

基于 STAR-CCM+的排气歧管分析及优化

Analysis and Improvement of Exhaust Manifold by STAR-CCM+

贾友昌 赵蕾 鲁建立

(长安汽车股份有限公司汽车工程研究总院 CAE所)

摘要：本文利用 STAR-CCM+三维流体分析软件对某款汽油机的排气歧管进行了模拟分析，重点考察了排气歧管出口载体前端气流分布均匀性，并对氧传感的位置进行了评估，提出了优化建议并获得了良好的优化效果。

关键词：排气歧管；均匀性；氧传感器；STAR-CCM+

Abstract This paper discusses the application of the CFD method in simulation of internal flow for exhaust manifold by STAR-CCM+, Gives an emphasis on the uniformity of fluid homogenization at outlet, and evaluates the position of the oxygen sensor. Results showed that the improved model was better than the old one.

Key words: exhaust manifold; uniformity; oxygen sensor; STAR-CCM+

1 前言

由于排放法规的日益严格，三元催化器必须保持高的转化效率和很好的耐久性，提高三元催化器前端气流分布的均匀性有利于提高载体的转化效率和增加载体的使用寿命。同时低的排放需要准确而稳定的控制策略，这就需要前氧传感器处在一个合理的位置，使它能够准确而稳定地监测到各缸排气的成分并反馈给 ECU。因此利用三维流体分析软件分析气流通过载体的均匀性和判断氧传感器的位置，为排气歧管的设计提供理论依据和改进意见显得十分必要。

本文以某汽油机为例，借助 CFD 分析流体软件 STAR-CCM+ 对排气歧管进行稳态流场分析，对氧传感位置的改进提供一定的理论依据，并保证了优化后的载体流动性能。

2 计算模型

2.1 理论基础

由于排气歧管内部的流速不高，可以视流场为三维、定常、可压缩、粘性、湍流运动，其控制方程包括连续方程、动量方程、能量方程、湍流动能方程、湍流耗散方程。

2.2 几何模型的建立及网格划分

运用 CATIA 工具抽取流体计算区域空间几何,再利用 STAR-CCM 先进的网格生成工具进行面网格和体网格的划分工作,其中载体采用多孔介质的计算模型,采用结构化网格,其余部分的网格为 TRIM 网格,基本尺寸为 2MM,体网格总数大于 50 万。

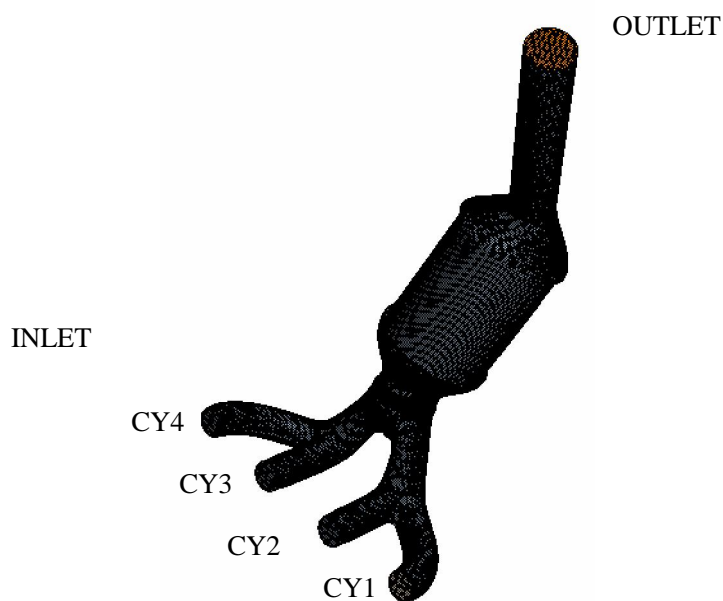


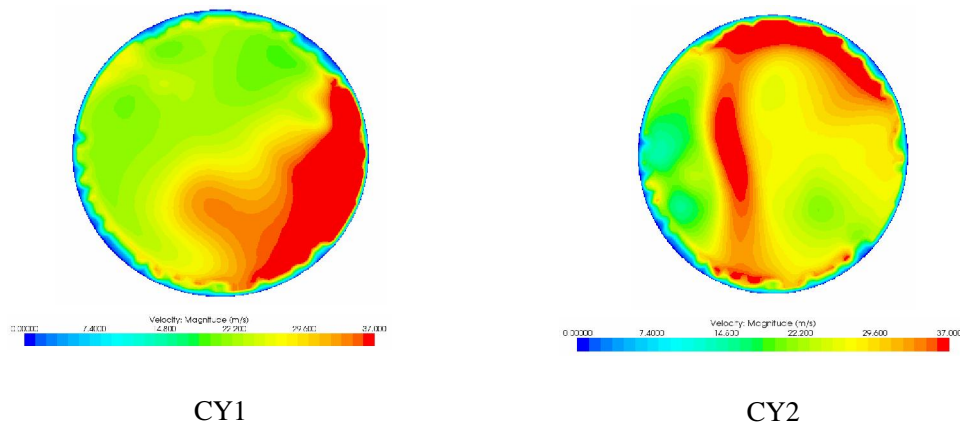
图 1 网格模型

3 边界条件

流体介质为空气,采用稳态 CFD 分析,模拟工况为全速全负荷,入口为质量流量进口,流量为 0.085kg/s,出口设为压力出口,进口气体温度为 1123K,出口温度为 973k,载体为多孔介质区域,设定相应的阻力特性值,内部结构化网格与外部体网格用 INTERFACE 连接,其他设置为壁面边界条件,湍流模型采用标准 k- 模型

4 原始模型计算结果及分析

4.1 载体前端速度分布



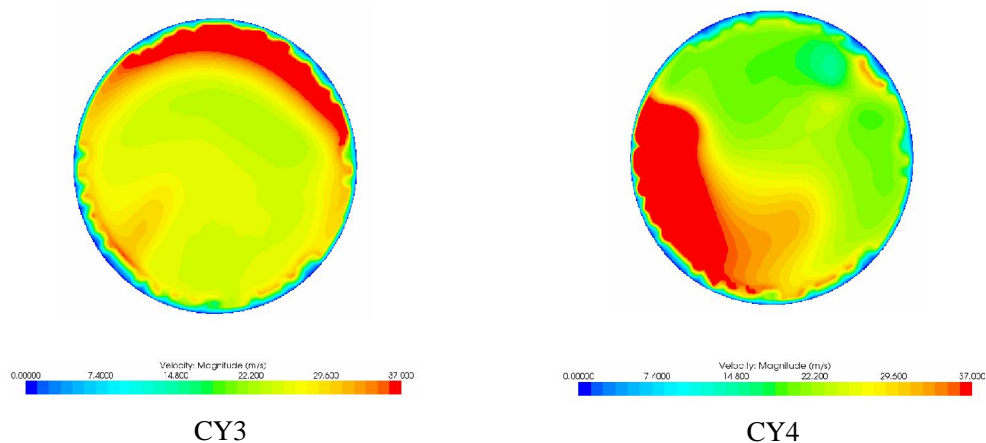


图 2 原始方案载体前端速度分布

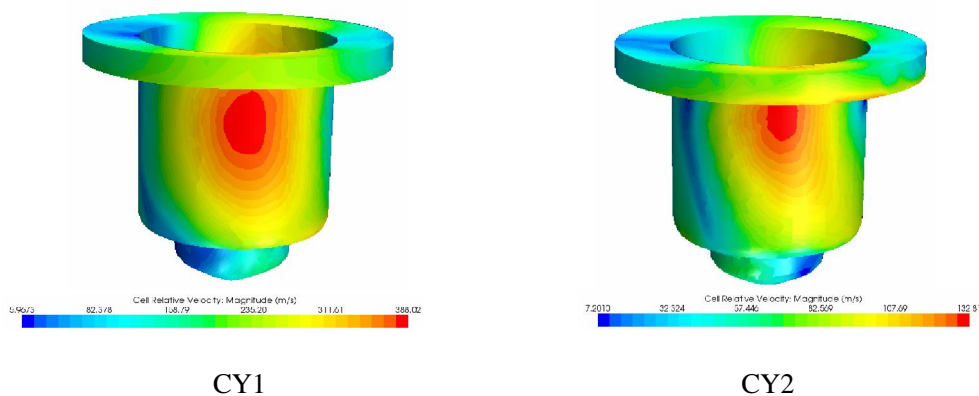
SAC 曾经提出一个统计值 UI 来直观反应排气歧管出口截面气流分布的均匀性，其定义如下：

$$UI = 1 - \frac{u'}{2u} = 1 - \frac{\sum A_i \sqrt{(u_i - \bar{u})^2}}{2 \sum A_i u_i} = 1 - \frac{\sum A_i \sqrt{(u_i - \bar{u})^2}}{2 A \bar{u}}$$

A 表示截面面积； A_i 表示截面上单元面积； u_i 表示截面上单元的局部速度； \bar{u} 表示截面平均速度

根据工程经验，一个性能良好的 UI 值应不低于 0.85，从图 2 中可以看出，原始模型的 UI 值均大于 0.9，因此认为排气歧管出口气流分布是均匀的。

4.2 氧传感器周围的速度分布



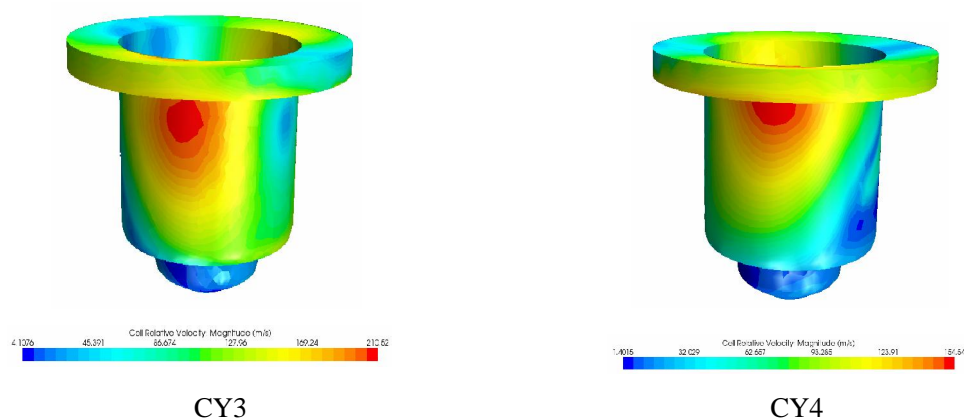


图 3 原始方案氧传感器周围的速度分布

从原始方案的分析结果得到氧传感器周围的速度分布，如图 3 所示，从图中可以看出，氧传感周围速度差异性偏低，不能达到设计要求，需要对其进行优化

4.3 速度流线图

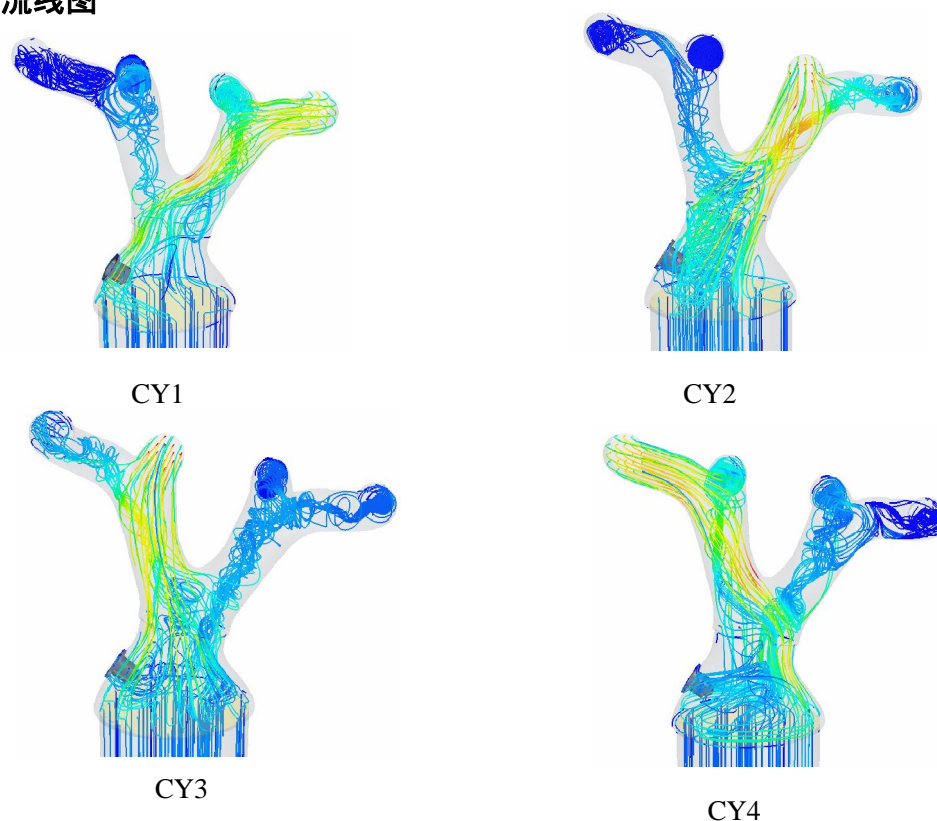


图 4 原始方案速度流线图

从原始方案分析得到歧管的速度流线图，从图 4 中可以看出，氧传感器不处于主流区域。

5 优化模型计算结果及分析

5.1 排气歧管改进方案

鉴于以上对原始方案速度场的分析，发现氧传感器周围的速度偏低，其不处于主流区域应是由传感器的位置不佳造成的，为了提高氧传感周围速度，提高其监测废气的准确性，调整了氧传感器的位置，并内收端锥，改进主要区域如图 5 所示。

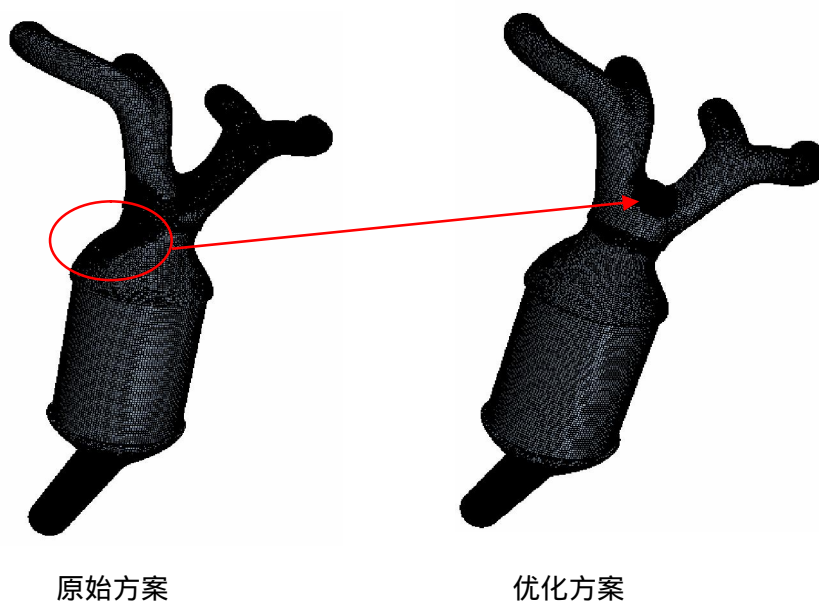


图 5 优化方案体网格示意图

5.2 载体前端速度分布

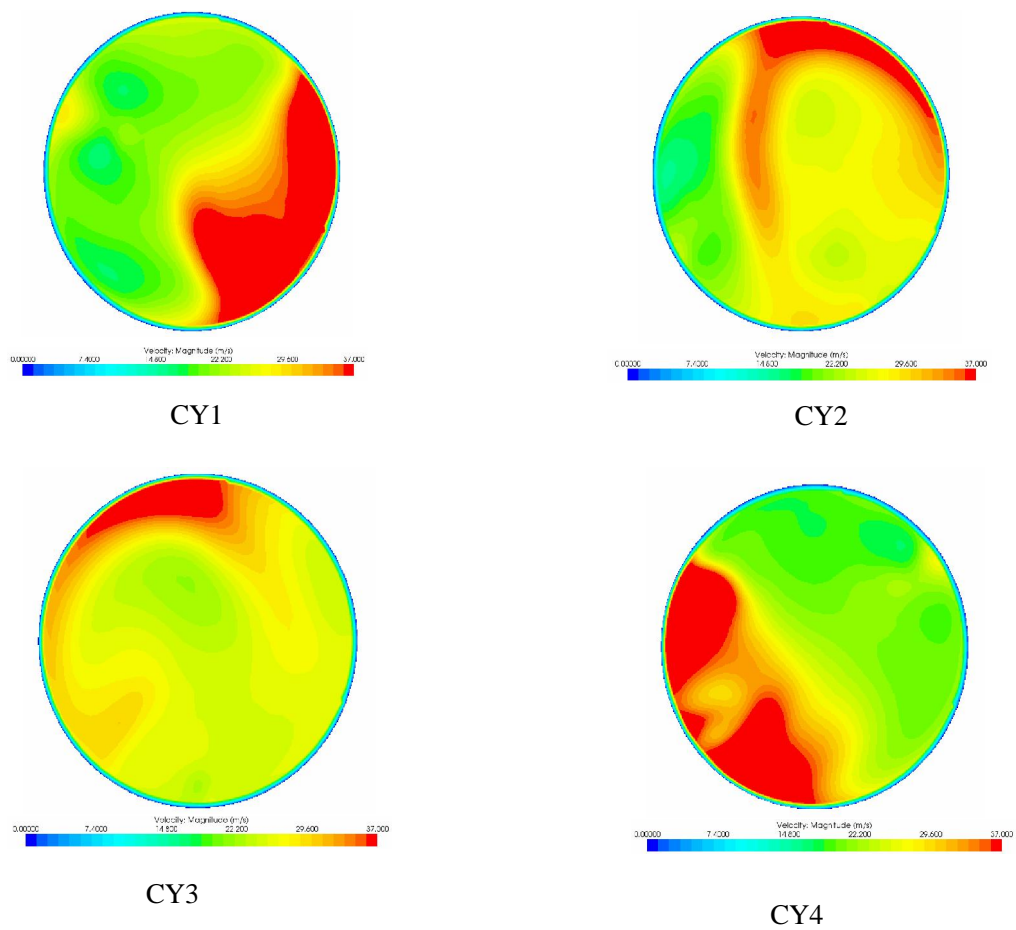


图 6 优化方案载体前端速度分布示意图

从图6载体前端速度分布可以看出,优化方案的U值仍在0.9以上,保证了优化后方案载体的流动性能。

5.3 氧传感器周围的速度分布

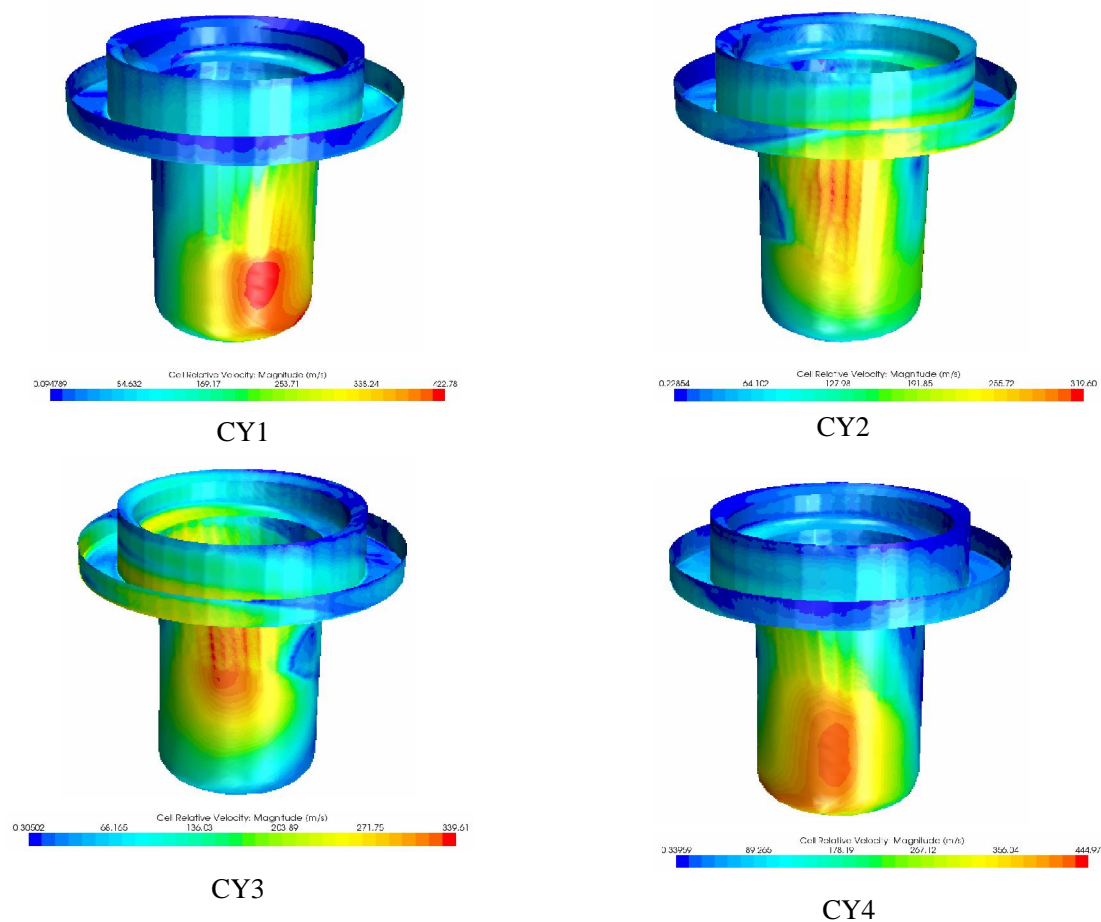
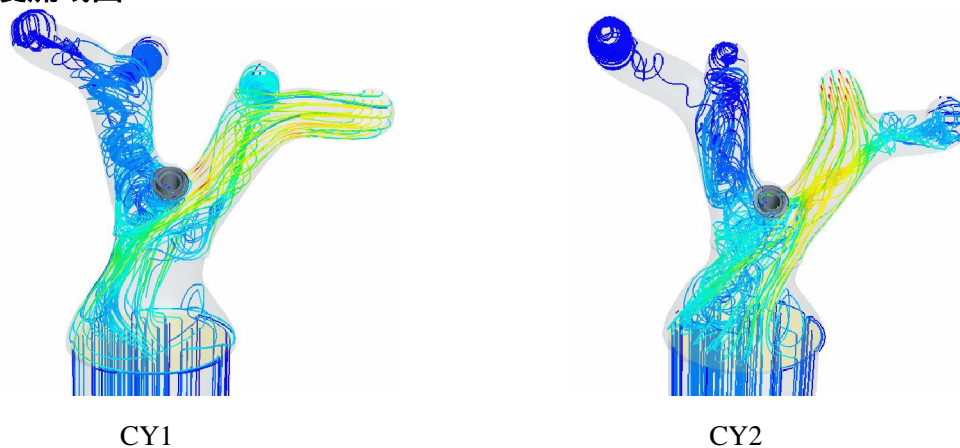


图7 优化方案氧传感器周围速度分布

从图7氧传感器周围的速度分布可以看出,速度得到了较大的提高,各缸的流速差异性很小,提升了氧传感器监测废气的准确度。

5.4 速度流线图



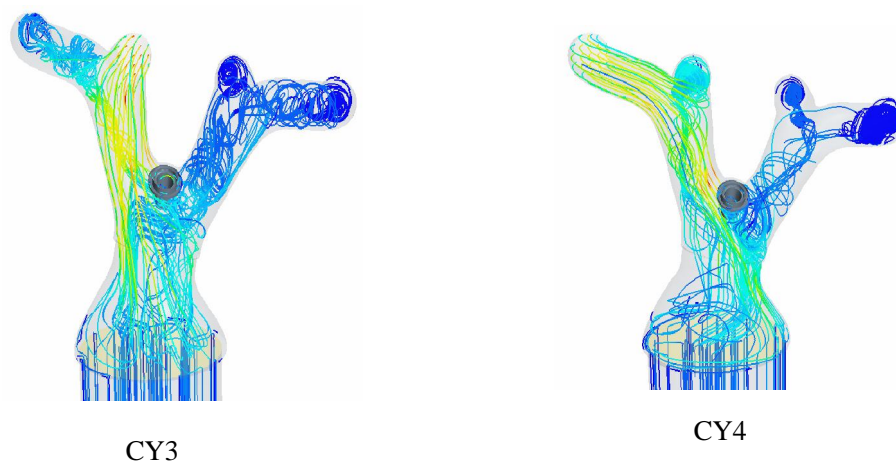


图 8 优化方案速度流线图

从图8流线图可以看出，氧传感器处于主流区域。

6 结论

(1) 通过对原始方案的CFD分析，发现氧传感器周围速度偏低，不处于主流区域的原因，并提出了改进建议；

(2) 通过对优化方案的分析，结果显示氧传感器周围的速度得到了很大的提高，氧传感器处于主流区域，并且保证了载体的流通特性；

通过 STAR-CCM+计算流体分析软件能得到歧管内流场的详细信息，能为设计提供指导，缩短开发周期，减少开发费用。

7 参考文献

- [1] 钱多德，姚炜．汽油机排气歧管内流场 CFD 模拟 [J]．内燃机与动力装置，2010.NO.5:30-32
- [2] 汪源利，王伟民，蔡志强，李菀珊 涡轮增压发动机排气歧管 CFD分析与改进．2010年 CDAJ-China中国用户论文集，2010．
- [3] STAR-CCM+教程