



LNG(Liquefied Natural Gas, 液化天然气)是一种清洁、高效的能源, 作为汽车的优质代用燃料越来越受到青睐, 很多国家都将LNG列为首选燃料。2012年以来, 福建省石狮市有36辆LNG公交车投入运营, 本文以金龙XMQ6770AGN4城市公交装备的玉柴YC4G180N-40国IV液化天然气发动机的故障案例入手, 通过对LNG发动机主要零部件的结构及特性进行分析与诊断, 从而进行故障排除。

LNG城市公交车车辆的故障排除与维护

文/福建 林建华

一、LNG发动机的特性

LNG的主要成分是甲烷, 是通过生产的天然气净化处理后, 在常压下将气态的天然气冷却至-162℃, 使之保存成液体。LNG的体积约为同量气态天然气的1/600, 密度是标准状态下甲烷的625倍。LNG车辆与柴油车辆相比, 尾气中CO减少97%, CO₂减少90%, 碳氢化合物减少72%, 噪音减少40%, 苯、铅粉尘减少100%, 具有显著的环保优势。

LNG发动机结构如图1所示, 它与柴油发动机差别较大, 主要体现在以下几个方面。

1. 燃料供给系统

LNG发动机取消了柴油机燃油喷射系统相关的零部件, 增加了汽化器、稳压器、电控调压器、混合器、电子节气门、防喘振阀和低压滤清器等控制天然气喷射量和喷射时间的零部件。

2. 点火系统

柴油机是压燃式发动机, 而LNG发动机由于受燃料特性(抗爆震性能)的限制, 采用与汽油机相同的点火燃烧方式, 通过凸轮轴位置传感器获得点火正时信号, 增加了电控模块、点火线圈和火花塞等零件组成的点火系统。

3. 控制系统

LNG发动机是电控发动机, 各工况的空燃比、点火提前角以及增压压力都实现了更精确的控制。为满足这些控制要求, 增加了相应的天然气温度、天然气压力、发动机冷却水温度、进气空气压力及温度、环境压力、环境湿度及温度、点火正时以及氧浓度等传感器。

4. 压缩比

压缩比的选取与燃料的抗爆震性能密切相关, 抗爆震性能用燃料的辛烷值来衡

量, 辛烷值越高抗爆震性能越好, LNG抗爆震性能比柴油低。

5. 空燃比控制

LNG燃烧方式与柴油不同。如YC4G系列发动机可通博世LSU4.9宽域过氧传感器测量尾气中的氧浓度, 从而推算出混合气空燃比。发动机控制系统通过氧传感器的反馈信号不断修正天然气的喷射量, 实现全工况闭环控制, 精确控制空燃比, 使天然气在缸内燃烧最优化。

6. 增压压力控制系统

LNG发动机的增压压力控制系统在原有废气旁通控制阀的基础上, 增加了防喘振阀和空气调压器。

二、气瓶及其控制结构

气瓶在系统中主要是替代汽车燃油箱, 贮存、供给发动机液态天然气。LNG气瓶(图2)具有良好的隔热性能, 有效延长了LNG无损储存的时间。与CNG(Compressed Natural Gas, 压缩天然气)气瓶相比, LNG气瓶携带的天然气更

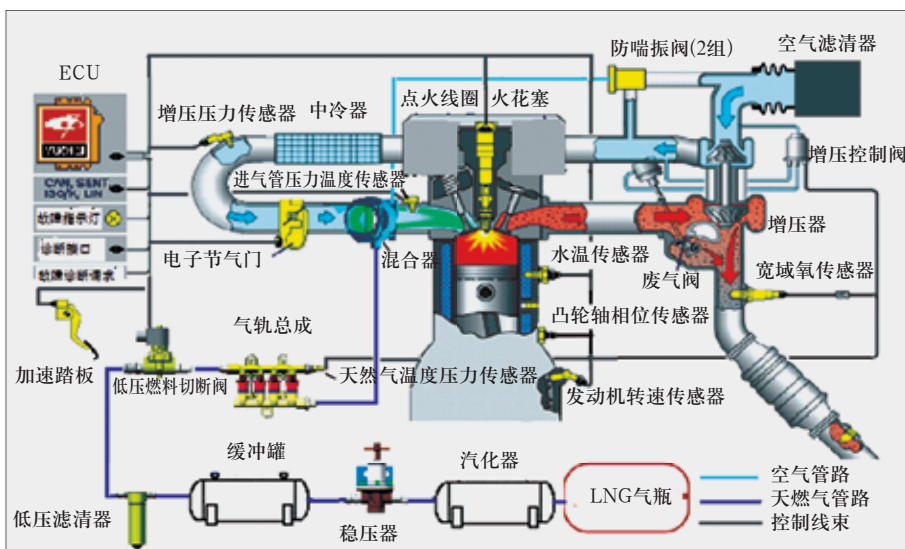


图1 玉柴自主LNG天然气发动机结构图



图2 城市公交车上的气瓶

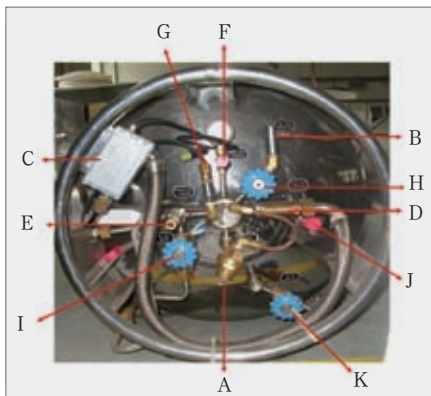


图3 气瓶结构图

多, 因此更适合中长距离运输。

LNG气瓶计算压力为3.18MPa, 工作压力1.59MPa; 设计温度-196℃, 工作温度-162℃; 充装系数0.9, 主体材料为0Cr18Ni9(304), 瓶上设有一、二级安全阀, 进出液口, 限流阀, 气相口, 电容式液位计, 压力表和瓶内压力自动调压装置及自增压(稳压)系统。本文城市公交车型的气瓶容量为275L, 空罐的加液重量为105kg。

车用LNG供气系统包括专用车载低温绝热瓶、充装接口、安全限流装置、LNG汽化器、稳压器、压力显示等装置组成, 气瓶上的控制系统有经济阀、过流阀等(见图3、表1)。

三、案例分析

下文以金龙XMQ6770AGN4城市公交装备的玉柴YC4G180N-40国IV液化天然气发动机故障诊断为例, 将LNG城市公交车的故障分成气瓶及气瓶控制系统的故障、液化天然气发动机故障两类进行诊断。

案例一

故障现象

一辆LNG公交车启动后怠速游车, 发动机工作不稳、加速无力。冷车时气瓶压力显示1.5MPa。

故障诊断与排除

经检查气瓶无漏气现象, 停机状态检查气瓶压力为1.14MPa。在电控调压器前装压力计, 检查气瓶压力为1.14MPa, 压力表显示1.05MPa。启动后的开机状态气瓶压力为1.14MPa, 压力表显示1.02MPa。调整稳压器(图4), 压力表显示

表1 气瓶上的控制系统

代号	名称	功能
A	经济阀	控制气瓶内部压力, 当气瓶压力过高阀门会自动开启首选使用气体, 压力达到要求则自动关闭
B	过流阀	防止供应管路断裂时燃料大量外泄, 泄漏过大会自动关闭
C	液位变送器	将电容信号转换成电信号
D	充液单向阀	防止气瓶内液体倒流
E	主安全阀	用泄压方式保护气瓶
F	副安全阀	用泄压方式保护气瓶
G	液位传感器	信号传感器
H	出液阀(手动)	控制燃料供应
I	放空阀(手动)	气瓶压力泄放
J	真空塞	气瓶抽真空连接口(严禁拆卸)
K	自增压阀	快速提升气瓶压力

没有变化。空车将加速踏板踩到底, 压力表从1.02MPa迅速下降到0.7MPa, 约1s后回到0.9MPa。用玉柴诊断软件进行诊断, 显示出历史故障1154, 即“闭环修正量低”。故障原因为稳压器无法将压力稳住, 导致压力过高, 加速时候流量太小, 导致加速无力。要求浙江蓝帮气瓶控制系统厂家重新调整稳压器, 发动机运转时候保持(瞬态)0.8MPa, 故障排除。

维修小结

稳压器的主要作用有: ①当气瓶内液体温度升高, 气瓶压力最高可能超过1.6MPa, 而玉柴发动机最高使用压力为1.38MPa, 超过该压力可能导致电控调压器失效、发动机无法启动、游车、催化器烧结等故障; ②在汽化器和低压电磁阀之间安装一个稳压器, 通过稳压器的减压作用使压力降低至稳压器的设定压力, 以保证进入发动机的天然气压力符合发动机要求。



图4 稳压器



图5 火花塞和点火线圈

稳压器的维修安装要求: ①稳压器出口必须安装一个压力表, 以监测稳压器出口压力; ②稳压器需安装牢固, 并有减振措施。

案例二

故障现象

一辆LNG公交车行驶里程27996km, 在行驶中出现3挡加速抖动、加速无力且气耗高等现象, 冷车时气瓶压力显示为1.1MPa。

故障诊断与排除

检查气瓶压力为0.88MPa, 连接玉柴专用诊断仪, 发现第三缸火花塞需要保养。对第三缸火花塞清除积炭, 按照玉柴公司的技术要求, 调整铱金火花塞NGK(IFR7F-4D)电极间隙, 试车故障排除。

维修小结

火花塞作用是接收来自点火线圈(图5)的高电压, 可达到40kV或者更高, 产生火花点燃天然气。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也会增大, 严重时会出现失火现象。

火花塞间隙的要求: LNG发动机铱金火花塞电极间隙为 0.4 ± 0.05 mm, 维护时要按厂家的技术要求进行必要的保养。

火花塞的安装要求: ①严格按厂家要求安装, 用专用火花塞套筒拧紧火花塞, 拧紧力矩为 $30N \cdot m$; ②由于高压电源会在接触表面产生电弧, 弹簧与火花塞头部接触部位受热氧化, 导致接触部位电阻过大, 分压作用过大会影响火花塞点火能量, 严重时会造成失火, 所以安装火花塞和点火线圈时, 必须在火花塞头部涂抹导电膏; ③在胶套与火花塞接触

(下转第47页)

汽车发动机的冷却系统是保持发动机正常工作的重要组成部分, 如果它出现故障, 发动机的整体工况就会受到影响, 甚至引起发动机其他部件的损坏。在冷却系统中有两个冷却液循环的散热路线, 分别是冷却发动机的主循环和车内取暖循环。这两个循环都以发动机为中心, 使用的是同一冷却液。

本文对汽车发动机冷却系统的原理做出简单介绍并加以分析, 通过实例给出解决故障的简易排除方法。

行驶中发动机冷却液温度过高的应急处理办法

文/吉林 周亮

一、冷却系统工作原理及常见故障

发动机运转时燃烧室内的混合汽燃烧后会产生高温的压缩气体(约为800~2000°C), 运动部件受热膨胀会破坏正常的配合间隙, 不仅降低了机械强度使零件损坏、润滑失效, 甚至导致发动机“拉缸”、“爆缸”。

如果发动机温度过低, 还会造成汽缸进气温度过低、燃烧不正常、功率下降、油耗增加及润滑不良等现象。

冷却系统的主要作用是使发动机保持在适当的温度范围内工作。出于对冷却效果好、冷却均匀、工作可靠、不受环境影响以及噪声低等要求, 汽车发动机的冷却广泛采用强制循环水冷系统。

在整个冷却系统中(图1), 冷却介质是冷却液, 主要零部件有节温器、水泵、水泵皮带、散热器、散热风扇、水温感应器、蓄液罐和采暖装置(类似散热器)。

水泵将冷却液从机外散热器吸入并加压, 发动机高温部件的热量通过缸套、缸盖传导给周围水套内的冷却液, 冷却液吸热后自身温度升高, 进入车前端的散热器内。由于汽车前进和风扇的抽吸, 外界冷空气通过散热器带走散热器内冷却液的热量, 并将冷却液所吸收的热量通过散热器释放到外界大气中。

为了保证发动机在不同负荷、转速以及不同季节下在最适宜的温度范围内工作, 冷却系统还设置了节温器等部件, 如此周而复始地循环冷却发动机的高温部件, 使发动机保持在正常工作水温(一般在80~95°C左右)。

1. 节温器

从冷却循环可以看出节温器是决定走“冷车循环”还是“正常循环”的。这两个循环“并联”在同一系统中。节温器在80°C后开启, 95°C时开度最大。节温器不能关闭,

会使循环从一开始就进入“正常循环”, 这样就造成发动机不能尽快达到或无法达到正常温度。

节温器不能开启或开启不灵活会使冷却液无法经过散热器循环, 引起温度过高。如果因节温器不能开启而引起过热, 散热器上下两水管的温度和压力会有所不同。

2. 水泵及水泵皮带

水泵的作用是保证冷却液在系统中循环流动。水泵较常见的故障为水封损坏导致水泵轴承润滑不良, 造成转动不正常或发出声响。

发动机过热时, 应最先注意水泵的皮带, 检查皮带是否断裂或松动。如果水泵内部损坏会导致冷却液无法循环, 开启暖风观察不会有热空气吹出。

3. 散热器

发动机工作时, 冷却液在散热器芯内流动, 空气在散热器芯外通过, 热的冷却液由于向空气散热而变冷。

4. 散热风扇

风扇的启动由水温感应器控制, 在正常

行驶中, 高速气流已足以散热, 风扇一般不会在这时候工作; 但在慢速和怠速时, 风扇就可能转动来协助散热器散热。

5. 水温感应器

水温感应器其实是一个温度开关, 当发动机进水温度超出90°C, 水温感应器将接通风扇电路。如果循环正常而温度升高时, 风扇不转, 水温感应器和风扇本身就需要检查。

6. 膨胀水箱和膨胀水箱盖

膨胀水箱的作用是补充冷却液和缓冲“热胀冷缩”的变化, 所以不要加液过满。如果蓄液罐完全用空, 就不能仅仅在罐中加液, 需要开启散热器盖检查液面并添加冷却液, 不然蓄液罐会失去功用。

膨胀水箱上还有一个重要的零件, 就是膨胀水箱盖, 这个小零件很容易被忽略。随着温度变化, 冷却液会“热胀冷缩”, 散热器内因冷却液的膨胀而内压增大, 内压到一定数值时, 散热器盖开启, 冷却液流到蓄液罐, 当温度降低, 冷却液回流到散热器。如果蓄液罐中的冷却液不见减少, 散热器液面却有降低, 那么散热器盖就没有工作。

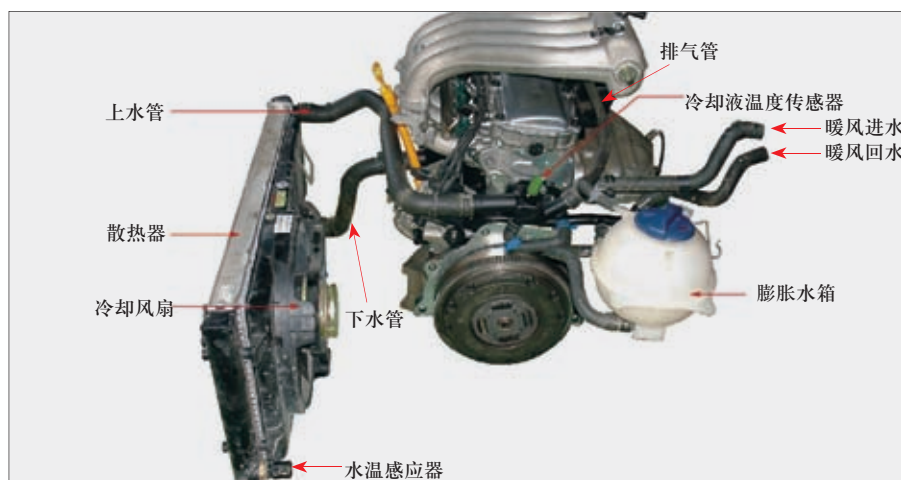


图1 发动机冷却系统结构图

7. 采暖装置

采暖装置在车内, 工作较稳定一般不出问题。从循环路线可以看出, 采暖循环利用发动机小循环不受节温器控制。与发动机循环“并联”在一起。

二、应急处理实例

故障现象

一辆捷达轿车以110km/h的速度正常行驶于高速公路, 10min后发现发动机机械噪音增大, 观察仪表发现红色水温指示灯亮, 指示发动机水温过高报警。

故障诊断与排除

发现红色水温指示灯亮后, 驾驶员立即打开危险警告灯停车检查, 打开发动机盖, 观察发动机舱膨胀水箱液面在正常范围内, 没有冷却液泄漏现象; 仔细观察水箱冷却风扇旋转情况, 发现旋转速度较低, 未启动高速挡, 上、下水管温度差异较小, 开始怀疑水温开关高速挡触点损坏。打开暖风, 出风口有长时间的热气吹出, 并且出风温度较高, 这说明水泵良好。用随身携带的钥匙环制作跨接工具(图2), 短接水温开关高速挡(见图3), 风扇



图2 自制钥匙环跨接工具

开始高速旋转, 以为已经发现故障点, 停车待发动机温度降低到正常温度后继续行驶。

继续行驶5km后, 水温指示灯再次高温报警。此时停车后发现上、下水管温度有明显差异, 故障点凸显, 结合刚刚的诊断过程, 判断为典型的节温器未能开启造成冷却液不能进行大循环的故障。此时因远离服务区无法现场更换节温器维修。

分析冷却系统循环路线原理, 采暖循环利用发动机小循环, 不受节温器控制。将车内暖风开启, 打开外循环, 待水温下降到正常范围后启动发动机, 观察冷却液温度至稳定。行驶到服务区咨询后得知该服务区没有小型轿车的备件储备, 就地更换需要很长



图3 短接水温开关高速挡

的等待时间, 同时维修费用相对较高。

于是将四个车窗玻璃完全打开, 继续行驶, 虽然驾驶条件相对艰苦, 但还是以不低于70km/h的车速驾驶车辆行驶百余千米, 到达目的地更换节温器后车辆水温正常。

维修小结

随着私家车数量的增加, 机动灵活的自驾游给忙碌的生活增添了许多乐趣, 很多的私家车都参与到了这项活动中。在自驾游出游的过程中会出现各种问题, 本文使用的应急处理方法可以应对因节温器、散热器、散热器风扇损坏造成的故障, 但利用暖风装置散热时要注意行驶速度不宜过快, 要根据发动机的水温进行驾驶。M

(上接第45页)

的陶瓷部位应该涂抹绝缘润滑油脂, 以防止因胶套老化导致火花塞与缸盖之间漏电。

四、LNG发动机的日常维护

为发挥LNG城市公交车辆的最大运行效率, 公交公司要确保驾驶员正确、规范地操作LNG车辆, 维修人员熟悉天然发动机工作原理、发动机线路图、各传感器针脚定义以及电器参数, 熟悉常规发动机的故障诊断等, 在维修时采用专用诊断工具诊断和人工诊断相结合进行故障排除, 充分发挥LNG城市公交车辆在环保的优势和确保企业的经济效益。

1. 驾驶员的安全操作与维护

(1)通过岗前理论培训, 对驾驶员现场讲解各阀件的功能与使用, 使驾驶员掌握相关的LNG知识和气瓶及气瓶控制系统的功用, 驾驶员通过《LNG公交车辆的使用操作

试卷》考试后方可上岗。

(2)每天使用汽车之前, 除机油、冷却水等常规检查外, 必须检查气瓶与托架、供气装置与大梁之间的固定是否牢固, 检查天然气设备的状态, 确定所有气管的连接处是否漏气。

(3)启动时先将点火开关拧到电源接通位置, 停留2~3s, 不踩加速踏板启动。启动时切忌空踩加速踏板和利用大油门启动(踩加速踏板不会加快启动速度, 只会造成启动后因加速过大而使发动机转速过高, 从而造成燃料浪费和加速发动机运动件的磨损)。

(4)发动机启动后, 应保持怠速运转3~5min, 确保发动机得到充分润滑。

(5)遇到瓶身有出汗结霜结露, 车内漏气报警器鸣响, 必须进厂修复。

2. 维修的后勤保障

(1)对于LNG车辆的维修人员, 必须经过专业培训并取得合格证后方可上岗。

(2)在排除供气系统故障时, 必须关闭总气阀和全部钢瓶气阀。

(3)严禁在带压状态下进行修理作业。

(4)禁止随意敲击、扭曲、挪动全车不锈钢管。

(5)维修人员在维修中必须严格检查高、低压线插头, 电脑板及转换开关接头与导线的绝缘体, 严格防止短路, 接触不良。点火高压线的绝缘和固定情况应严格检查, 避免高压线路漏电跳火现象的发生。

(6)全车总成线均不允许与燃气管道相搭、缠绕; 高压管线、卡套接头不允许修复使用, 只能更换。

(7)在故障部位修复后, 应严格检查卡套是否完好无损; 在维修后, 应采用气体泄漏检测仪或肥皂水进行泄漏检验。M

(作者林建华单位为石狮市公共交通运输有限公司)