

纸张对静电照相数字印刷彩色复制性能的影响

孔玲君^{1,2}, 姜中敏¹, 刘真^{1,2}

(1. 上海理工大学, 上海 200093; 2. 南京林业大学 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 南京 210037)

摘要: 在对当前市场上广泛应用的 5 款静电照相数字印刷机的色彩复制能力对比分析的基础上, 选择其中 2 台典型设备以及常用的 9 种纸张, 研究纸张与静电照相数字印刷彩色复制性能之间的关系, 提出了静电照相数字印刷品质量要求中所涉及的密度、网点扩大、相对反差等质量指标范围, 对制定数字印刷质量标准具有一定的参考作用。

关键词: 静电照相数字印刷; 色彩再现性; 质量标准

中图分类号: TS801.3; TS802.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)01-0092-05

Influence of Paper on Color Reproduction Properties of Electrophotography

KONG Ling-jun^{1,2}, JIANG Zhong-min¹, LIU Zhen^{1,2}

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Based on previous study on color reproduction capability of the five widely used electrophotography printers, two typical printers of them were selected. Nine kinds of usually used paper were chosen to study the relationship between paper and color reproduction quality of electrophotography prints, which was assessed through solid density, dot gain, tone reproduction, print contrast, and color gamut. The results showed that the electrophotography printers can reproduce nice color electrophotography prints compared to traditional fine offset prints, and the difference between the nine different kinds of paper is small. The color reproduction quality requirement for electrophotography prints was proposed in the end.

Key words: electrophotography; color reproduction capability; quality standard

静电照相数字印刷是个性化印刷、数字出版、按需印刷等领域使用最广泛的印刷技术, 在有效控制印刷复制各环节的基础上, 静电照相数字印刷机的色彩复制性能和承印材料特点将决定着此类数字印刷品的质量和色彩效果^[1]。各类传统印刷品质量要求及其检验方法在国内外都有相应的行业标准, 如 CY/T 5-1999 规定了平版印刷品质量要求及检验方法^[2]。虽然 ISO 13660 适用于数字印刷品的线条和大面积填充质量检测与评价^[3-4], 但国际上还没有专门针对彩色数字印刷质量的检测与评价标准。目前, 国际上印刷业界和成像技术领域的专家们正致力于数字印刷质量标准的研究与开发。

在印刷品质量要求中, 色彩再现性是评价印刷品质量高低的一个重要指标, 反映印刷设备能够复制再

现颜色的能力, 包括能够复制的颜色范围和颜色复制的细微层次等^[5-6]。笔者在前期对市场上广泛应用的 5 款静电照相数字印刷机的色彩复制能力对比分析的基础上, 选择其中的 2 台设备, 分别在目前数字印刷行业中使用较普遍的 4 类纸张上输出检测图, 检测并分析纸张与彩色复制效果之间的关系, 探讨针对静电照相数字印刷品质量要求的密度、网点扩大、相对反差等质量指标范围。

1 实验

无论是单张纸数字印刷机还是连续纸或卷筒纸数字印刷机, 大多数静电照相数字印刷机使用固态墨粉, 也有的静电照相数字印刷机使用液态油墨, 尽管

收稿日期: 2010-10-25

作者简介: 孔玲君(1972—), 女, 浙江温岭人, 上海理工大学副教授, 主要研究方向为数字印刷、印刷色彩管理、印刷质量检测与控制等。

有资料介绍液态油墨具有比固态墨粉更好的印刷效果^[7],但从实验研究可以看出,使用固态墨粉和液态油墨的静电照相数字印刷机在实地密度、网点扩大、阶调再现和色域表现上具有相近的能力,且视这些设备校准和标定时要求不同而具有不同的表现。

以 Kodak Nexpress 3000 和施乐 DocuColor 6060 为数字印刷输出设备,其中前者为一家数字印刷公司中的生产设备,安装时按常规胶印标准作了标定;后者为上海理工大学数字印刷实验室中的设备,按设备本身性能作了校准。实验选取了 4 类较常用的纸张作为实验对象,这些纸张具有不同表面特性和定量,具体包括:90,120 和 250 g/m² 施乐彩机纸;80 和 120 g/m² 双胶纸;157 和 250 g/m² 铜版纸;128 和 200 g/m² 亚粉纸,实验时依次编号为 1~9。每台数字印刷机输出时根据纸张的不同,RIP 设置选择与纸张对应或近似的线性化曲线,而加网方式等其他输出控制参数均相同。印刷测试图使用文献[1]中设计的检测图。

每种纸张选取 3 张印刷品作为检测样张,使用爱色丽 530 分光密度计测量样张上青、品、黄、黑四色各阶调色块的反射密度,进而计算得到各自的网点扩大和印刷相对反差等信息,然后取同一类印品的各个测量参数的平均值作为实验测量数据;利用 Gretag-Macbeth Eye-one Pro 分光光度计测量 IT 8.7/3 基础色块图中各色的 $L^* a^* b^*$ 值,用于色域分析。

2 实验结果与讨论

2.1 实地密度

2 台数字印刷机在各种纸张上输出得到的样张上青、品、黄、黑各色的实地密度值与样张编号的对应关系见图 1,其统计信息见表 1。

表 1 输出印张的实地密度值统计

Tab. 1 Statistic of SID of prints

数字印刷机	实地密度值	黑	青	品红	黄
Kodak	平均值	1.7	1.6	1.7	0.9
	最大值	1.9	1.8	1.7	1.0
	最小值	1.5	1.4	1.6	0.9
Xerox	平均值	1.8	2.1	1.7	1.2
	最大值	2.0	2.3	1.9	1.3
	最小值	1.6	1.9	1.6	1.2

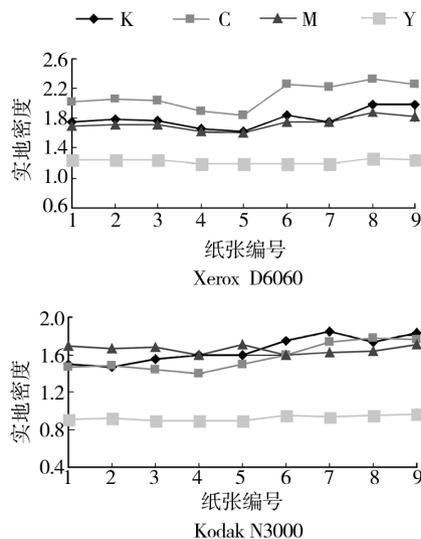


图 1 输出印张的实地密度与纸张的关系
Fig. 1 Relation SID of prints and paper type

考虑到当前没有专门针对数字印刷的有关质量标准 and 颜色要求,同时考虑到人们通常把数字印刷品与胶印产品作比较,这里以 CY/T 5-1999 标准作为参考对象。CY/T 5 指出胶印精细印刷品各色实地密度要求如下:黄为 0.85~1.1,品红为 1.25~1.5,青为 1.3~1.55,黑为 1.4~1.7^[2]。

从上述图表中可以看出,实验用的 2 台数字印刷机均满足传统胶印质量标准所提出的密度要求,同时因标定时参考标准的不同而具有不同的实地密度表现,其中施乐 6060 具有较大的实地密度值,这说明如果完全按设备本身性能工作的话,则静电照相数字印刷机可达到常规胶印更高的密度值。同时,从图中可以看出,黄墨的实地密度值较稳定,而其他三原色在铜版纸和亚粉纸上输出的实地密度值相对较高。此外,图 1 还表明纸张定量对实地密度值的大小没有明显的影响。

2.2 网点扩大

从 Kodak Nexpress 3000 印刷机输出样张上测得的网点扩大曲线见图 2。可以看出,所有样张的四色网点扩大规律基本一致,各样张在中间调部分的网点扩大相对较大,黑色较其他三原色的网点扩大值也相对较大,且部分样张的黄色墨粉在高光部分存在网点缺损现象;相比于其他纸张而言,彩机纸的网点扩大略大一些。以 50% 网点面积率的中间调色块为例,9 种样张上测得的网点扩大见表 2。

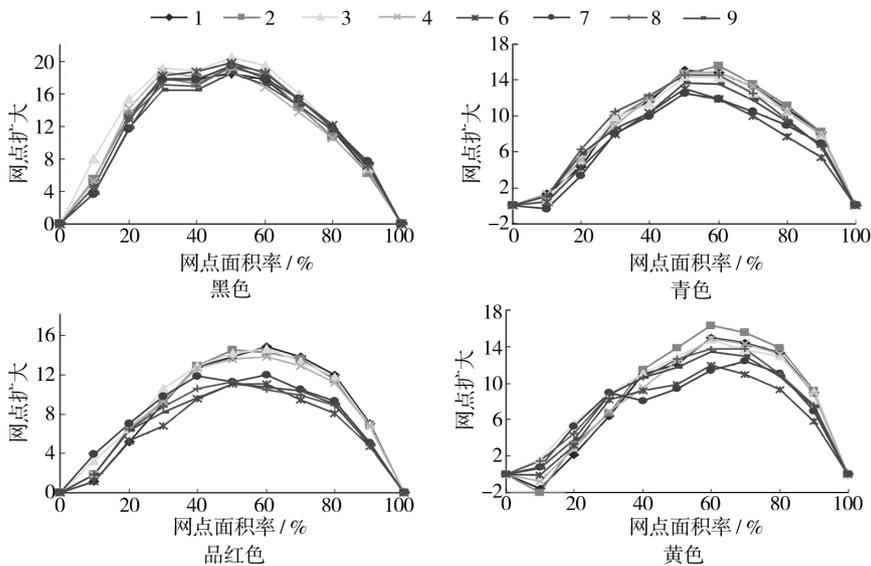


图2 Nexpress3000 网点扩大曲线

Fig. 2 Dot gain curves of Nexpress3000

表2 Kodak Nexpress3000 输出印张的网点扩大值统计

Tab. 2 Dot gain statistic of Nexpress3000 prints

网点扩大值	黑	青	品红	黄
平均值	19.5	14.0	12.6	11.6
最大值	20.6	15.1	14.5	13.9
最小值	18.6	12.6	11.1	9.4

参考 CY/5-1999 标准提出的精细印刷品 50% 网点的扩大值范围为 10%~20%，可以看出本实验所使用各种纸张上印刷的网点扩大值均满足上述要求。

Xerox DocuColor 6060 印刷机输出样张上测得的网点扩大曲线见图 3。可以看出，所有样张的四色

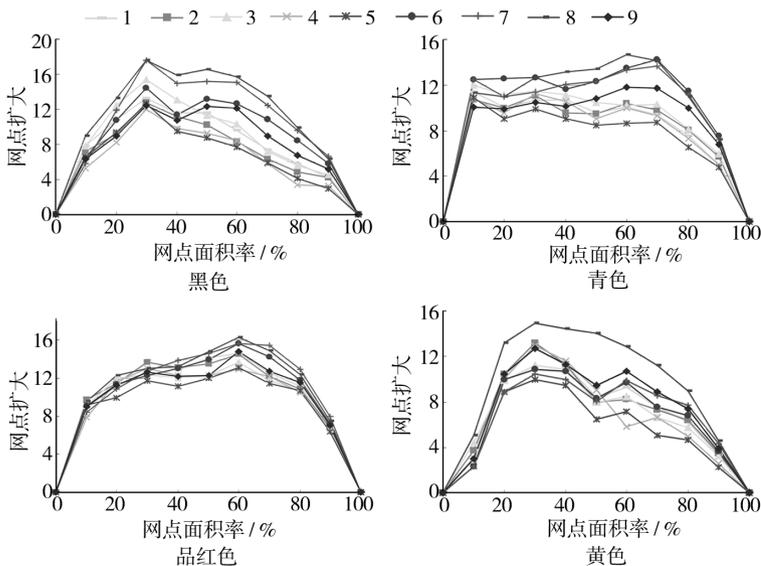


图3 DocuColor 6060 网点扩大曲线

Fig. 3 Dot gain curves of DocuColor 6060

网点扩大曲线有显著不同，各色的最大网点扩大值出现的位置不一样；不同纸张上印刷得到的印张上网点扩大的规律基本一致，但其网点扩大值的大小有一定的差异，不过仍处于一定的范围内。不同纸张上 50% 中间调处网点扩大的统计信息见表 3。

2.3 阶调复制

从 2 台数字印刷样张上测得的阶调复制曲线见图 4 和 5。可以看出，变台设备的四色阶调复制曲线的特点略有差异。其中 Kodak Nexpress3000 在不同纸张上印刷输出时黑色与青色的阶调曲线仅在暗调处有差异，而品红的阶调在 50%~90% 处有一定的差异，黄色则在高光处有较明显的不同。

表3 DocuColor 6060 输出印张的 50% 中间调处网点扩大值统计

Tab. 3 Dot gain statistic of DocuColor 6060 prints

网点扩大值	黑	青	品红	黄
平均值	12.0	10.7	13.3	8.8
最大值	16.5	13.4	14.8	14.0
最小值	8.7	8.5	12.0	6.5

从图 5 可以看出 Xerox DocuColor 6060 数字印刷机在不同纸张上输出时，无论是何种原色，其高光部分均表现出了很好的复制效果一致性，但在 50%~90% 处出现较明显的差异。这可能是由于随着墨粉转移到纸张上数量的增加，墨粉在不同纸张上的吸附能力和转移能力不同而造成的。

仔细观察 2 台输出设备的 4 组阶调曲线可以发现，铜版纸和亚粉纸具有较相似的阶调复制能力，而彩机纸和胶版纸则具有基本一致的阶调复制能力。尽管这些曲线略有差异，但总体来看，不同纸张上复制得到的阶调复制曲线平滑，亮、中、暗调分明，层次清楚。

2.4 相对反差

印刷相对反差代表印刷品质及暗调细

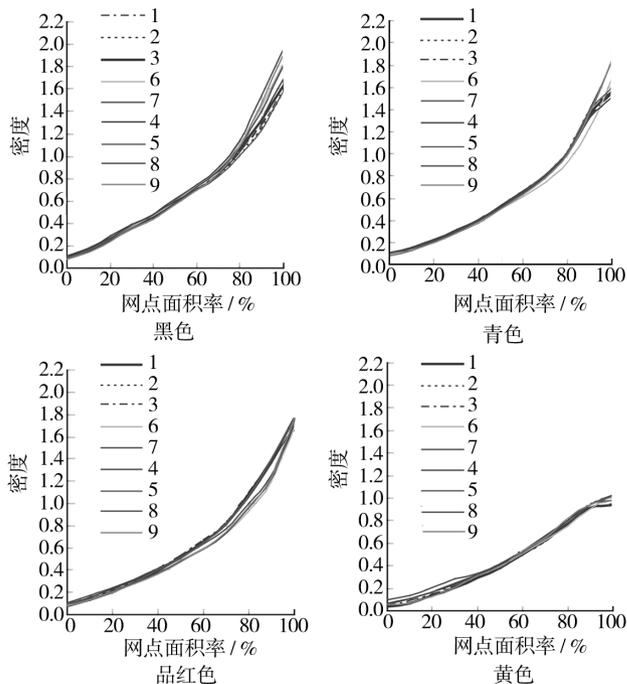


图4 Nexpress3000阶调复制曲线

Fig. 4 Tone reproduction curves of Nexpress3000

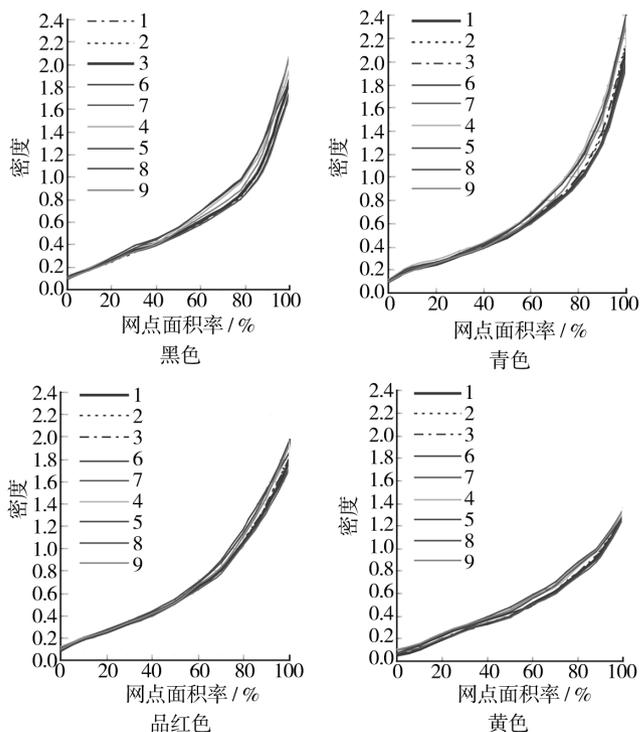


图5 DocuColor 6060阶调复制曲线

Fig. 5 Tone reproduction curves of DocuColor 6060

节,也是实地密度与暗调密度的比较^[6]。CY/T 5-1999中规定胶印精细印刷品的相对反差Y的范围为

0.25~0.35,CMY范围为0.35~0.45。

实验中2台数字印刷机在不同纸张上输出时相对反差值的取值情况及其统计信息见图6和表5。

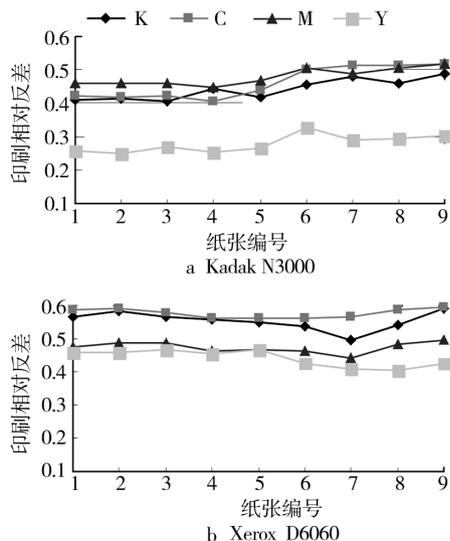


图6 输出印张的相对反差与纸张的关系

Fig. 6 Relation between print contrast of prints and paper type

表5 输出印张的印刷相对反差统计

Tab.5 Print contrast statistic of the prints

		黄	品红	青	黑
Kodak N3000	平均值	0.28	0.48	0.46	0.44
	最大值	0.33	0.52	0.52	0.49
	最小值	0.25	0.45	0.40	0.41
Xerox D6060	平均值	0.44	0.47	0.58	0.55
	最大值	0.47	0.50	0.60	0.59
	最小值	0.41	0.44	0.56	0.50

可以发现静电照相数字印刷机的相对反差比精细胶印标准值略大些。虽然图6中的曲线略有波动,但变化起伏的程度不大,尤其是Xerox DocuColor 6060上的各个样张表现较稳定,可见纸张对相对反差值的影响并不大。在制定该标准参考值时,选择一定的范围值就可把各类纸张的变化情况考虑进去。根据本实验结果,可把数字印刷品质量要求中的相对反差Y的范围设定为0.25~0.5,CMY范围为0.4~0.6。

2.5 色域

根据IT8.7/3色标绘制的2台数字印刷机在4类不同纸张上输出时的色域见图7,并与ANSI CGATS TR 001数据集所给出的色域作了比较。由图7可知,Kodak Nexpress 3000数字印刷机在不同

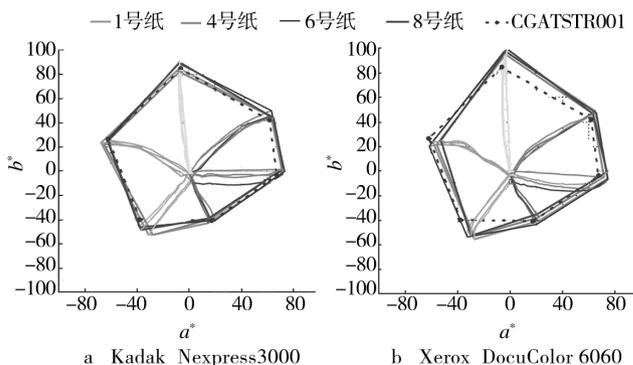


图7 2台数字印刷机色域对比图

Fig. 7 Color gamut comparison of two digital printers

纸张上复制时的颜色再现能力略有差异,彩机纸和胶版纸、铜版纸与亚粉纸具有基本一致的颜色复制能力,但这4类纸张基本上均能再现常规胶印的颜色。图7显示出Xerox DocuColor 6060数字印刷机在不同纸张上输出时的色域大小也基本相同,但对绿色和青色的复制能力略显不足,表现也各有千秋。不过,在黄色、红色和品红区域可以复制出比传统胶印更饱和的颜色。由此可见,Kodak Nexpress 3000的彩色复制效果更能满足通常人们对精细印刷品彩色复制效果的要求。

2.6 总结与讨论

通过以上对2台数字印刷机在不同纸张上输出时的色域、阶调复制曲线、实地密度、网点扩大和印刷相对反差等质量指标的分析,可以发现实地密度值的大小不能完全反映印刷颜色复制的能力和效果。因此在标定和使用数字印刷机的过程中,应适当控制实地密度的大小,这样才能更高效地使用印刷设备。同时,在印刷质量评价过程中,还需要结合色域和阶调复制曲线加以分析与评价。

考虑到不同纸张可能出现的复制质量差异,结合上述实验结果,建议在静电照相数字印刷品质量要求中,青、品、黄、黑四色的实地密度值可以分别控制如下:黄为0.85~1.1,品红为1.4~1.7,青为1.4~1.8,黑为1.5~1.9;四色50%网点处的网点扩大值范围可设置为8%~20%;相对反差Y的范围可设定为0.25~0.5,CMY范围为0.4~0.6。

3 结论

选择了静电照相数字印刷机中较典型的2种设

备在9种不同纸张上输出检测样张,通过对实地密度、网点扩大、阶调复制曲线、印刷相对反差和色域等质量评价指标的检测与分析,发现同一设备在不同类型的纸张输出时的色彩再现能力确实有所差异,但其差异的程度并不太大,仍处于可控制的适当范围内。这说明与胶印等传统印刷工艺一样,静电照相数字印刷的彩色复制能力同样也可以规定统一的质量要求及其标准。为此,今后还需要进一步对其他不同型号的常用静电照相数字印刷机的彩色复制性能开展检测分析,从而为制定适用于静电照相数字印刷品质量要求的各个彩色复制质量指标及其要求范围提供依据,包括制定类似于CGATS TR 001数据集的典型数字印刷色域信息。

参考文献:

- [1] 孔玲君,刘真,姜中敏. 数字印刷机的彩色复制性能分析[J]. 包装工程,2010,31(19):14-17.
- [2] 全国印刷标准化技术委员会. 常用印刷标准汇编[M]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [3] ISO/TEC13660:2001 Information Technology-office Equipment-measurement of Image Quality Attributes for Hardcopy Output-binary Monochrome Text and Graphic Images[R]. First Edition,2001.
- [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(3):92-95.
- [5] 郑元林. 印刷品质量检测与控制技术[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [6] 罗红莲. 数字印刷产品质量分析与控制[J]. 包装工程,2006,27(2):81-83.
- [7] RONG Xiao-ying. Quality Comparison of HP Indigo to Offset Lithography[C]. NIP25 and Digital Fabrication, 2009: 478-480.