

银墨内衬纸复合工艺参数研究

何邦贵¹, 郭力铭¹, 王云马¹, 张雄², 王超³

(1. 明理工大学, 昆明 650504; 2. 天尔成包装材料有限公司, 昆明 650211;

3. 云南印刷技术研究有限公司, 昆明 650231)

摘要: **目的** 确定凹印纸铝复合的印刷速度和压力, 为凹印银墨印刷生产烟标内衬纸提供基础生产数据。

方法 以幅宽 650 mm 凹印复合机为基础, 进行内衬纸原纸和银墨的复合印刷, 并在预实验过程中采集数据, 并通过插值拟合法对实验数据进行处理, 确定最佳印刷速度和印刷压力。**结果** 根据油墨转移量的实验结果可以得出, 在 1000 r/min, 3 MPa 条件下得到较好的油墨转移量; 对上机实验所得的实验结果进行插值拟合, 插值并进行十阶拟合计算后得出, 在 1050 r/min, 2.79 MPa 时, 内衬纸表面银墨油墨转移量效果最佳。**结论** 初步验证了凹印印刷银墨进行烟标内衬纸的可行性, 为烟标内衬纸复合提供了一种新的复合思路和方法。

关键词: 凹版印刷; 内衬纸; 插值拟合; 银墨

中图分类号: TS805 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)09-0124-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.018

Composite Process Parameters of Silver Ink Lined Paper

HE Bang-gui¹, GUO Li-ming¹, WANG Yun-ma¹, ZHANG Xiong², WANG Chao³

(1. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, China; 2. Kaimen Tianercheng Packaging Materials Co., Ltd., Kunming 650211, China; 3. Yunnan Printing Technology Research Co., Ltd., Kunming 650231, China)

ABSTRACT: The work aims to determine the printing speed and printing pressure of gravure paper aluminum composite to provide basic production data for the production of cigarette liner paper for gravure silk ink printing. The composite printing of liner paper and silver ink was carried out with the 650 mm gravure composite machine, and the data were collected during the pre-experiment process. The experimental data were processed by interpolation fitting method to determine the optimal printing speed and printing pressure. According to the experimental results of ink transfer amount, there was a good ink transfer amount at 1000 r/min and 3 MPa. The interpolation fitting was carried out based on the experimental results obtained by the machine experiment. After the interpolation and the 10th order fitting calculation, the effect of the amount of silver ink transfer on the surface of the liner paper was the best at 1050 r/min and 2.79 MPa. The feasibility of gravure printing silver ink for cigarette liner paper is preliminarily verified, which provides a new composite idea and method for cigarette liner paper composite.

KEY WORDS: gravure printing; liner paper; interpolation fitting; silver ink

收稿日期: 2019-09-06

基金项目: 云南省科技计划 (2018DC020)

作者简介: 何邦贵 (1963—), 男, 昆明理工大学教授、硕导, 主要研究方向为创新设计、包装印刷新材料、机械设计及理论等。

常见的烟标内衬纸为铝箔纸^[1]，是通过胶黏剂将厚度为 6~7 μm 的铝箔与特定纸材黏合，从而构成防护性能优良的包装材料。随着技术发展，耗铝量较少的真空镀铝技术被应用于纸铝复合，其通过真空高温蒸发铝丝，汽化后的铝附着在纸张表面，形成一层薄而致密的铝层。真空镀铝纸^[2]不仅具有铝箔纸同样的功能特性，且整体性能有所提升，如无胶黏剂残留，阻隔性增强，铝层变薄降低了铝的用量，无铝箔针孔^[3]提高了纸铝复合材料的整体质量。

在对传统铝箔纸进行分析后，其生产过程：铝箔与的铝层纸复合—印刷色浆（或印刷色浆+压纹）—铝箔内衬纸—理化检测—裁切分张，通常烟标内衬纸的复合、压纹^[4]及印刷色浆都是在凹印设备上进行的，因此，基于已有生产条件提出一种新的烟标内衬纸复合工艺，即凹印印刷银墨纸铝复合工艺。

1 凹印银墨复合

凹印银墨复合是指通过凹印在内衬纸软纸表面印刷水性金属油墨^[5]，因银墨^[6]具有较强遮盖力和金属光泽^[7]，可以在纸张表面形成一层有金属光泽的含铝金属颗粒^[8]墨层，从而完成纸铝复合。生产过程见图 1。

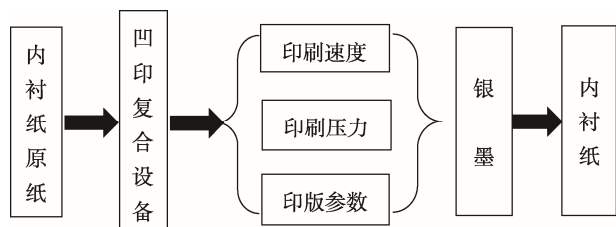


图 1 凹印银墨印刷复合流程

Fig.1 Compound flow chart of gravure silver ink printing

在传统烟标内衬纸生产加工过程中，皆通过凹印设备进行纸铝复合、印刷色浆及压纹。传统工艺生产铝箔纸生产周期较长、易出现粘合剂残留、纸铝分层等质量问题。若通过凹印复合设备进行银墨印刷，采用印刷的方式完成纸铝复合与纹路的生产，不仅可以减少生产环节，降低生产成本，还可以减少铝的用量。

2 实验

2.1 设备及材料

主要设备及材料：650 mm 凹版印刷复合机；细度为 250 目，网穴深度为 45, 40, 35, 30 μm 的多方案印辊 1 支；FA/JA 系列上皿电子天平；内衬纸原纸；银墨。部分设备见图 2—3。



图 2 650 mm 凹印复合机

Fig.2 650 mm gravure composite machine



图 3 FA/JA 系列上皿电子天平

Fig.3 FA/JA top-loading electronic balance

2.2 方法

实验时细度为 250 目，印辊的 4 种方案为在 30~45 μm 范围内网穴深度以 5 μm 为间隔，即 45, 40, 35, 30 μm ，并对印刷速度^[9]和印刷压力^[10]进行数据采集。实验组将印刷速度以 100 r/min 为间隔把 700~1200 r/min 分成 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 r/min 等 6 个实验组；因设备最大印刷压力为 5 MPa，生产中最小印刷压力为 2.5 MPa，所以将印刷压力以 0.5 MPa 的间隔将 2.5~5 MPa 分为 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 MPa 等 6 个实验组进行实验。

进行油墨转移量^[11]测定时，对取样面积为 560 mm×300 mm 的样品称量并取平均值，再用得到的平均值减去原纸质量均值，得出的差值即为油墨转移量。为确保准确性，每网穴深度有 2 条印刷墨痕，可以保证数据检测出现较大误差时，可再次进行取样检测。实验结束后，将插值^[12]和曲线拟合^[13]的计算结果与实验结果相互印证，从而确定最佳印刷参数。

2.3 指标

由于初次通过凹印工艺进行银墨印刷复合内衬

纸,该方法暂无明确的生产与检测标准,因此实验时以铝箔内衬纸外观相同或接近为标准,通过视觉感官进行初步判断。检测时以未压纹、未印刷色浆^[14]的铝箔纸为参照。

2.4 数据分析

通过对印品样张称量法进行油墨转移量检测,并以插值和曲线拟合的方法对实验数据进行处理,然后将实验数据和结果进行分析。

3 结果与分析

3.1 油墨转移量数据处理

3.1.1 印刷速度

实验结束后,对实验原纸进行称量后,得到原纸质量均值为 9.97 g,同时对取样印品样张进行油墨转移量的检测。将实验数据整理后,见表 1。

结合表 1 将油墨转移量均值差值制成图 4。由图 4 可以看出,油墨转移量整体呈逐步升高趋势,在转速为 1000 r/min 时达到最高值 342.3 mg,此后油墨转移量呈降低态势,其中转速为 900 r/min 时油墨转移量达到最低值为 190 mg。

3.1.2 印刷压力

由于采用同批次实验,所以原纸质量均值相同。对各印刷压力下的印品样张进行取用称量,整理结果见表 2。

结合表 2 将油墨转移量均值差值制成图 5。由图 5 可以看出油墨转移量先升高,在印刷压力为 3 MPa 时达到最高值 254.67 mg,此后油墨转移量逐步降低,于 4.5 MPa 时达到油墨转移量的第 2 个峰值 227 mg,但当压力为 5 MPa 时达到最低值 163 mg。

王振海^[15]对印刷速度与油墨转移量进行了研究。研究根据实验与数据分析得出不同印刷压力下,印刷速度、压力与油墨转移量的关系方程和曲线,能够较近似地描述两者间关系,使得该研究对该文有一定参考价值,包括研究方法以及数据计算处理。

3.2 生产参数求解

综合实验结果可以初步得出油墨转移量受印刷速度和印刷压力影响。为得到更加准确的实验结果,拟通过插值拟合法对已得实验结果进行计算,从而得到最佳结果。三次样条插值^[16]是由一系列形值点构成的一条光滑曲线,并以数学方法求解三弯矩方程组,从而得到相应曲线函数组的过程。

表 1 印刷速度与油墨转移量的关系
Tab.1 Relationship between printing speed and ink transfer amount

g

转速/(r·min ⁻¹)	检测次数					均值	均值差值
	1	2	3	4	5		
700	10.277	10.207	10.257	10.221	10.209	10.229	0.259
800	10.251	10.148	10.234	10.219	10.221	10.22467	0.25467
900	10.166	10.169	10.094	10.145	10.194	10.16	0.19
1000	10.326	10.314	10.314	10.193	10.309	10.3123	0.3423
1100	10.297	10.294	10.353	10.233	10.304	10.2983	0.3283
1200	10.299	10.178	10.26	10.237	10.274	10.257	0.287

表 2 印刷压力与油墨转移量的关系
Tab.2 Relationship between printing pressure and ink transfer amount

g

压力/MPa	检测次数					均值	均值差值
	1	2	3	4	5		
2.5	10.312	10.176	10.179	10.21	10.147	10.1883	0.2183
3	10.251	10.148	10.234	10.219	10.221	10.224 67	0.25467
3.5	10.311	10.213	10.116	10.111	10.039	10.1467	0.1767
4	10.185	10.17	10.021	10.123	10.223	10.1593	0.1983
4.5	10.191	10.243	10.198	10.117	10.202	10.197	0.227
5	10.258	10.093	10.104	10.152	10.143	10.133	0.163

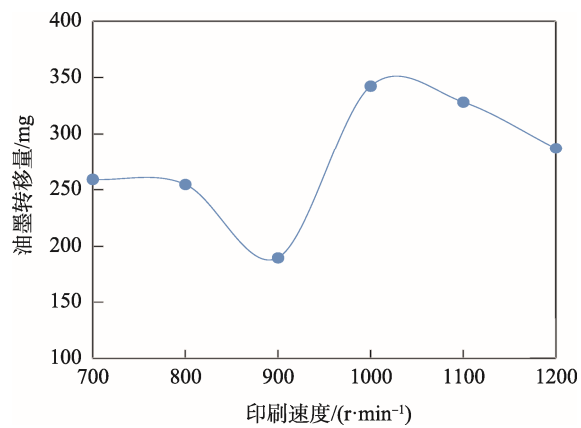


图 4 印刷速度与油墨转移量趋势
Fig.4 Trend of printing speed and ink transfer amount

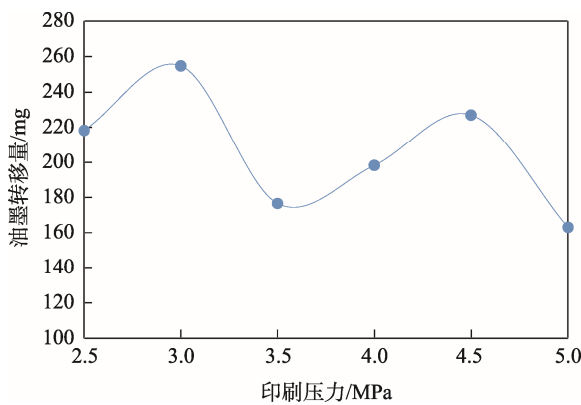


图 5 印刷压力与油墨转移量趋势
Fig.5 Trend of printing pressure and ink transfer amount

3.2.1 印刷速度计算

对印刷速度实验结果进行插值和拟合处理,插值结果见图 6。

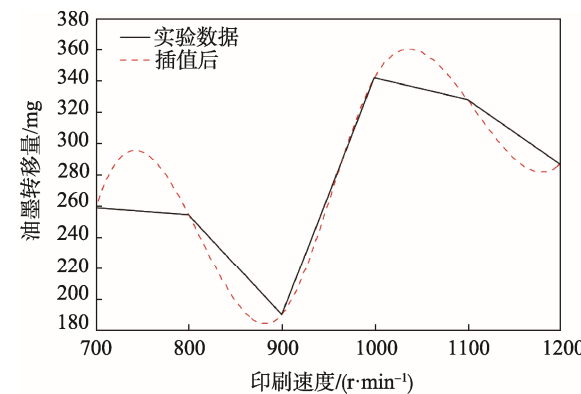


图 6 印刷速度插值
Fig.6 Printing speed interpolation

根据图 6 插值结果读取数据,对图 6 插值结果分析整理,见表 3。

根据读取补充的数据,进行 10 阶拟合,拟合结果见图 7。

表 3 三次样条插值数据
Tab.3 Cubic spline interpolation data

转速/(r·min ⁻¹)	转移量/mg
725.1	290.3
825.4	224.6
925.8	219.5
1026	359.3
1126	306.8
750.2	294.9
850.5	198.9
950.8	262.8
1051	358.5
1152	290.1
775.3	280.3
875.6	185
975.9	308.2
1076	346.1
1173	282.5

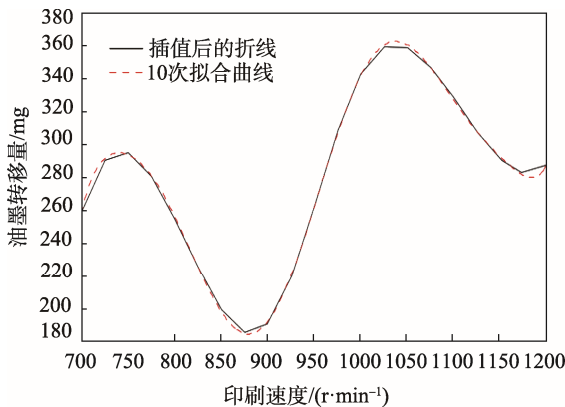


图 7 印刷速度三次样条插值 10 阶拟合
Fig.7 10th order fitting map of cubic spline interpolation of printing speed

通过方程 (1) 进行计算：

$$y=0.077z^{10}+15z^9-0.059z^8-110z^7+0.28z^6+340z^5-19z^4-490z^3+48z^2+280z+2606 \quad (1)$$

式中： $z=(x-950)/160$ ； y 为油墨转移量； x 为转速。

对方程 (1) 进行计算求解。求解得最大值 $y_{\max}=360.8607 \text{ mg}$ ，对应的 z 为 0.5566；根据 $z=(x-950)/160$ ，得 x 值为 1041 r/min，因此，在印刷压力一定的情况下,对设备转速调节,可选 1050 r/min 进行印刷生产，从而提高油墨转移量。

3.2.2 印刷压力计算

利用 3.2.1 节中的方法对印刷压力进行计算分析,插值结果见图 8。

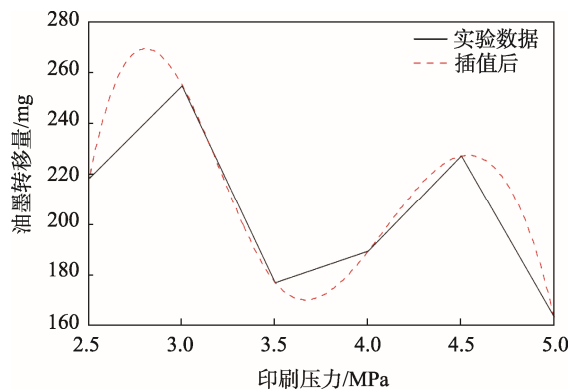


图 8 印刷压力插值

Fi.8 Printing pressure interpolation

根据图 8 的插值结果进行数据读取,将插值结果整理见表 4。

表 4 三次样条插值数据
Tab.4 Cubic spline interpolation data

压力/MPa	转移量/mg
2.617	251.5
3.127	234.9
3.612	170.5
4.122	201.1
4.624	225.5
2.734	266.9
3.244	214
3.737	171.2
4.247	212.8
4.741	216.6
2.86	267.8
3.37	192.8
3.863	177.8
4.356	221.1
4.866	197.2

根据补充的插值数据,进行 10 阶拟合,拟合结果见图 9。

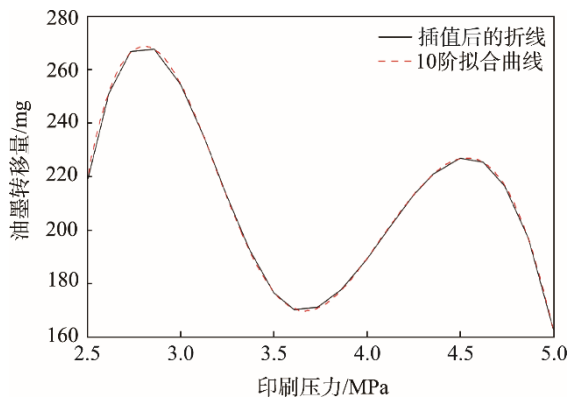


图 9 印刷压力三次样条插值 10 阶拟合

Fig.9 10th order fitting map of cubic spline interpolation of printing pressure

通过方程(2)进行计算:

$$y = -0.73z^{10} + 2.8z^9 + 4.1z^8 - 20z^7 - 3.6z^6 + 61z^5 - 50z^4 - 84z^3 + 120z^2 + 25z + 170 \quad (2)$$

式中: $z = (x - 3.7) / 0.78$; y 为油墨转移量; x 为印刷压力。

通过方程(2)求解最大值,发现当 $y_{\max} = 262.2949$, $z = -1.171$ 时,得到最大印刷压力 $x = 2.79$ MPa,可以获得最大油墨转移量。在转速一定的情况下,根据设备情况可选择 3 MPa 的印刷压力进行生产,以提高印刷时油墨转移量。

4 结果与讨论

在 650 mm 凹版印刷复合机进行银墨印刷复合时,根据实验结果得出在 1000 r/min, 3 MPa 时,印刷复合时得到最佳油墨转移量。因预实验次数较少,所得实验数据不足以充分验证油墨转移量与印刷速度、印刷压力的关系,所以对 3.1 节验数据进行插值和曲线拟合计算后,由计算结果得出,当印刷速度为 1050 r/min,印刷压力在 2.79 MPa 时,印刷复合时具有最佳油墨转移量。综合生产实际与数据分析结果,将印刷速度控制在 1000 ~ 1050 r/min,印刷压力为 3 MPa 时可以得到最佳油墨转移量。

5 结语

因实验条件限制,实验仅考虑了印刷速度、印刷压力及部分网穴深度对油墨转移量的影响,网穴深度及银墨铝金属颗粒粒径未能进行实验,未进行烟标内衬纸常规理化项检测,如阻隔性检测、卫生安全性检测等。根据实验与计算结果得到了油墨转移量最佳的印刷转速和压力,较高的油墨转移量可以增强银墨印刷效果,使凹印银墨烟标内衬纸具备金属光泽。凹印银墨印刷技术为纸铝复合内衬纸生产提供了一种新思路 and 方式,同时为降低复合时铝的用量提供了一定参考。

参考文献:

- [1] 崔永杰. 铝箔纸凹印故障及处理方法[J]. 中国高新技术企业, 2011(4): 75—76.
CUI Yong-jie. Failure and Treatment of Gravure Printing of Aluminum Foil[J]. China High-tech Enterprises, 2011(4): 75—76.
- [2] 汤德芳, 丁蔚, 李淑萍, 等. 真空镀铝内衬纸在包装设备上的适应性研究[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 57—61.
TANG De-fang, DING Wei, LI Shu-ping, et al. Adaptability of Vacuum Aluminized Inner Lining Paper in Packaging Equipment[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 57—61.

- 2015, 36(21): 57—61.
- [3] 薛福连. 铝塑复合包材的开发应用[J]. 中国包装, 2012, 32(2): 28—30.
XUE Fu-lian. Development and Application of Aluminum-plastic Composite Packaging Material[J]. China Packaging, 2012, 32(2): 28—30.
- [4] 刘峻峰. 网线压纹凸凹版的制作[J]. 丝网印刷, 1999(6): 31.
LIU Jun-feng. Production of Embossed Relief and Concave Plate[J]. Screen Printing, 1999(6): 31.
- [5] 王睿, 何邦贵, 陈磊, 等. 纸基复合材料水性凹印金属油墨的研究[J]. 价值工程, 2017, 36(6): 131—133.
WANG Rui, HE Bang-gui, CHEN Lei, et al. Water-based Gravure Metal Inks for Paper-based Composites[J]. Value Engineering, 2017, 36(6): 131—133.
- [6] 范淳. 水性金/银墨的研发与应用方案[J]. 印刷技术, 2016(20): 38—41.
FAN Chun. Development and Application of Water-based Gold and Silver Inks[J]. Printing Technology, 2016(20): 38—41.
- [7] 邹文华. 预防胶印金(银)墨变色[J]. 印刷技术, 2004(29): 59.
ZOU Wen-hua. Prevention of Gold (Silver) Ink Discoloration in Offset Printing[J]. Printing Technology, 2004(29): 59.
- [8] 马金涛. 浅析金银墨在印刷中的应用[J]. 中国印刷, 2006(7): 86—89.
MA Jin-tao. Analysis of the Application of Gold and Silver Ink in Printing[J]. China Printing, 2006(7): 86—89.
- [9] 余节约. 印刷速度与墨量补偿的关系分析[J]. 印刷世界, 2010(9): 41—43.
YU Jie-yue. Analysis of the Relationship Between Printing Speed and Ink Volume Compensation[J]. Printing World, 2010(9): 41—43.
- [10] 余竹. 印刷压力对印品质量影响的研究[J]. 印刷世界, 2013(2): 37—41.
YU Zhu. Influence of Printing Pressure on the Quality of Printed Products[J]. Printing World, 2013(2): 37—41.
- [11] 黄颖为, 牛晓娇, 毕菲. 纸张拉毛与其印刷适性的研究[J]. 西安理工大学学报, 2012, 28(2): 189—192.
HUANG Ying-wei, NIU Xiao-jiao, BI Fei. Paper Fuzzing and Printability[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2012, 28(2): 189—192.
- [12] 宋刚, 杜宏伟, 王平, 等. 纹理细节保持的图像插值算法[J]. 计算机科学, 2019, 46(6): 169—176.
SONG Gang, DU Hong-wei, WANG Ping, et al. Image Interpolation Algorithm for Texture Detail Preservation[J]. Computer Science, 2019, 46(6): 169—176.
- [13] 韩艳丽, 李凤萍. 插值与曲线拟合[J]. 中国西部科技, 2009, 8(11): 91—92.
HAN Yan-li, LI Feng-ping. Interpolation and Curve Fitting[J]. Science and Technology of Western China, 2009, 8(11): 91—92.
- [14] 胡阳, 何邦贵, 顾文娟, 等. 水性色浆在铝箔表面凹印工艺过程研究[J]. 包装工程, 2017, 38(23): 234—237.
HU Yang, HE Bang-gui, GU Wen-juan, et al. Process of Gravure Printing of Water-based Color Paste on Aluminum Foil Surface[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(23): 234—237.
- [15] 王振海. 印刷速度与油墨转移率关系的研究[J]. 印刷技术, 2015(5): 59—60.
WANG Zhen-hai. Relationship Between Printing Speed and Ink Transfer Rate[J]. Printing Technology, 2015(5): 59—60.
- [16] 章荣生, 倪江生. 布拉格波长标定及实时三次样条插值拟合算法的实现[J]. 国外电子测量技术, 2010(2): 29—31.
ZHANG Rong-sheng, NI Jiang-sheng. Realization of Bragg Wavelength Calibration and Real-time Cubic Spline Interpolation Method[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2010(2): 29—31.