

具有行李承载功能的客车空调风道的开发及仿真

鲁秉仁, 程二涛, 倪一铭, 闻 坤

(南京依维柯汽车有限公司, 南京 211806)

摘要: 现有空调风道和行李架无法满足窄体客车的布置需求。本文分析空调风道和行李架的空间布置及结构设计, 提出一种具有行李承载功能的客车空调风道, 并对其进行流场分析与优化, 以满足窄体客车的布置要求。

关键词: 窄体客车; 空调风道; 行李架; 结构设计; 流场分析

中图分类号: U463.83⁺9.2

文献标志码: B

文章编号: 1006-3331(2023)03-0041-03

Development and Simulation of Bus Air Conditioning Duct with Baggage Carrying Function

LU Bingren, CHENG Ertao, NI Yiming, WEN Kun

(NAVECO Ltd., Nanjing 211806, China)

Abstract: The existing air conditioning ducts and luggage racks cannot meet the layout requirements of narrow-body buses. This paper analyzes the spatial layout and structural design of air conditioning ducts and luggage racks, proposes a bus air conditioning duct with luggage carrying function, and conducts flow field analysis and optimization to meet the layout requirements of narrow-body buses.

Key words: narrow-body bus; air conditioning duct; luggage rack; structure design; flow field analysis

受农田及基础设施限制, 农村公路路面宽度一般控制在4 m左右, 市场上满足该路况的客车产品较少。为适合农村公路通行, 我司准备开发一款短头窄体客车, 车身宽度控制在2 m之内。为满足营运客车相关要求^[1], 车内需配备行李架, 但在开发过程中发现国内现有的空调风道及行李架无法满足窄体客车的需要。因此, 本文结合车型结构特点开发一款满足窄体客车需求的具有行李承载功能的空调风道, 并对其进行流场仿真分析。

1 空间布置及结构设计

1.1 空间布置

国内现有的风道及行李架一般左右并排横向布置, 风道布置在车顶两侧, 中间布置行李架^[2], 如图1所示。该布置结构一般适合车内宽大于2 m、内高大

于1.9 m的车型, 行李架及风道在横向Y-Z截面的布置空间尺寸(W×L)一般大于650 mm×450 mm。

而本次开发的新车型, 车顶内宽、内高仅有1.7 m左右, 行李架及风道在Y-Z截面的布置空间尺寸(W×L)不超过430 mm×350 mm, 因此现有的分体式风道及行李架不满足该车型的空间布置需求。经过分析, 将空调风道与行李存放区域进行有机融合(如图2所示), 能够解决此问题。

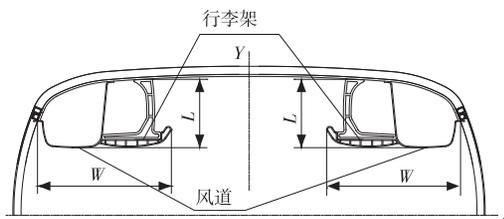


图1 传统风道及行李架布置

收稿日期: 2023-03-19。

第一作者: 鲁秉仁(1980—), 男, 工程师; 主要从事客车整车设计及零部件开发工作。E-mail: mjlubingren@126.com。

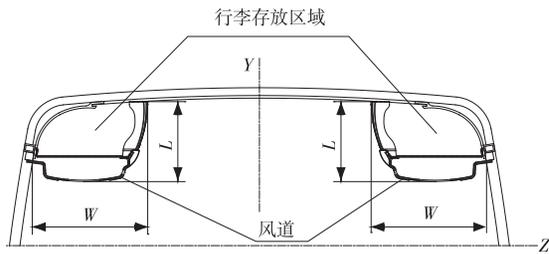
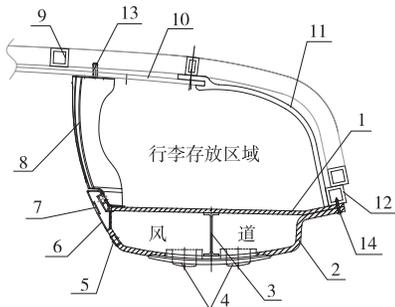


图2 窄体客车风道与行李架融合布置

1.2 结构设计

前、后顶部装饰件与左、右侧冷风管道之间采取平滑过渡设计,车内小行李架封头可设计成封闭的斜面^[3]。如图3所示,风道上层结构板与车内边顶内饰、中顶内饰在车内形成一定区域空间,用来存放行李,起到行李架的作用;通风道的上层结构板、下层结构板通过铝型材^[4]铆接在一起,形成密闭的空间来输送冷风,起到风道的作用^[5]。风道总成通过吊柱用螺栓与车辆顶部骨架连接,用螺钉与车辆侧面骨架连接,增加其强度,用来承载风道自身及存放行李的重量。下层结构板上装配有常出风口与可调出风口,出风口的位置根据座椅布置及人机工程学予以排布^[6]。在每个出风口附近铆接支架,既能对上层结构板起到支撑作用,减小结构变形,又起到对风道内空气的扰流作用,使每个出风口空气流速均匀。



- 1-风道上层结构板; 2-风道下层结构板; 3-支架;
4-可调出风口; 5-常出风口; 6-铝型材; 7-LED灯带;
8-吊柱; 9-顶部骨架; 10-中顶内饰; 11-边顶内饰;
12-侧面骨架; 13-螺栓; 14-螺钉

图3 风道及顶内饰局部截面图

2 风道流场分析

2.1 模型建立

结构设计完成后,根据风道数据建立分析模型,

运用计算机 ANSA 和 STAR CCM+软件^[7-8],基于 CFD 数值模拟方法^[9],对风道内的空气流动进行流体力学分析。风道结构示意图如图4所示。



图4 风道结构示意图

在模型内部空气域生成 Trimmer 网格,单位长度 3~20 mm 左右,单元总数约 38 万个,网格连续、均匀、过度平缓。风道体网格模型如图5所示。

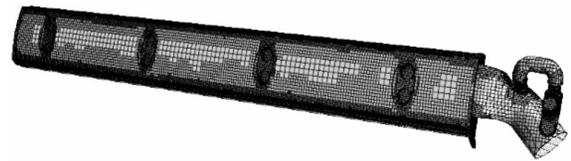


图5 风道体网格模型

从入口输入空气,入口边界为质量流量进口;出风口边界为压力出口,输入参数见表1。

表1 输入参数

输入介质	入口质量流量/($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$)	密度/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
空气	0.068 1	1.225

2.2 结果分析

通过仿真计算,可求出风道上各出风口的风量分配比例,通过实车风速测试,数据见表2。

表2 吹面风道出风口风量分配比例

出风口位置	质量流量/ ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$)	风量分配 比例/%	实测风速/ ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
出风口 1	0.014 913 7	21.90	4.5
出风口 2	0.013 822 28	20.30	3.8
出风口 3	0.015 938 71	23.40	4.7
出风口 4	0.012 330 79	18.11	3.2
出风口 5	0.011 093 72	16.29	2.8

风道压力分布如图6所示,入口处为高压区,几处局部低压区域(浅色区域)是由于该处曲率较小,且处于端部,形成气流分离区而导致的负压区。



图6 风道表面压力云图

图7为吹面风道内部流线图, 气流流动紊乱, 内部流量不均匀, 出现偏流现象。

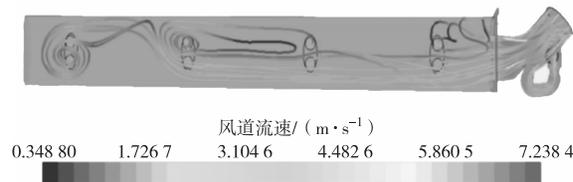


图7 风道内部流线图

2.3 结论与结构优化

从计算结果和实测来看, 初始设计空调风道结论如下:

- 1) 出风口1和出风口3风量分配比例及风速稍大, 出风口4和出风口5风量分配比例及风速略小。
- 2) 风道内部出现乱流、偏流现象, 气流不顺畅, 出风速度落差较大。

汽车空调风道结构影响着风道中气流的流动阻力、气动噪声和出风指向性^[10]。针对上述分析结果对风道结构进行优化, 主要措施如下:

- 1) 理论与试验结果表明, 客车风道内风量分配主要由风道内的静压分布决定^[11], 通过加大风道拐弯处曲率, 减小气流流动过程形成的负压区。
- 2) 通过调整每个出风口附近的支架角度以及到出风口的距离, 对风道内空气流场进行扰动, 使每个出风口出风更加均匀, 风速平稳。
- 3) 通过加粗主出风管直径, 由40 mm调整为60 mm, 减少风量损失。

2.4 结构优化后的效果

优化后, 经过再次仿真计算质量流率, 每个出风口风量分配更加均匀; 另外, 从实车测试的风速数据也可以看出每个出风口出风速度更加接近, 具体数据见表3。

表3 优化后出风量分配数据

出风口位置	质量流率/ ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$)	风量分配 比例/%	实测风速/ ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
出风口1	0.0139 137 5	20.43	4.7
出风口2	0.0138 628 3	20.36	4.6
出风口3	0.0139 457 6	20.48	4.8
出风口4	0.0133 509 9	19.61	4.2
出风口5	0.0130 258 7	19.13	3.9

优化后风道内部气流更加平顺, 如图8所示。

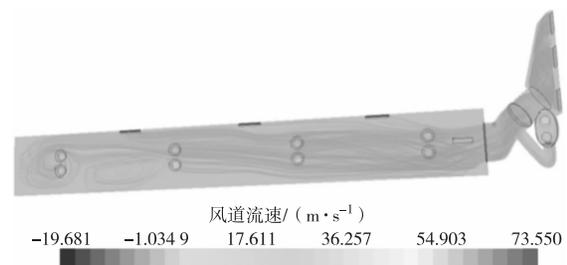


图8 优化后风道内部流线图

3 结束语

本文主要通过对客车风道及行李架的空间布置及结构设计, 提出了一种具有行李承载功能的客车风道, 并对其进行风道流场分析与优化, 为窄体客车提供了一种布置方案, 解决了窄体营运客车行李架及风道设计困难的问题。

参考文献:

- [1] 全国汽车标准化技术委员会客车分技术委员会. 营运客车类型划分及等级评定: JT/T 325—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018: 8.
- [2] 周方寿. 客车车身覆盖件的设计与制造[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998: 7.
- [3] 尤爱玲. 大客车车身结构的细部处理[J]. 客车技术与研究, 2001, 23(5): 39-41.
- [4] 李锦炫. 客车内行李架用铝型材的设计[J]. 客车技术与研究, 2011, 33(4): 36-39.
- [5] 莫浩, 邱洋. 浅谈公路客车风道行李架结构设计[J]. 客车技术, 2019, 41(6): 28-30.

(下转第47页)

- [3] 周美施, 尹怀仙, 张铁柱, 等. 基于等疲劳寿命的客车骨架轻量化设计[J]. 客车技术与研究, 2016, 38(6): 18-21.
- [4] 王国军, 闫清东, 孟宪峰, 等. 汽车减振器支座疲劳开裂原因分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2006(5): 23-25.
- [5] 朱红军, 刘芳中, 吴兵. 基于尺寸优化的纯电动客车骨架轻量化设计[J]. 客车技术与研究, 2020, 42(4): 20-22.
- [6] 王明, 康少波, 曹俊, 等. 客车外后视镜支架的振动疲劳分析[J]. 客车技术与研究, 2022, 44(2): 44-46.
- [7] 董晓坤, 张保锋. 客车减振器支架疲劳寿命仿真分析与验证[J]. 客车技术与研究, 2020, 42(6): 51-53.
- [8] 单萍, 郑忠才, 高岩, 等. 基于径向疲劳仿真的铝合金轮毂寿命分析[J]. 小型内燃机与车辆技术, 2020, 49(1): 49-53.
- [9] 曹萍. 基于 CAE 仿真技术的某微型客车车身疲劳寿命研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
- [10] 王晓斌. 微车关键点高强度螺栓拧紧技术的研究及分析[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2014.
- [11] 付稣昇. ANSYS nCode DesignLife 疲劳分析基础与实例教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2022: 161.

(上接第 43 页)

- [6] 姚远. 公路客车风道出风口的设计与布置[C]//2019 年中国客车学术年会暨中国客车行业发展论坛论文集, 2020: 167-171.
- [7] 刘德平, 王国锋, 唐辉, 等. 基于 ANSA 的有限元建模技术[C]//中国力学学会产学研工作委员会, 陕西省国防科技工业信息化协会, 中国数字仿真联盟, 中国计算机学会高性能计算专业委员会. 第十五届中国 CAE 工程分析技术年会论文集, 2019: 4.
- [8] 邱静, 王国志, 李玉辉. 基于 STAR-CCM+ 的简单流体模型 CFD 研究[J]. 液压气动与密封, 2010, 30(10): 8-10.
- [9] 杨润泽, 安正顺. 某汽车空调暖风风道的 CFD 仿真和优化[J]. 湖北汽车工业学院学报, 2016, 30(4): 1-4.
- [10] 黎帅, 林银辉, 江风雨. 不同湍流模型下的汽车空调风道仿真分析[J]. 制冷与空调(四川), 2019, 33(6): 613-616.
- [11] 陈江平, 孙召璞, 阙雄才, 等. 轻型客车室内通风的数值模拟与实验研究[J]. 应用科学学报, 2002, 20(2): 169-172.