第 18卷第 4期 无锡轻工大学学报 V ol. 18, No. 4
1999年 12月 Journal of Wuxi University of Light Industry Dec. , 1999

文章编号: 1009-038X(1999) 04-0076-04

纸面色斑与纸张的最大信息容量

张逸新 ,唐正宁 ,王纳新 ,钱军浩 ,周春霞
(无锡轻工大学机械工程系 ,江苏无锡 214036)

摘要: 通过研究纸张的最大信息容量以及与其相关的信噪比 ,分析了作为承印材料的纸张对印刷品质量的影响 .结果表明: 影响印刷品质量的纸张信息容量是纸面所含影响油墨转移的呈色色斑平均尺度的敏感函数 ,从统计信息论的角度证实了萨雷尔马和奥蒂南的实验结果.

关 键 词: 印刷质量;纸张;信息容量;信噪比
中图分类号: TS801. 41; TS827 文献标识码: A

报刊的彩色印刷是报业的发展方向 ,然而由于用于报纸印刷的纸张表面常存在着影响油墨转移与呈色的尘埃 ,以及斑点等纸病 (简称色斑) ,这些色斑使得印刷品在它们所在部位的色彩偏离印刷工艺所要求的色彩 ,从而在彩色图文上附加上“噪声” ,影响了印刷品的质量 .如果把印刷过程看作图文信息的转移过程 ,那么纸张表面的色斑实际作用就是阻碍了纸张对图文信息的正确承载 ,也就是说其占用了纸张正确承载图文信息的容量 .所以纸张表面质量对印刷品的潜在影响是一个值得探讨的问题.

本文从信息容量的角度 ,从理论上分析了作为信息载体的纸张表面所存在的色斑对印刷品质量的潜在影响 .研究表明 ,作为印刷工程中图文再现的输出端 ,纸张的最大信息容量直接限制了印刷品的质量.

1 半色调复制品纸张的最大信息容量

印刷质量的优劣 ,实际上就是印刷过程中能否把原稿所具有的层次 ,色彩和细节信息真实地转移到承印材料上去 .因此印刷品质量的优劣可以通过分析印成品上含有原稿信息量的多少来评价 .也就是说可以运用统计信息论的基本原理分析印刷过程中原稿信息的转移规律 ,将系统转移信息量的能力作为质量控制的标准 ,用于评价印刷质量 [1].

1. 1 信息量的概念

对于某件事物进行一次实验之前 ,我们对它所知不甚明确 ,而做过实验之后 ,知道得比较明确了 ,我们就说通过这次实验获得了信息 .对于信息的定量描述是 1949年 Shannon[2] 提出的 .他用“不确定度”的概念来描述所谓知道得“明确”与否 ,而不确定度是用概率来度量

收稿日期: 1998-04-28;修订日期: 1999-09-15
基金项目: 江苏省青蓝工程基金
作者简介: 张逸新 (1956年 2月生) ,男 ,江苏锡山人 ,理学硕士 ,教授.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

的.若在实验之前知道某一事物 f出现的概率为 P_1(先验概率),而做过实验之后则知道 f出现的概率为 P_2(后验概率),当实验之后 f确定出现时,$P_2 = 1$,则定义

$$I_f = -\log_2(P_1/P_2) \tag{1}$$

即为由这个实验获得的关于事物 f出现的信息量.对于一帧图像,其总信息量可看作此画面各相互独立区域内的信息量之和,这相互独立区域的个数 N 即自由度数[3].用灰度阶数 K_n 表示第 n 个自由度上可区分取值 k_n 的阶数.设 k_n 取值 $1, 2, \cdots, K_n$ 的概率相等,且不同自由度上的值 k 相互独立,则这个画面的信息量记为:

$$I = \sum_{n=1}^{N} \log_2 K_n = N \log_2 K \tag{2}$$

1.2 纸张的最大信息容量

由于植物纤维纸、矿物纤维纸等纸张的造纸原料中含有大量色素,虽然在纸张制造过程中作了漂白处理,但纸成品中仍留有大量阻碍油墨转移与正常呈色的纸病,这些纸病严重影响了图文信息的正确传递.设所研究的纸张通过方形网屏加网印刷成单色印刷品,为方便起见假定此印刷品为黑白印刷品.为此假定有一正方形网格把纸张平面分割为许多小方块见图 1,并二值化油墨和纸张的反射率,即认为每一方格或全黑(即反射率 $R = 0$)或者全白($R = 1$).在一定原稿要求的油墨转移压印条件下,任一小格呈白或呈黑是随机的.设方格呈黑的概率为 q,而呈白的概率为 $p = 1 - q$.也就是说,每一小格都呈 $(0, 1)$分布.同时还有理由假定不同小格之间呈黑或呈白是互相独立的.

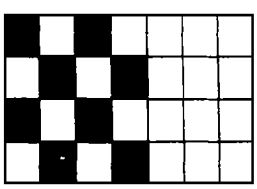


图 1 纸面的方形分割

假定纸张面域 A_0 含有 N 个小方格.当其中有 m 个白格时,面域 A_0 内的反射率 R_f 就等于 m/N.所以 R_f 取 $0, 1/N, 2/N, \cdots, 1$的概率分别等于 N 个小格中有 $0, 1, 2, \cdots, N$ 个白格的概率.

由概率理论可知,N 个方格中有 m 个白格的概率为二项式分布

$$P_N(m) = C_m^N p^m (1-P)^{N-m} \tag{3}$$

其中

$$C_m^N = \frac{N!}{(N-m)!\ m!} \tag{4}$$

m 个方格的平均值为 $\overline{m} = Np$,而方差为 $\sigma_m^2 = Np(1-p)$,由于 $R_f = m/N$,所以有

$$\overline{R_f} = \overline{m}/N = p \tag{5}$$

而纸面上某点 (x, y)的光强平均反射率为:

$$\overline{R} = p \tag{6}$$

而反射率 R_f 的方差为

$$\sigma_{R_f}^2 = \langle (R_f - \overline{R_f})^2 \rangle = \frac{\overline{R}(1-\overline{R})}{N} \tag{7}$$

显然,作为图像信息再现载体的承印材料纸张而言,$\overline{R_f}$可视作为平均信号功率,则信噪比

$$\mathrm{SNR} = \frac{\overline{R_f}}{\sigma_{R_f}} = \frac{\overline{N}\,\overline{R}}{1-\overline{R}} \tag{8}$$

设色斑的平均线度为 l,那么 $N = A_0/l^2$,$A^0 = L_0^2$,故

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

$$SNR = \frac{L_0}{l}\sqrt{\frac{\bar{R}}{1-\bar{R}}} \tag{9}$$

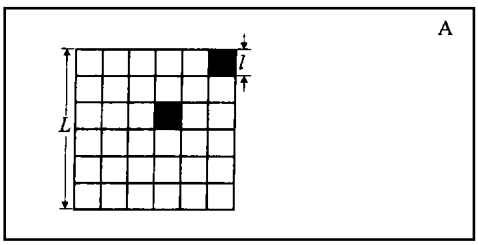


图 2 SNR与 $\bar{R}$的关系

(9)式表明,纸张表面色斑线度 l越小,则纸张的信噪比越高,这与文献[4]的实验结论是一致的.(9)式同时表明,信噪比与 $\bar{R}$有关,对于不同的N值,SNR随 $\bar{R}$的变化规律如图2所示.

把面积为 L^2的一个正方形网点当作一个象元(图3),那么一个网点上的 N为 $N=(L/l)^2$,而(7)式变为:

$$\sigma_{R_f}^2 = \left(\frac{l}{L}\right)^2 \bar{R}(1-\bar{R}) \tag{10}$$

因而从 $\bar{R}=0$到 $\bar{R}=1$可区分的灰度阶数为(设每差 $4\sigma_{R_f}$为一个阶别):

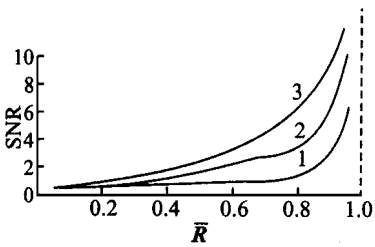
$$K = \frac{1}{4}\int_0^1 \frac{\mathrm{d}\bar{R}}{\sigma_{R_f}} = \frac{L}{4l}\int_0^1 \frac{\mathrm{d}\bar{R}}{\sqrt{\bar{R}(1-\bar{R})}} = \frac{L}{4l}\pi \tag{11}$$

而全张纸上(面积为 A)的像元数目为 $n=A/L^2$,纸张的信息容量为

$$I = \frac{A}{L^2}\log_2\left(\frac{L}{4l}\pi\right) \tag{12}$$

对于一定色斑 l和纸张 A,I只与像元尺寸 L有关.由 $\partial I/\partial L=0$得到

$$L = 1.8l \tag{13}$$



1. $N=2$; 2. $N=4$; 3. $N=16$

图 3 纸张信息容量导出示意图

(13)式表示,当像元面积取为平均色斑的 $(1.8)^2$倍时,可使纸张发挥其承载图文信息的最大容量.即纸张的最大信息容量为:

$$I_{max}(l) = \frac{A}{3.2l^2}\log_2 1.65 = 0.29\frac{A}{l^2} \quad (\mathrm{bit}) \tag{14}$$

上式表明纸张的信息容量与色斑的尺度有关,色斑越小,在同等印刷条件下,印刷品质量越高.

本文从理论上解释了文献[4]的实验现象,即线条图形的空间频率高时印刷品的质量低于图形空间频率低时的印刷品质量.

2 结 论

分析表明,纸张承载图文信息有一个最大容量 I_{max},它是纸张表面色斑平均尺度 l的敏感函数;同时,要使纸张承载图文信息的容量达到最大,加网网点线度 L应为色斑平均线度的1.8倍.纸张的信息容量 I是线条图形或网屏空间频率 $1/2L$的敏感函数.上述结果表明,在印刷工艺设计中应根据客户要求,合理选择纸张 l和加网网距 L,以达到最佳印刷的效果.

参考文献:

[1] 斯切特 KR,赫雷德基 R.国外印刷论文集[M].陈德荣译.北京:印刷工业出版社,1985. 220~229

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

[2] SHANNON C F, WEAVER W. The mathematical theory of communication[M]. New York: University of Illinois Press, 1949.
[3] WOLF E. Progress in optics[M]. Amsterdam: North- Holland, 1971. 31 ~ 407
[4] 萨雷尔马 H,奥蒂南 P.印刷品质量的检测与控制[M].陈德荣译.北京: 印刷工业出版社, 1992. 339 ~ 349

Mottle of Paper Surface and the Maximum Information Content of Printing Stock

ZHANG Yi-xin, TANG Zheng-ning, WANG Na-xin,
QIAN Jun-hao, ZHOU Chun-xia
(Department of Computation Science & Information Communication, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract The effect of printing stock on the printing quality is analyzed by the study of the maximum information content and the signal-to-noise of the printing stock. The results showed that the information content of the paper, which affects the printing quality, was the sensible function of the mottle, which affects the ink transferring. The conclusion of this paper is agreed with the result of some reports.

Key words printing quality; stock; information content; signal-to-noise

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww