

基于网点结构的光学网点扩大特性研究

刘洪豪, 王琪, 柴江松

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要:目的 研究印刷品网点扩大中光学网点扩大特性,量化分析不同类型网点结构对光学网点扩大的影响差异,探讨光学网点扩大的一般规律。方法 根据网点结构,提出周长对网点面积率敏感度的定义,以此分析光学网点扩大随网点结构特性的变化规律,图象栅格化处理器(RIP)输出多种网点结构,以不同网点胶印样张形式验证光学网点扩大规律。结果 对于调幅网点,光学网点扩大大于机械网点扩大;对于调频网点,机械网点扩大大于光学网点扩大。同心圆网点是一种特殊网点结构,兼有调幅、调频光学扩大特性。结论 光学网点扩大不可避免,光学网点扩大值与周长对面积率敏感度正相关,研究不同网点结构的光学扩大特性对印刷品质量控制有一定意义。

关键词: 光学扩大敏感度; 网点结构; 网点扩大规律

中图分类号: TH122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)07-0131-05

Properties of Optical Dot Gain Based on Dot Structure

LIU Hong-hao, WANG Qi, CHAI Jiang-song

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

ABSTRACT: The properties of optical dot gain of printings were researched. The differences in the influence of various dot structures on optical dot gain was quantitatively analyzed to explore the general law of optical dot gain. Based on dot structures, the definition of sensitiveness of circumference to dot area ratio was proposed, and the variation law of optical dot gain with dot structure characteristics was analyzed. Various dots were acquired through RIP. From the perspective of dot sensitiveness, the dot gain law was discussed and then demonstrated through offset printings. For AM dot, optical dot gain was more than physical dot gain. But for FM dot, physical dot gain was more than optical dot gain. Concentric dot owned special structures with properties of both AM and FM dot gain. Optical dot gain was inevitable and positively associated with the sensitiveness of circumference to dot area ratio. Research on the law of optical dot gain is significant to improve printing control.

KEY WORDS: optical dot gain sensitiveness; dot structure; law of optical dot gain

印刷过程中常发生网点扩大的现象,根据原理的不同,网点扩大可以分为机械网点扩大、光学网点扩大。机械网点扩大是指印刷品图文部分网点大于印版图文部分网点,主要是由印刷过程中印刷压力不适、速度不匹配等因素引起的。光学网点扩大是指视觉及仪器测量网点面积大于实际物理网点面积,主要是由入射光线在纸张、油墨中散射引起的。对于机械

网点扩大,可以通过控制橡皮布、润版液、油墨、印刷压力、速度等因素,将网点扩大量降到最低。然而,如何有效控制光学网点扩大,相关研究文献较少,文中主要研究不同网点结构对光学网点扩大的变化规律,为控制网点增大及提高印品质量提供参考。

网点扩大是印刷中经常发生的现象,然而,光学网点扩大起初并未引起重视,直到的Murray-Davis公

收稿日期: 2015-01-23

作者简介: 刘洪豪(1992—)男,山东济南人,南京林业大学硕士生,主攻数字印前及印刷品质量控制。

通讯作者: 王琪(1971—)女,河南上蔡人,博士,南京林业大学副教授,主要研究方向为色彩管理与控制技术,印刷防伪技术等。

式被广泛使用时,发现公式计算出的印刷网点积分密度与实际测量值不符。测量值通常大于公式预测值,这主要由于在建立 Murray-Davis 公式时,没有考虑纸张、油墨的光散射效应,即未考虑光学网点增大现象。

随着人们对印刷品质量要求的不断提高,为了提高 Murray-Davis 公式的精确程度,Yule 和 Nielsen 等人将修正参数 n 引入 Murray-Davis 公式,建立 Yule-Nielsen 公式^[1],该模型在一定程度上提高预测准确度,但修正参数值 n 与纸张种类和加网线数有关,通常为经验值,因此,Yule-Nielsen 公式并未广泛使用。Rogers 将调制传递函数引入到光学网点增大研究中,Ukishima 和 Masayuki 则以纸张的 MTF 分析为基础^[2],将机械网点扩大和光学网点扩大分开考虑,建立了反射率模型。此外,考虑光散射的点扩散函数模型^[3]、散射概率模型^[4]也相继被建立,还有单独以光学网点增大为基础的光谱反射率模型^[5-6],这些模型都将光散射即光学网点增大因素考虑其中,提升了模型预测精度。光散射程度与网点结构有关^[7],文中根据不同网点的特殊结构,提出周长对网点面积率敏感度的定义,以此来度量印品中光散射大小,进而研究不同网点的的光学网点扩大规律,为反射率模型的改进及印品质量控制提供参考。

1 光学网点增大原因

Murray-Davis 公式认为网点的反射率仅与纸张反射率、油墨反射率、网点面积率有关,即反射率是网点面积率的线性函数:

$$R = R_i \alpha + R_p (1 - \alpha) \quad (1)$$

式中: R , R_i , R_p , α 分别为网点总反射率、纸张反射率、油墨反射率、网点面积率。Murray-Davis 公式没有考虑光散射的影响,理想化认为从非图文部分入射的光线只会从非图文部分出射,从图文油墨部分入射的光线只会从油墨部分出射。纸张通常为多层各向异性的材料,且包含纤维及填料等成分,油墨中也会有一些细微的颗粒与空洞,这就造成入射光线会在油墨和纸张内部发生多重反射、散射。

入射光线的多重反射、散射会造成从非图文部分入射的光线会从图文部分出射,从图文部分入射的光线也可能从非图文部分出射^[8],见图1。

如果从纸张入射的光线与从油墨部分入射的光线的光通量相同,那么不会发生光学网点扩大,但是入射光若要从油墨部分入射,必会与墨层相互作用,大部分被油墨层吸收,少量到达纸张内部发生散射,

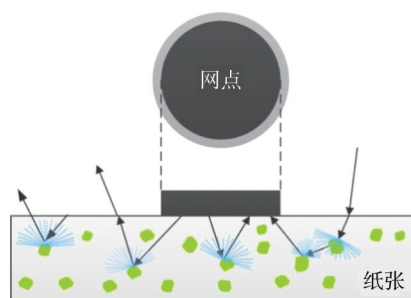


图1 光学网点增大示意

Fig.1 Sketch map of optical dot gain

从而使得图文部分入射非图文部分出射的光通量,小于非图文入射图文出射光通量,这就是导致光学网点扩大,而不是光学网点缩小的成因,宏观的体现在网点周边的空白部分光线出射量下降,密度升高。

光学网点扩大是由油墨和承印物的吸收、光散射性形成的综合效应,光学扩大量主要取决于油墨纸张吸收特性及光散射特性。油墨的吸收特性体现在油墨的反射率及透射率,此外油墨颗粒细度、油墨的粘度会影响光散射大小;纸张主要是由纤维素、填料组成,纸张的平滑度、厚度、纤维素分散度及涂布特性也会影响光散射量^[9]。此外,光是一种电磁波,光散射特性还有光的频率有关^[10],不同波长光对同一纸张的散射量不等。对于其他承印材料,光在传播的过程中也会发生不同程度散射现象^[11]。文中主要从周长对面积率敏感度方面,研究不同类型网点结构的光学网点扩大特性。

2 周长对网点面积率敏感度定义及分析

光学网点扩大主要是由光与油墨、纸张相互作用,入射光发生散射造成的。光散射量与网点的周长正相关^[7],网点形状对光学网点扩大的影响主要是体现在不同形状网点的周长对网点面积率的敏感程度(周长对网点面积率的一阶导数)有差异。以同心圆网点为例:

$$\begin{cases} g = \frac{t}{k} \\ C = 4\pi(3k + 2t) \\ S = 2\pi t(3k + 2t) \end{cases} \quad (2)$$

式中: t , k 为条、空参数; g 为条空参数比; C , S 为周长和面积。在加网线数为 L , 网点面积率为 α 的情况下,根据式(2),可求得同心圆网点周长与网点面积率关系式,见式(3):

$$C = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{8\pi(3+2g)\alpha}{g}}$$

(3)

取周长对网点面积率的一阶导数,获得同心圆网点的敏感度,见式(4):

$$\frac{dc}{d\alpha} = \frac{1}{L\sqrt{\alpha}} \sqrt{\frac{2\pi(3+2g)}{g}}$$

(4)

对于同心圆加网参数,通常取条空参数比 $g=1.8/1.3^{[12]}$,则其敏感度近似为 $5.116/L\sqrt{\alpha}$,其他类型网点结构的敏感度参数见表1,其中菱形角度为60,椭圆的离心率为0.6。

表1 不同网点敏感度

Tab.1 Sensitiveness of various dots

网点形状	敏感度($dc/d\alpha$)	近似值
菱形	$\sqrt{8/\sqrt{3}}/L\sqrt{\alpha}$	$2.149/L\sqrt{\alpha}$
方形	$2/L\sqrt{\alpha}$	$2/L\sqrt{\alpha}$
椭圆	$(2\pi+1)/\sqrt{5\pi}L\sqrt{\alpha}$	$1.838/L\sqrt{\alpha}$
圆形	$\sqrt{\pi}/L\sqrt{\alpha}$	$1.772/L\sqrt{\alpha}$

周长面积比参数能够反映不同网点结构的特有属性,也能够间接反映周长对面积的敏感度,表2给出面积 $S=1$ 情况下,不同形状的周长面积比。

表2 不同网点周长面积比

Tab.2 Perimeter area ratio of various dots

网点形状	周长	周长面积比
圆形	$2\sqrt{\pi}$	3.545
椭圆	$(2\pi+1)/\sqrt{0.8/\pi}$	3.675
方形	4	4
调频	>4	>4

由表1,2可知,不同网点形状敏感度及周长面积比均不同。圆形、椭圆、方形周长面积比及敏感度依次升高,因此,在同等网点面积率下,方形网点光学网点扩大量应大于椭圆形网点大于圆形网点。同心圆网点在中高调部分能够保持较好的双圆环形状,光学扩大量应大于方形网点,调频网点的离散化程度最高,光学网点扩大量应最大。

3 实验

3.1 方法及设备

使用ESKO RIP设计不同网点类型测试文件,使

用富士CTP版材制版,采用东洋油墨、157 g/m²铜版纸在海德堡SM74印刷机上印制测试样张。

使用X-Rite ICplate及Spectroeye测定样张。由于实际样张的物理网点面积率无法真实测定,而IC-plate的测定原理是基于先CCD采集网点图像,后经算法处理获得面积率^[13],可以近似认为IC-plate的测定值为样张物理网点面积率^[14]。Spectroeye的测定值与人眼相似,包含光学网点扩大值,因此,2种仪器测定值之差为光学网点扩大值^[15],比较不同网点结构的光学扩大值,获得光学网点扩大变化规律。

3.2 流程

实验可以分为以下几个步骤:设计不同的网点结构类型,印刷不同网点形状胶印样张,光学网点扩大值测定,流程见图2。

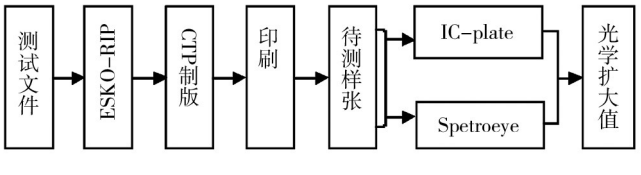


图2 实验步骤

Fig.2 Experimental steps

- 1) 制作测试文件,使用EPKO-RIP分别制作同心圆、圆形、椭圆、方形、调频网点测试文件。
- 2) CTP直接制版,选择157 g/m²铜版纸,使用海德堡SM74印刷不同网点类型测试样张。
- 3) 使用IC-plate测定不同网点形状的印版及胶印样张上灰梯尺数据,使用Spectroeye测定胶印样张,计算两者之差获得光学网点扩大值。

4 实验结果分析

使用Spectroeye的测量数据减去样张IC-plate测量数据,近似获得光学网点扩大值;使用样张IC-plate测量数据减去印版IC-plate测量数据,近似获得机械网点扩大值;使用Spectroeye的测量数据减去印版IC-plate测量数据,获得总网点扩大值。不同网点扩大趋势见图3。

由图3可知,在整个阶调范围内,对于调幅网点,光学网点扩大值高于机械网点扩大;对于调频网点,机械网点扩大高于光学网点扩大;对于同心圆网点,中间调以下,机械网点扩大占主导,中高调部分则光学网点扩大高于机械扩大,这主要由于同心圆网点小于中间调时,网点不能保持良好双圆环形状,网点增

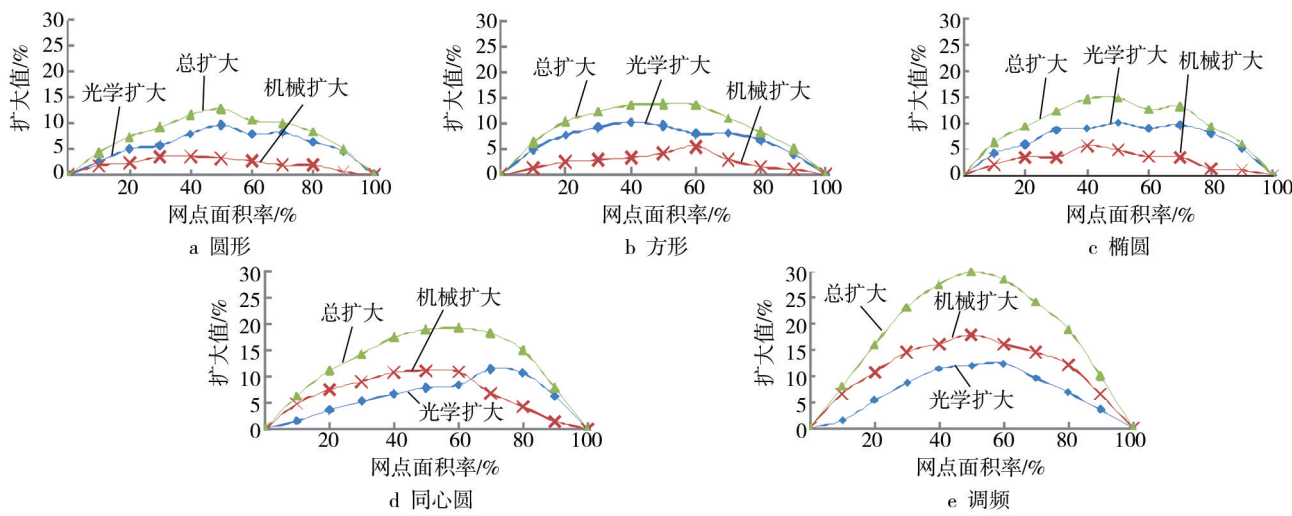


图3 不同网点结构网点扩大曲线
Fig.3 Curves of dot gain of various dot structures

大趋势与调频网点相似,在中高调部分,双圆环特殊结构使得光学网点扩大占主导,网点扩大趋势与调幅网点相似,所以同心圆网点兼有调幅、调频网点特性。总网点扩大排序为:调频,同心圆,方形,椭圆,圆形。多种网点结构的光学扩大值见表3。

由图4可知,调频网点光学扩大趋势最大,网点光

表3 不同网点光学扩大值
Tab.3 Optical dot gain of various dots

网点 形状	面积率/%										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
方形	0	5.0	7.8	9.3	10.3	9.6	8.0	8.1	6.8	4.0	0
椭圆	0	4.2	5.9	8.7	8.9	10.0	9.0	9.6	8.1	5.1	0
圆形	0	2.5	5.1	5.7	8.0	9.6	7.9	8.2	6.4	4.5	0
同心	0	1.5	3.6	5.3	6.7	7.8	8.4	11.4	10.7	6.3	0
调频	0	1.4	5.3	8.6	11.4	12.1	12.4	9.6	6.8	3.5	0

学扩大量降序排列依次为:调频、方形、椭圆、圆形,此排序符合表1,2中敏感度及周长面积比变化规律。由此可以得出,不同的网点结构具有不同的光学扩大特性,在一定范围内,周长对网点面积率敏感度理论可以较好反映光学网点扩大规律。

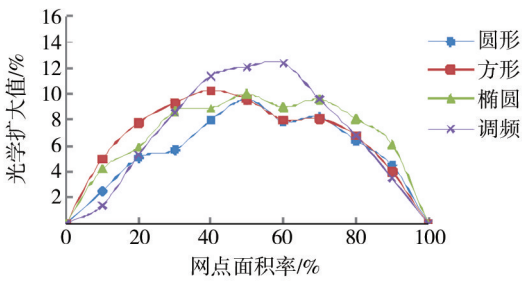


图4 不同网点光学扩大值
Fig.4 Optical dot gain of various dots

5 结语

文中主要分析印刷品网点扩大中光学网点扩大特性,结合不同网点形状结构,提出周长对网点面积率的敏感度的定义,以此分析了不同网点结构光学扩大变化规律,并通过多种胶印网点样张实验证明此规律,实现了对印刷品光学网点扩大的量化表征及理论分析。印刷品光学网点扩大不同于机械网点扩大,对于调幅网点,光学网点扩大占主导,对于调频网点,机械网点扩大占主导;同心圆网点是一种特殊网点,兼有调幅、调频光学扩大特性。光学网点扩大量因网点结构而异,调幅的圆形、方形、椭圆及调频网点的光学扩大量依次增大。调幅圆形网点的光学网点扩大量最小,同心圆网点是较为特殊的网点,

其光学网点扩大量与阶调相关,在高阶调区域光学网点扩大量最大。印刷中,在控制机械网点扩大量一定的前提下,网点总扩大量受光学网点扩大量影响,使用文中提出的敏感度概念能够有效解释及预测不同网点的光学网点扩大量,有助于为不同网点类型做网点扩大补偿,同时为新型网点的网点扩大控制等研究提供参考。

参考文献:

- [1] VIGGIANO J A. Ink Penetration, Isomorphic Colorant Mixing, and Negative Values of Yule-Nielsen n [C]// Color and Imaging Conference. Society for Imaging Science and Technology, 2010(1):285—290.
- [2] UKISHIMA M, KANEKO H, NAKAGUCHI T, et al. A Simple Method to Measure Mtf of Paper and Its Application for Dot Gain Analysis[J]. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 2009, 92(12):3328—3335.
- [3] YANG L, GOORAN S, KRUSE B. Simulation of Optical Dot Gain in Multichromatic Tone Production[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2001, 45(2):198—204.
- [4] 刘萧豪, 王琪. 基于光散射概率函数的半色调反射率模型[J]. 包装工程, 2014, 35(1):108—113.
LIU Xiao-hao, WANG Qi. Halftone Printing Reflectance Model Based on Light Scattering Probability Function[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1):108—113.
- [5] 葛惊寰, 刘振. 基于光学网点扩大的光谱反射率模型研究[J]. 光散射学报, 2011, 32(2):109—113.
GE Jing-huan, LIU zhen. Research on the Spectral Reflectance Model based on Optical Dot Gain[J]. The Journal of Light Scattering, 2011, 32(2):109—113.
- [6] QU Y Y, GOORAN S. A Simple Color Prediction Model Based on Multiple Dot Gain Curves[C]// IS&T/SPIE Electronic Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2011: 786615—786615-8.
- [7] NAMEDANIAN M, NYSTR M D, ELIAS P Z, et al. Physical and Optical Dot Gain: Characterization and Relation to Dot Shape and Paper Properties[C]// IS&T/SPIE Electronic Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2014: 901509—901509-10.
- [8] ROGERS G L. Optical Dot Gain in a Halftone Print[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 1997, 41(6):643—656.
- [9] 杨永刚, 齐晓堃, 张春秀, 等. 纸张性能对印刷品网点扩大和呈色范围的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(2):63—66.
YANG Yong-gang, QI Xiao-kun, ZHANG Chun-xiu, WANG Ya-nan. Effects of Paper Performances on Dot Gain and Color Gamut[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2):63—66.
- [10] 李人劼. 基于纸张各向异性光散射性能测量建立光学网点增大数学模型[J]. 中国印刷与包装研究, 2012(1):67—72.
LI Ren-jie. Measuring Anisotropic Light Scatter within Graphic Arts Papers for Modeling Optical Dot Gain[J]. China Printing and Packing Study, 2012(1):67—72.
- [11] YI J C. Optical Gain Properties of Quantum Dot Arrays Fabricated by the Edge-defined Nanowires[C]// Photonics Society Winter Topicals Meeting Series (WTM), IEEE, 2010: 135—136.
- [12] 王琪. 基于网点结构形态的图像信息印刷复制研究[D]. 南京:南京林业大学, 2013.
WANG Qi. Study on Image Printing Based on Dot Shape[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2013.
- [13] ROGERS G L. Effect of Light Scatter on Halftone Color[J]. JO-SA A, 1998, 15(7):1813—1821.
- [14] NAMEDANIAN M, COPPEL L G, NEUMAN M, et al. Analysis of Optical and Physical Dot Gain by Microscale Image Histogram and Modulation Transfer Functions[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2013, 57(2):20504-1—20504-5.
- [15] KRISTIANSSON P, NILSSON C M, BUSK H, et al. Optical Dot Gain on Newsprint Determined with the Lund Nuclear Microprobe[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 1997, 130(1):303—307.