

基于 GT-power 的发动机涡轮增压器选型匹配研究

The research of matching of turbocharger

based on GT-power

刘小平 胡国锐 魏丕勇 马伟

(北汽福田汽车股份有限公司, 北京, 102206)

摘要: 本文应用GT-power软件建立某型废气涡轮增压四缸汽油机的计算分析模型, 完成概念设计阶段三个方案的增压器的匹配分析及高原性能分析, 并着重指出了增压器匹配时要关注的问题, 为后续发动机性能及热力学开发提供重要的理论依据, 从而大大减少试验开发的工作量和费用, 加快开发进度。

关键词: 汽油机 增压器 匹配 GT-power

Abstract: The calculation model of a four cylinder gasoline engine with turbocharger is set up, and matching of three version turbochargers and high altitude performances are performed. Some key things needed to be pay attention are summarized. The research can provide the references of the thermodynamic development and reduce time and cost of test bench.

Key words: gasoline; turbocharger; matching; GT-power

1 前言

本分析应用 GT-power 软件建立某型增压中冷四缸汽油机热力学模拟仿真分析模型, 并根据标杆机试验数据对计算模型输入进行校正, 模拟计算三个增压器方案的外特性各工况点下的热力学性能指标, 并对相关的性能参数做了对比分析, 分析外特性是否能够满足的性能指标, 评价匹配的可行性, 最终选定匹配最优的增压器, 给出发动机外特性及运行情况, 指导后续发动机性能开发。

主要结构参数如表 1 所示:

表 1 汽油机特征参数

序号	名称	参数
1	排量	1.998L
2	特征	直列四缸、增压中冷
3	燃油型号	RON93
4	压缩比	8.8
5	缸径	86mm
6	行程	86mm
8	连杆长度	135mm

12	额定功率	130kW/5500rpm
13	最大扭矩	245-255Nm/1750-4000rpm

2 发动机建模与数据输入

2.1 计算分析模型

计算分析模型如图 1 所示。气体从进气系统的环境边界，流经空气滤清器、压气机、中冷器、节气门、进气歧管，进气道，进入气缸，燃烧后，废气通过排气道、排气歧管、涡轮器、前后催化器、副主消声器流出排气系统的环境边界。

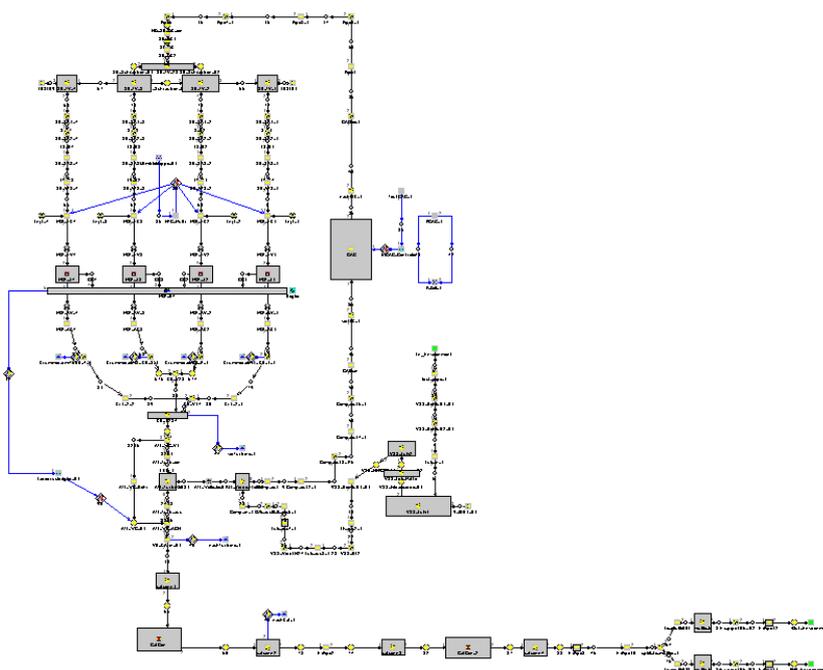


图 1 分析模型

2.2 主要输入参数

主要的发动机基础参数包括：发动机主要几何结构参数，进排气道流量系数，发动机摩擦功，燃烧放热数据，进排气门升程曲线，燃烧数据。

(1) 气道流量系数

采用气道实测的进、排气道流量系数，数据如下图。

进气道流量系数参考直径 ϕ 33mm，排气道流量系数参考直径 ϕ 29mm。

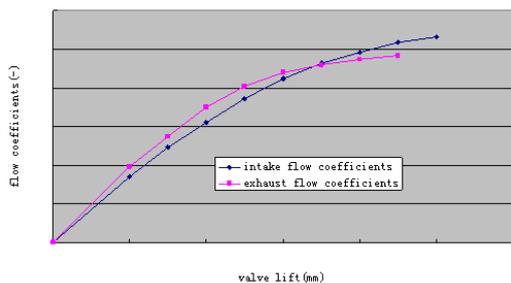


图 2 进、排气道流量系数

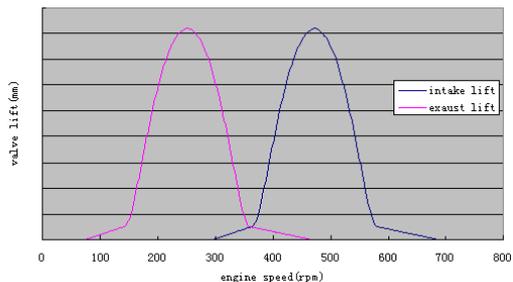


图 3 气门升程曲线

(2) 气门升程和初始配气相位

进、排气凸轮升程型线，进气门最大升程 8.2mm；排气门最大升程 8.2mm，气门升程型线如图 3 所示。进气门间隙 0.25mm，排气门间隙 0.3mm。分析模型的初始配气相位标杆样机的初始相位。

分析模型中进气 VVT 转角范围应考虑凸轮转角的误差及包含公差和受热变形的影响。

(3) 发动机的摩擦功

通过原机倒拖功曲线计算的 FMEP，数据如图 4 所示。

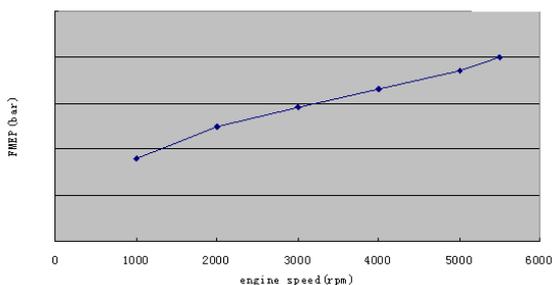


图 4 FMEP 曲线

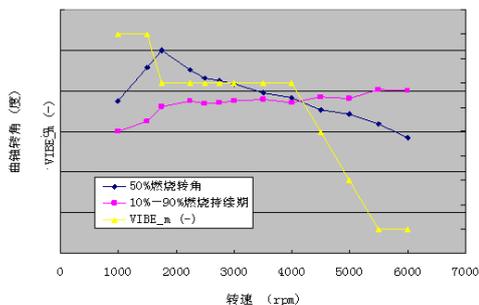


图 5 燃烧模型参数

(4) 燃烧数据

燃烧模型使用 Wibe 模型，燃烧参数由试验数据所得，参数见图 5。

(5) 增压器方案

涡轮增压器有三个方案：方案一、方案二和方案三，要求对三个方案的增压器作匹配分析，评估增压器对整机性能的影响。

(6) 计算的条件

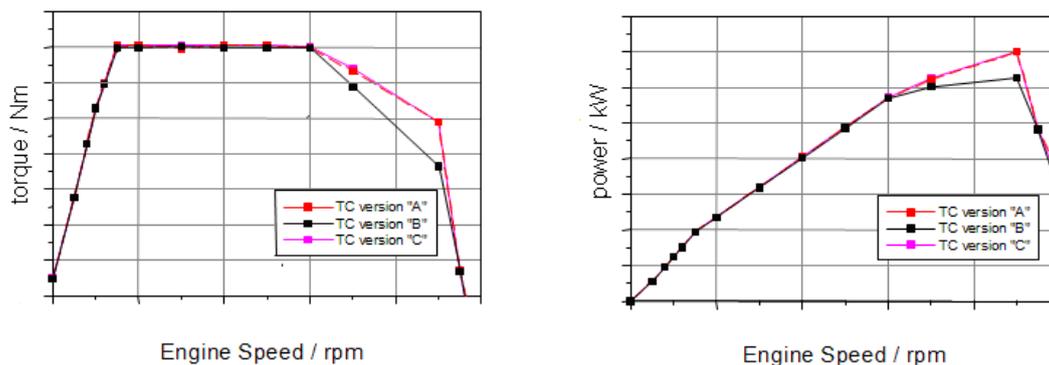
此计算过程是在全负荷的 1000rpm, 1750rpm, 2000rpm、2500rpm、3000rpm、3500rpm、4000rpm、4500rpm、5000rpm、5500rpm、6000rpm 进行的，主要相对应于试验测试点进行。

3 结果评价和对比

3.1 外特性指标

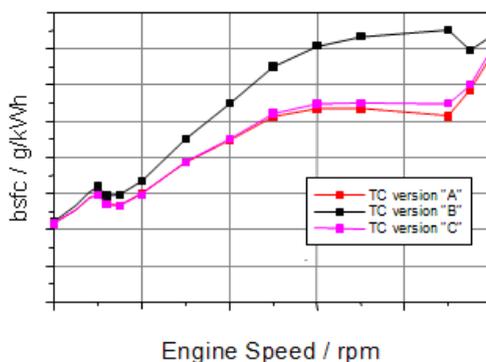
图 6 为三种方案的发动机外特性图，从图中可知，计算的额定功率点方案一、三能达到目标要求，方案二与目标功率略有距离；在 1750rpm 点扭矩全部方案都能满足扭矩要求；方案一的额定功率点油耗最小。方案一和方案三是合适的，考虑到油耗方案一最小，另外，方案一的残余废气最小，所

以方案一是最优方案。



(a) 扭矩性能

(b) 功率性能



(c) 油耗性能

图 6 外特性性能

3.2 排温及最大爆发压力

图 7 为最大爆发压力，最大爆发压力设计一般为 110bar，满足开发要求。图 8 为涡轮机入口温度，显示全部在 950℃ 以下，满足发动机热力要求。

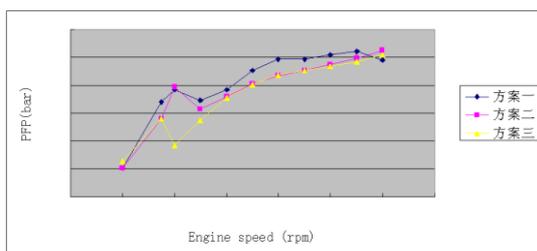


图 7 最大缸内压力

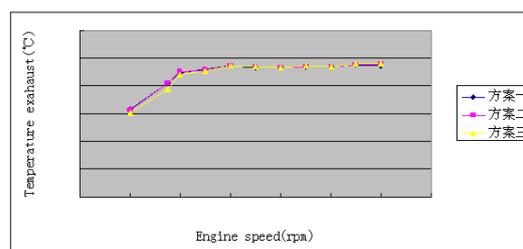


图 8 涡轮机入口温度

3.3 增压器匹配

(1) 标准大气状态下性能

图 9-图 11 为几种增压器匹配方案的增压器与发动机的联合运行特性图。可以看出，三种增压器方案中，发动机在低速时避开了压气机的喘振区域，高速时在阻塞线以内，发动机在大部分转速时位于压气机的高效区域，其中方案一的运行线显示更为合理，增压比较为理想。

方案一的涡轮流量和效率的匹配也比较好的，运行线的膨胀比较小，效率高。综合整机性能，考虑到减小背压，增压器方案一为最佳方案。

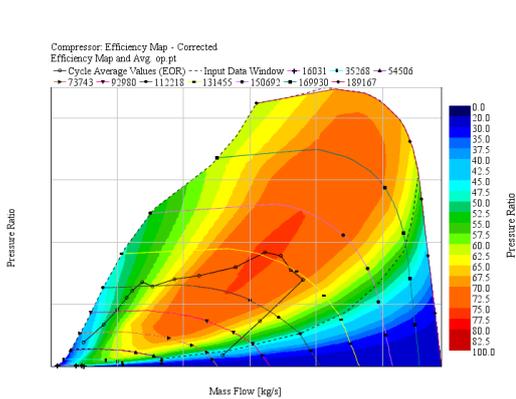


图 9 方案一联合运行特性图

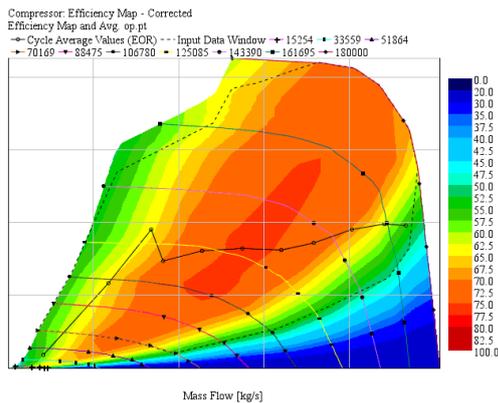


图 10 方案二联合运行特性图

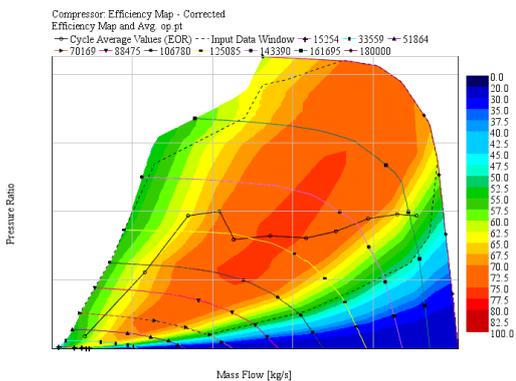


图 11 方案三联合运行特性

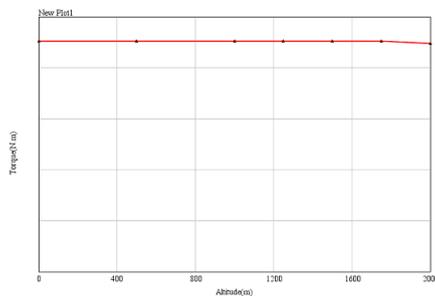


图 12 1750rpm 时高原扭矩

(2) 高原性能分析

高原性能是增压发动机特别关注的一个问题，随着海拔的升高，发动机的压缩压力和温度都成比例下降，有可能导致发动机进气不足，整机动力性和经济性下降。在诸多限制条件中，涡轮入口的温度和增压器的转速是主要因素^[1-3]。在确定方案一为最佳方案后，进行了搭载方案一涡轮增压器后的高原性能分析。

图 13-图 18 为高原性能计算结果。在 2000m 高度内，扭矩和功率性能没有降低，增压器可提供需要的压比及流量。压气机转速有限制转速有较大的空间；在 1750rpm，压气机与喘振线有裕度；在 5500rpm，压气机与阻塞线有裕度。

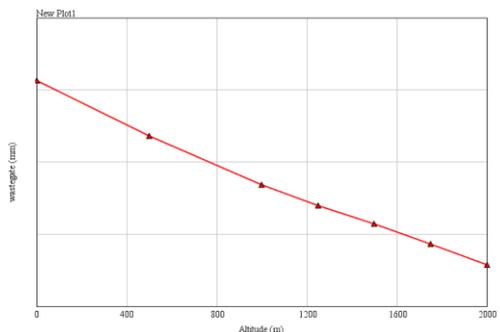


图 13 1750rpm 时旁通阀开度

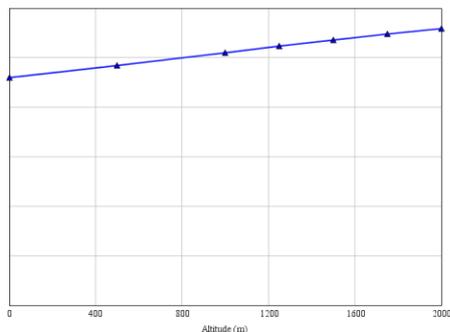


图 14 1750rpm 时增压器转速

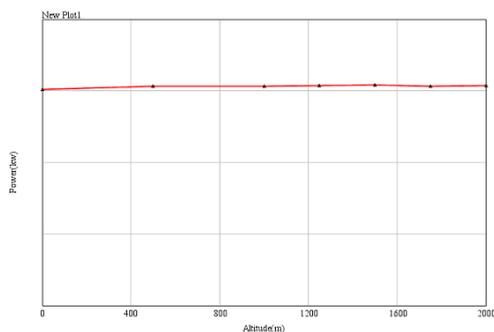


图 15 5500rpm 时高原扭矩

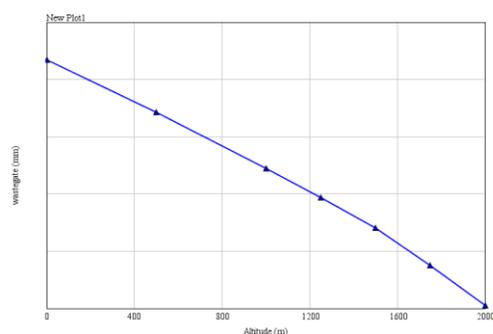


图 16 5500rpm 时高原扭矩

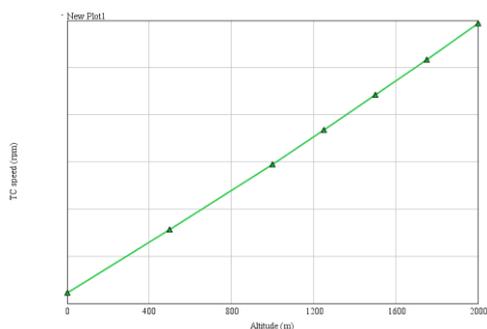


图 17 5500rpm 时高原扭矩

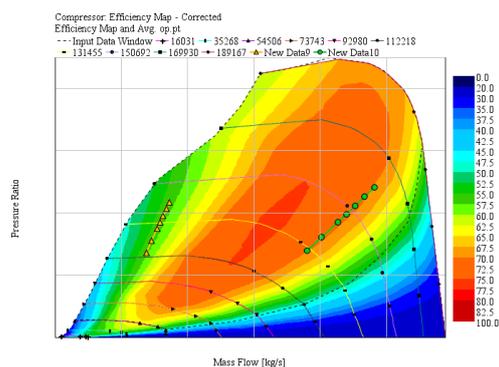


图 18 压气机高原运行点

4 结论

(1) 通过 GT-power 模拟计算, 可以实现涡轮增压器的匹配选型工作, 并可以得到匹配后的相关性能特性, 通过高原性能分析, 对发动机的高原性能有较好的研究。

(2) 运用先进的发动机模拟计算分析软件, 进行不同的增压匹配模拟计算分析, 确定合适的匹配方案, 为不同大气压力下的增压匹配工作提供了良好的理论基础和指导, 可为开发和试验匹配标定工作提供指导, 从而大大节省时间, 节约成本。

5 参考文献

- [1] John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamental, McGraw-Hill, Inc. 1998
- [2] 周龙保, 内燃机学, 机械工业出版社, 北京, 2005.1
- [3] 顾宏中, 涡轮增压柴油机性能研究, 上海, 上海交通大学出版社, 1998