

天然气汽车技术改进

张道文

(西华大学交通与汽车工程学院)

张道文.天然气汽车技术改进.天然气工业,2006,26(2):123-125.

摘要 经简单改装的天然气汽车(NGV)存在着动力性能大幅下降、排放性能指标达不到预期目标等问题,虽然可通过实施燃供装置与发动机的优化匹配以及一系列的调整,但其结果也只能使发动机动力性能得到部分恢复、排放性能得到一定程度的改善。针对这一难题,进行了一系列的技术改进实验。结果表明:通过提高压缩比、天然气的直喷和进气增压等结构和技术上的改进,可以大幅提高发动机燃气的功率和扭矩,达到或超过原汽油机的最大功率;同时采用稀薄燃烧和天然气的电控喷射技术则是解决排放问题的有效措施。

关键词 天然气 燃料 汽车 动力性 排放 结构 技术 改进

我国现今石油需求量的50%需要进口,而天然气储量却相当丰富,其消耗量目前只及开采能力的50%左右。国内外许多专家都认为,天然气与其他汽车燃料(如汽油、柴油等)相比,其全寿命周期内的污染最低。我国发展天然气汽车,不仅可以在很大程度上缓解石油资源短缺的紧张局面,而且还能有效地减轻大气污染。因此意义重大。

天然气汽车有着良好的经济性和低污染性。由于政府鼓励,近几年我国天然气汽车快速发展,已具相当规模。据全国清洁汽车行动信息网的数据,截至2004年12月,全国20个省市CNG汽车的保有量已达105700辆(包括汽油/CNG两用单燃料、CNG单燃料、柴油/CNG双燃料汽车),主要集中在川、渝两地(占60%左右)。特别是2005年,由于油价步步攀升,天然气改装车数量呈快速增长的势头。但目前的天然气汽车也存在着诸如动力性能下降、使用性能变差、发动机的腐蚀和早期磨损、排放也未能达到预期指标等问题。究其原因发现:现在保有的天然气汽车绝大部分是在原汽油机或柴油机基础上改装的两用(单燃料)或双燃料汽车(本文只讨论汽油机的改装),而简单改装是不能彻底解决动力性能下降和排放等问题的。

一、简单改装汽油车存在的问题

汽油车简单改装包括:汽油/CNG两用燃料和

CNG单燃料改装两种。其中前者是指在不改变原汽油发动机的总体结构和供油系统的前提下,配装压缩天然气(CNG)储、供气系统;而后者是指去掉原汽油机的供油系统,配装CNG储、供气系统。简单改装的突出特点就是改动小、成本低、适用广。这种简单改装的汽车约占天然气汽车总保有量的90%以上;而且受一次加气的续驶里程短、加气站点分布不均的影响,据不完全统计,两用燃料汽车又占简单改装天然气汽车总保有量的90%左右。

1. 改装存在的问题

对于化油器式的发动机,试验证明:两用燃料发动机在燃用汽油时的动力性比改装前有不同程度的下降,最大功率下降2%~7%,油耗上升2%~5%,污染物排放量升高。而燃用天然气的动力性大幅下降,较原机最大功率下降17%~25%,最大扭矩下降10%~18%^[1],排放指标达不到预期目标。在有的工况下,排放特性恶化。对于电喷发动机,由于在进气道上安装混合器,天然气与空气的缸外混合,同样会造成充气(空气)系数下降;燃气时功率、扭矩大幅下降,导致整车加速性能变差,最高车速下降,影响了汽车的使用性能。

2. 发动机功率、扭矩下降的主要原因

(1)天然气与空气的混合气热值比汽油与空气的混合气热值低10%以上,因而其热效率较燃烧汽油低。

作者简介:张道文,1968年生,硕士;西华大学交通与汽车工程学院高级实验师;主要从事天然气汽车的试验及测试技术研究、燃气供给装置的优化设计等。地址:(610039)四川省成都市郫县。电话:(028)80972998,13076096356。E-mail:zhangdaowen668@163.com

(2)进气量不足。天然气是气态,其供给量占总进气量(体积)的10%左右,加上混合器对进气的影响,发动机的空气进气量只能达到使用汽油时的进气量的85%~90%。

(3)天然气与空气的混合气燃烧前后的摩尔数不变,而汽油与空气的混合气燃烧后的摩尔数比燃烧前增加约6%,因而燃用天然气时缸压上升比燃用汽油慢。

3. 发动机的调整以及混合器与发动机的匹配

(1)由于天然气和汽油理化性质的差异,应对发动机进行适当调整,如增大点火提前角和提高点火能量等,另外使用低黏度的专用天然气发动机机油,可以使发动机的功率、扭矩得到部分恢复。

(2)混合器与发动机优化匹配。混合器是影响简单改装发动机功率的主要部件^[1],发动机台架试验表明:经优化设计的混合器与单燃料天然气发动机匹配的最大功率是原汽油机最大功率的88.1%左右^[2],是可以达到理论值87.9%^[3];而两用燃料发动机使用天然气的最大功率下降18.5%(统计平均值)^[4]。可见,在加气网络比较完善的地区(如四川省成都市),宜改装成CNG单燃料发动机。

4. 发动机排放特性差的主要原因

(1)对于化油器式两用燃料发动机,由于改装改变了化油器的工作特性,使得发动机在燃用汽油时混合气变浓,排放污染物(特别是CO)浓度升高。对于电喷发动机,使用汽油时的排放基本不变。

(2)文丘里氏混合器(使用最广泛)只相当于一个简单化油器,燃用天然气时,它不能提供满足发动机不同工况所需的混合气浓度,在有的工况下,燃用天然气的污染物排放量比燃用汽油还高。混合器与减压调节器的良好匹配,如增设怠速加浓、大负荷加浓和加速加浓等装置,可以使发动机的排放特性得到改善,但仍然达不到“清洁汽车”的标准。对于简单改装的电喷发动机,由于天然气的供给量并未经ECU精确计量,显然排放指标达不到预期目标。

二、天然气燃料发动机的改进

从以上分析可以得出:简单改装的天然气汽车是不能彻底解决动力性能下降和污染物排放高等问题的。为此,必须进行结构和技术上的改进。

1. 适当增加压缩比、CNG的直喷和进气增压是提高改装天然气发动机功率、扭矩的有效方法

(1)增加压缩比

低压缩比发动机的热效率随压缩比的增加而明

显提高^[5]。适当增加压缩比,可以提高发动机的热效率,从而提高发动机的功率(见图1)。例如CA6102发动机的压缩比为6.75,使用汽油时的最大功率为96 kW,使用CNG时的最大功率为76 kW;而当压缩比增至8.8时,使用CNG时的最大功率达到91 kW(见图2)。可以通过更换专用的活塞或缸盖来适当提高压缩比,同时,改进燃烧室结构,使其更加紧凑,以减少火焰的传播时间、缩短燃烧时间;或采取每缸2个火花塞同时点火,都可以提高发动机的热效率。

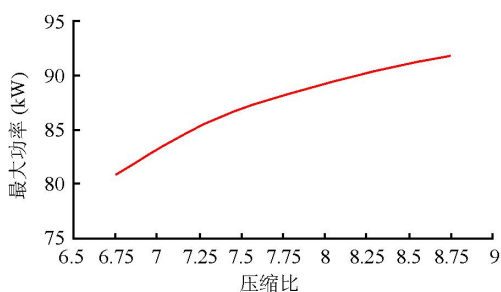


图1 CNG单燃料发动机最大功率与压缩比的关系

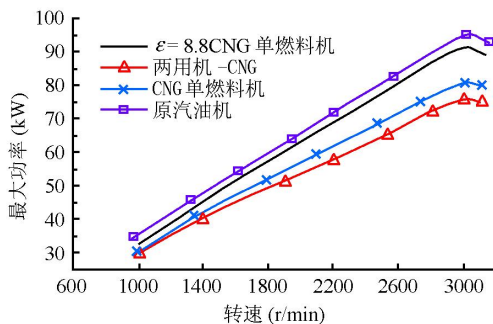


图2 发动机外特性曲线(功率)

(2)CNG的直喷

由于天然气与空气的缸外混合,导致使用天然气时空气进气量严重不足,而CNG的直喷是解决进气不足的一种有效手段。其工作原理类似于直喷式柴油机的燃料喷射,在发动机压缩过程接近上止点时,CNG经气缸盖上的高压燃料阀(或喷嘴)直接喷入气缸内,并与空气混合形成可燃混合气。这种发动机具有较高的热效率,能在很大程度上恢复改装发动机的功率,且易于实现电控。

(3)进气增压

对于简单改装的发动机,选择合适的增压器,获得适当增压比,能使发动机在使用CNG时的最大功率达到甚至超过原发动机的最大功率。而对于小排量发动机,则可选用机械增压。

3种改进方案对比可知:第一种方案简单易行,成本低,功率提高明显,但两用燃料发动机的压缩比不宜超过10,单燃料天然气发动机的压缩比不宜超过12,对于压缩比较高的汽油机,只适宜改装成CNG单燃料发动机;第二种方案比较适宜于压缩比较高的汽油机的改装,它有效地解决了使用CNG时空气进气量不足的问题,但由于CNG的混合气热值低,使用CNG时的最大功率达不到原汽油机的最大功率,且结构改动较大,成本相对较高;第三种方案可适宜于不同压缩比的汽油机的改装,由于进入发动机的工质增加,因而其功率大幅提高,但对于压缩比较高的汽油机,增压比不能太大或改装成CNG单燃料发动机。

2. 天然气的稀薄燃烧和电控喷射是解决排放问题的主要手段

对于CNG单燃料发动机,通过天然气的稀薄燃烧、电控喷射加三元催化,可以在不牺牲动力性(通过增大压缩比等改进措施)的前提下,获得超低污染物排放量。

(1) 天然气的稀薄燃烧

天然气的着火极限为5%~15% ($\lambda=0.6\sim1.8$),着火极限很宽,有利于稀薄燃烧。实验证明:当过量空气系数为1.3~1.6时,可有效地降低 NO_x 含量,同时由于处于富氧环境,故CO含量极低,只要发动机工作正常,不熄火,HC排放也极低^[6]。但由于混合气浓度稀,燃烧速度慢,虽然稀薄燃烧的发动机热效率比理论空燃比时的热效率略高,但发动机功率仍大幅下降。因此必须提高压缩比,改进燃烧室结构,并辅以高能点火,这样才能既不牺牲动力性,又使污染物排放量降低。

(2) 电控喷射加三元催化

天然气的电控喷射(闭环控制)是发展的主流方向。不论是化油器式发动机还是电喷发动机,都可以进行天然气的电控喷射改造,一般改为缸内或进气阀多点喷射,加上三元催化,可以接近零排放。

3. 选择专用的天然气发动机

专用天然气发动机可直接从设计的角度来解决动力损失和排放问题。可以预期:未来5年内,在条

件成熟的地区,专用天然气发动机将被普遍采用。

三、由于改装造成整车质量参数的变化及对制动性和操纵稳定性的影响

有部分改装车,其改装后的总质量增加量超过了国家标准(小于5%)的要求。试验证明:这些改装车的制动性能变化甚微。但有的改装车,如客车,将气瓶全部置于后备箱里,导致后轮轴荷大大增加,前轮轴荷比改装前还小;而轿车的储气瓶一般安放在行李箱内,这使得车辆的质心后移、上移。操纵稳定性试验证明:这两种改装结果对汽车的操纵稳定性都有一定的不利影响。对于客车应尽量将储气瓶置于车身中部,而轿车则宜选用轻质气瓶,安装也应尽量靠行李箱的前端并同时尽量降低安装高度,严格控制改装车的质量参数。

四、结 论

(1)简单改装的天然气汽车动力损失大、排放特性不能得到明显改善。

(2)只有通过结构和技术上的改进,才能使天然气汽车的动力性能得到恢复,大幅降低排放,使之成为真正实用的清洁汽车。

(3)不久的将来,专用天然气发动机将会被普遍采用。

参 考 文 献

- [1] 张道文.混合器的试验研究[J].小型内燃机与摩托车, 2003, 32(3).
- [2] 张道文.混合器优化设计[J].汽车技术, 2003, (7).
- [3] 卓斌.天然气发动机燃烧特征与功率恢复[J].车用发动机, 1999, (2).
- [4] 张道文.混合器对汽油/CNG两用燃料发动机动力性的影响研究[J].原四川工业学院学报, 2002, (1).
- [5] 秦有方等.车辆内燃机原理[M].北京:北京理工大学出版社, 1997: 66.
- [6] 阎小俊等.甲烷—空气—稀释气的层流燃烧特性研究[J].内燃机学报, 2000, (4).

(修改回稿日期 2005-11-15 编辑 居维清)