

LNG 客车供气系统安装技术研究

蒋黎明

(重庆恒通客车有限公司, 重庆 401120)

摘要:通过对 LNG 气瓶类型、气瓶配置、供气系统、气瓶及相关部件的布置、排空与排空保护研究,介绍 LNG 在客车上的应用技术。

关键词:客车 LNG 系统;LNG 部件布置;LNG 排空

中图分类号: U473.2

文献标志码: B

文章编号: 1006-3331(2011)05-0026-03

Research on Installation Technology of Bus LNG Supply System

JIANG Li-ming

(Chongqing Hengtong Bus Co.,Ltd, Chongqing 401120, China)

Abstract: By studying on cylinder type, cylinder specification, supplying system, LNG cylinder and its related parts arrangement, evacuation and evacuation protection of LNG, the author discusses the technology of LNG application to buses.

Key words: bus LNG system; LNG parts arrangement; LNG evacuation

LNG 作为替代能源已逐渐在客车上使用。本文就 LNG 特性、LNG 气瓶类型、LNG 气瓶配置、LNG 供气系统、LNG 气瓶及相关部件的布置、排空研究与排空保护谈一些体会,供同行参考。

1 LNG 特性及车用 LNG 气瓶类型

1) LNG 是一种能量密度大、纯度高的低温液态天然气。与 CNG 的比较,见表 1^[1]。

表 1 LNG 和 CNG 的比较

成分	温度 /K	压力 /MPa	安全性	密度 / (kg/m ³)	能量密度 / (MJ/kg)
CNG(主要是 CH ₄ , 有少量杂质)	常温	20~25	差	130	5.0
LNG(纯化处理后 CH ₄ 纯)	110 (-162℃)	0.4~0.7	好	420	17.14

2) 车用 LNG 气瓶类型^[2]有:

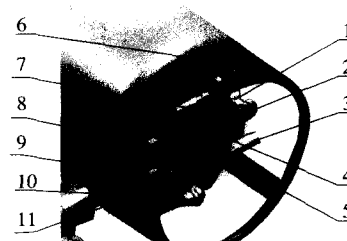
①从放置方式上分,有卧式瓶和立式瓶两类。在客货车上通常使用卧式瓶。

②从 LNG 液体输出分,有常规 LNG 瓶和增压 LNG 瓶两类。

常规 LNG 瓶如图 1 所示,主要功能阀如图 2 所示。



图 1 常规 LNG 气瓶



1-出液阀管接头;2-手动截止阀;3-充液阀管接头;
4-进液止回阀;5-电子液位显示计接插件;6-过流保护阀;
7-二级安全阀;8-一级安全阀;9-排空阀管接头;
10-排空回气阀;11-压力调节阀

图 2 气瓶功能阀

LNG 液体从出液阀以气瓶内液态平衡压力(使用中的 LNG 瓶内压力通常在 0.5 MPa 左右)输出经专用管道进入气化器,并基本保持此压力持续输出 LNG 液体,在瓶内 LNG 液体少于有效容积 15%后,其输出压力才略有上升。

作者简介:蒋黎明(1954-),男,工程师;现任重庆恒通客车有限公司燃气与新能源研究所副所长。

增压 LNG 瓶分内增压 LNG 瓶和外增压 LNG 瓶。内增压 LNG 瓶是在瓶内设低温增压泵为输出的 LNG 增压,但由于此类结构工艺较复杂,且一旦增压泵出了故障,需开瓶维护,目前已基本不使用;外增压 LNG 瓶见图 3。在 LNG 气瓶上增加一组蒸发回路,打开手动增压阀 1,瓶内 LNG 液体进入蒸发回路 2,经蒸发器 3 吸热气化形成高压气体回到 LNG 瓶内,提高瓶内压力。瓶内压力的调节是通过手动增压阀的开度来控制的。

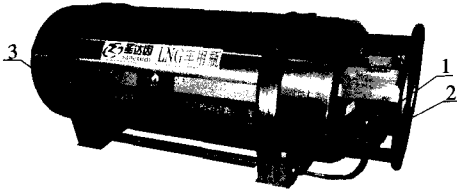


图3 外增压 LNG 气瓶

2 LNG 气瓶配置

2.1 LNG 气瓶的容积及装载气量计算

1) LNG 气瓶的有效容积按下式计算: $L_1 = L_2 \times 90\%$ (1)

2) 气瓶最大装载气量计算:

根据有效容积计算, $V_{气} = L_1 \times 625 \div 1\ 000$ (2)

(625 为气化体积比, 1 000 为 L 与 m^3 的换算单位)

根据加液质量计算, $V_{气} = \text{质量} \div \text{密度系数} \times \text{气化体积比}$ (3)

(LNG 的密度系统根据气体组分和加液站液体温度不同而有变化, 其值在 0.44~0.48 之间。以重庆地区为例, LNG 气体组分 99% 是甲烷, 加液站液体温度在 -140° , 密度系数为 0.46, 气化体积比为 625)。

2.2 气瓶配置

1) 气瓶类型的配置。根据车辆的气瓶布置空间选择卧式瓶或立式瓶; 根据发动机工作压力选择常规瓶或增压瓶。通常发动机功率在 169 kW 以下时, 发动机的工作压力多在 0.5 MPa 以内, 而大功率发动机工作压力多在 0.7~1 MPa, 所以大功率发动机如无特殊增压装置, 应选用增压瓶。

2) 气瓶容积的选配。气瓶容积的选配是根据发动机百公里气消耗、日常行驶里程、希望加液间隔来确定。如一辆 11 m 级客车百公里气消耗是 $40\ m^3$ 、日常行驶 300 km、希望每两天加一次液。则此车两天所需燃气量:

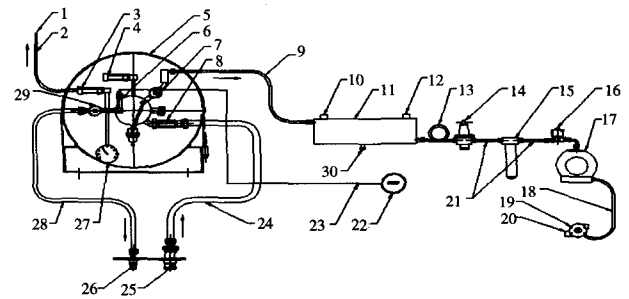
$$40\ m^3/100\ km \times n \times 2 = 40 \times 3 \times 2 = 240\ m^3 \quad (4)$$

从而, 所需最小气瓶为 $L_2 = 240 \div 90\% \div 625 \times 1\ 000 \times 1.1 = 469.33\ L^3$

(气瓶保底容积为 10%, 所以上式中有 1.1 的系数)。

3 LNG 供气系统及相关部件布置

LNG 供气系统主要由如下部件组成^[3]: 加液面板(加液阀、回液阀、加液和回液软管)、LNG 气瓶、气化器、稳压器、滤清器、电磁阀、电控调压器、比例式混合器、供气管路。LNG 供气系统连接见图 4。



1-至车顶; 2-放空管; 3-一级安全阀; 4-二级安全阀; 5-气瓶; 6-液位传感器; 7-供液截止阀; 8-加液单向阀; 9-供液铜管; 10-热水进口; 11-汽化器; 12-热水出口; 13-供气铜管; 14-稳压器; 15-滤清器; 16-电磁阀; 17-电控调压阀; 18-胶管; 19-混合器; 20-至发动机; 21-供气软管; 22-液位表; 23-线束; 24-加液管; 25-加液口; 26-回液口; 27-压力表; 28-回液管; 29-回液截止阀; 30-废水出口

图4 LNG 供气系统示意图

由于 LNG 气瓶占用空间大, 又是 LNG 系统中最重要的部件, 其布置对 LNG 供气系统的安全性、可靠性和整车载荷分布影响较大。所以 LNG 气瓶的布置是 LNG 客车重点研究的内容之一。公司在对 LNG 系统进行深入研究后, LNG 气瓶主要采用以下几种布置方式。

1) 对后置发动机、二级踏步客车, 采用 LNG 气瓶侧置, 气瓶布置在车辆左侧, 见图 5。

其优点是: 气瓶拆装都较方便, 加气面板布置较合理, LNG 供气系统紧凑。整车载荷较平均。

不足之处是: 为安装 LNG 气瓶, 乘客区 LNG 气瓶上方地板要起一个台阶, 以保证有足够空间放置 LNG 气瓶; 车辆侧向出现严重车祸时, 可能伤及 LNG 气瓶、加气面板等部件, 造成短时 LNG 泄漏(由于 LNG 气瓶设有过流保护, 一旦供气系统出现大量泄漏, 过流保护阀就会切断 LNG 输出)。

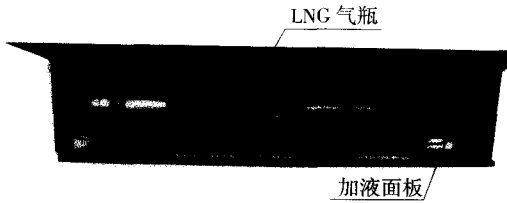


图5 LNG气瓶侧置

2) 后置发动机^[4]、一级踏步客车,由于地板低,为保证LNG气瓶的安全和乘客区的通畅,将气瓶舱放在发动机舱上部。同时加大后桥承载能力,以保证载荷的合理分布^[5]。二级踏步的客车也可采用此类布置^[6]。见图6。

此形式布置的优点在于:能提高车祸发生时LNG气瓶的安全性,车内无台阶,乘客区较整洁,乘客的通过性好;不足之处是:加大后桥承载能力会加大一些成本,气瓶位置高,维修、检查不方便。

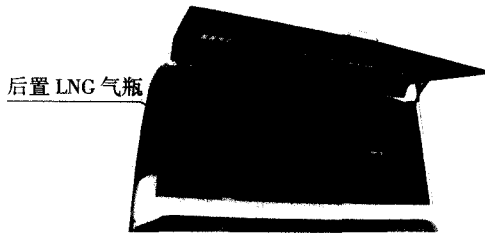


图6 后置气瓶舱

对于前置发动机客车^[7],主要研究侧布置和后布置。由于前置车地板高侧布置的空间没有问题,但从安全和载荷分布的合理性考虑,前置车由于发动机在前面,车头载荷本身就大,LNG侧布置后前悬载荷更大,对行车制动、转向都不利,所以公司前置车均采用LNG气瓶后置布置。从装车使用情况来看,前置车采用LNG气瓶后置布置是优选方案。

4 排空研究与排空保护

无论LNG气瓶的隔热做得多好,其与外界的热交换总是客观存在的。只要有热交换,液体的气化就必然发生。液体气化时,瓶内压力会升高。当气瓶内压力超过设计上限时,就会对LNG气瓶产生永久性损坏,并引发事故,所以在LNG气瓶上设有两级安全阀。当气瓶内压力达到1.65 MPa时,一级安全阀自动开启,产生LNG排空。如排空在车辆停驶后很快发生,其排放的易燃气体就在停车场形成一个火灾和爆炸的安全隐患,特别是在需要较长时间进行车辆维修时,排空易燃气体的聚积会危及厂房、车辆和维修人员的安全。排空量大时,还涉

及车辆运行的经济性,也涉及到是否要增加排空气体回收装置等问题。所以要研究LNG气瓶的排空特性,以采取有效安全措施是使用LNG的重要一环^[8]。公司对LNG气瓶排空进行了长达数月的试验,排空试验结果见图7。

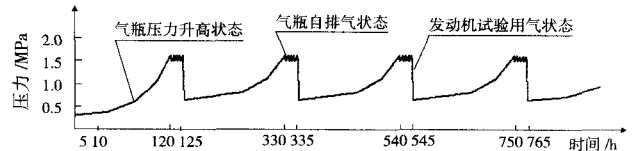


图7 气瓶排空试验曲线图

通过试验得到以下结论:正常使用的LNG气瓶停用后,首次排空时间为停用后的168 h(7 d)以上,再次排空间隔时间为2 h以上,排空气体量不大,多在2 m³以下^[9]。

对于营运车辆来说,除非是重大故障,车辆停驶(气瓶停用)多不超过2 d,发动机大修也只需4~5 d,且排空气体量不大。如停用时间超过7 d,可在第7天通过手动阀进行排空。手动排空时,应保证排空车辆四周无明火和高温源,排空车辆四周空气通畅,排空时10 m距离内不得动焊和启动电动设备和工具等。

LNG营运车辆的气瓶排空不对正常营运车辆造成安全影响,也不需设置排空回收装置。但需设置排空保护管路,如图8所示。排空出口设在车顶上,如有排空时,少量排空气体通过排空管路,迅速飘散到空气中去。

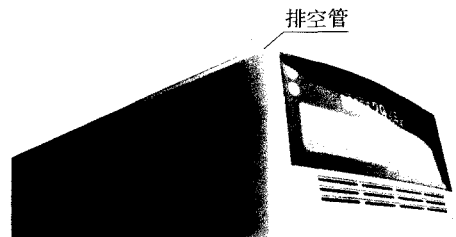


图8 排空管出口

5 结束语

随着石油能源的日渐枯竭^[10],LNG作为重要的清洁替代燃料,已逐渐被各运输企业所认识,并将在客车上得到越来越广泛的应用。用好LNG还需要汽车行业更加重视和研究LNG的应用技术,提高LNG应用的安全性、可靠性和经济性,从而推动LNG在汽车应用上的普及。

(下转第48页)

排假人对前排的冲击,发生直接脱开,见图4所示。为了解决这个问题,经过与厂家沟通,加大了连接处的螺栓直径,将座椅椅脚改为封口式,并且在与固定件螺栓连接的地方加上3 mm厚的铁块以局部加强。再次试验表明,试验后固定件完好,座椅和侧壁的连接仅发生局部变形,试验结果满足标准要求,见图3、图4。

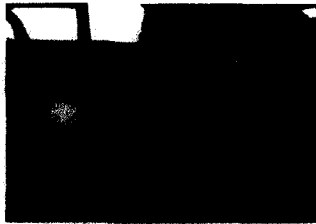


图3 改进前座椅固定件动态试验的失效情况



图4 改进座椅固定件动态试验后保持完整

3 结束语

经过比较分析得知,ADR68/00是目前世界上最严格的客车座椅标准。更严格的标准更利于保护客车上乘员安全。我国客车座椅标准GB 13057-2003《客车座椅及其车辆固定件的强度国家标准》来源于ECE R80,有静态和动态两种试验方法任选,一般厂家都选静态。相比之下,客车座椅的动态试验能够更接近实际交通事故时座椅的受力情况,能更好地评价座椅对乘员的保护能力,而且随着我国客车座椅出口到澳洲的增多,客车座椅的安全性设计应在我国现有的客车座椅设计的基础

上,加强座椅靠背骨架和固定件的合理设计,以提高其对乘员的安全保护,提高客车的被动安全性^[8]。

参考文献:

- [1] 何汉桥,张维刚.我国客车安全综述[J].客车技术与研究,2007,(2):1-4.
- [2] Regulation NO.80—Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Protection of the Occupants of the Cab of a Commercial Vehicle[S]. UNITED NATIONS.
- [3] A National Standard Determined under Section 7 of the Act—Australian. Design Rule 68/00 Occupant Protection in Buses[S]. Motor Vehicle Standards Act. Australian.
- [4] Circular 68/00-2-1.Selection of Test Vehicles for Demonstration of Compliance with ADR 68/00[S]. Motor Vehicle Standards Act. Australian.
- [5] 王刚,张金焕,黄世霖.澳大利亚客车座椅动态试验与分析[J].公路交通科技,2003,(1)
- [6] Luis M., Teresa V., Antonio G., et al. Analysis of Coaches Rows Seats Distance Influence on the Passengers Comfort and Safety [C].the 21th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 2009, Paper Number 09-0197.
- [7] 葛如海,许栋,王桃英,等.客车座椅设计参数对乘员正面碰撞伤害影响的仿真研究[J].车辆与动力技术,2010,(2)
- [8] 覃贞员,王欣,颜长征,等.客车座椅强度动态试验的乘员损伤研究[C].客车学术年会论文集,2010.

修改稿日期:2011-08-05

(上接第28页)

参考文献:

- [1] 郭揆常.液化天然气(LNG)应用与安全[M].北京:中国石化出版社,2008.1.
- [2] 上海交通大学.液化天然气(LNG)汽车专用装置技术条件[M].北京:中国计划出版社,2006.11.
- [3] 邵毅明.压缩天然气汽车改装与维修[M].北京:人民交通出版社,2004.1.
- [4] 米奇克(Manfred Mitschke),瓦伦托维兹(Henning Wallentowitz).汽车动力学(第四版)[M].陈萌三,余强,译.北京:清华大学出版社,2009.12.
- [5] 德国 BOSCH 公司.汽车工程手册(中文第三版)[M].魏春源,译.北京:北京理工大学出版社,2009.4.
- [6] 宋新萍,等.汽车制造工艺学[M].北京:清华大学出版社,2011.5.
- [7] 戴汝泉,陈燕.汽车发动机原理与汽车理论[M].北京:人民交通出版社,2010.8.
- [8] 张阿玲,申威,韩维建.车用替代燃料生命周期分析[M].北京:清华大学出版社,2008.10.
- [9] 张德福,田野.汽车用 LNG 瓶排气及回收试验研究[J].客车技术与研究,2011,(1):49-51.

修改稿日期:2011-07-22