

阴极射线管显示器颜色精确控制方法研究

姚军财

(陕西理工学院, 汉中 723000)

摘要: 结合 CRT 显示器的显色特性, 基于线性插值的方法, 对 GOG 模型进行改进, 提出了一种新的考虑三电子枪相互干扰和环境亮度等影响因素的精确控制 CRT 显示器色度和色差的模型。通过实验测量和理论计算, 结果表明, 提出的模型颜色控制精度能够达到色度 Y, L^*, a^*, b^* 的平均可控精度分别为 0.255 4, 0.280 4, 0.072 5, 0.125 5, 可控色差精度为 $0.350\ 7\Delta E_{ab}^*$, 模型比现有的 GOG 模型在精度控制上有较大的提高。

关键词: 阴极射线管显示器; 颜色空间; 色差; GOG 模型

中图分类号: TS801.3; TS803 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)15-0075-05

Study of Color Precision Control Method for Cathode Ray Tube Display

YAO Jun-cai

(Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

Abstract: Gain offset gamma model was improved based on linear interpolation method according to CRT display color rendering characteristics. A new model was put forward to precisely control chromaticity and color difference of CRT display, which considered three channels interference each other and the environment brightness influence, and as on. The model was verified by experimental measurement and theoretical calculation. The results showed that average controllable precision of the color of Y, L^*, a^*, b^* of the proposed model is 0.255 4, 0.280 4, 0.072 5, and 0.125 5 respectively; controllable chromatic aberration is $0.350\ 7\Delta E_{ab}^*$, which means that the proposed model has more greatly improved control precision than the existing GOG models.

Key words: cathode ray tube display; color space; chromatic aberration; gain offset gamma model

随着多媒体技术和信息技术的快速发展, 计算机已应用到生活中的各个领域, 显示器成为目前信息输出最主要的载体, 然而显示器颜色的精确控制和自然色的真实再现一直是颜色科学及数字技术研究领域的难题。显示器发展到今天, 已出现多种品种和类型, 如阴极射线管显示器(CRT)、液晶显示器(LCD)、等离子显示器(PDP)等, 但在要求颜色控制精度较高的包装印刷行业和颜色视觉研究等领域, CRT 显示器无论在颜色的表现和观察视角上都具有较大的优势, 以致在许多相关领域的研究和实际生产上均采用 CRT 显示器来控制 and 再现色彩^[1-3]。CRT 显示器自身在颜色再现上由于电子枪的相互干扰、黑点等因素的影响同样存在一定的显色误差, 如何减小 CRT 显示器的颜色再现误差, 如何精确控制其色度和色差,

一直是颜色科学领域研究的热点问题^[4-8]。目前, 国际上 CRT 显示器控制精度最高的颜色再现模型是 Roy. S. B 提出的 GOG 模型, 其颜色控制精度能达到平均 $0.54\Delta E_{ab}^*$ 色差单位^[2-3], 但在例如颜色科学、色貌与图貌视觉和包装印刷等许多领域研究中, 需要更小的控制色差, 更精确的色差控制^[6-10]。基于此, 文中结合 CRT 显示器的显色特性, 对 GOG 模型进行改进, 提出一种新的考虑三电子枪相互干扰和环境亮度影响等因素的精确控制 CRT 显示器色度和色差的方法。实验结果表明其颜色控制精度能够达到色度 Y, L^*, a^*, b^* 的平均可控精度分别为 0.255 4, 0.280 4, 0.072 5, 0.125 5, 可控色差精度为 $0.350\ 7\Delta E_{ab}^*$ 。完全可以满足 CRT 显示器的不同精度要求。希望为包装印刷、颜色视觉和图形图像等领域的研究

收稿日期: 2012-06-04

基金项目: 教育部科学技术研究重点资助项目(212177); 陕西省教育厅专项科研基金资助项目(12JK0959)

作者简介: 姚军财(1979—), 男, 湖北黄冈人, 讲师, 硕士, 主要从事光电图像和显示器颜色管理方面的研究。

和应用奠定一定的理论基础。

1 实验器材及实验条件

显示器:采用 21 英寸的 SONY-G520 CRT 显示器,该显示器已使用大约 2 年,但显示效果基本能达到保持新机状态。

图像采集卡:显示器匹配 10 bits 的 GeGorce2M×/M×400 显示卡。

屏幕色度计:X-Rite Color 色度计,色度计能给出的原始数据包括 CIE XYZ 值,同时给出 CIE Y_{xy} 和 D65 白场下的 L*,a*,b* 值。

实验环境:实验室环境为墙壁是标准灰的暗室,只有显示器屏幕产生的亮度。一般显示器的显示屏在颜色表现时均会出现不同屏幕位置显示的颜色稍

有差别,为了消除此类误差,实验过程中,每次测量均将色度计固定在同一位置。

2 CRT 显示器色彩和亮度稳定性

CRT 显示器在开机后一般需要一定的时间达到相对稳定,相对稳定后,显示器再现的颜色和亮度波动较小,通过实验发现,显示器的亮度和色度在 2 h 后均达到相对稳定。其相对稳定后的波动数据通过以下的实验进行测量。实验通过在 1 个月内间隔 1 天开机 1 次,每次开机 5 h 后,对显示屏上的固定位置显示的 24 块样品色块进行测量,每次测量重复 3 次。获得其在 1 个月内的 x,y,Y,L,a,b 的平均偏差值,见表 1,从而获得显示器的稳定性显色误差。样品色块是依据美国 Macbeth 公司提供的 Color checker

表 1 24 块样品颜色的平均偏差
Tab.1 Mean color deviation values of 24 samples

序号	色块名称	R	G	B	偏差值						色差
					Δx	Δy	ΔY	ΔL	Δa	Δb	
1	Red	203	0	0	0.000 4	0.000 6	0.01	0.02	0.281 7	0.137 8	0.314 2
2	Green	64	173	38	0.001 6	0.002 0	0.18	0.14	0.741 7	0.233 3	0.790 1
3	Blue	0	0	142	0.000 5	0.000 4	0.04	0.11	0.236 7	0.074 4	0.271 4
4	Yellow	255	217	0	0.000 5	0.000 9	0.02	0.01	0.456 7	0.226 7	0.510 0
5	Yellow Green	187	255	19	0.000 8	0.009 5	0.07	0.03	0.655 0	0.256 7	0.704 2
6	Orange Yellow	255	142	0	0.000 6	0.000 9	0.06	0.03	0.465 0	0.198 3	0.506 6
7	Neutral 5 (.23)	117	117	117	0.000 5	0.000 8	0.02	0.02	0.423 3	0.136 7	0.445 3
8	Neutral6.5(.23)	180	180	180	0.000 5	0.000 8	0.06	0.03	0.438 3	0.175 0	0.473 1
9	Neutral3.5(.23)	53	53	53	0.000 8	0.000 3	0.02	0.03	0.235 6	0.026 7	0.239 4
10	Magenta	207	3	124	0.000 2	0.000 7	0.04	0.04	0.416 7	0.193 3	0.460 7
11	Cyan	0	148	189	0.000 6	0.000 5	0.00	0.00	0.506 7	0.093 3	0.515 2
12	Light Skin	241	149	108	0.000 7	0.000 9	0.25	0.15	0.506 7	0.208 3	0.568 5
13	Neutral 8 (.23)	249	249	249	0.000 5	0.000 8	0.04	0.07	0.650 0	0.201 7	0.684 4
14	Foliage	90	103	39	0.000 5	0.001 1	0.06	0.07	0.371 7	0.195 0	0.425 0
15	Orange	255	116	21	0.000 7	0.000 9	0.10	0.08	0.441 7	0.195 0	0.489 4
16	Bluish Green	140	253	153	0.000 7	0.001 1	0.12	0.05	0.516 7	0.213 3	0.561 5
17	Blue Flower	164	131	196	0.000 3	0.000 6	0.19	0.14	0.410 0	0.170 0	0.466 7
18	Dark Skin	94	28	13	0.000 8	0.000 7	0.09	0.21	0.391 7	0.203 3	0.490 9
19	White (.05)	255	255	255	0.000 6	0.000 8	0.08	0.03	0.631 7	0.225 0	0.671 3
20	Black (1.5)	0	0	0	0.003 8	0.003 7	0.02	0.19	0.511 1	0.314 4	0.629 4
21	Purple	69	0	68	0.000 7	0.000 8	0.01	0.03	0.3583	0.146 7	0.388 4
22	Purplish Blue	7	47	122	0.000 2	0.000 6	0.01	0.03	0.303 3	0.143 3	0.336 9
23	Moderate Red	222	29	42	0.000 5	0.000 7	0.07	0.08	0.306 7	0.121 7	0.339 9
24	Bolu Sky	97	119	171	0.000 5	0.000 7	0.05	0.05	0.520 0	0.148 3	0.543 0
平均偏差					0.000 7	0.001 3	0.067 1	0.068 3	0.449 0	0.176 6	0.492 7
最大偏差					0.003 8	0.009 5	0.25	0.21	0.741 7	0.314 4	0.790 1
最小偏差					0.000 2	0.000 3	0.00	0.00	0.235 6	0.026 7	0.239 4

样品颜色的 RGB 值,用显示器显示的 24 块颜色。

3 颜色再现模型

CRT 显示器采用的是基于 RGB 颜色空间的红绿蓝色光加色混合呈色法。RGB 颜色空间是一种依赖于设备材料的色彩描述体系,在 CRT 显示器的颜色管理中,由于 3 个颜色通道之间存在相互抑制影响,在颜色再现过程中必须将 RGB 颜色空间描述的颜色量与一个跟设备无关的 CIEXYZ 颜色空间量建立关系,然后转换到其它颜色空间进行描述^[2-3,9]。国内外对显示器的颜色再现(即颜色特性化)做了大量的研究,提出了许多的模型和方法。迄今为止,颜色再现模型精度最高的是 GOG 模型。实验表明,采用 GOG 模型特性化 CRT 显示器,其精度能够达到 $0.54\Delta E_{ab}^*$ ^[2-3],但是其模型没有考虑 3 个电子枪显色时的相互抑制干扰,没有考虑环境亮度的影响等因素,且 $0.54\Delta E_{ab}^*$ 的精度是在连续几天时间里测量的结果,达不到实现更小精度和更长时间控制的要求。根据显示器的显色特性,基于线性插值的方法,对 GOG 模型进行改进,提出一种新的能够减小三电子枪相互干扰和环境亮度等因素影响的精确控制 CRT 显示器的色度和色差的色彩再现方法,从而实现任意的显示器 RGB 色空间值及其组合值、CIEXYZ 色空间描述量和 CIELab 色空间颜色值之间的相互转化,以实现在长时间内(1 个月以上)内精确控制显示器显色的色度和色差。具体方法描述如下。

3.1 GOG 模型

显示器颜色再现精度的标准是输入的显示器显存中数字驱动值与显示颜色要求一一对应,其中关键问题是建立准确的显示器数字驱动值与颜色 CIEXYZ 值之间的对应关系。GOG 模型包括 2 个过程:第 1 个过程是通过显示器 3 个颜色通道的驱动值使得电子枪产生亮度的非线性过程;第 2 个过程是由亮度值得到三刺激值 XYZ,并转换到相应的色度值。一般 CRT 显示器颜色预测模型式如(1):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r + X_g + X_b \\ Y_r + Y_g + Y_b \\ Z_r + Z_g + Z_b \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} X_{r,\max} & X_{g,\max} & X_{b,\max} \\ Y_{r,\max} & Y_{g,\max} & Y_{b,\max} \\ Z_{r,\max} & Z_{g,\max} & Z_{b,\max} \end{bmatrix}}_{\mathbf{M}_{3 \times 3}} \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: r, g, b 分别为 3 个电子枪在给定的数字驱动值时显示屏显示的亮度相对值, X, Y, Z 是显示器显示颜色的三刺激值,矩阵 $\mathbf{M}_{3 \times 3}$ 中的 9 个元素是当驱动值最大时,3 个电子枪单独作用产生颜色的三刺激值。显示器特性化主要是通过实验测量确定矩阵 $\mathbf{M}_{3 \times 3}$ 中的 9 个元素值及通过一定数据拟合得出 r, g, b 与数字驱动值之间的关系,其中关键是寻找 r, g, b 与数字驱动值之间的关系。用 d_R, d_G, d_B 表示数字驱动值,则 GOG 模型给出的关系如下式(2)^[2-3]:

$$\begin{aligned} r &= \frac{Y_r}{Y_{r,\max}} = \left[k_{g,r} \frac{d_R}{255} - k_{o,r} \right]^{\gamma_r} \\ g &= \frac{Y_g}{Y_{g,\max}} = \left[k_{g,g} \frac{d_G}{255} - k_{o,g} \right]^{\gamma_g} \\ b &= \frac{Y_b}{Y_{b,\max}} = \left[k_{g,b} \frac{d_B}{255} - k_{o,b} \right]^{\gamma_b} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: Y_r, Y_g, Y_b 分别为给定的三通道数字驱动值时的亮度值; $k_{o,r}, k_{o,g}, k_{o,b}$ 分别是显示器红、绿、蓝三通道的偏置(offset); $k_{g,r}, k_{g,g}, k_{g,b}$ 分别是显示器红、绿、蓝三通道的增益(gain); $\gamma_r, \gamma_g, \gamma_b$ 分别是显示器红、绿、蓝三通道的 gamma。gamma 值的确定方法是:分别设置红、绿和蓝 RGB 值从 0 到最大 255 间隔 15,共 18 个点,用亮度计测量其亮度,然后进行非线性拟合得出 gamma 值。

3.2 改进的 GOG 模型

在实验过程中,由于电子枪之间的相互干扰、显示屏对周围环境亮度的反射以及黑点等因素的影响,红、绿、蓝 3 个单通道的亮度之和一般比相同三电子枪驱动值下红、绿、蓝荧光粉同时发光得到的色彩亮度大,则更精确地显示器颜色特性化必须予以考虑,特性化方程(1)式必须进行改进。改进后的表达式如式(3)。要精确控制显示器显示颜色,即必须寻找矩阵 $\mathbf{M}_{\text{inf}}$ 。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{r,\max} & X_{g,\max} & X_{b,\max} \\ Y_{r,\max} & Y_{g,\max} & Y_{b,\max} \\ Z_{r,\max} & Z_{g,\max} & Z_{b,\max} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} X_{\text{inf}} \\ Y_{\text{inf}} \\ Z_{\text{inf}} \end{bmatrix}}_{\mathbf{M}_{\text{inf}}} \quad (3)$$

确定矩阵 $\mathbf{M}_{\text{inf}}$ 的具体方法描述为:(1)在显示器亮度驱动值范围内选择一定的颜色数字量 R, G, B 值,相互间隔取 1,依据 R, G, B 值制作光栅,测量其单独显示时的三刺激值 $X_R, Y_R, Z_R, X_G, Y_G, Z_G, X_B, Y_B, Z_B$ 。同时在 $R=G=B$ 时,间隔为 1,取一定的 RGB 值,测量三通道共同显示时的三刺激值

$X_{R=G=B}, Y_{R=G=B}, Z_{R=G=B}$ 。(2)计算三枪单独显示的三刺激值之和与三枪共同显示时的三刺激值之间的差值,见式(4)。计算三枪各自单独显示时的三刺激值与三枪共同显示时的三刺激值的比值 $x_r = X_R/X_{R=G=B}, x_g = X_G/X_{R=G=B}, x_b = X_B/X_{R=G=B}, y_r = Y_R/Y_{R=G=B}, y_g = Y_G/Y_{R=G=B}, y_b = Y_B/Y_{R=G=B}, z_r = Z_R/Z_{R=G=B}, z_g = Z_G/Z_{R=G=B}, z_b = Z_B/Z_{R=G=B}$,并得到各自的平均比值,通过多次测量再求其平均值。把所得到的差值按单独显示时的三刺激值与三通道共同显示时的三刺激值的比重计算出来,并求出差值对三刺激值 X, Y, Z 的贡献值,其贡献值形成的矩阵即为矩阵 M_{inf} ,计算公式如式(5)。从而很好地避免了显示器 3 个通道间的相互抑制、环境亮度等因素的影响。

$$\begin{bmatrix} X_{dif} \\ Y_{dif} \\ Z_{dif} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_R + X_G + X_B \\ Y_R + Y_G + Y_B \\ Z_R + Z_G + Z_B \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_{R=G=B} \\ Y_{R=G=B} \\ Z_{R=G=B} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} X_{inf} \\ Y_{inf} \\ Z_{inf} \end{bmatrix}}_{M_{inf}} = \begin{bmatrix} X_{dif} & 0 & 0 \\ 0 & Y_{dif} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{dif} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r & x_g & x_b \\ y_r & y_g & y_b \\ z_r & z_g & z_b \end{bmatrix} \quad (5)$$

4 实验结果与讨论

依据提出的 CRT 显示器颜色预测方法,设计实验,测试能否实现达到精确控制 CRT 显示器的色度和色差。其实验方法是在显示器亮度驱动值范围内任意选择某一范围的 RGB 和 R, G, B 值,根据上面提出的方法,计算预测得出不同组合的 R, G, B 值对应的 X, Y, Z 值,再转换为 CIELab 色空间的 L^*, a^*, b^* 值(CIE XYZ 色空间与 CIELab 色空间之间已经有精度非常高的转换公式,如式(6)),与测量值进行比较,对比结果见表 2 和 3。实验结果表明,CRT 显示器颜色可控色度 Y, L^*, a^*, b^* 的平均精度分别是 0.255 4, 0.280 4, 0.072 5, 0.125 5,可控色差精度是 0.350 7 ΔE^*_{ab} 。表明提出的改进模型比现有的 GOG 模型在精度控制上有较大的提高。

$$\text{if } Y/Y_n \geq 0.008\ 856 \text{ 或 } X/X_n \geq 0.008\ 856, \text{ 或 } Z/Z_n \geq 0.008\ 856, \\ L = 116(Y/Y_n)^{\frac{1}{3}} - 16, a^* = 500[(X/X_n)^{\frac{1}{3}} - (Y/Y_n)^{\frac{1}{3}}], b^* = 200[(Y/Y_n)^{\frac{1}{3}} - (Z/Z_n)^{\frac{1}{3}}]$$

表 2 20 块样品色块的实测值与计算值

Tab.2 Measured values and calculated values of color blocks of 20 samples

色块	RGB 值			实测数据				计算数据			
	R	G	B	Y	L	a	b	Y	L	a	b
1	191.75	193.75	198.50	53.19	78.13	-1.69	0.30	53.113 9	77.942 2	-1.746 0	-0.001 6
2	198.75	190.75	199.00	53.22	77.59	1.75	-0.29	53.125 6	77.949 1	1.748 6	-0.067 9
3	191.25	192.75	198.00	52.56	77.92	-1.42	-0.22	52.682 0	77.686 9	-1.501 6	-0.178 1
4	197.75	190.00	197.50	52.49	77.57	1.48	-0.31	52.616 7	77.648 2	1.512 0	0.153 4
5	192.00	192.75	198.00	52.62	77.92	-1.26	-0.01	52.790 0	77.750 8	-1.260 0	-0.074 5
6	157.75	150.25	158.00	42.13	60.56	1.13	-0.02	42.654 7	60.256 5	1.292 3	-0.025 5
7	152.75	152.75	158.00	42.32	60.12	-1.08	0.17	42.763 8	60.345 7	-1.105 7	0.010 9
8	157.75	150.75	158.25	42.85	60.54	0.81	-0.01	43.003 5	60.752 4	1.072 7	0.049 2
9	153.50	152.75	158.25	43.09	60.22	-0.77	0.01	43.175 5	60.527 6	-0.943 4	0.029 6
10	157.50	151.00	158.50	42.95	60.85	0.62	-0.13	42.796 8	60.448 7	0.737 1	-0.009 8
11	109.25	112.50	108.50	27.65	40.93	-2.14	1.68	27.337 9	40.717 9	-2.110 4	1.637 6
12	109.25	112.50	108.75	27.66	40.16	-2.06	1.56	28.027 2	40.721 2	-2.141 2	1.506 5
13	108.00	114.50	107.50	28.04	40.27	-4.17	2.83	27.822 7	40.382 7	-4.263 6	2.672 3
14	108.00	114.50	107.75	28.05	40.87	-4.15	2.67	27.731 9	41.111 9	-4.283 2	2.790 9
15	111.75	111.50	114.50	27.89	40.21	0.64	-1.83	28.191 4	40.901 4	0.660 1	-1.729 9
16	53.00	51.50	54.00	12.98	18.13	1.16	-1.36	12.673 7	17.879 6	1.150 6	-1.260 6
17	54.25	47.25	47.00	11.76	18.16	2.70	-1.38	12.023 7	17.827 4	2.682 2	-1.342 7
18	55.00	48.75	47.00	12.22	17.31	2.07	-2.07	11.908 2	17.192 3	2.071 1	-1.948 9
19	47.00	52.50	47.25	12.41	17.96	-3.34	2.11	12.083 7	17.382 9	-3.332 5	1.899 5
20	47.00	52.75	47.00	12.47	17.41	-3.57	2.38	12.035 4	17.376 8	-3.714 7	2.270 7

其中: $X_n = 95.04; Y_n = 100.0; Z_n = 108.89$ 。

else if $Y/Y_n \leq 0.008\ 856$, 或 $X/X_n \leq$

$0.008\ 856$, 或 $Z/Z_n \leq 0.008\ 856$,

$L = 903.3(Y/Y_n); a^* = 3\ 893.5[(X/X_n - (Y/Y_n))]; b^* = 1\ 557.4[(Y/Y_n) - (Z/Z_n)]$ (6)

表 3 20 块样品色块的实测值与计算值之间的色度偏差和色差

Tab.3 Chromaticity distortion and chromatic aberration between measured values and calculated values of color blocks of 20 samples

色块	测量值与计算值之间的偏差				色差
	ΔY	ΔL	Δa	Δb	ΔE_{ab}^*
1	0.076 1	0.187 8	0.056 0	0.301 6	0.359 7
2	0.094 4	0.359 1	0.001 4	0.222 1	0.422 2
3	0.122 0	0.233 1	0.081 6	0.041 9	0.250 5
4	0.126 7	0.078 2	0.032 0	0.463 4	0.471 0
5	0.170 0	0.169 2	0.000 0	0.064 5	0.181 1
6	0.524 7	0.303 5	0.162 3	0.005 5	0.344 2
7	0.443 8	0.225 7	0.025 7	0.159 1	0.277 3
8	0.153 5	0.212 4	0.262 7	0.059 2	0.343 0
9	0.085 5	0.307 6	0.173 4	0.019 6	0.353 7
10	0.153 2	0.401 3	0.117 1	0.120 2	0.435 0
11	0.312 1	0.212 1	0.029 6	0.042 4	0.218 3
12	0.367 2	0.561 2	0.081 2	0.053 5	0.569 6
13	0.217 3	0.112 7	0.093 6	0.157 7	0.215 2
14	0.318 1	0.241 9	0.133 2	0.120 9	0.301 5
15	0.301 4	0.691 4	0.020 1	0.100 1	0.698 9
16	0.306 3	0.250 4	0.009 4	0.099 4	0.269 6
17	0.263 7	0.332 6	0.017 8	0.037 3	0.335 2
18	0.311 8	0.117 7	0.001 1	0.121 1	0.168 9
19	0.326 3	0.577 1	0.007 5	0.210 5	0.614 3
20	0.434 6	0.033 2	0.144 7	0.109 3	0.184 4
平均值	0.255 4	0.280 4	0.072 5	0.125 5	0.350 7
最大值	0.524 7	0.691 4	0.262 7	0.463 4	0.698 9
最小值	0.076 1	0.033 2	0.000 0	0.005 5	0.168 9

表 1 是在不同的时间内对 CRT 显示器测量获得的色度平均偏差和色差,表 3 是 CRT 显示器颜色预测模型的控制精度计算结果。对比 2 表的数据可以发现,预测模型的可控平均色差和色度偏差比显示器稳定后显示颜色的色差和色度偏差还要小,但亮度上稍大,且同样小于 GOG 模型的可控平均色差,则完全可以满足 CRT 显示器的不同精度要求。

5 结论

结合 CRT 显示器的显色特性,基于线性插值的方法,对 GOG 模型进行改进,提出了一种新的考虑

三通道相互干扰和环境亮度影响的精确控制 CRT 显示器色度和色差的方法。方法实现了显示器任意 R, G, B 组合值、CIEXYZ 色空间与 CIELab 色空间的色度值之间的相互转化。并通过实验测量和理论计算,验证了提出模型的有效性,实验结果表明 CRT 显示器颜色控制精度能够达到色度 Y, L^*, a^*, b^* 的平均可控精度分别是 0.255 4, 0.280 4, 0.072 5, 0.125 5, 可控色差精度是 0.350 7 ΔE_{ab}^* , 完全可以满足 CRT 显示器的不同精度要求。希望为包装印刷、颜色视觉和图形图像等领域的研究提供理论基础。

参考文献:

- [1] 王志宏,唐正宁,李婧伟,等. LCD 显示器显示特性分析[J]. 包装工程, 2008, 29(4): 37-39.
WANG Zhi-hong, TANG Zheng-ning, LI Jing-wei, et al. Analysis of LCD Display Characteristic [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 37-39.
- [2] BERNIS Roy S. Methods for Characterizing CRT Displays [J]. Displays, 1996, 16(4): 173-182.
- [3] BERNIS Roy S. A Generic Approach to Color Modeling [J]. Color Res Appl, 1997, 22(5): 318-325.
- [4] 许宝卉. 基于三维查找表插值算法的显示器色彩空间转换模型的研究[J]. 包装工程, 2011, 32(5): 77-79.
XU Bao-hui. Research on Display Color Space Conversion Model Based on Three-dimensional Lookup Table Interpolation Algorithm [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(5): 77-79.
- [5] 孙寅,夏侃东,张逸新. 环境光和自身因素对彩色 CRT 显示器色度预测的影响[J]. 无锡轻工大学学报, 2000, 19(4): 393-396.
SUN Yin, XIA Kan-dong, ZHANG Yi-xin. The Effect of Internal Factors and Ambient Light on Chromaticity Prediction of Color CRT Monitors [J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2000, 19(4): 393-396.
- [6] 王海文,李杰,万晓霞. 异种类型显示器间的色域映射技术研究[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 17-20.
WANG Hai-wen, LI Jie, WAN Xiao-xia. Research on Gamut Mapping Technique between Heterogeneous Monitors [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 17-20.
- [7] 杨卫平,赵达尊,范秋梅,等. 基于色貌的跨媒体颜色复制[J]. 光学技术, 2005, 31(1): 101-104.
YANG Wei-ping, ZHAO Da-zun, FAN Qiu-mei. Cross-media Color Reproduction Based on Color Appearance [J]. Optical Technique, 2005, 31(1): 101-104.

(下转第 103 页)

理论线宽 0.1 mm)下,总体来说印刷机 GT 对线宽的表现更准确,但是在极细线条情况下反而印刷机 YT 表现的更好。2 款数字印刷机在线宽的表现上有各自的优势,印刷机 GT 的优势主要体现在线条表现的一致性和稳定性上,而印刷机 YT 的优势体现在能更精细的表现线条,因而在极细线条的表现上具有明显优势。此外,线条方向的不同也会影响线宽,总体上来说都是横线的线宽控制较好。

2) 总体来说,印刷机 YT 对线条边缘粗糙度的控制都要优于印刷机 GT。2 款印刷机采用铜版纸的时线条的粗糙度较小,且不论采用哪种承印介质,都是横线的粗糙度较小。这主要是由于横竖线条方向与墨粉熔化定影时受到的推压作用方向不同而造成的。

3) 在线条边缘模糊度的控制上,印刷机 GT 的表现较好一些,但是其差异也只有 10 μm 左右,人眼难以分辨两者的差异。此外,采用铜版纸时线条的模糊度都较小。

4) 2 款数字印刷机在表现极细线条(如理论线宽 0.1 mm)时都有一定的困难,但印刷机 YT 对极细线条的表现要优于印刷机 GT;而对于理论线宽大于 0.55 mm 以上的线条,都能正常表现。若印刷机的设备分辨率能进一步提高,将有利于表现极细线条。

5) 2 款印刷机在线条质量上的差异主要是由于他们采用的成像系统、结构设计和墨粉差异等造成的。

参考文献:

- [1] 姚海根. 数字印刷工艺的封闭性(下)[J]. 印刷杂志, 2008(6):50—52.
YAO Hai-gen. Closed Nature of Digital Printing Process [J]. Printing Field, 2008(6):50—52.
- [2] ISO 13660, Information Technology—Office Equipment—Measurement of Image Quality Attributes for Hardcopy output—Binary Monochrome Text and Graphic Images [S].
- [3] 姚海根. 线条边缘质量建议测量规程[J]. 中国印刷与包装研究, 2011, 3(5):28—33.
YAO Hai-gen. Proposed Test Regulation to Edge Quality of Lines [J]. China Printing and Packaging Study, 2011, 3(5):28—33.
- [4] 郑亮, 金张英. 基于 CCD 的静电照相成像数字印刷品质质量分析[J]. 包装工程, 2011, 32(7):112—116.
ZHENG Liang, JIN Zhang-ying. Quality Analysis of Xerographic Printing Based on CCD [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(7):112—116.
- [5] 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.
KONG Ling-jun, LIU Zhen, JIANG Zhong-min. CCD based Digital Print Quality Measurement and Analysis Techniques [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(2):92—95.
- [6] BRIGGS J C, A H KLEIN, Ming-kai TSE. Applications of ISO-13660, A New International Standard for Objective Print Quality Evaluation [J]. Japan Hardcopy99, Imaging Society of Japan, 1999(7):1—5.
- [7] Anupam DHOPADE. Image Quality Assessment According to ISO 13660 AND 19751 [J]. IPA Digital Print Forum, 2008:43—50.
- [8] 陈亚军, 张二虎. 基于图像处理的印刷缺陷在线检测系统研究[J]. 包装工程, 2005, 26(6):64—65.
CHEN Ya-jun, ZHANG Er-hu. Research On-line Defect Detection System for Printed-matter Based on Image Processing [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(6):64—65.
- [8] 姚军财, 申静, 王剑华. 阴极射线管显示器亮度范围内对人眼视觉特性的实验研究[J]. 物理学报, 2008, 57(7):4034—4041.
YAO Jun-cai, SHEN Jing, WANG Jian-hua. Experimental Research of Human Vision Characteristic in the Range of Luminance of Cathode Ray Tube Display [J]. Acta Physica Sinica, 2008, 57(7):4034—4041.
- [9] 姚军财, 龚箭. CRT 显示器颜色特性化模型与实验研究[J]. 包装工程, 2010, 31(21):99—102.
YAO Jun-cai, GONG Jian. CRT Display Color Characterization Model and Experiment Research [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21):99—102.
- [10] 申静. 用阴极射线管显示器测量人眼视觉特性[J]. 电视技术, 2011, 35(23):135—139.
SHEN Jing. Measurements of Contrast Sensitivity Characteristics in Human Vision System Based on Cathode Ray Tube Display [J]. Video Engineering, 2011, 35(23):135—139.

(上接第 79 页)