

文章编号:1672-0121(2010)02-0107-03

# 电机联轴控制的旋转机械定转子模态分析

马艳霞<sup>1</sup>, 邓春峰<sup>1</sup>, 张鹏<sup>2</sup>, 张志远<sup>1</sup>

(1.中国船舶重工集团公司第七二五研究所,河南 洛阳 471039;

2.哈尔滨工业大学(威海) 材料科学与工程学院,山东 威海 264209)

**摘要:**介绍了电机联轴控制的旋转机械结构。振动模态分析是电机优化设计的重要步骤,本文利用ANSYS有限元软件对定转子模态模型进行了详细的计算和分析,得到了其模态固有频率和振型。仿真结果对振动实验和定转子结构优化具有指导意义。

**关键词:**机械制造;振动模态;电机;旋转机械;有限元

**中图分类号:**TG315.7    **文献标识码:**B

## 1 引言

机械结构动态设计分为结构振动特性设计及结

收稿日期:2010-01-07

作者简介:马艳霞(1979-),女,助工,从事钛合金及铜合金的变形工  
艺研究

构振动响应设计,结构模态分析是结构振动特性设计的核心。多自由度系统振动时,同时有多阶模态存在,每阶振动模态可用一组模态参数来确定。通常,模态参数包括固有频率、固有振型、模态质量、模态刚度和模态阻尼比等,其中最重要的是频率、振型和阻尼比。模态参数对于改善结构动态特性有着重要

- 
- [6] 吴向红,赵国群,孙胜,等.挤压速度和摩擦状态对铝型材挤压过程的影响[J].塑性工程学报,2007,14(1):36-41.
  - [7] 闫洪,李志刚,董湘怀,等.工艺参数对铝型材挤压变形规律的影响[J].中国有色金属学报,2002,(12):1154-1161.
  - [8] 刘祖岩,许玮,王尔德.AZ31镁合金在不同温度场挤压中的数值模拟[J].机械工程材料,2006,30(10):77-79.
  - [9] 宛世剑,李峰,刘钢.不同摩擦挤压过程中金属流动行为的变形分区研究[J].金属学报,2007,43(2):199-204.
  - [10] 齐广霞,梅瑞斌,包立.In718合金反挤压成形数值模拟[J].特种成形,2005,(6):63-65.
  - [11] 娄燕.钛合金热挤压的有限元模拟.热加工工艺[J].2003,(1):39-41.
  - [12] 李苏洋,罗迎社,李颂文,等.TC11钛合金等温流变成形的数值模拟及其生产应用.热加工工艺[J],2001,(1):22-25.
  - [13] Dyi-Cheng chen,Sheng-Kai Syu.Investigation into cold extrusion of aluminum billets using three-dimensional finite element method. Journal of Materials Processing Technology [J].2007,(4):188-193.
  - [14] 董湘怀.材料成形计算机模拟[M].北京:机械工业出版社,2006-02.

## Numerical Simulation and Testing Study on Extrusion Process of FGH96 Alloy

LIU Chenyi<sup>1</sup>, WANG Shuyun<sup>1</sup>, DONG Yunpeng<sup>1</sup>, LI Huiqu<sup>1</sup>, LI Fuguo<sup>2</sup>, JIANG Tao<sup>1</sup>

(1. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnic University, Xi'an 710072, China)

**Abstract:** According to the rigid-plastic finite element theory on DEFORM-3D software platform, the simulation study of the FGH96 alloy extrusion process under different parameters (friction factor, transfer coefficient of the between die and billet) has been conducted. The loading, temperature, strain field and the line of metal flow have been obtained. It provides reference to optimization of the technological parameters in bar extrusion process, which get a good result in practical application.

**Keywords:** FGH96 alloy; Extrusion; Numerical simulation

的意义,对旋转机械进行模态分析是很有必要的<sup>[1-3]</sup>。

本文采用有限元分析法对电机联轴控制的旋转机械定转子进行了模态分析,较全面反映了整机的振动特性,并能根据仿真对可能形成的振动进行预测,为试验模态分析提供实际依据,从而实现设计方案的优化。

## 2 模型

电机联轴控制的旋转机械定转子的工作性能与其动态性能密切相关。根据实物,在 ANSYS 中建立了转子和定子的分析模型,如图 1 所示。

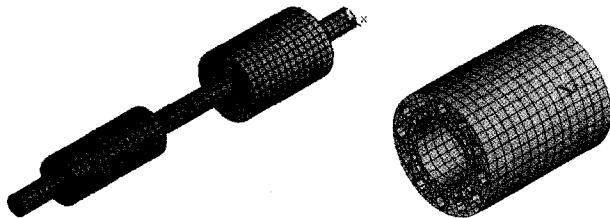


图 1 有限元模型

对于模型的模态计算,选择 Block Lanczos 法,并计算模型的 10 阶模态。Block Lanczos 法具有求解精度高,计算速度快等优点,适合大型对称特征值求解问题。

## 3 结果与分析

通过模态分析,能够得到模型的各阶固有频率及振型。模态分析得到的结果是模型对激励的频率响应函数,各阶固有频率表示频响函数出现峰值的频率。

### 3.1 转子模态分析

图 2 给出转子模型在第 2、6、8 及 10 阶模态的振型。转子的模态分析如表 1 所示。通过对前 10 阶固有频率振型研究可得,低阶模态时,转子为弯曲模态;高阶模态时,转子为扭转与弯曲模态。

图 3 中给出了转子模型中关键点的模态分析。可以看出,关键部位的模态与前述分析一致,低阶高阶模态区别明显,且存在明显稳态阶段。

### 3.2 定子模态分析

图 4 给出定子模型在第 2、6、8 及 10 阶模态的振型。通过模态仿真得到定子的前 10 阶固有频率如表 2 所示。对前 10 阶固有频率振型研究可得,定子振动存在三个典型频率区域:低阶模态时定子为斜

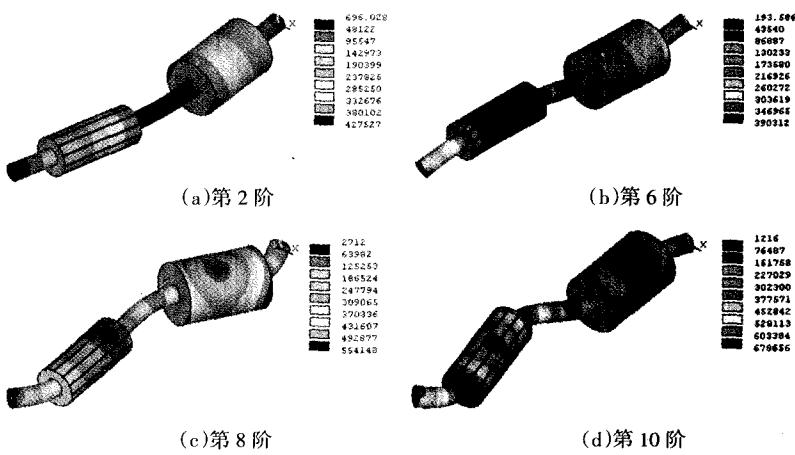


图 2 转子模态分析振型

表 1 转子模态分析结果

阶数	频率/Hz	主要振型
1	274192	整体摆振
2	427527	弯曲
3	427692	弯曲
4	494900	弯曲
5	390385	扭转与弯曲
6	390312	扭转与弯曲
7	702193	弯曲
8	554148	扭转与弯曲
9	554006	扭转与弯曲
10	678656	扭转与弯曲

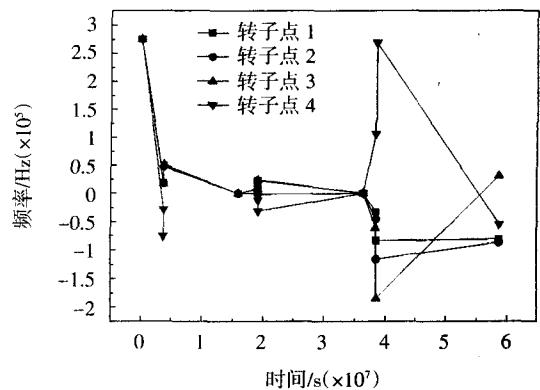


图 3 转子模型关键点模态

向摆振模态;较高阶模态时定子为扭转模态;高阶模态时定子为复合振动模态。

图 5 给出了定子模型关键点模态分析。可以看

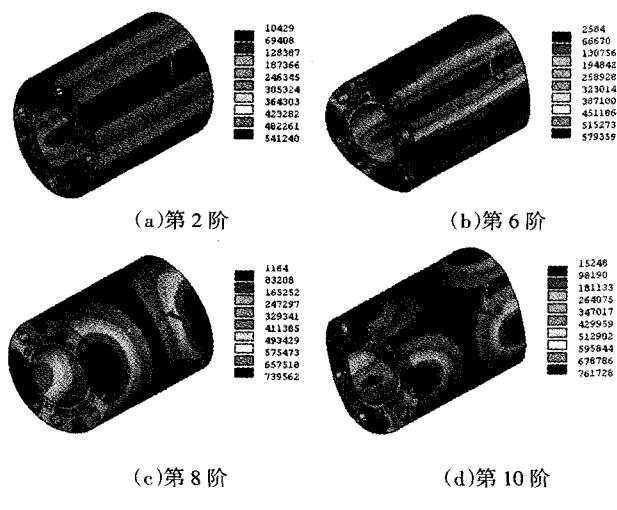


图4 定子模态分析振型

表2 定子模态分析结果

阶数	频率/Hz	主要振型
1	370766	整体摆振
2	541240	斜向摆振
3	542849	斜向摆振
4	538225	横向摆动
5	596497	扭转
6	579359	扭转
7	738994	斜向摆振
8	739562	斜向摆振
9	741612	扭转与斜向摆振
10	761728	扭转与斜向摆动

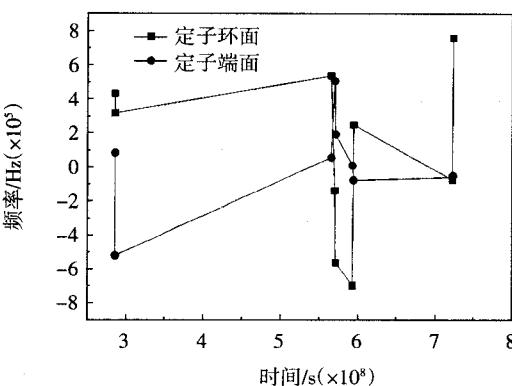


图5 定子模型关键点模态

出,关键部位的模态明显出现三个典型频率区域,与前述分析一致。

#### 4 结论

采用有限元模态分析法可以定性、定量且直观地得到电机联轴控制的旋转机械定转子结构的振型和频率,仿真结果对振动实验和定子结构优化具有指导意义。

#### 【参考文献】

- [1] 季忠,高训涛,孙胜,等.闭式数控回转头压力机机身模态分析.锻压机械,2000,35(5):46-48.
- [2] 于向军,李文亮,张强,等.锻锤弹性基础动态特性的仿真.锻压装备与制造技术,2007,42(6):84-86.
- [3] 宋勇.精通 ANSYS7.0 有限元分析[M].北京:清华大学出版社,2003:20-43.

## Mode of Stator and Rotor of Rotating Machine based on Coupling Control of Electric Motor

MA Yanxia<sup>1</sup>, DENG Chunfeng<sup>1</sup>, ZHANG Peng<sup>2</sup>, ZHANG Zhiyuan<sup>1</sup>

(1.Luoyan Ship Material Research Institute, Luoyang 471039, Henan China;

2.School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai 264209, Shandong China)

**Abstract:** The rotating machine based on coupling control of electric motor has been analyzed. The analysis of vibration mode is an important process during the optimizing design of vertical motor. The calculation and analysis of motor vibration mode have been presented by use of ANSYS software. And the oscillating frequencies and modes of stator and rotor have been obtained. Simulation results show that it is helpful to the vibration test and optimization of the stator and rotor.

**Keywords:** Rotating machine; Vibrate; Mode; FEM