

某款发动机的性能分析及优化

拓海东 骆富贵 贺翀 康艳伟

海马轿车有限公司 发动机开发部

摘要: 利用 GT-POWER 软件对某款增压汽油发动机进行热力学性能仿真。主要进行了增压器的选取、中冷模型的建立和发动机性能的优化。并通过软件自带的 DOE 功能对进排气凸轮型线进行优化,优化后发动机性能有明显的提升。

关键词: 汽油机 GT-POWER 优化设计 性能提升

ABSTRACT: A turbocharger engine thermodynamic performance model was established by using GT-POWER software. The main tasks were the selection of the turbocharger, establishing the intercooler model and performance improvement. The intake and exhaust valve lift and Timing were optimized by using DOE of the GT-POWER software, and the results showed that the engine performance can be improved through the optimization of the intake and exhaust valve lift and Timing.

Key words: Turbocharger Engine GT-POWER Optimization Design Performance Improvement

1 概述

废气涡轮增压技术是提高发动机动力性、经济性的一种有效方法。要实现这一目标,必须使发动机与涡轮增压器实现良好的匹配。传统的试验方法周期长且成本高,采用先进的模拟仿真技术可以大大减小试验次数,缩短开发周期、降低成本。

本文是在公司现有的某款增压发动机基础上,开发一款降功率版本的增压发动机,此款发动机的结构参数与现有增压发动机结构参数完全一样。本次仿真主要预测发动机性能,并对增压器选型、凸轮型线进行优化,主要提升发动机低速动力性能。

2 模型建立

2.1 基本参数

发动机基本参数如下表 1。

表 1 发动机基本参数

参数	数值	单位
缸数	4	-

排列方式	In Line	-
进气方式	增压中冷	-
点火顺序	1-3-4-2	-
排量	1.5	L
额定功率	100/5500	KW/rpm
最大扭矩	190/1500-4000	Nm/rpm
燃料类型	93#汽油	-

2.2 边界条件的确立

环境边界条件和空燃比按现有增压发动机试验测得数据输入。

在前期仿真分析的基础上增压器选择流量选取稍微小一点的型号。压气机型号：C1541A24R77，涡轮机型号：T2438A23R84。

节气门流量系数的选取：通过流体分析得到流量系数，由于只进行全负荷计算，所以只选取了全开时的流量系数。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，按照现有增压发动机试验测到的数据输入。

中冷的温降和压降参考现有增压发动机的试验数据，在模型中采用一个 PID 控制器控制中冷前后的压降。

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。发动机机体的管路传热采用了第一类边界条件，也就是在不同工况、不同位置下输入不同的管路壁面温度。

依据相关图纸及试验数据建立及标定仿真模型。仿真模型主要由进气系统、气缸、曲轴箱和排气系统组成。

由于进排气歧管的形状比较复杂，首先使用三维造型软件建立管内腔的模型，然后将生成的 stl 文件导入 GT-power 附带的离散化工具 GEM3D 进行离散化，最后将生成的 dat 文件导入模型中，其余形状相对简单的部分则通过参考相关图纸并利用软件提供的模板直接构建。

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。

由于我们有试验测到的增压发动机缸压曲线，我们运用燃烧模型把缸压曲线转换成放热率曲

线；而此模型缸内的燃烧模型也采用放热率曲线模型，此放热率曲线是在现有增压发动机放热率曲线的基础上进行修正的，以达到准确的计算结果。

缸内气体与缸壁的传热模型参考现有增压发动机模型，采用半经验半理论的 Woshni 模型。

2.3 发动机模型的建立

根据以上主要参数和边界，建立模型如图 1 所示。

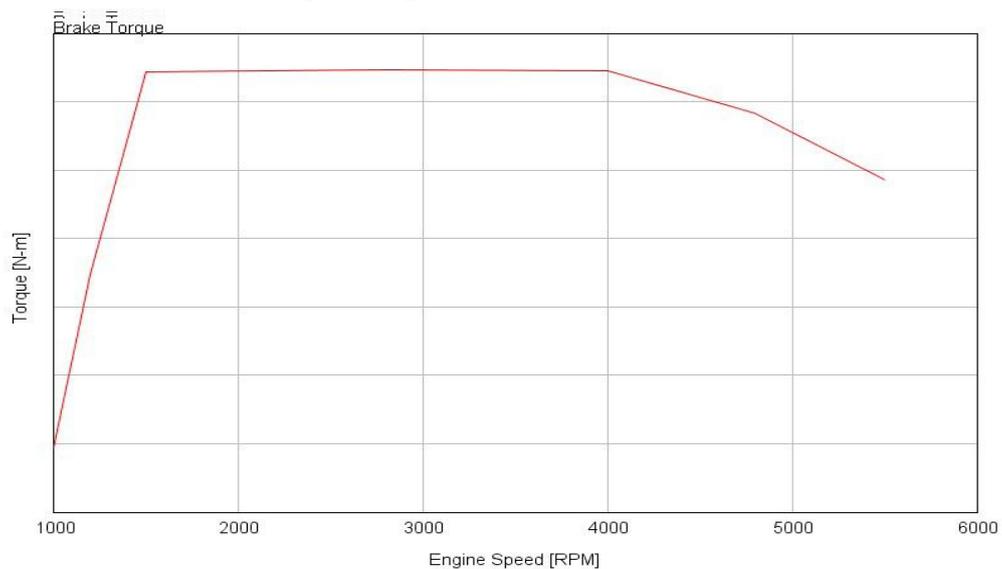
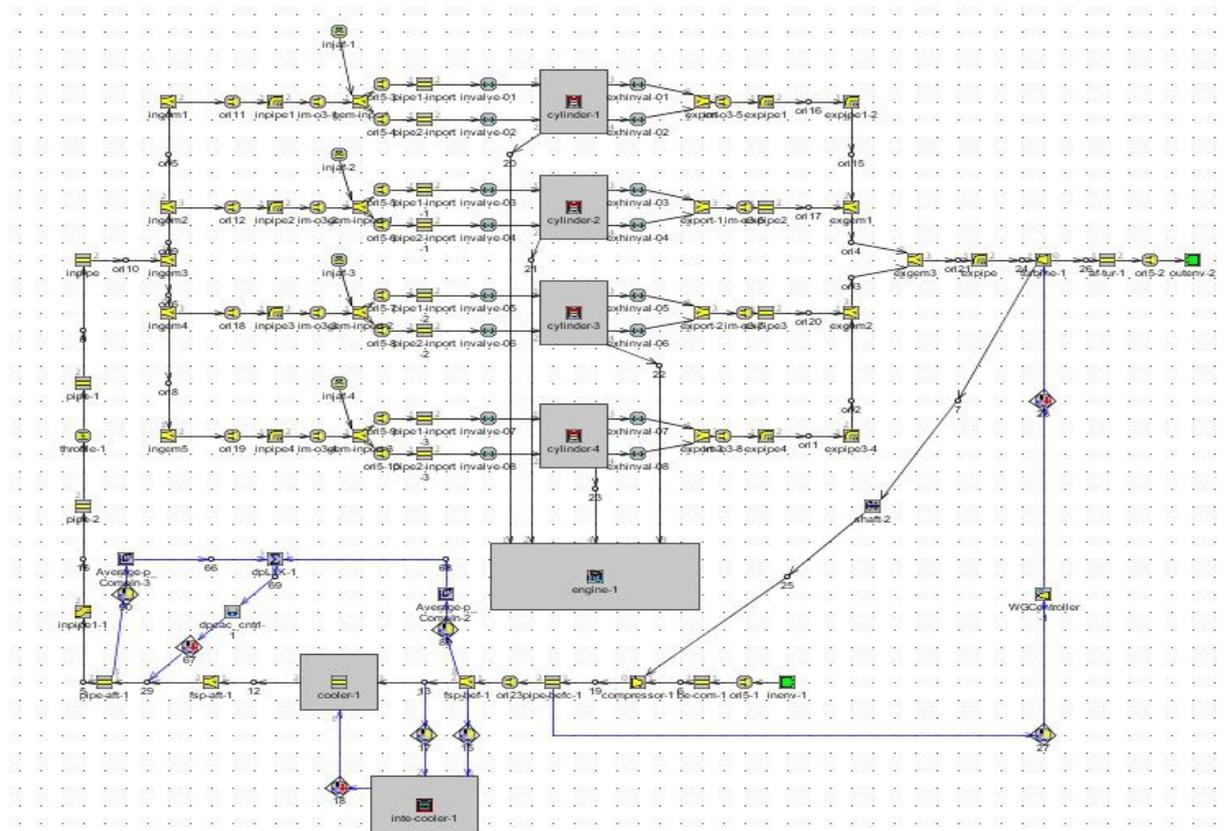


图 2 扭矩图

◆ 发动机在 1000rpm 时扭矩 130Nm;

- ◆ 发动机在 1500rpm 时达到峰值扭矩 190Nm;
- ◆ 发动机在 1500-4000rpm 时扭矩最大 190Nm。

(2) 发动机的功率如下图 3 所示。

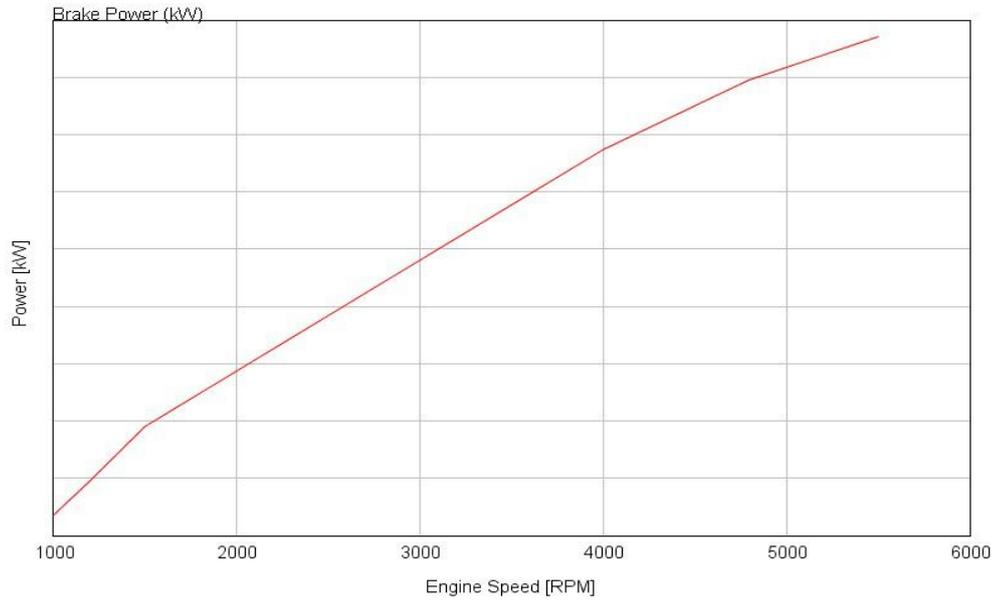


图 3 功率图

- ◆ 发动机的功率在 5500rpm 时达到最大 100KW。

(3) 发动机油耗如下图 4 所示。

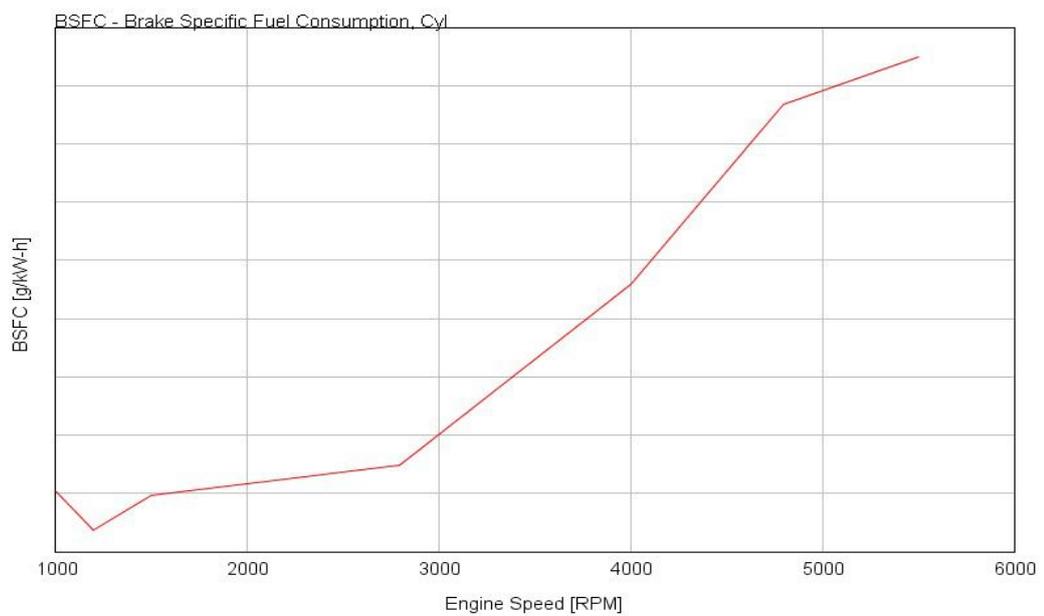


图 4 油耗图

(4) 发动机与增压器匹配结果如下图 5 所示。

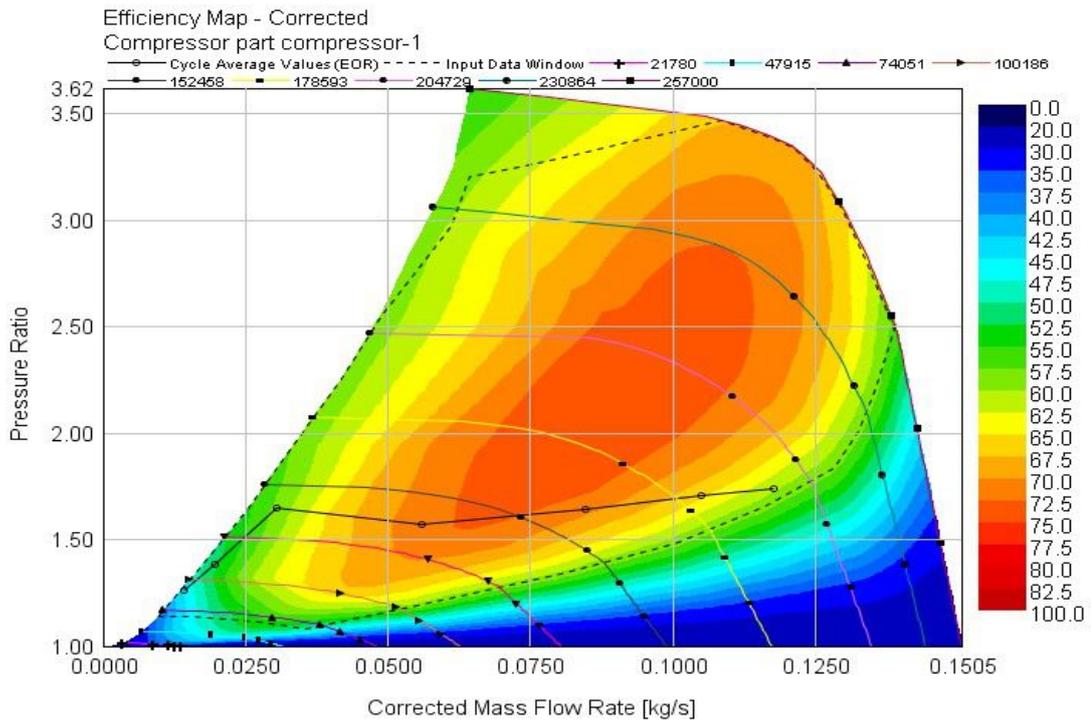


图 5 联合运行线

由上图看出发动机与增压器联合运行线还是比较合理的，既没有喘振也没有阻塞，并且裕量也比较多，由于发动机是低扭矩版本，运行线穿过高效区不是特别多，但整体还是合理可信的。

(5) 增压器转速如下图 6 所示。

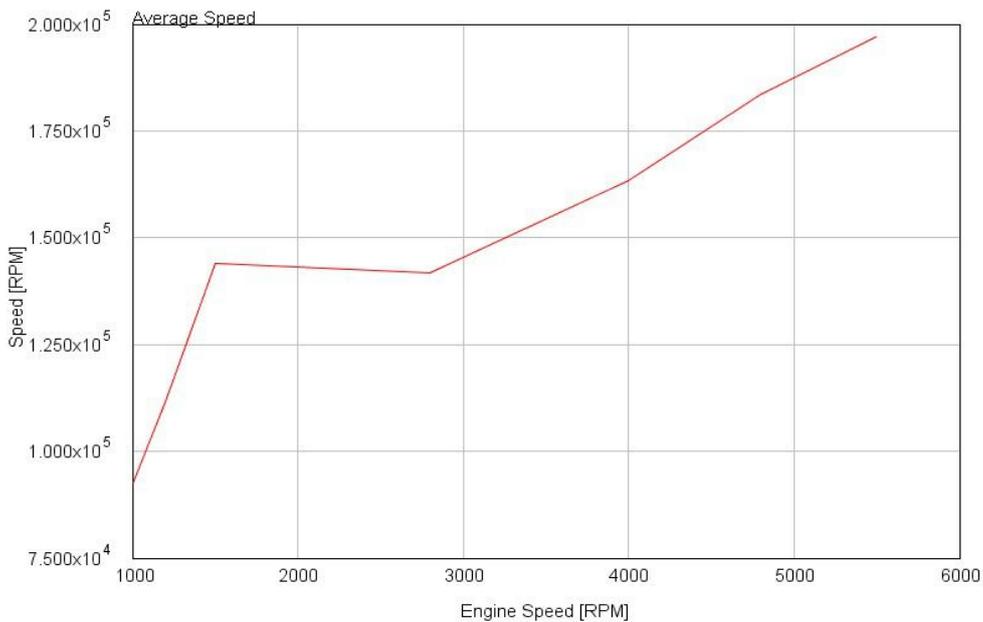


图 6 增压器转速

由上图可以看出增压器转速在合理的范围内，没有超出增压器设计转速范围。

(6) 涡轮进口温度如下图 7 所示。

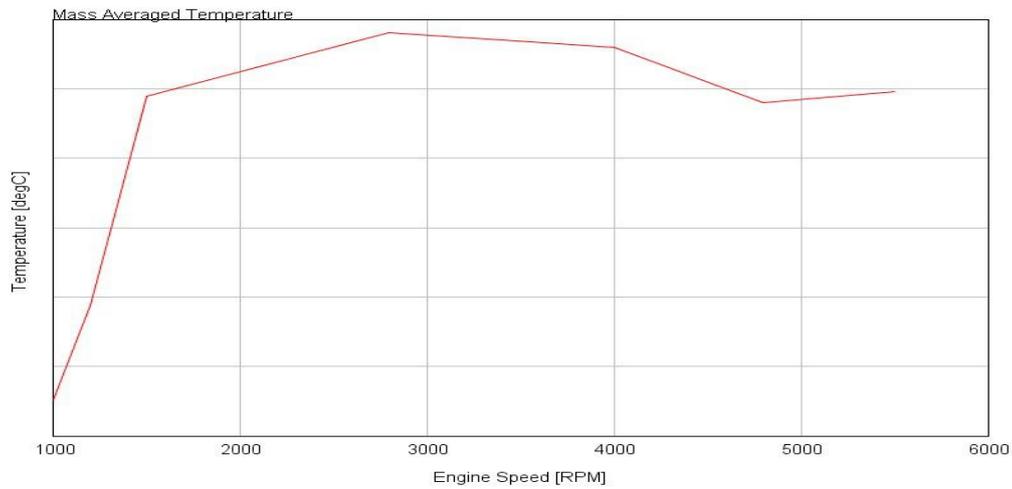


图 7 涡轮机进口

由上图可以看涡轮进口温度都低于 930°C，在合理的范围内。

4 发动机性能的优化

由于是在原有增压发动机基础上进行优化，本次优化只考虑进排气凸轮型线的优化。发动机在不同的工况下对气门升程以及配气相位的要求是不同的。低速时，采用较小的气门叠开角以及较小的气门升程，防止出现缸内新鲜充量向进气系统的倒流，以便增加低速扭矩，提高燃油经济性；高速时，应具有最大的气门升程和进气门迟闭角，以最大程度的减小流动阻力，并充分利用过后充气，提高充量系数，满足发动机高速时的动力要求。

本次优化是在上述模型的基础上，对发动机进排气凸轮型线进行优化。运用 GT 自带的 DOE 功能进行优化设计。通过软件自带的 DOE 功能，将进气阀工作包角、升程和排气阀工作包角和升程，以及配气正时进行优化。优化的主要目标是提升发动机的低速扭矩，同时要保证高速功率。

优化后扭矩结果如下图 8 所示。

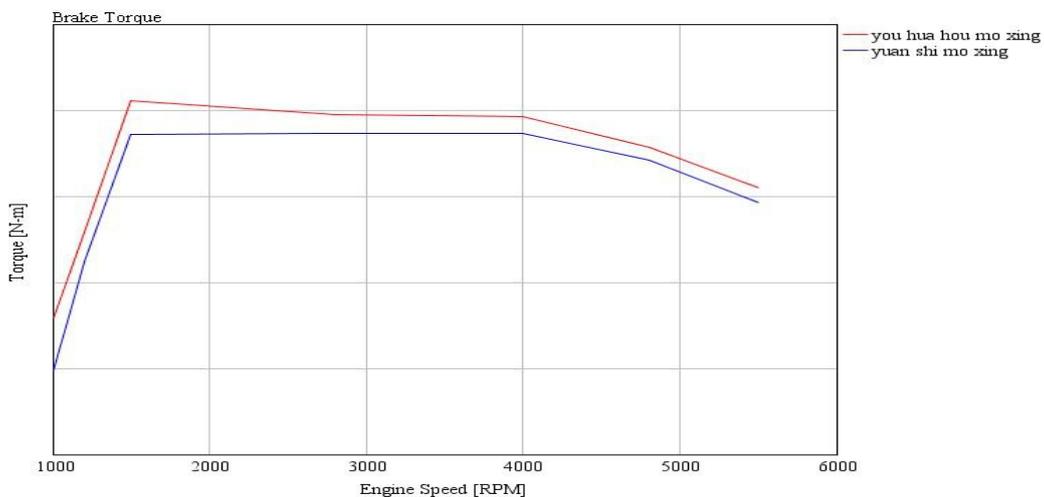


图 8 优化后扭矩结果

优化后进气量如下图 9 所示。

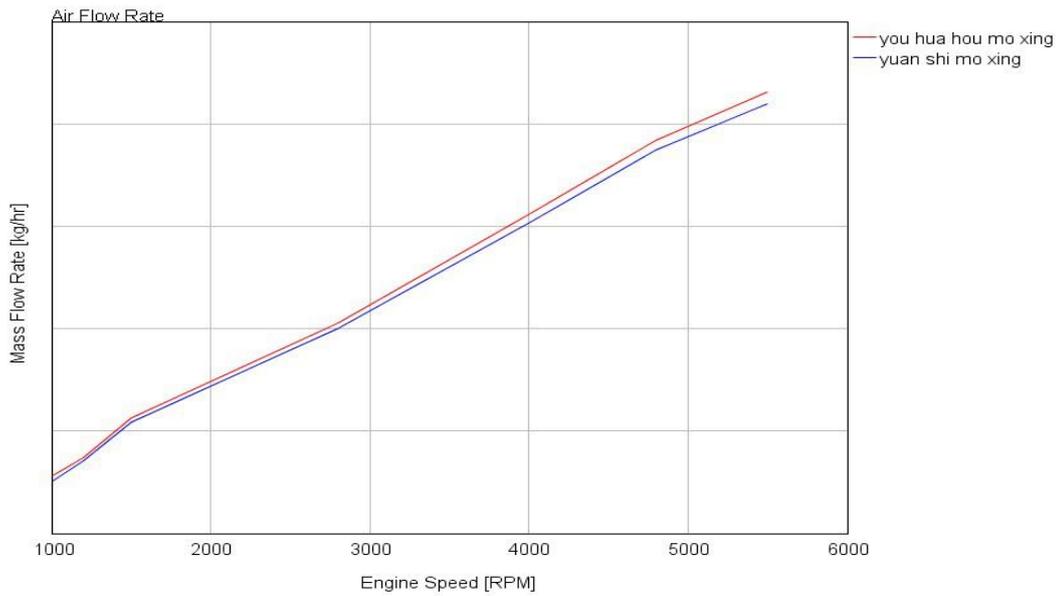


图9 优化后进气量结果

由上述两图看出，进排气凸轮型线优化后发动机进气量明显增加，扭矩也随之提高。

5 结论

- 1 利用 GT-power 建立发动机模型，进行相应的仿真计算，为后续发动机的开发提供参考；
- 2 利用 GT-power 进行增压器选型分析计算，选择合适的增压器；
- 3 对发动机进排气凸轮型线优化后，发动机性能明显提高。

6 参考文献

- [1] 周龙宝，《内燃机学》，机械工业出版社，1999年6月
- [2] 陈家瑞，《汽车构造》，机械工业出版社，2009年1月
- [3] GT-SUITE 帮助文档