

文章编号: 0253-2239(2008)01-0200-05

双面半色调图像的 Clapper-Yule 色彩预测分程模型

张逸新¹ 臧冬娟² 葛惊寰²

(¹ 江南大学理学院, 江苏 无锡 214122
² 江南大学信息工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要 通过印刷品光谱反射比预测半色调图像色彩是印刷质量控制与设备检测研制领域十分关注的课题。在假定油墨是非散射介质以及油墨的折射率与纸张的折射率近似相等的条件下,利用光在油墨与纸张中散射迁移路径长短不同的分程理论和多重内反射的网状结构分析方法,研究了光照射在双面印刷品上的光谱反射规律,建立了双面印刷品的光谱反射色彩预测模型。并在此基础上通过理论分析,论证了新建双面印刷品的 Clapper-Yule 色彩分程预测模型的合理性。新模型为双面印刷品的呈色规律分析与印刷品在线检测仪的研制提供了理论依据。

关键词 色彩预测; 双面印刷; Clapper-Yule 模型; 多重反射

中图分类号 O433.1 文献标识码 A

Clapper-Yule Color Prediction Model for Recto-Verso Halftone Images

Zhang Yixin¹ Zang Dongjuan² Ge Jinghuan²

(¹ School of Science, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China
² School of Information Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract The color prediction of the halftone print with a spectral reflectance model is a subject that draws closes attention in the field of quality control and equipment check. On the approximation that the ink is non-scattering and its refractive index is nearly equal to papers, we propose a spectral reflectance color prediction model for recto-verso halftone images by making use of the theory of the light propagation in paper with long- and short-distance model and net structure of multiple reflection in the recto-verso halftone images. Then the new model is demonstrated to be correct through the theoretical analyse is. The new model provides the prediction of the color of recto-verso halftone images and a theoretical method for the development of the non-line checking instrument.

Key words color prediction; recto-verso print; Clapper-Yule model; multiple reflections

1 引 言

自 1953 年 Yule 和 Clapper 通过考虑光在纸张内部的横向散射和在空气-纸张(墨像)界面上的多重内部反射效应建立了著名的半色调印刷品 Clapper-Yule 光反射模型^[1~5]以来,人们对 Clapper-Yule 模型进行了多次改进,其中 H. Mathieu^[6]研究并建立了印刷在粗糙纸面上半色调印刷品的 Clapper-Yule 反射模型, Lionel simonot, H. Mathieu 和 Roger D. Hersch 在假设纸基为漫射体的基础上建立了印刷品的 William-Clapper 反射模型^[7,8]。然而研究表明,由上述经典 Clapper-Yule 模型预测出来的反射光谱普遍都比实测光谱

暗^[2,9],为了解决这个问题,Roger D. Hersch 通过假设光在印刷品内传输所通过的光程可以分为长程与短程两类的分程近似,建立了修整原有模型偏暗的分程 Clapper-Yule 反射模型^[2]。然而上述模型都仅能描述单面印刷墨像印品的反射规律,虽然 H. Mathieu 和 Roger D. Hersch 采用 William-Clapper 模型研究方法建立了双面印刷品的光谱反射规律,但是此模型没有考虑到光在印刷品内的分程传播规律。为此,本文采用假设光在印刷品内传输所通过的光程可以分为长程与短程的分程传播近似,研究同色不同加网分辨力的双面印刷品的光谱反射规律。

收稿日期: 2007-04-17; 收到修改稿日期: 2007-07-06

作者简介: 张逸新(1956—),江苏无锡人,博士,教授,主要从事激光无线通信、纸张光学等方面的研究。

E-mail: zyx@jiangnan.edu.cn

2 单色双面印刷品分程 Clapper-Yule 模型

为分析简便起见,先分析印在纸张两面的单色墨像的情况(如图 1 所示),在下一节中将考虑多色的情况。设双面印刷墨像的正面空气-油墨构成界面的反射比为 r_s , 正面空气-油墨的内界面反射比为 r_1 , 反面处油墨-空气构成界面的内界面的反射比为 r_2 ; 两面墨像的透射率都为 t , 纸张的吸收率为 τ ; 正面油墨的网点面积率 a_r , 反面油墨的网点面积率为 a_v ; 纸基整体向上反射比为 ρ_1 , 整体向下反射比为 ρ_2 。进一步假设油墨是非散射的且油墨与纸张的折射率近似相同^[1,2,8]。

2.1 多重内反射的网状结构图

由图 1 所示,光强为 I_0 的光从正面进入印品后在从正反两面任一面出射前,光在纸基内经历多次散射。在正面光将被正油墨-空气界面反射 r_1 或纸基反射 ρ_1 。在反面光将被反油墨-空气界面反射 r_2 或纸基反射 ρ_2 。光在纸基内传播的透射率为 τ 。光从印刷品出射前的多次散射路径可以用图 2 所示的网状结构来表示^[8]。图中直线部分表示光在纸基内的反射(ρ_2 或 ρ_1)或透射(τ), 结点部分表示光在正反界面处的内反射(r_1 或 r_2)。起始结点表示穿过界面进入印刷品的入射光强, 其它结点表示光从印刷品界面处出射的光强。

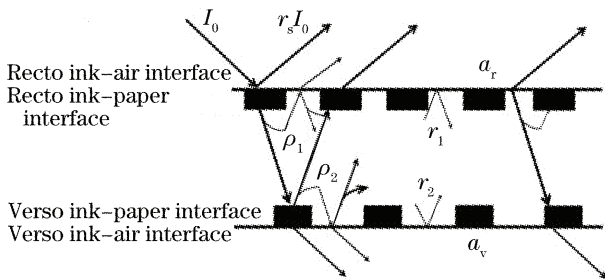


图 1 光在双面印刷品里的多重内反射过程

Fig. 1 Multiple reflections of a recto-verso halftone prints

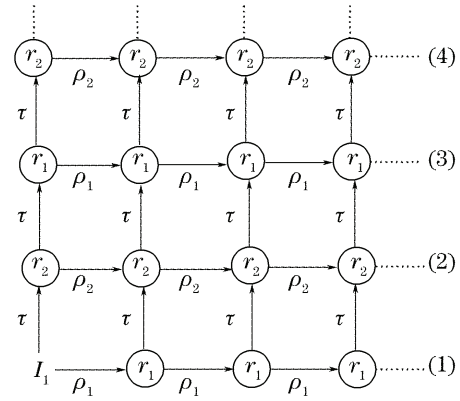


图 2 光在双面印刷品里的多重内反射的网状结构图
Fig. 2 The net structure of multiple reflections in the a recto-verso halftone prints

2.2 分程传播近似

Roger D. Hersch 提出的光在印刷品内传输所通过的光程分为在特定颜色处入射并从其它色彩处出射的长光程(即经典的 Clapper-Yule 模型^[5])与在特定颜色处入射并从同一色彩处出射的短光程(包括从印刷品空白区入射经过多重内反射再从空白区出射的光)两大类的分程近似^[2,8,9]。这样的分析解决了经典 Clapper-Yule 模型预测的光谱比实际的要偏暗的问题。为此,本文设入射光中有 $b^{[2]}$ 部分通过短程传播后出射; 而有 $1-b$ 部分光经历经典 Clapper-Yule 模型所描述的长程传播后出射。这里 b 是一个实验经验值。

2.3 长程传播

如图 1,在通过空气-油墨正面界面进入纸基的过程中,通过油墨点进入纸张的光为 $(1-r_s)a_r t I_0$, 而不通过油墨直接进入纸张的光为 $(1-r_s)(1-a_r)I_0$, 这两部分之和即总进入纸张的光为 $I_1 = I_0(1-r_s)(1-a_r + a_r t)$ 。这样,按图 2 中第一行横向方向传播(多次纸基体上反射 ρ_1)并通过正面油墨-空气界面从纸基出射的光 $I_{\uparrow 0}$ 可以表示为

$$I_{\uparrow 0} = I_1(1-r_1)\rho_1(1-a_r + a_r t) + I_1(1-r_1)\rho_1^2(1-a_r + a_r t)(1-a_r + a_r t^2)r_1 + \dots + I_1(1-r_1)\rho_1^n(1-a_r + a_r t)(1-a_r + a_r t^2)^{n-1}r_1^{n-1}.$$

由等比数列求和规律,当反射次数 n 趋向于无穷大时,上式为

$$I_{\uparrow 0} = I_1(1-r_1)\rho_1(1-a_r + a_r t)/[1-\rho_1 r_1(1-a_r + a_r t^2)], \tag{1}$$

而所有第一次被正油墨-空气界面内反射(r_1) 并向下传播到达反面纸基-油墨界面处的光强 $I_{\downarrow 0}$ 为

$$I_{\downarrow 0} = I_1 \tau + I_1(1-a_r + a_r t^2)\tau \rho_1 r_1 + I_1(1-a_r + a_r t^2)^2 \tau \rho_1^2 r_1 + \dots + I_1(1-a_r + a_r t^2)^{n-1} \rho_1^{n-1} r_1^{n-1} = I_1 \tau / [1-\rho_1 r_1(1-a_r + a_r t^2)], \tag{2}$$

$I_{\downarrow 0}$ 沿着图 2 第二行的横向方向传播,在此方向传播的光中有一部分经过多次纸基的向下体反射,从反面油墨-空气界面出射的光强比为 $1/[1-\rho_2 r_2(1-a_v + a_v t^2)]$, 另一部分光则经历多次反面油墨-空气界面的

内反射,反射回纸基的光强比为 $(1 - a_v + a_v t^2)r_2 \tau / [1 - r_2 \rho_2 (1 - a_v + a_v t^2)]$ 。

由从反面油墨-空气界面出射光强为

$$I_{\downarrow 0} = I_{d0} (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) / [1 - \rho_2 r_2 (1 - a_v + a_v t^2)] = I_1 \tau \frac{1}{1 - \rho_1 r_1 (1 - a_r + a_r t^2)} \frac{(1 - r_2) (1 - a_v + a_v t)}{1 - \rho_2 r_2 (1 - a_v + a_v t^2)}, \quad (3)$$

由反面油墨-空气界面内反射回纸基并到达正面油墨-纸张界面处的光强为

$$I_{ul} = I_{d0} (1 - a_v + a_v t^2) r_2 \tau / [1 - r_2 \rho_2 (1 - a_v + a_v t^2)]. \quad (4)$$

为了简化书写,令 $A = 1 - r_1 \rho_1 (1 - a_r + a_r t^2)$, $B = 1 - r_2 \rho_2 (1 - a_v + a_v t^2)$,则(3)式简化为

$$I_{\downarrow 0} = I_1 \tau (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) / (AB). \quad (5)$$

到达正面油墨-纸基界面的 I_{ul} 中有 $(1 - a_r + a_r t)(1 - r_1)/A$ 部分光从正面油墨-空气界面出射;另一部分被界面内反射返回纸基,到达正面油墨-纸基界面的光强比为 $r_1 (1 - a_r + a_r t^2) \tau / A$,因此所有沿第三行横向方向传播并从正面油墨-空气界面射出的光强的和为

$$I_{\uparrow 1} = I_{ul} (1 - a_r + a_r t) (1 - r_1) / A = I_{d0} r_2 (1 - a_v + a_v t^2) (1 - r_1) \tau (1 - a_r + a_r t) / (AB). \quad (6)$$

再次由内反射到达反面油墨-纸基界面的光强是

$$I_{dl} = I_{ul} r_1 (1 - a_r + a_r t^2) \tau / A = I_{d0} [(1 - a_v + a_v t^2) r_2 / B] \tau [r_1 (1 - a_r + a_r t^2) \tau] / A. \quad (7)$$

同理可以得到经过正油墨-空气内界面反射回来并向下传播即沿第四行横向方向传播从反面油墨-空气界面出射的光强:

$$I_{\downarrow 1} = I_{dl} (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) / B$$

记 $C = 1 - a_r + a_r t^2$, $D = 1 - a_v + a_v t^2$,则上式变为

$$I_{\downarrow 1} = I_{d0} r_1 r_2 C D \tau^2 (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t^2) / (A B^2). \quad (8)$$

按照这些规律可以推导出在 $I_{\uparrow n}$ 以及 $I_{\downarrow n}$:

$$I_{\uparrow n} = I_{ul} (1 - a_r + a_r t) \tau (1 - r_1) / A = I_1 \tau^{2n} r_2^n r_1^{n-1} (1 - r_1) (1 - a_r + a_r t) C^{n-1} D^n / (A^{n+1} B^n), \quad (9)$$

$$I_{\downarrow n} = I_{dl} (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) / B = I_1 \tau^{2n+1} r_2^n r_1^n (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) C^n D^n / (A^{n+1} B^{n+1}). \quad (10)$$

考虑到测量装置的检测因子 $K^{[1-5]}$,将所有从上表面出射的光强加上首面反射 $K r_s I_0$,可以得到半色调印品正面反射光强和:

$$I_{\uparrow} = K r_s I_0 + (1 - r_1) \rho_1 (1 - a_r + a_r t) \frac{I_1}{A} + \frac{I_1 \tau^2 r_2 (1 - r_1) (1 - a_r + a_r t) D}{A^2 B} + \dots + \frac{I_1 \tau^{2n} r_2^n r_1^{n-1} (1 - r_1) (1 - a_r + a_r t) C^{n-1} D^n}{A^{n+1} B^n} = K r_s I_0 + (1 - r_1) (1 - a_r + a_r t) I_1 \frac{\rho_1 A B - \tau^2 r_2 D (1 - \rho_1 r_1 C)}{A (A B - \tau^2 r_1 r_2 C D)}, \quad (11)$$

同理从反面透射的光强和为

$$I_{\downarrow} = \frac{I_1 \tau (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t)}{A B} + \frac{I_1 \tau^3 r_2 r_1 (1 - r_2) (C D (1 - a_v + a_v t))}{A^2 B^2} + \frac{I_1 \tau^{2n+1} r_2^n r_1^n (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) C^n D^n}{A^{n+1} B^{n+1}} = (1 - r_2) (1 - a_v + a_v t) I_1 \tau / (A B - r_1 r_2 \tau^2 C D). \quad (12)$$

2.4 短程传播

光照射到印刷品正面上时,一部分从油墨区入射,一部分从空白区入射。根据短程理论^[2]从正面油墨区入射光经历多重内反射仍会从正面油墨区出射,同样从正面空白区的入射光传播也是从空白区出射。

2.4.1 从正面油墨区入射的光传播

下面由光在纸基内多重内反射的网状结构传播

图2分析从正面油墨区进入纸基的光传播规律。类似上节处理,由图2所示的沿第一行横向方向传播并从正油墨-空气界面从纸基出射的光由下式表示

$$I_{\uparrow 012} = I_1 \rho_1 t (1 - r_1) / (1 - \rho_1 r_1 t^2). \quad (13)$$

而被正面油墨-空气界面内反射向下传播到达反面油墨-纸基界面处的光强是

$$I_{d012} = I_1 \tau / (1 - \rho_1 r_1 t^2). \quad (14)$$

在进一步传播中, I_{d012} 分别照射到反面油墨区

和反面空白区。

照射到油墨区的光强为 $a_v I_{\text{F}012}$ 。这部分光中的一部分沿图 2 所示的第二行横向方向传播由 $(1-r_2)t/(1-\rho_2 r_2 t^2)$ 部分透过反面界面由纸基出射,出射光强 $I_{\downarrow 01}$ 为

$$I_{\downarrow 01} = a_v I_{\text{d}012} (1-r_2)t / (1-\rho_2 r_2 t^2). \quad (15)$$

而另一部分被界面反射向上沿着图示垂直方

向的箭头方向到达正面油墨-纸基界面,其光强 $I_{\text{u}11}$ 为

$$I_{\text{u}11} = a_v I_{\text{d}012} r_2 t^2 / (1-\rho_2 r_2 t^2). \quad (16)$$

记 $1-\rho_1 r_1 t^2 = X, 1-\rho_2 r_2 t^2 = Y$ 。

$I_{\text{u}11}$ 中的 $t(1-r_1)/X$ 部分光($I_{\uparrow 11}$)从界面出射,而 $r_1 t^2 \tau / X$ 部分光($I_{\text{d}11}$)到达反面油墨-纸张界面处,即

$$I_{\uparrow 11} = I_{\text{u}11} t(1-r_1)/X = a_v I_{\text{d}012} r_2 t^3 (1-r_1)/YX, \quad (17)$$

$$I_{\text{d}11} = I_{\text{u}11} r_1 t^2 \tau / X = a_v I_{\text{d}012} r_2 t^2 t^4 r_1 / YXX. \quad (18)$$

到达反面油墨的 $I_{\text{d}11}$ 将重复光强 $a_v I_{\text{d}02}$ 的传播过程。通过类似处理可以得到

$$I_{\downarrow 11} = I_{\text{d}11} (1-r_2)t/Y = a_v I_{\text{d}012} r_1 r_2 t^2 t^5 (1-r_2)/YXY, \quad (19)$$

$$I_{\uparrow 21} = I_{\text{u}21} t(1-r_1)/X = a_v I_{\text{d}012} r_2^2 r_1 t^3 t^7 (1-r_1)/Y^2 X^2. \quad (20)$$

由此可以推出:

$$I_{\uparrow n1} = a_v I_{\text{d}012} (r_1 t^2 \tau / X)^{n-1} (r_2 t^2 \tau / Y)^n t(1-r_1)/X, \quad (21)$$

$$I_{\downarrow n1} = a_v I_{\text{d}012} (r_1 t^2 \tau / X)^n (r_2 t^2 \tau / Y)^n (1-r_2)t/Y. \quad (22)$$

而从正面油墨区入射并透射到反面油墨区的反射光的总和 $I_{\uparrow s1}$ 和透射光的总和 $I_{\downarrow s1}$ 可以由下列关系求出:

$$I_{\uparrow s1} = I_{\uparrow 11} + I_{\uparrow 21} + \dots + I_{\uparrow n1} = a_v I_{\text{d}012} r_2 t^3 (1-r_1)/(XY - r_1 r_2 t^4 t^2), \quad (23)$$

$$I_{\downarrow s1} = I_{\downarrow 01} + I_{\downarrow 11} + \dots + I_{\downarrow n1} = a_v I_{\text{d}012} (1-r_2)tX/(XY - r_1 r_2 t^2 t^4). \quad (24)$$

下面分析从正面油墨区入射经过透射到达反面油墨-纸基界面并从空白区入射的光强 $I_{\text{F}012}(1-a_v)$ 的传播规律。它的传播过程类似于上述分析,可以得到下列关系:

$$I_{\uparrow s2} = I_{\uparrow 12} + \dots + I_{\uparrow n2} = I_{\text{d}012} (1-a_v) r_2 t (1-r_1)/(XY_1 - r_1 r_2 t^2 t^2), \quad (25)$$

$$I_{\downarrow s2} = I_{\downarrow 02} + I_{\downarrow 12} + \dots + I_{\downarrow n2} = I_{\text{d}012} (1-a_v) (1-r_2)X/(XY_1 - r_1 r_2 t^2 t^2), \quad (26)$$

其中 $Y_1 = 1-\rho_2 r_2$ 。

2.4.2 从正面空白区入射的光传播

由半色调印刷品模型,从正面空白区入射的光强是 $(1-r_s)(1-a_r)I_0$ 。这部分光与从油墨区进入的光的传播规律类似,差别在于从空白区进入的光经过内部多重反射和反面界面的反射后仍从正面空白区出射。

如图 2 所示,首先沿着第一行横向传播并从正面出射的光是:

$$I_{\uparrow 034} = (1-r_s)(1-a_r)I_0 \rho_1 (1-r_1)/(1-\rho_1 r_1). \quad (27)$$

记 $1-\rho_1 r_1 = X_1$,则沿纵向方向向下到达反面油墨-纸基的光强为

$$I_{\text{F}034} = (1-r_s)(1-a_r)I_0 \tau / X_1. \quad (28)$$

$I_{\text{d}034}$ 可能从反面油墨区入射也可能从空白处入射,为此分别考虑这两种情况。类似于前面的分析,正面反射与反面透射光强分别为

$$I_{\uparrow s3} = I_{\uparrow 13} + \dots + I_{\uparrow n3} = a_v I_{\text{d}034} r_2 t^2 \tau (1-r_1)/(X_1 Y - r_1 r_2 t^2 t^2), \quad (29)$$

$$I_{\downarrow s3} = I_{\downarrow 13} + \dots + I_{\downarrow n3} = a_v I_{\text{d}034} t(1-r_2)X_1/(X_1 Y - r_1 r_2 t^2 t^2). \quad (30)$$

同样,从反面空白区域入射的光 $(1-a_v)I_{\text{d}034}$ 的正面反射与反面透射光强分别由下列关系给出:

$$I_{\uparrow s4} = I_{\uparrow 14} + \dots + I_{\uparrow n4} = (1-a_v)I_{\text{d}034} r_2 \tau (1-r_1)/(X_1 Y_1 - r_1 r_2 t^2), \quad (31)$$

$$I_{\downarrow s4} = I_{\downarrow 14} + \dots + I_{\downarrow n4} = (1-a_v)I_{\text{d}034} t(1-r_2)X_1/(X_1 Y_1 - r_1 r_2 t^2). \quad (32)$$

由上述分析,对所有从正面反射和出射的光,以及所有从反面透射出去的光求和:

$$\widetilde{I}_{\uparrow} = Kr_s + I_{\uparrow 012} + I_{\uparrow 034} + I_{\uparrow s1} + I_{\uparrow s2} + I_{\uparrow s3} + I_{\uparrow s4}, \quad (33)$$

$$\widetilde{I}_{\downarrow} = I_{\downarrow s1} + I_{\downarrow s2} + I_{\downarrow s3} + I_{\downarrow s4}. \quad (34)$$

由(11)式和(33)式可得出单色半色调的双面印刷品的分程 Clapper-Yule 色彩预测模型:

$$R_{\uparrow} = Kr_s + (1-b)(1-r_1)(1-a_r + a_r t)^2 (1-r_s) \frac{\rho_1 AB - \tau^2 r_2 D(1-\rho_1 r_1 C)}{A(AB - \tau^2 r_1 r_2 CD)} + b(1-r_s)(1-r_1) \times \left[\frac{a_r t^2}{X} \left(\frac{a_v t^2}{XY - r_1 r_2 t^4 \tau^2} + \frac{1-a_r}{XY_1 - r_1 r_2 t^2 \tau^2} + \rho_1 \right) + \frac{1-a_r}{X_1} \left(\frac{a_v t^2}{X_1 Y - r_1 r_2 t^2 \tau^2} + \frac{1-a_v}{X_1 Y_1 - r_1 r_2 \tau^2} + \rho_1 \right) \right], \quad (35)$$

式中 $A = 1 - r_1 \rho_1 (1 - a_r + a_r t^2)$, $B = 1 - r_2 \rho_2 (1 - a_v + a_v t^2)$, $C = 1 - a_r + a_r t^2$, $D = 1 - a_v + a_v t^2$, $X = 1 - \rho_1 r_1 t^2$, $Y = 1 - \rho_2 r_2 t^2$, $X_1 = 1 - \rho_1 r_1$, $Y_1 = 1 - \rho_2 r_2$ 。

3 三色双面印刷品分程 Clapper-Yule 色彩模型

进一步由德米切尔方程^[2], 可将(35)式推广到三色油墨叠印的色彩预测模型:

$$R_{\uparrow} = Kr_s + (1-r_s)(1-r_1) \left\{ b \sum_{i=1}^8 \frac{a_{vi} t_i^2}{1 - \rho_1 r_1 t_i^2} \left(\rho_1 + \sum_{j=1}^8 \frac{a_{vj} t_j^2}{(1 - \rho_1 r_1 t_i^2)(1 - \rho_2 r_2 t_j^2) - r_1 r_2 t_i^2 t_j^2 \tau^2} \right) + (1-b) \sum_{i=1}^8 \frac{(a_{vi} t_i)^2}{1 - \rho_1 r_1 a_{vi} t_i^2} \left[\rho_1 + \sum_{j=1}^8 \frac{\tau^2 r_2 a_{vj} t_j^2}{(1 - \rho_1 r_1 t_i^2)(1 - \rho_2 r_2 t_j^2) - r_1 r_2 a_{vi} t_i^2 a_{vj} t_j^2 \tau^2} \right] \right\}. \quad (36)$$

4 讨 论

如果印刷品仅是单面墨像, 即反面是空白纸张, 则网点面积率为 $a_v = 0$ 即 $D = 1$ 。考虑到单面印刷墨像的 Clapper-Yule 模型^[2], 把纸基和反面纸基与空气构成的界面对传播光线的散射作假设为只有向上散射的体反射比 R_g , 所以可以在(12)式中设 $\rho_1 = R_g$, $\rho_2 = 0$ 和 $r_2 = 0$ 。进一步作代换 $a = a_r$ 。则(36)式简化为单面印刷的彩色半色调的分程 Clapper-Yule 模型^[2]:

$$R_{\uparrow} = Kr_s + (1-r_s)R_g(1-r_i) \left[b \sum_{i=1}^8 \frac{a_i t_i^2}{1 - R_g r_i t_i^2} + (1-b) \frac{\left(\sum_{i=1}^8 a_i t_i \right)^2}{1 - r_i R_g \sum_{i=1}^8 a_i t_i^2} \right], \quad (37)$$

此结果从理论分析角度证明了本文所作近似和结论的合理性。

5 结 论

采用双面印刷品光线多重内反射的网状结构分析模型和光线在印刷品内迁移长短程近似, 把单面印刷品色彩 Clapper-Yule 分程预测模型推广到双面半色调印刷品色彩的预测。此模型为双面印刷品的呈色规律分析与印刷品在线检测仪的研制提供了理论依据。由于该模型在分析中设定双面印刷品正反两面图像的透射率同为 t , 所以模型适用于预测双面同色不同加网分辨率印刷品的色彩, 不适用于预测双面不同色彩不同加网分辨率印刷品色彩的预测, 有关模型我们将进一步研究。

参 考 文 献

- 1 M Hébert, R. D. Hersch. Reflectance and transmittance model for recto-verso halftone prints[J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 2006, **23**(10): 2415~2432
- 2 R. D. Hersch, P. Emmel, F. Collaud *et al.*. Spectral reflection

- and dot surface prediction models for color halftone prints[J]. *J. Electronic Imaging*, 2005, **14**(3): 033001-1~033001-12
- 3 Zang Dongjuan, Zhang Yixin, Liu Chunlin. Clapper-Yule spectral prediction model of halftone print [J]. *Packaging Engineering*, 2007, **28**(4): 51~53
- 臧冬娟, 张逸新, 刘春林. Clapper-Yule 光谱预测模型[J]. *包装工程*, 2007, **28**(4): 51~53
- 4 G. Rogers. A generalized Clapper-Yule model of halftone reflectance[J]. *Color Res. Appl.*, 2000, **25**(6): 402~407
- 5 Du Yanjun, Zhang Yixin. Classical color prediction model[J]. *Packaging Engineering*, 2006, **27**(2): 99~101
- 杜艳君, 张逸新. 经典彩色预测模型[J]. *包装工程*, 2006, **27**(2): 99~101
- 6 H. Mathieu. Extend the Clapper-Yule model to rough printing supportings[J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 2005, **22**(9): 1952~1967
- 7 Lionel Simonot, Mathieu Hébert, Roger D. Hersch. Extension of the Williams-Clapper model to stacked nondiffusing colored coatings with different refractive indices[J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 2006, **23**(6): 1432~1440
- 8 H. Mathieu, R. D. Hersch. Classical print reflection models; a radiometric approach[J]. *J. Imaging Sci. Technol.*, 2004, **48**(4): 363~373
- 9 Zhang Yixin, Du Yanjun. Clapper-Yule spectral reflection and transmission of halftone color fluorescent image[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(2): 365~370
- 张逸新, 杜艳君. 半色调荧光图像的光谱反射与透射模型[J]. *光学学报*, 2007, **27**(2): 365~370