

基于 CFD 与 FEA 的导流罩支架强度分析

Strength Analysis of Wind Deflector Mounting Bracket Based on CFD and FEA

马金英 付强 范士杰 芦克龙 赵婧 张家林
(中国第一汽车股份有限公司技术中心)

摘要: 针对某货车车顶导流罩安装支架结构, 在风载下进行强度计算。首先, 运用 STAR-CCM+ 对驾驶室带集装箱、加装导流罩总成的外流场进行 CFD 数值模拟, 得到导流罩表面的压力分布; 然后通过 STAR-CCM+ 把流体压力分布映射成 FEA 软件 Abaqus 能够接受的载荷, 映射结果作为分析的载荷条件, 在 Abaqus 中进行分析, 从而实现对风载荷导流罩支架强度问题的计算, 找到满足强度要求的结构, 为设计提供判断依据。

关键词: 导流罩、风载荷、STAR-CCM+、计算流体动力学、有限元分析

Abstract: Numerical calculation of stress of wind deflector mounting bracket structure on a truck was accomplished under wind load. First, the flow field around a truck with a dome and a container was simulated using the STAR-CCM+. The pressure distribution of wind deflector was obtained. Then, the pressure distribution was mapped into FEA software Abaqus as the load conditions of analysis. The stress distribution of the mounting bracket structure was calculated using Abaqus. Finally, we find the structure meeting the strength requirements to provide design basis for judgment.

Key words: wind deflector, wind load, STAR-CCM+, CFD, FEA

1 前言

随着汽车技术和高速公路的发展, 其行驶速度日益提高, 行驶时气动阻力的影响也越来越显著, 商用载货汽车通常采用驾驶室顶部加装导流罩的方法进行货车的节能减阻。汽车高速行驶时, 导流罩承受一定的风载荷, 导流罩与驾驶室的连接方式及安装支架结构强度日渐成为设计中关注的问题。

导流罩支架强度计算的难点在于风载荷的确定, 在计算中人们一般采用近似简化加载的方法, 这样会使计算结果存在较大误差, 难以满足精度要求。本文采用 CFD 与 FEA 联合计算, 针对某载货车, 采用 STAR-CCM+ 进行数值模拟获得其导流罩表面压力, 通过该软件映射功能, 将得到的压力分布加载到 Abaqus 建立的 FEA 模型中, 从而实现对导流罩支架强度较为精确的计算。

2 STAR-CCM+映射功能介绍

流体动力学 (CFD) 和结构分析 (FEA) 在整个 CAE 分析领域是相对独立的学科, 这是由于 CFD 与 FEA 具有各自不同的分析领域与算法。两者很难直接对应并传递相应节点的物理量信息。第一代

能够进行流固耦合计算的产品需要第三方代码对具体问题进行具体设定来传递信息，使得流固耦合数值模拟仅限于学术研究。

STAR-CCM+与其他 FEA 软件的接口，使得求解流固耦合问题成为可能，大大提高了效率和质量，能够很好的解决工程问题。在 STAR-CCM+中读入 Abaqus 网格文件，网格可以不相同，将压力、温度、热通量等物理量映射到读入网格上。STAR-CCM+的输出文件为文本文件，Abaqus 将其用作载荷。本文算例中应用此方法，解决了将流体分析得到的载荷条件加载到结构分析模型中的计算难点。

3 风载荷 CFD 计算

风载荷计算的研究方法主要有基于随机振动理论的理论分析方法^[1]、边界层风洞试验研究、现场测试及 CFD 计算方法等。本文采用的 CFD 计算方法具有费用省、周期短、效率高，可以尽可能真实模拟实际结构及风场环境，提供风洞试验不便或无法提供的绕流流场信息等优势。

首先使用 CFD 软件 STAR-CCM+，计算出货车驾驶室带集装箱、加装导流罩总成在正面迎风工况下的外流场，输出导流罩表面压力分布。

3.1 计算模型

为了真实的模拟导流罩周围的流场及风载荷，对导流罩、驾驶室上半部、货箱建立了模型，忽略货车表面和连接附件的影响，模型如图 1 所示。

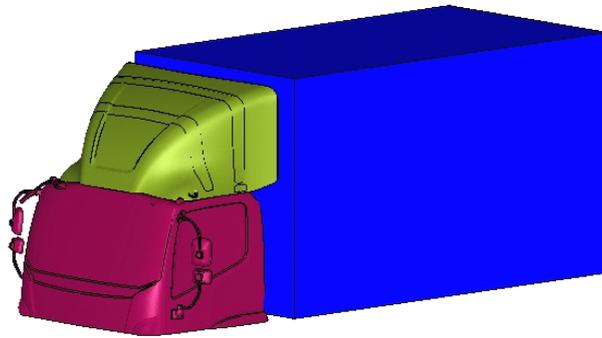


图 1 CFD 计算模型

3.2 计算域及网格生成

在车的外部建立一长方体空腔计算区域，模拟汽车周围空气的流动区域，按照一汽 CFD 前处理标准进行计算域设定及网格划分。针对重点分析区域进行面网格和体网格加密，能够更真实的模拟物理量的变化，最终体网格数为一千二百万左右。

3.3 湍流模式及边界条件

给定流场入口为速度入口，出口为压力出口，具体边界条件设定如下：速度入口：给定入口速度 28m/s；压力出口： $P_0=101\ 325\ \text{Pa}$ ， $\text{Gradient}=0$ ；汽车表面：壁面条件，采用系统默认值；地面以及车身表面设为固壁无滑移条件，其余流场壁面为对称面。本文只对正面迎风工况进行计算，在一些情况下还需要考虑横风工况。

3.4 CFD 计算结果

通过计算得到迎风工况下导流罩外表面压力分布，见图 2。

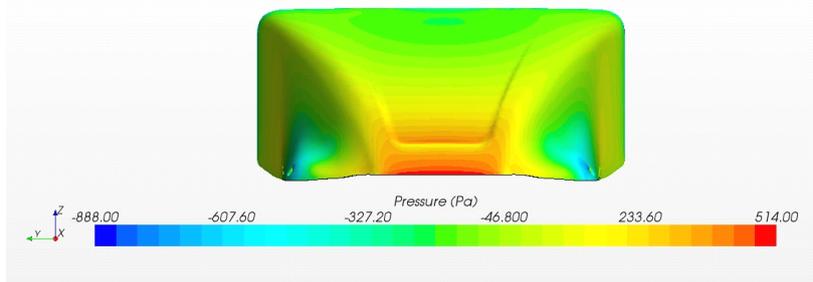


图 2 导流罩外表面压力分布

由图 2 可知，导流罩正对来流方向的表面，由于气流在该处滞止，形成一个正压区。正面迎风工况由于导流罩的导流作用，正压区很小。

采用 CFD 方法计算货车驾驶室带集装箱、加装导流罩总成周围的流场，得到导流罩表面压力分布，为导流罩支架强度的有限元计算提供了较准确的输入载荷，较好地解决了导流罩支架强度计算中真实模拟导流罩风载荷分布的难题。

4 结构强度 FEA 计算

目前的新型导流罩已由整体式取代了原主翼与两侧组合的型式，正、侧面都压有加强筋或在背面附加骨架，以承受汽车行驶时的风载荷。导流罩本体材料采用优质薄钢板、铝合金板冲压或用玻璃增强聚脂纤维热压成型^[2]。本文导流罩设计为整体式，背面附有加强筋。以承受一定的风载荷，材料为玻璃增强聚脂纤维。

4.1 支架结构

图 3 为导流罩支架结构图。其中前后支架与导流罩和侧围外板的连接方式都采用螺栓连接。

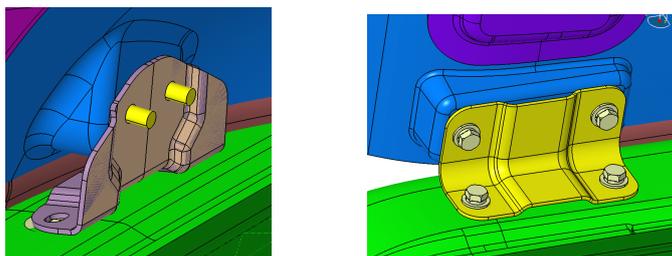


图 3 导流罩前后支架结构

4.2 计算条件与载荷

STAR-CCM+读入 Abaqus 的网格文件，将 CFD 计算得到的流体压力映射到 Abaqus。映射结果作为分析条件，加载到导流罩支架总成有限元模型上。将顶盖底部约束，根据工况输入设置好所有边界条件、材料属性等后在 Abaqus 中完成强度计算。

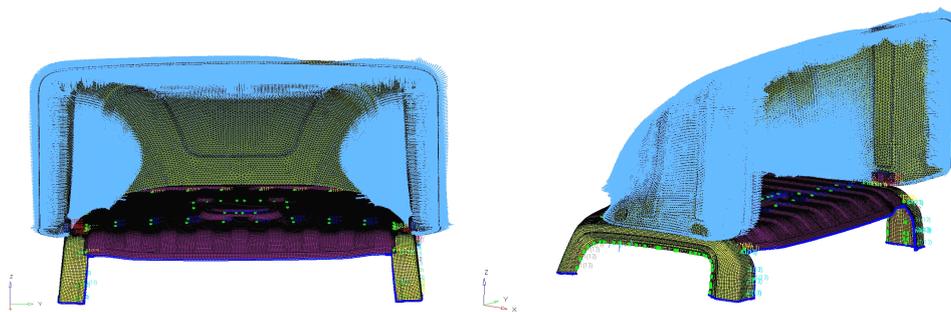


图 4 载荷分布、导流罩支架总成有限元模型

4.3 分析计算与结果

通过计算获得结构最大应力值为 62MPa，最大应力出现在前支架。如图 5 显示。前支架材料屈服强度为 240MPa。最大应力小于材料屈服极限，满足强度要求。

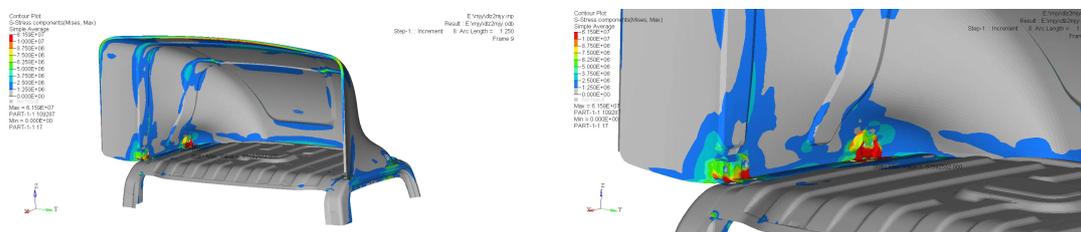


图 5 应力分布云图

5 结论

风载荷的研究在导流罩支架结构设计中占有重要地位，在某些特殊情况下它对支架结构强度和稳定性起着重要作用。本文采用 CFD 与 FEA 联合的方法计算导流罩支架强度，借助 STAR-CCM+ Abaqus 映射功能解决了 CFD 计算得到导流罩表面压力后如何向 FEA 计算模型加载的难题。结果表明，这种方法是快速有效的，并提高了计算的精度。

6 参考文献

- [1] 张相庭. 第十届全国结构风工程学术会议: 基于随机振动理论的风振分析及对国外风载荷的评估-兼评 21 世纪的风载荷规范的展望[R]. 上海: 中国土木工程学会桥梁及结构工程分会风工程(专业)委员会, 2001.
- [2] 周绍荣. 空气动力阻力与载货车导流罩. 商用汽车杂志[J], 2005, 84~85.