

PA6 柴油机燃油系统提高喷射压力的可行性研究

孙 俊

(海军驻兴平地区军事代表室, 陕西兴平 713105)

摘 要: 利用专用软件建立了 PA6 型柴油机燃油系统数值模型, 分析了相关参数对该燃油系统的影响并指出存在的问题, 在此基础上提出了改进方案, 重点对高压油腔压力、喷油量和雾化性能等进行了改进前后的对比分析。分析显示, 改进后燃油系统最高喷射压力达到 175MPa, 喷油量基本保持不变, 燃油雾化质量得到提高。

关键词: PA6 型柴油机; 燃油喷射系统; 喷射压力

中图分类号: TK423.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2010)03-0008-03

Feasibility Study on Improving the Injection Pressure of PA6 Diesel Fuel Injection System

Sun Jun

(Naval Deputy Office in the Region Xingping, ShanxiXingping713105)

Abstract: The numerical model of PA6 fuel injection system was set up by a special software. The influence of relative parameters on the fuel injection system are studied and the problems are pointed out, based on which the improvement programme are proposed. High injection pressure, fuel injection volume and atomization performance are especially analyzed, and the parameters before and after the improvement are compared. It shows that after the improvement, the highest injection pressure can reach 175 MPa, fuel injection volume remains about the same and the quality of atomization is enhanced.

Keywords: PA6 diesel engine; fuel injection system; injection pressure

1 概 述

当前, 在我国内燃机工业中, 特别是中、低速大功率船用柴油机行业, 通过技术引进在一定程度上缩短了与国外先进产品的差距。PA6 柴油机已经引进多年, 但是在燃油喷射等关键技术上仍有不足。PA6 柴油机燃油系统采用的是单体泵, 泵油系统主要由出油阀紧座、法兰套、出油阀偶件、出油阀弹簧、减容器、出油阀垫片和柱塞偶件组成; 柴油机喷油器采用的是低惯性喷油器, 针阀有较小的剩油腔容积, 减少了针阀关闭后滴入燃烧室的油量, 改善了经济性, 提高了可靠性。但随着柴油机的不断强化, 喷油系统零部件的工作条件越来越严

酷, 因此要求喷油系统既要满足柴油机高的工作效率、大的供油量和高的喷射压力, 又要结构紧凑、工作可靠、使用寿命长和工艺性好等要求, 这对喷油系统的设计与制造提出了更高的要求^[2]。

基于上述情况, 在现有的软件设备条件下, 本文采用 AVL 公司开发的燃油系统仿真计算软件 HYDSIM 对 PA6 柴油机燃油系统进行仿真计算, 以期对改进方案进行分析调整。

2 PA6 柴油机燃油系统现状

由于 PA6 柴油机燃油系统出油阀无卸载带, 对改善系统的穴蚀十分有利, 且可在小的升程下, 得到较大的流通面积, 减少了闭阀时所受的冲击和

收稿日期: 2009-03-13; 修回日期: 2009-12-18

作者简介: 孙俊(1965-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为柴油机制造及质量管理, E-mail: xp_sj@163.com。

弹簧的应力, 其流通面积 $F_k = 46.210 \text{ mm}^2$, 高压油管截面积 $F_T = 12.566 \text{ mm}^2$, 两者的比值 $F_k/F_T = 3.677$, 比较合理; 但由于无卸载凸缘, 当供油终了时, 压力下降率较小, 油管内残余压力峰值较高, 容易出现二次喷射^[1]。

PA6 柴油机燃油系统喷油器压力室直径较小, 针阀直径虽然较大, 但流通面积仍不够充分, 它与喷孔总面积的比值 $f_1/f_c = 2.706/1.767 = 1.53$, 只是一般允许的下限, 因此节流损失较大。而且传统的 PA6 柴油机的燃油系统喷油压力不高, 雾化质量不高; 且管内燃油压力波动较大, 易产生二次喷射和穴蚀现象。实际使用中也暴露出这些问题。所以, 有必要对 PA6 柴油机燃油系统进行相应的改进设计。

3 PA6 柴油机燃油系统仿真计算

3.1 仿真模型建立

建模的首要工作是将现实的物理模型加以抽象, 转化为 HYDSIM 软件中的各个模块。之后根据计算精度和系统特点的要求选择合适的元件种类, 将上述初步选定的参数输入到元件中, 并将独立的元件连接成整体, 即可进行计算分析。图 1 为燃油喷射系统仿真模型图。

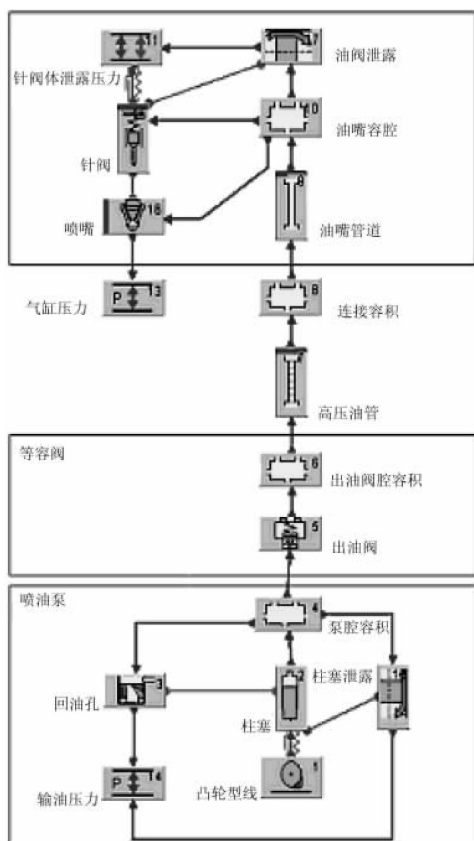


图1 燃油喷射系统仿真模型图

3.2 仿真计算与结果分析

运行 HYDSIM 程序, 对模型进行分析计算, 可以得到针阀升程、喷射压力、累积喷油量、油粒直径、泵腔压力、出油阀腔压力、喷油率、凸轮速度、凸轮加速度、出油阀升程等一系列指标。

由图 2 的针阀升程曲线可以看出, 预喷结束后升程曲线有波动, 这种现象不利于燃油的雾化, 影响喷油率, 从而影响缸内的燃烧效率, 所以需根据计算中出现的问题对原参数进行改进。同时, 虽然针阀回落线比较陡直但落座后有轻微反弹的现象, 这说明在主喷射结束后油管内的压力仍然偏高。

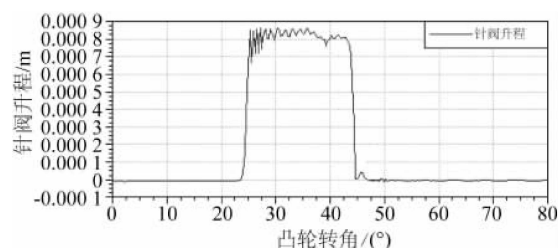


图2 针阀升程曲线

图 3 为喷射压力、出油阀腔压力、泵腔压力及蓄压腔压力曲线, 其变化趋势基本一致, 波动较频繁, 最高喷射压力为 111.975 MPa , 十分接近实际值。而出油阀腔压力和泵腔压力最大值也分别仅为 117.766 MPa 、 120.719 MPa 。从随后的曲线走势中也可看到喷射压力和蓄压腔压力始终与泵腔压力和阀腔压力有一个滞后, 原因是高压油路、出油阀腔、蓄压腔的总容积还是偏大, 燃油压力传递波动较大, 还有改进的余地。

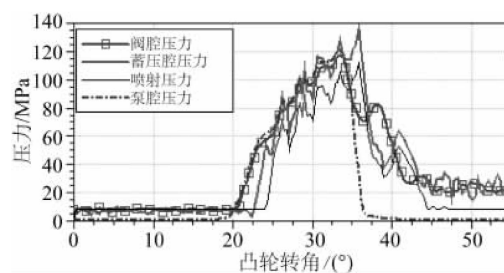


图3 高压油腔压力

从图 4 喷油率曲线看, 喷油率曲线形状为前高后低形状, 最高喷油率达 $0.186653 \text{ g/}^\circ\text{CA}$ 。在图中针阀的断续喷射有所表现, 在凸轮转角 45.2174° 和 46.6209° 处, 喷油率曲线有一小凸起。累积喷油量显示循环喷油量为 2.0162 g , 换算成燃油消耗率为 210.4 g/kWh , 实测值为 $208 \sim 216 \text{ g/kWh}$, 故与实测值基本一致。

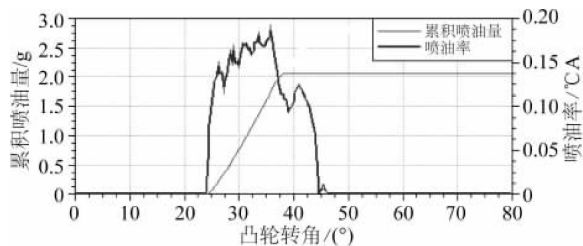


图 4 累积喷油量和喷油率

由上述仿真结果可知，现在面临的主要问题是：进一步提高喷油压力。为了提高喷油压力本文将采取的措施有：缩小蓄压腔、连接腔容积、采用等压出油阀，等容式出油阀已经不能够满足高压喷射的需要。

3.3 仿真模型的改进与结果分析

对上述方案的不足加以分析后，本文提出了新的改进方案，经过多次计算后得到较理想的结果，使其间的配合能达到最优。因为本文拟改进的是一种已有机型，所以在改进时遵循尽可能少改动原有结构的原则，以降低改进的成本。具体改进方案如表 1 所示。

表 1 改进前后参数对照表

参数	原方案	改进后方案
喷嘴腔容积/mm ³	850	600
连接腔容积/mm ³	300	200
喷孔数目/个	9	7

出油阀由原来的等容出油阀改为等容阀加阻尼阀的组合方案，其结构如图 5 所示。

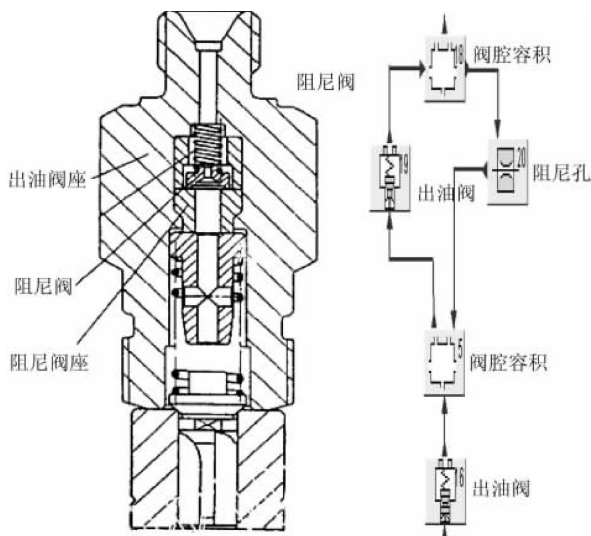


图 5 等容加阻尼阀结构及仿真模型

将上述改进思路加入到计算模型中。对改进前后的计算结果进行对比分析，得到改进前后的喷油量与高压油腔压力对燃油系统的影响规律。

如图 6 所示，仿真模型经过改进后，喷油压力有了明显的提高。最高喷油压力达到了 175 MPa 左右，比原来的 111.975 MPa 提高了近 63 MPa，已达到了改进模型的主要目的。

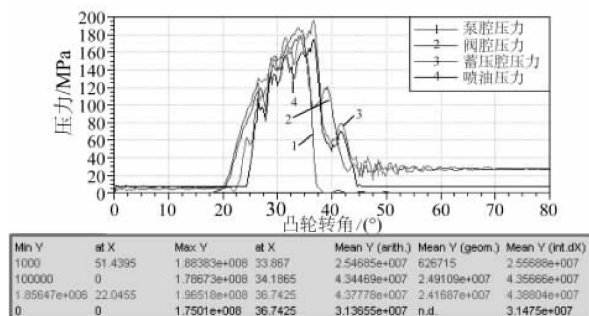


图 6 高压油腔压力

从图 7 可以看出喷油率曲线基本呈前高后低形状，符合设计要求中对喷油率的要求。从累积喷油量曲线上看，燃油的喷入分为两个速度不同的阶段，第一段的喷油速度明显高于第二段。两段喷入的油量之比为 2.25/0.5 = 4.5，即在 63.04% 的供油时间内喷入总供油量的 81.8%。改进后的喷油量为 2.143 5 g 较之原模型的喷油量基本没有改变。

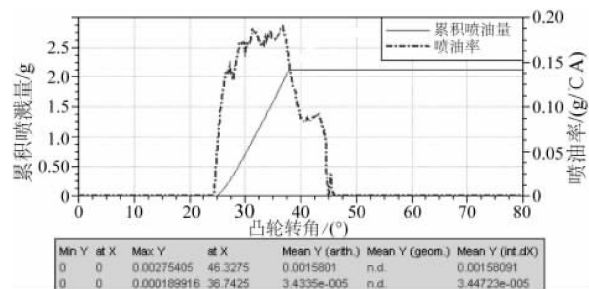


图 7 累积喷油量和喷油率

图 8 是油粒平均直径曲线，从图上可以看出出现了两个尖峰，分别对应喷油开始和结束的时刻，而中间部分则是较低的线形。这说明在整个喷射过程中，喷油开始时刻和截止时刻的喷雾质量比较差，但在整个喷射过程中油雾颗粒直径都比较小，且比较稳定。改进后的油粒直径小于原方案油粒直径。出现这种现象的原因是，原方案中开始喷射和喷射即将结束的阶段燃油的实际喷射压力比较低，直接导致了原方案的雾化不良。

(下转第 15 页)

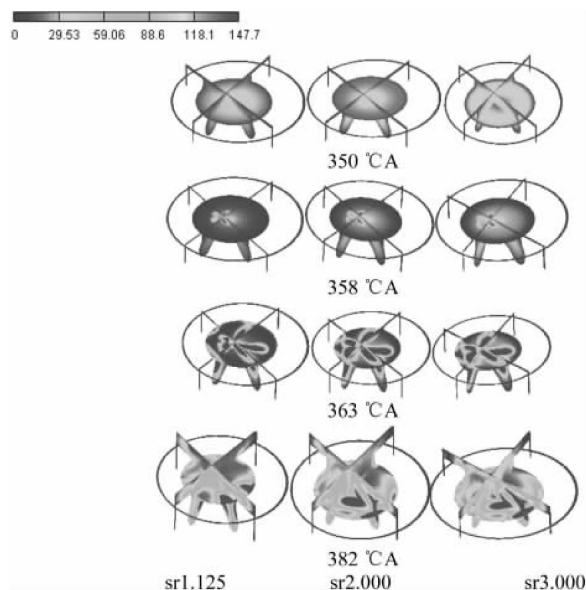


图 10 不同涡流比时 M15 端动能的分布

6 结 论

(1) 在不改动柴油机结构的情况下, 掺烧 15% 的甲醇后, 滞燃期变长, 为控制甲醇柴油燃烧过程的滞燃期, 在调制甲醇柴油时应采用较高十六烷值的柴油; 喷雾贯穿距离缩短, 油滴索特平均直径也有所降低, 这表明掺烧甲醇后具有较好的喷雾

均匀性。

(2) 燃油浓度场均匀性改善, 掺烧甲醇后燃油与空气混合效果更好。

(3) 柴油中掺烧甲醇后, soot 排放有了明显改善。

(4) 进气涡流比对缸内湍动能的分布影响较大。

参考文献

- [1] 刘志锋. 醇类替代燃料汽车可行性分析[D]. 吉林: 吉林大学, 2004.
- [2] Rong-Hong Chen. Diesel-diesel and diesel-ethanol drop collisions [J]. Applied Thermal Engineering, 2007 (27): 604-610.
- [3] Rossella Rotondi, Gino Bella Gasoline direct injection spray simulation [J]. International Journal of Thermal Sciences, 2006 (45): 168-179.
- [4] 周庆辉, 纪威, 王夺. 甲醇-柴油混合燃料的数值模拟[J]. 小型内燃机与摩托车, 2008, 37(6): 20-22.
- [5] AVL FIRE Version V2008 userguide [R].
- [6] 解茂昭. 内燃机计算燃烧学(第二版) [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2005.
- [7] 何学良, 李疏松. 内燃机燃烧学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [8] 曹建明. 喷雾学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

(上接第 10 页)

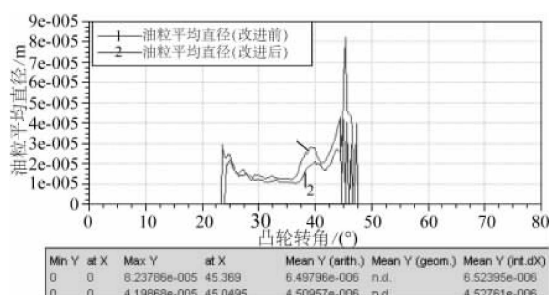


图 8 油粒平均直径

4 结 论

本文对模拟计算的结果进行了分析。在全面分

析各个参数对燃油系统性能的影响后, 提出了对原有系统的改进方案, 优化了燃油系统的主要性能参数; 着重对高压油腔压力、喷油量和雾化指标这几个关键因素做了详细的对比分析; 找出了它们对燃油系统的影响规律, 得到了一个比较完整的解决方案和一些分析经验。

参考文献

- [1] 王金华, 邹季灿. 通过改进出油阀结构完善喷油泵性能[J]. 内燃机, 2000(6).
- [2] Marcic Milan, Kovacic Zlalko. Computer Simulation of the Diesel Injection [J]. SAE 51583.