

纸张色度对彩色印刷灰平衡的影响

王焕美, 陈广学, 崔晓萌, 唐宝玲, 邵晶磊

(华南理工大学 制浆造纸工程国家重点实验室, 广州 510640)

摘要: 在同一设备和油墨条件下, 以不同色度外观的纸张为变量, 通过比较灰平衡参数, 讨论了纸张色度属性对灰平衡的影响, 并分析了纸张色度影响灰平衡的主要原理。实验证明, 虽然纸张的色度并不显著, 但仍然会对不同阶调的颜色复制产生不同程度的影响, 特别是在进行高品质印刷时更应当引起充分重视。

关键词: 彩色印刷; 纸张色度; 灰平衡; 颜色对比

中图分类号: TS801.3; TS802.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)17-0105-04

Effect of Paper Chromaticity on Gray Balance in Color Printing

WANG Huan-mei, CHEN Guang-xue, CUI Xiao-meng, TANG Bao-ling, TAI Jing-lei

(State Key Laboratory of Pulp & Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Experiments were carried out on paper of different chromaticity using same equipment and ink. The effect of chromaticity on gray balance was discussed through comparison and the principle was analyzed theoretically. Results showed that the effect of chromaticity of paper is not significant, but if this factor is ignored, it can influence the color reproduction accuracy in different tone area. More attention should be paid to this phenomenon especially in high-quality printing process.

Key words: color printing; paper chromaticity; gray balance; color contrast

控制原稿上各种颜色在复制过程中正确地传递和再现, 是印刷复制中的关键。由于视觉对中性灰的偏色最敏感, 所以控制和确定图像颜色再现和传递效果的最好办法是以图像的灰色为标准。灰平衡是彩色图像复制中衡量色彩再现效果的标尺, 也是印刷生产中控制印品质量的重要手段, 确定正确的灰平衡数据对于印刷复制具有重要的意义。它能够表示彩色印刷复制中从浅到深的整个画面色彩还原程度的优劣, 也是印刷生产中控制印品质量的一种重要手段^[1-4]。

对灰平衡影响因素有很多, 例如油墨的色相、实地密度和印刷色序等^[4-5]。实践与理论表明, 纸张的偏色对灰平衡也是有影响的。笔者以实验为基础, 具体分析了喷墨打印纸的 a^* , b^* 值与灰平衡之间的关系, 研究了其影响的机理, 定性地描述了纸张偏色对灰平衡的影响, 为实际生产提供调节灰平衡的依据。

1 实验

1.1 器材

设备: Illustrator CS4 图形软件; EPSON Stylus Pro7880c 数字喷墨印刷机; X-rite 530 分光密度仪; X-rite Macbeth 标准光源比色箱。

材料: 纸张采用恒彩 RC180 g/m²、色彩丽达 JC190 g/m²、恒彩 RC190 g/m² 等 3 种市售喷墨打印纸; 墨水采用 EPSON 公司的“世纪虹彩”8 色颜料墨水。

1.2 标版设计与制作

为了得到较精确的灰平衡曲线, 依据 GATF 灰平衡导表的原理: 即以 C 值的变化为依据, 然后去找在此 C 值下达到灰平衡的 M 和 Y 值, 用 Illustrator CS4 图形软件设计并绘制一张灰度平衡导表, 见图 1。

灰平衡导表是由 CMY 三色以不同网点百分比

收稿日期: 2012-06-11

作者简介: 王焕美(1987—), 女, 山东人, 华南理工大学硕士生, 主攻色彩再现与图文信息处理。

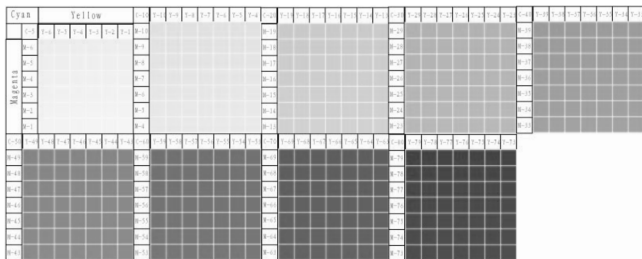


图1 灰度平衡导表

Fig. 1 The gray balance chart

叠加后形成的一系列色块组成。其色块分布规律为:沿垂直方向为品红油墨的网点百分比(按照从大到小的顺序)渐变规律,沿水平方向为黄油墨的网点百分比(按照从大到小的顺序)渐变规律。大坐标系里,再按照 C 值的变化将这些色块分成 9 个矩阵,每一个矩阵中对应一个确定面积率的 C 墨量。在绘制的灰平衡图中,9 个矩阵 C 值分别为:5%,10%,20%,30%,40%,50%,60%,70%,80%,比如在第 3 个矩阵中, C 值为 20%时,而其对应的 M, Y 的数值为 19%,...13%,按 1%递减的顺序排列^[2,5-6]。

1.3 步骤

1) 纸张 $L^* a^* b^*$ 值的测量。对 3 种喷墨打印纸分别编号:恒彩 RC180g 为 1#,色彩丽达 JC190 g/m² 为 2#,恒彩 RC190 g/m² 为 3#。对每种纸样分别选取 7 个点测量 $L^* a^* b^*$ 值,求其平均值和其标准方差。并测量 3 种纸样的 Y_{xy} 值。

2) 打印标版。对 EPSON Stylus Pro7880c 数字打样机用 EFI 做基本线性化,关闭所有色彩管理设置,并用该关键驱动 Epson 在 3 种纸样上分别输出灰平衡导表^[7]。

3) 测量并绘制灰平衡曲线。在 X-rite Macbeth 比色箱中,选择 D65 光源及标准视距观察条件下,采用裸眼目视比较并使用 X-rite 530 辅助测量密度,分别找到 3 种纸样上 9 个矩阵中的灰平衡色块,记录各点的 C, M, Y 值并绘制灰平衡曲线。

2 结果与讨论

2.1 纸张颜色

3 种纸样的 $L^* a^* b^*$ 值的平均测量值和标准方差结果见表 1。

根据表 1 所列数据,在 $a^* - b^*$ 平面图中标出纸

表 1 3 种纸样的 $L^* a^* b^*$ 值及标准方差

Tab.1 Value of Lab and standard deviation for the three kind of paper

纸样编号	L	a^*	b^*	标准方差		
				L	a	b
1#	91.30	0.5	3.61	0.041	0.022	0.031
2#	91.09	0.52	-1.8	0.058	0.027	0.028
3#	91.21	2.24	-5	0.053	0.032	0.040

样 1#, 2#, 3# 的相对位置,见图 2。

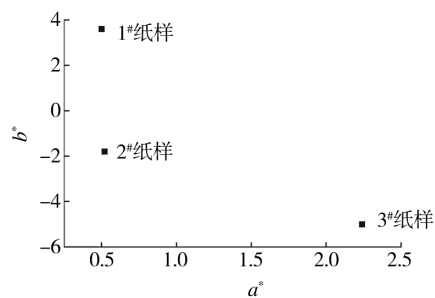


图2 3 种纸样色度值的相对位置

Fig. 2 The relative position of chromaticity for the three kinds of papers

根据 Y_{xy} 值在孟塞尔新标系统中分别找出 3 种纸样的色相。通过求解和查对孟塞尔新标系统,得出 1# 纸样主色相为 7.5Y,饱和度约为 1,视觉效果为黄色;2# 纸样主色相为 7.5G,饱和度为 0.1,视觉上接近白色;3# 纸样色相为 7.5PB 偏向于 2.5B 一侧,饱和度为 0.9,既 3# 纸样视觉上呈蓝紫色,略偏蓝。

2.2 灰平衡曲线分析

根据 3 种纸样各自的灰平衡色块密度数据,绘制灰平衡曲线。以灰平衡色块的密度为横坐标,以 C, M, Y 网点面积为纵坐标,分别绘制 3 种纸样的灰平衡曲线,见图 3^[2,6]。

1) 通过观察图 3 可以发现,2# 纸样达到灰平衡时,三色油墨中需要的 C 墨量最多, Y 和 M 墨量基本相同;1# 纸样达到灰平衡时需要的 Y 墨量比 M 墨量多;3# 纸样达到灰平衡时需要的 M 墨量比 Y 略多。

2) 为了更直观清晰地研究不同纸样达到灰平衡时,三色油墨用量关系,分别拟合青与品红网点面积关系曲线和青与黄网点面积关系曲线,其中变量取值范围为 $[0, 100]$,拟合曲线见图 4 和 5^[8]。图 4,5 中 M 和 C, Y 和 C 之间均存在高度的线性关系,说明不同 a, b 值的纸样达到灰平衡时, M 和 C, Y 和 C 的变

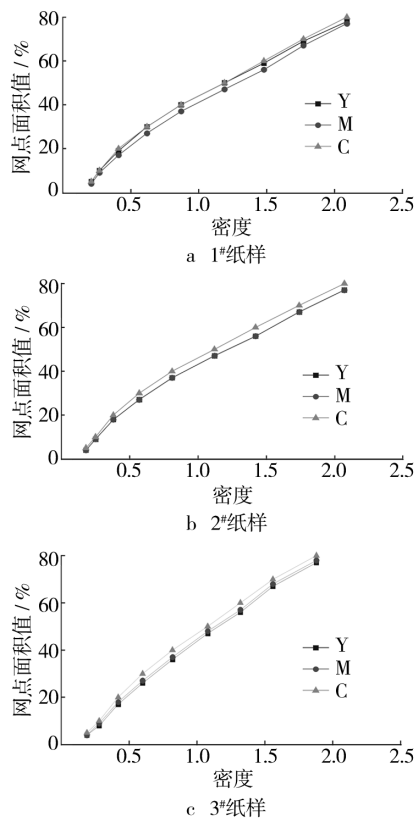


图3 纸张灰平衡曲线

Fig. 3 The gray balance curves of paper

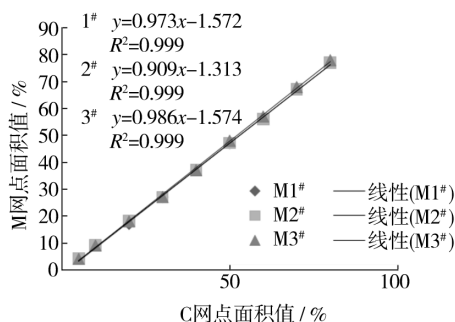


图4 3种纸样 M 和 C 的网点面积关系

Fig. 4 Relationship of M and C for three patterns

化关系都是线性的。图4中,纸样的3条拟合曲线基本重合,这说明3种纸样达到灰平衡时所用M墨量基本一样。图5中,1#纸样曲线过(0,0.217)点,2#纸样曲线过(0,-1.313)点,3#纸样曲线过(0,-2.206)点。这说明3种纸样达到灰平衡时需要的Y量依次减少。

3) 通过三色墨量比值,在印刷工艺中能更直观地观察和调节达到灰平衡的情况。在不同青墨网点

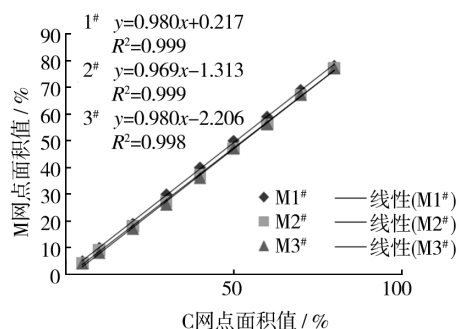


图5 3种纸样 Y 和 C 的网点面积关系图

Fig. 5 Relationship of M and C for three patterns

面积值下,3种纸样分别对应的三色油墨的相对量见表2。

表2 不同纸样在不同青墨网点面积值时

达到灰平衡的三色墨量比

Tab. 2 Comparison of three-color ink dosage to achieve gray balance of different paper pattern under different C dot area

墨量比 C	1# C:Y:M	2# C:Y:M	3# C:Y:M
5	1.0:1.0:0.8	1.0:1.0:0.8	1.0:1.0:0.8
10	1.0:1.0:0.9	1.0:0.9:0.9	1.0:0.8:0.9
20	1.0:1.0:0.85	1.0:0.9:0.9	1.0:0.85:0.9
30	1.0:1.0:0.9	1.0:0.9:0.9	1.0:0.87:0.9
40	1.0:1.0:0.925	1.0:0.925:0.925	1.0:0.9:0.925
50	1.0:1.0:0.94	1.0:0.94:0.94	1.0:0.94:0.96
60	1.0:0.983:0.933	1.0:0.933:0.933	1.0:0.933:0.95
70	1.0:0.986:0.957	1.0:0.957:0.957	1.0:0.957:0.97
80	1.0:0.975:0.963	1.0:0.963:0.963	1.0:0.963:0.975

为了进一步分析不同阶调处的灰平衡特性,把青墨网点面积值小于30%的区域定义为亮调区域,把青墨网点面积值从40%到60%作为中间调区域,青墨网点面积值大于70%区域作为暗调区域。

通过表2可知:2#纸样在各阶调范围内达到灰平衡所需要的黄墨量和品红墨量相同,且都小于青墨量。1#纸样在亮调时,达到灰平衡所需要的黄墨量和青墨量相同,且都大于品红墨量;从中间调到暗调,达到灰平衡所需要的黄墨量相对于青墨量逐渐减少,与品红墨量逐渐接近。3#纸样从10%以后,达到灰平衡所需的黄油墨量和品红墨量相对于青墨量都逐渐增加,所需的黄油墨量比品红油墨量略低。通过表2还可以看出,不同纸样从亮调到暗调,达到灰平衡时所需的三色油墨相对量越来越接近,在暗调区域基本一致。

2.3 纸张颜色对灰平衡影响的原理分析

实验所得灰平衡数据表现出以上特征,可以从2个方面进行解释。

首先,依据颜色对比原理:颜色对比指出,如果在一块颜色背景上放上另一颜色,由于颜色对比,2种颜色相互影响,使每一颜色的色调向其补色的方向变化^[9]。由颜色对比原理可知,若要在有底色的纸样上达到视觉灰,需要增加与纸样色相相同颜色的墨量。该实验中,1#纸样的色相为黄色。根据颜色对比,在1#纸样上的所有颜色的色调在视觉上都是偏向黄色的补色的,既是在其上的所有色块在视觉上都是偏蓝的。为了达到视觉上的灰平衡,就需要更多一些的黄墨来补偿这种由于颜色对比而产生的偏色。同理,2#纸样色相接近于视觉白色,所以主要表现出油墨的灰平衡关系。3#纸样色相为蓝紫色,根据颜色对比理论,为了达到视觉上的灰平衡,3#纸样达到灰平衡比2#纸样的灰平衡,所需黄墨相对偏少,品红墨相对偏多。实验结果与视觉颜色对比理论吻合。

其次,依据网点成像原理:网点成像原理可以很好地解释实验中不同纸样从亮调到暗调,达到灰平衡时所需的三色油墨相对量越来越接近,在暗调区域3种纸样基本一致这一现象。在亮调部分,网点基本上都是并列的,故进入人眼的光是黄、品红、青网点及纸样的混合反射光,则这部分的灰平衡取决于黄、品、青的颜色及纸样的底色;在中间调部分,网点并列呈色和两色网点的叠合呈色是主要形式,同理这部分的灰平衡也与纸样的色相有关。从75%网点面积起,三色网点叠合呈色占主要形式,纸白露出很少或基本没有,进入人眼的光基本由三色叠加的反射光决定,这部分的灰平衡与纸样的底色基本无关。网点成像方式的不同导致3种纸样在亮调和中间调达到灰平衡时的墨量差别明显,在暗调区域这种差别逐渐趋于一致。

3 结论

实验表明,彩色印刷中纸张色度值对灰平衡有着不可忽视的影响。纸张 b^* 值为正,视觉效果偏黄色,达到灰平衡时就需要更多黄墨量;当 b^* 值为负时,其视觉效果偏蓝色,达到灰平衡时需要更少一些的黄墨量;当纸张 a^* 值为正时,其视觉效果偏红色,达到灰平衡需要更多一些一品红墨量。在同一印刷品的不同阶调处,由于网点并列与重叠关系的不同纸样在亮

调区和中间调区,达到灰平衡的量会有明显差别。在暗调区域这种差别会逐渐减小,不同纸张间的灰平衡关系逐渐趋于一致。在印刷生产应用中,使用同样印刷油墨和设备条件下,如若忽视纸张间的色差问题,使用相同的灰平衡曲线进行生产,将很难实现灰平衡,可能导致明显的印刷偏色。

参考文献:

- [1] 李文育,周世生.关于灰平衡数据的计算[J].包装工程,2004(1):65-67.
LI Wen-yu, ZHOU Shi-sheng. The Calculation of Gray Balance[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(1): 65-67.
- [2] 陈威,薛国新.印刷平衡曲线的确定[J].印刷杂志,2008(12):48-50.
CHENG Wei, XUE Guo-xin. How to Calibrate the Curve of Print Gray Balance[J]. Printing Field, 2008(12): 48-50.
- [3] 李效州,陈广学,贾春江,等.基于高保真颜色再现的色域拓展方法研究[J].包装学报,2011,3(1):19-23.
LI Xiao-zhou, CHEN Guang-xue, JIA Chun-jiang, et al. Study on Gamut Extension Methods for Hi-Fi Color Reproduction[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 19-23.
- [4] 祁永清.彩色还原的决定因素—灰平衡[J].印刷世界,2007(3):7-8.
QI Yong-qing. The Proper Application of the Densitometer & Color Photometer A Determinant of the Color Reduction—The Grey Balance[J]. Print World, 2007(3): 7-8.
- [5] 王小燕.绘制灰平衡曲线的方法[J].广东印刷,2007(7):29-30.
WANG Xiao-yan. Draw the Curve of Gray Balance[J]. Guangdong Printing, 2007(7): 29-30.
- [6] 杨尚昆.数字印刷灰平衡点浅谈[J].印刷质量与标准化,2009(1):61-64.
YANG Shang-kun. The Discussion Digital Printing Gray Balance[J]. Printing Quality & Standardization, 2009(1): 61-64.
- [7] 朱明铮,陈哲,刘浩学.基于灰色成分替代原理的特殊印刷效果研究[J].中国印刷与包装研究,2010,2(z1):246-249.
ZHU Ming-zheng, CHEN Zhe, LIU Hao-xue. The Research on Special Printing Effects Based on Gray Component Replacement[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 2(z1): 246-249.

(下转第121页)

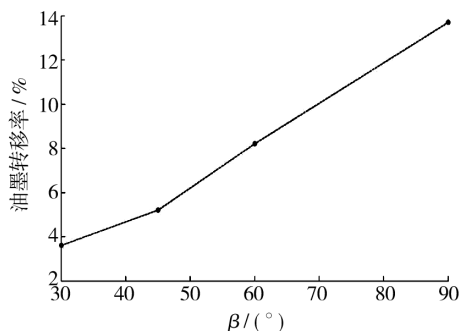


图8 不同梯形槽壁接触角条件下的油墨转移率

Fig. 8 Change of ink transfer ratio with groove wall contact angles

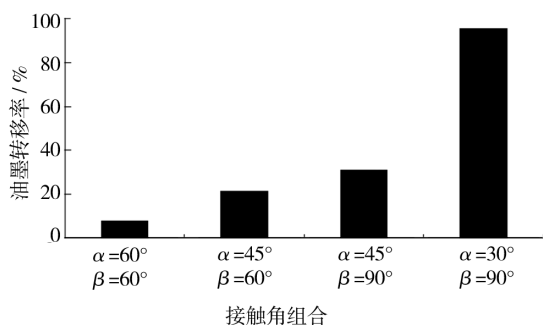


图9 不同接触角组合条件下的油墨转移率比较

Fig. 9 Comparison of transfer ratios under various contact angle combinations

3 结论

对凹版胶印油墨转移过程的第2阶段进行了数值模拟,并进行了合理的分析,得出以下结论:(1)油墨转移率随着网穴深度的增加而减小;(2)油墨转移率随着平板接触角的增加而减小;(3)油墨转移率随着梯形槽壁接触角β的增加而增大;(4)可以获得最大油墨转移率的接触角组合为 $\alpha=30^\circ, \beta=90^\circ$;(5)在

网穴深度 $h=10\mu\text{m}$ 时油墨转移率可达96.3%。以上结论对于提高凹版胶印生产中的油墨转移率提供了重要的依据。

参考文献:

- [1] PUDAS M, HAGBERG J, LEPPAVUORI S. Printing Parameters and Ink Components Affecting ultra-fine-line Gravure-offset Printing for Electronics Applications[J]. Journal of the European Ceramic Society, 2004, 24: 2943-2950.
- [2] 夏雪, 唐正宁. 凹版胶印油墨传递过程对印品质量的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 82-84.
XIA Xue, TANG Zheng-ning. Influence of Ink Transfer Process of Gravure Offset Printing on Print Quality[J]. Package Engineering, 2009, 30(2): 82-84.
- [3] POWELL C A, SAVAGE M D, GUTHRIE J T. Computational Simulation of the Printing of Newtonian Liquid from a Trapezoidal Cavity[J]. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, 2002, 12(4): 338-355.
- [4] HUANG W X, LEE S H, SUNG H J, et al. Simulation of Liquid Transfer between Separating Walls for Modeling Micro-gravure-offset Printing[J]. International Journal of Heat and Fluid Flow, 2008, 29: 1436-1446.
- [5] PUDAS M, HAGBERG J, LEPPAVUORI S. Gravure Offset Printing of Polymer Inks for Conductors[J]. Prog Progress in Organic Coatings, 2004, 49: 324-335.
- [6] ZHANG X. Dynamics of Drop Formation in Viscous Flows[J]. Chemical Engineering Science, 1999, 54: 1759-1774.
- [7] SCARDOVELLI R, ZALESKI S. Direct Numerical Simulation of Free-surface and Interfacial Flow[J]. Annual Review of Fluid Mechanics, 1999, 31: 567-603.

(上接第108页)

- [8] 陈永利, 赵达尊, 张静方, 等. 影响灰平衡模型精度的工艺参数研究[J]. 包装工程, 2006, 27(4): 143-145.
CHEN Yong-li, ZHAO Da-zun, ZHANG Jing-fang, et al. Study on Printing Process Parameters Influencing Gray Balance Model Precision[J]. Packaging Engineer-

ing, 2006, 27(4): 143-145.

- [9] 胡成发. 印刷色彩与色度学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1993.
HU Cheng-fa. Printing Color and Colorimetric[M]. Beijing: Printing Industries Press, 1993.