

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.10.006

基于VB和ANSYS的行星轮模态分析的 参数化设计

欧阳杰,王在富,朱庆鹏,胡林强
(南京理工大学 机械工程学院,江苏 南京 210094)

摘要: 针对在工程应用中,行星轮系建模分析复杂多变的情况,借助ANSYS中二次开发APDL语言,并结合Visual Basic对行星轮系进行了参数化设计,对行星轮进行了动力学模态仿真。主要是通过ANSYS界面下的READ INPUT LOG FROM命令输入命令流文件、建模、划分网格、执行求解,以及ANIMATE、PLOT命令显示求解结果,获得了轮系工作时的固有频率及对应的模态振型。最后,利用VB建立了一个ANSYS用户人机界面,输入相关参数即能获得行星轮系的模型以及振型。研究表明,该设计基本实现了基于ANSYS行星轮模态分析的参数化设计。

关键词: ANSYS; VB; 参数化; 模态分析; 用户界面

中图法分类号: TH132.425

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2013)10-1196-03

Model analysis' parametric design of planetary gear based on VB and ANSYS

OUYANG jie, WANG Zai-fu, ZHU Qing-peng, HU Lin-qiang

(School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Aiming that the modeling of planetary gear is complicated in mechanical applications, using the secondary development tools—the APDL language in ANSYS, combined with Visual Basic, parameterized analysis of the planetary gear was presented. Via the READ INPUT LOG FROM command in ANSYS input command stream files, modeling, meshing, executive solving, then displays solution results by ANIMATE, PLOT command, the dynamic model simulation was achieved, and the natural frequency and the vibration mode was obtained. Finally, the ANSYS's user interface was designed by VB. The results indicate that the research accomplishes the parametric design about model analysis of planetary gear based on ANSYS.

Key words: ANSYS; VB; parameterization; model analysis; user interface

0 引 言

以ANSYS为代表的有限元法是一种采用计算机求解机械工程问题的近似数值解法,是进行模态分析的一种常用方法^[1]。在工程应用中,行星轮传动结构紧凑、体积小、传动效率高、功率大,是一种广泛应用的齿轮传动形式,由太阳轮、内齿圈、行星架和几个行星轮组成,由于其结构复杂,在ANSYS中利用自身界面操作建立有限元模型存

在很大的困难^[2]。

虽然ANSYS有自带的参数化设计语言即命令流语言APDL,但其非中文界面以及建模功能的局限性都给设计者特别是初学者带来了很大的不便。本研究基于行星轮模型,使用APDL并结合VB高级汇编语言编写模型分析程序,设计参数化分析人机界面,实现参数的传递和结果的显示,完成复杂多变的模型建立并在ANSYS完成固有频率及对应模态振型的分析^[3]。

收稿日期: 2013-05-07

作者简介: 欧阳杰(1991-),男,安徽芜湖人,主要从事机械制造及其自动化方面的研究。E-mail:489611437@qq.com

1 开发原理与设计流程

运行 ANSYS 软件过程中会对所进行的操作产生相应的记录日志“*log”文件^[4]。VB 有强大的菜单系统以及构建功能复杂的程序运算控制性能,本研究通过 shell 语句^[5]建立与 ANSYS 中 APDL 的接口程序以实现数据的转移,最后按照程序控制,输出所需参数或执行逻辑控制。通过以下语句:

```
Dim K,M,A,INVA...As Double
```

本研究对基本参数进行数值类型定义,通过“Print”语句对“txt”命令流文件进行文本编辑操作,建立 VB 调用 APDL 程序间的联系并且输出行星轮系的基本参数及衍生参数。通过以下语句:

```
Text1.Text = '...'
```

以显示参数化输入栏。

并通过以下语句:

```
K = Val(Text1.Text)'
```

以调用输入参数项目,通过 VB 逻辑运算以及数值运算功能计算衍生参数,最后利用 Open“路径\文件名.txt”For Output As #1 语句以及“Print”语句对“txt”命令流文件进行参数输出以及文本编辑操作。

利用 ANSYS 建立行星轮模板模型,并对其模态振动进行分析,依据生成的 APDL 命令流文档可得到模型分析的变量参数。对于参数化设计只需改变相应的变量并再输出到 ANSYS 中即可。因此可以利用 VB 汇编语言编写参数化界面,输入行星轮的各个参数,即能实现参数传递。然后通过 ANSYS 界面下的“READ INPUT LOG FROM”命令输入命令流文件、建模、划分网格、执行求解等,最后读取各阶模态拓展分析结果,通过 ANIMATE、PLOT 等命令显示求解结果。其设计分析的流程如图 1 所示。

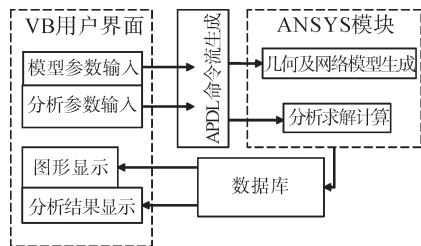


图1 系统流程图

2 基于 APDL 行星齿轮建模分析

2.1 渐开线齿廓曲线分析

齿轮的渐开线过渡曲线方程比较复杂,而对于行星轮系的动力学分析,研究者可以采用圆弧曲线来替代过渡曲线进行分析求解,这也是很多对齿轮进行静

力学或动力学分析时^[6],经常采用的近似分析方法。

本研究在齿根圆线上定义一点与基圆、渐开线相交于同一极点,并与渐开线相连接,作为延长线,再对齿根圆轮廓线与渐开线曲线进行圆角处理,使之较为准确地得出过渡线曲线,近似渐开线运算函数式为:

$$INVA = \tan(\text{Mate1} \times 3.141\,592\,6/180) - \text{Mate1} \times$$

$$3.141\,592\,6/180$$

$$INVAI = \tan(\text{MT1} \times 3.141\,592\,6/180) - \text{MT1} \times$$

$$3.141\,592\,6/180$$

式中:INVA—分度圆压力角的渐开线函数,INVAI—基圆压力角的渐开线函数,Mate1—分度圆压力角,MT1—为基圆渐开线点压力角。

再依据如下关系式:

$$RI(1,1) = RB(1)/\cos(\text{MT1} \times 3.141\,592\,6/180)$$

$$\text{dr}(1,1) = 3.141\,592\,6/Z(1) \times 0.5 - (INVAI - INVA)$$

$$X1 = RI(1,1) \times \sin(\text{dr}(1,1))$$

$$Y1 = RI(1,1) \times \cos(\text{dr}(1,1))$$

式中:(X1,Y1)—所求的渐开线与基圆交点的笛卡尔坐标值,可得出齿廓线上其他点的坐标位置。

最后,通过 Print 语句对命令流文件进行齿廓线坐标数据的输出。

2.2 边界约束加载及耦合问题

模态分析是求解系统在初始约束状态下的固有频率和振型,故需要对模型的初始约束状态进行设置。在柱坐标系下,约束太阳轮中心孔内结点的 UX、UZ 方向自由度。在局部柱坐标系中,约束行星轮中心孔处所有结点的 UX、UZ 方向的自由度。对于内齿圈,则是完全约束其外圈结点的所有自由度,边界约束如图 2 所示。

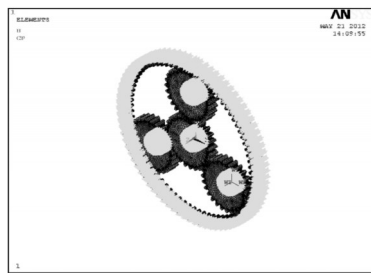


图2 轮系的自由度约束

依据渐开线直齿轮啮合原理^[7-9],齿轮啮合方向是在两齿轮基圆的内公切线的方向上,且啮合点在其表面,通过这两个条件可确定瞬时啮合的节点。本研究运用 CP 命令对所获取的两个相接触面上的点进行耦合约束,使得节点位移在啮合方向上一致。

3 基于 VB 的行星轮系有限元分析二次开发

笔者通过研究一款行星轮系产品的开发,依据上

述的设计思想和实现方法,结合VB设计行星轮系模态分析的交互软件。在软件界面中输入行星齿轮组分析的基础参数:行星轮个数、齿数、模数、齿顶高系数、齿顶系数和压力角等参数。VB后台便会进行相应地计算,以确定齿轮齿廓、过渡线方程以及衍生参数数据等,并输出命令流文件,调入至ANSYS软件中,完成行星轮系的模态分析,并在VB界面中图形化显示模态分析结果。操作界面如图3所示。

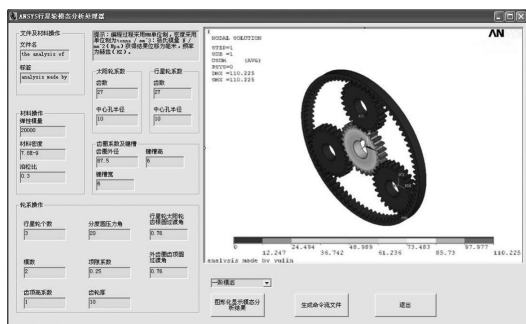


图3 VB模态分析软件操作界面
行星轮系另外4阶振型如图4所示。



图4 振型分布图

在模态位移等值线图中,颜色越深的区域发生振动时位移越大,从图中可以看出行星轮组件存在几点位移量较大。从应力、应变角度分析,故需考虑输入动力的频率避免其发生共振。打开后处理器观察结果,得到前5阶低阶固有频率如表1所示。

表1 前五阶低阶固有频率

阶数	f/Hz
1阶	0.154 10E-02
2阶	3 860.5
3阶	4 818.2
4阶	6 950.9
5阶	18 521

从前5阶固有频率分布表中可以看出前5阶固有频率中有3阶大约在4 000 Hz~7 000 Hz之间,从

这里基本上可以看出固有频率的大致分布状态。查看ANSYS的结果动画,第1~4阶固有频率对应振型是太阳轮的扭转振动;第2~4阶固有频率对应振型是3个行星轮的扭转振动;第5阶是太阳轮的弯折振型。

4 结束语

目前国内对相关模型参数化的设计也是层出不穷,如吴海平等^[10]对气动钉枪的参数化设计,温鑫鑫等^[11]利用VB及APDL对水泵房专用模态分析系统的研究。而对行星轮的参数化设计目前也只有盛东平等基于APDL的参数化设计。本研究结合VB软件,对行星轮系的有限元分析进行辅助,简化了ANSYS中模型建立与模态分析过程,极大地提高了工作效率。此外,本研究通过有限元模态分析,得到了振型分布状态以及固有频率,因此在实际轮系设计过程中,避免了相关区域产生共振,具有较强的现实应用意义。

参考文献(References):

- [1] 李朔东,马 纲. 基于ANSYS的模态分析二次开发及应用[J]. 航天制造技术,2004(5):8-9.
- [2] 盛冬平. 基于ANSYS的行星齿轮系统参数化建模与模态分析研究[D]. 南京:南京航空航天大学机电学院,2008.
- [3] 童昕宏,夏永明,叶云岳,等. 基于VB的ANSYS参数化设计及其在电机磁场分析中的应用[J]. 微电机,2006,39(8):31-32.
- [4] 彭公孚,席长友. 基于VB控件开发的ANSYS程序调用方法[J]. 武汉理工大学学报,2004(28):148-150.
- [5] 于震梁,李英华,巩再艳,等. 基于VB的ANSYS参数化设计及其在矿井提升机主结构分析中的应用[J]. 煤矿机械,2011,32(7):225-226.
- [6] 盛冬平,朱如鹏. 基于ANSYS的APDL对行星轮系进行模态分析[C]//中国航空学会第十三届机械动力传输学术会议论文集. 南京:[出版者不详],2010:372-377.
- [7] 杨建民,张 策. 行星齿轮传动动力学特性研究进展[J]. 航空动力学报,2003,18(2):299-304.
- [8] 陶仁浩,王卫东. 二型行星齿轮泵的设计及分析[J]. 流体机械,2011(1):39-41.
- [9] 王建军,李润方. 齿轮系统动力学的理论体系[J]. 中国机械工程,1998,9(12):55-58.
- [10] 吴海平,姜献峰,游 嘉. 基于VB和ANSYS软件的气动钉枪CAE辅助分析系统[J]. 轻工机械,2007,29(5):35-37.
- [11] 温鑫鑫,王开和,卢学军,等. 基于VB和APDL的水泵房专用模态分析系统的研究[J]. 轻工机械,2006,24(3):146-147.

[编辑:张 翔]