

# 柴油机节能润滑油的试验研究

周祥军<sup>1</sup>，刘喆<sup>1</sup>，梁辰<sup>2</sup>，朱君君<sup>2</sup>

(1. 东风商用车技术中心，湖北武汉 430000

2. 清华大学苏州汽车研究院(吴江)，江苏苏州 215200)

**摘要** 选定东风龙擎某柴油机，针对不同黏度级别和配方体系的润滑油，在同一台发动机上进行WHTC和C-WTVC循环试验，计算得出循环总体燃油消耗率BSFC。分别对比C-WTVC和WHTC两种循环下，不同配方润滑油的节能效果差异，同时分析了同一种润滑油在不同循环试验下节能效果差异的原因。C-WTVC循环下，节能油较基准油有0.78~1.4%的经济性提升；WHTC循环下，节能油较基准油有1~1.84%的经济性提升。本文也结合了稳态工况下的燃油消耗率差异与反拖功数据对以上结论进行佐证。

**关键词**：柴油机；台架试验；燃油经济性；润滑油

发动机润滑油除了承担润滑作用，还起到了冷却、密封、清洁等作用，是发动机非常重要的一部分。OEM在润滑油的研发上，确保发动机可靠性的前提下，会选择不同性能级别和黏度级别的润滑油，以满足各种使用场合的需求。

随着日益严峻的碳排放问题及油耗法规，OEM在选择润滑油时，其节能性能就成了一个考核指标。在欧美市场，降低润滑油黏度已经成为趋势，已有量产重型柴油机应用0W-20黏度润滑油。

本文根据OEM自身设计需求，使用15W-40作为基准油，对比了5W-30、10W-30两种不同级别的润滑油节能效果差异。

## 1 试验硬件概述

### 1.1 试验发动机

试验使用东风商用车自主开发的龙擎重型柴油机，技术参数见表1。

表1 发动机技术参数

型式	直列六缸、四气门、高压共轨、增压中冷、冷却EGR
缸径/冲程	110mm/132mm
排量	7.52L
额定功率	246kW @ 2300r/min
发火顺序	1-5-3-6-2-4
排放法规	国6b

### 1.2 试验台架

试验使用HORIBA台架及相关测试设备。测功机型号HD460，油耗仪型号FQ2100，控制软件版本STARS v1.8。另配有进气空调和试验间全室空调，4路循环

水和2路冷冻水，供给换热系统。试验台架布置示意图如图1，台架照片见图2。

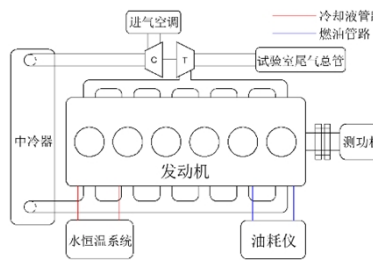


图1 试验台架布置

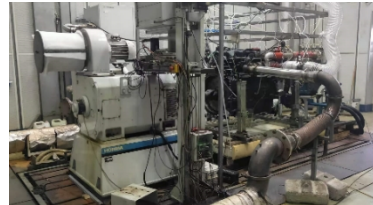


图2 试验台架照片

## 2 试验用油

试验选取3种不同黏度级别的润滑油，1号油作为基准油，2号、3号油为被考核的节能油。试验油信息见表2。

表2 试验油信息

试验油品	质量级别	黏度级别	KV40/(mm <sup>2</sup> /s)	KV100/(mm <sup>2</sup> /s)	HTHS/(mPa·s)
1	CK-4	15W-40	113.4	14.8	4.2
2	FA-4	5W-30	56.9	9.8	3.0
3	CK-4	10W-30	79.0	11.7	3.5

## 3 试验方法

### 3.1 试验工况介绍

**作者简介**：周祥军（1976—），男，硕士研究生，正高级工程师，研究方向：动力总成冷却润滑系统设计开发等。  
E-mail: zhouxianjun@dfcv.com.cn

### 3.1.1 C-WTVC循环

C-WTVC<sup>[1]</sup> (Adapted World Transient Vehicle Cycle) 循环是以世界重型商用车瞬态循环 (WTVC, World Transient Vehicle Cycle) 为基础, 调整加速度和减速度形成的驾驶循环。C-WTVC循环由市区、公路和高速工况组成, 见图3。C-WTVC循环详细信息见表3。

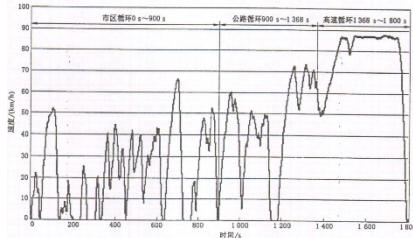


图3 重型商用车C-WTVC循环曲线

表3 重型商用车C-WTVC循环数据统计特征

工况	市区部分	公路部分	高速部分	循环合计
运行时间/s	900	468	432	1800
怠速时间/s	150	30	6	186
运行距离/km	5.730	5.687	9.093	20.510
最高速度/(km/h)	66.2	73.5	87.8	87.8
平均速度/(km/h)	22.89	43.74	75.77	40.99
最大加速度/(m/s <sup>2</sup> )	0.917	0.833	0.389	0.917
里程比例/%	27.94	27.73	44.33	100.00

### 3.1.2 WHTC循环

WHTC<sup>[2]</sup> (World Harmonized Transient Cycle) 循环包括一组逐秒变换的转速和扭矩的规范百分值, 见图4。为了在发动机试验台上进行试验, 根据试验发动机的瞬态性能曲线将百分值转化成实际值, 以形成基准循环。

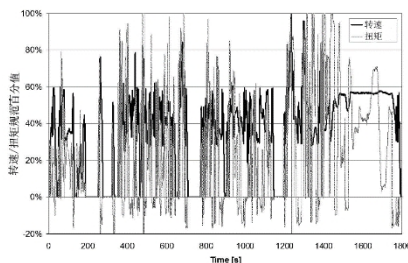


图4 WHTC试验循环

## 3.2 试验方案

使用台架试验验证不同循环下, 不同润滑油燃油消耗率差异并分析。试验选取C-WTVC和WHTC两种瞬态循环。由于C-WTVC循环为整车转股测试, 需通过INCA读取整车C-WTVC试验过程ECU数据, 将时间-

转速-扭矩平行移植到台架自动控制程序中。

试验过程中控制发动机的边界条件, 使得每一次循环的起始状态和换热器效率一致。

$$\text{循环BSFC计算方法为: } \frac{\sum \text{点采燃油消耗量 (g/h)}}{\sum \text{点采功率 (kW)}}$$

试验具体方案如下:

(1) 油样按照1-2-1-3-1顺序进行试验, 分别进行C-WTVC和WHTC循环, 切换油样需对发动机进行内部冲洗;

(2) 润滑油加注以质量为基准;

(3) 每个循环开始前对发动机状态及外部换热器换热效率进行标定。

(4) 每个油样测试3个循环, 计算该3次循环BSFC的变异系数COV,  $COV \leq 0.3\%$ 判定该轮测试有效, 并取3次循环BSFC平均值作为最终结果。

(5) 台架数据采样频率1Hz。

## 4 试验结果及分析

### 4.1 C-WTVC循环

C-WTVC循环下, 3个试验油的BSFC和COV数据见表4。BSFC图表对比见图5。油样2较油样1有1.4%的燃油经济性提升率, 油样3较油样1有0.78%的燃油经济性提升率。

表4 C-WTVC循环测试结果

测试油样	1	2	1	3	1
BSFC/(g/kW·h)	213.99	210.85	214.01	212.23	213.95
COV/%	0.04	0.01	0.03	0.04	0.05

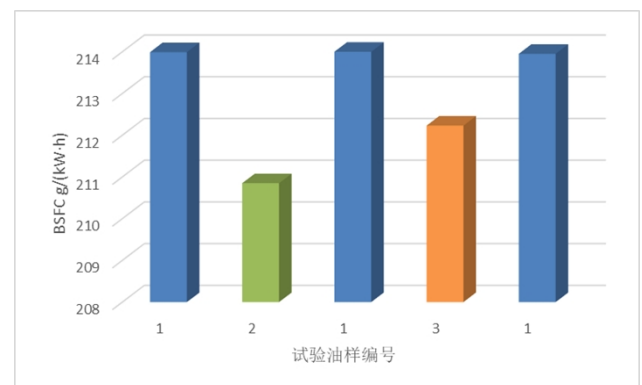


图5 C-WTVC循环BSFC对比

### 4.2 WHTC循环

WHTC循环下, 3个试验油的BSFC和COV数据见表5。BSFC图表对比见图6。油样2较油样1有1.84%的燃油经济性提升率, 油样3较油样1有1.00%的燃油经济性提升率。

表5 WHTC循环测试结果

测试油样	1	2	1	3	1
BSFC/ (g/kW·h)	228.67	224.54	228.72	226.49	228.70
COV/%	0.06	0.02	0.01	0.06	0.07

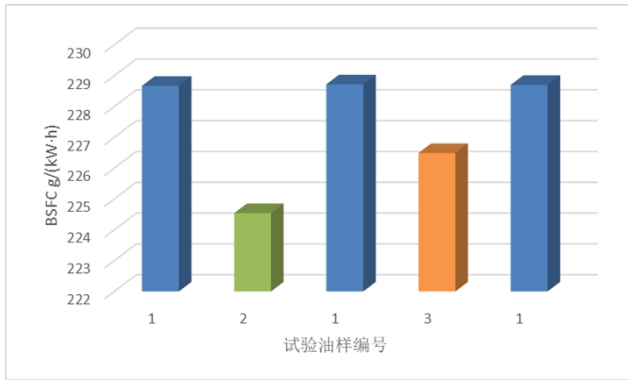


图6 WHTC循环BSFC对比

#### 4.3 C-WTVC与WHTC循环油耗差异

C-WTVC与WHTC循环对比见表6，在发动机循环初始边界条件一致及换热器效率一致的前提下，循环工况及总循环功的差异导致了循环BSFC的差异，也影响了同油样不同循环下节油率的差异。

表6 C-WTVC与WHTC循环对比

	C-WTVC	WHTC
行驶时间/s	1800	1800
最高转速 / (r/min)	1990.03	2165.85
平均转速 / (r/min)	1253.67	1231.04
怠速占比 / %	0.60%	13.90%
最大扭矩 / (Nm)	1371.79	1293.52
平均扭矩 / (Nm)	483.04	305.4
循环功 / (Kw)	123732	81774

## 5 结论

通过合理的边界条件控制和试验工况的选择，可以通过台架试验的方式对润滑油的节能性能进行评价。不同的试验工况下，相同润滑油提供的节能效果有差异，但是规律一致。C-WTVC循环下，节能油较基准油有0.78~1.4%的经济性提升；WHTC循环下，节能油较基准油有1~1.84%的经济性提升。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T27840-2011 重型商用车辆燃料消耗量测量方法.
- [2] GB 17691-2018 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）.