

FMEP 对某 TGDI 发动机油耗的影响

拓海东 贺翀 杨文乐 康艳伟
海马汽车有限公司

摘要: FMEP 是发动机的重要参数, 对发动机的性能有很大影响。本文利用 GT-SUITE 建立发动机模型, 计算不同 FMEP 下发动机的油耗, 同时进行试验验证。结果显示, FMEP 对发动机的油耗影响很大。

关键词: FMEP 发动机 燃油消耗率 GT-SUITE 试验

ABSTRACT: FMEP is an important parameter of the engine, which extremely influences the engine performance. The engine model was established by GT-SUITE in this paper, which was calculated the FMEP influence of the engine fuel consumption. Based on the simulation results, we tested the engine on the bench. The results showed that the FMEP has a great influence on the engine fuel consumption.

Key words: FMEP Engine BSFC GT-SUITE Experiment

1 概述

FMEP 是发动机的重要参数, FMEP 的大小对发动机的性能有很大影响。本文是以公司某款增压直喷发动机为基础, 首先通过 GT-SUITE 建立发动机模型, 然后在此模型的基础上, 通过调整 FMEP 的大小, 来计算 FMEP 对发动机油耗的影响, 而后在台架上进行了试验验证。通过此次分析, 得到 FMEP 对发动机油耗的影响规律, 为后续发动机减小摩擦、降低油耗提供理论基础。

2 基本理论

GT-power 是基于二维气体动力学原理, 在管路和其相关模块中以流动和传热理论为基础, 在特殊模块中应用液体流动和传热能力分析理论。流动模型同时包括连续方程、动量方程和能量方程。

GT-power 软件关于管路内流动及传热的计算原理: 采用有限容积法进行一维 N-S 方程的求解。求解关于 X 与时间 T 上的结果, 并能自动根据流体流动的状态进行时间步长的调整。

相关原理及方程如下:

$$\text{连续方程: } \frac{dm}{dt} = \sum m_{fx}$$

$$\text{能量方程: } \frac{d(me)}{dt} = \sum(m_{fx} \bullet H) + p \frac{dV}{dt} - hA_s(T_{fluid} - T_{wall})$$

$$\text{焓方程: } \frac{d(\rho HV)}{dt} = \sum(m_{fx} \bullet H) + V \frac{dp}{dt} - hA_s(T_{fluid} - T_{wall})$$

$$\text{动量方程: } \frac{d(m_{fx})}{dt} = \frac{dpA + \sum(m_{fx} \bullet u) - 4C_f \frac{\rho u^2}{2} \frac{dxA}{D} - C_p(\frac{1}{2} \rho u^2)A}{dx}$$

式中, mfl : 边界处的质量流量, $mflx = \rho Au$;

m : 单位体积的质量;

V : 体积;

p : 压力;

ρ : 密度;

A : 流通截面积;

A_s : 热传递表面积;

h : 热传递系数;

e : 单位质量总内能 (等于内能加动能);

H : 总焓, $H = e + \frac{p}{\rho}$

T_{fluid} : 流体温度;

T_{wall} : 壁面温度;

u : 边界处流速;

C_f : 表面摩擦系数;

C_p : 压力损失系数;

D : 当量直径。

建立气缸内的燃烧及热力学模型时, 有如下几个假设:

- (1) 气缸中的工质是均匀的, 它是由纯粹的空气和燃烧废气组成, 用过量空气系数表示这种关系;
- (2) 整个系统内, 工质的状态不受空间的影响, 仅随时间的变化, 也就是符合定常、准稳态过程;
- (3) 不考虑气体在高温时的离散作用。

3 模型建立

3.1 发动机参数

表 1 发动机参数表

参数	数值	单位
缸数	3	—
排列方式	InLine	—
进气方式	增压中冷	—
点火顺序	1-2-3	—
燃油喷射方式	缸内直喷	—
排量	1.0	L
升功率	>85	kW/L
升扭矩	>175	Nm/L
燃料类型	92#汽油	—

3.2 边界条件

环境边界条件按照标准大气压下输入, 即压力 1.013bar, 温度 25℃。

节气门流量系数的选取：通过流体分析得到流量系数。进排气道的流量系数采用 CFD 分析后得到的流量系数直接输入。

发动机的摩擦损失、空燃比和排气背压，基于试验数值输入。

中冷的温降和压降基于发动机的试验数据，在模型中采用两个 PID 控制器控制中冷前后的压降和温降。

缸内燃烧数据是基于试验数据得到的放热率曲线，缸内气体与缸壁的传热模型采用半经验半理论的 Woshni 模型。

3.3 模型建立

根据提供的主要参数及边界条件，建立发动机模型如下图 1 所示。

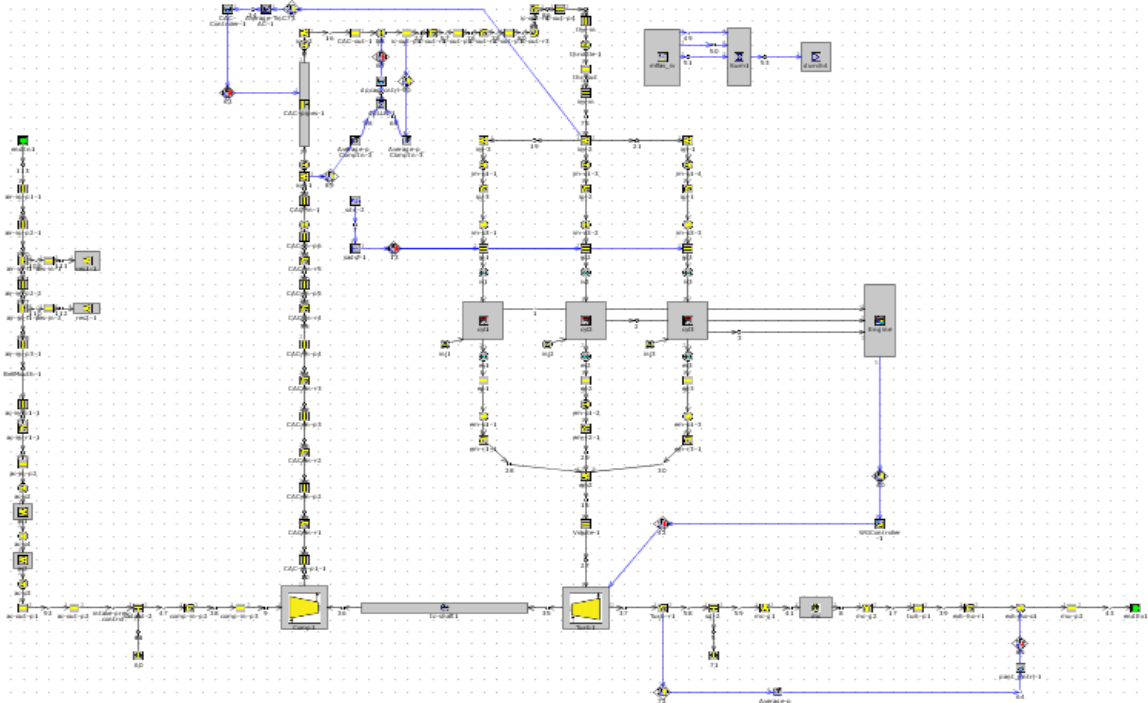


图 1 发动机模型

4 计算结果

本次主要研究不同的 FMEP 对发动机部分负荷油耗的影响。此次计算的是发动机典型部分负荷工况。首先计算发动机在此部分负荷下的油耗，然后改变 FMEP 的数值，再次计算此工况下的发动机燃油消耗率，得到 FMEP 对发动机典型部分负荷油耗的影响规律。主要计算结果如下表 2 所示。

表 2 FMEP 对发动机部分负荷油耗影响的计算结果

FMEP (bar)	部分负荷油耗计算值 (g/kWh)
0.8	X
0.9	X+11
1.0	X+22

由上表看出在一定范围内, FMEP 每增加 0.1bar, 此部分负荷油耗升高大约 11g/kWh, 换言之 FMEP 每降低 0.01bar, 此部分负荷油耗降低大约 1g/kWh。FMEP 对部分负荷燃油消耗影响非常大。

5 试验验证

基于以上计算模型, 在试验室通过对同一台发动机的摩擦功进行调整(主要是降低摩擦功), 来实现不同的摩擦功对发动机油耗的影响。降低摩擦功所采用的主要手段包括低张力活塞环、DLC 挺柱、活塞组件涂层等, 测试所用为进口 AVL 性能台架, 如下图 2 所示。

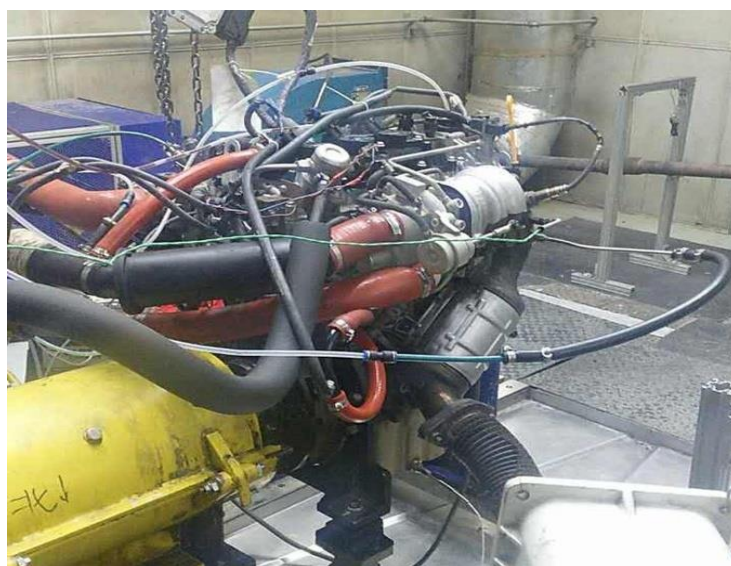


图 2 台架测试

试验所用发动机的初始 FMEP 值为 0.98bar, 经过采用减摩擦技术后, FMEP 值为 0.78bar。主要计算结果如下表 3 所示。

表 3 试验测试结果

FMEP (bar)	部分负荷油耗试验值 (g/kWh)
0.98	Y
0.78	Y-21

由上表看出试验结果和计算结果是很接近的, 且趋势也是一样的。FMEP 每减小 0.01bar, 此部分负荷油耗降低大约 1g/kWh。FMEP 对部分负荷燃油消耗影响非常大。而整车在市区工

况下，经常运行在小负荷工况下，故降低 FMEP 也是整车节能减排的主要手段。

6 结论

1 运用 GT-SUITE 建立发动机模型，计算结果满足实际工程的需要，可以为后续发动机性能分析提供参考；

2 FMEP 对发动机的部分负荷油耗影响很大；

3 FMEP 每减小 0.01bar, 此部分负荷油耗降低大约 1g/kWh。

7 参考文献

- [1] 周龙宝，高宗英. 内燃机学. 北京：机械工业出版社，2005.
- [2] 陈家瑞. 汽车构造. 北京：机械工业出版社，2005.
- [3] Gamma Technologies. GT-SUITE. Control tutorials, 2009.