CTP 成像滚筒动平衡机构特性及配重实验

邢洁芳[1]，张 杰[1]，陈杜娟[1]，白艳文[2]

(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. 豹驰印刷设备国际贸易公司，上海 200131)

摘要： 针对 CTP 成像滚筒平衡状态多变的特点，根据刚性转子动平衡原理，完成了动平衡机对成像滚筒的配重实验。基于实验，找出了滚筒旋转过程中不平衡的机理和机构平衡块移动及定位的基本规律，为解决印版幅面尺寸变化而产生的滚筒不平衡提供了实验依据。此配重实验在测试、产品组装及设备使用过程中的调节等方面，还存在精度不高、效率低等问题。

关键词： 成像滚筒；动平衡；配重

中图分类号： TS803.6；TS803.4 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2011)13-0060-04

Characteristics and Counterweight of Dynamic Balance Mechanism of CTP Imaging Roller

XING Jie-fang[1], *ZHANG Jie*[1], *CHEN Du-juan*[1], *BAI Yan-wen*[2]

(1. Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Basch Printing Equipment International Trading Co., LTD., Shanghai 200131, China)

Abstract: Counterweight experiment of the dynamic balancing mechanisms of imaging roller was carried out according to rigid rotor dynamic balance principle for the varied characteristics of balance status of the roller. The imbalance principle and the basic rule of mechanism balance block's movement and positioning in the drum rotation process was found based on the experiments. The purpose was to provide an experimental basis to resolve the roller imbalance resulting from the various plate sizes. The minor deficiency is that this counterweight experiment has some problems on testing, product assembling and equipment adjusting during working process, such as low precision and low efficiency.

Key words: imaging roller; dynamic balance; counterweight

外鼓式热敏直接制版机在制版过程中，由于印版本身的质量以及幅面的变化，尾版夹的位置需有相应变化。尾版夹附着在滚筒上，随着滚筒高速转动，移动的尾版夹造成滚筒整体质心发生变动，导致滚筒的不平衡，影响滚筒转动的平稳性。结果造成印版成像图文跑位，难以满足印刷后道工序的要求，影响印刷品质量，制版机的寿命也会大打折扣。现有技术中的某些直接制版机由于没有配置滚筒动平衡装置，只能制作单一幅面或规格变化不大的印版，若需制作其它幅面的印版，必须对制版机的结构进行改造，而不能根据印版幅面灵活使用；有些制版机则通过滚筒减速尽量降低滚筒的不平衡带来的负面影响，以确保印版成像质量，但是大大影响了出版效率。根据制版滚筒的这一特性，对成像滚筒作平衡调节，使滚筒在各种版材尺寸情况下都处于平衡状态，是相当必要的。

一般刚性转子如果转子直径 D 与转子长度 L 之比(D/L)≥5 时，可只进行静平衡[1]，否则均需作动平衡以消除静不平衡和偶不平衡。研究的制版滚筒，由于其 L 远大于 D，且转速比较低，故可视为刚性转子来研究。

收稿日期： 2011-05-08

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(201026)

作者简介： 邢洁芳(1964—)，女，江苏人，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和印刷企业管理。

1　转子动平衡的力学原理

转子动平衡主要思想是根据振动响应求得转子的不平衡量，一般借助硬支撑或者软支撑平衡机来实现。在这 2 种环境下，阻尼很小，可忽略不计，转子振动的动力学特性大为简化。

1.1　硬支承与软支承动平衡机[2-6]

见图 1，取系统的质心 G 为坐标原点，处于平衡

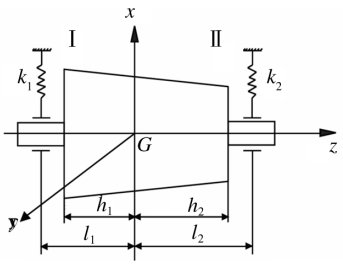

图 1　动平衡原理

Fig. 1 Dynamic balance principle

状态时的旋转轴为 z 轴。设系统质量为 m，绕 z 轴的惯性矩为 J，支承两轴承的弹簧刚度分别为 k_1，k_2，并设任意选定的 2 校正平面的 z 坐标为 h_1，h_2，轴承位置的 z 坐标为 l_1，l_2。如果转子中心的位移为 x，两轴承的位移分别为 x_l，x_2，转轴的倾角为 θ，则有：

$$\begin{cases} x_1 = x + l_1\theta \\ x_2 = x + l_2\theta \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \dfrac{l_2}{l_2 - l_1}x_1 - \dfrac{l_1}{l_2 - l_1}x_2 \\ \theta = -\dfrac{1}{l_2 - l_1}x_1 + \dfrac{1}{l_2 - l_1}x_2 \end{cases} \tag{1}$$

现假设 h_j 处有不平衡 U_j，当转子旋转时在轴承 i 处产生 x_i 的位移。其运动方程为：

$$\begin{cases} m\ddot{x} + k_1x_1 + k_2x_2 = U_j\omega^2\sin\omega t \\ J\ddot{\theta} + l_1k_1x_1 + l_2k_2x_2 = h_jU_j\omega^2\sin\omega t \end{cases} \tag{2}$$

将式(1)代入后得：

$$\begin{cases} \left(m\dfrac{l_2}{l_2 - l_1}\ddot{x}_1 + k_1x_1\right) + \left(-m\dfrac{l_2}{l_2 - l_1}\ddot{x}_2 + k_2x_2\right) = U_j\omega^2\sin\omega t \\ \left(-J\dfrac{1}{l_2 - l_1}\ddot{x}_1 + l_1k_1x_1\right) + \left(J\dfrac{1}{l_2 - l_1}\ddot{x}_2 + l_2k_2x_2\right) = U_jh_j\omega^2\sin\omega t \end{cases} \tag{3}$$

1.2　软支承

软支承时，恢复力可以忽略不计，式(3)可以变为：

$$\begin{cases} m\dfrac{1}{l_2 - l_1}(l_2\ddot{x}_1 - l_1\ddot{x}_2) = U_j\omega^2\sin\omega t \\ \dfrac{J}{l_2 - l_1}(-\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) = U_jh_j\omega^2\sin\omega t \end{cases} \tag{4}$$

求解上式得：

$$\begin{aligned} x_1 &= -\left(\frac{1}{m} + \frac{h_jl_1}{J}\right)U_j\sin\omega t \\ x_2 &= -\left(\frac{1}{m} + \frac{h_jl_2}{J}\right)U_j\sin\omega t \end{aligned} \tag{5}$$

记 $\alpha_{1j} = -\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{h_jl_1}{J}\right)$，$\alpha_{2j} = -\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{h_jl_2}{J}\right)$，它表示软支承时，位于 j 处不平衡量对于 x_1，x_2 处位移的影响系数，它们仅和转子本身有关。

1.3　硬支承

硬支承时，惯性力可以忽略不计，式(3)变为：

$$\begin{cases} k_1x_1 + k_2x_2 = U_j\omega^2\sin\omega t \\ l_1k_1x_1 + l_2k_2x_2 = U_jh_j\omega^2\sin\omega t \end{cases} \tag{6}$$

由此可得：

$$\begin{cases} x_1 = \dfrac{\omega^2}{k_1}\cdot\dfrac{l_2 - h_j}{l_2 - l_1}U_j\sin\omega t \\ x_2 = \dfrac{\omega^2}{k_2}\cdot\dfrac{h_j - l_1}{l_2 - l_1}U_j\sin\omega t \end{cases} \tag{7}$$

记 $\alpha_{1j} = \dfrac{\omega^2}{k_1}\cdot\dfrac{l_2 - h_j}{l_2 - l_1}$，$\alpha_{2j} = \dfrac{\omega^2}{k_2}\cdot\dfrac{h_j - l_1}{l_2 - l_1}$，它们表示硬支承时，位于 j 处不平衡量对于 x_1，x_2 处位移的影响系数。在转速一定、平衡机几何尺度不变的情况下，它们保持恒定。

上述动平衡的影响系数法是常见的动平衡有效校正方法之一。在本实验现场，由于滚筒版夹高出滚筒表面，传感器无法接近滚筒表面，滚筒及版材表面的实际振动量无法有效获得，因此，受滚筒结构限制不适宜采用现场动平衡方法。针对 Leopard800 现行滚筒结构，采用离线动平衡即动平衡机的校正平面分离法来获得平衡校正。

2　滚筒动平衡机构特点

滚筒在更换不同幅面印版时，尾版夹位置及印版尺寸的变化对滚筒产生偏心，必须用平衡装置来调节滚筒的动平衡。根据动平衡原理，理论上刚性转子任意不平衡分布均可在 2 个不同的校正平面上进行平衡[2,7]。平衡好的刚性转子，只要其刚性转子条件成立，无论转速如何改变，其平衡状态总是成立的。成像滚筒作为刚性转子，按照这一原理设计见图 2。滚

筒两端动平衡机构见图 3。

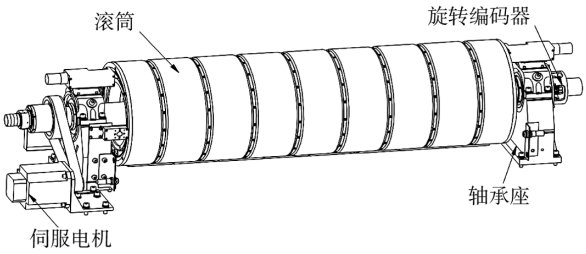

图 2 CTP 成像滚筒

Fig. 2 CTP imaging roller

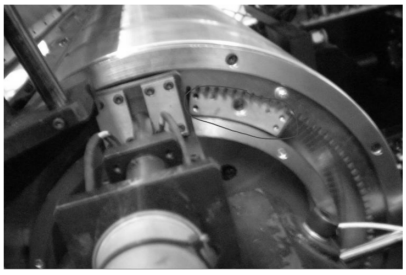

图 3 动平衡机构

Fig. 3 Dynamic balancing mechanism

当需要平衡配重时，滚筒在伺服系统的驱动下转到上次配重位置，电机转动，驱动机构前伸作用于平衡块上的功能孔，使得平衡块上的固定杆脱离内齿圈，即相互释放，滚筒转动到下一次设定的配重位置时停止转动，电机反转，驱动机构缩回脱离功能孔，平衡块在回位弹簧的作用下回位，其固定杆嵌入内齿圈啮合定位，即相互锁定。滚筒两侧装有相同的平衡装置，每侧均有 2 个平衡块，两侧的平衡块夹角相位一致，根据印版尺寸先后分别进行同步调节。其每种版材的平衡位置事先由动平衡机测量决定，并将信息记录在计算机内，需要时由控制系统命令执行。

3 实验

3.1 条件

转子：Leopard800（对开）成像滚筒；固定配重块位置的铜内齿圈共有 144 个齿，沿圆周均匀分布，最小步距为 0.5 个齿；活动版夹压版尾长度：7 mm；平衡块质量：434 g；加重半径 136 mm；尾版夹（活动版夹）质量：156×4 g；0 齿位置：电子编码器编号为 1424。动平衡机：上海浦东高桥试验机厂有限公司生产的 SSHENKE590 动平衡机（见图 4）；平衡机转速：305 r/min。

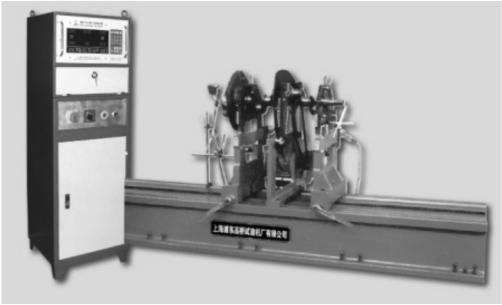

图 4 动平衡机

Fig. 4 Dynamic balancing machine

3.2 调试方法[2,8]

平衡前的滚筒在动平衡机上显示两端不平衡和相位差异均较大，通过加重法将配重小铜块拧入滚筒轴，反复配重至两端数据接近为：18.3 g，∠25°；19.9 g，∠24.6°，滚筒达到平衡要求。然后，将所有不同尺寸的印版一一进行动平衡调试至接近于该平衡数据，记录测试数据，并与用于定位的铜内齿圈一一对应，由齿数决定相位的调节幅度。最终将信息记录在电子编码器内，需要时由控制系统执行，解决由于更换不同幅面版材带来的滚筒动平衡问题。

4 测试数据分析[9-10]

测试的结果见表 1 和表 2。

表 1 测试记录

Tab. 1 Test record

序号	版材规格/mm	1#配重块位置（齿数）	2#配重块位置（齿数）	1#配重块定位（电子编码器脉冲）	2#配重块定位（电子编码器脉冲）
1	650×550×0.3	109.5	14.5	226	1927
2	730×600×0.3	115	21	412	2148
3	745×605×0.3	115.5	21.5	429	2165
4	950×765×0.3	135.5	44.5	1124	2964
5	1030×790×0.3	138	48	1211	3086
6	1050×795×0.3	139	48.5	1245	3103
7	1030×800×0.3	140.5	50.5	1297	3172
8	1055×810×0.3	141.5	51.5	1332	3207
9	1130×900×0.3	12.5	66.5	1853	3728
10	1160×940×0.3	18.5	73	2061	3954
11	900×570×0.3	110.5	15.5	260	1961
12	975×710×0.3	127.5	35.5	846	2652
13	510×400×0.15	95	143	4723	1389
14	525×459×0.15	102.5	7	4983	1667
15	550×433×0.15	99	3	4861	1528
16	510×410×0.15	96	0	4757	1424

表 2　配重块定位数据

Tab.2 Location data of the counterweight block

动平衡机型号:SSHENKE590				
转子(滚筒)质量/kg	120	平衡精度:G4.0 级		
转子加重半径/mm		$R_1=136$	$R_2=136$	
转速/(r·min^{-1})	305	610	900	1500
允许剩余/g	$m_{e1}=55.3$	$m_{e1}=27.6$	$m_{e1}=18.7$	$m_{e1}=11.2$
不平衡量/g	$m_{e2}=55.3$	$m_{e2}=27.6$	$m_{e2}=18.7$	$m_{e2}=11.2$
测量结果	$m_1=18.3$ g　$\phi=25°$ $m_2=19.9$ g　$\phi=24.6°$			
结论	基本满足 900 r/min 的制版精度要求			

由以上实验可知,调节齿圈共 144 个齿,调节步长为 0.5 个齿,滚筒在众多的版材尺寸下进行调试,基本上达到了动平衡的效果,但是还不能做到精确平衡。以表中序列 13 和 16 的 2# 配重块为例,配重块由 0 齿变动一个齿到 143 齿,其位置相对零位变动量,用电子编码器脉冲表示为 1 389－1 424＝35。由此可算出序列 14 和 16 的变动关系,2# 配重块相对零位变动量为 1 667－1 424＝243,不能被 35 整除,也就是说由于版材尺寸过于细分,难以使每种尺寸的版材在运转成像时达到理想的平衡精度。另外,借助于外协进行大量的动平衡测试费时又费事,也不利于设备组装以及使用过程中的调节。对于目前的设计来说,离线动平衡还是一种行之有效的方法。

5　结论

针对 CTP 成像滚筒平衡状态多变的特点,根据刚性转子动平衡原理,采用动平衡机对成像滚筒进行配重实验,寻找平衡块的变化规律,使平衡装置在版材尺寸变化的情况下能够及时得到精确调整,确保成像滚筒能够平稳快速的运转。研究表明:

1) 由于同一台大幅面制版机能够制版的印版幅面多达十几种,版材和版尾夹的变动造成滚筒不平衡。

2) 在众多的版材尺寸下滚筒基本上达到了动平衡的效果,是目前最常用的有效平衡方法之一;但是,由于版材尺寸过于细分,难以使每种尺寸的版材在运转成像时达到理想的平衡精度;另外,借助于外协进行大量的动平衡测试比较麻烦,工作被动、效率低,也不利于设备组装以及使用过程中的调节。

参考文献:

[1] McPHAJL E M. Single Plane Digital Balancing Mzchine[M]. Cincinnati:Modern Machine Shop,2000.
[2] 叶熊安,余汝生. 动平衡原理与动平衡机[M]. 武昌:华中工学院出版社,1985.
[3] 王洁. 激光照排机转子动平衡系统的研究[D]. 杭州:浙江大学,2005.
[4] 葛哲学. 刚性转子自动平衡系统研究[D]. 长沙:国防科学技术大学, 2002.
[5] ZENG S, WANG X X. The Electromagnetic Balancing Regulator and the Automatic Balance System[J]. Journal of Sound and Vibration,1998,209(1):5－13.
[6] BISHOP R E D,GLADWELL G M L. The Vibration and Balancing of an Unbalanced Flexible Rotor[J]. Journal of Mechanical Engineering Science,1959,1(1):66－67.
[7] 三轮修三,下村玄. 旋转机械的平衡[M]. 北京:机械工业出版社,1992.
[8] 赵庆海. 高速单张纸胶印机滚筒平衡的设计计算[J]. 包装工程,2002,23(5):5－8.
[9] 贝恩德·拉森. 用于平衡印刷滚筒的平衡系统:中国,200610077835.2[P]. 2006-11-15.
[10] 杨建刚. 旋转机械振动分析与工程应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007.

(上接第 41 页)

参考文献:

[1] 杨震. 时尚流行趋势产品设计中的应用研究[J]. 包装工程,2011,32(6):71－73.
[2] 陈文强. 关于卧式椭圆形封头容器液位和相应容积的计算[J]. 中国特种设备安全,2007,23(3):13－15.
[3] 付亦升. 一种计算双椭圆平盖封头卧式容器容积的简易方法[J]. 试采技术,2010,31(2):49－50.
[4] 唐静静,董海洋. Pro/ENGINEER 在包装容器结构设计中的应用[J]. 包装工程,2005,26(6):92－93.
[5] 周建华. 三维参数化行为建模技术在包装容器优化设计中的应用研究[J]. 包装与食品机械,2005,23(1):26－28.
[6] 谭雪松,张青,钟延志. Pro/ENGINEER Wildfire 中文版高级应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
[7] 詹友刚. Pro/ENGINEER Wildfire 高级应用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
[8] 二代龙工作室. Pro/ENGINEER Wildfire3.0 高级设计[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
[9] 郭洋. Pro/ENGINEER 企业实施与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2008.