

# GT-Power 与 Converge 耦合计算进气均匀性

## Simulate intake uniformity with GT-Power&Converge

王杨<sup>[1, 2]</sup>，韩占群<sup>[1, 2]</sup>，赵铮<sup>[1, 2]</sup>

1. 长城汽车股份有限公司技术中心，河北保定市 071000
2. 河北省汽车工程技术研究中心，河北保定市 071000

**摘要：**多缸汽油机的各缸进气的不均匀即意味着各缸燃烧的不均匀，对多缸汽油机的性能和工作可靠性有着至关重要的影响。本文采用 GT-Power 与 Converge 耦合的方法计算某四缸汽油机的进气均匀性，通过分析计算结果，验证进气歧管内腔设计的合理性。

**关键词：**GT-Power    Converge    耦合    均匀性

**Abstract:** Intake uniformity can affect combustion uniformity, so it is very important for multi-cyl engine. this paper do the simulation of the intake uniformity with GT-Power&Converge. We can check whether the intake design is OK or not by access the simulation result..

**Key words:** GT-Power    Converge    coupling    uniformity

### 1 前言

汽油机的进排气系统直接决定着充气效率、换气过程优劣以及排气压力波的利用,进而影响着整机的动力性、经济性及排放性;因此,有着比较重要的研究意义。鉴于实验研究汽油机进排气系统具有难度大、设备复杂、成本高、周期长的特点,采用现代 CFD 仿真技术来进行进排气系统研究是一个不错的选择,不仅周期短、成本低,还能获得实验无法测量或者难以测量到的细节信息,特别是在进排气系统设计方案选择和进一步优化时,有着实验无法比拟的优势。

进气歧管设计需保证新鲜空气的流通性和均匀性。其中,进气流通性是指新鲜空气在进气歧管内的流动是否顺畅,是否存在速度分离,整个进气歧管的结构形式会对发动机充气效率产生影响,进气均匀性主要是指新鲜空气在各缸的分配情况。

进气歧管的稳态 CFD 计算能够快速模拟管路中的压力分布情况,但是不能模拟瞬态进气过程和谐振效应带来的进气不均匀性,所以要想从 GT-Power 模型中获得更准确的瞬态边界条件来计算进气管路的流动性,或更进一步研究管路结构形状对发动机性能的影响,这样我们应考虑在 GT-Power 模型中管路部分由 Converge 三维计算模型取代,将 GT-Power 与 Converge 耦合在一起进行进气均匀性计算。

### 2 建立计算模型

## 2.1 进气均匀性 CFD 分析的分析流程

1D-3D 耦合计算在计算的流程上一方面要考虑计算的准确度，另一方面要尽量节省计算时间，因此在 GT-Power 建立模型的时候，对应的 3D 模拟区域也需要建立起 1D 模型，这样可以先单独的进行 1D 计算得到 1D 收敛条件下的结果，然后将 1D 计算结果作为耦合计算的边界条件进行单独计算，其目的是对 3D 流场进行初始化，最终才是 1D 和 3D 的耦合计算，即在每一个计算步长上 1D 和 3D 都进行边界条件的交换。

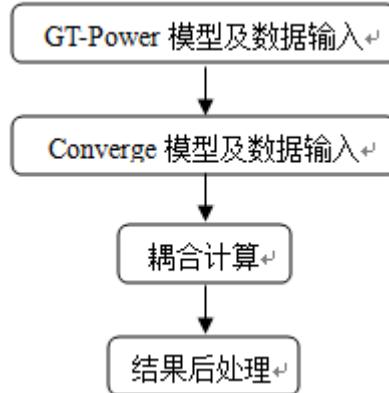


图 1 进气均匀性 CFD 分析流程

## 2.2 建立 GT-Power&Converge 模型

1D-3D 耦合计算交界面上边界条件的选取对计算收敛性和结果准确性有很大影响，有两种边界条件可以选取：压力和流量。由于在 GT-Power 计算中要对压力进行重新修正，因此在靠近阀门的地方比如气门、节气门处，避免使用压力边界条件，而采用流量边界条件。此时 GT-Power 边界为 Converge 边界提供速度，Converge 边界为 GT-Power 边界提供绝对静压。

工况的选择：根据发动机的转速特性选择 4~6 个转速（必须选择的四个转速点为 1000rpm，最大扭矩起、始转速，最大转速），本次计算选择 1000、2000、4000 及 5600 四个转速。

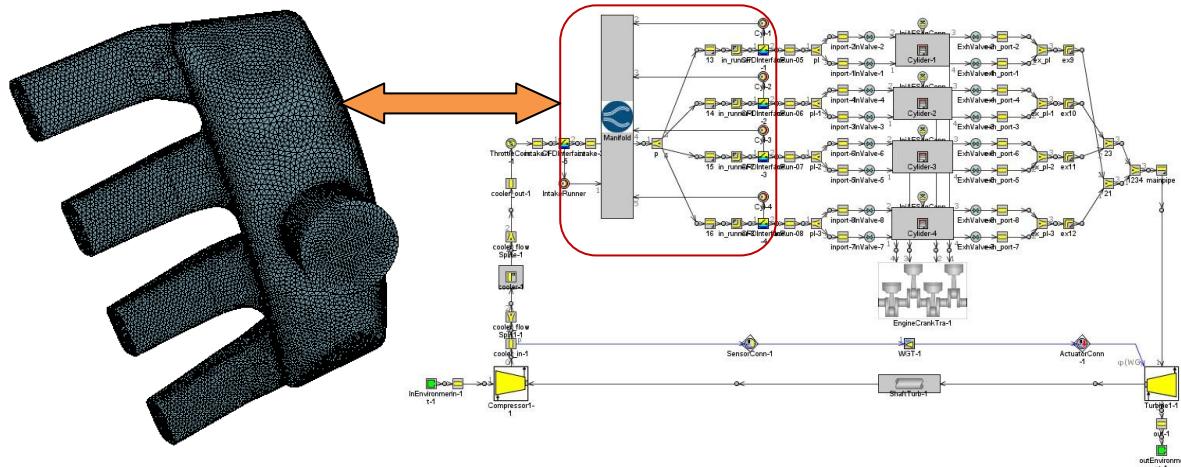


图 2 GT-Power 与 Converge 计算模型

## 2.3 耦合计算设置

1D-3D 耦合计算为 1D 热力学模型和 3D 的模型共同迭代进行数值求解，既通过一维考虑了模型全局，又通过三维模型考虑了局部。

计算过程中 GT-Power 单独计算 50 个循环使一维计算结果达到收敛，然后自动通过耦合链接单元将流量边界条件传递给 Converge 模型，Converge 应用一维模型计算得到的边界条件单独计算一个循环，得到初始的流场分布，最后进行的是 GT-Power 和 Converge 的联合计算，双方计算每一曲轴转角都相互交换数据，最终耦合计算 15 个循环达到完全收敛，计算完成。

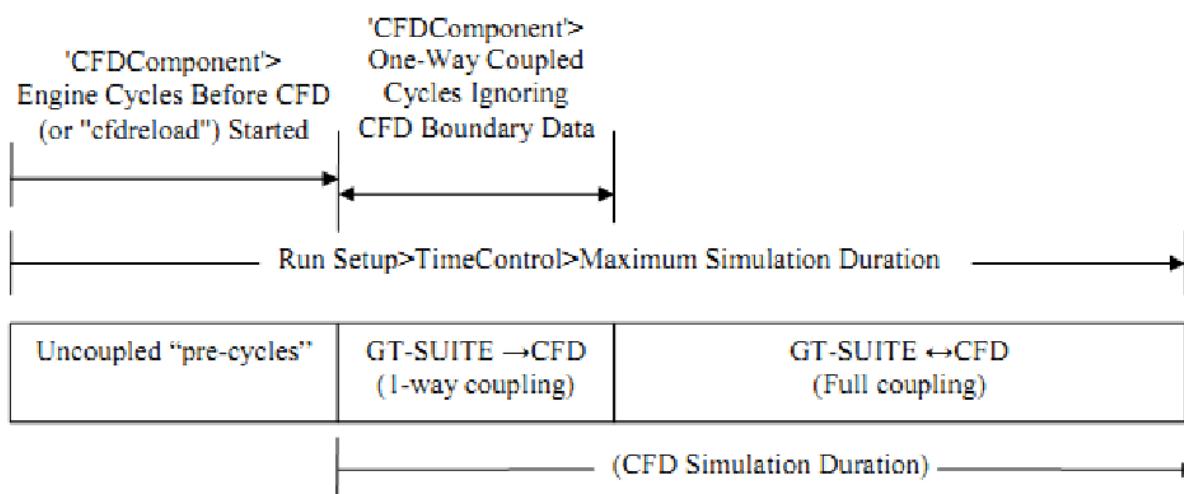


图 3 GT-Power 与 Converge 耦合过程过程

## 3 计算结果分析

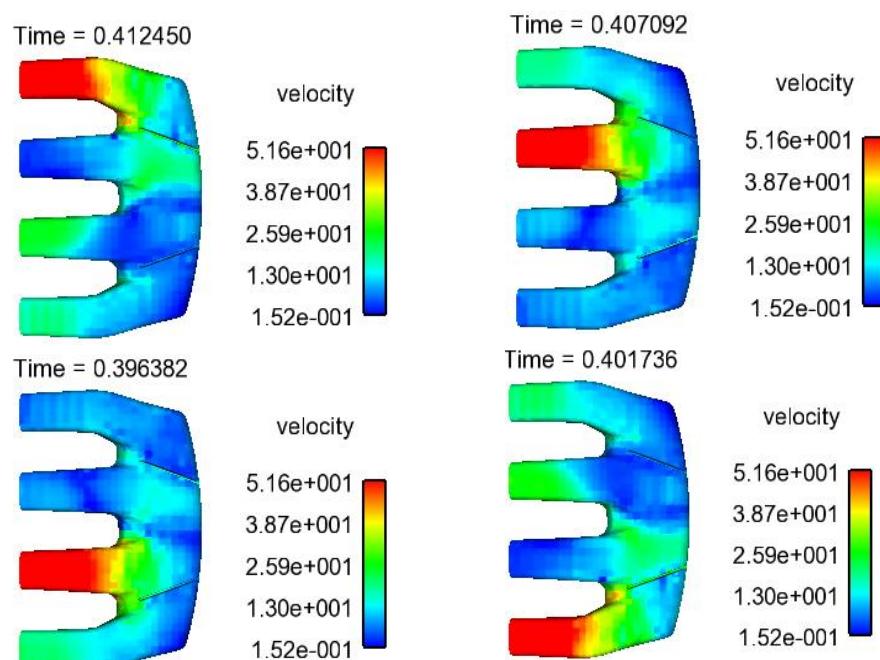


图 4 各缸进气速度云图

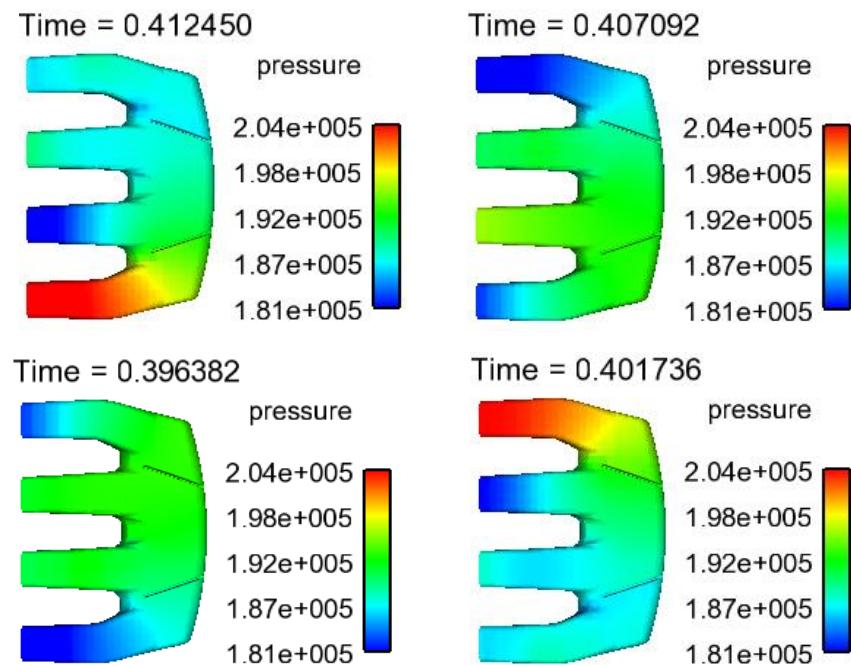


图 5 各缸进气压力云图

从各缸进气压力与速度云图，可以看出：进气流通性较好，不存在流动分离等现象。

表 1 进气均匀性计算结果

RPM	Cylinder1 (g/cycle)	Cylinder2 (g/cycle)	Cylinder3 (g/cycle)	Cylinder4 (g/cycle)	$(\text{max}-\text{min})/\text{average}$ (g/cycle)
1000	0.5473	0.545	0.5457	0.5473	0.42%
2000	0.7906	0.7879	0.7879	0.7905	0.34%
4000	0.843	0.8377	0.8379	0.8428	0.63%
5600	0.658	0.6529	0.6532	0.6588	0.90%

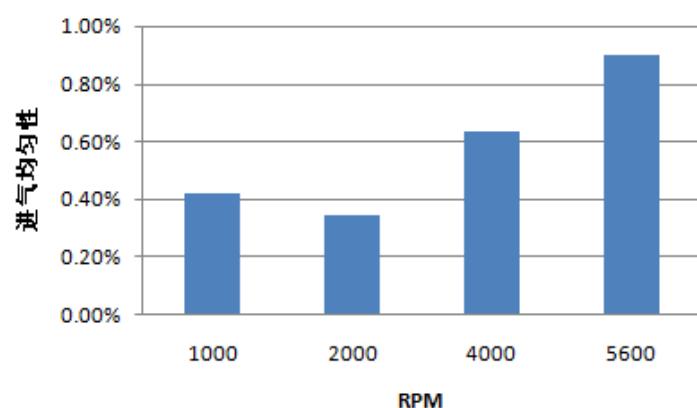


图 6 进气均匀性柱状图

从进气均匀性结果来看：各转速下各缸不均匀性均在 3% 以内，符合设计要求。

## 4 总结

采用 GT-Power 与 Converge 建立仿真分析模型，通过 1D-3D 耦合计算对进气过程进行瞬态仿真，得到进气过程云图以及进气均匀性结果，从结果中可以看出：进气流通性较好，不存在流动分离等现象，进气均匀性在 3% 以内，满足设计要求。

## 5 参考文献

- [1] 梁澄清编 《基于一三维模型及其耦合的 4D24 汽油机进排气系统仿真研究》 南昌大学 2012. 05
- [2] 杨连生编 《内燃机设计》 吉林工业大学 1981