

柴油机燃用乳化油燃烧特性分析

林继淦 唐 蓓

(中国农业大学)

提 要 在进行内燃机台架性能试验时,应用AVL 657多通道发动机分析仪,同步测量柴油机的示功图和高压油管压力的变化,并通过示功图的分析 and 放热率的计算,对柴油机燃用乳化油和纯柴油时的燃烧特性进行定量的对比和分析,进一步探索柴油机燃用乳化油时的燃烧特点和调整方向。

关键词 内燃机 示功图 放热率

Combustion Specific Properties of Emulsified Oil as Diesel Engine Fuel

Lin Jigang Tang Bei

(China Agricultural University, Beijing)

Abstract Using advanced AVL 657 multichannel engine analyzer in engine performance test, a synchronous measurement of diesel engine indicator diagram and pressure variation of the high pressure oil pipe was carried out. With analysis of the indicator diagram and computation of heat release rate, the quantitative comparison between the combustion specific properties of diesel and those of emulsified oil as diesel engine fuel was given in the paper. Furthermore, the emulsified oil combustion specific properties and adjustment were discussed.

Key words Internal combustion engine Indicator diagram Heat release rate

1 引 言

世界石油储量的日益减少,引起了世界各国对新能源开发的重视,在发动机上燃用代用燃料和乳化油的趋势也在加速。多年来国内有关发动机燃用乳化油的研究多以台架性能对比试验为手段,以所测性能指标和运行状况来判断燃烧的质量。为了获得发动机燃用乳化油时气缸内部燃烧进行情况的数据,作者应用AVL 657十六通道发动机数据采集与分析系统,在发动机性能试验的同时,同步测量不同工况下发动机燃用乳化油和纯柴油的示功图和高压油管喷嘴端的压力变化,并通过示功图分析和放热规律的计算,对柴油机燃用乳化油和纯柴油时的燃烧过程,尤其是对放热规律的三要素-开始燃烧时刻、放热规律曲线形状和燃烧持续时间,进行定量的对比和分析,并配合台架性能试验,进一步探索柴油机燃用乳化油时的燃烧特点。

收稿日期: 1996-06-01

林继淦, 副教授, 北京市海淀区清华东路 中国农业大学(东校区)内燃机教研室, 100083

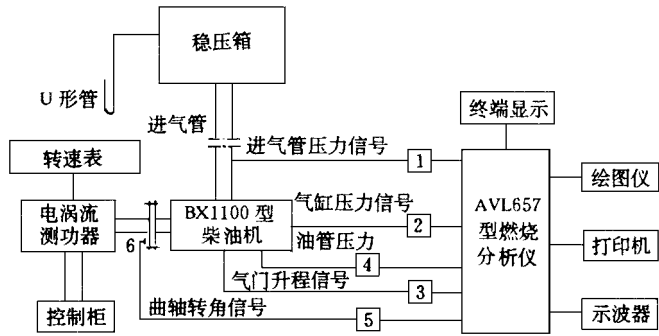
© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

2 测试装置与试验方案

2.1 测试装置

测试系统的布置如图 1 所示,分为 AVL 657 发动机数据采集与分析系统和发动机台架试验设备两个部分。

AVL 657 系统每 8 个通道的最高采样频率为 500 kHz,用分辨率为 0.1 度的光电曲轴转角信号发生器进行采样和标记上止点信号。使用 8QP 505ca 压电传感器,无通道直接测取燃烧室压力,用 7QP 2500 a 压电传感器测取高压油管喷嘴端压力,用 425 电感式传感器测取喷嘴针阀升程。



1、2 石英压电传感器 3 气门升程传感器 4 传感器
5 脉冲倍频器 6 360 C/600 曲轴转角标识器

图 1 测量系统示意图

高压油管喷嘴端压力,用 425 电感式传感器测取喷嘴针阀升程。台架试验采用 K195QL 型柴油机,加载设备为 CW - 37 电涡流测功器,试验按照国标“GB 1105- 87 内燃机台架性能试验方法”进行。

2.2 试验方案

乳化油的配比为:柴油 水 乳化剂为 80 20 1(按质量计)。进行多组不同工况下柴油机燃用 0 号纯柴油和乳化油的测试,在进行台架性能试验的同时,同步测录不同工况燃烧室的示功图,以进行对比分析。

3 燃烧放热规律计算

3.1 基本公式^[1]

$$Q_b = Q + Q_w = \Delta U + w + Q_w \quad (1)$$

$$\begin{aligned} dQ_b/d\varphi &= dQ/d\varphi + dQ_w/d\varphi = d(mu)/d\varphi + p dV/d\varphi + dQ_w/d\varphi \\ &= (Kp dV/d\varphi + V dp/d\varphi)/(K - 1) - pV/(K - 1)^2 \cdot dK/d\varphi + dQ_w/d\varphi \end{aligned} \quad (2)$$

要用上式进行计算,还需确定公式等号右边各项的计算公式

$$p = f(\varphi) \text{ 和 } dp/d\varphi = f_1(\varphi)$$

示功图经 100 个循环的平均化处理和光顺处理。用“五点公式”等步长由 p 求 $dp/d\varphi$

$$V = f_2(\varphi) \text{ 和 } dV/d\varphi = f_3(\varphi) \text{ 由曲柄连杆机构运动学确定。}$$

$$dQ_w/d\varphi = f_4(\varphi) \text{ 由经验公式计算。}$$

$$K = f_5(\varphi) \text{ 和 } dK/d\varphi = f_6(\varphi) \quad K = f_5(T, a, x), \text{ 由半经验公式计算。}$$

式中 Q_b —— 燃料燃烧放出的热量, J; Q —— 工质吸收的热量, J; Q_w —— 传给气缸壁的热量, J; ΔU —— 工质内能的变化, J; w —— 工质对活塞所作的功, J; φ ——

曲轴转角, ($^{\circ}$); m —— 工质的质量, kg; u —— 工质的比内能, J/kg; p —— 气缸中工质的压力, Pa; V —— 气缸容积, m^3 ; K —— 绝热指数; T —— 气缸中工质的温度, K; α —— 瞬时过量空气系数; x —— 燃料燃烧的百分比。

3.2 计算中数据的光顺^[2]

实测的示功图如图 2 (50% 负荷工况) 所示。因实测示功图存在测录的偏差等原因, 将造成计算出的放热规律曲线 $dQ_B/dQ_2 f_1(\varphi)$ 出现跳动。本文采取对输入的基本原始数据即图 2 的气缸压力变化数据进行光顺处理。光顺的方法采用“七点公式”三次光顺, 因光顺的效果良好, 对放热规律的计算结果不再进行光顺处理, 如图 3 所示。图 4 为压力升高率 $dp/dQ_2 f_1(\varphi)$ 图, 图 5 为高压油管压力图。

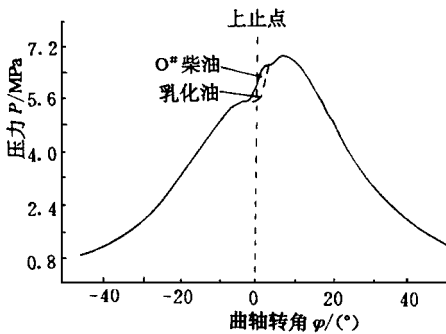


图 2 50% 负荷工况示功图

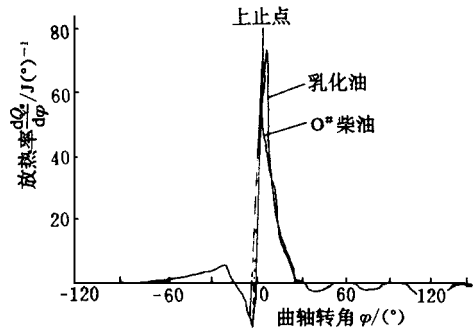


图 3 放热规律图

3.3 计算步长的选择

为了使计算的放热规律在燃烧初期燃烧放热速率跟得上实际燃烧放热速率的变化速度, 而同时又不致在燃烧后期造成过度的离散跳跃, 本计算步长取 1 曲轴转角。

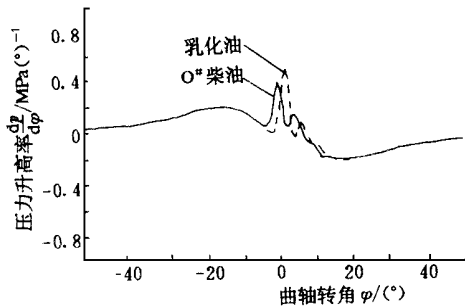


图 4 压力升高率 $dp/dQ_2 f_1(\varphi)$ 图

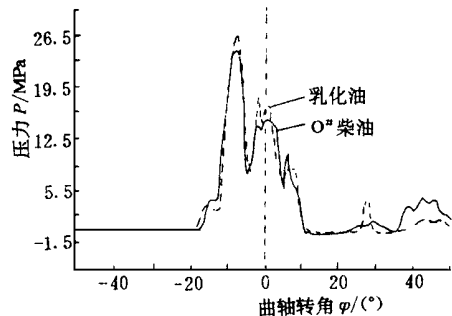


图 5 油管压力图

4 计算结果对比分析

比较燃用 0 号纯柴油和乳化油的放热规律图形, 可以明显看出 (以 50% 负荷工况为例):

- 1) 开始放热时刻: 燃用 0 号纯柴油时, 开始放热时刻在上止点前 3° ; 燃用乳化油时则

在上止点前 1° ；滞后了 2° 。上止点前、后度数均指曲轴转角，以下同。

2) 放热持续时间: 燃用 0 号纯柴油时, 放热率在上止点后 34° 为 0, 放热持续时间为 37° ; 燃用乳化油时放热率在上止点后 32° 为 0, 放热延续时间为 33° 。这说明燃用乳化油时燃烧持续时间反比燃用纯柴油时缩短了 4 曲轴转角, 很明显这是因燃烧速度增大所致。

3) 放热规律曲线形状: 燃用 0 号纯柴油时, 放热初期, 放热率很快上升, 在上止点后 1° 达到最大值, 最大放热率为 50.65 J/deg , 放热至 34° 结束; 燃用乳化油时放热初期放热率急剧上升, 在上止点后 3° 达到最大值, 最大放热率为 75.19 J/deg , 放热至 32° 结束, 其最大放热率比燃用纯柴油时高 48%, 放热规律曲线也明显显示出陡峭的特点。

4) 着火延迟期: 从放热规律图可知, 燃用乳化油时着火延迟期增大了 2 曲轴转角, 这使着火前形成的可燃混合气增多, 造成燃烧初期压力急剧上升。由所测示功图算出的压力升高率 $dp/d\varphi$ 表明, 燃用乳化油时的 $(dp/d\varphi)_{\max} = 5.8 \text{ kPa/}^\circ$ 曲轴转角, 而用纯柴油时的 $(dp/d\varphi)_{\max} = 4.3 \text{ kPa/}^\circ$; 如图 4 所示。燃用乳化油时的 $(dp/d\varphi)_{\max}$ 增大了 35%, 这必然造成了燃烧噪声的增大和发动机工作的粗暴。

不同工况的示功图计算所得的上述结果十分相似, 因篇幅所限不一列出。

5 结 论

1) 燃用乳化油时, 因燃烧速度增大而缩短了燃烧延续时间, 使燃烧能集中在上止点附近燃烧放热, 因此提高了循环的热效率; 排气温度和烟度也较明显下降, 如图 6 所示。

2) 燃用乳化油时, 因着火延迟期增加, 导致燃烧初期压力的急剧上升, $dp/d\varphi$ 的增大造成了燃烧噪声的增大和发动机工作的粗暴。如再增大喷油提前角, 必将造成更大的燃烧噪声。

参 考 文 献

- 1 蒋德明 内燃机原理 北京: 机械工业出版社, 1990 192~ 193, 192~ 194
- 2 顾宏中 柴油机工作过程 北京: 国防工业出版社, 1987. 15~ 16, 32~ 33

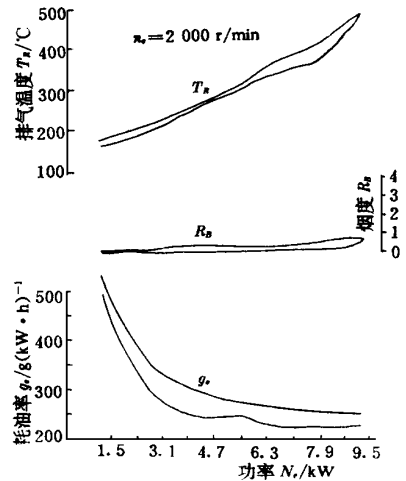


图 6 负荷特性图