

# 喷墨打印纸表面特性对色彩复制的影响

朱志伟, 陈广学, 陈奇峰, 陈双莲

(华南理工大学 制浆造纸工程国家重点实验室, 广州 510640)

**摘要:** 随着颜色科学尤其是喷墨印刷的高速发展, 对颜色复制效果的评价成为了喷墨印刷最重要的评价参数之一, 同时也使颜色复制效果的评价越来越趋于定量化。选取了 4 种不同类型、不同物理性能的喷墨打印纸张, 通过对纸张的白度、光泽度、粗糙度和吸收性等性能参数的测量和分析, 得到了喷墨打印纸的各项性能参数对颜色复制的影响, 对于喷墨打印中纸张类型的选择和提高喷墨印刷的复制精度, 具有一定的实际指导意义。

**关键词:** 喷墨印刷; 颜色复制; 色差

**中图分类号:** TS801.3; TS802.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)03-0109-04

## Influence of Ink-jet Paper Surface Characteristics on Color Reproduction

ZHU Zhi-wei, CHEN Guang-xue, CHEN Qi-feng, CHEN Shuang-lian

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

**Abstract:** With the rapid development of color science, especially ink-jet printing, the evaluation of color copy effectiveness becomes one of the most important evaluation parameters in ink-jet printing. Meanwhile, it makes the evaluation of color reproduction effectiveness become more and more quantitative. Four kinds of ink-jet printing paper with different types and physical properties were selected as samples. Whiteness, gloss, roughness, absorption and other performance parameters of the paper were measured and analyzed. The influence of various performance parameters of ink-jet printing paper on color reproduction was obtained. The purpose was to provide practical guidance for selection of ink-jet printing paper and improvement of replication precision of ink-jet printing.

**Key words:** ink-jet printing; color reproduction; chromatic aberration

在信息化带动工业化发展的时代, 印刷产业逐步从传统印刷发展为现代电子印刷, 走过了从传统手工到现代电工发展的历程, 尤其是数字化印刷的运用与发展越来越广泛。数字印刷技术近年来一直是印刷出版行业的焦点技术之一, 以其独特的优势在按需印刷领域发挥着重要的作用, 尤其是在互联网迅速发展的情况下, 数字技术与网络技术、通讯技术的结合, 将使得数字印刷的发展前景非常广阔<sup>[1-2]</sup>。

## 1 颜色空间和评价方法

### 1.1 CIE L\* a\* b\*

CIE L\* a\* b\* 颜色空间的优点是当颜色的色差大

于视觉上恰可察觉的色差而小于孟塞尔系统中相邻两级颜色的色差值时, 能较好地反映出色差的视觉感知量。目前, 我国及其他一些国家把 CIE L\* a\* b\* 颜色空间作为颜色复制检测的标准空间<sup>[3-4]</sup>。

### 1.2 颜色复制品的评价方法

评价颜色复制品颜色准确性的方法主要有 2 种: 一种是主观评价; 一种是客观评价。主观评价法, 即取颜色复制品上待评价的颜色样品, 与原稿一起放在一定的观察条件下进行观察, 凭主观感觉判断颜色差别, 对颜色复制质量的评价, 最终是为了满足人们主观视觉上的要求, 因此主观评价是对复制效果的最终评价; 客观评价法是指借助测量仪器获得颜色复制品的颜色数据, 以数据来评价颜色复制效果, 通过测量

收稿日期: 2011-07-12

作者简介: 朱志伟(1985—), 男, 江西人, 华南理工大学硕士生, 主攻印前图文处理。

通讯作者: 陈广学(1963—), 男, 河南人, 博士, 华南理工大学教授、博士生导师, 主要研究方向为数字印刷和印刷图像处理等。

仪器将颜色用数据来表示,将颜色感觉比较转换为数据比较,其结果具有客观性、量化的优点。

从理论上说,对颜色还原效果的客观和主观评价,应该是一致的,但实验证明目前采用的色差指标与人眼的视觉感受还没有达到完全一致的状态。造成这种不一致的原因在于:观察条件等主观评价的影响因素较多;由测色仪器造成的测量误差;进行色差计算时使用的颜色空间的不均匀性<sup>[5-6]</sup>。

## 2 实验

### 2.1 器材

材料:EPSON 公司的“世纪彩虹”8 色颜料墨水;4 种市售彩色喷墨打印纸。

设备:Epson Stylus PRO 7880C 数字喷墨打印机;电子天平(METTLER TOLEDO AL204);白度测定仪(RH-48B);光泽度测定仪(NOVO-GLOSSTM, Statistical Glossmeter);表面粗糙度测试仪(L&W PPS TESTER);透气度测定仪(L&W AIR PERMEANCE TESTER);纸张表面吸收重量测定仪;SpectroEye 分光光度仪。

### 2.2 步骤

1) 选取 4 种市售彩色喷墨打印纸(EasiColor EP517, HengCai FT190, HengCai JC110 和 Colorful Leader LC150)。

2) 用电子天平(METTLER TOLEDO AL204)测量纸张的定量。

3) 用白度测定仪(RH-48B)测量纸张的白度。

4) 用光泽度测定仪(NOVO-GLOSSTM, Statistical Glossmeter)测量纸张的光泽度(测量角度为 75°)。

5) 用表面粗糙度测试仪(L&W PPS TESTER)测量纸张的粗糙度。

6) 用透气度测定仪(L&W AIR PERMEANCE TESTER)测量纸张的透气度。

7) 用纸张表面吸收重量测定仪测量纸张的吸收性。

8) 选择四色标准测控条,对 4 种纸样进行打印输出。

9) 用 SpectroEye 分光密度仪对打印输出的标准测控条进行  $L^* a^* b^*$  值的测试,依据数据做图表,并分析结果。

## 3 结果与讨论

1) 将 4 种市售彩色喷墨打印纸作为实验样品承印物,对 4 种纸张依序标记为 1<sup>#</sup>, 2<sup>#</sup>, 3<sup>#</sup> 和 4<sup>#</sup> 纸张,其中,1<sup>#</sup> 纸张为树脂涂层高光相纸,2<sup>#</sup> 纸张涂布两道涂料且软压光,3<sup>#</sup> 纸张一道涂布且软压光,而 4<sup>#</sup> 纸张一道涂布未压光,这 4 种纸张的性能参数各不相同,具体的性能参数见表 1。

表 1 喷墨打印纸张的性能参数

Tab.1 Performance parameters of ink-jet printing paper

纸张类型	定量/ ( $g \cdot m^{-2}$ )	白度 (ISO) (%)	光泽度 (75°) (%)	粗糙度 (1 MPa) ( $\mu m$ )	透气度 ( $\mu m \cdot Pa^{-1} \cdot s^{-1}$ )	吸收性 (60 s)/ ( $g \cdot m^{-2}$ )
1 <sup>#</sup>	167.3	92.34	58.7	1.07	0.003	35.5
2 <sup>#</sup>	195.1	97.32	45.8	1.35	0.423	53.7
3 <sup>#</sup>	120.2	95.17	51.1	1.68	1.732	40.4
4 <sup>#</sup>	148.9	92.02	43.4	3.19	3.360	28.4

由表 1 可以看出,4 种喷墨用纸的表面性能存在明显差异,1<sup>#</sup> 纸、2<sup>#</sup> 纸和 3<sup>#</sup> 纸的粗糙度适中,而 4<sup>#</sup> 纸的粗糙度特别高,1<sup>#</sup> 和 4<sup>#</sup> 纸样的吸收性均较低,而 2<sup>#</sup> 和 3<sup>#</sup> 纸吸收性相对较高,4 种纸的光泽度和白度普遍较高。纸张是否经过涂料涂层涂布及软压光,决定了其表面性能和印刷适性的好坏。

2) 对于选用的 4 种印刷纸张,根据 CIE 规定的四色测控条上的  $L^* a^* b^*$  值打印出实验所采用的颜色样品,使用 SpectroEye 分光光度仪测量样品颜色值,测色条件调整为 D65 光源,2° 视场。四色测控条的颜色样品的标准  $L^* a^* b^*$  值和 4 种纸张上实验样品  $L^* a^* b^*$  值见表 2。

由表 2 可知,这 4 种纸张的颜色样品的  $L^* a^* b^*$  值与标准值的比较中,1<sup>#</sup> 纸张所测得的  $L^* a^* b^*$  值与标准值是相差最小的,其次是 2<sup>#</sup> 和 3<sup>#</sup> 纸张,差异相对较大的是 4<sup>#</sup> 纸张,这也是纸张本身性能差异所导致的结果。表 2 测量出的四色测控条的颜色样品的标准值和 4 种纸张上实验样品的实际值,通过 CIE1976  $L^* a^* b^*$  均匀颜色空间中色差值  $\Delta E_{ab}^*$  的计算公式,可得 4 种实验样品对应的颜色之间的色差值以及色差的平均值,见表 3。

由表 3 可知,实验样品对比标准值的色差除了个别颜色的色差值大于 4,大部分样品的色差值控制在

表 2 颜色样品的标准值和实验样品的实际值\*

Tab.2 Standard value of color samples and actual value of experimental samples

颜色样品	青	品红	黄	黑	纸白
标准值					
$L^*$	62	50	94	10	100
$a^*$	-15	78	-10	5	0
$b^*$	-48	-2	91	4	0
1#					
$L^*$	61.55	48.78	92.04	12.29	99.97
$a^*$	-15.52	78.38	-8.76	4.32	-0.01
$b^*$	-46.97	-2.25	91.49	3.98	-0.07
2#					
$L^*$	60.52	47.67	92.30	12.66	99.03
$a^*$	-17.84	77.14	-8.17	4.55	-0.006
$b^*$	-46.60	-2.58	89.24	3.93	-0.03
3#					
$L^*$	58.95	46.71	91.79	13.53	96.25
$a^*$	-13.50	76.10	-7.65	3.91	2.22
$b^*$	-46.03	-3.24	90.64	4.04	-0.96
4#					
$L^*$	61.05	48.36	90.10	13.77	98.17
$a^*$	-15.12	76.48	-7.51	3.40	1.19
$b^*$	-43.62	-3.83	86.93	3.27	0.40

\* :测量数据均为同一样品测量 4 次后所取的平均值

表 3 实验样品实际值对比颜色样品标准值的色差

Tab.3 Chromatic aberration between standard value of color samples and actual value of experimental samples

颜色样品	青	品红	黄	黑	$\Delta\bar{E}_{ab}^*$	
1#	$\Delta E_{ab}^*$	1.238 5	1.302 0	2.370 5	2.388 9	1.825 0
2#	$\Delta E_{ab}^*$	3.495 1	2.550 4	3.055 6	2.698 7	2.950 0
3#	$\Delta E_{ab}^*$	3.928 5	3.996 5	3.246 0	3.694 7	3.716 4
4#	$\Delta E_{ab}^*$	4.483 4	2.889 4	6.162 4	4.160 0	4.423 8
	$\Delta\bar{E}_{ab}^*$	3.286 4	2.684 6	3.708 6	3.235 6	总 $\Delta\bar{E}_{ab}^* = 3.228 8$

1~4 之间,4 种纸张颜色样品的平均色差依次增大,而打印参数条件固定,对于实验用喷墨打印机而言,喷墨速度和喷墨量都是定值,青、品红、黄和黑 4 种样品颜色的色差在 1# 纸张上得到较好的控制,其次是 2# 和 3# 纸张,而 4# 纸张对色差的控制不够稳定。全部样品的  $\Delta E_{ab}^*$  为 3.228 8,最大色差为 6.162 4,最小色差为 1.238 5,可见实验样品具有一定的复制精度,全部实验样品的色差分布见图 1。

由实验数据可知,在印刷承印物的性能有所差异的情况下,颜色复制样品的色差也各不相同。同时通过对其他类型的涂布纸及非涂布纸(普通白卡纸、胶版纸)做的比较实验,结果得出:对于 1# 纸张,其白度和光泽度等各项性能参数较为适合,因此其实验样品

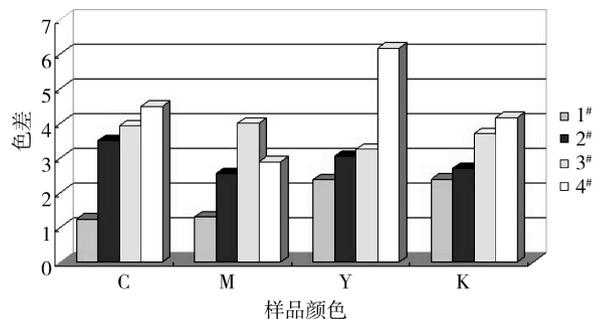


图 1 实验样品的色差分布

Fig. 1 Chromatic aberration distribution of experimental samples

对应的色差值较小;而对于 2# 和 3# 纸张,其性能参数较为平均,对应的实验样品色差比 1# 纸张大,但仍处于可接受的范围;4# 纸张由于光泽度和粗糙度等性能参数较为差,其实验样品的色差也较大且不稳定。

3) 纸张不同的白度影响色彩的复制,尤其是高光部分色彩的复制。这 4 种纸样除白度值不同,按白度大小顺序依次为 2# > 3# > 1# > 4#,而这 4 种纸张产生的平均色差  $\Delta\bar{E}_{ab}^*$  的大小顺序为 4# > 3# > 2# > 1#,这种改变在黑墨中体现的尤为明显。从测量数据的分析可知,这些白度不同的纸张的印后色差却不是依白度顺序而改变的。由此可见纸张的印刷色差与白度差之间并不存在正向的关系。

4) 光泽度主要影响色域内的所有颜色尤其是高饱和度,但在喷墨打印中,有时高油墨量会产生低光泽度。这 4 种纸张光泽度相差较大,一般而言,光泽度高的纸样有较大的色域,尤其是对于在颜色复制时对色域范围具有较高要求的纸样,光泽度是其重要的影响因素,所以在观察印品时光泽度对感知颜色尤为重要。

5) 油墨和纸张相互作用确定油墨的吸收性。同一种油墨在相同条件下印刷在吸收性不同的纸张上时,会有不同的印刷光泽。这 4 种纸张的吸收性不同,但其印刷墨层产生的色差并非按照吸收能力的大小依次排列,这是因为纸张色差是纸张吸收性与白度等性能参数综合作用的结果;而非涂料纸与涂料纸相比,黑色墨层会显得灰暗、无光泽,并且彩色墨层会产生漂移,由青色墨和品红色墨调配出的颜色表现最明显。

## 4 结论

不同纸张性能对颜色复制品的重要影响,是否涂

布、涂布量、涂料种类(主要是树脂涂层和涂料涂层)以及是否进行超级软压光对纸张的印刷适性有非常大的影响。纸张的白度主要影响白点周围的浅色,光泽度对黑色和高饱和色的影响最大,纸张对油墨的吸收性和纸张的粗糙度对色彩复制的色差影响较大。采用不同类型、不同物理性能的纸张将导致油墨和纸张间的相互作用,以及纸张的光学性能有很大的区别,因此在喷墨印刷中,要产生高质量且复制较为精确的颜色样品,不但对印刷设备和工艺有较高的要求,同时与印刷材料及其各项性能参数有着密切的关系。

由于条件的限制,除了 Epson Stylus PRO 7880C 喷墨打印机及其打印耗材外几乎没有其他设备可供选择和比较,这是实验的局限性,还有在色彩管理过程中一些经验性参数的设置只使用了默认固定设置,没有使色彩管理的最大功能发挥出来,这也可以作为今后研究的方向。

#### 参考文献:

- [1] 戚永红,周世生. 均匀色彩空间及色差公式的发展简述[J]. 印刷世界,2003(9):16-18.  
QI Yong-hong, ZHOU Shi-sheng. Development Brief of Uniform Color Space and Chromatic Aberration [J]. Print World, 2003(9): 16-18.
- [2] 王德静. 我国数字印刷的现状与发展分析[J]. 经济研究导刊,2010(17):261-262.  
WANG De-jing. Current Situation and Development Analysis

of China's Digital Printing[J]. Economic Research Guide, 2010(17):261-262.

- [3] 刘浩学. CIE 均匀颜色空间与色差公式的应用[J]. 北京印刷学院学报,2003,11(3):3-8.  
LIU Hao-xue. The Application of CIE Uniform Color Space and Its Color Difference Formula[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2003, 11(3): 3-8.
- [4] 郑元林,杨淑蕙. CIE1976LAB 色差公式均匀性的研究[J]. 包装工程,2005,26(2):48-49.  
ZHENG Yuan-lin, YANG Shu-hui. Research on Uniformity of CIE 1976 LAB Color Difference Formula[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2): 48-49.
- [5] 刘武辉,胡更生,王琪. 印刷色彩学[M]. 北京:化学工业出版社,2009.  
LIU Wu-hui, HU Geng-sheng, WANG Qi. Printing Color Science[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.
- [6] 黄敏. 基于彩色印刷样品的颜色复制研究[D]. 北京:北京理工大学,2008.  
HUANG Min. Color Reproduction Research Based on Color Printing Samples[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2008.
- [7] CIE Technical Report: Improvement to Industrial Colour-Difference Evaluation[R]. CIE Publ. No. 142, 2001.
- [8] 胡威捷. 现代颜色技术原理及应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2007.  
HU Wei-jie. Theory and Application of Modern Color Technology [M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 2007.
- [9] FANG Chang-qing, ZHANG Mao-rong, REN Peng-gang, et al. Study on the Water-based Ink Prepared from Polyurethane[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(4): 45-47.
- [10] DIETERICH D. Aqueous Emulsions, Dispersions and Solutions of Polyurethanes; Synthesis and Properties[J]. Progress in Organic Coatings, 1981, 9: 281-340.
- [11] 李晓萱,何国平,伍胜利. 水性聚氨酯的硬段结晶与粘接性能[J]. 高分子材料科学与工程,2009,25(3):71-74.  
LI Xiao-xuan, HE Guo-ping, WU Sheng-li. Hard-segment Crystallinity of Aqueous Polyurethanes and Their Use as Adhesives[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2009, 25(3): 71-74.

(上接第 54 页)