

# 某微型货车的风阻分析和优化研究

黄传海<sup>1</sup>, 周思<sup>1</sup>, 柏国杰<sup>1</sup>, 何金泉<sup>1</sup>, 彭和飘<sup>2</sup>

(1. 柳州坤菱科技有限公司, 广西柳州 545007; 2. 柳州五菱新能源汽车有限公司, 广西柳州 545007)

**摘要:**对某微型货车进行 CFD 仿真分析和优化改进, 并耦合整车燃油经济性进行验证, 为微型货车降低油耗的设计开发提供技术支持。

**关键词:**微型货车; 风阻系数; CFD 仿真; 减阻; 等速油耗

中图分类号: U462.3<sup>+</sup>4

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2024)06-0041-04

## Study on Wind Resistance Analysis and Optimization of a Mini-truck

HUANG Chuanhai<sup>1</sup>, ZHOU Si<sup>1</sup>, BAI Guojie<sup>1</sup>, HE Jinquan<sup>1</sup>, PENG Hepiao<sup>2</sup>

(1. Liuzhou Kunling Technology Co., Ltd., Liuzhou 545007, China;

2. Liuzhou Wuling New Energy Automobile Co., Ltd., Liuzhou 545007, China)

**Abstract:** This paper conducts CFD simulation analysis and optimization improvement on a mini-truck. It carries out verification coupled with vehicle fuel economy, which can provide technique support for the design and development of mini-truck fuel consumption reduction.

**Key words:** mini-truck; drag coefficient; CFD simulation; drag reduction; constant speed fuel consumption

有资料显示, 微型货车车速在 80 km/h 以上时, 其受空气的阻力约占所有行驶阻力的 50%, 车速越快, 空气阻力所占比例呈非线性增长。本文使用 STAR\_CCM+ 软件对某微型货车进行空气动力学风阻分析, 确定对风阻影响较大的因素, 并进行优化设计<sup>[1]</sup>。

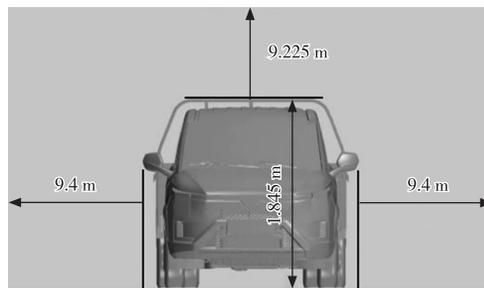
## 1 仿真模型及参数

根据微型货车的结构、尺寸(长×宽×高: 5.935 m×1.880 m×1.845 m), 对几何模型做网格化处理。几何模型主要包括外造型面、后视镜、轮胎、车身、底盘及货箱模型。根据实践经验设定用于仿真计算的风洞模型的大小。仿真分析的风洞模型长为 94.96 m (车体长 5.935 m, 车前 5 倍车长, 即 29.675 m, 车后 10 倍车长, 即 59.35 m); 仿真分析的风洞模型宽为 20.68 m (车体宽 1.88 m, 车两侧各 5 倍车宽, 即 9.4

m); 仿真分析的风洞模型高为 11.07 m (车体高 1.845 m, 车顶 5 倍车高, 即 9.225 m)。车辆及风洞模型示意图如图 1 所示。



(a) 车辆及风洞侧视图



(b) 车辆及风洞正视图

图 1 车辆及风洞示意图

收稿日期: 2024-01-03。

第一作者: 黄传海(1987—), 男, 工程师; 主要从事汽车空气动力学性能开发、热管理性能开发及 CFD 流体仿真分析应用工作。E-mail: 365409809@qq.com。

## 2 原状态仿真结果

### 2.1 原状态正面区域结果及分析

图2为微型货车正面压力系数云图。由图2可知,车头前脸区域及货箱正面外露区域受到的正面迎风压力较大,加上底盘部件外露较多,导致正面形成的阻力较大,不利于提高汽车空气动力学性能<sup>[2-4]</sup>。

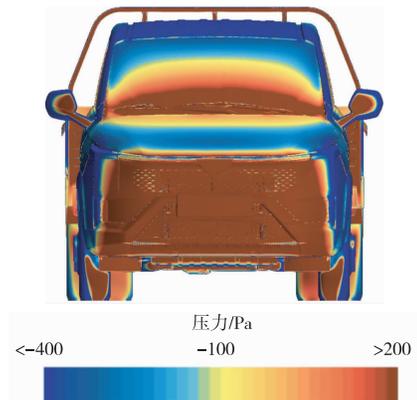


图2 微型货车正面压力系数云图

### 2.2 原状态车尾区域结果及分析

借助货车总压为零的等值面图(图3)来评估车尾区域涡流的大小。由图3可知,货车尾部形成了货箱涡与车尾涡的隔断,产生了两个较大的尾涡。且由于货箱龙门架的存在,形成了较多的涡脱,从而造成车辆尾部的压力损失较大,导致前后压力差增加,风阻随之增大。

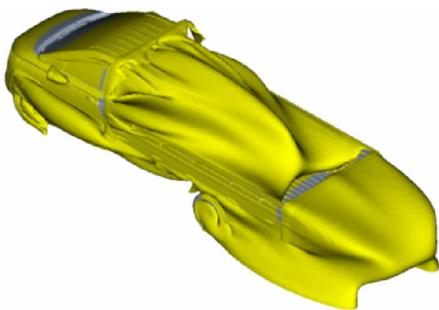


图3 货车总压为零的等值面图

### 2.3 原状态车轮区域结果分析

图4为微型货车轮胎区域压力系数云图。由图4可知,前轮胎正面以及前悬的正面正压区域较大;且前方气流较易卷进旋转的轮腔内,并易形成涡流损失,进而增加前轮区域的阻力。

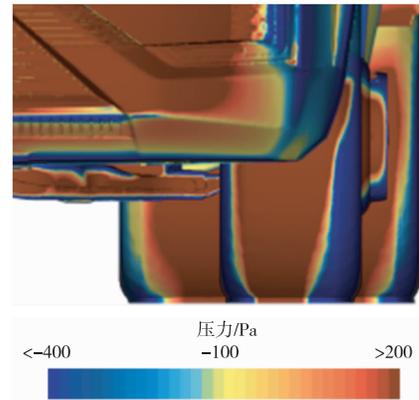


图4 微型货车轮胎区域压力系数云图

### 2.4 原状态底盘区域结果及分析

借助整车压力系数及 $Y=0$ 截面压力系数相结合的结果云图(图5)来进行底盘区域的评估。由图5可知,由于机舱下护板过于靠上,导致下车体的车架横梁外露过多,无法很好地地下压气流,从而受到较大的迎风阻力。

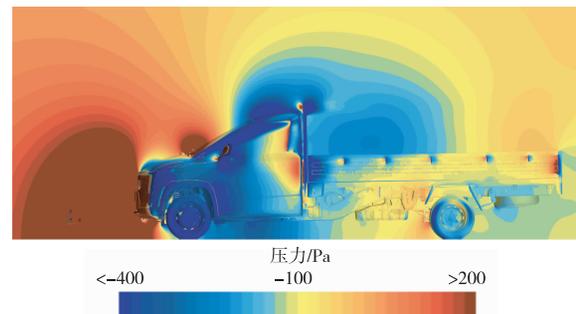


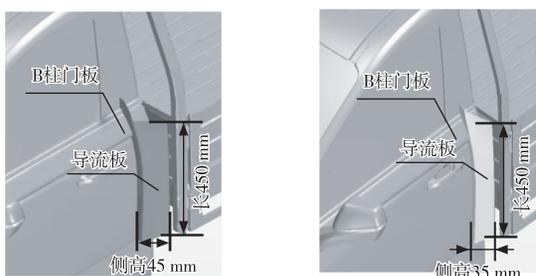
图5 整车压力系数及 $Y=0$ 截面压力系数结合结果云图

综上所述,可在该货车的正面、货箱涡、车轮及底盘等区域,采用增加气动附件及优化型面方式<sup>[5]</sup>进行空气动力学优化,降低气流的正面冲击,控制流动分离以及回流,从而减小空气阻力。下面将详细介绍具体的优化措施及对应的降阻效果。

## 3 优化措施及效果

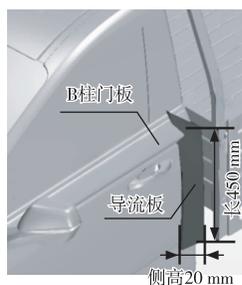
### 3.1 正面及车尾区域优化

在B柱门板区域增加侧导流板,将正面冲击货箱的气流往外侧导流,减少货箱受到的正面气流冲击,并有效减缓侧向乱流汇入尾部的涡流。结合侧导流板与门板的配合关系,有三种不同尺寸的门板侧导流板方案(图6)。



(a) 优化方案 1

(b) 优化方案 2



(c) 优化方案 3

图 6 侧导流板减阻优化方案

经过数值仿真计算, 该区域的减阻效果如下: 方案 1 阻力系数降低了 0.045, 方案 2 阻力系数降低了 0.040, 方案 3 阻力系数降低了 0.034。结合工程工艺要求, 三种方案中方案 3 最容易实现工程化, 所以最终采用方案 3 进行工程化设计。

### 3.2 车轮区域优化

在前轮前增设前轮阻风板, 以减少前轮受到的气流正面冲击, 同时也可减少进入轮腔的气流, 避免因车轮旋转形成更大、更强的涡<sup>[1,6-7]</sup>。分别结合原结构的流场状态分析, 前轮阻风板高度分别采用 90 mm、65 mm、50 mm、35 mm 四种方案。本次分析基于流体力学上的专业描述, 仅对高度尺寸作出对比, 不再赘述详细结构对比。图 7 为前轮阻风板减阻研究方案。

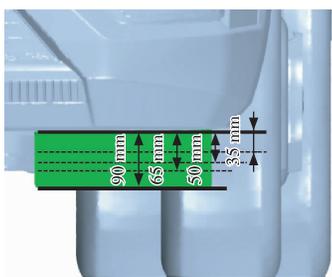


图 7 前轮阻风板减阻研究方案

分别对四种方案进行虚拟仿真分析, 分析结果如图 8 所示(图中第 5 个数值为无阻风板的原模型数值)。由图 8 可知, 随着阻风板高度的减小, 风阻系数值呈先降低后升高的趋势, 在 65 mm、50 mm 高度的时候达到最低, 降阻效果最佳。考虑实际接近角通过性及工程工艺需要, 最终采用 50 mm 高度方案进行工程比设计。

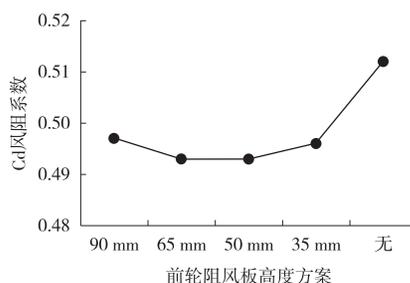


图 8 不同前轮阻风板研究方案减阻数值结果

增加 50 mm 高度方案的前轮阻风板和无前轮阻风板的可视化仿真分析结果如图 9 所示。由图 9 可知, 增加前轮阻风板后, 前轮胎面及悬架支臂等周边部件的正面迎风阻力均有所下降, 车体前后压力的差值随之减小, 整车风阻系数降低的效果明显。

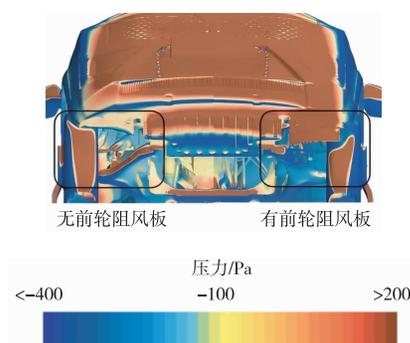


图 9 前轮阻风板方案压力系数云图对比

### 3.3 底盘区域优化

针对货车底盘部件外露较多造成其正面阻力较大的现象, 设计合适的机舱下护板进行覆盖, 有效地将前方来流导向底盘下方, 避免外露件对气流的阻滞, 以达到降阻的目的<sup>[8-11]</sup>。分别设计两种不同弧度及下压趋势的方案以探讨其对降低风阻系数的影响。两种方案如图 10 所示。



图10 机舱下护板两种方案

两种机舱下护板方案的可视化仿真分析的 $Y=0$ 截面压力系数云图如图11所示。由图11(a)可知,当机舱下护板下拉弧度较小时,护板后部的底盘部件受正面迎风阻力系数较大。由图11(b)可知,当下护板下拉弧度增加后,护板后部的底盘部件的迎风阻力系数随之降低<sup>[12]</sup>。经过数值统计,机舱下护板1方案总体降低风阻的贡献率为0.8%,而机舱下护板2方案总体降低风阻的贡献率为3.5%。在不影响布置要求及通过性要求情况下,最终选定机舱下护板2方案进行实车工程化设计。

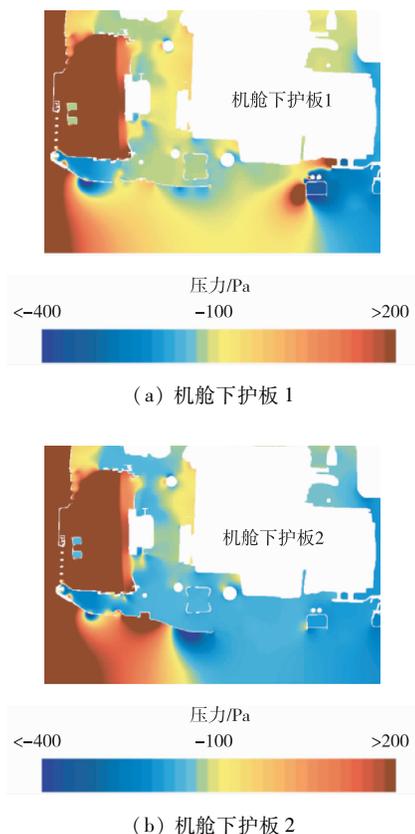


图11 不同机舱下护板方案压力系数云图对比

对综合采用上述工程化设计的门板侧导流板、50 mm 高度前轮阻风板、机舱下护板2三种优化措施后的整车进行仿真分析。最终结果显示,整车风阻系数降低8.7%,有效地降低了微型货车的空气阻力。

### 3.4 油耗改善分析

将上文仿真计算得到的气动特性结果输入到用AVL-Crusie软件搭建的整车燃油经济性模型中<sup>[13]</sup>。分别对原状态、上述三种方案及其综合减阻方案的降阻效果进行等速油耗仿真分析。仿真结果见表1。

表1 各方案的等速油耗与降低量 L/100 km

方案	等速油耗	降低量
原状态	9.34	-
门板侧导流板	9.07	0.27
50 mm 高前轮阻风板	9.13	0.21
机舱下护板2	9.14	0.20
综合减阻方案	8.79	0.55

本文研究车型在等速95 km/h的情况下,组合减阻方案降阻率为8.7%,油耗降低率为5.8%,从分析数据中发现风阻系数优化降阻率与等速油耗的降低率呈线性关系,且降阻率与等速油耗降低率的倍数关系约为1.5,即每降低1.5%的风阻系数,可带来1%的燃油经济性效益。

## 4 结论

本文对某微型货车的空气动力学特性进行了优化研究,根据优化模型的分析数值结果及耦合虚拟验证表明:

1) 利用虚拟数值仿真技术进行风阻分析优化研究,并耦合燃油经济性验证的方法,适用于微型货车降低油耗的设计开发。

2) 针对气动减阻敏感区域设计了门板侧导流板、前轮阻风板及机舱下护板方案,经过仿真论证,优化效果较好,风阻系数整体降低8.7%。

3) 耦合整车燃油经济性模型进行最终验证,在高速(车速 $\geq 90$  km/h)工况下,整车的降阻率与等速油耗的降低率呈1.5倍的关系,即每降低1.5%的风阻系数,可带来1%的燃油经济性效益。

### 参考文献:

- [1] 李林,林强,陈建超,等.基于STAR-CCM+的某轿车减阻优化研究[J].汽车技术,2016(9):4-8.

(下转第53页)

## 参考文献:

- [1] 张娜生. 我国汽车胶粘剂开发应用的现状及前景[J]. 粘接, 2009(7): 66-70.
- [2] 黄彭亮, 许坚, 蒋有辉. 胶粘剂在汽车喷涂工艺中的应用[J]. 汽车工艺师, 2023(11): 10-13.
- [3] GALVEZ P, QUESADA A, MARTINEZ A M, et al. Study of the behaviour of adhesive joints of steel with CFRP for its application in bus structures[J]. Composites Part B: Engineering, 2017(129): 41-46.
- [4] 孙德林, 余先纯. 胶粘剂与粘接技术基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014: 10-12.
- [5] 乔吉超, 胡小玲, 管萍. 聚氨酯胶粘剂的研究进展[J]. 热固性树脂, 2006, 21(5): 44-48.
- [6] 陈双莲. 双组分无溶剂复合胶粘剂的制备及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [7] 俞滨滨, 刘波, 张爱萍, 等. 双组分高强高韧环氧树脂胶粘剂的研制[J]. 中国胶粘剂, 2023, 32(9): 39-43.
- [8] 刘淑迪, 李岳, 孙东洲, 等. 无机填料在丙烯酸酯结构胶粘剂中的应用进展[J]. 化学与粘合, 2023, 45(5): 459-463.
- [9] 王宪朋. 水性聚氨酯胶粘剂的乳液制备与性能研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2012.
- [10] 中国汽车工业协会汽车相关工业分会. 汽车胶粘剂密封胶实用手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2018: 201-205.
- [11] 孙文慧, 刘晓琴, 潘敏霞, 等. 胶粘剂中丙烯酰胺及丙烯酸酯类残留单体释放量和含量的研究[J]. 中国胶粘剂, 2023, 32(10): 42-47.
- [12] 朱振林, 李琳, 梁正保, 等. 客车外露胶缝外观质量影响因素解析[J]. 粘接, 2017(7): 63-65.
- (上接第44页)
- [2] 傅立敏. 汽车空气动力学数值计算[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000: 159-160.
- [3] 王靖宇, 李庆臣, 王景晟, 等. 前端过渡半径对轻型客车气动特性影响的数值模拟[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2010, 24(1): 7-12.
- [4] JO Yung Wong. Theory of Ground Vehicles: 5th edition[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2022: 201-208.
- [5] 陈振明, 尹华鑫. 改善汽车空气动力学性能的措施[J]. 公路与汽运, 2007(5): 4-6.
- [6] 高懋森. 某商用车前侧围造型与阻力关系的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [7] 许建民, 范健明. 厢式货车气动减阻装置的减阻效果研究[J]. 汽车工程, 2019, 41(6): 688-695.
- [8] 于翰林, 毛洪海, 杨杰. 轻型卡车气动特性数值模拟及导流部件优化研究[C]//中国汽车工程学会. 2021 中国汽车工程学会汽车空气动力学分会学术年会论文集, 2021: 200-207.
- [9] 王庆洋, 黄文鹏, 赖晨光, 等. 基于气动附件的重型货车空气动力学减阻研究[J]. 汽车工程, 2020, 42(6): 746-752.
- [10] 袁志群, 杨明智, 张炳荣. 汽车底部复杂流场的主动和被动控制减阻方法研究[J]. 汽车工程, 2019, 41(5): 537-544.
- [11] 姜佳男. 基于气动附加装置的重型商用车低风阻优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [12] 晏强, 种刚, 张倩, 等. 基于国内某重型卡车整车外流场优化分析[J]. 汽车实用技术, 2017(20): 126-128.
- [13] CHILBULE C, UPADHYAY A, MUKKAMALA Y. Analyzing the profile modification of truck-trailer to prune the aerodynamic drag and its repercussion on fuel consumption[J]. Procedia Engineering, 2014(97): 1208-1219.