

基于正交设计印版弯曲变形对图文径向尺寸影响优化分析

陈章才, 张永彬, 高玉春, 王辉

(安徽新闻出版职业技术学院, 合肥 230601)

摘要: 通过正交仿真试验研究印版弯曲变形对图文径向尺寸的影响。推导出了印版弯曲变形的数学模型, 采用正交仿真试验, 分析了印版弯曲变形造成图文径向尺寸变化的影响参数, 得出了版材厚度是影响图文径向尺寸变化的关键因素, 对胶印生产实践有一定指导意义。

关键词: 弯曲变形; 图文径向尺寸; 正交设计

中图分类号: TS802.4; TS807 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)11-0093-03

Optimization Analysis of Plate Bending Deformation Effects on Radial Dimensions of Graphic Based on Orthogonal Design

CHEN Zhang-cai, ZHANG Yong-bin, GAO Yu-chun, WANG Hui

(Anhui Press and Publishing Vocational and Technical College, Hefei 230601, China)

Abstract: Effect of plate bending deformation on frame radial dimensions was studied through simulation of orthogonal experiment. Mathematical model of plate bending deformation was derived. The influencing parameters causing radial dimensions change of graphic were analyzed using orthogonal experiment. The result showed that plate material thickness is key factor influencing radial dimension change. The purpose was to provide guidance for offset production practice.

Key words: bending deformation; frame radial size; orthogonal design

随着社会、经济、文化发展, 消费者对彩色印刷品质量要求越来越高, 套印精准是印刷品质量的基本要求, 制版、装版、纸张、印刷机械、车间环境等因素都影响套准。由于印刷实践中印版弯曲变形导致图文径向尺寸发生变化, 常常引起套不准故障^[1]。文中从滚筒半径、衬垫厚度、印版厚度等方面分析弯曲变形对图文径向尺寸影响, 找出关键影响因素, 为彩色印刷套印调节提供指导^[2]。

1 建立印版弯曲变形数学模型

印刷实践中, 圆柱形印版滚筒上安装矩形的平面印版, 薄片状的版材由平面变成了曲面, 印版发生弯曲变形, 影响印刷品的套印精度^[3]。

如图 1 所示, 在 XOY 平面内, 可以近似认为印版

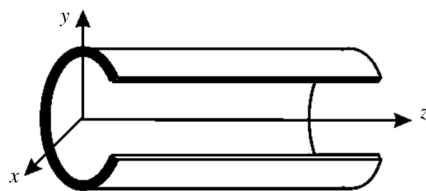


图 1 印版弯曲变形原理

Fig. 1 Schematic diagram of plate bending

弯曲变形为直梁纯弯曲变形。根据材料力学直梁纯弯曲理论, 每个矩形截面转过一定角度, 而矩形截面形状保持不变^[3-4]。

随着印版由平面变为曲面包裹在滚筒上, 印版凹面径向尺寸变小、凸面(即图文面)径向尺寸变大, 中性层径向尺寸与图文一致^[1,6]。

收稿日期: 2013-03-31

基金项目: 安徽省高校省级精品课程(胶印工艺及操作)建设项目; 省级特色专业(印刷技术专业)建设点项目资助

作者简介: 陈章才(1970-), 男, 安徽马鞍山人, 硕士, 安徽新闻出版职业技术学院讲师、工程师, 主要从事印刷技术教学与研究工

如图 2 所示,设印版中图文原径向尺寸(即弯曲

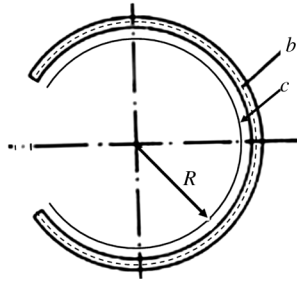


图 2 印版弯曲变形简化

Fig.2 Simplified diagram of plate bending

时中性层径向尺寸为 L , 版材厚度为 b , 印版衬垫厚度为 c , 滚筒半径为 R 。

近似圆柱形的印版滚筒设计出空档, 用于安装印版装夹机构, 印版滚筒实际利用系数为:

$$K = \frac{L}{2\pi\left(R+c+\frac{1}{2}b\right)} \quad (1)$$

印版包裹在滚筒上, 平面形印版变成曲面, 印版凸面中图文径向尺寸绝对伸长量为:

$$\Delta L = \left[2\pi(R+c+b) + 2\pi\left(R+c+\frac{b}{2}\right) \right] K = \frac{b}{2R+2c+b} L \quad (2)$$

印版图文径向尺寸伸长率为:

$$F = \frac{\Delta L}{L} = \frac{b}{2R+2c+b} \quad (3)$$

当版材厚度和印版衬垫一定时, 印版中图文径向尺寸与滚筒半径成反比; 当滚筒半径和印版衬垫一定时, 印版中图文径向尺寸与版材厚度成反比; 当版材厚度和滚筒半径一定时, 印版中图文径向尺寸与印版衬垫成反比^[4-5]。

2 正交试验建立

经过印刷弯曲变形分析与建模可知, 影响印版图文径向尺寸伸长率的主要因素为版材厚度 b 、印版衬垫 c 和滚筒半径 R 。3 因素中每个因素选 3 个水平, 不考虑交互作用, 进行 3 因素 3 水平正交试验设计, 选择 $L_9(3^4)$ 正交表^[7]。

用符号 A, B, C 分别表示版材厚度、印版衬垫和滚筒半径 3 个因素, 取值范围分别是 0.27 ~ 0.31 mm, 0.29 ~ 0.33 mm, 108 ~ 112 mm^[1], 各取 3 个水

平, 见表 1。

表 1 弯曲变形因素水平

Tab.1 Factors and levels of bending deformation

水平	因素		
	A (版材厚度/mm)	B (衬垫厚度/mm)	C (滚筒半径/mm)
1	0.27	0.29	108
2	0.29	0.31	110
3	0.31	0.33	112

利用表 1 中各因素水平设置进行仿真试验, 弯曲变形仿真试验结果见表 2。

表 2 弯曲变形仿真试验结果

Tab.2 Simulation test results of bending deformation

试验号	A(版材厚度/mm)	B(衬垫厚度/mm)	C(滚筒半径/mm)	F(伸长率/%)
1	0.27	0.29	108	0.1245
2	0.27	0.31	110	0.1222
3	0.27	0.33	112	0.1222
4	0.29	0.29	110	0.1313
5	0.29	0.31	112	0.1289
6	0.29	0.33	108	0.1337
7	0.31	0.29	112	0.1378
8	0.31	0.31	108	0.1429
9	0.31	0.33	110	0.1403

从表 2 看出, 图文径向尺寸伸长率在 0.1% ~ 0.15% 范围内, 其最大值为 0.1429%, 最小值为 0.1222%, 但从此表中看不出各个因素对图文径向尺寸伸长率影响程度, 分别用直观(极差)分析法和方差分析法来找出主要影响因素^[7-8]。

3 正交仿真试验结果分析

3.1 正交仿真试验结果直观分析

直观分析法是通过每一因素每个水平均值中最大值和最小值之差来分析印版图文径向尺寸伸长的主要因素及最佳因素水平组合^[7]。

1) 计算仿真试验中各因素每个水平的平均效果和极差, 见表 3。

2) 仿真结果分析。从表 3 可知, 各因素极差分别为: $R_A = 0.0173$, $R_B = 0.0009$, $R_C = 0.0041$, 因素 A 远大于其他 2 个因素, 为最大值, 优水平为 A_1 ; 因素 C 次之, 优水平为 C_3 ; 因素 B 极差最小, 优水平为 B_1 。当因素 A 水平改变时, 对图文径向尺寸的影响是最大

表3 正交试验直观分析

Tab.3 Intuitive analysis of orthogonal experiment

均值及极差	因素 A	因素 B	因素 C
均值 1	0.1230	0.1312	0.1337
均值 2	0.1313	0.1313	0.1313
均值 3	0.1403	0.1321	0.1296
优水平	A ₁	B ₁	C ₃
极差	0.0173	0.0009	0.0041

的,并远大于 C, B 因素的影响;因素 C 水平改变时,对图文径向尺寸的影响次之;而因素 B 水平改变时,对图文径向尺寸的影响最小,3 个因素的优水平组合 A₁B₁C₃ 为本仿真试验的最优水平组合^[2,7]。

3.2 正交仿真试验结果方差分析

正交仿真试验结果分析直观、简易,但无法分辨系统误差和随机误差,为判断因素的显著程度,需用方差分析^[8]。

先将仿真试验结果总偏差平方和分解为误差的偏差及各因素以及平方和,然后求出 F 值,再用 F 检验法检验因素 A, B, C 对仿真试验结果有无显著影响^[7-8]。给定置信度 $\alpha = 0.01$, 利用 Matlab 软件进行仿真^[8], 见表 4。

表4 正交试验方差分析

Tab.4 Variance analysis of orthogonal experiment

来源	离差平方和	自由度	均方离差	F 值	$F_{0.01(2,2)}$	显著性
A	4.53×10^{-4}	2	2.27×10^{-4}	346.41	99	* *
B	1.31×10^{-6}	2	6.56×10^{-7}	1.00	99	
C	2.51×10^{-5}	2	1.26×10^{-5}	19.23	99	
误差	1.31×10^{-6}	2	6.56×10^{-7}			
总和	4.81×10^{-4}	8	-	-	-	

由表 4 可知, F_A 值为 346.41, 远大于临界值 $F_{0.01(2,2)} = 99$; F_B, F_C 值分别为 1.00, 19.23, 远小于临界值 $F_{0.01(2,2)} = 99$; 在 $\alpha = 0.01$ 时, 因素 A 最显著, 因素 B, C 不显著。因此, 版材厚度变化时对图文径向尺寸有显著影响, 衬垫厚度、滚筒半径变化时对图文径向尺寸影响较小^[2,8]。

4 结论

通过正交仿真试验可知, 印版弯曲变形导致的图文径向尺寸影响因素次序为: 版材厚度 > 滚筒半径 > 衬垫厚度。版材厚度是关键性因素, 对图文径向尺寸的

影响最显著; 滚筒半径、衬垫厚度对图文径向尺寸的影响较小; 版材厚度的微量变化也会带来图文径向尺寸的较大伸长, 影响彩色印刷套准调节; 最优组合为 A₁B₁C₃。在印版抗拉强度和印刷压力满足设计要求的前提下, 版材厚度选得略小一些, 图文径向尺寸伸长率也小一些, 有利于提高套印精度。

参考文献:

- [1] 魏先福. 印刷原理与工艺[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2011.
WEI Xian-fu. Printing Principle and Technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [2] 刘昕. 印刷工艺学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007.
LIU Xin. Printing Technology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007.
- [3] 安君, 唐正宁, 李飞, 等. 柔性印版的变形分析[J]. 包装工程, 2006, 27(2): 95-96.
AN Jun, TANG Zhen-ning, LI Fei. Analysis on the Deformation of Flexographic Plate[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2): 95-96.
- [4] KUMAR Y V Satish, MUKHOPADHYAY M. Finite Element Analysis of Ship Structures Using a New Stiffened Plate Element[J]. Applied Ocean Research, 2000, 22: 361-374.
- [5] 张凯乐, 黄颖为, 薛凤梅, 等. PZ1650 橡皮滚筒受力分析的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 55-57.
ZHANG Kai-le, FANG Yin-wei, XUE Feng-mei. Force Analysis of Blanket Cylinder PZ1650 Printing Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 55-57.
- [6] 齐福斌. 卷筒纸胶印机[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2006.
QI Fu-bin. Web Offset Printing Press[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2006.
- [7] 张德丰. MATLAB 概率与数理统计分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
ZHANG De-feng. MATLAB Analysis of Probability and Mathematical Statistics[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2010.
- [8] 王岩, 王爱青. 数理统计与 MATLAB 工程数据分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
WANG Yan, WANG Ai-qing. MATLAB for Mathematical Statistics Analysis of Project Data[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.