

文章编号:1673-9469(2011)03-0091-03

## 基于 PRO/E 和 NASTRAN 的装载机工作装置模态分析

王桂梅,李凤玲,张平,彭月猛  
(河北工程大学 机电学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:**运用 PRO/E 对装载机工作装置进行建模,将模型导入 PATRAN 中,运用 NASTRAN 进行模态分析,得到装载机工作装置的各阶模态振型。将各阶模态频率与激励频率对比,如果计算频率在激励安全系数范围内,可以调整相应构件的刚度使激振频率避开固有频率,避免发生共振。此分析为装载机工作装置的设计开发奠定了基础,从而有效的减少了试验成本。

**关键词:** PRO/E; NASTRAN; 工作装置; 模态分析

**中图分类号:** TH243; TH113.1

**文献标识码:** A

### Modal analysis of loader's work device with the combination of PRO/E and NASTRAN

WANG Gui-mei, LI Feng-ling, ZHANG Ping, PENG Yue-meng

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

**Abstract:** The model of the loader work device was made with PROE and imported into the PATRAN. Then the model was analyzed with the NASTRAN and the vibration mode of the different frequencies was obtained. The frequencies were compared to the excitation frequency; the stiffness of the institution should be adjusted against the natural frequency to avoid the resonance, if those frequencies were in the range of the force safety factor. The research laid the foundation of loader work device design, which cut down the cost of production effectively.

**Key words:** PRO/E; NASTRAN; work device; model analysis

装载机经常会在条件恶劣的环境下工作,振动难以避免,尤其是装载机的重要部件,严重时会导致零部件的破坏,影响了装载机的正常工作。在以往的设计中大部分还是按照静强度和静刚度来计算校核的,即使考虑了动态载荷也存在的问题,结构建模存在很多假设因素,无法对装载机在工作过程中受到的动态载荷进行准确验证,严重影响了装载机的工作稳定性和工作人员的操纵舒适性,大大降低了工作效率。

模态分析是结构动态设计及设备故障诊断的重要方法,对结构进行动态响应分析及疲劳分析等优化分析都是以模态分析为基础的。本文首先利用 PRO/E 建立装载机工作装置三维虚拟模型,通过 PRO/E 和 PATRAN 的接口导入有限元软件 PATRAN 中,建立了比较符合实际结构的有限元模型,

并对其进行模态分析,为产品试制和新产品的改进提供基础和理论依据。

### 1 模态分析理论

模态分析是动力学分析的基本内容,阻尼对结构的固有频率和振型的影响都不大,因此采用无阻尼的自由振动来求解振动频率和振型,进行模态分析。公式如下:

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

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

$$\{\ddot{u}\} = -\omega^2 \{\phi\} \sin \omega t \quad (3)$$

式中  $[M]$ —总质量矩阵;  $[K]$ —总体刚度矩阵;  $\{u\}$ —位移;  $\omega$ —反应振动频率;  $\{\phi\}$ —振型。

由式(1-3)得

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

对于每一个特征值  $\omega_i$  都有一个特征向量  $\{\phi_i\}$  满足上式, 每一个特征值和特征向量决定结构的一种自由振动形式, 设  $f_i$  为第  $i$  个固有频率, 则:

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \quad (5)$$

若结构是自由或强迫振动, 其在任意时刻的振动情况是所有模态的线性组合, 即  $\{u\} = \sum_i \{\phi_i\} \zeta_i$ 。当  $[M]$  和  $[K]$  是对称阵时称为模态的正交性, 振型  $\{\phi_i\}$  的一个特点是特征向量的振幅是任意的, 振型的形状是唯一的, 是相对量, 在同一阶模态内可以比较, 不同模态间不可以比较。

## 2 模型的建立

采用 PRO/E 对装载机建立包括铲斗、动臂、连杆、摇臂、转斗缸、举升缸和工作装置支架在内的的工作装置虚拟样机模型, 如图 1 所示。

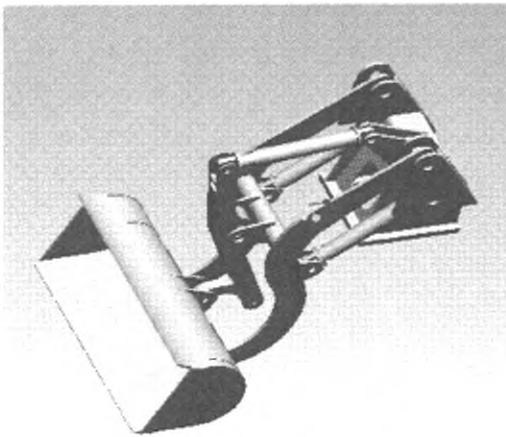


图1 装载机工作装置

Fig.1 Work device of the loader

## 3 模态分析

### 3.1 模型参数

进行模态分析所需材料密度, 弹性模量, 泊松比等相关参数具体值, 见表 1。

表 1 16Mn 材料属性

Tab.1 16Mn Material properties

密度	屈服极限	弹性模量	泊松比
7.85E-9t/mm <sup>3</sup>	350Mpa	2.06E5Mpa	0.3

### 3.2 分析流程

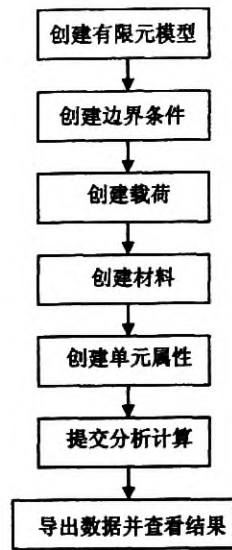


图2 模态分析流程图

Fig.2 Model analysis flowchart

### 3.3 模态分析

一般来说, 结构的振动可以表示为各阶固有阵型的线性叠加, 其中较低阶的振型对结构振动的影响程度要高于高阶振型, 因此低阶振型决定了结构的振动特性。根据所建立的装载机工作装置动力学模型, 利用 NASTRAN 对装载机进行模态分析, 提取模态(图 3)。

由图 3 可以看出, 第 1 阶模态是连杆的扭转弯曲振动, 振动频率完全不在其工作范围之内, 发生共振的可能性很小; 第 2 阶、4 阶和 7 阶模态主要是动臂的扭转振型, 由于动臂的振动范围变化比较大, 极易发生共振, 造成构件的提前破坏, 设计者可在设计阶段通过改变材料, 加厚动臂, 添加加强板等措施提高它的刚度; 第 3 阶和第 8 阶模态主要是铲斗的扭曲变形, 铲斗是装载机的直接执行装置, 动态特性影响着整个装载机的动态特性, 设计者可以通过改变铲边坡度, 加厚加强板等措施改善此情况。

## 4 结语

1) 通过观察装载机工作装置各阶振型和变形形态动画, 可以清晰地看出装载机在各阶模态下的变形情况, 找出薄弱环节和在结构设计中有待改进的地方, 为装载机初级阶段设计提出了有利依据。

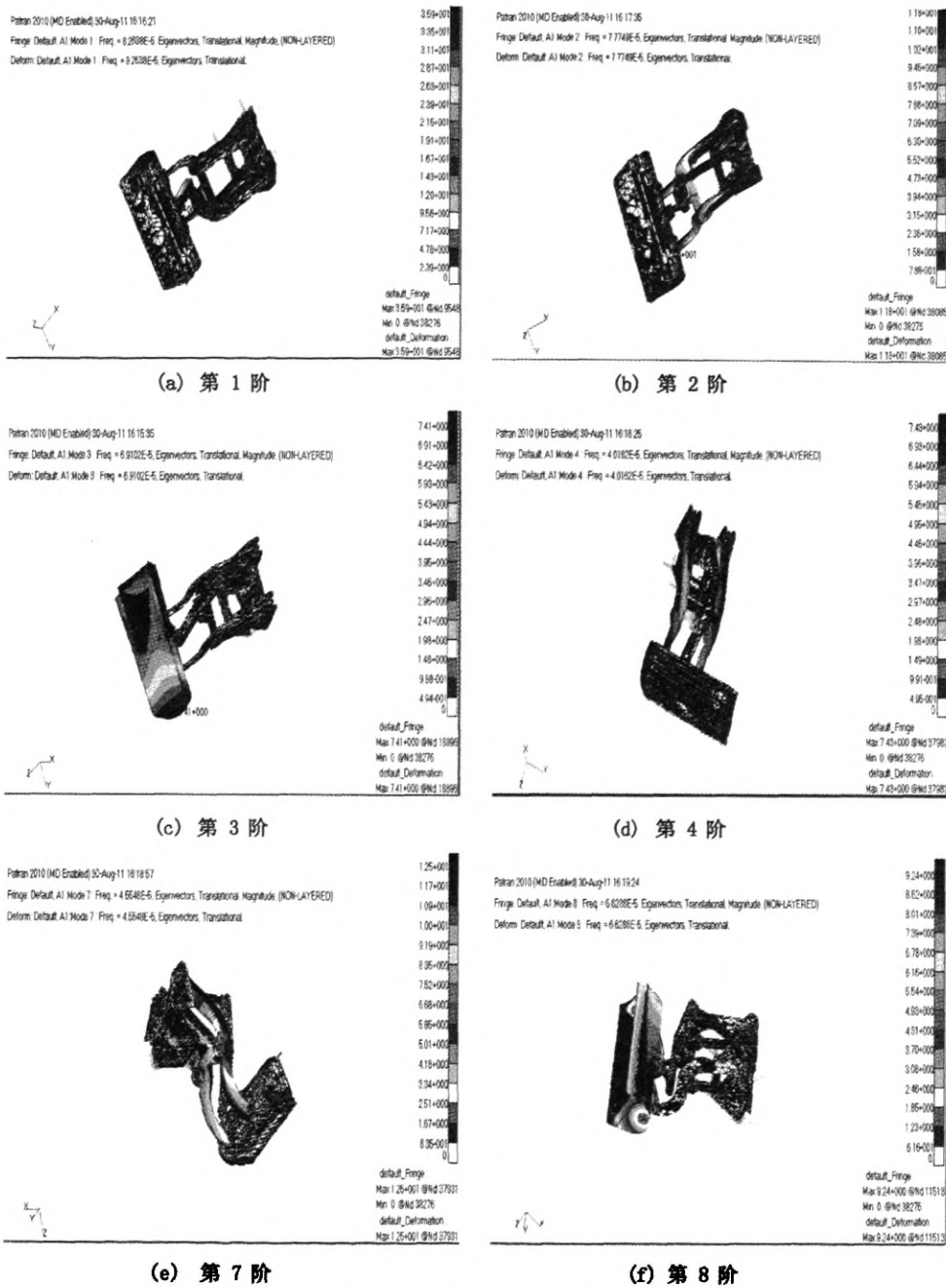


图3 装载机工作装置模态振型

Fig.3 Model shape of the loader device

2)模态分析是许多动力响应分析的基础,固有频率和振型可直接用于模态频率响应分析和瞬态响应分析中,可以了解结构之间的关系及整个系统的动特性,从而为结构动态设计和结构改进提供科学依据。

参考文献:

[1] 傅志方, 华宏星. 模态分析理论与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2000.  
 [2] 王国彪, 杨力夫. 装载机工作装置优化设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.

[3] 孙长任, 杜家政, 卢绪智, 等. MSC. Nastran 应用实例教程[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
 [4] 海伦, 拉门兹, 萨斯. 模态分析理论与实验[M]. 白化同, 郭继忠, 译. 北京: 北京理工大学出版社, 2001.  
 [5] WANG G M, YANG L J, DUAN N, et al. Developing an explosion - proof cable - roller product using virtual prototype technology [J]. World Journal of Engineering, 2005, 2(3): 50 - 55.  
 [6] SU M X, WANG G M, YANG L J. Three - dimension parameter design of vibration device of successive casting machine based on Autodesk inventor [J]. World Journal of Engineering, 2009, 6(3): 94 - 101. (责任编辑 马立)