

CNG 汽车加气站国产设备使用情况研究 (I)^{*}

何太碧¹ 黄海波¹ 张浩² 莫玲³

(1.西华大学 2.国家燃气汽车工程技术研究中心 3.四川省产品质量监督检验所)

何太碧等.CNG 汽车加气站国产设备使用情况研究(I).天然气工业,2006,26(8):141-144.

摘 要 CNG 汽车加气站设备是加气站安全高效运行的物质基础。通过调查研究及理论分析,咨询专家,查阅标准文献,借鉴国外先进技术水平,客观分析了国产 CNG 汽车加气站设备的现状,并从设备的技术性、可靠性、安全性、可维修性和经济性等方面找出了与国外同类设备的差距,进而得出改进建议:①加强 CNG 汽车加气站设备关键技术攻关力度;②加强 CNG 汽车加气站设备专用检验设备的开发研究迫在眉睫;③严把压力容器类设备制造资格关;④加快制订和完善 CNG 汽车加气站设备国家标准的步伐;⑤选择储气形式应因地制宜;⑥尽快建立区域性的 CNG 汽车加气站设备维修服务企业和设备操作维护人员培训基地;⑦ CNG 汽车加气站关键设备的国产化率亟待进一步提高;⑧加强行业管理,形成集团化生产。最后分析了 CNG 汽车加气站设备选型及安全风险评价基本原则,以及 CNG 汽车加气站设备技术水平改进的关键系统和关键部件。

主题词 压缩天然气 加气站 设备 使用 技术 水平 国产化 建议

CNG(压缩天然气)用作汽车燃料,是近年来能源科学和绿色环保领域中一个十分活跃的前沿研究项目。随着“西气东输”工程的投运,我国 CNG 汽车加气站网络逐步形成,加气站设备的保有量急速增加。以全国 16 个“‘十五’清洁汽车关键技术研究开发及示范应用项目”重点推广应用城市(地区)为例,截至 2004 年 6 月,加气站总保有量达到 630 余座,其中 CNG 加气站为 325 座。仅考察脱水设备和压缩机组,保守估算各 CNG 汽车加气站的脱水设备和压缩机组各两套,则 16 个示范城市中脱水设备和压缩机组的保有量接近 1300 套。尽管近年来在 CNG 加气站设备技术水平评价、改进建议及应用推广方面,有关方面进行了大量卓有成效的工作并取得了显著的成果,但至今还没有成熟的加气站设备技术水平评价指标体系及评价标准,对改进建议及应用推广分析也众说纷纭。

CNG 汽车加气站设备的作用是将纯净的天然气安全可靠地压缩到 20 MPa 以上,并要保证在向 CNG 车辆加气时,进行供气速率、容量配置、充放气优先顺序、启停控制、计量与环境温度补偿等方面的自动化控制,同时保证加气工作安全、准确、方便、迅

速、可靠。为追赶世界领先水平,加快 CNG 汽车加气站设备国产化进程,成立了全国清洁汽车行动协调领导小组,将“我国加气站设备技术水平评价、改进建议及应用推广分析”列入了“十五”国家科技攻关计划的清洁汽车关键技术研究开发项目指南中。

一、国产设备使用运行现状

要了解进而研究 CNG 汽车加气站国产设备的使用运行现状,必须来源于实际调查研究。笔者在充分调查研究基础上,广泛查阅现有文献和标准,并征询国家和有关省市燃气汽车专家组意见后借鉴国外同类设备先进技术水平最后得出以下认识。

实地调研采集基础数据的关键是以重点制造企业(规模大、市场占有率高)生产的设备为参考,抓住站用重点设备的典型故障及其原因,设计“我国 CNG 加气站设备概况调查一览表”(此处从略)。设计指标时重点考虑 CNG 汽车加气站设备市场占有率、服役年龄、设备常见故障及原因(尤其是首次故障前工作时间)、影响加气站设备的关键技术。抽样对象为 CNG 汽车加气站、CNG 终端用户、设备制造厂、检验检测单位和设计院所,范围集中在全国 16

^{*} 本文为国家科技部“十五”清洁汽车技术研究项目(编号 2003BA408B25)及西华大学研究项目(0423140)部分成果。

作者简介:何太碧,1970 年生,硕士研究生,副教授;现主要从事清洁汽车工程及加气站技术研究。地址:(610039)四川省成都市金牛区。电话:(028)89829386。E-mail:vechile_2001@263.net

个示范城市,重点放在全国 CNG 汽车和加气站代表地区的四川省和重庆市。

实证和理论分析表明,我国 CNG 汽车加气站设备总体技术水平与国外相比,还存在着一定的差距。这些差距主要体现在可靠性、可维修性、安全性等方面,而且国外设备集成度很好,大多采取撬装式,生产厂家的技术研发能力也很强。但我们欣喜地看到,国内多年推广 CNG 技术过程中,通过合资、合作、攻关等方式加强消化、吸收和创新,部分产品的技术和质量已经达到或接近国际先进技术水平。一些设计制造企业加快了技术开发,大力引进国外先进技术,形成了自己的优势,一些设备已经出口到东南亚的有关国家。

1. 技术性

国产设备技术有了长足的进步,总体上属世界第二代技术。形式上可生产开放式、撬装式、车装式等多种成套设备。技术上能实现自动化、半自动化及智能化的管理水平。在此基础上应进一步开发第三代国产化加气站设备产品,提高产品的先进性、独特性,和国际通用标准接轨。

国产净化设备因气质及工艺流程差异较大,一些国产净化设备尚未达到相关的防爆等级(GB3836.1-1983《爆炸性环境用防爆电气设备通用要求》之规定),脱水压力适应面窄,低压脱水效果较差;售气装置生产厂家众多,质量参差不齐,有些产品或计量不显示,或设计不过关,计量精度很差,有些已经达到或接近国际先进水平,但其核心部件如高精度数字质量流量计主要靠进口或外协件解决;压缩机组在有油润滑和无油润滑等关键技术上存在分歧,技术上不太成熟;控制系统的自动化和集成度尚有提升的空间;地下储气井为我国首创,但储气装置整体标准不完善,检测技术仍有盲点。

2. 可靠性

国内部分 CNG 汽车加气站对水、硫、杂质控制指标不严,导致关键设备如压缩机、加气机、控制系统及主要电控元件、气动元件等专用装置异常劣化,表现为高压密封件容易老化,特别是压缩机及加气机和关键的高压阀件故障率较高,净化设备高压管线易产生“冰堵”,站用储气装置提前报废较多,且首次故障前工作时间短。国产压缩机组能满足生产需要,但可靠性和含油率等指标与国外同类产品相比则有较大的差距,用户普遍反映国产压缩机在活塞

环、阀片、气阀弹簧、填料等主要易损件寿命不能达到 JB/T 10298-2001 之规定。在实际运行中,一些加气站选用国产设备,更换进口配件,提高了加气站运行可靠性。

国产压缩机多采用有油润滑或无油润滑的设计,但制造上存在缺陷,导致含油率偏高。有油润滑方式的 CNG 压缩机在压缩过程中润滑油不可避免地与天然气接触,部分润滑油被分离成微小的悬浮颗粒,可能因压缩产生热能而雾化,经过油气分离设备,大部分的浮粒可在冷却器中被分离出来或由压缩机排气口的组合过滤器过滤掉;但是油雾不能彻底分离掉,未分离掉的部分油雾,只有当储气瓶的天然气经过天然气汽车的组合减压阀使压力下降后才能凝结,这就会影响到组合减压阀和高压电磁阀的正常工作。此外,车用压缩天然气中含润滑油也会影响发动机燃气装置(如电喷系统、流量传感器或含氧量传感器)的正常工作,是车主常抱怨的问题。

也有用户反映整体压缩机采用水冷对其使用寿命影响较大(即水冷最适合分体式);储气形式多样化,储气井管道间卡套连接不稳定,泄漏点多,国产储气瓶组寿命相对较短,一般为 6~8 a。

3. 安全性

20 世纪 90 年代以来,国内相继发生加气站内的储气瓶爆炸。据不完全统计,四川自贡、遂宁、江油、绵阳、成都、宜宾,河南郑州等地的 CNG 加气站均发生过爆炸,付出了血的代价。对 CNG 汽车的推广应用造成了一定的负面影响。

CNG 汽车加气站设备的安全性,是指设备预防人生安全事故发生的能力,同时也包括设备自身的安全防护能力。对 CNG 汽车加气站设备必须建立在线安全检测系统,通过对脱硫后的 H_2S 含量、脱水后的露点温度、甲烷泄漏量的实时监测,出现异常即报警或停车,确保加气站安全运行。再如选择压缩机时必须考虑其控制水平,压缩机控制的应有进气压力、排气压力、油泵压力、供水压力、排气温度、电机过载等项目,一旦出现异常都应报警停车,同时采用模拟电信号,通过电缆将现场的防爆元件与控制系统相连,使控制系统不受天然气可能泄漏的威胁。如储气瓶组、储气罐内装易燃、易爆高压气体,要加装安全防护装置和制定相应的安全措施。对加气机要有安全拉断阀,以避免没有卸下加气枪时汽车开动拉开接头而造成天然气泄漏。

在调查中,一些加气站在线检测设备不完善或形同虚设,一些设备损坏后没有及时更新,一些设备没有经过质检部门检定。有些加气站虽然设备先进,但安全意识淡薄,没有完整的在线检测记录。也有因设计缺陷导致设备安全性大打折扣,如一些加气机没有安全拉断阀或安全拉断阀分离力矩太大造成机毁人伤的事故;一些售气机的温度补偿功能不完善,造成过充,安全隐患突出;再如储气瓶易熔塞、泄压阀等质量不过关导致气瓶压力过高时不能自动泄压等。

4. 可维修性

维修缺乏规范,国内没有CNG汽车加气站设备专业维修企业。特别是进口压缩机等关键设备的配件价格昂贵,常常缺件,停机损失和维修费用很高。国产设备备件充足,供货及时,维修便利,能保证加气站稳定的运行周期,但由于国产设备的结构工艺性差距,导致可操作性下降。

5. 经济性

以储气瓶组为例,气瓶价格大大低于国外(意大利,50 L),消耗的零件气瓶球阀价格仅为进口的1/8。对新建加气站,当前生产的CNG汽车加气站整体设备,如日产10000 m³ CNG的加气站,国产设备的维修费用可节省40%,相对而言投资回收期一般缩短2~3 a。

国产设备大多采用合成润滑油,虽可减少油雾量,但成本较高。国外CNG压缩机多设计成无油润滑方式,即压缩机活塞环和填料环采用自润滑材料(填充特氟隆),这种方式避免了有油润滑方式的许多弊端,节省了设备运转费用(润滑),避免了对废油的处理,节省了更换过滤器的费用,又不影响汽车高压电磁阀和组合式减压阀的正常工作,使汽车发动机和加气站天然气压缩机的维修费用大大降低。

二、使用建议及应用推广分析

CNG汽车加气站设备应当能满足生产合格车用压缩天然气的要求,设备成套,且匹配性好,单台生产率高,在运行中安全可靠,环保节能,维修性好,操作性强。为此,提出以下建议。

1. 加强关键技术攻关

加气站设备技术涉及机械、电子、化工、材料等多学科,加强关键技术攻关是实现国产化的重要技术保证。

(1) 加强CNG汽车加气站设备设计理念研究

目前国内加气站设备技术研究开发人员在设计思路、计算方法、设备配置等方面与国外先进国家差距较大,导致同类同规格设备性能、价格相差甚远,直接影响投资方、运营方、建设承包方的选型,从而影响加气站设备的国产化进程。对净化装置而言,如吸附剂填量项,在设计计算时,对进气含水量、空塔流速和接触时间的设定,对吸附剂动态吸附量的选取等都会直接影响装填量的多少,其差距可达1倍以上;又如系统中进排气过滤器、再生系统气液分离器阀门管件、加热元件及内外置型式、监控仪表及元器件的优劣、自动化程度的高低等,不仅决定一次采购成本,还将影响维修费用、运行成本及停工损失等二次费用。设计理念不成熟,反映出我国CNG汽车加气站设备整体技术不成熟,缺乏主流产品的技术导航,折射出与国内同行之间存在技术壁垒,交流与合作不够,在一些关键技术的取舍上无所适从。

(2) 加强设备专用装置材质研究

材质是保证设备正常工作的关键,其硬度、韧性、刚度及疲劳强度对设备安全性和可靠性有决定作用。如,国产设备一些易损件、通用件因材质影响,其使用寿命远远低于国外同类产品;高压管路的材质往往不能满足CNG汽车加气站工艺流程的需要,变形弯曲,造成泄漏点多,存在安全隐患;根据各地地质状况,考虑硫化物对金属的影响,探索使用年限适当、价格合理的国产地下储气井专用套管(目前的专用套管含碳量超标)。一些核心部件,如压缩机曲轴连杆机构的强度、活塞的耐磨性等还有深入研究的空间。

(3) 加强制造工艺的研究

制造工艺水平是决定设备技术水平高低的又一个重要因素,加气站对安全可靠性的特殊要求决定了其对制造工艺水平要求也很高。一些国产设备制造工艺不过关常,造成卡套等高压密封处泄漏,或者可操作性不好,维修时可达性差,影响了推广。

(4) 加强储气装置检测技术的研究

储气装置内部裂纹隐蔽性强,难于发现。如对气瓶检验时是整体检测还是解体检测,还需要在摸索中进行,目前国内缺乏对储气装置内部裂纹的检测手段和方法。我国石油天然气行业标准《SY/T6535-2002;高压地下储气井》于2002年正式颁发,该标准要求井筒材料应满足25 MPa压力、疲劳循环

次数不少于 25000 次,但没有规定试验方法,使试验人员无法执行该标准。因此必须加强科技攻关,尽快解决检测试验的手段和方法。

(5) 加强有关气质对设备腐蚀机理的研究

CNG 气质主要涉及总含硫量、含水量、含油量及固体颗粒直径等问题。四川南方天然气汽车检测中心等检测单位统计数据表明:气瓶报废的主要原因——内腐蚀源于瓶内积水、杂质沉积及脱硫除油不净导致复杂的理化作用,使气瓶在瓶底或局部壁厚偏小或脆化;CNG 节流制冷效应时高压管线产生冰堵导致压力升高,源于脱水不净;高压管线或阀门组件堵塞或失效的重要诱因源于一些加气站前置除尘装置除尘不净,形成物理凝结核。国内对水、硫化物相互作用对设备的腐蚀机理研究已经比较成熟,但对水、硫化物、润滑油相互作用对加气站设备的腐蚀机理尚未引起重视。生产运行实践表明,现阶段加强气质对加气站设备的内腐蚀机理研究,探询其腐蚀规律比加强设备外腐蚀机理研究对提高设备技术水平具有更重要的意义。

2. 专用检验设备的开发研究迫在眉睫

在 CNG 气瓶检测关键工艺设备系统的开发方面,目前国内还没有压缩天然气气瓶检验设备的专业生产厂,对气瓶检验设备的选用、改造及开发显得十分必要。

(1) 余气置换

要保证余气置换安全、彻底,就必须考虑在防爆、防火的工作间(或场地),采用氮气或其他惰性气体置换,能批量作业,残余天然气能回收、再利用或高空排放且防爆、防火条件及监测控制功能设施完备,而这样一套安全合理系统的建立与开发尚有许多欠缺,国内没有定型的设备及规范系统。

(2) 无损检测

在“汽车用压缩天然气气瓶定期检验与评定”的报批稿中,已引入了无损检测的内容。要采用无损检测技术,必然就要选用可操作性强的无损检测设备并参照有关标准确定其检测的方式和方法,同时还要开发出与被检测气瓶配套的附属件及附属系统(如检测专用探头、试块、样标、数值图像采集、处理计算机配套系统及系统的还原等问题)。只有建立了这样的系统才能保证检验数值可靠、准确,使检测升级。站用储气瓶组的检测亦同理。

实际的运行经验已经表明,采取传统的施工验收对地下储气井固井水泥的固井质量无法得到有效验证,而且地下储气井的内外腐蚀检测、井筒及套管的检测、地下储气井安全动态数据无损检测也是技术“瓶颈”。

(3) 气密性试验

该项目属于高压作业的范畴,应分两部分去考虑,一部分是检测试验的高压空气供给储存系统,该系统应能提供满足批量检测试验标准要求的高压气体,并具有自动控制和手动控制双功能,所用的设备压缩机及其控制柜,储气瓶组,气体净化装置,程序自动和手动控制设备,系统室的安全建设标准等;第二部分为气密性试验作业设施系统应具备气瓶上架、移动、水下试验升降、下架等过程的半自动化或全自动化功能,同时应具有安全防护设施,该系统的合理建设,使检测迅速、操作安全、可靠、节省人力和能源。

(未完待续)

(修改回稿日期 2006-06-10 编辑 居维清)