

CNG\LNG重卡供气系统的原理、组成及案例分析(下)

◆文/陕西 于健

(接上期)

二、LNG供气系统的工作原理及组成

LNG是由天然气经脱水、脱硫、脱除杂质等净化处理后,再通过多级节流(或深冷)技术将甲烷的温度降至 -162°C ,得到的一种无色、无味、无毒、易蒸发的液体。

作为车用燃料,与汽油相比LNG具有辛烷值高、抗爆性好、燃烧完全、可降低运输成本等优点。LNG除兼备CNG的相应特点外,其更具安全、高效、环保、续航里程长等多方面的优势,液化后的天然气体积比气态体积减少了625倍左右,具有储存效率高的特点,LNG车载瓶又具有压力小、质量轻等优点,LNG被公认为是目前最安全、最环保的车用燃料。

1.工作原理

陕西重汽LNG重卡燃料供应系统由单只气瓶或多气瓶组成,在多气瓶供气系统中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,LNG通过供气管路、气化装置、稳压阀(防止气化后燃料的压力波动)向发动机提供恒定压力的气体燃料,保证发动机工作正常。

2.组成

LNG车载燃料系统主要由车载LNG低温绝热气瓶、连接管路、汽化装置、调压装置、安全装置及控制系统等组成。

(1)LNG气瓶

LNG液体属于低温液体,承载低温液体的容器属于低温绝热压力容器,其材料均采用304不锈钢材料。管、阀件采用含镍的不锈钢或镍和铜的合金材料,具体可参考《GB/T19204-2003液化天然气的一般特性》。

车载LNG气瓶作为一种低温绝热压力容器,设计为双层(真空)结构。内胆用来储存低温液态的LNG,在其外壁缠有多层绝

热材料,具有超强的隔热性能,保证内胆中LNG始终处于低温状态。同时内胆与外壳之间的空间被抽成高真空,以形成良好的绝热系统。外壳和支撑系统的设计能够承受运输车辆在行驶时所产生的相当于气瓶自身重力及压力8倍的外力的冲击。此外,内胆设计有两级压力安全保护装置,当气瓶压力 $\geq 1.75\text{MPa}$ 时,主安全阀自动开启,放散压力,副安全阀开启压力的设定比主安全阀高(开启压力 $\geq 2.9\text{MPa}$),因此只有在主安全阀失灵或发生故障时,副安全阀才起作用。这种结构设计使气瓶的使用更加安全可靠,其具体结构形式如图5所示。

(2)充液系统

组成:由低温充液口、充液单向阀以及连接的管道组成。

(3)燃料供给系统

组成:由出液单向阀、出液截止阀、过流阀、汽化器、缓冲罐调压阀、缓冲罐、缓冲罐压力表、管路安全阀、电磁阀组成。

工作原理:汽车进行燃气供给时,开启

手动出液阀,液化天然气通过出液单向阀后流经手动出液阀和过流阀进入汽化器,被发动机的冷却水加热变成气体,缓冲罐调压阀将气化后的燃气压力调定后,燃气通过电磁阀去往发动机。当过流阀的进口压力与出口压力差值大于设计值(即出口压力 $>$ 进口压力的50%)时,过流阀会迅速关闭,停止对外供液,当关闭手动出液阀时,过流阀很快又回到开启状态。

(4)自增压系统

组成:由增压截止阀、升压调节阀、自增压盘管组成。

工作原理:当气瓶内压力 $\leq 0.8\text{MPa}$ 时,自增压截止阀开启。低温液体通过升压调节阀到达自增压盘管,吸热变为气体后进入气瓶顶部气相空间。由于相同质量的气体体积远远大于液体,并且气体具有可压缩性,从而使气瓶的压力升高。当气瓶压力升至所需压力(自增压调节阀的设定压力)时,自增压调节阀自动关闭,气瓶压力不再升高。需要注意的是,当气瓶内液位不足20L

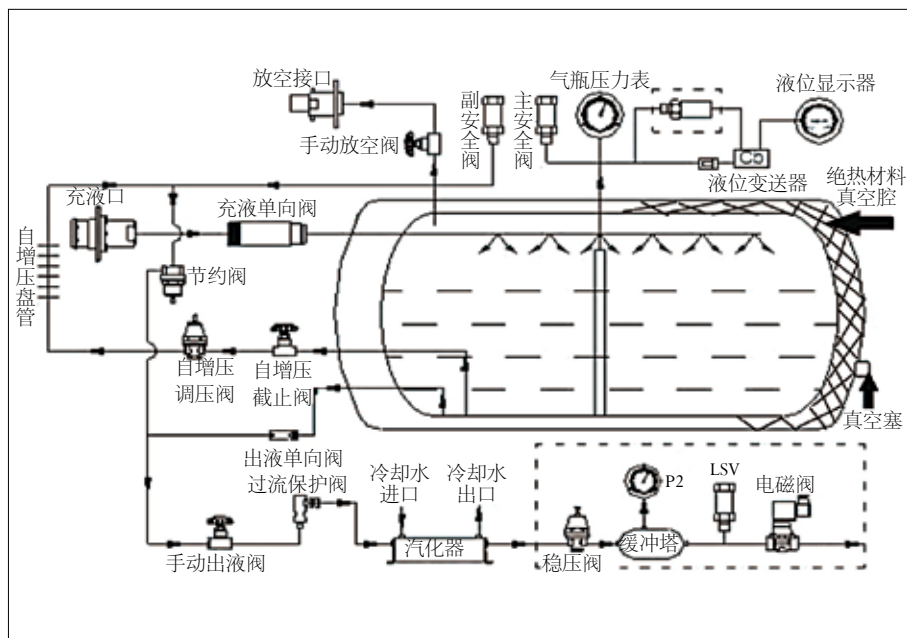


图5 LNG低温绝热气瓶结构示意图

时, 由于气瓶内部空间过大, 自增压系统将处于饱和状态并停止工作。

(5) 燃料经济回路系统

组成: 由经济阀、出液截止阀、过流阀组成。

工作原理: 当气瓶内压力高于经济阀设定的压力时, 发动机处于运转状态, 经济阀开启, 气瓶顶部气相空间的饱和蒸汽通过经

济阀进入供气管路, 此时出液单向阀处于关闭状态。供气管路中的物质是汽液混合物, 随着气体的不断使用, 瓶内压力会逐渐降低至经济阀的工作压力以下, 经济阀关闭, 此时供给系统又回到液体燃料供应状态。

(6) 安全保护系统

组成: 由主安全阀、副安全阀、气瓶压力表、液位计、手动放空阀组成。

(7) 液位剩余量显示系统

液位剩余量显示系统简称液位计, 其工作原理见图6。变送器上可以连接两个压力传感器(选配)和一个液位传感器, 所有的模拟量都通过变送器进行数据转换和处理, 最终数据送与液晶(数字)显示器, 显示器显示液位剩余量以及时告知驾驶员燃料的实时状况。

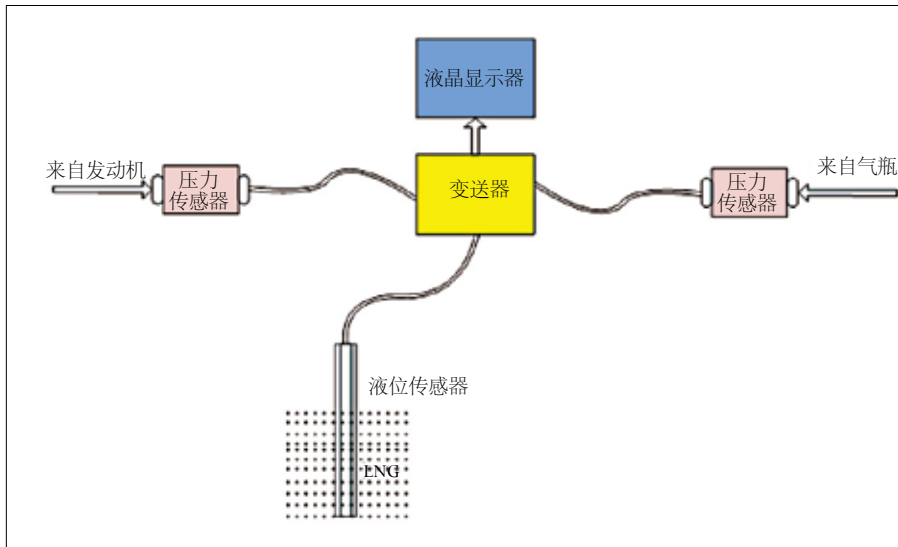


图6 液位剩余量显示系统工作原理

3. LNG气瓶充装量的计算方法

LNG气瓶总充装量:
 $A(L) = L \times 0.9 \times N$
 其中:
 L为气瓶标定容积(L); 0.9是LNG气瓶充装系数; N为气瓶个数。

气瓶充装容积转换为质量: $G(kg) = A \times \rho$
 其中:
 ρ 为液化天然气密度(0.426kg/m³)。
 例:LNG车型单气瓶标定为450L,
 则加气量 $A(L) = 450 \times 0.9 = 405(L)$
 $G(kg) = 405 \times 0.426 = 172(kg)$

4. LNG供给系统案例分析

(1) 常见故障分析

LNG供给系统常见故障及排除见表2。

表2 LNG供给系统常见故障及排除

序号	现象	气瓶系统表现现象	检查内容	处理方式
1	发动机动力不足	汽化器表面结霜	①汽化器进、出水管压瘪 ②汽化器进、出水管泄漏 ③供气管路有泄漏 ④发动机有不工作的汽缸 ⑤冷却水管过小 ⑥发动机水泵流量小 ⑦汽化器选配不合理	①管路回圆或更换 ②检漏并处理 ③检漏并处理 ④检查、维修 ⑤重新配置 ⑥检查更换 ⑦重新配置
		气瓶压力持续下降, 且增压盘管不结霜	①升压调节阀失灵 ②增压管路堵塞	①更换 ②增压管路排空, 重新增压
		气瓶压力持续下降, 且增压盘管结霜	经济阀的设定值低于升压调节阀的设定值, 且低于发动机的压力需要	联系专业人员现场调试或更换
		气瓶压力下降至一定值(低于发动机需要压力), 且增压盘管结霜	①升压调节阀损坏 ②增压盘管被泥土覆盖	①联系专业人员现场调试调整或更换 ②用水冲洗干净
2	发动机动力不稳	气瓶压力表稳定, 缓冲罐表跳动	管路漏气	检漏并处理
		气瓶压力表跳动	管路漏气 气瓶升压调节阀失灵	检漏并处理 更换
3	发动机无法启动或突然熄火	过流阀堵死	①经济阀设定压力低于升压调节阀 ②汽车启动时, 出液阀开启太快	①联系专业人员现场调试严禁自行调整 ②关闭后, 重新开启
		气瓶压力显示过低	气瓶升压调节阀失灵或设定不对	联系专业人员现场调试
4	气瓶压力升高过快或持续升高	气瓶表面结霜、结霜	真空恶化	回厂返修
		气瓶表面正常	①小止回阀失灵 ②经济阀不工作	①更换 ②更换
5	安全阀开启后不密封或不排放		安全阀失灵	更换
6	充装时气瓶排空		加气枪软管未匹配真空管	非气瓶故障
7	不能正常操作		阀门泄漏	维修或更换

(2)典型案例分析

案例一: 动力不足 故障现象

一辆德龙新M3000 LNG牵引车, 发动机型号WP10 NG 336 E30, 行驶里程2189km, 爬坡无力。故障灯有时点亮, 熄火后又恢复正常。平路行驶正常, 但遇到爬坡时又会出现动力下降的现象。

故障诊断与排除

通过诊断工具读取故障代码, 发现为413故障, 413代码含义为燃气压力低。之后开始路试, 在路试中平路略有动力不足的现象, 只是没有爬坡时严重, 平路时燃气压力从0.8降到0.75MPa, 此时并未显现出动力问题。但是, 与正常车辆的数据进行对比发现, 加速时燃气压力在瞬间并不是下降的, 这是不正常的现象。可能影响燃气压力下降的因素有管路存在漏气现象、燃气滤清器堵塞、供气软管变形有硬弯和燃气供气不畅。进行燃气管检漏、清理滤芯、检查软管走向均未发现问题。再次分析, 发现忽略了一个关键点——手动出液阀的开启状态。边询问边检查出液阀状态, 发现由于驾驶员的错误习惯, 该出液阀未被完全开启。完全关闭出液阀之后重新开启, 发动机燃气压力降低的现象消失。对车辆又进行满负荷测试, 结果一切正常, 故障彻底消除。

维修小结

该车的故障是由于驾驶员对LNG气瓶系统不熟悉, 操作不当造成。避免类似故障发生, 最主要的方法是让驾驶员养成良好的操作习惯。

出液阀的正确开启方式为: 操作手动出液阀时应缓慢开启, 当听到过流阀内液体流动声时停止操作, 缓冲罐压力缓慢上升至气瓶压力时液体流动声音消失, 之后将出液阀开至全开位置(逆时针旋满, 约4圈), 再以手轮圆周为准回旋180°(防止阀门冻死), 操作完成。看起来有些复杂, 但实际上这一开启动作是一气呵成的。

案例二: 加速熄火 故障现象

一辆德龙M3000 LNG牵引车, 发动

机型号WP10 NG 336 E30, 行驶里程30000km, 加速时, 发动机熄火, 无故障代码。熄火后, 又能顺利启动。

故障诊断与排除

在与驾驶员交流中了解到, 该车刚做完定保出去没多远就出现这个故障。通过进一步了解得知除正常保养更换机油、机滤外, 此车还换了一个燃气滤清器总成。由此分析, 燃气车辆加速熄火的原因可能是燃气管路堵塞, 从而造成点火系统高速失火。既然是刚做完保养出现的问题, 故障点应该就在滤清器上, 拆下滤芯检查并未发现问题。随后将滤清器支座的进、出气接口拆下, 发现出气口上缠绕的生料带过多, 已将出气口堵住了接近三分之二, 只有很少的一部分可以使燃气通过。在发动机大负荷运行时由于燃料供应不上造成熄火, 拆除堵塞的生料带, 车辆故障排除。

维修小结

现代车辆已经向一体化方向发展, 车辆是一个整体, 故障的发生具有一定的关联性。因此, 我们在对车辆进行故障诊断时, 一定要全面考虑、全盘分析, 千万不能以点带面、以偏盖全, 而应该对车辆进行全面的检测, 然后对检测的结果进行相关分析, 从而准确快速地确定真正的故障部位。同时, 修车过程中不要忽视驾驶员的作用, 一定要多问, 比如故障发生的时间地点、当时的车速、故障发生的频率, 故障发生前所做的维修或保养等。

三、天然气汽车维修安全注意事项

天然气汽车在维修、保养过程中必须遵循以下安全规定:

- 1.在维修前和维修中, 须以被维修车辆为中心, 10m范围内严禁明火进入。
- 2.维修或保养CNG/LNG天然气的瓶、管路、发动机及燃气供给系统时, 严禁带压操作。
- 3.天然气管路、阀件在操作时无论处于何种情况下, 严禁敲击或强行操作。
- 4.天然气的瓶及管路上使用的带手柄、手轮类型的阀件均属截止阀, 严禁将其长时

间作为调节阀使用。

5.维修或更换已损坏的CNG气瓶或瓶阀时, 应特别注意其高压气体(20MPa)可能造成的危险性。因此, 必须对损坏的气瓶或管路先进行压力排空操作后再进行维修或更换。

6.维修或更换已损坏的LNG气瓶或气瓶的头部相关阀件时, 应特别注意LNG液态低温(可达-162℃, 人体若与此温度接触会发生冷灼伤)以及气瓶内液位的高度和气相压力。因此, 在维修LNG气瓶或阀件操作中, 须佩戴相应的安全保护手套、护目镜等安全装备。同时, 查看液位高度和瓶内气相压力时, 若液位高度高于气瓶头部已损坏阀件(或剩余液量>100L)时, 不得进行维修或更换操作。当瓶内气相压力 ≥ 0.1 MPa时, 必须对LNG气瓶进行压力放空操作后, 再进行维修或更换。

7.在不能明确故障原因时, 严禁调整LNG气瓶上的经济阀与自增压调压阀。

8.车辆需要焊接维修时, 须以气瓶及车架为中心, 1m范围内不得直接进行焊接操作。必要时必须将气瓶及支架与整车分离后再对车架进行焊接操作。

9.对车辆焊接时, 应首先关闭所有气瓶阀, 断开发动机电控单元(ECU)、电子点火模块(ICM)、空调控制器、蓄电池等所有电器设备的插接器及接线柱, 否则, 将造成用电设备的损坏。

10.在焊接操作时, 焊接点与地线之间的距离应控制在1m范围内。在车辆两侧焊接时, 焊接点与地线应处于同一侧车架上, 严禁在车辆的左、右纵梁上进行跨越式焊接操作。否则, 会引起CNG/LNG气瓶的损坏, 甚至发生爆炸。

11.测量燃气发动机电子控制单元及相应传感器、执行部件时, 必须使用表头电阻 $> 10M\Omega$ 的数字式万用表, 防止因选用测量工具不当造成的人为故障。

12.在不清楚电控单元引脚功能及电气控制原理的情况下, 严禁盲目检查电控单元的功能好坏, 以避免造成线路短路。(全文完) 