

天然气汽车的改装与使用

朱延民* 刘有平 蒋德平 岳小林 周 娜

(四川石油管理局南充机械厂) (四川石油管理局机动处)

朱延民等. 天然气汽车的改装与使用. 天然气工业, 1998; 18(2): 61~ 64

摘 要 由汽油车改装而成的压缩天然气(CNG)汽车, 保留汽油车的供油系统, 增加一套 CNG 储备、供给和控制系统, 将只用汽油为燃料的汽车改装成既可用汽油也可用 CNG 的两用燃料汽车。技术性能测试中, 有 CA10B 汽车改装的 CNG 汽车在燃用天然气时, 其最大功率和扭矩分别达到燃用汽油时的 85% 和 90% 以上, 而有害物质的排放只有燃用汽油时的 1/5 左右。在安全可靠方面, CNG 的储运和加注均在严格封闭的管道中运行, 不易泄漏; CNG 储运设备的高压系统零部件均留有 1.5~ 4 倍的安全系数, 储气瓶、减压阀上均安装了安全阀。与此同时, 对其操作使用, 主要故障及处理方面作了较详细的论述。

主题词 天然气 汽油 燃料 结构分析 性能试验 安全措施 故障分析

结构原理

目前, 我国 CNG 汽车绝大多数采用汽油车改装, 保留原车供油系统不变, 增加一套 CNG 储备、供给和控制系统; 将只用汽油的汽车改装成既可用汽油也可用 CNG 的两用燃料汽车。汽油车改装后的供油、供气系统如图 1 所示, 主要由 CNG 燃料的储备、供给和控制三大系统组成。

1. 储备系统

储备系统由充气阀、储气瓶、截止阀、高压接头及高压管线等组成, 负责高压天然气的充装和储备。储气瓶是关键部件, 它的制造和安装尤其重要。国内目前生产有钢瓶和复合瓶: 钢瓶安全耐用, 生产成本低, 但质容比较大, 要影响整车的比功率; 复合瓶的质容比小, 但生产成本低, 不过它是今后储气瓶的发展方向。改装时, 储气瓶配置的数量视具体车型的燃料消耗情况而定, 但要保证改装后 CNG 汽车一次充气的连续行驶里程不小于 300 km。储气瓶的安装位置应选在隐蔽安全部位, 货物运输车、厢式车用 4~ 8 个储气瓶沿汽车前进方向纵置于车架或横卧在车架与车厢底部之间(见图 1), 要尽量降低整车的质心高度和满足原车底盘的最小离地间隙、离去角等通过性参数; 罐式汽车用 3~ 5 个储气瓶安装在行李仓或工具柜等处; 但无论何种车型其储气

瓶安装后, 应保证整车在空载和满载状态下转向桥负荷不得小于该车总质量的 20%, 并尽量减轻集中载荷对原车底盘的影响, 使改装后的 CNG 汽车具有良好的动力性、通过性、操纵稳定性和安全性。

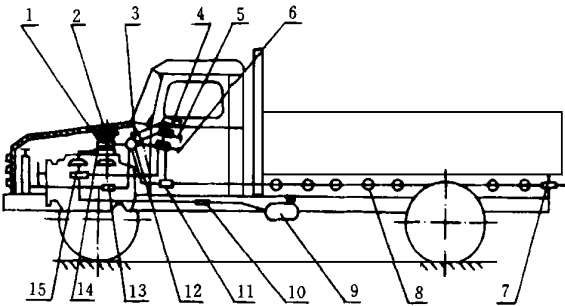


图 1 CNG 汽车供油、供气系统图
注: 1. 混合器; 2. 空气滤清器; 3. 压力传感器; 4. 气量显示器; 5. 点火时间转换器; 6. 燃料转换开关; 7. 充气阀; 8. 储气瓶; 9. 燃油箱; 10. 汽油泵; 11. 高压电磁阀; 12. 减压阀; 13. 加热器; 14. 化油器; 15. 气油电磁阀

2. 供给系统

供给系统由减压阀、混合器等组成。高压天然气经过一系列的减压、调节后, 依靠发动机运转时混合器喉管部位产生的真空度吸入减压阀中的低压天然气并与过滤后的新鲜空气混合均匀, 为各种工况提供不同浓度的可燃混合气。减压阀是 CNG 汽车的核心和关键部件, 目前国内常用的有组合式负压

* 朱延民, 1963 年生, 工程师; 1981 年毕业于承德石油学校机械制造专业, 长期从事压缩天然气汽车的研究与开发, 现任四川石油管理局南充机械厂党委副书记。地址: (637000) 四川省南充市石油南路 73 号。电话: (0817) 2220355 转 3207。

排气减压阀和分体式正压排气减压阀。组合式负压排气减压阀,其组成结构见图 2,第一、二级减压阀均为常开杠杆膜片式结构,第三级减压阀为常闭真空膜片式结构;天然气燃烧的质量空燃比为 16.7,汽油燃烧的质量空燃比为 14.9^[1],共用同一进气通道和燃烧系统时因两者的空燃比不同,用第三级减压阀低压出气管上的动力阀来调节天然气进气通道截面积的变化,以满足燃油或燃气时各自所需的空气量。由于第一级减压阀的减压比高达 50:1,流量最大达到 40 m³/h,气体膨胀吸热严重,阀体及管线、接头大量结霜、结冰,甚至出现管路冰堵,因此在阀体上设置了一个利用发动机循环水热量的管路加热器,从而延长了阀件的使用寿命,保证了减压阀的正常工作。减压阀的安装位置应选择在靠近化油器和振动较小的地方,其膜片平面方向应垂直于地面。分体式正压排气减压阀的组成结构与前者基本相同。就整个系统而言,主要区别于混合器,前者使用文丘里式混合器,后者为比例调节式混合器。

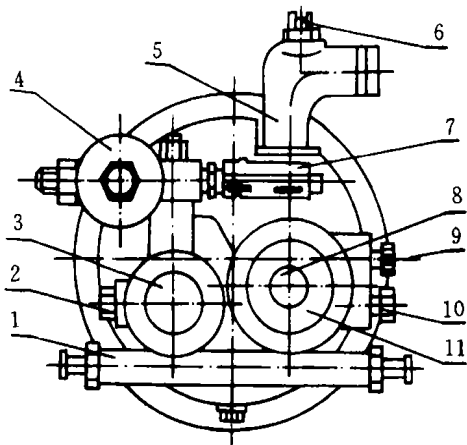


图 2 CNG 汽车组合式负压排气减压阀示意图
注: 1. 加热器; 2. 安全阀(一级减压测压口); 3. 一级减压阀; 4. 高压电磁阀; 5. 低压出气管; 6. 动力调节阀; 7. 压力传感器; 8. 怠速调节旋钮; 9. 三级减压阀及调节旋钮; 10. 二级减压阀(测压口); 11. 怠速电磁阀

3. 控制系统

控制系统主要由点火时间转换器、燃料转换开关、汽油电磁阀、高压电磁阀、气量显示器和压力传感器等组成,对燃油或燃气进行选择、控制和计量,控制原理如图 3 所示。因天然气的着火温度、混合气燃烧浓度、火焰传播速度等均与汽油不同,使得点燃天然气所需的点火能量比汽油高,点火正时角比汽油提前,因此用点火时间转换器和高能点火线圈可保证天然气混合气的稳定燃烧。汽油电磁阀为二位二通常闭式结构,安装在汽油滤清器和汽油泵之

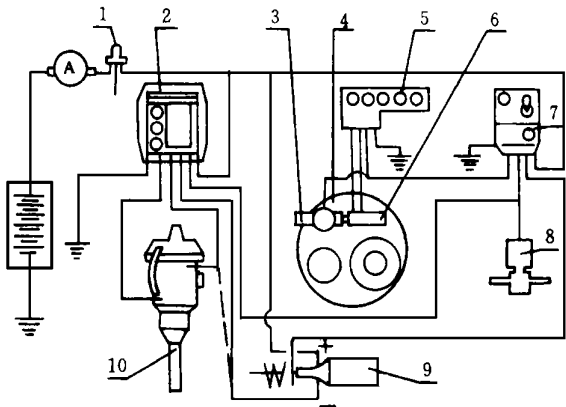


图 3 CNG 汽车操作控制原理图
注: 1. 点火开关; 2. 点火时间转换器; 3. 高压电磁阀; 4. 组合式减压阀; 5. 气量显示器; 6. 压力传感器; 7. 燃料转换开关; 8. 汽油电磁阀; 9. 高能点火线圈; 10. 分电器

间;高压电磁阀为二位二通常闭先导式结构,安装在一级减压阀进气口之前;两个电磁阀均由燃料选择开关控制,当顺序变换燃料转换开关上的“油、中间、气”三个不同位置时,可按驾驶员的需要控制油路或气路的通断。为了便于观察指示加气站充装气量和行驶中耗用气量的多少,在驾驶室中装有气量显示器,显示器与减压阀上的压力传感器相连,通过指示灯信号来定性显示储气瓶中气量的多少。

技术性能和安全可靠性

1. 技术性能

由于进入气缸的可燃混合气中,天然气所占体积比汽油雾化后所占体积大,使得吸入气缸的空气流量比汽油少 5%~7%,而燃烧所需的空气量却比汽油多约 12%,并且改装成 CNG 汽车时只是在发动机进气系统中增加了一套燃气装置,没有按天然气的燃料特性对发动机结构参数(如压缩比、进排气道尺寸等)作任何适应性调整,使天然气的燃烧过程没有达到最佳状态,因此 CNG 汽车在使用天然气作燃料时发动机动力性能要下降,其下降幅度是衡量改装后 CNG 汽车技术性能好坏的重要指标。试验中,分别测定了用 NCNG—II 型车用压缩天然气装置改装的解放 CA10B 型 CNG 运输车使用天然气和汽油作燃料时的主要性能参数,并作了对比,见表 1。从表 1 中看出,用天然气时,发动机的最大功率和最大扭矩可分别达到用汽油时的 87.7% 和 93.8% 以上,其加速性能、最高车速、爬坡性能略有下降,但均能满足行车要求;特别是发动机的 CO、HC 化合物等有害物质排放量远低于用汽油时的数值,这对于保护环境有着非常重要的现

实意义。

操作使用

表 1 CNG 汽车性能测试结果¹⁾

项 目		CNG	汽油	CNG/ 汽油
发动机最大功率(kW)		67.7	77.2	87.7%
发动机最大扭矩(N·m)		319.0	340.1	93.8%
发动机稳定怠速(r/min)		480.0	450.0	106.7%
直接档最低车速(km/h)		9.9	9.5	104.2%
整车最高车速(km/h)		82.0	95.0	86.3%
底盘输出功率(kW)		70.0	75.0	93.3%
整车加速性能(s)		19.0	16.0	118.8%
有害物质 排放量	CO(%)	0.25	5.5	4.6%
	碳氢化合物(mg/L)	550	2 600	21.2%

1): 基础车型为解放 CA10B。

2. 安全可靠

曾有人把 CNG 汽车上安装的高压储气瓶比喻为“重型炸弹”，因此必须高度重视 CNG 汽车的安全可靠性，这对于维护人身和财产安全以及正确引导 CNG 汽车的发展和推广有着深远的意义。其实使用 CNG 燃料比汽油更安全。其一，CNG 的储运和加注均是在严格封闭的管道内进行，不易泄漏。即使出现泄漏，其泄漏的气体很快在大气中扩散，扩散本身又是一个吸热过程，并在泄孔周围形成一个低温区域，不易达到燃爆浓度，更不像汽油等液体燃料那样一旦泄漏将顺流到坑道、沟槽等处而留下事故隐患，因此使用 CNG 不易发生火灾事故。其二，CNG 的储运设备，从加气站设备、储气瓶生产、改装部件制造到安装调试等每个环节都严格遵循了国家有关的标准、法规，对高压系统使用的零部件均留有 1.5~4 倍以上的安全系数；在储气瓶、减压阀等关键部件上均安装了安全阀，控制系统中配置了紧急断气装置；储气瓶在制造时严格按照国家劳动总局颁布的《气瓶安全监察规程》进行了水压、火烧、爆破、冲击、坠落、渗透等一系列的可靠性试验^[2]，安装时要求能承受 20 倍于瓶重的纵向外力和 8 倍于瓶重的横向外力而位移小于 12.7 mm^{*}，因此当车辆发生碰撞或翻覆时，CNG 燃料不容易发生燃烧或爆炸，即使着火，高温会将储气瓶上安全阀的易熔合金熔化，使高压天然气泄放以保护气瓶不至于爆炸。

1. 燃料转换

CNG 汽车在加气站将 20 MPa 的高压天然气充入储气瓶中。当使用汽油作燃料时，直接将安装在驾驶室中的燃料转换开关扳到“油”位，点火开关置于“点火”位置，此时高压电磁阀关闭，汽油电磁阀接通，汽油经汽油泵泵入化油器浮子室，雾化后吸入气缸燃烧，确保汽油电磁阀正常工作后，按常规汽车操作行驶。当由汽油转换为使用天然气时，先把燃料选择开关从“油位”扳到“中间”位置，油路、气路均关闭，观察气量显示器指示灯的信号及油路电磁阀的工作情况，待化油器浮子室的汽油用完即发动机转速下降时，立即将燃料转换开关从“中间”位置扳到“气”位置即可；此时高压电磁阀接通而汽油电磁阀关闭，调整点火时间转换器至燃用天然气所需的点火正时角，高压天然气经三级减压，由 20 MPa 的额定充气压力减为真空度为 49~69 Pa 的负压，减压阀与文丘里管式结构的混合器配合使用可满足发动机不同工况下混合气的浓度要求。当由天然气转换为使用汽油作燃料时，将燃料选择开关从“气”位置直接扳到“油”位置即可。如果发动机转速下降或将要熄火，立即按下点动开关，让高压电磁阀打开及时补充一部分天然气，以保证发动机燃料转换平稳过渡，而不至于熄火。

2. 行车注意事项

无论是气转油还是油转气，都会出现燃料供给的过渡期，即发动机工作出现转速下降或轻微停顿等现象，所以在行驶过程中要注意以下几点：

(1) 随时观察气量显示器指示灯的变化，掌握气瓶中的储气量，作好燃料转换的准备，但不要在交通拥挤、坡道、弯道及视线不好的地方进行。

(2) 当气量显示器上绿灯全熄而红灯亮时，表示天然气即将用完，应到加气站充气。

(3) 充气时注意切断电源和拉好驻车制动器，并注意充入储气瓶的气体压力不得高于 20 MPa，充气完毕后检查各联结部位有无泄漏。

(4) 行车时充分估计路面宽度，避免超车、会车时，储气瓶及管线受到碰挂。

(5) 行车途中若燃料选择开关出现故障时，可开启油路电磁阀手动开关，使油路常通，用汽油作燃料继续行驶。

* 华油天然气股份有限公司，美国天然气汽车及加气站标准汇编，1994。

(6) 行驶途中出现漏气, 应立即切断电源, 关闭储气瓶截止阀, 停车检查处理。

(7) 途中停车应选择在阴凉通风处, 防止曝晒而且要远离火源、热源。

主要故障及其处理

1. 动力性能差

混合器与空气滤清器安装配合不当而漏入过量空气, 降低了进入气缸的天然气量; 减压阀低压出气管过分弯曲或太细长、混合器喉部直径太小, 进气阻力过大; 动力阀参与调节混合气浓度变化的能力太小; 减压阀内部参数出现变化。处理故障时, 可更换喉管直径适宜的混合器, 采用变形小、直径合适的低压出气管, 分别对怠速电磁阀、三级减压阀和动力阀进行调整、检查, 使混合气浓度能满足发动机工况要求。

2. 启动困难

CNG 汽车点火线圈的输出电压不应低于 25 kV, 但是过重的点火能量负荷降低了点火系统零部件的使用寿命, 因此在实际操作中应随时检查点火系统零部件的完好程度。如果点火系统和燃料转换系统没有故障, 那么导致启动困难的直接原因就是混合气的浓度。混合气过浓, 发动机出现怠速不稳, 排气放炮, 这时应清洗空气过滤器, 调整、检修或更换怠速电磁阀, 并调节三级减压阀的弹簧压力让其阀口关严; 当混合气浓度过稀, 发动机无高速或高速不稳、加速时机体振动且易熄火, 这时应检查混合器与化油器之间有无漏气, 三级减压阀弹簧是否过紧及膜片是否破裂而引起窜气, 怠速电磁阀工作是否正常等。

3. 燃料消耗过多

CNG 汽车油耗与改装所选用的车型、车况及改装的技术水平有关, CNG 汽车在使用汽油时的油耗超标太多时, 应检查混合器喉管直径是否与化油器的喉管直径相匹配以及化油器主量孔是否磨损过大, 并作出检修或更换处理。在保证没有漏气损失的情况下, 使用天然气时, 油耗过多是与减压阀的安装和调整不当有关, 减压阀安装时要求其膜片沿平面方向垂直于地面, 否则因膜片自身的重力使三级减压阀阀口开度变大或变小而影响其油耗; 减压阀的调整不当使混合气过浓或过稀, 混合气过浓燃烧不完全, 混合气过稀燃烧过程的着火期延长, 混合气浓度与发动机排放的 CO 含量成正比, 因此测定排气污染中 CO 的浓度可以为油耗的经济性提供判断

依据。

4. 行进中熄火

在保证气路、电路或油路均正常工作的情况下, CNG 汽车在使用天然气作燃料时出现行进中熄火, 通常是改装部件安装不当而引起的。减压阀膜片沿平面方向垂直于地面时膜片的移动方向应与汽车前进方向一致, 可避免汽车制动时惯性力作用在膜片上, 使膜片脱离正常位置, 引起混合气浓度的突然改变而使发动机熄火, 因此故障处理时要特别注意减压阀的安装位置, 并检查油路电磁阀与化油器之间的输油管内是否存有汽油, 若输油管内存有汽油, 汽车制动或转弯时管内汽油经化油器进入进气管道与天然气混烧, 也会造成行进中发动机工作不正常或熄火。

结 束 语

(1) 对 CNG 汽车的改装、试验及使用结果表明, 由汽油车改装的 CNG 汽车在使用天然气时, 最大功率和最大扭矩可分别达到使用汽油的 85% 和 90% 以上, 其性能指标完全能够满足行车要求。尾气中的 CO、HC 化合物等有害物质排放量均大幅度降低, 只有使用汽油时的 1/5 左右, 同时发动机及机油的使用寿命也有所延长。由于天然气价格相对汽油较低, 故燃料费用较低, 运输成本将下降, 对运输经营者具有较大吸引力, 因此 CNG 汽车具有一定的经济效益和推广价值。

(2) 随着加气站数量的增加, 加气站之间距离的缩短, 国家政策的扶持, 对于天然气供应有保证的地方, 不久将会出现只使用天然气的单燃料汽车。这种汽车特别适合于在固定运输点间行驶的运输车和城市公共汽车, 由于发动机的某些结构参数随天然气燃料特性作了适应性调整, 使得单燃料的天然气汽车其油耗和动力性能可达到最佳, 同时也省去了一般两用燃料汽车需配备的油汽转换系统。目前, 改装成油、气两用的 CNG 汽车无疑是绝大多数汽车运输经营者比较愿意接受的, 这有利于 CNG 汽车进一步的推广应用。

参 考 文 献

- 1 西安交通大学内燃机教研室编. 内燃机原理. 北京: 中国农业出版社, 1981; 3~ 11
- 2 国家劳动总局编. 气瓶安全监察规程. 北京: 技术标准出版社, 1980; 1~ 35

(收稿日期 1997-11-18 编辑 王瑞兰)

Public Traffic Corporation. Add: No. 11, Tongshunqiao Street, Chengdu, Sichuan(610017) , China Tel: (028) 6622951—3079

REFIT AND APPLICATION OF NATURAL GAS VEHICLES

Zhu Yanmin, Liu Youping, Jiang Deping and Yue Xiaolin(Nanchong Machinery Factory of Sichuan Petroleum Administration) and Zhou Na(Machkinetic Department of Sichuan Petroleum Administration). *NATURAL GAS IND.* v. 18, no. 2, pp. 61~ 64, 3/25/98. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: Owing to the fact that in the compressed natural gas (CNG) vehicle refitted from the gasoline one, its oil-supply system is retained and a set of storage, supply and control systems are increased, the vehicle which the gasoline can be only used as its fuel may be refitted into the bifuel one, i. e. not only the gasoline but also the CNG can be applied. Through technical performance test, it is shown that as regards the CNG vehicle refitted from the CAIOB one, when the natural gas is used as its fuel, its maximum power and torque are respectively 85% and more than 90% those of it, when the gasoline is used, but the former's harmful substance discharged is only about 20% that of the latter. Its safety and reliability are embodied as follows: the storage, transportation and filling of the CNG are carried out in the seriously sealed pipelines and it is not easy to be leaked out; the safety coefficients of 150%~ 400% are retained for all the high pressure system parts of the equipments for storing and transporting CNG; and the safety valves are mounted on the gas storage cylinders and pressure reducing valves. In addition, the operation, application and trouble clearing are stated in greater detail.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Gasoline, Automobile, Fuel, Structural analysis, Performance test, Safety measure, Fault analysis

Zhu Yanmin (engineer, born in 1963, graduated in machine manufacturing from Chengde School of Petroleum in 1981 and has been engaged in the research and development of compressed natural gas automobiles. Now he is the associate secretary of the party committee of Nanchong Machinery Factory, SPA. Add: No. 73, South Shiyou Road, Nanchong, Sichuan (637000), China Tel: (0817) 2220355—3207

HIGH-PRESSURE GAS STORAGE AT THE FILLING STATION OF VEHICLE COMPRESSED NATURAL GAS

Wang Xieqin (Sichuan Petroleum Administration). *NATURAL GAS IND.* v. 18, no. 2, pp. 65~ 68, 3/25/98. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: The filling station of vehicle compressed nat-

ural gas (CNG) may be divided into two types of slow gas-filling and quick gas-filling. The former needs not to set up any pressurized gas storage equipment, but the latter needs to set up a CNG storage depot with a storage pressure of 25 MPa. At present, the domestic and foreign quick filling stations are all built on the earth surface through adopting a group of gas storage cylinders or gas storage tank. However, the explosion accidents, successively caused by five "station cylinders" and four "vehicle cylinders" in Sichuan in recent years have made some people be in doubt about the surface storage method and adopt underground storage method by drilling gas storage wells. In this paper, the conditions being in need of setting up the CNG storage equipments and the reasons of why the slow gas-filling method should be adopted wherever possible are stated in detail, and in consideration of the safety and economization, the analysis and contrast between the surface receiver storage and the underground storage by gas storage wells are carried out, which indicates that the former is safe, reliable and economic, being quite convenient to install and apply. Because the leak detection and maintenance cannot be carried out for the underground storage by gas storage wells, it cannot be moved and its economic benefit is bad, it is not necessary to drill the gas storage wells for the underground storage at the quick CNG-filling station.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Automobile, Fuel, Natural gas storage

A RESEARCH ON THE ELECTRONIC CONTROLLED GAS INJECTION TECHNIQUE OF THE COMPRESSED NATURAL GAS AND LIQUEFIED PETROLEUM GAS ENGINE AND ITS BURNING PERFORMANCE

Sun Jimei, Zhang Jipeng, Shun Zhijun, Fang Zuhua and Hou Shurong(Institute of Internal Combustion Engines, Jilin University of Technology). *NATURAL GAS IND.* v. 18, no. 2, pp. 68~ 72, 3/25/98. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: By taking the gaseous fuel of the compressed natural gas (CNG) and liquefied petroleum gas (LPG) as the engine fuel and owing to adopting the out-cylinder premixed gas-filling method, the power loss and dynamic property decrease of the engine have prevented its popularization and application. A system research on contrasting the integral engine performance, especially the dynamic property, and combustion characteristics of the CNG and LPG engine with those of gasoline engine for the intake port injection and the in-cylinder injection respectively was carried out by the Institute of Internal Combustion Engines, the Jilin University of Technology, by use of the techniques of the injection, electronic control and computer simulation. Through research it is shown that the reduction of gas-filled coefficient is the major reason causing the decrease of the out-cylinder premixed natural gas engine power; the gas-filled coefficient may be greatly raised by the in-cylinder direct gas injection; the power of natural gas engine may be recovered by use of the in-cylinder gas injection technique; and the dynamic prop