

内燃机润滑系统主油道压力特性的多工况研究

童宝宏¹, 桂长林², 孙 军², 赵小勇²

(1. 安徽工业大学机械工程学院, 安徽 马鞍山 243002; 2. 合肥工业大学机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 以某样机为对象, 介绍了多工况下测取主油道压力的试验研究方法, 结合试验结果, 对润滑系统工作特性进行综合分析和评价, 重点考察了负荷、转速和油温等工况因素对主油道压力特性的影响。研究表明, 转速变化对主油道压力影响十分明显, 油温变化对主油道压力的影响次之并且呈现较强的非线性, 而负荷的影响最小。

关键词: 内燃机; 润滑系统; 压力特性; 试验研究

中图分类号: TK414.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2222(2008)02-0027-04

在进行内燃机润滑系统设计分析时, 主油道压力是一个十分关键的参量。利用试验法^[1]和网络模拟分析法^[2-3]获得该参量的变化特性即主油道压力特性是目前对内燃机润滑系统工作性能进行研究的重要环节之一。

试验研究方法中, 外部特性法最具有代表性^[4]。该方法是在经验设计、网络模拟以及试验测试的基础上建立的, 主要用于内燃机润滑系统的设计分析和评价。该方法的核心是, 用润滑系统性能在外部的表现特征, 即主油道油压 p 与负荷 N_e 、转速 n 、油温 T 的关系 $p=f(N_e, n, T)$ 来分析系统的内在状态。

进行多工况下的试验研究, 由外部特性法得到的主油道压力特性曲线可以反映润滑系统各组成部分的液力特性匹配状况, 可用于对网络法仿真结果进行检验、评价, 进而可以对样机润滑系统的工作特性有比较全面的了解。这种试验研究方法可以避免单一工况下多点测量时安装传感器带来的困难, 并可以减小传感器测量误差对分析结果的影响。

以某 4105 柴油机为对象, 进行台架试验研究, 结合多工况下试验测取的主油道压力特性线曲线对润滑系统工作特性进行综合分析和评价, 重点考察了负荷、转速以及油温等工况因素对主油道压力特性的影响情况。

1 试验方案

1.1 试验装置

试验在 CW 电涡流测功机台架上进行, 主要测

试设备有电涡流测功机、燃烧分析仪、打印机、压电式压力传感器、电荷放大器、上止点传感器、进水温度表、出水温度表、润滑油压力表和润滑油温度表等。整个试验系统除上述测试设备外, 还有燃油箱、起动电源、冷却水塔、冷却水进水温度表和冷却水出水温度表等辅助设备。图 1 为试验测试系统示意图^[5-6]。

试验对象为 4 缸直喷式柴油机, 缸径为 105 mm, 行程为 118 mm, 排量为 4.087 L, 标定功率为 76 kW, 标定转速为 3 200 r/min。测试样机装配有全程调速器, 可以通过测功机调整样机转速以及负荷大小, 从而获得稳定的预定测量工况。

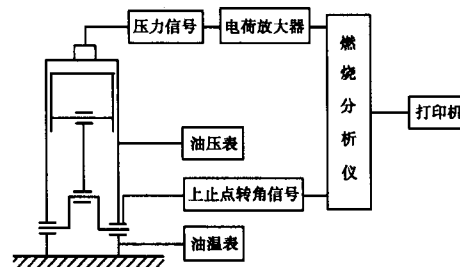


图1 试验测试系统示意图

利用压电式压力传感器测取气缸压力信号, 然后经过电荷放大器放大处理输入到燃烧分析仪。结合上止点传感器传入的曲轴转角信号, 通过燃烧分析仪可以获得气缸内压力随曲轴转角的变化情况。测量结果, 即示功图, 可以通过分析仪专用打印机打印输出。主油道油压测点位于离主油道进油口不远的滤清器出油口处, 油压可以通过耐高温不锈钢压

收稿日期: 2007-11-16; 修回日期: 2008-01-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50575065)

作者简介: 童宝宏(1978—), 男, 安徽省舒城县人, 博士, 主要从事现代机械设计理论与方法、车辆 CAD/CAE 方面的研究; bh_tong@sina.com。

力表测取。在稳定工况下,润滑系统内油温差别不是很大,可以由油底壳内油温来近似表示。本研究通过安装在油底壳内的温度传感器来测量润滑油温度。

1.2 试验因素和水平的选择

为了全面了解多工况下内燃机润滑系统的工作特性,试验中测取了66种工况下的主油道压力变化情况。其中,共选取了11种内燃机转速工况,每种转速下选取了6种负荷工况。试验研究因素和水平如表1所示。

表1 试验研究因素和水平

水平	因素	
	负荷百分比/ %	转速/ $r \cdot \min^{-1}$
1	0	1 200
2	20	1 400
3	40	1 600
4	60	1 800
5	80	2 000
6	100	2 200
7		2 400
8		2 600
9		2 800
10		3 000
11		3 200

1.3 试验步骤

- 1) 在缸盖的合适位置安装压电传感器;
- 2) 在曲轴上止点位置安装上止点传感器;
- 3) 将压电传感器的输出信号线连接到电荷放大器,放大器的信号输出线连接到燃烧分析仪;
- 4) 将上止点信号线连接到燃烧分析仪;
- 5) 将打印机与燃烧分析仪相连接;
- 6) 燃烧分析仪、电荷放大器、打印机通电;
- 7) 内燃机起动,预热;
- 8) 调整内燃机转速和负荷大小,使之稳定运转在预定工况;
- 9) 采集数据,打印输出试验记录,同时记录相应工况下的油温、油压;
- 10) 重复步骤8和9,直至完成所有预定工况下的测试。

2 内燃机载荷的确定

本研究定义内燃机在某一稳定转速下所能承受的最大负荷为100%负荷工况,通过参照此负荷大小可计算得到80%,60%,40%和20%负荷工况下

的内燃机负荷大小。实际测试过程中,内燃机负荷不可能完全为0,在空载的状况下,试验样机负荷最小测量值在 $2.8 \text{ N} \cdot \text{m} \sim 6.1 \text{ N} \cdot \text{m}$ 之间,本研究视此种工况为0%负荷工况。图2为试验样机的负荷—转速特性曲线,由图可以看出66种测量工况点的转速及负荷状况。

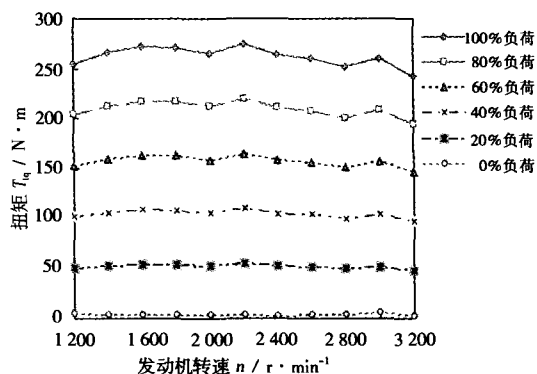


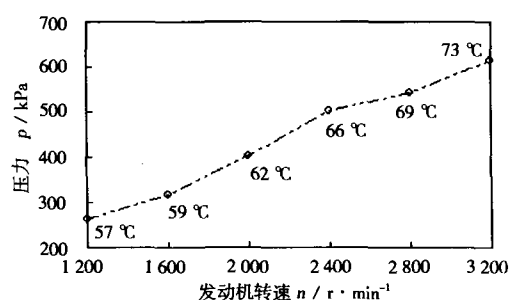
图2 SD4105 柴油机的负荷—转速特性

3 主油道压力特性的试验测试与分析

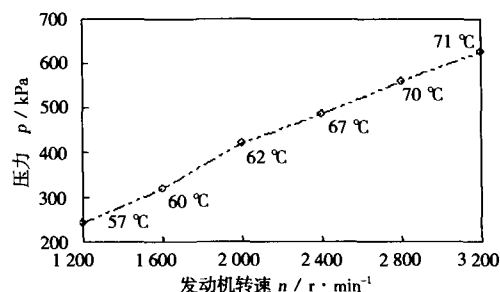
对于结构设计已经确定的内燃机,影响其润滑系统主油道压力特性的主要因素有内燃机转速、内燃机负荷状况和润滑油黏温特性等。结合试验测试结果,重点考察了多工况下内燃机转速、负荷和润滑油温度等因素对润滑系统主油道压力特性的影响。所使用润滑油型号为CD15W/40。

3.1 转速的影响

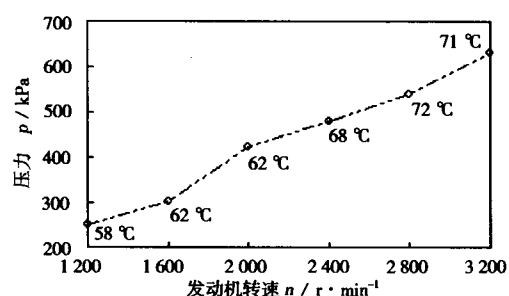
图3示出在6种负荷下,转速变化对主油道压



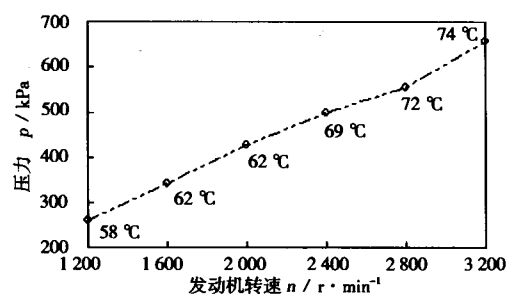
a 100% 负荷



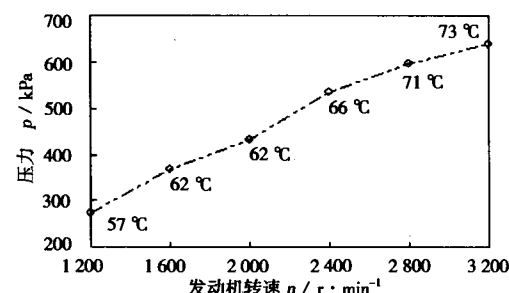
b 80% 负荷



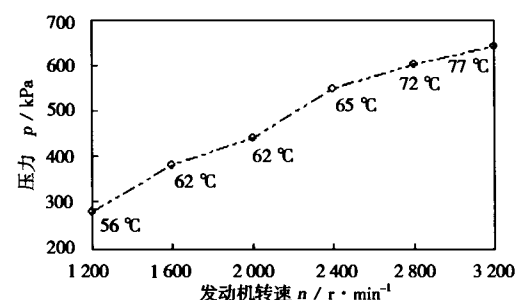
c 60%负荷



d 40%负荷



e 20%负荷



f 0%负荷

图3 主油道压力特性

力特性的影响。由图中可以看出,转速的变化对主油道压力影响十分明显。随着发动机转速的提高,机油泵的转速也同时提高,机油泵泵油量增加,因而使主油道压力升高。试验中的各工况点润滑油油温难以保持一致,所示压力是参照相应试验测试温度给出的。

3.2 负荷的影响

图4示出不同发动机转速下负荷变化对主油道

压力特性的影响。由图4可以看出,负荷大小对内燃机润滑系统主油道压力特性影响不明显。排除润滑油温度差异的影响,通过图中转速为2000 r/min时得到的试验测量结果可以看出,在转速和油温一定的情况下,随着负荷的增加,试验样机润滑系统主油道压力略有下降。这与文献[1]的结论基本一致。

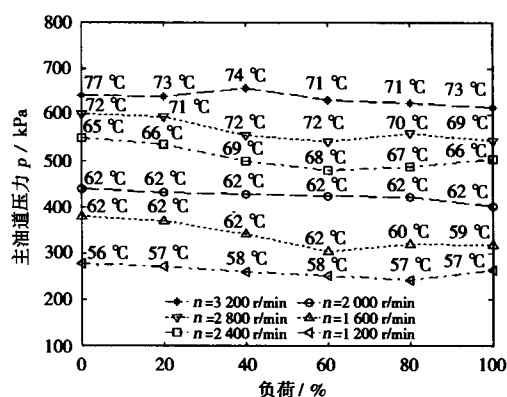


图4 主油道压力特性

3.3 油温的影响

温度对润滑油黏度的影响是非线性的,油温变化对主油道压力的影响也是非线性的(见图5)。

在油温较低而转速较高时(图中 $n=2400$ r/min),机油泵出油压力比较高,安全阀开启,主油道压力维持较高的值而随温度变化不明显。而在较高温度下,主油道压力随着润滑油温度的上升明显减小。通过图中低转速时(图中 $n=1200$ r/min)的压力特性曲线还可以发现,随着温度的升高,主油道压力的变化减缓。这主要是由润滑油黏温特性决定的。

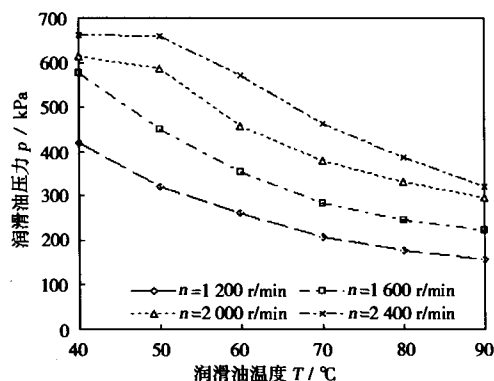


图5 主油道压力特性(0%负荷)

4 结束语

内燃机润滑系统主油道压力特性曲线可以反映

润滑系统各组成液力特性的匹配状况。研究结果表明,转速的变化对主油道压力影响十分明显,油温变化对主油道压力的影响次之并且呈现较强的非线性,而负荷的影响最小。

参考文献:

- [1] 桂长林,杨 杰. 发动机摩擦学设计理论和方法的研究 [R]//机械工业技术发展基金项目研究报告. [出版地不详]:[出版者不详],1999.
- [2] Chun S M. Network analysis of an engine lubrication system[J]. Tribology International, 2003(36):609-617.
- [3] Neu E A, Wade J A, Chu A C. Simulating the lubrication System of a Diesel Engine [C]. SAE Paper 770032, 1977.
- [4] 张健航,储期祯,傅则明. 分析与评价润滑系统的一种方法——用外部特性线法判别故障与匹配状况[J]. 内燃机工程, 1982(4):10-20.
- [5] 黎 苏,张志华,王芝秋. 492Q 汽油机非稳定加速工况下的示功图分析[J]. 内燃机学报, 1999, 17(1):42-46.
- [6] 吴 波,刘建伟. 内燃机示功图测量与分析技术的发展[J]. 山东内燃机, 2000, 63(1):8-13.

Experimental Study on Pressure Characteristic of Main Oil Gallery for ICE

Lubrication System under Various Operating Conditions

TONG Bao-hong¹, GUI Chang-lin², SUN Jun², ZHAO Xiao-yong²

(1. School of Machinery Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China;

2. School of Machinery and Automobile Engineering Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The research method that the pressure of main oil gallery was measured under various operating conditions on an engine was introduced, the characteristics of lubrication system were synthetically analyzed and evaluated with the experimental results, and the influences of load, speed and oil temperature on the pressure characteristic of main oil gallery were researched emphatically. The results showed that the pressure of main oil gallery was evidently influenced by the speed, was secondly and strong nonlinearly influenced by the oil temperature, and was little influenced by the load

Key words: internal combustion engine; lubrication system; pressure characteristic; experimental study

[编辑:王 涛]

(上接第 26 页)

- [4] Yoshiaki Kawamura, Mamoru Shinshi, Hiroshi Sato, et al. MBT control through individual cylinder pressure detection[C]. SAE Paper 881779, 1988.
- [5] Rassweiler G M, Withrow L. Motion picture of engine flames correlated with pressure cards[J]. SAE Transactions, 1938(42):185-204.
- [6] Guoming G. zhu, Chao F. Daniels, James Winkelman. MBT Timing Detection and its Closed-Loop Control Using In Cylinder Pressure Signal[C]. SAE Paper 2003-01-3266.

Study on Optimal Spark Advance Angle of HCNG

Engine Based on Cylinder Pressure

ZHANG Ji-chun¹, LI Xing-hu², YANG Jian-guo²

(1. School of Automobile engineering of Harbin Institute of Technology (Weihai), Weihai 264209, China;

2. Dept. of Automobile Engineering of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: Whether the crank angle corresponding to the second derivative maximum value of net pressure was at top dead center could be used to estimate the optimal spark advance angle. Compared with the minimum advance angle for best torque (MBT), the method that the maximum value was acquired by the second derivative could find accurately the optimal spark advance angle of HCNG engine. It was also found that the optimal spark advance angle should be retarded with the increase of hydrogen blending ratio under the same other conditions.

Key words: CNG engine; net pressure; spark advance angle; hydrogen blending ratio

[编辑:潘丽丽]