

某 SUV 车动力舱内流动分析

The Simulation of SUV Underhood Flow

刘希东 辛业波 任家庆

北汽福田汽车股份公司研究院

摘 要 在总布置初期,应用 STAR-CCM+软件对机舱冷却气体内流动情况进行模拟,判断冷却系是否满足设计要求,为机舱内布置进一步优化提供依据。

关键词 发动机舱 CFD 流动

Abstract: In the early of general disposal, the cooling air's fluid circumstances of underhood should be simulated using STAR-CCM+. Across the result of simulation, the cooling system whether or not satisfied the desire of design should be estimated, and providing gist for the further optimization of underhood disposal.

Key words: underhood CFD flow

1 前言

目前,随着发动机的功率加大,排放要求的升高,发动机舱内部部件变得越来越模块化,布置也越来越紧凑。发动机一般位于散热器后一个半封闭的舱内,由于换热器(中冷器、冷凝器、散热器)、发动机本身、排气歧管以及催化器(DOC等)等多个高热源布置在一个狭小的空间内,散热比较困难,较高的温度会影响到温度敏感部件的性能,温度过高时甚至会破坏这些部件,有时造成发动机水温过高,甚至有可能造成“开锅”现象。

本文应用 STAR-CCM+软件,分析动力舱内冷态气体流动情况,我们期望更多的冷却空气通过换热器,到达机舱后部,避免泄露、回流现象发生,到达后舱的冷却空气应充分冷却发热部件(发动机机体、缸盖、排气歧管、DOC等)。

2 计算模型

2.1 计算模型

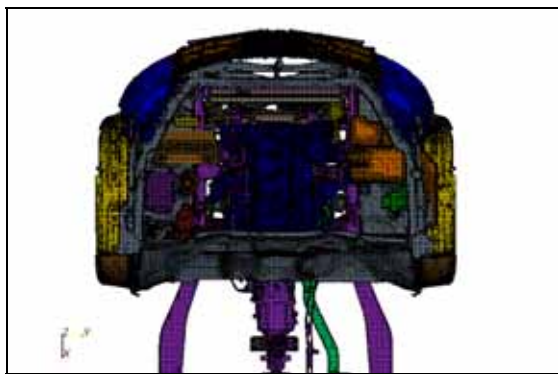


图 1 Trim + Prism 体网格

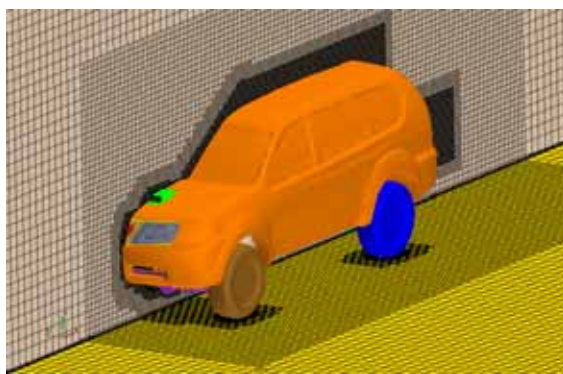


图 2 整车网格模型

整个模型包括：车身外表面、发动机舱、进气格栅、冷却模块、发动机、变速箱、蓄电池、底盘系统、排气系统、转向系统等影响机舱内空气流动的主要部件，模型如图 1、图 2。

整个数模应用 STAR-CCM+包面功能生成面网格，在进气格栅、前端冷却模块等对进气影响比较大的部件进行了细化，对于车身外部等对气流影响小的位置作了简化处理，控制网格的总体数量，共生成六面体为主的单元约 800 万。

2.2 风扇模型和换热器模型

风扇采用 MRF 方法进行模拟，转速采用该工况下的风扇转速；在计算中，中冷器、散热器、冷凝器均采用了多孔介质的计算模型，在多孔介质模型中以均匀化的压力变化来代替板翅式换热器等复杂结构，从而简化了模型。

2.3 控制设定

流动计算中，采用独立求解的方法（Segregated Flow Model）来计算速度和压力变量，连续方程和动量方程采用预估 - 校正（predictor-corrector）的方法来联合计算。对流项的离散采用一阶格式（一阶迎风差分）。

2.4 边界条件

由于模拟发动机怠速工况下的机舱流场分布，对于整车流场区域的进风口（inlet）应设为 0m/s ，但考虑到计算模型的收敛性，在不影响模拟状态的情况下，在进口速度边界设定进口风速 0.001m/s ；湍流强度为 5%；车身表面和地面均设为无滑移壁面（no slip wall），其它流场计算域设为滑移壁面（slip wall），出口为压力出口（Pressure）条件，湍流模型选择 $k-\varepsilon$ 高雷诺数湍流模型。

3 分析结果

计算得到，流经换热器的冷却气体质量流量：

图 1 流经换热器的冷却气体质量流量

换热器	质量流量 (kg/s)	平均流速 (m/s)
冷凝器	0.64	1.71
散热器	0.76	1.89
中冷器	0.005	0.032

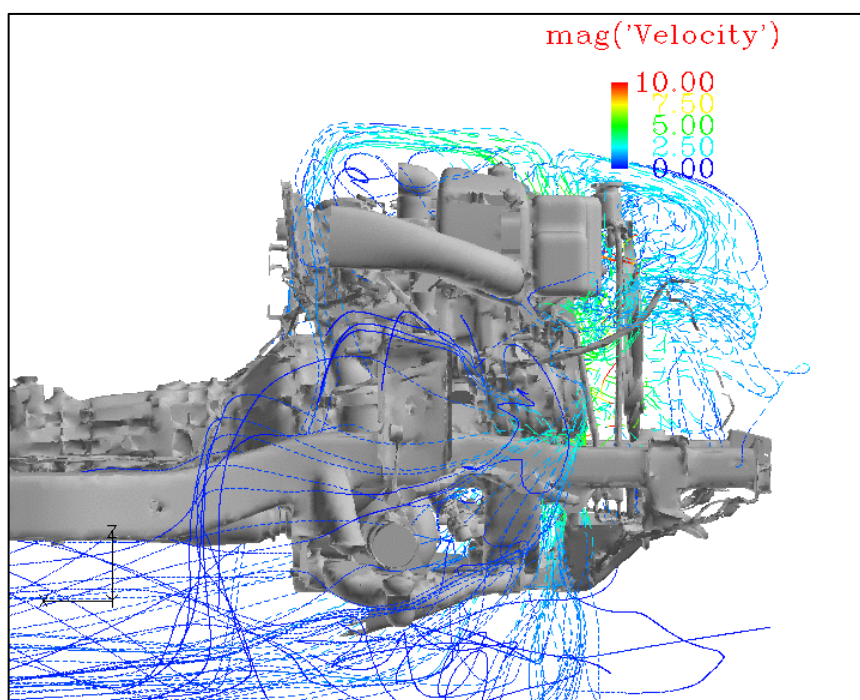


图 3 机舱内流线分布

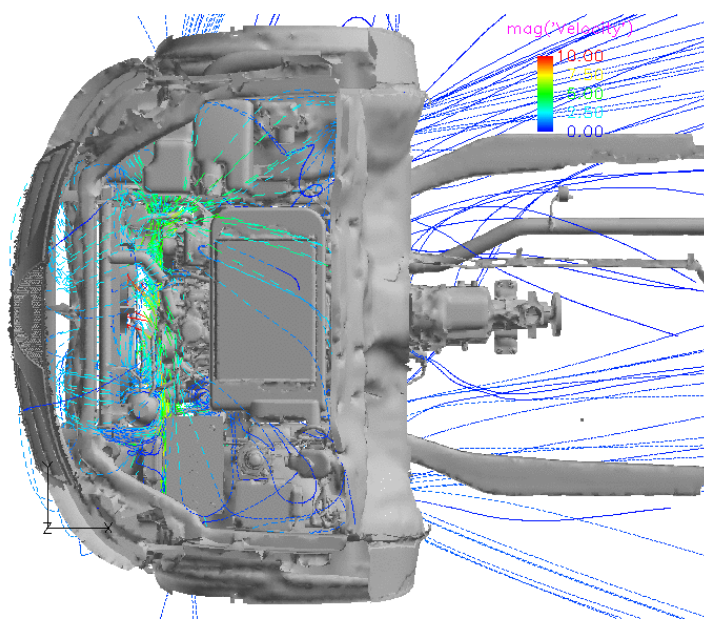


图 4 正副驾驶侧流动情况分析

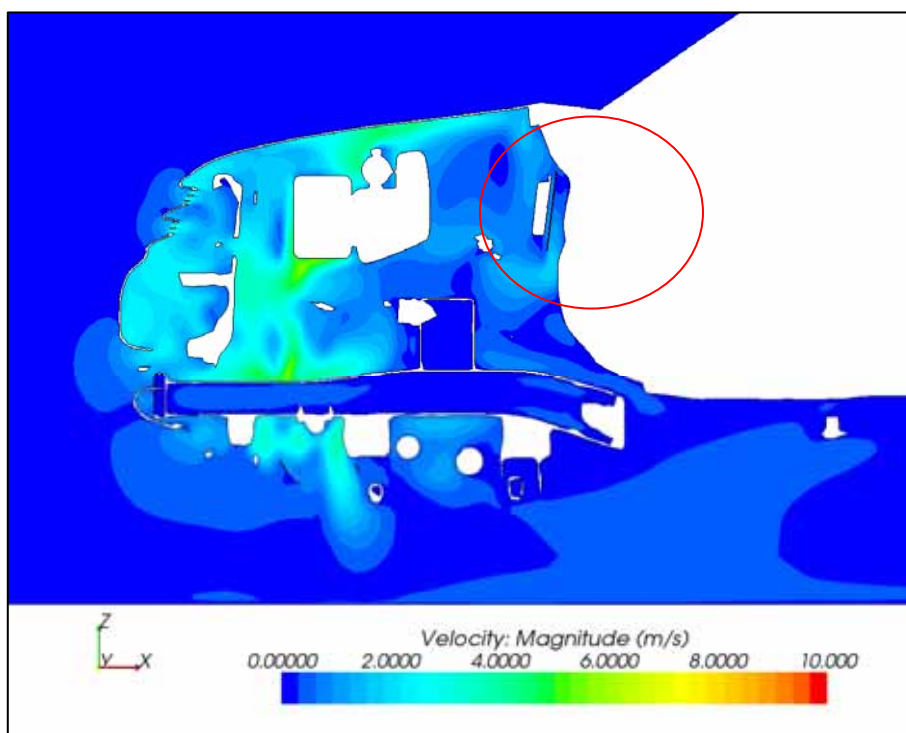


图5 ECU 处流动情况

通过图 3、图 4、图 5 发现：相比驾驶侧，副驾驶侧风速大，由于副驾驶侧为发动机排气歧管、DOC 等主要热源以及对温度敏感部件如 ECU，这样有利于散热；ECU 处风量满足要求；局部存在风量泄漏；流过散热器热风被大风扇吹向轮罩上方，会使发动机进气口的气温上升。

通过以上分析可以看到，计算不但使我们获得了机舱内流动的宏观数据，也很好的显示了发动机舱的流动细节，为很好的研究机舱内的流动情况，对一些部件的局部改进，提供了直观而明确的指导。这些对于优化发动机舱的布置，提高冷却系统效能具有实际的指导意义。

4 结论和建议

通过对发动机舱冷态流场分析，可以详细解析冷却空气在机舱内流动情况，为进一步优化机舱内布置提供了理论依据，可得出如下结论和建议：

温度敏感部件 EUC 冷却效率满足要求；流经散热器、冷凝器的冷却空气流量满足怠速工况下冷却空气流量要求；风扇进风能力满足设计要求。

但该机舱应有改进空间：添加封闭板，截断换热器的部分回流，增加冷凝器和散热器通道的闭合性，添加入口导流框架，能提高换热器的换热效能；添加导流板避免热风直接吹向发动机进气口。从而降低进气温度；添加封闭板，截断向车体外侧的漏风。

5 参考文献

- [1] 赵学礼：燃料电池车发动机舱散热分析，2008 年 CDAJ 中国用户论文集，2008
- [2] 姚仲鹏：《车辆冷却传热》，北京理工大学，2001
- [3] STAR-CCM+ help 文档