

基于 ADAMS 的齿轮动力学特性分析

周焱强, 杨洁明, 田英

(太原理工大学 机械电子工程研究所, 太原 030024)

摘要: 在利用 Pro/E 2.0 对直齿圆柱齿轮进行渐开线参数化建模的基础上, 使用机械系统动力学自动分析软件 ADAMS 对齿轮进行动力学仿真, 并研究了其转速特性曲线。

关键词: Pro/E; 参数化建模; ADAMS; 动力学仿真

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2008)06-0099-02

Dynamic Analysis of Gear Based on ADAMS

ZHOU Yan-qiang, YANG Jie-ming, TIAN Ying

(Institute of Mechanical and Electrical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Parameterized solid models of involute cylindrical spur gear based on Pro/E 2.0, dynamic simulation of gear by using the software of automatic dynamic analysis of mechanical system ADAMS. The characteristic curves of rotational speed are researched.

Key words: Pro/ENGINEER; parametric modeling; ADAMS; dynamic simulation

表 1 齿轮模型的基本参数

齿轮	模数/mm	齿数/个	压力角/(°)	齿宽/mm
主动轮	3	31	20	50
从动轮	3	69	20	50

齿轮传动^[1]是机械传动中应用最广泛的传动机构。其中, 齿轮在承受载荷和传递动力的过程中常会遇到断裂、变形、振动、噪声等情况, 因此, 有必要对齿轮系统的动力学特性进行分析。ADAMS 是虚拟样机分析软件, 它具有强大的动力学仿真和后处理功能, 但其几何建模却有很多不足之处, 这就很有必要利用 CAD(Pro/E 等)软件建模来解决这个问题。

本文利用 Pro/E 对圆柱齿轮进行参数化建模^[2], 将其装配模型导入到 ADAMS 中建立虚拟样机模型, 继而对该模型进行动力学仿真, 得到其转速特性曲线, 并对其进行分析, 为动态特性优化提供理论指导。

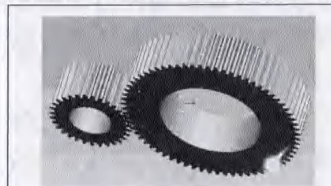


图 1 齿轮的三维实体模型

1 齿轮的参数化建模

以某减速器中的一对直齿轮为研究对象, 所建立的的齿轮三维实体模型如图 1 所示, 其主要参数如表 1 所示。

2 Pro/E 和 ADAMS 之间的数据转换

有两种方法可以实现 Pro/E 和 ADAMS 之间的数据转换^[1,4]:

(1) Pro/E 中装配好三维实体模型后, 将模型定义为 IGES、Render 等文件格式, 在 ADAMS 中通过 ADAMS/Exchange 模块输入 CAD 几何模型。

(2) 利用 Pro/E 与 ADAMS 的专用接口软件 Mechanism/Pro 进行转换。二者采用无缝连接的方式, 使 Pro/E 用户不必退出其应用环境, 就可以将装配的总成根据其运动关系定义为机构系统, 进行系统的动力学仿真。本文采用第二种方法进行数据转换。

3 齿轮机构虚拟样机模型的建立

3.1 Pro/E 模型导入到 ADAMS 中

5 结 语

作为安全保护装置, 力矩限制器必须具有很高的可靠性。本文在汽车起重机研制力矩限制器的实践基础上, 通过合理的力矩限制器软硬件设计, 使得力矩限制器的抗干扰能力得到较大的提升, 很大程度上改善了力矩限制器工作的可靠性。基于 ATmega128 的力矩限制器现在某起重机生产企业试用, 效果良好。本文提出的软硬件设计方案对类似系统设计也有一定的参考价值。

[参考文献]

[1] GB 6067-85. 起重机械安全规程[S].

[2] 霍宏伟, 等. ATmega 单片机原理与高级应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.

[3] Labrosse J J. 嵌入式实时操作系统 uC/OS-II(第二版)[M]. 邵贝贝, 译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.

[4] 田泽. 嵌入式系统开发与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学[M]. 2005.

[5] 何立民. 单片机应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.

(编辑 昊天)

作者简介: 乔爱民(1970-), 男, 工学硕士, 工程师, 讲师, 主要从事微机控制及其自动化方面的研究。

收稿日期: 2008-03-13

(1) 安装 Mechanism/Pro 2005, 安装完全后将 config.pro 复制到装配体文件夹中。

(2) 打开已完成的装配体总成, 在 Pro/E 中出现 Mechanism/Pro 的“菜单管理器”。

(3) 在所示的菜单中依次选择 Set Up Mechanism→Rigid Bodies→Creat→Automatic→All Parts, 完成刚体的创建。

(4) 再依次选择 Interface→ADAMS View→Geometry Quality→输入 10, 同时选择 Output Type→Render→Done/



图2 齿轮的虚拟样机模型

Return。此时出现导入成功对话框, 并且系统自动启动 Adams/View 并把机械系统模型传入到 Adams/View 中如图 2 所示。

3.2 系统约束和载荷施加

根据齿轮传动的运动规律, 本系统加入的约束和载荷为: (1) 在主动轮和被动轮上分别施加旋转副, 机架为地。(2) 在齿轮对之间施加实体—实体碰撞力, 以仿真齿轮啮合传动。(3) 在输入轴的转动副处施加恒定的转速驱动。(4) 在输出轴上加一个恒定负载转矩, 以模拟工作机负载。

4 ADAMS 动力学仿真设置

4.1 碰撞力(contact)中参数的确定

轮齿碰撞所引起的冲击力, 可以作为两个变曲率半径柱体撞击问题。解决此问题可以直接从 Hertz 静力弹性接触理论中得到。根据 Hertz 碰撞理论^[2,3], 考虑接触面积为圆形时为

$$\delta = \frac{a^2}{R} = \left(\frac{9P^2}{16RE^2} \right)^{1/3} \quad (1)$$

由此式可得撞击时接触法向力 P 和变形 δ 关系为 $P = K\delta^{3/2}$ 。式中, K 取决于撞击物体材料和结构形状,

$$K = \frac{4}{3} R^{1/2} E \quad (2)$$

其中

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (3)$$

R_1, R_2 为接触物体在接触点的当量半径。

$$\frac{1}{E} = \frac{(1-\mu_1^2)}{E_1} + \frac{(1-\mu_2^2)}{E_2} \quad (4)$$

式中 μ_1, μ_2 为两接触物体材料的泊松比, E_1, E_2 为两接触物体材料的弹性模量。

4.2 齿轮机构模型相关参数设置

由于两齿轮材料均为 45 钢, 其泊松比 $\mu_1 = \mu_2 = 0.29$, $E_1 = E_2 = 2.07 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。

把数据代入式(4), 经计算可得 $E = 1.13 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。对于齿轮, 由式(3)可得 $R = 31.056 \text{ N/mm}^2$ (由于齿轮的齿高和分度圆半径相比较小, 因此, 其变动范围小, 可近似以分度圆半径代替齿轮接触点的当量半径)。将所求得的 E 和 R 代入式(2), 可求得齿轮的刚度系数 $K = 8.396 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。根据经验值, 碰撞指数 e 取 2.2; 阻尼系数 c 取 $100 \text{ N} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$; 嵌入深度 d 取 0.1 mm 。考虑碰撞时摩擦, 两齿轮都按润滑处理, 取动摩擦系数为 0.05, 静摩擦系数为 0.08。

基于本文中虚拟样机模型, 在主动轮上加恒转速驱

动: $8400^\circ/\text{s}$ (1400 r/min)。从动轮施加一个恒负载转矩 $940000 \text{ N} \cdot \text{mm}$, 为了使施加的负载不出现突变, 在这里使用 STEP 函数使负载在 0.2 s 内平缓施加, 即 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 0.2, 940000)$ (time 为时间自变量), 由 STEP 函数施加的负载转矩如图 3 所示。

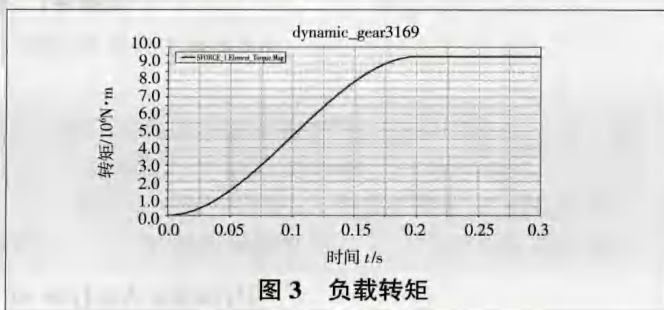


图3 负载转矩

5 仿真结果与分析

图 4 为从动轮的转速 ω 随时间 t 的变化曲线。其齿轮轴线与 ADAMS 中坐标系统 Z 向平行。

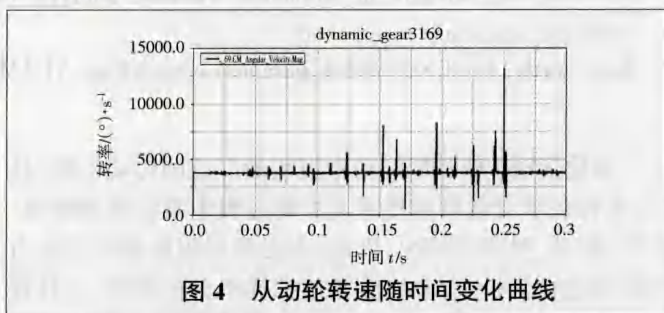


图4 从动轮转速随时间变化曲线

从仿真结果可以看出从动轮的转速比较平稳, 其平均值为 $3774.4601^\circ/\text{s}$ (629.08 r/min)。根据传动比可以求得从动轮转速的理论值为 $1400 \times 31/69 = 628.99 \text{ (r/min)}$, 其相对误差为 0.014% , 说明该齿轮机构模型满足传动比要求, 仿真方法具有一定的现实指导意义。

6 结论

(1) 利用 Pro/E 软件建立了渐开线直齿圆柱齿轮的参数化模型, 该模型可以根据需要而创建不同参数的齿轮模型, 减轻了齿轮设计人员的工作。

(2) 利用 Pro/E 与 ADAMS 的专业接口软件技术, 对设计装配好的具体齿轮能够准确快速地导入到 ADAMS 中, 为后面的动力学分析提供了保障。

(3) 在 ADAMS 中进行动力学仿真及分析, 可以及时反映出设计中的不合理因素, 从而减少设计费用和周期。

[参考文献]

- [1] 李金玉, 勾志践, 李媛. 基于 ADAMS 的齿轮啮合过程中齿轮力的动态仿真[J]. 机械设计与研究, 2005(3): 15-17.
- [2] 詹友刚. Pro/ENGINEER 中文野火版 2.0 范例教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 陈立平, 张云清, 等. 机械系统动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [4] 李起忠, 刘凯. 基于虚拟样机技术的齿轮啮合力的计算与仿真[J]. 重型机械, 2006(6): 49-51.

(编辑 立 明)

作者简介: 周焱强(1978-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 机电系统动态测试与故障诊断。

收稿日期: 2008-03-06