



【应用技术】

基于图像分析法对喷墨打印机墨点保真度的研究

司占军

(天津科技大学包装与印刷工程学院, 天津 300222)

摘要: 喷墨打印墨点的保真度通常通过墨点的圆度、面积变化率及打印位置的准确度来衡量。研究了墨点的保真度分析原理,设计了基于图像分析法的打印质量显微图像分析系统。利用显微图像分析系统对 HP、Canon 和 Epson 喷墨打印机分别在三种涂布纸上打印墨点效果进行了分析。实验表明,该方法可用于涂布和印刷图像质量的评价。

关键词: 图像分析; 喷墨打印纸; 墨点保真度

中图分类号: TS807

文献标识码: A

文章编号: 1672-6510 (2007) 03-0080-04

Study of Dot Fidelity of Ink-jet Printing Dots Based on Image Analysis

SI Zhan-jun

(College of Packaging & Printing Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Dot fidelity could be measured by dot roundness, dot area and printing position. The principle of dot fidelity analysis was studied. Micro-image analysis system based on image analysis was designed. Experiments were made by means of this micro-image analysis system on HP printer, Canon printer and Epson printer with three kinds of paper. Results show that this method could be used on the assessment of coating and printing quality.

Keywords: image analysis; ink-jet paper; dot fidelity

随着图像采集及处理系统的快速发展,喷墨打印机作为家庭及办公设备得到了广泛的应用。将图像在纸上的再现程度作为评价标准,使打印结果接近原稿,一直是打印机生产企业追求的目标。喷墨打印机墨点的质量直接影响到整幅图像或文本的打印质量。因此,如何评价打印墨点的质量是目前印刷领域研究的热点。

传统的检测方法是肉眼经验法^[1],该方法属于主观分析,很大程度上依赖检测者的视觉能力和经验。用新型的检测技术——图像分析法进行打印质量的分析,最早用到的是lee^[2],他把41种商用的喷墨打印纸打印的图像与他确定的1个打印模板进行了比较分析; Shuichi Maedal^[3]用此方法分析打印的点、线和实地打印区域的质量,以此来分析数码打印纸涂层的微孔特征; 后来Gemma^[4]通过分析打印字母“E”的面积、周长和周长/面积来分析喷墨打印的质量,实现了初步的定量化。但此法没有应用于墨点的色度变化

研究。本文基于图像分析法,利用圆度和面积等指标分析了打印机的墨点保真度,并进行了实验研究。

1 墨点保真度分析原理

传统的半色调复制中,网点的形状有方形、圆形和椭圆形^[5]。但对喷墨打印来说,理论的最小墨点形状是圆形,这是由于在表面张力的作用下使集结的墨滴成球形,并且重力与横截面垂直,所以墨点为圆形。因此,喷墨打印墨点的保真度可通过判断墨点圆度、面积变化(量)和打印位置进行衡量。

喷墨打印墨点面积是指墨滴离开喷嘴后在纸面上所形成点的面积。如果墨点面积过大,会使图像显色性降低; 墨点面积过小,点与点之间无法连贯,图像会出现空白点; 墨点面积适中,打印的图像圆润饱满。

可以根据墨点面积和圆度来定义墨点的保真

收稿日期: 2007-04-06; 修回日期: 2007-06-28

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金资助项目 (20060907)

作者简介: 司占军 (1971—), 男, 河北省人, 讲师。

度. 对于喷墨打印机来说, 一旦其分辨率被确定, 便可定义一个“指定”墨点面积和一个“理想”墨点面积. 前者是通过印刷机分辨率的倒数定义的, 即矩形像素的面积. 后者被定义为矩形像素外接圆的面积, 是将矩形像素完全覆盖的最小圆形墨点面积. 圆形像素的面积是矩形像素的 $\pi/2$ 倍. 如图 1 所示, 能够完全覆盖像素点的圆形墨点, 其最小直径为方形像素的对角线.

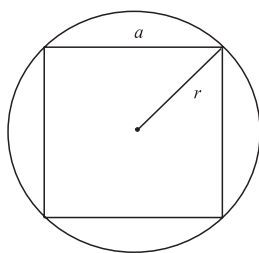


图 1 理想墨点尺寸表示为一个方形像素外接圆图示

Fig.1 Illustration of ideal dot size showing a square pixel inscribed into a circle

圆形点的半径为

$$r = a / \sqrt{2} \quad (1)$$

其中 $a = 1/\text{ppi}$ 是矩形点的边长.

相应的理想墨点面积为

$$A = \pi r^2 = \pi a^2 / 2 \quad (2)$$

印刷图像的分辨率通常定义为单位长度上的像素数 ppi. 对于一幅 600ppi 的 4inch × 3inch 图像, 其像素数为 2 400 × 1 800. 每个像素的面积为 $1/\text{ppi}^2$, 以像素数表示的“指定”墨点面积是 $1\,792\,\mu\text{m}^2$, “理想”墨点面积是 $2\,815\,\mu\text{m}^2$. 将“指定”墨点和“理想”墨点与实际印刷墨点进行比较, 就可定性看出墨点好坏.

墨点圆度 (Roundness, RD) 也体现了墨点的再现实状态, 即墨点保真度. 公式为

$$RD = P^2 / 4\pi A \quad (3)$$

式中: A 为墨点面积; P 为墨点周长.

墨点圆度为 1 时, 墨点接近理想状态, 纸张几乎没有毛细管现象、羽化现象、渗透现象; 小于 1 时, 墨点不完整; 大于 1 时, 墨点扩散. 因此, 墨点保真度值越接近 1, 墨点质量越好, 图像反差越大.

2 墨点图像分析方法

2.1 测量系统的构成

根据对打印墨点保真度的分析, 建立了测试分析系统, 该系统主要由显微放大镜头、光源、CCD 摄像头、图像采集卡、图像分析软件和计算机组成. 显微放大镜头固定在 CCD 摄像头上, 通过放大作用给 CCD 器

件提供大小合适的光学图像, 再由 CCD、A/D 采集卡对图像进行数字化后, 进入计算机进行分析和处理.

该系统的装置如图 2 所示. 测量时, 将被测的喷墨打印纸水平放置在载物台上, 由光源均匀照射纸面字体, 字体通过显微放大镜头放大, 并在 CCD 上拍摄成像, 形成二维的点阵, 其各点灰度不同. 面阵 CCD 将各点的灰度转换成电信号依次输出, 再经过视频采集卡, 将模拟的视频图像信号转变成数字信号并输入到计算机中, 得到数值化的二维灰度数据, 该数据可用于计算机分析使用. 图 3 为实验流程.

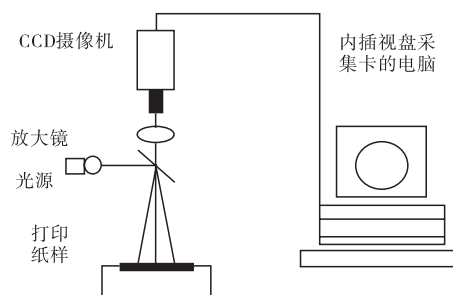


图 2 纸张喷墨打印质量图像测量分析装置图

Fig.2 Measure and analysis equipment of ink-jet printing image

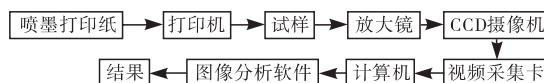


图 3 纸张喷墨打印质量图像测量分析流程图

Fig.3 Flow chart of measure and analysis equipment of ink-jet printing image

2.2 数据处理

喷墨打印出来的字体、文本和图像, 通常由直径 $14\,\mu\text{m}$ 的墨点组成. 在处理过程中, 比较重要的部分是将测量所需图像与背景分割. 采用迭代式阈值分割法来获得最佳阈值, 从而进行图像分割^[2]. 图像分割后, 就可以依据公式, 进一步测量墨点面积和墨点的圆度. 并将真实值与它们的理想值进行比较.

3 实验

3.1 实验材料与设备

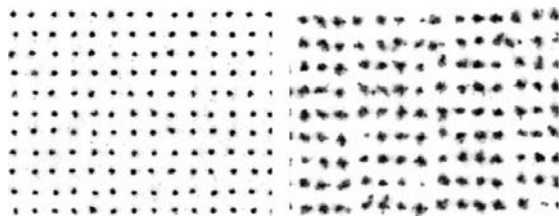
喷墨打印墨点的大小和形状主要取决于基纸的性质, 特别是涂布纸的性能. 本文用 3 种不同的喷墨打印机在 3 种无光泽涂布纸上进行墨点保真度图像的分析, 分别为 Epson、HP 和王子的无光泽涂布纸. 3 种打印机均为逐点按需式喷墨打印机, 分别是

Hewlett Packard DeskJet™ 932C, Epson Stylus Color™ 900 和 Canon S450. 其中 HP 和 Canon 是热气泡式喷墨打印机; Epson 是压电式喷墨打印机. 所用的 C、M、Y 色墨均为水性染料.

图像分析采用 Media Cybernetics 公司的 ImageXpert 系列 ImageXpert 9.14 和 Image Pro Plus 4.5. 印刷图案是在一个 180×180 的网格像素中排列 36×36 方形墨点矩阵. 在图像中, 即使墨点的实际尺寸比理想的尺寸要扩大些, 但很少发生墨点重叠. 图像是通过 Adobe Photoshop™ 在 C、M、Y、K 模式下形成的.

3.2 结果与讨论

设定 HP 喷墨打印机的分辨率为 600dpi, Canon 和 Epson 喷墨打印机的分辨率为 720dpi. 在标准模式下 HP 喷墨打印机 600×600dpi 的分辨率和 Canon、Epson 喷墨打印机 720×1400dpi 的分辨率所得效果一致^[6]. 打印的黑色墨点图像, 如图 4 所示.



(a) 2#纸在 Canon 打印机上 (b) 3#纸在 Epson 打印机上

图 4 打印黑色墨点图像

Fig.4 Black dot image

由图像分析软件, 可获的墨点面积及圆度的实验结果, 如表 1—表 3 所示.

表 1 Canon 喷墨打印机对纸样印刷的墨点数据

Tab.1 Dot data for the Canon printers on samples

纸张	颜色	网点面积/ μm^2	圆度
1#	黑(B)	4 395	0.70
	青(C)	9 060	0.49
	品(M)	8 510	0.53
	黄(Y)	7 780	0.57
	平均值	7 436	0.57
2#	黑(B)	2 375	0.93
	青(C)	9 075	0.55
	品(M)	6 000	0.57
	黄(Y)	6 075	0.64
	平均值	5 881	0.67
3#	黑(B)	3 080	0.91
	青(C)	9 925	0.57
	品(M)	6 515	0.59
	黄(Y)	6 675	0.62
	平均值	6 549	0.67

表 2 Epson 喷墨打印机对纸样印刷的墨点数据

Tab.2 Dot data for the Epson printers on samples

纸张	颜色	网点面积/ μm^2	圆度
1#	黑(B)	3 160	0.52
	青(C)	5 720	0.59
	品(M)	5 295	0.53
	黄(Y)	6 640	0.54
	平均值	5 204	0.54
2#	黑(B)	5 650	0.61
	青(C)	5 450	0.55
	品(M)	5 955	0.54
	黄(Y)	8 045	0.64
	平均值	6275	0.59
3#	黑(B)	6 005	0.74
	青(C)	6 360	0.66
	品(M)	6 970	0.56
	黄(Y)	6 935	0.53
	平均值	6 568	0.53

表 3 HP 喷墨打印机对纸样印刷的墨点数据

Tab.3 Dot data for the HP printers on samples

纸张	颜色	网点面积/ μm^2	圆度
1#	黑(B)	4 875	0.66
	青(C)	4 410	0.53
	品(M)	5 270	0.56
	黄(Y)	4 530	0.56
	平均值	4 771	0.57
2#	黑(B)	3 775	0.68
	青(C)	5 505	0.61
	品(M)	4 330	0.60
	黄(Y)	3 975	0.57
	平均值	4 396	0.61
3#	黑(B)	5 255	0.71
	青(C)	5 580	0.68
	品(M)	4 620	0.65
	黄(Y)	4 255	0.64
	平均值	4 928	0.67

600 dpi 的理想墨点尺寸为 $2\,815\,\mu\text{m}^2$, 720 dpi 的理想墨点尺寸为 $1\,955\,\mu\text{m}^2$. 可以看出, Canon 喷墨打印机印刷 720dpi 的墨点是理想墨点尺寸的 3.4 倍. 在 1#纸上打印的黑色墨点要比理想墨点尺寸大 1.2 倍, 2#纸上打印的黑色墨点要比理想尺寸大 21%, 3#纸上打印的黑色墨点要比理想尺寸大 58%. 1#纸在 Canon 喷墨打印机上打印的彩色墨点尺寸是理想尺寸的 4.3 倍, 2#纸打印的彩色墨点尺寸是理想尺寸的 3.6 倍, 3#纸打印的彩色墨点尺寸是理想尺寸的 3.9 倍.

Epson 喷墨打印机打印 720 dpi 的墨点尺寸是理想尺寸的 3 倍. 在 1#纸上打印的黑色墨点要比理想墨点尺寸大 62%, 2#纸上打印的黑色墨点要比理想尺寸大 1.9 倍, 3#纸上打印的黑色墨点要比理想尺寸大 2.1 倍. 1#纸在 Epson 喷墨打印机上打印的彩色墨点尺寸

是理想尺寸的3倍, 2#纸打印的彩色墨点尺寸是理想尺寸的3.3倍, 3#纸打印的彩色墨点尺寸是理想尺寸的3.5倍。

1#纸在HP喷墨打印机上打印600dpi的墨点平均值较理想尺寸大69%, 用2#纸打印600dpi的墨点平均值较理想尺寸大56%, 用3#纸打印的墨点平均值较理想尺寸大75%。

无论分辨率如何设置, Canon、Epson的平均墨点尺寸分别为 $6\,622\,\mu\text{m}^2$ 、 $6\,016\,\mu\text{m}^2$, 均大于HP的平均墨点尺寸 $4\,698\,\mu\text{m}^2$ 。因此, 对于3种纸样的墨点再现效果来说, HP的墨点面积扩大最小, 且圆度最佳, 而Canon和Epson喷墨打印机相接近。这可能是由于在彩色层高分辨率的模式下, HP的固有分辨率为 $1200\times 2400\text{dpi}$, 而Canon和Epson的固有分辨率为 $720\times 1400\text{dpi}$ 。

对于Canon喷墨打印机, 2#和3#纸样最接近圆形, 均好于1#纸样, 且2#纸样的面积扩大率小于3#, 因此, 2#纸样的面积接近理想面积, 且偏差最小, 墨点最接近圆形, 即墨点保真效果最佳。对于Epson喷墨打印机, 2#纸样墨点最圆, 其次是1#和3#。对于HP喷墨打印机, 3种纸样的墨点面积较接近, 而3#纸样的墨点圆度最好, 其次分别是2#和1#纸样。

4 结 语

本文讨论了喷墨打印墨点的保真度, 提出了一个

基于最小覆盖面积的圆形墨点理想尺寸的概念。基于图像分析法对打印墨点图像进行了分析, 并将分析得到的墨点面积和圆度等进行了比较。

在固定打印条件下, 墨点的特性取决于纸张的涂层。本文仅讨论了3种涂布喷墨打印纸。当图像质量由最小的可印刷墨点控制时, 这样的印刷过程可通过此种图像分析法进行分析和解释, 可用于评价涂布和印刷图像质量。

参 考 文 献:

- [1] 陈 港, 陶劲松. 纸张喷墨打印质量分析技术及其进展[J]. 中国造纸, 2002 (6): 51—58.
- [2] 陶劲松, 陈 港, 祝妙楠, 等. 纸张喷墨打印质量检测系统的建立和研究[J]. 中国造纸, 2004, 23 (10): 17—20.
- [3] Shuichi M, Toru N, Akira N, et al. Development of paper having microporous layer for digital printing [J]. Imaging Science and Technology, 2000, 44 (5): 410—417.
- [4] Gemma M S, Helen J. The use of synthetic silicas in coated media for ink-jet printing[C]//2000 TAPPI Coating Conference and Trade Fair. 2000: 317—327.
- [5] Ulichney R. Digital halftoning[M]. Cambridge: MIT Press, 1987.
- [6] Fleming P D, Cawthorne J E, Mehta F. Interpretation of dot area and dot shape based on image analysis [C]//Proceedings of IS&T's NIP18: International Conference on Digital Printing Technologies. Springfield, VA: IS&T, 2002.

(上接第53页)

- [2] 肖 蕊, 吴 燕, 衣守志. 水分蒸发抑制剂的研究进展[J]. 水资源保护, 2006, 22 (增刊1): 9—12.
- [3] 郭玉梅, 季保华, 刘 宝, 等. 水分蒸发抑制剂的试验研究[J]. 应用化工, 2001, 30 (4): 35—36.
- [4] Rosano H L, La Mer VK. The rate of evaporation of water through monolayers of esters, acids and alcohols [J]. J Phys Chem, 1956, 60: 348—353.
- [5] Archer R J, La Mer VK. The rate of evaporation of water through fatty acid monolayers[J]. J Phys Chem, 1955, 59: 200—208.
- [6] 郑 蓓. 空气/水界面上的棕榈酰胺单分子膜[J]. 膜科学与技术, 1998, 18 (3): 49—52.
- [7] 刘子英, 韩德一, 苏 华. 水分蒸发抑制剂的研究[J]. 表面活性剂工业, 1991 (3): 26—32.
- [8] Barnes G T. The purification of long-chain alcohols for monolayer studies[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1967, 25: 584—585.
- [9] Katti S S, Natekar M V, Sansare S D. Preparation of n-long chain oxypropanols and oxybutanols and their performance as water evaporation retardants [J]. Indian J Technol, 1969, 7 (3): 93—96.
- [10] Simko A J, Dressler R G. Investigation of C20 to C25 fatty alcohols and blends as water evaporation retardants [J]. Indus & Eng Chem-Product Research & Development, 1969, 8 (4): 446—450.
- [11] Garrett W D. Retardation of water drop evaporation with monomolecular surface films[J]. J Atmos Sci, 1971, 28 (5): 816—819.
- [12] Barnes G T. Permeation through monolayers[J]. Colloid and Surfaces, 1997, 126: 149—158.
- [13] Barnes G T. Optimum conditions for evaporation control by monolayers[J]. Journal of Hydrology, 1993, 145 (1-2): 165—173.
- [14] 赵国玺, 朱埏瑶. 表面活性剂作用原理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 446—450.