

LNG 汽车供气系统特点及使用注意事项

天然气主要成分是烷烃，其中甲烷占绝大多数，天然气在常压状态下冷却至 -162°C 以下会转为液态，称为液化天然气（简称LNG），随着压力的升高，液化温度也相应升高。天然气具有使用安全、热值高、洁净、价格低等优势，随着我国对排放要求的不断提高和符合能源的合理配置要求，LNG 汽车在大型客车和重型货车上已开始得到广泛应用。为使LNG车辆得到正确的保养与使用，现以ESI供气系统为对象，对LNG汽车供气系统结构原理、特点及注意事项综述如下：

一、LNG 汽车供气系统工作原理及主要部件

（一）LNG汽车供气系统工作原理。

LNG 从液态气罐到进入发动机气缸的流程如图1 所示。

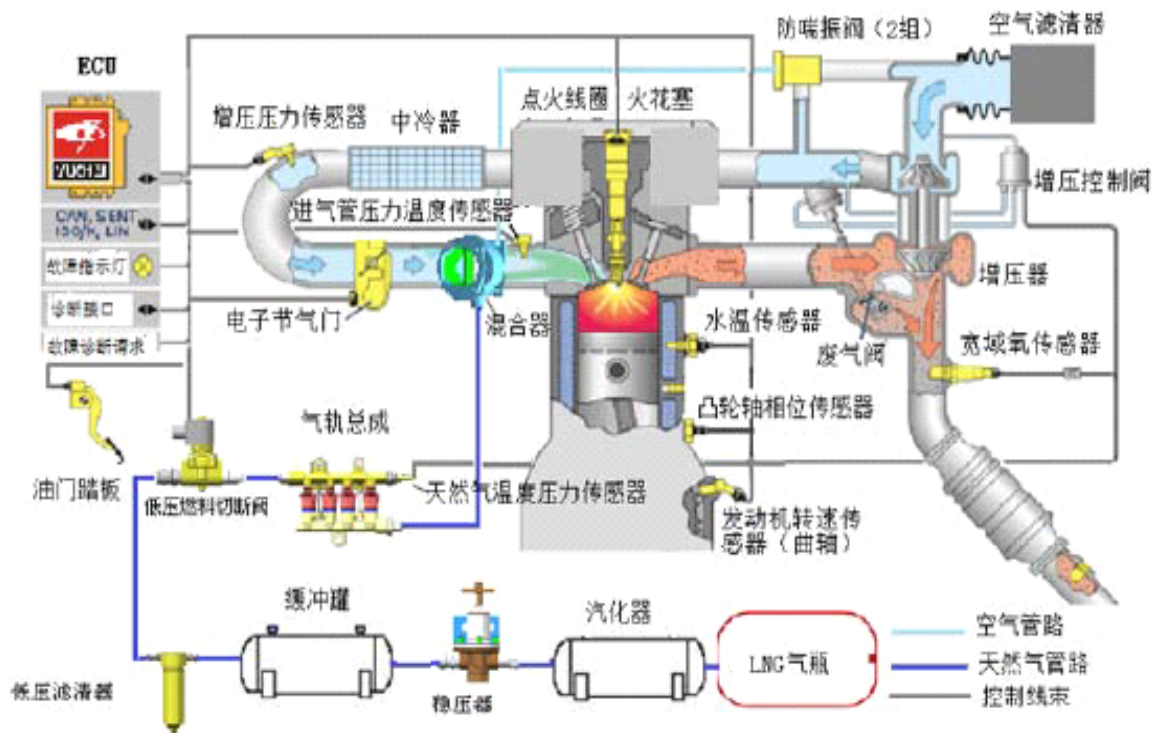


图1

液态天然气从真空绝热储液罐出来，经过汽化器将液体转化成气体，经过气化后的天然气通

过缓冲罐并经天然气滤清器过滤后，进入稳压器，稳压器控制天然气的压力稳定在发动机工作压力范围内（一般为 0.4Mpa-0.6Mpa），经过稳压后的天然气通过低压燃料切断电磁阀，再进入燃气喷射装置，燃气喷射装置根据发动机运行工况及排气情况，精确控制天然气按时按量进入混合器，天然气与经增压及中冷后的空气在混合器内充分混合，由节气门通过节气门开度控制进入发动机缸内的混合气量，在缸内经火花塞点燃进行燃烧。（对于不同类型的供气系统，主要部件会有少量差异）

（二）主要部件作用及保养要求

1. 储液罐

天然气以液态形式储存于低温低压的真空绝缘储罐内，储罐采用双层真空绝热结构，储罐由内胆、外壳、内夹层绝热件和阀件舱等组成。储液罐内部温度一般处于-138℃至-162℃，气瓶充满气的工作压力正常不超过1.6MPa。正常情况下使用气瓶时最小工作压力不能低于0.65Mpa，否则会出现发动机供气不足、动力性下降，并且会导致废气催化转化器烧结等现象。

2. 汽化器

LNG 需要经汽化器升温膨胀后汽化成气态，才能供给发动机燃烧，LNG 在汽化过程中会吸收较多的热量，汽化器利用发动机冷却液提供热量，促使低温液态的天然气变成气态的天然气。

3. 缓冲罐

缓冲罐的作用是在罐内储备一定量的气体，当需要较大气量（如需要大功率）而汽化量不足时，可以提供额外的气量以避免供气量不足。如果发动机功率不大，可以不装缓冲罐。

4. 稳压器

当气瓶内液体温度升高，气压会升高，燃气的供应量受燃气压力的影响较大，压力过高，会造成发动机无法启动、游车、废气催化转化器烧结等故障，稳压器的作用是使压力降低至稳压器设定压力，以保证进入发动机的气体压力符合发动机的要求。

5. 天然气滤清器

LNG在液化过程以及加液、调温、充装到槽车等过程中均会不同程度的产生污染，而供气系统中有许多精密组件及不耐油的膜片，为有效防止油、粉尘等杂质污染导致电控燃气零部件失效，需要安装滤清器，为防滤清器失效，应按规定定期更换滤清器。

6. 低压电磁阀

低压电磁阀是为了及时切断或恢复燃料供给，其由ECM控制其开合，停机状态下处于常闭状态，以阻止天然气流向发动机，防止天然气泄漏。

7. 燃气喷射装置

燃气喷射装置有多个天然气喷嘴，根据发动机功率不同，喷嘴的数量会不同。天然气喷嘴的作用是在不同的发动机工况下，根据ECU的控制策略，喷射适量的天然气。在一定的喷射压力下，喷嘴喷出的天然气量与其开起的时间成线性关系，ECU根据采集到的发动机运行工况，计算出所需要的燃气量，通过内部换算为喷射装置的脉宽，从而实现精确的燃料供给。

8. 混合器

混合器的作用是将经增压及中冷后的空气与天然气充分混合。燃气通过混合器燃气进口，进入混合器和衬套之间的腔室。由于此时，燃气压力大于该位置的空气压力，所以燃气从衬套的喷孔喷入，与从中冷器过来的空气一起形成可燃混合气。

9. 电子节气门

电子节气门集成有执行器，位置传感器，节气阀门等。驾驶者通过油门踏板，将动力需求传递给ECM，ECM接收到油门踏板信号后，根据发动机运行工况控制电子节气门开度，从而控制混合气进气量，用以改变发动机的输出功率。

二、LNG 汽车动力系统的特性及使用要求

(一)LNG动力系统的特性

1. 天然气辛烷值可达130RON, 抗爆性能好于汽油, 天然气专用发动机的压缩比一般可达11~12。
2. 燃油发动机使用的混合气是燃油和空气, 而LNG发动机使用的混合气则是天然气和空气, 前者空气与燃油的体积比为58:1, 燃油体积可以忽略不计, 但后者空气与天然气的体积比为9.5:1, 燃气体积上升6 倍, 这必然导致相对进气量减少, 充气系数下降, 从而导致发动机功率下降。为提高充气效率, 天然气发动机通常以采取进气增压及优化燃气和空气混合器的设计, 提高进气效率。
3. 天然气的自燃温度在632℃, 发动机压缩过程中缸内混合气的温度达不到这个温度, 单一燃料天然气发动机必须采用高能量火花塞强制点火。
4. LNG是液化了的天然气, 在使用过程中有一个由液态转化为气态的吸热过程。
5. 天然气发动机是以气体为燃料, 不象燃油燃料一样有自润滑作用, 也不象燃油燃料一样有一定的密封性, 因此对润滑系统要求较高。
6. 因天然气燃烧的特点, 使能量转换效率比汽、柴油偏低, 有较多的能量转化为热量散失致使发动机的发热量要大于汽、柴油发动机, 使发动机温度偏高。
7. 天然气是自然界中天然形成的, 因形成条件及物质不同, 因此各地的天然气成份也不尽相同, 同时, LNG处于液态, 由于存在热交换, LNG储罐内的LNG会随着热交换产生蒸发, 从而也会改变LNG的天然气成分, 对燃烧性能会产生影响。

(二) 针对以上LNG发动机特性, 在使用上有以下六个方面要求。

1. 天然气燃点高, 燃烧范围较窄, 点火系统要求高

天然气的自燃温度在 632℃, 发动机压缩过程中缸内混合气的温度达不到这个温度, 必须采用火花塞强制点火, 再加上天然气的燃烧范围较窄, 因此要求点火能量较大, 火花塞的点火电压可达到 40kV 或更高。同时天然气发动机缸内燃烧温度比较高, 而进气对火花塞的冷却效

果较燃油发动机要差，随着时间的推移，火花塞会逐渐腐蚀且电极间隙扩大，火花塞跳火需要的能量将增大，严重时会出现失火现象。因此，为保证有良好的点火，每行驶 2 万公里必须检查火花塞电极烧蚀情况，以及高压线胶套是否老化开裂，同时清理火花塞电极间杂质和点火线圈接线柱的氧化物，安装火花塞和点火线圈时，必须在胶套与火花塞接触的陶瓷部位涂抹绝缘润滑油脂以防止因胶套老化导致火花塞与缸盖之间漏电及在火花塞头部涂抹导电膏以增加导电性。同时要注意天然气发动机火花塞都是特制产品，不同机型有差异，更是不同于汽油机火花塞，替代品参数不正确会损坏电控单元等贵重部件。

2. LNG 发动机需用专门的高品质低灰分润滑油。

天然气发动机燃烧的主要是高纯度的气态甲烷，由于燃气的燃烧着火点延后，有部分是在膨胀过程中燃烧，因此，有大量的能量转化为热能，造成燃烧室温度比燃油发动机高几十度以上，使用普通燃油机油会过快氧化，普通机油的高灰分添加剂极易在发动机部件表面生成坚硬沉积物，引起发动机异常磨损，火花塞堵塞及阀门积炭，发动机爆震，点火失时和阀门喷火；致使发动机动力下降、功率不稳定等，甚至缩短发动机使用寿命。因此，LNG 发动机需要使用低硫酸盐灰分、高抗耐磨、抗氧化，且低硫含量的专用机油。天然气发动机到达保养周期后，机油虽然很清澈（这是与柴油机的显著区别之一），但其内部添加剂已消耗殆尽，需按要求更换。

3. 要采用优质防冻液

LNG 发动机的冷却液除原有的冷却功能外，还有加热天然气的作用，若冷却液凝点高，有可能在起动初期使冷却液结冰，影响气化，同时，若冷却液品质不好易产生结垢现象，就会降低热交换能力，导致汽化器效率下降，直接影响发动机的燃气供给，使发动机功率下降，进而影响燃气系统的下游装置，严重的还可能导致汽化器冻裂而损坏。因此，应绝对保证发动机冷却液的品质，应用凝点更低，防腐功能更好，不结垢的软质防冻液。

4. 注意增压控制系统工作状态

由于气体发动机充气效率比汽、柴油机低，为提高发动机的功率，采取增压中冷技术是气体发动机提高功率的重要手段之一，同时许多天然气发动机采用了稀薄燃烧技术，对增压压力非常敏感，如果增压压力不足，将会使动力性明显下降，如果增压压力过高，将产生过增压现象，会增加爆震的风险。为适应不同负荷对增压压力的不同要求，天然气车辆均会对增压压力进行控制，保证发动机具有理想的扭矩曲线及良好的瞬态响应性能。同时为增大进气密度及防止爆燃，通常都会对增压后的空气进行中冷处理，以降低进入发动机气体的温度。在车辆保养时，要注意对增压控制系统的检查，检查各连接管路是否有裂纹、破损，阀门的隔网是否被堵塞，清理中冷器外表面，同时要注意更换连接管路时，管路长度不可更改，否则增压控制可能会不稳。

5. 不宜使用存放时间过长的天然气

LNG 气瓶储存的 LNG 气体存在吸热蒸发的情况，储罐吸收外界热量而使瓶内压力增大超过 1.6MPa，安全阀会自动排除超压的天然气，而甲烷要比其它重馏分的烷类更易蒸发，故自动排出的天然气主要是抗爆性较好的甲烷，随着重馏分的增加，混合气的体积热值增大，致使着火点延后，在低负荷时，由于燃烧主要在膨胀行程进行，动力性下降，在高负荷时，放热率增大，燃烧集中，有爆燃的倾向，可能会对发动机造成破坏，因此，车载 LNG 储罐内的 LNG 储存时间不宜过长，以免重馏分浓度过高，影响发动机的安全运行。

6. 应针对不同地区出产的天然气对供气及点火系统进行调整

天然气除甲烷外，还含有乙烷、丙烷、丁烷、以及少量的戊烷以上烃类及少量氮气、氢气等非烃类气体，各地天然气形成过程不尽相同，所以组份也不完全相同，下表列出了一些地区天然气的主要成份占比情况：

	文	马来西	澳大利	中原油	四川成	胜利油
--	---	-----	-----	-----	-----	-----

	莱	亚	亚	田	都	田
甲烷 (%)	8 9 . 8	91.6	88.7	95.37	94.61	91.29
乙烷 (%)	5	4	7.5	1.58	3.51	3.56
丙烷 (%)	3 . 4	2.8	2.6	1.45	0.72	1.73
其它成份 (%)	1 . 8	1.6	1.2	1.6	1.16	3.42

不同组份的天然气燃烧特性也会有少许区别，为保证发动机性能，在使用不同地区出产的天然气时，应对供气压力及点火提前角进行适当的调整。对于在不同加气站进行加气的车辆，要尽量选择固定的加气站进行加气，如需要在不同的加气站进行加气，也要选择组份相近的加气站进行加气。