

网穴深度与实地密度的关系研究

裴璐, 张华, 赵士杰, 骆辉德

(西安理工大学, 西安 710048)

摘要: 采用实验的方法, 从 OPP 膜上获取了 10 种凹印网穴深度在 2 种印刷速度下的实地密度数值, 在 MATLAB 中建立了网穴深度与实地密度之间的一阶线性数学模型和非线性倒数指数数学模型, 探讨了凹印网穴深度与样品实地密度之间的关系。实验结果表明, 凹印网穴深度与样品实地密度之间存在明显的非线性关系。

关键词: 凹版印刷; 网穴深度; 实地密度; 非线性模型

中图分类号: TS851⁺.6; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)15-0001-03

Study of Relationship between Ink Cell Depth and Solid Density

PEI Lu, ZHANG Hua, ZHAO Shi-jie, LUO Hui-de

(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The solid density values of ten ink cell depths under two kinds of printing speed on OPP films were acquired by experiment. First-order mathematic model and reciprocal exponent mathematic model between ink cell depth and solid density were established in MATLAB. The relation between ink cell depth and solid density was discussed. Experimental results showed that nonlinear relationship between ink cell depth and solid density is significant.

Key words: gravure printing; ink cell depth; solid density; nonlinear model

凹版印刷以其墨色饱满、均匀, 立体感强, 层次丰富清晰等特点在包装印刷行业得到广泛应用^[1]。这种印刷方式利用印版滚筒表面的网穴保存和传递油墨, 网穴的深度不同, 转移到承印物上的墨量不同, 而墨量的多少直接影响印品的密度值, 进而决定图像复制的阶调和色调^[2], 因此网穴深度与印品密度值之间有密切的关系。

笔者以 OPP 薄膜为承印材料, 在 2 种印刷速度下分别印刷并测量 10 种不同凹印网穴深度的实地密度数值, 应用 MATLAB 软件构建数学模型对所得实验数据进行分析对比, 并建立函数模型。

1 实验

1.1 设备与材料

设备: IGT-G1 凹版印刷适性仪(产地荷兰), 爱色丽 X-Rite 分光密度计(产地美国)。

材料: 天狮牌黄色水基型凹印油墨(天津东洋油

墨厂), 拉伸聚丙烯(OPP)薄膜(西安长昊塑业有限公司), 薄膜样条尺寸: 620 mm×55 mm。

1.2 步骤

基本操作: 设定 IGT-G1 凹版印刷适性仪印版滚筒和压印滚筒压力为 300 N, 实验用印版滚筒由 10 组不同网穴深度的 100% 的实地网点构成, 分别设置印刷速度为 0.4, 0.8 m/s, 固定好 OPP 薄膜印刷样条, 双手按压电源开关, 使得印版滚筒和压印滚筒合压, 完成印刷。为保证实验的准确性, 不同印刷速度下印刷样条数量各为 50 张, 样条干燥 48 h 后, 分别测量每个样条不同网穴深度处的密度值, 求平均值作为最后的密度值。

2 结果与讨论

2.1 数据分析

由实验测得的 OPP 膜样条实地密度数据见表 1。从表 1 可得, 随着网穴深度的增加, 实地密度值

收稿日期: 2012-05-07

作者简介: 裴璐(1982—), 女, 河南新安人, 硕士, 西安理工大学助教, 主要研究方向为包装材料与绿色包装。

表 1 2 种印刷速度下 OPP 膜对应网穴深度处的实地密度测量值

Tab.1 Measured values of corresponding ink cell depth on OPP films at two printing speeds (g/cm²)

网穴深度/ μm	印刷速度/(m/s)	
	0.4	0.8
11	0.398	0.392
14	0.681	0.644
17	0.882	0.832
20	1.092	1.032
24	1.260	1.228
26	1.350	1.338
29	1.495	1.401
30	1.538	1.529
31	1.602	1.582
33	1.651	1.638

随之增大,初步判断它们之间可能近似呈线性关系。由于密度的实际测量值与理论估计值之间存在相对误差,在印刷行业中,印刷品饱和密度值的确定可在最大密度值 $\pm 5\%$ 的范围之间^[3]。为了更准确地说明网穴深度与实地密度之间的关系,定义实地密度测量值与理论估计值之间的相对误差在 3%以内。

西安理工大学李茂斌等^[4]建立了墨层厚度与实地密度之间在达到油墨饱和点之前的一阶线性模型:

$$y=a_0x+a_1+\epsilon$$
 (1)

式中:参数 a_0, a_1 分别为与印刷生产条件有关的参数;自变量 x 为凹版印刷滚筒上网穴深度值;因变量 y 为印品实地密度的测量值; ϵ 为残差。

在 MATLAB 中用一元线性回归法对表 1 中的测量值拟合得到 2 种印刷速度下模型的理论估计表达式分别为:

$$y=0.054\ 9x-0.096\ 1$$
 (2)

$$y=0.055\ 1x-0.132\ 4$$
 (3)

分别将 10 种网穴深度值带入式(2)、(3),求解各印刷速度下的估计值和相对误差值,见表 2。其中实地密度的相对误差是实验测量值与模型估计值之间绝对误差与模型估计值的比值。

由表 2 可以看出,当印刷速度为 0.4 m/s 时网穴深度在 14,29,30,31 μm 处与速度为 0.8 m/s 时网穴深度在 14,30,31 μm 处,实地密度的测量值与估计值比较接近外,其余数据的相对误差均较大——接近或大于 3%,11 μm 处的实地密度值相对误差非常大,分别高达 21.65%和 17.30%,视为异常点。以上分

表 2 线性模型计算的 OPP 膜实地密度估计值和相对误差值

Tab.2 Estimated values and relative errors of solid density on OPP films by linear model

网穴深度/ μm	0.4		0.8	
	实地密度估计值 /(g·cm ⁻²)	相对误差 /%	实地密度估计值 /(g·cm ⁻²)	相对误差 /%
11	0.508	21.65	0.474	17.30
14	0.673	1.189	0.639	0.782
17	0.837	5.376	0.804	3.843
20	0.986	10.75	0.970	6.392
24	1.222	3.110	1.190	3.193
26	1.331	1.427	1.300	2.923
29	1.496	0.067	1.466	4.434
30	1.551	0.838	1.521	0.556
31	1.606	0.249	1.576	0.381
33	1.716	3.788	1.686	2.845

析说明线性回归模型不能良好地拟合原始数据。

一元线性模型拟合效果不理想是因为影响实地密度的因素很多,如网穴形状、网穴内壁的光滑度以及印版网穴的磨损状况等,网穴深度只是影响墨层厚度的主要因素之一。墨层厚度与实地密度之间在油墨达到饱和点之前只是近似呈一阶线性关系,未达到准确的估计,从而导致密度测量值与估计值之间存在较大的误差。由此可以预计凹印网穴深度与印品实地密度之间并非呈线性关系。

2.2 建立非线性模型

国内一些学者针对墨层厚度与实地密度的关系曲线进行了整体性的研究,天津科技大学的王学美等^[5]利用在不同纸张上应用 4 种油墨研究了墨层厚度与实地密度之间的关系,得出实地密度在一定范围内随着墨层厚度的增加而增加,最后达到饱和密度值。暨南大学的吕广新等^[6]研究了网穴形状与印刷特性的关系,结果表明不同的网穴形状会改变网点密度跃升范围的大小,而且对印品的反差、层次有较大的影响。综合以上研究成果,认为网穴深度与实地密度之间存在密度值先明显增加之后变化趋缓,最后趋向于一条直线的关系,即实地密度达到饱和值。理论上倒指数函数符合网穴深度与实地密度关系的变化趋势,因而,网穴深度和实地密度的模型可以是倒指数函数模型,其模型表达可写为:

$$y=ae^{b/x},(a>0)$$
 (4)

式中:参数 a, b 分别为与印刷条件有关的参数;

自变量 x 为凹版印刷滚筒上网穴深度值;因变量 y 为印品实地密度的测量值。

2.3 非线性模型检验

在 Matlab 中用倒指数函数模型拟合得到两种印刷速度下实地密度 y 和网穴深度 x 之间的函数关系式,分别为:

$$y = 3.2369 e^{(-22.2559/x)} \quad (5)$$

$$y = 3.2760 e^{(-23.2347/x)} \quad (6)$$

用式(5)、(6)带入表1中的测量值计算得到各印刷速度条件下的 OPP 膜实地密度估计值和相对误差值,见表3。

表3 非线性模型计算的 OPP 膜实地密度的估计值及相对误差值

Tab.3 Estimated values and relative errors of solid density on OPP films by nonlinear model

网穴	0.4		0.8	
深度	实地密度估计值	相对误差	实地密度估计值	相对误差
/μm	/(g·cm ⁻²)	/%	/(g·cm ⁻²)	/%
11	0.428	7.009	0.396	1.010
14	0.660	3.132	0.623	3.371
17	0.874	0.915	0.835	0.359
20	1.064	2.633	1.025	0.683
24	1.262	0.158	1.244	1.286
26	1.375	1.818	1.340	0.149
29	1.502	0.466	1.470	4.694
30	1.541	0.195	1.510	1.258
31	1.579	1.457	1.548	2.196
33	1.649	0.121	1.620	1.111

对比表2和3可知,除14,31 μm处非线性模型的相对误差大于线性模型的计算值,且大于3%误差范围,其他数据的估计值和测量值的相对误差值在整体上较线性模型小,且小于3%。测量值与估计值之间的相对误差越小,回归曲线对实际测量值的拟合情况越好,由此可见,与一阶线性模型相比,倒数函数模型具有更高的拟合精度,对实际测量值的拟合效果好,能够良好地符合测量数据。

与表2类似,表3中0.4 m/s印刷速度下11 μm处的相对误差较大,也视为异常点。这主要是因为印刷过程中,承印物的印刷适性、油墨特性、实验设备和环境温湿度等一些随机扰动的动态因素会直接影响到印刷效果。在实地密度的测量过程中,测试仪器和人为主观不可避免的随机误差,导致实地密度也有了一定的误差。

采用 MATLAB 软件分别用2种模型拟合得到了不同印刷速度条件下网穴深度与实地密度之间的关系,见图1。

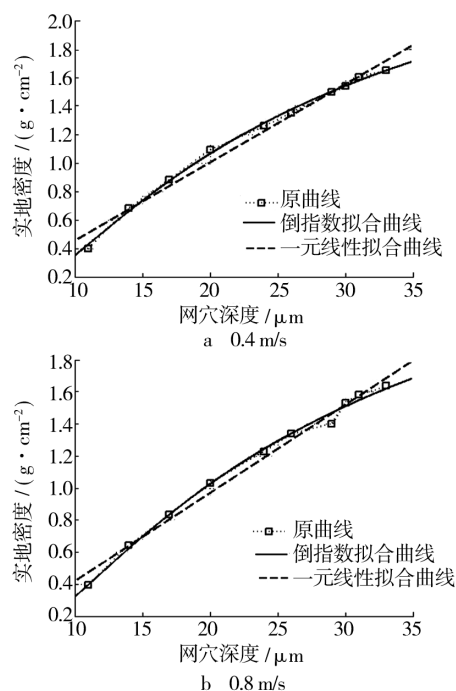


图1 不同印刷速度下 OPP 膜实地密度与网穴深度之间的关系

Fig.1 The relationship between solid density and ink cell depth under different printing speed on OPP films

通过图1可以看出,非线性模型拟合的曲线更接近于测量值点的分散,拟合的几何曲线越靠近或通过所绘的点,其关联性就越大,反之越小。该次实验中采用凹版滚筒的网穴深度从11 μm到33 μm之间不等,间隔的最大不超过4 μm,在一定范围内能够反映网穴深度对印品实地密度的影响。虽然印刷速度对实地密度值有一定的影响,但是网穴深度与实地密度之间关系分散点的整体趋势保持不变。由此说明非线性倒指数模型能够更准确可靠的说明网穴深度与实地密度之间的关系。

3 结语

应用数学模型更加清晰地表现了网穴深度与实地密度之间的相关关系。一元线性模型虽然是一种比较理想的模型,结构简单且易于处理数据,但在该实验条件下,对网穴深度与实地密度关系的拟合精度不够理想,因此文中建立了网穴深度与实地密度关系的倒指数函数模型,与一元线性函数模型做了拟合对比。拟合效果表明,凹印网穴深度与实验样品测得的实地密度之间存在良好

的非线性关系。网穴深度影响实地密度,建立特定印刷条件下更加准确的数学模型有利于通过实地密度计算出最佳的网穴深度,这对墨量控制和色彩复制有很重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 周继琼. 凹印油墨的特性对印品质量的影响[J]. 印刷世界, 2006(6):39-40.
ZHOU Ji-qiong. On the Effect of the Character of the Gravure Ink to the Quality of the Printed Matter[J]. Print World, 2006(6):39-40.
- [2] 廉洁. 正确地理解和掌握实地密度值[J]. 印刷质量与标准化, 1994(1):10-12.
LIAN Jie. Understanding and Mastering Solid Density Correctly[J]. Printing Quality and Standardization, 1994(1):10-12.
- [3] 陈薇薇, 王忠民. 基于图论的工程成本工期平衡算法[J]. 计算机工程与应用, 2003(18):97-99.
CHENG Wei-wei, WANG Zhong-min. A Cost-Time-Equa-
tion Algorithm for Projects Based on Graph Theory Method [J]. Computer Engineering and Applications, 2003(18):97-99.
- [4] 李茂斌, 张海燕. 墨层厚度与实地密度关系数学建模[J]. 包装工程, 2007, 28(10):121-122.
LI Mao-bin, ZHANG Hai-yan. Molding of the Relationship between Ink Thickness and Solid Density[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10):121-122.
- [5] 王学美, 唐万有, 陈婧. 墨层厚度与实地密度关系的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3):93-95.
WANG Xue-mei, TANG Wan-you, CHEN Jing. Study of the Relationship between Ink Thickness and Solid Density[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3):93-95.
- [5] 吕新广, 赵美京. 网穴形状对凹版印刷特性的影响[J]. 包装工程, 2008, (10):112-113.
LYU Xin-guang, ZHAO Mei-jing. Influence of Ink Cell Shapes on the Printing Characteristic of Gravure[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10):112-113.

(上接第 39 页)

4 结语

跌落试验机是包装测试的重要试验设备,对跌落方位的控制是跌落试验机设计的技术核心。提出的基于虚拟仪器 LabVIEW 的包装六面体棱跌落方位的自动控制,控制效果良好,与现有技术相比,解决了操作复杂、跌落方位难以控制的问题,为基于 LabVIEW 的跌落试验机的设计奠定了基础。

参考文献:

- [1] 彭国勋. 运输包装[M]. 北京:高等教育出版社,1999.
PENG Guo-xun. Transport Package[M]. Beijing: Higher Education Press, 1999.
- [2] 孙向楠, 朱瑞祥, 唐瑜, 等. 基于单片机的包装六面体跌落方位控制算法[J]. 包装工程, 2009, 30(8):4-6.
SONG Xiang-nan, ZHU Rui-xiang, TANG Yu, et al. Drop Orientation Control Algorithm of Packaged Hexahedron Based on SCM[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8):4-6.
- [3] 谭亚辉. 保证跌落试件姿态的方法[J]. 包装工程, 1992, 13(1):42-45.
TAN Ya-hui. Method for Insuring the Attitude of Testing Piece during Falling Test [J]. Packaging Engineering, 1992, 13(1):42-45.
- [4] 刘鸿文. 材料力学[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
LIU Hong-wen. Mechanics of Materials[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [5] 陶红艳, 余成波. 传感器与现代检测技术[M]. 北京:清华大学出版社, 2010.
TAO Hong-yan, YU Cheng-bo. Sensor and Modern Detecting Technology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2010.
- [6] 曹乐, 赵鹏. 基于虚拟仪器的虚拟包装实验室构建[J]. 包装工程, 2009, 30(6):84-86.
CAO Le, ZHAO Peng. Construction of Virtual Packaging Lab Based on Virtual Instrument[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6):84-86.
- [7] 黄松岭, 吴静. 虚拟仪器设计基础教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2008.
HUANG Song-ling, WU Jing. Basis Course of Virtual Instrument Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [8] WANG Hai-lin, LIU Han-hui, SONG Zhu-mei. Driving Simulator Data Acquisition System Based on Labview[J]. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2012, 128:723-728.