

中国 LNG 加气机的市场、技术现状与发展方向

熊茂涛 赵普俊 张宗平 尹保来 杨修杰 雷励

中国测试技术研究院

熊茂涛等. 中国 LNG 加气机的市场、技术现状与发展方向. 天然气工业, 2011, 31(6): 103-106.

摘 要 随着我国 LNG 汽车产业的不断发展, LNG 加气站不断增加, LNG 加气机日益得到广泛的应用。为此, 详细介绍了 LNG 加气机的组成、工作原理及工作流程, 分析了我国 LNG 加气机的市场及技术现状, 指出目前 LNG 加气机市场还存在着 LNG 科里奥利质量流量计价格昂贵和单、双流量计加气机并存等一系列问题, 展望了我国 LNG 加气机产业的发展方向: ①LNG 科里奥利质量流量计的国产化; ②单流量计 LNG 加气机的发展; ③LNG 加气机的强制检定; ④LNG 加气机的产业化。这将有助于促进我国 LNG 加气机行业提高产品的技术水平并扩大国内外市场份额。

关键词 LNG 汽车 LNG 加气机 发展现状 LNG 质量流量计 单流量计 双流量计 检定规程 产业化

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.06.022

LNG 加气机是将 LNG 加气站液化后的天然气加注到 LNG 汽车的一种超低温计量设备, 由 LNG 质量流量计、管路系统和电脑控制系统组成^[1-2]。国内 LNG 加气机技术日趋成熟, 并已形成了相关产业。

1 LNG 加气机简介

1.1 工作原理

LNG 加气机是用于 LNG 贸易结算的设备, 分为单流量计加气机和双流量计加气机。单流量计加气机无回气管和气相流量计, 仅用于气瓶压力低的系统, 成本较低。双流量计加气机有气相流量计对回气进行计量, 并从总量中扣减, 系统计量精度高, 但成本较高^[3]。

LNG 加气机根据直接测量流体质量的原理计量经过 LNG 加气机充入 LNG 储气瓶中的 LNG 液量。同时, LNG 加气机采用先进的测控技术对计量过程进行自动控制, 加气机显示屏直接显示 LNG 的瞬时流量、单价、金额及加液累计量, 并可远程通信, 实现计算机中央管理。

1.2 组成

LNG 加气机的整机主要由以下 3 部分组成:

1) LNG 质量流量计。

2) 机壳、阀门及管路系统, 包括压力传感器、低温气动阀、低温安全阀、低温止回阀、低温截止阀、低温紧

急切断阀、金属软管、加液枪头、回气枪头、加气枪座、回气枪座和低温工艺管道等。

3) 电脑控制系统和防爆控制电源等电气系统。

1.3 工作流程

图 1 为 LNG 加气机的工作流程图, 其流程包括:

1) 将 LNG 加气机的加液枪插到 LNG 加气机的大循环枪口上, 按下加气机键盘上的“预冷”键, 加气机开始预冷。LNG 液体从加气机进液管道流向调节阀、止回阀 1、液相质量流量计、气动阀、LNG 加气机加液金属软管、加液枪、大循环枪口和截止阀, 最后经管路回到 LNG 储罐, 当加气机内部管路充满液体、且相关状态参数达到冷却要求后预冷结束。此阶段加气机不计量。

2) 预冷结束后, 将 LNG 加气机的加液枪插入车载 LNG 储气瓶进液口, 回气枪插入储气瓶回气口, 按下 LNG 加气机键盘上的“加气”键, 加气机开始加气。LNG 液体从加气机进液管道流向止回阀 1、液相质量流量计、气动阀、LNG 加气机加液金属软管和加液枪, 然后进入车载 LNG 储气瓶; 车载 LNG 储气瓶内已经气化的 LNG 蒸发气经回气枪、LNG 加气机回气金属软管、止回阀 2、气相质量流量计及回气管路回到 LNG 储罐。LNG 加气机的加气量为液相质量流量计与气相质量流量计的计量值之差, 加气机会自动计算

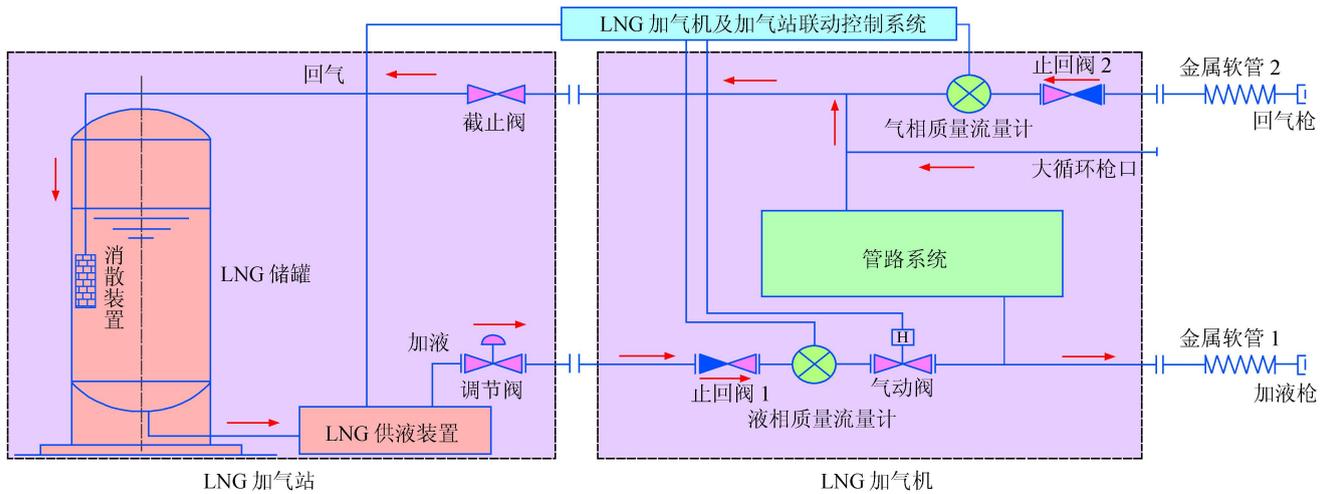


图 1 LNG 加气机工作流程图

差值并显示。当汽车 LNG 储气瓶加满 LNG 后加气机自动停机(也可提前手动停机或定额加气)。

3) LNG 加气机停机后从车载 LNG 储气瓶先取下回气枪,再取下加液枪,将加液枪插入 LNG 加气机的加液枪座,完成加气。

4)在整个加气过程中,质量流量计测出流经 LNG 加气机的流体密度和质量等参数的物理信号,由信号转换器转换成电脉冲信号传送到控制器,LNG 加气机上的压力传感器和控制器可以将 LNG 加气机的工作状态传输给 LNG 加气站服务器,使其对整个加气过程进行监控,自动完成加气工作。

2 LNG 加气机的市场现状

21 世纪初,LNG 加气机就在中国市场上开始应用,当时主要使用的是加拿大 FTI 国际集团的 LNG 加气机,此产品在长沙和北京的 LNG 加气站都有应用。随后,我国部分 CNG 加气机企业开始研制 LNG 加气机,但由于当时国内 LNG 市场尚未成熟,很多关键的技术难题没有解决,产品存在许多缺陷,总体上没有规模生产量,处于为国外产品补缺的配角地位。

2004 年以后,随着国内 LNG 市场的日趋成熟和我国装备制造业整体水平的快速提高,LNG 加气机在国内市场得到日益广泛的应用,同时,国内 LNG 加气机生产企业通过走自主创新与技术引进相结合的道路,逐渐突破了 LNG 加气机制造中的某些关键性技术,所产 LNG 加气机的技术指标达到甚至部分超过了进口产品的质量。目前,成都华气厚普机电科技有限责任公司、重庆四联油气设备制造有限公司、北京长空机械有限责任公司、南京新冶电气工程有限公

司和北京长征天民科技有限公司等企业生产的 LNG 加气机产品占据了国内 90% 以上的市场份额,部分产品已经出口到巴基斯坦、印度尼西亚等国家,而进口 LNG 加气机由于价格昂贵,技术上也无优势,在中国市场的份额逐年减少。

3 LNG 加气机的技术现状

3.1 LNG 科里奥利质量流量计

LNG 流量计是整个 LNG 加气机的核心部件。流量计的选型直接影响 LNG 加气机的性能。根据以往石油和天然气贸易交接应用中所用的流量计量方法,最合理的 LNG 流量测量计包括:差压(孔板式)流量计、涡轮流量计、超声波流量计和科里奥利质量流量计,其中差压流量计和涡轮流量计是得到公认的传统技术,但用来测量低温的 LNG 时却存在一些困难:差压装置和涡轮流量计都会使流量管内的压力大大降低,这可能导致 LNG 气化;差压流量计还要求管道上游和下游为长距离直线型布局,计量的流量范围不广。而超声波流量计和科里奥利质量流量计被视为新技术,得到了美国石油学会(API)、美国天然气协会(AGA)和国际法制计量组织(OIML)的认可,但在 LNG 贸易交接过程中使用超声波流量计仍存在问题,而科里奥利质量流量计是目前应用最成功的 LNG 流量计。图 2 所示的即为使用中的 LNG 科里奥利质量流量计。目前,美国艾默生旗下的高准公司生产的 CMF 系列质量流量计和 Endress+Hauser 公司生产的 83F 低温型质量流量计以其耐低温和性能稳定的优点得到了 LNG 加气机行业的认同。但是,LNG 加气机在加液过程中难免会发生 LNG 的部分气



图 2 LNG 科里奥利质量流量计工作照片

化,气液两相的存在对科里奥利质量流量计的计量精度影响很大,其中气相流量计量的准确性对加气机计量精度有着至关重要的影响,目前科里奥利质量流量计液相计量的精度可达 $\pm 0.10\%$,而气相计量的精度只有 $\pm 0.35\%$,这是需要进一步解决的技术难题^[4]。

3.2 LNG 加气机回气问题

目前国内 LNG 加气机主要采用双流量计的计量方式,即采用液相质量流量计和气相质量流量计分别测量加液和回气的质量,二者之差才是 LNG 加气机计量的最终结果。采用单流量计还是双流量计主要取决于 LNG 汽车储气瓶和使用压力的要求。欧美国家的 LNG 汽车使用的均是喷淋式储气瓶,在加气的过程中液态 LNG 可以把气态的 LNG 重新液化,降低了储气瓶内的气相压力,这就为使用单流量计提供了前提条件。而我国早期使用的 LNG 汽车储气瓶不是喷淋式储气瓶,不能将 LNG 蒸发气有效地液化,所以必须使用双流量计的 LNG 加气机(2 个枪头)。此外,LNG 储气瓶初次使用和长期搁置后再次使用时,由于 LNG 储气瓶内温度较高,LNG 充装进去后很快会产生 LNG 蒸发气,造成 LNG 储气瓶内压力升高,此后 LNG 液体就难以充装进 LNG 储气瓶,这时也必须使用双流量计的 LNG 加气机进行回气。

3.3 LNG 加液枪及回气枪

LNG 加液枪及回气枪附属于 LNG 加气机。目前,我国还没有出台 LNG 加液枪及回气枪的国家标准,其应用主要以进口产品为主。国内普遍使用的是美国 CARTER 公司生产的 50E701(-1)型 LNG 专用加气枪,加液充装接头使用的是美国 CARTER 公司生产的 62050 型加气枪座。回气枪主要使用美国

Macro-Tech 公司生产的 13775 型 12.7 mm 快速接头。这些国际知名厂家生产的产品使用起来十分方便,但价格昂贵,维修周期长。目前,以杭州新亚低温工业设备有限公司和成都安迪生测量有限公司为代表的国内公司生产的 LNG 加液枪及回气枪以其价格优势已经开始逐步取代进口产品,但其产品的操作性和使用寿命等还有待于进一步提高。

3.4 LNG 汽车储气瓶

LNG 汽车储气瓶是 LNG 汽车储存 LNG 的低温容器,也是 LNG 加气机的相关设备。LNG 汽车储气瓶的生产厂家应取得特种设备制造许可证,并按照国家标准的有关规定进行设计和制造。LNG 汽车储气瓶为双层金属结构焊接绝热气瓶,其内胆和外壳均由优质奥氏体不锈钢制成。气瓶采用进口绝热材料包扎,抽成真空,并装有经过特殊处理的吸附剂,以便长时间保持高真空和良好的绝热性能。LNG 储气瓶内胆设置有液位感应器和加液喷淋装置等,主要作用是盛装并贮存 LNG。LNG 储气瓶外胆与内胆共同构成真空空间,保护内胆并对气瓶起支承作用。LNG 汽车储气瓶的储存压力接近常压,充满 LNG 的储气瓶的贮存压力从 0 MPa 升到 0.7 MPa 的无损时间一般超过 15 天,安全性能好。

对于相同体积的容器,LNG 的储存能量密度是 CNG 储存能量密度的 2.5~3.0 倍(不同材质有所不同)。目前,国内已研制出 62 L、160 L、175 L、240 L、275 L、335 L、375 L 和 410 L 等不同规格的 LNG 汽车储气瓶。珠海广通汽车有限公司就使用了 335 L 的 LNG 汽车储气瓶,1 次充装可续航 530~550 km,节约了加气时间,减少了 LNG 加气站的数量。

3.5 LNG 加气机控制系统

目前 LNG 加气机控制系统的相关技术比较成熟,国内公司在这个领域中已经积累了相当丰富的经验。LNG 加气机控制系统采用工业级电子元器件,经过严格的电磁兼容性和安全性试验,保证了 LNG 加气机在复杂环境中的使用。LNG 加气机一般配有符合国家标准防爆等级的打印机和 IC 卡预留口,并且提供 RS485 通信接口,以便与 LNG 加气站计算机管理系统连接,满足 LNG 加气站的日常经营和管理的需求,同时具有票据打印、加气记录查询和报表统计处理等功能。图 3 为 LNG 加气机的电气控制原理图。

3.6 LNG 加气机的防爆等级

由于 LNG 加气机的工作环境是易燃易爆的危险场所,因此 LNG 加气机整机必须防爆,加气机产品必须要有防爆标志、防爆等级和防爆合格证号,必须满足

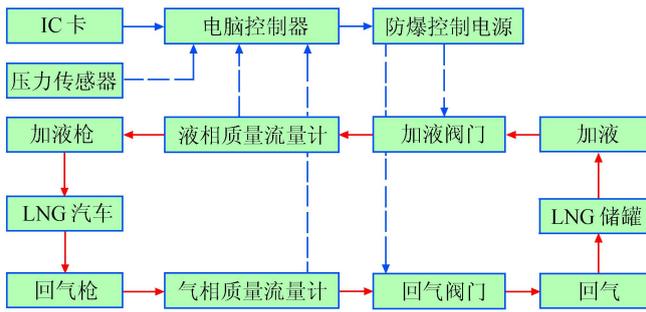


图3 LNG加气机的电气控制原理图

GB 3836.1—2000《爆炸性气体环境用电气设备 第1部分:通用要求》、GB 3836.2—2000《爆炸性气体环境用电气设备 第2部分:隔爆型“d”》和 GB 3836.4—2000《爆炸性气体环境用电气设备 第4部分:本质安全型“i”》等国家标准的要求。

3.7 LNG加气机国家检定规程

LNG作为大宗贸易商品,涉及贸易结算和安全防护,必须解决流量值的准确和统一问题,这不仅直接关系到贸易双方的利益,而且按照国家《计量法》的规定,用于贸易交接的LNG加气机应依法纳入强制管理范围,必须进行型式评价、首次检定、后续检定和周期检定。目前国内已有多家企业生产LNG加气机,但目前尚无LNG加气机的国家检定规程及标准,LNG加气机的技术指标和试验方法主要依据GB/T 19237—2003《汽车用压缩天然气加气机》、GB/T 19238—2003《汽车用液化石油气加气机》、JJG 996—2005《压缩天然气加气机计量检定规程》和JJG 997—2005《液化石油气加气机计量检定规程》等技术文件,还不能满足LNG技术标准和加气机生产技术水平提高的需要。此外,目前各LNG加气机生产企业自行制定的企业标准差异较大,编制的技术指标参数基本都是自己能达到什么程度就写什么,造成了不同企业生产的LNG加气机产品技术指标和质量标准的不统一,相关质监技术机构无法对其进行准确客观的质量评价,已不适应LNG加气机产业发展的新要求。同时由于LNG加气机计量检定规程的缺失,导致相关技术机构也没有依据对LNG加气机开展检定工作,这严重影响了贸易交接的公平性。因此,为了统一LNG加气机的检定标准,避免各LNG加气机生产企业产品技术指标的差异,对LNG加气机有必要制定全国统一的国家检定规程和国家标准,以便更好地规范LNG加气机的生产和量值传递工作。LNG加气机的出厂检定一般采用质量法,检测设备包括电子天平、

真空储气罐和液氮试验台等。目前,中国测试技术研究院等单位已经开始着手LNG加气机国家检定规程的制定,这必将更好地规范LNG加气机的生产和量值传递工作,促进我国LNG加气机产业的健康发展。

4 LNG加气机的发展方向

4.1 LNG科里奥利质量流量计的国产化

目前LNG加气机的计量主要采用高准公司生产的CMF系列质量流量计和Endress+Hauser公司生产的83F低温型质量流量计,该类型流量计准确度高、使用方便,但价格昂贵,极大地限制了LNG加气机在我国的推广应用。因此,国产耐低温LNG科里奥利质量流量计的研制有着十分重要的意义,国内迫切需要研制具有自主知识产权的LNG科里奥利质量流量计,并应用于LNG加气机。

4.2 单流量计LNG加气机的发展

从LNG加气机的技术发展趋势来看,随着喷淋式LNG汽车储气瓶的广泛使用和储气瓶制造水平的进一步提高,单流量计LNG加气机是未来LNG加气机的发展方向。单流量计LNG加气机减少了1个回气枪头和1个气相质量流量计,大大降低了成本,加气过程也得到简化,同时因其只对液态的LNG进行计量,因此克服了LNG科里奥利质量流量计气相计量精度不高的缺点,有利于进一步提高LNG加气机的精度等级,也将简化其检定流程。

4.3 LNG加气机的强制检定

按照国家《计量法》的规定,用于贸易交接的LNG加气机应依法纳入强制管理范围。随着LNG加气机的日益广泛应用,国家有关部门将出台LNG加气机国家检定规程及标准,从而把LNG加气机列入需要强制检定的工作计量器具目录。

4.4 LNG加气机的产业化

近年来我国LNG加气机行业发展迅速,但LNG加气机产业化的关键技术、相应的检定装置和校准尚未完善,制约了该产业的发展壮大。因此,急需开展LNG加气机产业化关键技术的研究、LNG检定装置的研制及校准技术的制定,以推动整个LNG加气机产业链的发展。一方面要加快制定LNG加气机产业发展规划,另一方面应注意积累LNG加气机的生产管理经验和使用中的基础数据,进一步研究适合我国国情和市场现状的LNG加气机产业化关键技术,在适当时候完善LNG加气机的检定装置、校准技术及国家检定规程,以促进我国LNG加气机产业的快速、健康发展。

5 结束语

随着我国 LNG 汽车产业的不断发展, LNG 加气站不断增加, LNG 加气机的重要性日益显现出来。“十二五”期间是 LNG 汽车发展的良好时期,我国有可能成为未来世界上开发与应用 LNG 汽车的领先国家,特别是在重型卡车领域将会有较快的发展^[5]。

目前 LNG 加气机市场还有待于发展成熟,还存在着 LNG 科里奥利质量流量计价格昂贵、单双流量计加气机并存等一系列的问题。总的来说, LNG 加气机产业满足我国经济发展对清洁能源的需求,符合国家产业政策及发展规划,不但能解决经济发展对能源的迫切需求,还将对区域环境质量的改善作出重大贡献,也有利于完成节能减排任务,其社会经济及环境效

益显著,有待于进一步健康快速地发展。

参 考 文 献

- [1] 何太碧, 黄海波, 林秀兰, 等. 中国 LNG 汽车及加气站技术应用分析及推广建议[J]. 天然气工业, 2010, 30(9): 82-86.
- [2] 杨尚宾. 液化天然气汽车(LNGV)技术及系统维护[J]. 石油与天然气化工, 2009, 38(5): 390-392.
- [3] 张丽敏, 陈福洋. LNG 加气机技术现状[J]. 煤气与热力, 2008, 28(7): 27-29.
- [4] 刘孝配, 王劲松, 周勇. 科氏流量计在液化气贸易计量中的运用[J]. 中国测试技术, 2008, 34(6): 126-128.
- [5] 刘小丽. 中国天然气市场发展现状与特点[J]. 天然气工业, 2010, 30(7): 1-6.

(修改回稿日期 2011-03-29 编辑 何 明)