

基于 STAR-CCM+的发动机舱热管理

Underhood Thermal Management by STAR-CCM+

余小东 李义林

(长安汽车股份有限公司汽车工程研究院 CAE 所)

摘要: 本文应用流体力学计算软件 STAR-CCM+对长安某车型发动机舱建立物理数学模型, 通过对发动机舱热管理 CFD 分析, 并提出优化方案以提高散热器表面平均风速, 增大通过散热器冷却空气流量来降低发动机冷却水温度。

关键词: STAR-CCM+ 发动机舱热管理

Abstract: In the paper, the three dimensional physical and mathematical models of UTM of a Changan vehicle were proposed by STAR-CCM+, the velocity at the surface of radiator was firstly calculated, then optimizations been proposed and the velocity at the surface of radiator increased, thus the cooling of radiator was improved.

Keywords: STAR-CCM+ UTM

1 前言

随着国内汽车行业的不断发展,发动机舱热管理 CFD 分析越来越受到各大汽车厂商的重视。发动机舱热管理为机舱布置和冷却部件的选型提供可靠的理论依据,也成为汽车研发的必备手段。

本文应用流体力学计算软件 STAR-CCM+建立长安某款车发动机舱热管理模型,生成多面体网格,通过稳态计算,提出了相应的优化方案,增大了冷却部件进气量,提高了冷却模块性能,解决了发动机冷却水温偏高的实际问题。

2 数值计算模型

2.1 几何模型及网格划分

由常规方法对该车型发动机舱进行建模，空气从前部格栅进入发动机舱，在风扇的作用下进入散热器和冷凝器带走相应的热量。严格按照原始模型建立物理模型，采用 polyhedral 方式进行网格划分，建立网格模型如图 1 所示，网格总数为 555 万；散热器和冷凝器内部空间采用结构化网格为 12 万，两风扇旋转区域采用 polyhedral 方式生成多面体网格分别为 44 万。体网格总数为 611 万。

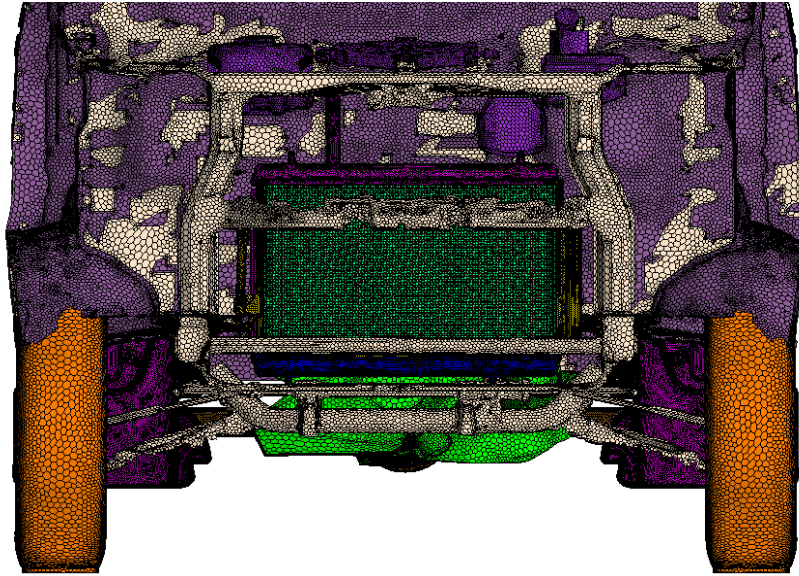


图 1 网格模型

2.2 数值计算模型及算法

由于发动机舱内空气流速不高，视为不可压流体进行模拟计算，描述流动特性的方程为：连续性方程、动量方程和 $k-\epsilon$ 方程。在三维笛卡尔坐标系中，以张量形式表示的湍流对流换热控制微分方程如下：

连续方程：

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

动量方程：

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu_{eff} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu_{eff} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right] - \frac{\partial p}{\partial x_i} \quad (2)$$

湍动能方程:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[(\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_i}) \right] + \mu_t S^2 - \rho \varepsilon \quad (3)$$

湍动能耗散率方程:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[(\alpha_\varepsilon \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i}) \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} \mu_t S^2 - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R \quad (4)$$

2.3 物性及边界条件

流体为空气，入口条件设置为速度进口：速度为 7.5m/s，出口设置为压力出口，散热器和冷凝器设置为多孔介质区域，设定相应的阻力特性值，内部结构化网格与外部多面体网格用 interface 连接，风扇选用 MRF 模型，其旋转区域周围采用 interface 与舱内流体连接，其他地方设置为壁面边界条件。

3 计算结果及分析

3.1 原始模型

图 2 和图 3 分别为原始模型下中截面速度云图和速度矢量图，图 4 和图 5 分别为 z 向某截面的速度云图和矢量图。

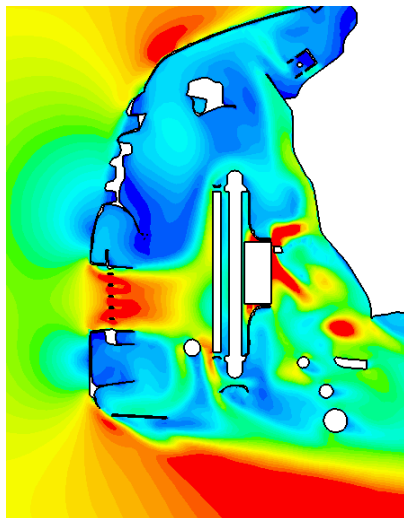


图 2 中截面速度云图

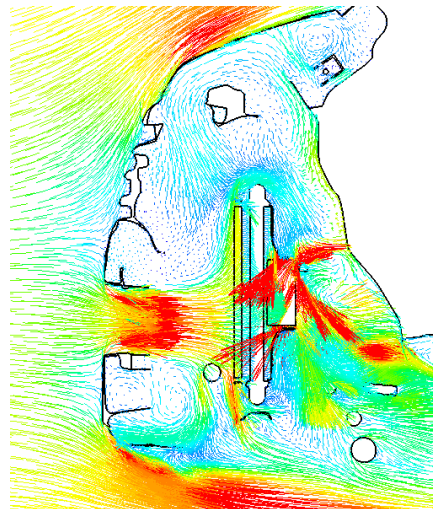


图 3 中截面速度矢量图

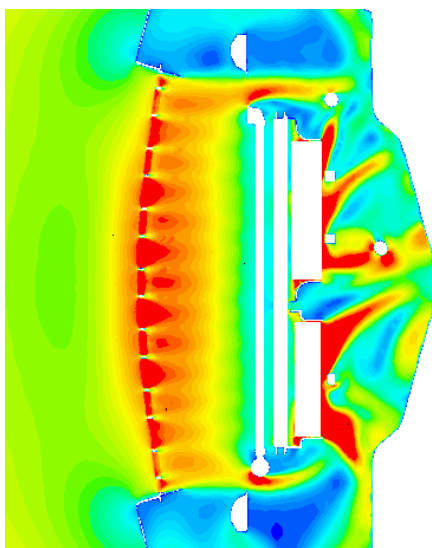


图 4 z 向截面速度云图

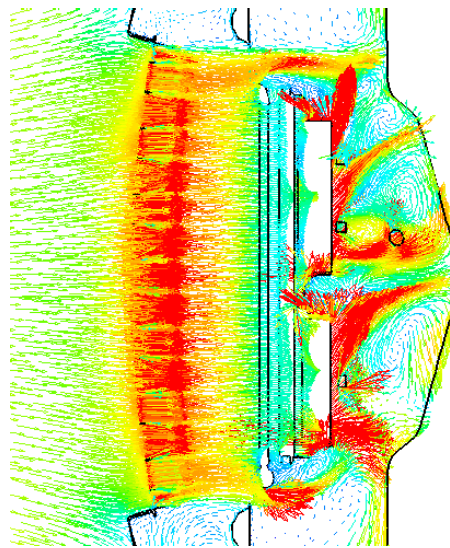


图 5 z 向截面速度云图

从图中可以看出，目前模型下的机舱布置还不够合理，需要进一步优化。

3.2 优化模型

结合实际工艺和原始模型计算结果，对原始模型进行优化，优化结果与原始模型对比如下：图 6 和图 7 分别为优化前后的中截面速度矢量分布，图 8 和图 9 分别为优化前后的散热器表面速度分布。从图中可以看出，优化后模型格栅流速有所降低（有利于降低整车的气动阻力），但从图 8 和图 9 可以看出，散热器表面的风速得到很明显的提高。CFD 计算结果：散热器表面平均风速也较原始模型提高了 8.65%。

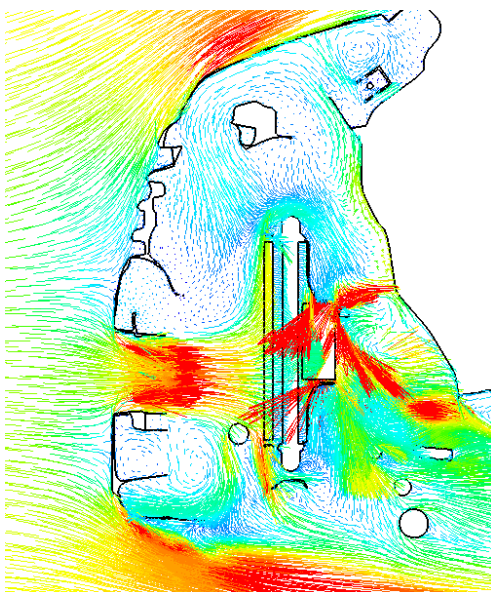


图 6 原始模型中截面速度分布

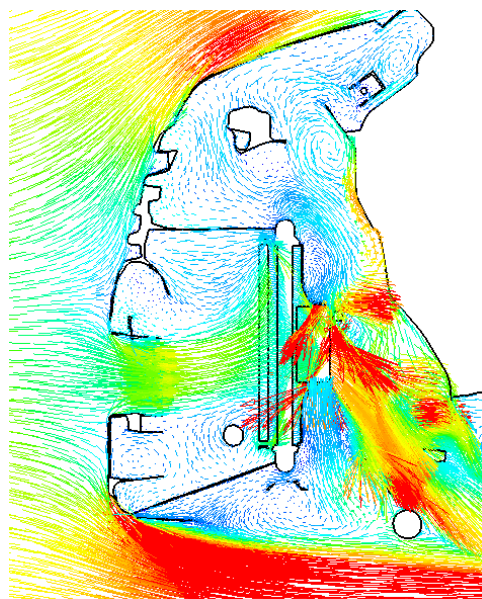


图 7 优化模型中截面速度分布

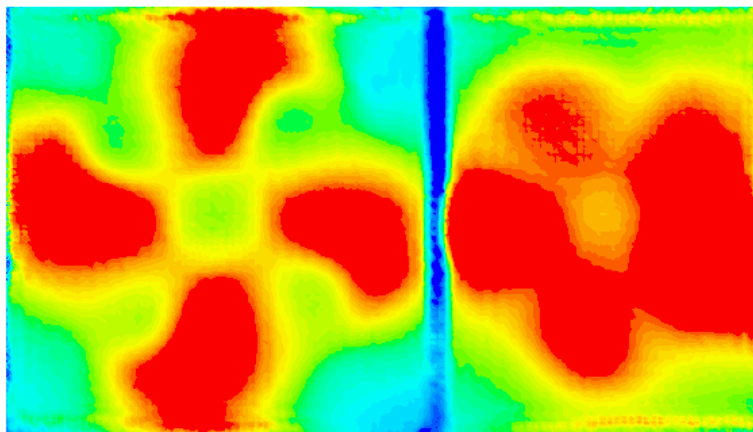


图 8 原始模型散热器表面速度分布

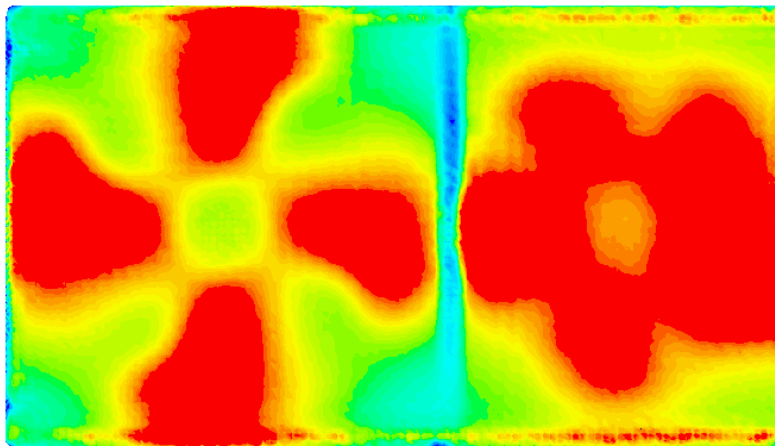


图 9 优化模型散热器表面速度分布

4 结论

应用 STAR-CCM+计算流体软件模拟计算发动机舱内流动情况，发现散热器散热效果不理想，导致发动机冷却水温度较高。根据原方案的流动情况，提出了相应的优化方案，经过再次模拟计算，发现优化方案的冷却部件表面平均流速得到很大程度的提高，提高了冷却部件效率。

STAR-CCM+计算流体软件能准确模拟发动机舱内的流动情况，其包面功能快捷精准，能很好的捕捉用户关心的细节，为模型进行优化设计提供了方便。

5 参考文献

- [1] STAR-CCM+教程