

涂布纸水性油墨喷墨印品质量的影响因素研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2019.05.010

赵闪闪 尤 飞

上海理工大学
出版印刷与艺术设计学院
上海 200093

摘 要: 为了研究水性油墨喷墨印刷过程中喷印工艺参数对涂布铜版纸印品质量的影响, 分析印品质量评价指标与喷印工艺参数间的正负相关性。印刷时, 先改变喷墨印刷中喷头电压、点火频率、脉冲宽度的关键工艺参数, 再测量印品实地密度、色差、明度和光泽度4个质量评价指标, 定性分析各工艺参数对印品质量评价指标的正负相关性, 最后采用统计学分析方法分析喷印工艺参数对印品质量的影响, 并采用偏最小二乘回归法建立相应的回归模型。研究结果表明: 脉冲宽度对涂布纸印品的实地密度、色差、光泽度、明度的影响较大, 点火频率和喷头电压在一定范围内对涂布纸印品的实地密度、色差、光泽度、明度的影响较小, 故在涂布纸水性油墨喷墨印刷过程中, 通过合理地控制喷印工艺的关键参数可提高印品质量; 偏最小二乘回归预测模型对印品的色差和明度具有较好的预测能力。

关键词: 喷墨印刷; 水性油墨; 印品质量指标; 涂布铜版纸; 偏最小二乘回归法

中图分类号: TS802.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2019)05-0068-08

引文格式: 赵闪闪, 尤 飞. 涂布纸水性油墨喷墨印品质量的影响因素研究[J]. 包装学报, 2019, 11(5): 68-75.

0 引言

铜版纸是一种具有良好印刷适性的高级印刷纸, 其主要用于制作印刷出版物(杂志、书籍等)、商品包装、商品目录、商品广告等中^[1]。涂布铜版纸的传统印刷方式有平版印刷、丝网印刷及凹版印刷等。近年来, 喷墨印刷技术因具有独特的印刷方式, 可用于广泛的承印材料上, 适用于短版印刷, 采用环保型水性油墨, 以大大减少挥发性有机化合物的排放, 而成为了印刷领域的研究热点。

喷墨印品的好坏可以从印品质量、经济效益和社会效益等多个方面进行评估。其中, 影响喷墨印品质量的因素有很多, 比如油墨特性、承印材料结构、印刷设备等。目前, 国内外学者主要是从油墨特性、承印材料结构及墨滴在承印物上的铺展方式等方面分析喷墨印品质量^[2-5], 也有一些学者从墨滴形态视角研究喷墨印品质量。邵文等^[6]研究了喷墨过程中墨滴分裂过程和形态, 并利用Flow 3D软件进行模拟。倪济裕^[7]研究了真丝绸喷墨印花中墨滴形态的影响因素, 测试墨滴黏度、喷头电压、墨滴速度、脉冲波

收稿日期: 2019-08-07

作者简介: 赵闪闪(1992-), 女, 河南商丘人, 上海理工大学硕士生, 主要研究方向为印刷色彩再现理论,
E-mail: 1434053791@qq.com

通信作者: 尤 飞(1973-), 男, 安徽全椒人, 上海理工大学副教授, 博士后, 主要从事CAD/CAM, 印刷包装设备自动控制, 图文信息处理等方面的研究, E-mail: yfreeman@sina.com

形等参数, 分析这些参数对墨滴形态的影响。

喷印工艺参数(喷头电压、点火频率、脉冲宽度)也会对印品质量产生较大影响。虽然已有相关学者研究了喷印工艺参数对印品质量的影响, 但只是分析单参数的影响。在实际的印刷生产过程中, 喷印工艺参数是在交互作用下共同决定印品质量。因此, 本文拟研究多水平组合的喷印工艺参数对印品质量的影响, 先测量印品质量评价指标(印品实地密度、色差、明度、光泽度)数据, 再运用统计学方法分析多水平组合的喷印工艺参数对印品质量的影响, 以期铜版纸水性油墨喷墨印刷提供技术和理论参考。

1 实验部分

1.1 原料及设备

涂布铜版纸, 定量为 120 g/m^2 , 佛山市广诗博办公用品有限公司; 标准水基黑墨, 广州惠彩电子有限公司; 墨滴观测仪, 杭州凡江电子有限公司; 分光光度计, eXact X-Rite 型, 爱色丽; 光泽度计, KGZ-1A 型, 天津市科器高新技术公司。

1.2 实验过程

1) 制备印品。先将待测纸样放置于墨滴观测仪的打印台上, 再将喷印工艺参数进行多水平组合, 启动打印模式, 通过驱动喷头喷射墨滴并反复移动使油墨印于承印材料上, 即得印品。测试标版(大小为 $100 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$)为实地黑色块。

2) 检测印品质量。印品的油墨实地密度、色差、光泽度、明度测试参照 GB/T 36598—2018《数字印刷 喷墨印刷图像质量属性的测试方法》^[8]、文献[9]的色差公式、GB/T 33259—2016《数字印品质量要求及检验方法》^[10]。测量测试标版上原色实地色块的色度, 计算 CIELAB 平均色差作为偏差。利用符合 GB/T 8941—2013《纸和纸板镜面光泽度的测定》中规定的光泽度仪, 入射角为 75° , 对色块的 4 个角和中心点进行测量, 取平均值作为该色块的光泽度值。实地密度和明度同样是测量色块的 4 个角和中心点, 取其平均值作为色块的实地密度值和明度值。

1.3 实验数据

本文利用 SIMCA-P 14.1 软件对所记录的实验数据进行统计学分析, 分析各喷印工艺参数和印品质量评价指标之间的正负相关性, 以此得到喷印工艺参数与印品质量评价指标之间的预测模型, 最后定量分析水性油墨喷墨印刷过程中喷印工艺参数对印品质量

的影响。

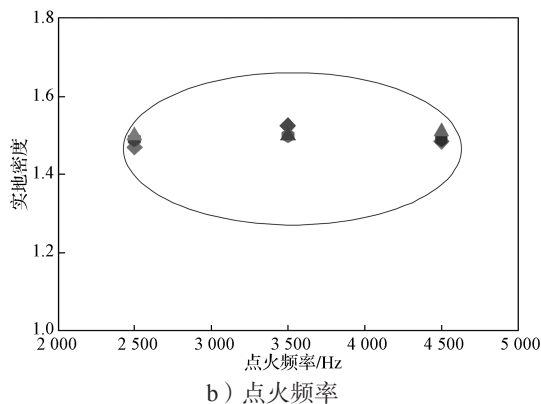
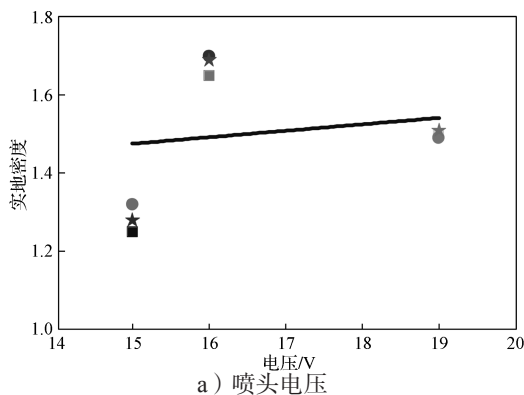
2 实验结果与分析

2.1 喷印工艺参数对印品质量的影响

印品实地密度、色差、光泽度以及明度是喷墨印刷中评价印品质量的重要指标。对于喷墨印刷, 部分喷印工艺参数对印品质量评价指标的影响并不明显。若只是单方面的平行测定印品质量评价指标的平均值, 对喷印工艺参数做单因素关系图很可能会产生误导。所以, 本文先是定性分析单因素喷印工艺参数对印品质量的影响, 而后利用统计学方法建立印品质量与喷印工艺参数之间的定量评价模型。

2.1.1 印品实地密度

印品实地密度是指油墨被均匀且无空白地印刷在承印材料上的颜色密度, 用 100% 网点面积表示。本文用分光光度计测量印品实地密度^[11]。实验时, 同一条件下测量印品实地密度 3 次。3 种喷印工艺参数与印品实地密度之间的关系如图 1 所示。由图可知, 印品实地密度随着喷头电压的增大呈增大趋势, 其原因是电压增大会使喷头的力变大, 油墨喷射量随之增大; 点火频率对实地密度的影响不显著; 脉冲宽度与印品实地密度呈正相关关系。



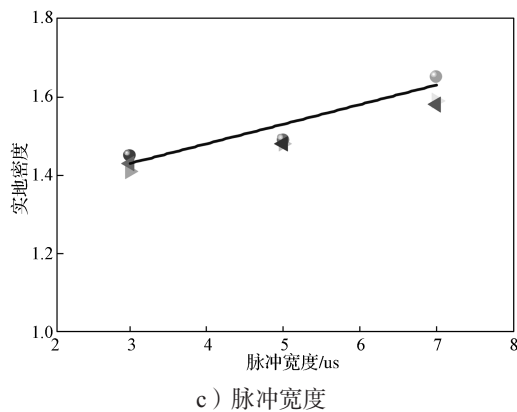


图 1 3种喷印工艺参数对实地密度的影响

Fig. 1 Influence of spray printing process parameters on field density

2.1.2 印品色差

印品色差是指印刷复制产品的颜色与原稿之间的差异^[12]。同一条件下测量印品色差3次。3种喷印工艺参数与印品色差的关系如图2所示。由图可知,一定范围内电压和脉冲宽度对印品色差有一定程度的影响,两者与印品色差呈负相关关系,即随着喷头电压和脉冲宽度的增大,色差呈减小趋势;点火频率对印品色差的影响不显著。

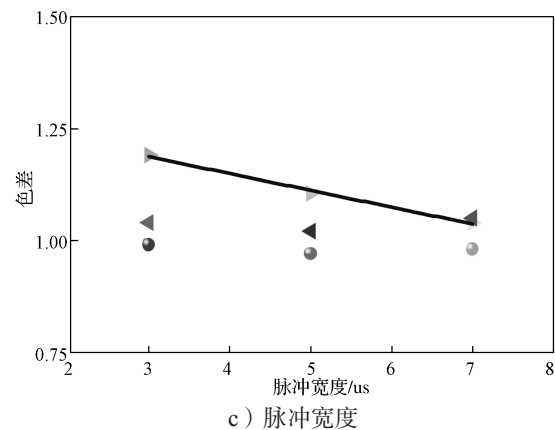
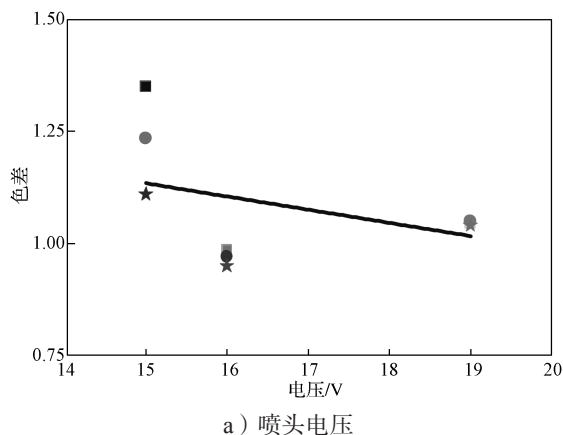


图 2 3种喷印工艺参数对印品色差的影响

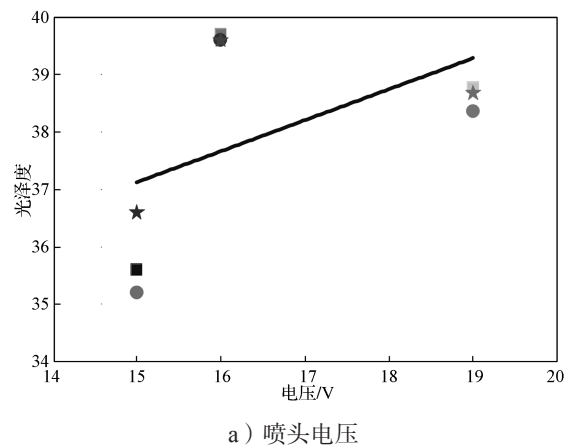
Fig. 2 Influence of different jet printing process parameters on the color difference of printing products

2.1.3 印品光泽度

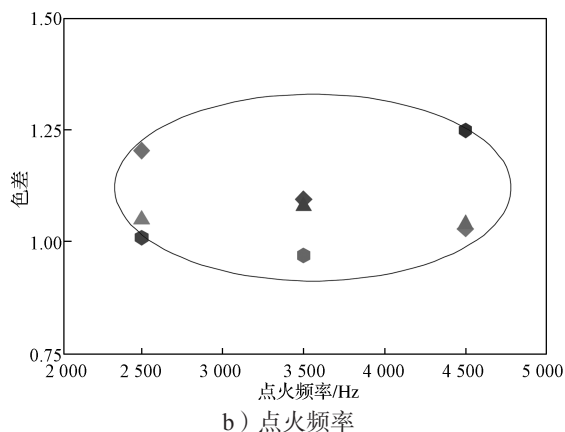
印品光泽度是指一定背景和光照条件下印品表面的反射光强度与各方向表面光亮度的比对关系^[13]。印品光泽度高表示印品颜色鲜艳明亮,视觉冲击力强。喷印工艺参数的不同条件下平行测量印品光泽度3次。3种喷印工艺参数与印刷品光泽度的关系如图3所示。



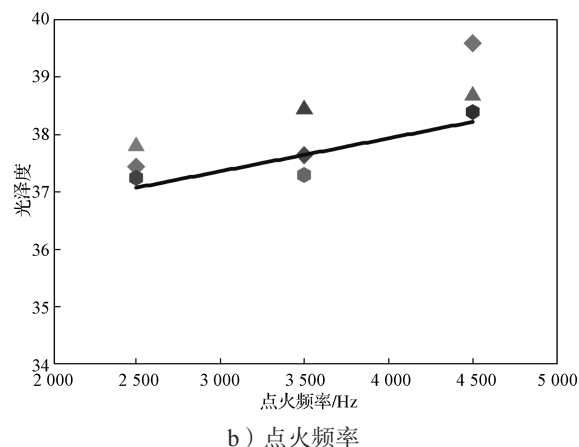
a) 喷头电压



a) 喷头电压



b) 点火频率



b) 点火频率

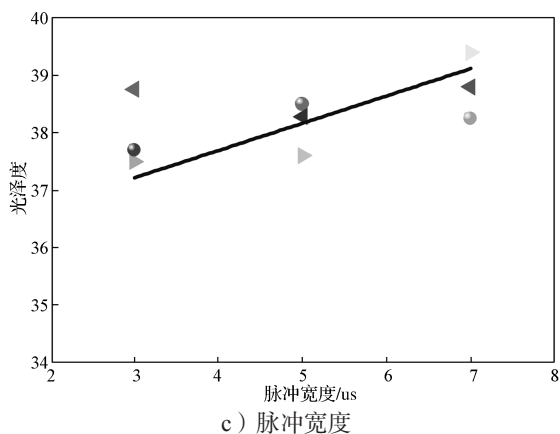


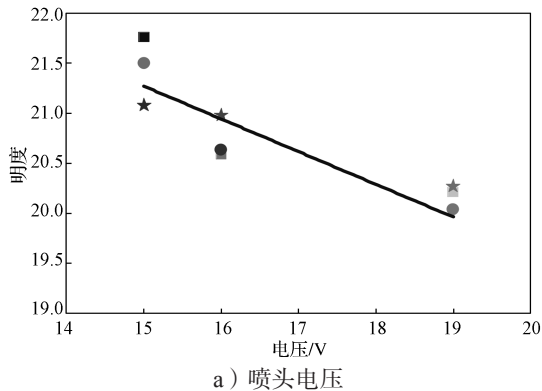
图3 3种喷印工艺参数对印品光泽度的影响

Fig. 3 Influence of printing process parameters on glossiness of printing products

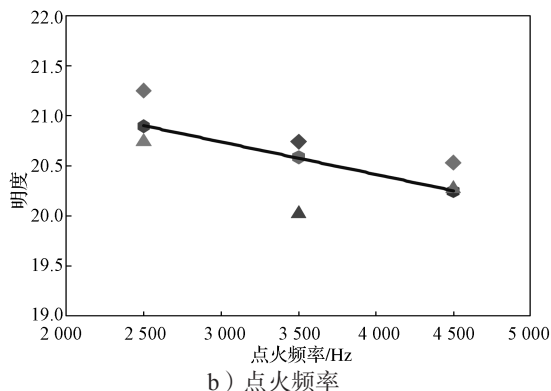
由图3可知, 喷头电压、点火频率和脉冲宽度均与印刷品光泽度呈正相关关系, 即随着各喷印工艺参数的增大, 印品光泽度呈增大趋势。

2.1.4 印品明度

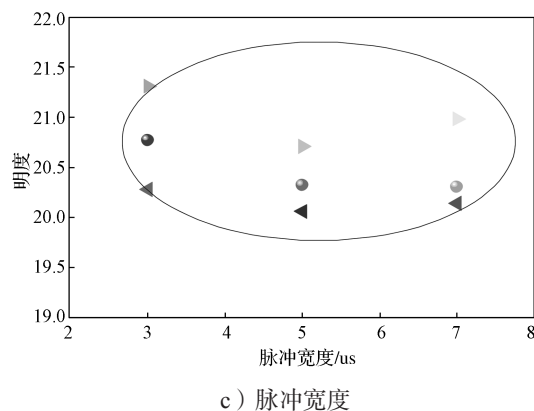
印品明度是指由光的刺激所产生的视觉明暗程度^[14]。同一条件下测量印品明度3次。3种喷印工艺参数与印品明度的关系如图4所示。由图可知, 喷头电压和点火频率均与印品明度呈负相关关系, 其原因是油墨喷射量越大, 油墨吸收的光越多, 从而导致明度降低; 脉冲宽度对印品明度的影响不明显。



a) 喷头电压



b) 点火频率



c) 脉冲宽度

图4 3种喷印工艺参数对明度的影响

Fig. 4 Influence of printing parameters on brightness

2.2 统计学分析

喷墨印刷过程中喷印工艺参数是在交互作用下影响印品质量。若单因素分析喷印工艺参数对印品质量指标的影响, 其正负相关性不确定。因此, 为了有效分析喷印工艺参数对印品质量的影响, 本文通过主成分分析法分析实验数据, 用偏最小二乘回归法建立喷印工艺参数与印品质量评价指标之间的关联性模型。本关联性模型对实际喷墨印刷生产中喷印工艺参数的选择具有一定的指导意义。

2.2.1 主成分分析法

主成分分析法的原理是, 在引进多种变量的同时将复杂的因素归结为主要的几个成分, 从而达到简化问题的目的, 与此同时可以使得到的数据信息更加的科学有效。主成分的载荷系数能反映原变量形成主成分时的权重即原变量影响主成分的大小, 原变量对主成分是正方向还是负方向的影响, 也能显示变量之间的关联关系^[15-16]。

通过对上述实验数据进行主成分分析, 得到各主成分载荷系数如图5所示。

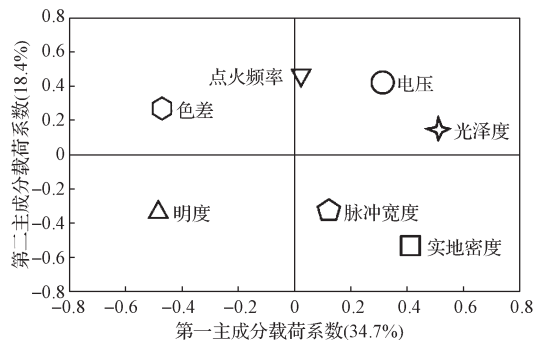


图5 主成分分析载荷系数

Fig. 5 Principal component analysis load coefficient

由图5可知: 在第一主成分中, 喷头电压与印品

色差和明度呈负相关关系,与印品实地密度和光泽度呈正相关关系;点火频率和脉冲宽度均与印品色差和明度呈负相关关系。在第二主成分中,脉冲宽度与印品色差呈负相关关系,喷头电压与印品明度呈负相关关系,点火频率与印品实地密度和明度均呈负相关关系。第一主成分能解释说明喷印工艺参数对印品质量影响的变化权重为34.7%,第二主成分能解释说明喷印工艺参数对印品质量影响的变化权重为18.4%,所以喷印工艺参数与印品评价指标之间的关联性以第一个主成分为主。

2.2.2 偏最小二乘回归法

偏最小二乘回归法是一种具有广泛适用性的多元统计分析方法。在常见的多因变量对多自变量的回归建模中,尤其是在观察值数量较少且存在多重相关性问题时,偏最小二乘回归法具有良好的建模效果,解释能力强^[17-18]。另外,偏最小二乘回归法不仅吸取了主成分分析法中从解释变量提取信息的思路,同时还包含了主成分中忽略的自变量对因变量的解释问题。偏最小二乘回归法的思想如下:

1) 将自变量和因变量分别记为 X 和 Y 并进行标准化处理, $E_0 = (E_{01}, E_{02}, \dots, E_{0q})_{n \times q}$ 代表经过标准化处理后的数据变量 X , F_0 代表经过标准化处理后的数据变量 Y 。

2) 从 E_0 中提取第一个成分 t_1 , 则 $t_1 = E_0 w_1$, w_1 是 E_0 的第一个轴, 即 $\|w_1\|=1$ 。从 F_0 中提取第一个成分 u_1 , $u_1 = F_0 c_1$, 且 $\|c_1\|=1$ 。由于 F_0 ($F_0 \in \mathbf{R}^n$) 是一个变量, 所以 c_1 是一个标量, 即 $c_1=1$, 则有 $u_1=F_0$ 。综合考虑主成分分析法的原理, 即求 t_1 和 u_1 的最大协方差。由此得到下列优化问题:

$$\begin{aligned} \max & (E_0 w_1, F_0 c_1), \\ \text{s.t.} & \begin{cases} w_1^T w_1 = 1, \\ c_1^T c_1 = 1. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

推导可得

$$\begin{cases} E_0^T F_0 F_0^T E_0 w_1 = \theta_1^2 w_1, \\ F_0^T E_0 E_0^T F_0 c_1 = \theta_1^2 c_1. \end{cases} \quad (2)$$

式中: θ_1 为目标函数值;

w_1 为矩阵 $E_0^T F_0 F_0^T E_0$ 最大特征值的单位特征向量, θ_1^2 为相应的特征值, 即

$$w_1 = \frac{E_0^T F_0}{\|E_0^T F_0\|} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^q r^2(x_j, y)}} \begin{bmatrix} r(x_1, y) \\ r(x_2, y) \\ \vdots \\ r(x_q, y) \end{bmatrix}; \quad (3)$$

c_1 为 $F_0^T E_0 E_0^T F_0$ 最大特征值的单位特征向量。

得到 E_0 和 w_1 后, 可得分成分 t_1

$$t_1 = E_0 w_1 = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^q r^2(x_j, y)}} \times [r(x_1, y) E_{01} + r(x_2, y) E_{02} + \dots + r(x_q, y) E_{0q}], \quad (4)$$

式中 $r(x_j, y)$ 是 x_j 与 y 的相关系数。

求 E_0 、 F_0 在 t_1 上的回归, 即

$$\begin{cases} E_0 = t_1 p_1^T + E_1, \\ F_0 = t_1 r_1 + F_1. \end{cases} \quad (5)$$

式中: p_1 、 r_1 为回归系数, $p_1 = E_0^T t_1$, $r_1 = F_0^T t_1$; E_1 、 F_1 为残差矩阵, $E_1 = E_0 - t_1 p_1^T$, $F_1 = F_0 - t_1 r_1$ 。

判断回归方程拟合的程度即决定系数为

$$r^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}, \quad (6)$$

式中: y_i 、 \hat{y}_i 、 \bar{y} 分别为样本 i 的预测值、拟合值、预测值的均值; $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$ 为残差平方和; $\sum (y_i - \bar{y})^2$ 为总平方和。

3) 用 E_1 、 F_1 分别代替 E_0 、 F_0 , 重复上述计算过程, 得到 E_1 、 F_1 在 t_2 上的回归方程。依此类推, 求得 m 个成分 t_1, t_2, \dots, t_m , 则 F_0 关于 t_h 的偏最小二乘回归方程为

$$F_0 = r_1 t_1 + r_2 t_2 + \dots + r_m t_m + F_m. \quad (7)$$

因为 t_h 均为 E_0 的线性组合, 所以

$$F_0 = r_1 E_0 w_1^* + r_2 E_0 w_2^* + \dots + r_m E_0 w_m^* + F_m, \quad (8)$$

式中: $w_h^* = \prod_{j=1}^{h-1} (I - w_j p_j^T) w_h$ 。记 $x_j^* = E_{0j}$, $\hat{y}^* = F_0$,

$a_j = \sum_{h=1}^m r_h w_{hj}^*$, 其中 w_{hj}^* 是 w_h^* 的第 j 个分量。标准化变量的回归方程为

$$\hat{y}^* = a_1 x_1^* + a_2 x_2^* + \dots + a_q x_q^*. \quad (9)$$

最后将标准化变量还原为原始数据, 即得因变量关于自变量的回归方程。

2.2.3 偏最小二乘回归法建模

为了进一步分析喷印工艺参数与印品质量评价指标之间的关系, 采用偏最小二乘法从原自变量中提取尽可能多的变量信息, 建立喷印工艺参数与印品质量评价指标之间的关联性模型。图6为偏最小二乘回归建模流程。依据建模流程, 得到印品质量评价指标与喷印工艺参数的偏最小二乘法回归方程, 即

$$Q_i = b_i + a_{i1} u + a_{i2} H z + a_{i3} u s, \quad (10)$$

式中: Q_i ($i=1, 2, 3, 4$) 为印品质量评价指标, 即印

品色差、实地密度、光泽度、明度; u 、 Hz 、 us 分别为量纲化后的喷头电压、点火频率、脉冲宽度; a_{i1} 、 a_{i2} 、 a_{i3} ($i=1, 2, 3, 4$) 分别为 3 个喷印工艺参数的系数; b_i ($i=1, 2, 3, 4$) 为常数项。

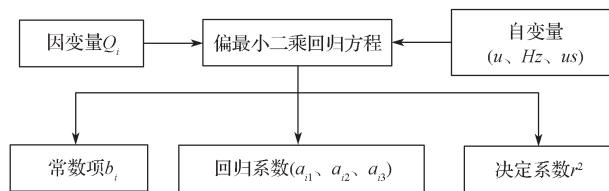


图 6 偏最小二乘法建模流程

Fig. 6 Partial least squares modeling process

各印品质量评价指标的偏最小二乘回归方程和决定系数 r^2 如表 1 所示。 r^2 用于说明模型的性能, 表示拟合值与实际值的相近程度。 r^2 越接近于 1, 表示方程的预测能力越好。

表 1 印品各质量指标的回归方程及 r^2

Table 1 Regression equation and r^2 of printing quality indicators

印品质量评价指标	偏最小二乘回归方程	r^2
色差 (Q_1)	$Q_1 = 7.64 - 0.351u + 0.024Hz + 0.704us$	0.918
实地密度 (Q_2)	$Q_2 = 7.95 - 0.063u - 0.158Hz + 0.591us$	0.152
光泽度 (Q_3)	$Q_3 = 22.95 + 0.20u + 0.129Hz + 0.529us$	0.212
明度 (Q_4)	$Q_4 = 24.44 - 0.442u - 0.072Hz + 0.578us$	0.667

由表 1 可知:

1) 印品色差和明度的回归方程的预测能力较好, 但是印品实地密度和光泽度的回归方程的预测能力较差, 即关联性很差。由此可见, 对于印品实地密度和光泽度而言, 在喷墨印刷过程中其他因素对印品质量的影响可能远大于这两个喷印工艺参数, 比如印品光泽度可能与纸张结构、水性油墨特性有关, 油墨在承印物表面成膜干燥后的实地密度受墨滴形成时的形态参数(速度、体积、圆度等)、油墨本身颜料结构性质、颗粒大小及其分布、油墨在承印物上的铺展方式等的影响。其他相关影响因素还需进一步研究。

2) 从 4 个回归方程的系数可知, 脉冲宽度对印品色差、实地密度、光泽度和明度的影响较大, 点火频率和喷头电压对印品 4 个质量评价指标的影响相对较小。可见, 脉冲宽度对回归方程有着很好的解释能力, 喷头电压和点火频率对回归方程的解释能力相对较弱。与单因素分析各喷印工艺参数对印品质量指标的正负相关性的不确定性相比, 回归预测模型对各印品质量指标的正负相关性表现明确。

喷印工艺参数对印品质量指标影响的重要程度

也可以通过变量投影重要性指标方式来表示。经数据分析, 喷印工艺参数影响印品质量的重要性程度如图 7 所示。由图可知, 脉冲宽度对印品质量的影响比另外 2 个喷印工艺参数要大, 喷头电压对印品质量的影响最小。

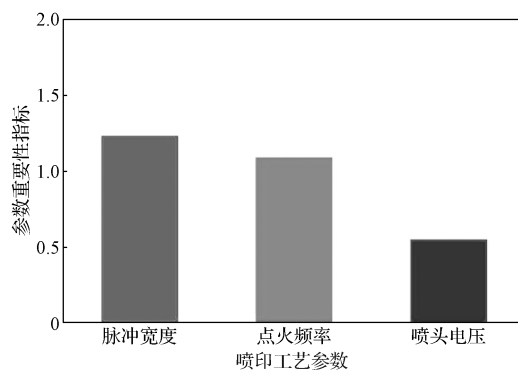


图 7 3 种喷印工艺参数影响印品质量的重要程度

Fig. 7 The importance of printing process parameters on printing quality

3 结语

本文以涂布铜版纸为承印材料, 分析了 3 个喷印工艺参数(喷头电压、点火频率、脉冲宽度)对印品质量的影响。先测定在不同喷印工艺参数的交互作用下印品的质量评价指标值(印品实地密度、色差、光泽度、明度), 再运用主成分分析法分析喷印工艺参数与印品质量评价指标之间的关联性, 最后利用偏最小二乘回归法建立印品质量评价指标与喷印工艺参数之间的回归预测模型。实验结果表明: 脉冲宽度对印品质量起至关重要的作用, 喷头电压和点火频率对印品质量也有影响, 但比脉冲宽度的影响小; 所得偏最小二乘回归预测模型对印品的色差和明度具有较好的预测能力。

在喷墨印刷中影响印品质量的因素有很多, 比如喷头结构设计、承印材料结构及油墨性能等。本文方法也适用于对其他喷印工艺参数的研究, 具有一定的参考价值。在未来的研究中, 可以通过改变喷头内部结构与测定合适喷印工艺参数相结合的方法提高相关设备的印刷精度。

参考文献:

[1] 许文才. 包装印刷技术 [M]. 2 版. 北京: 中国轻工业

- 出版社, 2015: 283-290.
- XU Wencai. Packaging and Printing Technology[M]. 2nd ed. Beijing: China Light Industry Press, 2015: 283-290.
- [2] SCHIRMER J, BAHR J, REICHENBERGER M. Evaluation of Application Limits for Inkjet-Printed MIDs[C]//2016 12th International Congress Molded Interconnect Devices (MID). Würzburg: IEEE, 2016. doi:10.1109/ICMID.2016.7738931.
- [3] BONADIMAN R, MARQUES M, FREITAS G, et al. Evaluation of Printing Parameters and Substrate Treatment over the Quality of Printed Silver Traces[C]//2008 2nd Electronics System Integration Technology Conference. Greenwich: IEEE, 2008. doi: 10.1109/ESTC.2008.4684550.
- [4] 房光峻. 高速喷墨纸张涂层的研制及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- FANG Guangjun. Preparation of High Speed Inkjet Paper Coating Layer and Study on Its Properties[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013.
- [5] 朱予川. 喷墨墨滴在彩色喷墨打印纸上铺展渗透的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013.
- ZHU Yuchuan. Research on Inkjet Droplet Spreading and Penetration on Coated Inkjet Paper[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2013.
- [6] 邵文, 唐正宁. 喷墨印刷中墨滴分裂过程的研究[J]. 包装工程, 2012, 1(33): 89-91.
- SHAO Wen, TANG Zhengning. Research on Break off Process of Ink Drop in Inkjet Printing[J]. Packaging Engineering, 2012, 1(33): 89-91.
- [7] 倪济裕. 真丝绸喷墨印花中墨滴状态的影响因素分析[J]. 丝绸, 2012, 49(9): 5-7.
- NI Jiyu. Analysis of Factors Affecting on Ink Droplets State in Silk Inkjet Printing[J]. Silk, 2012, 49(9): 5-7.
- [8] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 数字印刷 喷墨印刷图像质量属性的测试方法: GB/T 36598—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 6-7.
- State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Digital Printing: Test Method for Quality Attributes of Inkjet Printing: GB/T 36598—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018: 6-7.
- [9] 刘浩学. 印刷色彩学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008: 126-131.
- LIU Haoxue. Graphic Arts Chromatology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2008: 126-131.
- [10] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 数字印品质量要求及检验方法: GB/T 33259—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 4-5.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Quality Requirements and Test Methods for Digital Printing: GB/T 33259—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 4-5.
- [11] 刘世锋. 印刷品质量的控制及评价方法[J]. 重庆工贸职业技术学院学报, 2014, 10(3): 74-77.
- LIU Shifeng. Methods of Quality Control and Evaluation for Printing Material[J]. Journal of Chongqing Industry & Trade Polytechnic, 2014, 10(3): 74-77.
- [12] 刘澎. 胶版印刷机印品质量在线测控技术方法研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2014.
- LIU Peng. Study on Technical Methods of Online Measurement and Control for Printing Quality in Offset Press[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2014.
- [13] BAYSAL G, KALAV B, KARAGÜZEL KAYAOĞLU B. Colour and Gloss Properties of Pigment-Printed Synthetic Leather Using an Ultraviolet-Curable Water-Borne Polyurethane Acrylate Binder and Two Photoinitiators at Different Ratios[J]. Coloration Technology, 2019, 135(2): 133-142.
- [14] PECHO O E, PÉREZ M M, GHINEA R, et al. Lightness, Chroma and Hue Differences on Visual Shade Matching[J]. Dental Materials, 2016, 32(11): 1362-1373.
- [15] 范雪莉, 冯海泓, 原猛. 基于互信息的主成分分析特征选择算法[J]. 控制与决策, 2013, 28(6): 915-919.
- FAN Xueli, FENG Haihong, YUAN Meng. PCA Based on Mutual Information for Feature Selection[J]. Control and Decision, 2013, 28(6): 915-919.
- [16] ZHANG L, ZHOU D H, ZHONG M Y, et al. Improved Closed-Loop Subspace Identification Based on Principal Component Analysis and Prior Information[J]. Journal of Process Control, 2019, 80: 235-246.
- [17] 陈武, 吴焘宏, 陈尘, 等. 基于偏最小二乘回归分析的油田操作成本预测: 以DX油田为例[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2019, 21(1): 8-13.
- CHEN Wu, WU Taohong, CHEN Chen, et al. Prediction of Oilfield Operation Cost through Partial Least Squares Regression: A Case Study on DX Oilfield[J]. Journal of Southwest Petroleum University(Social

Sciences Edition), 2019, 21(1): 8-13.

- [18] 康舒颜. 基于改进多项 Logit 模型的快速公交接驳方式研究 [J]. 交通科技与经济, 2019, 21(2): 25-30.

KANG Shuyan. A Study of BRT Connection Based on the Improvement of Multi-Logit Model[J]. Technology &

Economy in Areas of Communications, 2019, 21(2): 25-30.

(责任编辑: 邓 彬)

Study on Influencing Factors of Water-Based Inkjet Printing Quality of Coated Paper

ZHAO Shanshan, YOU Fei

(College of Communication and Art Design, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to study the influence of spray printing process parameters on the printing quality of coated copperplate paper in waterborne ink-jet printing process, the positive and negative correlation between the specific quality evaluation index and the spray printing process parameters was analyzed. By changing the key process parameters of nozzle voltage, ignition frequency and pulse width in inkjet printing, and measuring the four key quality indicators of printed matter, namely, field density, color difference, brightness and gloss, the positive and negative correlation of each process parameter to the specific quality indicators of printed matter was qualitatively analyzed. Then, statistical analysis method was used to study the influence of printing process parameters on printing effect. Finally, partial least square regression method was used to establish the corresponding regression model. The results showed that the pulse width had a great influence on the field density, color difference, glossiness and brightness of coated paper prints, and the ignition frequency and voltage had a relatively small influence on the field density, color difference, printing glossiness and brightness of coated paper prints in a certain range. Therefore, in the process of water-based ink-jet printing of coated paper, the quality of the printed matter can be improved by reasonably controlling the key parameters of the printing process. The partial least square regression prediction model had a good prediction ability for the color difference and lightness of the printed matter.

Keywords: inkjet printing; water-based ink; printing quality indicator; coated copperplate paper; partial least squares regression