

文章编号: 1001-7453(1999)03-0103-04

粗糙表面印刷墨层的光学传递函数

唐正宁,张逸新,周春霞

(无锡轻工大学计算科学与信息传播系,江苏无锡 214036)

摘要: 分析了印刷墨层粗糙表面的形成过程;把粗糙墨层等价于随机透射屏,从光信息传递角度研究了印刷墨层粗糙度对图文复制质量的影响,并建立了相应的光学传递函数.

关键词: 光学传递函数;粗糙度;印刷品质量

中图分类号: TS801.1 文献标识码: A

阶调再现是评价印刷图像质量的重要因素.在胶印工艺中,印刷图像的阶调通过印刷网点面积变化而形成.尤尔-尼尔逊公式就是进行印刷网点面积与阶调之间换算的经验公式.然而文献 [1]指出,尤尔-尼尔逊公式在理论上是不正确的;文献 [2]用调制传递函数表示纸张与油墨的对显色信号的散射与吸收效应,提出了印刷网点面积与阶调关系的数学模型;文献 [3]用线调制传递函数描述了油墨网点边缘效应.本文通过分析粗糙墨层对光的散射、吸收等规律,用随机透射屏描述粗糙墨层对光信号传播的作用,建立了粗糙表面印刷墨层的光学传递函数,以便能得到更符合实际印刷过程的网点面积率与印刷阶调的理论模型.

1 印刷墨层粗糙表面的形成

在胶印过程中,油墨在印刷压力作用下从橡皮布滚筒表面转移到纸张表面,由于胶印油墨的粘着性,橡皮布表面油墨经历了拉丝、断裂后,一部分墨层附着到纸张表面,所以刚从橡皮布表面分离出的纸面墨层形成非常粗糙的表面,如图 所示.附着于纸面的油墨在干燥前具有流动性,而油墨在干燥前很难流展平,所以最终干燥固着于纸面的墨层具有一个粗糙的表面,如图 所示.其粗糙度则由油墨的粘着性、拉丝性、干燥速度和纸张的特性所决定.

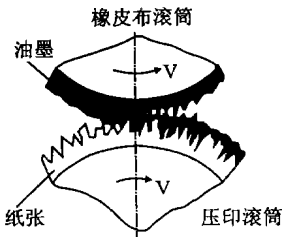


图 1 油墨的转移过程



图 2 纸张表面墨层示意图

收稿日期: 1999-03-15;修订日期: 1999-05-21

作者简介: 唐正宁 (1963年 3月生),男,江苏太仓人,工学硕士,讲师

2 粗糙墨层的光学传递函数

当光线照射在印刷墨层表面时,有一部分光线在墨层表面反射,即首层表面反射,而大部分光线穿过油墨层,经过油墨的选择性吸收后,再由纸张的表面反射出来,形成主色光.首层表面反射的光线降低了主色光的饱和度,而主色光则决定了成像质量.现就粗糙墨层对主色光成像质量的影响进行讨论.

2.1 把粗糙墨层抽象为随机透射屏

胶印油墨层非常薄,一般只有几个微米,因此,可认为粗糙的印刷墨层能够近似满足以下两个条件:第一、由于油墨层足够的薄,在坐标 (x, y) 处入射的光线近似地认为也在同一坐标上出射;第二、保证光波在一定频带范围内光的所有频率分量都有同样的振幅透射率.这样就把粗糙的印刷墨层等价于薄随机透射屏,用 $t_s(x, y)$ 表示随机透射屏的振幅透射率.人眼观察由粗糙墨层形成彩色像的过程可由图 3 的等效成像系统表示.

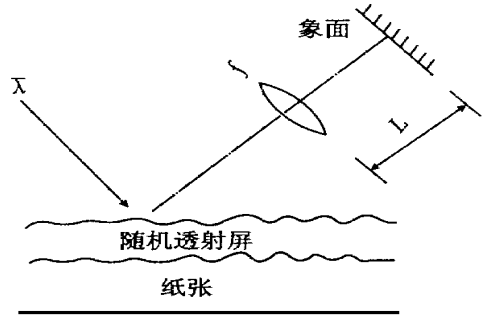


图3 油墨层抽象为随机透射屏的成像系统

由近代光学理论可知,非相干光照明光学系统的成像质量可用光学系统的光学传递函数来描述.为简单起见,研究系统对可见波段平均波长 $\bar{\lambda}$ 的成像性质,对图 3 所示系统的光学传递函数^[4]为:

$$H_0(u, v) = \frac{\iint_{-\infty}^{\infty} p(x, y) p^*(x - \bar{\lambda} f u, y - \bar{\lambda} f v) dx dy}{\iint_{-\infty}^{\infty} |p(x, y)|^2 dx dy} \quad (1)$$

式中 P 是复瞳函数.

由于具有振幅透射率 $t_s(x, y)$ 的随机透射屏放在成像系统的光瞳内,瞳函数就被修正,得到一个新的光瞳函数

$$P(x, y) = P_0(x, y) t_s(x, y) \quad (2)$$

考虑到放入随机屏的作用,光学传递函数变成 $H(u, v)$.

$$H(u, v) = \frac{\iint_{-\infty}^{\infty} p(x, y) p^*(x - \bar{\lambda} f u, y - \bar{\lambda} f v) t_s(x, y) t_s^*(x - \bar{\lambda} f u, y - \bar{\lambda} f v) dx dy}{\iint_{-\infty}^{\infty} |p(x, y)|^2 |t_s(x, y)|^2 dx dy} \quad (3)$$

由于缺乏关于每一点上 $t_s(x, y)$ 的具体数值的信息, $H(u, v)$ 不可能得到确定性分析.有希望做到的是,利用关于 t_s 的统计知识去计算系统的平均频率响应的某种量度.当然,成像系统的平均性能一般并不和系统有一具体屏时的实际性能相符合.但是缺乏关于随机屏的结构知识,只能描述平均性能.

从平均光学传递函数的另一定义出发,则可得到平均光学传递函数,其定义^[4]为

$$\bar{H}(u, v) = \frac{E[H \text{ 的分子}]}{E[H \text{ 的分母}]}, \quad (4)$$

$E[\]$ 是期望值算符.

将式 (3) 的分子和分母代入式 (4), 交换积分与求平均的次序, 可得

$$\overline{H(u, v)} = \frac{\iint_{-\infty}^{\infty} p(x, y) p^*(x - \bar{\lambda}fu, y - \bar{\lambda}fv) E[t_s(x, y) t_s^*(x - \bar{\lambda}fu, y - \bar{\lambda}fv)] dx dy}{\iint_{-\infty}^{\infty} |p(x, y)|^2 E[|t_s(x, y)|^2] dx dy} \quad (5)$$

假设随机屏的空间统计是广义平稳的, 因此期望值与 x 和 y 无关, 因而可以提出积分号, 结果平均光学传递函数可由下式给出

$$\overline{H(u, v)} = H_0(u, v) \overline{H_s(u, v)}, \quad (6)$$

式中 H_0 是无随机屏时系统的光学传递函数, 而 $\overline{H_s(u, v)}$ 可以看成粗糙油墨层透射起伏部分的平均光学传递函数, 它由下式给出

$$\overline{H_s(u, v)} = \frac{\Gamma_t(\bar{\lambda}fu, \bar{\lambda}fv)}{\Gamma_t(0, 0)}, \quad (7)$$

式中 Γ_t 是随机透射屏的空间自相关函数, 有

$$\Gamma_t(\Delta x, \Delta y) \equiv E[t_s(x, y) t_s^*(x - \Delta x, y - \Delta y)] \quad (8)$$

这样就证明了, 一个在光瞳内具有空间平稳随机屏的非相干成像系统的平均光学传递函数可以分解成两个因子的乘积, 一个是无屏时系统的光学传递函数, 另一个是和随机屏相联系的平均传递函数. 而平均光学传递函数是屏的振幅透射率的空间自相关函数.

2.2 粗糙油墨层的分解

用平均传递函数的构成原理, 把印刷的油墨层看成由两个部分组成: 一个部分是透射率一定, 即平均高度偏差为 t_0 的等厚度的油墨层; 另一个部分是透射率随机分布的粗糙油墨层. 如图 4 所示.

进一步讨论随机透射屏的特性, 振幅透射率 $t_s(x, y)$ 是纯实数并且非负, 其值介于 0 与 1 之间, 可以认为这个屏的振幅透射率为两部分

$$t_s(x, y) = t_0 + r(x, y), \quad (9)$$

式中 t_0 是实数的非负的偏置值, 介于 0 与 1

之间, 而 $r(x, y)$ 则取成一个空间平稳、零均值的实值随机过程, 其限于下述范围 $-t_0 \leq r(x, y) \leq 1 - t_0$.

前面在式 (6) 中已指出, 有随机屏的系统的平均光学传递函数是由无屏时的光学传递函数和屏的归一化自相关函数的乘积所给出. 容易看出, 屏的自相关函数是

$$\Gamma_t(\Delta x, \Delta y) = E\{[t_0 + r(x, y)][t_0 + r(\Delta x, \Delta y)]\} = t_0^2 + \Gamma_r(\Delta x, \Delta y), \quad (10)$$

式中 Γ_r 是 $r(x, y)$ 的自相关函数, 所需的归一化常数是

$$\Gamma_t(0, 0) = t_0^2 + \overline{r^2} = t_0^2 + \sigma_r^2.$$

而随机过程 $r(x, y)$ 的归一化自相关函数的定义为

$$V_r(\Delta x, \Delta y) = \frac{\Gamma_r(\Delta x, \Delta y)}{\sigma_r^2}. \quad (11)$$

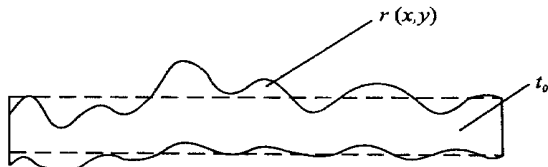


图 4 随机墨层的分解

和随机屏相联系的平均光学传递函数具有如下形式

$$\overline{H}_s(u, v) = \frac{t_0^2}{t_0^2 + \epsilon^2} + \frac{\epsilon_r^2}{t_0^2 + \epsilon_r^2} V_r(\bar{\lambda} f u, \bar{\lambda} f v) . \quad (12)$$

整个系统的平均光学传递函数可以通过式(12)这个平均光学传递函数和无屏时系统的光学传递函数相乘而得到,即

$$\overline{H}(u, v) = \frac{t_0^2}{t_0^2 + \epsilon_r^2} H_0(u, v) + \frac{\epsilon_r^2}{t_0^2 + \epsilon_r^2} H_0(u, v) V_r(\bar{\lambda} f u, \bar{\lambda} f v) . \quad (13)$$

3 结 论

用随机透射屏描述了粗糙表面油墨层对光信号的随机透射性能,从而建立了墨层的光学传递函数式(13).可以注意到墨层起伏部分的平均光学传递函数 $\overline{H}_s(u, v)$ 的两个性质.第一,它总是非负实数,因为振幅透射率 t_s 具有非负和实数特性;第二,对于很高的空间频率 (u, v) , $V_r(\bar{\lambda} f u, \bar{\lambda} f v) \rightarrow 0$,从而屏的平均光学传递函数趋于渐近值,即 $\overline{H}_s(u, v) \rightarrow t_0^2 / (t_0^2 + \epsilon_r^2)$.如果 $\epsilon_r^2 \ll t_0^2$ 则 $t_0^2 / (t_0^2 + \epsilon_r^2) \rightarrow 1$,即 $\overline{H}_s = H_0(u, v)$ 表示半色调系统油墨层的表面粗糙度对系统的成像质量几乎没有影响;如果 $\epsilon_r^2 \gg t_0^2$,则 $\overline{H}(u, v)$ 很小,这表示高空间频率受到随机屏很强的抑制,图像细节部分将受到墨层表面粗糙度的很大影响,即严重影响复制品的质量.

参考文献:

- [1] Arney J S, Engeldrum P G. An expanded Murry-Davies model of tone reproduction in halftone imaging[J]. J Imaging Sci Technol, 1995, 39 502
- [2] Arney J S, Engeldrum P G. Modeling the Yule-Nielsen halftone effect[J]. Journal of Imaging Science and Technology, 1996, 40 233
- [3] Arney J S, Engeldrum P G. An MTF analysis of papers[J]. Journal of Imaging Science and Technology. 1996, 40 19
- [4] GOODMAN J W. 统计光学[M].詹达三译.北京:科学出版社,1992, 326-350

Optical Transfer Function of the Rough Layer of the Printed Ink

TANG Zheng-ning, ZHANG Yi-xin, ZHOU Chun-xia

(Dept of Calculation Science and Information Communication, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract In this paper, the forming process of the rough surface for printed ink was described. The rough layer of the printed ink was taken as the random transparency screen, and the effect of the rough layer for the printing quality was studied with the optical information theory. The optical transfer faction applied to evaluate the imaging character has been obtained.

Key words optical transfer function; roughness; printing quality