

# 某车用国Ⅳ柴油发动机冷却系统验证试验研究

桂树国<sup>1</sup>, 蒋强<sup>1</sup>, 赵超<sup>2</sup>, 刘星<sup>2</sup>

(1. 安徽职业技术学院机械工程系, 合肥 230011; 2. 安徽江淮汽车股份有限公司, 合肥 230022)

**摘要:**为了验证优化设计后达到国Ⅳ排放标准的某型国产 2.8 L 柴油发动机冷却系统整体性能和相关零部件的可靠性和稳定性,在 AVL 公司开发的试验台架上对样机进行了历时八天的有关发动机冷却系统的单个零部件阻尼特性试验、稳态压力分布试验、节温器动态试验以及气蚀试验等,收集整理了试验工况环境下的发动机冷却系统的相关数据,通过直观的性能曲线将试验结果和设计参数进行了对比分析,验证了样机性能的最初设计指标,为发动机优化设计提供了可靠的基础数据。

**关键词:**柴油发动机;冷却系统;优化设计;台架试验

**中图分类号:**U467.2<sup>+1</sup>

**文献标志码:**A

## 引言

随着汽车工业的发展,为满足人们生活的需要,车用发动机的转速和功率不断提高,随之产生的热负荷也越来越大,冷却系统作为发动机的重要组成部分,其主要作用是使发动机总是工作在最佳温度范围内。冷却系统的性能对发动机的动力性、耐久性、经济性、可靠性、稳定性都有很大影响。汽车柴油发动机冷却系统在优化设计时,除要保证发动机自身正常稳定运行时的冷却外,还要保证对发动机的增压器等容易产生高温的部件进行可靠的冷却,实现对发动机的机身表面温度和排气系统零部件温度的有效控制,满足整个系统的要求。

## 1 试验前准备

### 1.1 试验对象基本参数

某型国产柴油发动机主要技术参数:型式:高压共轨直喷、四缸、可变截面增压中冷、直列;缸径×冲程:93×102 mm;额定功率:88 kW;额定转速:3600 r/min;

最大扭矩:250 N·m;最大扭矩点转速:1800~2800 r/min;压缩比:17;排量:2.771 L;升功率:31.8 kW/L;排放水平:国Ⅳ;全负荷最低燃油消耗:208 g/(kW·h)。

### 1.2 实验设备与规格型号

台架控制系统(AVL PUMA);电涡流测功机(Dyno-Road 202/12SL);油耗仪(AVL735);燃油恒温(AVL753);机油恒温(AVL554);水恒温(AVL553);巡检仪(AVL indicom1.5);水流量测量仪(LDG-40);电子秤(Yp2001n);活塞漏气量测量仪(AVL442);防爆轴流通风机(BT35-11);水流量传感器:0~150 L/min。

### 1.3 边界条件

燃料:0#柴油;润滑油:SG 15W-40;冷却液:防冻液;进气系统:整车进气系统;排气系统:整车排气系统;冷却系统:整车冷却系统。

### 1.4 冷却系统设计要求

节温器:双节温器,初开温度 $82 \pm 2$  °C,全开温度 $92$  °C。水泵性能:在水温( $80 \pm 5$  °C)时,水泵转速为 3000 rpm,流量 100 L/min 条件下,扬程应大于 6.5 m;水泵转速 4000 rpm,流量 120 L/min 条件下,扬程应大于 12 m。

收稿日期:2015-11-11

基金项目:安徽省教育厅 2015 年年度省级质量工程教学研究重点项目(2015jyxm552);教育部财政部支持高等职业学校提升专业服务产业发展能力项目(教职成厅函[2011]71号);安徽省教育厅 2015 年年度省级质量工程项目(2015jxt076)

作者简介:桂树国(1977-),男,安徽凤台人,副教授,硕士,主要从事自动化、机械加工、CAD/CAE/CAM 等方面的研究,(E-mail)azygsg@126.com

1.5 主要试验参数

试验主要参数见表 1。

表 1 试验主要参数

参数名称	试验位置	范围
P_TANK_U	膨胀水壶上压力	0 ~ 2 Pa
P_TANK_D	膨胀水壶下压力	0 ~ 2 Pa
P_HEAT_I	暖风机进水压力	-1 ~ 1 Pa
P_HEAT_O	暖风机出水压力	0 ~ 2 Pa
P_COOL_I	散热器进水压力	-1 ~ 1 Pa
P_COOL_O	散热器出水压力	0 ~ 2 Pa
P_PUMP_O	水泵后压力	0 ~ 10 Pa
P_EGRC_I	EGR 进水压力	0 ~ 2 Pa
P_OILC_I	油冷器进水压力	-1 ~ 1 Pa
P_OILC_O	油冷器出水压力	0 ~ 2 Pa
T_THER_I	节温器水温	0 ~ 150 °C
FLOW_VAL	散热器流量	0 ~ 300 L/min
T_COOL_I	散热器进水温度	0 ~ 100 °C
T_COOL_O	散热器出水温度	0 ~ 200 °C
P_PUMP_O	水泵前压力	-1 ~ 1 Pa

1.6 试验现场布置图

试验现场布置图如图 1 所示。

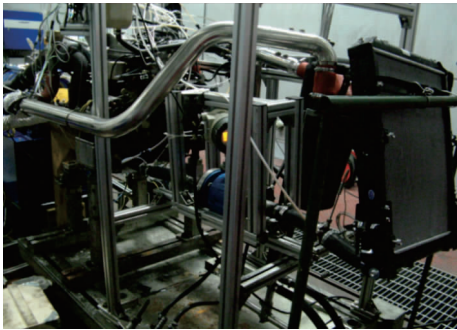


图 1 试验现场布置图

2 试验方案及方法

2.1 零部件阻尼特性试验

测量流量与压力差,以确定各部件压力降与流量的关系式。主要的目的是方便在整车系统条件下,通过测量压力差来计算水的流量。由水泵提供水源,水温为常温,通过调节阀控制水流量的大小,由流量传感器测量系统的流量,压力传感器测量零部件前后的压力值。流量步长视零部件的不同而不同,主要以通过零部件的最大流量为依据,选择最佳的步长,测量流量与压力数据。通过零部件的阻尼特性与压力分布试验,可以得出冷却系统中暖风机、EGR 冷却器、油冷器部件的流量。部件流量/压力差测量示意图如图 2 所示。

2.2 稳态压力分布试验

发动机布置安装整车冷却系统,按照要求布置压力传感器,要求压力传感器的测量的范围要在测量参数的

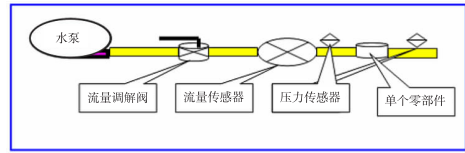


图 2 部件流量/压力差测量示意图

变化范围相当。节温器模拟全开,发动机转速从 1000 rpm 开始,以 200 rpm 为步长,一直到发动机最高额定转速,并要求发动机转速在每个测量工况点稳定以后再测量数据。

2.3 节温器动态试验

发动机布置安装整车冷却系统,节温器处于自然状态,在节温器处布置温度传感器,启动发动机并将转速稳定在 1500 rpm,测量仪器监控并记录节温器处温度与散热器流量数据。

2.4 气蚀试验

发动机布置安装整车冷却系统,试验需要模拟节温器,并且节温器的开度要求大于等于 8 mm。冷却液采用防冻液。向膨胀水壶内加压缩空气,在通向膨胀水箱压力处安装调节压力阀,通过操作压力阀来控制膨胀水箱压力,膨胀水箱口盖需要处于常闭的状态,泄压阀工作在正常状态。当膨胀水箱内部压力达到要求点,记录膨胀水箱的压力和水泵前压力,并且同时记录散热器的流量。

启动发动机,直至发动机达到要求的转速和出水温度,测量膨胀水箱和水泵前压力和流量,逐渐增加膨胀水箱压力,直到散热器的流量达到最大流量的 100%,记录全部试验测量数据,找出发动机最大流量的 97% 的工况点。气蚀试验工况见表 2。

表 2 气蚀试验工况

试验工况	转速/rpm	出水温度/°C
1	3000	84
2	3000	100
3	3000	110
4	3300	84
5	3300	100
6	3300	110
7	3600	84
8	3600	100
9	3600	110

3 试验结果分析

3.1 零部件阻尼特性试验结果

试验测得冷却系统主要部件阻尼特性为:暖风机  $y=0.0762x^2-0.1124x+0.1527$ ; EGR 冷却器  $y=0.0358x^2$

$-0.3667x+6.2183$ ; 机油冷却器  $y=0.0149x^2-0.0344x+2.6481$ 。冷却系统部件阻尼特性如图3所示。

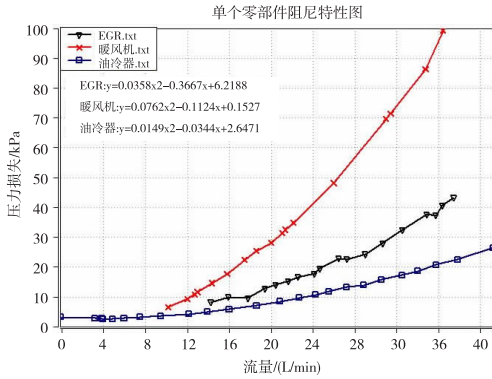


图3 冷却系统部件阻尼特性图

### 3.2 稳态压力分布试验结果

冷却系统稳态压力分布如图4所示。由图4可知,试验测得水泵最大扬程为95.3 kPa,发动机缸体缸盖水套最大压力损失为77.1 kPa,暖风机最大压力损失为30.1 kPa, EGR冷却器最大压力损失为42.2 kPa,机油冷却器最大压力损失为8.4 kPa,散热器最大压力损失为8.5 kPa。

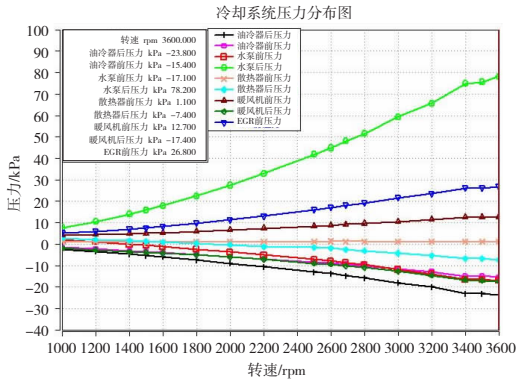


图4 冷却系统稳态压力分布图

根据冷却系统部件的阻尼特性和压力损失分布可以计算出,散热器最大流量为93.7 L/min,机油冷却器最大流量为19.7 L/min,暖风机最大流量为19.8 L/min, EGR冷却器最大流量为32.1 L/min,最大总流量为145.7 L/min。冷却系统稳态流量分布(虚线为计算值,实线为实测值)如图5所示。

### 3.3 节温器动态试验结果

发动机出水温度在85℃时,初次开启的幅度很小,开启后出水温度下降;当出水温度再次达到82℃时,节温器第二次开启,节温器第二次开启后水温再次下降;当出水度达到81℃时,节温器第三次开启,此时加大负荷,使出水温度持续升高,到92℃时,节温器达到全开。节温器动态特性图如图6所示。

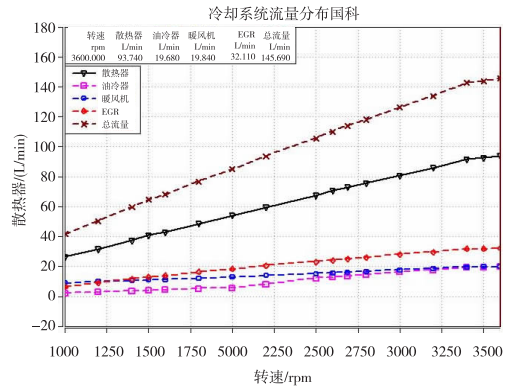


图5 冷却系统稳态流量分布图

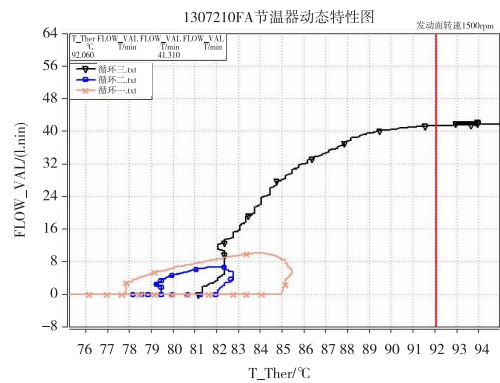


图6 节温器动态特性图

### 3.4 气蚀试验

出水温度84℃时,发动机转速在3600 rpm时,水泵前压力为10 kPa,膨胀水壶压力为33 kPa时不发生气蚀。出水温度为84℃时,气蚀特性图如图7所示。

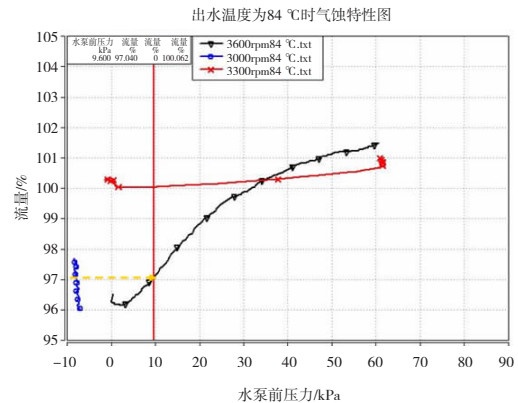


图7 出水温度为84℃时,气蚀特性图

出水温度100℃,转速3600 rpm时,为避免发生气蚀,需要的最大膨胀水壶压力为97.9 kPa。出水温度为100℃时,气蚀特性如图8所示。

出水温度110℃,转速3600 rpm时,为避免发生气蚀,需要的最大膨胀水壶压力为109 kPa。出水温度为110℃时,气蚀特性如图9所示。

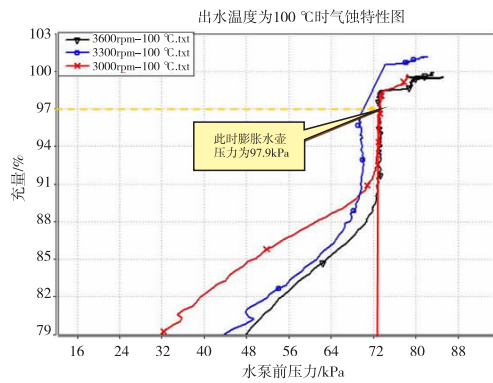


图 8 出水温度为 100 °C 时,气蚀特性图

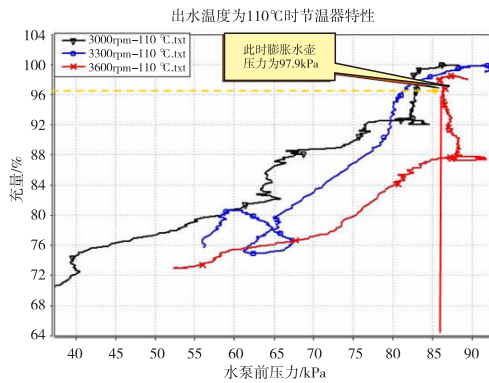


图 9 出水温度为 110 °C 时,气蚀特性图

#### 4 结论与建议

(1) 发动机转速 3600 rpm 时,水泵扬程为 95.3 kPa (约 9.53 m),流量为 145.7 L/min;水泵转速为 3000 rpm

时,扬程为 56.8 kPa (约 5.68 m),流量为 113.9 L/min,满足设计要求。

(2) 发动机运行时,当节温器开启时,出水温度在 81 ~ 82 °C 之间,当出水温度达到 92 °C 时,节温器已全开,满足设计要求(82 ± 2 °C 开启,92 °C 全开)。

(3) 为保证不发生气蚀,冷却系统泄压阀需定义在 110 kPa 及以上。

#### 参考文献:

- [1] 廖明明,林伟键.发动机台架试验浅析[J].装备制造技术,2010(4):167-169.
- [2] 高朝辉.高压共轨柴油机二次预喷射的应用[J].内燃机,2013(3):28-30.
- [3] 韩晓峰,路荣荣,王海宁,等.某欧IV柴油发动机 EGR 冷却系统优化设计[J].内燃机与动力装置,2012(5):27-29.
- [4] 左利忠,曹宇,鞠海平,等.对车用柴油机国IV以上技术路线的思考[J].汽车工程师,2011(10):23-25.
- [5] 黄海燕.汽车发动机试验学教程[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [6] GB/T19055—2003,汽车发动机可靠性试验方法[S].
- [7] GB/T18297—2001,汽车发动机性能试验方法[S].
- [8] QC/T 526-2013,汽车发动机定型试验规程[S].
- [9] GB/T12542-2009,汽车热平衡能力道路试验方法[S].

## Verification Test Study of the Cooling System of a State IV Vehicle Diesel Engine

GUI Shuguo<sup>1</sup>, JIANG Qiang<sup>1</sup>, ZHAO Chao<sup>2</sup>, LIU Xing<sup>2</sup>

(1. Department of Mechanical Engineering, Anhui Vocational and Technical College, Hefei 230011, China;

2. Anhui Jianghuai Automobile Co., Ltd., Hefei 230022, China)

**Abstract:** In order to verify the reliability and stability of the whole performance and related components of the cooling system of a certain type of domestic 2.8 L diesel engine whether to achieve State-IV emission standard after optimum design, a test bench developed by AVL is used to make a verification test on the single components of the engine cooling system of the prototype, including damping characteristics test, the pressure distribution test of steady state, thermostat dynamic test and cavitation test, etc. The test has continued on for 8 days, and some relevant test data have been collected and arranged concerning the engine cooling system under the environment of the test condition. Based on the intuitive performance curve, and through the comparison and analysis of the test result and the design parameters, it is very evident for us to verify the original design index of the prototype performance so as to provide reliable basic data for the optimum design of engines.

**Key words:** diesel engine; cooling system; optimum design; bench test