

发动机润滑系统工作特性研究

曹东冬¹, 万玉丽²

(1.毕节职业技术学院, 贵州 毕节 551700; 2.洛阳拖拉机研究所有限公司, 河南 洛阳 471100)

摘要: 从系统整体出发, 以某四缸发动机润滑系统为研究对象建立数学分析模型, 模拟分析发动机润滑系统的工作特性, 对润滑系统的流动和传热特性进行分析, 为不同条件下进行相关性能研究提供参考。

关键词: 汽车; 发动机; 润滑系统; 工作特性

中图分类号: U464.137

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)01-0011-02

汽车发动机是一个有复杂摩擦学的运动部件, 其润滑系统具有润滑、冷却、去污及防锈等功能。高效率的润滑能减少零件机械损失, 提高发动机的动力性和经济性。现代汽车发动机润滑系统的结构日渐完善, 不仅增强了润滑系统的功能, 而且提高了发动机元件及润滑系统工作可靠性, 对降低机油消耗量产生了积极影响。

国内关于发动机润滑系统的研究主要针对某一摩擦副, 如曲轴轴承、活塞环—缸套等摩擦副, 而对润滑系统整体特性的研究较少。近几年, 以左正兴、毕小平等为首的专家对发动机润滑系统整体特性进行了大量研究, 建立了润滑系统仿真模型, 以不同型号发动机为研究对象, 由各种发动机润滑系统网络模型获得了不同工况、不同结构和不同参数条件对发动机润滑系统整体特性的影响。

1 润滑系统结构

发动机工作时各运动零件的工作环境不同, 对润滑程度的要求亦不同, 对不同润滑部件要采用不同的润滑方式, 飞溅润滑和压力润滑两者结合的复合润滑方式被多数发动机采用。发动机要得到必要的润滑, 其缸体和缸盖上必须加工出一系列润滑油道和回油孔循环油路。机油在润滑系统中循环时吸收零件相对运动摩擦产生的热量, 引起自身温度升高, 导致油的粘度下降, 加剧机油老化变质。但若机油温度过低, 摩擦表面油膜的承载能力虽有提高, 但会导致摩擦阻力增加。因此, 对机油进行适度冷却非常必要, 以将润滑油温度保持在正常工作范围(70~90℃)。特别是热负荷较高的柴油机中必须设置机油冷却器以冷却机油。发动机润滑系统由机油盘、机油泵、机油滤清器、机油冷却器、润滑油道等组成,

系统油路见图 1。不同型号发动机其润滑系统的安装位置可能各有不同, 总体的布置原则是便于维护管理。

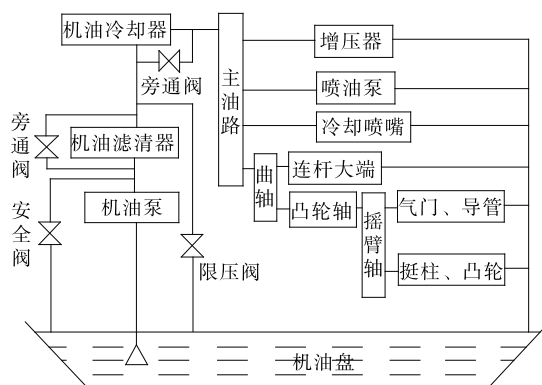


图 1 发动机润滑系统的组成结构

润滑系统确定后, 需对其工作性能进行分析评价, 分析其流量场、压力场、温度场等流场特性及相应流量、压力、温度等条件下各摩擦表面的特性。

2 润滑系数学模型

需冷却和润滑的部件在发动机中非常多, 分布在缸体、缸盖结构内部的管道主要负责润滑油的输送, 由机油泵提供输送压力, 把润滑油输送到发动机中需冷却和润滑的位置, 随后利用重力作用流回油底壳内再吸至机油泵构建一个循环。润滑管道多是圆截面直管道, 其压降主要由壁面的摩擦产生, 流体流过时产生的压力损失 Δp 由下式计算:

$$\Delta p = c_f \frac{L}{D} \rho \frac{V^2}{2} \quad (1)$$

式中: c_f 为摩擦损失系数; L 为管道长度; D 为管道内径; ρ 为流体密度; V 为流体平均流动速度。

工作中由磨损产生的金属微粒及机油碳化物等

杂质会流窜到机油盘中,加剧零部件的磨损且不利于润滑,需设置机油滤清器对机油进行过滤。滤清器通常安装在机油泵与机油冷却器之间且需定期更换。机油经过滤清器时会产生压力损失,采用下式对滤清器的流量-压力特性进行拟合:

$$\Delta p = a q_m + b q_m^2 \quad (2)$$

式中: a 、 b 为待定系数; q_m 为质量流量。

机油冷却器在润滑系统中对控制油温有重要作用。假定系统各参数及换热器两侧入口条件均已知,建立换热器模型,可得到冷却器两侧出口温度及总换热量。假设下标 1、2 分别代表两种润滑流体, in、out 分别代表冷却器流入侧和流出侧,则:

$$C_1 = \frac{q_{m2} c_{p2}}{q_{m1} c_{p1}}, C_2 = \frac{q_{m2} c_{p2}}{kA}, C_3 = \exp\left(\frac{C_1 - 1}{C_2}\right) \quad (3)$$

式中: c_p 为比定压热容; k 为总换热系数; A 为换热面积。

C_1 取不同值,可得两种流体的出口温度 t_{2out} 、 t_{1out} 和冷却器总换热量 Q :

$$t_{2out} = \frac{(C_3 - 1)t_{1in} + C_3(C_1 - 1)t_{2in}}{C_1 C_3 - 1} \quad (4)$$

$$t_{1out} = t_{1in} + C_1(t_{2in} - t_{2out}) \quad (5)$$

$$Q = q_{m2} c_{p2}(t_{2out} - t_{2in}) \quad (6)$$

以上是润滑系统总传热数学模型,其压降特性类似管道给定压力损失系数。机油泵的主要作用是给系统提供足够的压力,使需润滑和冷却的部件得以充分润滑。若改型发动机中使用内啮合转子机油泵,可采用下式建立机油泵模型:

$$q_m = q_{m0} - k(\Delta p)^c \quad (7)$$

式中: q_{m0} 为最大流量; k 、 c 为待定系数。

3 工作特性分析

发动机润滑系统为循环工作,润滑油从油底壳由机油泵经吸油盘吸入,加压后经机油冷却器换热后通过机油滤清器进入各润滑、冷却位置,最后利用重力作用流回至机油盘。由系统流量压力特性可得在给定流量下所需驱动压力,当转速不变时,可得出流量,反复循环直至流量、压力收敛。为验证数学模型的准确性,采用发动机 GT-suite 软件构建同参数、同结构润滑系统,软件分析结果和模型分析结果见图 2。

当转速不变时,调整机油冷却器液体温度,分析其对主油道内机油温度的影响。润滑系统循环中,

影响润滑油温度的主要因素为缸体获得的热量和机油冷却器内的换热情况。以模型中缸体内获得的热量和冷却器入口处温度作为变量,得到图 3 所示分析结果。

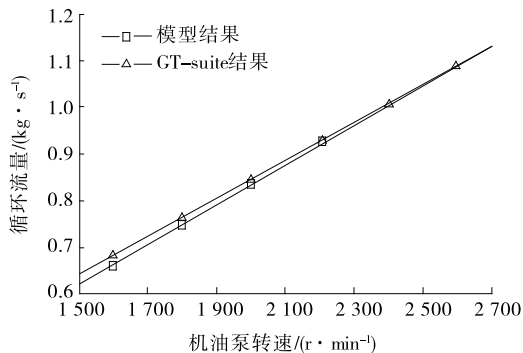


图2 机油泵转速-循环流量

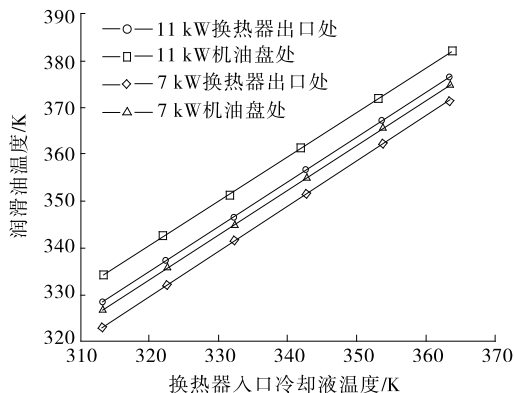


图3 润滑油温度的影响因素

润滑系统中,机油盘内温度比冷却器出口温度高 5~7 K,且冷却液温度对润滑油工作温度的影响高于缸体散热量的影响。以冷却液入口流量为独立参数,分析其对机体总换热量的影响,结果见图 4。

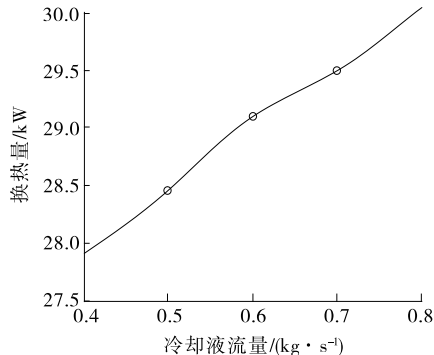


图4 冷却液流量对换热量的影响

综上,机油冷却器在维持润滑系统工作温度方面具有重要作用;冷却液流量对总换热量的影响并

(下转第 16 页)

且诊断仪无法连接时,可先测量 CAN 总线的电阻、电压或波形,并逐一断开相应线束和模块分段检查,缩小故障点范围。

5 结论

该文系统分析汽车 CAN 通信总线的常见故障模式及诊断方法,并应用于长安欧尚车型 CAN 通信总线故障分析,得出以下结论:

(1) 汽车 CAN 通信总线主要存在 CAN—HI 和 CNA—LO 对电源短路、对地短路,CAN—HI 和 CNA—LO 互相短路,CAN—HI 或 CNA—LO 断路等故障模式。

(2) 可采用电阻测量法、电压测量法及波形检测法诊断 CAN 总线故障。

(3) 通过逐一断开相应线束和模块分段检查,可缩小故障点范围,提高故障诊断效率。

参考文献:

[1] 侯勇.利用波形分析法诊断 CAN 总线系统故障[J].北

(上接第 12 页)

不明显;增加换热面积可使冷热流体更充分地交换热量,有利于增加总换热量,对于换热效果的提升有显著作用。

4 结语

发动机工作过程中,运动部件之间的润滑、冷却和清洁等都离不开润滑系统的合理设计,发动机运行的稳定性也在很大程度上依靠润滑系统。该文通过建立润滑系统数学分析模型,得出机油冷却器在维持润滑系统工作温度方面具有重要作用,冷却液流量与系统总换热量正相关,且对系统的整体换热影响不明显。

参考文献:

- [1] White F M.Fluid mechanics[M].5th Edition.Mc Graw Hill,2004.
- [2] Wilfrid Marquis-Favre,Eric Bideaux,Serge Scavarda.A planar mechanical library in the AMESim simulation software.Part 1: Formulation of dynamics equations [J].Simulation Modeling Practice and Theory,2005,14 (1).
- [3] 许翔,毕小平.车用传动装置润滑系统的流动与传热仿

京工业职业技术学院学报,2016,15(1).

- [2] 陈建军.汽车 CAN 总线故障原因及检测方法[J].新教育时代电子杂志:教师版,2015(8).
- [3] 李志涛.高速 CAN 总线子网物理层测试与分析[J].汽车电器,2015(8).
- [4] 李文言.故障树分析法诊断 CAN 总线控制的中央门锁故障[J].公路与汽运,2008(1).
- [5] 王孔龙,王华拓,郑素云,等.CAN 网络车速信号丢失机理及处理方法[J].公路与汽运,2013(5).
- [6] 陈国强.基于 CAN 总线的客车电气系统设计与 ASR 故障诊断[J].客车技术与研究,2012(2).
- [7] 赵枫,吴成加.混合动力客车 CAN 总线通信系统故障与抗干扰的研究[J].客车技术与研究,2014(5).
- [8] 闫鑫.基于 Renyi 信息熵的 CAN 总线异常检测方法[D].长春:吉林大学,2017.
- [9] 龙超.汽车 CAN 总线技术及其检测维修探讨[J].中国设备工程,2018(19).
- [10] 汤贵庭,魏显坤.基于 CAN 总线汽车典型故障检测方法探究[J].时代汽车,2018(8).

收稿日期:2018-07-02

真[J].机械传动,2006(5).

- [4] 刘斌,张晓宇,朱玉明,等.VVA 发动机润滑系统 CAE 优化[J].重庆理工大学学报,2010,24(12).
- [5] 杨纯辉.4G6 发动机润滑系统模拟研究[D].长春:吉林大学,2010.
- [6] 岳阳,梁新刚,徐向华,等.柴油发动机润滑系统流动与传热仿真研究[J].工程热物理学报,2012,33(8).
- [7] 童宝宏,桂长林,孙军,等.发动机润滑系统的研究与进展[J].车用发动机,2007,4(2).
- [8] 黄小辉,毕小平.车用内燃机润滑系统传热仿真[J].热科学与技术,2004,3(4).
- [9] 徐跃强,毕玉华.增压中冷柴油机润滑系统优化设计[J].润滑与密封,2011,36(7).
- [10] 张希望,付镇,刘玉生,等.汽车发动机润滑系统不解体清洗技术[J].客车技术与研究,2013(4).
- [11] 谈建,童宝宏.发动机润滑系统典型组成部件工作性能的试验研究[J].小型内燃机与摩托车,2006,35(6).
- [12] 常宝芳,贺方鹏.汽车底盘集中润滑系统的应用及改进[J].客车技术与研究,2013(4).
- [13] 林灵,詹樟松,闵龙,等.VVA 发动机润滑系统 CAE 优化[J].重庆理工大学学报:自然科学版,2010,24(12).
- [14] 殷海庭.VCT 发动机润滑系统的改进设计与试验研究[J].柴油机设计与制造,2012(3).

收稿日期:2018-06-26