

汽车座椅工位器具的动力学特性研究

丁毅, 马胜利, 赵丽娟

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 为了提高汽车座椅工位器具的可靠性,对汽车座椅工位器具的动力学特性进行了研究。采用 ANSYS 有限元分析软件模拟的方法,得到了汽车座椅工位器具的模态分析、谐响应分析以及线性屈曲分析结果,从而为工位器具的振动特性分析、振动故障诊断和预报以及结构动力特性的优化设计提供依据。

关键词: 工位器具; 模态分析; 谐响应分析; 屈曲分析

中图分类号: TB487; TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)15-0055-03

Research on Dynamic Characteristics of Working Position Apparatus for Vehicle Seats

DING Yi, MA Sheng-li, ZHAO Li-juan

(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Dynamic characteristics of working position apparatus were studied to improve their reliability. Simulation was carried out using finite element analysis software ANSYS. The results of modal analysis, harmonic response analysis and that of linear buckling analysis were obtained. The purpose was to provide reference for vibration characteristic analysis, diagnosis and forecast of vibration fault as well as optimization design of the structure's dynamic characteristics.

Key words: working position apparatus; modal analysis; harmonic response analysis; linear buckling analysis

中国的汽车市场正在蓬勃发展,几乎所有的制造商都盯上了国内广大的市场空间,争相往中国引进新车型^[1],带动了汽车零部件的生产和使用。产品从生产到使用,必须经过贮运过程^[2],运输包装是汽车零部件物流的核心环节,也是实现汽车零部件物流资源整合的关键所在^[3]。汽车零部件的运输通常是将汽车零部件放在可循环利用的工位器具上,输送到装配车间的生产线上,此类工位器具的重复利用大大提高了汽车的装配效率。笔者主要对汽车座椅工位器具进行动力学研究。

1 工位器具的结构设计

按 BG/T 4863—1985 的定义,工位器具是指“在工作地或仓库中用以存放生产对象或工具的各种装置”,因而汽车座椅工位器具就是指用于存放并运输汽车座椅的装置,其结构见图 1。

收稿日期: 2012-03-27

作者简介: 丁毅(1953—),男,山东日照人,陕西科技大学教授,主要研究方向为包装工艺及数字包装。



图1 工位器具的结构

Fig. 1 Structure of the working position apparatus

2 工位器具的模态分析

模态是机械结构的固有振动特性,每一个模态具有特定的固有频率和模态振型。在承受动态载荷的结构设计中,它们是重要的参数。同时,模态分析也是其他动力学分析(如瞬态分析、谐响应分析和谱分析等)前期必须完成的环节^[4]。

模态分析——简单地说就是以一组模态振型开始,然后采用一种称为 Block Lanczos 的方法对如下所示的方程进行迭代求解。

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\} \quad (1)$$

$$\{u\} = \{U\} \sin(\omega t) \quad (2)$$

$$[K]\{U\} = \omega^2 [M]\{U\} \quad (3)$$

方程的根是 ω^2 , 即特征值, 其中 i 范围是从 1 到自由度个数, 对应的特征向量为 $\{u\}_i$ 。特征值的开平方根是 ω_i , 即为结构的固有圆频率 (rad/s)。固有频率 f_i 可以得到 $f_i = \omega_i / 2\pi$ 。这也是输入和 ANSYS 输出的固有频率值。特征向量 $\{u\}_i$ 表示结构在以固有频率 f_i 振动时所具有的振动形状。

由于整个工位器具中所包含的小部件较多, 在利用 ANSYS workbench 分析模态时, 仅对整体框架的前 6 阶模态进行分析。在分析过程中设置模态值为六阶, 并设置该框架的固定支撑 (fixed support) 为整个框架的底面 4 个横梁。分析结果见表 1 和图 2。

表 1 工位器具的模态值
Tab.1 Mode value of working position apparatus

模态值	频率/Hz
1	16.191
2	20.393
3	33.000
4	50.817
5	54.814
6	58.958

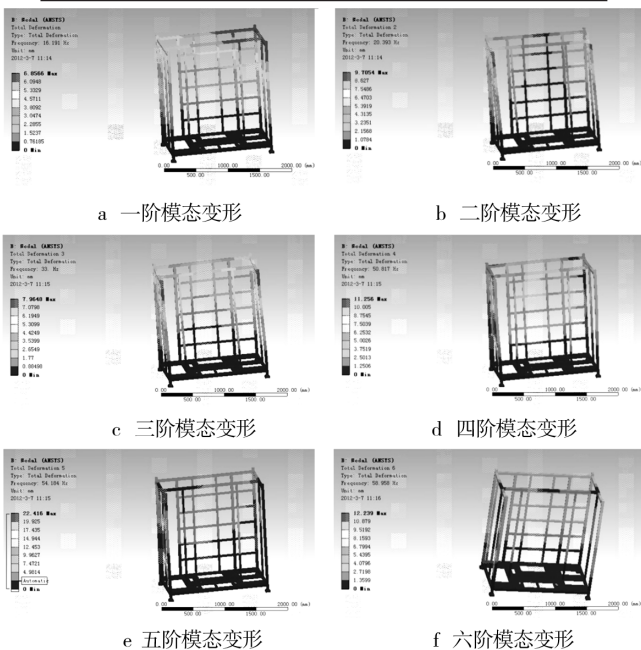


图 2 工位器具前 6 阶振动模态下的变形 (mm)

Fig. 2 Deformation of the working position apparatus under preceding six orders vibration mode

通过图 2 可以看出该工位器具的固有频率以及在每一阶模态下的框架变形。

由于低阶模态的模态刚度相对比较弱, 在同样量级的激励作用下, 响应所占的权值会相对较大, 因而工程中更关心低阶模态。由图 2a 可以看出, 在此频率下的最大变形量为 6.8566 mm。结合实际经验对比可得出, 此模态分析较好地反应出了汽车座椅工位器具的动态特性, 模型的简化以及边界条件的加载较为合理, 同时该工位器具对应的工作载荷频率应要避免这些共振频率。

3 工位器具谐响应分析

谐响应分析是一种用来分析某个线性结构在承受一个随着时间按正弦 (简谐) 规律变化的载荷时所产生的稳态响应的技术。输入载荷可以是已知幅值和频率的力、压力和位移, 输出值包括节点位移, 也可以是导出的值, 如应力、应变等。通过谐响应的分析, 可以确保一个给定的结构可以承受住不同频率的正弦载荷, 还可以探测共振响应等, 并且可在必要时避免它的发生。

谐响应分析过程中的通用方程为:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F\} \quad (4)$$

谐响应分析过程的运动方程为:

$$(-\omega^2 [M] + i\omega [C] + [K])(\{u_1\} + i\{u_2\}) = (\{F_1\} + i\{F_2\}) \quad (5)$$

汽车座椅工位器具的动态分析是基于运输过程中的变形, 考虑到车的速度等对工位器具的影响, 所以对该工位器具进行了模态分析, 并在此基础上又进行了谐响应分析, 整个框架的谐响应分析结果见图 3。

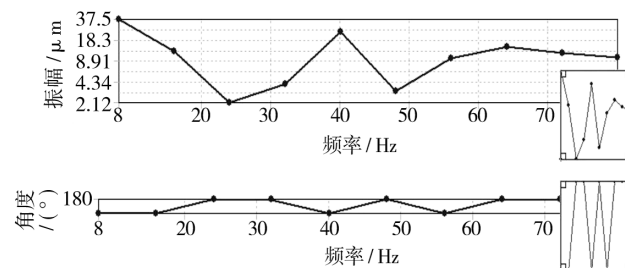


图 3 谐响应谱

Fig. 3 Harmonic response spectrum

通过谐响应分析可以看到, 该汽车座椅工位器具

应避免在使得幅值响应过大的工作频率下工作。

4 线性屈曲分析

许多结构需要估计结构的稳定性,比如细长柱、压缩部件等都需要考虑稳定性。在不稳定(屈曲)开始时,结构在本质上没有变化的载荷作用下(超过一个很小的动荡)在 X 方向上的位移 $\{\Delta x\}$ 会有一个很大的改变。

由于该工位器具还设计有专门的摆放结构,也就是说,如果车间有需要,可以将该工位器具通过叉车等工具上下摆放在一起,这样直接受力点为 4 个支柱,为了确保该支柱的强度满足应用要求,在此,又对该工位器具用 ANSYS workbench 进行了线性屈曲分析。

在 ANSYS workbench 中线性屈曲分析也是在 mechanical 模块中执行的,在分析该工位器具时,由于已知整个工位器具的总质量为 500 kg,所以只需将其加载到 4 个支撑面上即可,分析结果见图 4。

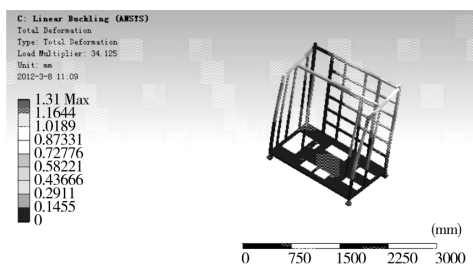


图 4 工位器具的线性屈曲

Fig. 4 Linear buckling of the working position apparatus

模拟结果表明该工位器具的最大变形为 1.31 mm。载荷系数为 34.125,即该工位器具弯曲时的临界压力为:

$$F = 5\,000 \times 34.125 \approx 170\,000 (\text{N}) \quad (6)$$

5 结语

结合工位器具在实际运输过程中的冲击、振动等情况,对该工位器具进行了动力学性能的校核,评价了现有工位器具结构系统的动态特性,为工位器具的振动特性分析、振动故障诊断和预报以及结构动力特

性的优化设计提供了依据,同时也为新工位器具产品的设计提供了结构动态特性的预估和优化设计方案。

参考文献:

- [1] 郑泽锋,叶振合,李鑫. 由汽车造型设计看我国工业设计的现状得及发展[J]. 包装工程,2008,29(6):167-168.
ZHENG Ze-feng, YE Zhen-he, LI Xin. Analysis of the Current Status and Development of Industrial Design of Our Country from Car Modeling Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 167-168.
- [2] 曾山,许伟民. 路面随机激励下汽车运输包装的动态特性仿真[J]. 包装工程,2004,25(4):166-167.
ZENG Shan, XU Wei-min. The Simulation in the Dynamic Reaction of Transport Package for the Road Random Vibration[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 166-167.
- [3] 黄秀玲,楼恩,李明. 汽车司机座椅骨架的运输包装优化[J]. 包装工程,2009,30(11):23-25.
HUANG Xiu-ling, LOU En, LI Ming. Transport Package Optimization of Driver Seat Frame [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(11): 23-25.
- [4] 袁清珂,杜亚男,王同乐,等. 印刷机滚筒的模态分析[J]. 包装工程,2011,32(15):102-105.
YUAN Qing-ke, DU Ya-nan, WANG Le-tong, et al. Modal Analysis of Printing Cylinder[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(15): 102-105.
- [5] 张力. 模态分析与实验[M]. 北京:清华大学出版社,2011.
ZHANG Li. Modal Analysis and Experiment[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- [6] 浦广益. ANSYS Workbench12 基础教程与实例详解[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
PU Guang-yi. ANSYS Workbench12 Basic Course and Example Explanation[M]. Beijing: China Water Power Press, 2010.