

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.01.024

# 立式盘类转子动平衡机箱体有限元分析

封高歌, 吴建民, 闫栋

(上海工程技术大学机械工程学院, 上海 201620)

**摘要:**为了解决盘类转子的动平衡问题,研究设计一种立式的自动平衡机,建立三维机构模型。通过有限元分析的方法,对其底面的箱体的框架和立柱进行载荷的力学性能分析,得到箱体的应力变化规律。结果验证了平衡机箱体在设计上的合理性及可行性,表明箱体整体满足设计的要求,可为同类型动平衡机整体及部件的设计优化提供了理论依据与参考,可有效降低产品开发的成本和缩短研发的周期。

**关键词:**立式动平衡机;虚拟样机;有限元分析;箱体

中图分类号:TH877 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2015)01-0095-03

## Finite Element Analysis of Dynamic Balancing Machine Box for Vertical Discoid Rotors

FENG Gaoge, WU Jianmin, YAN Dong

(School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** A novel vertical automatic balancing machine was designed in order to solve the problem of unbalance correction for discoid rotors. Its three-dimensional model was set up, so that the stress variation of the box was obtained through finite element analysis for the frame and column of dynamic balancing machine. The results verifies the rationality and feasibility of balancing machine design, can provide a theoretical basis and reference for the overall and component design of same type balancing machines, and help reduce product development costs and shorten the development cycle.

**Key words:** vertical dynamic balancing; virtual prototype; finite element analysis; box body

旋转设备约一半以上的故障都与不平衡有关<sup>[1]</sup>。传统的平衡机采用手工去重方式,不仅生产效率低,不适应大批量生产的要求且校正质量差,对转子的破坏大<sup>[2-4]</sup>。近几年国内有少数企业斥资引进国外全自动平衡机,开辟了国内的卧式转子的自动动平衡机的先进模式。但是在立式盘类转子的全自动自动动平衡机技术的开发运用上基本为国外某公司所垄断,国内绝大多数厂仍采用手工加重或去重校正,所以有必要对其进行深层次的研究与开发。

### 1 立式自动动平衡机

立式自动动平衡机是对盘类转子进行动平衡检测及完成铣削去重的设备。在三维建模软件 SolidWorks 上对立式盘类转子自动动平衡机进行三维样机的虚拟

建立<sup>[5]</sup>,虚拟样机如图1所示。

动平衡机的检测及校正精度与动平衡机的箱体息息相关,其力学特性及自身的位移变形量直接影响到动平衡机的工作性能<sup>[6]</sup>。

### 2 箱体的有限元分析及结果验证

箱体是动平衡系统的基础部件,箱体台面上装有校正系统进给台及铣削设备,对整个动平衡校正系统起承载作用。动平衡测试系统的主轴套筒、主轴电机安置于箱体的基体上,去重系统的铣刀、上下和水平进给动力源安置于台面上,台面是由箱体上的4个支柱支撑。图2所示为箱体装配体模型。

#### 2.1 箱体的有限元分析

箱体是支撑摆架的装置,其性能也直接影响动平

收稿日期:2014-06-25;修回日期:2014-08-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51205220);上海工程技术大学研究生科研创新专项项目(A-0903-13-01012)

作者简介:封高歌(1989),男,安徽蚌埠人,硕士研究生,主要研究方向为机电产品优化设计。E-mail:fenggaoge@163.com

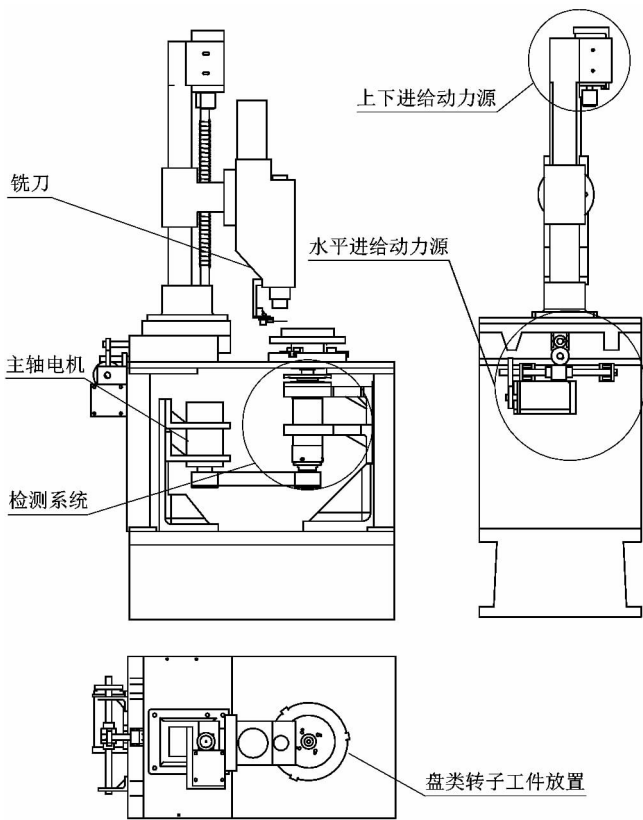


图 1 平衡机的虚拟样机三视图  
Figure 1 3-D drawing of balancing machine virtual prototype

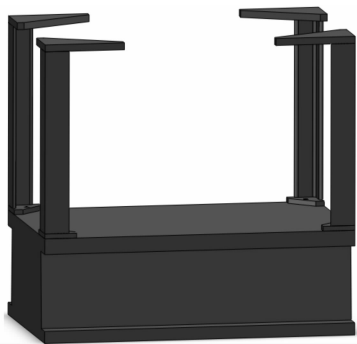


图 2 箱体装配体模型图  
Figure 2 Model of box body assembly

衡试验的准确性及稳定性。平衡机箱体基座及立柱以灰铸铁为基体,弹性模量为  $6.63 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ,抗剪强度  $5.0 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ,泊松比 0.27,密度  $7.2 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,张力强度  $1.5 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ,抗压强度  $5.72 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ ,体积热膨胀系数  $1.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{K}^{-1}$ ,热导率  $45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,比热  $510 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。整个台面的质量是 232.2 kg,总重力  $G = 232.2 \times 9.8 = 2275.6 \text{ N}$ ,台面是由 4 个支撑板支撑的,所以每个

支撑板的承载力是总重力的 1/4,为 568.9 N。在装配体中所有接触相面选择无穿透的接触条件,加载外部条件及划分网格,如图 3 所示。

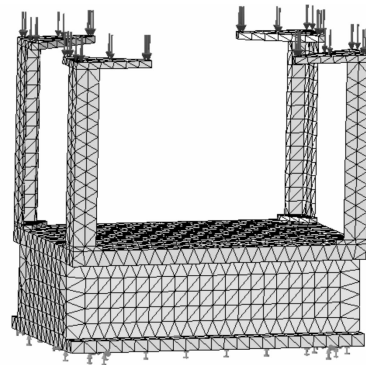


图 3 箱体装配体的有限元模型  
Figure 3 Finite element model of box body assembly

在箱体和立柱之间定义 4 个螺栓接头,螺母和螺栓孔的圆形边线选择分别是 13.0 mm 和 10.2 mm,定义螺栓材料为合金钢,初始力矩预载为  $10 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,摩擦因数是 0.2,激活紧密配合方式。有限元求解运行后,得到仿真实验结果如图 4、图 5 所示。

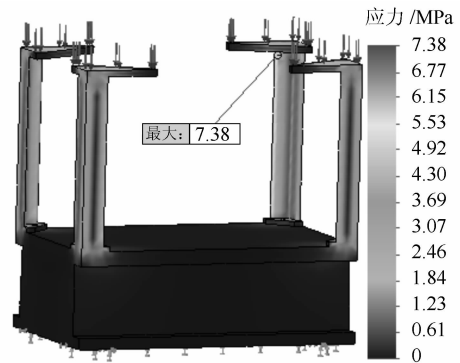


图 4 箱体应力图解  
Figure 4 Box stress diagram

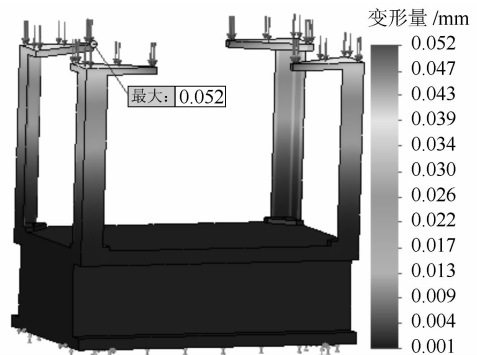


图 5 箱体变形量图解  
Figure 5 Box displacement diagram

由图4、图5箱体装配体的有限元分析结果可知,箱体的基座在应力、变形量相比箱体的立柱明显较小,主要应力、变形发生在立柱上侧的支撑板上,可适当增加支撑板厚度。

## 2.2 应力及变形量分析结果

表1 箱体应力图解统计结果

Table 1 Statistical results of box body stress

最大应力/MPa	最小应力/MPa	平均应力/MPa	应力总和/MPa
7.38	0.55	3.59	506.70

表2 箱体位移图解统计结果

Table 2 Statistical results of box body displacement

最大变形量/ mm	最小变形量/ mm	平均变形量/ mm	变形量总和/ mm
0.039	0.052	0.044	4.066

由表1可得知,其箱体的最大应力是值是7.38 MPa,远小于抗压极限强度572 MPa,满足载荷的校核强度。由表2可得立柱的最大位移变形量是0.052 mm,微小的变形程度不对摆架功能构成影响,有限元分析结果验证了平衡机的箱体在设计上的合理性及可行性<sup>[7-8]</sup>。

## 3 结语

使用SolidWorks完成了对平衡机箱体的应力及变

形量的仿真计算,通过对其进行有限元分析,得出箱体应力和变形量由立柱至基体逐渐衰减的变化规律。实验结果得到应力最大值的发生处的量值满足抗压强度,最大变形量很小对动平衡机的工作精度不构成影响,满足机构设计上的要求。通过本次实验,为立式盘类转子动平衡机的的设计提供可靠的理论支持,提高虚拟样机的可靠性与合理性。

## 参考文献:

- [1] 胡会杰.全自动轮胎动平衡试验机的研制[D].东营:中国石油大学,2011.
- [2] 杨勇,王时龙,田志峰,等.大型数控滚齿机立柱动力学仿真分析[J].中国机械工程,2013,24(11):1473-1478.
- [3] 刘佳.两工位自动钻削动平衡性能改进与提高[D].上海:上海交通大学,2009.
- [4] 石清鑫,袁奇,胡永康.250t高速动平衡机摆架的动刚度分析[J].机械工程学报,2011,47(1):76-79.
- [5] 封高歌,吴建民,焦艳艳,等.盘类转子可收缩式接盘自动动平衡机[J].轻工机械,2014,32(2):12-15.
- [6] 张青雷,沈海鸣,王少波,等.高速动平衡机摆架振动特性分析与改进[J].工程设计学报,2012,119(2):91-95.
- [7] 赵东辉,金长虹,乔伟杰.制动盘平衡机去重模块虚拟样机的设计与研究[J].机床与液压,2009,37(7):239-243.
- [8] 刘健,肖文生.可重构的多工位全自动动平衡机建模策略研究[J].机电工程,2012,29(1):28-32.

(上接第94页)

- [2] MISAKA T, OURA T, YAMAZAKI M. Improvement of reliability for moving electrode type electrostatic precipitator[J]. ICESP X,2006,5(32):1-4.
- [3] ANDO H, SHIROMARU N, MOCHIZUKI Y. Recent technology of moving electrode electrostatic precipitator [J]. International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, 2011(5):130-134.
- [4] 崔占忠,龙辉,龙正伟,等.低温高效烟气处理技术特点及其在中国的应用前景[J].动力工程学报,2012,32(2):152-157.
- [5] PENNEY G W. Adhesive behavior of dustin electrostatic precipitation [J]. Journal of the Air Pollution Control Association, 1975(2):113-117.
- [6] 赵海宝,秦宝荣,韩立光,等.陶粒砌块码垛机的设计及研究[J].包装工程,2012,33(23):88-92.
- [7] 陈勇武.基于ANSYS Workbench的喷涂机器人的模态分析[J].现代机械,2011(2):44-46.
- [8] FU Weiping, HUANG Yumei, ZHANG Xueliang, et al. Experimental investigation of dynamic normal characteristics of machined joint surfaces [J]. Journal of Vibration and Acoustics, 2000,122(4):393-398.
- [9] MILLS J K. Dynamic modeling of a flexible-link planar parallel platform using a sub-structuring approach [J]. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41(6):671-687.
- [10] 赵海宝,秦宝荣,韩立光,等.托盘自动供给装置的设计及研究[J].机械设计与制造工程,2013,42(2):10-13.