

汽油发动机热力学性能仿真分析及优化设计

The Simulation and Optimum Design of Gasoline Engine Thermodynamic Performance

张学恩 蔡志强 姜楠 王伟民
(东风汽车公司技术中心 湖北武汉 430056)

摘要：利用 GT-POWER 软件对某款汽油发动机进行了热力学性能仿真数模的标定，并通过对进气歧管长度、VVT 和气门升程进行优化，显著提高了发动机的性能。结果显示，单独加长歧管长度可提高中速扭矩；使用 VVT 技术不仅降低了最大扭矩转速，而且显著提高了发动机中速扭矩；适当降低排气门升程有利于提高该发动机的低速性能。

关键词：汽油发动机，GT-POWER，优化设计，性能提升

Abstract: An engine thermodynamic performance model was calibrated by using GT-POWER software, and engine performance has been improved apparently by VVT design and the optimization of intake manifold length and valve maximum lift. The results show that the torque of middle engine speed can be increased through adding the intake manifold length, and not only the torque of middle speed can be increased but also the speed of maximum torque condition can be decreased through VVT technology, and the torque of low speed can be increased through decreasing the maximum exhaust valve lift.

Key words: gasoline engine, GT-POWER, optimization design, performance improvement

1 引言

影响发动机性能的因素有很多，每种因素都会产生不同的作用。对于一台特定的发动机而言，如何综合考虑各种因素的影响，使发动机达到最优的性能是设计思想的核心。本文利用发动机性能分析软件 GT-Power 建立某款汽油机的整机模型，并利用试验数据对模型进行标定，并分析了歧管长度、VVT 和气门升程对发动机性能的影响，为该款发动机的性能提升提供了依据。

2 模型标定

根据发动机实际物理模型搭建仿真模型，具体模型如图 1 所示。为了真实的模拟发动机的工作过程，需要对仿真模型进行标定。首先要确认模型的几何参数和结构参数和实机相一致，在此基础上通过试验得到的数据如空燃比、摩擦功、进气量、缸压曲线等对模型进行标定。具体标定结果见图 2 和图 3，结果表明，扭矩的仿真计算与试验的最大误差为 2.1%，仿真模型具有较高的精度。

3 优化设计及分析

通过对以上扭矩曲线的分析，需要解决的问题是，提高发动机中、低速扭矩，并降低最高扭矩转速。针对以上问题，本文主要从进气歧管长度、气门升程的优化和 VVT 的设计进行了计算、分析。

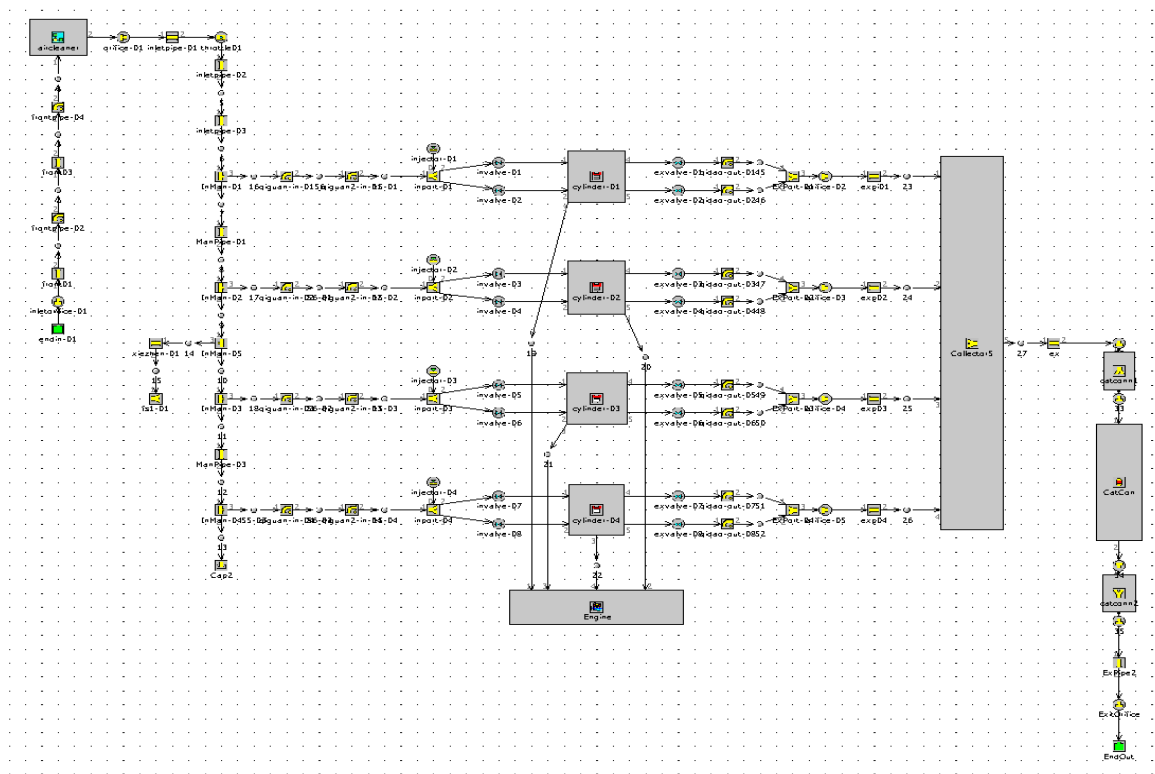


图 1 发动机的 GT-POWER 模型

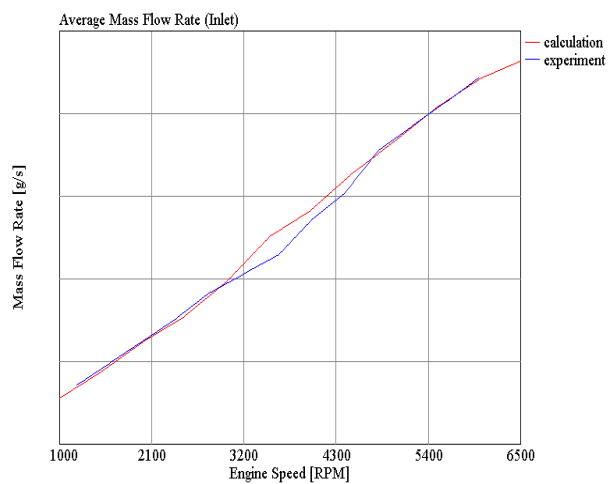


图 2 空气流量的计算结果与试验结果对比

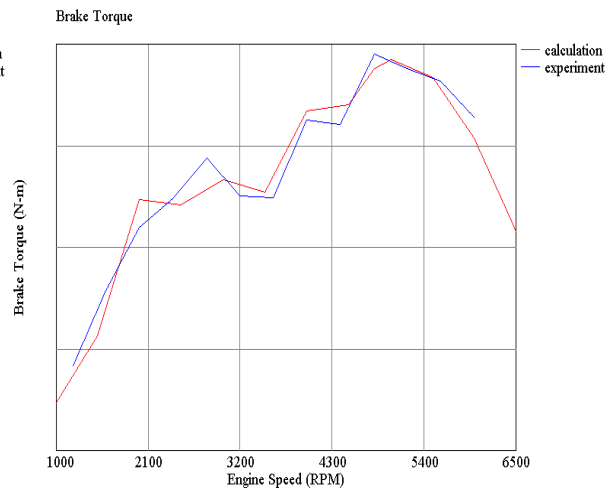


图 3 扭矩的计算结果与试验结果对比

3.1 进气歧管长度的优化

在其它参数不变的情况下,对进气歧管长度进行优化设计。以 20mm 为间隔,分别做五种加长的方案和两种缩短的方案。由于将所有的曲线一起列出容易混淆,在此只选择了五种工况进行比较,如图 4 所示,其中从方案 1 到方案 5 的歧管长度逐渐加长,中方案 1 为缩短的方案,方案 2 为原始方案,其余的为加长的方案。

结果显示,增加进气歧管长度可以提高 3000rpm 时的扭矩,综合考虑空间布置等因素,推荐方

案为在原始长度基础上增加 60mm 的方案 4。

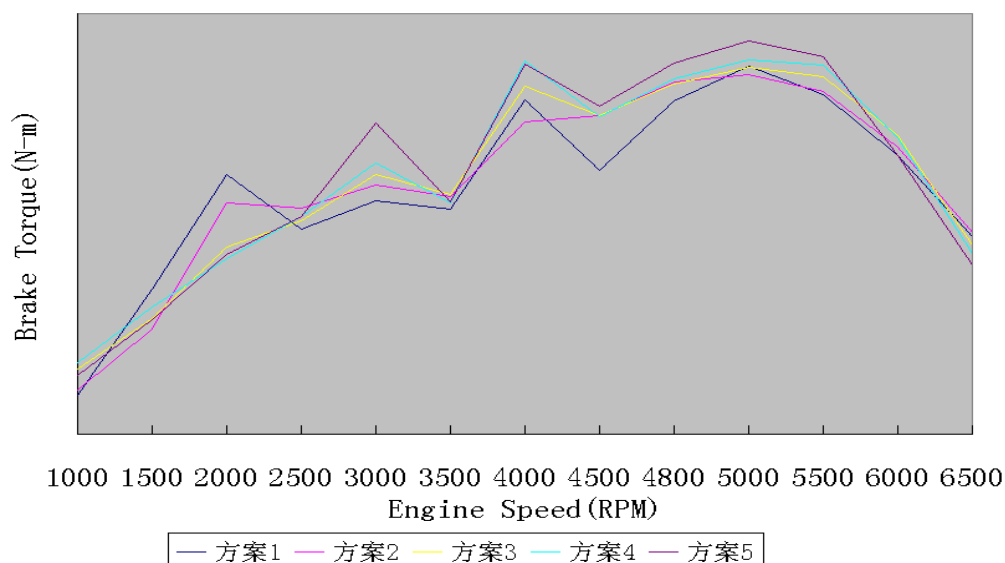


图 4 不同进气歧管长度的优化计算结果

3.2 VVT 的分析

在将歧管长度加长到方案 4 的长度后, 对各转速下的进气正时进行分析。因为原机的正时设计点为 6000rpm, 因此具体方案为: 对各转速下不同的气门正时进行计算, 每个转速分别计算十六个不同的进气正时, 使得进气时刻从提前 60° CA 到不提前 (提前 0° CA), 间隔为 4° CA, 共 16 种工况。在计算结果中将各转速下最大的扭矩对应的正时角度找出, 作为输入参数输入到新的模型里。

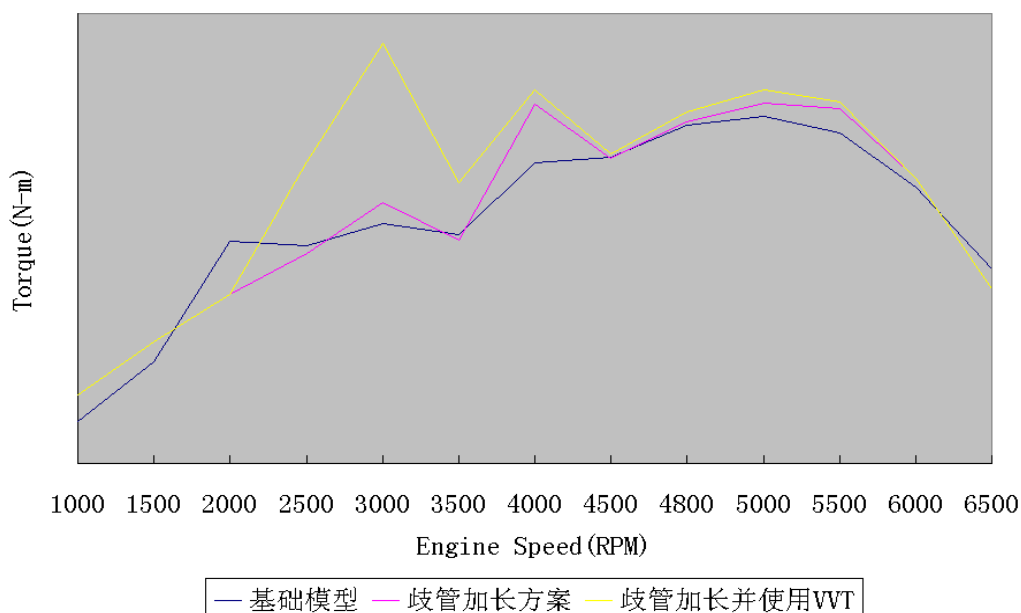


图 5 VVT 计算结果

计算结果如图 5 所示: 在加长了歧管长度并采用了 VVT 之后。在不影响高速性能的前提下, 显著提高了 3000 rpm 附近的扭矩。

3.3 气门升程的优化

以加长歧管长度和使用了 VVT 的模型为基础,对气门升程进行优化。具体方案为,对进气门和排气门升程分别放大一定的倍数 (0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3),同时相应改变凸轮轴包角。

图 6 为各转速下不同气门升程的组合时性能图表,横轴表示排气门升程,纵轴表示进气门升程,以不同颜色表示扭矩大小。

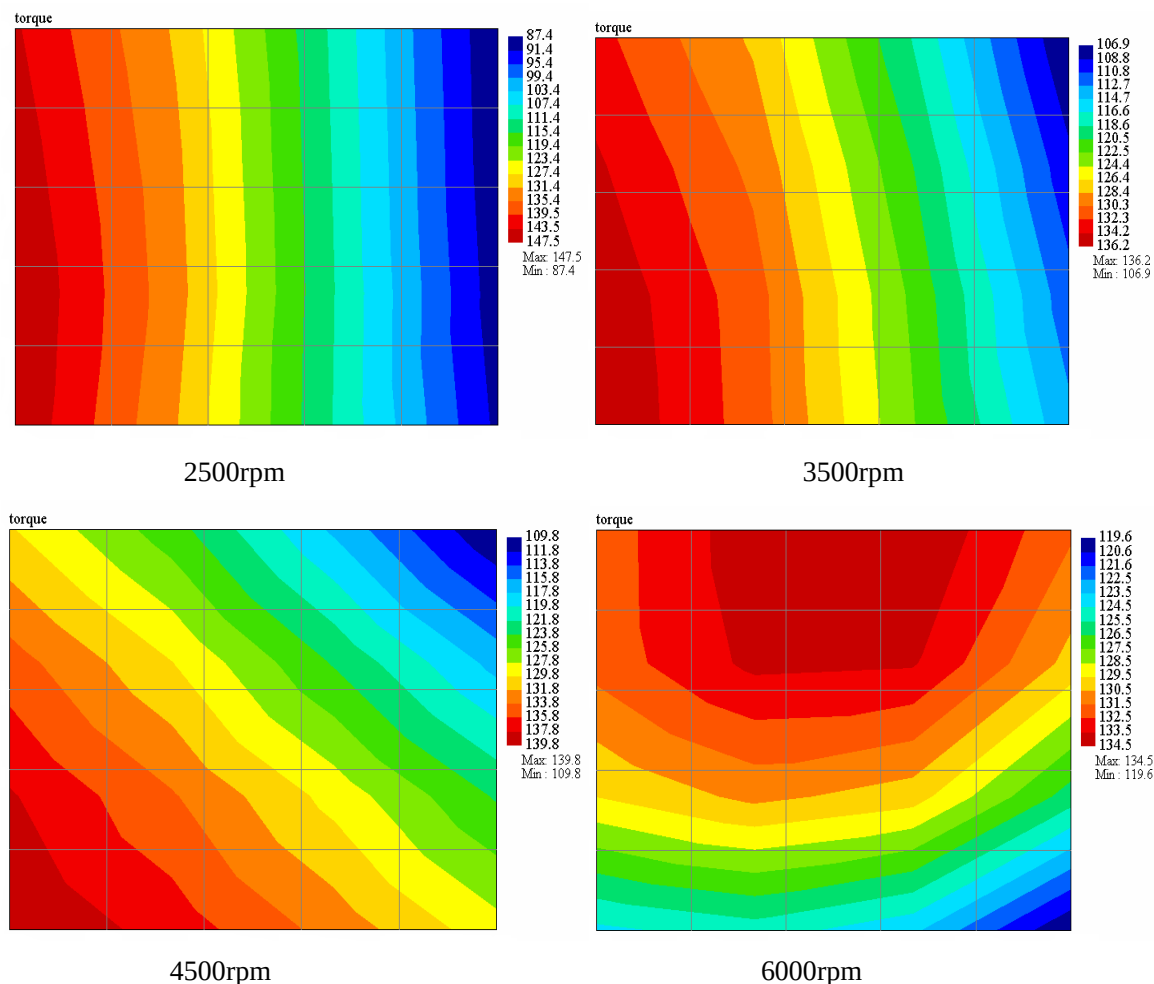


图 6 气门升程优化分析结果

图 6 和表 1 的结果显示:进气门升程的改变对全转速范围内的性能都有较大的影响,但是排气升程的改变只对中、低速性能的影响较大,对于高转速的影响较小。因此,建议降低排气门升程,以提高发动机中低速扭矩性能。扭矩的具体仿真计算结果见图 7。

表 1 气门升程分析结果对比

RPM	进气门升程降低	排气门升程降低
2500-3500	扭矩性能↑影响较小	扭矩性能↑影响较大
4500	扭矩性能↑影响较大	扭矩性能↑影响较大
6000	扭矩性能↓影响较大	扭矩性能↓影响不太明显

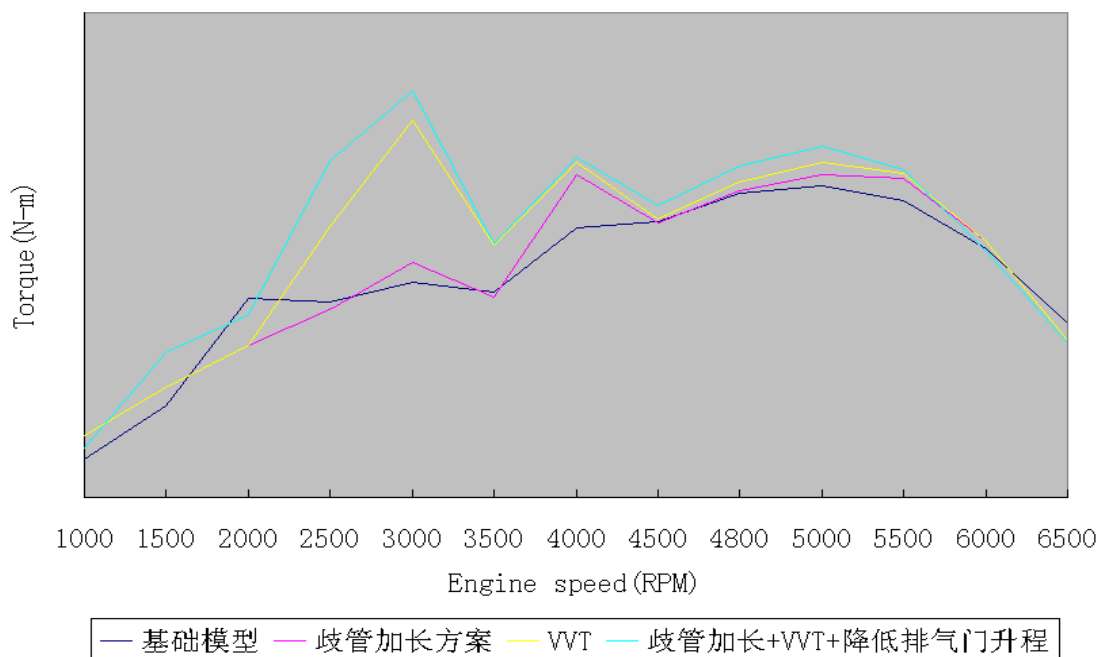


图7 优化结果对比

3.5 参数优化顺序对比

为了考察参数优化顺序对性能的影响，在设计时采用了两种顺序：1) 先优化歧管长度，再进行 VVT 分析；2) 先进行 VVT 分析，再优化歧管长度。图 8 为经过不同优化顺序后得到的结果，可以看到两者相差不大。

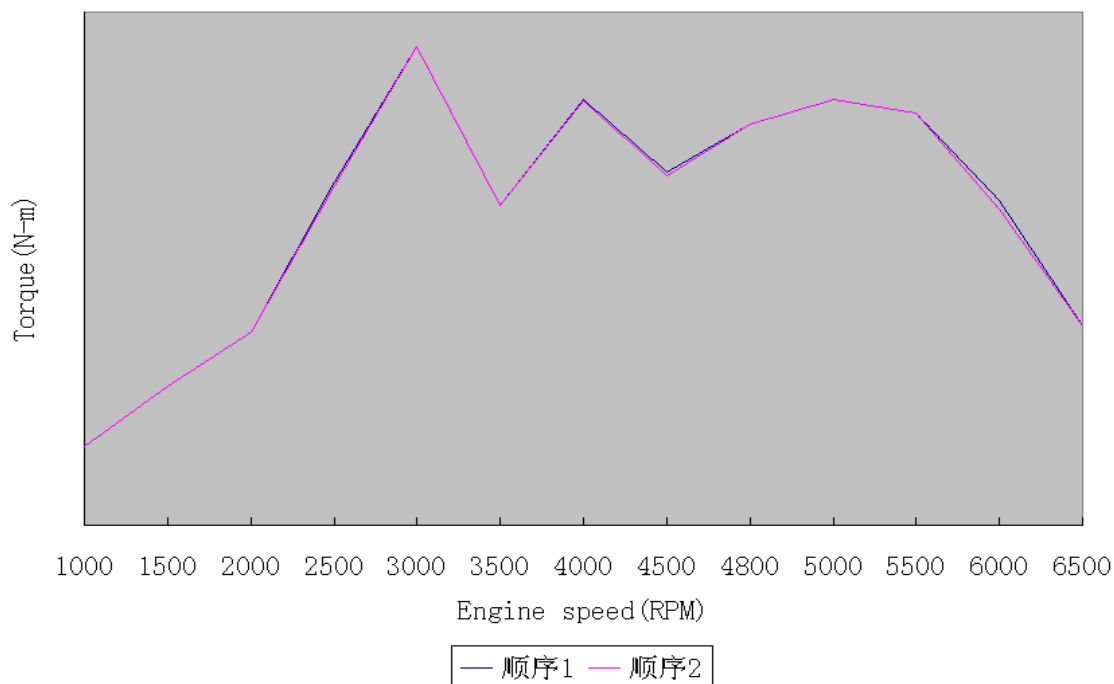


图8 不同优化顺序的对比

4 结论

- 1) 在将歧管长度增加后, 4000rpm 的扭矩增加了 4.9%。
- 2) 在使用了 VVT 后对于 2500rpm 到 3500rpm 的性能有显著的提高, 并降低了最高扭矩转速。
- 3) 进气门升程的改变对全转速范围内的性能都有较大的影响, 但是排气升程的改变只对低速性能的影响较大, 对于高转速的影响较小。
- 4) 对于歧管长度的优化和 VVT 分析的先后顺序, 对发动机的扭矩性能基本没有影响。

5 参考文献

- [1] 周龙宝,《内燃机学》, 机械工业出版社, 1999 年 6 月。
- [2] 蔡金雷, 张小燕. 增压发动机进气歧管的优化设计, 2008 年 CDAJ 中国用户论文集。
- [3] 陈家瑞,《汽车构造》, 人民交通出版社, 2005 年 8 月。