

## 纸张荧光增白剂对印刷色彩管理的影响探究

李易蔚, 陈广学

(华南理工大学, 广州 510640)

**摘要:** **目的** 探究荧光增白剂对纸张印刷色彩管理的影响。 **方法** 选择2种300 g/m<sup>2</sup>定量的日本富士施乐彩激纸,一种含有荧光增白剂,一种不含荧光增白剂,使用KONICA MINOLTA C6000打印机输出色块,测量色彩管理前后2种纸张输入和输出色块之间的色差。对比2种条件下输出色块与输入色块的色差,分析荧光增白剂对不同阶调和墨层厚度的色块的输出影响,并探讨UV-cut滤镜对荧光增白剂的校正效果。 **结果** 在D50光源下,含有荧光增白剂的纸张较不含荧光增白剂的纸张输出颜色的色差大。荧光增白剂对中间调颜色的影响大于亮调和暗调颜色,对颜色的影响程度与亮度值呈正比,与墨层厚度呈反比。荧光增白剂对亮调颜色**b**值的影响大于暗调颜色,荧光增白剂对颜色的**a**值影响不大。 **结论** 含有荧光增白剂的纸张上输出的色域体积要小于不含荧光增白剂的纸张,对颜色的控制也较不含荧光增白剂的纸张差。使用UV-cut滤镜对荧光增白剂进行校正后纸张上出色块的色差减小,对准确在纸张上进行颜色再现具有重要意义。

**关键词:** 纸张; 荧光增白剂; 色彩管理; 色差; UV-cut

**中图分类号:** TS801.3; TS802.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)03-0160-05

## Influence of Optical Brightening Agents on Color Management

LI Yi-wei, CHEN Guang-xue

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**ABSTRACT:** The aim of this work was to explore the impact of Optical Brightening Agents on paper printing color management. Two type of Japanese Fuji xerox color papers of 300 g/m<sup>2</sup> were chosen, one with Optical Brightening Agents, the other without Optical Brightening Agents, and KONICA MINOLTA C6000 printer was used to output colors, then the color differences between the input and output on the two kinds of paper before and after color management were measured. The color differences under the two conditions above were compared and the impact of Optical Brightening Agents on different tones and ink layer thickness of output colors was analyzed. In addition, the correction of UV-cut filter on Optical Brightening Agents was discussed. The paper containing Optical Brightening Agents output a larger color difference under D50 light source. The influence of fluorescent brighteners on midtone colors was greater than those on bright and dark color tones, while the impact on colors decreased gradually with the decrease of color brightness and the increase of ink film thickness. The impact of the Optical Brightening Agents on the bright color *b* value was greater than that on the darkened color. The impact of the Optical Brightening Agents on the *a* value of color was not obvious. The gamut volume of the output color on paper containing Optical Brightening Agents was less than that on paper without Optical Brightening Agents, and the color control ability of paper containing Optical Brightening Agents was greater than paper without Optical Brightening Agents. The difference of output color was reduced after the correction on Optical Brightening Agents with UV-cut, which was significant for copying colors accurately on paper.

**KEY WORDS:** paper; optical brightening agents; color management; color difference; UV-cut

收稿日期: 2015-05-25

作者简介: 李易蔚(1992—),女,河南南阳人,华南理工大学硕士生,主攻印刷包装材料与印前图文处理。

通讯作者: 陈广学(1963—),男,河南杞县人,工学博士,华南理工大学教授、博导,主要研究方向为数字印刷及印刷包装材料等。

白纸作为承印物具有反射透明油墨层减色混合后透过的色光的作用,白度不同的纸张所呈现出的颜色鲜艳程度不同<sup>[1]</sup>,只有高白度的纸张才能充分发挥油墨的色彩特性<sup>[2-3]</sup>。同一色块在不同光源条件下给人眼的感觉不同,不同的光源参数下,显示器显示同一色块的效果也不同<sup>[4]</sup>,因而色彩管理中一个很重要的步骤就是光源的确定。文中采用印刷中常用的标准光源D50来对色块进行色彩分析。CIE D50光源包含较多的紫外光,含荧光增白剂的纸张在D50光源条件下会吸收光源中的紫外光,并将其转化为可见蓝光放出,增加反射光中可见光的总量<sup>[5-9]</sup>,从而增加纸张的白度。印刷品在D50标准光源下观察时偏蓝,仪器测量值中 $b^*$ 值向负值方向偏转1到10个单位<sup>[10]</sup>。

荧光增白剂因其能将纸张白度提高10%以上<sup>[11]</sup>,效果远远好于其他添加剂而被广泛应用。然而,荧光增白剂虽然可以降低增白纸张的成本,却给印刷色彩管理带来了许多问题。一般情况下,纸张的 $b^*$ 值在 $[-3, 3]$ 范围时色彩管理才能较好地发挥作用,含有荧光增白剂的纸张的 $b^*$ 值一般要小于-4,且荧光增白剂含量越高,纸张基准色度值中 $b^*$ 值越小<sup>[12]</sup>, $b^*$ 值的减小严重影响色彩管理的正常操作<sup>[13]</sup>。Sandra Chaikovsky等<sup>[14]</sup>通过实验探究发现荧光增白剂纸张对色彩管理中黑色和黄色的影响较大。Roger David, Hersch等<sup>[15]</sup>通过使用新的颜色预测模型来探究荧光增白剂对颜色预测的影响。荧光增白剂对印刷色彩的影响探究对色彩管理具有重要的研究意义。

荧光增白剂会导致标准观察条件的变化<sup>[16]</sup>。针对荧光增白剂的特性,ISO 13655中规定了4种观察条件(即M0, M1, M2和M3)来解决荧光增白剂对色彩管理的影响。其中M0条件表示没有定义紫外光的含量,在测量含荧光增白剂材料时易出现偏差,其光谱与标准照明体A相似;M1条件表示光谱能量分布(SPD)与CIE D50相匹配,可以避免荧光增白剂颜色的测量结果带来的误差;M2条件表示排除紫外光的测量条件,就是使用UV-cut滤镜将400 nm以下波长的光滤去;M3条件表示偏振光条件,包含了M2的紫外光去除,并增加了偏振光的定义。偏振光用于某些消除或减小镜面反射的测量仪器<sup>[17]</sup>。文中选取在M1和M2条件下对纸张荧光增白剂在印刷色彩管理方面的影响进行探究。

## 1 实验

### 1.1 器材

材料:选取定量为300 g/m<sup>2</sup>的日本富士施乐彩激

纸,一种含有荧光增白剂,另一种不含荧光增白剂;KONICA MINOLTA C6000打印机的原装TN-616k碳粉。

设备:KONICA MINOLTA C6000打印机;格林达的spectro eye;爱色丽i1(带UV-cut镜头);technidyne ColorTouch PC CTP-ISO残余油墨/白度测定仪。

相关软件:Illustrator;Matlab;Profile Maker。

标版:ECI2002CMYK色表;取样色块图,见图1。

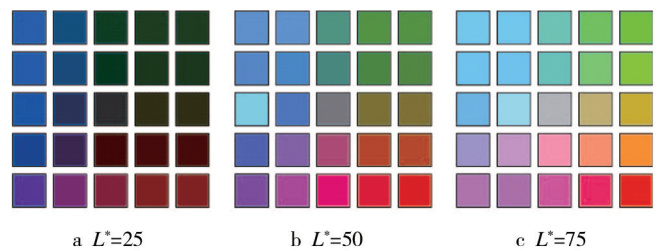


图1 取样色块

Fig.1 Sampling color chart

### 1.2 步骤

#### 1.2.1 M1条件下的测量

使用technidyne ColorTouch PC CTP-ISO残余油墨/白度测定仪分别测量不含荧光增白剂纸张和含有荧光增白剂纸张的白度,在D50光源下使用spectro eye测量2种纸张的光谱反射率曲线和色度值,分别在这2种纸张上对CIE L\*a\*b\*空间中 $L^*$ 为25, 50, 75平面上的取样色块图进行输出,见图1。在D50光源下使用spectro eye分别测量2种纸张上的色块色度值,通过Matlab输出ICC特性文件的查找表计算色块的理论输出值,分别计算2种纸上输出颜色值与理论值之间的色差。

#### 1.2.2 M2条件下的测量

使用带UV-cut滤镜的爱色丽i1测量2种纸张的基色色度值,分别在这2种纸张上输出ECI2002CMYK色表并进行色表测量。用Profile maker制作2种纸的特性文件,加载这2种特性文件重新输出色块图。使用带UV-cut滤镜的爱色丽i1测量色块的颜色值,分别计算出2种纸上输出颜色值与理论值之间的色差。使用Profile Maker生成2种纸张上出色块的二维、三维色域图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 M1与M2条件下测得2种纸张色度值的比较与分析

不含荧光增白剂与含有荧光增白剂的纸张的白度分别为85.74, 103.66,可以看出荧光增白剂会增加

纸张的白度。含有荧光增白剂和不含荧光增白剂的2种纸张的光谱反射率曲线见图2。由于纸张中的荧光增白剂会吸收光源中的紫外光并将其转换为可见的蓝光放出,因而含有荧光增白剂的纸张在波长440 nm处有一个明显的吸收峰,峰值的高低表征纸张荧光增白剂含量的多少,而不含荧光增白剂的纸张光谱反射率曲线则较为平滑。

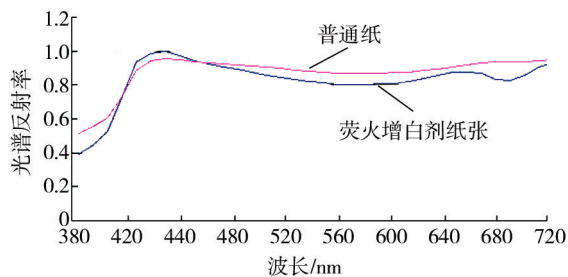


图2 M1条件下含有荧光增白剂的纸张和不含荧光增白剂的纸张的光谱反射率曲线

Fig.2 The spectral reflectance curves of the paper with and without the optical brightening agents under condition M1

在M1条件下所测得的2种纸的基色色度值分别为:含荧光增白剂纸张的 $L^*a^*b^*$ 值分别为92.54, 2.48, -8.06, 不含荧光增白剂纸张的 $L^*a^*b^*$ 值分别为95.55, 0.90, -3.62。经观察发现,荧光增白剂会使纸张的 $b^*$ 值小于-4<sup>[12]</sup>,相对于不含荧光增白剂的纸张来说 $b^*$ 值向负方向偏转的更多。在M2条件下所测得的2种纸的基色色度值分别为:含荧光增白剂纸张的 $L^*a^*b^*$ 值分别为91.05, 0.89, -2.57, 不含荧光增白剂纸张的 $L^*a^*b^*$ 值分别为94.22, 0.31, 0.34。

经观察可知,使用UV-cut滤镜校正后(由于仪器误差和滤色片不完全理想性,不含荧光增白剂的纸张的色度值也发生了一定的变化),2种纸张的 $b^*$ 值在负方向的偏转情况均有所改善,荧光增白剂对 $b^*$ 值的影响程度明显降低。

对比M1, M2条件下测得的纸张基色色度值发现,使用UV-cut滤镜校正后,含有荧光增白剂的纸张的 $b^*$ 值受荧光增白剂的影响程度明显减小, $b^*$ 值被控制在[-3, 3]范围内,能够满足色彩管理正常工作的需要<sup>[12]</sup>。

## 2.2 M1条件下2种纸张输出色块色差的比较与分析

2种纸上输出颜色值与理论值之间的色差见表1,可知使用荧光增白剂的纸张所得色差要远大于不含荧光增白剂纸张,而且荧光增白剂对中间调颜色的影响要大于亮调颜色和暗调颜色,同时对亮调颜色 $b^*$ 值的影响要大于暗调颜色。暗调区域网点百分比相对

较大,墨层叠加厚度较大,通过墨层到达纸张上的紫外光减小,因而暗调颜色受荧光增白剂的影响较小。 $a^*$ 值受颜色亮暗的波动较小,在CIE  $L^*a^*b^*$ 颜色空间中 $a^*$ 轴代表红绿轴, $b^*$ 代表蓝黄轴,由于荧光增白剂增加蓝光的反射量,因此 $a^*$ 值受荧光增白剂影响较小。

表1 M1条件下测得的2种纸张中色块的色差值

Tab.1 The color difference values measured in patches of the two types of paper under condition M1

色块	色差	不含荧光增白剂的纸张	含有荧光增白剂的纸张
$L^*=25$	$\Delta \bar{E}$	5.75	11.08
	$\Delta a^*$	3.23	4.96
	$\Delta b^*$	3.15	7.23
$L^*=50$	$\Delta \bar{E}$	5.56	7.94
	$\Delta a^*$	2.10	3.91
	$\Delta b^*$	4.48	6.39
$L^*=75$	$\Delta \bar{E}$	5.44	8.39
	$\Delta a^*$	2.97	3.60
	$\Delta b^*$	3.71	6.56

由此,输出颜色在D50光源下受荧光增白剂的影响较大,如果印刷过程中纸张突然更换了含有荧光增白剂的纸张,所得的印品在D50光源下测量会产生较大的色差,因此在印刷过程中要避免混合使用不同种类的纸张。如果需要使用不同品牌的纸张,则需要通过测量纸张的基色色度值来确定纸张的选择,以避免纸张的不同而带来的颜色偏差。

## 2.3 M2条件下2种纸张输出色块色差的比较与分析

2种纸在带UV-cut滤镜的爱色丽i1测量条件下输出颜色值与理论值之间的色差见表2,通过UV-cut滤镜的校正后,输出颜色的平均色差有所减小; $b^*$ 值的变化最明显, $b^*$ 值随 $L^*$ 值变化波动大幅减小,而且 $b^*$ 值的平均色差也有所减小。然而从纸张的平均色差来看,虽然含荧光增白剂纸张进行M2条件校正后平均色差有所减小,但是纸张的色差值仍较不含荧光增白剂的纸张大。与表1中含有荧光增白剂纸张的输出色块色差对比发现,通过UV-cut滤镜对纸张中的荧光增白剂校正可以使含有荧光增白剂纸张输出色块的色差明显减小,但是与不含荧光增白剂的纸张相比,校正效果并不是很理想。

## 2.4 M2条件下2种纸张输出色块色域的比较与分析

2种纸张在M2条件下制作的特性文件所显示的

表2 M2条件下测得的2种纸张中色块的色差值

Tab.2 The color difference values measured in patches of the two types of paper under condition M2

色块	色差	不含荧光增白剂的纸张	含有荧光增白剂的纸张
$L^*=25$	$\Delta \bar{E}$	5.65	8.24
	$\Delta a^*$	3.63	4.92
	$\Delta b^*$	2.49	3.79
$L^*=50$	$\Delta \bar{E}$	6.47	8.52
	$\Delta a^*$	2.61	3.11
	$\Delta b^*$	4.32	4.96
$L^*=75$	$\Delta \bar{E}$	6.54	8.01
	$\Delta a^*$	3.51	3.67
	$\Delta b^*$	3.60	4.02

三维色域见图3,由图3可以看出含荧光增白剂的纸张在 $b^*$ 轴正值方向较普通纸有明显差异,含有荧光增白剂的纸张所能在现的 $b^*$ 值范围要比普通纸张小,而且色域体积要比不含荧光增白剂的纸张小。由此,含有荧光增白剂的纸张所能展现的色域范围较不含荧光增白剂纸张小,对色彩的控制能力也较差。虽然油墨的色彩特性在纸张白度足够高的情况下才可以发挥出来,但是纸张荧光增白剂的加入导致纸张偏蓝,致使纸张会吸收部分色光,从而使印刷品上油墨层的色相、明度和纯度也会受到不同程度的损失。

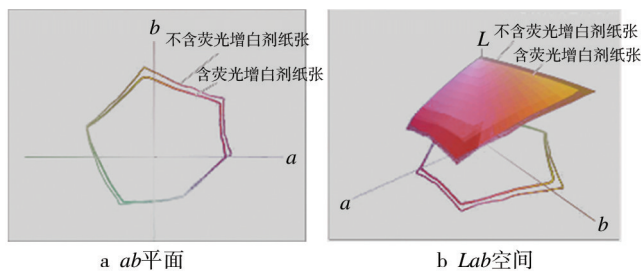


图3 2种纸张的色域比较

Fig.3 Color gamut comparison for the two kinds of paper

### 3 结语

在M1条件下荧光增白剂会影响输出色彩中的蓝光,使输出颜色向蓝色方向偏移。荧光增白剂对中间调颜色的影响要比亮调和暗调颜色的影响大,影响程度与亮度呈正比,与墨层厚度呈反比。在M2条件下通过UV-cut滤镜的校正,平衡掉了荧光增白剂对蓝光的部分影响,平均色差有所减小,但含荧光增白剂纸张上输出色块的色差与不含荧光增白剂纸张比仍较

大,色彩管理的效果并不理想,且含荧光增白剂的纸张的色域在 $b^*$ 轴正向的范围要小于不含荧光增白剂的纸张。含有荧光增白剂的纸张上输出色块的色域体积要小于不含荧光增白剂的纸张,对颜色的控制也较不含荧光增白剂的纸张差。该研究还需继续进行,对每个色块添加一定量的黄墨从而对纸张中的荧光增白剂进行补偿校正,使纸张上的颜色复制达到理想状态。总之进行纸张荧光增白剂对印刷色彩管理影响的探究对实际生产过程中如何在纸张上准确进行色彩再现具有非常重要的意义。

### 参考文献:

- [1] 梁菊华. 纸张白度对印刷色差的影响[J]. 包装工程, 2005, 26(12): 48—50.  
LIANG Ju-hua. The Influence of Paper Whiteness on Printing Color Difference[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(12): 48—50.
- [2] 马凤秋,董荣业,崔永强. 纸张性能对不同阶调处印刷品密度的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 50—51.  
MA Feng-qiu, DONG Rong-ye, CUI Yong-qiang. Effects of Paper Properties on Different Order Mediation Printing Density[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 50—51.
- [3] 蒋磊,赵中亮. 纸张白度对印品质量的影响[J]. 包装工程, 2008, 29(3): 66—68.  
JIANG Lei, ZHAO Zhong-liang. The Influence of Paper Whiteness on Printing Quality[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 66—68.
- [4] 陈艳艳,陈广学,陈奇峰,等. 不同光源参数对苹果电脑显示性能的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 89—94.  
CHEN Yan-yan, CHEN Guang-xue, CHEN Qi-feng, et al. Effects of Different Light Source Parameters on the Apple Computer Display Performance[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 89—94.
- [5] FÁTIMA E, CYRNE de N, MARQUES M. Optical Brighteners Effect on White and Coloured Textiles[C]// Proceedings of World Textile Conference—4th AUTEX Conference, 2004: 1—6.
- [6] JIANG D G, CHEN L, FU W, et al. Simultaneous Determination of 11 Fluorescent Whitening Agents in Food-contact Paper and Board by Ion-pairing High-performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection[J]. Journal of Separation Science, 2015, 38(4): 605—611.
- [7] 严美芳,徐敏. 纸张的色相与印刷品色彩再现研究[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 103—106.  
YAN Mei-fang, XU Min. Study on Reproduction of Color on Paper and Printing[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21): 103—106.

- [8] 余丽, 匡华, 徐丽广, 等. 食品包装用纸中残留污染物分析[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 6—11.  
YU Li, KUANG Hua, XU Li-guang, et al. The Analysis of Residual Contaminants in Food Packaging Paper[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 6—11.
- [9] 赵蜀燕, 格林·菲尔. 紫外光对荧光增白剂衰减的影响研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2011(5): 50—52.  
ZHAO Shu-yan, GREEN P. Effect of UV Light on the Attenuation of Fluorescent Whitening Agent[J]. China Printing and Packaging Study, 2011(5): 50—52.
- [10] ISO 13655: 2009, Graphic Technology—spectral Measurement and Colorimetric Computation for Graphic Arts Images[S].
- [11] 沈永嘉, 李红斌, 路炜. 荧光增白剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.  
SHEN Yong-jia, LI Hong-bin, LU Wei. Fluorescent Whitening Agent[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [12] 田全慧, 刘真. 纸张荧光增白剂对印刷色彩管理影响的评价与控制[J]. 中国印刷与包装研究, 2010(6): 21—27.  
TIAN Quan-hui, LIU Zhen. Evaluation and Control on Effect of Fluorescent Whitening Agent on Paper Printing Color Management[J]. China Printing and Packaging Study, 2010(6): 21—27.
- [13] HOMANN J P. Digital Color Management: Principles and Strategies for the Standardized Print Production[M]. Berlin: Springer, 2009.
- [14] CHAIKOVSKY S. Effects of Optical Brightening Agents on Color Reproduction in Digital Printing[D]. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 2012.
- [15] HERSCH R D. Spectral Prediction Model for Color Prints on Paper with Fluorescent Additives[J]. Applied Optics, 2008, 47(36): 6710—6722.
- [16] GREEN P. Color Management Understanding and Using ICC Profiles[M]. UK: Wiley, 2010.
- [17] 戚永红, 郑元林. ISO 13655M 系列条件的应用分析[J]. 印刷技术, 2013(15): 44—45.  
QI Yong-hong, ZHENG Yuan-lin. Analysis of the Application of ISO 13655M Conditions[J]. Printing Technology, 2013(15): 44—45.

\*\*\*\*\*

(上接第 156 页)

- Food Industry[J]. Food & Machinery, 2015, 31(1): 231—234.
- [3] ALBOUY B, LUCAS Y, TREUILLET S. 3D Modeling from Uncalibrated Color Images for a Complete Wound Assessment Tool[C]// Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2007: 3323—3326.
- [4] ZOLFAGHARIFARD E. Home Makers: 3D Printing Has Helped Fuel a New Generation of DIY Producers[J]. Engineer, 2012, 63: 37—38.
- [5] AGRAWAL S, ANTUNES J P, THERON E, et al. Physical Modeling of Catchment Area by Rapid Prototyping Using GIS Data[J]. Rapid Prototyping Journal, 2006, 12(2): 78—85.
- [6] RUIZ C R, CABREDO R, MONTEVERDE L J, et al. Combining Shape and Color for Retrieval of 3D Models[C]// Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC, 2009: 1295—1300.
- [7] KUWATA T, MATSUBARA S, SUZUKI M. 3D color Doppler of Monoamniotic Twin Cord Entanglement[J]. Archives of Gynecology and Obstetrics, 2010, 281(5): 973—974.
- [8] 朱志伟, 陈广学, 陈奇峰. 喷墨打印纸表面特性对色彩复制的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 109—112.  
ZHU Zhi-wei, CHEN Guang-xue, CHEN Qi-feng. Influence of Ink-jet Paper Surface Characteristics on Color Reproduction[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 109—112.
- [9] STANIC M, LOZO B, SVETEC D G. Colorimetric Properties and Stability of 3D Prints[J]. Rapid Prototyping Journal, 2012, 18(2): 120—128.
- [10] HENSLEY B D, FERWERDA J A. Colorimetric Characterization of a 3D Printer with a Spectral Model[C]// Color & Imaging Conference, 2013: 160—166.
- [11] 张岩, 李仁爱, 曹云峰. 基于图像技术的喷墨打印纸表面孔隙分析[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 129—133.  
ZHANG Yan, LI Ren-ai, CAO Yun-feng. Pore Analysis of Inkjet Paper Surface Based on Image Technology[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 129—133.
- [12] 刘莹莹, 钱军浩. 油墨转移渗透对印品质量影响的模型研究[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 117—120.  
LIU Ying-ying, QIAN Jun-hao. Study of Print Quality Based on Ink Transfer and Penetration[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 117—120.
- [13] 何留喜, 陈广学. 基于UV喷墨的彩色3D打印研究[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 134—138.  
HE Liu-xi, CHEN Guang-xue. 3D Color Printing Based on UV Ink-jet Technology[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 134—138.
- [14] CHEN L, CHEN G X, XU R X. Research on Color Characterization for Inkjet Printer Based on the Spectral Murray-Davies and YNSN Model[J]. Journal of Information and Computational Science, 2014, 11(15): 5621—5630.
- [15] 郝兰芸, 钱军浩. 接触印刷过程中纸张油墨结合效应的研究[J]. 包装工程, 2012, 33(1): 92—94.  
HAO Lan-yun, QIAN Jun-hao. Research of Bonding Effect of Ink and Paper During Contact Printing[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1): 92—94.