

基于视觉灰平衡的灰成分替代

刘太庆, 王晓红, 蒋继春, 丁桂芝

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 提出了视觉灰平衡的概念和模型, 并应用于分色过程中的灰成分替代。首先, 以视觉中性灰色的色度值为标准, 使用查找表的方法获取了视觉灰平衡数据, 然后基于中性灰密度, 建立了 K 与 CMY 替代方程, 最后设置 4 种不同的替代率, 对 CMY 色块进行灰成分替代。实验结果表明, 当替代率设置为 0.4 时, 计算出与未取代的灰色之间的色差最小, 并且扩大了中亮调的色域范围。

关键词: 视觉灰平衡; 灰成分替代; 中性灰密度

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)19-0105-03

Gray Component Replacement Based Visual Gray Balance

LIU Tai-qing, WANG Xiao-hong, JIANG Ji-chun, DING Gui-zhi

(University of Shanghai for science and technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The concepts and models of visual gray balance were proposed and applied in gray component replacement of color separation process. Visual gray balance data was acquired by look-up-table based on chromaticity of visual gray. The equation between K and CMY was established based on neutral gray density. 4 kinds of replacement ratio were assigned to replace the gray component of CMY color patches. The experiment results showed that when the replacement ratio is 0.4, the color difference between the calculated and the original gray color patch is smallest; the color gamut is expanded in light and middle tone.

Key words: visual gray balance; gray component replacement; neutral gray density

青、品红、黄三色油墨叠印会产生灰色成分。为了降低印刷总墨量, 减少印刷故障, 降低印刷成本, 利用灰成分替代的方法生成黑版, 利用黑墨替代叠印产生的灰色部分^[1]。为避免彩色印刷图像产生偏色, 灰成分替代需按照中性灰平衡曲线。美国国家标准局印刷技术标准委员会 (CGATS) 提出了通用灰平衡公式^[2], 得到不同印刷条件下灰平衡曲线, 其准确度较低。文献[3]提出基于三滤色片下密度相等获取灰平衡, 该方法建立在光学密度之上, 没有考虑纸张和油墨对灰平衡的影响, 精度较差。文献[4]和文献[5]提出利用灰平衡导表法以纸白为基准获取灰平衡数据, 忽略人眼对整个灰阶调的感觉的变化。文献[6]和文献[7]距离加权法获取中性灰数据, 以相应 K 的色度为基准, 人眼对整个阶调上单 K 的变化和中性灰的变化感觉是不一样的。

纸张、油墨对灰平衡有重要影响^[8], 并且人眼对

整个灰阶调的感觉是不同的。由此, 笔者提出视觉灰平衡的概念和模型, 建立视觉平衡曲线, 然后对青、品红、黄三色的叠印灰进行视觉灰成分替代。首先, 设计灰平衡导表, 利用查找表的方法获取各阶调的视觉灰平衡数据, 拟合视觉灰平衡数据中性灰密度与 CMY 之间的曲线。其次, 打印输出单黑梯尺, 并拟合 K 与中性灰密度之间的关系。然后, 以中性灰密度为媒介, 建立了 K 与 CMY 替代方程。最后, 根据 K 与 CMY 的替代关系, 设置 4 种不同的替代率, 对 CMY 叠印色块进行灰成分替代, 确定最佳替代率。

1 视觉平衡的概念和模型

青、品红、黄以恰当的比例叠印, 在 Lab 颜色空间下, 叠印色 ab 色度值均为 0 时, 称之为绝对灰平衡。由于油墨、纸张以及印刷工艺水平的局限, 绝对灰平

收稿日期: 2013-04-30

作者简介: 刘太庆(1990-), 男, 山东济宁人, 上海理工大学硕士生, 主要从事印品质量控制和色彩管理方面的研究。

衡难以达到。在 $C=M=Y$ 的周围寻找一组 CMY 值,其叠印色的色度值与纸白色度匹配,这组灰平衡值称之为相对灰平衡。如果将 0~100 灰阶调上的颜色都与纸白相匹配,视觉上偏向纸白颜色,不能够达到视觉中性灰色。如果找到一组 CMY ,叠印后的色度值与人眼视觉灰色度相匹配,这组 CMY 值称之为视觉灰平衡。文中提出在 0~100 的灰阶调上,视觉中性灰色度值 a, b 是阶调 T 的线性函数:

$$a_T = (a_2 - a_1) \times \frac{T}{100} + a_1 \quad (1)$$

$$b_T = (b_2 - b_1) \times \frac{T}{100} + b_1 \quad (2)$$

式中: (a_1, b_1) 为 CMY 三色实地叠印的色度值; (a_2, b_2) 为纸白的色度值。

2 实验

2.1 设备和材料

实验设备和材料: Photoshop CS5. 1, HPZ3200 打印机, EasyColor 157g 打样纸, X-rite i1 分光光度计, ProfileMaker5 软件, Matlab 软件, TC3.5 特性化色表。

2.2 实验步骤

1) 使用 Matlab 软件编程输出 10 阶灰平衡导表和 10 阶单色 K 梯尺。

2) 在 Photoshop CS5. 1 选择 Photoshop default CMYK 色彩空间,并关闭全部色彩管理模块,使用 HPZ3200 将灰平衡导表和单色 K 梯尺打印输出。

3) 待样张干燥 30 min 后,在 ProfileMaker5 的 measure tool 模块中,使用分光光度计 i1 测量灰平衡导表、单色 K 梯尺上色块 Lab 数据。

4) 根据文中提出的视觉灰平衡模型,计算各阶调的视觉平衡色度数据,在测量得到的灰平衡导表的数据中,利用查找表的方法,根据 $\Delta E_{ab} < 3$ 原则^[9],获取各阶调的视觉灰平衡数据 CMY 。

5) 计算视觉灰色块和单黑梯尺的中性灰密度,分别拟合出视觉灰色块 CMY 、单黑梯尺 K 和中性灰密度之间的曲线,并以此建立各阶调 K 与 CMY 之间的关系。

6) 根据 5 中建立的 K 与 CMY 的关系,对 TC 3.5 特性化色表根据式(3)进行替代,其中 a 分别取 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 和 1。

$$K = a \cdot \min(CMY) \quad (3)$$

7) 将取代后的 TC 3.5 特性化色表打印输出,待干燥后,利用分光光度计 i1 测量色度数据,并比较不同取代率下的色差和色域差别。

3 实验结果与分析

通过实验获得的视觉灰平衡数据,见表 1。

表 1 各阶视觉灰平衡数据

Tab.1 Visual gray balance data at different tones

网点	C	M	Y
10	10	9	9
20	20	18	18
30	30	28	26
40	40	38	34
50	50	48	42
60	60	58	52
70	70	68	64
80	80	78	78
90	90	88	88
100	100	98	98

K 与 CMY 的颜色替代方程为:

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} K^2 \\ K^2 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

其中: A 为 $\begin{bmatrix} -0.1739 & 4.5399 & -20.6530 \\ -0.1813 & 4.6023 & -20.6530 \\ -0.1441 & 3.6008 & -22.6538 \end{bmatrix}$ 。结

果见图 1。

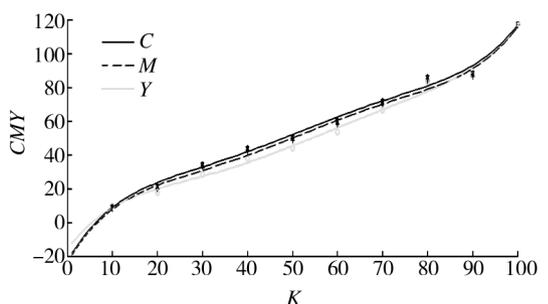


图 1 灰成分替代曲线

Fig. 1 The curves gray component replacement

根据 CIE1976 色差公式计算 TC3.5 特性化色表在不同替代率下与未取代的原色表之间色差,计算结果见表 2。

实验结果表明,利用视觉中性灰模型建立的取代关系进行灰成分取代,其色差 ΔE 均在 3 以内,普通

表2 4种不同替代率色差比较

Tab.2 Color difference comparisons among 4 groups of replacement ratio

替代率 /%	平均色差		
	总和	较好色块占90%	较差色块占10%
100	2.72	2.58	3.75
80	2.16	1.95	3.18
60	1.45	1.38	2.36
40	0.41	0.35	1.02
20	1.13	1.8	2.43
0	0	0	0

观察者分辨不出色差变化。与其他替代率相比,当替代率为0.4时,平均色差最小,TC 3.5色表中最好的90%色块和最差的10%色块中平均色差也最低。

取替代率为0.4时,替代后的色域与未替代的色域在亮调、中间调和暗调对比见图2。由图2可知在

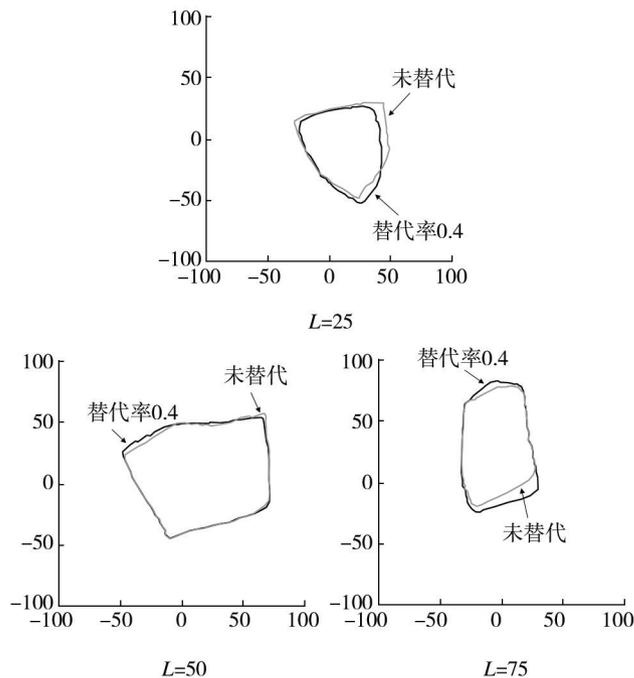


图2 色域比较

Fig.2 Comparison of gamuts

经过视觉灰成分替代后,打印机在亮调和中间调处的色域会变大,暗调处色域几乎不变。因为人眼对中亮调部分的色彩敏感性高,所以对打印输出图像进行视觉灰成分替代,能够提高色彩再现效果。

4 结论

在CMYK四色分色模型中,灰平衡模型对黑版的

生成具有决定性的作用。笔者提出基于CMYK色空间视觉灰平衡的概念和模型,利用查找表的方法获取打印输出设备的视觉灰平衡数据。以中性灰密度为媒介,确定K与CMY之间的取代关系。通过实验验证,取视觉灰成分替代率为0.4时,打印的色表与未取代色表之间色差最小,并且替代后的打印色域较替代前,扩大了中亮调处的色域表现范围,有效提高了打印色彩再现效果。

参考文献:

- [1] 金杨,刘真. 数字化印前处理原理与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
JIN Yang, LIU Zhen. Principles and Technology for Digital Prepress Processing[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2006.
- [2] ANSI-CGATS: Methodology for Establishing Printing Aims Based on a Shared Near-neutral Gray-scale[R],2011:8-12.
- [3] 黄照. 印刷中灰平衡方程式的计算[J]. 广东印刷,2012(1):14-15.
HUANG Zhao. Calculation on Gray Balance Equation in Printing[J]. Guangdong Print,2012(1):14-15.
- [4] 陈永利,陈文霞. 灰平衡工艺数据规范的研究与分析[J]. 包装工程,2004,25(4):26-28.
CHEN Yong-li, CHEN Wen-xia. Research and Analysis on Gray Balance Data[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4):26-28.
- [5] 李文育,周世生. 关于灰平衡数据的计算[J]. 包装工程,2004,25(1):65-67.
LI Wen-yu, ZHOU Shi-sheng. The Calculation of Gray Balance[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(1):65-67.
- [6] 朱明铮. 油墨节省算法研究[D]. 北京:北京印刷学院,2011:18-27.
ZHU Ming-zheng. Research on Ink Savings[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2011:18-27.
- [7] 刘太庆,王晓红. 基于距离加权的灰平衡改进方法[J]. 包装工程,2012,33(23):141-143.
LIU Tai-qing, WANG Xiao-hong. A Corrective Way to Acquire Gray Balance Data Based on Weight Distance Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23):141-143.
- [8] 王焕美,陈广学. 纸张色度对彩色印刷灰平衡的影响[J]. 包装工程,2012,33(17):105-109
WANG Huan-mei, CHEN Guang-xue. Effect of Chromaticity on Gray Balance in Color Printing[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17):105-109.
- [9] THOMAS J B. Colorimetric Characterization of Displays and Multi-display System[D]. Dijon France: University of Burgundy, 2009:23-24.