

# 东莞及周边城市LNG公交发展现状与分析

□ 东莞新奥燃气集团 ( 523000 ) 伍焕洁 许洪洲  
□ 东莞新科技研究开发有限公司 ( 523000 ) 陈胜祥

**摘要:** 本文介绍了东莞及周边城市LNG公交的发展现状,同时简述了LNG车与传统柴油车的主要区别。LNG公交发展现状主要阐述各城市推动LNG公交发展的原因、LNG公交应用的实际情况、实际运营数据、燃料成本节省、维修保养、LNG燃料系统的售后服务情况等等,为正在使用或计划使用LNG公交的城市、运输企业、燃气企业提供参考。

**关键词:** 城市LNG公交 发展现状 存在问题 燃料成本节省 维修保养 售后服务

## Development Status and Analysis of LNG Bus in and around Dongguan City

Dongguan XinAo Gas Group Wu Huanjie, Xu Hongzhou  
SAE Technologies Development ( Dongguan ) Co.,Ltd. Chen Shengxiang

**Abstract:** This paper introduces the development status of LNG bus in and around Dongguan, at the same time, the main difference between LNG vehicles and traditional diesel cars. The reason the development situation of LNG bus is mainly elaborated the city to promote the development of the LNG bus. And the situation of LNG bus application, the actual operation data, fuel cost savings, repair and maintenance, the after service of LNG fuel, was all include in this paper. This paper provide the cities, transportation enterprises and Gas enterprises which are going to use LNG bus with a good reference.

**Keywords:** LNG bus development status the problems the fuel cost maintenance after service

### 1 引言

广东省越来越多的城市陆续投放使用LNG公交,较多的地方政府出台了相关政策文件支持,截止到2012年12月底,广东省已有15个城市投入使用LNG公交4 000余台,分别为:佛山约1 300台、深圳约1 000台、珠海458台、湛江400台、中山320台、东莞200台(不包括CNG约8 000台)、惠州200台、江门

170台、肇庆176台、茂名100台、番禺100台,韶关75台、潮州50台、梅州50台等。目前,关于国内LNG公交的实际使用效果和维护成本相关的资料较少,为了解清楚LNG公交发展的现状及问题,我们从LNG公交的基本原理、实际应用情况进行了深入的分析,尤其侧重于了解LNG公交的实际使用情况。通过信息交流、实地调研、重点对象跟踪等方面已基本了解周边城市LNG公交的发展现状、运营情况、故障与维修情

况,以及相关的售后服务等。

## 2 LNG车与柴油车的主要区别

LNG车与柴油车主要区别在于发动机及燃料系统的不同,其他配置基本相同。国内LNG车辆近几年兴起,车辆技术研发日益成熟,由于LNG车发动机、燃料系统与柴油车有较大的区别,因此,LNG车辆研发需要重新进行一系列的匹配计算,匹配计算的科学性直接关系着整车的质量与性能。

目前,国内各大厂商生产的LNG车辆良莠不齐,除了与厂商整装技术力量相关之外,LNG车重要配件的品牌选择也显得十分重要,尤其是发动机、LNG燃料系统配件。

### 2.1 发动机

一般情况下,相同功率的发动机,天然气汽车的爆发力相对于柴油车稍弱,因此,天然气车辆启动速度略滞后于柴油车,平路行驶效果几乎没有区别。

发动机是LNG车辆的重要部件,直接影响LNG车辆的整体的性能,天然气发动机根据天然气的具体特

性研发的,相对于成熟的柴油发动机尚处于发展阶段,国内各品牌的天然气发动机成熟程度也不一样,成熟的发动机不但能节省燃料,而且会降低车辆的故障率,提高车辆的运行效果。目前国内常用的技术成熟的天然气发动机有玉柴、潍柴等品牌,前者多应用于公交、城市客车,后者多应用于重型卡车。

### 2.2 燃料系统

LNG车辆的燃料系统完全不同于柴油车,这是由LNG燃料本身的物理特性所决定的,LNG车燃料系统主要由LNG钢瓶、汽化器、电磁阀、稳压阀、过滤器等构成,部分设置缓冲罐;柴油车燃料系统主要由燃油箱、高压油泵、油嘴、调速器,以及一些辅助装置构成。目前,车载LNG燃料系统由低温设备供应商直接供应及提供售后服务,常见的低温设备供应商包括查特、中集圣达因、张家港富瑞等。图1为LNG车辆的燃料系统简图。

## 3 东莞周边城市LNG公交的实际使用情况

通过与东莞周边城市使用LNG公交的运输企业、

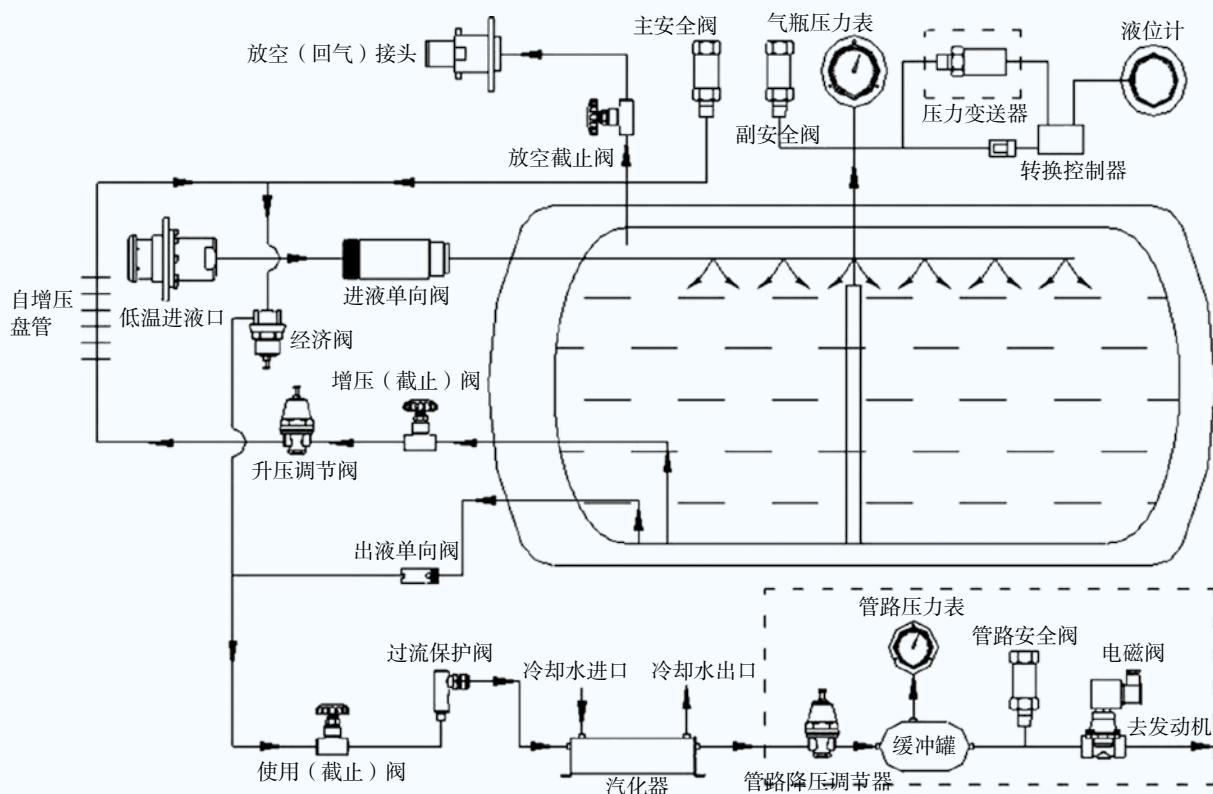


图1 LNG车辆燃料系统

供气企业进行信息交流与实地调研，我们了解到各地LNG公交的发展现状、运营情况、故障情况、维修情况及相关的售后服务等。

### 3.1 广东省LNG公交快速发展的直接原因

公交行业的性质使得LNG公交的推广与当地政府的政策导向直接挂钩，我省LNG公交的快速发展主要得益于我省对新能源汽车发展的重视，2010年7月省发改委印发了《广东省新能源产业发展工作方案》，明确了广东省发展新能源汽车的发展目标和实施措施，大大推动了各地市LNG公交的发展，近年来已发展了4 000余台LNG公交。

### 3.2 东莞周边城市LNG公交实际使用概况

根据周边城市的运输企业反映，LNG公交总体使用情况良好，主要体现在节省燃料成本、环保、续航里程长、安全性高等优点。另外，由于运输企业对柴油车辆的性能和日常维修保养相当熟悉，也有利于引导他们掌握其他类型车辆的维修，一般运输企业在使用LNG公交大半年左右就可以熟练掌握车辆日常维修，这给了运输企业继续使用LNG公交的信心。然而，LNG公交在运营过程中存在一些常见问题，比如，LNG公交速度启动不如柴油车、车辆操作及维修需要磨合期、车辆操作不当出现“气喘”现象、LNG加气站点少不便于加气等等，下面逐一进行分析。

#### 3.2.1 LNG公交使用过程中的主要优势

##### (1) 节省燃料成本

根据所调研的数家运输企业的LNG公交实际运营数据，与等同长度的柴油公交相比，燃料成本节省明显，并且车辆燃料成本节省程度与车辆品牌及发动机品牌的选择关系较大。据调研统计，按照LNG价格6.5元/kg，柴油价格7.5元/L，燃料费用大约节约15%~26%不等。在笔者所了解和接触的实际运营LNG公交中，除了某些地方企业使用当地本土生产的汽车品牌外，国内的宇通品牌在运输企业中得到较多应用，其生产的LNG公交车车辆大多数采用玉柴发动机，较多运输企业反映整车使用效果好，燃料费用节省明显，故障率较低。

##### (2) 环保效果比较明显

城市公交在方便市民出行的同时，也给环境带来不少困扰，传统的柴油公交车噪音较高、常排放出掺杂了碳烟和粉尘颗粒的“黑尾巴”。LNG公交相对柴

油公交，尾气排放明显改善，一方面，噪音降低30%左右，另一方面，尾气污染物的排放量明显降低，与柴油车相比，无颗粒排放物，CO比柴油车降低70%左右，NO<sub>x</sub>降低30%~40%，SO<sub>2</sub>降低70%左右，CO<sub>2</sub>降低了10%~20%，HC降低70%左右。因此，LNG公交应用对于减轻城市日益严重的雾霾天气将起到重要作用。

##### (3) 续航里程长

车载LNG钢瓶常见规格有275L、335L、375L、450L，城市LNG公交多数使用前两种规格，而375L、450L多用于城际客车、重型卡车。LNG公交充装一次可续航400km~600km，且LNG充装时间短，因此，能满足城市公交的日常运营需求。

#### 3.2.2 LNG公交运营过程中常见的主要问题

##### (1) 车辆行驶速度

LNG公交的爆发力不如柴油车，启动速度略滞后于柴油车，大部分司机反应起步大约慢1s，略有一点感觉，启动后平路行驶比较平稳，速度与柴油车相当。因此，如果在运营区域范围内没有竞争对手抢客等现象，车辆启动的滞后对运输企业正常运营是没有影响的。

##### (2) 加气不便

LNG公交近几年才兴起，并逐渐被人们所接受，刚开始使用LNG公交的城市LNG加气站点较少，有的城市只建成投产一、两座加气站，发展较为迅速的有十余座，如佛山、深圳，这两个城市还兼顾CNG公交或LNG重卡加气。LNG站点分布较少的城市，车辆一般在固定的站点加气，白天运营，晚上加气。线路与站点相距较远的加气车辆，则会出现空载里程较长的现象，增加了企业运营成本，因此，也给LNG公交的使用带来了局限性，随着LNG车辆的增加，加气站点的增加，这种现象会逐渐得到缓解。

##### (3) LNG公交使用需要磨合期

对于习惯使用柴油车的运输企业来说，车辆操作、车辆日常管理和维修保养都需要一段时间磨合。司机对车辆的操作需要时间去适应和熟练，操作不当可能导致车辆运行过程中出现“气喘”现象，不过，对于经常驾驶公交车辆的司机来说，他们对车辆的适应性比较强，熟练操作并非难事。对于运输企业，车辆日常管理和维修保养是重点和难点，企业需要提前开展相关培训，重新培养一批专业的维修队伍，重新适应LNG车辆的管理与运营调度，且LNG的低温性使

得日常维修操作上存在一些风险,管理上需要更加规范和严格。我们跟进过某个运输企业的日常维修保养情况,他们有自己的车辆维修保养队,前期由于操作不熟练维修工时会较长,大约过了一年时间,已能熟练应对LNG车辆的日常维修保养问题。

#### (4) LNG公交购车成本相对较高

不同品牌不同规格的LNG公交购车成本比柴油公交大致高出6万元~8万元,无疑增加了公交企业的经营成本,由于当前是LNG公交应用的起步阶段,因此,运输企业需要承受来自包括运营调度、维修保养、加气不便、购车成本等各方面的负担和风险,若由运输企业通过燃料成本的节省来弥补增加购车成本,是存在一定风险和困难的,因此,政府政策的支持与补贴显得有尤为重要,

#### (5) LNG车辆的故障率

各品牌LNG车辆的整车质量各异,故障率有低有低,整车技术成熟的LNG车辆可靠性较高,故障率低,日常维修费用少。LNG车辆的发动机、LNG燃气燃料系统配置的选择尤为重要,一般情况,配置技术不够成熟的发动机,车辆的故障率较高,维修费用多,尤其车辆使用后期,车辆磨损严重,故障率高、燃烧不充分、燃料消耗大等问题更加明显,因此,建议运输企业在购买LNG车辆时慎重选择。

#### (6) 国内未形成成熟的LNG阀门配件市场

车载LNG燃料系统(至发动机前),阀门配件市场不成熟,也没有统一标准及规格,LNG燃料系统需要由设备供应商直接提供,且品质较好的火花塞、点火线圈等主要靠进口,价格较高,故LNG车辆的维修保养的自由度较低。不过,目前,不少设备供应商会在售后服务方面提供一定的保障,比如,两年内钢瓶、阀门配件免费保养等措施,也在一定程度上减轻了运输企业的负担。

## 4 LNG车辆燃料系统的售后服务情况

目前,国内LNG车辆燃料系统主要由大三低温设备供应商提供,分别为查特、中集圣达因、张家港富瑞。车载LNG气瓶系统按照钢瓶规格大小,其价格范围大约在25 000万元~30 000万元。车载LNG气瓶系统为从LNG钢瓶→换热气化器→至发动机前的天然气

设备及管路(不包括发动机与电控ECU部分)组成,主要的阀门仪表包括低温截止阀(放空阀)、低温截止阀(出液截止阀)、低温截止阀(增压截止阀)、经济阀、安全阀、充装止回阀、过流阀、压力表、调压阀、数显液位计(带延长线束)等。目前,LNG车辆燃料系统的销售与售后维修保养等服务均由设备供应商负责,根据不同的用户需求签订相应售后服务条款,一般采用“2+2”模式,前两年全保,后两年用户按每套系统交纳一定的费用可继续保修,易损耗件另计。也有部分用户采用“3+3”模式,或其他售后保障模式,可根据企业的实际情况与设备供应商议定。

## 5 东莞周边各城市LNG公交使用实例

东莞以外的城市(列举有代表性城市)名称以字母代替。

### 5.1 东莞

东莞新奥燃气有限公司在东莞建成投产18座加气站,其中CNG加气站15座,LNG加气站3座,到目前为止,所服务的加气车辆接近8 000辆,其中CNG出租车接近7 500台,CNG公交车160辆,LNG公交于2012年底开始投入使用,已投放使用250台。天然气汽车在东莞得到迅速发展,并得到越来越多用户好评与支持。

东莞市LNG公交的发展主要得益于政府相关政策的支持,2012年底,东莞市交通运输局、财政局、发展和改革局联合出台了关于公交车辆淘汰更新LNG车型财政补贴有关事项的文件,明确在全市公交行业全面推广LNG(液化天然气)清洁能源公交车型的应用,对公交企业新购置LNG单燃料公交车,给予每辆7万元补贴;对新购置气电混合公交车型,在国家补贴前提下再给予每辆10万元补贴。这一政策的出台,有力推动了LNG公交在东莞市的发展。

东莞市目前投放的250台LNG公交,为宇通和大金龙品牌,发动机采用玉柴发动机,投放3个多月以来,运营情况良好,故障率低,尤其是燃料节省比较明显,例如,某线路8.5m的LNG公交实际百公里消耗LNG约24kg~25kg,节省燃料成本达20%以上,且避免了柴油车的“黑尾巴”排放,环保效果较好。LNG充装速度快,续行里程长,一天加液一次完全能满足公交运营需求。基于目前LNG公交应用的良好效果,

以及全市LNG加气站的建站形势，东莞LNG公交即将进入快速发展时期。

## 5.2 其他周边城市

### 5.2.1 A市

A市某公交企业是该市最大的公交运输公司，实行TC模式运作，出于对环境保护、提升城市空气质量的考虑，当地政府明确支持公交企业使用LNG公交，因此，LNG公交得到了稳定发展。从2011年开始，已投入使用100余台LNG公交，由于LNG公交的环保效果得到广泛认可，该公交企业表示今后仍会陆续投放使用。

该企业选用的LNG公交品牌价格较为实惠，发动机采用玉柴发动机，据其反映整车性能、运营效果、燃料成本节省等比不上东莞LNG公交。刚投入使用的大半年时间里，车辆的故障率偏高，LNG燃料系统相关配件亦多次出现问题，导致累计维修工时多，增加误工成本。大概使用一年多，厂商陆续更换相关配件品牌后，出现的故障率明显下降，目前使用情况良好。实际运营某线路8.5m的LNG公交百公里消耗LNG约26.6kg，等同长度的柴油公交油耗约28L，按照LNG销售价格6.5元/kg，柴油7.5元/L计算，节省燃料成本约18%。该市目前LNG加气站点只有一座加气站，部分车辆由于加气不便，因专程加气产生的空载里程较长，增加了运营成本。

据大概统计，100余台LNG公交，投用大半年来，天然气燃料系统更换的设备材料费用总共约2万元（不包括LNG钢瓶，钢瓶本身问题），该部分费用

均由天然气燃料系统设备供应商承担（售后服务约定2年）。这些LNG车辆燃料系统出现问题较多的设备为低压燃料切断阀的感应线圈、液位感应器、点火线圈、火花塞等等。

从表1中可知，在运营的大半年时间里，100余台LNG公交，平均每台车辆更换设备的材料费约200多元左右（不含LNG钢瓶）。不过，以上仅为运营过程中LNG车辆燃料系统设备配件更换的材料费用，不包括维修工时、误工费用，及其他类型的运营费用，比如LNG钢瓶两年一次的检测费用等。

### 5.2.2 B市

B市是广东LNG公交发展最为蓬勃的城市，目前为止已投入1 000余台LNG公交。B市LNG公交的迅速发展主要得益于当地政府相关政策的推动，当地政府出台了新能源汽车的推广实施方案，并取得了较好的成果。

B市所推广的地区大多购买了宇通LNG客车，发动机使用玉柴发动机，使用时间接近两年，车况良好，车辆故障率较少，电控单元ECU亦没有出现损坏现象。据该使用企业反映，从理论上，LNG公交车的发动机的维修成本会高一些，但根据过去一年的运营数据，实际LNG车的维修成本比柴油车略低，主要归因于天然气发动机不产生积碳减少磨损的缘故。

B市的LNG价格与柴油价格实行联动，为柴油的75%，由于该市的一些运输企业运营数据保密需要，因此，具体燃料节省情况未作计算。

### 5.2.3 C市

C市使用的是本土汽车企业制造LNG公交，从

表1 运营大半年内主要更换的天然气管路设备

序号	名称	数量（个）	价格（元）	主要问题
1	国产LNG钢瓶	3	-	钢瓶本身问题，直接更换
2	美国调压器	1	4 800	产品质量问题
3	低压燃料切断阀（感应线圈）	9	450	与线圈自身质量问题、环境低温与日常保养是否得当有关
4	混合器	2	2 000-3 000	-
5	点火线圈	7	250	燃烧温度高，更换次数较多。
6	火花塞	12	145	燃烧温度高，更换次数较多。
7	经济阀	6	-	-
8	液位感应器	7	-	技术欠成熟
	合计		17 801元（钢瓶、价格不详的不列入合计）	

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2013.06.003

# 管线设备密封的补偿方法—浮动碟簧预紧技术

□ 武汉市天然气有限公司(420101) 黎明生 王彦馨

**摘 要:** 本文通过新型浮动碟簧的结构特点和变形补偿的原理,着重描述了浮动碟簧如何有效的解决温度压力变化大的管道设备中的泄漏问题。

**关 键 词:** 浮动预紧 碟簧 温度压力变化 泄漏

## 1 前言

各种规格的金属管线、阀门及设备,其连接方式主要是法兰连接、螺纹连接以及焊接连接等。在城市燃气场站等场所,管道与设备以及设备与设备上的元件等的连接采用最多的是法兰连接方式。这样,法兰、螺栓和密封件等就构成了一个完整的连接系统。

对于城市燃气场站等易燃易爆场所,连接系统的密封是否可靠非常重要。由于管道和设备的安装通常是在常温常压下进行的,就不可避免出现管道和设备系统在投用前,系统是密封完好的,但当管道及设备系统运行后,随着温度及压力的升降,经过多次反复

后,部分连接系统会逐渐出现泄漏,即便是通过拧紧紧固螺栓也无法彻底解决泄漏隐患,严重时,会影响到管线设备的正常运行。

有研究表明,由于密封垫片的质量问题造成的泄漏只占很小一部分,50%—80%的泄漏是因为连接系统的连接副件,如连接螺栓的预紧力松弛造成的。其原因是运行过程中管道或设备随着环境温度和运行压力的变化,管道、法兰、螺栓之间的热胀冷缩速率和变形系数不同,造成连接系统连接螺栓预紧力的松弛,从而导致泄漏的发生。环境温度以及运行压力变化幅度越大,造成螺栓预紧力松弛的现象越严重,系统泄漏也就越严重。

2010年开始投入LNG示范大巴。该市委托了专业的研究机构对投入使用半年内的LNG示范大巴实际使用情况进行过研究,研究表明各线路的LNG示范大巴平均故障率不高,但不同线路故障率差别较大,个别线路故障率较高,主要跟各批次生产的LNG大巴质量有关。据前期数据分析,LNG车和相同型号的柴油车相比,每千公里节约维护(维护小修和发动机大修)费用大概节约300元,年维护费用大约节省2万多元。

## 6 结论

总体来说,东莞及周边城市LNG公交应用情况较好。当然,LNG公交的发展应因地制宜的全面考虑自身城市的实际情况、公交线路与数量情况、运输企业管理与运营调度的能力、加气站点的合理设置等问题,不可盲目跟风,规避经营亏损风险。望本文内容能为正在使用或计划使用LNG公交的城市、运输企业、燃气企业提供参考。