

# 卷筒纸印刷纸张变形测量方法的研究

郭献军

(广州日报报业经营有限公司, 广州 510121)

**摘要:** 对卷筒纸印刷过程中的纸张变形测量方法进行了分析, 利用 CCD 成像和图像处理技术进行了信号采集、图像检测、数据分析等的方法研究和程序设计, 并在卷筒纸平版胶印机上进行了实验, 检测结果与理论分析基本吻合, 方法验证可行, 可作为纸张变形研究和生产质量管理的有效手段。

**关键词:** 卷筒纸印刷; 图像检测; 套准测量; 纸张变形

**中图分类号:** TS802.2; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)23-0120-04

## Investigation of Printing Web Deformation Measurement

GUO Xian-jun

(Guangzhou Daily Newspaper Business Co., Ltd., Guangzhou 510121, China)

**Abstract:** Measuring methods of web deformation under printing condition were analyzed. CCD camera and image analysis technology was used to develop the method of signal sampling, image detection, and data analysis. Corresponding program was developed. Experiment was carried out on a web offset press. The results showed the deformation data produced with the method is well matched with theoretical analysis; the method was proved to be correct and feasible and can be used for further study of printing paper deformation and printing quality control.

**Key words:** web offset printing; image detection; register measurement; paper deformation

平版胶印的套准受纸张质地、水墨条件、印刷速度、印刷方式等多种因素影响。套准偏差主要包括设备调节偏差和纸张变形偏差, 前者主要是滚筒/印版定位偏差, 属固定偏差, 可通过调整减少; 纸张变形偏差是各色印刷之间纸张受张力、挤压、润湿等作用而发生不均匀变形, 引起已印图文尺寸变化而形成的套准偏差, 其随纸张、水墨等生产条件不同而变化, 较难控制和消除。卷筒纸胶印中纸带在张力作用下连续印刷<sup>[1]</sup>, 其纸张变形规律也有别于单张纸印刷。

现有的纸张变形研究多侧重于定性分析和非印刷条件下的测量<sup>[2-5]</sup>。印刷中纸张变形引起的套准偏差的分析和消除是印刷纸张变形研究的目的, 而精确的纸张变形测量是研究工作的基础。基于图像分析的套准偏差测量技术已普遍应用, 各印机制造商或套准系统供应商都有成熟的商业产品, 国内也有一些这方面的探索<sup>[6-7]</sup>, 但是利用套准偏差进行纸张变形测量的方式尚不多见。笔者研究了利用各印色间套

准偏差测量、分析纸张变形原理, 开发了基于图像检测的套准测量程序, 实现了纸张变形的精确测量, 实测结果与理论分析吻合良好。

## 1 印刷纸张变形概述

纸张内部纤维呈立体网状层叠结构, 纤维之间靠分子间物理和化学作用形成连结点, 水分对纤维间的连结点影响很大, 水分增加会使连结变弱; 同时纤维接触表面间的摩擦力对纸张强度也有重要影响, 在张力作用下纸张一般会经历纤维拉伸、纤维间连结或纤维断开、纤维被拔出等阶段, 在整个过程中都会伴随着纤维间的相互摩擦。纸张变形在低应力阶段, 以弹性变形为主; 高应力阶段, 以塑性变形为主, 且与加载时间长短有密切的关系, 具有很强的粘弹塑性特征<sup>[2]</sup>。

纤维吸湿后长度方向会伸长 1% ~ 2%, 直径膨胀会有约 30%。受工业化造纸工艺的局限, 纸张内

收稿日期: 2012-09-08

作者简介: 郭献军(1971-), 男, 河南人, 硕士, 广州日报报业经营有限公司工程师, 主要从事报纸印刷的生产管理和技术分析。

部大部分纤维的长度方向沿着造纸时纸带运动的方向排列(以下简称纵向,与之垂直的方向称为横向),虽然工艺上采取了很多措施削减纤维分布的方向性,但宏观上纸张吸湿后的横向变形仍是纵向变形的1.5~2倍<sup>[6]</sup>。

印刷过程中,纸张因张力拉伸、滚筒挤压发生纤维变形;因吸湿而发生纤维膨胀,沿纸面方向会产生伸缩变形。在纸张纵向,张力拉伸变形与印刷挤压、吸湿引起的变形方向一致;在纸带横向,印刷吸湿和挤压使纸带横向变宽,而张力拉伸则使纸带缩窄<sup>[3]</sup>。

## 2 纸张变形量的测量条件

通过对卫星式卷筒纸胶印过程中新闻纸变形的实验测量和分析,探讨实际印刷条件下的纸张变形测量方法。

### 2.1 实验设备及材料

实验所用的10滚筒卫星式报纸印刷机,采用橡皮滚筒与压印滚筒对压的印刷方式,2个色组共用1个压印滚筒,4个色组构成1个印刷单元,完成单面四色印刷;2个印刷单元组成一个印刷塔,完成双面四色印刷<sup>[5,8]</sup>。印刷单元的滚筒排列见图1。

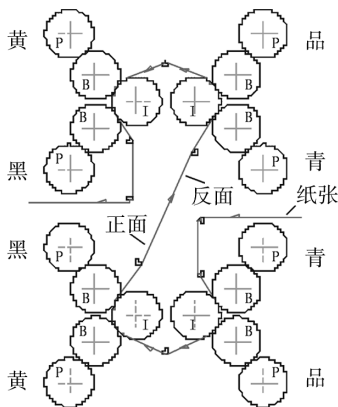


图1 印刷单元结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of the printing units

印刷采用卷筒新闻纸,定量47 g/m<sup>2</sup>,纸带宽度1473.2 mm,成品报纸尺寸736.6 mm×546 mm。

### 2.2 测量工具

讨论的变形是印刷图文所记录的纸张变形。在印刷品边空区域的选定测点位置,放置四色套准色标,用数码相机采集印品上的色标图像,通过图像处理分析方法分析色标图像,提取印刷套准偏差,进一步分

析纸张变形。

选用QI公司自动套准系统的Mini版四色套准色标,色标包括青/品/黄/黑四色8个色块,每色有2个0.2 mm×0.2 mm的色块,整体为2 mm×2 mm的正方形,详见图2。每色的两个色块形成一个色块组合,理

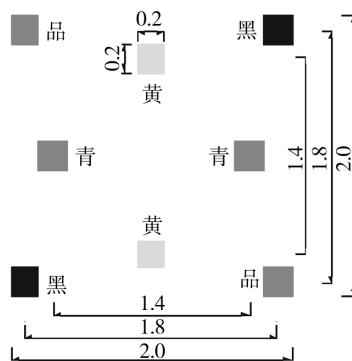


图2 彩色套准色标

Fig. 2 Color register mark

想条件下各色块组合的重心相互重合,通过测量色块组合的重心坐标差,即可得到各色的套准偏差。

选用Dino-Lite AM311S数码显微镜,像场分辨率为640×480 dpi,放大倍率为10~200倍。为减少像场畸变影响,选50倍的放大倍率,色标成像在像场中心区域,尺寸为200×200像素,以1个像素为最小测量单位,测量分辨率为0.01 mm。

### 2.3 测点设置

实验印刷机印版滚筒的宽度方向安装两张对开印版,2张报纸并排印刷在一条纸带上。为了测量整个纸带的变形情况,沿纸带宽度上布置14个测点,每张报纸7个测点,见图3。其中:靠近印刷机操作面的

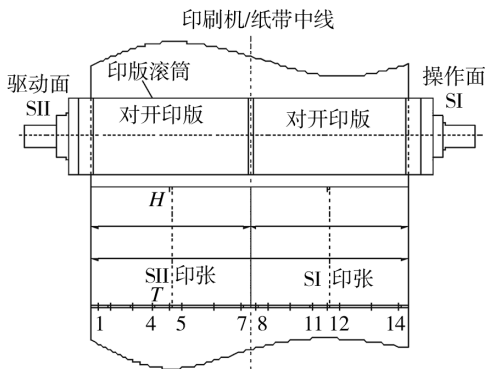


图3 印张上测点的位置

Fig. 3 Measuring points on printing sheets

印张称SI印张,靠近印刷机驱动面的印张称SII印

张;7 号和 8 号测点分别是 SII 印张和 SI 印张上最靠近纸带中线的测点,称为 SII 基点和 SI 基点。各测点位置对应表见表 1。

表 1 测点位置对应表  
Tab.1 Position of measuring points mm

| 分类 | SII 测点(距 SII 纸边距离) |                   |     |      |      |      | 基点   |
|----|--------------------|-------------------|-----|------|------|------|------|
| 编号 | 1                  | 2                 | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 位置 | 30                 | 83                | 185 | 287  | 417  | 567  | 697  |
| 分类 | 基点                 | SI 测点(距 SII 纸边距离) |     |      |      |      |      |
| 编号 | 8                  | 9                 | 10  | 11   | 12   | 13   | 14   |
| 位置 | 766                | 819               | 921 | 1023 | 1153 | 1303 | 1433 |

3 纸张变形的分析与测量

印刷过程中,前色印刷的图文在压印、润湿和张力作用下,尺寸位置会发生变化,与后色印迹形成套准偏差,通过分析套准偏差,可得出纸张变形的数据。

横向套准偏差包括横向的印版定位偏差和纸张变形偏差。在纸面方向,印版定位偏差在整个印张范围内固定不变,纸张纤维吸水膨胀造成的纸张尺寸增加,导致可变偏差。在印刷条件下,纸带两边为自由约束,中心位置的纤维错动膨胀将推动相邻纤维向两侧移动,纸带横向变形应以中线为原点向两侧递增,故理论上纸带中线位置没有横向纸张变形偏差,只有印版定位偏差。图 3 中各测点的横向套准偏差减去纸带中线处的横向套准偏差,即为各测点处的横向纸张变形。

纵向套准偏差同样分为两部分:图文纵向位置偏差和纵向长度偏差。纵向位置偏差包括印版定位、压印转移等引起的图文位置偏差,属固定偏差;纵向长度偏差是各色图文印刷之间,纸张纵向变形不同而引起的偏差。

3.1 测量基准的选择与标定

由图 3 可知,在上述生产条件下,纸带中线位于印刷区域外,无法布置测点;同时,版滚筒上左右两块印版各自的定位基准不同,且难以测定相互位置关系,左右印张上测点的套准数据无法通过基准转换进行统一比较,故在左右印张上,靠近纸带中心位置,布置 7,8 号测点作为各自的基准点,同一印张上测点分别参照各自基准点计算变形,再用两侧的变形数据拼和出整个纸带的变形情况,7,8 号测点之间的纸带变

形暂不予考虑。  
胶版纸在单色印刷机上四色干叠印后,纸张横向变形量约为 0.18%,纵向变形约为 0.1%<sup>[4]</sup>,实验用的四色轮转印刷是高速连续湿叠印,各色印刷的间隔远比四色干叠印短,仅有 0.017~0.12 s,变形量应远小于四色干叠印,实际估测变形量仅约 0.05%,对应色标内部的变形量约为 0.001 mm,这已超出本实验所能检测的精度范围,故予以忽略。

印刷色序为青品黄黑,黑色印刷后,各色图文之间的相对位置便已固定,之后纸张尺寸的变化不再影响套准,各色图文中黑色印迹最接近于原始尺寸和位置,选黑色色块作为色标尺寸标定的基准。

3.2 色标测量的图像处理实现

实验通过数字图像处理方法,采用 MATLAB 编写相关程序,统计目标像素与青品黄黑标准印刷色样的 RGB 空间的距离分布,设立判据,初选色块;以色块自身及色块之间的几何性质关系为基础,设立判据,滤除纸斑和印刷脏点,提取色标色块,标定色块位置和尺寸,通过各色块组合的重心计算套准偏差,最后计算纸张变形,程序流程简图见图 4。

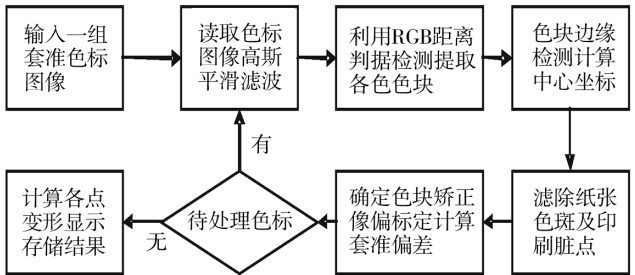


图 4 套准偏差检测程序流程  
Fig.4 Flow chart of register mark image analysis

3.3 纸张变形的实验测量

按照上述实验配置,在 6 万份/h,张力 300 N/m 的实际生产条件下,抽取 6 份印刷样张,采集样张上的测点色标图像,利用程序提取套准偏差,计算纸张横向变形。

处理后的 1 号测点的色标图像见图 5,为方便显示,将所提取的色块边缘和中心用白色细线和十字叠加到原始图像上。各测点四色印迹相对于基准点的横向套准偏差和变形数据见表 2,各测点四色印迹的纸张横向变形对比见图 6。

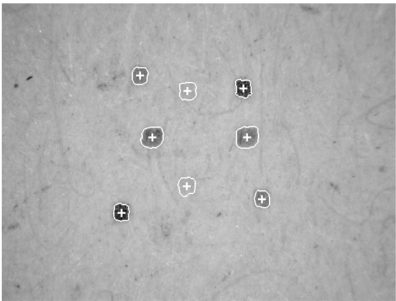


图5 色块边缘及中心的提取

Fig. 5 Edge and center detection of color block

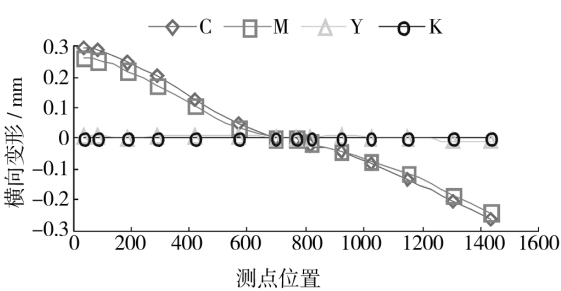


图6 各点四色横向往形

Fig. 6 Cross direction deformation of each points of the 4 colors

表2 各测点横向往形套准偏差和纸张变形

Tab.2 Value of cross register error and web deformation

| 印<br>张             | 测点<br>编号       | 青色块    |        | 品红色块   |        | 黄色块   |        | 黑色基准块 |       |
|--------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
|                    |                | 套准偏差   | 横向往形   | 套准偏差   | 横向往形   | 套准偏差  | 横向往形   | 套准偏差  | 横向往形  |
| SII<br>侧<br>印<br>张 | 1              | 0.255  | 0.292  | 0.285  | 0.258  | 0.071 | 0.006  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 2              | 0.249  | 0.286  | 0.279  | 0.251  | 0.071 | 0.006  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 3              | 0.211  | 0.248  | 0.248  | 0.220  | 0.067 | 0.001  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 4              | 0.169  | 0.206  | 0.204  | 0.176  | 0.074 | 0.009  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 5              | 0.087  | 0.124  | 0.132  | 0.104  | 0.074 | 0.009  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 6              | 0.006  | 0.044  | 0.061  | 0.033  | 0.070 | 0.005  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 7 <sup>1</sup> | -0.037 | 0.000  | 0.028  | 0.000  | 0.065 | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| SI<br>侧<br>印<br>张  | 8 <sup>1</sup> | -0.044 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.045 | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 9              | -0.062 | -0.018 | -0.013 | -0.013 | 0.048 | 0.003  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 10             | -0.086 | -0.042 | -0.038 | -0.038 | 0.052 | 0.007  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 11             | -0.124 | -0.080 | -0.072 | -0.072 | 0.046 | 0.001  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 12             | -0.175 | -0.131 | -0.115 | -0.115 | 0.048 | 0.003  | 0.000 | 0.000 |
|                    | 13             | -0.253 | -0.209 | -0.186 | -0.187 | 0.038 | -0.007 | 0.000 | 0.000 |
|                    | 14             | -0.305 | -0.262 | -0.242 | -0.242 | 0.042 | -0.004 | 0.000 | 0.000 |

注：‘+’表示变形方向为 SII，‘-’表示变形方向为 SI。

实验结果显示：卷筒纸印刷中，纸张横向往形以纸带中心为原点向两侧呈线性递增，单位宽度上横向往形率基本恒定。实际操作中，若以纸带中心为基准进行套准调节，可将两侧的横向往形套准偏差减少 50%，再辅以横向往形扩散补偿机构的调节，可以提高印刷质量和生产效率。图 6 中 SII 和 SI 横向往形略有不同，应与纸张匀度或图文不同导致的水墨量差异有关。

测试的高速湿叠印横向往形纸张变形率仅有 0.045%，比四色干叠印的 1.8% 小得多，可见变形时间越长，变形量越大。实际生产中缩短低速调整时间，可以减少消耗，提高质量。

4 结论

实验测量结果与理论定性分析十分吻合，表明实验原理正确，方法可行。基于图像处理的检测方式，

对生产干扰较小，便于大量的检测和快速处理，通过完善色块提取相关技术，还可进一步提升检测精度和运行效率。

参考文献：

[1] 孙玉秋. 卷筒纸印刷机张力控制研究[J]. 包装工程, 2008,29(3):90-92.  
SUN Yu-qiu. Research of Web Press Tension Control[J]. Packaging Engineering, 2008,29(3):90-92.

[2] PATROVA Anna. Investigation of Stress-strain Behaviour of Wet Paper Sheets[D]. Sweden: Lulea University of Technology, 2010.

[3] TRYDING Johan. In-plane Fracture of Paper[J]. Lund University, Lund Institute of Technology, Division of Structural Mechanics, 1996, TVSM-1008:1-148.

- [21] 朱艳巧. 淀粉-肉桂醛包合物的超声波法制备及其在聚乳酸膜中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2010.  
ZHU Yan-qiao. Preparation of Starch-cinnamaldehyde Inclusion Complex by the Ultrasound and Its Application in Polylactic Acid-based Film [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010.
- [22] 张伶俐.  $\beta$ -环糊精包合物的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2007.  
ZHANG Ling-li. Studies on  $\beta$ -CD Inclusion Complex [D]. Urumqi: Xinjiang University, 2007.
- [23] 金征宇, 徐学明, 陈寒青, 等. 环糊精化学——制备与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 268.  
JIN Zheng-yu, XU Xue-ming, CHEN Han-qing, et al. Cyclodextrin Chemistry: Preparation and Application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 268.
- [24] 周亮. 抗菌纸的研究进展[J]. 包装工程, 2005, 26(5): 103-104.  
ZHOU Liang. Progress in Research of Antibacterial Papers [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5): 103-104.
- [25] 东莞市广益食品添加剂实业有限公司. 酒精保鲜剂包装纸及其制备方法: 中国, 200810025653 [P]. 2008.  
Dongguan Guangyi Food Additive Industry Company Limited. Alcohol Preservative Packaging Paper and Its Preparing Method: China, 200810025653 [P]. 2008.
- [26] NORTHOLT M D, FRISVAD J C, SAMSON R A. Occurrence of Food-borne Fungi and Factors for Growth [J]. Introduction to Food-borne Fungi, 1996: 243-250.
- [27] SMITH J P, OORAIKUL B, KOERSEN W J, et al. Shelf-life Extension of a Bakery Product Using Ethanol Vapor [J]. Food Microbiology, 1987, 4: 329-337.
- [28] LATOU E, MEXIS S F, BADEKA A V, et al. Shelf Life Extension of Sliced Wheat Bread Using Either an Ethanol Emitter or an Ethanol Emitter Combined with an Oxygen Absorber as Alternatives to Chemical Preservatives [J]. Journal of Cereal Science, 2010, 52: 457-465.
- [29] MOSAYYEBZADEH A, MOSTOFI Y. Ethanol Vapor Could Improve the Efficacy of Modified Atmosphere Packaging to Control Gray Mold in Iranian Table Grape [J]. Acta Horticulturae, 2010, 876: 217-220.
- [30] CHERVIN, WESTERCAMP, MONTEILS. Ethanol Vapours Limit Botrytis Development over the Postharvest Life of Table Grapes [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 36(3): 319-322.
- [31] LIHANDRA, MANGGIASIH E. Assessment of Ethanol, Honey, Milk and Essential Oils as Potential Postharvest Treatments of New Zealand Grown Fruit [D]. Auckland: AUT University, 2007.
- [32] ZHANG Wang-shu, LI Xian, WANG Xiao-xiao, et al. Ethanol Vapour Treatment Alleviates Postharvest Decay and Maintains Fruit Quality in Chinese Bayberry [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 46(2): 195-198.
- [33] SHAPER O M, NELSON D A, LABUZA T P. Ethanol Inhibition of Staphylococcus Aureus at Limited Water Activity [J]. Journal of Food Science, 1978, 43(5): 1467-1469.
- [34] 赵江. 抗菌包装技术及检测重点[J]. 中国包装, 2010, 30(2): 40-41.  
ZHAO Jiang. Antimicrobial Packaging Technology and the Key Point of Testing [J]. China Packaging, 2010, 30(2): 40-41.
- [35] BLACK R G, QUAIL K J, REYES V, et al. Shelf-life Extension of Pita Bread by Modified Atmosphere Packaging [J]. Food Australia Official Journal of CAFTA and AIFST, 1993, 45(8): 387-391.

(上接第 123 页)

- [4] 王尚义. 最新印刷纸实用知识手册[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1997.  
WANG Shang-yi. Practical Knowledge of The Latest Printing Paper Manual [M]. Beijing: Graphic Communications Press, 1997.
- [5] 范凌群. 平版胶印技术问答[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000.  
FAN Ling-qun. Questions and Answers of The Offset Lithography Technology [M]. Beijing: Graphic Communications Press, 2000.
- [6] 黎妹红, 杜晔, 刘吉强. 一种用于卷筒纸印刷的智能套准系统[J]. 计算机工程, 2011, 37(22): 287-289.  
LI Mei-hong, DU Ye, LIU Ji-qiang. Intelligent Register System for Web-press [J]. Computer Engineering, 2011, 37(22): 287-289.
- [7] 于丽杰, 李德胜. 彩色印刷套准识别方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(5): 163-165.  
YU Li-jie, LI De-sheng. Study on Identifying Register State of Color Printing [J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(5): 163-165.
- [8] 张海燕. 卷筒纸胶印机[M]. 北京: 化学工业出版社, 1996.  
ZHANG Hai-yan. Web Offset Press [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1996.