

喷墨印刷质量缺陷的产生原因和解决对策

李雪枚¹, 罗世永¹, 李绍国², 赵严³, 邓刚², 许文才¹, 张文雨²

(1.北京印刷学院, 北京 102600; 2.虎彩集团绍兴输出中心, 绍兴 312000;

3.凌云光子集团股份有限公司, 北京 100094)

摘要: **目的** 为提高喷墨数字印刷质量。**方法** 用普通相机和共聚焦激光显微镜对卷筒纸喷墨数字印刷质量缺陷进行记录和对比。**结果** 常见的数字喷墨印刷质量缺陷主要有色彩还原性差、印品单张不平(“荷叶边”)、图文墨迹边缘“毛刺”、印刷墨色不实、背粘、套印不准、脏污、内页增大和白条等。**结论** 质量缺陷产生的原因是喷墨数字印刷缺乏压印过程, 使用低粘度、低颜料含量的水性油墨会导致干燥速度慢和纸张吸墨性差, 因此在纸张表面构筑可以精确调控单个墨滴纵向渗吸和横向铺展相对量的功能涂层是提高喷墨数字印刷质量的有效对策。

关键词: 喷墨印刷; 质量缺陷; 渗吸; 铺展

中图分类号: TS853⁺.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)01-0174-05

Causes and Solutions of Quality Defects of Inkjet Printing

LI Xue-mei¹, LUO Shi-yong¹, LI Shao-guo², ZHAO Yan³, DENG Gang², XU Wen-cai¹, ZHANG Wen-yu²

(1.Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China; 2.Shaoxing Hucalis Group Output Center,

Shaoxing 312000, China; 3.LUSTER LightTech Group, Beijing 100094, China)

ABSTRACT: The work aims to improve printing quality of digital ink jet printing. Common camera and confocal laser microscope were used to record and compare the quality defects of the web digital ink jet printing. The main quality defects of common digital ink jet printing are as follows: worse color restoration, uneven printing leaflets (“lotus leaf edges”), graphic edge “burr”, printing ink color not as thick and heavy as where needed, back adhesive, misregister in overprinting, enlarged inside page and white line. The reason for quality defects is lack of pressure in digital ink jet printing. In addition, the water-based ink with low levels of viscosity and pigment will result in exceedingly slow rate of drying and poor ink absorption. Therefore, the construction of functional coatings on the paper surface can accurately control the relative amount of the longitudinal imbibition and lateral spreading of a single drop, which is an effective countermeasure to improve the quality of digital ink jet printing.

KEY WORDS: inkjet printing; quality defects; imbibitions; spreading

喷墨数字印刷是各种图文信息经过计算机处理, 从喷嘴喷射出微细墨滴到达承印物上面而获得图文的一种无压力的印刷方式^[1]。喷墨数字印刷采用水性油墨、无传统印刷制版及印刷过程中的污水等废弃物排放, 具有个性化按需印刷、可变数据印刷、小量多批次、零库存永不断版、快速反应的特点^[2]。适于目

前纸质媒体阅读量减少的社会发展趋势, 广泛应用于各种期刊、书籍、广告、个性包装等领域。喷墨数字印刷系统无过程干预, 传统印刷方式常用的质量检测方法与工艺控制方法不适于喷墨数字印刷, 因此目前并没有一套完整有效的评价体系。文中在一定的实验及生产实践基础上, 系统分析卷筒纸喷墨数字印刷质量

收稿日期: 2017-03-03

基金项目: 北京市教委科技计划重点项目暨市基金 B 类项目 (KZ201610015015); 国家重大科学仪器设备开发专项 (2013YQ140517)

作者简介: 李雪枚 (1990—), 女, 北京印刷学院硕士生, 主攻包装材料与工程。

通讯作者: 罗世永 (1967—), 男, 博士, 北京印刷学院教授, 主要研究方向为印刷包装材料。

缺陷的主要特征及其产生的原因,提出精确调控油墨在纸张表面的纵向渗吸和横向铺展平衡是喷墨数字印刷质量提高的关键。

1 实验

材料:在虎彩集团绍兴输出中心使用 HP T350 彩色喷墨卷筒印刷机在 80 g/m^2 本白卷筒纸上用 HP 公司原装颜料油墨进行印刷,从中选出卷筒纸喷墨数字印刷缺陷样品。仪器:数码相机 (Sony-nex5T);激光共聚焦形貌测量显微镜 (VK-X200K 日本基恩士)。使用以上实验仪器对卷筒纸喷墨数字印刷质量缺陷进行显微观察,结合实际生产工艺,分析产生的原因并提出解决办法。

2 结果与讨论

卷筒纸喷墨数字印刷的主要质量缺陷包括色彩还原性差、印品单张不平(“荷叶边”)、图文墨迹边缘“毛刺”、印刷墨色不实、背粘、套印不准、脏污、内页增大和“白条”。

2.1 色彩还原性

评价印刷色彩的重要指标之一是色彩还原性,是指印刷复制品与原稿色彩偏差程度。色调既要和谐,又要有丰富的变化。图 1a, b 分别为色彩还原性差和好的图片,图 1c, d 分别为共聚焦显微镜放大图片。从图 1 可以看出,色彩还原性差的样张的四色墨点横向铺展过大,渗透排列不均匀,在界面相互渗出,印刷图文边缘不整齐。

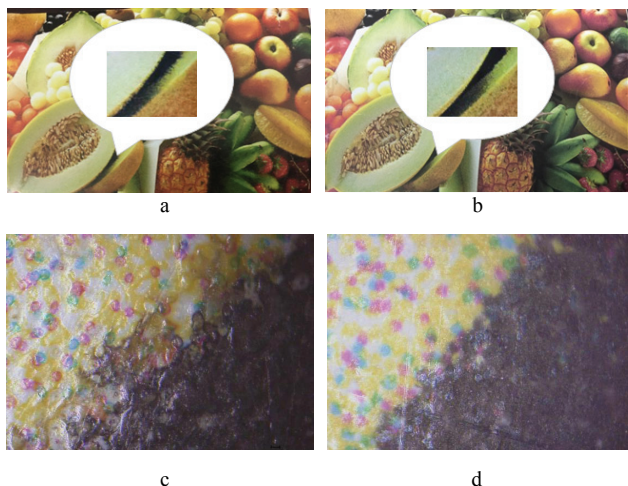


图 1 色彩还原性好坏对比照片

Fig.1 Contrast photos between good and worse printing color restoration

印品的色彩还原性可以归结为油墨在纸张表面的相互作用。目前国际与国内市场使用的喷墨油墨大多是水性颜料油墨,不同厂家生产的水性油墨性能指

标大致相近: pH 值为 7.5, 表面张力约为 25 mN/m , 粘度约为 $2.4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, 因此, 喷墨数字印刷质量的提高主要依靠纸张性能改进。

在传统印刷过程中, 纸张吸收油墨分 2 步。第 1 步为在压印的瞬间, 依靠印刷压力将油墨转移到铜版纸表面和孔隙中; 第 2 步是依靠油墨自身的渗透作用吸墨。在数字喷墨印刷过程中, 几乎没有印刷压力, 油墨在涂层表面的附着和传输主要依靠毛细力学的自由渗吸, 因此, 在高速数字喷墨印刷过程中, 常导致油墨渗吸差、干燥速度慢、出现“蹭脏”、色彩还原性差等质量问题。另外, 数字喷墨油墨和传统印刷油墨相比, 粘度低, 颜料含量低, 导致其在印刷基材表面难以附着以及着色程度低, 重色彩无法还原, 加剧了数字印刷色彩还原性、阶调性和色密度差的缺陷, 这也在生产实践和实验测试过程中得到验证。目前卷筒数字印刷速度高达 180 m/min , 微细墨滴喷在纸张表面后, 分别依靠纸张涂层毛细管作用纵向渗吸和横向平面润湿铺展^[4]。油墨中的连结料向纸张中纵向渗吸, 颜料颗粒和部分连结料会在纸表面附着停留, 干燥过程中纸张表面的墨膜逐渐增加硬度和粘性, 固化后形成印刷品色彩的浓淡, 此干燥时间在微秒或毫秒级。如果横向铺展过快, 纵向渗吸量小, 会导致墨点扩大, 阶调丢失^[5]。如果油墨横向铺展慢且纸张吸墨性差, 则墨滴不扩散或扩散面积小, 导致干燥速度过慢和墨层附着能力差。如果油墨横向铺展慢, 纸张纵向渗吸量快而且吸墨量大, 则墨层具有较好的附着力和色彩还原能力, 因此, 精确调控油墨在纸张表面的纵向渗吸和横向铺展平衡是喷墨数字印刷质量提高的关键^[6]。

2.2 印品单张不平(“荷叶边”)

印刷裁切装订后书刊边缘弯曲不平的图片见图 2, 俗称“荷叶边”, 是喷墨数字印刷最容易出现的质量缺陷之一。

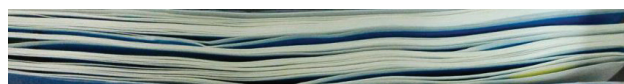


图 2 “荷叶边”缺陷

Fig.2 “Lotus leaf edges” defect

荷叶边出现的原因: 在卷筒纸喷墨数字印刷过程中, 印刷-烘干-配页-装订-裁切在惠普 T350 型机器联线一步完成。由于水性喷墨油墨颜料含量低, 油墨中含有大量的水, 而增加油墨颜料含量又会导致喷头堵塞。如果印刷品存在大面积的图像区域, 彩色图像需要用 CMYK 四色水墨以及一两种专色水性油墨进行套印叠加, 其用墨量远大于文字区域和空白区域, 图像区域纸张吸水量远大于其他区域, 膨胀量也远大于其他区域, 导致纸张卷曲, 产生“荷叶边”缺陷。由此,

对 HP 卷筒纸喷墨烘干工艺进行智能化调整,在印刷大幅图像的部位增加干燥风量或温度,使纸张的干燥程度趋于一致。采用在印刷干燥后的生产线上加装一组压辊,将纸张压平,或者使用 UV 或 UV-LED 固化喷墨油墨,可以减缓“荷叶边”质量缺陷。如果可以通过在纸张表面构筑可调节吸水量的功能涂层,降低图像区域的纸张对水性油墨中水的饱和吸水量,或者增加非图像区域的吸水量,也可以减轻“荷叶边”类缺陷。

2.3 图文墨迹边缘“毛刺”

喷墨数字印刷图文墨迹边缘有“毛刺”缺陷见图 3a,墨迹边缘齐整的图片见图 3b。其共聚焦显微镜放大图见图 3c, d。从局部放大效果图可以看出,有毛刺缺陷的样张,印迹边缘黑墨的网点与绿墨的网点相互掺杂,没有呈现独立网点分布,网点的大量扩散,相当于糊版,使得墨迹效果边缘出现“毛刺”。

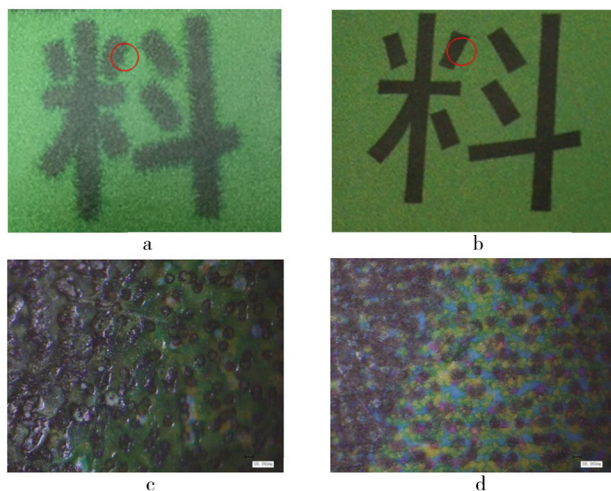


图3 图文墨迹边缘“毛刺”对比
Fig.3 Contrast with edge “burrs” in graphic imprinting

图文墨迹边缘缺陷的产生原因主要包括:喷头的排列方式不合理。当喷嘴形成的墨滴大小不变时,只增加单排喷头的排列间隔,这会低于原有的分辨率^[7];水性油墨与承印材料之间的成像适性。纸张表面孔的尺寸和孔隙率以及纸张涂层表面会影响墨滴向纸张渗透的路径并不完全是垂直向下的,也可以向四周扩散,这也使记录点边缘处产生模糊现象^[8],最终影响色彩的准确复制;纸张粗糙度高,墨层密度低,小网点再现性差,印迹发虚,就会造成网点扩大与变形等不良效果^[9];水性油墨的极性和表面张力比一般的有机溶剂要高得多,无法形成均匀的膜面,墨滴的渗透扩展不均匀。

针对“毛刺”问题,可以采取方法:对单色喷头采取两列或多列交叉排列的方法,这样提高图像精确度的同时能够提高印刷速度;选择具有合适吸墨性能的涂布纸张,减少印迹边缘“毛刺”缺陷;选取表面光滑

的涂布纸,平滑的表面降低表观接触角,提高渗透速率;油墨的表面张力几乎没有调节空间,因此,只能通过构筑合适纸张涂层结构,控制墨滴的纵向渗吸和横向铺展,提高承印物的表面能^[10]来解决。

2.4 印刷墨色不实

印刷墨色不实是指印刷品图像区域暗调的网点增大变形,并且网点之间相互交连,导致暗调的层次丢失的现象,印刷墨色不实是重大印刷质量缺陷之一。其产生原因主要有:喷嘴喷出的墨量过大;水墨粘度过低或颜料含量低或颜料分散状态差,使得墨点铺展过大,造成“印刷不实”^[11];纸张的水接触角过大,吸水性能较差,这会导致油墨不能很好渗透和深层渗吸^[12],在纸张表面的颜料呈色难以准确表达原稿色彩。

解决办法:经过喷墨印刷测试,确定每个像素中墨滴的合适体积;选取具备足够的表面张力让墨滴得以吸附的承印物,以防止喷嘴喷出的水性油墨溅射出去,另外选取具备快干性以防止在纸张上洒开的水性油墨;选择具有多孔网络的孔隙结构涂布纸进行印刷,涂布纸表面形成的油墨吸收层以及纸张的毛细管现象,可以很好锁住墨水,水接触角达到 100° 左右的涂布纸,可以很好地吸收水性油墨,颜料准确呈现在承印物表面,有利于阶调层次的展现,从而有效改善其印刷墨色不实现象。

2.5 背粘

卷筒纸喷墨印刷过程中,由于油墨是水性墨,颜料含量低,水含量高,干燥速度慢,常导致油墨在烘箱干燥不透彻,收卷时在压力作用下出现背粘现象。产生原因:油墨未彻底干燥,在印张堆叠或印张收卷时造成印张背面蹭脏;纸张适性的影响。纸张的吸墨性差,会影响墨滴的纵向渗吸和横向铺展,墨滴在纸面将附着不牢,容易发生“粉化”现象而且不易干燥,导致背面蹭脏,纸张的吸墨性差,使得墨滴在纸张表面渗吸和铺展相对量减少,减缓油墨干燥速度;油墨适性的影响。水性油墨的粘度过低,会在干燥前产生一个缓慢的扩展,造成油墨铺展不均,产生干燥较慢区域,易产生背粘;在印刷过程中,纸张含水量过低会发生静电吸附现象,导致输纸困难,造成印品背粘。

解决办法:在油墨中加入适量的干燥剂及防黏剂;选择涂布良好和吸墨性好的纸张;油墨使用前,测试并调控黏度在控制值范围内;印刷前,将印刷用纸张放在比印刷车间温度高 $(12\pm 3)^\circ\text{C}$,相对湿度高 $(15\pm 5)\%$ 的晾纸间,吊晾2 h,再堆放在和印刷车间温、湿度相同的纸台上,放置十几个小时,使纸张含水量达到理论值 $(5.5\pm 0.5)\%$ 。

2.6 套印不准

套印实际上就是在印刷中各种颜色被依次喷印

到承印物规定的图像位置上,是多种颜色相互叠加的过程。如果各色图像在每一次转印过程中,偏离原有的位置,使图像位置发生一定偏差,不能完全重叠,这种印刷缺陷称为“套印不准”。套印不准不仅出现在传统印刷过程中,同时也会出现在喷墨印刷过程中。

套印不准的产生原因主要包括:喷头发生偏移,使得喷墨四色打印结束后,色彩整体偏离原先位置;纸张含水量随环境温度、湿度的变化而改变,从而引起尺寸和形状的变化,造成多色印刷的套印不准。解决方法:采取人工调整喷头间夹角的方法,减轻重影的现象;选择含水量均匀,平整度好的喷墨纸张进行印刷。

2.7 脏污

除了卷筒纸喷墨数字印刷过程中水性油墨若未干燥彻底,“背粘”导致的脏污外,墨滴在撞击承印物前,主墨滴周围存在一系列的卫星式墨滴^[13],撞击到纸张上后一定会留下卫星墨滴的飞瓣痕迹。脏污在喷墨印刷过程中的产生原因主要为墨水粘弹性^[14],其次是墨流量过大,使得水性油墨在纸张上的渗透和铺展达不到平衡。为了解决脏污问题,采取在流体中添加高分子聚合物的方法,可以有效抑制卫星墨滴的数量和尺寸^[15];调整喷嘴墨滴体积,尤其随着高速喷头的技术进步,墨滴体积越来越小,小的墨滴可以减弱墨滴的飞溅。

2.8 内页增大

纸张经喷墨印刷、胶装最后再与封面进行装订,会出现书刊内页比封面大的现象,称之为内页增大。内页增大现象在印刷过程中司空见惯,其原因在于在实际印刷生产过程中,印刷完的书刊、杂志等都需立刻送到胶装机上与封面胶装成册,“内页增大”就是出现在书刊胶装过程中。胶装机的胶水温度为130℃左右,过胶处纸张温度较高,为了平衡纸张内部温度,纸张内部纤维会吸水膨胀,静置一段时间后会发现内页尺寸比封面大。

针对内页增大现象,采取解决办法为印刷品喷印结束后,将其放置在相对湿度为(50±3)%,温度为(29±0.5)℃的环境中,静置一段时间,以调节纸张内的水分平衡,避免纸张内部纤维吸水。

2.9 “白条”

印刷品上出现白色的线或带状缺陷称为“白条”。原因主要是印刷杆上的印刷喷头因未及时用擦墨盒清洁,油墨干涸凝固,个别喷头堵塞,形成“白条”缺陷。解决的办法是定期检查印刷杆上的印刷喷头,及时用擦墨盒清洗印刷喷头。

3 结语

喷墨数字印刷质量缺陷与胶印印刷质量相比,其色彩还原性差、“荷叶边”、图文印迹边缘“毛刺”、背粘、套印不准、脏污和白条等印刷质量缺陷尤其严重。在控制好印刷设备、油墨、印刷速度、车间温度和湿度等工艺的基础上,针对喷墨印刷缺乏压印,水性墨颜料含量低,水含量高的特征,在纸张表面构筑精确调控单个墨滴纵向渗吸和横向铺展量的功能涂层,是提高数字印刷质量的关键解决办法之一。

参考文献:

- [1] 蒲嘉陵. 喷墨技术及应用[J]. 今日印刷, 2005(1): 2—8. PU Jia-ling. Ink Jet Technology and Applications[J]. Printing Today, 2005(1): 2—8.
- [2] 高琛, 黄孙祥, 陈雷. 液滴喷射技术的应用进展[J]. 无机材料学报, 2004, 19(4): 714—722. GAO Chen, HUANG Sun-xiang, CHEN Lei. Progress in Droplet Spray Technology[J]. Chinese Journal of Inorganic Materials, 2004, 19(4): 714—722.
- [3] 张岩. 喷墨印刷纸张适性优化与评价的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2015. ZHANG Yan. Research on Optimization and Evaluation of Ink Jet Printing Paper[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2015.
- [4] 刘国栋. 造纸涂层材料自渗吸行为机制及理论建模研究[D]. 陕西: 陕西科技大学, 2014. LIU Guo-dong. Study on the Mechanism of Self-imbibition Behavior and Theoretical Modeling of Paper Coating Materials[D]. Shaanxi: Shaanxi University of Science and Technology, 2014.
- [5] 屈贞财, 陈广学, 唐宝玲, 等. 不同喷墨印刷纸对网点扩大影响的研究[J]. 中华纸业, 2011, 32(8): 56. QU Zhen-cai, CHEN Guang-xue, TANG Bao-ling, et al. Study on the Influence of Different Inkjet Paper on Dots in Printing[J]. Chinese Paper, 2011, 32(8): 56.
- [6] LEPOUTR P. Liquid Absorption and Coating Porosity[J]. Paper Technology and Industry, 1978(9): 298.
- [7] 邢文文. 喷墨印刷成像质量评价与分析基于MTF的喷墨印刷成像质量评价[D]. 江南: 江南大学, 2008. XING Wen-wen. Quality Evaluation and Analysis of Ink-jet Printing Imaging Quality and EVALUATION OF INKJET PRINTING that Based on MTF[D]. Jiangnan: Jiangnan University, 2008.
- [8] TOVEY N K, HOUNSLOW M W. Quantitative Microporosity and Orientation Analysis in Soils and Sediments[J]. Journal of the Geological Society, 1995, 152(1): 119—129.
- [9] 陈剑锋, 唐正宁, 李俊峰. 喷墨印刷纸上液滴的铺展机制研究[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 131—132. CHEN Jian-feng, TANG Zheng-ning, LI Jun-feng. Study on the Spreading Mechanism of Droplet on In-

- kjet Printing Paper[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 131—132.
- [10] 高松. 纸张喷墨印刷的网点铺展渗透特性分析[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
GAO Song. Analysis of Characteristics of Spreading and Penetration in Paper in Ink Jet Printing[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [11] 顾小萍, 唐正宁. 渗墨对喷墨印刷图像质量的影响[J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(S3): 157—160.
GU Xiao-ping, TANG Zheng-ning. Effect of Ink Penetration on Image Quality of Ink Jet Printing[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2004, 25(S3): 157—160.
- [12] 郭丽娜. 彩喷纸涂层结构与打印性能关系的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
GUO Li-na. Study on Color Ink-jet Printing Paper Coating Structure and Print Performance[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2010.
- [13] 朱予川. 喷墨墨滴在彩色喷墨打印纸上铺展渗透的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013.
ZHU Yu-chuan. Study on Inkjet Droplets in Color Inkjet Printing Paper on the Spread and Penetration[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2013.
- [14] 郭建. 流变特性对喷墨印刷过程的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
GUO Jian. Study on the Effect of Rheological Properties on the Ink Jet Printing Process[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.
- [15] 郭健, 唐正宁. 流体粘弹性对喷墨印刷液滴参数影响[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 119.
GUO Jian, TANG Zheng-ning. Effects of Fluid Viscoelasticity on Droplet Parameters in Inkjet Printing[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15): 119.