

纸张性能与印刷适性关系的建模研究

朱 慧

(北京工商大学, 北京 100048)

摘要: 通过模糊建模系统,对试验数据建立三维模型,验证了影响印刷适性的诸多因素中,纸张的油墨吸收性对于其印刷适性影响最大,其次是纸张印刷表面强度,影响最小的是不透明度,并分析了这3个主要纸张性能的理想参数区间。

关键词: 纸张性能; 印刷适性; 关系研究

中图分类号: TS802.2; TS801.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)19-0117-05

Research on Relationship between Paper Properties and Printability

ZHU Hui

(Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Three-dimensional model was established by fuzzy modeling system according to test data. Simulation result showed that in the factors influencing the printability, paper ink absorbent is the most important, followed by the paper surface strength, with minimal impact of opacity. The range of the ideal parameters for the three major paper performances was analyzed.

Key words: paper performance; printability; relationship

以往纸张印刷适性基本“用了才知道”,由于从事印刷技术的人员缺少这种纸张性能与印刷适性之间的量化关系,因而使得生产总是陷入一种被动的局面,造成许多不必要的浪费。找出纸张性能与其印刷适性之间的数学关系,事先了解影响印刷适性的纸张性能,尽量做到“知道了再用”,这对于纸张的供需双方都大有益处:对使用者是提高用纸的针对性,合理确定印刷工艺,对供应者是改进产品性能,适应市场需求。

1 试验

1.1 目的

分析纸张性能与其印刷适性之间的量化关系。试验选定14种胶版纸,分2步进行:第1步,分别测试纸的性能;第2步,将所测纸张在印刷厂进行实地印刷,测试纸张印刷效果,通过理论分析找出对印刷适性影响最大的3个因素,利用数学建模分析研究,

找出这3个因素的最佳理想参数区间。

1.2 材料

所选材料为60 g/m²的胶版纸。60 g/m²胶版纸是目前出版印刷行业最常用的书籍印刷纸之一,选择在北京市场上有一定覆盖面且知名度较高的14种胶版纸进行检测。

1.3 仪器

打墨机,毛油墨,电动型IGT印刷适性仪,反射光计GB/T 7973,标准黑筒,万能测试仪。

1.4 步骤

1.4.1 纸张性能的测试

选定胶版纸的测试项目为:定量、厚度横幅差、白度、不透明度、伸缩率(横向)、平滑度、吸水性、断裂长、印刷表面粗糙度、印刷表面强度、油墨吸收性。试验数据见表1。

1.4.2 纸张印刷效果测试

对胶版纸做单色试验,宜选择出版社日常印刷最常用的机型,以提高试验结果与实际应用的相关性,

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 北京市属高等学校人才强教深化计划项目(0142131301)

作者简介: 朱慧(1973—),女,西安人,博士,北京工商大学副教授,主要从事工业设计和包装工程的教学与研究。

因此所选机型为 ZMB94A。现场试验数据记录:取印后 5 min 时印样的实地密度、75%网点密度和 50%网点百分比。后续印刷数据:取印后 24 h 印样的上述 3 种数据,并测量透印密度。试验结果见表 2。

表 1 纸张性能试验数据
Tab.1 Paper performance test data

纸张 编号	定量 /(g·m ⁻²)	厚度 横幅差	白度	不透明度 /%	伸缩率 /%	平滑度 /s	吸水性 /(g·m ⁻²)	裂断长 /km	印刷表面 粗糙度/μm	印刷表面强度 /(m·s ⁻¹)	油墨吸 收性/%
1 [#]	60.8	3	101.0	88.5	1.6	53	25.4	7.57	4.20	2.87	57
2 [#]	59.6	6	70.1	82.5	2.2	25	20.0	4.20	6.47	0.43	53
3 [#]	59.5	7	91.5	88.0	2.2	35	78.0	4.74	4.82	0.60	52
4 [#]	59.0	3	96.8	83.5	2.7	29	21.2	5.57	5.43	1.50	57
5 [#]	58.9	1	83.7	86.0	3.5	67	18.6	7.68	7.37	1.04	45
6 [#]	59.4	2	85.3	84.0	2.0	27	19.6	5.84	5.59	1.75	61
7 [#]	59.6	2	103.5	89.0	3.4	33	20.5	6.14	5.32	2.80	55
8 [#]	59.8	1	94.7	89.5	2.9	43	21.0	6.80	5.73	1.23	46
9 [#]	59.3	2	90.7	88.5	1.8	43	37.4	3.36	4.88	0.76	46
10 [#]	60.6	3	93.1	84.5	3.9	31	25.9	5.31	5.98	0.84	47
11 [#]	62.2	2	87.5	88.5	3.5	35	24.2	5.27	5.35	0.57	53
12 [#]	58.9	3	88.7	89.0	3.4	72	58.2	4.99	4.40	0.69	50
13 [#]	61.5	2	89.2	85.5	4.7	36	52.5	4.02	5.77	1.33	49
14 [#]	59.7	3	90.4	91.5	5.4	33	43.7	5.59	5.14	1.78	36

表 2 印刷效果试验数据
Tab.2 Printing experiment data

纸张 编号	湿密度/K 值(5 m)			干密度/K 值/透印密度(24 h)				50%网点扩大率/%	
	实地	75%网点	K 值	实地	75%网点	K 值	透印密度	湿(5 m)	干(24 h)
1 [#]	1.12	0.86	0.23	1.06	0.83	0.22	0.08	29.04	28.86
2 [#]	1.19	0.93	0.22	1.11	0.90	0.19	0.09	31.30	31.02
3 [#]	1.17	0.95	0.19	1.10	0.91	0.17	0.09	31.66	32.22
4 [#]	0.96	0.80	0.18	0.93	0.78	0.17	0.09	30.84	30.70
5 [#]	1.16	0.95	0.19	1.09	0.92	0.16	0.10	32.10	32.52
6 [#]	1.05	0.86	0.21	1.00	0.83	0.18	0.10	30.04	30.30
7 [#]	1.10	0.87	0.23	1.05	0.85	0.19	0.07	29.82	30.42
8 [#]	1.10	0.84	0.21	1.04	0.83	0.20	0.08	28.34	28.64
9 [#]	1.16	0.91	0.22	1.11	0.89	0.20	0.13	30.52	30.76
10 [#]	1.17	0.91	0.21	1.08	0.87	0.19	0.10	30.20	30.92
11 [#]	1.09	0.86	0.23	1.04	0.83	0.21	0.08	28.88	29.06
12 [#]	1.14	0.88	0.23	1.07	0.85	0.21	0.07	29.08	29.01
13 [#]	1.15	0.86	0.25	1.05	0.83	0.21	0.09	28.00	29.26
14 [#]	1.27	0.94	0.26	1.22	0.93	0.23	0.07	29.88	27.50

1.4.3 纸张性能的评分

对胶版纸的各项检测结果进行分析与比较,并进行打分。打分所采用的原则是 10 分制,即所有测试项目占相同的分值(10 分),对每一个项目的测试分 3 段或 4 段进行计分,最高分均为 10 分,最低分均为 4

分。例如,对于定量,以评价定量绝对偏差的方式分 3 段计分,本次检测的胶版纸的定量是 60 g/m²,因此,检测结果中定量绝对偏差的值≤61.0 g/m² 时为最高分 10 分,其绝对偏差的值≤61.5 g/m² 时得 8 分,而绝对偏差>61.5 g/m² 时得 4 分。每一样品测

试项目所得分数的总和即为样品所得的总分。评分原则见表 3。

表 3 纸张性能评分依据

Tab.3 Paper performance score basis

分值 项目	定量公差 $/(g \cdot cm^{-2})$	厚度 横幅差	吸水性 $/(g \cdot cm^{-2})$	白度	不透明 度/%	断裂长 /km	伸缩率 /%	印刷表面强 度/ $(m \cdot s^{-1})$	平滑度 /s	表面粗糙 度/ μm	油墨吸 收性/%
4	>61.5	>5.0	>40	<85	<83.0	<3.0	>3.0	<0.5	<20	>5.5	>55
5											
6		≤ 5.0	≤ 4.0		/83.0	/3.0	≤ 3.0	/0.5	/20	≤ 5.5	≤ 55
7											
8	≤ 61.5	≤ 3.0	≤ 30	/85.0	/88.0	/4.0	≤ 2.5	/1.0	/30	≤ 5.0	≤ 50
9											
10	≤ 61.0	≤ 1.0	≤ 20	/90.0	/90.0	/5.0	≤ 1.5	/1.5	/40	≤ 4.4	≤ 40

1.4.4 影响印刷适性的因素分析

测试的纸张性能项目达 12 项之多,每一项的结果都对纸张的印刷适性产生一定的影响,但并非每项结果影响的效果是一样的。由于测试的数据必须建立一个数学模型进行量化的分析,因而必须分析出几个对印刷适性影响最大的项目数据。测试的纸张为 60 g 胶版纸,对于测试的纸张,定量的偏差是全部测试项目中最小的,所以定量可以排除。纸张的厚度横幅差、断裂长以及伸缩率,主要是涉及纸张的力学性能,其变化主要影响纸张在印刷机上的工作状况,即这 3 个性能的变化是用来促进和改善纸张的内应力分配,减少应力集中,缓冲脉动张力对纸带的拉断作用,防止和减少纸面的断裂,避免纸张在印刷机上工作时发生故障^[1]。这可以在纸张抄造时添加一些增强剂来提高其性能,因而这 3 个性能对纸张印刷适性的影响不是很大,在作数据分析时可以将其排除。纸张的白度和不透明度属于纸张的化学性能,两者之间具有一定的相关性,一般来说纸张的白度越高,其漫反射率越好,透射率相对就越低^[2]。在数据分析时,在两者之间选择纸张的不透明度作为研究的一个项目值,因为纸张的不透明度的高低直接决定了纸张是否会发生透印现象,透印是决定纸张印刷质量最直接的因素。纸张平滑度和表面粗糙度属于纸张表面性能,两者之间成反比的关系。纸张的平滑度值越高,说明纸张表面就越光滑,其表面的粗糙度就越小^[3]。在以前评价纸张的印刷性能时,经常认为纸张的平滑度或纸张表面粗糙度对纸张的印刷适性影响最大,但是经过实验以及一些印刷厂提供的数据和经验,发现纸张的平滑度并不像以前认为的那样,对纸张印刷效果产生很大影响,毕竟以前的观点具有很强的主观

性。因此在分析数据时没有考虑纸张的平滑度和表面粗糙度。纸张的印刷表面强度是纸张一项十分重要的性能,纸张的强度的大小直接决定了纸张印刷时掉毛、掉粉现象发生^[4],对纸张的印刷适性影响相对较大,因此可以作为研究的项目。纸张的吸收性包括纸张的吸水性和吸墨性,它是纸张另一项重要的印刷适性指标。纸张的吸收性过高,纸张会吸收油墨中的大量连接料和一些颜料颗粒,导致印迹不牢,干瘪,无光泽,色泽度低、色饱和度差,甚至色相失真^[5]。吸收性过低,影响干燥速度,易产生背面蹭脏,降低生产效率。因此纸张的吸收性,尤其是油墨吸收性对纸张印刷效果影响很大,因此将纸张的油墨吸收性作为研究的重要目标。

综上所述,经过分析和比较,纸张的性能中,纸张的表面强度、油墨吸收性、不透明度对纸张印刷适性影响最大,所以将这 3 个量作为研究考核的目标。

1.4.5 印刷适性综合得分评定

在给纸张的性能打完分后,必须在纸张的性能与其印刷适性之间建立一种量化的关系,便于数据的具体分析。本次根据纸张的性能对纸张印刷适性的影响比重进行技术加权,得出所测纸张具体的印刷适性综合得分。技术评分的加权体现了各种因素对印刷效果影响程度的认识。印刷数据中的干密度、干 K 值、透印密度影响最直接,设 10 分;而干湿密度差,干湿 K 值差、干网点扩大率影响次之,设 6 分,8 分。依据上述理论分析的结果,10 分中,纸张吸墨性占 3 分,不透明度占 2 分,印刷表面强度占 1 分,其他各项占 0.5 分。经过计算得出纸张性能得分和印刷适性综合得分,结果见表 4。

表 4 纸张性能和印刷适性得分

Tab. 4 Paper performance and printability score

	油墨吸收性	印刷表面强度	不透明度	物理性能	综合
	/%	$/(m \cdot s^{-1})$	/%	得分	得分
1 [#]	57	2.87	88.5	92	8.60
2 [#]	53	0.43	82.5	69	7.45
3 [#]	52	0.60	88.0	76	7.30
4 [#]	57	1.50	83.5	84	8.20
5 [#]	45	1.04	86.0	86	7.30
6 [#]	61	1.75	84.0	82	7.10
7 [#]	55	2.80	89.0	82	8.60
8 [#]	46	1.23	89.5	92	9.10
9 [#]	46	0.76	88.5	86	8.80
10 [#]	47	0.84	84.5	82	7.76
11 [#]	53	0.57	88.5	76	6.80
12 [#]	50	0.69	88.7	80	7.50
13 [#]	49	1.33	89.2	74	6.70
14 [#]	36	1.78	90.4	84	7.70

2 数据建模分析

应用 MATLAB 工具分析纸张的油墨吸收性、印刷表面强度、不透明度对纸张印刷适性的影响。

在分析中,将纸张的油墨吸收性、印刷表面强度、不透明度作为输入变量,印刷适性的综合得分作为输出量。通过 MATLAB 工具将几个数据建立一个三维的模型,然后对模型的模糊系统进行分析。MATLAB 建模工具中零阶 Sugeno 型模糊推理模型的典型模糊规则如下:

If x is A and y is B then $z=K$

在印刷过程中,不同的纸张性能对纸张的印刷适性影响程度是不同的,根据纸张性能的测试值与印刷适性的综合得分,建立一个三维模型,对影响纸张印刷适性的因素进行量化分析。测试过程中不同的特性值对应不同印刷适性分值,符合零阶 Sugeno 型模糊推理模型,利用 ANFIS 自适应神经网络,建立一个模糊推理系统,对不同输入值(油墨吸收性、印刷表面强度、不透明度)对应不同输出值(印刷适性分值)构造模型^[6]。

由图 1 看出,油墨吸收性相对于不透明度曲线变动较大,这说明油墨吸收性对纸张印刷适性影响较明显,当纸张油墨吸收性处于 40%左右时,纸张印刷适性相对较差。随着油墨吸收性和不透明度的增大,纸张的印刷适性明显朝有利于纸张印刷的方面发展,在

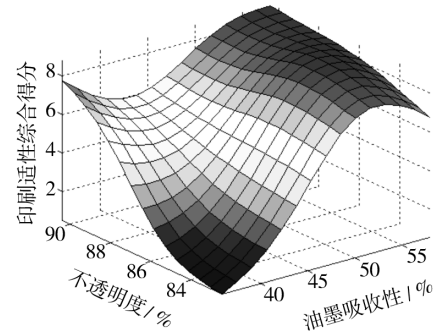


图 1 纸张不透明度与油墨吸收性对纸张印刷适性的影响曲面

Fig. 1 The impact of paper opacity and ink absorbent on printability

纸张吸墨性位于 40%~45%,不透明度位于 86%~88%时,印刷适性综合得分明显变化,这说明此时的印刷适性变化趋势很明显。油墨吸收性在 45%~60%间变化,对应相应的不透明度都能得到良好的印刷适性,两者值越大,印刷适性越好,这也是印刷过程中努力的方向。当不透明度位于较低的值时,纸张的吸墨性并非越大越利于印刷,因为当纸张吸墨量达到饱和时,过多的油墨容易造成脏版等现象。所以,单独考虑这 2 个因素,最好的印刷适性出现在不透明度接近 90%,油墨吸收性在 48%~54%之间。

由图 2 看出,当纸张印刷表面强度在 1~1.5 m/

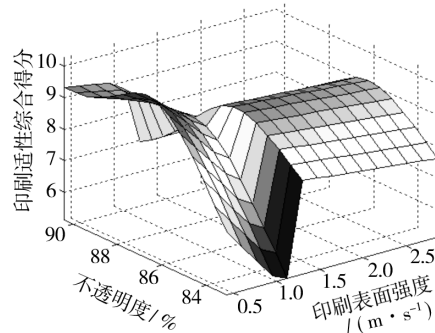


图 2 纸张印刷表面强度与不透明度对纸张印刷适性的影响曲面

Fig. 2 The impact of paper printing surface strength and opacity on printability

s 时纸张印刷适性明显变好,当强度位于 1.5~3 m/s 时纸张印刷适性处于理想的区间,当不透明度达 87%时印刷适性最好。也就是说此时的纸张印刷效果最好。单独考虑这 2 个因素,最好的印刷适性出现在不透明度为 87%,印刷表面强度在 1.5~3 m/s 时

的区间。

由图 3 看出,当纸张印刷表面强度位于 $0.5 \sim 1$

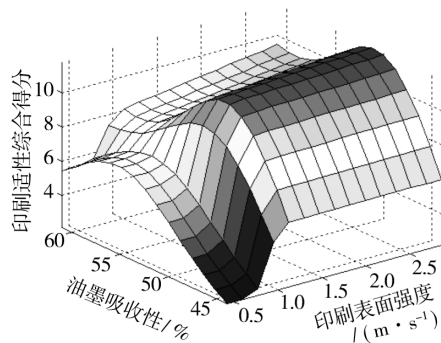


图 3 纸张印刷表面强度与油墨吸收性
对纸张印刷适性的影响曲面

Fig. 3 The impact of paper surface strength and
ink absorbent on printability

m/s 时纸张印刷适性非常差,纸张性能无法满足基本的印刷条件,纸张会产生严重的掉毛、掉粉现象,使产品发生严重的糊版现象,印刷无法进行下去。因此要想得到良好的印刷适性,印刷表面强度必须大于 $1.5 m/s$,并且印刷表面强度位于 $1.5 \sim 3.0 m/s$ 区间,此时如果油墨吸收性位于 50% 时,会产生良好并且十分稳定的印刷适性值。

3 结论

纸张的油墨吸收性对于纸张的印刷适性影响最大,其次是纸张印刷表面强度,影响最小的是不透明度。

通过数学分析看出图形所示的情况与之前理论分析和试验结果是基本吻合的。对于纸张的印刷表面强度,最理想的印刷表面强度应该大于 $1.5 m/s$,即印刷表面强度在 $1.5 \sim 3.0 m/s$ 之间。最理想的油墨吸收性应该在 $45\% \sim 50\%$ 之间。由纸张的结构知道,纸张对于油墨吸收值必须有一个适应的区间,只有在此区间之内纸张的油墨吸收量会达到饱和。吸收性过大,过量的油墨会发生脏版等现象,吸收性过小,则纸张油墨量太少而不能对图文完美的再现。对于纸张的不透明度,该值应尽量达到 90% 。当小于 90% 时纸张会产生一定的透印现象,影响正常的阅读效果;当此值大于 90% 时,纸张就必须加入更多的填料等添加剂,因为纸张的不透明度的大小取决于纸张纤维和填料的多少,此时由于添加剂增多,会使纸张

产生掉毛、掉粉现象。

参考文献:

- [1] 梁丽娟. 胶版纸性能对油墨转移影响的探讨[J]. 包装工程, 2010, 31(9): 25—27.
LIANG Li-juan. Discussion on the Impact of Offset Paper Performance on Ink Transfer [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(9): 25—27.
- [2] 向阳. 印刷材料及适性[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000.
XIANG Yang. Printed Materials, and the Adaptive [M]. Beijing: Printing Industry Press, 2000.
- [3] 侯和平. 印刷压力与油墨转移特性的实验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(12): 44—47.
HOU He-ping. Study on the Printing Pressure Ink Transfer Characteristics [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12): 44—47.
- [4] 唐辉宇. 纸张性能对印品呈色效果的影响[J]. 包装工程, 2004, 25(6): 32—35.
TANG Hui-yu. The Impact of Paper Performance on Product Color [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(6): 32—35.
- [5] 李小东, 沅立. 胶印油墨转移分析[J]. 包装工程, 2003, 24(2): 42—44.
LI Xiao-dong, YUAN Li. Analysis of Offset Printing Ink Transfer [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(2): 42—44.
- [6] 楼顺天. 基于 Matlab 的系统分析与设计——模糊系统 [M]. 西安: 西安电子工业出版社, 2003.
LOU Shun-tian. Systems Analysis and Design Based on Matlab——Fuzzy Systems [M]. Xi'an: Xi'an Electronic Industry Press, 2003.