

# 复印机进纸机构的动态分析和仿真研究

王 冰, 王兆伍

(南京林业大学 机械电子工程学院, 江苏 南京 210037)

[摘要] 复印机的卡纸现象是影响复印速度的主要因素, 卡纸问题也存在于传真机、ATM 及冲印机等介质传送系统中. 为解决该问题, 研究了复印机纸张在进纸机构中的动态行为. 基于 KONICA 7045 复印机的纸张进给机构, 提出了纸张进给机构的几何模型并分析进给过程的接触力. 利用多体系统动力学仿真软件 RecuDyn 根据建立的复印机辊轮机构的几何模型, 分析在此过程中纸张与胶辊之间的接触力, 对不同进纸导轨角度的纸张运动速度进行仿真模拟. 结果表明随着进纸导轨角度的增加, 纸张进给平稳性下降, 纸张容易发生卷曲, 引发卡纸现象.

[关键词] 复印机, 进纸机构, 滚动接触

[中图分类号] TH 703.4 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2010)01-0027-04

## The Dynamic Analysis and Emulation Study of Paper Feed System

Wang Bing, Wang Zhaowu

(College of Electronic and Mechanical Engineering, Nanjing Forest University, Nanjing 210037, China)

**Abstract** Paper jam is the main factor effecting the copy velocity and this problem also exists in media transfer system such as fax, ATM & Film developed machines etc. Based on paper feed mechanism of copier KONICA 7045, the geometry model of paper feed mechanism is proposed and the process of contact force is also analyzed. Geometry model of paper feeding is built in dynamic software RecuDyn for multi-system. Contact force between paper and rubber roll is analyzed. Simulation results for paper velocities under different paper feed angles are given, and show that with the increasing of paper feed angle, the stabilization is decreased, curling and paper jam could also be caused.

**Key words** copier, paper feed, rolling contact

现代社会打印机、复印机、传真机、冲印机以及 ATM 等具有介质传输系统的产品随处可见, 这些产品中的介质传送机械单元发挥着越来越重要的作用, 例如纸张、胶片、钱币的进给等等, 它们是决定产品能否正常工作的重要因素. 各国学者对介质传输系统进行了多方面的研究, 主要有 CY Wang<sup>[1]</sup>对片体和梁在各种情况下的静态弹性变形做了全面的综述, 包括解决的基本方程, 在水平和竖直方向集中应力及分布应力下的悬臂梁方程等等. KD Stack 和 RC Benson<sup>[2]</sup>以摩擦力来取纸的观点, 探讨从一叠纸中成功分离取纸的相关参数影响. RC Benson<sup>[3]</sup>在 1995 年研究发表了光滑片体在空气层的支撑下的运动方程, 例举了纸张在空气层的支撑下, 给定初速度至运动停止所需要的时间, 得出了纸张的弯曲程度将会对这一结果产生影响, 为片体的自由滑动分析提供理论依据. 国内西安交通大学的杨胜军、马军星、陈雪峰<sup>[4, 5]</sup>等人分别运用板壳元对纸张的力学特性进行有限元分析, 利用小波有限元理论分析了办公纸张定影过程的运动边界条件, 建立了纸张定影过程的二维稳态、瞬态非线性温度场数值模型. 山东大学的孙文虎<sup>[6]</sup>以应用需求为背景, 较为详细地阐述了一种新型激光打印机的研制过程, 并对其中涉及到的关键技术进行了研究.

总的来说, 我国复印技术发展受到周边学科的发展带动, 其相关的感光材料、显影材料、主机和配件控制技术上取得了新的进步, 特别是其核心控制技术已得到很大的提高, 但在整个技术研究发展的过程中关于机械机构方面的研究及理论较少. 对于介质传送机械单元的设计, 传统的方法仍然是进行反复的、枯燥的实验方法, 这种方法的设计周期长、效率低. 随着计算机技术的广泛应用, 虚拟仿真设计已经成为公司在

收稿日期: 2009-04-17  
基金项目: 田中机电有限公司合作项目 (021040034).  
通讯联系人: 王 冰, 博士研究生, 研究方向: 机电一体化. E-mail wangbing- 5@ 163 .com

开发新产品,研究产品性能的首选方法. RecurDyn (Recursive Dynamic)是由韩国 FunctionBay 公司开发出的新一代多体系统动力学仿真软件. 它采用相对坐标系运动方程理论和完全递归算法, 非常适合于求解大规模的多体系统动力学问题, 更突出的是其中的传送机械子单元, 它建立了介质传送接触模型与运动模型, 可以方便地模拟打印、复印、传真机传送过程、预测卡纸、重张等故障, 改进介质传送单元. 本文利用 RecurDyn 对复印机进纸机构中, 取纸辊轮与纸张之间运动进行动态仿真模拟, 讨论在此过程中, 进纸导轨角度对纸张运动的影响, 以找出最合适的导轨角度, 供设计参考.

## 1 进纸机构介绍

复印机的进纸单元是开始复印的第一步, 是比较重要的一部分, 它主要实现纸张从纸盒中单张输出. 本文以数码复印机 KONICA 7045 为研究对象, 分析进纸单元是如何实现其功能的.

在 KONICA 7045 中采用 FRR (Feed and Reverse Roller) 进纸装置, 如图 1 所示. 当复印机开始复印时, 驱动轴转动, 在与其啮合的齿轮上装有一个控制凸轮, 控制凸轮首先使拾纸辊迅速下降与最顶层纸张接触, 利用摩擦力将第一张纸带向进纸辊, 当纸的边缘一接触到进纸辊, 控制凸轮位置恰好使拾纸辊立刻抬起, 防止干扰进纸辊工作, 然后纸张进入进纸辊的工作区域. 进纸辊的作用同拾纸辊的作用相似, 用于把推力传递给最上面的一张纸, 进纸辊只能沿顺时针方向转动. 纸张从进纸辊中出来后就完成送纸工作, 纸张将进入递送部分. 在整个进纸过程中, 控制器也不断接收缺纸传感器、进纸高度传感器的信号, 只有当纸张的高度到达指定位置, 进纸高度传感器才发送可以进纸信号, 进纸机构才可以工作, 如果出现缺纸情况, 缺纸传感器也会发送信号给控制器.

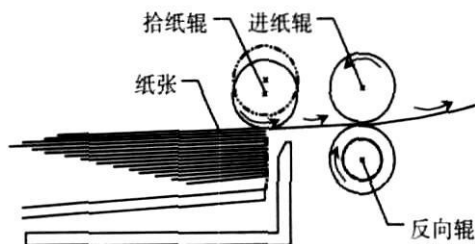


图 1 FRR 进纸装置  
Fig.1 Frame of feed and reverse roller

进纸阶段主要是指纸张尚未被辊轮夹持的阶段, 利用拾纸辊的推力与摩擦力的作用将纸张加速而使纸张完全由进纸辊和反向辊所夹持, 本文下面将讨论进纸导轨的角度对进纸的动态影响.

## 2 进纸机构模型建立

通常进纸机构由取纸与送纸两部分组成, 本文依据 KONICA 7045 进纸机构为建模依据, 创建模型如图 2 所示, 其中  $\alpha$  为进纸导轨的角度, 拾纸辊与进纸辊的中心距为  $L = 32 \text{ mm}$ , 导轨与拾纸辊相切并且延长线通过滚轮对夹持点.

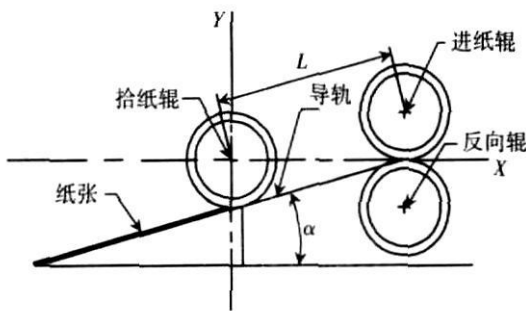


图 2 进纸模型  
Fig.2 Geometry model of paper feed

在送纸阶段模型中, 简化了纸张与滚轮的接触面变形, 假设纸张与滚轮的接触区域从侧面观察为点接触, 即滚轮的作用力作用在纸张的前端线段上. 纸张运动时会发生弯曲变形, 由于纸张所受到的作用力皆小于其曲应力, 变形可忽略不计, 因此将纸张模型假设为一系列小的刚体薄片, 它们之间通过旋转副和扭转弹簧连接, 使其能够反映出纸张运动时的弯曲变形行为.

进纸机构中各组成部分参数如下:

拾纸辊与进纸辊距离:  $L = 32 \text{ mm}$ ;

辊子参数: 直径  $16 \text{ mm}$ , 辊轮的回转角速度为  $P^* \text{ Time}$  与纸张之间的动摩擦系数为  $\mu$ ;

导轨参数: 导轨与  $X$  方向所成角度为  $\alpha$  与纸张之间的动摩擦系数为  $0.3$

纸张材料参数: 密度  $= 7.5 \times 10^{-7} \text{ kg/mm}^3$ ; 杨氏模量 (Young's Modulus)  $= 3000 \text{ N/mm}^2$ . 根据平时使用 A4 纸张的规格:  $279 \text{ mm} \times 210 \text{ mm}$ ,  $70 \text{ g/m}^2$ , 将模型确定为 20 个长度为  $10.5 \text{ mm}$ , 厚度为  $0.1 \text{ mm}$  的小薄片刚体元素, 刚体之间通过扭转副和扭转弹簧连接, 使其能够反映出纸张运动时的弯曲变形行为, 扭转弹簧刚度系数  $2.5 \times 10^{-2} \text{ N} \times \text{mm/Deg}$  如图 3 所示.

3 接触力分析

进纸过程中辊子与纸张之间的接触力分析, 接触行为定义为纸张向胶辊内部的渗透, 且以一定的速度作用在接触点上, 如图 4所示. 在接触点定义一个法向力  $F_n$ , 可以得出:

$$F_n = -k\delta - c\dot{\delta} \tag{1}$$

其中,  $\delta$ 和  $\dot{\delta}$ 分别为纸张向胶辊渗透的位移和速度;  $k$ 和  $c$ 分别为辊子的弹性系数和阻尼系数. 在纸张向辊子渗透的过程中, 由于纸张厚度极小且质量较轻, 所以纸张的运动完全由在此过程中产生的摩擦力决定, 即:

$$F_f = \mu(v)F_n \tag{2}$$

其中,  $F_n$  为作用在接触点的法向力;  $\mu(v)$  为纸张与辊子之间的摩擦系数.

当纸张与辊子接触的时候, 他们之间的渗透位移为  $\delta$  图 5显示胶辊与纸张刚体模型一段的接触示意图, 其中  $XOY$ 坐标系为全局坐标系,  $X'O'Y'$ 为一段纸张刚体的坐标系.

$$\delta = R_R - R_s \tag{3}$$

$$\mathbf{d}'_{sr} = \mathbf{A}_s^T (\mathbf{r}_r - \mathbf{r}_s), \tag{4}$$

$$R_r = |\mathbf{d}'_{sry}| - t_s/2, \tag{5}$$

其中,  $R_R$  为胶辊的原半径;  $R_r$  为胶辊的接触点半径;  $\mathbf{r}_s$ ,  $\mathbf{r}_s$  为纸张和胶辊在全局坐标系下的坐标向量,  $\mathbf{A}_s$  为纸张坐标系的方向矩阵,  $\mathbf{d}'_{sr}$  为纸张与胶辊轴心在  $X'O'Y'$  坐标系下的距离向量.

将 (4)、(5) 代入 (3) 式, 得到:

$$\delta = R_R - |\mathbf{d}'_{sry}| + t_s/2, \tag{6}$$

$$\dot{\delta} = \frac{d}{dt}(R_R - |\mathbf{d}'_{sry}| + t_s/2) = -\frac{d}{dt}|\mathbf{d}'_{sry}|, \tag{7}$$

将 (6)、(7) 代入 (1)、(2), 得到:

$$F_n = -k(R_R - |\mathbf{d}'_{sry}| + t_s/2) + c\frac{d}{dt}|\mathbf{d}'_{sry}|, \tag{8}$$

$$F_f = \mu(v)F_n \tag{9}$$

4 纸张运动模拟结果

根据取纸模型及相关参数, 在 RecuDyn中建立取纸模型如图 6所示, 纸张在拾纸辊的作用力下沿导轨前进, 进入到进纸滚轮对的位子, 然后被滚轮对夹持继续进纸. 在此过程中, 导轨与滚轮对的位置决定纸张是否能够被滚轮对正确夹持, 文中的导轨位置与滚轮对夹持点相切, 保证纸张能够被滚轮对夹持. 本文分别对导轨与  $X$  方向夹角为  $10^\circ$ 、 $15^\circ$  和  $20^\circ$  进行模拟, 得到纸张在从纸盒到达滚轮对位置的速度变化如图 7所示, 纸张速度在靠近滚轮对夹持位置速度产生波动, 这是由于在靠近滚轮对夹持位置时纸张脱离托盘只受重力作用形成悬臂, 在  $Y$  轴方向产生位移与反向辊接触导致速度变化, 随着导轨与  $X$  方向角度的增加, 纸张在靠近滚轮对夹持位置时  $Y$  方向的位移增大, 速度波动性加强, 将导致纸张的卷曲, 从而容易引起卡纸现象.

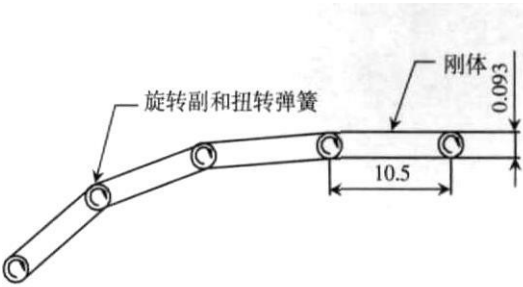


图 3 纸张模型  
Fig.3 Geometry model of paper

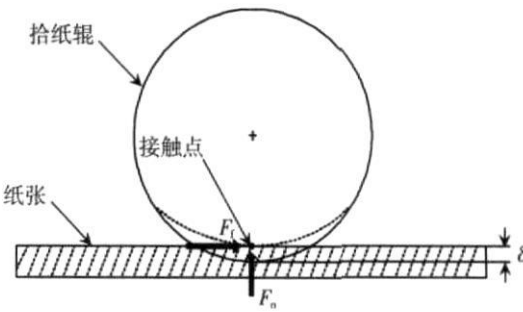


图 4 接触示意图  
Fig.4 Scheme of contact

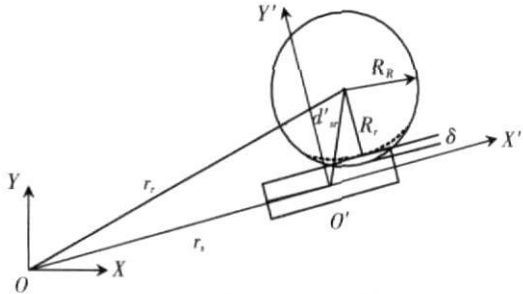


图 5 纸张与胶辊接触力分析图  
Fig.5 Scheme of contact force between the paper and roller

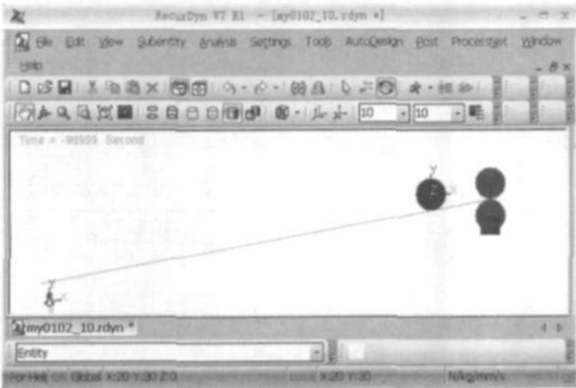


图 6 RecurDyn 中的取纸模型  
Fig.6 Model of paper feed in RecurDyn

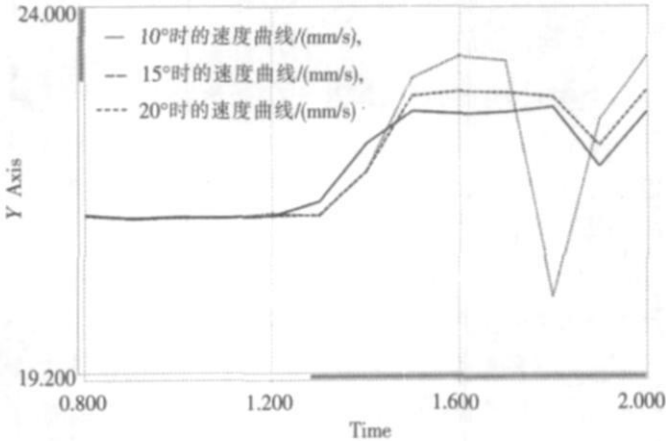


图 7 纸张速度变化曲线  
Fig.7 The result of paper feed velocity

5 结论

本文研究了复印机在复印过程中, 纸张在进纸机构中的动态行为, 利用多体系统动力学仿真软件 RecurDyn 建立复印机进纸机构的几何模型, 在不同进纸导轨角度情况下, 对进纸机构进行运动仿真, 从而分析不同进纸角度对纸张速度平稳性的影响, 得到图 7 所示的不同进给角度对纸张速度平稳性的影响, 图中结果显示随着进纸导轨角度的增加纸张进给速度波动性增强, 纸张容易发生卷曲, 从而导致卡纸现象。

[参考文献] (References)

[ 1 ] Wang C Y. A critical review of the heavy elastic[ J]. International Journal of Mechanical Science 1986 28 549-559

[ 2 ] Stack K D, Benson R C. A study of friction feed paper separation[ J]. Journal of Engineering of Industry 1993 115 236-241

[ 3 ] Benson R C. The slippery sheet[ J]. ASME Journal of Tribology 1995 117: 47-52

[ 4 ] 陈雪峰, 杨胜军, 马军星, 等. CAE 技术在办公设备送纸机构中的应用 [ J]. 机械科学与技术, 2002 21 ( 6): 1 020-1 022  
Chen Xuefeng Yang Shengjun Ma Junxing et al The application of CAE technology in paper feeding mechanisms of office equipments[ J]. Mechanical Science and Technology 2002 21(6): 1 020-1 022 ( in Chinese)

[ 5 ] 马军星, 杨胜军, 何正嘉, 等. 办公设备用纸力学特性的非线性有限元分析 [ J]. 西安交通大学学报, 2000 34 ( 9): 67-71.  
Ma Junxing Yang Shengjun He Zhengjia et al Mechanical properties of office paper analyzed by using nonlinear finite element method [ J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2000 34( 9): 67-71. ( in Chinese)

[ 6 ] 孙文虎. 蜂鸟系列激光打印机的工作原理及设计 [ D]. 济南: 山东大学机械工程学院, 2004  
Sun Wenhu The working principle and design of the hummingbird series laser printer[ D]. Jinan Shandong University School of Mechanical Engineering 2004 ( in Chinese)

[ 7 ] 王玥. 送纸胶辊用橡胶材料的开发 [ J]. 世界橡胶工业, 2006 33 ( 12): 24-28  
Wang Yue The development of rubber material in paper feeding[ J]. World Rubber Industry 2006 33 ( 12): 24-28 ( in Chinese)

[ 8 ] Kalker J J 三维弹性体的滚动接触 [ M ]. 李自立译. 成都: 西南交通大学出版社, 1993  
Kalker J J Three-dimensional Elastic Bodies in Rolling Contact[ M ]. Chengdu Southwest Jiaotong University Press 1993 ( in Chinese)

[ 责任编辑: 刘 健 ]