温区,使天然气起火自燃困难。

另外,国家技术法规对天然气汽车所用的配件安全性制定了严格的技术要求,表现在:

①国家颁布有严格的天然气汽车技术标准。从加气站设计、储气瓶生产、改装部件制造到安装调试等,每个环节都形成了严格的技术标准。

②设计上考虑了严密的安全保障措施。对高压系统使用的零部件,安全系数均选用1.5~4以上,在减压调节器、储气瓶上安装有安全阀,在控制系统中安装有紧急断气装置。

③储气瓶出厂前要进行特殊检验。气瓶经常规检验后,还需充气作火烧、爆炸、坠落、枪击等试验,合格后,方能出厂使用。

当然,天然气汽车也有它的缺点,主要表现在以下两点:

(1)天然气汽车动力性较同型号汽油车略低。燃料在汽缸内燃烧所产生的热量主要取决于混合气的热值。虽然甲烷的热值比汽油略高,但单位体积的天然气混合气热值比汽油雾化混合气热值低12%左右。大负荷工作时汽油与空气

混合气的过量空气系数为 0.8 ~ 0.9,而天然气与空气的混合气(目前天然气供气系统、加浓系统不完善,尚不能完全满足大负荷加浓的要求)提供的过量空气系数略大于 1,从而导致相同工况下燃用天然气时的混合气热值进一步减小,这是导致燃油发动机在油改气后动力性普遍降低的主要原因。

另外,燃油发动机在油改气后,由于发动机结构参数未能随着天然气特性参数做适应性调整,就不能充分发挥出天然气燃料的优良特性,例如将汽油车改为两用燃料汽车时,需加装一个引入气体燃料的混合器,则在进气管路中增加了进气阻力,使得进气压力降低并使充气效率下降。这些因素导致发动机输出功率比燃油时下降 9% ~ 15%,输出转矩比燃油时下降 4% ~ 10%,总的动力性能下降了 5% ~ 15%。

目前,许多汽车发动机生产厂家已经研发生产天然气专用发动机。这类发动机专门为燃气设计,各项参数均随天然气特性做了调整,其动力性能基本不低于燃油发动机。对于油改气的燃油发动机而言,若能专门为其设计合适的混合器,优化其发动机结构参数如提高点火提前角、降低进气温度、增加汽缸充量、大负荷优化加浓混合气,并采取电控进气法等措施,油改气发动机的动力性能也能获得一定程度的提高,甚至可以接近或达到燃油时的动力水平。

(2) 天然气汽车初期投资成本较高。将一台普通汽油汽车改装为压缩天然气汽车的一次性投资较大。就目前绵阳地区来看,将汽油发动机改为普通单点喷射并加装 70L 的气瓶,需要 6000 元左右,若改为直喷多点式则需要 9000 元左右。气瓶容积越大,费用越高。气瓶容积的大小取决于车辆的整备质量,国家标准严格规定改装后加装的质量不超过原车整备质量的 5%。对于液化天然气汽车来说,一是液化天然气汽车生产成本较高,许多汽车零部件均是特殊工艺制作,一台 LNG 发动机成本比汽油发动机要高 20% 以上;二是 LNG 生产成本较高,天然气通过深度冷却到 -162°C 时,液化为液体,此深冷过程要比生产相当规模的 CNG 能耗高一倍左右;三是目前国内 LNG 液化工厂均较偏远,一般采取陆地长途运输,运输费用比天然气管输费用高。

第三节 国内外天然气汽车应用发展状况

1. 国外天然气汽车的发展情况

近几年天然气汽车的年增长率超过 30%,据世界燃气汽车协会的统计,截至 2015 年,在政策的鼓励下,全世界天然气汽车总量已达 2233 万辆,加气站 26629 座。全世界有 80 多个国家使用 NGV,其中排名前 6 位的国家共有 NGV1480 万辆(不含中国),加气站 10957 座。其中伊朗 400 万辆、巴基斯坦 370 万辆、阿根廷

270 万辆、印度 180 万辆、巴西 178 万辆、意大利 88 万辆。

另据媒体报道,加拿大、新西兰、阿根廷、荷兰、法国等国家正在积极执行汽车燃料向天然气转化的国家计划,并在价格、税收、收费标准、信贷方面制定了行业标准和法规。荷兰的整个汽车运输业,50% 的汽车已经采用了天然气燃料;维也纳 95% 和丹麦 87% 的公共汽车均为 NGV。西欧许多国家为了鼓励发展 NGV,在税收上给以优惠,减税差额德国达到 50%,荷兰达到 70%,平均达到 50%;除此之外,对改装为 NGV 的车主,从改装之日起可免税 3 年。独联体国家主要的鼓励政策是价格优惠。俄罗斯、乌克兰等都规定天然气的价格不高于汽油的 50% (相同油当量);亚美尼亚的天然气价格略高,为柴油的 61%、汽油的 53%。澳大利亚政府对新购置燃气汽车的发动机、关键零部件和整车产品给车主每辆车补助 1000 澳元,对从燃油改为燃气的私家车政府补贴 2000 澳元。巴基斯坦对加气站设备给予免税优惠。

各国发展 NGV 背景和路线不同,政策做法也有差异,但有共同的规律可循,主要有以下几种情况:

- (1) 天然气进口免关税;
- (2) 天然气加气站建设给予政府财政补贴;
- (3) 控制天然气价格,使天然气价格与燃油价格的比价具有绝对比价优势;
- (4) 政府和公务系统用车强制使用天然气汽车;
- (5) 免收天然气销售税;
- (6) 通过立法和建立天然气标准体系推广天然气的应用;
- (7) 免征天然气增值税;
- (8) 对于燃油汽车改用天然气汽车给予政府补贴。

2. 我国天然气汽车的发展情况

我国大力实施节能减排和替代新能源的政策,有力地推动了天然气汽车的普及与应用,天然气汽车保有量逐年大幅度增加。目前已有 20 多个省市 100 多个城市推广天然气汽车。从 2000 年的不足 1 万辆,经过 15 年的不断努力发展到目前已接近 500 万辆,加气站 7400 座。特别是山东、新疆、四川、河北、内蒙古、宁夏、甘肃等省天然气汽车及加气站建设发展最快。

1960 年国家科委制定的“全国天然气汽车综合利用规划”,拉开了研发天然气汽车的序幕。同年 3 月,原一机部汽车研究所在四川自贡筹建汽研三站,专业从事天然气汽车的试验工作。1962 年 4 月,国家科委正式下达“压缩天然气汽车”科研项目。该项目历时三年、进行了全套发动机台架试验和 25000km 的道路试验,并通过了成果鉴定。在自贡部分客货车上进行短期的推广(顶置气包车)。此次的科研成果开启了中国及亚洲天然气汽车的先河,也比亚洲其他国家早 20

年。但因文化大革命而中断了这项工作。

20年后,国内第一个专业从事CNG汽车研究的科研机构——自贡市天然气汽车研究所挂牌成立。1989年,全国第一个使用国产设备的CNG加气站在自贡荣县投产,同年,四川石油管理局川中油气矿从澳大利亚进口CNG压缩机,从新西兰进口售气机并完成了包括车辆改装、场站建设、人员培训等科目的引进工程。在南充建成一家CNG充气站,取名“南充CNG示范站”,该站的建成向全世界昭示了中国在发展车用清洁燃料上走出了第一步,也对我国CNG汽车起到带动、推广和示范的作用,具有里程碑式的意义。我国是贫油富气的国家,发展天然气作为汽车的替代燃料,在能源安全方面更具有特殊的意义。尤其是在四川,汽油全靠省外运入,而天然气的产量丰富,天然气网管建设居全国之首,用天然气作为替代燃料,发展天然气汽车和CNG加气站具有得天独厚的条件,具有十分广阔的发展前景。

20世纪90年代,除继续研发CNG压缩机外,还不断开发CNG汽车燃气装置。同时国家相继发布《天然气汽车改装操作规程》《天然气汽车改装工艺要求》以及气瓶生产,改装部件生产等相关标准,天然气汽车改装业务全面推开。该时段主要在汽油车上进行改装,主要用于短途客车和公交汽车。

1999年,我国政府开始大力发展燃气汽车,由国家科技部、发改委、环保总局等13个部委局出台了《关于实施“空气净化工程——清洁汽车行动”的若干意见》,正式提出了中国大力发展燃气汽车的政策导向。从1999年起,由于科学技术的快速发展,CNG汽车采用将天然气压缩至20MPa进行气瓶储气。储气方式的改进,占用空间小,储气量大,开启了各种客货车及轿车采用天然气作为替代燃料的新时代。同时确保除对已生产的在用汽车改装外,还确定了长春一汽、湖北二汽、上海大众、重庆长安、天津夏利等五家大型整车厂生产燃气汽车。

21世纪初,天然气汽车发展进一步加快,特别是整车生产已从油/气两用燃料汽车向单燃料汽车过渡。大量中巴车、大客车、旅游客车、城市公交车已采用单一燃气。燃气品种也不断丰富,对天然气、石油液化气、压缩天然气、液化天然气充分净化,减少杂质,保证气源质量。对在用汽车的改装,由于燃气装置标准不断提高,改装后的效果更好,并由原来的两用燃料化油器式发动机、单点吸气发动机向多点顺序电喷发动机发展,其动力性、经济性、安全稳定性大大提高。特别是汽车尾气对环境的影响大大降低,既解决了能源代替问题又具有很好的环保效益和显著的经济效益。

节能减排是我国今后较长时期的一项重要工作。宏观政策环境必将更加有利于天然气汽车的发展,加之我国天然气汽车在技术和产业方面都已形成较好基础,同时也积累了宝贵的推广经验,具有一定特色和优势,能够为天然气汽车

产业化发展提供有力支撑。“十二五”期间,我国天然气汽车发展迅速,用天然气燃料将大步进军车用燃料市场,大、中城市的出租车、公交车、农村客运班车及部分私家车等都选择天然气燃料,另外重卡船舶、火车的 LNG 应用将开始起步,加气站设备市场将是“十三五”天然气汽车发展热点。

国家发改委的《天然气利用政策》和《能源发展战略行动计划(2015—2020)》都提到要加快发展天然气汽车,扩大交通燃油替代规模,并首次提出“稳妥发展天然气家庭轿车、城际客车、重型货车和船舶”。加之天然气汽车与传统汽柴油车相比,更易达到国 5 排放标准,这将激发车企研发应用天然气汽车的热情,所以发展前景看好。

第四节 天然气汽车市场情况

目前,市场上主流的天然气汽车可以分为两类,CNG 汽车和 LNG 汽车。车用天然气路线主要是两条,LNG(液化天然气)路线和 CNG(压缩天然气)路线。根据资料收集,CNG 和 LNG 存在以下不同:

(1) CNG 的压缩比例低于 LNG,即单位体积的密度仅为 LNG 的 $1/3$ 。因此如果作为车用燃料,适用于市内交通的出租车和对体积要求不敏感的公交车。

(2) CNG 车辆改造投资低于 LNG,但 CNG 的加注站投资高于 LNG。由于 LNG 需要全程的低温储运,因此各类部件的制造难度更大。而 CNG 加气站则是常温高压,仅仅需要加一些加压系统。但一般的 CNG 家用汽车的改装成本仅为 6000 元左右。而 LNG 重型货车的成本较普通重型货车的成本高达 5 万~6 万元。

(3) CNG 无法大规模长距离运输,往往是基于城市管网供应,LNG 可以车载长途运输,在气源多元化的时代中,上游来源更加灵活。特别是在国内的管网尚未完全开放的情况下,这点尤其重要。

(4) 车用的 CNG 价格受到国家价格管制。因此气源有一定的保障。在这个前提下,盈利将十分稳定。而 LNG 已经形成了国内国外的一个交易市场,受国际 LNG 价格影响较大。

(5) 用 LNG 做汽车燃料,其尾气中的二氧化碳含量比使用柴油燃料降低 30% 左右,符合国 IV 标准,更有利于环保。相对于 CNG,硫化物和碳排放也显著降低。

(6) LNG 采用低压储存,比 CNG 在汽车上使用更安全。

LNG 和 CNG 在不同的区域和领域都将有所发展:LNG 主力市场在于重型货车和长途运行的车辆;CNG 受制于管道气和安全性,将在现有的基础上有所扩展,但是主要领域仍然是城市出租车和公交汽车。

重型车 OEM(OEM:定牌生产或贴牌生产)市场已经启动,未来将持续、快速