

纸张和油墨对胶印图像质量的综合影响分析

薛美贵¹, 李小东¹, 陈润权², 龚修端¹

(1.东莞职业技术学院, 东莞 523808; 2.国家纸制品质量监督检验中心, 东莞 523000)

摘要: **目的** 研究影响胶印图像质量各因素中的纸张与油墨各项性能对胶印图像饱和度、光泽度、耐磨性等所起作用大小的情况。**方法** 使用2种油墨对3种牛皮纸进行胶版印刷(简称胶印),采用偏最小二乘法(PLS)分析纸张平滑度、光泽度、表面孔隙情况、油墨粘度、颗粒大小等因素对所得图像色彩饱和度、光泽度以及墨层的耐磨性的影响情况。**结果** 纸张光泽度和表面平均孔径大小对印刷图像质量的影响作用较大,对纸张平滑度和孔隙相对深度的影响作用较小,对油墨各项性能的影响作用最小;胶印图像的饱和度、光泽度以及耐磨性(饱和度变化)与纸张平滑度、孔隙相对深度以及光泽度的相关性较大,而与其他影响因素的相关性相对较小。**结论** 在胶印过程中,改善纸张的光泽度、平滑度,或者适当调节纸张表面平均孔径和孔隙相对深度,可以在很大程度上提高图像的质量。

关键词: 影响因素;牛皮纸;油墨;胶印;PLS;图像质量

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)15-0237-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.15.037

Comprehensive Effects of Paper and Ink on the Offset Image Quality

XUE Mei-gui¹, LI Xiao-dong¹, CHEN Run-quan², GONG Xiu-duan¹

(1.Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China;

2.National Center for Quality Supervision and Inspection of Paper Products, Dongguan 523000, China)

ABSTRACT: The work aims to study the role of each performance of paper and printing ink (among the factors that affect the quality of offset image) in the saturation, gloss and abrasion resistance, etc. 2 kinds of inks were used for the offset printing of 3 types of kraft paper. Then, partial least square (PLS) was used to analyze the effects of smoothness, gloss, surface pore and ink viscosity of the paper and the particle size, etc. on the color saturation and gloss of the image and the friction resistance of ink layer. The results showed that the paper gloss and surface average aperture had significant impact on the offset image quality, had small impact on the smoothness and relative aperture depth of the paper, and had the least impact on the performances of the ink. The correlation between saturation, gloss and friction resistance (change) of the offset image and smoothness, pore relative depth and gloss of the paper was large; while the correlation with other influence factors was relatively small. In conclusion, in the process of offset printing, the improvement of gloss and smoothness of the paper and the proper adjustment to surface average aperture and pore relative depth of the paper can improve the image quality largely.

KEY WORDS: influencing factor; kraft paper; ink; offset; PLS; image quality

印刷图像的质量又可以称为印刷品的质量,其好坏直接决定着印刷品的档次、使用效果,对包装产品的印刷图像而言,其质量直接影响着消费者对包装美感的享受、乃至所包装产品的质量^[1-3],因此,对影响印刷图像质量的因素进行分析研究有较大的意义。

目前,关于印刷质量影响因素的研究较多^[4-10],如李洒等对铜版纸和涂布白卡纸胶印印刷质量的影响因素进行了研究^[4]。杨永刚等针对胶印纸胶印品的光泽度影响因素进行了探讨^[5]。也有部分学者研究就印刷纸张的孔隙情况对印刷质量的影响进行过分析^[8-9]。

收稿日期: 2017-09-16

基金项目: 广东省普通高校特色创新类项目(2016KTSCX176)

作者简介: 薛美贵(1984—),女,博士,东莞职业技术学院讲师,主要研究方向为印刷包装材料。

目前对于同一种印刷方式而言,关于影响其印刷图像质量(如色彩饱和度、光泽度、油墨密度及耐磨擦性等)的各因素之间存在什么关系、各影响因素对最终印刷图像质量的综合影响权重大小如何、各种影响因素对最终印刷质量的改善起到促进作用还是阻滞作用的研究,还未见有报道,因此,对影响印刷图像质量的各因素进行综合分析,发现影响印刷图像质量各因素所起作用大小的情况,找到最主要的影响因素,能够在对印刷图像质量进行控制时起到很好的指导作用,具有较好的理论参考意义。

针对目前市面上牛皮纸印刷产品常用胶印方式的特点,文中主要就使用2种油墨对3种牛皮纸样(涂料牛皮纸、精细牛皮纸、本色牛皮纸)进行胶印所得图像的质量进行分析,在对各纸样与油墨样品性能特点进行分析的基础上,采用偏最小二乘法(PLS)^[11-15]有效的将各因素结合起来,系统地反映出各个因素对胶印图像质量影响大小的情况。

1 实验

1.1 材料

主要材料:纸样类型分别为120 g/m²本色牛皮纸,120 g/m²精细牛皮纸与120 g/m²涂料牛皮纸,均由东莞某纸制品有限公司提供。由于目前对牛皮纸进行印刷所用油墨以红色和黑色两色为主,因此研究使用红色(细度26.3 μm,粘度3857 mPa·s)和黑色(细度16,粘度3848 mPa·s)油墨进行印刷,由东莞市龙日油墨有限公司提供。无水酒精,无纺布。

1.2 仪器

实验仪器:别克式平滑度仪, LB-BR10K, 蓝博仪器;光泽度仪, KGZ-1A, 天津市科器高新技术公司;扫描电子显微镜 SEM, S-3700N, 日本日立; IGT 印刷适性仪, IGT AIC2-5 T2000 HSIU4, 荷兰;分光密度计, X-rite, Series500;光泽度仪, KGZ-1A, 天津市科器高新技术公司;油墨印刷脱色试验机, PN-PID, 摩擦荷重0.9 kg, 杭州品享科技有限公司。

1.3 方法与步骤

1.3.1 纸张平滑度与光泽度的测定

实验前0.5 h开启别克式平滑度仪,并将纸样裁成10 cm×10 cm的规格,各取5张备用。等仪器预热好后,校正仪器并选择手动二档,将纸样按照其类型分别置于仪器中测量,记录数据,最后取平均值。实验前0.5 h开启光泽度仪,实验时,选取60°测量角度,取3种纸样各2张,在定标和校正之后对每个纸样上中下3个部位进行测量,记录数据,取平均值。

1.3.2 纸张表面孔隙的测定

实验采用扫描电子显微镜对3种牛皮纸样的表

面孔隙进行分析^[8],对各个纸样所成图像进行统计分析,得到纸张表面平均孔隙半径,然后,采用Image J图像处理法,对各纸样的SEM图进行分析,通过相对灰度值得出纸样表面孔隙相对深度值。

1.3.3 图像印刷及其质量分析

对于牛皮纸的印刷方式可以有多种,如柔性版印刷,胶版印刷以及丝网印刷等,研究结合普遍使用的牛皮纸印刷产品类型情况,使用IGT印刷适性仪模拟胶印方式进行单色(红色黑色)大面积实地版图像的印刷,印刷过程中所使用的印刷压力为625 N,印刷速度为0.2 m/s,供墨量为0.2 mL。

使用分光密度计对胶印各图像的不同部位进行测量,记录 L , a^* , b^* 值与密度值,然后,将测得的 L , a^* , b^* 值带入式(1),计算各图像的饱和度值,每个图像测量3次,取平均值。对印刷试样图像的光泽度进行测量,步骤同1.3.1节。

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

将各印刷图像裁切成5 cm×25 cm的纸片,采用油墨印刷脱色试验机,在摩擦速度为43次/min、摩擦次数为275次的条件下,进行摩擦实验。记录摩擦后的效果图,并进行相对应的测量。对摩擦后印刷试样的色彩饱和度与密度进行分析,所采取的方法同上。

2 实验结果与分析

2.1 纸张平滑度与光泽度

将实验所测得各纸样平滑度与光泽度的数据取平均值,具体结果分别见图1和图2。

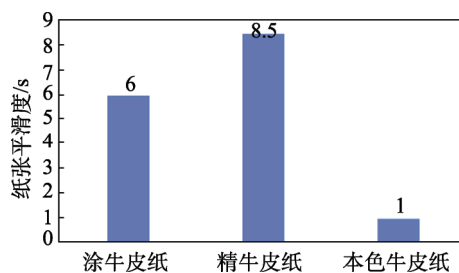


图1 纸张的平滑度

Fig.1 The smoothness of paper

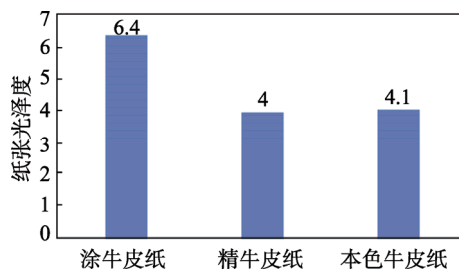


图2 纸张的光泽度

Fig.2 The gloss of paper

从图 1 中可以发现,涂布牛皮纸与精细牛皮纸的平滑度值远高于本色牛皮纸。从图 2 中可以清楚地看到涂布牛皮纸的光泽度要比其他 2 种纸样高,而精细牛皮纸与本色牛皮纸的光泽度基本相同。

2.2 纸张表面孔隙

通过对各纸样的 SEM 图(见图 3,由左至右分别为涂料牛皮纸、精细牛皮纸、本色牛皮纸)进行统计分析,得到各纸样的表面平均孔径与相对孔隙深度情况见图 4—5。

从图 4 可以发现,本色牛皮纸的表面平均孔径值远高于其他 2 种纸样,并且精细牛皮纸较涂料牛皮纸的平均孔径稍大。从图 5 可见,涂布牛皮纸表面相对孔隙深度平均值最高,精细牛皮纸最低,本色牛皮纸的居中。

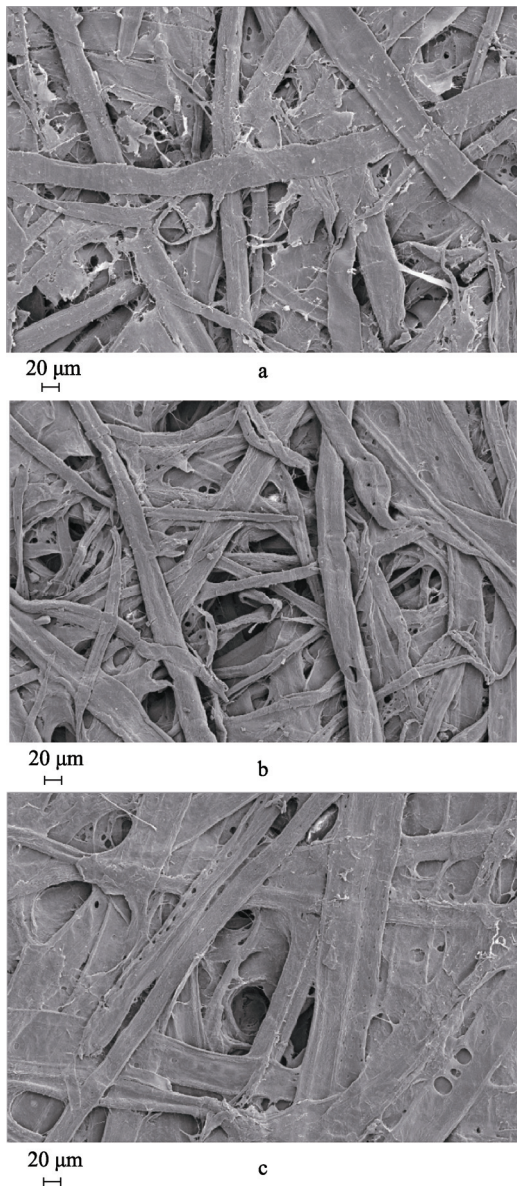


图 3 纸样表面 SEM 成像效果
Fig.3 The SEM imaging effect of paper sample surface

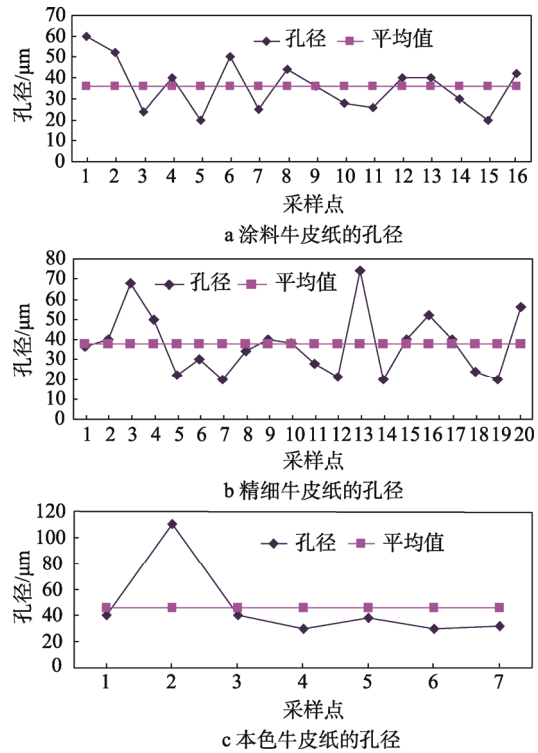


图 4 各纸样表面的平均孔径分布情况
Fig.4 The distribution of surface average aperture of paper samples

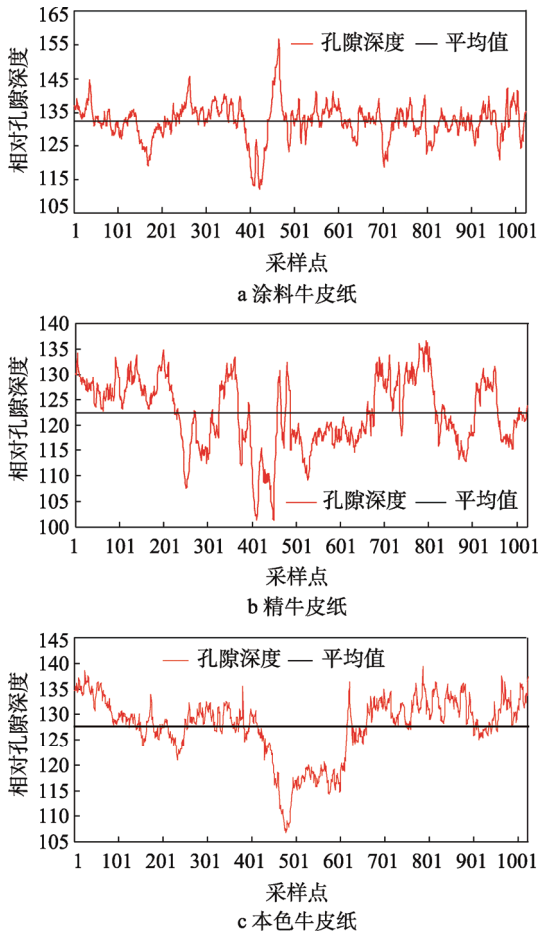


图 5 各纸样孔隙的相对深度情况
Fig.5 The pore relative depth of paper samples

2.3 印刷图像色彩饱和度

将实验所测的数据按式(1)进行计算得出饱和度,然后取平均值,所得结果见图6。

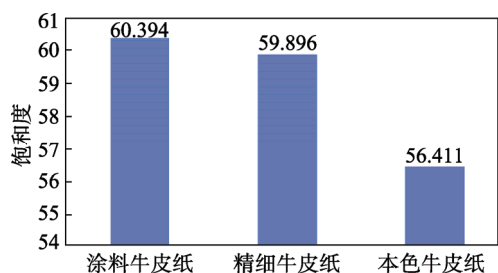


图6 胶印图像饱和度值

Fig.6 The saturation of the offset images

通过对图6印刷图像的饱和度值进行分析可以发现,不同纸样所得印刷图像的饱和度值不同,其中涂布牛皮纸的最高,本色牛皮纸的最低,精细牛皮纸的介于两者之间,且与本色牛皮纸的非常接近。

2.4 印刷图像密度

对印刷图像的密度进行测量,并将所测得的数据取平均值,结果见表1。

从表1可以看出,对于黑色油墨和红色油墨,印刷在不同的纸样上,所得图像的印刷密度值都存在相同的规律,即涂布牛皮纸的最高,本色牛皮纸的最低,精细牛皮纸的介于两者之间。

表1 胶印图像密度值

Tab.1 Density of offset images

纸样	黑色				红色			
	v	c	m	y	v	c	m	y
涂布牛皮纸	1.698	1.730	1.672	1.508	0.584	0.117	1.451	0.833
精细牛皮纸	1.574	1.589	1.578	1.408	0.558	0.097	1.268	0.671
本色牛皮纸	1.451	1.463	1.440	1.340	0.531	0.091	1.352	0.674

2.5 印刷图像光泽度

将实验所测各印刷图像的光泽度值分别取平均值,所得结果见图7。

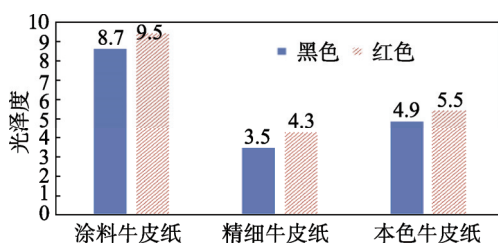


图7 胶印图像光泽度

Fig.7 The gloss of the offset images

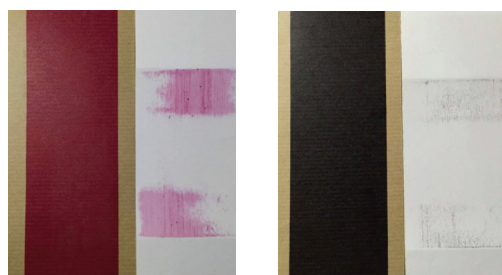
从图7中可以发现,在精细牛皮纸上的印刷图像光泽度最低,涂布牛皮纸印刷图像的最高。同时通过数据也可以看到,对于不同颜色油墨的印刷图像而言,红色的印刷图像光泽度较黑色的稍高,但整体非常相近。

2.6 印刷图像的耐磨性

对各纸样印刷图像进行摩擦之后的效果见图8,其中左边为印刷试样,右边为摩擦纸。

从图8可以发现,经过摩擦后各纸样的图像部分出现了明显掉色的情况,对摩擦后图像部分的饱和度进行测定,取平均值后的结果见图9。

从图9可以发现,摩擦后各印刷图像的饱和度都有不同程度的降低,其中涂布牛皮纸印刷图像的饱和度下降最为明显,精细牛皮纸的次之,本色牛皮纸的



a 胶印涂布牛皮纸摩擦试样



b 胶印精细牛皮纸摩擦试样



c 胶印本色牛皮纸摩擦试样

图8 印刷图像摩擦后的试样

Fig.8 The offset images (after friction resistance test)

下降幅度最小。对经过摩擦实验之后各纸样印刷图像的密度值进行测量，具体情况见表 2。

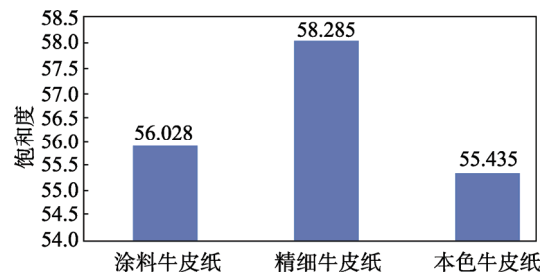


图 9 摩擦后胶印图文饱和度

Fig.9 The saturation of offset images (after friction resistance test)

印刷图像的油墨密度是与纸张表面墨层厚度成正比的，通过对摩擦前与摩擦后图像部分密度的差值便可得出摩擦前后印刷图像部分墨层厚度变化的情况，从而可以预见印刷品的耐磨性。通过对表 1—2 的数据进行对比分析，可以发现，各纸样的印刷图像经过摩擦实验后，其密度值都会有很大的变化，其中涂料牛皮纸的变化最大，精细牛皮纸的较小，本色牛皮纸的最小。对于红色和黑色 2 种油墨的印刷图像而言，红色油墨的耐磨性要比黑色的好，这可能是由于红色油墨颗粒大小与各纸样表面平均孔径分布较匹配。

表 2 摩擦后胶印图像的密度值
Tab.2 The density of offset images after abrasion

纸样	黑色（胶印）				红色（胶印）			
	<i>v</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>y</i>	<i>v</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>y</i>
涂料牛皮纸	1.586	1.615	1.565	1.443	0.528	0.094	1.161	0.726
精细牛皮纸	1.519	1.540	1.498	1.324	0.538	0.087	1.142	0.610
本色牛皮纸	1.426	1.431	1.413	1.306	0.514	0.0813	1.291	0.626

2.7 各影响因素对印刷图像质量影响程度的综合分析

从以上分析结果可以看出，影响胶印图像质量的因素有纸张的光泽度、平滑度、表面平均孔半径、孔隙相对深度、油墨的细度与粘度等，然而，各种影响因素的作用效果存在较大的差异，为研究各影响因素对胶印图像最终质量的综合作用情况，现采用 PLS 法对各因素的重要性进行分析，结果见图 10。从图 10 中可以发现，纸张光泽度与表面平均孔径对胶印图像最终质量的影响作用较大，纸张平滑度与孔隙相对深度的影响作用较小，油墨的粘度、细度等的影响作用最小。其中 Paper GL 为纸张光泽度，Paper PSiz 为纸张表面孔隙平均半径，Paper PRde 为纸张表面孔隙相对深度，Paper SM 为纸张平滑度，Ink color 为油墨颜色，Ink Vis 为油墨粘度，Ink fine 为油墨细度。

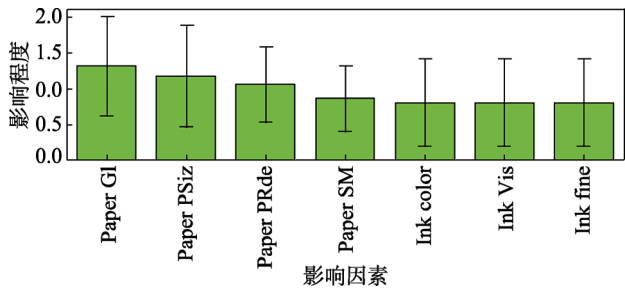


图 10 各影响因素对胶印图像质量的影响情况

Fig.10 The effect of influence factors on the offset image quality

对表征胶印图像质量的各性能指标受各影响因素的作用大小的情况进行分析，结果见图 11。图 11 表明，纸张平滑度、孔隙相对深度以及光泽度对图像

饱和度、光泽度以及摩擦性方面饱和度的变化影响较大，而其他影响因素的作用相对较小。其中 Image Dens 为图像的密度值，Density 为摩擦前后图像密度值的变化值，Image Gl 为图像光泽度，Saturation 为图像饱和度，Saturatic 为图像摩擦前后饱和度的变化值。

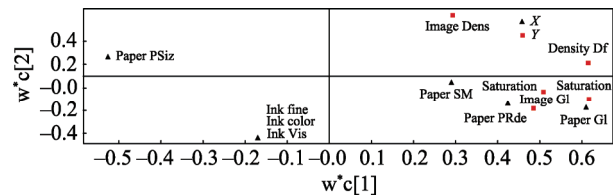


图 11 各影响因素与胶印图像质量之间的相关性分析

Fig.11 Analysis on correlation between the influence factors and offset image quality

印刷图像的色彩饱和度是评价印刷品的一个重要指标^[4—5]，现对各因素对其影响的情况进行分析，结果见图 12。对图 12 中的数据进行分析发现，印刷图像饱和度与纸张平滑度、光泽度成正向关系，而与纸张表面平均孔径值、纸张表面孔隙相对深度值成反

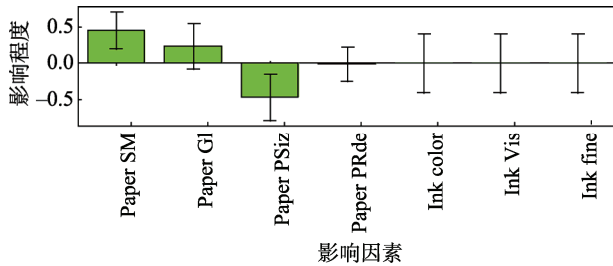


图 12 各影响因素对胶印图像饱和度的影响情况

Fig.12 The effect of influence factors on the saturation of offset images

向关系,即印刷纸张表面平滑度、光泽度越高,则印刷图像的饱和度越高,而纸张表面平均孔径值与孔隙相对深度值越大,则印刷图像的饱和度越低。这也与已有的研究结果相吻合^[9]。

3 结语

采用 PLS 法分析纸张、油墨分别对胶印图像质量影响的情况,得到了各个影响因素作用的权重大小情况,以及各个影响因素在影响胶印图像质量过程中作用的相关性。

实验结果表明,纸张光泽度是影响胶印图像质量的第一大因素,表面平均孔径是第二大要素,平滑度是第三大要素,孔隙相对深度是第四大要素,油墨各项性能的影响作用非常小;胶印图像的饱和度、光泽度以及耐磨性与纸张平滑度、孔隙相对深度以及光泽度的相关性较大,而与其他影响因素的相关性相对较小。

在胶印过程中,纸张的光泽度、平滑度、平均孔径与孔隙相对深度是影响印刷图像质量最重要的因素,改善这些因素可以在很大程度上提高图像的质量。

参考文献:

- [1] 齐晓堃. 印刷材料及适性[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2008.
QI Xiao-kun. Printing Materials and Printability[M]. Beijing: Publisher of Printing Industry, 2008.
- [2] 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 Test and Control[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [3] 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 Test and Control Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [4] 李洒, 臧永华, 许英, 等. 铜版纸和涂布白卡纸平版胶印印刷质量的影响因素[J]. 中国造纸, 2011, 30(6): 64—68.
LI Sa, ZANG Yong-hua, XU Ying, et al. Factors Affecting Lithographic Offset Printability of Coated Paper and Board[J]. China Pulp and Paper, 2011, 30(6): 64—68.
- [5] 杨永刚, 何喜忠, 杨再来. 胶版纸胶印品光泽度影响因素的探讨[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 21—23.
YANG Yong-gang, HE Xi-zhong, YANG Zai-lai. Study on Influencing Factors of Print Gloss of Offset Paper[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 21—23.
- [6] 郭鹏瑛, 霍李江, 马海龙, 等. 书刊胶印生产工艺生命周期评价案例研究[J]. 包装工程, 2011, 32(3): 84—87.
GUO Peng-ying, HUO Li-jiang, MA Hai-long, et al. Case Study on Life Cycle Assessment of Offset Printing Production of Books and Periodicals[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(3): 84—87.
- [7] 刘改平. 影响单张纸胶印油墨干燥性能的因素[J]. 山西科技, 2013, 28(1): 69—71.
LIU Gai-ping. The Factors Influencing the Drying Performance of Sheet-fed Offset Printing Ink [J]. Shanxi Science and Technology, 2013, 28(1): 69—71.
- [8] 薛美贵, 杨玉春, 邢文文, 等. 印刷用纸的孔隙结构分析[J]. 包装工程, 2015, 36(3): 129—133.
XUE Mei-gui, YANG Yu-chun, XING Wen-wen, et al. Study on the Porous Structure of Printing Paper and Board[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(3): 129—133.
- [9] 刘训. 纸张性能对印刷质量的影响[J]. 化工管理, 2017, 32: 181—183.
LIU Xun. Effect of Paper Performance on Printing Image Quality[J]. Chemical Management, 2017, 32: 181—183.
- [10] 申正会. 柔版印刷中油墨和涂布间的相互作用及其对印刷质量的影响[J]. 造纸化学品, 2017, 2: 41—47.
SHEN Zheng-hui. Interaction Between Ink and Coating in Flexographic Printing and Its Effect on Printing Quality[J]. Paper Chemicals, 2017, 2: 41—47.
- [11] 王惠文, 付凌晖. PLS 路径模型在建立综合评价指数中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(10): 80—85.
WANG Hui-wen, FU Ling-hui. The Application Research of Partial Least Square Path Modeling on Establishing Synthesis Evaluation Index[J]. System Engineering Theory and Practice, 2004, 24(10): 80—85.
- [12] 阳开花. 基于 PLS 模型的通货膨胀影响因素分析[J]. 长沙大学学报, 2011, 25(3): 17—19.
YANG Kai-hua. Analysis of Inflation Influencing Factors Based on PLS Model[J]. Journal of Changsha University, 2011, 25(3): 17—19.
- [13] 徐继刚, 冯新沛, 管亮, 等. 复合 PLS 模型在近红外光谱分析煤炭中的应用[J]. 化工自动化及仪表, 2011, 39(2): 178—181.
XU Ji-gang, FENG Xin-lu, GUAN Liang et al. Compound PLS Model in Coal Analysis with Near-infrared Spectra[J]. Chemical Automation and Meters, 2011, 39(2): 178—181.
- [14] 徐占东, 程砚秋. 基于 PLS 的银行贷款效率评价模型及实证分析[J]. 东北财经大学学报, 2015, 97(1): 40—44.
XU Zhan-dong, CHENG Yan-qiu. Evaluation Model and Empirical Analysis of Bank Loan Efficiency Based on PLS[J]. Journal of Dongbei University of Finance and Economics, 2015, 97(1): 40—44.
- [15] 赵富强, 张磊, 陈钊. 基于 PLS 路径模型的顾客满意度测评研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2010, 12(4): 1—5.
ZHAO Fu-qiang, ZHANG Lei, CHEN Fan. Research of Measuring Customer Satisfaction Degree Based on PLS Path Modeling[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Science Edition), 2010, 12(4): 1—5.