

基于 GT-POWER 的某款 EGR 发动机开发

EGR Engine Development based on GT-POWER

王新校、王辉
(潍柴动力股份有限公司)

摘 要: 基于 GT-POWER 软件进行某款 EGR 发动机开发的增压器匹配分析, 匹配合适的涡轮增压器达到排放和性能开发的目标要求, 要求在发动机的排放区域内达到足够的 EGR 以降低 nox 排放, 同时比对了各个方案的 AFR 以及 bsfc, 达到性能开发的要求。

关键词: EGR 增压器 排放 GT-POWER

Abstract: Based on GT-POWER, the thesis carry out turbocharger matching analysis about Engine with EGR , matched the suited turbocharger to emission and performance requirement , the target is have enough EGR rate to decrease Nox, meanwhile the thesis contrasted AFR and BSFC of every project .

Key words: EGR Turbocharger Emission GT-POWER

1 前言

随着国内排放法规的升级, 国四柴油机主要采用两个技术路线, EGR 路线和 SCR 路线, SCR 路线相比国三发动机并没有很大的改变, 只是增加了尿素喷射等后处理装置, 另一路线为 EGR 路线, EGR 路线采用的是增加排气回流的废气与新鲜空气混合进入汽缸, 降低缸内的氧浓度来降低 NOX 排放, 后处理采用 DOC+POC 的总成降低颗粒排放, EGR 采用冷却的高压 EGR, 高温废气先经过 EGR 冷却器进入 EGR 阀然后 进入进气歧管。

高压 EGR 的难度在于在排放的工况驱动足够的 EGR 进入汽缸, 同时保证足够的进气量来保证发动机的燃烧, 需要通过匹配合适的涡轮增压器来驱动 EGR, 有的时候需要搭配节流阀来达到驱动 EGR 的目标。

涡轮增压器匹配是试验量较大的一个试验, 耗时耗力而且试验成本高, 随着国内主机厂研发实力的提高, 前期的一维仿真计算的重要性变得越来越大, 试验之前通过对涡轮增压器的匹配计算, 从大量的方案中筛选出合适的涡轮增压器进行试验, 对于节省开发成本和节约开发时间有重要的意义, GT-POWER 作为国际上最先进的一维计算软件在研发中正发挥越来越重要的作用, 为缩短开发周期与成本都有重要意义。

2 发动机基础计算模型建立与标定

2.1 发动机基础模型建立

发动机模型建立, 发动机模型的建立是计算的基础, 本次匹配的是 EGR 发动机, 前期大量试验

做的是国三发动机的试验，因此发动机基础模型是一款国三的电控发动机模型。

发动机的进出气管路的尺寸有 GEM3D 前处理软件离散获取，喷油量、轨压、提前角等都有试验数据获得，气道流量系数等从气道吹风试验获取，气门升程等有图纸获得。

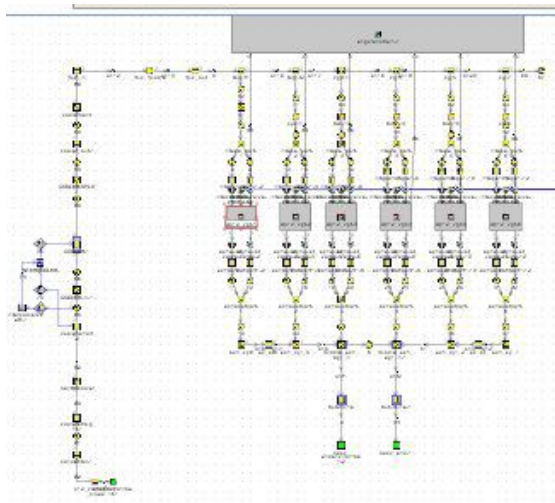


图 1 基础模型

2.2 发动机基础模型标定

为了保证发动机有高的计算精度，必须对模型首先进行标定，以保证计算的各个信号都与试验值能够很好的贴合，故将模型进行了标定，只进行了发动机外特性的标定，标定主要基于标定了下面的量：进气量、功率、中冷后压力、涡前温度、爆发压力等进行标定，模型标定的时候并未带有涡轮增压器，发动机排气管出口的边界条件和中冷器进口的边界条件是根据试验结果进行设置的。

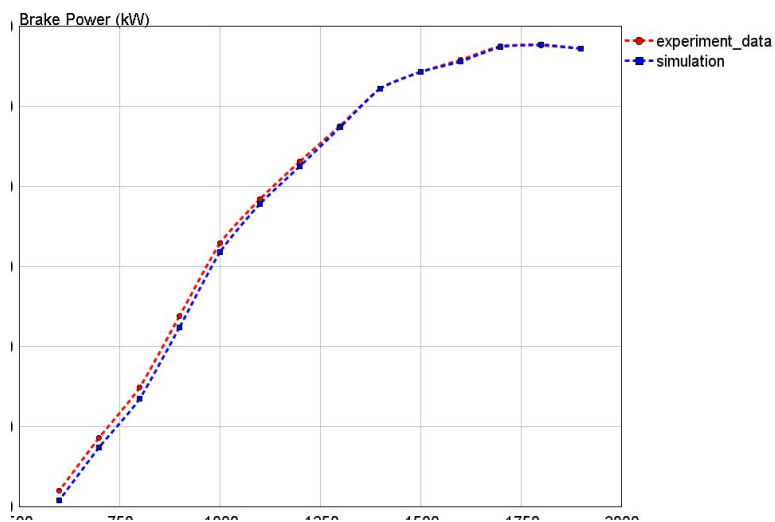


图 2 功率计算值与试验值对比

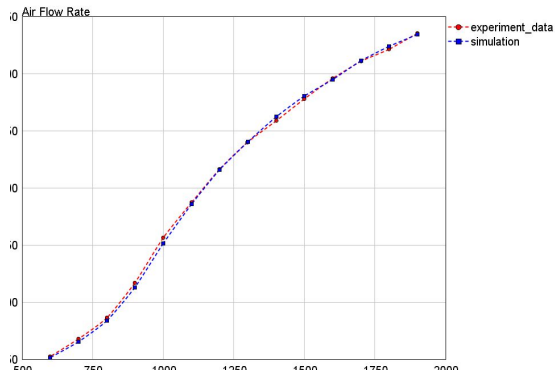


图 3 进气量计算值与试验值比对

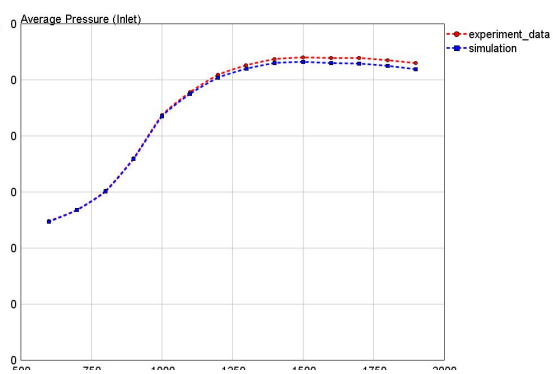


图 4 中冷后压力计算值与试验值比对

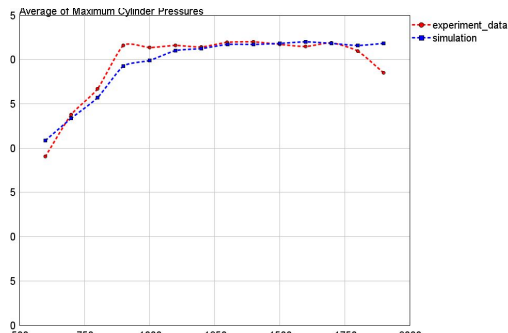


图 5 爆发压力计算值与试验值

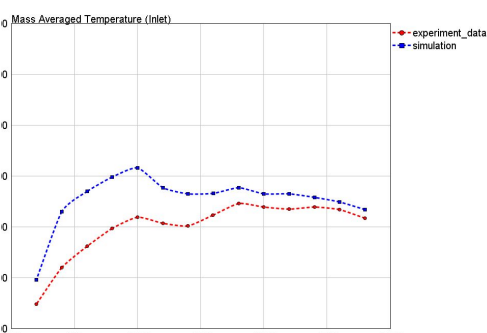


图 6 涡前温度计算值与试验值比对

对发动机模型的标定, 首先保证进气量能与试验值很好的贴合, 通过模型的标定, 可以看到进气量试验值与仿真值误差很小, 能够保证计算的精度。

通过对发动机燃烧模型的标定, 使发动机的功率计算值与试验值能够很好的贴合, 同时进行了爆发压力的标定, 燃烧模型标定完成。

通过标定燃烧模型和排气管温度求解模型, 使得计算的涡前温度和试验的涡前温度在高速的时候达到了很高的计算精度, 低速的时候计算值高于试验值, 误差在可以接受的范围内。

通过中冷器模型的标定, 使得中冷后的压力与试验值达到很好的贴合, 中冷后温度采用半预测的中冷器模型进行计算。

通过上面的标定, 模型达到了很高的计算精度, 可以进行下面 EGR 发动机的计算分析工作。

3 EGR 发动机模型建立与计算

3.1 EGR 发动机模型建立

本次计算针对 EGR 发动机开发, 在基础模型的基础上, 添加了 EGR 系统 (EGR 冷却器、EGR 连接管路、EGR 阀、EGR 控制器等) 进行 EGR 发动机模型搭建, 同时添加了涡轮增压器模型进行计算。

搭建的 EGR 发动机模型如下图所示

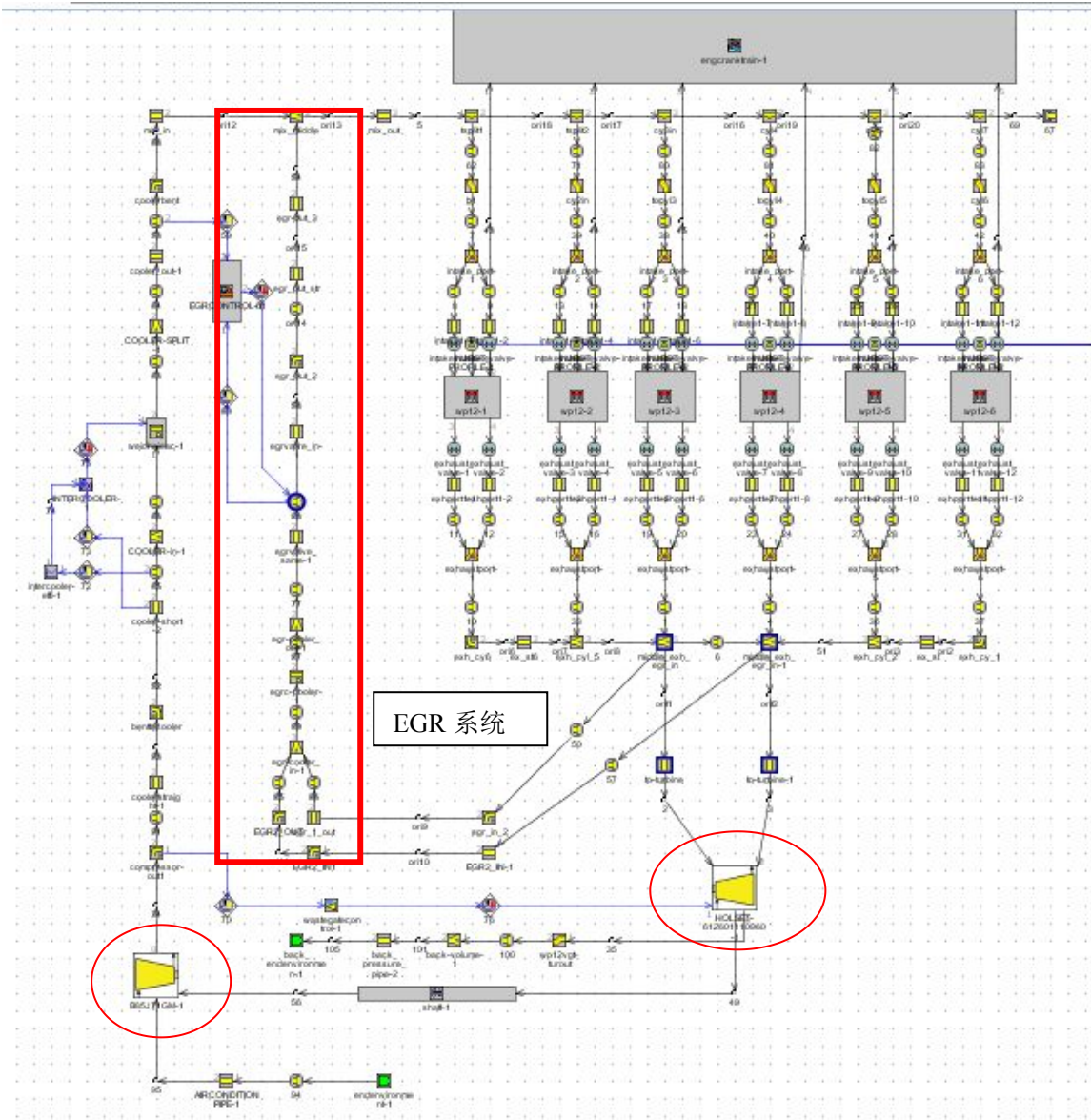


图 7 EGR 发动机模型

3.2 EGR 发动机模型计算

在搭建完成的发动机模型基础上面，进行不同涡轮增压器方案的对比计算，选出最合适的涡轮增压器进行台架的验证试验，增压器放气阀采用 waste-gate 控制器进行增压压力的控制。

计算主要评价了各个方案的 EGR 驱动能力以及进气量是否能够达到要求，同时对比了功率、bsfc、放气阀开度等信号。

共评估计算了 3 个方案，三个方案的计算结果如下图所示：

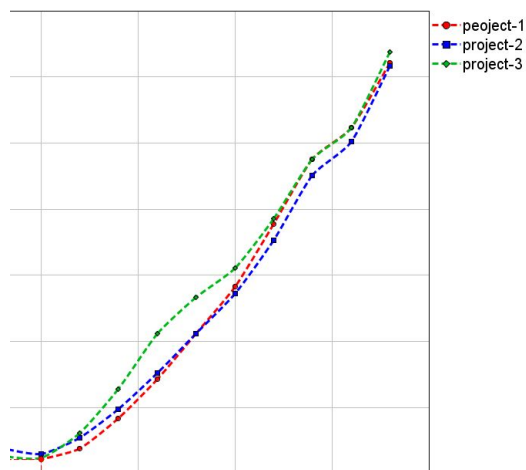


图 8 EGR 驱动力对比分析

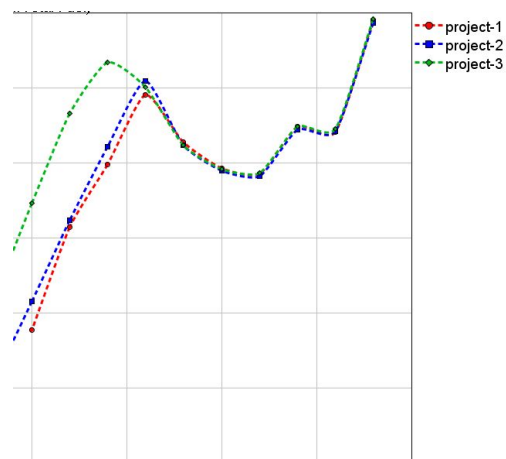


图 9 AFR 对比分析

分析: 通过对比图 8 和图 9 可以看到, 方案 3 在低速的 egr 驱动压差最强, 有利于实现高的 EGR 率, 同时低速的 AFR 是最高的, 能够达到降低烟度的目标, 同时方案 1 和 2 相差不大, 方案 2 的驱动力在低速略强。

因为采取的是高压 EGR, 在低速的 EGR 驱动是最难实现的, 因此着重进行低速工况的对比分析, 最终推荐方案 3 进行台架验证试验。

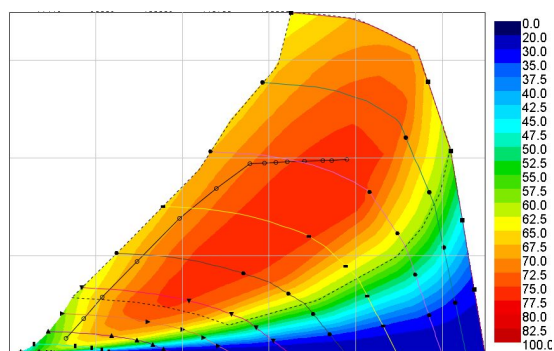


图 10 方案 3 运行点

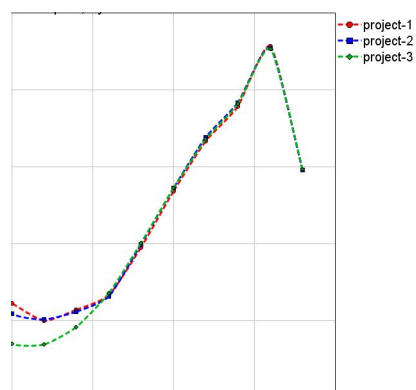


图 11 bsfc 对比

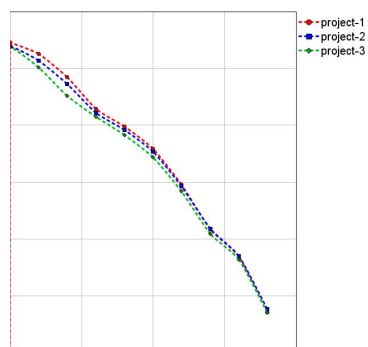


图 12 不同方案 pmep 对比分析

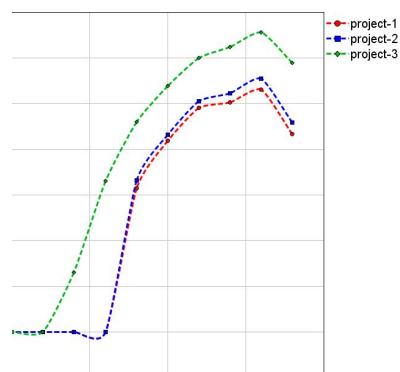


图 13 放气阀开度对比

分析:

通过对比 BSFC 可以看到方案 3 的低速油耗是最优的, 这与方案 3 的低速 AFR 较高相对应。

p_{mep} 对比可以看到, 方案 3 的低速 p_{mep} 较大, 与 EGR 驱动力较强能够对应

对比涡轮增压器的放气阀开度可以看到, 方案 3 的放气阀开度较大, 低速的时候已经开始打开放气了, 因此此涡轮增压器具有实现更高增压压力和驱动更高 EGR 的潜能。

4 结论

随着排放法规的升级, 开发性能和排放要求都更严格的发动机已经是一个趋势, 涡轮增压器作为空气系统最重要的一个零部件, 其匹配对性能和排放都有重要的影响, 基于 GT-POWER 的增压器匹配对缩短发动机开发周期有重要意义。

- 采用高压 EGR 的发动机, EGR 驱动是一个难题, 尤其是在发动机的低转速, 因此涡轮增压器的匹配难点在于如何在这些工况达到目标的 EGR 率。
- 匹配的涡轮增压器要在发动机整个运转范围内提供足够的进气量, 以满足发动机功率的要求和降低烟度排放的目标。
- 同时考虑发动机的高原运行的喘振余量和涡前温度的要求等。

5 参考文献

- [1] GT-POWER 软件帮助