

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.04.008

基于灰平衡的印刷质量控制和评价

曾台英, 邵雪, 汪祖辉

(上海理工大学 出版印刷与艺术设计学院, 上海 200093)

摘要: 利用 G7 工艺中的 HR、HC、SC 以及 NPDC 参数来控制包装印刷机的灰平衡, 采用客观评价和主观评价的实验方案, 即通过对 G7 校正前后的输出样张进行测量, 得到客观测量数据, 再结合主观测试样张, 利用定性指标评价方法和质量方程获得印刷品的综合质量分数, 以评判控制的有效性。灰平衡控制后输出的印刷品 HC_CMY 值与 G7 标准值的偏差为 8%, 比校正前提高了 24%, HR_CMY 值与 G7 标准值的偏差为 3.7%, 比校正前提高了 10.3%; HC_K 值、HR_K 值与 G7 标准值无偏差; CMY 的 NPDC 与 G7 标准曲线在 0~40% 范围内拟合程度较好, 在 40%~50% 和 55%~70% 范围内与标准曲线的偏差范围为 [0, 0.05]; 图像质量指标中的中性灰指标分数较灰平衡控制之前增加了 18.3%。所提供的具体实践与评价方法及其研究结果表明: 控制灰平衡可以有效地控制印刷品的质量。

关键词: 印刷品质量; G7 控制参数; 灰平衡; 定性指标评价

中图分类号: TS805

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)04-0041-06

Printing Quality Control and Evaluation Based on Gray Balance

Zeng Taiying, Shao Xue, Wang Zuhui

(College of Communication and Art Design, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: By using HR, HC, SC and NPDC parameters in G7 technology to control the gray balance of the printing machine, the experimental scheme of the objective and subjective evaluation was adopted. By measuring the printing proofs before correction and corrected by G7, with the objective measurement data and the subjective test sample, the comprehensive printing quality was obtained by using the qualitative evaluation methods and quality indicator equation in order to assess the effectiveness of control. Results showed the printing's HC_CMY value after the gray balance controlled printing machine had a 8% deviation compared with the standard of G7, and 24% higher than that before correction; HR_CMY value had a 3.7% deviation compared with the standard of G7, and 10.3% higher than before correction, there was no deviation in HC_K, HR_K value and the standard of G7; the NPDC of CMY had a better fitting degree with the standard curve of G7 in the range of 0 to 40%; in 40% to 50% and 55% to 70% of the standard deviation of the curve was in the range [0, 0.05]. The neutral gray index score in image quality was 18.3% higher than that before the gray balance control. The practice and evaluation methods indicated that the gray balance control could effectively control the print quality.

Key words: printing quality; G7 control parameter; gray balance; qualitative assessment

收稿日期: 2015-06-20

基金项目: 新闻出版总署数字印刷工程研究中心数字传播重点实验室基金资助项目(No.10-00-309-000)

作者简介: 曾台英(1978-), 女, 浙江台州人, 上海理工大学讲师, 博士, 主要从事印刷质量检测与控制方面的教学与研究,

E-mail: zty3130@126.com

0 引言

灰平衡是衡量印前图像处理的阶调、色彩再现和色彩印刷中网点与墨量变化的尺度。印刷品的复制工艺需保证原稿的灰色调以及阶调、色彩、清晰度再现,灰平衡的有效控制可获得可靠的印刷质量。印刷品是一种视觉产品,印刷品质量的高低在于观察人员的评价。中性灰色没有色相及饱和度,只有明度变化,而人眼对中性灰色十分敏感,若某个中性灰色稍带有色彩,人眼即可察觉^[1]。因此,控制印刷机的灰平衡参数,对忠实原稿再现、实现印刷品的“同貌”印刷具有现实意义^[2]。

基于此原理,本文通过研究G7(GRACoL Gray7)工艺控制灰平衡的方法,控制灰平衡参数中的亮调范围和中性印刷密度曲线,实现对印刷机灰平衡控制指标的控制,以获得更为可靠的印品复制质量,以期为灰平衡控制印品质量提供具体实践和评价方法参考。

1 灰平衡控制参数

1.1 亮调范围、亮调反差及暗调反差

G7控制灰平衡的参数有亮调范围(highlight range, HR)、亮调反差(highlight contrast, HC)及暗调反差(shade contrast, SC)。其中,起主要作用的参数是HR,它代替密度测量中的网点扩大曲线,作为控制印刷品亮调及中间调的阶调再现。通过在脱机直接制版(computer-to-plate, CTP)印刷过程中或印刷后对HR进行密度检测,可实现对印刷机灰平衡的控制^[2]。对HR的控制需要计算2次,一次是CMY3色叠印后的灰色HR值,记为HR_CMY;一次是黑色HR值,记为HR_K。由于HR是作为绝对值测量的,而网点扩大则是作为相对值测量的,因此,由HR反映得到的印刷品对比度和视觉明暗度比网点扩大更加可靠。

HR_CMY是通过测量CMY3色叠印的灰色块(50C, 40M, 40Y)的中性灰密度值(neutral density, ND)减去纸张的中性灰密度值得到的,其中,ND定义式及HR_CMY值的公式^[3]如下:

$$ND = \lg(100/Y), 0 < Y \leq 100, \quad (1)$$

$$HR_CMY = ND_{(50C, 40M, 40Y)} - ND_{paper} = 0.54. \quad (2)$$

HR_K通过测量黑墨单色黑(50K)的中性灰密度值减去纸张的中性灰密度值得到,公式如下:

$$HR_K = ND_{50K} - ND_{paper} = 0.50. \quad (3)$$

HC和SC是控制印刷机灰平衡中的亮调和暗调部分的再现,同样需要分别计算2次。HC_CMY是通

过测量3色叠印的灰色块(25C, 19M, 19Y)的ND值减去纸张的ND值得到,HC_K通过测量黑墨单色黑(25K)的ND值减去纸张的ND值得到;同理,SC_CMY和SC_K是通过测量3色叠印灰色块(75C, 66M, 66Y)和单色黑(75K)的ND值减去纸张的ND值得到。计算公式^[3]如下:

$$HC_CMY = ND_{(25C, 19M, 19Y)} - ND_{paper} = 0.25, \quad (4)$$

$$HC_K = ND_{25K} - ND_{paper} = 0.22, \quad (5)$$

$$SC_CMY = ND_{(75C, 66M, 66Y)} - ND_{paper} = 0.92, \quad (6)$$

$$SC_K = ND_{75Y} - ND_{paper} = 0.90. \quad (7)$$

1.2 中性印刷密度曲线

中性印刷密度曲线(neutral print density curve, NPDC)是建立在灰平衡基础上的网点百分比及其相对密度值之间的关系曲线。它定义了2种曲线,一是CMY3色叠印的NPDC曲线,一是单色黑K的NPDC曲线。上述2种曲线通过对GRACoL中的标准打样到印刷(proof-to-print, P2P)测试图的第4列和第5列灰色梯尺进行测量得到。得到的测量曲线与G7的NPDC标准曲线相比较,用于输出光栅图像处理器(raster image processor, RIP)的校正值得以改变印刷状态,使修正后的NPDC曲线更接近标准曲线。中性印刷密度校正曲线可由人工计算绘制,也可由IDEALink Curve2软件自动得到^[4]。

2 印刷品质量评价方案

印刷品质量评价方法主要有客观评价法和主观评价法。客观评价法主要通过专门的仪器设备和工具对印刷品的各个质量环节做出定量分析,结合印品复制的质量指标做出客观评价^[5];主观评价法主要通过人眼观察印刷品的色彩C(color)、层次T(tone)、清晰度S(sharpness)等质量指标,通过一定的分析方法来对其做出视觉质量评价。本文结合主观评价法和客观评价方法,研究灰平衡在印刷品质量评价中的应用。

2.1 客观评价方案

基于前期研究,本文提出的客观评价方案为:首先,通过测量G7校正前、后输出的印刷品样张上的HR、HC和SC参数的XYZ值,然后由式(1)计算得到其中性灰密度,再由式(2)~(7),得到校正前、后的HR_CMY,HR_K,HC_CMY,HC_K,SC_CMY和SC_K值;最后分别将校正前、后的上述参数值与G7目标值相比较,分析经过灰平衡控制的印刷机输出效果。

利用IDEALink Curve2软件绘制CMY3色的NPDC

曲线和单色 K 的 NPDC 曲线, 比较灰平衡控制前、后的 NPDC 曲线, 分析经过灰平衡控制后的中性印刷密度曲线与 G7 标准曲线的拟合程度。

2.2 主观评价方案

本文提出的主观评价方案为: 选取 8 幅有代表性、像素值都在 2558×2047 的图像, 制作成实验样张, 分别在印刷机灰平衡校正前、后输出; 采用定性指标评价法, 按照一定的定性指标, 列出每项指标对质量影响的重要因素, 由挑选的 10 名有经验的观察人员 (5 男 5 女) 对控制前、后 2 张输出样张图像进行视觉评价, 观察人员按照个人喜好、经验及情绪来对图像的色彩值 C、层次 T 和清晰度 S 进行打分, 利用主观评价质量分数方程 (见式 (8)), 计算得到印刷品的综合质量平均分数 W_n ^[6]。

$$W_n = \left(\sum_{i=1}^n K_1 C_i + \sum_{i=1}^n K_2 T_i + \sum_{i=1}^n K_3 S_i \right) / n \quad (8)$$

式中: K_1, K_2, K_3 是 C, T, S 3 项指标的加权系数, 其和为 1; n 为观察人员人数。

定性指标评定表如图 1 所示。

评价指标	质量因素重要性排序	得分
质感	S, T, C	
高光	T, S, C	
中间调	d), T, S, C	
暗调	T, S, C	
清晰度	S, T, C	
反差	T, C, S	
光泽	S, C, T	
颜色匹配	C, T, S	
肤色	C, T, S	
外观	C, T, S	
层次损失	T, S, C	
中性灰	C, T, S	

图 1 质量评定表

Fig. 1 Quality evaluation table

观察人员以 10 分制的标准, 对 2 张样张上的每幅图像的 C, T, S 进行质量评分, C, T, S 都有优、良、差 3 个等级。设定 10~7 分表示印刷品色彩鲜艳、饱满, 图像层次清晰, 清晰度高, 称为优; 6~4 分表示印刷品颜色再现性较好, 图像层次及清晰度较好, 称为良; 3~0 分表示印刷品颜色再现性、图像层次及清晰度都较差, 称为差。

3 实验研究

3.1 实验仪器及样张

实验设备: Fuji Xerox 6060 数字印刷机, 由富士施乐 (中国) 有限公司生产。印刷纸张: 1# 类标准纸, 由河南省三兴纸业有限公司生产。印刷油墨: ISO

标准油墨, 由绘博油墨 (深圳) 有限公司生产。测量仪器: Eye-one 分光光度计、X-rite 530 分光密度计, 均由爱丽色公司生产。测量辅助软件: Measure tool, IDEALink Curve2.0, Photoshop CS4, Adobe 公司。

实验样张: 用于设备 G7 校正的 P2P 标准图样张, 如图 2 所示; 用于主观评价的包含 8 幅高精度 ISO 标准 CMYK 图像样张, 其缩略图如图 3a~h 所示, 每幅图像的特征说明如表 1^[7]所示。

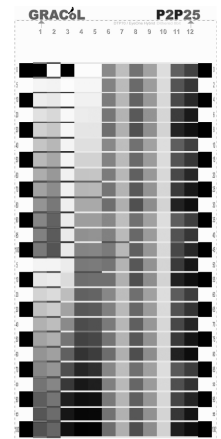


图 2 P2P 标准图样张
Fig. 2 P2P standard specimen page

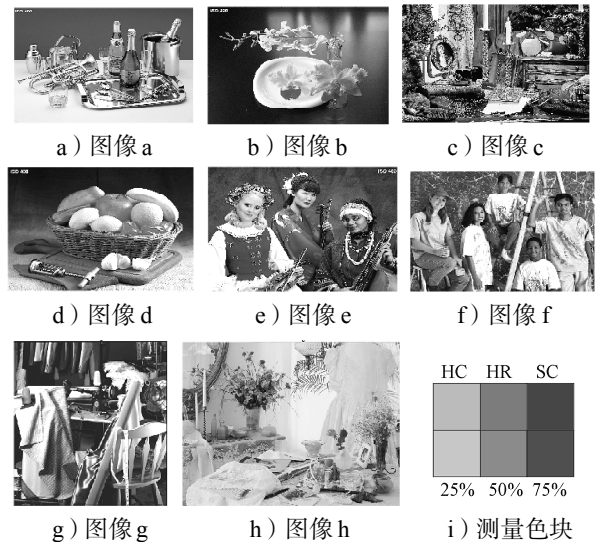


图 3 主观评价样张

Fig. 3 Subjective evaluation specimen page

表 1 图像的特征说明

Table 1 Description of image features

序号	特征说明
a	图像中的金属和玻璃用于考察光泽及其透明感, 灰色背景考察灰平衡
b	玻璃杯和陶瓷器皿用于考察高光和暗调的再现和两者的质感, 花考察颜色再现及颜色是否浑浊
c	花边窗帘、书的封面、蜡烛台、毛线团、花等用于考察细微层次的再现, 以及中间调到暗调的再现
d	水果和蔬菜、餐巾用于考察色彩再现, 大蒜的亮调考察阶调再现性, 背景考察灰平衡
e、f	人物考察不同肤色的再现, 人物穿的亮灰或中灰色 T 恤衫考察中性灰平衡
g	衣物和椅子整幅图像用于考察中性灰平衡
h	婚宴物品主要用于考察亮调到中间调的阶调复制情况

图 3i 为用于测量灰平衡的 6 个色块, 其中 HC 代表 (25C, 19M, 19Y) 的 CMY 3 色叠印色块, HR 代表 (50C, 40M, 40Y) 的 CMY 3 色叠印色块, SC 代表 (50C, 40M, 40Y) 的 CMY 3 色叠印色块, 25% 代表 (25K) 的单色黑色块, 50% 代表 (50K) 的单色黑色块, 75% 代表 (75K) 的单色黑色块。

3.2 实验过程

整个实验流程如图 4 所示。

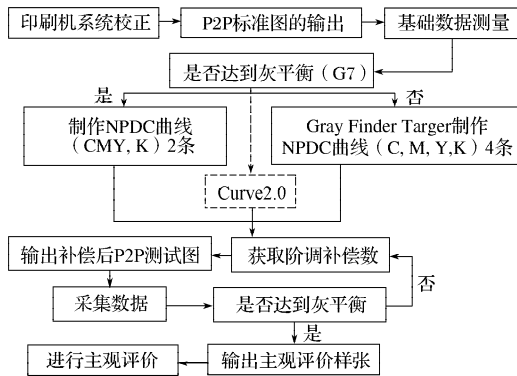


图 4 实验流程图

Fig. 4 The experimental process flow chart

实验过程中, 利用 Curve2.0 软件获取 C、M、Y、K 的阶调补偿数据后, 采用 Photoshop CS4 软件, 以对 P2P 标准图样张嵌入传递函数的方式, 在 RIP 输出时对网点增大进行补偿。具体做法是: 在 Photoshop CS4 里打开 P2P 标准图像, 点击“文件/打印预览”, 在弹出的“打印”对话框中选择“输出”, 点选“传递函数”, 弹出“传递函数”对话框, 这里默认的曲线是直线, 只需将获取的 C、M、Y、K 对应的目标值输入各个色调值修正框中即可。修正完毕后, 点选“覆盖打印机默认函数”选项, 输出时保存为.EPS 格式, 并且点选“包含传递函数”选项^[8-13]。

该校正过程中图像信息没有发生改变, 但是由于嵌入了传递函数, 当将网点修正信息传递给 RIP 时, 由印刷机的 RIP 做出修正处理。

主观评价时, 照明条件、观察条件以及环境色和背景色的选择如表 2 所示。

表 2 主观评价条件参数选择

Table 2 Parameter selection of subjective condition

照明条件	CIE 标准照明体 D50 光源
观察条件	0°/45° 或 45°/0°
环境色	孟塞尔明度值 6~8 的中性灰, 彩度值小于 0.3
背景色	无光泽的孟塞尔颜色 N5/~N7/, 彩度值小于 0.3

4 数据处理与分析

4.1 客观数据分析

根据客观评价方案, 对校正前、后的印刷样张进

行数据测量, 得到 HC、HR、SC 的中性灰密度参数, 如表 3 所示。

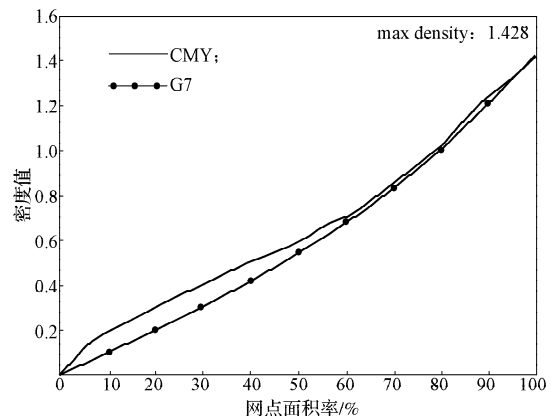
表 3 HC、HR、SC 测量数据
Table 3 HC、HR、SC measure data

中性灰密度参数	校正前	校正后	G7 目标值	ΔND_1	ΔND_2
HC_CMY	0.33	0.27	0.25	0.08	0.02
HC_K	0.30	0.22	0.22	0.08	0
HR_CMY	0.62	0.56	0.54	0.08	0.02
HR_K	0.57	0.50	0.50	0.07	0
SC_CMY	1.00	0.95	0.92	0.08	0.03
SC_K	0.97	0.90	0.90	0.07	0

表 3 中 ΔND_1 , ΔND_2 分别为校正前和校正后的中性灰密度值与 G7 目标值的差值。对表 3 中的数据进行分析, 可得知, 校正前的 HC_CMY 值比 G7 目标值高出了 32%, HC_K 值比 G7 目标值高出了 36%, 校正后的 HC_CMY 值与 G7 目标值的偏差仅为 8%, 比校正前提高了 24%, HC_K 值与 G7 目标值无偏差; 校正前的 HR_CMY 值比 G7 目标值高出了 14.8%, HR_K 值比目标值高出了 14%, 校正后的 HR_CMY 值与 G7 目标值的偏差仅为 3.7%, 比校正前提高了 10.3%, HR_K 值与 G7 目标值无偏差; 校正前的 SC_CMY 值比 G7 目标值高出了 8.7%, SC_K 值比 G7 目标值高出了 7.8%, 校正后的 SC_CMY 值与 G7 目标值的偏差为 3.3%, 比校正前提高了 5.4%。

以上数据表明: 校正后, 印刷机 CMY 的中性印刷密度曲线中的亮调及中间调灰平衡基本满足 G7 的标准, 而单色黑 K 的中性灰平衡完全达到 G7 的标准, 灰平衡在亮调及中间调得到了较好的控制。暗调不作为 G7 控制中的重点, 而人眼对暗调部分较为不敏感, 故暗调范围在校正后比较正前没有明显的提高并不影响对印刷品整体质量的控制。

由软件 Curve2.0 得到的校正前、后的 CMY 中性印刷密度曲线如图 5 所示, 校正前、后的 K 中性印刷密度曲线如图 6 所示。



a) 校正前

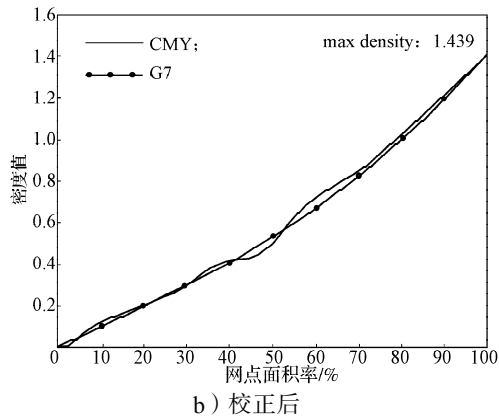


图5 校正前、后 CMY 的中性印刷密度曲线

Fig. 5 Neutral print density curve of CMY before and after correction

由图5a可知,校正前,CMY的NPDC曲线在0~60%的高光及中间调范围内的密度值比G7标准值偏高,可能导致印刷机输出样张的整体光泽度偏高,层次损失偏大。由图5b可知,校正后,CMY 3色的中性灰平衡在0~40%范围内相比校正前有很大改善,与G7标准NPDC曲线基本拟合,故校正后输出样张的整体光泽度将会降低,层次损失减小,逼近于G7标准。但在40%~50%和55%~70%范围内,曲线与G7标准曲线有所偏差,偏差范围为[0, 0.05],分析其原因主要是印刷过程中设备对黄墨的控制欠缺所造成。

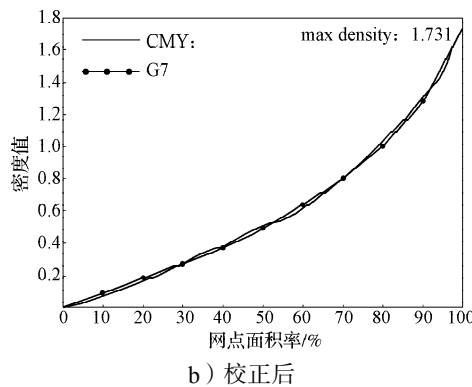
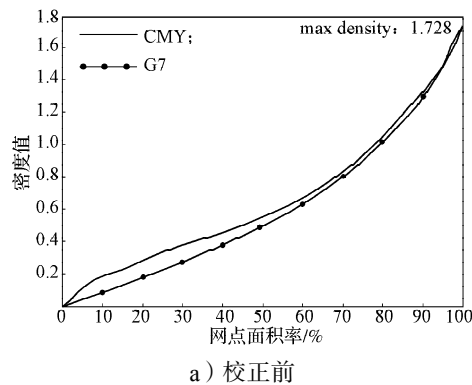


图6 校正前、后 K 的中性印刷密度曲线

Fig. 6 Neutral print density curve of K before and after correction

由图6a可看出,校正前的单色黑K的NPDC曲线在0~60%范围内的密度值与G7标准值偏差大,印刷机输出样张可能会产生整体光泽度偏高、层次损失偏大等问题。由图6b可看出,校正后的单色黑K的NPDC相比较校正前有较大改善,与G7标准曲线完全拟合,这表明输出样张在整个阶调范围内的光泽度偏高、层次损失偏大等问题得到了补偿。

4.2 主观数据分析

根据主观评价方案,对校正前、后2张样张中8幅图像的C, T, S进行评价打分,并根据式(8)计算每幅图像的平均分。其中,方程中的加权系数 K_1, K_2, K_3 按照C, T, S的重要性选取的加权系数第1位取2.5/6,第2位取2.0/6,第3位取1.5/6。从中选出高光、中间调、清晰度、光泽、层次损失以及中性灰6个指标^[14-15]的结果,如表4所示。

表4 主观评价指标质量分数

Table 4 The mass fraction of the subjective evaluation index

评价指标 / 代表图像	质量因素 重要性排序	校正前得分	校正后得分
高光 / b、h	T, S, C	4.796	5.410
中间调 / h	T, S, C	5.291	5.685
清晰度 / d、c、h	S, T, C	6.261	6.890
光泽 / a	S, C, T	5.850	5.433
层次损失 / c	T, S, C	7.467	7.020
中性灰 / a、b、d、e、g	C, T, S	5.403	6.392

由表4分析可知,经过G7的灰平衡校正后,印刷品图像的高光指标质量分数比灰平衡校正前增加了12.8%,中间调指标增加了7.4%,清晰度指标增加了10%,光泽指标减少了7.1%,层次损失指标减少了6%,中性灰指标增加了18.3%。

其中,高光、中间调、清晰度、中性灰指标质量分数在校正后相对原稿样张都有所增加,说明图像的灰平衡控制效果较好;校正前,样张光泽指标和层次损失质量分数偏高,这是由于图5a校正前CMY及图6a校正前K的NPDC曲线在0~60%的高光以及中间调范围内的密度值比G7标准值偏高造成的,校正前样张通过印刷机输出的并不是原稿应有的信息;校正后,样张光泽指标和层次损失质量分数减少,这表明印刷机输出的实际上更符合原稿的真实信息。整体上经过灰平衡校正后输出的印刷品质量与原稿样张质量相逼近,主客观评价相一致,中性灰平衡有所提高,层次更加明显,清晰度较高^[16-17]。

5 结论

本文采用G7对印刷机实现灰平衡控制,并对印

刷品样张质量进行主客观评价。客观评价得到的主要控制参数中的HC_CMY值在灰平衡控制后提高了24%，HR_CMY值在灰平衡控制后提高了10.3%，HC_K、HR_K值与G7目标值无偏差，灰平衡控制后的CMY的NPDC曲线在0~40%范围内与G7标准曲线拟合较好，K的NPDC曲线与标准曲线完全拟合；主观评价得到主观质量分数中性灰指标增加了18.3%，增加幅度最大。控制灰平衡可以有效地控制印刷品的高调、中间调以及整体的色彩、层次、清晰度，使印刷品质量得到明显提高。本文所提供的具体实践和评价方法及其研究结果表明：控制灰平衡可以有效地控制印刷品的质量。

参考文献：

- [1] 李文育,周世生.关于灰平衡数据的计算[J].包装工程,2004,25(1):65-67.
Li Wenyu,Zhou Shisheng. The Calculation of Gray Balance [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(1): 65-67.
- [2] 李凯. G7工艺的应用研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
Li Kai. The Application Research of Technology G7[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2009.
- [3] Don Hutcheson. Calibrating, Printing and Proofing by the G7™ Method[M]. 6th ed. [S.l.]: International Digital Enterprise Alliance, Inc, 2006: 8-10.
- [4] 胡媛,赵秀萍,严岩.基于G7工艺印刷质量控制方法的研究[J].包装工程,2011,32(11):81-84.
Hu Yuan, Zhao Xiuping, Yan Yan. Study on Printing Quality Control Method Based on G7 Process[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11): 81-84.
- [5] 王桂荣.印刷品质量评价方法综述[J].印刷质量与标准化,2012(3):37-38.
Wang Guirong. Evaluation Method of Printing Quality Summarization[J]. Printing Quality & Standardization, 2012(3): 37-38.
- [6] 梁巧萍,智川,杨保宏.印刷品质量的主观评价[J].包装工程,2009,30(9):105-106.
Liang Qiaoping, Zhi Chuan, Yang Baohong. Subjective Assessment of Printing Quality[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(9): 105-106.
- [7] Anush Krishna Moorthy, Su Che-Chun, Anish Mittal, et al. Subjective Evaluation of Stereoscopic Image Quality [J]. Signal Processing: Image Communication, 2012, 28(8): 870-883.
- [8] 陈绍武,徐锦林. G7工艺实验数据的对比分析[J].包装工程,2008,29(8):52-55.
Chen Shaowu, Xu Jinlin. Comparative Analysis of Experimental Data of G7 Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(8): 52-55.
- [9] 王文凤,赵秀萍,唐万有.印刷中的灰平衡控制[J].机电信息,2005(6):39-42.
Wang Wenfeng, Zhao Xiuping, Tang Wanyou. Gray Balance Control in Printing[J]. Mechanical and Electrical Information, 2005(6): 39-42.
- [10] 徐敏,郑元林.基于SSIM的印刷图像质量评价研究[J].包装工程,2012,33(5):98-101.
Xu Min,Zheng Yuanlin. Research of Printing Image Quality Based on SSIM[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(5): 98-101.
- [11] Rafik Bensalma, Mohamed-Chaker Larabi. A Perceptual Metric for Stereoscopic Image Quality Assessment Based on the Binocular Energy[J]. Multidimensional Systems and Signal Processing, 2013, 24(2): 281-316.
- [12] 孟涛,张婉,刘浩学,等.平版胶印中性灰印刷密度曲线的研究[J].北京印刷学院学报,2008,16(6):38-40.
Meng Tao, Zhang Wan, Liu Haoxue, et al. A Study on Neutral Printing Density Curve of Offset Lithography[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2008, 16(6): 38-40.
- [13] 董佳霖. G7工艺在印刷工业中的应用研究[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2011.
Dong Jialin. Research on Application of G7 Technology in Printing Industry[D]. Qufu: Qufu Normal University, 2011.
- [14] Wang Zhou, Bovik A C, Sheikh H R, et al. Image Quality Assessment: From Error Measurement to Structural Similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-611.
- [15] Saffor A, Ramli A R B, Ng K H, et al. Objective and Subjective Evaluation of Compressed Computed Tomography(CT) Images[J]. The Internet Journal of Radiology, 2002, 2(2): 1-7.
- [16] Chiu Yi-Jen, Berger T. A Software-Only Video Codec Using Pixel Wise Conditional Differential Replenishment and Perceptual Enhancements[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1999, 9(3): 438-450.
- [17] 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.
Kong Lingjun, Liu Zhen, Jiang Zhongmin. CCD-Based Digital Print Quality Measurement and Analysis Techniques [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 92-95.

(责任编辑:徐海燕)