

基于回归分析的水性凹印油墨附着力的研究

张彦粉¹, 邹洋², 王旭红¹, 李小东¹

(1. 东莞职业技术学院, 东莞 523808; 2. 比勒(上海)自动化技术有限公司, 上海 201613)

摘要: **目的** 运用多元回归分析法, 利用专业的统计分析软件 SPSS 对水性凹印油墨在聚乙烯薄膜 (PE) 上的附着力影响因素进行深入分析。**方法** 选择丙烯酸树脂溶液、醇类、润湿剂、偶联剂加入量、颜基比作为自变量指标, 水性凹印油墨在聚乙烯薄膜 (PE) 上的附着力强度为因变量指标, 建立数学模型, 设计样本变量值并测试其在聚乙烯薄膜 (PE) 上的附着力强度; 利用 SPSS 对样本数据进行统计分析得出以附着力强度为因变量的回归方程模型, 并对该模型进行显著性有效性等检验; 以模型为算法进行简单编程, 使之成为了更为直观操作简便的窗口化应用程序, 用户只需输入相应的参数值即可大致预测某一配方的附着力强度。**结果** 丙烯酸树脂溶液加入量、颜基比与附着力强度的关系为负相关, 而醇类加入量、润湿剂加入量、偶联剂加入量与附着力强度则是正相关; 丙烯酸树脂溶液对附着力强度的影响较大, 其次是颜基比, 再次是醇类的加入量, 而偶联剂对其影响不大。**结论** 基于回归分析法所得的水性凹印油墨的附着力影响因素的模型对于附着力强度具有较好的预测效果。

关键词: 水性凹印油墨; 回归分析; 丙烯酸树脂; 附着力

中图分类号: TS802.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)01-0200-04

Study of the Adhering Quality of Water-based Gravure Ink Based on Regression Analysis

ZHANG Yan-fen¹, ZOU Yang², WANG Xu-hong¹, LI Xiao-dong¹

(1. Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China; 2. BST International(Shanghai)Co., Ltd., Shanghai 201613, China)

ABSTRACT: The work aims to carry out an in-depth analysis on the factors that affect the adhesion of the water-based gravure ink on polyethylene (PE) film with multiple regression analysis and professional statistical analysis software SPSS. With the quantities added of acrylic resin solution, alcohol, wetting agent and coupling agent, and the pigment/binder ratio as independent variable indicators while the adhesion quality of water-based gravure ink as dependent variable, a mathematical model was built, sample variable values were designed and its adhesion on PE film was tested. Then the regression equation model was obtained with adhesion strength as the dependent variable through the statistical analysis on the sample data carried out with SPSS. The mode's distinctiveness and validity were tested. A simple program was made with the model as the algorithm, which allowed the model to become a direct and easy-to-use window application. The users only had to enter relevant parameters to predict the adhesion strength of a certain formula. The quantity added of acrylic resin solution and pigment/binder ratio had a negative correlation with the adhesion strength, while the quantity added of alcohol, wetting agent and coupling agent had a positive correlation with the adhesion strength. Acrylic resin solution had a relatively great influence on the adhesion strength, followed by pigment/binder ratio and then the quantity added of alcohol; however, the coupling agent had little influence on it. The model obtained through regression analysis method for the factors that affect the adhesion of water-based gravure ink can better predict the adhesion strength.

KEY WORDS: water-based gravure ink; regression analysis; acrylic resin; adhesion

水性油墨是目前公认的环保性油墨, 它最大的特点是减少 VOC 的排放, 改善总体环境质量, 特别适宜于食品、药瓶等卫生条件要求严格的包装印刷

产品^[1-4]。在薄膜印刷行业, 之前多用醇溶性油墨印刷, 印刷过程中产生大量的挥发性溶剂。因此, 印刷行业积极探索水性凹印油墨来代替醇溶性凹印油墨^[5-7], 但是

收稿日期: 2016-06-30

基金项目: 2015 年广东省质量工程项目 (GDJG2015005); 广东省一流高职院校建设计划

作者简介: 张彦粉 (1986—), 女, 硕士, 东莞职业技术学院讲师, 主要研究方向为印刷包装材料。

如何提高水性凹印油墨的在薄膜上的附着性, 一直是水性凹印油墨的研究重点和难点, 也限制水性凹印油墨在薄膜印刷中的应用。所以找到影响水性凹印油墨附着力的主要影响因素以及各影响因素之间的关系对于分析和预测水性凹印油墨的附着力有着非常重要的意义^[8-9]。

文中利用 SPSS 软件, 通过回归分析方法对水性凹印油墨在塑料上的附着力影响因素进行较深入的分析, 一方面对实验结果可以较准确地量化预期值, 另一方面也可以帮助研究者反思影响附着力强度的原因, 同时使用 SPSS 软件使得实验结果更为科学客观, 避免了研究者实验过程中的经验主义^[10-14]。

1 实验

1.1 原料

原料: 丙烯酸树脂乳液 JONCRYL 2640 (巴斯夫中国有限公司); 丙烯酸固体树脂 JONCRYL 678 (巴斯夫中国有限公司); 艳佳蕊蓝 GLVD (瑞士 CIBA); 硅烷偶联剂 A-151 (江苏吉华化工有限公司); 分散剂, JH-041 (江苏吉华化工有限公司); 润湿剂, TEGO245 (江苏吉华化工有限公司); 醇类 (北京化工厂); 去离子水, 自制; 消泡剂 (江苏吉华化工有限公司)。

1.2 油墨制备及凹印打样

按配方将丙烯酸乳液、丙烯酸树脂和水醇混合液混合均匀后, 得到丙烯酸树脂溶液, 按一定的颜基比将颜料、丙烯酸树脂溶液和助剂混合, 用 B13-3 高速搅拌机 (上海司乐仪器有限公司) 进行预分散, 再用研磨机进行研磨分散, 制得油墨成品。使用 IGT_F1 型印刷适性仪 (荷兰 IGT) 进行打样获取样张, 基材为聚乙烯薄膜 (PE)。

1.3 附着力测试

参考 GB/T 13217.7—2009《液体油墨附着牢度检验方法》^[15], 在温度为 25 °C, 湿度为 65% 的外部环境下, 将 3M 胶带粘贴在聚乙烯薄膜 (PE) 的印刷面上, 利用胶带压滚机往返滚压 3 次, 静置 10 min 后固定在圆盘剥离试验机上, 以匀速均力进行 T 型剥离, 取下试样后, 用宽 20 mm 的半透明毫米格纸覆盖在被揭掉的部分, 分别数出油墨层所占的格数和被揭掉的油墨层格数^[13]。

2 水性凹印油墨各成分对附着力影响的数学模型

2.1 数学模型中因变量及自变量的定义

在该实验中, 从影响油墨附着力最主要的 5

个参数 (即丙烯酸树脂溶液加入量、醇类加入量、润湿剂加入量、偶联剂加入量、颜基比) 的角度, 说明影响油墨在聚乙烯 (PE) 薄膜上的附着力强度^[9-10]。

定义水性凹印油墨在聚乙烯薄膜 (PE) 上的附着力强度为因变量 y , 丙烯酸树脂溶液加入量为自变量 x_1 , 醇类加入量为自变量 x_2 ; 润湿剂加入量为自变量 x_3 ; 偶联剂加入量为自变量 x_4 ; 颜基比为自变量 x_5 。

设因变量 y 与自变量 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 大致呈线性关系:

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 \quad (1)$$

每个自变量都赋予 4 个值, 见表 1。

表 1 影响因素的取值
Tab.1 the value of investigation factors

变量序号	丙烯酸树脂溶液加入的质量分数 $x_1/\%$	醇类加入的质量分数 $x_2/\%$	润湿剂的质量分数 $x_3/\%$	偶联剂的质量分数 $x_4/\%$	颜基比 x_5
1	0	0	0	0.50	2 : 1
2	10	1	0.50	1	2.5 : 1
3	20	2	1	1.50	3 : 1
4	30	3	1.50	2	4 : 1

2.2 实验数据的采集

随机抽检的形式选取了 50 组样本进行试验, 测出得其附着力强度的值, 具有代表性的样本数据见表 2。

表 2 样本数据
Tab.2 sample data

序号	$x_1/\%$	$x_2/\%$	$x_3/\%$	$x_4/\%$	$x_5/\%$	y
1	0	0	0	0.5	2.0	90
2	0	0	0	1.0	2.0	90
3	0	0	0	1.5	2.0	89
4	0	1.0	0.5	2.0	2.5	97
...
47	30.0	3.0	1.0	2.0	3.0	69
48	30.0	3.0	2.0	.5	4.0	56
49	30.0	3.0	2.0	1.0	4.0	58
50	30.0	3.0	2.0	1.5	4.0	60

注: x_1 为丙烯酸树脂溶液加入的质量分数; x_2 为醇类加入的质量分数; x_3 为润湿剂加入的质量分数; x_4 为偶联剂加入的质量分数; x_5 为颜基比; y 为附着力强度 (剩余油墨格数)。

2.3 预测结果及其评价

借助 SPSS 对表 2 样本数据进行多元回归分析, 得到回归方程的方差分析表, 见表 3。

表3 方差分析
Tab.3 analysis of variance

模型	平方和	自由度	均方差	F值	P值
回归分析	6598.238	5	1319.648	30.556	0.000 ^a
残差	1900.242	44	43.187	-	-
数据平方和	8498.480	49	-	-	-

由表3可知, 自变量 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 关于 y 的回归方程 F 值为 30.556, P 值为 0, 已达到显著水平,

表4 附着力回归方程的参数检验
Tab.4 tests for parameters in regression analysis about adhesion

模型	非标准化系数		标准化系数		t	P 值	95%的置信区间		线性统计	
	β 值	标准误差	β 值				下限	上限	容差	VIF
	104.628	6.760	-		15.477	0.000	91.004	118.253	-	-
丙烯酸树脂溶液 x_1	-1.056	0.090	-0.890		-11.69	0.000	-1.238	-0.874	0.876	1.141
醇类 x_2	3.192	1.839	0.262		1.736	0.090	-0.514	6.897	0.223	4.479
润湿剂 x_3	2.998	2.552	0.150		1.175	0.246	-2.145	8.142	0.314	3.189
偶联剂 x_4	2.610	1.667	0.114		1.565	0.125	-0.750	5.970	0.966	1.035
颜基比 x_5	-7.162	3.131	-0.418		-2.287	0.027	-13.472	-0.852	0.152	6.565

由表4可知, 逐步回归求得回归方程为:

$$E(y) = 104.628 - 1.056x_1 + 3.192x_2 + 2.998x_3 + 2.610x_4 - 7.162x_5 \quad (2)$$

标准化的回归方程为:

$$E(y) = -0.890x_1 + 0.262x_2 + 0.15x_3 + 0.114x_4 - 0.418x_5 \quad (3)$$

式中: x_1 为丙烯酸树脂溶液; x_2 为醇类; x_3 为润湿剂; x_4 为偶联剂; x_5 为颜基比。

根据式(2)可知, 丙烯酸树脂溶液 x_1 、颜基比 x_5 与附着力强度 y 的关系为负相关, 而醇类 x_2 、润湿剂 x_3 、偶联剂 x_4 与附着力强度 y 则是正相关; 由标准化的回归方程可知, 丙烯酸树脂溶液对附着力强度的影响较大, 其次是颜基比, 再次是醇类的加入量, 而偶联剂对其影响不大。

在式(3)中, 自变量的系数是否可信, 要看其容忍度和置信区间, 由回归系数的 P 值及 95% 置信区间估计值可以对回归方程中的回归参数的显著性加以检验。表4中树脂溶液 x_1 和颜基比 x_5 的 P 值达到显著水平 ($P < 0.05$), 且置信区间未包括 0 点。醇类 x_2 、润湿剂 x_3 和偶联剂 x_4 的 P 值未达到显著水平 ($P > 0.05$), 但这并不表示这 3 个变量与附着力强度之间没有关系^[11-13]。

4 利用回归方程编写附着力预测程序

程序平台: Visual Basic 5.0; 运行环境: windows 系统.NET Framework 2.0。根据回归方程, 编程得到

表示所选的 5 个自变量 (丙烯酸树脂溶液加入量 x_1 、醇类加入量 x_2 、润湿剂加入量 x_3 、偶联剂加入量 x_4 、颜基比 x_5) 与因变量 (附着力强度 y) 之间有显著的相关性。

3 回归方程系数分析和检验表

通过 SPSS 软件, 得到以附着力为因变量的回归方程的参数检验表, 见表 4。

附着力预测程序, 见图 1。



图1 预测程序
Fig.1 forecasting Program

利用水性凹印油墨在聚乙烯薄膜 (PE) 上的附着力强度模型程序来预测 2 组样本的附着力强度值, 并进行复配实验, 比较实际误差值。

将数据输入到对应的方框中点击计算, 即可自动得到 2 组样本的附着力预测值, 见图 2。



图2 程序操作
Fig.2 program running

预测值与实验值比较可得, 样本 1 的模型预测值为 94.46, 实验观察值为 93; 样本 2 的模型预测值为 90.41, 实验观察值为 90。偏差=(计算值-实际值)/计算值×100%, 则样本 1 和样本 2 实测值和计算值的平均偏差分别为 1.5% 和 0.4%, 表示拟合的数学模型方程在因素优化过程中是可行的, 基本反映了附着力变化的趋势, 因此可以认为该数学模型对水性凹印油墨在聚乙烯薄膜(PE)上的附着力强度具有较好的预测效果。

5 结语

运用多元回归分析, 借助 SPSS 软件分析得出水性凹印油墨在聚乙烯薄膜(PE)上的附着力的数学模型, 并且根据数学模型编写程序以期得到迅速评价油墨附着力的方法和标准。

通过回归方程可以得知, 丙烯酸树脂溶液加入量、颜基比与附着力强度的关系为负相关, 而醇类加入量、润湿剂加入量、偶联剂加入量与附着力强度则是正相关; 丙烯酸树脂溶液对附着力强度的影响较大, 其次是颜基比, 再次是醇类的加入量, 而偶联剂对其影响不大。

参考文献:

- [1] 俞江. 关注环保水性油墨技术发展[J]. 中国印刷, 2015(8): 66—69.
YU Jiang. Focus on Development of Environmental Water-based Ink[J]. China Print, 2015(8): 66—69.
- [2] 孙永泰. 环保型水性油墨的研究[J]. 印刷质量与标准化, 2014, 10(4): 8—10.
SUN Yong-tai. A Study of Environmental Water-based Ink[J]. Printing Quality & Standardization, 2014, 10(4): 8—10.
- [3] 庞洪秀, 翟洪杰, 刘三国, 等. 环保水性油墨成就“绿色”烟包[J]. 广东印刷, 2014(2): 44—45.
PANG Hong-xiu, ZHAI Hong-jie, LIU San-guo, et al. Environmental Water-based Ink Succeeded in Green Cigarette Packet Printing[J]. Guang Print, 2014(2): 44—45.
- [4] 辛秀兰. 水性油墨[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
XIN Xiu-lan. Water-based Ink[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012.
- [5] 罗杰卿. 水性油墨在薄膜凹印中的应用探索[J]. 印刷技术, 2011(24): 16—17.
LUO Jie-qin. The Application of Water-based Ink on Gravure Printing on Film[J]. Printing Technology, 2011(24): 16—17.
- [6] 贾春江, 陈广学, 李效周, 等. 水性油墨在凹版印刷中的应用研究[J]. 包装学报, 2011, 3(1): 32—35.
JIA Chun-jiang, CHEN Guang-xue, LI Xiao-zhou, et al. Research on the Applying of Water-based Ink on Gravure Printing[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 32—35.
- [7] 王兴梁. 水性油墨在凹印中的应用[J]. 中国印刷, 2016, 5(2): 75—77.
WANG Xing-liang. The Application of Water-based Ink on Gravure Printing[J]. China Print, 2016, 5(2): 75—77.
- [8] 雷亮. 塑料薄膜印刷用水性聚氨酯油墨连接料的制备及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.
LEI Liang. Research on the Preparation and Properties of Waterborne Polyurethane Ink Binder Used for the Plastic Film printing[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015.
- [9] 陈跃涛. 塑料水性凹印油墨的研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2008.
CHEN Yue-tao. Study on the Plastic Water-based Gravure Ink[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2008.
- [10] LANDAU S, EVERITT B. A Handbook of Statistical Analysis Using SPSS[M]. Florida: Chapman&Hall, 2014.
- [11] 罗凤明, 邱劲飏, 李明华, 等. 如何使用统计软件 SPSS 进行回归分析[J]. 电脑知识与技术, 2008, 1(2): 293—294.
LUO Feng-ming, QIU Jin-biao, LI Ming-hua, et al. How to do Regression Analysis by Statistical Software SPSS[J]. Computer Knowledge and Technology, 2008, 1(2): 293—294.
- [12] 孙中华. 纸张性能对印刷品颜色再现影响的 SPSS 统计分析[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 83—87.
SUN Zhong-hua. SPSS Statistical Analysis of the Influence of Paper Performance on Its Color Reproduction[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 83—87.
- [13] 江雪. 基于多元线性回归的山东省区域物流需求分析[J]. 物流技术, 2015, 34(24): 121—124.
JIANG Xue. Analysis of Regional Logistics Demand of Shandong Based on Multiple Linear Regression [J]. Logistics Technology, 2015, 34(24): 121—124.
- [14] 孙国栋, 李俊霞, 杜桂萍, 等. 基于 SPSS 软件的临床机采血小板用量建模及预测分析[J]. 中国输血杂志, 2015, 28(12): 1488—1489.
SUN Guo-dong, LI Jun-xia, DU Gui-ping, et al. Establishment and Forecasting Analysis of SPSS Software with Clinical Apheresis Platelets Usage[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2015, 28(12): 1488—1489.
- [15] GB/T 13217.7—2009, 液体油墨附着牢度检验方法[S].
GB/T 13217.7—2009, Test Method for Adhesion to Substrate of Liquid Ink with Tape[S].