

基于有限元法的 CTP 成像滚筒及版材的数值仿真

邢洁芳¹, 倪晓宇², 张杰¹, 陈杜鹃¹

(1. 南京林业大学 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 南京 210037; 2. 南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 利用有限元分析软件 ANSYS 建立 CTP 成像滚筒的几何模型与有限元模型, 选择接触单元模拟版材和滚筒表面之间的关系, 以滚筒本体、滚筒与版材组合以及对滚筒内部吸真空的 3 种组合下进行有限元静力分析, 获得滚筒自身变形对版材影响的大小, 以及滚筒内抽吸真空对版材和滚筒变形的影响。结果表明, 3 种情况下滚筒和版材的最大变形量及位置均有所不同。其中, 吸真空组合分析说明, 版材在与滚筒表面密合状态下变形情况随滚筒, 滚筒表面的导槽对版材变形会产生一定影响, 真实反映了工作状态, 研究结果可以为 CTP 成像滚筒的设计与优化提供理论依据。

关键词: CTP; 成像滚筒; 有限元; ANSYS

中图分类号: TS801.43; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)01-0025-04

Numerical Simulation of CTP Imaging Drum and Plate Based on ANSYS

XING Jie-fang¹, NI Xiao-yu², ZHANG Jie¹, CHEN Du-juan¹

(1. Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Geometric model and finite element model of CTP imaging drum are established using finite element analysis software ANSYS. The relationship between plate and roller surface was simulated by selecting contact element. The static characteristics of combination among drum body, roller and plate as well as additional vacuum suction inside cylinder were analyzed. The results showed that the maximum deformation and location of roller and plate are different in the three cases. The analysis of vacuum suction combination showed that in the condition of the combination between plate and roller surface, the size of deformation is based on the roller and the guiding groove on roller surface affects the deformation of plate, which in reality reflects the working state. The purpose was to provide theoretical basis for design and optimization of CTP imaging drum.

Key words: CTP; imaging roller; finite element; ANSYS

由于 CTP 直接制版^[1-2]省去了印前拼版、晒版、拷贝等复杂工序, 具有更高的效率和速度, 且实现了数字页面向印版的直接转换, 实现了整个印前过程的数字化, 在各种印刷行业中得到了广泛的应用。CTP 制版质量的控制一直是各商家所要考虑的问题, 控制 CTP 制版质量的核心机构是成像滚筒。滚筒在旋转过程中任一质点均会产生离心力, 诸离心力形成惯性力系; 并且基于实际制版需求, 滚筒的质量分布不均匀而使滚筒各质点在旋转中产生的惯性力不能相互抵消; 滚筒表面的应力分布不均匀, 表面产生一定的

变形, 而对成像精度要求高的制版机, 表面的微小变形都会影响成像质量。热敏 CTP 外鼓式制版机是将单束原始激光经光学系统分裂成多束细激光, 再经聚焦后, 直接出射到版材表面进行曝光成像。如果滚筒表面及版材发生变形, 成像光点位置超过焦深范围, 不能准确聚焦到版材表面的感光层上, 产生模糊光点。鉴于 CTP 成像滚筒的重要性以及目前国产 CTP 的制造状况, 对滚筒及版材进行静、动态分析显得尤为重要。

笔者以豹驰 Leopard800 热敏 CTP 成像滚筒为

收稿日期: 2010-10-09

基金项目: 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室开放基金项目(200922)

作者简介: 邢洁芳(1964—), 女, 江苏南通人, 南京林业大学副教授、硕士生导师, 主要研究方向为图文信息再现与控制 and 印刷企业管理。

研究对象,其最大制版尺寸为 1160 mm×940 mm,利用有限元分析软件 ANSYS 建立滚筒的几何模型与有限元模型。滚筒以恒定转速旋转,考虑到版材与滚筒之间的装配关系,为了更好地分析版材的变形情况,需要从滚筒本体变形情况来判定版材的变形因素,因此以滚筒本体、滚筒与版材组合以及对滚筒内部吸真空的组合进行有限元静力分析,获得滚筒自身变形结果对版材影响的大小,以及滚筒内吸真空对版材和滚筒变形的影响。

1 有限元建模^[3-5]

1.1 有限元模型简化

成像滚筒由于加工、装配、操作等工艺需要,结构设计比较复杂,滚筒表面存在许多细微结构。为了保证网格的划分成功且网格密度合理,并保证计算结果合理的前提下,对滚筒结构进行适当的简化处理:(1)对一些细小复杂的结构进行等效处理,即通过计算细小结构的形心位置及质量,在滚筒结构的对应点上做几何体等效,例如将滚筒版夹上的小螺丝、小弹簧等细小结构和版夹体等效合并为一体,简化成规则的均匀分布的长版夹;(2)省略对滚筒挠曲变形影响不大的结构,如两端对称的法兰、铜齿圈、滑道等;(3)对版材和滚筒之间结构关系作接触处理,版材和滚筒作为两个独立的结构,在工作时相互接触,头夹板和尾夹板通过夹紧装置夹住版首与版尾,保证裹覆于滚筒表面上的版材在随着滚筒高速旋转过程中,不脱离滚筒表面。在创建有限元模型时选择接触单元模拟版材和滚筒表面之间的关系。

1.2 材料属性定义和网格划分

根据成像滚筒结构特点和力学性质,选择 ANSYS 软件中的 shell99 单元模拟版材。Shell99 可以用于分层壳结构,最多允许有 250 层,如果大于 250 层,可以通过用户自定义矩阵实现。单元每个节点具有 6 个自由度:沿节点坐标系 x, y, z 方向的平移和沿节点坐标系 x, y, z 轴的转动。版材与滚筒表面采用面接触单元 CONTA174 和目标单元 TARGE170, CONTA174 表现三维面之间的接触和相对滑动。对于滚筒其他部分的轴、滚筒及箍等采用 8 节点六面体 Solid45 单元来划分网格,该单元类型有 x, y, z 3 个方向的自由度,单元具有塑性、蠕变、应力强化、大应变等能力。

综合考虑滚筒的材料属性和结构形状,将滚筒分成 6 个部分:轴、筒、箍、版材、头版夹及尾版夹,见图 1。滚筒的各部分材料属性和单元划分见表 1,划分

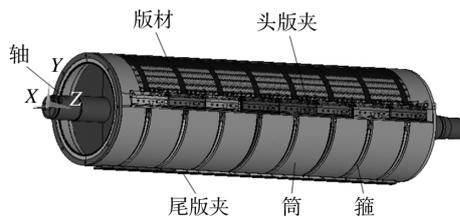


图 1 滚筒几何模型

Fig. 1 Geometrical modeling of the roller

表 1 滚筒各部分材料属性和单元划分
Tab. 1 Material properties and unit division of each part of the roller

部位	弹性模量 /GPa	泊松比	密度 /($\mu\text{g} \cdot \text{mm}^{-3}$)	单元类型
筒	70	0.3	2.80	Solid45
轴	200	0.3	7.85	Solid45
箍	200	0.3	7.85	Solid45
版材	70	0.3	2.80	Shell99
头版夹	70	0.3	2.7275	Solid45
尾版夹	70	0.3	1.4157	Solid45

网格后的有限元模型见图 2。

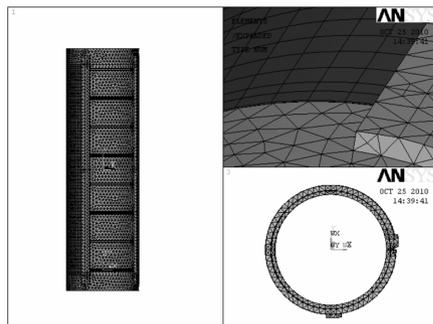


图 2 简化后的滚筒有限元模型

Fig. 2 Simplified finite element mode of the roller

2 成像滚筒加载分析^[6-8]

2.1 成像滚筒运转中的载荷分析

模拟成像滚筒在 900 r/min 恒定转速下获得滚筒表层及版材最大的变形量,并进行静力分析。滚筒运转过程中所受的力包括自身重力、旋转产生的惯性力、版夹位置及滚筒分布所带来的不平衡力、大气压

力等。滚筒两端的法兰、用于调节平衡块位置的铜齿圈以及平衡块的滑道由于其对称性,对滚筒及版材的变形量影响很小,可忽略不计;实验中,轴的影响也很小而被忽略。滚筒旋转过程中的惯性力及不平衡力使滚筒、版材弯曲变形。仅对筒、箍、版材、头版夹及尾版夹进行仿真模拟,并没有施加平衡块,旨在了解滚筒及紧密相关部件本身对应力应变的影响。在实际工作中,为使版材能够密合地包覆在滚筒表面精确成像,通常在滚筒内部抽吸真空,通过滚筒气道将版材紧紧吸住。同时,为防止版材在离心力的作用下飞离滚筒,对真空度及夹板夹持力有一定要求。在本有限元模型中,主要分析版材和滚筒的变形情况,两者既独立又相互关联,可采用接触的方法来解决这类问题。考虑到成像滚筒实际工作情况,滚筒的变形可能会影响版材的变形,因此选择面-面柔性接触的接触类型,并考虑到 ANSYS 系统内部 MPC 接触算法可以克服传统接触算法和 ANSYS 中的其它多点约束工具的缺点,因此选择此方法完成滚筒与版材之间的接触分析。

2.2 有限元模型的载荷约束

在滚筒有限元模型加载中,成像滚筒通过滑动轴承固定支撑起来,将滚筒看成两端约束的简支梁,因此在滚筒两侧安装滑动轴承位置添加约束 $UX, UY, UZ, ROTY, ROTX$ 5 个自由度,保留一个自由度,允许滚筒绕 z 轴转动。滚筒转速 900 r/min 时的角速度 $\omega = 94.2 \text{ rad/s}$,轴向往方向为 z 轴,对整体结构施加的角速度为 94.2 rad/s 。滚筒受到自身重力 G 的作用,设置重力加速度为 9.81 mm/s^2 。在对滚筒表面与版材之间抽成额定气压($2 \times 10^4 \text{ Pa}$)时,整个滚筒外表面受到 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的作用,版材的内表面受到 $2 \times 10^4 \text{ Pa}$ 的作用,两者之间的大气压差为 $8 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。为了便于施加大气压力的载荷,可等效为整个滚筒外表面受到压强为 0,版材内表面受到 $8 \times 10^4 \text{ Pa}$ 压强作用,只需在版材表面施加向内的 $8 \times 10^4 \text{ Pa}$ 压强,这样在有限元模型载荷中对版材面施加向内的载荷力 0.08 MPa 。

3 结果分析

张凯乐、郭润兰、杨新艳及齐银玲等人^[6,8-10]利用有限元软件 ANSYS 对印刷滚筒进行了建模和静、动态分析,但是做了大量简化,只对滚筒本体做了研

究,并没有综合考虑滚筒表面的版材、橡皮布等实际情况,而这些表面物的状况恰恰是最终影响印刷质量的关键因素。CTP 可以采用多种不同规格的版材,选择常用 $1030 \text{ mm} \times 790 \text{ mm}$ 的规格,由头、尾版夹模拟安装在滚筒表面。首先从无版无载的滚筒本体着手分析,再对装有版材的滚筒在抽真空前的状态进行仿真模拟,最后实行真空抽吸模拟,在 900 r/min 恒定转速下获得了滚筒 3 种状态的变形情况,见图 3 和表 2。

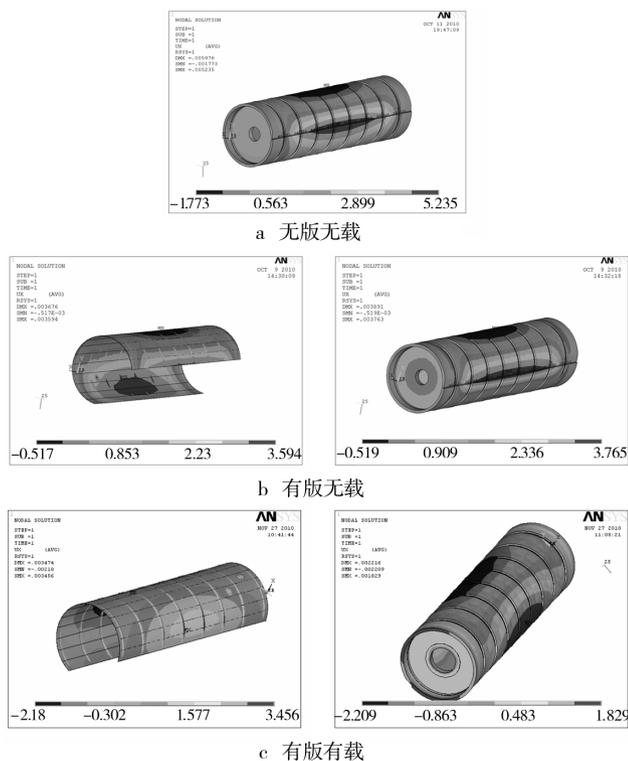


图 3 滚筒 3 种状态下的变形图(μm)

Fig. 3 Deformation of the roller under three states

表 2 3 种状态下版材和成像滚筒的最大变形量

Tab. 2 Maximum deformation of plate and imaging roller under three states

滚筒状态	版材变形/ μm	成像滚筒变形/ μm
无版无载	—	5.235
有版无载	3.594	3.763
有版有载	3.456	1.829

滚筒在没有上版之前,除去长轴之外,只由筒体、箍及头、尾版夹等组成。由于工艺需要,滚筒表面开有若干导槽供尾版夹工作,头版夹固定在滚筒的某一开槽的位置,而尾版夹则根据版材规格大小在导槽相

应的不同位置落位。这种结构本身决定了滚筒体的不平衡,在运转过程中,产生不平衡的离心力。转速越快,离心力越大,造成滚筒的变形。图 1 所示,滚筒转动时,在开槽的头版夹位置附近滚筒变形量最大,为 $5.235 \mu\text{m}$ 。

装有版材的滚筒在未抽吸真空情况下,与无版无载相比,滚筒变形量有所减小,为 $3.763 \mu\text{m}$,见图 2。表明由于包裹的版材对滚筒产生的偏心抵消了一部分原有滚筒体的不平衡力,剩余不平衡力减小,滚筒变形程度减轻,可见版材的质量不容忽视。由于导槽的存在,造成版材与导槽之间存有较大空隙,滚筒高速旋转时,该部位版材变形量较相邻部位变形量有所加大,因此,导槽的宽度及深度尺寸在设计过程中应予以考虑。同时,滚筒内部未抽吸真空,薄而柔软的版材不能紧密吸附在滚筒表面,高速旋转之下发生变形,变形规律不同于滚筒,其最大变形量为 $3.594 \mu\text{m}$,大部分集中在靠近尾版夹的那一端。

依据 CTP 制版机的实际工作情况,为了使得版材能更好地包覆于滚筒表面,需要对滚筒内部抽吸真空,因而,通过对装有印版的滚筒抽吸真空,进行真实模拟。计算结果发现,滚筒最大变形量为 $1.829 \mu\text{m}$,位置靠近头夹板;版材最大变形量为 $3.456 \mu\text{m}$,位置和滚筒基本一致。表明由于抽吸真空,版材紧紧吸附在滚筒表面,正常情况下不会脱离,变形规律随滚筒;同时发现,版材在滚筒导槽处的变形量明显大于其它部位,从图中可以看出,一条条凸起的弧型形状正处在导槽位置,再次说明导槽对版材变形的影响,应加以重视;而其它部位的变形量与滚筒变形量基本接近。笔者是在滚筒平衡前所建立的模型基础上进行的研究,所得数据还未尽理想。

4 结语

通过利用有限元分析软件 ANSYS 建立 CTP 成像滚筒的几何模型与有限元模型,采用接触方法对滚筒、版材进行仿真研究,分析发现,该方法相比滚筒本体分析更能真实反映其工作状态。

恒定转速下,未装版滚筒本体由于质量偏心产生不平衡,造成滚筒最大变形量较大,高达 $5.235 \mu\text{m}$,但并不能反映真实工作情况。安装版材之后,由于版材的偏心抵消了一部分原有滚筒体的不平衡力,剩余不平衡力减小,滚筒变形程度减轻,说明版材重量不

容忽视;同时发现导槽处的版材变形量较其它部位大,导槽尺寸在设计过程中应予以考虑;由于离心力的存在,版材和滚筒的变形情况并不一致,说明两者之间是有脱离的,版材不能密合于滚筒表面,影响成像质量。因此,最后通过对装有印版的滚筒抽吸真空模拟,发现印版和滚筒变形规律基本一致。由于滚筒内部受到负压,变形量整体减小,最大变形量为 $1.829 \mu\text{m}$ 。版材只在滚筒导槽处的变形量明显大于其它部位,最大变形量为 $3.456 \mu\text{m}$,说明导槽对版材变形是有直接影响的。

本文是在指定的版材尺寸、转速和真空度等条件下的数值仿真,如果变换其中任一相关因素,那么,版材、滚筒的变形情况也会发生相应变化。通过对多种类型的版材与滚筒结构的整体分析,可以为 CTP 滚筒设计与优化提供理论参考。

参考文献:

- [1] 韩丽丽. 光敏 CTP 成像质量控制方法的研究[C]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2009.
- [2] 季永芹. CTP 及其系统的应用研究[C]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [3] BRENNER Susanne C, SCOTT L Ridgway. The Mathematical Theory of Finite Element Methods [M]. New York: Springer-Verlag, 1994.
- [4] 朱加铭, 欧贵宝, 何蕴增. 有限元与边界元法[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2002.
- [5] KWON Young-doo, KWON Hyun-wook, JUNG Young-chul. Finite Element Analyses of Cylinder Problems Using Pseudo General Plane Strain Elements, 2006: 553-558.
- [6] 张凯乐, 黄颖为, 薛凤梅, 等. PZ1650 橡皮滚筒受力分析的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 111-113.
- [7] 郭宏, 林华. 用 ANSYS 软件对提升机滚筒进行优化设计[J]. 煤矿机械, 2003(12): 13-14.
- [8] 郭润兰, 吴爱梅, 康兴民. 印刷机滚筒的有限元模态分析[J]. 中国包装, 2009(5): 58-61.
- [9] 杨新艳. 胶印机压印滚筒的有限元分析[C]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [10] 齐银玲. 印刷机动平衡性能的研究[C]. 西安: 西安理工大学, 2007.