

基于converge的汽油机流动及燃烧计算标定

广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院
动力总成部发动机科仿真室 武珊

通过缸内三维计算可以再现发动机缸内流动、喷雾及燃烧过程，为了获得准确的缸内过程，缸内三维计算经常涉及到与试验或是一维计算的标定问题。

几何模型、网格模型、边界条件、燃烧参数等均是发动机缸内三维计算标定过程中因注意的影响因素。

本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，谢绝转载和其他使用。

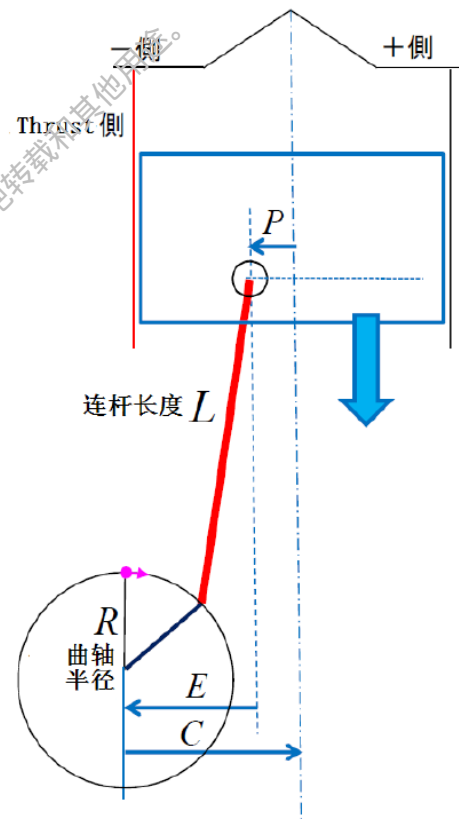
1. 发动机偏置设置
2. 压缩比校核
3. 网格设置
4. 初始条件和边界条件设置
5. 进排气边界条件调整
6. 燃烧参数调整

本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，谢绝转载和其他用途。

1、发动机偏置设置

现代汽油机的偏置通常都较大，上止点的偏置角可达 $2\sim 3^{\circ}$ CA，因此计算必须考虑偏置。

- 曲轴偏置C：曲轴轴线往thrust侧偏离气缸中心线的距离。
- 活塞偏置P：活塞销轴线与连杆轴线交点往thrust侧偏离气缸中心线的距离。
- Wrist pin offset E是曲轴偏置C与活塞偏置P的代数和，它总是为负值。
- Wrist pin offset的存在可以减小膨胀行程活塞对缸壁的侧冲力以及由此带来的活塞拍打缸壁的声音。

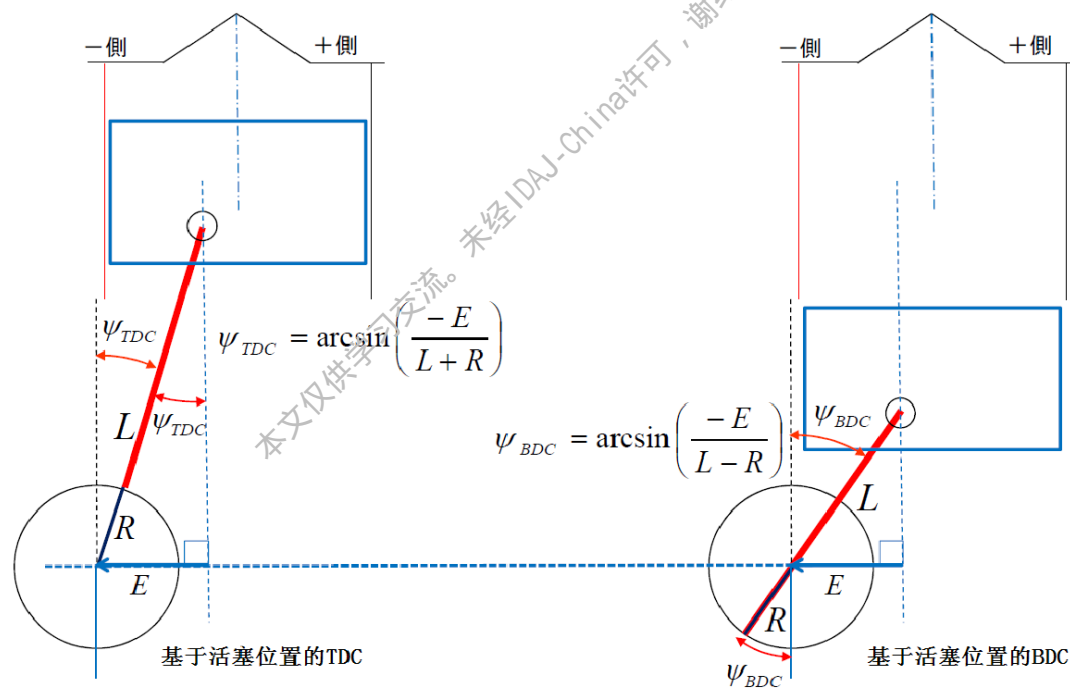


2、压缩比校核

设计压缩比：活塞下止点燃烧室容积/活塞上止点燃烧室容积。

converge中所有曲轴转角相关概念都是基于曲轴位置定义的，压缩比校核需要计算活塞上止点和下止点，得到对应转角下的容积计算得到压缩比。

■ Ψ_{BDC} 与 Ψ_{TDC} 算法推导：



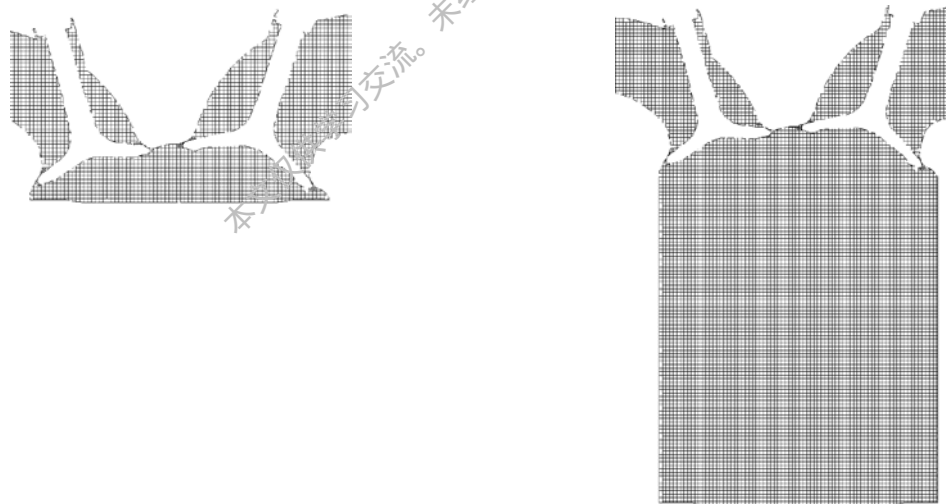
2、压缩比校核

带气道的计算模型，软件自带的压缩比调整并不精确。

因此我们通过跑网格计算获得模型实际压缩比，并根据实际情况进行调整。

在跑网格模式下提交活塞上止点和下止点附近时刻的计算，提取计算结果中的体积计算出当前压缩比；

如需调整，基于目标压缩比计算出活塞应该调整的距离，再应用到原模型中，实现压缩比的调整。



3、网格设置

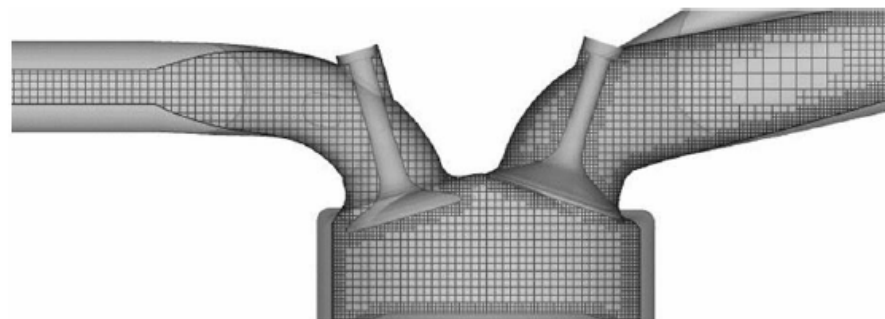
Converge通过创新性的网格技术，可以实现更快、更精确的发动机缸内计算。

缸内计算网格设置包括以下三方面

基础网格：基础网格根据计算精度需求、硬件条件等进行设置。

自适应加密网格：缸内自适应加密通常考虑速度和温度加密，由于湍动能等对网格的高度依赖型，因此计算不能过度依赖自适应加密。

固定加密网格：针对计算关键区域进行局部固定加密，气道喉口、气门闭合面、缸内、火花塞等区域进行相应级数的加密。



4、初始条件和边界条件设置

初始条件：除应设置合理的压力和温度条件外，还应考虑当地的各个流体域的**气体组分**，进气组分根据实际空燃比设置，排气组分若有实际测量值可以以此作为初始条件，如无可以参考完全燃烧的产物组分及比例进行设置。

边界条件：进排气的边界条件、其它壁面的边界条件
与初始条件一样，进排气边界也要**考虑进出口气体组分**；
其它壁面的边界条件主要是温度，因参考实际试验测量值进行设置。

本文仅供学习交流。未经IDAJ（广州）有限公司，谢绝转载和其他用途。

5、进排气边界条件的调整

进排气边界条件通常需要一维计算给出，由于与实际情况存在一定误差，经常造成三维计算的温度、压力、进气量与试验有一定差距；

可以通过**微调进排气边界条件**获得更准确的缸内状态

- 增大进口压力这些效果：增大进气量、增大压缩压力，温度基本不变；
- 增大进口温度的效果：减小进气量，减小压缩压力，增大压缩温度

本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，不得擅自用于其他用途。

6、燃烧参数调整

点火时刻：我们无法从一维或是试验获得准确的点火时刻，一般采用ECU信号时刻作为点火时刻，但由于存在细微的信号延迟，两者会有一定差异，因此可以对点火时刻进行适当调整。

Sage反应系数：默认为1，设定大于1时加快反应速率，设定小于1时减慢反应速率；sage反应系数的调整应是在前面流动标定完成，点火时刻确定后。

湍流schmidt数：湍流Schmidt数影响湍流的耗散速度，进而影响化学组分的扩散速度，从而改变燃烧速度；需要注意的是湍流Schmidt不止影响燃烧速度，也会影响整个工作行程的缸内流动状况。

实际案例：某款增压汽油机的流动和燃烧计算标定

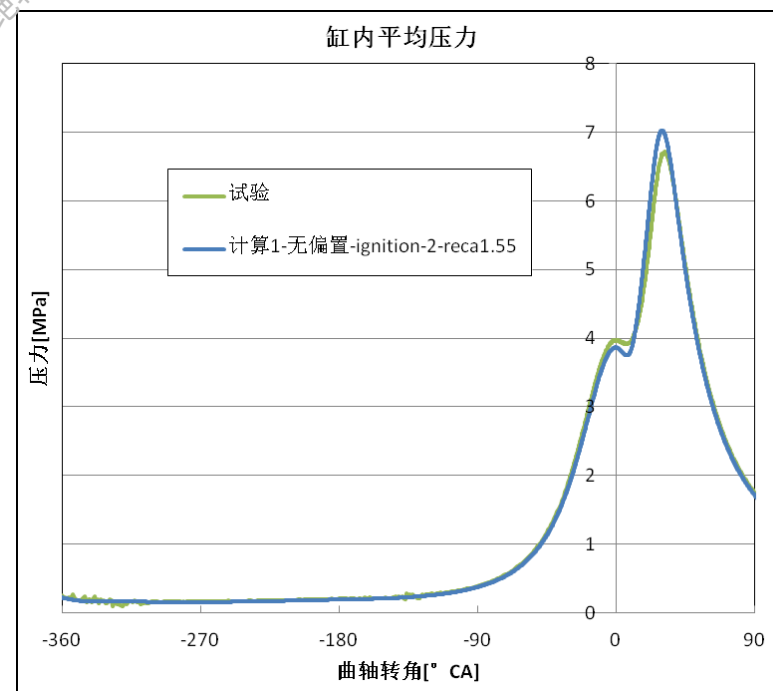
不考虑偏置，压缩比在软件面板内调整

进排气边界条件：进口压力温度、出口压力温度边界条件

网格：基础网格4mm，对速度和温度设置自适应加密；缸桶、火花塞、气门座圈局部加密

通过调整点火角和sage反应系数标定燃烧过程：

- 1、点火前的压力计算值与试验值存在一定偏差。
- 2、点火角参考ECU信号，sage反应系数1.55才能与试验缸压较为吻合，调整幅度较大。



实际案例：某款增压汽油机的流动和燃烧计算标定

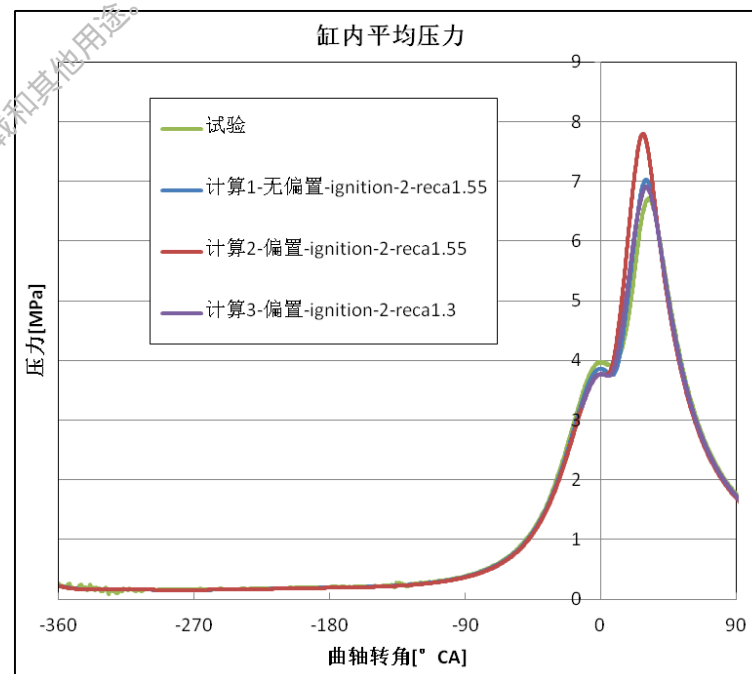
考虑偏置，计算活塞上止点和下止点实际位置，通过跑网格方式调整压缩比

考虑偏置：

1、相同的燃烧参数下，计算2考虑偏置，精确调整压缩比，点火前的压力与计算1相比略微下降，燃烧速度明显快于计算1。

2、调整sage反应系数到1.3即与试验较为吻合。

3、点火前的缸压比试验值低，考虑提高进气压力来增加压缩终了的缸内压力。



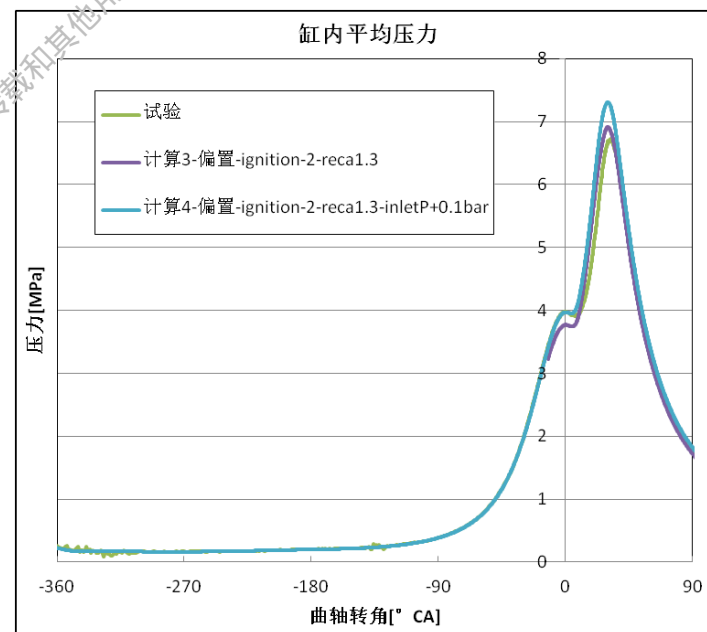
实际案例：1.5T进气道喷射汽油机的流动和燃烧计算标定

调整进气压力，提高点火前的缸内压力

提高进气压力：

1、计算4进气压力提高0.1bar，点火前缸内压力较计算3提高，与试验值基本吻合。

2、调整点火角和sage反应系数进一步标定燃烧。

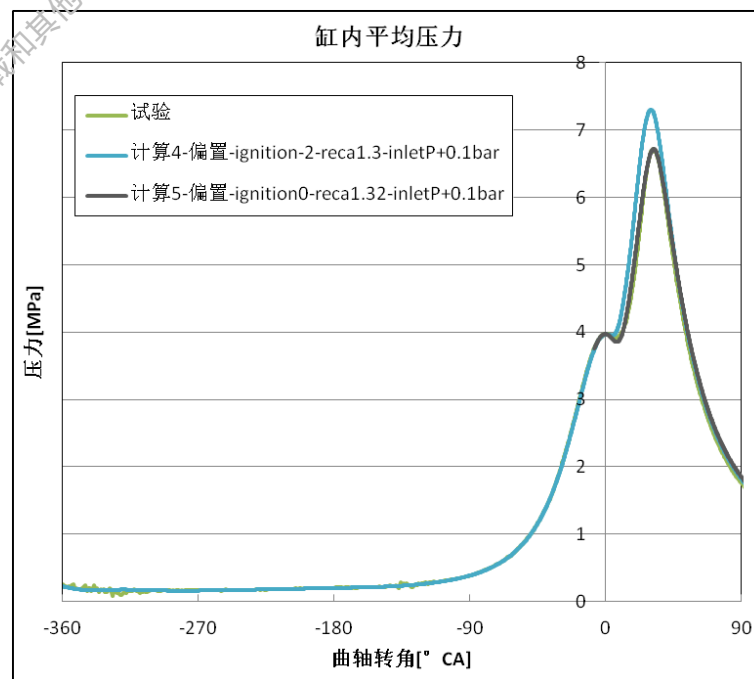


实际案例：某款增压汽油机的流动和燃烧计算标定

调整点火角和sage反应系数

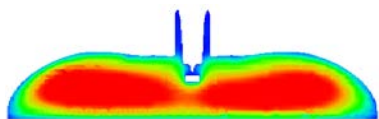
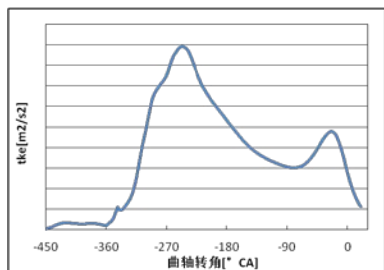
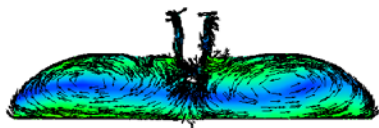
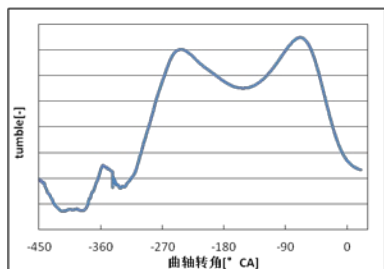
最终点火角为 0° CA，sage反应系数1.32，湍流schmidt数采用默认值。

	AI05	AI10	AI50	AI90
试验	11.39	14.13	24.61	34.22
计算	11.40	14.05	25.43	37.60

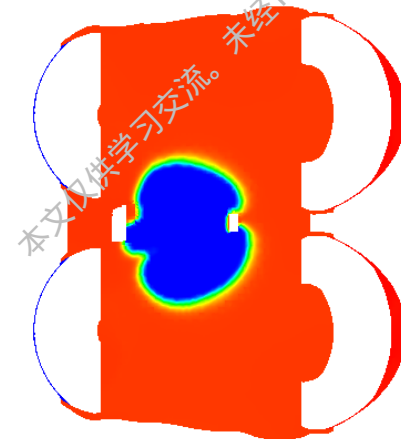
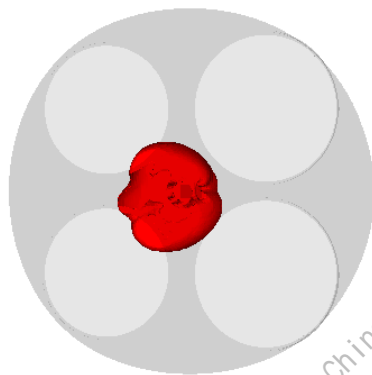


实际案例：某款增压汽油机的流动和燃烧计算标定

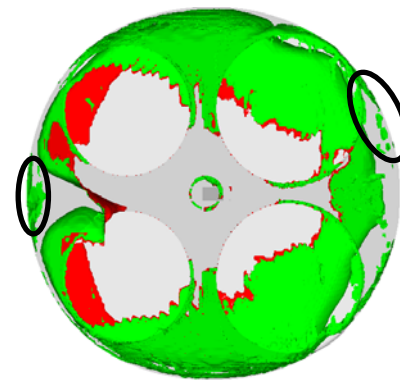
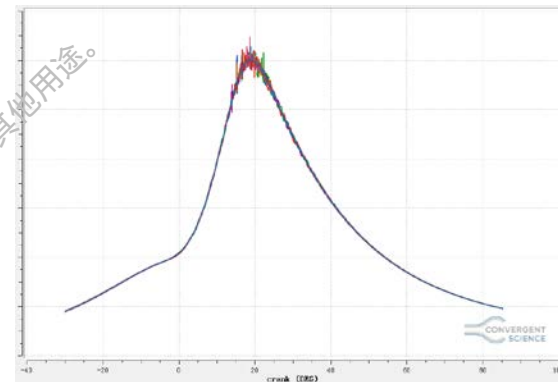
流动分析



燃烧分析



爆震分析



总结

介绍了converge汽油机流动和燃烧标定的过程，标定过程中注意几何、边界与实际情况的一致性，合理设置网格大小，在一定范围内调整燃烧参数，可以获得一个较为准确的缸内流动和燃烧过程；基于此进行燃烧室流动及燃烧分析、爆震分析及燃烧室优化。

本文仅供学习交流。未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。