

基于 GT-Power 进行 VGT 增压器和某 2.0L 柴油机匹配的研究

The study on matching VGT turbo charger with a 2.0L diesel engine

徐洋^{1,2} 邱腾蛟^{1,2} 刘亚奇^{1,2} 李东辉^{1,2}

(1. 长城汽车股份有限公司技术中心, 河北 保定)

(2. 河北省汽车工程技术研究中心, 河北保定市)

摘要: 本文应用 GT_POWER 软件针对某柴油发动机建立仿真模型, 输入准确的结构参数和边界条件, 根据发动机性能目标进行性能预测, 选择合适的 VGT 增压器。同时通过仿真的手段, 选择不同工况下的 VGT 开度, 进行试验验证。

关键词: GT_POWER, 增压器匹配, VGT 开度

Abstract: Used the GT-power software to build the simulation model of the diesel engine, and input the structure data and boundary data .Then predict the engine performance based on the target, and choose the suitable turbo charger. At the same time, by simulation, we can define the different opening control of the VGT, and verified the results by testing.

Key words: GT-Power、Diesel engine、VGT

1. 前言

近年来, 能源危机和环境污染问题日益严峻, 对内燃机节能减排的研究具有十分重要的现实意义。由于可变截面涡轮 (VGT) 增压器技术具有低速扭矩大、瞬态响应快、适用范围广等显著优点, 得到越来越多的使用。采用 VGT 技术的涡轮增压系统核心是导流叶片, 其作用是调节涡轮截面, 在系统工作时, 废气顺着导流叶片流到涡轮叶片上, 通过叶片角度的调整达到控制流经涡轮叶片气体的流量和流速, 进而控制增压器转速。

GT_POWER 是一款很好的发动机整机性能分析仿真软件, 该软件具有相当高的计算可信度和实用价值, 可进行发动机的进排气系统优化、增压器的匹配计算等, 其计算时间短、成本低, 避免了多维模型的复杂性, 本文以 VGT 增压器和某 2.0L 柴油机匹配为例展开详细论述。

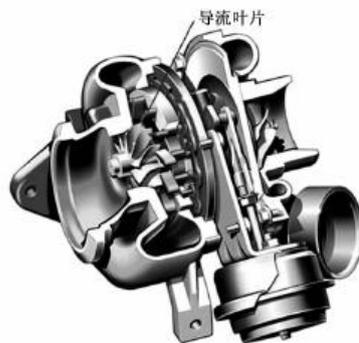


图 1 采用 VGT 技术的涡轮增压系统

2. 仿真模型的搭建

2.1 仿真模型的搭建

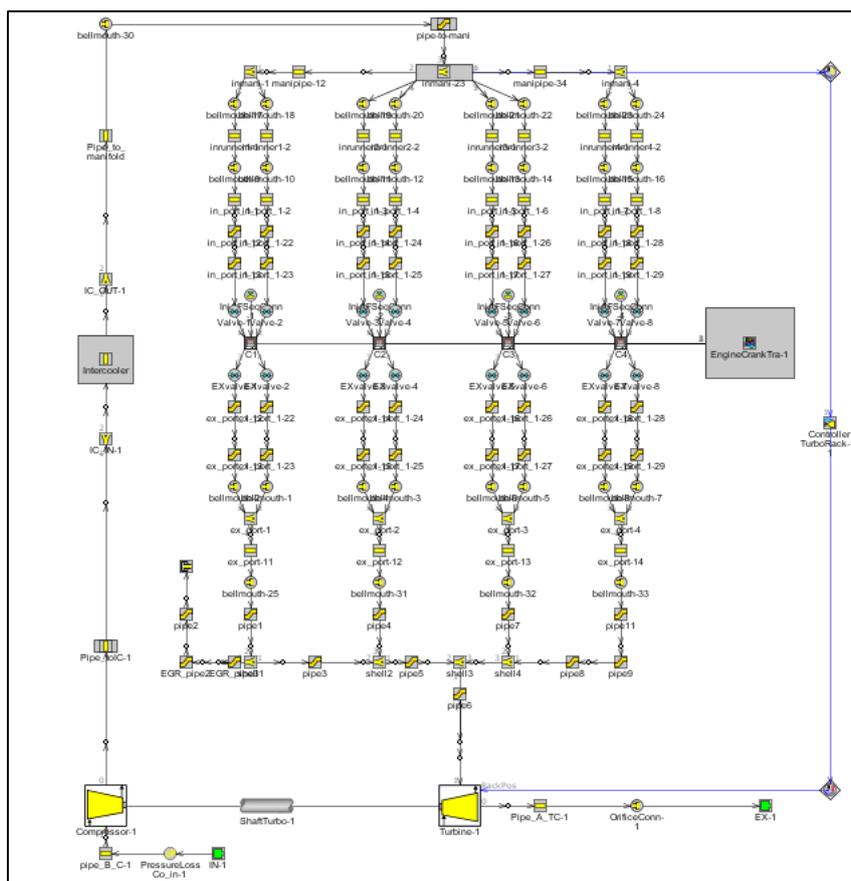
本文研究的对象为某 2.0L 涡轮增压柴油发动机，采用 Gamma 公司的热力学计算仿真软件 GT-Power 进行仿真模拟计算。其基本参数如表 1 所示，本次仿真针对外特性工况点 1000rpm_wot、1200rpm_wot、1500rpm_wot、2000rpm_wot、2500rpm_wot、4000rpm_wot 进行计算，研究不同 VGT 增压器匹配该发动机时的动力性表现。

发动机的进排气管路尺寸均由 GEM3D 前处理软件进行离散获得，燃烧放热率、气道流量系数、喷油量、气门升程曲线等一系列参数通过实验获得。基于上述参数搭建发动机一维仿真模型。如图 2 所示。

表 1 发动机基本参数表

项目	参数
排量	2.0L
压缩比	16.2: 1
缸径	83.1mm
行程	92mm
进气形式	VGT 增压
供油方式	缸内直喷

图 2 1-D 热力学仿真模型



GT-Power 作为一款先进的发动机一维仿真软件，它提供了 VGT 增压器的输入模板，通过试验测量的方式我们可以得到 VGT 增压器在不同开度下的 map 数据，把每个开度下对应的 map 数据输入到软件中进行模拟仿真计算。

2.2 仿真模型的标定

模型中所用的试验数据均为试验测得的净功率数据，对模型进行标定，其中，扭矩、进气量、中冷后压力最大误差不超过 3%，涡前压力曲线最大误差不超过 2%。说明仿真中管路结构参数数据与试验时的状态基本一致，因此搭建的一维热力学模型可被用作后期仿真计算用。

3. 仿真结果分析

使用不同的增压器匹配该发动机得到的计算结果如图 3 所示，在中高速段，两款增压器在该发动机上的表现相同，均能达到该发动机的开发目标。但在低速段，1000rpm、1200rpm，第一款增压器无法达到预期的开发目标。

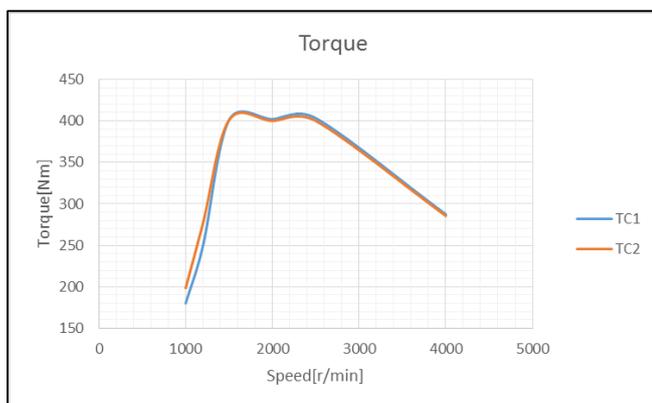


图 3 不同增压器匹配发动机性能对比

两款增压器的压端相同，将仿真计算得到的发动机各工况下的流量和压气机压比曲线放到压气机 map 上，得到联合运行线，图中可以看到，低速没有喘振，高速不会产生阻塞，因此，该增压器压气机可以满足发动机的性能目标。而 TC1 下低速段性能不达标，原因可能是由于涡端能量不够导致的。

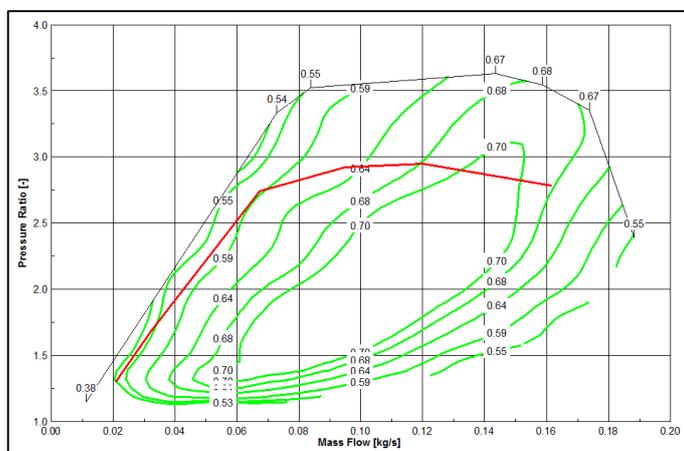


图 4 增压器联合运行线

对比两款增压器的涡端在该柴油机低速段上的表现,通过仿真计算,我们可以清楚看到,在各个工况下,增压器涡端 VGT 开度的大小。在低速 1000rpm、1200rpm,两款增压器的 VGT 开度基本都为 0,即已经无法再通过减小 VGT 开度来提高增压压力,进而提高发动机的低速扭矩。

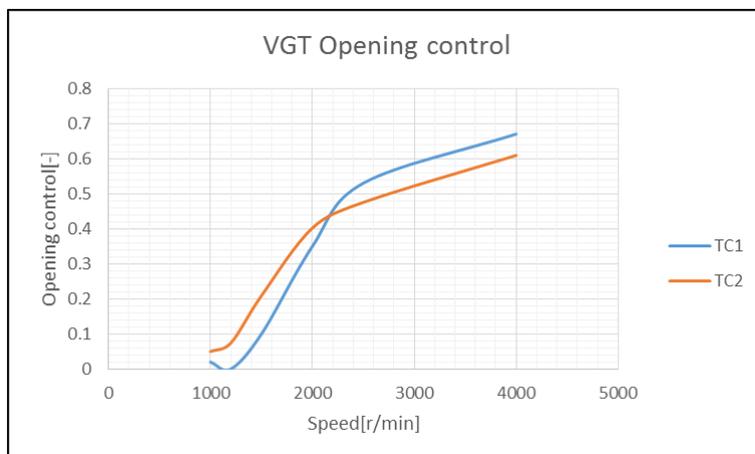


图 4 不同增压器 VGT 开度

由于低速 1000rpm、1200rpm 外特性时,增压器 VGT 开度均为 0,因此,需要对比在 0 开度的时候,两款增压器涡端的性能。图 5 对比了两款增压器涡端在 VGT 开度为 0 时的 map 数据。横坐标是修正后的进气流量,纵坐标是效率。可以看到两个涡端在进气流量相同的情况下,TC1 的效率要低于 TC2 的效率。

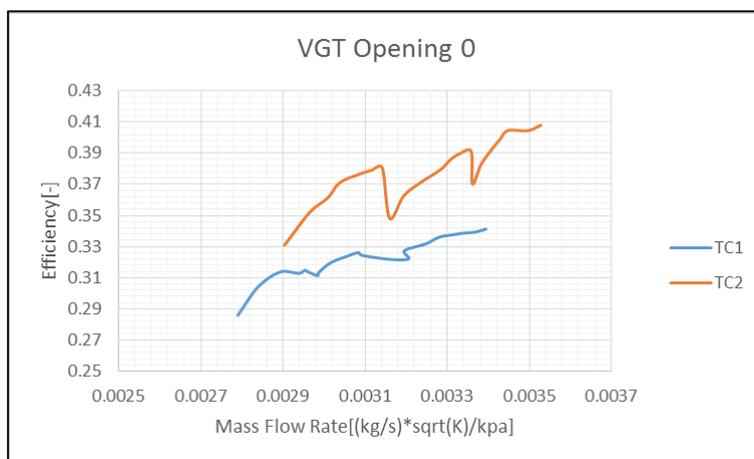


图 5 VGT 开度 0 时对比

增压器涡端效率低,说明涡端能量利用率低,因此不能将涡端能能量更有效的传递到压端,导致相同的涡端能量下,TC1 匹配的发动机进气压力低,无法达到性能目标。若要满足开发目标,需要提高进气压力,这就需要压端提供更大的压比,因此在涡端就需要更大的能量。

试验发现,使用 TC1 匹配发动机,在 1000rpm、1200rpm 外特性工况,增加喷油量或者推迟喷油角度以增加涡端能量,依然不能有效地提升低速性能,而且,烟度也已经接近边界限值。

因此,若要有效的提高 TC1 匹配发动机的低速性能,需要优化涡端的效率。首先从仿真的角度,使用 GT-Power 对涡端效率进行优化,分析涡轮机效率对发动机性能的影响。GT-Power 在对增压器定义的时候,加入了涡轮机效率系数,通过修改该系数,调整涡轮机工作时的效率。本次仿真针对 TC1 涡端效率进行计算,工况点选择无法满足性能目标的 1000rpm 外特性点,效率系数定义由 0.9—1.1 中取 10 个点进行 DOE 计算。

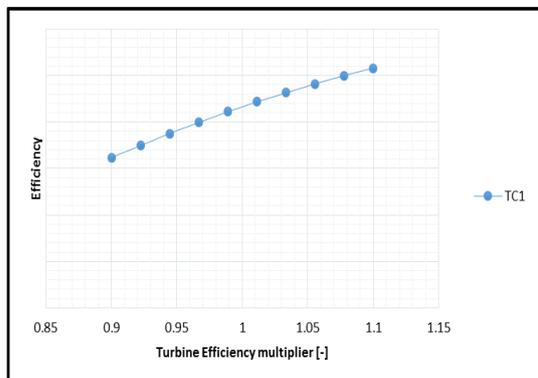


图 6 效率

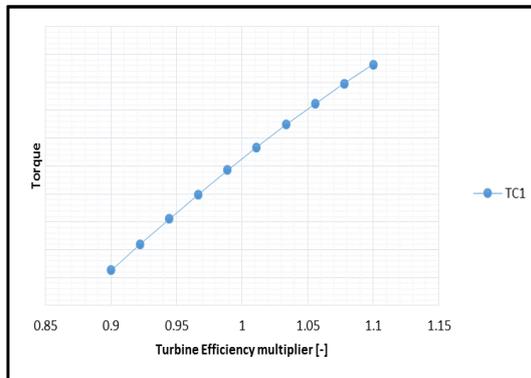


图 7 扭矩

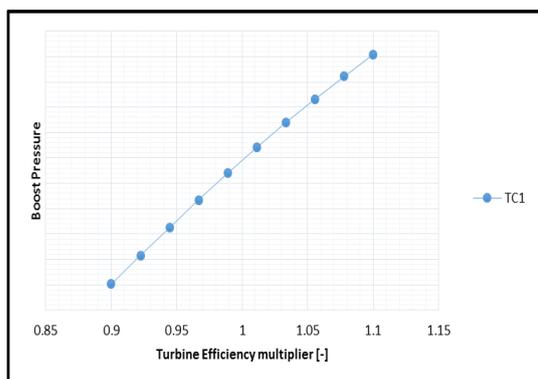


图 8 增压压力

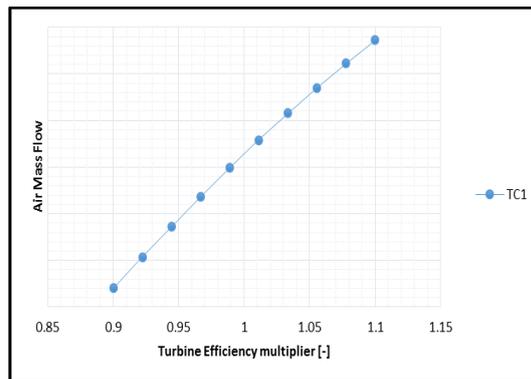
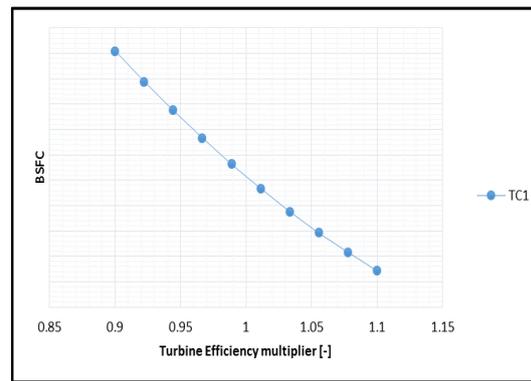
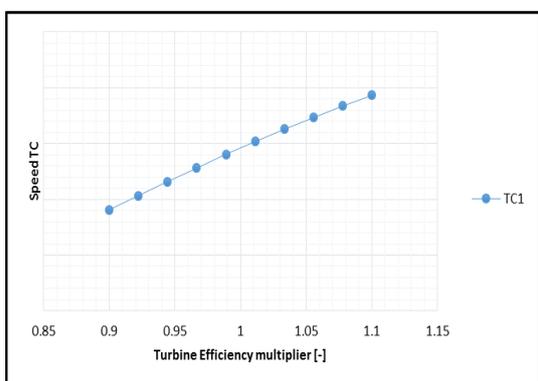


图 9 进气量



上图展示了本次仿真的计算结果,结果显示,提高增压器涡端的效率,可以有效的提高涡端能量的利用率,增压器转速因此提高,进而提高增压压力,使发动机获得更多的进气量,扭矩也会随之升高。同时,增压器效率的提高,使得发动机能量损失减小,油耗也会有一定程度的改善。因此,建议 TC1 优化方向为提高涡端的效率。可以通过减小增压器轴承的转动惯量,减小涡轮直径,检查涡轮机漏气量等等。

4. 总结

1、本文针对 VGT 增压器和某 2.0L 柴油机匹配进行仿真计算, 仿真结果可以准确的评估增压器是否能满足发动机开发目标, 并且直观的分析增压器在发动机各个工况下的 VGT 开度, 缩短后期台架标定工作周期。

2、增压器涡端效率对发动机性能有很大的影响, 涡端效率的提高可以使涡端能量利用率更高, 因此, 在相同的涡端能量下, 压气机获得的能力就更大, 这样发动机就可以获得更大的增压压力, 对于发动机性能的提升有很大影响。

3、通过 GT-power 软件对发动机进行分析, 可以有效的帮助我们发现问题, 和解决问题。通过优化的手段可以找到解决问题最优方案, 为发动机开发提供有力的科学依据, 这对我们的工作有重要的意义。

5. 参考文献

- [1] 周龙保. 内燃机学. 机械工业出版社. 2005
- [2] GT_POWER User Guide
- [3] 刘峥, 王建昕. 汽车发动机原理教程. 清华大学出版社. 2001