

相变喷墨打印质量的分析

郑亮, 周颖梅

(上海出版印刷高等专科学校, 上海 200093)

摘要: 通过分析相变喷墨工作的原理, 同时根据 ISO 13660 标准规定的质量指标及计算方法, 选取记录点直径、圆整度、长宽比, 线条宽度、线条边缘模糊度、线条边缘粗糙度等, 作为质量检测要素。利用 CCD 捕获图像质量要素并使用图像质量分析与评价软件, 客观、定量地分析了相变喷墨打印质量。测量结果表明: 相变喷墨在普通纸张上可以实现高质量的打印结果; 记录介质表面平滑度对相变喷墨打印的线条质量有一定程度影响。

关键词: 数字印刷; 相变喷墨; 点质量; 模糊度; 粗糙度

中图分类号: TS853⁺.5; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)11-0076-05

Printing Quality Analysis of Phase Change Ink Jet

ZHENG Liang, ZHOU Ying-mei

(Shanghai Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China)

Abstract: Principle of phase-change ink printing was analyzed. According to ISO 13660, printing quality was evaluated by measuring dot diameter and roundness, line blurriness and roughness etc. The data was measured by CCD capture and phase-change printing quality was analyzed objectively and quantitatively with image quality evaluation software. Measurement results showed that phase change ink jet can achieve high quality printing results in general paper and the smoothness of material surface has certain influence on line quality printed by phase-change ink.

Key words: digital printing; phase change ink jet; dot quality; blurriness; roughness

数字印刷在工艺基础、工作原理等方面与传统印刷有着较大的区别, 要得到高质量的数字印刷产品, 必须使纸张(或其他记录介质)与数字印刷工艺产生良好的匹配关系^[1]。这一点对于目前正在规模化、普及化的喷墨印刷来说尤其重要。为达到这个目标, 可以从两方面着手: 改善纸张的物理特性以适合喷墨印刷工艺; 改变喷墨印刷工艺以便在普通纸张表面印刷高质量产品。目前大多数的工作都是沿着前者的思路进行, 但从应用及推广的角度来看, 喷墨印刷应满足使用普通纸张印刷的需求。

相变喷墨是喷墨印刷的一种重要结构, 与一般喷墨打印不同, 采用了与胶印类似的间接油墨转移方法, 从而实现了在普通纸上的喷墨打印工艺, 办公室可以大量采用静电复印纸。

1 相变喷墨的工作原理

相变喷墨属于按需喷墨方式, 与其他喷墨技术相比, 其最大的特点在于使用固体油墨, 而非水性墨。在打印过程中, 油墨要经历两次物理相的改变, 先从固态加热到液态, 再从液态转回到固态, 相变喷墨的名称也由此来。在打印时, 打印头内置的加热器对固体油墨加热, 使之达到熔化温度, 黏度低到足以通过压电喷墨打印头喷射墨滴。墨滴被喷射到中间转印滚筒表面, 在转印滚筒另一侧, 记录介质(例如纸张)与转印滚筒接触, 在高压力作用下, 转印滚筒表面的墨滴扩展并融合到记录介质表面。

相变喷墨技术使用的固体油墨不需要干燥, 而且还能在记录介质表面瞬间冷却(固化)。因此, 固体油

收稿日期: 2011-03-10

作者简介: 郑亮(1975—), 男, 辽宁阜新人, 硕士, 上海出版印刷高等专科学校工程师, 主要研究方向为印前技术与数字印刷等。

墨不会像其他水性墨那样渗透到纸张纤维中,能停留在纸张的表面,从而创造出生动的颜色和更广阔的色域。基于以上特点,相变喷墨可以实现在普通纸张上进行打印^[1]。

2 打印质量检测要素和方法

ISO 13660 提出了印刷质量指标(属性)的标准化测量方法,评价的目标对象为文本和图形,因而规定的测量规程适用于任何字符、线条和大面积区域,被测量图像既可以是传统印刷品,也可以是数字印刷品;既可以是激光打印机印刷品,也可以是喷墨打印机产品等。近来 ISO 13660 标准被更多地采纳,印刷工业已逐步熟悉标准中使用的术语和方法。

ISO 13660 要求印刷质量评价系统使用经过标定的空间参数和密度单位,其中空间参数是指以毫米计量的长度和距离,密度单位表示为百分比反射系数。因此,只要使用经过标定的单位进行印刷质量分析和评价信息沟通,那么,来自不同系统的数据不仅能相互比较,且重复性也大大改善^[2]。

2.1 点质量

打印记录点的质量是图像质量的一个重要属性。对于喷墨印刷来说是墨滴喷射的结果,而构成图像的每个记录点都可能由多个墨滴组成。考虑到墨滴在空气中飞行时表面张力与空气阻力综合作用,出现椭圆形记录点的可能性不大。因此,在评价记录点形状时,主要以圆形为记录点的基础形状分析。基于图像分析技术的印刷质量分析与评价软件 ImageQuality,具体测量的参数如下:

1) 点直径 = $\sqrt{\frac{4A}{\pi}}$, A 为测量点面积。通过对点直径的测量,可以了解喷墨印刷在承印介质上的渗透及扩散现象,进而对印刷图像的均匀性和清晰度做出判断。

2) 圆整度 = $\frac{L^2}{4\pi A}$, 其中 L 和 A 分别代表测量点形状的周长和面积。圆整度用来评价测量点边缘的圆度程度,结果越接近 1,则说明测量点边缘越接近正圆。点的圆整度可以用来判断点边缘的平滑程度,平滑度越高,则形成的图案越清晰。

3) 长宽比 = 测量点长轴长度与短轴长度之比。用来评价测量点形状,结果越接近 1,说明测量点形状

越接近圆。点的长宽比可以判断呈色剂在承印介质上的扩散方向,以及由扩散导致的记录点变形程度。

2.2 线条质量

相比于记录点,线条更方便在印刷品上进行测量。因为对普通印刷品进行质量检测时,找到合适的点进行测量并不容易。字符也可以看做是由线条构成,因而线条质量的检测同样适用于字符。

线条分析时,测量水平线和垂直线相同的属性指标,按 ISO 13660 国际印刷质量标准规定的术语含义测量。

1) 线条宽度。以线条一侧的边缘阈值到另一侧的边缘阈值计量。通过对线宽的测量,可以分析呈色剂对承印介质的毛细作用。记录线宽越过设定线宽越多,则呈色剂对承印介质的毛细作用越强。分别用 R_{\max} , R_{\min} 表示承印材料(白色)和着色剂(黑色)的反射系数,线条边缘的阈值定义成 R_{\max} 与 R_{\min} 间的 60% 梯度点,可利用下述公式计算:

$$R_{60} = R_{\max} - (R_{\max} - R_{\min}) \times 60\%$$

2) 线条模糊度。对应于线条背景与线条自身间的渐变宽度,即线条边缘内边界和外边界的平均距离,用以评价线条轮廓呈现朦胧或模糊的外貌。线条的模糊度越大,则线条边缘越模糊,线条或文字越不清晰。内边界对应为反射系数为 R_{90} 的边缘,外边界对应为反射系数为 R_{10} 的边缘,相应的反射系数 R_{90} 和 R_{10} 可用下述公式计算:

$$R_{90} = R_{\max} - (R_{\max} - R_{\min}) \times 90\%$$

$$R_{10} = R_{\max} - (R_{\max} - R_{\min}) \times 10\%$$

3) 粗糙度。描述线条边缘偏离其理想位置的几何畸变导致的外观形态,是线条拟合到线条边缘阈值后形成的剩余部分的标准偏差。线条边缘的阈值定义与线宽相同。线条边缘粗糙度越高,线条边缘越不平滑。

实验所测得的模糊度/粗糙度均为线条开始边缘模糊度/粗糙度与结束边缘模糊度/粗糙度的平均值。垂直线条以左边缘为开始,右边缘为结束;水平线条则以上边缘为开始边缘,下边缘为结束边缘^[2-3]。

3 实验

3.1 测试图及测量要素

实验主要是评价相变喷墨印刷品上点和线条的质量,使用 Adobe Illustrator 绘制测试图。在点部

分,以同样大小的圆点排成 4×4 矩阵为一组,共绘制12组,点的直径从0.1~1.2 mm 等差递增。在线条部分,以0.1 mm 为级差,宽度为0.1~1.2 mm,绘制水平线和垂直线各12条。考虑到实验所使用的设备均为打印机,不能按要求输出真正单独墨色的测试图,所以测试图中的点线均设置为黑色。

3.2 步骤

将上述测试图分别用 Xerox Phaser 8560 相变喷墨打印机和 Epson photo R1900 压电喷墨打印机输出。其中相变喷墨分别在 80 g/m^2 双胶纸和 157 g/m^2 铜版纸上进行打印;压电喷墨在 258 g/m^2 的 Epson 光泽照相纸上打印。

打印结果使用经过密度标定^[4]的 Epson GT-X970 扫描仪,按600 dpi 分辨扫描获取后,在质量分析与评价软件 ImageQuality 中进行各项质量检测和评价。为补偿随机的测量误差,每张测试样张测量5次再求平均值,做为测量结果,每次测量时定义的兴趣区域基本相同。

4 结果和分析

4.1 点质量分析

使用 ImageQuality 软件中的点测量工具对测试图中的点进行测量,整理后的数据见表1和图1。

表1 测试图中点的质量测量结果

Tab.1 Quality measurement results of dot in tested image

理论直径 /mm	Epson photo R1900_高光相纸			Xerox 8560_双胶纸			Xerox 8560_铜版纸		
	直径/mm	圆整度	长宽比	直径/mm	圆整度	长宽比	直径/mm	圆整度	长宽比
0.1	0.11	0.46	1.84	0.21	0.76	1.24	0.24	0.79	1.20
0.2	0.22	0.79	1.31	0.29	0.87	1.17	0.31	0.86	1.08
0.3	0.32	0.90	1.16	0.39	0.95	1.10	0.41	0.95	1.11
0.4	0.41	0.96	1.13	0.48	0.98	1.05	0.51	0.98	1.05
0.5	0.51	1.01	1.10	0.58	1.02	1.06	0.60	1.03	1.05
0.6	0.62	1.02	1.07	0.67	1.05	1.04	0.70	1.03	1.04
0.7	0.71	1.03	1.10	0.77	1.07	1.04	0.79	1.06	1.03
0.8	0.81	1.05	1.06	0.86	1.10	1.03	0.88	1.09	1.03
0.9	0.91	1.08	1.06	0.97	1.10	1.04	0.99	1.08	1.03
1.0	1.00	1.07	1.04	1.08	1.09	1.02	1.10	1.08	1.02
1.1	1.11	1.10	1.05	1.18	1.08	1.02	1.20	1.09	1.02
1.2	1.20	1.09	1.04	1.27	1.10	1.02	1.30	1.10	1.02

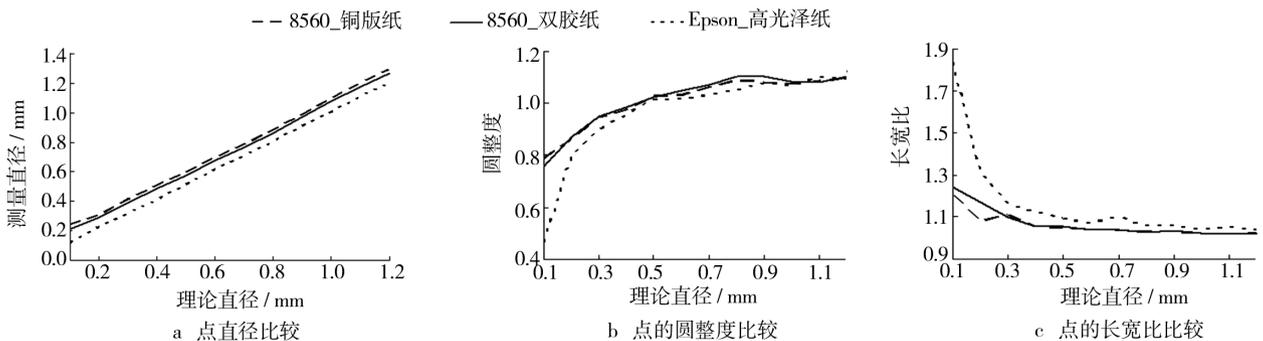


图1 各种纸张打印的点的质量比较

Fig.1 Comparison of dot printing quality on different kinds of paper

从图1a可以看出,Epson Photo R1900 喷墨打印机在光泽纸上打印的点直径与设计测试图时定义的理论直径基本相同,而 Xerox Phaser 8560 打印机在两种

纸张上打印的点直径都要大于 Epson Photo R1900 喷墨打印机在光泽纸上打印的点直径,其中在铜版纸上的打印结果要大于在双胶纸上的打印结果。由于

相变喷墨打印机在打印过程中要通过高压完成墨滴从转印滚筒到记录介质的转印,使墨滴向四周扩展,导致点直径扩大。从图 1a 上还可以看出,Xerox Phaser 8560 打印机在 2 种纸张上打印的点直径与理论值的差值基本恒定,约为 0.1 mm 左右,符合由于压力导致油墨扩大边宽基本相同这一规律。铜版纸上的点直径比双胶纸上的点直径大,应该是墨滴在压力作用下向四周扩展时,相对粗糙的双胶纸表面对墨滴的阻力更强。

点的圆整度越接近 1,则点的边缘轮廓越接近正

圆;点的长宽比越接近 1,点的形状越接近圆。从图 1b 和 c 可以看出,对于小点来说,相变喷墨打印的结果更接近圆形,点边缘轮廓更平滑;当点的直径达到 0.4~0.5 mm 以上,3 个测试样张上的点的形状都比较接近圆形,点边缘轮廓比较平滑。对于小点来说,相变喷墨由转印压力造成的墨迹扩展都对点的形状形成起到了关键作用。

4.2 线条质量分析

使用 ImageQuality 软件的线测量工具对测试图中的线条进行测量,整理后的数据见表 2。

表 2 3 张测试图中线条的质量测量结果

Tab.2 Quality measurement results of line in 3 tested image

线条方向	理论线宽	Epson photo R1900_光泽相纸			Xerox 8560_双胶纸			Xerox 8565_铜版纸		
		粗糙度	模糊度	线宽	粗糙度	模糊度	线宽	粗糙度	模糊度	线宽
垂直线	0.1	1.48	143.14	0.17	0.95	104.35	0.16	0.87	99.70	0.19
	0.2	1.55	162.28	0.25	0.84	113.14	0.22	0.92	109.44	0.25
	0.3	1.66	168.85	0.39	0.88	121.73	0.32	0.65	111.93	0.33
	0.4	1.60	173.75	0.45	0.84	121.00	0.41	0.87	116.21	0.44
	0.5	1.71	175.68	0.56	0.81	126.96	0.51	0.70	121.55	0.54
	0.6	1.71	179.70	0.66	0.99	129.94	0.61	0.74	122.85	0.63
	0.7	1.51	181.35	0.77	0.81	130.58	0.71	0.80	124.33	0.73
	0.8	1.72	184.64	0.84	0.77	139.18	0.86	0.83	128.88	0.88
	0.9	1.72	187.91	0.98	0.82	135.61	0.95	0.72	129.14	0.97
	1	1.93	187.29	1.05	0.78	137.52	1.05	0.86	130.10	1.07
	1.1	1.92	190.68	1.19	0.79	140.31	1.15	0.73	125.41	1.15
	1.2	1.57	184.46	1.26	0.93	129.98	1.23	0.82	133.24	1.27
水平线	0.1	0.89	124.59	0.14	1.58	90.99	0.13	1.40	98.22	0.15
	0.2	0.90	148.79	0.22	1.33	113.93	0.22	1.30	111.83	0.23
	0.3	0.81	158.00	0.37	1.47	128.68	0.30	1.40	123.31	0.32
	0.4	0.96	161.12	0.44	1.65	143.15	0.41	1.35	131.48	0.43
	0.5	0.88	163.33	0.54	1.61	146.98	0.47	1.33	133.92	0.48
	0.6	0.82	164.30	0.64	1.47	145.16	0.58	1.34	136.74	0.60
	0.7	0.98	167.01	0.77	1.48	148.12	0.69	1.33	134.63	0.71
	0.8	0.99	170.62	0.82	1.62	148.49	0.85	1.39	138.13	0.88
	0.9	0.91	169.55	0.97	1.60	146.31	0.96	1.36	132.86	0.99
	1	0.91	170.97	1.03	1.62	147.42	1.02	1.52	138.93	1.05
	1.1	1.06	171.14	1.18	1.71	150.38	1.13	1.41	136.65	1.16
	1.2	1.16	175.62	1.24	1.40	149.20	1.25	1.36	140.70	1.27

线宽比较见图 2。可以看出,3 张测试图的线条宽度比较接近,都比测试图设计线条宽度略大。综合来看,Xerox Phaser 8560 打印机打印的线宽略小于 Epson Photo R1900 喷墨打印机打印的线宽。其中,相变喷墨在双胶纸上打印的线宽最小,与记录点的扩展情况相同,说明表面相对粗糙的双胶纸对相变喷墨

印迹扩展的抑制作用强于表面平滑度高的铜版纸。

线条边缘模糊度的比较见图 3。可以看出,无论线条的方向如何,相变喷墨打印的结果,边缘模糊度更小,说明这种喷墨方式打印的线条边缘更加清晰。而使用不同的记录介质,对相变喷墨打印的线条边缘模糊度也会产生一定的影响,在表面相对平滑的铜版

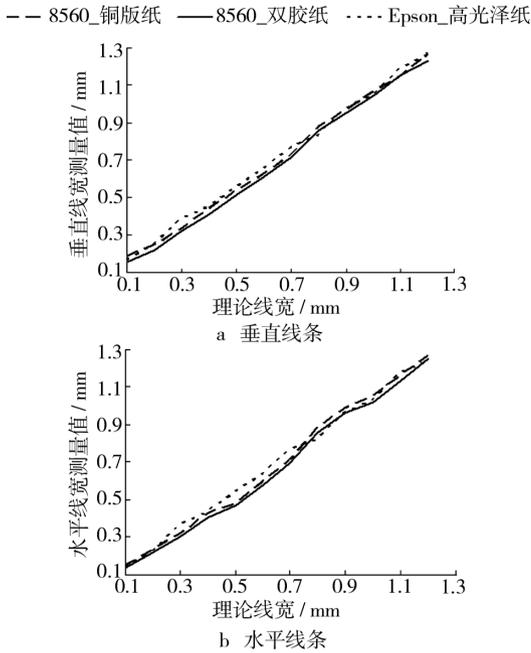


图2 3张测试图的线条宽度比较

Fig. 2 Comparison of line width in 3 tested images

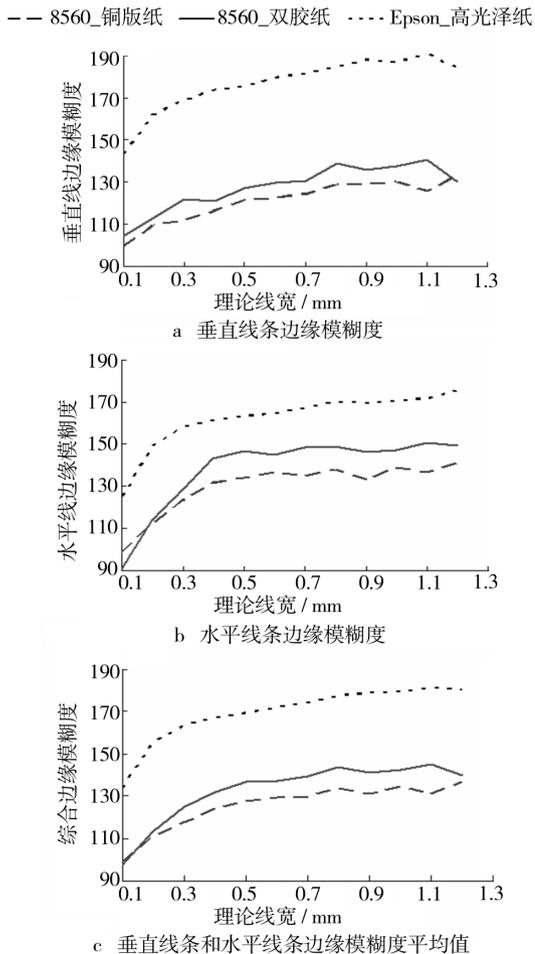


图3 3张测试图的线条模糊度比较

Fig. 3 Line blurriness comparison in 3 tested images

纸上的表现更佳。从图中还可发现,无论何种喷墨方式,当线宽在 0.5 mm 以下时,随着线宽的增加,模糊度上升较快;当线宽大于 0.5 mm 时,模糊度受线宽的影响较小。分析认为,这与打印时的墨量有一定的关系。

线条边缘粗糙度的比较见图 4。从图 4a 和 b 可

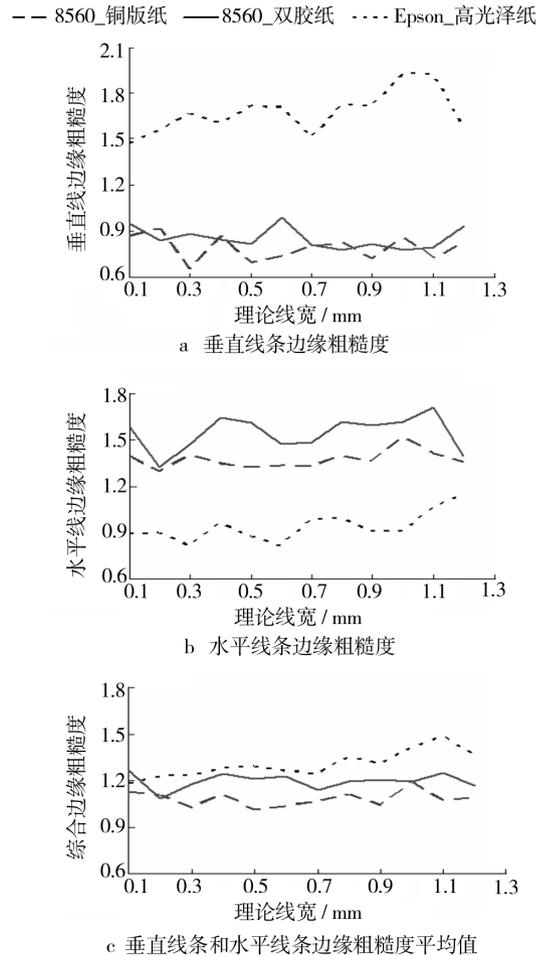


图4 3张测试图的线条粗糙度比较

Fig. 4 Line roughness comparison in 3 tested images

以发现,Epson Photo R1900 喷墨打印机在光泽纸上打印的垂直线条粗糙度要大于水平线条粗糙度;而 Xerox Phaser 8560 打印机打印的垂直线条粗糙度小于水平线条粗糙度。导致水平和垂直线条边缘粗糙度的差异的原因,应与喷墨打印机的记录特征相关,源于打印头喷墨墨滴间距与纸张传动机构的精度差别。

相变喷墨打印的线条边缘粗糙度相对较小,见图 4c。纸张平滑度也会影响相变喷墨打印线条的边缘粗糙度,在相对平滑的铜版纸上打印的线条边缘粗糙度更小。

(下转第 107 页)

5 结语

本课题拟在科学分类印刷故障的基础上,利用数据库软件建立故障查询系统数据库,结合印刷机操作各环节,开发基于 VB 的印刷机模拟操作软件。该系统基于单张纸胶印机,具备依据印刷图像分析进行故障分类判断、原因描述及解决方案分析的功能。能够将课堂教学与实验室模拟操作相结合,通过计算机软件连接一定的硬件设备来模拟印刷车间的实际操作环境,让学员在虚拟环境下对印刷机进行操作调节、排除印刷故障、模拟真实印刷环境操作环节。同时,教师可以通过该系统的教学功能指导学员的操作,并对学生的操作结果进行分析与评价。

(上接第 80 页)

5 结语

根据以上的实验结果分析,可以得出以下结论:(1)相变喷墨作为一种比较特殊的喷墨打印方式,可以在普通纸张上实现高质量的打印结果,记录点和线条的质量能够达到其他喷墨方式在特种纸上打印的效果;(2)相变喷墨打印的点质量高,但由于转印压力的存在,点的尺寸有一定程度的扩大;(3)相变喷墨打印的线条边缘模糊度和粗糙度较小,线条边缘整齐度较好;(4)记录介质表面平滑度对相变喷墨打印的线条边缘有一定程度影响,表面平滑度高的纸张表现能力更好,但表面相对粗糙的双胶纸对相变喷墨印迹扩展的抑制作用强于表面平滑度高的纸张。

记录介质曾经是喷墨印刷的一大限制,随着新技术、新材料的开发和应用,除相变喷墨外,已经出现了 UV 喷墨技术、高粘度墨水技术等喷墨印刷新工艺技术,喷墨印刷正逐步成为数字印刷的主流技术。基于 CCD 捕获图像质量要素,并使用图像质量分析与评价软件,能够客观、定量地分析印刷产品质量,有利于

参考文献:

- [1] 陈章才. 印刷机模拟操作系统[J]. 印刷杂志, 2006(6): 75-77.
- [2] 段永成, 张承武. 长网造纸机操作故障和纸病[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [3] 蔡吉飞. 胶印领机必读[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1997.
- [4] 王淑华, 许鑫. 印刷机结构原理与故障排除[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [5] 赵楠. 印刷机故障分析与诊断方法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
- [6] 冯焕玉, 张子林. 胶印疑难故障判断与排除[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2005.
- [7] 吴嘉瑞, 张冰. 中药注射剂不良反应文献数据库的建立[J]. 中国执业药师, 2010(1): 11-12.
- [8] 陈虹, 徐永财. 单张纸胶印机学习系统故障模块的研发[J]. 包装工程, 2009, 30(11): 71-72.

检测喷墨打印的墨迹扩展、记录点形状及尺寸等关键性质量要素。

参考文献:

- [1] 姚海根. 数字印刷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [2] 姚海根. 印刷质量的客观评价标准 ISO 13660[J]. 印刷质量与标准化, 2005, 29(8): 17-20.
- [3] ISO/IEC 13660, Information Technology-Office Equipment-Measurement of Image Quality Attributes for Hardcopy Output-Binary Monochrome Text and Graphic Images[S].
- [4] 姚海根. 图像捕获设备测量与分析数字印刷质量的可行性[J]. 出版与印刷, 2008(3): 2-5.
- [5] 石利琴. 影响喷墨印刷质量的关键因素分析[J]. 包装工程, 2005, 26(4): 45-47.
- [6] 李秀磊, 刘真, 张瑞萍. 喷墨打印质量检测技术的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(5): 30-34.
- [7] 王灿才. 喷墨印刷质量的分析与研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 55-57.