

密度叠印率与色差之间关系的研究

唐耀存

(广州科技职业技术学院, 广州 510550)

摘要:目的 研究密度叠印率与其叠印色差的关系,并尝试确定密度叠印率合格标准。方法 理论推导求解网点百分比叠印率与叠印色差的量化关系,理论推导网点百分比叠印率与贝雷斯叠印率的量化关系,并通过Excel进行数据分析与计算。结果 当第2色实地密度为1.5时,M/Y,C/Y,C/M的贝雷斯叠印率合格标准分别大于或等于70%,73%,86%。结论 网点百分比叠印率与色差呈近似线性反比关系,密度叠印率受多种因素影响,叠印率合格标准仅在特定条件下有效。

关键词: 叠印率; 色差; 标准; 油墨叠印; 密度

中图分类号: TS807 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)23-0150-05

The Relationship between Density Trapping Rate and Chromatic Aberration

TANG Yao-cun

(Guangzhou Vocational College of Science and Technology, Guangzhou 510550, China)

ABSTRACT: This paper mainly studied the relationship between density trapping rate and chromatic aberration, and try to determine qualified standard of density trapping rate. The quantitative relationship of the dot percentage trapping rate and trapping chromatic aberration was deduced and solved through the theory way, the quantitative relationship of the dot percentage trapping rate and Preucil trapping rate was deduced theoretically, and data analysis and calculation were conducted by Excel. When the second color field density was 1.5, the M/Y, C/Y, C/M trapping rate eligibility criteria were greater than or equal to 70%, 73%, and 86%, respectively. Dot percentage trapping rate had approximately inversely linear relationship with chromatic aberration. The density trapping rate was affected by many factors, and the trapping rate qualified standard was effective only under specified conditions.

KEY WORDS: trapping rate; chromatic aberration; standard; ink trapping; density

目前在印刷品的质量检测与控制方面,一般都有叠印率的检测项目,常采取密度法测量叠印率。密度叠印率在什么范围内属合格范围,国家及行业也没有制定出密度叠印率的评价标准。其主要原因是密度叠印率大小不能准确反映叠印色块的色偏程度,并且叠印率没有绝对可比性^[1-2]。同样的密度叠印率,因叠印颜色的不同或密度大小不同,其色偏可能不一样。因此仅通过密度叠印率不能直观反映印刷质量的差异,如果能够把密度叠印率转化为色差就能更好地反

映色偏程度,也可以理解为把密度叠印率转化为色度叠印值^[3]。色度叠印值可以通过光度计进行测量,但目前光度计并没有直接支持这项检测技术,还不能直接从光度计得到色度叠印值,只能通过自己编程与计算才能实现。文中探索密度叠印率与色差之间的关系,当密度叠印率变化后其色差如何变化,寻找密度叠印率与色差之间的量化关系式。然后根据色差合格标准,再得到不同颜色叠印所对应的密度叠印率合格标准,从而用于评价印刷质量时参考。

收稿日期: 2015-03-24

作者简介: 唐耀存(1970—),男,湖南人,广州科技职业技术学院讲师,主要研究方向为印刷技术。

1 研究方法

1.1 理论基础

叠印率作为度量油墨叠印程序的物理量,用来表示后色油墨粘附到前一个印刷表面的能力,其数值越高叠印效果越好。目前,常用的印刷质量测控条及密度计,几乎全都安排有叠印率的检测项目,印刷人员也常以叠印率来评价印刷质量。关于油墨叠印率的检测,目前主要有2种方法,即重量法与密度法,重量法常用于实验中,在印刷实践中不能被接受。密度法检测油墨叠印率的公式是由Preucil(贝雷斯)在1958年第一个提出的,他称此为“表观叠印率”,其公式为^[4-5]:

$$T_p = \frac{D_3 - D_1}{D_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中: T_p 为贝雷斯叠印率; D_3 为叠印色密度; D_1 为第1色实地密度; D_2 为第2色实地密度。

后来布鲁纳尔对叠印率进行进一步的研究后提出了修正公式:

$$T_b = \frac{1 - 10^{-D_3}}{1 - 10^{-(D_1+D_2)}} \quad (2)$$

式中: T_b 为布鲁纳尔叠印率。

通过对比研究发现,布鲁纳尔公式借用的是默瑞·戴维斯公式^[6],此公式是把第2色油墨看成为网点式叠印。瑞兹就直接沿用默瑞·戴维斯的网点百分比计算公式,得出了自己的叠印率计算公式,即瑞兹叠印率计算公式^[7]:

$$T_r = \frac{1 - 10^{-(D_3-D_1)}}{1 - 10^{-D_2}} \quad (3)$$

式中: T_r 为瑞兹叠印率。

式(3)可以把第2色在第1色上的叠印完全看成是相应网点百分数的第2色网点理想叠印(100%叠印)在第1色实地上的效果。这个叠印率就是网点百分数,在此称为网点百分比叠印率,下面用 T 表示,以与其他叠印率相区别。网点百分比叠印率就是网点百分数,计算叠印率与色差的关系就转化为计算不同网点百分数的网点所对应的色差。

1.2 理论推导

网点百分数不同,其对应的光谱反射率也不同,设实地光谱反射率为 $P_v(\lambda)$,纸白的光谱反射率为 $P_w(\lambda)=1$,那么网点百分数为 F 的网点区域(网格)所产生的光谱反射率 P_F 为空白部分光谱反射率与网点部分光谱反射率之和^[8-9]:

$$P_F(\lambda) = P_w(\lambda)(1-F) + P_v(\lambda)F = 1 - F + P_v(\lambda)F \quad (4)$$

式(4)也可通过默瑞·戴维斯直接推导出来。式(4)所得反射率为网点印刷在白纸上的反射率,如果2个实地理想叠印,并假设油墨具有良好的透明度,那么实地叠印色的反射率 P_3 为两者的乘积^[8-9]:

$$P_3(\lambda) = P_1(\lambda)P_2(\lambda) \quad (5)$$

式中: P_1, P_2 分别为第1色和第2色实地反射率。

那么网点百分数为 F 的第2色理想叠印在第1色实地上后所产生的光谱反射率 P_F 为叠印部分的光谱反射率与非叠印部分的光谱反射率之和:

$$P_F(\lambda) = P_1(\lambda)(1-F) + P_1(\lambda)P_2(\lambda)F \quad (6)$$

把式(6)代入CIE推荐的物体色三刺激值公式(7)计算出叠印率为 $T(T=F)$ 时叠印色的三刺激值为式(9)^[10-12],因中间计算过程复杂,故只列出结果。再根据CIEL*a*b*均匀色空间的计算公式(8)可求得式(12),求解过程^[13-14]:

$$\begin{cases} X = \int_{380}^{780} S(\lambda)P(\lambda)x(\lambda)d\lambda \\ Y = \int_{380}^{780} S(\lambda)P(\lambda)y(\lambda)d\lambda \\ Z = \int_{380}^{780} S(\lambda)P(\lambda)z(\lambda)d\lambda \end{cases} \quad (7)$$

式中: X, Y, Z 为三刺激值; $S(\lambda)$ 为标准照明体的光谱功率分布; $x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda)$ 为光谱三刺激值; $P(\lambda)$ 为物体反射率。

$$\begin{cases} L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \\ a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \\ b^* = 500[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \end{cases} \quad (8)$$

式中: L^*, a^*, b^* 为色度值; X_n, Y_n, Z_n 为标准照明体的三刺激值。

$$\begin{cases} X_T = (1 - T)X_1 + TX_3 \\ Y_T = (1 - T)Y_1 + TY_3 \\ Z_T = (1 - T)Z_1 + TZ_3 \end{cases} \quad (9)$$

式(9)中下标为1表示第1色,下标为3表示实地叠印色,下同。

根据式(8)可以反向求出 $Y_1, Y_3, X_1, X_3, Z_1, Z_3$ 的表达式如下。

$$\begin{cases} X_1 = X_n \left(\frac{a_1^*}{500} + \frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 \\ Y_1 = Y_n \left(\frac{L_1^* + 16}{116} \right) \\ Z_1 = Z_n \left(-\frac{b_1^*}{500} + \frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} X_3 = X_n \left(\frac{a_3^*}{500} + \frac{L_3^* + 16}{116} \right)^3 \\ Y_3 = Y_n \left(\frac{L_3^* + 16}{116} \right) \\ Z_3 = Z_n \left(-\frac{b_3^*}{500} + \frac{L_3^* + 16}{116} \right)^3 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} L_T^* = 116 \left[(1 - T) \left(\frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 + T \left(\frac{L_3^* + 16}{116} \right)^3 \right]^{1/3} - 16 \\ a_T^* = 500 \left[(1 - T) \left(\frac{a_1^*}{500} + \frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 + T \left(\frac{a_3^*}{500} + \frac{L_3^* + 16}{116} \right)^3 \right]^{1/3} - 500 \left[(1 - T) \left(\frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 + T \left(\frac{L_{1+2}^* + 16}{116} \right)^3 \right]^{1/3} \\ b_T^* = 500 \left[(1 - T) \left(\frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 + T \left(\frac{L_3^* + 16}{116} \right)^3 \right]^{1/3} - 500 \left[(1 - T) \left(-\frac{b_1^*}{500} + \frac{L_1^* + 16}{116} \right)^3 + T \left(-\frac{b_3^*}{500} + \frac{L_3^* + 16}{116} \right)^3 \right]^{1/3} \end{cases} \quad (12)$$

$L^*a^*b^*$ 值可以通过参考文献[3]中所介绍的方法进行计算,也可直接使用ISO色度值代替。

把式(12)代入CIE色差公式(13),可求得叠印率为 T 的叠印色的色差 ΔE_T^* [15]。由于色差计算表达式过长,在此不再列出。

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (13)$$

从式(12)、(13)可知,叠印色差不但与 T 有关,还与第1色和实地叠印色的色度值有关。为了探寻叠印色差与 T 的关系,可以把第1色和实地叠印色的色度值用ISO色度值代入进行计算,ISO色度值见表1。

表1 ISO纸张类型1的油墨色度值

Tab.1 Chromaticity of inks for ISO paper type1

颜色	L^*	a^*	b^*
青(C)	54	-36	-49
品(M)	46	72	-5
黄(Y)	88	-6	90
红(M+Y)	47	66	50
绿(C+Y)	49	-66	33
蓝(C+M)	20	25	-48

由于叠印色的色差计算表达式过于复杂,因此采用曲线来表示叠印色差与 T 的关系, T 从0到100%按间距为5%进行变化,然后通过Excel计算相应的色差值,因列表数据过多,在此不便列出,最后把列表数据绘制折线图见图1,可知叠印率越大,其叠印色与理想叠印色的颜色差别(即叠印色差)越小,M/Y,C/Y叠印色差基本上与网点百分比叠印率成线性关系变化(M/Y指Y叠印在M上,其他类似)。

由于网点百分比叠印率偏大,在实际应用中,一

把式(10)与式(11)代入式(9),然后再把计算结果代入式(8)中整理后得式(12),式中 $T=F$ 。

当 $T=1$ 时,表示实地叠印, $L_T^* = L_3^*$, $a_T^* = a_3^*$, $b_T^* = a_3^*$; $T=0$ 时,表示只有第1色印刷在纸白上, $L_T^* = L_1^*$, $a_T^* = a_1^*$, $b_T^* = b_1^*$ 。实地理想叠印色的

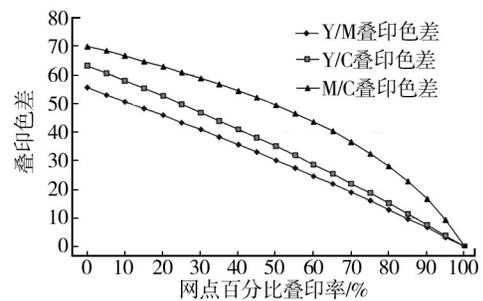


图1 色差与叠印率关系曲线

Fig.1 The relationship curves between chromatic aberration and trapping rate

般都使用贝雷斯公式计算叠印率,故要把网点百分比叠印率(T)转化为贝雷斯叠印率(T_p),转化方法是把式(3)中的 D_3-D_1 计算出来后代入式(1)中得到式(14)。

$$T_p = -\frac{1}{D_v} \lg(1 - T(1 - 10^{-D_v})) \quad (14)$$

式中: D_v 为第2色实地密度。由式(14)可以看出, T_p 不但与 T 有关,还与实地密度有关,为了探索实地密度 D_v 与叠印率 T_p 的关系,可利用式(14)通过Excel计算求得一系列数据,因数据较多不便列出,仅采用折线图表示,见图2。可知当第2色实地密度取不同值,网点百分比叠印率贝雷斯叠印率的对比关系情况,但总的变化趋势都是一样的。

2 结果

根据我国彩色平版印刷品质量标准(Cy/T—5—1999),M,C的实地密度一般取1.5,当 $D_v=1.5$ 时,网点百分比叠印率 T 为91,92,93,94,95,96,97,98,99,100时,对应的贝雷斯叠印率 T_p 为62,64,67,70,73,77,

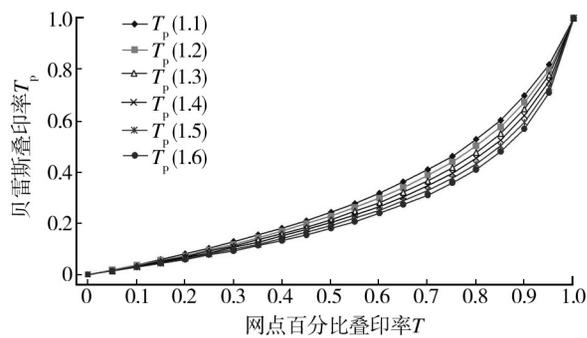


图2 网点百分比叠印率与贝雷斯叠印率关系曲线

Fig.2 The relationship curves between dot percentage trapping rate and Preucil trapping rate

81, 86, 92, 100。根据我国包装印刷品质量标准(GB/T 7705—1987),同批色差合格标准应少于等于4,也以此作为叠印色差合格标准。结合图1和图2所对应的数据列表,可得Y叠印在M上的贝雷斯叠印率合格标准应大于等于70%,C/Y的贝雷斯叠印率合格标准应大于等于73%,C/M的贝雷斯叠印率合格标准应大于等于86%。

为了探寻第1色的色度值与叠印色差之间的关系,采取上述同样的方法,可以固定 T 值与叠印色度值,改变第1色色度值的方法进行计算并绘图,同理还可以计算叠印色的色度值与叠印色差之间的关系。

以上推理是基于油墨透明的假设,如果油墨不透明,式(5)不成立,还必须乘以透明度系数。另外,由于第2色实地密度不同,造成贝雷斯叠印率不同,故上述贝雷斯叠印率合格标准也是随实地密度变化而不同的。从式(14)可知,贝雷斯叠印率与实地密度成近似反比关系,但这只是计算公式,并不是叠印率的决定因素,并不能得出第2色实地密度越大叠印率越小的结论。贝雷斯叠印率与第2色实地密度的关系还有待进一步研究。从图1可知,网点百分比叠印率与叠印色差的关系近似线性反比关系,其斜率可以直接求出,从而可把色差计算公式简化成叠印率的一阶线性函数形式。叠印色差是根据ISO色度值计算得来的,如果印刷品的色度值与ISO色度值差别较大,那么密度叠印率合格标准也将不同。

3 结语

由于网点百分数叠印率与叠印色差存在确定的关系,贝雷斯叠印率又与网点百分比叠印率存在量化关系,故贝雷斯叠印率与叠印色差之间存在确定的量化关系。在实际应用中,只要建立起贝雷斯叠印率与

叠印色差之间的量化关系表,再结合具体的叠印色差标准,就可以使用贝雷斯叠印率来更加精准的控制印刷品的色彩叠印质量,也可使用贝雷斯叠印率来制定印刷品的叠印率标准。

参考文献:

- [1] 何晓辉. 印刷质量控制与检测[M]. 北京:印刷工业出版社, 2008.
HE Xiao-hui. Quality Control and Detection of Printing[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 2008.
- [2] 陈德荣. 印刷品质量的检测与控制[M]. 北京:印刷工业出版社, 1992.
CHEN De-rong. Quality Control and Detection of Printing Products[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 1992.
- [3] 张旭亮, 朱元泓. 油墨叠印的色度评价方法研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2009, 34(4): 499—502.
ZHANG Xu-liang, ZHU Yuan-hong. Research of Colorimetric Evaluation Methods for Ink Trapping[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2009, 34(4): 499—502.
- [4] 赵伟立. 关于叠印率计算公式的讨论[J]. 出版与印刷, 2003(S1): 19—23.
ZHAO Wei-li. Discussion on the Calculation Formula of Trapping Rate[J]. Publishing & Printing, 2003(S1): 19—23.
- [5] 王月圆. 印刷过程控制中叠印率的评价与控制[J]. 广东印刷, 2012(5): 40—41.
WANG Yue-yuan. Evaluation and Control of the Trapping Rate in the Printing Process Control[J]. Guangdong Printing, 2012(5): 40—41.
- [6] 孙帮勇, 李延雷. 印品质量控制中的密度和色度测量技术[J]. 包装工程, 2008, 29(4): 48—50.
SUN Bang-yong, LI Yan-lei. Density and Chrominance Measurement in Printing Quality Control[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 48—50.
- [7] 何晓辉. 油墨叠印率检测方法的比较[J]. 北京印刷学院学报, 2005, 13(2): 3—5.
HE Xiao-hui. Comparison about Overprint Trapping Assessing Method[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2005, 13(2): 3—5.
- [8] 李永梅. 胶版印刷品密度与色度检测关系的研究[J]. 包装工程, 2007, 28(1): 70—88.
LI Yong-mei. Study on the Relationship between the Offset Printing Density and Chromaticity Detection[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1): 70—88.
- [9] 朱元泓. 油墨叠印的密度与色度评价方法分析[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 64—83.
ZHU Yuan-hong. Analysis of Densitometric and Colorimetric

- Evaluation Methods for Ink Trapping[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 64—83.
- [10] KIPPHAN H, PRINTMEDIEN H. Technologien und Produktionsverfahren[M]. Berlin: Verlag Berlin Heidelberg, 2000.
- [11] SCHLAEPFER K. Farbmétrikinder Reproduktionstechnikund Mehrfarbendruck[M]. UGRA: Switzerland, 2000.
- [12] KIPPHAN H. Handbook of Print Media[M]. Heidelberg: Springer Press, 2001.
- [13] WYSZECKIG S. Color Science[M]. New York: John Wiley & Sons, 1982.
- [14] 郑元林, 杨淑蕙. CIE1976 色差公式的均匀性研究[J]. 包装工程, 2005, 26(2): 48—49.
ZHEN Yuan-lin, YANG Shu-hui. Study on the Uniformity of CIE1976 Color Difference Formula[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2): 48—49.
- [15] 武兵. 印刷色彩学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2008.
WU Bing. Printing Color Science[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 2008.

(上接第 129 页)

- 研究[J]. 包装工程, 2012, 33(9): 27—32.
SUN Liu-jie, LI Meng-tao. Study on Light Holographic Watermarking Algorithm Based on CMYK Color Space[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 27—32.
- [14] 李晨璐, 孙刘杰, 李孟涛. 强鲁棒性全息水印算法[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 104—107.
LI Chen-lu, SUN Liu-jie, LI Meng-tao. Robust Holographic Watermarking Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13): 104—107.
- [15] 李晨璐, 孙刘杰. 一种新的彩色图像变换域全息水印算法[J]. 包装工程, 2013, 34(9): 84—88.
LI Chen-lu, SUN Liu-jie. New Color Image Holographic Watermarking Algorithm in Transform Domain[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9): 84—88.
- [16] CHENG C J, HWANG W J, ZENG H Y, et al. A Fragile Watermarking Algorithm for Hologram Authentication[J]. Journal of Display Technology, 2014: 319—327.

(上接第 143 页)

- 研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2009.
WANG Na, WEI Xian-fu, HUANG Pei-qing. Research of UV Inkjet Ink Dispersion and Rheological Properties[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2009.
- [15] 张开瑞, 张涛, 李涛, 等. 高分子分散剂对 UV 喷墨色浆分散稳定性的影响[J]. 现代化工, 2014, 34(1): 75—78.
ZHANG Kai-rui, ZHANG Tao, LI Tao, et al. Impact Polymer Dispersant on the Dispersion Stability of UV Inkjet Colorants [J]. Modern Chemical Industry, 2014, 34(1): 75—78.
- [16] 曹进, 宗小顺, 黄培青, 等. 研磨条件对 UV 喷墨油墨分散性的影响[J]. 北京印刷学院学报, 2010, 18(2): 13—16.
CAO Jing, ZONG Xiao-shun, HUANG Pei-qing, et al. Effect of Polishing Conditions on UV Inkjet Ink Dispersibility[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2010, 18(2): 13—16.
- [17] 张婉, 魏先福, 黄培青, 等. 单体和预聚物对 UV 喷墨油墨性能的影响[J]. 信息记录材料, 2008, 9(1): 3—7.
ZHANG Wan, WEI Xian-fu, HUANG Pei-qing, et al. Monomers and Prepolymers Impact on the Performance of UV Inkjet Ink[J]. Information Recording Materials, 2008, 9(1): 3—7.