

进气格栅造型对发动机舱流场的影响研究

Study of Influence in Engine Cabin Flow by Different Grating

李涛、李锦锦、吕景华、王丹丹

(一汽轿车股份有限公司, 长春 130011)

摘要: 本文应用 STAR-CCM+软件, 在不同入口格栅造型的情况下, 针对某款轿车发动机舱内流场进行了数值计算, 并对计算结果进行了详细的对比分析。分析结果有助于进一步研究入口格栅造型对机舱内流场以及机舱热平衡的影响, 并可以为入口格栅的设计提供参考。

关键词: 发动机舱格栅 CFD STAR-CCM+

Abstract: In this paper, star-CCM+ has been used in numerical calculation of a automotive engine cabin flow field in different grating. And the calculation results were detailed analysis. The results will help to the further study of the influence on engine cabin flow field and the cabin heat balance of different grating, and it can take reference for grating design.

Key word: Grating of engine cabin CFD STAR-CCM+

1. 引言

作为汽车行业的研究热点, 发动机舱热平衡一直受到各汽车厂商的广泛关注。机舱入口格栅的形状不但直接影响了机舱入风量和内部流场进而影响机舱热平衡, 而且会间接的影响整车的气动力性能。另外, 格栅形状的设计, 不但要考虑其气动力特性, 而且受到整车造型、制造工艺和加工成本等多方面的制约。因此, 机舱进气格栅的设计往往对设计师提出巨大的挑战。

随着 CFD 分析理论及计算机软、硬件的不断发展, 通过数值计算的方法获得发动机舱内部流场信息, 进而推断发动机舱整体散热性能的方法已相对成熟。并由于其周期短、成本低、获得信息多等优点, 被广泛的应用于各汽车厂商。

本文以商用 CFD 软件 STAR-CCM+为主要研究工具, 分别对某款轿车装备不同的入口格栅的情况下进行了数值计算, 并对计算结果进行了深入的对比分析。这些工作对进一步完善轿车发动机舱流场计算方法, 和指导机舱进气格栅的设计都具有一定的实际意义。

2. 计算方法

两款入口格栅模型如图 1 所示, 两款格栅的区别主要在下格栅, Model 1 下格栅为交叉挡板式, Model 2 格栅造型为六边形网状结构。并且 Model 2 下格栅底部为三个独立进风口, 且进风面积小于 Model 1。



图 1 机舱格栅示意图

模型计算域如图 2 所示，选取计算域总长 40m、宽 20m、高 10m，车身距计算域入口 10m。

计算用网格模型如图 3 所示，网格类型为 Trimmed 网格，为保证两版模型计算结果的可对比性，特别控制两版模型网格数量相近。分别为 Model 1：19455859 网格单元，Model 2:19035304 网格单元。计算工况为低速工况，车速 40Km/h。应用软件版本为 star-CCM+ V5.04.008,迭代步数为 6000 步。计算域进口为速度进口边界，出口为压力出口边界。散热器和冷凝器采用多孔介质模型（porous medium）来模拟气流在其厚度方向上的压力降，惯性阻尼系数 α 和粘性阻尼系数 β 通过试验来确定；风扇采用 MRF 隐式算法。地面前部为滑移壁面，其他为非滑移壁面。

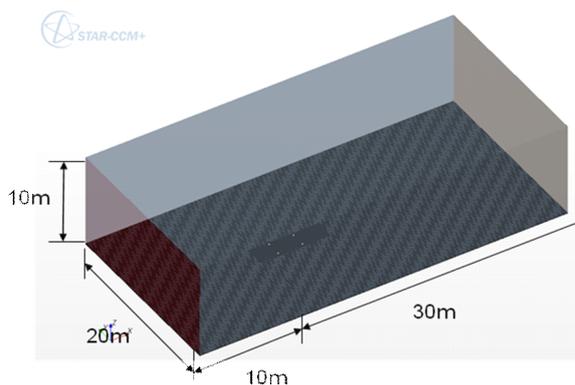


图 2 计算域图示

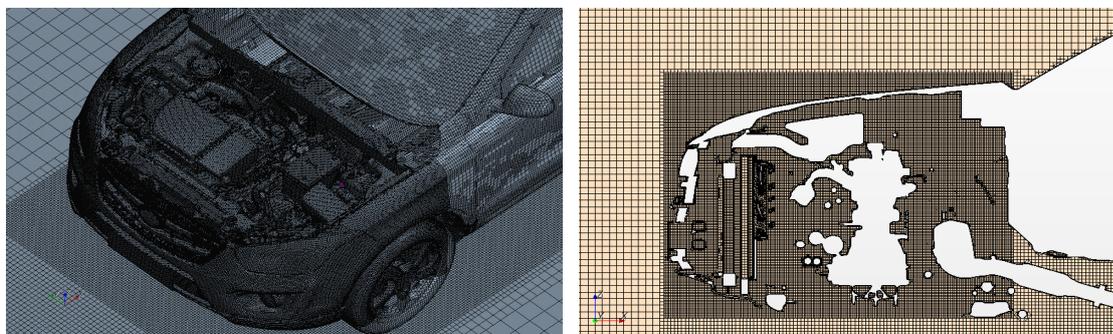


图 3 网格模型示意图

3.结果分析

表 1 所示为分别应用两款入口格栅的前端冷却模块进风量的对比结果。分析表格数据发现，Model 1 下格栅进风量比 Model 2 略高，上格栅进风量比 Model 2 略低，Model 1 格栅整体进风量大于 Model 2。另外，Model 1 各换热器模块的进风量均比 Model 2 有所增加。

表 1 前舱冷却模块进风量

位置	Model 1		Model 2	
	进风量 (kg/s)	比例 (%)	进风量 (kg/s)	比例 (%)
冷凝器	0.6096	59.18	0.5979	60.82

散热器	0.826	80.19	0.820	83.42
中冷器	0.716	69.51	0.705	71.72
前舱进风（上格栅）	0.443	43.01	0.458	46.59
前舱进风（下格栅）	0.587	56.99	0.525	53.41
前舱进风（总计）	1.030	100	0.983	100

进一步分析各热交换器表面的速度云图（如图 4 所示），可以发现，Model 1 冷凝器下部的进风量明显高于 Model 2 冷凝器相应位置，中冷器表面速度分布与冷凝器情况类似。这是由于，Model 2 下格栅底部进风口进风面积比 Model 1 小造成的。由于较大的进风量有利于增加个换热器的换热量，所以就前舱换热器进风量而言，Model 1 优于 Model 2。

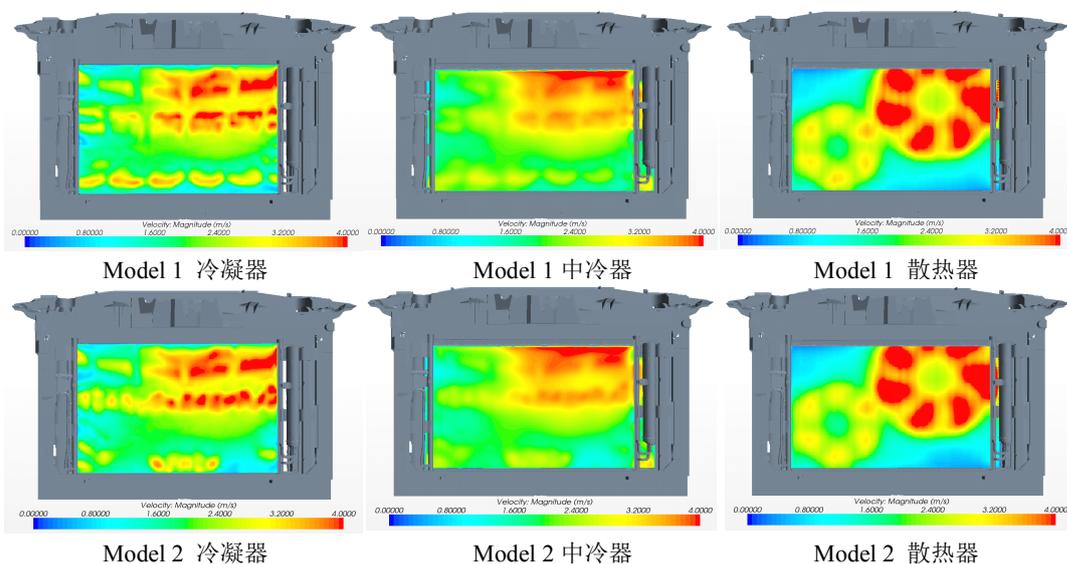


图 4 热交换器表面速度云图

为进一步分析不同进口格栅形式对机舱后部流场的影响，分别在机舱内部设置了界面 1-6 共六个截面，各截面位置如图 5 所示。通过各界面的空气流量统计结果如表 2 所示。为直观观察计算结果，绘制两款进口格栅造型情况下各界面进风量直方图，如图 6 所示。

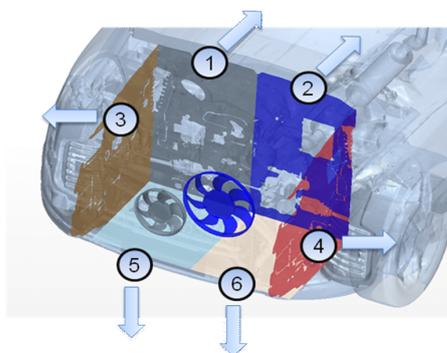


图 5 界面位置示意图

表 2 后舱各截面进风量

位置	Model 1 进风量 (kg/s)	Model 2 进风量 (kg/s)
界面 1	0.2371087	0.2292043
界面 2	0.4517776	0.4649852
界面 3	0.0743053	0.0713604
界面 4	0.0619398	0.0603446
界面 5	0.2999663	0.2911272
界面 6	0.3115819	0.3010232

分析以上数据发现,除后侧驾驶员侧界面(界面2)外所有界面进风量 Model 2 均低于 Model 1。由于排气歧管等主要后舱发热部件位于副驾驶侧,所以 Model 1 对后舱的冷却能力优于 Model 2。

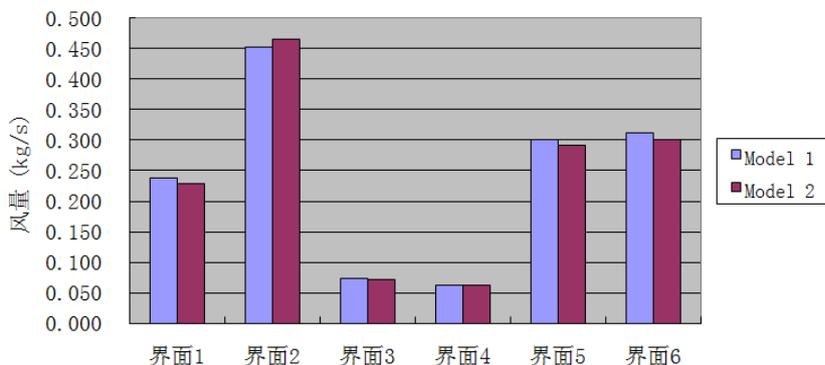


图 6 不同界面出风量对比

风阻系数是评价整车气动性能的主要指标之一,它决定了汽车行驶过程中所受到的气动阻力的大小,其计算公式如式 1 所示。

其中: D 为车身纵向作用气动力;

ρ 为空气密度

v_{∞} 为气流与车身的相对速度;

A 为车辆正投影面积。

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho v_{\infty}^2 \cdot A} \quad (1)$$

如表 3 所示,分别应用两款不同机舱入口格栅的情况下,整车的正投影面积没有变化,应用入口格栅 Model 1 风阻系数减小 3.7%,有利于提高整车的燃油经济性。

表 3 采用不同进气格栅时整车风阻系数

进气格栅	风阻系数	迎风面积
Model 1	0.377	2.532 m ²
Model 2	0.391	

4. 结论

本文应用数值计算方法,分别计算了两款不同入口格栅应用于同一款轿车时的流场。并分别对比分析了应用不同入口格栅时,机舱前部换热器进风量、后舱空气流量分布以及整车风阻系数。具体结论如下:

1. 应用数值计算的方法,可实现对影响机舱流场的部件不同造型的对比分析,此种方法周期短并可大量节约试验成本;

2. 分析结果表明,进气格栅 Model 1 在前舱换热器进风量、后舱流量分配和整车风阻系数三方面性能均高于进气格栅 Model 2。

参考文献

- [1] 王小碧,陈皓,王伟民等. 某轿车发动机舱热管理模拟分析[J]. CDAJ—China中国用户论文集, 2010
- [2] 傅立敏. 汽车空气动力学[M]. 机械工业出版社, 1997