

纸张表面性能对调频加网数字印刷图像阶调密度的影响

郭倩, 陈广学

(华南理工大学, 广州 510640)

摘要: **目的** 研究不同纸张表面性能对印刷品不同阶调密度的影响程度。**方法** 选取6种铜版纸, 测量其白度、光泽度、PPS粗糙度、表面强度等纸张表面性能, 用喷墨打印机在不同纸样上分别模拟印刷不同阶调的梯尺色块, 通过密度计测量各印刷色块的密度, 并用灰关联分析法分析实验数据。**结果** 白度的灰关联 R 值较大, 其次为PPS粗糙度的 R 值, 表面强度和光泽度对不同颜色 and 不同阶调有不同的影响程度, 且不同纸张表面性能对黄品青黑四色的影响程度不同。**结论** 纸张白度与印品阶调的关联度较大, 在实际生产中, 为根据需要的印刷效果选取不同的纸张性能提供依据。

关键词: 调频加网; 数字印刷; 纸张表面特性; 图像阶调; 灰关联分析

中图分类号: TS851 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)13-0139-05

Influence of Paper Surface Properties on Image Tone Density during Digital Printing of Frequency Modulated Screening

GUO Qian, CHEN Guang-xue

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT: Objective To study the impact of the surface properties of different papers on different tone densities of prints. **Methods** Six kinds of coated paper were selected and measured for their properties of whiteness, glossiness, PPS roughness and surface strength. The printing of different tone step scale color blocks were simulated on different paper samples using ink-jet printer. To analyze the experimental data, we measured the densities of the printing color blocks by densitometer using the method of grey correlation analysis. **Results** The results showed that the brightness had the largest grey relational R , followed by PPS roughness. The surface strength and glossiness had different R values on different colors and different tones. In addition, different properties showed different degree of influence on CMYK. **Conclusion** Paper whiteness has the largest correlation with printing quality, so that we need to choose different papers according to the need of printing quality during the practical production process.

KEY WORDS: frequency modulation screening; digital printing; paper surface properties; image tone; grey correlation analysis

调频加网是一种网点面积恒定不变, 而网点空间频率可随图像阶调变化的技术。调频加网印刷品由于具有层次再现均匀、不易产生玫瑰斑和龟纹、不受网线角度限制以及阶调再现范围广等优点, 越来越受人们重视^[1]。随着数字印刷系统应用的普及和数字印刷品的日趋广泛, 数字印刷品质量的检测和评价要素及分析方法也就成为业界讨论的焦点^[2-3]。印品的图

像阶调再现能力受到人们的广泛关注。阶调是指印刷品反应原稿层次的能力, 密度是衡量阶调再现一个非常重要的指标^[2-3]。密度越高, 所能再现的印刷品层次越多, 印刷品反差越大。

印刷图像的再现效果除了受印刷工艺过程的影响之外, 纸张的表面性能也是一个非常重要的影响因素。文中以实验为基础, 对纸张的表面特性影响调频

收稿日期: 2014-03-03

作者简介: 郭倩(1990—), 女, 山东人, 华南理工大学硕士生, 主攻印刷包装材料与印前图文处理。

加网数字印刷品阶调网点密度的情况进行研究,总结纸张表面特性影响阶调密度的规律,可为获得高品质印刷品的纸张选择提供依据。

1 实验

1.1 设备和材料

实验材料:选择具有不同表面特性的纸张,分别是1#仿铜喷墨打印纸(200 g/m²)、2#双胶喷墨打印纸(135 g/m²)、3#恒彩RC(200 g/m²)、4#色彩丽达JC市售铜版纸(230 g/m²)、5#Photo Grade Semi-Gloss 亚光照相纸(230 g/m²)、6#哑光喷墨打印纸(165 g/m²);打印墨水采用广州誉色公司的MEGA8色墨水。

实验设备:电子分析天平(AL204),残余油墨测试仪(Color Touch PC),纸张表面粗糙度仪(L&W CE165),光泽度仪(Novo-Gloss TM),厚度仪(L&W 250),IGT印刷适性仪(AIC2-5),EPSON Stylus Pro7880c数字喷墨印刷机,X-Rite530密度计,Mat-lab编程软件。

1.2 过程

1) 将选取的6种具有不同表面特性的铜版纸分别编号为1#纸样、2#纸样、3#纸样、4#纸样、5#纸样、6#纸样。

2) 分别用电子分析天平(AL204)、残余油墨测试仪(Color Touch PC)、表面粗糙度仪(L&W CE165)、光泽度仪(Novo-Gloss TM)、IGT印刷适性仪(AIC2-5)测试纸张的定量、白度、表面粗糙度、表面光泽度、表面强度等,并记录在表1中。

3) 设计制作网点面积率为15%,30%,45%,60%,75%,100%的标准梯尺色块,并用EPSON Stylus Pro7880c数字喷墨印刷机在6种纸样上分别进行打样输出。

4) 用X-Rite530密度计对印品不同阶调处的网点密度进行测量,并分别记录实验数据。

5) 灰关联数据的计算和关联度分析。

1.3 数据处理^[4-8]

1) 首先确定比较数列和参考数列。体现分析对象行为特征的数据序列,称母序列;影响分析对象行

为因素的数据序列,称子序列。一般以因变量为参考数列,以自变量为比较数列,由此分别以印品不同阶调处的密度值作为参考数列(母序列),将纸张各表面性能作为比较数列(子序列)。

2) 数据无量纲化处理。若各因素的物理意义不同,数据的量纲也可能不相同,在比较时较为困难或产生较大误差,由此最好进行数据无量纲化处理。文中采用初值化处理方式,使数据实现无量纲化。设有数据列 $X_0=\{X_0(1), X_0(2), X_0(3), \dots, X_0(n)\}$,对 X_0 做初值化处理,得:

$$X_0 = \left\{ \frac{X_0(1)}{X_0(1)}, \frac{X_0(2)}{X_0(1)}, \frac{X_0(3)}{X_0(1)}, \dots, \frac{X_0(n)}{X_0(1)} \right\} \quad (1)$$

3) 关联系数和关联度的求解。灰色关联系数 $\xi_i(k)$ 计算公式为:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_k |y(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |y(k) - x_i(k)|}{|y(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |y(k) - x_i(k)|} \quad (2)$$

记 $i(k)=|y(k)-x_i(k)|$,则

$$\xi_i(k) = \frac{\min_k \Delta_i(k) + \rho \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_k \Delta_i(k)} \quad (3)$$

式中: $\rho \in (0, \infty)$ 为分辨系数, ρ 越小,分辨力越大,通常 ρ 取(0,1),当 $\rho \leq 0.5463$ 时,分辨力最好,一般取 $\rho=0.5$ 。

4) 求关联度 R_i 。将多个关联系数有效合并,如计算平均值,以此作为关联程度的总体度量。计算公式为:

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (4)$$

2 结果与讨论

2.1 不同纸样的表面性能分析

对6种纸样表面性能的测试结果见表1。由表1可知,6种纸张的表面性能存在差异,1#,3#,4#,5#的表面光泽度普遍较高,尤其5#的光泽度最高,1#,6#的PPS值较高,尤其6#的粗糙度最高,2#,6#的白度相对较高,1#,3#,5#的表面强度较高。

表1 纸张表面性能测试

Tab.1 Test table of paper surface performances

	定量/(g·m ⁻²)	厚度/μm	光泽度/%	PPS值/μm	白度/%	表面强度/(m·s ⁻¹)
1 [#]	200	206.27	22.47	2.60	91.26	2.36
2 [#]	135	162.06	2.53	3.41	104.04	0.68
3 [#]	200	208.79	22.17	1.22	94.32	2.71
4 [#]	230	223.57	24.43	1.59	97.80	1.89
5 [#]	230	238.64	50.00	0.97	89.99	2.13
6 [#]	165	175.38	12.80	3.43	99.36	0.47

2.2 不同纸样阶调密度变化规律

分别对6种纸张印刷网点面积为15%,30%,45%,60%,75%,100%的标准梯尺色块,然后用分光密度计测量不同阶调的密度,并绘制6种纸张黑色网点阶调密度的曲线,见图1。

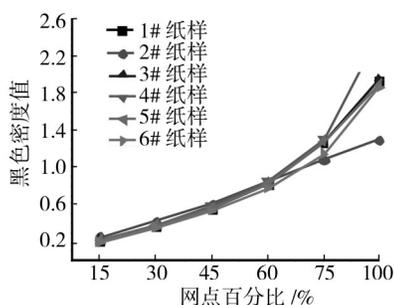


图1 6种纸张不同阶调处黑色密度曲线

Fig.1 Image tone density curves of six kinds of paper

对6种纸张而言,均是黑色网点密度值最大,在亮调区域青品黄黑四色网点密度相差不大,在暗调区域差别最大。一般而言,均是黑色网点密度>品色>青色>黄色。这是因为当光线照射到印刷品上时,光的一部分被吸收,另一部分被反射。印刷品上色调深的地方反射的光量少,则反射密度大;色调浅的地方反射的光量多,其反射密度小。反射密度的计量由反射率得到。反射率可定义为印刷品上某一色调区反射出来的光量 F 与印刷品白纸部分反射出来的光量 F_0 的比值,通常以 R 表示即 $R=F/F_0$,反射光学密度 $D=\lg 1/R=\lg F_0/F^{[9-13]}$,由于黑墨对光线的吸收最强,反射光较少,所以黑墨的密度最大。

由图1可知,在5%~65%阶调密度随网点面积覆盖率的增加,增长较缓慢,65%阶调以后密度随网点面积覆盖率增加较快。这种不均匀性,说明了网点

在亮调、中间调发生一些小的变化,对印刷品的阶调再现影响不大,而在暗调发生小的变化,对阶调再现就有较大的影响。由此,印刷时暗调的控制比亮调、中间调难度高。在暗调区域6种纸张的黑色网点密度差别较明显,在亮调、中间调铜版纸的黑色网点密度差别不大。纸张的表面特性(PPS粗糙度、光泽度、白度、表面强度)对图像亮调、中间调的影响不是很大,它们之间的相关性小。铜版纸的表面特性对网点密度暗调的影响程度比对亮调、中间调的影响程度要高。

调频加网印刷品的实地密度较高,说明调频加网能获得更加清晰的图像。与调幅加网不同,由于调频网点分布不规则,不存在网线角度问题,所以解决了“龟纹”问题。调频加网采用的网点面积特别小,图像复制清晰度高,复制效果接近连续调的摄影稿,特别是亮调和暗调部位细微层次得到了很好的再现^[14-15]。

2.3 纸张表面性能与印刷阶调的灰关联分析

通过实验过程(5)计算所得不同阶调处网点密度与纸张不同性能的关联度数据见表2—5。

如表2—5所示,将白度的灰关联度标记为 R_1 ,光泽度的灰关联度标记为 R_2 ,PPS粗糙度的灰关联度标记为 R_3 ,表面强度的灰关联度标记为 R_4 。针对参考序列的各比较序列关联度按顺序排列,构成关联序,它反映了各子序列对同一母序列影响大小的关系^[4-5]。关联度越大的子序列,其发展趋势和变化快慢与母序列越接近,与母序列的关联越密切。即关联度越大,说明两序列的关系越贴近,影响程度越大。

实验结果表明,白度的灰关联 R_1 值最大,其次为PPS粗糙度的关联度 R_3 ,由此对于阶调影响最大的纸张表面特性是白度。在所有测试的表面特性中,白度

表2 不同阶调处黑色密度与纸张性能的灰关联数据

Tab.2 Grey relational analysis data of black density and paper properties at different image tones

纸张性质	15%	30%	45%	60%	75%	100%
白度(R_1)	0.9541	0.9588	0.9572	0.9557	0.9337	0.8775
光泽度(R_2)	0.6202	0.6231	0.6216	0.6244	0.6246	0.6501
PPS粗糙度(R_3)	0.7184	0.6995	0.6783	0.6410	0.6588	0.8331
表面强度(R_4)	0.6340	0.6034	0.6110	0.6258	0.7889	0.7314
灰关联序	$R_1>R_3>R_4>R_2$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_4>R_2$	$R_1>R_4>R_3>R_2$	$R_1>R_3>R_4>R_2$

表3 不同阶调处品色密度与纸张性能的灰关联数据

Tab.3 Grey relational analysis data of magenta density and paper properties at different image tones

纸张性质	15%	30%	45%	60%	75%	100%
白度(R_1)	0.7905	0.9392	0.9570	0.9548	0.9459	0.9247
光泽度(R_2)	0.5611	0.6213	0.6239	0.6266	0.6259	0.6312
PPS粗糙度(R_3)	0.6513	0.6991	0.6763	0.6502	0.6628	0.6820
表面强度(R_4)	0.6702	0.6132	0.6144	0.6094	0.6958	0.6186
灰关联序	$R_1>R_4>R_3>R_2$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_4>R_3>R_2$	$R_1>R_3>R_2>R_4$

表4 不同阶调处青色密度与纸张性能的灰关联数据

Tab.4 Grey relational analysis data of cyan density and paper properties at different image tones

纸张性质	15%	30%	45%	60%	75%	100%
白度(R_1)	0.9119	0.9442	0.9491	0.9578	0.9458	0.9389
光泽度(R_2)	0.6257	0.6178	0.6225	0.6231	0.6245	0.6229
PPS粗糙度(R_3)	0.7434	0.7055	0.6903	0.6696	0.6454	0.6301
表面强度(R_4)	0.6467	0.6214	0.5877	0.5792	0.6008	0.6669
灰关联序	$R_1>R_3>R_4>R_2$	$R_1>R_3>R_4>R_2$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_4>R_3>R_2$

表5 不同阶调处黄色密度与纸张性能的灰关联数据

Tab.5 Grey relational analysis data of yellow density and paper properties at different image tones

纸张性质	15%	30%	45%	60%	75%	100%
白度(R_1)	0.9098	0.9172	0.9056	0.9097	0.9138	0.9068
光泽度(R_2)	0.6129	0.6179	0.6173	0.6149	0.6200	0.6199
PPS粗糙度(R_3)	0.6938	0.6808	0.6648	0.6441	0.6363	0.6200
表面强度(R_4)	0.6284	0.6035	0.5739	0.6041	0.5849	0.5774
灰关联序	$R_1>R_3>R_4>R_2$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$	$R_1>R_3>R_2>R_4$

与阶调密度之间相关性最大,其次是PPS粗糙度的影响,光泽度和表面强度在不同阶调有不同的影响程度。在实地密度处,纸张的表面性能对黑色网点的影响程度排序为白度>PPS粗糙度>表面强度>光泽度,对品色网点密度的影响程度排序为白度>PPS粗糙度>光泽度>表面强度,对青色网点密度的影响程度排序为白度>表面强度>PPS粗糙度>光泽度,对黄色网点密度

的影响程度排序为白度>PPS粗糙度>光泽度>表面强度。对四色不同阶调处的灰关联度取均值,比较可知:白度对四色网点密度影响排序为青色>黑色>品色>黄色,光泽度对四色密度影响程度排序为黑色>青色>黄色>品色,PPS粗糙度对四色网点密度影响排序为黑色>青色>品色>黄色,表面强度对四色网点密度影响排序为黑色>品色>青色>黄色。

3 结语

对于图像阶调影响最大的纸张表面特性是白度。在所有测试的表面特性中,白度与阶调密度之间相关性最大,其次是PPS粗糙度的影响,光泽度和表面强度在不同阶调有不同的影响程度。铜版纸不同的表面特性对黑色网点密度的影响最大。在实际生产中,对评价印刷用纸质量及提高铜版纸阶调复制效果具有很大参考价值,为根据需要的印刷效果选取不同的纸张性能提供依据。

参考文献:

- [1] 谢侍棋,成刚虎. 数字加网技术的比较分析[J]. 印刷杂志, 2009(10):39—42.
XIE Shi-qi, CHENG Gang-hu. Comparative and Analysis the Digital Screening Technology[J]. Printed Magazine, 2009(10):39—42.
- [2] 孙中华,范兆东. 纸张对印刷图像不同阶调色彩复制效果的影响分析[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 2(3):23—25.
SUN Zhong-hua, FAN Zhao-dong. Influence of Paper on Color Reproduction in Different Tone Areas[J]. China Printing and Packaging Research, 2010, 2(3):23—25.
- [3] 马凤秋,董荣业,崔永强. 纸张性能对不同阶调处印刷品密度的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(4):43—50.
MA Feng-qiou, DONG Rong-ye, CUI Yong-qiang. Influence of Paper's Performances on Ink Density of Different Tone Areas[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(4):43—50.
- [4] OSTROMOUKHOV V. Chromaticity Gamut Enhancement by Heptatone Multi-color Printing[C]// Proc of SPIE, 1993: 139—151.
- [5] BALASUBRAMANIAN R. The Use of Spectral Regression in Modeling Halftone Color Printers[C]// IS & T/OA Optics & Imaging in the Information Age Proceedings, 1996:372—375.
- [6] MADHUSUDAN S, HAVERINEN H M. Inkjet Printing-process and Its Applications[J]. Inter Science, 2010, 22(6): 673—685.
- [7] KATTUMENU R, REBROS M, MARGARET J. Evaluation of Flexographically Printed Conductive Traces on Paper Substrates for RFID Applications[C]// TAGA Journal of Graphic Technology, 2011:21—25.
- [8] SINGH M, HAVERINEN H M, DHAGAT P. Inkjet Printing-process and Its Applications[J]. Advanced Materials, 2010, 22(6):673—685.
- [9] 朱明,刘真,杨丹丹. 基于局部环境亮度因子的HDR图像阶调压缩研究[J]. 包装工程, 2011, 32(9):85—89.
ZHU Ming, LIU Zhen, YANG Dan-dan. Research on HDR Image Tone Compression Based on Luminance Factor of Local Environment[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9):85—89.
- [10] 易尧华,胡元超,于晓庆. 针对图像阶调的混合半色调方法[J]. 包装工程, 2009, 30(2):90—92.
YI Yao-hua, HU Yuan-chao, YU Xiao-qing. Hybrid Half Toning Method Based on Image Toning[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2):90—92.
- [11] 陈航航. 纸张平滑度和吸墨性对印刷品质量的影响[J]. 印刷质量与标准化, 2008(5):22—26.
CHEN Hang-hang. Smoothness of Paper and Ink Absorption on Impact Printing Quality[J]. Printing Quality and Standardization, 2008(5):22—26.
- [12] 钟泽辉,刘倩. 基于CTP调幅加网工艺下不同纸张对网点扩大的影响研究[J]. 包装工程, 2010, 31(1):79—81.
ZHONG Ze-hui, LIU Qian. Research on Dot Gain of Different Papers Based on AM Screening by CTP[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1):79—81.
- [13] 屈贞才,陈广学,唐宝玲,等. 喷墨纸表面特性对网点增大影响的研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2010(2):226—229.
QU Zhen-cai, CHEN Guang-xue, TANG Bao-ling, et al. Effects of Paper Surface Characteristics on Dot Gain in Ink-jet Printing[J]. China Printing and Packaging Research, 2010(2):226—229.
- [14] 唐辉宇. 纸张性能对印品呈色效果的影响[J]. 包装工程, 2004, 25(6):210—211.
TANG Hui-yu. Affects of the Performances on the Printing Paper Coloring[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(6):210—211.
- [15] 孟迪. 关于铜版纸性能对印刷品质量影响的实验与研究[J]. 印刷质量与标准化, 2012(7):36—38.
MENG Di. Experiment and Research of Performances of Coated Paper Effect Printing Quality[J]. Printing Quality and Standardization, 2012(7):36—38.