

基于 ANSYS 的停车辅助装置有限元仿真

刘成, 汪功明, 王雪峰, 王飞, 王帅
安徽职业技术大学, 安徽合肥, 中国

【摘要】 本文应用 SolidWorks 三维设计软件建立停车辅助装置模型, 基于 ANSYS Workbench 分析不同结构辅助装置振型, 根据模态分析结果优化辅助装置结构, 以改变固有频率, 在保证动态性能前提下实现优化设计。满足辅助装置设计需求, 使停车辅助装置运行更为顺畅, 延长停车辅助装置内部零部件的应用寿命。

【关键词】 停车辅助装置; ANSYS; 设计

【基金项目】 安徽省高校自然科学研究重点项目 (NO: 2023AH051435, “基于语音交互功能的汽车停车辅助系统设计与研究”); 安徽省高校自然科学研究重点项目 (NO: 2023AH051447, “基于多学科新能源汽车动力电池散热系统优化设计”); 校级自然科学研究项目 (NO: 2022xjzr017, “一种具有语音交互功能的侧方停车液压辅助装置设计”); 安徽省质量工程项目 (NO: 2023sdxx168); 2023 年度院级质量工程 (NO: 2023yjyym40); 2023 年度院级质量工程 (NO: 2023yjppkc05) 教育部职业教育发展中心 2024 年中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目课题

1. 引言

随着我国经济与科学技术的不断发展, 人们的生活品质稳步提高, 汽车已成为人们生活中不可或缺的一部分[1]。面对不断发展的汽车产业, 如何保证汽车在城市中能够方便、快捷、可靠的停放, 是目前大多数城市所面临的一个严峻问题[2]。为了解决用户市区停车困难的问题, 一种新型停车辅助装置应运而生。停车辅助装置能够将车辆运送到汽车停放处, 整个过程不需要人工操作[3], 所在停车位也不再需要预留驾驶员出入开门时所需的较大空间, 而且在整个停车过程中, 完全由智能停车辅助装置完成停车取车工作[4], 可以在相对狭小的空间内完成姿态的调整, 大大节省了停车空间, 车辆停车密度也可以大幅提高[5]。在同等面积大小的停车场, 停车容量可提高 40% 以上[6]。智能停车辅助装置及停车系统应用十分广泛, 可设在机场、酒店、社区、政府机构等各种有停车需求的场所[7]。

根据停车辅助装置强度需求, 本文以国内某停车辅助装置为原型[8], 采用 ANSYS 软件对原停车辅助装置进行模拟分析, 结合有限元法, 提出新型停车辅助装置设计方案, 并通过静力学验证其可靠性[9]。重点研究典型工况下的有限元分析、结构优化两部分[10]。以期提升停车辅助装置的安全性和整

体性能为研发新型停车辅助装置提供一定的理论参考。

2. 基于 ANSYS 的停车辅助装置辅助装置分析

2.1 模型的建立

本研究采用的国内某停车辅助装置结构, 辅助装置基本尺寸为 3150mm×1200mm×110mm 如图 1 所示, 车辆停放在停车辅助装置上方, 停车辅助装置运行不同工况会对辅助装置产生不同形变、应力等, 因此其被设计为 10mm 厚度的碳钢板材。这种材料具有良好的机械性能和成本效益。为了提高上盖的振动固有频率, 从而增强其抗振能力。为了进一步提升辅助装置的结构强度和耐振性, 内部焊接了加强筋板。这些筋板有效地增强了整个辅助装置的结构强度和耐久性, 从而确保了车辆在停车辅助装置上运行过程中的稳定性和安全性。

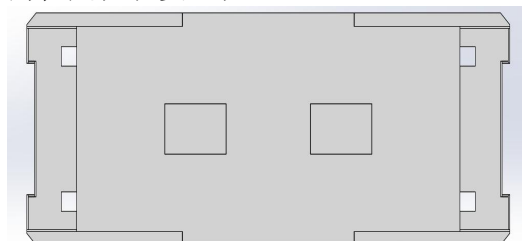


图 1. 停车辅助装置辅助装置三维图

2.2 定义材料参数

用 ANSYS Workbench 进行有限元分析

前, 首先确定停车辅助装置的材料类型和材料属性。材料参数如表 1 所示。

表 1. 材料参数

序号	名称	密度/kg·m-3	弹性模量/GPa	泊松比	屈服强度/MPa
1	钢	7850	200	0.3	250

2.3 静强度分析

停车辅助装置在路面上急刹车时, 停车辅助装置在 X 轴负方向承受 1g 的加速度并且在 Z 轴正方向承受 2g 的加速度。图 2 为不平路面上急刹车工况下的停车辅助装置应力云图, 从图中可以看出, 停车辅助装置所承受的最大应力为 220.75Mpa, 应力较大的区域主要分布停车辅助装置中间区域。停车辅助装置的材料是碳钢, 屈服强度为 250MPa, 远大于停车辅助装置连接处的最大应力, 所以满足了停车辅助装置的强度设计要求。图 3 为颠簸路面上急刹车工况下辅助装置的应变云图, 从图中可以看出, 辅助装置的最大应变仅为 0.18mm, 应变较大的区域主要分布在停车辅助装置的中间位置。

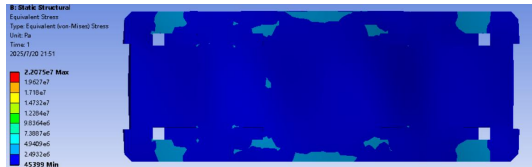


图 2. 颠簸路面上急刹车工况应力云图

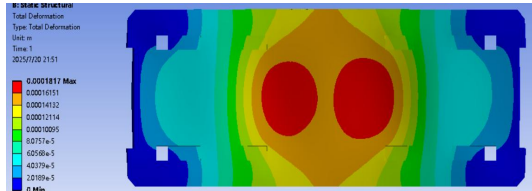


图 3. 颠簸路面上急刹车工况应变云图

2.4 辅助装置模态分析

停车辅助装置在工作过程中受到多种载荷的作用。除了急加速、刹车或转弯时产生的惯性力, 还有辅助装置自身重量及外部堆叠压力。为研究停车辅助装置在行驶过程中是否发生共振, 需要对停车辅助装置进行模态分析, 以得到停车辅助装置固有频率。停车辅助装置的模态是其结构的固有振动特性, 每一阶模态的振型、固有频率以及阻尼比都是不同的。利用 ANSYS 得到的停车辅助装置在各阶振型的频率和变形。这种方法避免了传统的模态试验带来的成本过高、时间过长等问题, 提高了设计的效率。

本文对停车辅助装置进行模态分析, 首先要建立停车辅助装置结构的动力学微分方程:

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [C]\{\dot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = \{F\} \quad (1)$$

式中: $[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$ 分别为停车辅助装置结构的质量、阻尼以及刚度矩阵; $\{\ddot{\delta}\}$ 、 $\{\dot{\delta}\}$ 、 $\{\delta\}$ 分别为停车辅助装置的加速度、速度以及位移列阵; $\{F\}$ 为外部载荷列阵。

由于停车辅助装置的固有频率和振型取决于其结构本身, 并不随外界条件的改变而改变, 所以外界施加的载荷与约束并不会影响停车辅助装置的固有频率。此外, 模态分析研究的是停车辅助装置在自由振动时的特性, 小的阻尼对其并没有太大影响, 可以忽略不计。所以停车辅助装置结构的动力学微分方程就可以简化为:

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = 0 \quad (2)$$

由于停车辅助装置结构复杂, 很难直接求解得到上述微分方程的解。为了解决这一问题, 可以进行坐标变换, 将复杂结构的自由振动微分方程分解成简谐振动, 再进行叠加。为了得到停车辅助装置的固有频率和振型, 可以设式 (3) 解为:

$$\{\delta\} = \{\delta_0\} \sin(\omega t + \phi) \quad (3)$$

式中 $\{\delta_0\}$ 为 $\{\delta\}$ 振幅列向量; ω 为结构的固有频率。将式 (3) 带入式 (2), 得到:

$$([K] - \omega^2[M])\{\delta_0\} = 0 \quad (4)$$

当停车辅助装置结构处于自由振动的时候, 其各节点的振幅必然不可能全部为 0, 所以停车辅助装置的自由振动频率方程如 (5) 所示:

$$|([K] - \omega^2[M])| = 0 \quad (5)$$

从式 (6) 中可以解出 n 个实根 $\omega_i^2 (i=1, 2, 3, \dots)$, 将 ω_i^2 带入方程 (5) 就可以解出对应的 $\{\delta_i^0\} (i=1, 2, 3, \dots)$ 。其中 $\omega_1^2 (i=1, 2, 3, \dots)$ 分别为停车辅助装置的第一阶, 第二阶一直到第 n 阶的固有频率, $\{\delta_i^0\} (i=1, 2, 3, \dots)$ 分别为停车辅助装置的第一阶, 第二阶一直到第 n 阶的固有振型。

停车辅助装置在工作过程中受到多种载荷的作用。除了停车辅助装置自身重力外, 停车辅助装置还承受轮路面产生的交变冲击载荷。为研究停车辅助装置在车辆行驶过程中各种复杂工况下是否发生共振, 需要对停车辅助装置进行模态分析, 以得到停车辅助装置固有频率。利用 ANSYS 得到的停车辅助装置在各阶振型的频率和变形如图 4 至图

9 所示。

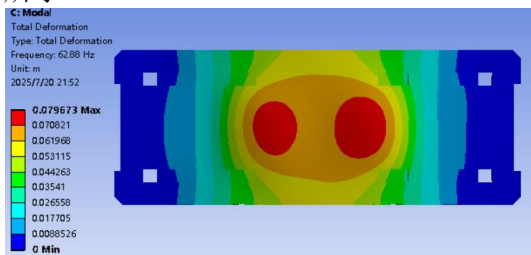


图 4. 停车辅助装置一阶振型图

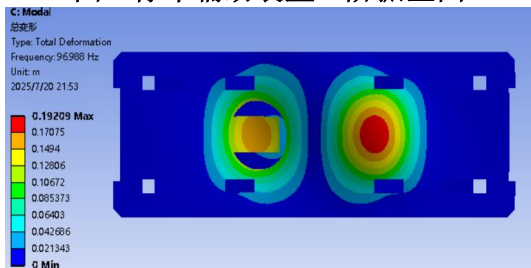


图 5. 停车辅助装置二阶振型图

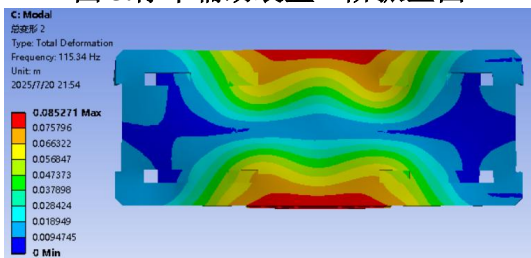


图 6. 停车辅助装置三阶振型图

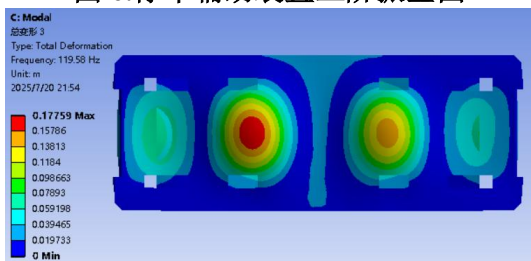


图 7. 停车辅助装置四阶振型图

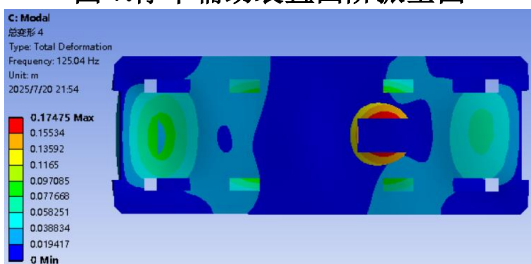


图 8. 停车辅助装置五阶振型图

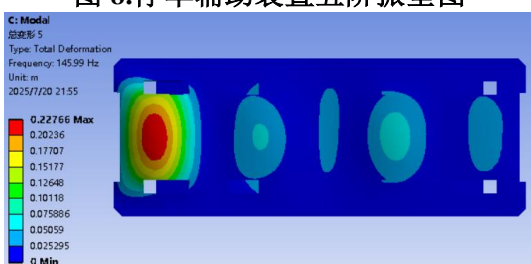


图 9. 停车辅助装置六阶振型图

3. 辅助装置结构优化分析

根据以上停车辅助装置分析后，将停车辅助装置底部增加加强筋，改善停车辅助装置形变。结构如下图 10 所示。改进后模态分析的停车辅助装置一阶振型如图 11 所示。

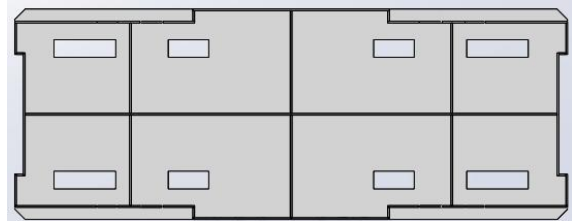


图 10. 改进后停车辅助装置结构图

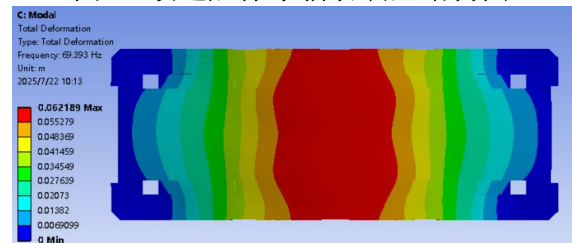


图 11. 改进后停车辅助装置一阶振型图

图 12 停车辅助装置改进前后模态频率与图 13 停车辅助装置改进前后模态形变对比可知，各阶模态固有频率显著提升，在外界激励频率之上，且改进前后模态各阶变形显著降低，结构优化达到预期目标。

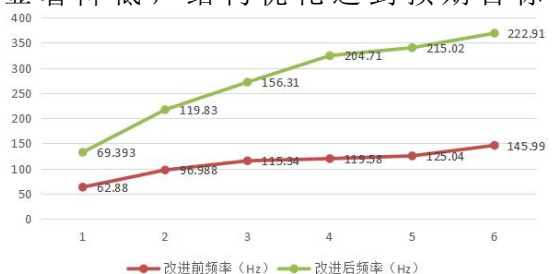


图 12. 停车辅助装置改进前后模态频率对比表

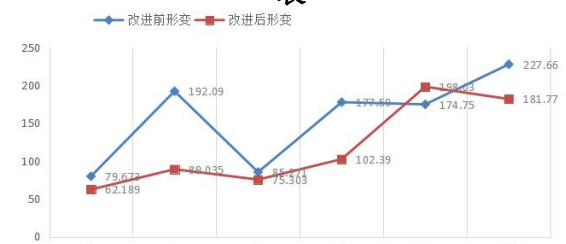


图 13. 停车辅助装置改进前后模态形变对比表

4. 结论

通过对停车辅助装置辅助装置进行有限元模态分析，原始辅助装置 1 阶模态频率在外界激励频率范围内，容易引起辅助装置共振，在辅助装置中心位置变形较大，因此对辅助装置中间筋板布置结构进行优化，提高

内部结构强度,使其1阶固有频率脱离共振区域,减少辅助装置中间位置变形,辅助装置整体模态性能得到显著提升,模态特性满足设计要求,为辅助装置结构优化设计提供参考方向。

参考文献

- [1] 王振龙,谢庆,孔凡婷,等.基于ANSYS的刷辊式履带棉花收获机底盘车架CAE分析与优化[J].中国农机化学报,2025,46(7):260-266.DOI:10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2025.07.037.
- [2] 孙加龙,肖平.基于ANSYS的轻卡车架模态分析及结构优化[J].时代汽车,2023(4):143-145.DOI:10.3969/j.issn.1672-9668.2023.04.046.
- [3] 何群,张启铄,曲海龙,等.基于ANSYS的自动上下料搅拌车车架仿真优化[J].计算机仿真,2024,41(6):364-369.DOI:10.3969/j.issn.1006-9348.2024.06.062.
- [4] 郑相龙,仲梁维.基于ANSYS Workbench的车架支座优化设计[J].农业装备与车辆工程,2022,60(3):106-109,115.DOI:10.3969/j.issn.1673-3142.2021.03.023.
- [5] 龚文杰,杨胜,张斌.基于ANSYS推土机车架结构强度仿真分析[J].建设机械技术与管理,2024,37(2):34-35,53.
- [6] 陈丽丽,张娟.基于ANSYS的运梁车大车架设计及有限元分析[J].铁道建筑技术,2025(6).DOI:10.3969/j.issn.1009-4539.2025.06.007.
- [7] 于晓燕.基于ANSYS的某车架有限元分析和轻量化设计[J].内燃机与配件,2024(11).DOI:10.3969/j.issn.1674-957X.2024.11.021.
- [8] 彭正,姜春霞,张立勇,等.基于Ansys的移动式秸秆颗粒机车架稳定性的有限元分析[J].安徽科技学院学报,2024(2).DOI:10.19608/j.cnki.1673-8772.2024.0215.
- [9] 刘佳奇,邱绪云,高琦,等.基于ANSYS Workbench的果园作业机械车架有限元分析[J].农业装备与车辆工程,2022(12).DOI:10.3969/j.issn.1673-3142.2022.12.036.
- [10] 龚京风,单东生,刘浩,等.载货汽车梯形车架参数化平台设计及有限元分析[J].机械设计与制造,2022(7).DOI:10.3969/j.issn.1001-3997.2022.07.002.