

纸张抗透印性与印品阶调层次关系的研究

焦 诚

(上海市印刷品质量监督检验站, 上海 200042)

摘要: 目的 提出一种控制和预测印品透印质量的评价方法, 为印品图文设计及选纸方面提供理论依据, 达到经济化、高质量生产的目的。方法 选取 5 种不同的非涂布纸样, 对其紧度、平滑度、油墨吸收性和不透明度指标进行检测, 通过建立 PTR 模型来评价纸样的抗透印性。在这 5 种纸样印上 CMYK 阶调色块, 即 10%~100% (实地), 利用色差法 ΔE_{Lab} 来表征每一阶调的透印程度 PT_q , 以 $\Delta E_{\text{Lab}}=3.5$ 作为透印阈值, 来建立纸样抗透印性与各阶调之间的关系。结果 从 1# 纸样到 5# 纸样的抗透印值 PTR 依次减小, CMYK 在各阶调的透印值也基本呈现相同规律, PTR 模型成立; 依据透印阈值和每一纸样的线性公式得到相应的阶调值, 计算各色的阶调均值, 从 1# 到 5# 分别为 134.15% (计算值), 88.9%, 51.95%, 42.7%, 36.15%, 以此建立 PTR 与阶调值的关系曲线。结论 抗透印 PTR 值在 70.5% 以下的纸张, 适印 40% 以下阶调的图像; PTR 值从 71.0% 开始不断增大, 纸张的适印阶调范围也随之扩大; 当 PTR 值达到 73.8% 左右时, 即使实地色块也不会干扰到背面的图文。

关键词: 抗透印性; 不透明度; 油墨吸收性; 色差; 阶调值

中图分类号: TS802.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)19-0257-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.19.038

Relationship between Paper Print-through Resistance and Print Tone

JIAO Cheng

(Shanghai Municipal Supervision and Test Station for Quality of Print Products, Shanghai 200042, China)

ABSTRACT: The work aims to establish an evaluation method for controlling and predicting the print-through quality of printed products to provide theoretical basis for image and text design and paper selection of printed products, and achieve the purpose of economic and high-quality production. Five different kinds of non-coated paper samples were selected to test their compactness, smoothness, ink absorbency and opacity. PTR model was established to evaluate the print-through resistance of paper samples. The five types of paper were printed with CMYK tone block, namely 10%~100% (solid area). The color difference method ΔE_{Lab} was used to characterize the print-through degree PT_q of each tone. With $\Delta E_{\text{Lab}}=3.5$ as the print-through threshold, the relationship between the print-through resistance of the paper and each tone was established. As a result, from 1# paper sample to 5# paper sample, their PTRs decreased successively, the print-through value of CMYK in each tone basically presented the same rule, and the PTR model was established. The corresponding tone values were obtained according to the print-through threshold and the linear formula of each paper sample to calculate the mean tone values of various colors from 1# to 5#, namely 134.15% (calculated value), 88.9%, 51.95%, 42.7% and 36.15%, so as to establish the relation curve between PTR and tone value. In conclusion, the paper with PTR value of less than 70.5% is printable with images whose tone is lower than 40%. PTR value from 71.0% begins to increase, and the printable tone range of the paper is also expanded. When PTR value reaches about 73.8%, even for the solid color block, the image and

收稿日期: 2019-04-30

作者简介: 焦诚 (1983—), 男, 工程师, 注册质量工程师, 主要研究方向为印刷品质量检测。

text on the back will not be interfered.

KEY WORDS: print-through resistance; opacity; ink absorbency; color difference; tone value

非涂布纸张在印刷过程中,由于内部结构薄而疏松,油墨极易渗透到纸张多孔性的纤维网络中,到达纸张背面造成透印现象。传统意义上讲,透印的成因是多方面的,如纸张的不透明度、纸张对油墨的吸收性、油墨黏度、印刷压力及墨层等^[1]。透印现象严重影响纸张背面图文的色彩和清晰度,更甚者造成正面与背面图文叠加的混沌“场面”,产生印刷废品,给企业造成经济损失。透印是常被忽视的质量问题,故对其进行分析研究是有较大意义的。

透印是纸张多性能综合影响的结果,目前对纸张表面特性^[2-3]及透印现象综合考量的模型较少,如美国 LTF 的 Frank M. Preucil 提出的纸张表面效率 PSE(Paper Surface Efficiency)概念^[4-5];杨永刚等对印品透印现象预测与控制的研究,提出的纸张抗透印性 PTR(Print-through Resistance)模型概念^[6],即综合考核纸张的不透明度^[7-8]和吸墨性^[9]2 个物理量,以此来表征纸张抗透印的能力。

文中通过 PTR 模型,量化纸张抗透印能力,利用色差^[10-11]法来表征透印程度,做出非涂布纸张在每个阶调层次上透印程度的关系图,再以人眼感知色差^[12]作为透印阈值,构建 PTR 与阶调值之间的关系曲线,为印品设计选纸提供预测依据,也为控制透印提供一种可靠的方法,以较经济的生产方式获得高质量印品。

1 实验

1.1 材料

主要材料:选取 5 种不同的双胶纸,(依次记为 1#—5#纸样),TK TNSG 高光不结皮油墨(YMCK)(天津东洋油墨)。

1.2 仪器

主要仪器:X-rite eXact 分光光度仪(美国爱色丽公司);PN-48B 纸张白度测定仪(杭州品享科技有限公司);DCP-BKP10K 平滑度仪(四川长江造纸仪器有限公司);DRK107B 纸张测厚仪(山东德瑞克仪器有限公司);DRK114C 圆形定量取样器(山东德瑞克仪器有限公司);AL104 电子分析天平(瑞士梅特勒公司);ip110 喷墨打印机(Canon)。

1.3 方法与步骤

1.3.1 纸张平滑度的测定

依据 GB/T 456—2002《纸和纸板平滑度的测定》^[13]标准进行测定。

1.3.2 纸张不透明度的测定

依据 GB/T 1543—2005《纸和纸板不透明度(纸背衬)的测定(漫反射法)》,切取 100 m² 的圆形纸张试样,将 10 张试样正面朝上叠在一起,形成试样叠(反射因数已不会因试样层数的增加而改变);将试样叠放置测试孔下,测定其最上层试样的内反射因数 R_{∞} ,再取下最上层试样,并在其下面衬上黑筒,放置在测试孔下,测定单层反射因数 R_0 。

不透明度为 R :

$$R = (R_0 / R_{\infty}) \times 100 \% \quad (1)$$

式中: R_0 为试样正面或反面的单层反射因数(%); R_{∞} 为试样正面或反面的内反射因数(%)。

根据 10 张试样正反面相对的 R_0 和 R_{∞} ,按式(1)计算出试样正反面的不透明度 R ,并求平均值。

1.3.3 纸张油墨吸收性的测定

依据 GB/T 12911—1991《纸和纸板油墨吸收性的测定法》,切取 5 张(20±4) cm² 矩形纸张试样,用 X-rite eXact 分光光度仪测定试样表面涂抹吸收性油墨前的反射因数 R_0 ,被测试样下应衬有相同试样若干层直至不透明。在已知反射因数 R_0 的试样上均匀涂抹吸收性油墨,形成厚度为 0.1 mm,面积为 20 cm² 的油墨膜,按动秒表直至 2 min 后,用擦墨纸将未吸收的油墨擦掉,试样上留下均匀墨迹,再用 X-rite eXact 分光光度仪在原检测点测定反射因数 R_1 。

油墨吸收值为 A :

$$A = (R_0 - R_1) / R_0 \times 100 \% \quad (2)$$

式中: R_0 为油墨涂抹前试样反射因数; R_1 为油墨涂抹后试样反射因数。

根据 5 个试样相对应的 R_0 和 R_1 ,按式(2)计算出油墨吸收值 A ,并求出平均值。

1.3.4 纸张抗透印性的测定

纸张本身具有一定的抗透印能力,将其定义为抗透印性(print through resistance, PTR),根据前段表述可知,主要影响透印的 2 个纸张物理指标为不透明度(R)和油墨吸收性(A)。当纸张的油墨吸收性较高时,要以提高纸张不透明度来作为补偿;反之,低不透明度的纸张,必须以低吸墨性来补偿,才能达到抗透印效果。因此,纸张的抗透印性(PTR)可以作为不透明度和吸墨能力结合起来考核的物理量值,建立计算公式如下:

$$PTR = (100 + R - A) / 2 \times 100 \% \quad (3)$$

式中:PTR 为抗透印值; R 为纸张的不透明度; A 为纸张的 K & N 油墨吸收性。

将前述测试的结果代入式(3)中,可得到各纸

样的抗透印值（PTR）。

1.3.5 基于色差法纸张抗透印性与印品阶调关系的测试

评价纸张透印的方法主要有 4 种：反射率法、密度法、色差法、SCAN-P 36:02 和 PAPTAC L. 6U 标准法，文中研究主要使用色差法来对纸张透印程度作出数值评价。

一般来讲，色彩印品的透印程度或透印量可以用色差 $\Delta E_{\text{Lab}}^{[14-15]}$ 来表征：

$$PT_q = \Delta E_{\text{Lab}} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \tag{4}$$

式中：PT_q 为基于色差值表征的透印量； ΔE_{Lab} 为纸张背面印刷区域与背面空白区域的色差值； ΔL 为纸张背面印刷区域与背面空白区域的明度差值； Δa 、 Δb 为纸张背面印刷区域与背面空白区域的颜色差值。

在 1[#]—5[#]纸样上打印 YMCK 四色测控条，0~100%阶调，每 10%递增。为了将取值误差降到最低，每一色块大小为 7 mm×7 mm，打样后将纸样静置 2 h，让纸样充分干燥。用分光光度仪对各纸样背面每一颜色的每一阶调印区进行 Lab 测量，并计算出 ΔE_{Lab} 色差值，即透印量。

2 结果与分析

2.1 纸样抗透印性

对 1[#]—5[#]纸样进行了紧度、平滑、不透明度及油墨吸收性测试，具体结果见表 1。

表 1 纸样抗透印性测试结果
Tab.1 Test results of the paper print-through resistance

纸样	紧度/ (g·cm ⁻³)	平滑 度/s	不透明度 R/%	油墨吸收 值 A/%	抗透印值 PTR/%
1 [#]	0.77	51	95.23	47.1	74.1
2 [#]	0.83	48	94.18	47.0	73.6
3 [#]	0.71	33	92.07	47.5	72.3
4 [#]	0.56	7	91.37	49.0	71.2
5 [#]	0.58	8	90.02	49.2	70.4

一般来说，纸张的紧度影响纸张的不透明度和吸墨程度，紧度越大，纸张的内部结构越紧实，透光率越差，吸墨性越弱。非涂布纸未经施胶处理，纸张的平滑度较低，作为影响吸墨性的主要因素之一，其愈低，纸张表面愈粗糙，纸张的吸墨性就愈强。表 1 中的紧度、平滑度、不透明度和油墨吸收性四者的数据变化基本呈现了上述规律，抗透印模型 PTR 值反映了纸张的实际属性，具有参考价值。

2.2 纸样在各阶调的透印程度

各纸样在 CMYK 阶调上的透印程度结果见表 2—5。

综合上述测试结果来看，从 1[#]—5[#]纸样的抗透印值 PTR 依次减小，CMYK 色在各阶调的透印值也基本呈现从 1[#]纸样到 5[#]纸样依次减小的规律。当然会出现由于纸张内部结构不均匀所导致的不线性的问题，在此忽略不计。以纸张不透明度和油墨吸收性 2 个指

表 2 纸样上 M 色在各阶调的透印量
Tab.2 M color print-through value of each tone on the paper sample

纸样	阶调/%									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 [#]	0.6	0.97	1.27	1.35	1.37	1.44	1.47	1.71	1.81	3.06
2 [#]	0.86	1.19	1.53	1.87	2.24	2.27	2.12	2.78	3.64	5.52
3 [#]	1.09	1.66	2.19	3.20	3.55	4.02	4.01	4.89	5.56	6.89
4 [#]	1.11	1.76	2.20	3.32	3.61	4.03	4.21	4.95	5.66	7.39
5 [#]	1.05	1.76	2.24	3.39	3.78	4.23	4.55	5.11	5.39	8.52

表 3 纸样上 K 色在各阶调的透印量
Tab.3 K color print-through value of each tone on the paper sample

纸样	阶调/%									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 [#]	0.59	0.93	1.40	1.61	1.79	2.25	2.49	3.14	3.28	3.48
2 [#]	0.52	1.38	1.69	2.01	2.16	3.33	3.79	5.03	5.07	5.39
3 [#]	1.09	1.68	2.40	2.99	3.51	4.18	4.48	5.71	6.40	6.85
4 [#]	1.59	2.11	2.98	3.69	4.01	4.84	5.92	6.65	7.41	7.92
5 [#]	1.60	2.37	2.99	3.81	4.36	5.24	6.01	6.99	7.81	8.72

表 4 纸样上 C 色在各阶调的透印量
Tab.4 C color print-through value of each tone on the paper sample

纸样	阶调/%									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 [#]	1.09	1.57	1.63	1.68	1.83	1.85	2.27	2.46	2.70	3.02
2 [#]	0.98	1.57	1.65	1.75	1.96	2.05	2.37	2.85	3.06	3.31
3 [#]	1.26	2.29	2.78	3.00	3.66	3.81	4.26	4.99	5.00	5.08
4 [#]	1.51	2.98	3.25	3.38	4.12	4.14	4.97	5.18	5.52	6.15
5 [#]	2.21	3.82	3.51	4.02	4.71	5.33	6.43	6.68	7.04	7.38

表 5 纸样上 Y 色在各阶调的透印量
Tab.5 Y color print-through value of each tone on the paper sample

纸样	阶调/%									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 [#]	0.36	0.48	0.60	0.64	0.83	0.89	1.07	1.52	2.01	2.78
2 [#]	0.94	1.45	1.90	1.96	1.99	2.26	2.68	3.03	3.26	3.64
3 [#]	1.06	1.87	2.20	2.83	3.00	3.32	3.94	4.35	4.94	5.51
4 [#]	1.43	2.29	2.77	3.89	4.10	4.56	4.98	5.44	6.01	6.87
5 [#]	1.45	2.94	3.37	4.11	4.58	5.00	5.41	6.20	7.00	8.99

标建立的纸张抗透印性 PTR 模型测试结果,与纸样上 CMYK 各色色差值表征的透印程度呈现线性规律相一致,纸张的 PTR 值可以代表其抗透印性, PTR 值越高,抗透印性就越强,反之越弱。

2.3 透印程度与阶调值的关系

在实际生产过程中,许多印品中的图案都呈现出丰富的层次感,这是各色种在不同阶调充分表现的结果,不过随着印品阶调的升高,特别是暗调部分由于油墨量的增加,极易产生透印问题,影响到纸张背面的图文。鉴于人眼的辨识度,同一种颜色的色差值 ΔE_{Lab} 一旦超过 3.5,就易被辨别出。如果以 $\Delta E_{\text{Lab}}=3.5$ 这种色差来表征纸张透印程度 PT_q ,那么纸张正面印区的图文在背面已显现出来,与背面的图文造成混淆。文中研究将 $\text{PT}_q=\Delta E_{\text{Lab}}=3.5$ 作为透印影响的阈值。

一种纸张,它上面的图案某一阶调在纸张背面的透印程度 PT_q 达到 3.5,可以说从这一阶调向上的层次对纸张背面的透印程度会不断加重,一定抗透印性 PTR 的纸张可以呈现到哪一阶调以至于透印程度不会影响纸张背面的图文,结合表 2—5 中相关数据作图 1。

每一纸样以 10 个阶调层次的透印程度作线性分析,以 K 为例,从 1[#]纸样到 5[#]纸样的线性公式依次为: $y=3.2885x+0.2873$, $y=5.6285x-0.0587$, $y=6.4588x+0.3767$, $y=7.2691x+0.714$, $y=7.857x+0.6687$ 。

曲线趋势及 x 系数显示,从 1[#]—5[#]纸样曲线斜率越来越大,发展趋势也越来越陡峭。以透印程度 $\text{PT}_q=3.5$ 为阈值,依据每一纸样的线性公式得到相应的阶调值,从 1[#]到 5[#]分别为 97.7%, 63.2%, 48.6%, 38.3%, 36%。在这 5 种纸样中,抗透印性较低的 4[#]和 5[#]纸样,在将近 40%阶调处的透印程度就已达到阈值,随着阶调的升高,对纸样背面的影响会越发严重,具体见表 6 (大于 100%的阶调值均为计算值)。

2.4 基于透印阈值 PTR 与阶调值的关系

结合透印阈值所对应的阶调值,以及抗透印 PTR 值作图 2。

考虑到 CMYK 叠印的效果,故在图 2 中以每种颜色在一定的 PTR 下进行均值计算,制成叠加均值线。依图 2 分析,抗透印 PTR 值在 70.5 以下的纸张,从 4 成网点的透印就开始对印品背面的图文造成影响,鉴于曲线随着抗透印 PTR 值的减小亦趋于平缓,阶调值也不会随着抗透印 PTR 值降低而大幅下降,因此较差抗透印性的纸张,适印 40%以下阶调的图像。抗透印 PTR 值从 71.0 开始图中曲线有着明显的上升斜率, PTR 值不断增大,纸张的适印阶调范围也随之扩大。当 PTR 值达到 73.8 左右时,即使实地色块也不会干扰到背面的图文。在此,特别强调黑色,黑色在每一个 PTR 相较于其他颜色来说更易造成透印问题,对纸张的抗透印性也提出了较高的要求。

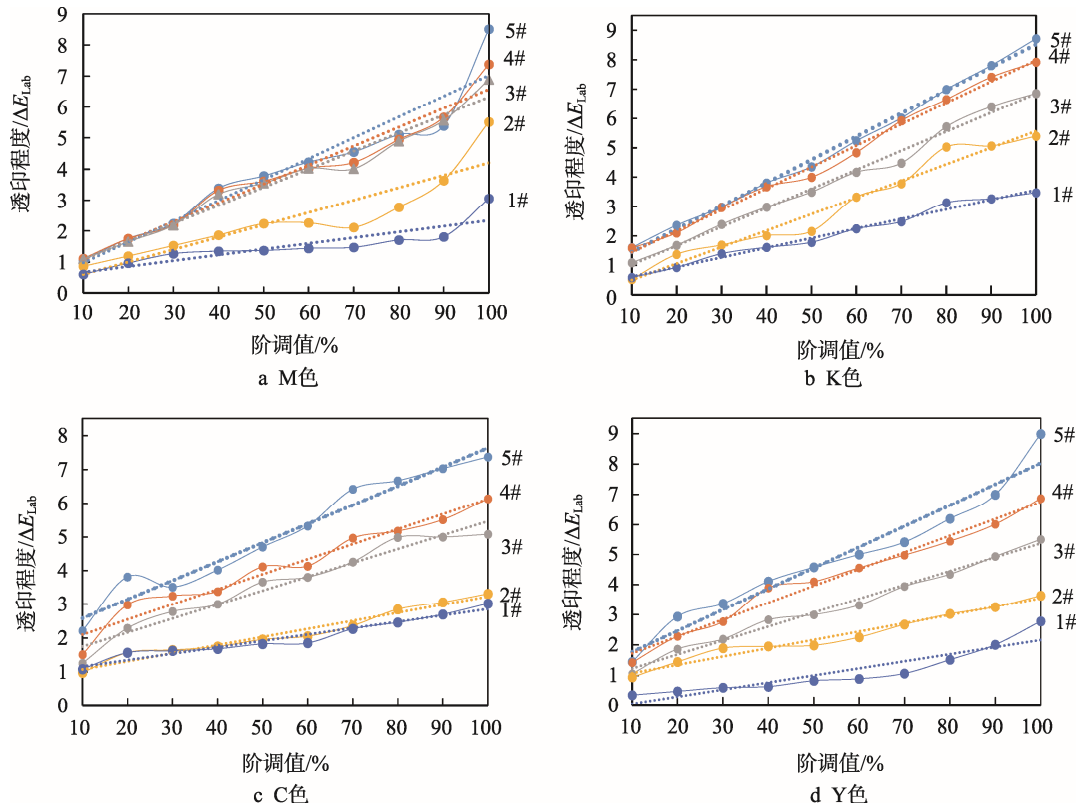


图 1 各纸样透印程度与阶调层次的关系
Fig.1 Relationship between the print-through degree of each paper sample and the tone

表 6 纸样中 CMYK 色达到透印阈值所对应的阶调值
Tab.6 CMYK color in the paper sample reaching the tone value corresponding to the print-through threshold %

纸样	C	M	Y	K	均值
1#	133.8	161.9	143.2	97.7	134.15
2#	111.4	82.4	98.6	63.2	88.9
3#	48.4	51.5	59.3	48.6	51.95
4#	41.2	49.4	41.9	38.3	42.7
5#	26.3	47.5	34.8	36.0	36.15

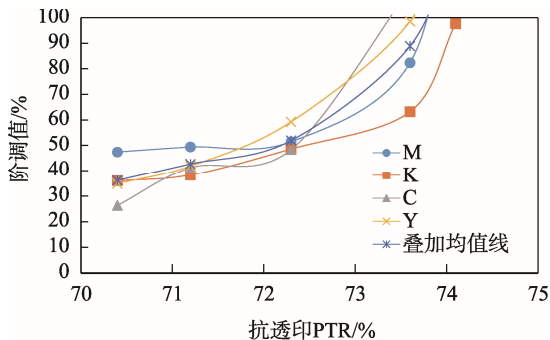


图 2 基于透印阈值 PTR 与阶调值的关系
Fig.2 The relationship between the PTR and the tone value based on the print-through threshold

3 结语

通过建立 PTR 模型评价纸张抗透印性，利用色

差法 ΔE_{Lab} 来表征透印程度 PT_q ，作出不同非涂布纸张在每个阶调层次上透印程度的关系图，再以 $PT_q=3.5$ 作为透印阈值，构建了 PTR 与阶调值之间的关系曲线。为印品设计时，根据已备纸张的抗透印性来进行图文阶调的选择，或根据图文整体阶调层次选择选纸等方面提供预测依据，以较经济的生产方式获得高质量印品。

参考文献：

[1] 王尚义, 高晶. 纸张 500 问[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2012.
WANG Shang-yi, GAO Jing. Paper 500 Problem[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012.

[2] 刘传杰, 李玉梅. 纸张表面光学特性的研究分析[J]. 今日印刷, 2017(5): 63—64.
LIU Chuan-jie, LI Yu-mei. Study and Analysis of Optical Properties of Paper Surface[J]. Print Today, 2017(5): 63—64.

[3] 于哲鹏. 纸张表面特性对印刷色彩再现的影响分析[J]. 化工管理, 2017(35): 105.
YU Zhe-peng. Analysis of the Influence of Paper Surface Characteristics on Color Reproduction of Printing[J]. Chemical Enterprise Management, 2017(35): 105.

[4] 王金玲, 高玉杰. 纸张表面效率对印刷品色彩再现的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(4): 76—78.

- WANG Jin-ling, GAO Yu-jie. Influence of Paper Surface Efficiency on Presswork's Color Reproduction[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(4): 76—78.
- [5] 郭丽娜, 冯龙, 曹建平. 彩喷纸表面效率与墨点清晰度关系的研究[J]. 信息记录材料, 2017, 18(11): 36—38.
- GUO Li-na, FENG Long, CAO Jian-ping. Study on the Relationship Between Surface Efficiency of Color Jet Paper and Clarity of Ink Spot[J]. Information Recording Materials, 2017, 18(11): 36—38.
- [6] 杨永刚, 刘全校. 纸张胶印品透印现象的预测与控制[J]. 北京印刷学院学报, 2014(2): 9—12.
- YANG Yong-gang, LIU Quan-xiao. Forecasting and Control of the Paper Print-through Phenomenon on Offset Printing[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2014(2): 9—12.
- [7] GB/T 1543—2005, 纸和纸板不透明度(纸背衬)的测定(漫反射法)[S].
- GB/T 1543—2005, Paper and Board—Determination of Opacity (Paper Backing)—Diffuse Reflectance Method[S].
- [8] 王凯. 浅析纸张不透明度与透印的关系[J]. 广东印刷, 2011(4): 19—20.
- WANG Kai. A Brief Analysis of the Relationship between Paper Opacity and Print-through[J]. Guangdong Print, 2011(4): 19—20.
- [9] GB/T 12911—1991, 纸和纸板油墨吸收性的测定法[S].
- GB/T 12911—1991, Paper and Board—Determination of the Ink Asorbency[S].
- [10] 陈春霞, 彭云云, 黄文涛. 低定量涂布纸印刷透印的检测分析方法研究[J]. 印刷质量与标准化, 2013(4): 51—60.
- HEN Chun-xia, PENG Yun-yun, HUANG Wen-tao. Study on the Detection and Analysis Method of Low-weight Coated Paper Print-through[J]. Printing Quality & Standardization, 2013(4): 51—60.
- [11] 彭云云. 采用色差理论评价印刷透印[J]. 印刷质量与标准化, 2012(4): 58—64.
- PENG Yun-yun. Color Difference Theory Was Used to Evaluate the Print-through[J]. Printing Quality & Standardization, 2012(4): 58—64.
- [12] GB/T 7705—2008, 平版装潢印刷品[S].
- GB/T 7705—2008, The Offset Lithographic Prints for Decorating[S].
- [13] GB/T 456—2002, 纸和纸板平滑度的测定[S].
- GB/T 456—2002, Paper and Board—Determination of Smoothness(Bekk Method)[S].
- [14] 何晓辉. 印刷质量检测与控制[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.
- HE Xiao-hui. Print Quality Teat and Control[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [15] 郑元林. 印刷品质量检测与控制技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- ZHENG Yuan-lin. Print Quality Teat and Control Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.