

doi: 10.7690/bgzdh.2016.08.009

# 基于 ADAMS 的烘丝机滚筒机构动力学仿真

聂金宁<sup>1</sup>, 陈俊杰<sup>1</sup>, 王慧<sup>2</sup>

(1. 山东中烟工业有限责任公司, 山东 潍坊 262500; 2. 济南大学机械工程学院, 济南 250022)

**摘要:** 为解决烟草关键设备 (SH37D 型烘丝机滚筒机构) 在运转作业中存在滚筒支撑联接件容易断裂的问题, 进行一种基于 ADAMS 的烘丝机滚筒机构动力学仿真。借助 Solidworks 和 ADAMS 软件创建烘丝机滚筒机构的动力学模型, 设置合适的虚拟工作环境, 对烘丝机滚筒机构进行动力学仿真, 得到滚筒支撑联接件的张力曲线, 利用材料力学理论知识对支撑部件进行力学分析, 得到支撑部件破坏原因, 并进行支撑部件结构改进。仿真结果表明: 该分析可为滚筒支撑类零件力学计算、强度校核提供理论支撑, 并具有一定的工程意义。

**关键词:** Solidworks; ADAMS; 烘丝机; 滚筒; 动力学

**中图分类号:** TP391.9 **文献标志码:** A

## Dynamic Simulation Analysis for Roller Mechanism on Tobacco Dryer Based on ADAMS

Nie Jinning<sup>1</sup>, Chen Junjie<sup>1</sup>, Wang Hui<sup>2</sup>

(1. China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Weifang 262500, China;  
2. School of Mechanical Engineering, University of Jinan, Ji'nan 250022, China)

**Abstract:** Roller mechanism on SH37D tobacco dryer was the key equipment of roller mechanism of tobacco dryer, aiming at the SH37D roller support connection had fracture phenomenon during the working condition, carry on tobacco dryer roller mechanism based on ADAMS. Use Solidworks and ADAMS software, set suitable virtual work environment, carry out dynamic simulation for tobacco dryer mechanism, acquire tension curve of support connector, use material mechanics technology to carry out mechanical analysis for support connector, get reason for connector damage, and improve connector structure. The simulation results show that the analysis can support connector part mechanical calculation and strength check with theory, and it had great engineering value.

**Keywords:** Solidworks; ADAMS; tobacco dryer; roller; dynamics

### 0 引言

烟草烘丝机也称滚筒式干燥机, 主要用于将烟丝、梗丝中的水分烘干到符合技术要求。烘丝机是卷烟制丝工艺中的关键设备, 倾斜放置的旋转滚筒是烘丝机的核心功能部件<sup>[1]</sup>。由于烘丝机滚筒体积较大, 质量达 12 t, 运行时滚筒与滚圈之间的支撑经常出现螺栓拉断等现象, 安全隐患较大。当前对于烟草烘丝机的研究相对较少, 支撑结构设计缺少相关的理论依据; 因此, 有必要对烘丝机滚筒及滚筒支撑进行动力学仿真, 为提高并改进烘丝机滚筒设计质量提供理论支撑, 同时具有实际工程意义。

### 1 基于 Solidworks 与 ADAMS 的联合建模

ADAMS 软件在仿真分析机械系统运动学和动力学仿真等方面功能强大, 但其几何建模功能相对较弱。为了弥补 ADAMS 三维建模能力的不足, 对烘丝机滚筒机构采用 Solidworks 与 ADAMS 的联合

建模方式进行建模。对于类似烘丝机滚筒机构等较复杂的零部件, 首先利用 Solidworks 软件的强大三维建模能力对烘丝机的滚筒机构中较复杂的零部件进行几何建模, 然后通过特定的接口程序导入到 ADAMS 软件中, 最终在 ADAMS 中完成动力学模型的建立。具体建模流程如图 1 所示。

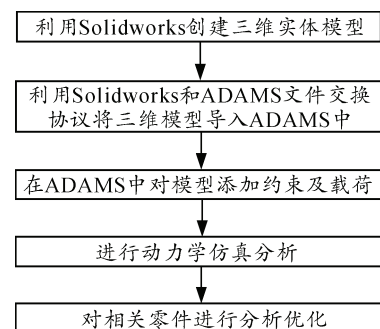


图 1 Solidworks 与 ADAMS 联合仿真流程

在 Solidworks 环境中建立如图 2 所示的烘丝机卷筒机构三维简化模型, 主要部分由外滚圈、内滚

收稿日期: 2016-04-18; 修回日期: 2016-05-15

基金项目: 山东省科技发展计划项目 (2014GGX103016)

作者简介: 聂金宁 (1986—), 男, 山东人, 工学硕士, 从事机械及其自动化研究。

筒和驱动轮组成，其中外滚圈和内滚筒之间依靠 12 组支撑板相连接。将所建的三维模型保存为扩展名为 \*.X\_T 的 Parasolid 格式文件，然后将该文件导入到 ADAMS 中。

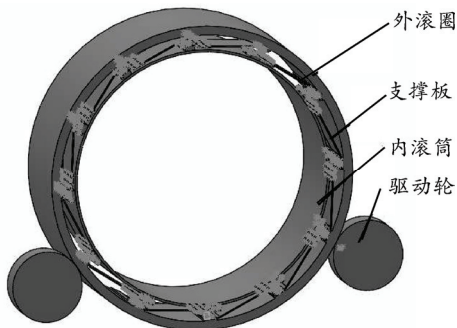


图 2 基于 Solidworks 的烘丝机滚筒机构模型

在动力学仿真过程中，模型过于精细会导致硬件要求过高，导入模型的时间增长，更重要的是零件较多时，会导致运动链的加长从而使得误差的积累增加，进而加大仿真结果误差；因此，将滚筒几何模型导入到 ADAMS 软件前必须进行结构简化。删除滚筒模型中的螺栓、凸台垫板、垫圈等连接件，简化零部件复杂的结构，去掉两边的摩擦驱动滚轮，对外滚圈添加旋转驱动，并忽略连接部分因材料弹性模量不同导致预紧力较大等因素<sup>[2-3]</sup>。完成烘丝机滚筒机构几何模型的创建后，为使动力学仿真顺利实现，需要对其虚拟的仿真环境进行设置，主要包括单位、重力加速度、零部件材料属性等的设定以及添加必要约束和驱动。图 3 为烘丝机滚筒机构简化后导入到 ADAMS 中的动力学模型。

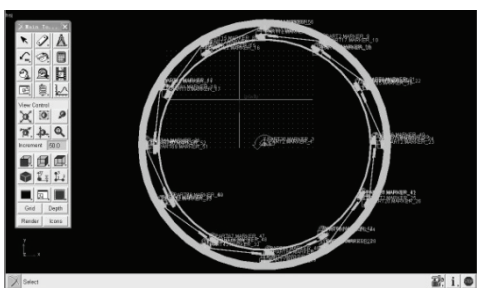


图 3 烘丝机滚筒动力学模型

## 2 烘丝机滚筒机构动力学仿真

滚筒管板式烘丝机和滚筒支撑联接螺栓切断图如图 4、图 5 所示。

烘丝机在进行烘丝作业时，滚筒的转速为 72 (°)/s。为简化模型，在外滚圈与机台的旋转副上添加一个旋转驱动代替驱动轮。本次仿真采用 STEP

函数设定烘丝机滚筒的运行速度，即在仿真起始阶段增加加速阶段，使滚筒运行速度较平缓地增加到所需恒定速度。本次仿真采用速度函数为 STEP (time,0,0 d,0.2,72 d)，其速度变化曲线如图 6 所示。



图 4 滚筒管板式烘丝机

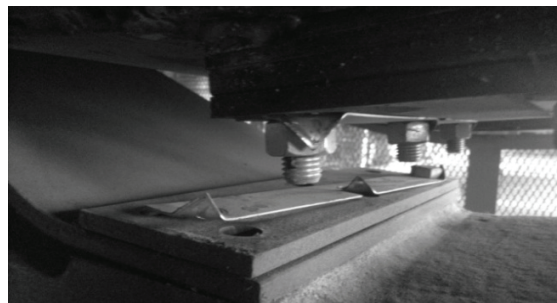


图 5 滚筒支撑联接螺栓切断图

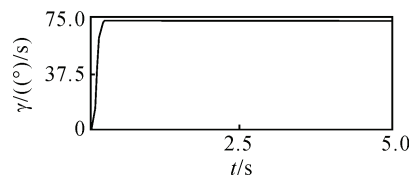


图 6 烘丝机滚筒的速度函数

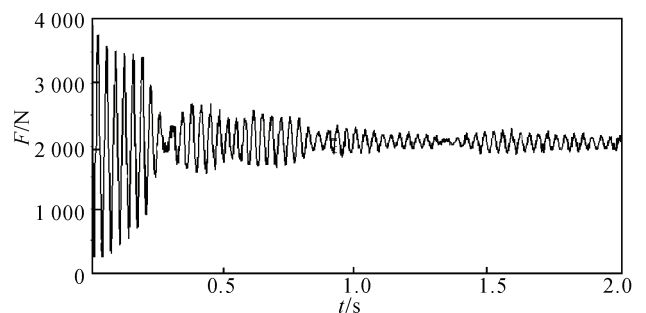




图 7 烘丝机支撑板与内滚筒连接处张力曲线

仿真前利用 ADAMS 软件提供的模型自检工具对动力学模型进行正确性检验，若出现“Model verified successfully”信息，即表示动力学仿真模型已经创建成功，可对该模型进行动力学仿真分析<sup>[2]</sup>。点击 ADAMS/View 工具箱中  图标进入仿真参数设置界面，旋转仿真形式为 Default<sup>[3]</sup>，设置仿真时间为 2.0 s，仿真步数为 2 000。仿真工作结束后，

点击按钮,进入 ADAMS 提供的专业后处理模块,即可得到如图 7 所示的烘丝机支撑板与内滚筒连接处张力曲线。该曲线可以反映出支撑板与内滚筒连接螺栓的受力特性,从图中可知:螺栓在设备运行过程中始终受交变应力作用,在烘丝机启动阶段波动力振幅较大,设备稳定运行后,螺栓会受到一循环交变力的作用,该力在 2 100 N 附近波动。

### 3 烘丝机滚筒机构力学分析及结构改进

#### 3.1 烘丝机滚筒机构力学分析

由上述仿真所得张力曲线可看出,烘丝机运行过程中,螺栓会始终受到一个较大的交变力作用。结合材料力学相关知识可知:交变力可能造成螺栓疲劳破坏;因此,有必要对其进行疲劳强度校核。为方便分析,对仿真所得张力曲线进行圆整处理,即将其看成对称循环的交变力,借助下列材料力学公式可完成对螺栓疲劳强度的校核:

$$W = \frac{\pi}{32} d^3; \quad (1)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W}; \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{许用}} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} n} \quad (3)$$

式中:  $W$  为抗弯截面系数;  $d$  为直径;  $\sigma_{\max}$  为最大工作应力;  $M$  为弯矩;  $\sigma_{\text{许用}}$  为许用工作应力;  $\sigma_{-1}$  为对称循环的持久极限;  $K_{\sigma}$  为应力集中因数;  $\beta$  为表面质量因数;  $\varepsilon_{\sigma}$  为尺寸因数;  $n$  为安全因数<sup>[4]</sup>。

烘丝机滚筒内滚筒、外滚圈与支撑板是由一组 M16 的螺栓连接,由上述公式可知:连接螺栓所受的最大工作应力  $\sigma_{\max}=67.2 \text{ MPa}$ ,连接螺栓在规定安全因数条件下的许用工作应力  $\sigma_{\text{许用}}=69.8 \text{ MPa}$ ,满足强度要求。根据烘丝机启动时实测的瞬时弯矩,由公式(2)计算得到:在烘丝机启动时,螺栓所受最大工作应力  $\sigma_{\text{启max}}=268.6 \text{ MPa}$ ,启动过程中许用应力  $\sigma_{\text{许用}} \ll \sigma_{\text{启max}}$ ;因此,频繁启动烘丝机会造成支撑板连接螺栓疲劳破坏,是导致螺栓失效的主要原因<sup>[5]</sup>。

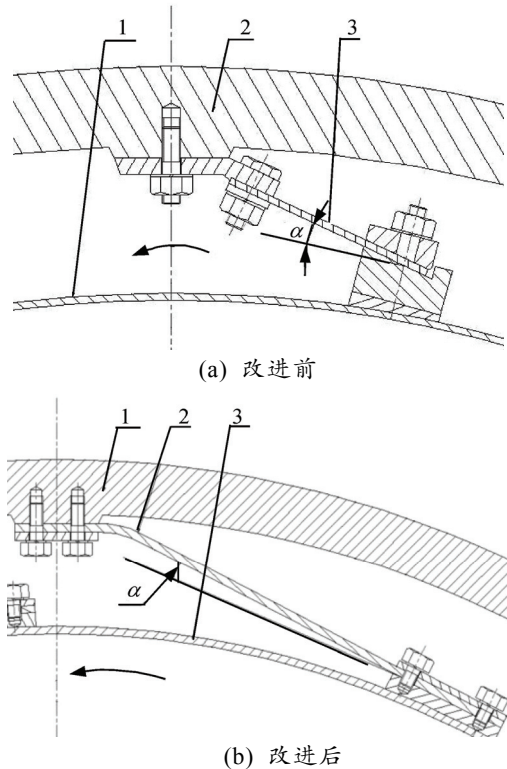
#### 3.2 烘丝机滚筒结构改进

由前述分析可知:启动过程对联接螺栓的影响很大;因此,应合理安排生产任务,避免频繁启动设备,以降低疲劳破坏的影响。

为提高烘丝机支撑板疲劳强度,对烘丝机滚筒支撑部件进行了如图 8 所示的改进,即将支撑板做

成一体,去掉中间的螺栓连接,减少疲劳破坏点。改进后的支撑板弯角处也尽量取较大圆弧,即  $\alpha$  角尽量小,从而增强支撑板的疲劳强度。

考虑内外筒与支撑板联接处一个 M16 螺栓最大工作应力与许用工作应力比较接近;因此,将联接螺栓改进设计为 2 个,以减小螺栓的工作应力。



1. 内滚筒; 2. 外滚圈; 3. 支撑板。

图 8 改进前后滚筒支撑结构示意图

#### 3.3 改进后结构静力学分析

通过对烘丝机滚筒机构力学分析,结合其在工作存在的问题,笔者在 3.2 节中提出针对支撑结构的改进措施。为验证改进结构的有效性,现借助运用 Solidworks 中集成的有限元分析工具——COSMOSWorks,对烘丝机滚筒机构的支撑板进行有限元分析,可得支撑板的静态应力云图(如图 9 所示)。

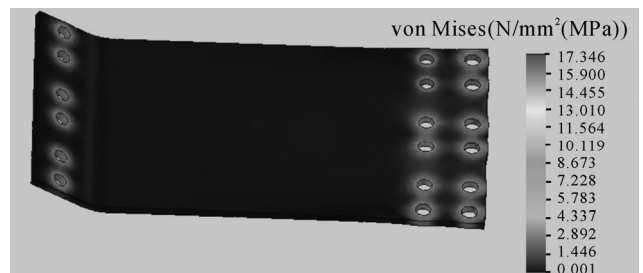


图 9 烘丝机内外滚筒连接板静力云图

从图中可以得到:在螺栓孔处静应力比较集中,

间接反映了螺栓受力较大, 与实际工况相符。从静力云图中可以得到: 改进后螺栓所受的最大应力为  $\sigma_{\max \text{改进}}=17.436 \text{ MPa} \ll \sigma_{\text{许用}}=69.8 \text{ MPa}$ , 由此可以判断改进结构可以有效降低单个螺栓的受力, 从而避免螺栓被剪断。

#### 4 结论

笔者借助 ADAMS 软件对烘丝机滚筒机构进行了动力学仿真分析, 得到了滚筒机构支撑部件的受力曲线, 进行相应的力学分析和结构改进, 得到如下结论:

1) 由动力学仿真结果可知, 烘丝机滚筒支撑部件受到交变循环应力作用, 容易造成疲劳破坏;

2) 烘丝机启动过程中, 支撑部件所受工作应力超过额定值, 是造成疲劳破坏的主要因素, 应减少烘丝机启动频率;

3) 简化支撑板的结构和减小支撑板与内滚筒

\*\*\*\*\*

(上接第 12 页)

#### 参考文献:

- [1] 王儒策, 赵国志. 弹丸终点效应[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990: 82-84.
- [2] 何源. 含能破片作用机制及其毁伤效应实验研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2011.
- [3] 张宝平. 爆轰物理学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2001: 305-312.
- [4] 印立魁, 蒋建伟, 门建兵, 等. 立方体预制破片战斗部破片初速计算模型[J]. 兵工学报, 2014, 35(12): 1967-1971.
- [5] Predebon W W, Smothers W G, Anderson C E. Missile Warhead Modeling: Computations and Experiments[R]. Maryland, US: Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, 1977: 9-34.
- [6] 崔军, 徐峰, 李向荣. 聚能射流对靶板侵彻的数值仿真

的夹角  $\alpha$ , 增加联接螺栓的数量, 可以提高支撑部件的疲劳强度;

4) 文中对烘丝机滚筒机构的动力学仿真和力学分析, 可为滚筒支撑类零件设计计算、强度校核提供理论支撑。

#### 参考文献:

- [1] 聂金宁, 李志凤. 烘丝机滚筒支撑结构与强度分析[J]. 现代制造技术与装备, 2013, 10(5): 6-7.
- [2] 朱林波, 刘志刚, 蒋翔俊, 等. 考虑界面端应力奇异性的螺栓连接支承面接触压力计算模型[J]. 机械工程学报, 2014, 50(23): 90-96.
- [3] 王宁, 李宝童, 洪军, 等. 螺栓支承面有效半径的影响因素[J]. 西安交通大学学报, 2012, 46(4): 132-136.
- [4] 刘鸿文. 材料力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 361-363.
- [5] 张建宇, 费斌军. 疲劳裂纹扩展随机过程相关参数的估计[J]. 北京航空航天大学学报, 1998, 24(3): 308-310.
- [6] 王宁, 李宝童, 洪军, 等. 螺栓支承面有效半径的影响因素[J]. 兵工自动化, 2010, 29(1): 24-26.
- [7] Johnson G R, Cook W H. Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures[J]. Engineering Fracture Mechanics, 1985, 21(1): 31-48.
- [8] 张伟, 魏刚, 肖新科. 2A12 铝合金本构关系和失效模型[J]. 兵工学报, 2013, 34(3): 276-282.
- [9] 许世昌, 何勇, 何源. 射杆分离模式的双层药型罩射流成型仿真[J]. 计算机仿真, 2015, 32(8): 1-5.
- [10] Dhote K D, Murthy K P S, Rajan K M, et al. Dynamics of multi layered Fragment separation by explosion[J]. International Journal of Impact Engineering, 2014, 75: 194-202.
- [11] Odonoghue P E, Predebon W W, Anderson C E. Dynamic launch process of performed fragments[J]. Journal of Applied Physics, 1988, 63(2): 337-348.
- [12] 王海福, 冯顺山. 密实介质中冲击波衰减特性的近似计算[J]. 兵工学报, 1996, 17(1): 79-81.