

CNG\LNG重卡供气系统的原理、组成及案例分析(上)

◆文/陕西 于健

CNG(压缩天然气)、LNG(液化天然气)两种全系列天然气重卡车型是陕西重型汽车有限公司整合新能源汽车技术以及重卡零部件资源优势而开发的新产品,其广泛适用于公路运输、专用车等领域。两种天然气重卡车型的整车燃料供给系统和发动机相关部件是在成熟技术的基础上根据车用燃料的要求进行设计的,极好地满足了CNG、LNG燃料的技术要求。同时,陕西重汽天然气重卡产品采用了多项世界领先专利技术,使其高效节能、绿色环保,填补了我国天然气重型商用车产品的空白。除此之外,陕西重汽于2011年9月与潍柴西港发动机公司联合开发出了柴油-天然气双燃料的HPDI(High Pressure Direct Injection)缸内高压直喷技术新车型。天然气重卡车型的开发,具有极高的经济效益和社会效益。

一、CNG重卡供气系统的工作原理及组成

CNG是指将天然气经三级加压,使气体压力高达20MPa后以气态储存于压力容器。CNG储气、燃气供给系统的组成及工作原理见图1。

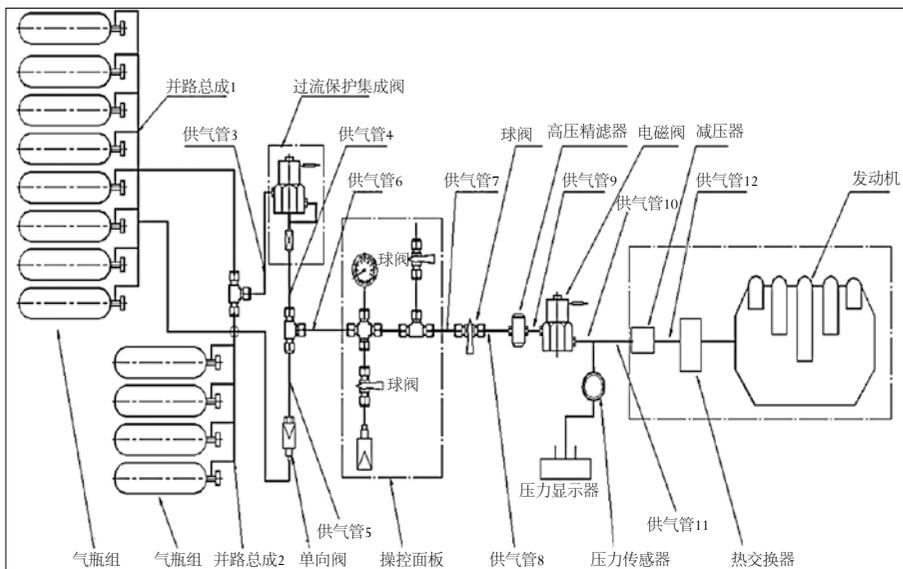


图1 CNG储气、燃气供给系统的组成及工作原理

1.工作原理

CNG重卡具有由8只或12只气瓶通过并路管件组成的CNG气瓶组,瓶组的连接以及供气、加气管路的连接均采用并联形式。车辆正常行驶时,CNG通过供气管路向发动机提供燃料,其系统工作压力为20MPa。为了使汽车发动机能正常燃用天然气,汽车上安装有一套压缩天然气的减压装置,通过二级减压,将20MPa的高压天然气降至常压(0.7~0.9MPa),与空气混合形成可燃混合汽供发动机燃烧工作。

(1)充气流程

充气流程为:加气站充气枪→充气口→球阀(充气截止阀)→压力表→充气单向阀→并路总成1和并路总成2两个气瓶组。

(2)燃料供给流程

燃料供给流程为:两个气瓶组→两个并路总成及三通→过流保护集成阀→压力表→球阀(手动截止阀)→高压滤清器→高压电磁阀→气量表压力传感器→减压阀→热交换器(燃气加热)→发动机。

2.组成

CNG供给系统由储气系统、调压系统、安全保护控制系统组成。

(1)储气系统

由气瓶组、并路总成、操控面板总成(充气阀、充气截止阀、压力表、系统排空阀)及剩余气量显示系统组成。

(2)调压系统

由球阀、高压精滤器、高压电磁阀、减压阀组成。

(3)安全保护、控制系统

由充气单向阀、过流保护装置组成。

上述三个系统联合实现CNG汽车加(供)气、气量显示、减压供气、系统安全保护及维修排空功能。

3.气瓶和管路介绍

(1)气瓶和管路的布置和安装要求

陕西重汽CNG重卡配备的是钢制气瓶和由金属内胆全缠绕式气瓶组成的混合式气瓶组,其中4支80L(或90L)钢制气瓶通过固定支架总成安装在车架右纵梁原柴油箱的安装位置,我们将其定义为1号侧置气瓶组。为增加续航里程,另外又增加了4~8支200L(或140L)金属内胆全缠绕式气瓶,通过固定支架总成横向安装于驾驶室与货厢之间的车架上,我们将其定义为2号后置气瓶组。

两个固定支架总成均为框架式结构,两个气瓶组中的每只气瓶之间通过并路总成和金属高压管并联连接,并与安装在2号气瓶组固定支架总成外部的CNG过流保护集成阀、滤清器,高压电磁阀等连接。天然气通过布置在车架侧的高压供气管路进入发动机舱,减压阀布置在发动机舱右侧纵梁上。通过热交换器后,天然气经闭环控制式燃气计量阀进入混合器,在缸外与空气预混合后进入发动机汽缸点火燃烧。

加气口采用GB/T-18363-2001《汽车用压缩天然气加气口》规定的快插式(或插销式)方式安装在1号气瓶组护棚正面。为便于气瓶充装,在选配时,可同时选配插销式和快插式两种接口并将其合理布置在车辆的相应位置。

两个气瓶组中的单个气瓶分别采用钢带固定在固定支架总成上,与之成为一个整体。在车辆发生意外时,储气瓶、瓶口阀及并路总成将随固定支架一起移动,其可以承受8倍于充满额定工作压力的CNG气瓶重力的力,从而避免因管路错位而造成的破裂。

CNG重卡专用装置的安装均符合GB 7258机动车运行安全技术条件和GB/T 19240-2003压缩天然气汽车专用装置的安装要求等国家强制标准。

(2)主要阀件介绍

①1EA过流保护装置

组成:过流保护集成阀由过流阀体、电磁阀、过流保护模块组成。

工作原理及功能:为了避免因管线意外破裂而使天然气大面积泄漏而设置的主动切断装置——过流保护集成阀如图2所示,过流保护集成阀属于先导式电磁阀。其工作原理是:当电磁阀断电, $P > P_{\text{弹簧1}}$,球阀关闭,燃气供给切断;当电磁阀通电(3s之后自动复位),燃气经过旁通气道进入进气腔,此时 $P < P_{\text{弹簧1}} + P_1 (P = P_1)$,球阀开

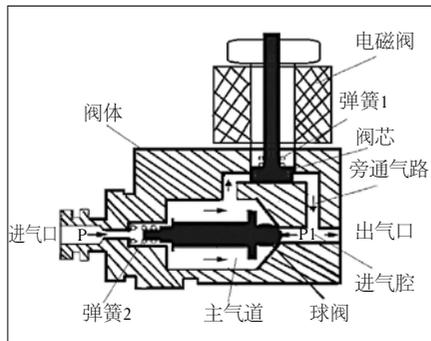


图2 过流保护集成阀

启,燃气直接从主气道进入进气腔;当天然气出现大面积泄漏时,进气腔压力远小于主气道压力, $P > P_{\text{弹簧2}} + P_1$,球阀关闭,气源切断。

②高压精滤器

相关技术参数:工作压力为20MPa,适用温度为-40~85℃,适用介质为天然气,过滤精度为0.3μm。

主要零部件:上下壳体、精滤器滤芯、密封胶圈、接头等(图3)。

主要功能:过滤CNG及CNG管路中大于0.3μm的颗粒和杂质,以保护高压电磁阀及发动机CNG喷嘴等部件。

③减压阀

减压阀的结构示意图见图4。

工作原理:采用杠杆膜片式减压机构,通过两级减压,使20MPa高压气体减压至0.7~0.9MPa的低压天然气,采用发动机冷却液对其加热,以防高压减压器零部件低温损坏。

④剩余气量显示系统

相关技术参数:额定工作压力为20MPa,气量显示器额定工作电压为



图3 高压精滤器



图4 减压阀

DC 24V,压力传感器额定工作电压为DC 5V,适用温度为-40~85℃。

主要功能:在仪表板上显示气瓶的剩余气量,显示压力单位:MPa。便于提示司机及时加气。绿灯表示电源;黄灯表示压力 $\leq 3\text{MPa}$ 提示司机及时加气;红灯表示压力 $\leq 1\text{MPa}$,为报警灯,提示司机发动机不能正常工作。

4.气瓶充装量的计算方法

CNG气瓶组加气量: $A(\text{m}^3) = L \times P \times N / 1000$

其中:L为气瓶标定容积(L);P为气瓶内气体压强(一般为20MPa);N为气瓶个数。

气瓶加气量转换为公斤: $G(\text{kg}) = A \times \rho$

其中 ρ 为压缩天然气密度(0.716kg/m³)。

例:CNG车型气瓶组总容积为 $8 \times 120\text{L} + 4 \times 80\text{L}$

则加气量 $A(\text{m}^3) = (8 \times 120\text{L} + 4 \times 80\text{L}) \times 200 / 1000 = 256\text{m}^3$

$G(\text{kg}) = 256 \times 0.716 = 183.3(\text{kg})$

5.案例分析

(1)常见故障分析

CNG供给系统常见故障及排除见表1。

表1 CNG供给系统常见故障及排除

序号	故障类型	故障原因判别方法	处理方式
1	发动机不着车	①首先查看CNG操控面板上的压力表,指针为零,且确认气瓶有气。打开电源开关,反复松、紧减压阀进口管路。此时,观察在车内仪表台上的CNG压力显示器或控制面板上的压力表 ②如压力变化不明显,说明CNG高压系统没有问题 ③如压力变化明显,说明CNG高压系统问题	①请驾驶员反复开、闭驾驶室仪表台上的过流保护开关4~6次,每次间隔3~5s,观察操控面板上的压力表指针,若读数正常,即可启动发动机 ②检查CNG发动机单元 ③检查CNG高压系统是否有堵塞或截流现象
2	加气时,加不进气	①检查充气球阀手柄是否打开 ②检查气瓶阀是否打开 ③检查是否是充气阀、球阀或压力表故障	①自行排除 ②自行排除 ③更换
3	车辆加气12h后,压力表显示压力降低2~4MPa。	车辆在加气过程中,由于CNG气体分子间的高速摩擦和碰撞产生热量,气体温度升高,压力也随之升高,此时压力表为20MPa,待气体冷却到常温时,压力表指针下降2~4MPa,是NG气瓶和管路系统内温度降低所造成的现象,是正常的	无需处理
4	充气阀漏气	阀芯胶圈失效	更换充气阀
5	压力表漏油	表体密封失效(液面低于1/3须更换压力表)	更换压力表

(下转第63页)

大转动速度为 $2000^{\circ}/s$, 行车时方向盘速度测量范围为 $0\sim 1200^{\circ}/s$ 。

(2) 发动机转速信息

发动机转速信息由交流发电机的转速提供, 并经发动机ECU和中央控制电脑(BSI)提供给GEP电脑, 这是一个+12V/0V的逻辑信息。点火开关(+APC)信号存在时, GEP泵在发电机转速信号出现时启动, 在+APC信号消失时停止。

(3) 车速信息

车速信息是一个来自ABS或ESP电脑的信号, 该信号被用来管理控制GEP泵。当车辆熄火时, 助力转向器仍然保持功能。如果发动机不启动, 打开点火开关后推车, GEP泵自动启动并提供助力, 但这种操作将导致GEP泵消耗过多电能, 从而使蓄电池内的能量耗尽, 通常不建议使用这种降级模式。当GEP电脑和发动机ECU存在故障时, 转向系统会将转向器转入手动模式。

二、案例分析

1. 故障现象

一辆东风标致408轿车, 装备有EC5型

(上接第61页)

(2) 典型案例分析

故障现象

一辆德龙F3000 CNG牵引车, 发动机型号WP10 NG 350 E30, 行驶里程40000km, 无法启动。经了解, 发动机外附件无异常现象, 钥匙打开后, EDC灯点亮。同时发动机上的执行元件由ECU供电驱动时发出“嗒嗒”声, 表明ECU在做自检, 电子控制系统工作正常。

故障诊断与排除

根据上述情况, 分析无法启动的主要原因应与燃气系统或点火系统相关。按照故障诊断由简到繁的原则应首先对燃气系统做仔细检查, 再逐步深入向发动机方向检查。检查时可利用CNG系统压力表和剩余气量显示器的显示数据作对比, 进行燃气系统的初步诊断, 以确定故障点在燃气系统还是在发动机点火系统。检查中发现系统压力表指示压力在18MPa, 正常。而打开钥匙开关后,

发动机, AT8型自动变速器, GEP转向助力系统, 行驶里程11300km, 转向机在转向时, 发出类似擦玻璃或金属与塑料摩擦的声音, 在发动机熄火后打转向, 异响仍然存在。

2. 故障诊断与排除

接到故障车后, 对GEP转向助力系统进行常规的转向油检查, 储液罐液面正常且无异味, 检查GEP泵及管路, 未发现泄漏。用GEP储液罐盖子上的标尺沾起少许油, 滴在白色纸巾上察看颜色, 颜色显浅红色, 说明是经配制的转向液(在生产线上加注的电子泵转向油应呈现淡黄色)。之后使用标致专用诊断仪DIAGBOX软件检测, 显示无持续性故障、无故障代码。因此, 可以确定GEP转向助力系统电控部分没有故障。由于只有机械与油液故障时, 诊断仪才不会显示故障描述, 所以初步怀疑异响故障来自转向机齿条活塞与壳体的油缸内壁之间的运动摩擦。

将发动机熄火, 举升车辆离开地面, 左右打转向, 类似于擦玻璃或金属与塑料摩擦的声音仍然存在, 决定更换转向油。首先拆下发动机下护板, 松开转向助力系统低压管与散热油管的连接卡箍(位于右前轮的

剩余气量显示器显示为0。经询问得知剩余气量显示器在此之前没有问题, 由此可以断定问题出在过流保护集成阀、高压滤清器和高压电磁阀这三处之一的地方。检查时先将高压滤清器排污螺栓拧松一些, 听这里有没有强有力的出气声。若有, 表明故障点为后端的电磁阀; 若没有出气声, 表明高压滤清器滤芯堵塞或前端的过流保护集成阀故障。实际检查发现高压滤清器排污螺栓拧松后有出气声, 因此, 决定对高压电磁阀做重点检查。拆解高压电磁阀取出阀芯后, 发现阀芯上有一层附着物, 用手擦拭时有发涩的感觉。该物质应为CNG燃气体质中的微小杂质聚积而成, 其致使电磁阀芯滑动阻力过大而出现卡滞现象, 造成车辆无法启动。将电磁阀芯取出清理干净后, 重新安装, 故障排除。

维修小结

一般而言, CNG车辆无法启动与燃气

纵梁下方), 并将软管从铝管接头上完全拔出, 放出转向油。为确保转向系统内的转向油完全排净, 松开GEP泵储液罐盖子, 启动发动机怠速运转, 方向盘从左极限位置到右极限位置往复转动至少两个循环(将方向盘转到极限位置时, 一定不要超过5s, 否则将损坏助力泵)。将发动机熄火, 继续往复转动方向盘两个循环, 然后检查GEP泵储液罐内是否有残油, 如果有, 则将残油从GEP泵储液罐口处抽出。在确认旧的转向油排干净后, 将转向油管接头连接上, 从GEP泵储液罐口加注电子泵的转向油(规格: TOTALH50126)至规定刻度后, 启动发动机, 并从左极限到右极限往复转动方向盘, 至少循环操作五次。

当GEP泵储液罐的油位稳定在油标尺规定刻度范围内后, 再启动发动机怠速运转, 并继续从左极限到右极限往复转动方向盘, 并根据情况适时地补加转向油, 直至GEP泵储液罐的油位再次稳定在油标尺规定刻度范围内。然后拧上GEP泵储液罐盖子, 清理干净储液罐盖周围油迹, 试车10km后, 确认转向机无异响, 故障排除。M

系统相关的原因有:

- ① 气瓶内CNG压力低于1MPa, 燃料不足。
- ② 瓶阀或管路上的手动截止阀未打开或冰堵。
- ③ 高压滤清器堵塞, 管路冰堵或脏堵。
- ④ 过流保护集成阀或高压电磁阀损坏, 导致燃料通路堵塞。
- ⑤ 发动机减压阀损坏漏气。

对电磁阀故障的处理可遵循以下两点:

- ① 应急处理时, 可暂时将电磁阀或过流保护集成阀上的阀芯抽掉, 将阀杆与电磁线圈安装原位, 杜绝漏气, 即可启动车辆。此方法可用于高速路或不便于维修车辆的地方应急操作, 不得作为常规处理方式。

② 常规处理, 需将电磁阀芯取出清理干净后, 重新安装。若清理后, 依然不能启动车辆应及时更换, 不得漏装此件。(未完待续)M