

ICSC 2019

Core Competence Enhanced by MBD



IDAJ CAE Solution Conference

柴油机后处理燃烧器设计与仿真优化

凯龙高科技股份有限公司技术研究院

夏兴兰

目录

一、柴油机后处理燃烧器介绍

二、技术模型简介

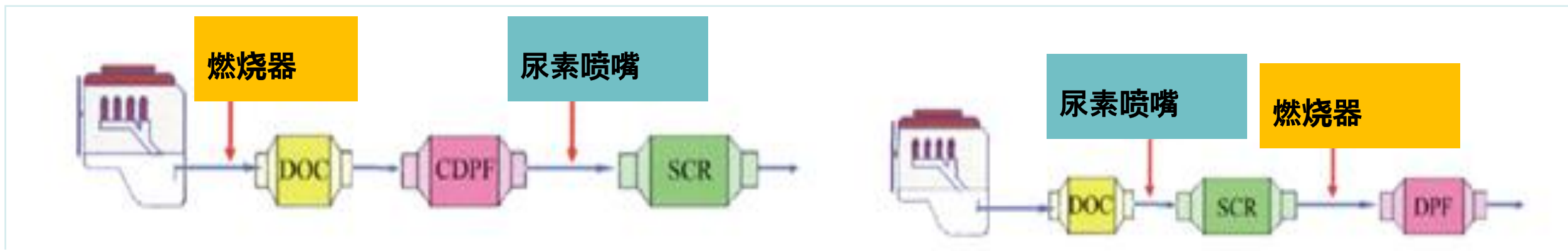
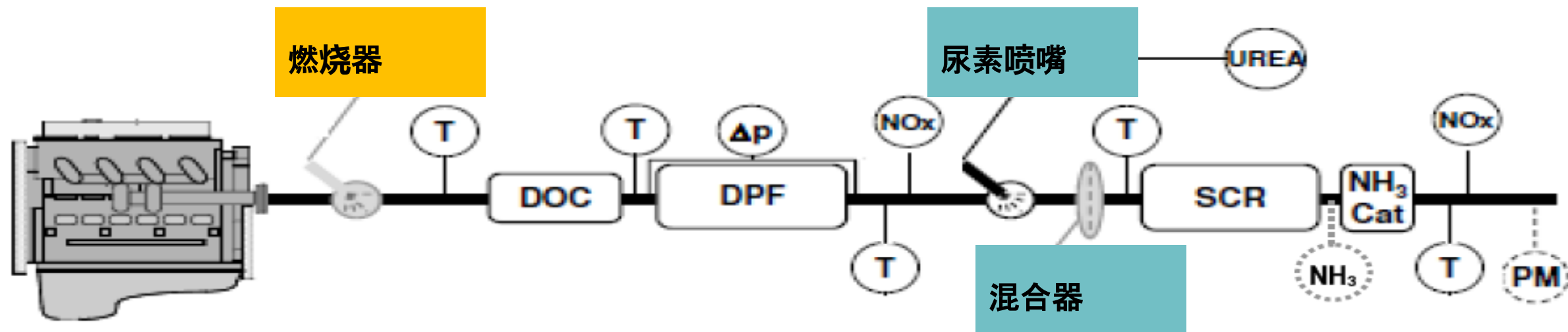
三、计算结果分析

四、结构改进设计

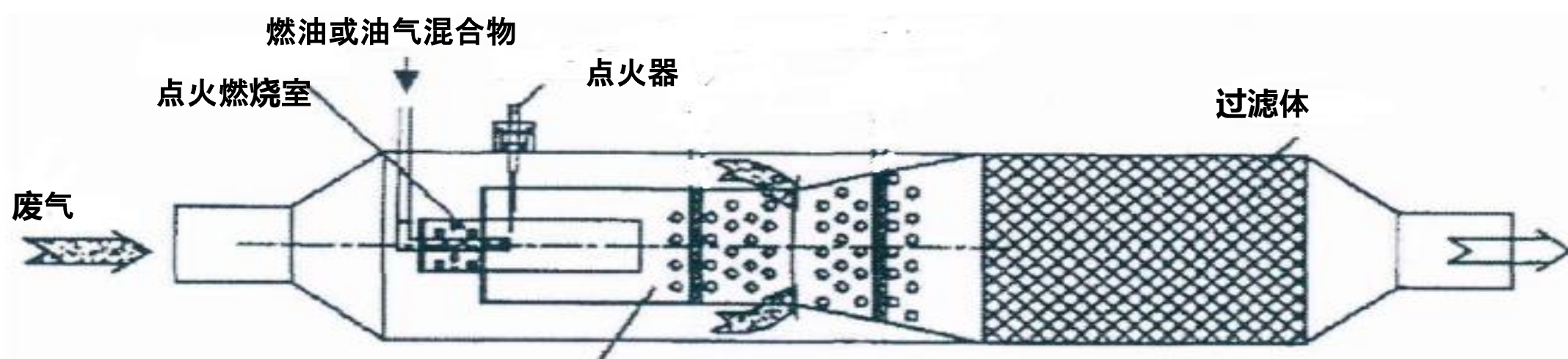
五、试验对比验证

六、总结

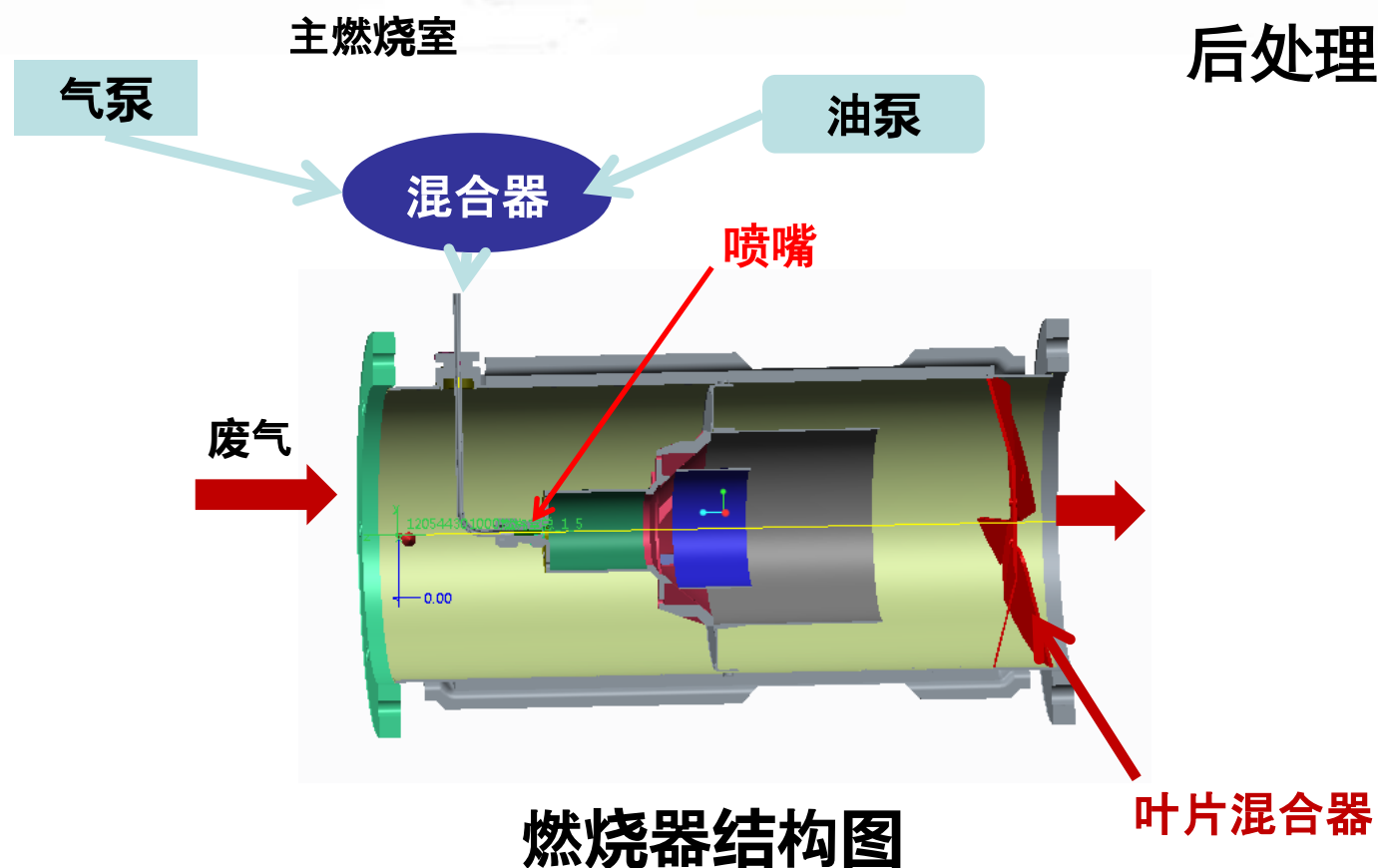
一、后处理燃烧器介绍



国VI后处理系统典型布置示意图



后处理燃烧器典型结构



燃烧器结构图

一、后处理燃烧器介绍

燃油助燃燃烧器的优缺点：

优点：

- 1) 布置形式灵活，响应速度快，加热功率大，再生彻底；
- 2) 采用柴油作为燃料，无需额外的能源供给装置；
- 3) 可移植性强，尤其适用在用车的改造；
- 4) 快速提高发动机低温工况时废气温度，从而提高SCR低温转换效率，尤其是针对国六以后排放标准
- 4) 具有良好的适用性，适用各种燃料。

缺点：

- 1) 再生温度高，容易造成过滤体的热损坏；
- 2) 再生过程控制难度大，由于燃油助燃再生技术采用排气作为再生气流，而随着发动机工况的变化，排气流量、温度和氧含量变化很大，对再生温度与再生控制的难度大，甚至会造成再生燃料的直接泄漏；
- 3) 再生系统故障率较高，容易失火，导致燃料沉积在过滤体上造成二次污染；

一、后处理燃烧器介绍



燃烧器应用实例

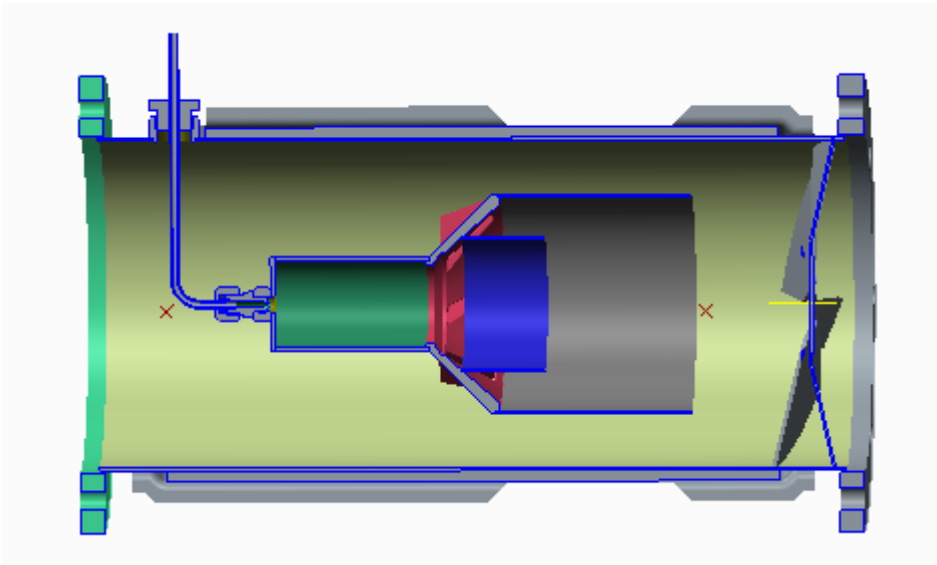
二、计算模型简介

- 边界条件

排气流量	排气温度	入口压力	喷油量	新鲜空气流量	废气中各气体成分百分比			
g/s	° C	bar	g/s	g/s	CO2	H2O	N2	O2
17.07	207	1.4	0.167	0.35	2.4	0.098	76.802	20.7
50.25	210	1.4	0.488	0.35	1.64	0.065	76.795	21.5
60.75	188	1.4	0.623	0.35	1.81	0.071	76.719	21.4

- 计算工况：

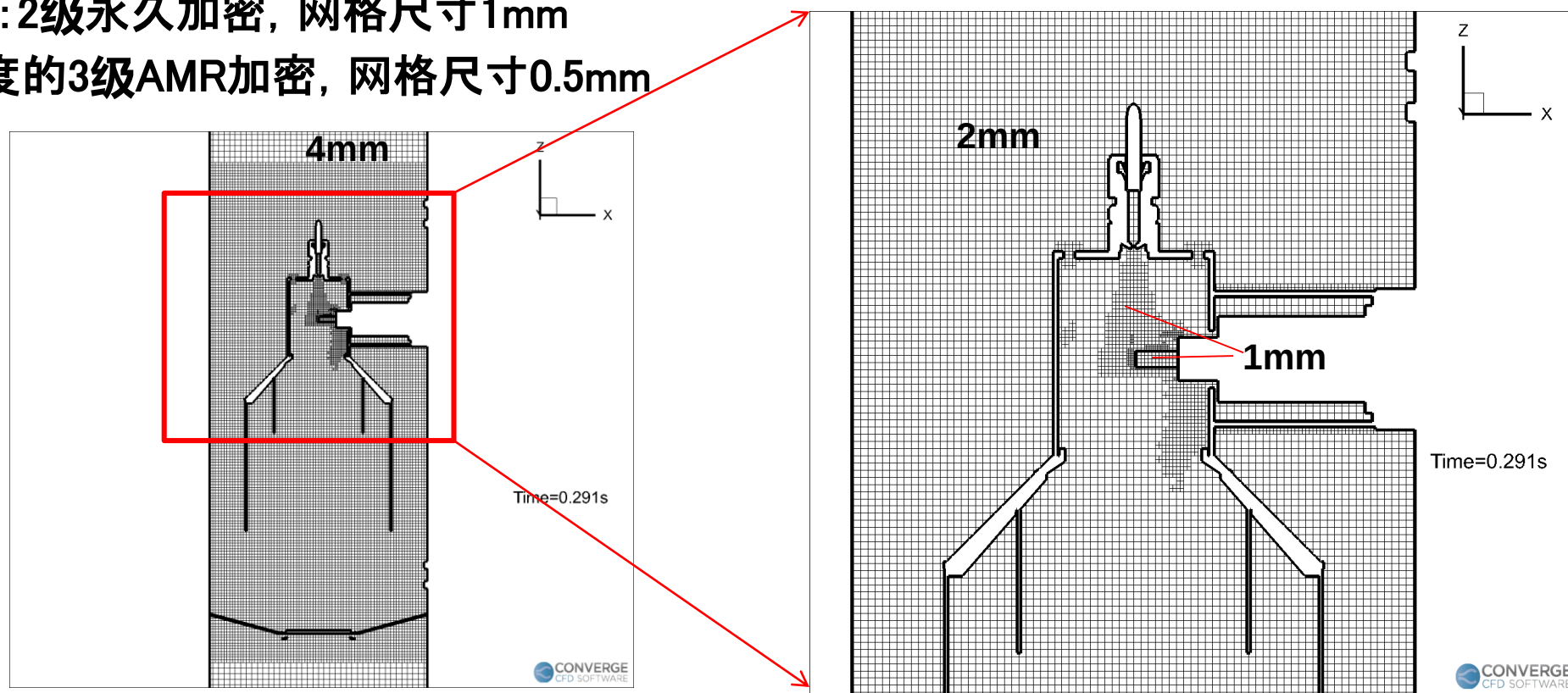
- 喷油时间:0.2s(0-0.2s为纯流动计算)
- 燃烧模型:SAGE, 启用时间, 0.2s
- 点火模型:电热塞固体热源100W



燃烧器结构

二、计算模型简介

- ◆ 本次计算网格方案：
 - ◆ 基础网格尺寸=4mm(0-0.2s为8mm)
 - ◆ 燃烧腔所在域1级永久密, 网格尺寸2mm
 - ◆ 电热塞所在域2级永久加密, 网格尺寸1mm
 - ◆ 喷雾锥加密区: 2级永久加密, 网格尺寸1mm
 - ◆ 基于温度&速度的3级AMR加密, 网格尺寸0.5mm



二、计算模型简介

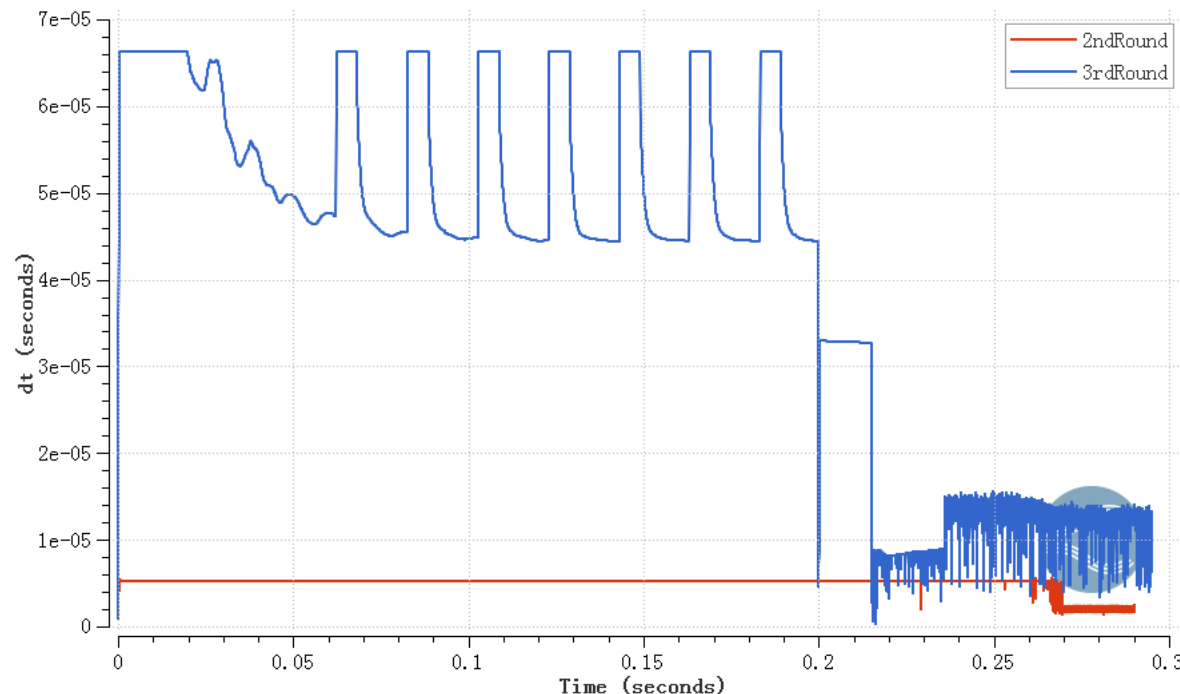
计算设置

项目	第一轮	第二轮	第三轮(本次)
基础尺寸	4mm	6mm	4mm
电热塞固体网格尺寸	0. 5mm	0. 75mm	1mm
雾化气流	考虑	考虑	不考虑
燃烧腔加密尺寸	2mm	3mm	2mm
喷嘴区加密尺寸	0. 5mm	0. 75mm	1mm
AMR加密尺寸	0. 5mm	0. 75mm	0. 5mm
电热塞功率	285W	285W	100W
计算物理时间	0. 26s	0. 29s	0. 291s
计算耗时@16核	~8days	~4days	~2days
燃烧结果	未达到充分燃烧	达到充分燃烧	达到充分燃烧

- ◆ 第三轮计算方案的主要特点是取消了对雾化气流的求解，这样可以有效的增大计算时间步长，从而更快速地的推进计算，所以在不到两天之内达到了充分燃烧。

二、计算模型简介

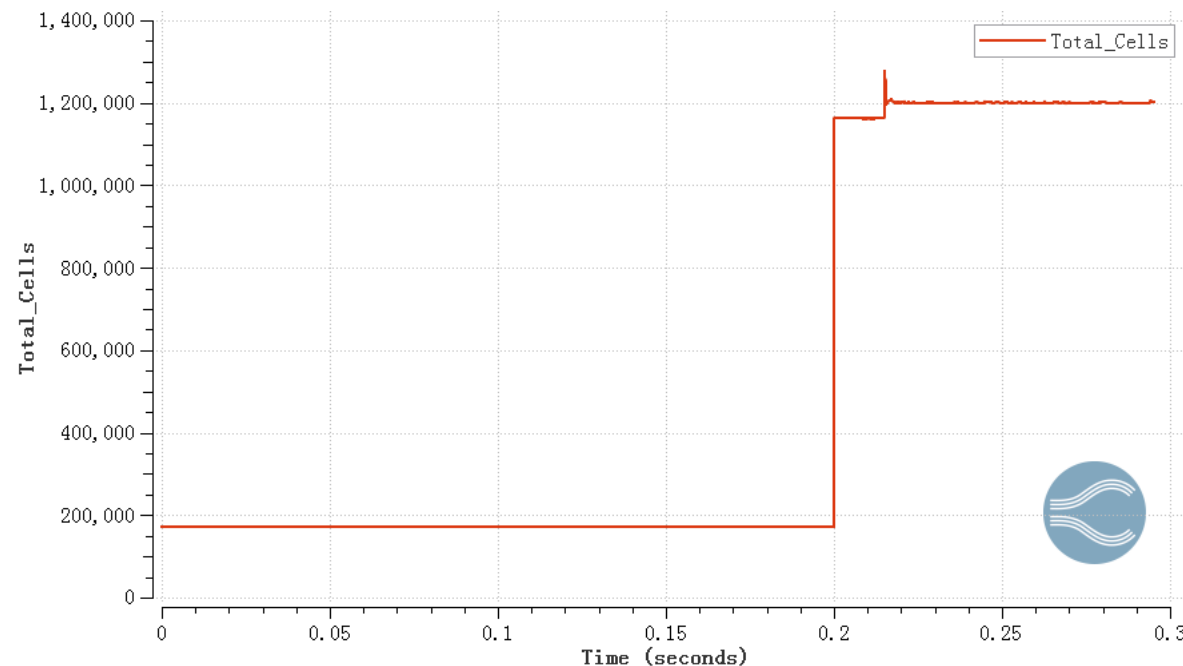
◆ 时间步长比较:



- ◆ 第一轮计算和第二轮计算都考虑了新鲜空气对燃油的雾化的影响, 但计算速度太慢, 燃烧后计算时间约8天计算一个工况;
- ◆ 第三轮计算方案中, 取消了新鲜空气对燃油雾化的影响(取消了新鲜空气的进气量, 因为燃烧器的燃烧的氧气主要来自于废气中的氧气), 整个计算周期内时间步长都明显大于第二轮计算方案。

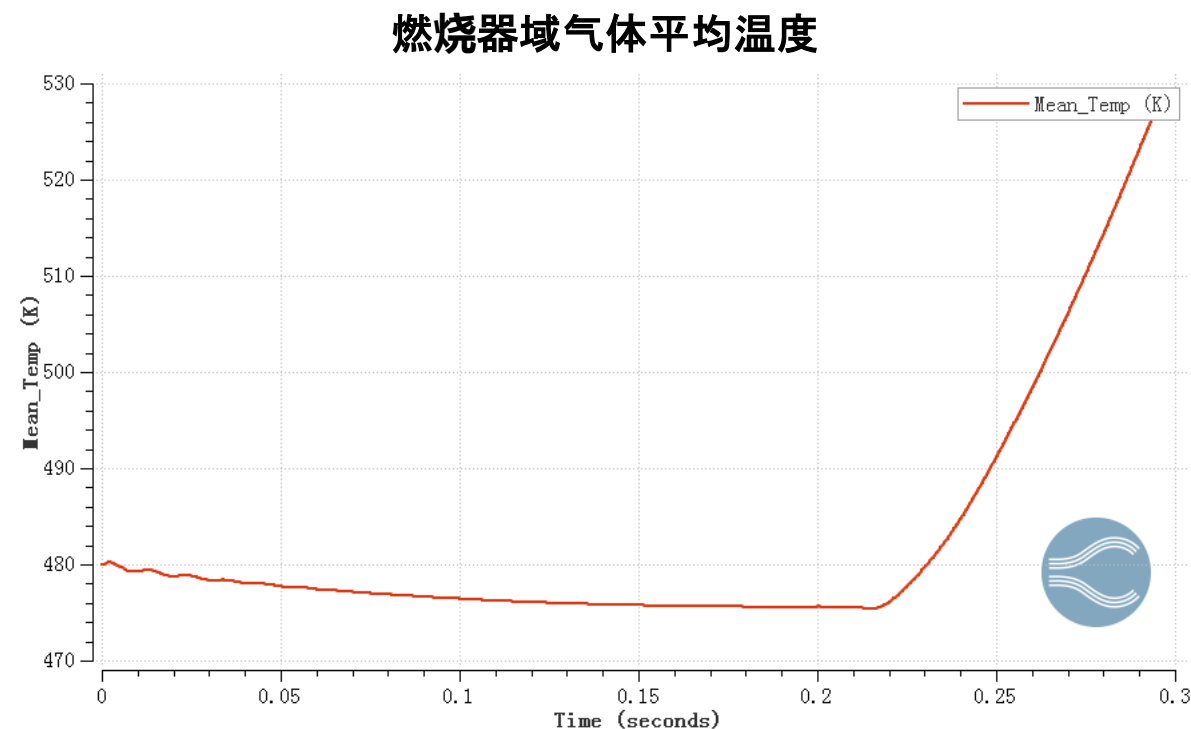
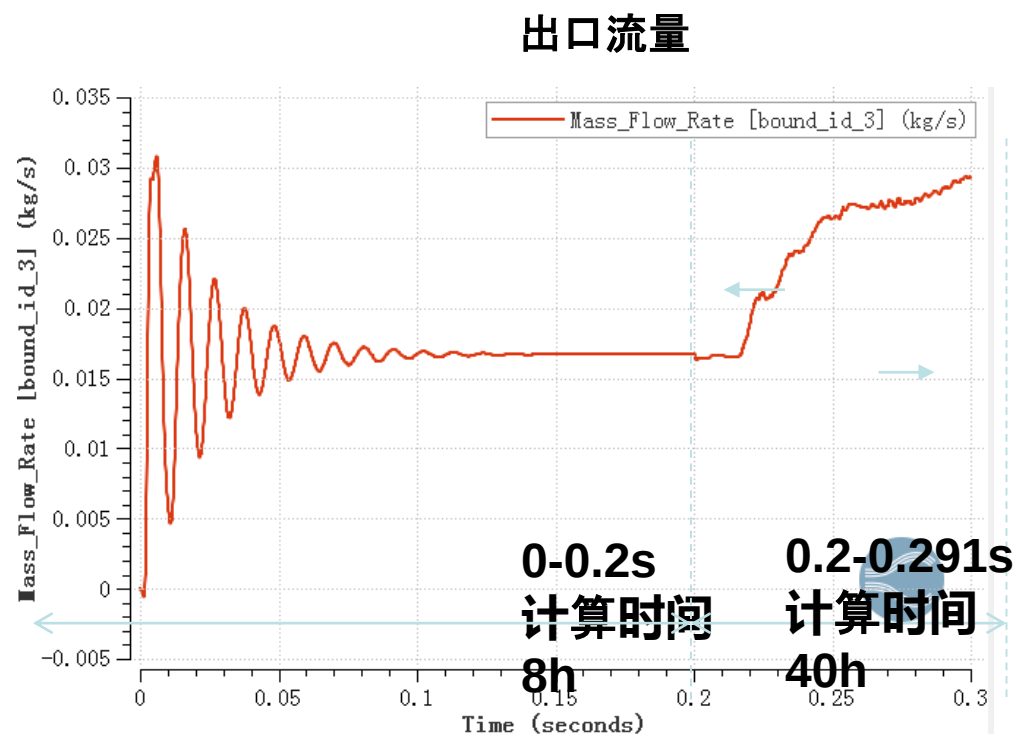
三、计算结果分析

◆ 网格数量



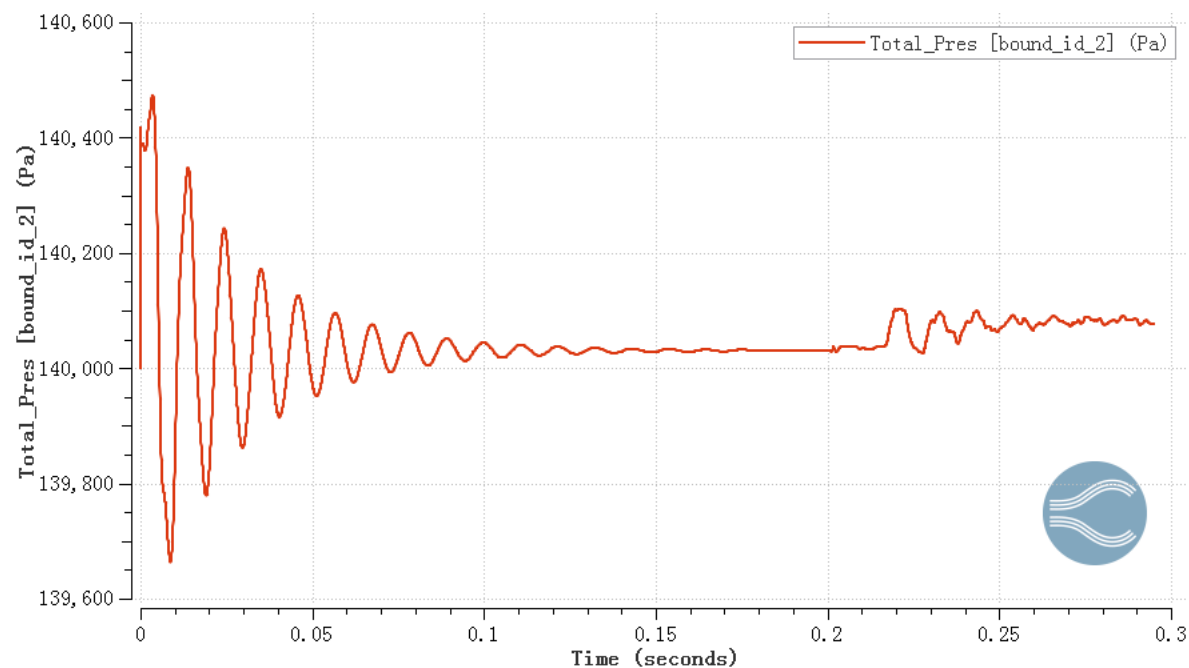
- 0-0.2s为粗网格纯流动阶段，；0.2s进入密网格阶段，0.215s开始喷油，并开启燃烧，0.22s开始燃烧，由于温度AMR的作用，网格数量迅速上升至最大网格限定数120万。

三、计算结果分析



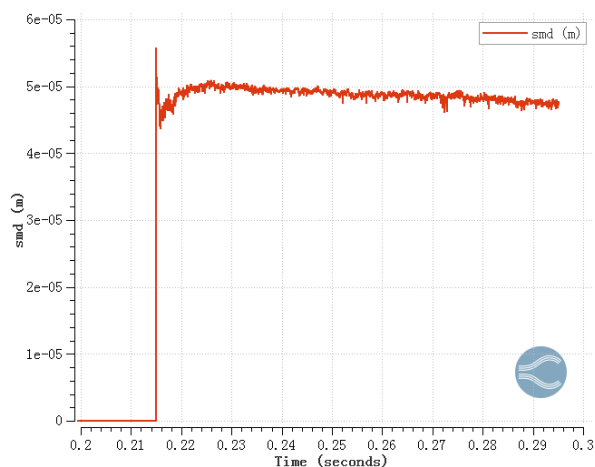
- 入口压力在0.15s后趋于平稳, 0.22s开始燃烧, 出口流量和平均温度上升,

三、计算结果分析

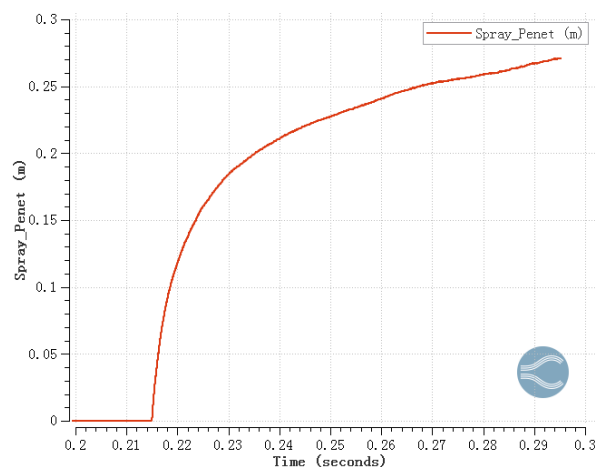


- 入口压力在0.15s后趋于平稳, 0.22s进入燃烧阶段后略微上升

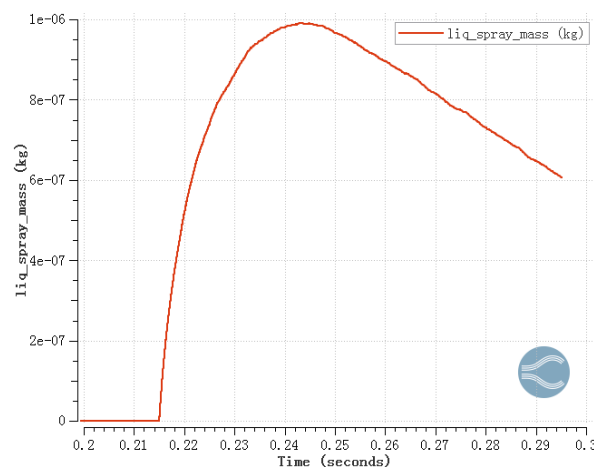
三、计算结果分析



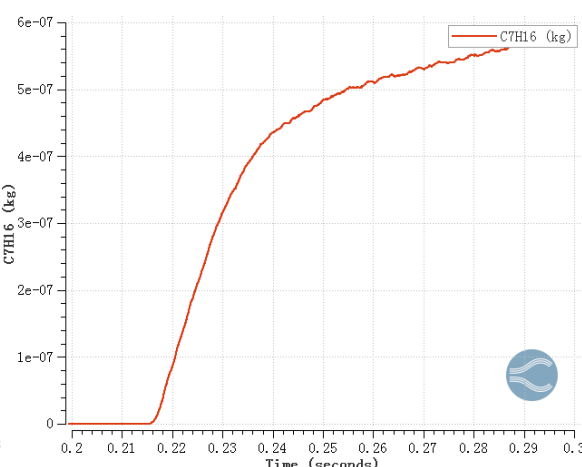
SMD平稳在50um上下



贯穿距逐步上升并趋于平稳



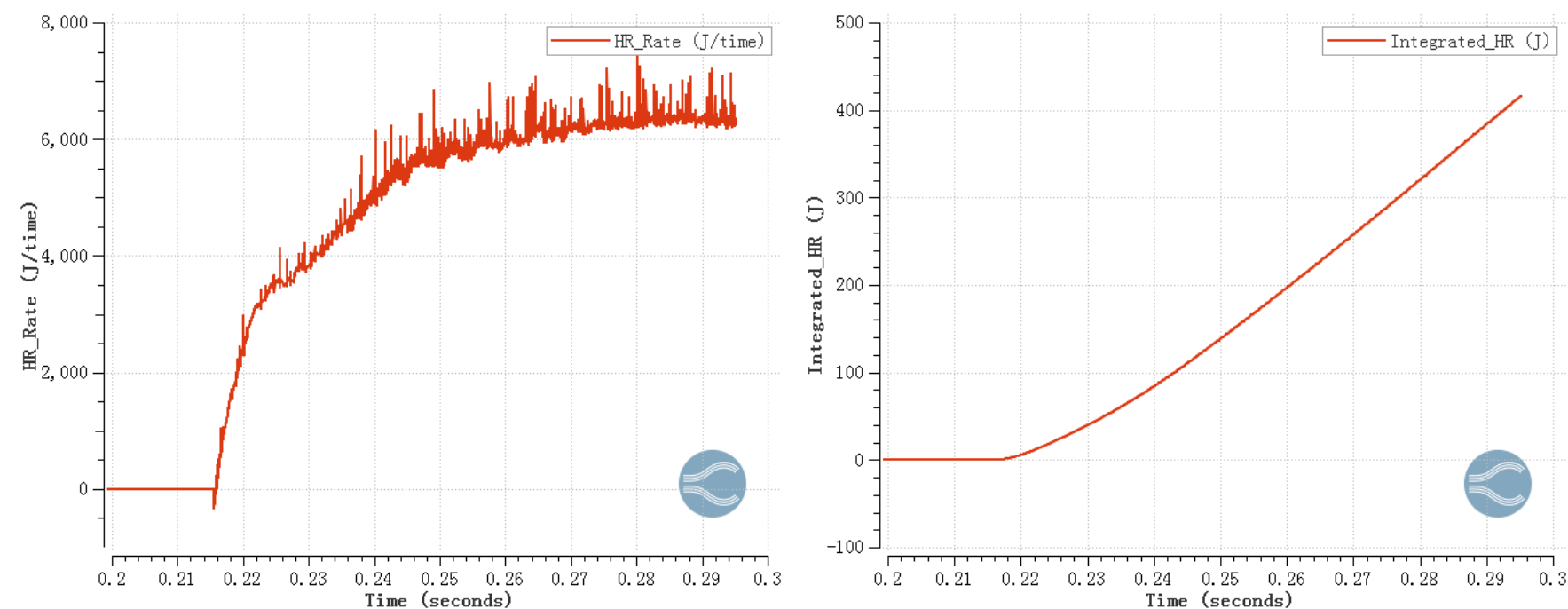
液体燃油质量
后期下降是由于燃烧启动所致



燃油蒸气质量

三、计算结果分析

放热率曲线

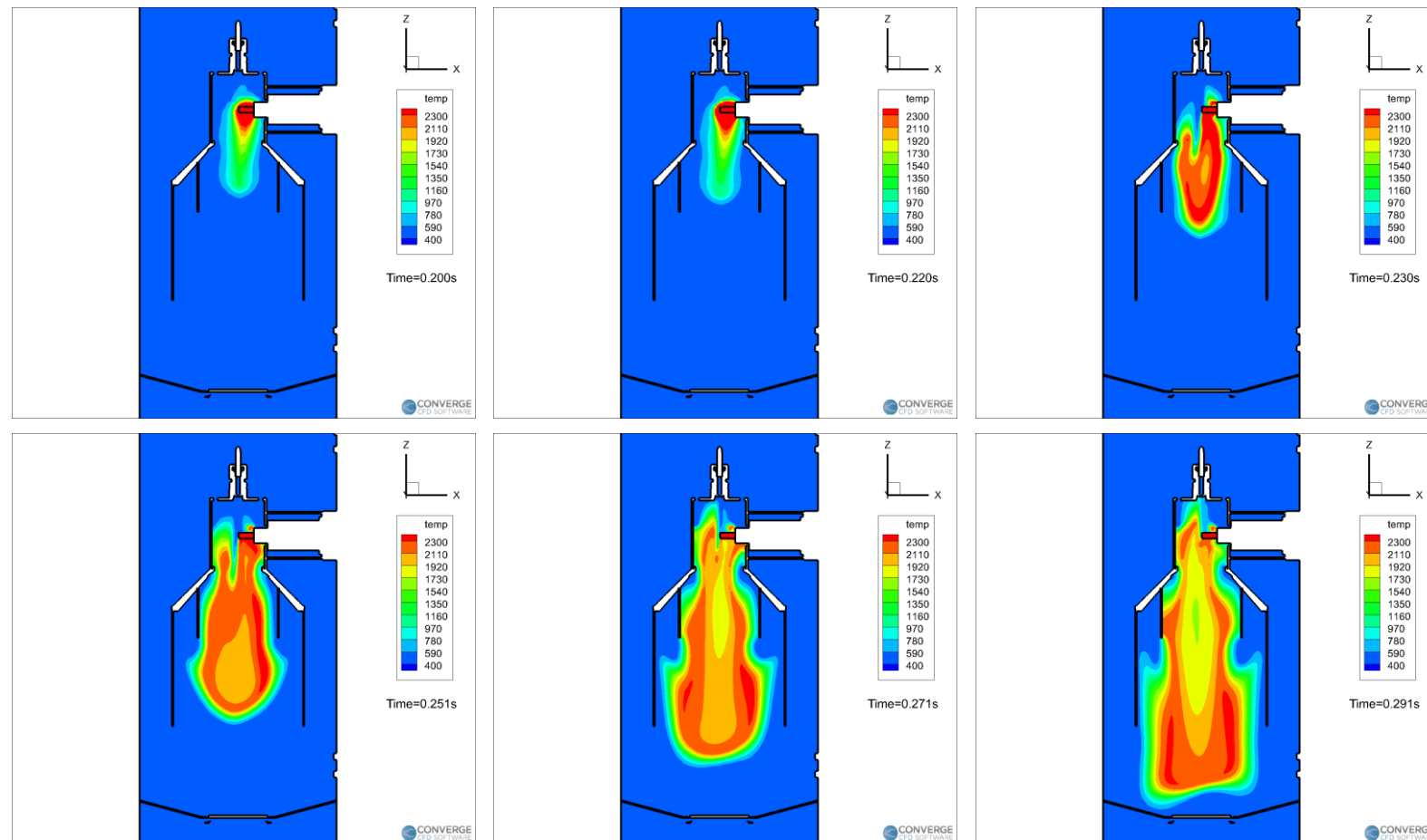


- 0.216s之后放热率快速上升，并趋于稳定，基本达到喷油流量完全燃烧对应的放热率。
- 喷油流量理论放热率： $0.167\text{e-}3\text{kg/s} \times 46.2\text{MJ/kg} = 7713\text{J/s}$ ，柴油热值= 46.2MJ/kg

三、计算结果分析

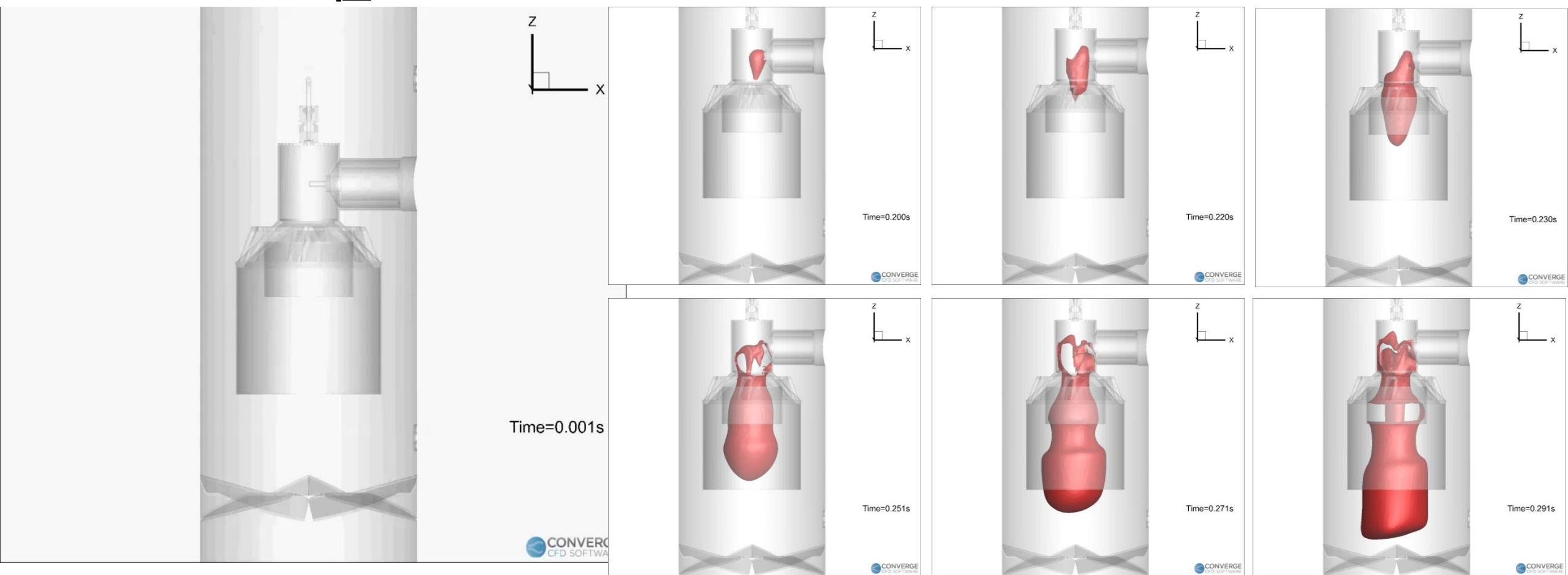
- 由于电热塞持续放热, 喷油之前(0.2s)电热塞附近温度即超过2000K
- 从0.23s开始, 出现明显的火焰形状, 并快速发展。
- 到0.29s火焰前锋已经发展至混合器。

● Y=0截面温度



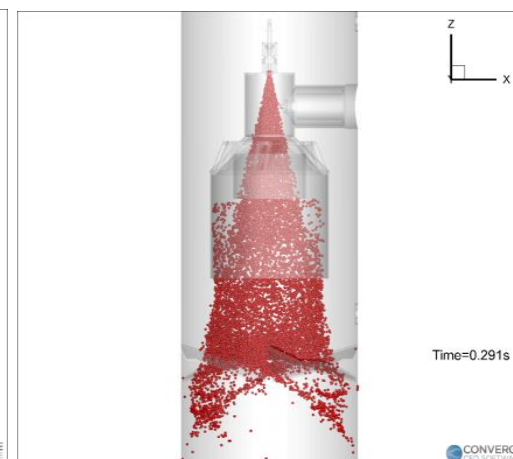
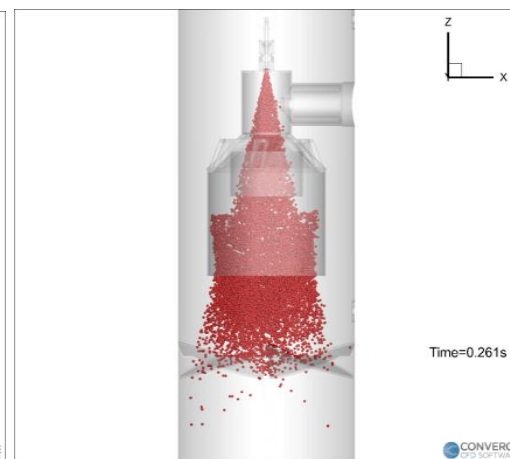
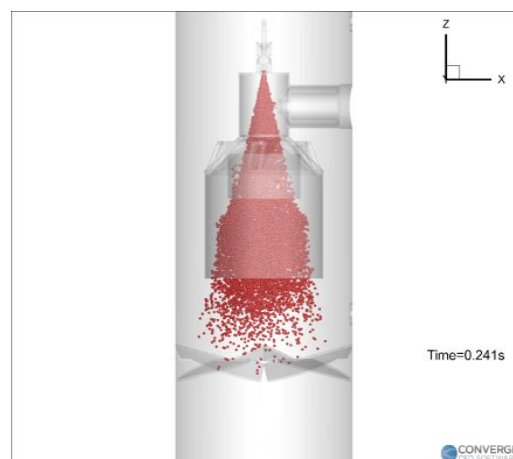
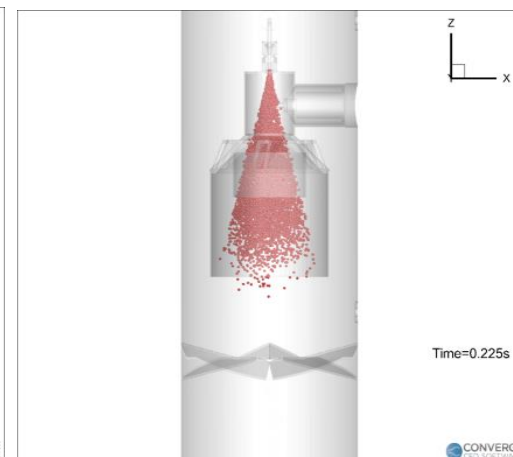
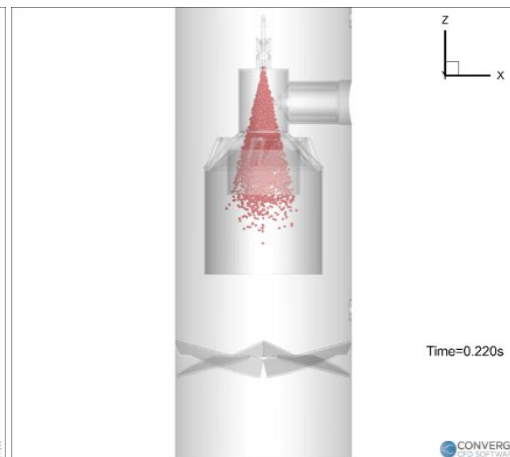
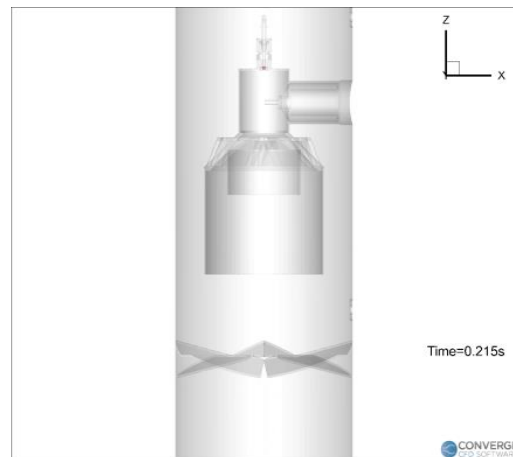
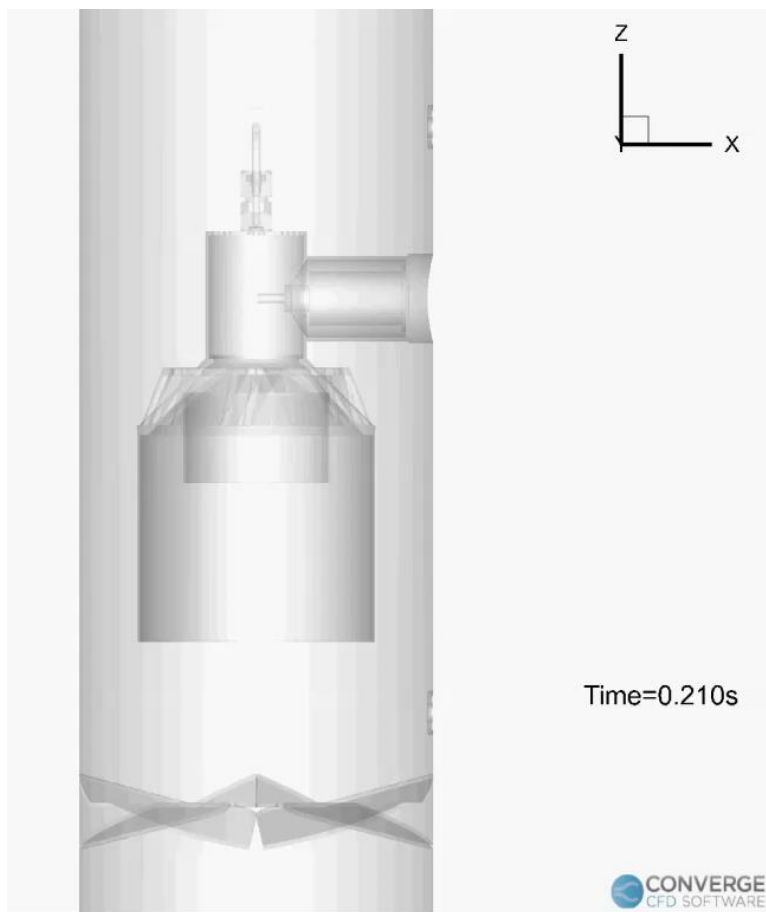
三、计算结果分析

- 1800K温度等值面



三、计算结果分析

- 喷油起始时刻为0.215s
- 到0.29s, 喷雾前端越过混合器, 产生油滴逃逸。

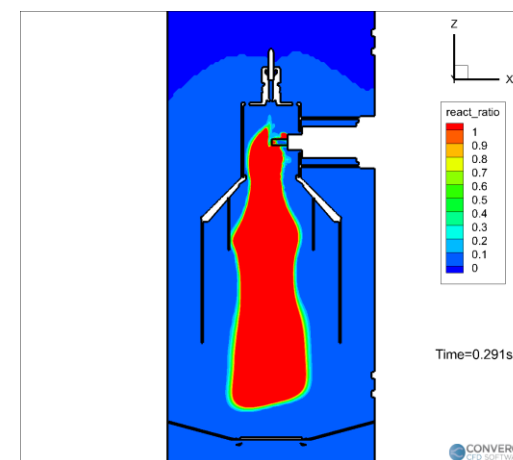
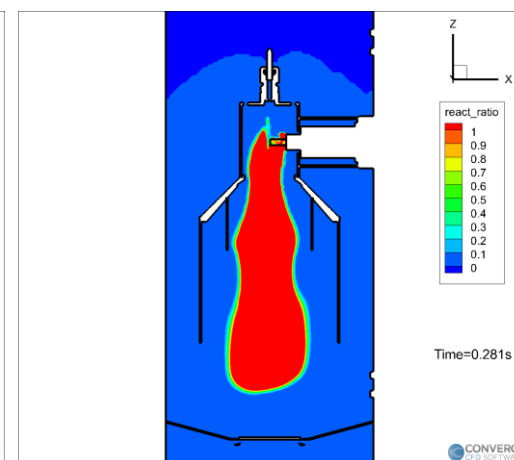
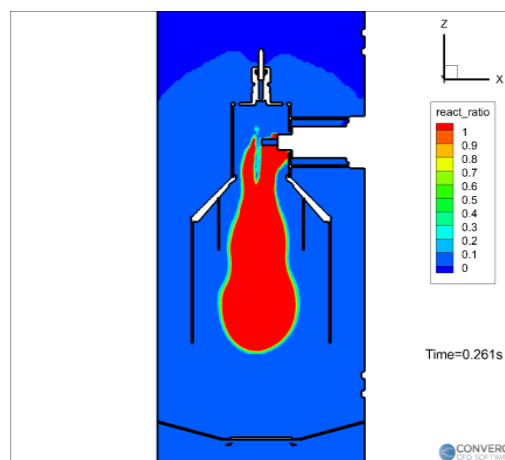
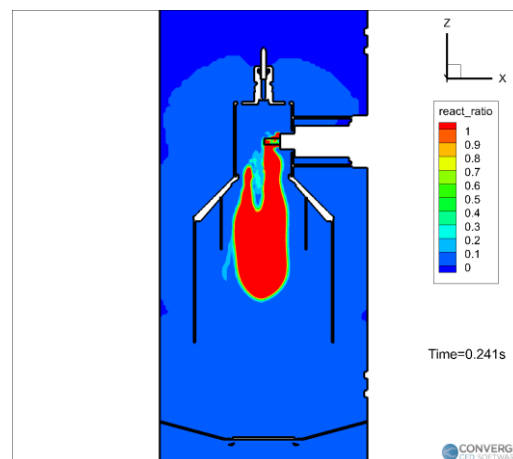
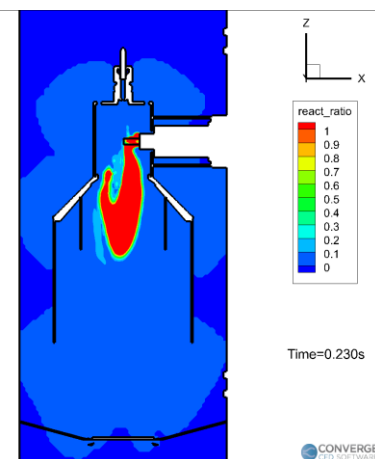
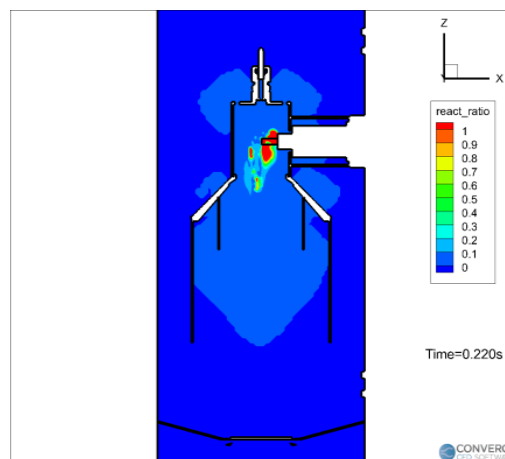
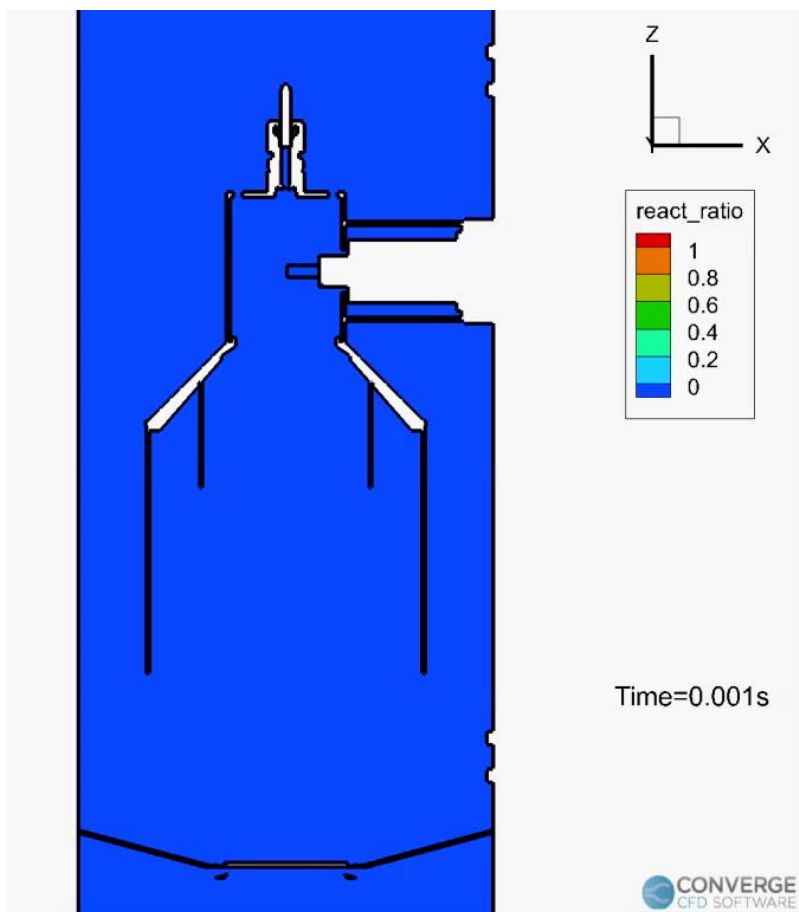


喷雾三维结果

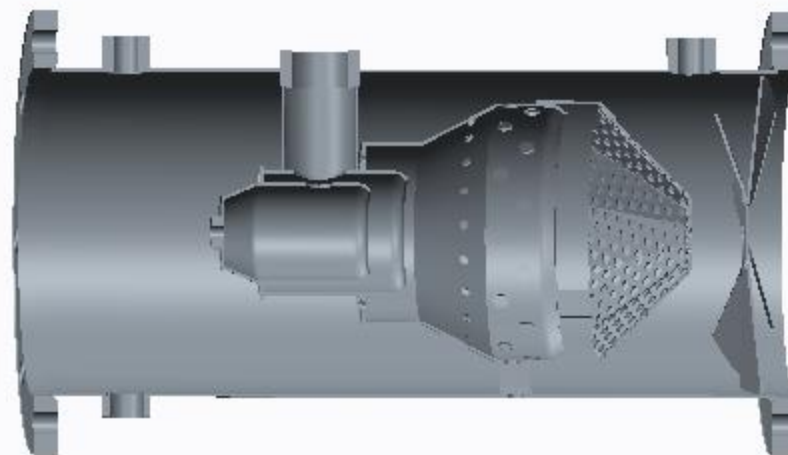
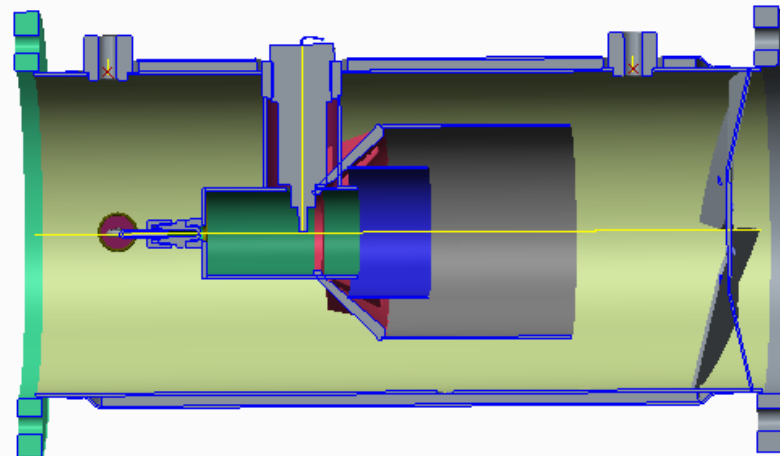
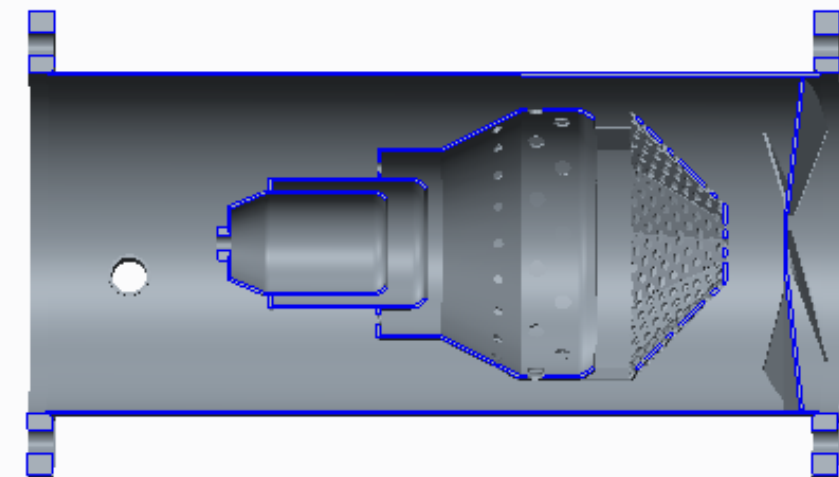
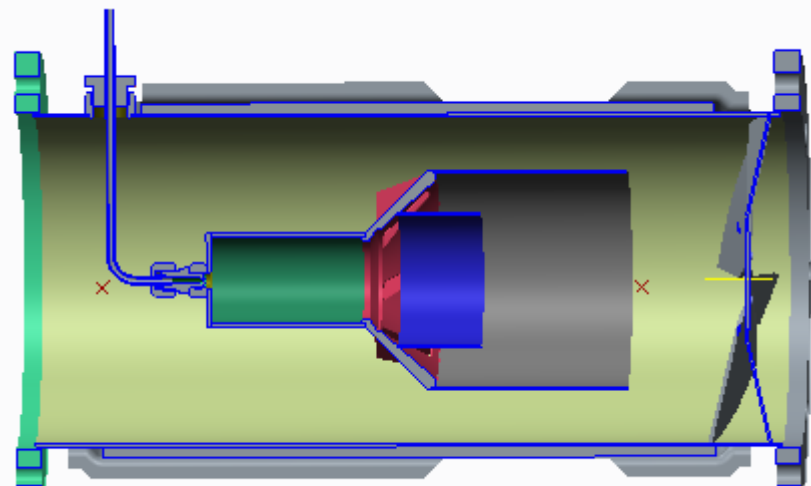
三、计算结果分析

- 0.21s电热塞附近出现高浓混合气区(当量比 >1)
- 0.23s着火之后, 电热塞附近始终存在高浓混合气区

Y=0截面燃空当量比分布云图



四、结构改进设计

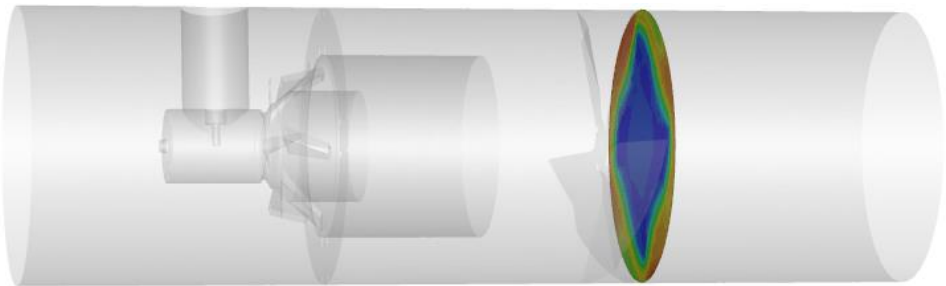
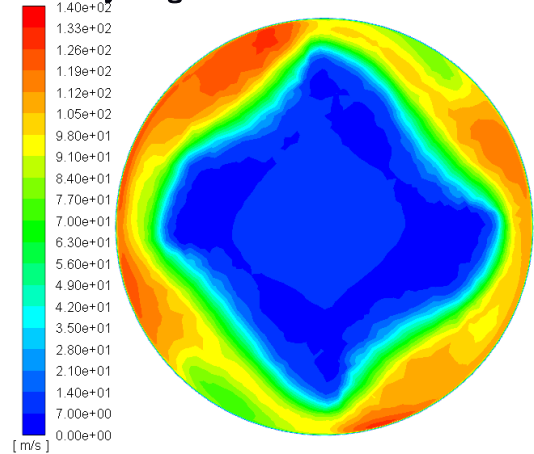


原始方案

改进方案

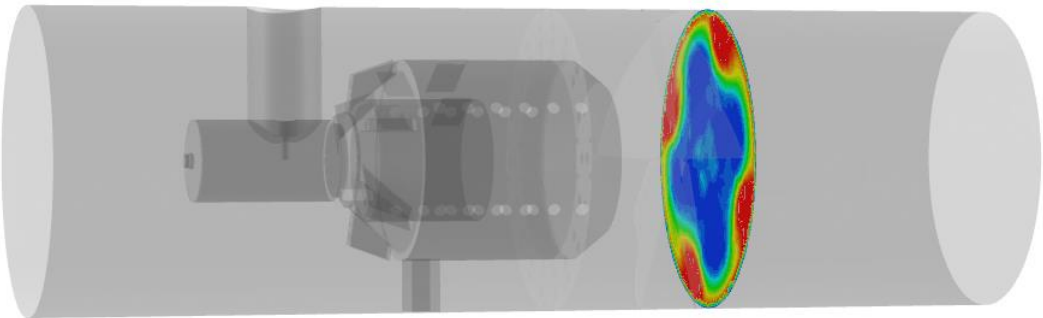
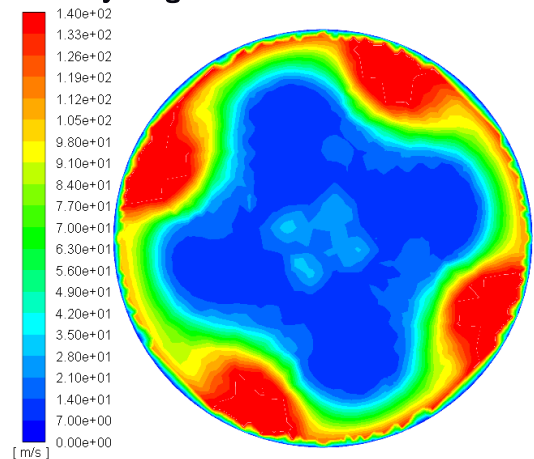
四、结构改进设计

Velocity Magnitude



原方案

Velocity Magnitude

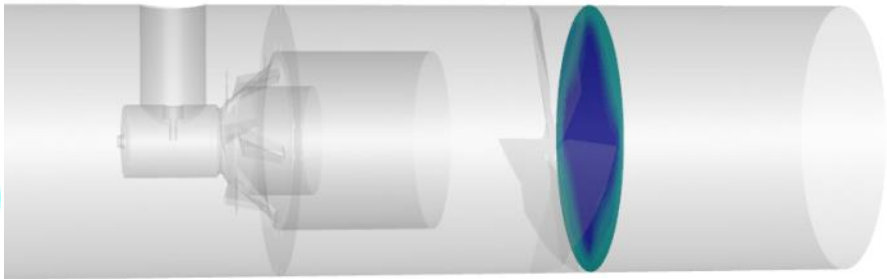
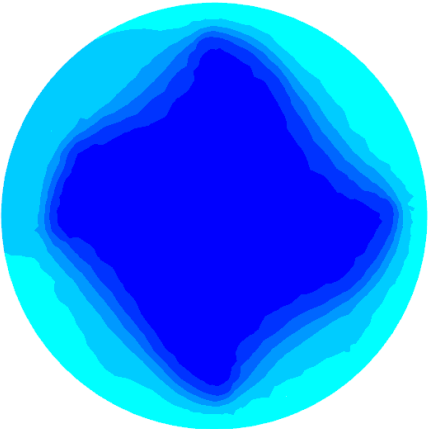
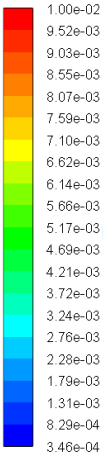


改进方案

方案	UI
原方案	0.571
改进方案	0.596

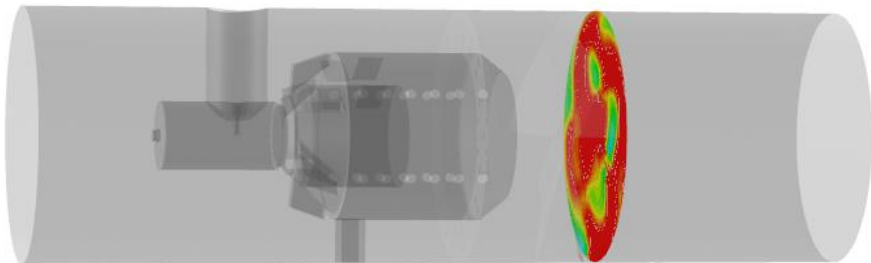
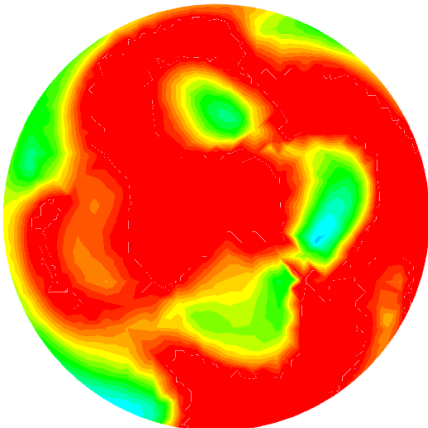
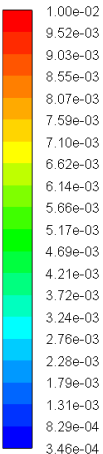
四、结构改进设计

燃料的质量分数



原方案

燃料的质量分数



改进方案

点火前燃油蒸汽发布均匀性系数

方案	UI
方案一	0.694
方案二	0.850

五、实验对比验证



原方案

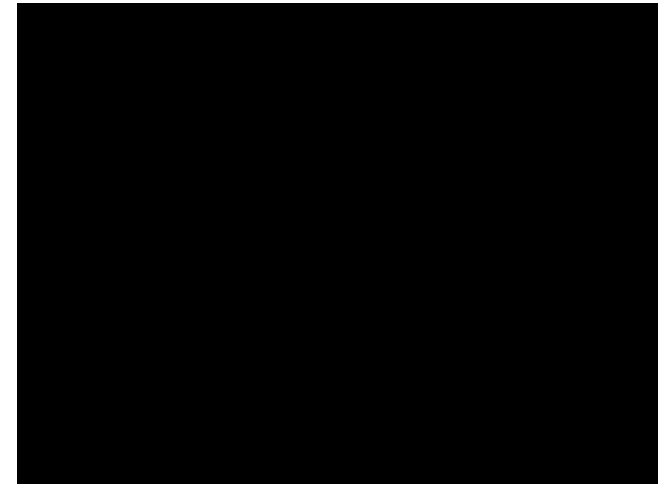
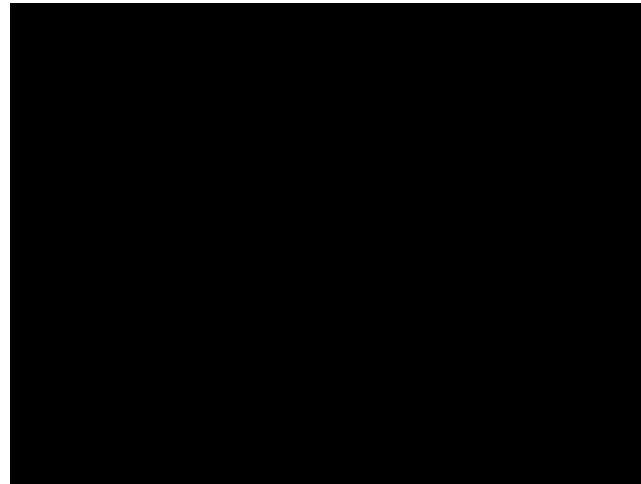


改进方案

五、实验对比验证



原方案



改进方案

- 1) 后处理燃烧器燃烧时的温度和压力都比发动机缸内低很多，因此点火困难，燃烧速度也慢很多；
- 2) 通过取消雾化气流，同时适当调整网格加密方案，大大缩短了计算时间。2天左右可完成一个模型的计算。
- 3) 计算能够指导设计，设计出的燃烧器满足实际装车的需要。

感谢您的聆听！