

某柴油机燃油喷射系统变方案性能预测分析

景国辉

(海军驻七一一研究所军事代表室, 上海 201108)

摘要: 针对需要提高功率运行的某柴油机的燃油喷射系统, 采用 Hydsim 软件建立仿真计算模型, 并利用已有试验数据对模型进行标定, 然后运用标定过的模型进行提高功率后的变方案计算分析, 评估了变方案主要指标的变化情况及其可行性。

关键词: 燃油喷射系统; 性能; 预测

中图分类号: TK423.8⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2011)01-0020-04

Performance Prediction Analysis of a Diesel Engine Fuel Injection System with New Parameters

Jing Guohui

(Naval Deputy Office of Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108)

Abstract: Based on Hydsim software, a mechanical fuel injection system model was established and calibrated with the existing test data, in order to improve the power of a diesel engine's fuel injection system. Influences aroused by main parameters changing were analyzed in detail, and then conclusions were drawn about the feasibility of the new parameters scheme.

Keywords: fuel injection system; performance; prediction

0 前言

柴油机是将燃油喷入气缸与空气混合压缩燃烧推动活塞运动从而输出功率的动力机械, 因而燃油喷射系统的参数对整个柴油机的性能影响至关重要。

本文利用专业的燃油喷射系统仿真计算工具对某船用柴油机提高功率运行的燃油喷射系统变参数方案进行性能预测分析, 评估其主要指标的变化情况以及方案的可行性。

1 研究对象与建模

1.1 研究对象工作原理

本文研究的对象为典型船用柴油机机械式燃油

喷射系统, 其工作原理如下: 燃油通过进油孔进入柱塞腔, 凸轮驱动柱塞压缩柱塞腔内燃油, 当油压大于出油阀开启压力时, 出油阀打开, 燃油经高压油管进入喷油器喷嘴腔, 当喷嘴腔内燃油压力大于针阀开启压力时, 针阀打开, 形成喷油。在喷射末期, 回油孔打开, 柱塞腔压力下降, 从而引起喷嘴腔压力下降, 当喷嘴腔压力小于开启压力时, 针阀落座, 喷油结束。当管内燃油压力大于减压阀开启压力时, 减压阀打开, 燃油流回柱塞腔。其结构示意图如图 1 所示。

1.2 计算模型

本文采用专业的发动机燃油喷射系统分析软件 Hydsim 建模。模型建立在一维可压缩流动和二维多刚体动力理论基础上, 采用先进的管道流动模型

和环形泄漏模型，综合考虑压力波动的影响和变因素、变状态参数的影响。计算时假设在一次喷射中，燃油的温度不变；假定各腔为集中容积，燃油容积腔内流动不考虑压力传播时间。计算模型如图 2 所示。

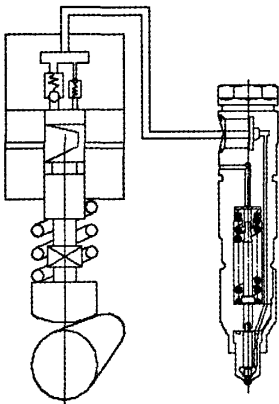


图 1 燃油喷射系统工作原理图

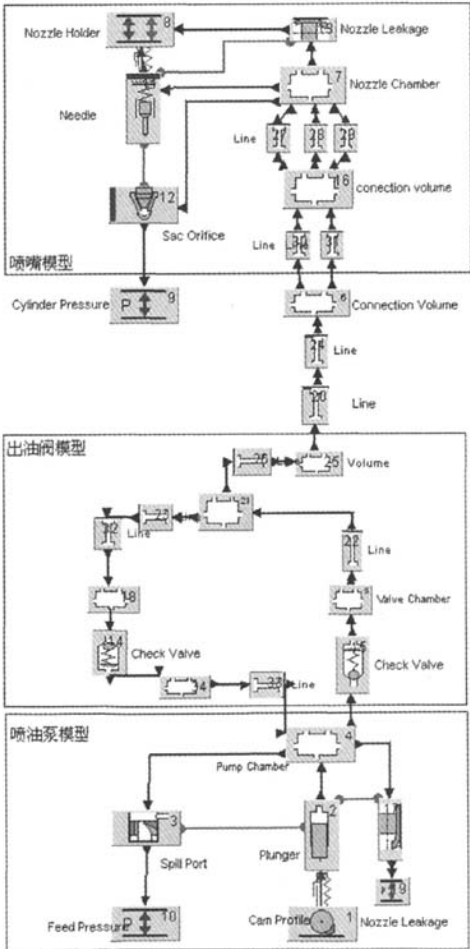


图 2 燃油喷射系统仿真模型

1.3 模型标定

仿真模型建立后需要验证其适用性和计算的精度，通常利用已有的试验数据对模型进行计算标定。该模型主要指标(循环喷油量和泵端喷射压力)计算结果与试验结果对比如表 1 所示。

表 1 仿真模型计算与试验数据对比

单缸功率/kW		225
油耗/g/(kW·h)		230
循环喷油量 /mm ³	试验值	1 385.5
	计算值	1 386.7
	偏差	0.09%
泵端喷射压力 /MPa	试验值	117
	计算值	116.8
	偏差	-0.17%

通过比较可知，计算结果与试验数据差异均在 1% 以内，表明该模型可以用于进一步仿真分析和性能预测。

2 关键参数变方案分析

该柴油机在功率提高 20% 的情况下，燃油喷射系统设计分析的主要参数包括滚轮宽度、喷孔数×喷孔直径(如下文计算方案表所示)，通过标定好的模型进行仿真计算，评估其主要性能参数(循环喷油量、泵端喷射压力、凸轮滚轮接触应力)变化情况。

2.1 滚轮宽度

针对不同运行功率，采用不同宽度的滚轮，原机采用宽度为30 mm的滚轮，提高功率后拟采用宽度为33 mm的滚轮，通过计算评估其性能参数变化，计算方案如表 2 所示，计算结果如表 3、图 3 ~ 图 5 所示。

表 2 滚轮宽度计算方案

方案号	单缸功率/kW	滚轮宽度/mm
1-1	225	30
1-2	275	30
1-3	275	33

表 3 滚轮宽度方案计算结果汇总

方案号	循环 喷油量/mm ³	泵端峰 值压力/MPa	凸轮滚轮最大 接触应力/MPa
1-1	1 386.72	116.82	2 017.57
1-2	1 657.75	129.47	2 122.42
1-3	1 657.75	129.47	2 023.65

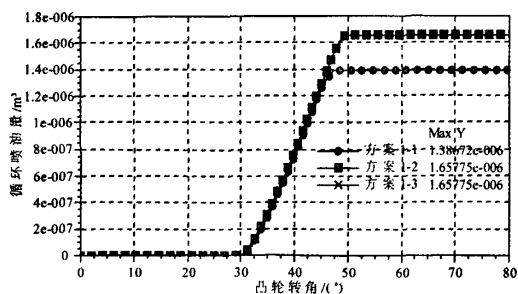


图3 循环喷油量

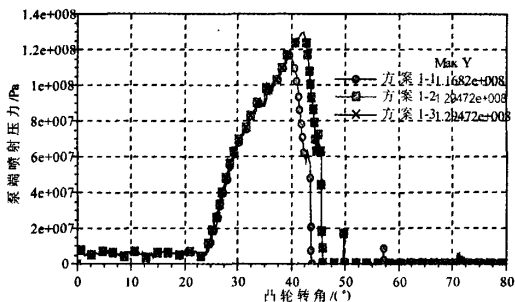


图4 泵端喷射压力

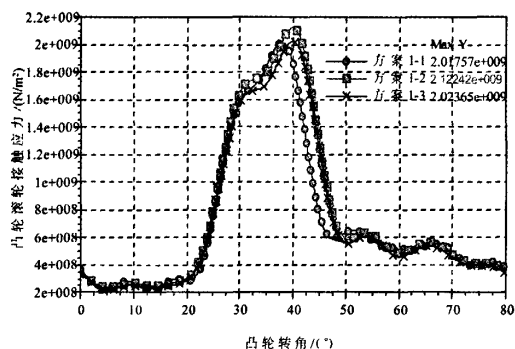


图5 凸轮滚轮接触应力

通过上述计算结果可以看出:

(1) 保持其它参数不变, 仅改变滚轮宽度(比较方案 1-2 与 1-3), 循环喷油量和泵端喷射压力没有变化。而凸轮滚轮接触应力随着滚轮宽度的增大而减小。

(2) 对该柴油机而言, 不改变滚轮宽度而提高功率(275 kW)运行, 凸轮滚轮接触应力显著增大, 不宜长时间运行。

(3) 对该柴油机而言, 提高功率(275 kW)运行采用宽度为 33 mm 的滚轮与原机(225 kW)采用宽度为 30 mm 的滚轮相比, 最大接触应力基本不变, 因而可以认为是可行的。

2.2 喷孔数与喷孔直径

同样, 在提高功率(275 kW)运行条件下(滚轮宽度采用 33 mm), 针对不同的喷孔数与喷孔直径组合方案进行性能预测分析, 计算方案如表 4 所示, 计算结果如表 5、图 6~图 8 所示。(注: 此处喷孔数与喷孔直径的分析仅针对燃油喷射系统自身的性能, 而涉及到喷雾质量以及与燃烧室、进气的匹配需要进行三维 CFD 分析, 此处不做详述。)

表4 喷孔计算方案

方案号	喷孔数	喷孔直径/mm
2-1	7	0.45
2-2	7	0.47
2-3	8	0.42
2-4	8	0.44

表5 喷孔方案计算结果汇总

方案号	循环喷油量/mm³	泵端峰值压力/MPa	凸轮滚轮最大接触应力/MPa
2-1	1 657.75	129.47	2 023.65
2-2	1 659.10	122.01	1 977.89
2-3	1 653.23	129.67	2 024.76
2-4	1 660.64	121.95	1 977.56

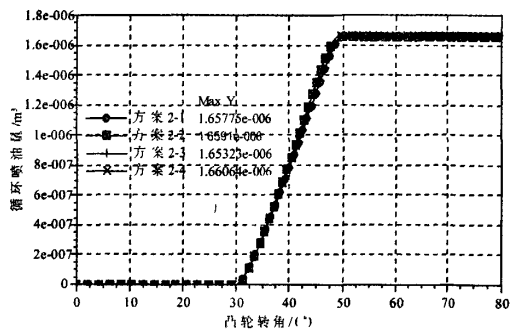


图6 循环喷油量

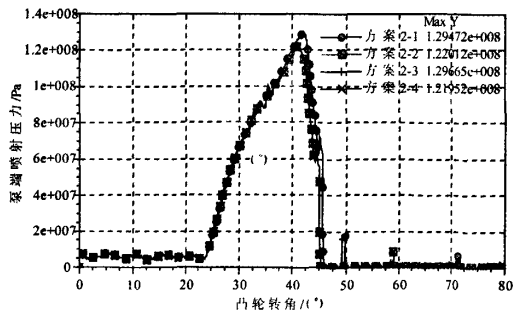


图7 泵端喷射压力

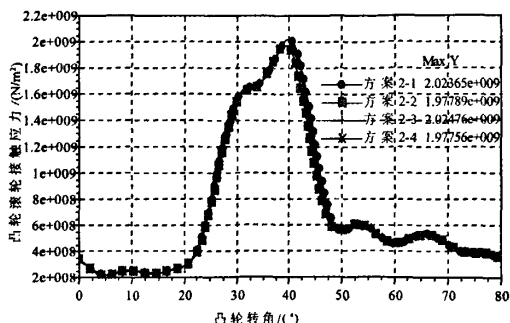


图 8 凸轮滚轮接触应力

通过上述计算结果可以看出:

(1) 总的来看, 在循环喷油量不变、滚轮宽度不变的情况下, 泵端喷射压力、凸轮滚轮接触应力均随喷孔总面积变化而变化。方案 2-1、2-3 的喷孔总面积分别小于方案 2-2、2-4, 其泵端喷射压力和凸轮滚轮接触应力均大于后者; 方案 2-1、2-3 和方案 2-2、2-4 喷孔总面积分别相等, 因而其泵端喷射压力和凸轮滚轮接触应力亦分别相等。

(2) 喷孔总面积减小, 喷射压力增大, 这是由于小的喷孔总面积会使单位时间喷出的油量减少, 则喷射时盛油腔的压力释放速度慢, 从而使得相同供油速度(凸轮型线决定)情况下的喷射压力有一定增加; 反之亦然。

(3) 喷孔总面积减小, 喷射压力有一定增大, 因此, 在滚轮宽度不变(即接触面积不变)的情况下, 作用在相同接触面积上的压力增大使得凸轮滚轮接触应力也相应增大; 反之亦然。

(4) 喷孔总面积减小, 使得喷射压力有所增大, 但单位时间喷出的油量减小了, 总体而言, 相同循环喷油量的喷油持续时间有一定增加, 喷射压力的增大和喷油持续时间的增加都会对柴油机的燃

烧产生一定影响, 需要利用其它分析工具进行进一步综合评判。

(5) 喷孔总面积不变, 改变喷孔数量和孔径会对喷雾的状态产生影响, 从而影响柴油机的燃烧, 同样需要利用其它分析工具进行分析比较。

3 结 论

本文利用 Hydsim 软件建立的燃油喷射系统工作过程模型, 经过试验数据标定后用于某柴油机提高功率运行的燃油喷射系统变方案计算分析, 结论如下:

(1) 利用专业的仿真工具建立燃油喷射系统工作过程计算模型, 计算结果与实测数据对比, 偏差控制在 1% 以内, 可以用于同类燃油喷射系统计算分析。

(2) 某柴油机提高功率(从 225 kW 提高到 275 kW)运行, 滚轮宽度从 30 mm 加到 33 mm, 凸轮滚轮接触应力基本不变, 因而滚轮宽度增加到 33 mm 的方案从结构强度上来看切实可行。

(3) 凸轮滚轮接触应力主要受到喷射压力和滚轮宽度(与凸轮的有效接触宽度)影响, 喷射压力增大、滚轮宽度减小均会使接触应力增大, 反之亦然。

(4) 喷孔方案的变化对喷射压力、喷油持续期、喷雾状态等多方面性能产生影响, 仅从燃油喷射系统本身分析不能全面评估其对柴油机性能的影响, 需要结合燃烧分析工具进行综合评估。

参考文献

- [1] 方文超等. 高性能船用柴油机燃油系统结构参数仿真研究[C]. 上海市造船工程学会, 2004.
- [2] H. K. Iben, U. Morawa. 大功率柴油机喷油过程的计算机模拟[J]. MTZ, 1992(11): 530-537.

勘 误

本刊 2010 年第 1 期第 22 页右栏第 11 行“污染物含量参照残余氧含量为 5% 的干燥废气”有误, 应为“污染物含量参照残余氧含量为 15% 的干燥废气”。特此更正, 并向广大读者致歉。

《柴油机》编辑部