

基于 CCD 的静电照相成像数字印刷品质量分析

郑亮, 金张英

(上海出版印刷高等专科学校, 上海 200093)

摘要: 根据 ISO 13660 标准建议的测量方法, 采用基于 CCD 图像捕获技术的印刷质量检测系统测量数据, 分别从线宽、阶调复制特性和噪声缺陷等几方面, 全面分析了数字印刷品的质量。以单色静电照相成像数字印刷设备配合数字工作流程软件印刷了测试样张。测量分析表明, 不同的加网方式对印刷结果的阶调复制特性及噪声缺陷会产生一定的影响。

关键词: 数字印刷; 加网方式; 印刷质量; 颗粒度; 斑点

中图分类号: TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)07-0112-05

Quality Analysis of Xerographic Printing Based on CCD

ZHENG Liang, JIN Zhang-ying

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

Abstract: According to ISO 13660, printing quality was analyzed by width, tone reproduction and noise defects, etc. Data was measured with objective evaluation means and CCD image-capture technologies. The test sheets were printed by a monochrome xerographic digital press and digital workflow software. Measurement results showed that different screening methods have certain influence on tone-reproduction characteristic and noise defect.

Key words: digital printing; screening method; printing quality; granularity; mottle

目前的数字印刷已经渗透到各种领域, 其输出速度越来越快, 印刷质量越来越高, 对印刷材料(例如纸张类型)的限制越来越小。与传统印刷方式相比, 数字印刷在文件处理、成像技术、转印原理及方式等方面存在着明显的差异。如何以数字印刷一致的方式定义和评价数字印刷品的质量, 已成为业内重要的研究方向。

以物理测量为基础的客观评价有良好的可重复性, 决策和判断也比较容易, 因为客观评价过程和结果以数字方式表示。许多研究者发现, 物理描述与主观评价呈现很高的相关性。图像质量客观评价标准 ISO 13660 定义了硬拷贝输出结果的图像质量属性如何测量, 并在此基础上评价二值单色文本和具有图形属性的矢量图像输出质量。在该标准的说明部分, 制定者明确指明 ISO 13660 适用于数字印刷^[3]。

目前使用的数字印刷设备可能搭配不同的流程软件。一般来说, 在其他因素确定的条件下, 加网方

式会对印刷结果产生一定的影响。

1 实验方法

1.1 测试图及测试样张生成

考虑到实验应尽量与实际生产条件相同, 使用 Illustrator 软件绘制测试图, 主要测试线条、平网和实地的印刷质量。在 Illustrator 环境中设置文档模式为 CMYK 模式。在线条部分, 颜色设置为 C:0%, M:0%, Y:0%, K:100%, 线宽变化范围为 0.1~1.2 mm, 以 0.1 mm 的级差绘制水平方向阳线(白底黑线)和阴线(黑底白线)各 12 条; 相应地, 垂直方向阳线和阴线也各绘制 12 条。色块部分, 所有颜色设置为 C:0%, M:0%, Y:0%, K:100%, 以 10% 为级差, 绘制 0~100% 的梯尺, 每一个色块的尺寸大于 ISO 13660 测量要求的最小兴趣区域尺寸。生成 PDF 文档时不置入颜色特性文件。在印刷机充分预热的情

收稿日期: 2011-01-08

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。

况下,使用基于固体墨粉显影的 óce 6160 双子星数字印刷系统搭配方正流程进行单面印刷,设置加网线数为 100 lpi。方正流程中有 9 种加网方式,分别选择不同的加网方式进行印刷,得到 9 组测试样张。

1.2 纸张类型

考虑到固体墨粉转印、固化的特点,为避免承印介质对测试结果的影响,根据奥西推荐纸张范围及生产中的常见情况,选择 80 g/m² 的双胶纸作为测试样张。

1.3 测量仪器

由于目前普遍使用的密度计、分光光度计等测量仪器,都不能测量印刷品上的线条质量、颗粒度和斑点等质量数据,所以选用基于 CCD 图像捕获技术的数字印刷质量检测系统完成实验。该检测系统配有 Epson GT-X970 扫描仪,计算机和质量分析与评价软件 ImageQuality,检测目标图像通过扫描仪获取后可在 ImageQuality 软件中进行各项质量检测和分析。

考虑到用扫描仪获取的图像有可能产生失真,扫描仪必须经过空间标定和密度标定后才能够使用。空间标定的主要目的是测量扫描仪捕获图像包含的像素和试验样本实际像素之间的距离关系,以满足 ISO 13660 提出的光学采样间隔和采样窗口尺寸要求,准确地掌握捕获信号的位置关系。系统供应商对本实验所用扫描仪已执行过空间标定操作,证实所选用扫描仪的空间定位精度符合 ISO 13660 标准提出的要求,因而实际操作主要是选择合理的扫描分辨率。密度标定为了建立扫描仪捕获的灰度等级数据与密度数据或反射系数之间的关系,启动质量分析与评价软件 ImageQuality,运行密度标定命令,利用各色块密度数据已知的灰梯尺,生成标定曲线,获得由扫描仪捕获的从 0~255 的灰度等级(色调等级)数据与测试图密度数据间的对应关系,系统的测量和分析结果满足评价要求^[5]。

1.4 加网方式

方正流程中有 9 种加网方式,分别为方形网点、圆形网点、菱形网点、椭圆形网点、纯椭圆形网点、细椭圆形网点、钻石形网点、线形网点和调频网点。考虑到数据处理的复杂程度和生产实际中的使用情况,着重分析采用方形网点、圆形网点、菱形网点、线形网点和调频网点这 5 种不同加网方式的印刷品质量。

1.5 测量方法

使用经过密度标定的扫描仪按 600 dpi 扫描分辨

率扫描测试样张,得到的数字图像使用 ImageQuality 软件打开,并进行质量分析。测量线条的兴趣区域分为包含两侧线端、只包含一侧线端、不包含线端 3 种情况,3 种兴趣区域的测量值求平均值作为线条的测量数据。测得各个色块的兴趣区域大小基本相同,比色块略小,但大于 ISO 13660 要求的最小测量面积。测量时的颜色选择“Gray”。为补偿随机的测量误差,每张测试样张测量 3 次再求平均值作为测量结果,每次测量时定义的兴趣区域基本相同。

2 结果分析

2.1 线条质量

使用质量分析与评价软件 ImageQuality 测量得到的线宽数据见表 1。从表 1 可以看出,不同的加网方式对线条宽度的影响并不明显,以水平阳线为例的不同加网方式的线宽见图 1,5 条曲线基本重合。对

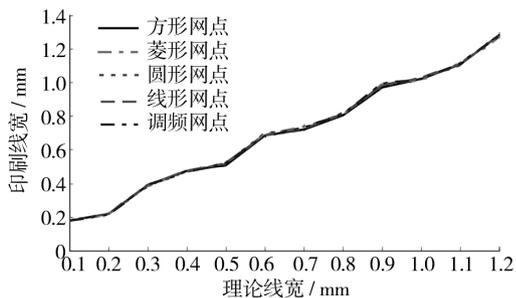


图 1 不同加网方式的线宽

Fig. 1 Line-width data with different screening methods

于线条方向、阴线阳线对线宽的影响,以方形网点为例进行了分析,结果是对线宽的影响也不大,见图 2。

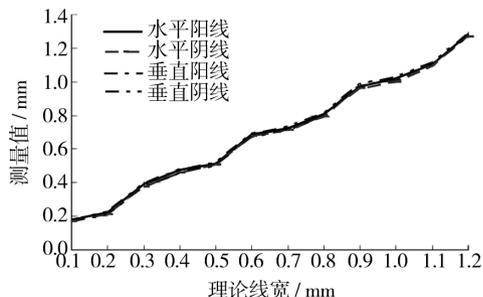


图 2 方形网点的线宽

Fig. 2 Line-width data of different kinds of lines with square screen dot

以方形网点为例,印刷线宽与理论线宽的相对误

表 1 不同加网方式下印刷得到的线宽

Tab.1 Line-width data with different screening methods

mm

线条 颜色	理论 线宽	测量值																				
		垂直线					水平线															
		方形网点	菱形网点	圆形网点	线形网点	调频网点	方形网点	菱形网点	圆形网点	线形网点	调频网点											
阳 线	0.10	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
	0.30	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	
	0.40	0.46	0.47	0.47	0.46	0.46	0.48	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47	
	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	
	0.60	0.67	0.68	0.68	0.68	0.67	0.69	0.69	0.69	0.70	0.69	0.69	0.70	0.69	0.69	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.68
	0.70	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
	0.90	0.98	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
	1.00	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02
	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.10	1.11	1.11	1.11	1.10	1.11	1.11	1.11	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
	1.20	1.27	1.27	1.26	1.27	1.27	1.28	1.27	1.28	1.27	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
阴 线	0.10	0.18	0.18	0.19	0.18	0.19	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	
	0.20	0.23	0.22	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	
	0.30	0.40	0.39	0.39	0.40	0.39	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	
	0.40	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	0.45	0.45	
	0.50	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.50	
	0.60	0.69	0.69	0.68	0.69	0.69	0.67	0.66	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	
	0.70	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
	0.80	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.79	0.79	0.80	0.79	0.79	0.80	0.79	0.79	0.80	0.79	0.79	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79
	0.90	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97
	1.00	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.10	1.11	1.11	1.11	1.12	1.11	1.09	1.09	1.08	1.09	1.09	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
	1.20	1.28	1.28	1.28	1.29	1.29	1.27	1.25	1.27	1.26	1.26	1.27	1.26	1.27	1.26	1.27	1.26	1.27	1.26	1.27	1.26	1.26

差见图 3。从图 3 可以看出,当线宽比较小时,印刷得

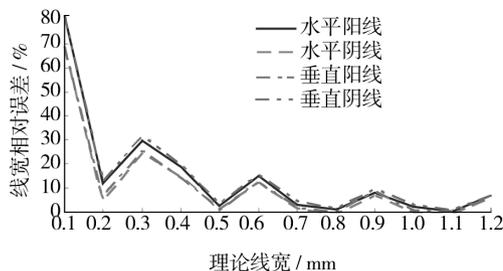


图 3 方形网点印刷线宽与理论线宽的相对误差

Fig. 3 Relative errors between theoretical and printed line-width by square screen dot

到的线条与理论值有较大的误差,但随着线宽的增大,这一误差逐渐缩小。误差最大的是最细的 0.1 mm 宽的线条,误差甚至达到了 80% 左右。分析这一

结果,有可能是因为细线条本身很细,因此稍有误差,相对于理论宽度的误差就会很大。另外,由于 óce 6160 双子星数字印刷系统采用转印皮带进行两面同时印刷,类似于双面胶印机的 B-B 结构,转印的结果对于线宽也会产生影响。而线宽相对误差的波动,则可能是由于流程软件对线条在输出介质上的坐标的自动调整,以使相同宽度的线条在输出后能保持相互一致的线宽等因素导致的。采用其他加网方式的印刷线宽与理论线宽的相对误差与方形网点具有相同的规律。

2.2 阶调复制质量

不同加网方式印刷得到的梯尺的阶调反射率见表 2 和图 4。

图 4 中,左上角到右下角的对角线为理想阶调响应,数字印刷机的阶调响应曲线与该理想曲线越接近,

表 2 不同加网方式的阶调复制质量

Tab.2 Tone reproduction quality with different screening methods

色块 /%	反射率 /%				
	方形网点	菱形网点	圆形网点	线形网点	调频网点
0	82.14	82.41	82.66	81.95	80.29
10	71.03	69.96	71.78	69.46	78.44
20	58.26	60.22	59.09	57.51	74.41
30	48.36	46.66	48.46	48.06	62.31
40	38.55	37.35	38.13	37.52	40.60
50	28.54	28.33	28.62	27.49	28.13
60	21.97	22.01	21.71	21.14	19.16
70	17.61	17.62	17.37	17.42	13.71
80	13.70	12.84	12.91	13.36	10.35
90	10.20	9.46	9.84	9.94	8.74
100	8.56	7.74	8.51	8.18	8.25

表示数字印刷机的阶调响应越理想。从图中可以看出,所有的加网方式都偏离了理想阶调响应,其中方形、菱形、圆形、线形网点的阶调响应曲线基本重合,调频网点的阶调响应曲线与其他 4 种加网方式有很大的差异,表现为比其他加网方式的反差更为强烈,高光部分和暗调部分的复制能力是最差的,层次并级比较严重。从印刷得到的测试图上,用肉眼观察也可

表 3 不同加网方式的噪声测量数据

Tab.3 Granularity and mottle data with different screening methods

色块 /%	颗粒度					斑点				
	方形网点	菱形网点	圆形网点	线形网点	调频网点	方形网点	菱形网点	圆形网点	线形网点	调频网点
10	7.58	7.73	7.18	7.75	1.78	1.39	1.46	1.40	1.38	1.12
20	12.51	10.97	12.56	12.55	2.86	1.39	1.59	1.43	1.53	1.58
30	14.85	14.53	15.10	14.68	5.51	1.38	1.20	1.44	1.29	3.97
40	15.45	15.58	15.56	15.55	7.32	1.52	1.44	1.55	1.39	2.73
50	15.12	15.10	15.41	14.98	7.46	1.24	1.36	1.28	1.14	2.44
60	14.01	14.18	14.12	14.13	6.69	1.20	1.49	1.30	1.24	1.90
70	12.24	11.88	12.32	12.71	5.26	1.14	1.19	1.22	1.23	1.51
80	9.49	8.16	8.92	9.98	3.05	1.08	1.05	1.09	1.01	0.92
90	5.35	5.27	5.01	5.55	2.31	0.88	0.89	0.85	0.88	0.64
100	1.39	1.32	1.34	1.48	1.29	0.69	0.74	0.68	0.68	0.88

从图 5 中可以看出,不同加网方式的颗粒度曲线都呈现中间向上凸起的形态。颗粒度最小值都出现在 100%实地色块,这应该主要是由于实地处墨粉转移量最大,经融化后在纸张表面的覆盖率最大,并且填充了纸张表面的高低不平;10%色块所对应的颗粒度相对较小,但比实地色块颗粒度大,是因为这里的颗粒

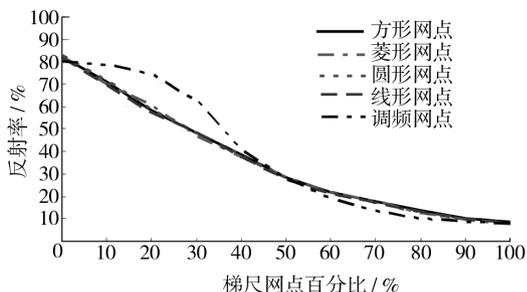


图 4 不同加网方式的反射率阶调响应曲线
Fig. 4 Tone response curves (reflectivity) with different screening methods

以验证这一结果,这说明物理描述的客观评价与主观评价是相一致的。调频加网时的这种现象是因为调频网点很小,在亮部较容易丢失;而且因为网点小,周长面积比更大,网点扩大现象更严重,从而导致暗部容易糊在一起。

2.3 噪声分析

由 Epson GT-X970 扫描仪扫描并使用质量分析与评价软件 ImageQuality 测量得到颗粒度及斑点数据见表 3 和图 5-6。表 3 中没有列出 0%梯尺色块的数据,主要是因为不研究纸张表面的颗粒度及斑点。

度受到纸张本身的影响更大;颗粒度的最大值都出现在 40%~50%的中间调部分,其原因应是中间调的平网最能反映网点的实际形状,印刷品上的网点形态最能体现网点结构的空频率特性,反映到高频噪声部分(即颗粒度)时导致测量值增加。调频网点的颗粒度曲线与其他加网方式的颗粒度曲线再次出现较大差

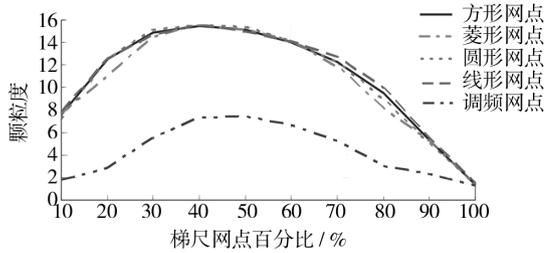


图5 不同加网方式的颗粒度

Fig. 5 Granularity with different screening methods

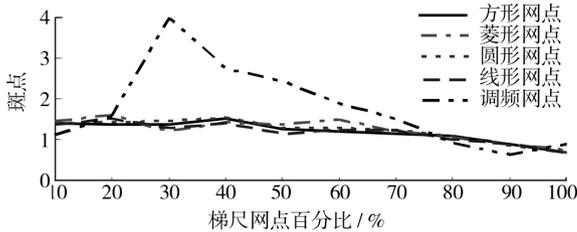


图6 不同加网方式的斑点

Fig. 6 Mottle with different screening methods

异,颗粒度的最大值比其他加网方式要小很多,这应是因为调频网点分布是随机性的,这种随机性的空间频率以低频率为主,而且因为随机性,网点定位差异的影响不明显,因此高频噪声并不明显;10%色块处的颗粒度也比其他加网方式小,这从前面提到的阶调响应曲线上可以解释,反射率曲线(图4)反映出调频网点在10%处的数值与0%处基本相同,即调频网点10%处的颗粒度更易受到纸张本身的干扰影响。

由图6可看出,实地处的斑点也是最小的,原因应与颗粒度相同;亮调及中间调的斑点比实地略大。调频网点的斑点与其他加网方式明显不同,在中亮调到中间调部分出现了向上凸起的形态,并出现了最大值。原因应该是调频加网在记录分辨率受到一定限制的数字印刷设备上,在中间调附近容易出现网点粘连的情况,导致这一阶调区间出现比较明显的斑点。调频网点20%~50%色块的印刷结果见图7,从图上能够看到明显的斑点,客观评价与主观感受一致。

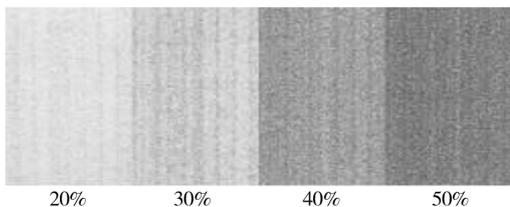


图7 调频网点20%~50%色块的印刷结果

Fig. 7 20%~50% areas with FM screening

3 结论

根据以上实验及分析,可以得出以下结论。

1) 使用基于 CCD 的扫描设备,配合符合 ISO 13660 标准的质量分析与评价软件,可以完成对数字印刷品质量的全面检测和评价,测量结果与人们的基本认识一致。

2) 不同的加网方式对线条宽度的影响基本没有差异。实验中使用的印刷系统组合对细线的印刷有一定的误差,这可能会影响到细小文字的复制质量。

3) 数字印刷机的阶调响应曲线都偏离了理想曲线,而且不同加网方式对数字印刷系统的阶调复制能力影响较大。使用数字印刷系统组合,调频加网在高光和暗调的层次并级比较严重,不适合图像层次的还原。

4) 颗粒度做为一种高频噪声质量缺陷,对数字印刷来说是很有必要检测的一个方面。中间调的颗粒度是最大的,亮调的颗粒度受纸张影响多一些,而暗调的颗粒度是最小的。同时,不同的加网方式对颗粒度有一定程度的影响。

5) 斑点是印刷图像的低频噪声质量缺陷。相对于其他加网方式来说,调频网点在不同网点百分比时形成的斑点变化比较大,而且最大值出现在亮中调到中间调范围,是人眼最为敏感的部分。

6) 以上结论是根据 80 g/m² 的双胶纸测试样张得出的。另以 157 g/m² 的铜版纸为承印物做了相同的测试,除亮调、中间调的反射率比 80 g/m² 双胶纸高 3%~5%外,得到了与 80 g/m² 双胶纸基本一致的结果,说明以上结论应具有普遍意义。

参考文献:

- [1] 姚海根. 数字印刷[M]. 北京:中国轻工业出版社,2009.
- [2] 姚海根. 数字加网技术[M]. 北京:印刷工业出版社,2000.
- [3] 姚海根. 印刷质量的客观评价标准 ISO13660[J]. 印刷质量与标准,2005(8):16-19.
- [4] 孔玲君,刘真,姜中敏. 基于 CCD 的数字印刷质量检测与分析技术[J]. 包装工程,2010,31(2):92-95.
- [5] 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.
- [6] 周颖梅,姜中敏. 纸张类型对数字印刷品噪声的影响[J]. 中国印刷与包装研究,2010(2):83-89.