

发动机电磁离合水泵对整车经济性的影响

孟庆江^{1,2}, 徐京莉^{1,2}, 刘海朋^{1,2}, 张文通^{1,2}, 马海川^{1,2}, 胡清^{1,2}

1. 内燃机可靠性国家重点实验室, 山东 潍坊 261061; 2. 潍柴动力股份有限公司, 山东 潍坊 261061

摘要:为提高发动机燃油经济性,通过试验研究发动机电磁离合水泵在不同工况(城市工况、国道工况、高速工况)下对整车油耗的影响。试验结果表明:电磁离合水泵在全转状态下与普通水泵功耗基本一致,无节油效果;在电控状态下可有效降低整车油耗水平,综合节油率约为 1.12%;在国道工况节油效果最好,在高速工况节油效果次之,在市区工况下基本没有节油效果。本文可为电磁离合水泵的改进和推广应用提供参考。

关键词:电磁离合水泵;经济性;节油率

中图分类号:TK424.211

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2022)04-0076-05

引用格式:孟庆江,徐京莉,刘海朋,等.发动机电磁离合水泵对整车经济性的影响[J].内燃机与动力装置,2022,39(4):76-80.

MENG Qingjiang, XU Jingli, LIU Haipeng, et al. Influence of engine electromagnetic clutch pump on vehicle economy[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2022, 39(4): 76-80.

0 引言

水泵是发动机冷却系统的重要组成部分。随着发动机技术的不断发展,冷却系统不再是以冷却为唯一目的辅助装置,而是一个保证发动机满足排放标准以及经济性、动力性、可靠性、耐久性需求的综合性系统。

目前市场上商用车普遍采用机械水泵作为整车冷却系统的动力源,但机械水泵与发动机曲轴为刚性连接,其转速完全受限于发动机转速,无法实现转速的自动调节,能耗和适应性表现均欠佳^[1-4]。与机械水泵相比,电磁离合水泵可根据水温灵活控制水泵的工作状态,实现快速暖机,有效控制发动机水温,减少水泵的工作时长及附件能量消耗,实现节能减排的目的。目前,电磁离合水泵在国内重型商用车领域应用较少,但国外 MAN、DAF 等发动机已经将其作为标配。为推进汽车节能环保领域的工作,我国对商用车燃油经济性的要求愈加严格,以 3.5~25.0 t 的客车为例,文献[5]规定的三阶段油耗限值比二阶段降低 10.7%~15.2%。商用车厂商面对降低油耗的压力越来越大,进一步研究和开发电磁离合水泵对降低油耗十分重要。

1 整车冷却系统及电磁离合水泵

1.1 整车冷却系统

冷却系统示意图如图 1 所示。当发动机工作时,曲轴皮带轮带动风扇及水泵旋转,水泵将冷却液泵入发动机,对发动机进行冷却;出水管出水终端与节温器连接,节温器的另外两端分别与水泵进水口和冷却液箱进水管相接;冷却液温度由节温器自动调节,将整车水温控制在合适的范围内^[6]。

收稿日期:2021-10-23

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD2000302)

第一作者简介:孟庆江(1984—),男,山东曲阜人,工学硕士,工程师,主要研究方向为发动机相关产品配套及应用开发,E-mail: mengqingj@weichai.com。

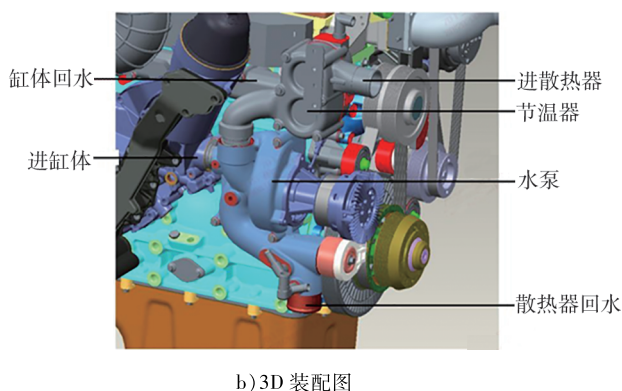
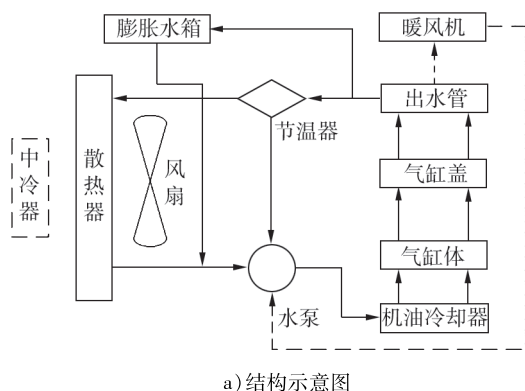


图1 冷却系统示意图

整车冷却液循环分为大、小2个循环。大循环时冷却液经过水箱散热器;小循环时冷却液直接进入水泵进水口,使柴油机迅速升温,达到正常运行所要求的热状态。汽车行驶的迎面风和风扇吸入的风冷却散热器,带走散热水箱的热量,保持发动机处于正常的工作温度^[7-8]。

1.2 电磁离合水泵

某款电磁离合水泵主体结构与普通机械水泵基本一致,主要增加了电磁离合器及其电控插件,如图2所示。该电磁离合水泵可实现两速控制,二速状态与普通机械水泵工作转速一致,一速状态与发动机转速无线性关系,约为二速状态转速的30%~50%。

电磁离合水泵控制系统由电磁水泵需求流量计算、电磁水泵设定转速计算、电磁水泵控制状态计算等模块组成,如图3所示。根据当前柴油机的运行工况采集发动机转速、转矩、喷油量、排气流量、排气温度、进水温度、出水温度等信号作为电磁离合水泵需求流量计算模块的输入,经过计算获得电磁离合水泵的需求流量,然后通过台架标定,获得电磁离合水泵需求流量与电磁离合水泵转速之间的对应关系,得到当前需求流量下的电磁离合水泵设定转速;电磁离合水泵控制状态计算模块根据电磁水泵当前的设定转速判断电磁离合器线圈的通断状态需求,然后输出电磁水泵的挡位选择和驱动控制信号,实现电磁水泵驱动控制^[9-11]。

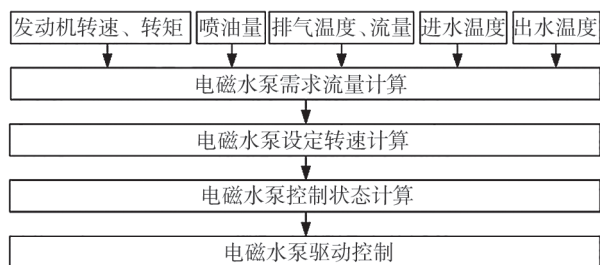
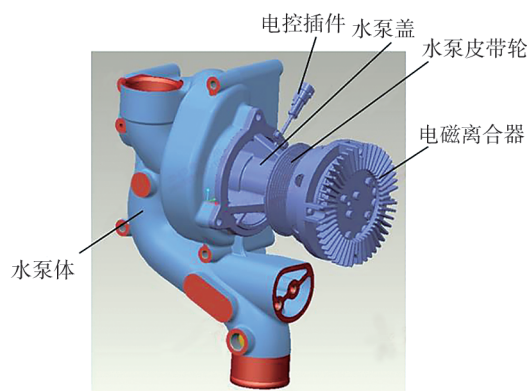


图3 电磁离合水泵控制系统

2 整车经济性试验

通过试验对比分析2种不同状态电磁离合水泵及普通机械水泵对燃油经济性的影响。为避免水泵本身状态的影响,试验用电磁离合水泵,除电磁离合系统外,水泵本体与使用的机械水泵完全一致,安装尺寸完全相同,皮带轮直径、速比均一致,皮带轮一槽距离相同。

2.1 试验设备及样车

试验设备主要有转鼓试验台、数据采集设备。试验用某发动机后置客车样车主要技术参数如表1

所示。

表 1 试验样车参数表

车长/m	质量/t	最大功率/kW	最大功率转速/($r \cdot \min^{-1}$)	最大扭矩/($N \cdot m$)	最大扭矩转速/($r \cdot \min^{-1}$)	排量/L
12	18	276	1900	1800	1000~1400	9.5

2.2 试验方案

2.2.1 试验策划

采用普通机械水泵和电磁离合水泵进行对比试验,采集水泵在全转及电控 2 种不同状态下的发动机油耗,试验策划信息见表 2。共进行 3 轮试验,每轮试验均采用机械节温器,节温器在水温为 82 ℃ 时初开,水温为 92 ℃ 时全开。

表 2 试验策划表

试验序号	试验目的	水泵类型	水泵工作状态
1	测试车辆原始状态油耗水平,作为原始参照	普通机械水泵	全转
2	测试电磁离合水泵全转状态下与普通水泵的差异,验证水泵二速全转是否与普通水泵功耗相同,以排除水泵本体的其他因素对试验结果的影响	电磁离合水泵	全转
3	测试电磁离合水泵在电控策略控制下的油耗水平	电磁离合水泵	电控

2.2.2 试验工况

本次试验采用国内主流整车厂现行工况,分为城市、国道、高速 3 个工况,如图 4 所示,可覆盖国内商用车常规运营工况,共计 2549 s。城市工况模拟国内市区运行工况,平均车速为 26 km/h,该工况下加减速频繁;国道工况模拟国内国道运行工况,平均车速为 50 km/h,常用车速为 65 km/h;高速工况模拟国内高速运行工况,平均车速为 84 km/h,常用车速为 95 km/h;综合工况为城市、国道、高速 3 个工况按照一定比例加权所得,平均车速为 57 km/h。

文献[5]中推荐使用中国重型商用车瞬态循环(adapted world transient vehicle cycle, C-WTVC),是商用车进行油耗认证的标准工作循环,工况具体分布如图 5 所示。相比于 C-WTVC 工况,主流整车厂现行工况更能反映实际路况,其整车试验结论更具有代表性。

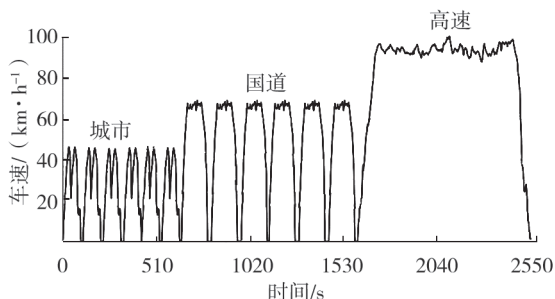


图 4 主流整车厂现行试验工况分布

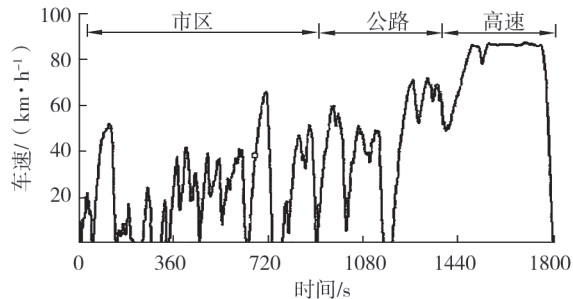


图 5 C-WTVC 工况分布

2.2.3 试验过程控制

为保证试验数据的准确性,需严格控制试验过程。

1) 由同一驾驶员完成 3 轮试验,试验过程中换挡转速控制为 1500 r/min,排除司机驾驶习惯对整车油耗的影响。

2) 每轮试验至少开展 3 组,按照文献[12]的要求对试验路谱和油耗数据进行重复性检验,并对最终油耗结果进行修正。

3) 每轮试验开展之前,进行不低于 50 km 的暖机循环,确保试验前车辆水温不低于 85 ℃,保证整车和转鼓已充分热机。

4) 试验期间,转鼓试验室环境温度保持恒温,温度控制在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$;

5) 转鼓试验需要预先确定与速度无关的常数项阻力系数 A 、与速度一次项有关的阻力系数 B 、与速度二次项有关的阻力系数 C 。通过实车滑行试验得到: $A=713.600\text{ N}$ 、 $B=14.681\text{ N}/(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$ 、 $C=0.054\text{ N}/(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})^2$ 。

3 试验结果分析

试验结束后,计算综合工况油耗。综合工况油耗为城市、国道、高速 3 个工况油耗按照一定比例加权计算得到,加权系数参照文献[12]中 C-WTVC 工况推荐的权重,市区工况、国道工况、高速工况的加权系数分别为 0.1、0.2、0.7。以试验 1 为基准计算试验 2、3 的节油率,节油率分别为试验 1 和试验 2、3 的油耗差与试验 1 油耗的比值。经济性试验与节油率计算结果如表 3 所示。

表 3 经济性试验油耗与节油率计算结果

试验序号	每 100 km 油耗/L				节油率/%			
	市区工况	国道工况	高速工况	综合工况	市区工况	国道工况	高速工况	综合工况
1	35.24	24.08	19.11	21.72	—	—	—	—
2	34.97	24.07	19.13	21.70	0.77	0.03	-0.12	0.06
3	35.25	23.60	18.90	21.47	-0.03	1.98	1.11	1.12

由表 3 可知:1) 相对于试验 1,试验 2 各工况节油率变化不大,说明电磁离合水泵全转状态下与普通水泵功耗基本一致,二者的功率基本一致,水泵本体状态水平一致;2) 相对试验 1,试验 3 节油率变化比较明显,其中国道工况节油率为 1.98%,高速工况节油率为 1.11%,综合工况节油率为 1.12%,市区工况无明显节油效果,表明电磁离合水泵在电控状态下可有效降低整车油耗水平。

4 结论

为提高发动机燃油经济性,通过试验研究发动机电磁离合水泵在城市工况、国道工况、高速工况下对整车油耗的影响。

1) 电磁离合水泵全转状态下与普通水泵功耗基本一致,无节油效果;在电控状态下可有效降低整车油耗水平,综合节油率约为 1.12%。

2) 电磁离合水泵在国道工况(平均车速为 50 km/h)节油效果最好,节油率为 1.98%;在高速工况(平均车速为 84 km/h 左右)节油率约为 1.11%;在市区(平均车速为 26 km/h 左右)没有节油效果。

参考文献:

- [1] 徐继涛. 发动机冷却系的智能控制系统研究[D]. 大连:大连理工大学,2006.
- [2] 肖亮,刘耀华,田文毅,等. 整车热管理技术对节能减排的影响研究[J]. 汽车实用技术,2019(10):154-156.
- [3] 康兴裕. 柴油机智能热管理系统研究[J]. 机电技术,2019(1):52-55.
- [4] 于莹潇,袁兆成,田佳林,等. 现代汽车热管理系统研究进展[J]. 汽车技术,2009(8):1-7.
- [5] 工业和信息化部. 重型商用车辆燃料消耗量限值:GB 30510—2018[S]. 北京:中国标准出版社,2018.
- [6] 韩松. 车用发动机智能冷却系统基础问题研究[D]. 杭州:浙江大学,2012.
- [7] 邓义斌. 基于冷却液温度 MAP 的天然气发动机电控冷却系统研究[D]. 武汉:华中科技大学,2011.
- [8] 曹占龙,蹇波,曾振宇,等. 商用车可变转速电磁离合器水泵研究[J]. 湖北汽车工业学院学报,2018,32(4):41-44.

- [9] 么丽丽,王洪忠,李建文,等. 基于电磁离合器水泵的整车热管理控制策略试验研究[J]. 内燃机与动力装置, 2021, 38(1): 45-49.
- [10] 培松,李剑,萨如拉,等. 基于控制策略的某柴油机电磁离合水泵的开发与验证[J]. 小型内燃机与车辆技术, 2015, 44(6): 49-52.
- [11] 黄永鹏,郑东,杜宇,等. 柴油机电磁水泵控制策略开发及标定验证[J]. 内燃机与配件, 2020(10): 115-116.
- [12] 工业和信息化部. 重型商用车燃料消耗量测量方法: GB/T 27840—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

Influence of engine electromagnetic clutch pump on vehicle economy

MENG Qingjiang^{1,2}, XU Jingli^{1,2}, LIU Haipeng^{1,2}, ZHANG Wentong^{1,2},
MA Haichuan^{1,2}, HU Qing^{1,2}

1. State Key Laboratory of Engine Reliability, Weifang 261061, China; 2. Weichai Power Co., Ltd., Weifang 261061, China

Abstract: In order to improve the fuel economy of the engine, the influences of the electromagnetic clutch pump of the engine on the fuel consumption of the whole vehicle under different working conditions (urban, extra-urban and high-speed) are studied through experiments. The test results show that the power consumption of the electromagnetic clutch pump is basically the same as that of the ordinary pump at full rotation, and there is no fuel saving effect. The electromagnetic clutch water pump can effectively reduce the fuel consumption of the whole vehicle only under the electronic control state, and the comprehensive fuel saving rate is about 1.12%. The electromagnetic clutch pump has the best fuel saving effect in the extra urban condition, followed by the high-speed condition, but has no fuel saving effect in the urban condition. This study can provide reference for the improvement and promotion of electromagnetic clutch pump.

Keywords: electromagnetic clutch pump; economy; fuel saving rate

(责任编辑:郎伟锋)

(上接第 75 页)

Influence of compression clearance on engine performance

YANG Hailong^{1,2}, XIN Xin^{1,2}, YANG Yongchun^{1,2},
LIU Bin^{1,2}, LIU Yang^{1,2}, LIU Bo^{1,2}

1. State Key Laboratory of Engine Reliability, Weifang 261061, China;

2. Engine Research Institute, Weichai Power Co., Ltd., Weifang 261061, China

Abstract: In order to determine the design range of compression clearance of a diesel engine, dimensional chain tolerance analysis, combustion simulation analysis, and bench test verification are carried out. The design range of compression clearance is 1.08~1.32 mm through the dimensional chain tolerance analysis. The combustion simulation analysis results show that the compression clearance is 0.8~1.4 mm, and the changes of NO_x emission, 483 smoke value and fuel consumption rate meet the requirements of performance consistency. The bench test verification results show that the compression clearance is 0.96~1.26 mm, and the changes of NO_x emission, 483 smoke value and fuel consumption rate meet the performance consistency requirements. Based on the above analysis, the design range of engine compression clearance is 0.96~1.26 mm.

Keywords: compression clearance; performance; consistency; tolerance

(责任编辑:郎伟锋)