

# 轿车燃油系统热负荷分析与优化

## Simulation and Optimization on the Heat Load of Car Fuel System

郑海 詹佳 朱贞英 门永新

(浙江吉利汽车研究院有限公司)

**摘 要:** 本文从某混合动力车型的燃油系统入手,阐述CFD技术在吉利汽车热负荷设计中的应用。应用 STAR-CCM+软件,通过温度场和流场结果的分析,解决燃油系统布置中存在的问题,并进行模型优化设计,之后通过进一步的模拟,最后满足工程需求。

**关键词:** 汽车、燃油系统、CFD、STAR-CCM+、温度场、稳态分析

**Abstract:** In this paper, CFD analysis on heat load performance is applied to fuel system in a Geely hybrid vehicle. The temperature and flow fields are calculated by STAR-CCM+ and adopted to solve the issues in layout of fuel system. Based on the further simulation result, improved scheme is obtained by the system modification and optimization.

**Keywords:** car, fuel system, CFD, STAR-CCM+, temperature field, steady analysis

### 1 前言

混合动力车型中电池系统、排气管的布置情况直接影响燃油系统表面温度的分布。油箱表面温度越高,燃油挥发越严重。当油箱内压力超过限值时,油箱盖上的蒸汽阀将自动打开,通过排出汽油蒸汽来保持油箱内的正常压力<sup>[1]</sup>。如果燃油箱的温度持续较高,会导致蒸汽阀频繁开关,增加其失效的可能性。为了兼顾产品质量和生产成本,在开发前期应用 CFD 技术,对燃油系统的流场、温度分布情况进行模拟分析,对于预测燃油系统热负荷具有重要意义。

### 2 建立模型

#### 2.1 整体模型的建立

为了进行 3D 仿真分析,选取包括前后地板、油箱、隔热板、输油管、电池及扭力梁等关键零部件的 3D 数模,在 HyperMesh 软件中进行几何清理、网格划分等前处理,将模型地板、地面处理成封闭区域,作为求解域。

在 STAR-CCM+软件中进行体网格的划分,体网格基本尺寸 32mm,网格总数为 169,561,1 个,节

点总数 303,960,5 个。最终的求解模型如图所示：



图 1 整体模型

2.2 分析工况的确定

分析模型的地面倾角、最小离地间隙等取整车满载状态下的总布置参数。采取二档爬坡车速作为分析的初始条件（对应的车速为 34.4Km/h）。

油箱表面温度升高的途径主要是固体之间的热辐射，而模型中的主要热源为排气管、电池系统，同时考虑环境温度、地面温度的影响。按照热辐射理论可知，当热辐射的能量投射到物体表面时，和可见光一样，也产生吸收、反射和穿透现象。对于固体情况有所不同，当辐射能进入固体表面后，在一个极短的距离内被吸收完，而这一距离远小于工程材料的厚度<sup>[2]</sup>，故认为隔热板为绝热的，即穿透比等于 0。分析中隔热板、油箱、输油管的穿透比均设置为 0，而吸收比和反射比通常与材料属性有关。

本文的分析条件详见表 1、2：

表 1 温度条件

| 部件名称  | 排气管壁 | 地面 | 环境 | 电池系统 |
|-------|------|----|----|------|
| 温度值/℃ | 300  | 45 | 40 | 50   |

表 2 材料信息

| 部件名称    | 吸收比 | 反射比 | 透射比 |
|---------|-----|-----|-----|
| 地板、排气管  | 0.6 | 0.4 | 0   |
| 隔热板、输油管 | 0.2 | 0.8 | 0   |
| 油箱、电池   | 0.9 | 0.1 | 0   |

3 计算结果分析

3.1 温度分布情况

图 2、图 3 显示，油箱表面整体温度分布不均匀。隔热板中心处温度比较高，油箱表面被其遮挡的区域温度较低。而对于 a 处区域，因隔热板没有覆盖，导致局部温度较高，加剧燃油蒸发，产

生安全隐患。

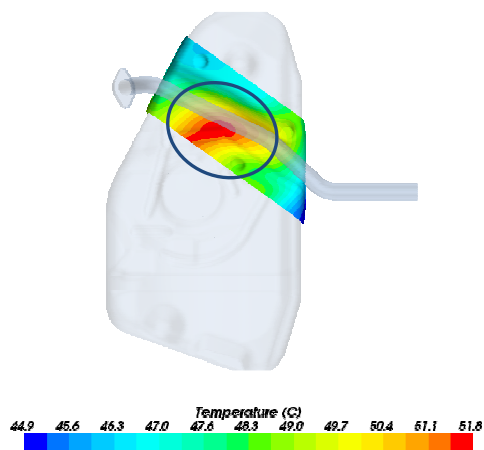


图 2 隔热板表面温度

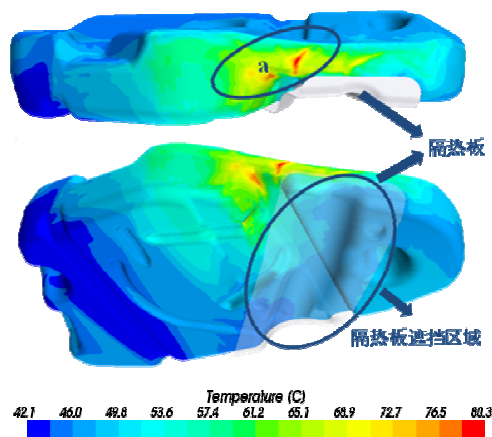


图 3 油箱表面温度

### 3.2 流场分布情况

图 4 箭头显示了气流的走向，气流遇到油箱前端时，部分向左右两侧分离，部分从油箱上表面流过；从图 5 可以看出，油箱处（隔热板上方）速度很低，对于散热不利，主要原因是隔热板和油箱的间距较小。图 6 显示隔热板与排气管之间的气流速度较大。

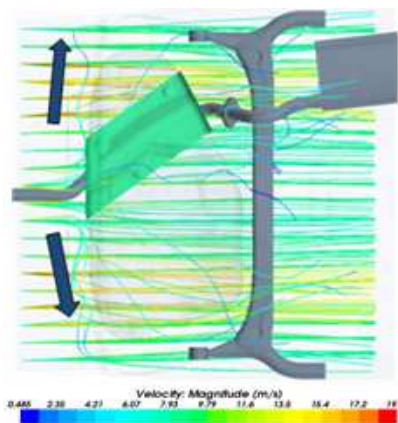


图 4 流线图

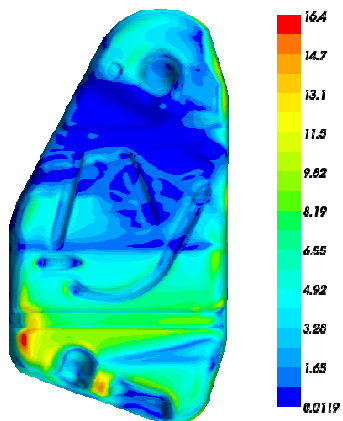


图 5 油箱表面速度云图

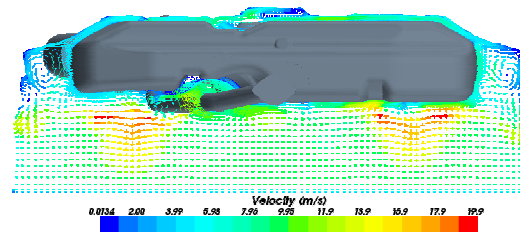


图 6 油箱表截面速度矢量

## 4 结构布置改进

气流分布和速度对燃油系统散热有较大影响, 根据上述分析结果, 需要增大排气管与隔热板的距离, 使气流相对通畅, 以降低油箱表面温度, 满足工程需求。针对存在的问题, 本文对排气管走向进行了如下修改: 保持隔热板位置不变, 增大排气管后端与隔热板的距离, 如图 7 所示。

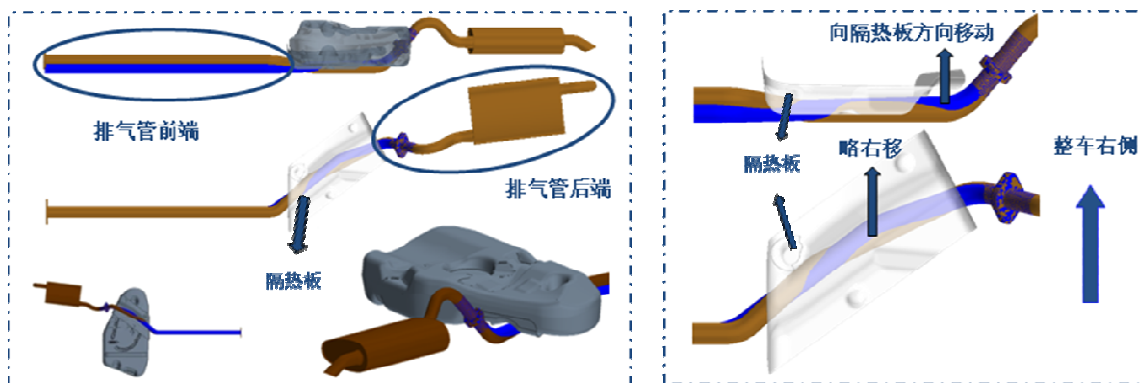


图 7 结构布置改进前后比较图

改进前数据      改进后数据

## 5 改进结果分析

对修改之后的数据进行模拟, 并与改进前的结果进行对比。图 8 显示, 油箱温度较高的区域变小 (图中标示区域), 可以减少燃油挥发; 图 9 显示, 隔热板表面温度比改进前降低约  $2.5^{\circ}\text{C}$ , 满足设计目标。

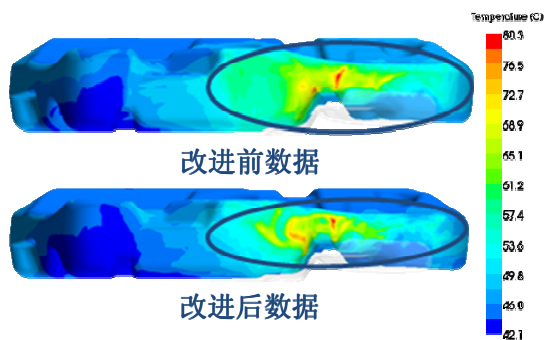


图 8 油箱表面温度对比

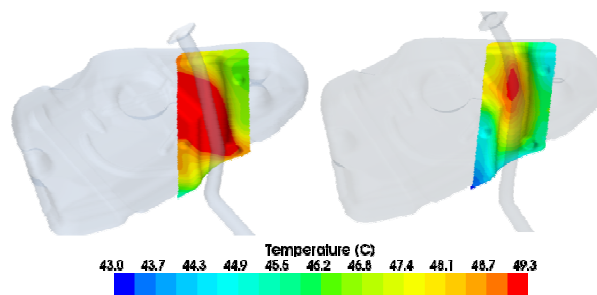


图 9 隔热板表面温度对比

## 6 结论

分析结果表明: 改进结构后, 隔热板、油箱表面的温度降低, 高温区域减小, 本计算结果将通过试验进行验证。利用 CFD 技术, 能够在汽车设计初期对设计方案进行比较分析, 预测性能, 指导设计改进和优化, 避免开发后期出现难以解决的问题, 从而减少试验次数与费用。

## 7 参考文献

- [1] 陈家瑞编 《汽车构造》 人民交通出版社 1992
- [2] 杨世铭 陶文铨编 《传热学》 高等教育出版社 1998