

# 基于网点结构形态的印刷色彩再现研究

王琪, 周小凡

(南京林业大学 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 南京 210037)

**摘要:** 以调幅网点和同心圆网点作为主要研究对象, 分析了网点结构对网点呈色特性的影响, 应用 Clapper-Yule 颜色预测模型和 Lambert-Beer 法则, 解释了同心圆网点高饱和度色彩再现的机理, 并通过实验对理论分析进行了验证。结果表明: 网点内部结构的差异会影响色彩再现质量, 同心圆网点环形内部结构是影响其印刷呈色的重要因素; 同心圆网点的色彩表现力优于调幅网点, 特别是在饱和度再现上优势明显。

**关键词:** 网点结构; 同心圆网点; 调幅网点; 色彩再现; 饱和度

**中图分类号:** TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)23-0109-05

## Research of Printing Color Reproduction Based on Dot Structure Form

WANG Qi, ZHOU Xiao-fan

(Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** AM dot and concentric dot were taken as the main study objects. The influence of dot structure on color reproduction was analyzed. The color reproduction mechanism of high saturation concentric dot was analyzed with Clapper-Yule model and the law of Lambert-Beer. Experiments were carried out to prove the correctness of the theoretical analysis. The result showed that internal structure of dot can influence color reproduction, and the internal ring structure of concentric dot is an important factor influencing its color reproduction characteristic; concentric dot is superior to AM dot in color reproduction performance, especially in reproduction of saturation.

**Key words:** dot structure; concentric dot; AM dot; color reproduction; saturation

网点是构成印刷图像的最小结构单元。从微观意义上来说, 单个网点形态由其轮廓形状、面积大小、立体形态、内部结构等共同构成。网点形态会对印刷复制产生影响已成为不争的事实, 研发新型数字加网技术, 选择最适用的网点形态, 提高网点的传递与复制能力, 成为重要研究内容<sup>[1-3]</sup>。虽然加网技术在不断更新, 但网点形态仍以实心为主。直到出现了同心圆加网技术, 才实现了世界上第一例非实心网点样式。同心圆网点打破了原有调幅和调频实心网点的常规, 并赋予了网点形态新的涵义, 使网点有了内部结构的含义<sup>[4]</sup>。与实心点相比, 同心圆网点在细节和色彩再现上优于传统网点, 尤其在饱和度再现上有显著的优越性<sup>[5]</sup>。笔者从理论上分析网点内部结构与

与色彩再现的相关性, 研究网点结构影响色彩再现的机理, 并通过实验予以验证, 为同心圆网点的的应用提供理论指导。

## 1 网点结构

根据内部结构的差异, 网点可分为实心点和非实心点。调幅(AM)网点和调频(FM)网点是实心点, 而同心圆网点是环形内部结构, 见图 1, 属于非实心网点。相比于调幅网点, 调频网点最大的优越性是消除了龟纹, 但因其单个网点仅相当于调幅网点的 2% ~ 5%<sup>[6]</sup>, 这种极小网点的再现较困难, 限制了印刷质量。同心圆网点由同心圆环组成, 着墨区域被称为

收稿日期: 2012-10-03

基金项目: 南京林业大学制浆造纸科学与技术江苏省重点实验室开放基金项目(201028)

作者简介: 王琪(1971-), 女, 河南上蔡人, 硕士, 南京林业大学副教授, 主要从事数字印前及色彩控制等的教学及研究工作。

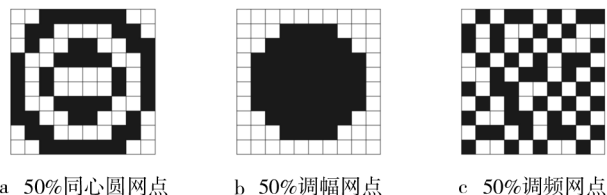


图1 不同结构的网点形态

Fig. 1 Dot shapes of different structure

条,空白区域被称为空,形成条和空相间分布的结构。郭伟<sup>[7]</sup>指出:同心圆网点比调幅网点细节再现性好,比调频网点更平滑,能实现高于普通实心网点的色彩饱和度,且节省油墨。与实心网点相比,同心圆网点显著的特点在于其非实心结构,因此,从内部结构入手对其色彩复制特性进行研究十分必要。

## 2 网点结构与呈色特性理论分析

### 2.1 网点结构与呈色

同心圆网点兼有调幅网点和调频网点的属性,它将调幅网点再细分为条和空,又类似于将调频网点排列成规则圆环,但从本质上来讲,同心圆网点属调幅网点的类型。在相同印刷条件下,调幅网点和同心圆网点的俯视和剖面形态见图2。显然,同心圆网点的

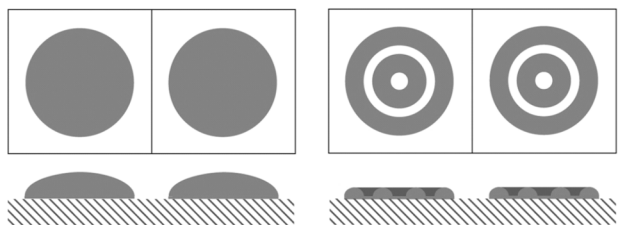


图2 调幅和同心圆网点结构

Fig. 2 Structure of AM dot and concentric dot

着墨底基面积小,能承载的油墨量少,使印刷表面平滑,且节省油墨,有利于细节再现。

当网点面积率相同时,不同结构网点的空白区域对网点最终呈色的贡献是相同的,而网点的着墨形态则是造成印刷呈色差异的必然因素。墨点镜面反射光通量占着墨区总反射量的比例越高,则油墨再现的饱和度就越低,反之则越高<sup>[8]</sup>。如图2,相同网点面积率时,调幅网点承载的墨量大,表面成膜性好,镜面反射量较大;而同心圆网点底基小,无法形成厚墨层,着墨形态相对平整但并不光滑,漫反射特征明显而镜

面反射量较小,所以同心圆网点的结构有助于实现较高的色彩饱和度。

### 2.2 基于模型的呈色分析

墨层总反射量的光谱组成共同影响网点印刷呈色,经过墨层吸收后的油墨本色光的反射特性是影响印刷呈色的另一个重要原因。在网点面积率相同,不考虑墨点镜面反射光(白光)条件下,墨点反射原色光通量越多,其饱和度越高。由 Lambert-Beer 法则<sup>[9]</sup>可知:

$$t = \exp(-\alpha wc) \quad (1)$$

其中: $t$ 为油墨透过率; $\alpha$ 为油墨吸收系数; $c$ 为油墨浓度; $w$ 为光在墨层中的光程长度。当使用同种油墨时, $\alpha, c$ 是常数,因此,油墨透过率 $t$ 仅由光程 $w$ 决定,则由式(1)可知,光程 $w$ 越长,油墨透过率 $t$ 越小。

由改进的 Clapper-Yule 颜色预测模型<sup>[8,10]</sup>可知,单位入射光照射到网点面积率为 $a$ 的印刷表面时,其反射率为:

$$R = Kr_s + mr_g(1-r_s)(1-r_i) \left[ \frac{1-a}{1-r_g r_s} + \frac{at^2}{1-r_g r_i t^2} \right] + (1-m)r_g(1-r_s)(1-r_i) \frac{(1-a+at)^2}{1-r_g r_i(1-a+at^2)} \quad (2)$$

其中: $K$ 为接收镜面反射光比例; $r_s$ 为油墨与空气界面的外表面反射率; $r_i$ 为界面内反射率; $r_g$ 为纸张反射率; $t$ 为油墨透过率; $m$ 为网点内部本色光出射比例。

根据 Clapper-Yule 颜色预测模型,分析光线在网点百分比相同的调幅和同心圆网点中的传播路径,见图3。

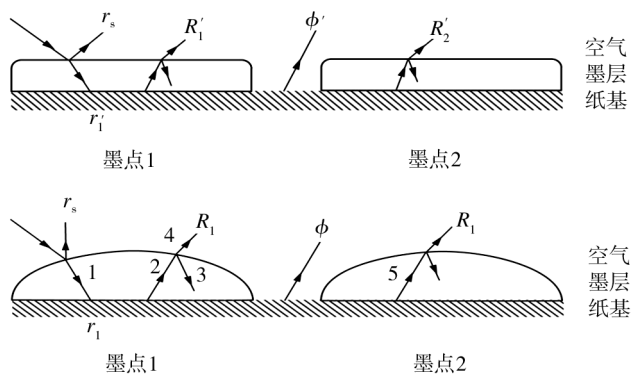


图3 光线在同心圆、调幅网点内的传播

Fig. 3 Transfer path of light in AM dots and concentric dots

在 $45^\circ/0^\circ$ 几何测量条件下, $K=0$ ;当纸张、油墨和加网线数固定时,不同加网方式下的 $r_s, r_g, r_i, m$ 相等<sup>[8]</sup>。由此可得,当网点面积率相同时,同心圆网点

和调幅网点对本色光的反射率仅由油墨透过率决定,即可认为反射率  $R$  是油墨透过率  $t$  的函数。对  $R(t)$  进行求导可得,  $R(t)' > 0$ , 即油墨透过率  $t$  越大, 反射率  $R$  越大。由网点的表面形态可知, 光在调幅网点中传播的光程  $w$  大于同心圆网点, 根据 Lambert-Beer 法则和改进的 Clapper-Yule 颜色预测模型分析可得到如下结论: 光在同心圆网点中传播的光程较调幅网点短, 光在油墨中的透过率就大, 光反射率也大; 因此在相同网点面积率下, 同心圆网点的本色光反射总量大于调幅网点。

综上, 印刷呈色是空白部分反射白光与油墨反射本色光共同作用的结果。当网点百分比相同时, 调幅网点和同心圆网点的空白部分对白光反射量相同, 而同心圆网点本色光反射量大, 即同心圆所反射的本色光在总反射光中占的比例高, 因此同心圆网点呈现出的色彩比调幅网点更加鲜艳明亮。

### 3 实验

#### 3.1 材料与设备

157 g/m<sup>2</sup> 铜版纸, 东洋油墨, 富士 CTP 版材; Esko RIP, 印通, EFI; 海德堡 SM74; X-rite 530。

#### 3.2 方法

同心圆网点在实际应用中比传统网点多一个确定网点参数的工艺, 用以提供最适用的一组相关技术参数, 包括加网线数、CTP 精度、条和空的值等。选择 CTP2540 dpi, 加网线数 175 lpi, 条/空值为 1.8/1.3 作为主体参数, 进行四色印刷。在同一四色印张上实现调幅、调频和同心圆 3 种网点样式, 比较不同结构网点在色彩再现上的差异性。生成单色版和四色版印刷测试样张的过程见图 4。

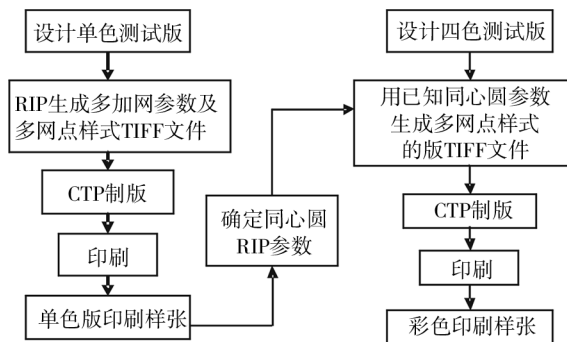


图4 测试样张生产流程

Fig. 4 Production process of test sheet

## 4 结果及分析

通过数据测量发现, 相比于调频网点, 同心圆网点在色彩及阶调再现上无明显优越性; 在阶调层次再现上, 同心圆网点与实心网点差异也不大。因此, 如下实验数据均以调幅网点和同心圆网点为依据, 重点探讨二者在色彩再现上的特性。

#### 4.1 加网线数与网点扩大

网点扩大会影响印刷呈色, 由单色版样张数据得到的不同加网线数下调幅网点和同心圆网点扩大曲线见图 5。

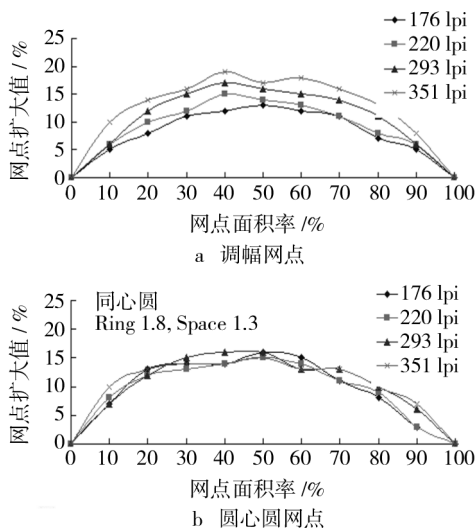


图5 不同加网线数的网点扩大曲线

Fig. 5 Dot gain curves at different screen line number

由于同心圆网点具有多个周长, 按一般的理解, 在同样的印刷条件下, 其网点扩倾向会明显大于调幅网点, 但实验情况并非如此。从图 5 可知, 对于调幅网点, 随着加网线数的增加, 网点扩大值明显增大; 对于同心圆网点, 随着加网线数的提高, 网点扩大值较为接近, 且随着加网线数的提高, 网点扩大波动较小, 且总趋势有所降低。具体表现为 176 线时, 同心圆网点扩大值是大于调幅网点的, 当加网线数提高到 300 线以上时, 同心圆网点扩大值则是小于调幅网点的。由此说明, 网点扩大只是在相对低的加网线数下影响同心圆网点呈色, 而其独特的内部结构则是实现其高饱和度再现的根本原因。

#### 4.2 亮度与饱和度

在单色版印刷样张(用青墨印刷)上相同亮度的调幅网点和同心圆网点区域, 测量得到对应的饱和度

见图6。

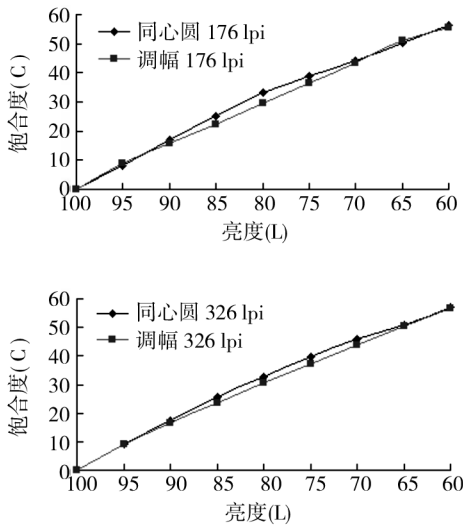


图6 相同亮度下同心圆网点与调幅网点的饱和度

Fig. 6 Saturation of concentric dot and AM dot in the same brightness

在 176 lpi 时,同心圆网点在中间调处的饱和度

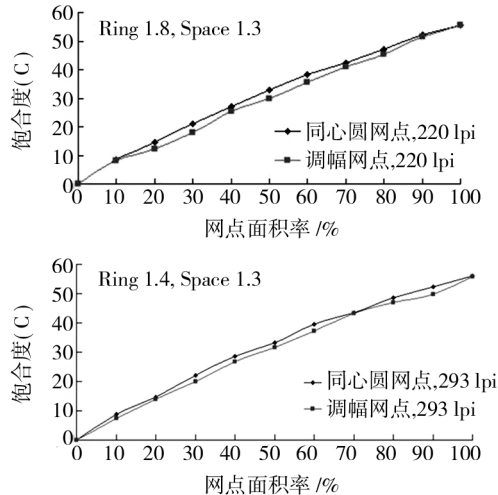
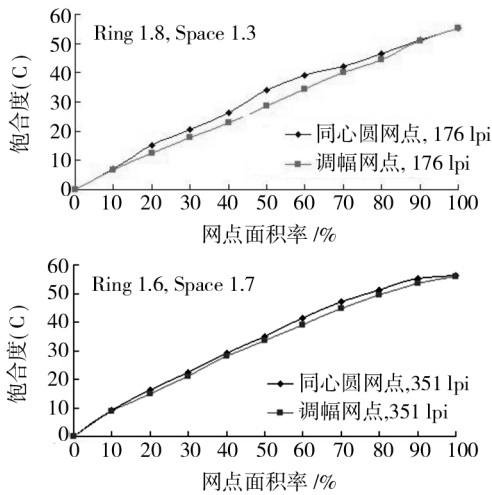


图7 不同加网参数同心圆网点的饱和度

Fig. 7 Saturation of concentric dot in different screening parameters

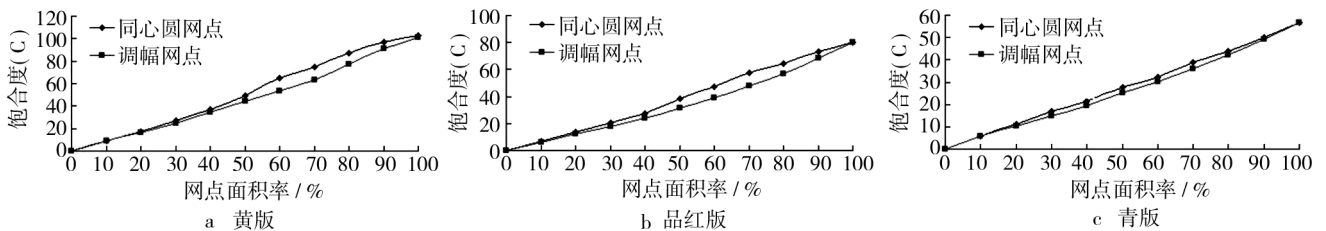


图8 175 lpi 各色版同心圆网点和调幅网点的饱和度

Fig. 8 Saturation of concentric dot and AM dot in different color in 175lpi

高于调幅网点,在 326 lpi 时得到了同样结论。由此可见,同心圆非实心网点结构是造成其高饱和度色彩再现的主要原因。

### 4.3 加网线数与饱和度

条和空的值是同心圆加网参数,分别指网点着墨环和空白环的宽度,单位是 pixel。测试单色印刷样张,得到的不同加网线数、不同条空参数下同心圆网点与调幅网点的饱和度见图7。

在实验过程中发现,对于 1.8/1.3 的条空参数,在 176 lpi 时效果较好,但在 293 lpi 以上时,效果就不明显,说明参数不适用。重新选择了 1.4/1.3 用于 293 lpi,选择 1.6/1.7 用于 351 lpi 时,也得到了较好的饱和度。由此可知,在从低到高的各加网线数条件下,只要选择合适的条空值,都可以得到高于调幅网点的饱和度值。

### 4.4 网点面积与饱和度

测试四色印刷样张上不同面积率的三原色块,得到饱和度曲线见图8。

由图 8 可知,同心圆网点再现色彩饱和度总体高于调幅网点,尤以中暗调部分更为明显;Y 墨和 M 墨饱和度增加的幅度更大,而 C 墨稍弱,可见,同心圆网点高饱和度再现的程度还与墨色有关。

#### 4.5 色域

测量四色测试版印刷样张中的 IT87-3 色靶色度值,得到同心圆网点和调幅网点呈色色域见图 9。线

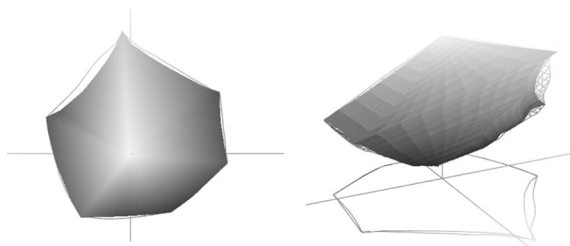


图 9 同心圆网点与调幅网点的色域比较

Fig. 9 Comparison of gamut of concentric dot and AM dot

条范围所对应的是同心圆网点色域,填充部分对应的是调幅网点色域。

观察亮度轴,同心圆网点和调幅网点的亮度值范围基本一致,图像灰度表现能力相差不大。从彩度轴上看,同心圆网点的彩度值范围大于调幅网点。总体来看,同心圆网点的色域明显大于调幅网点的色域,表明同心圆网点的色彩表现能力优于普通调幅网点,色彩更加丰富,理论上会得到更好的色彩复制。

## 5 结语

结合理论描述、数学分析以及实验验证,探索了网点微观结构对其呈色特性的影响,重点考察了同心圆网点与调幅网点在色彩再现上的差异性。结果表明,网点内部结构的差异会影响印刷呈色效果,同心圆网点内部结构是影响其色彩再现的重要原因;加网线数越高,同心圆网点呈色受网点扩大的影响越小;同心圆网点的色彩再现优于调幅网点,特别是在饱和度再现上优势明显;同心圆网点与调频网点相比无显著优越性。实验结论与理论分析相吻合,验证了理论分析的正确性。通过调整网点内部结构来提高网点印刷适性是提高印刷品综合质量的新思路。

#### 参考文献:

- [1] 蒋文燕,司莉莉,李凯. 网点形状对胶印网点复制特性的影响[J]. 包装工程,2010,31(1):83-85.  
JIANG Wen-yan,SI Li-li,LI Kai. Influence of Dot's Shape on Dot Reproduction Attributes of Offset Printing [J]. Packaging Engineering,2010,31(1):83-85.
- [2] 张旭亮. 网点微观结构解析[J]. 测绘通报,2007(12):21-23.  
ZHANG Xu-liang. Analysis of Dot Microstructure [J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2007(12):21-23.
- [3] 李艳云,钱军浩. 基于墨点保真度的喷墨印刷质量分析与评价[J]. 包装工程,2010,31(19):25-26.  
LI Yan-yun, QIAN Jun-hao. Analysis and Evaluation of Inkjet Printing Based on Dots Fidelity [J]. Packaging Engineering,2010,31(19):25-26.
- [4] DETAVERNIER Barbara. Concentric Screening in the Spotlight (not quiet clear).
- [5] 肖志和. 同心圆网点——胶印印刷质量的新高点[J]. 印刷工业,2011(9):78-80.  
XIAO Zhi-he. Concentric Dot: New High Spot of Offset Printing Quality [J]. Printing Industry,2011(9):78-80.
- [6] 刘浩学,武兵,徐艳芳,等. 印刷色彩学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2008.  
LIU Hao-xue, WU Bing, XU Yan-fang, et al. Printing Color [M]. Beijing: China Light Industry Press,2008.
- [7] 郭伟. 同心圆加网的实现及其复制特性的研究[D]. 曲阜:曲阜师范大学,2010.  
GUO Wei. The realization of Concentric Screening and the Research of Replication Characteristic [D]. Qufu: Qufu Normal University,2010.
- [8] HEMEH R D. Spectral Prediction and Dot Surface Estimation Models for Halftone Prints [C]. Conf Imaging IX: Processing, Hardcopy and Applications,2004:1-12.
- [9] 杜艳君,张逸新. 经典彩色预测模型[J]. 包装工程,2006,27(2):99-101.  
DU Yan-jun, ZHANG Yi-xin. Classical Color Prediction Model [J]. Packaging Engineering,2006,27(2):99-101.
- [10] 景翠宁,张二虎. 基于 Clapper-Yule 模型的半色调印品颜色预测[J]. 包装工程,2008,29(7):75-77.  
JING Cui-ning, ZHANG Er-hu. Color Prediction Model for Halftone Prints Based on Clapper-Yule Model [J]. Packaging Engineering,2008,29(7):75-77.