

利用印刷参数测量纸张毛细管半径

王安玲, 刘福平

(北京印刷学, 北京 102600)

摘要: 根据印刷机辊筒间油墨压力的非均匀分布, 基于油墨渗透深度及印刷参数, 建立了在非线性(抛物线分布)印压作用下的油墨渗透毛细管方程。用超景深三维显微系统 VHX-600 测量了油墨的渗透深度, 利用印压、印刷速度及油墨渗透深度测量结果计算了纸张的毛细管半径。该方法所采用的印压拟合非常接近印刷辊筒间油墨压力分布实际, 使纸张毛细管半径的测量具有更高的精度, 对研究在辊体作用下的油墨渗透及纸张毛细管对印刷质量的影响, 具有实际意义, 为纸张毛细管半径的测量提供了新方法。

关键词: 印刷参数; 加压渗透; 毛细管半径

中图分类号: TS802.5; TS805 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)07-0029-03

Measurement Method of Paper Capillary Radius with Printing Parameters

WANG An-ling, LIU Fu-ping

(Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

Abstract: Based on the parabolic distribution function of ink pressure between two contact printing rollers, using permeating depth formula of printing ink in porous papers, which vary with the printing pressure and printing velocity, the formula of capillary radius was established. By measuring printing pressure, printing velocity and the permeating depth of printing ink in porous papers, the measurement of paper capillary radius was realized. The distribution of ink pressure obtained by this method is much more close to the practical distribution of ink pressure between two contact printing rollers, and the calculation precision of printing ink permeating depth in porous papers was improved. This new method is useful for studying infiltration of printing ink and the influence of capillary radius on printing quality.

Key words: printing parameter; pressed filtration; capillary radius

油墨在纸张中的渗透和吸收与纸张毛细管管径粗细及纸张疏松程度相关, 定量研究纸张毛细管结构与分布对提高印刷质量是十分重要的^[1-9], 也是造纸和印刷工作者十分关心的纸张特性参数之一。如何实现其测量一直是一个比较困难的技术问题, 目前常见到的是反射光测法^[1,10], 通过测量光的反射率实现纸张毛细管半径的测量, 但由于光反射率的测量通常会带有很大的误差, 其时间导数还会使测量误差进一步放大, 同时该方法还需要知道纸张的空隙率, 对于纸张空隙率的测量也十分困难, 目前也没有好的测量方法, 由此计算纸张毛细管半径势必会带有大的误差。基于上述原因, 曾利用纸张渗孔比的测量实现了毛细管半

径的定量测量, 并不需要测量光的反射率, 同时还避免了空隙率的直接测量。由于实际印刷是辊体间的相互作用实现的^[11-12], 油墨压力的分布是非线性的, 在印刷过程中在不断的变化, 实验和计算均显示棍状印刷机的油墨压力分布近似为抛物线分布^[1-2,11-12], 文献[11]尽管给出了辊筒间压力呈抛物线分布时的油墨渗透深度公式, 但公式未涉及纸张的毛细管半径。笔者建立了油墨压力非线性分布的毛细管半径方程, 该方法更接近印刷辊筒间油墨压力分布实际, 使毛细管半径的测量具有更高的测量精度, 对于研究辊体作用下纸张毛细管分布对印刷质量影响的控制, 具有重要意义。

收稿日期: 2011-01-07

基金项目: 北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PHR201107145)

作者简介: 王安玲(1963—), 女, 山东沂水人, 北京印刷学院副教授, 主要研究方向为电磁数值模拟计算、物理实验测量。

1 印刷机辊筒作用下印刷油墨的渗透

因印刷机辊体间的接触呈现弹性,在接触区内油墨压力随印刷时间的变化是非线性的。模拟及实验研究表明,压力采用抛物线分布是辊筒间油墨压力分布的较好近似^[11-12],若设辊体边缘的线速度为 $v = \frac{dx}{dt}$,在实际印刷时印刷辊体基本是匀速转动的,因此线速度 v 的大小基本是一个常数,则印压与印刷速度大小的瞬时关系为^[11]:

$$p_A = \frac{6Fv}{L_0 l^2} \left(-\frac{vt^2}{l} + t \right) = \frac{6Fv}{L_0 l^2} \left(t - \frac{vt^2}{l} \right) \quad (1)$$

其中: L_0 为接触区长度; F 为两辊筒之间的总压力; l 为压痕宽度(非转状态); t 为时间。在印刷辊体间压力呈抛物线分布时,油墨的加压渗透深度可写为^[11]:

$$\xi = \sqrt{\frac{2k}{\mu\phi} \left[\frac{6Fv}{L_0 l^2} \left(\frac{1}{2} t_p^2 - \frac{vt_p^3}{3l} \right) - p_i t_p \right]} \quad (2)$$

式中: t_p 为印刷过程中两辊体从接触到分开的时间(加压印刷时间); μ 为油墨黏度系数; p_i 为大气压。

加压印刷结束后,由于毛管力的存在,使油墨产生了进一步的渗透,其深度可用下式计算(一般取毛管渗透时间为加压印刷时间^[1-2]):

$$h = \sqrt{\frac{\bar{r}\sigma}{2\mu} t_p} \quad (3)$$

式中: σ 为油墨表面张力; $\bar{r}$ 为平均毛管半径。则油墨的总渗透深度为:

$$D = \xi + h = \sqrt{\frac{2k}{\mu\phi} \left[\frac{6Fv}{L_0 l^2} \left(\frac{1}{2} t_p^2 - \frac{vt_p^3}{3l} \right) - p_i t_p \right]} + \sqrt{\frac{\bar{r}\sigma}{2\mu} t_p}$$

由于纸张是非常容易变形的,很难利用达西定理测量油墨在纸张中的渗透率 k ,单独的渗透率参数也没有实际意义,因此印刷纸张一般并不提供渗透率参数值。纸张毛细管半径可用纸张渗透率和纸张孔隙度表示^[10],即 $k = \frac{\phi r^2}{8}$,所以油墨的总渗透深度与毛细管半径的关系方程可写为:

$$D = \sqrt{\frac{\bar{r}^2}{4\mu} \left[\frac{6Fv}{L_0 l^2} \left(\frac{1}{2} t_p^2 - \frac{vt_p^3}{3l} \right) - p_i t_p \right]} + \sqrt{\frac{\bar{r}\sigma}{2\mu} t_p} \quad (4)$$

2 纸张毛细管半径的测量方法

在式(4)中,印压、加压印刷时间可通过印刷适性

仪器可以直接测量,油墨的粘度系数可通过油墨粘度测量实验获得。油墨渗透深度的测量可利用 KEY-ENCE 超景深三维显微系统 VHX-600 实现较准确的测量。利用上述测量结果可以计算纸张毛管半径。

设 $u = \sqrt{r}$, $a = \sqrt{\frac{1}{4\mu} \left[\frac{6Fv}{L_0 l^2} \left(\frac{1}{2} t_p^2 - \frac{vt_p^3}{3l} \right) - p_i t_p \right]}$, $b = \sqrt{\frac{\sigma t_p}{2\mu}}$, 则有:

$$au^2 + bu - D = 0 \quad (5)$$

解方程(5)可获得纸张的毛管半径测量结果。

2.1 辊状印刷机油墨渗透深度的实验测量

利用 IGTAIC2-5 印刷适性仪打样,调 KEY-ENCE 超景深三维显微系统 VHX-600 显微镜放大倍数至 200 倍,将印有油墨的纸张样条用小盒固定,使纸张的截面正对 VHX-600 的显微镜的光孔。调节显微镜,直至在显示器上看出明显的油墨在纸张内部的渗透痕迹。拍摄照片并保存,见图 1,在显示器上调出测量工具,测量油墨渗透深度。

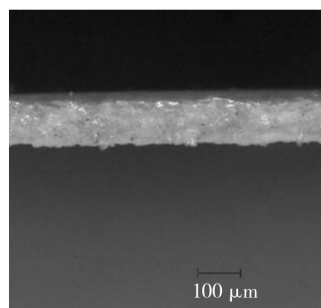


图 1 油墨在纸张中的渗透截面

Fig. 1 Cross-section of permeating depths of printing ink in porous paper

当印刷总压力为 425, 525, 625, 725, 825, 925 N 时,测得的样条压痕宽度分别是 6.3, 6.7, 7.0, 7.8, 8.2, 8.8 mm, 包胶盘宽度为 5 cm,使用的油墨为东洋胶印亮光快干孔雀蓝,印刷速度 0.5 m/s。128 g/m² 铜版纸、100 g/m² 胶版纸、49 g/m² 新闻纸的加压印刷油墨总渗透深度的测量数据见表 1。

表 1 加压印刷油墨总渗透深度的测量数据
Tab. 1 Measuring results of permeating depth of printing ink in porous papers

纸张	印刷压力/N					
	425	525	625	725	825	925
128 g/m ² 铜版	14.46	15.35	16.37	17.16	17.64	17.89
100 g/m ² 胶版纸	23.00	24.64	25.93	26.71	27.33	27.81
49 g/m ² 新闻纸	28.26	29.99	31.26	32.07	32.56	32.94

2.2 纸张毛细管半径的测量结果

由上面的实验数据,利用毛管半径方程(4)及相应油墨参数: $\sigma=40\times10^{-3}\text{ N/m}$, $\mu=65\text{ Pa}\cdot\text{s}$,计算了纸张的毛细管半径,由3种纸张实验数据计算的结果见表2。

表2 毛细管半径的测量计算结果

Tab.2 Measuring results of Capillary radius of papers μm							
纸张	印刷压力/N						平均值
	425	525	625	725	825	925	$\bar{r}$
128 g/m ² 铜版纸	1.120	1.190	1.272	1.331	1.367	1.382	1.277
100 g/m ² 胶版纸	1.840	1.975	2.084	2.138	2.186	2.220	2.073
49 g/m ² 新闻纸	2.373	2.4316	2.536	2.595	2.633	2.659	2.536

表2显示印刷压力对毛细管半径的测量是有影响的:随印力的增加而增大,但总体对测量结果的影响并不大。在印刷压力变化2.25倍的情况下,测量的毛管半径的最大相对误差却小于10%,所计算的毛细管半径在1~3 μm 之间,与已有的文献报道相吻合。

还利用文献[10](平均压力)的方法,由表1数据计算了纸张的毛细管半径,计算结果如下:128 g/m²铜版纸 $\bar{r}=1.429\text{ }\mu\text{m}$;100 g/m²胶版纸 $\bar{r}=2.329\text{ }\mu\text{m}$;49 g/m²新闻纸 $\bar{r}=2.861\text{ }\mu\text{m}$,此方法的计算结果普遍偏大,但测量结果与本文方法在同一个数量级之内。文中的方法更接近印刷压力的实际分布,所计算的结果应更接近纸张毛细管半径的实际值。

3 结论

考虑辊状印刷机两辊筒接触区油墨压力的非线性分布,建立了油墨渗透深度与毛细管半径关系方程。利用印刷参数实现了纸张毛细管半径的测量。给出了在非线性印压作用下,利用印刷参数直接测量纸张毛细管半径的方法。用KEYENCE超景深三维显微系统VHX-600实现了油墨的渗透深度较为准确的测量,所选3种纸张的测量结果表明:所计算的毛细管半径在1~3 μm 之间,与现有文献的报道相吻合,验证了方法的可行性。该方法考虑了印刷压力的非线性分布,更接近辊体印刷实际,从理论上进一步提高了毛细管半径测量的精度,这对纸张印刷适性研

究及印刷参数分析都具有实际意义。

参考文献:

[1] 董明达,王城. 纸张油墨的印刷适性[M]. 北京:印刷工业出版社,1993.

[2] 车茂丰,陈振康,金培奇. 现代实用印刷技术[M]. 上海:上海科学普及出版社,2004.

[3] 朱新连,李小东,刘玉生. 两墨辊控制的胶印油墨流量的分析与研究[J]. 包装工程,2005,26(1):82-84.

[4] 顾小萍,唐正宁. 对喷墨印刷中油墨铺展和渗透的研究[J]. 包装工程,2005,26(5):98-100.

[5] LI Yang, BJÖRN K. Evaluation of the Effects of Ink Penetration in Ink Jet Printing: Experiments and Simulation[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2004(3): 260-264.

[6] LI Yang, R LENZ R, KRUSE B. Light Scattering and Ink Penetration Effects on Tone Reproduction[J]. J Opt Soc Amer,2001,A (18):360-366.

[7] LI Yang. Characterization of Inks and Ink Application for Ink-jet Printing: Model and Simulation[J]. J Opt Soc Amer,2003,20(7):1149-1154.

[8] OLIVER J F,SOUZA E D,HAYES R E. Application of Ultrasonic and Porometric Techniques to Measure Liquid Penetration in Digital Printing Papers [C]. IS&T's NIP18: International Conference on Digital Printing Technologies,2002:505-509.

[9] LI Yang,ANDREW F,NILS P,et al. Studying Ink Penetration with Microscopic and Spectroscopic Techniques [J]. Journal of Imaging Science and Technology,2006,50(4):327-333.

[10] 刘福平,齐晓堃,王安玲. 纸张毛细管半径测量的新方法[J]. 中国造纸学报,2006,27(4):81-84.

[11] 王安玲,齐晓堃,刘福平. 辊状印刷机在印刷过程中油墨的渗透[J]. 包装工程,2006,27(2):85-86.

[12] 王安玲,刘福平,齐晓堃. 辊状印刷机滚筒间油墨压力分布计算方法[J]. 包装工程,2009,30(1):87-88.