

# 某四缸汽油机润滑系统仿真分析

## Lubrication system simulation in one 4-cyl gasoline engine

王杨<sup>[1,2]</sup>, 赵铮<sup>[1,2]</sup>, 石超<sup>[1,2]</sup>

长城汽车股份有限公司技术中心, 河北保定市 071000

河北省汽车工程技术研究中心, 河北保定市 071000

**摘 要:** 润滑系统是发动机的重要系统之一, 其工作性能的好坏决定了发动机的使用寿命及工作可靠性, 因此对其进行深入、细致的分析和研究具有重要的意义。本文采用 GT 建立某四缸汽油机润滑系统, 并计算稳态和 NEDC 循环工况下的压力与流量分布, 从而预测此发动机润滑系统的合理性与可靠性。

**关键词:** 润滑系统 GT 稳态 NEDC 压力和流量分布

**Abstract:** Lubrication system is one of the important systems in engine, it determines the life and reliability of engine. So it is important to study lubrication system. This paper builds the lubrication system model of one 4-cyl gasoline engine and calculates its pressure and flow distribution. We can estimate the simulation system of this engine.

**Key words:** lubrication system GT steady NEDC pressure and flow distribution

## 1 前言

润滑系统是发动机的重要系统之一, 其主要功能是供给内燃机运动摩擦副适当压力和流量的润滑油, 保证良好的润滑和清洁磨粒的作用。它的工作性能的好坏决定了发动机的使用寿命及工作可靠性, 因此对其进行深入、细致的分析和研究具有重要的意义。

发动机设计过程中, 润滑系统各零部件均通过经验进行设计和选定, 如果要将这些零部件组合到一起, 即对整个润滑系统进行分析, 就必须通过仿真计算方法来进行, 仿真计算不仅可以有效节约开发成本, 而且大大缩短了开发周期。

仿真分析包括稳态与瞬态分析。其中, 稳态分析可以得到各稳定工况下的压力与流量分布, 用于判断怠速或极限工况的润滑系统可靠性, 而瞬态计算则可以考虑连续可变转速和载荷工况下的压力与流量分布, 结果可显示实际驾驶循环过程中压力与流量的分布情况, 因此对于实际

驾驶过程来说，瞬态分析更有意义，更能准确判断出发动机润滑系统随工况变化的响应速度等特性。

## 2 轴承泄油量计算

发动机轴承是发动机长期可靠运转的关键部分之一，且轴承泄油量占整个润滑系统泄油量的一半以上，所以在建立润滑系统模型时，轴承泄油量的准确性就显得尤为重要。尤其是在瞬态仿真计算过程中，轴承泄油量随转速、油压、油温的变化而变化，其计算方法的准确性显得更加重要。

本文通过对 1D 计算结果与 3D 计算结果进行对比，来保证轴承泄油量的相对准确性。其中 1D 模型采用 GT 建立，3D 模型采用某 3D 软件建立，二者采用统一的几何参数和计算边界。其中，轴承间隙均采用名义间隙，油压、油温均根据润滑试验数据给定。

表 1 轴承参数及计算边界

主轴承间隙 (mm)	连杆轴承间隙 (mm)	机油类型	机油温度
0.022-0.044	0.022-0.044	5W-40	120℃

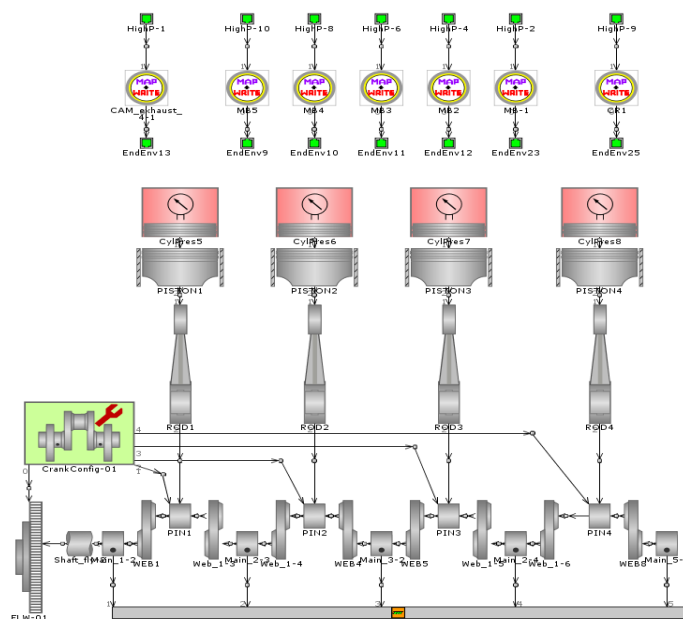


图 1 GT 轴承泄油量计算模型

由于 1D 与 3D 计算存在一定的差异，某些影响因素和轴承几何参数在 1D 模型中不能完全体现，故计算结果存在一定的差异，计算完成后，还需要通过系数对 1D 结果进行一定的修正，并将修正后的结果与 3D 结果进行对比，当然此修正过程也可通过调节轴承间隙比例来实现，只要保证此处的修正方法与后期进行轴承泄油量 map 计算过程中的方法一致即可。

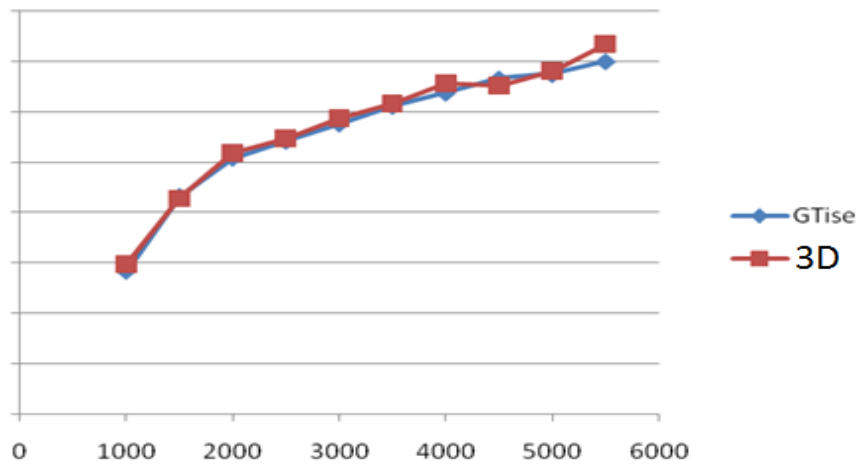


图 2 轴承泄油量对比

从对比结果中可以看出：修正后的 1D 与 3D 结果基本吻合，从而可以肯定经过一定的修正后 1D 模型计算出的轴承泄油量准确性在可接受范围内。

### 3 建立润滑系统模型

根据润滑系统管路布局，使用 GT 建立润滑系统模型。模型主要包括以下部分：主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承、平衡轴轴承、液压挺柱、活塞冷却喷嘴、增压器、张紧器、VVT、OCV 阀等。

稳态计算模型中，各轴承只需给定几何参数，其中，主轴承和连杆轴承载荷由详细的曲柄连杆机构模型自动计算得到，凸轮轴轴承载荷来自于 3D 软件计算结果。模型中无需考虑瞬态时才进入工作状态 OCV 阀的泄油量，为了后期与试验数据进行对比分析，特选择 1000、1500、2000、2500、3000、3500、4000、4500、5000、5500 等 10 个转速的外特性工况进行计算。

瞬态计算模型中，各个泄油零部件的泄油量均随发动机转速、供油压力与机油温度变化而变化。其中，增压器、液压张紧器、液压挺柱、VVT、OCV 阀等的泄油量 map 由供应商提供，轴承泄油量 map 由图 2 中的轴承泄油量 1D 计算模型进行 DOE 计算并进行相应修正后得到。计算工况采用标准 NEDC 循环，其中机油泵转速由 NEDC 转毂试验获得的发动机转速及曲轴和机油泵的传动比计算而来。

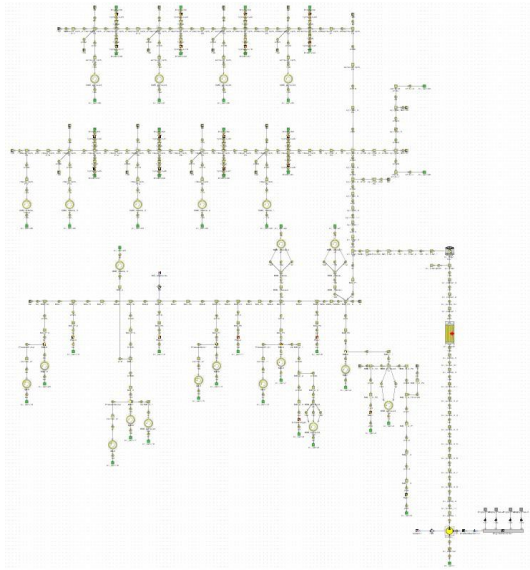


图3 润滑系统稳态计算模型

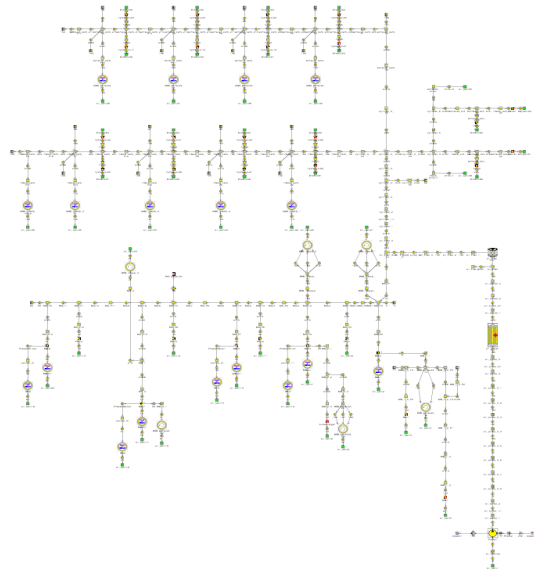


图4 润滑系统瞬态计算模型

## 4 计算结果分析

### 4.1 稳态计算结果分析

稳态计算结果主要包括计算工况下各点的压力与流量结果，为了验证计算的准确性，特与润滑试验数据进行对比。

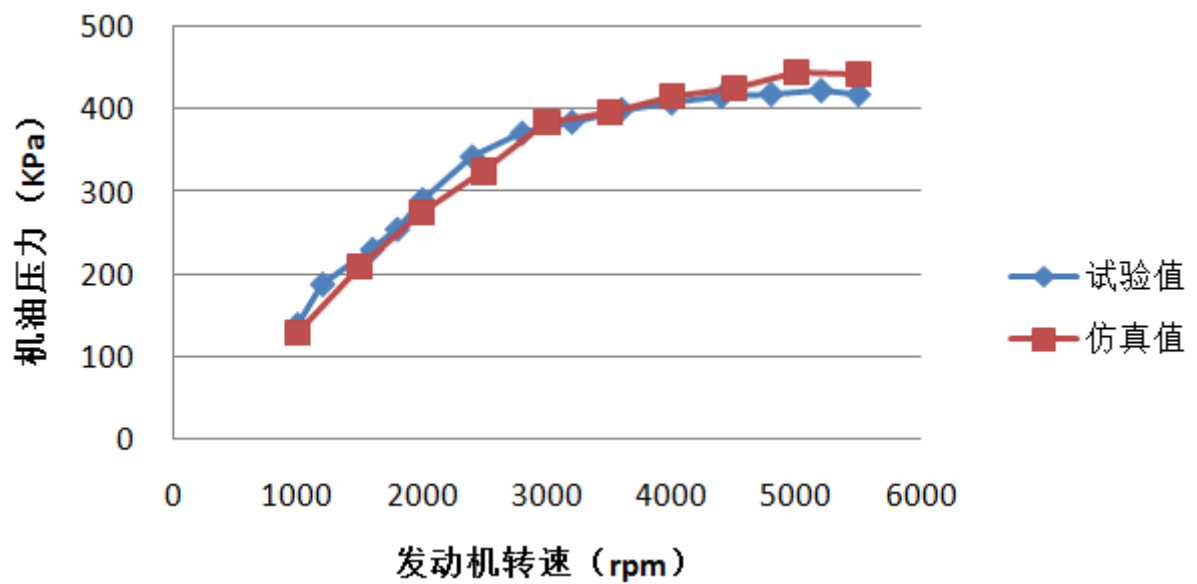


图5 缸体主油道压力对比

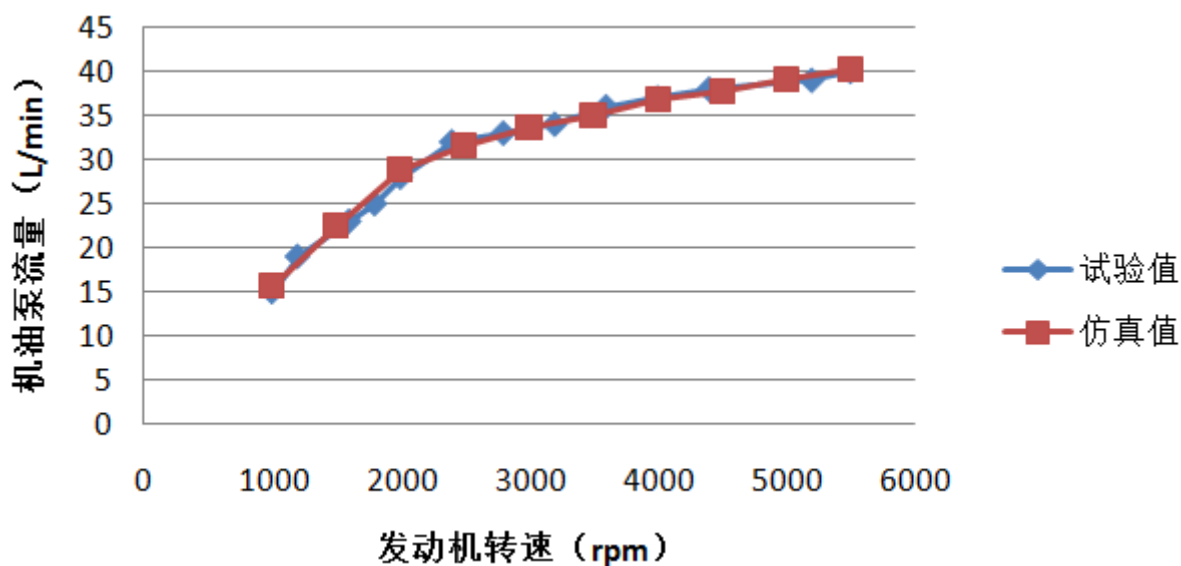


图 6 机油泵流量对比

从对比结果中可以看出：仿真计算与润滑试验结果基本吻合，从而可以确定仿真计算的准确性，通过此次验证，可进行现有机型润滑系统的可靠性验证及设计优化，后期也可对新开发机型概念设计阶段润滑系统进行相应的预测。

## 4.2 瞬态计算结果分析

通过计算可得到此润滑系统在 NEDC 循环工况下的压力与流量分布，本文仅提取几个关键参数的结果进行展示。

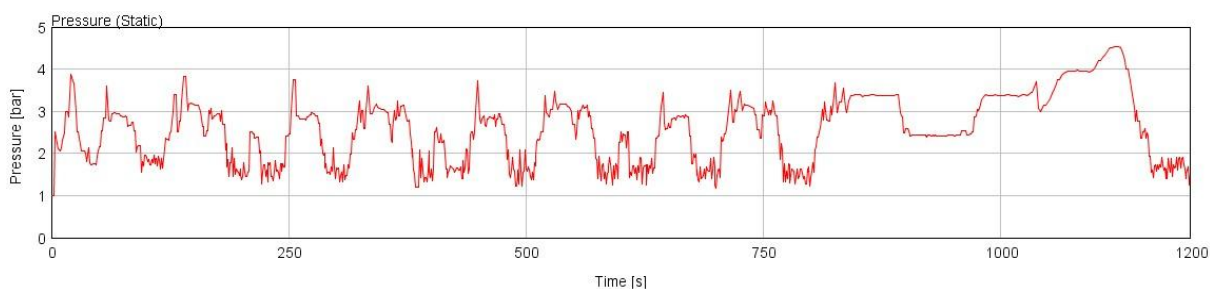


图 7 缸体主油道机油压力

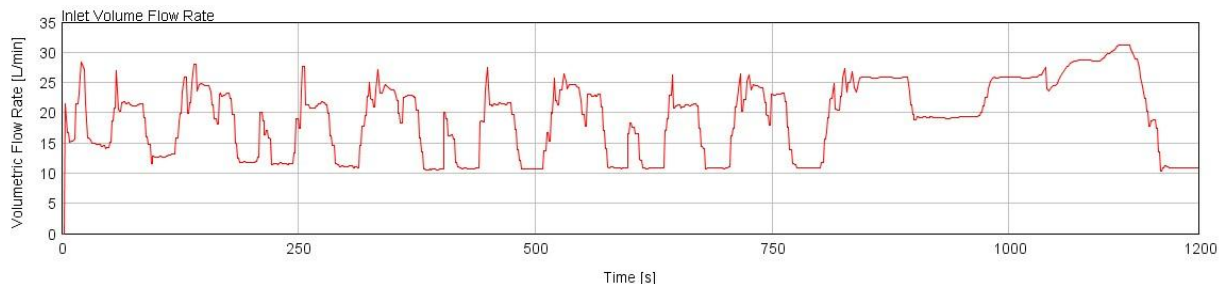


图 8 机油泵机油流量

通过分析以上结果,可以看出:整个 NEDC 循环工况下,各点压力与流量分布均在设计范围以内,即此润滑系统符合设计要求。且整个 NEDC 循环工况下,压力与流量分布未出现大幅度的波动,从而其润滑可靠性得以保证。

## 5 总结

通过 1D 与 3D 对比,验证了轴承泄油量 1D 计算的准确性,从而为润滑系统瞬态计算模型提供了准确的轴承泄油量 map。通过对润滑系统进行稳态计算,得到了此润滑系统的压力与流量分布,并与试验数据进行对比分析,可以肯定润滑系统稳态计算的准确性。通过对润滑系统进行 NEDC 循环计算,得到了此润滑系统的压力与流量分布,验证其符合设计要求。

## 6 参考文献

- [1] 李亚静编 《汽车发动机润滑系统研究》设计与研究 2008
- [2] 邱宇编 《汽油发动机润滑系统性能优化研究》上海交通大学 2012
- [3] 杨连生编 《内燃机设计》吉林工业大学 1981