

# GT-Power 在发动机高原性能计算中的应用研究

## Research on high altitude of engine performance with GT-Power

韩占群<sup>[1,2]</sup>, 关昊<sup>[1,2]</sup>, 刘亚奇<sup>[1,2]</sup>, 孙科<sup>[1,2]</sup>, 苏艳君<sup>[1,2]</sup>

(1. 长城汽车股份有限公司技术中心, 河北省保定市 071000;

2. 河北省汽车工程技术研究中心, 河北省保定市 071000)

**摘要:** 汽油机在高原地区运行时, 动力性、经济性及排放性能会大幅下降。本文介绍了通过应用 GT-Power 软件对某款 TGDI 发动机在高原环境 1000m、3000m、5000m 的性能进行了预测性计算。

**关键词:** GT-Power、TGDI、高原、性能

**Abstract:** The power output, economy and emission performance of TGDI engines are deteriorated remarkably when they are operated on a high altitude region. The paper introduces how we do this kind of simulation on TGDI engines use GT-Power and find out its performance in 1000m, 3000m, 5000m higher.

**Key words:** GT-Power, TGDI, High altitude, performance

## 1 前言

动力性和经济性是评价发动机性能的两项主要指标。在高原地区, 由于海拔高度的变化会导致大气压力以及大气温度发生变化, 这会使受进气能力限制的动力性产生影响。因此, 深入研究发动机的动力性、经济性与海拔高度之间的关系就显得非常重要。

研究发动机的高原工作过程非常困难, 受到地理位置和自然环境的限制, 很难获得符合试验要求的物理参数和测试条件, 因此要想现场试验花费很大, 不容易操作。应用“高原舱”进行高原特性模拟实验虽可以弥补现场实验的缺点, 它仍然存在耗费较大的问题。而利用数值模拟方法对发动机的高原工作过程进行研究分析, 一定程度弥补高原现场实验及模拟实验台的不足, 而且利用模拟计算方法对柴油机的高原工作性能进行研究则方便快捷的多, 它具有耗资少、见效快且可以模拟任意海拔高度下的大气状况的优点。

## 2 计算模型的建立与校核

我们已经采集到该发动机运行数据, 所以首先需要用试验数据对 GT-Power 模型进行校核计算, 保证模型的准确性与精度, 然后再模拟高原条件下的发动机性能。在模型校核过程中我们采用了 GT 中的 WGController 模块来快速获得节气门后的目标压力, 节省了计算时间。

## 2.1 计算模型的建立

发动机类型为TGDI\_L4，带中冷器，试验数据来自总功率试验（无空滤、实验室排气系统），throttle流量系数设置为0.8（0.8非试验值，代表节气门全开）。

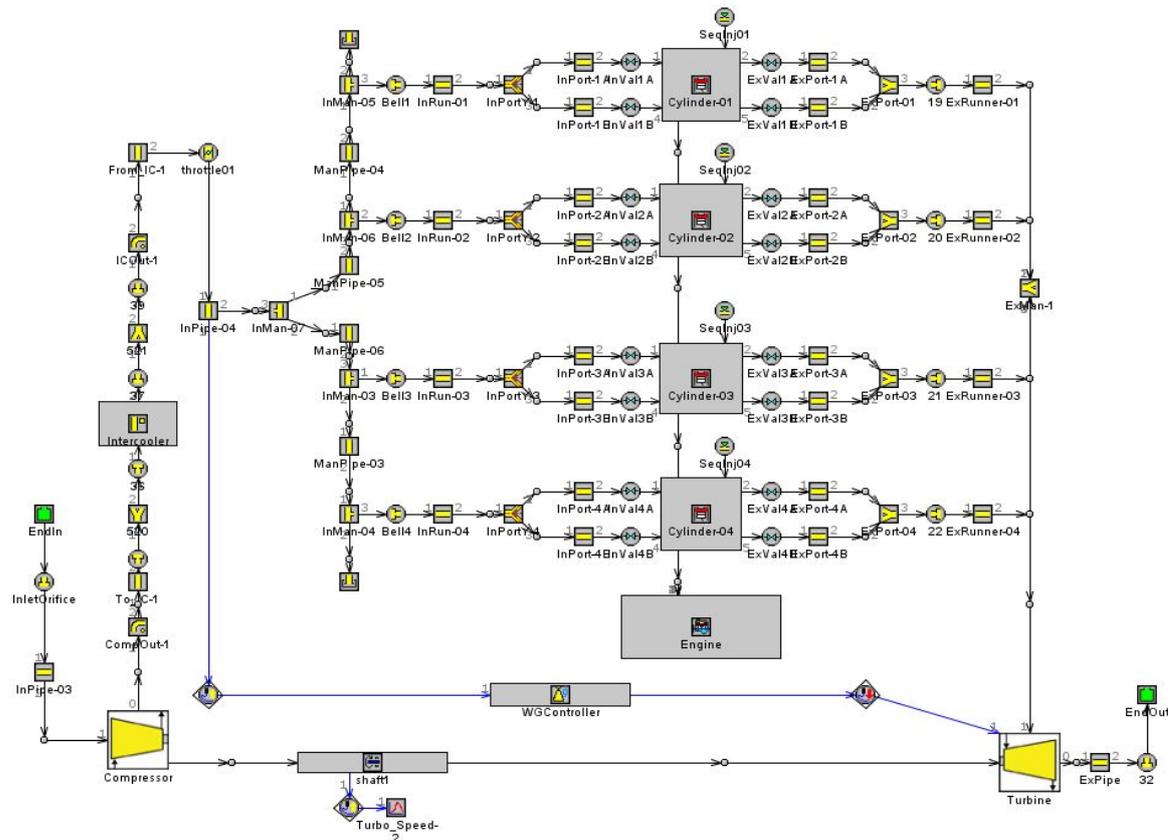


图 1 发动机模型

## 2.2 模型校核

一般认为汽油机仿真过程中计算结果与试验结果的误差在4%之内，即认为是准确的。在模型校核过程中，首先需要保证空气流量的准确性，然后才是动力性、经济性以及各个测点的温度压力数据。这里采用了GT的WGController模块以节气门后的压力为目标进行控制来达到所需的压力值。

Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Controller Type		boost_pressure (bar)	
Target		[Boost-Target]	
Aggressiveness Factor		def	
Display Performance Monitor		<input checked="" type="checkbox"/>	

图 2 Controller 控制类型

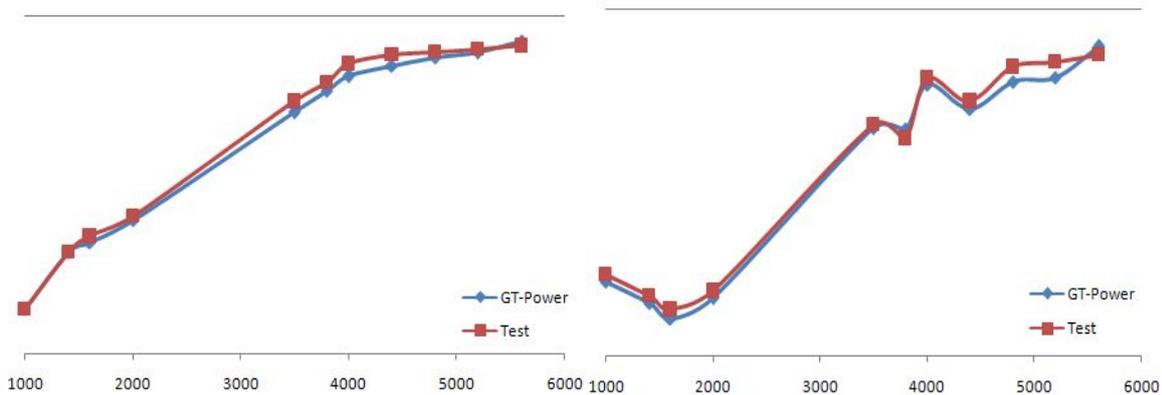


图 3 空气流量

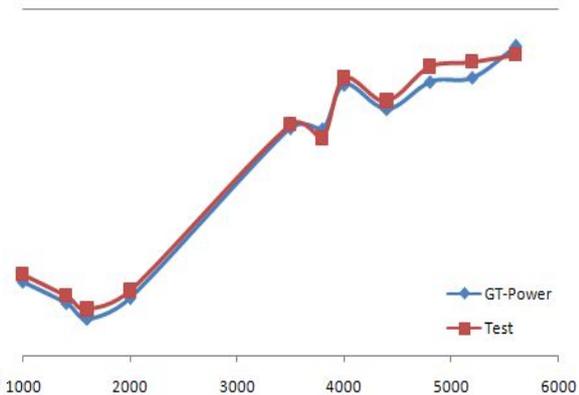


图 4 油耗率

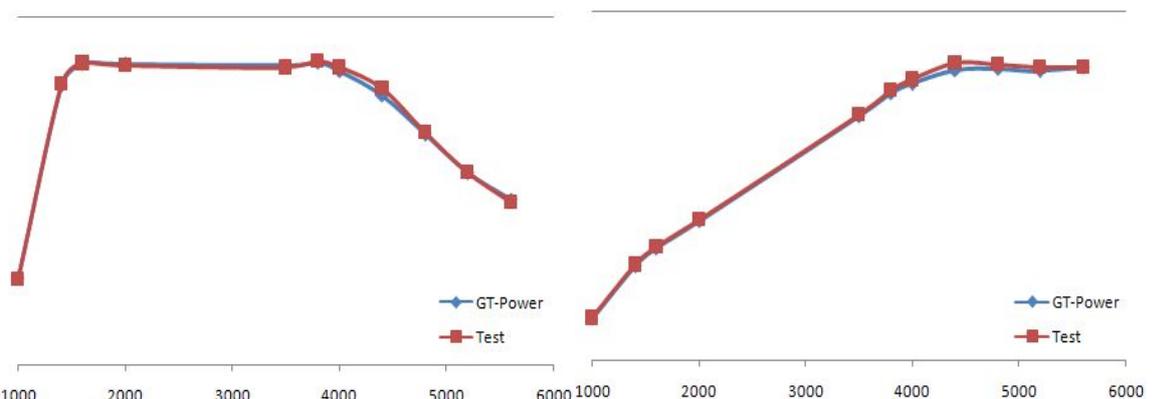


图 5 扭矩

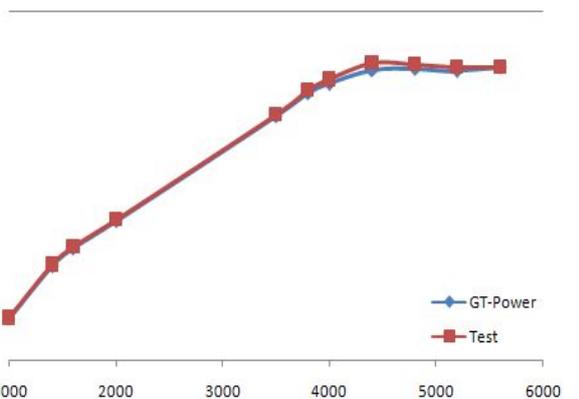


图 6 功率

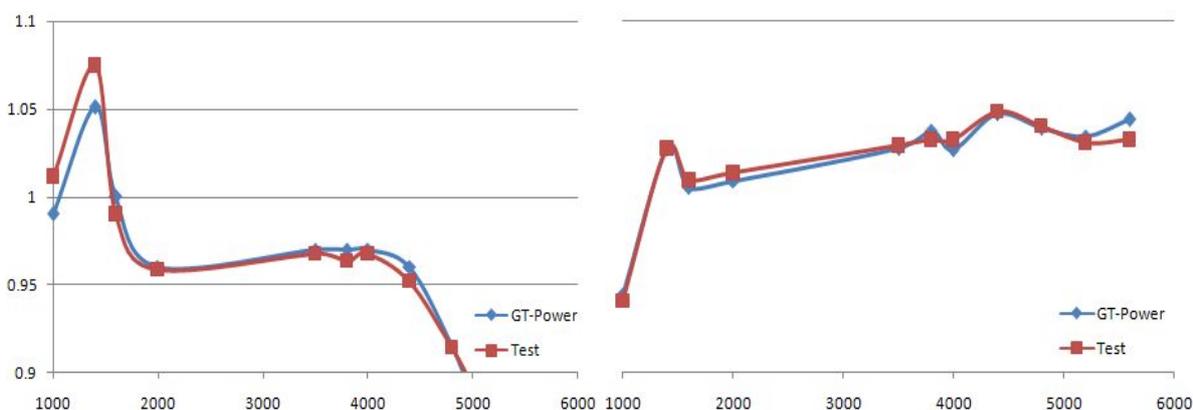


图 7 充气效率

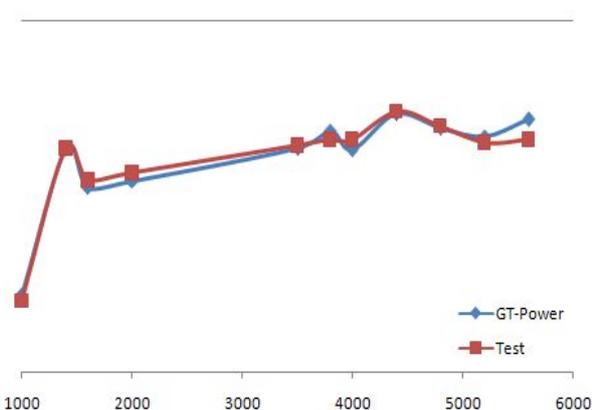


图 8 Peak Firing Pressure

以上仅仅列出了 GT-Power 模拟的空气流量、功率、扭矩、油耗率以及 PFP 与试验值的对比，误差率 < 3%。充气效率并未采用 GT-Power 计算值，而是采用公式  $\eta_v = \frac{m_{air} * R * T_s}{30 * n * V_{total} * p_s}$  对仿真与试验结果进行对比。其原因是当初未对试验过程进行 GCA 计算，无法获得缸内气体准确状态，所以这里仅仅以通过气缸的气体相对于进气歧管内气体状态来计算充气效率并进行对比。

### 3 高原能力分析

依据项目需要我们对海拔 1000m、3000m 和 5000m 高度进行了仿真计算，计算过程仅将进出口的环境条件更换为高海拔下的环境条件，其他计算边界条件保持不变，如 AF、VVT 角度、中冷后气体温度等。各海拔高度下的气体压力与温度见下表：

表 1 各海拔高度下的空气温度与压力

海拔高度 (m)	环境压力 (kPa)	环境温度 (K)
1000	89.9	281.7
3000	70.1	269.3
5000	54.0	255.7

在仿真过程中首先检查增压器是否超速，同时还要检查动力性是否已经达到目标值，以此为前提我们最终得到了不同海拔高度下发动机的动力性与经济性，并且得到了与增压器的联合运行线。

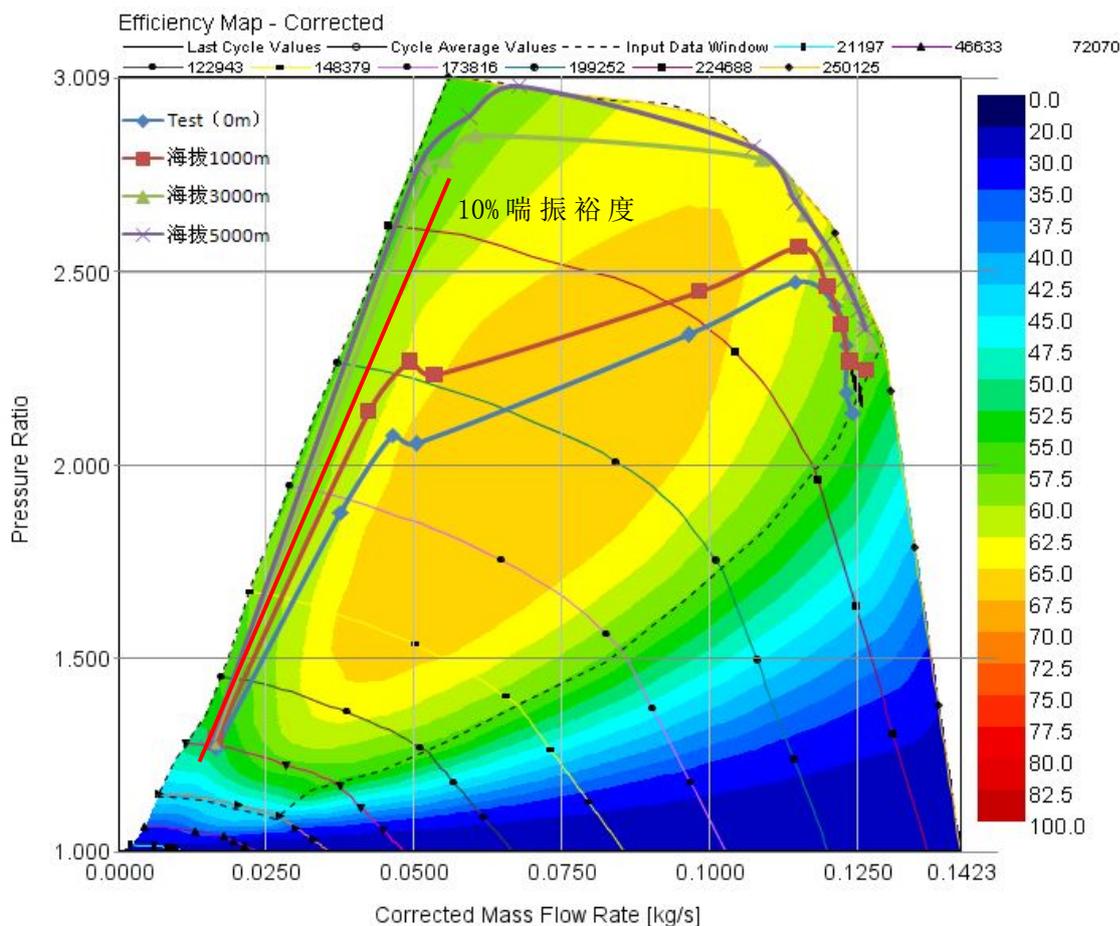


图 9 不同海拔高度下联合运行线

从图 9 可以看出在海拔 1000m 时低速仍然有足够的喘振裕度，海拔 3000m 与海拔 5000m 时低速喘振裕度已经不够，发生喘振的风险很高。不同海拔高度下的仿真都处于最高转速的限值内。

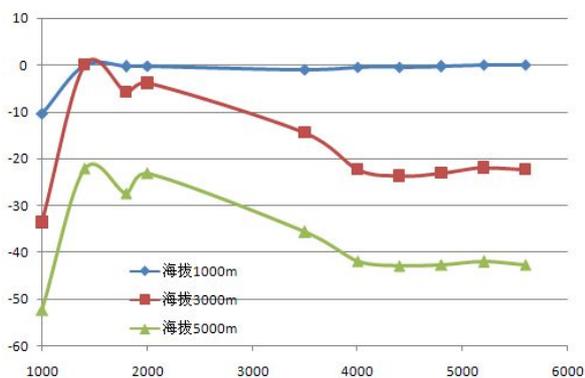


图 10 动力性恶化比例

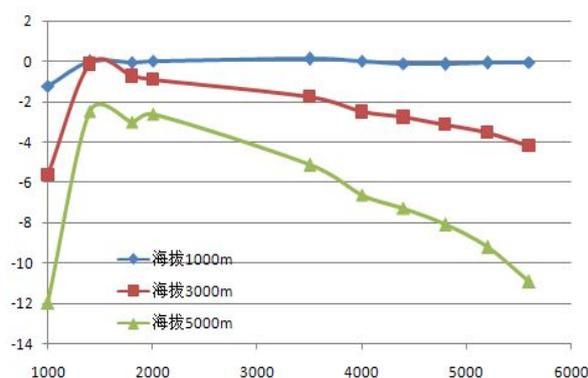


图 11 油耗率恶化比例

海拔 1000m 时，1000rpm 动力性有 10% 恶化，油耗率恶化程度较低，但仍能达到发动机的最大扭矩与最大功率的目标；

海拔 3000m 时，1000rpm 扭矩降低 35%，油耗率恶化程度达到 5.8%，功率恶化达到 22%，功率点油耗恶化 4.1%；

海拔 5000m 时，1000rpm 扭矩降低 53%，油耗率恶化 12%，功率降低 43%，功率点油耗恶化 11.2%。

## 4 总结

本文通过应用 GT-Power 对我公司 TGDI 发动机进行建模仿真，并使模型与试验数据相吻合，然后根据仿真计算出了不同海拔高度下发动机的动力性与经济性，这些结果可以总结为如下几点：GT-Power 所具备的发动机换气过程分析与增压器匹配计算能力可以在很大程度上缩短开发周期，提高工作效率，降低开发费用；随着海拔高度的增加发动机低速动力输出逐渐降低，中高速动力性和经济性在海拔高度达到一定程度时也会发生恶化现象；本仿真是在发动机工作边界不变的条件下运行的，未能考虑高原工况空燃比的加浓等特殊情况，可能会与实际有一定程度的误差。

## 5 参考文献

- [1] GT-POWER USER GUIDE