

基于 GT-SUITE 的某增压发动机动力性提升分析

The research of increasing power for a turbocharged engine by

GT-SUITE

贺翀 拓海东 杨文乐 康艳伟

(海马汽车有限公司, 河南郑州)

摘要: 动力性是发动机重要的性能指标。本文利用 GT-SUITE 建立某量产增压发动机的仿真模型, 进行性能仿真分析并与试验结果进行对比。在此模型的基础上, 通过优化进排气凸轮型线、采用进排气双 VVT、优化增压器等措施来提升发动机的动力性。仿真结果显示, 优化后发动机的最大扭矩可提升 25Nm。

关键词: GT-SUITE、发动机、凸轮型线、增压器、动力性

Abstract: Power is an important performance index of the engine. This paper uses GT-SUITE to establish a simulation model of a turbocharged engine for performance simulation, and comparison with the test data. Based on this model, improving the engine power by optimization the intake and exhaust cam profile, intake and exhaust timing, and turbocharger. The simulation results show that the maximum torque can be increase 25Nm.

Keywords: GT-SUITE, engine, cam profile, turbocharger, power

1. 概述

动力性是车辆性能的重要评价指标, 车辆的动力性来源于发动机的动力性, 提升发动机的动力性是提升整车动力性最有效的办法。能较好的提升发动机的动力性, 且对发动机改动小, 周期短的措施通常有优化进排气歧管、进排气凸轮型线、进排气配气正时和增压器等。本文在不改变原发动机整体尺寸的前提下只通过优化进排气的凸轮型线、进排气配气正时和增压器的途径来提升发动机的动力性。

2. 模型建立及校核

用 GT-SUITE 软件搭建某款 1.5L 增压发动机的模型, 计算分析其性能。并用试验结果对模型进行校核。

2.1 发动机的基本参数

发动机的基本参数见表 1。

3. 表 1 某发动机参数表

参数	数值	单位
缸数	4	—
排列方式	直 列	—
进气方式	增压中冷	—
点火顺序	1-3-4-2	—
排量	1.497	L
额定功率	110	kW
最大扭矩	210	Nm

2.2 模型建立

依据此发动机的参数搭建 GT-SUITE 仿真模型如图 1 所示。

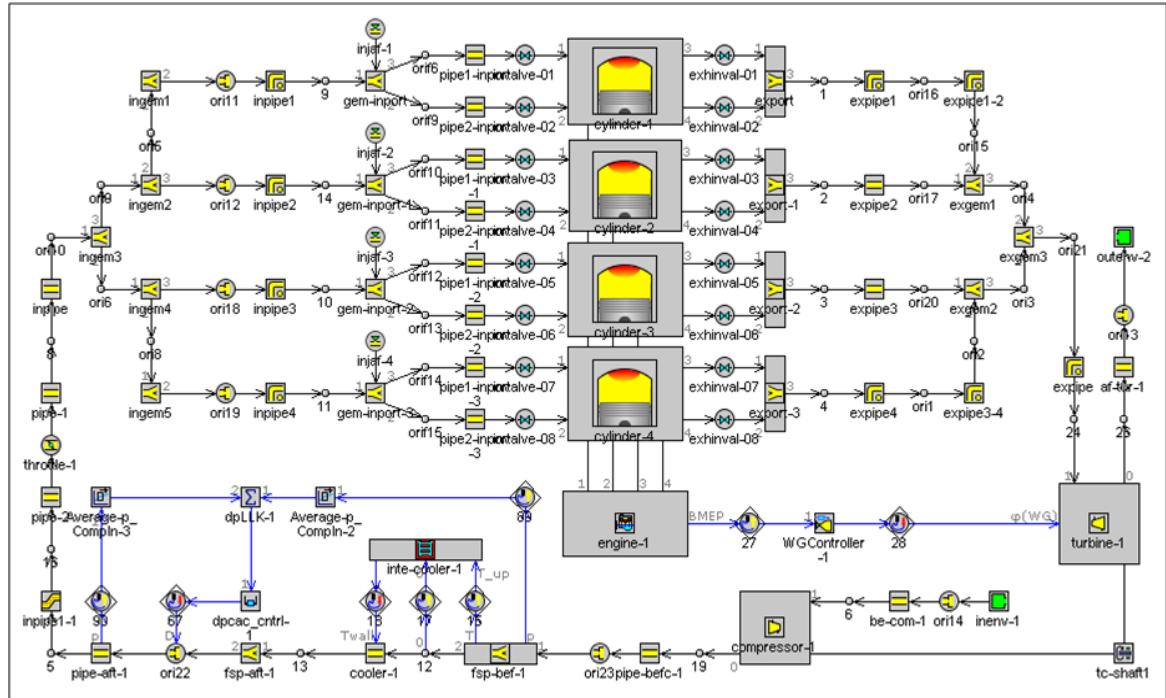


图 1 发动机 GT-SUITE 模型

2.3 仿真结果与试验结果对比

计算结果与试验结果对比如图 2 和图 3 所示。从图中可以看出仿真结果与试验结果非常接近，说明仿真结果合理可信，偏差均在 2% 以内，精确度较高，可以用于进一步的分析计算。

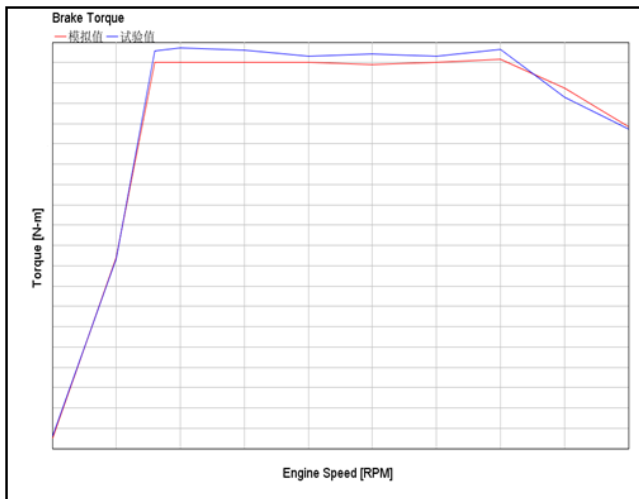


图 2 扭矩仿真结果与试验值比较

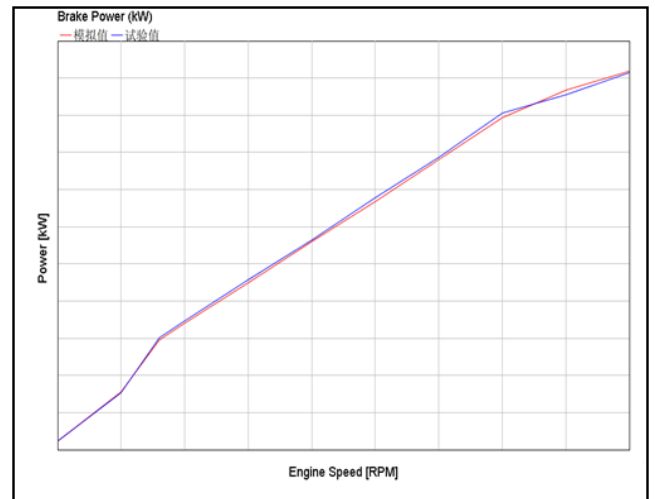


图 3 功率仿真结果与试验值比较

3. 凸轮型线优化

凸轮型线直接控制着发动机进排气气门的开启持续期和最大升程,合理的气门开启持续期和最大升程会使发动机在换气过程中减小能量损失,增加缸内进气量,从而提升发动机的性能。凸轮型线的优化一般从优化型线的包角和最大升程两个参数着手,本文同样优化这两个参数。

3.1 进气凸轮型线优化

进气凸轮型线的好坏直接影响着发动机的进气量。在原进气凸轮型线包角和升程的基础上调整包角系数和升程系数,由于要提升发动机的低速性能,所以进气型线的包角不宜太大,包角系数从 0.9 到 1.0 每隔 0.02 取一个值;包角小升程大的型线运动学和动力学指标难以达到,所以升程系数也从 0.9 到 1.0 每隔 0.02 取一个值;使用包角系数和升程系数后,新的包角和新的升程两两组合做 DOE 全排列计算,进气型线包角系数和升程系数取值见表 2。值得注意的是在计算前要设置一个期望的性能目标值,这里以 BMEP 值作为性能目标,比原机型提升 2.1bar。

表 2 进气凸轮型线包角系数和升程系数取值

包角系数	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
升程系数	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00

部分转速目标参数与设计变量的关系如图 4 所示。从计算结果中得出 1800rpm 到 4500rpm 区间内所有组合均能满足设计要求且,且差别不大;1000rpm 时的 BMEP 值差别较大,5000rpm 时的涡前压力差别较大。综合考虑 1000rpm 时的 BMEP 值和 5000rpm 时的涡前压力值,选择包角系数 0.96,升程系数 1.00,作为新进气凸轮型线的参数。

3.2 排气凸轮型线优化

同样在原排气凸轮型线包角和升程的基础上调整包角系数和升程系数,包角系数从 0.9 到 1.0 每隔 0.02 取一个值,升程系数也从 0.9 到 1.0 每隔 0.02 取一个值;使用包角系数和升程系数后,新的包角和新的升程两两组合做 DOE 全排列计算,排气型线包角系数和升程系数取值见表 3。同样 BMEP 值提升 2.1bar。

表 3 排气凸轮型线包角系数和升程系数取值

包角系数	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
升程系数	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00

部分转速目标参数与设计变量的关系如图 5 所示。同样从 1800rpm 到 4500rpm 区间内所有组合均能满足设计要求且,且差别不大;1000rpm 时的 BMEP 值差别较大,5000rpm 时的涡前压力差别较大。综合考虑 1000rpm 时的 BMEP 值和 5000rpm 时的涡前压力值,选择包角系数 0.96,升程系数 0.94,作为新进气凸轮型线的参数。

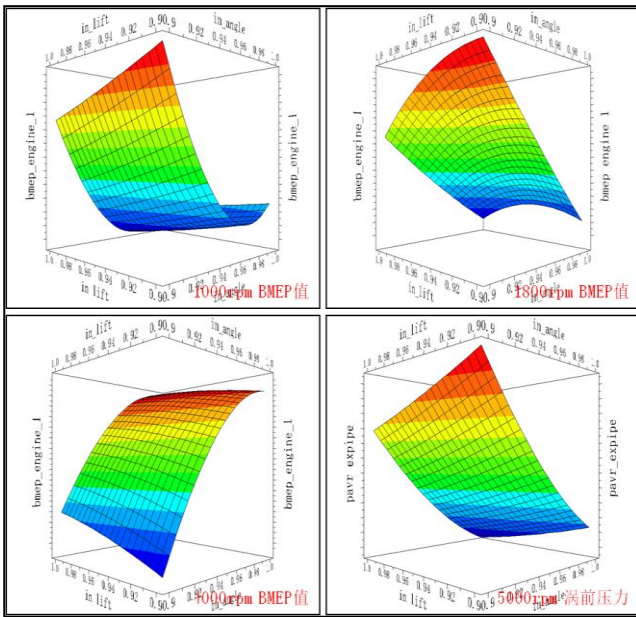


图 4 进气凸轮型线部分优化结果

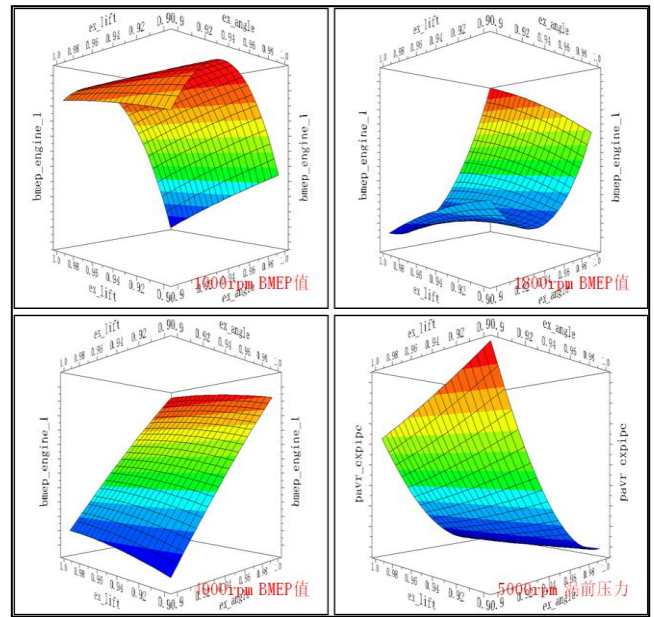


图 5 排气凸轮型线部分优化结果

3.3 配气正时优化

采用了新的进排气凸轮型线，且发动机由原来的单进气 VVT 改为进排气双 VVT，所以需要重新优化进排气配气正时。同样采用 DOE 全排列计算，以气门开启时刻为依据，进气门开启时刻从 310° 到 360° 每隔 5° 取一个值，排气门开启时刻从 130° 到 180° 每隔 5° 取一个值。配气正时取值表见表 4。

表 4 进排气配气正时取值

进气门开启时刻	310°	315°	320°	...	350°	355°	360°
排气门开启时刻	130°	135°	140°	...	170°	175°	180°

部分转速目标参数与设计变量的关系如图 6 所示。从计算结果中发现，不同的进排气配气正时对发动机的性能影响较大，但总的趋势还是低速时进气门开启早，排气门开启晚；高速时进气门开启晚，排气门开启早。同样低速部分侧重考虑发动机的 BMEP 值，高速部分在考虑 BMEP 值的同时需要兼顾涡前压力值，涡前压力不能太高。综合考虑确定各转速下的进排气配气正时，为试验提供参考依据。

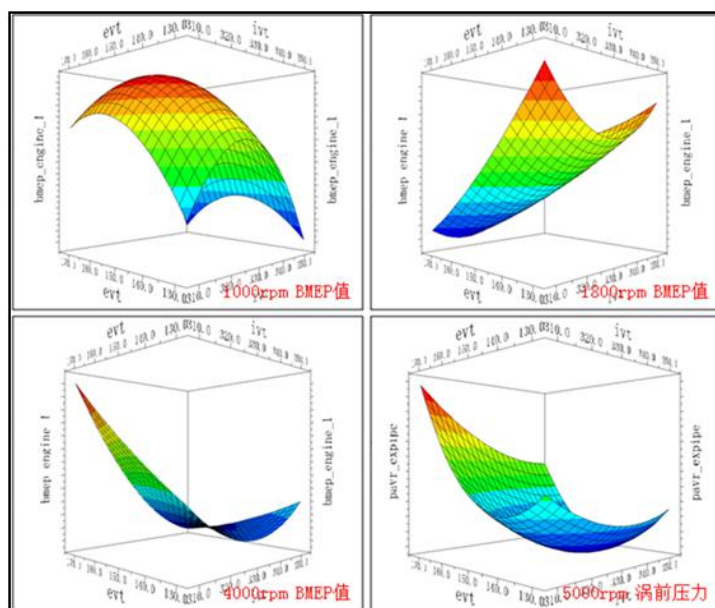


图6 配气正时优化结果

3.4 本章小结

优化进排气凸轮型线及配气正时后，发动机的动力性明显提升。优化前后进排气凸轮型线对比如图7所示，发动机性能对比如图8所示。与原发动机性能相比 1000rpm 到 4000rpm 区间的扭矩值均提升了 25Nm 左右，但最大功率值降低了 5kW。

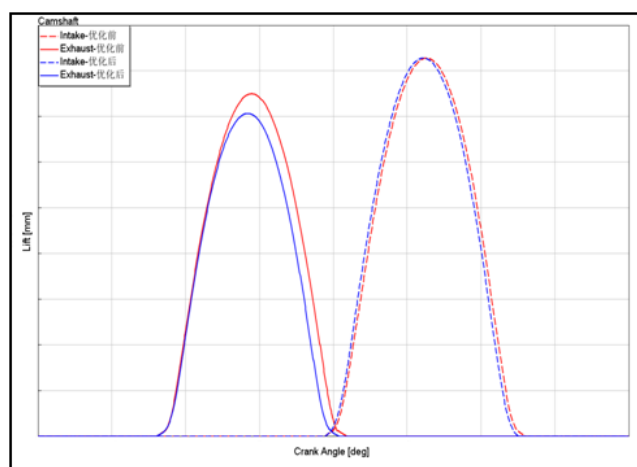


图7 优化前后进排气凸轮型线比较

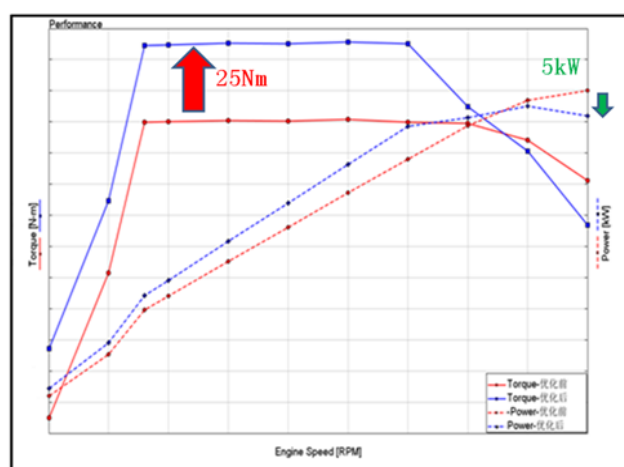


图8 优化前后发动机性能比较

4. 增压器优化

优化增压器同样可以显著的提升发动机的动力性，从计算结果中发现上述优化过程采用的增压器中压气机裕度适中，所以这里只更换一个相对较小的涡轮机来计算发动机的性能。采用相对较小的涡轮机虽然低速性能可以提升，但高速部分功率值下降迅速，且涡前压力在 105kW/5000rpm 时已经达到 3.8bar，不满足设计要求。所以仍采用原增压器。采用两增压器

的发动机运行线和涡前压力如图 9、图 10 所示

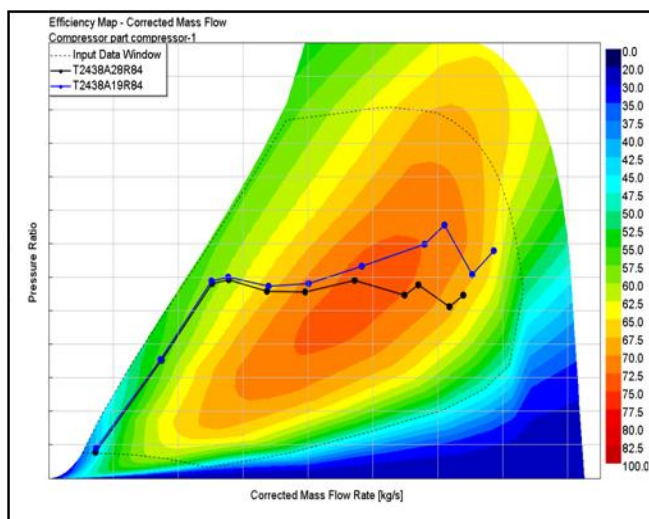


图 9 两增压器的发动机运行线

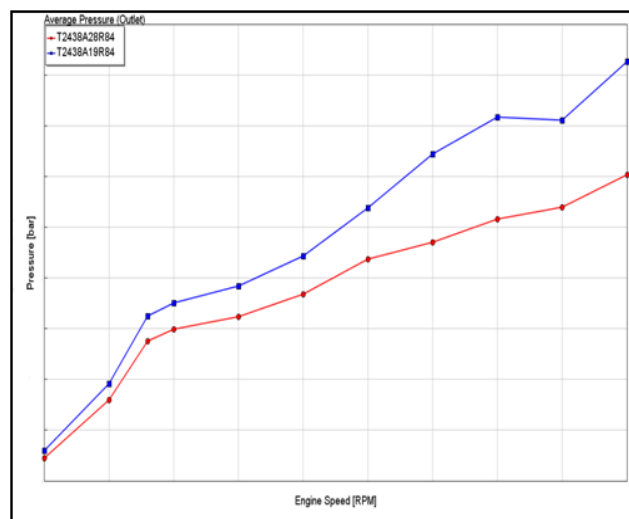


图 10 两增压器涡前压力比较

5. 结论

本文利用 GT-SUITE 软件搭建了某 1.5L 增压发动机的仿真模型，并与试验数据相比较，发现仿真结果与试验结果相差约 2%，模型精确度高。在此模型的基础上通过优化进排气凸轮型线，优化进排气配气正时和优化增压器的途径使发动机在改动小的前提下很大程度的提升了动力性，其 1000rpm 到 4000rpm 区间，扭矩均提高了 25Nm 左右，最大功率下降约 5kW 左右，满足设计要求。通过本次发动机优化仿真分析，总结如下：

- 1) 凸轮型线、配气正时和增压器对发动机性能影响较大，且对发动机改动较小，在优化发动机性能时可以首先考虑优化凸轮型线、配气正时和增压器。
- 2) 采用 GT-SUITE 搭建的模型具有很高的精确度，可以为试验设计提供较多可信的参考。

6. 参考文献

- [1] 周龙保，刘翼俊，高宗英，内燃机学[M]，机械工业出版社，2005
- [2] 张翼，苏铁雄，发动机设计讲义[M]
- [3] GT-SUIT 帮助文档